

Ein Verfahren zur Bewertung von Lieferanten auf der Grundlage von Umweltwirkungen unter Berücksichtigung von Prozesskosten

Von der Fakultät Maschinenbau
der Universität Stuttgart
zur Erlangung der Würde
eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte Abhandlung

vorgelegt von
Dipl.-Ing. Severin Beucker
aus Wiesbaden

Hauptberichter: Prof. Dr.-Ing. Dieter Spath
Mitberichter: Prof. Dr.-Ing. Engelbert Westkämper
Prüfungsvorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinz Wehking

Tag der Einreichung: 13.04.2005
Tag der mündlichen Prüfung: 05.09.2005

IPA-IAO Forschung und Praxis

Berichte aus dem
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und
Automatisierung (IPA), Stuttgart,
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und
Organisation (IAO), Stuttgart,
Institut für Industrielle Fertigung und
Fabrikbetrieb (IFF), Universität Stuttgart
und Institut für Arbeitswissenschaft und
Technologiemanagement (IAT), Universität Stuttgart

Herausgeber:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. e.h. Dr.-Ing. e.h. Dr. h.c. mult. Engelbert Westkämper
und

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. e.h. Dr. h.c. Hans-Jörg Bullinger
und

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dieter Spath



I·A·T Institut
Arbeitswissenschaft und
Technologiemanagement
Universität Stuttgart



Fraunhofer Institut
Arbeitswirtschaft und
Organisation

Severin Beucker

Ein Verfahren zur Bewertung von Lieferanten auf der Grundlage von Umweltwirkungen unter Berücksichtigung von Prozesskosten

Nr. 429

JOST-JETTER VERLAG
Fachverlag · 71296 Heimsheim

Dr.-Ing. Severin Beucker

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. e.h. Dr.-Ing. e.h. Dr. h.c. mult. Engelbert Westkämper

ord. Professor an der Universität Stuttgart

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Stuttgart

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. e.h. Dr. h.c. Hans-Jörg Bullinger

ord. Professor an der Universität Stuttgart

Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft, München

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dieter Spath

ord. Professor an der Universität Stuttgart

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart

D 93

ISBN 3-936947-74-0 Jost Jetter Verlag, Heimsheim

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils gültigen Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

© Jost Jetter Verlag, Heimsheim 2005.

Printed in Germany.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für die Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

Druck: printsystem GmbH, Heimsheim

Geleitwort der Herausgeber

Über den Erfolg und das Bestehen von Unternehmen in einer marktwirtschaftlichen Ordnung entscheidet letztendlich der Absatzmarkt. Das bedeutet, möglichst frühzeitig absatzmarktorientierte Anforderungen sowie deren Veränderungen zu erkennen und darauf zu reagieren.

Neue Technologien und Werkstoffe ermöglichen neue Produkte und eröffnen neue Märkte. Die neuen Produktions- und Informationstechnologien verwandeln signifikant und nachhaltig unsere industrielle Arbeitswelt. Politische und gesellschaftliche Veränderungen signalisieren und begleiten dabei einen Wertewandel, der auch in unseren Industriebetrieben deutlichen Niederschlag findet.

Die Aufgaben des Produktionsmanagements sind vielfältiger und anspruchsvoller geworden. Die Integration des europäischen Marktes, die Globalisierung vieler Industrien, die zunehmende Innovationsgeschwindigkeit, die Entwicklung zur Freizeitgesellschaft und die übergreifenden ökologischen und sozialen Probleme, zu deren Lösung die Wirtschaft ihren Beitrag leisten muss, erfordern von den Führungskräften erweiterte Perspektiven und Antworten, die über den Fokus traditionellen Produktionsmanagements deutlich hinausgehen.

Neue Formen der Arbeitsorganisation im indirekten und direkten Bereich sind heute schon feste Bestandteile innovativer Unternehmen. Die Entkopplung der Arbeitszeit von der Betriebszeit, integrierte Planungsansätze sowie der Aufbau dezentraler Strukturen sind nur einige der Konzepte, welche die aktuellen Entwicklungsrichtungen kennzeichnen. Erfreulich ist der Trend, immer mehr den Menschen in den Mittelpunkt der Arbeitsgestaltung zu stellen - die traditionell eher technokratisch akzentuierten Ansätze weichen einer stärkeren Human- und Organisationsorientierung. Qualifizierungsprogramme, Training und andere Formen der Mitarbeiterentwicklung gewinnen als Differenzierungsmerkmal und als Zukunftsinvestition in *Human Resources* an strategischer Bedeutung.

Von wissenschaftlicher Seite muss dieses Bemühen durch die Entwicklung von Methoden und Vorgehensweisen zur systematischen Analyse und Verbesserung des Systems Produktionsbetrieb einschließlich der erforderlichen Dienstleistungsfunktionen unterstützt werden. Die Ingenieure sind hier gefordert, in enger Zusammenarbeit mit anderen Disziplinen, z. B. der Informatik, der Wirtschaftswissenschaften und der Arbeitswissenschaft, Lösungen zu erarbeiten, die den veränderten Randbedingungen Rechnung tragen.

Die von den Herausgebern langjährig geleiteten Institute, das

- Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA),
- Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO),
- Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF), Universität Stuttgart,
- Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT), Universität Stuttgart

arbeiten in grundlegender und angewandter Forschung intensiv an den oben aufgezeigten Entwicklungen mit. Die Ausstattung der Labors und die Qualifikation der Mitarbeiter haben bereits in der Vergangenheit zu Forschungsergebnissen geführt, die für die Praxis von großem Wert waren. Zur Umsetzung gewonnener Erkenntnisse wird die Schriftenreihe „IPA-IAO - Forschung und Praxis“ herausgegeben. Der vorliegende Band setzt diese Reihe fort. Eine Übersicht über bisher erschienene Titel wird am Schluss dieses Buches gegeben.

Dem Verfasser sei für die geleistete Arbeit gedankt, dem Jost Jetter Verlag für die Aufnahme dieser Schriftenreihe in seine Angebotspalette und der Druckerei für saubere und zügige Ausführung. Möge das Buch von der Fachwelt gut aufgenommen werden.

Engelbert Westkämper Hans-Jörg Bullinger Dieter Spath

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT) der Universität Stuttgart und dem Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart. Die zugrunde liegenden Forschungsarbeiten wurden durch das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Forschungsprojekt „care-Computergestützte Ressourceneffizienzrechnung in der mittelständischen Wirtschaft“ ermöglicht.

Herrn Prof. Dr.-Ing. Dieter Spath, Leiter des Institutes für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT) der Universität Stuttgart und des Fraunhofer-Institutes für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart, danke ich für die Annahme dieser Arbeit, ihre konstruktive Betreuung sowie die Unterstützung meiner Tätigkeit am Institut. Herrn Prof. Dr.-Ing. Engelbert Westkämper, Dekan der Fakultät Maschinenbau der Universität Stuttgart sowie Leiter des Institutes für Industrielle Fertigung und Fabrikbetriebslehre (IFF) der Universität Stuttgart und Leiter des Fraunhofer-Institutes für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), danke ich für die Übernahme des Mitberichtes. Danken möchte ich auch meinen ehemaligen Kollegen Herrn Dr.-Ing. Erwin Schuster und Herrn Dr.-Ing. Gunnar Jürgens, die mich durch zahlreiche fachliche Diskussionen in der Themenfindung und -eingrenzung unterstützt haben.

Den Forschungspartnern im Projekt care, insbesondere Herrn Thomas Orbach und Herrn Michael Ritthoff vom Wuppertal Institut Klima, Umwelt, Energie sowie dem Unternehmen Toshiba Europe GmbH verdanke ich eine inspirierende und konstruktive Zusammenarbeit.

Herzlichen Dank sage ich meinen Kollegen vom Fraunhofer IAO, insbesondere Claus Lang-Koetz, Daniel Heubach, Axel Gomeringer, Antonino Ardilio, Matthias Stabe, Marc Bannert und Carmen Glimm sowie den studentischen Hilfskräften Sabine Haug, Björn Noack und Niklas Schmidt, die alle zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Mein ganz besonderer Dank gilt meiner Frau Darla und meinem Sohn Ansel. Sie haben, während ich diese Arbeit schrieb, viel Geduld aufgebracht. Ihnen ist diese Arbeit gewidmet.

Stuttgart im Oktober 2005

Severin Beucker

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	17
1.1	Zur Situation in der Lieferantenbewertung.....	17
1.2	Defizite der Lieferantenbewertung.....	19
2	Zielsetzung und Vorgehensweise der Arbeit.....	20
2.1	Zielsetzung.....	20
2.2	Vorgehensweise.....	21
3	Bewertung von Lieferanten und Erfassung ihrer Umweltwirkungen	23
3.1	Bewertung von Lieferanten als unternehmerische Aufgabe	23
3.1.1	Begriff und Ziel der Lieferantenbewertung	24
3.1.2	Verfahren der Lieferantenbewertung.....	26
3.1.2.1	Quantitative Verfahren der Lieferantenbewertung	27
3.1.2.2	Qualitative Verfahren der Lieferantenbewertung	28
3.1.3	Prozessorientierte Bewertung von Lieferanten	30
3.1.3.1	Erfassung lieferantenbezogener Prozesse	30
3.1.3.2	Erfassung lieferantenbezogener Prozesskosten	32
3.1.4	Zusammenfassung	34
3.2	Umweltwirkungen als Orientierungsrahmen für die Lieferantenbewertung	35
3.2.1	Begriff und Ziel der Erfassung von Umweltwirkungen.....	35
3.2.2	Rechtliche und politische Rahmenbedingungen für die Erfassung von Umweltwirkungen	36
3.2.2.1	Umweltrechtliche und -politische Rahmenbedingungen in der Europäischen Union	36
3.2.2.2	Umweltrechtliche und -politische Rahmenbedingungen in Deutschland	39
3.2.2.3	Normen und Standards	39
3.2.3	Zusammenfassung	41
3.3	Die DIN EN ISO 14040 als Rahmenkonzept für die Lieferantenbewertung	42
3.3.1	Bestandteile und Geltungsbereich von DIN EN ISO 14040	42
3.3.1.1	Festlegung des Ziels und Untersuchungsrahmens	43
3.3.1.2	Sachbilanz	44
3.3.1.3	Wirkungsabschätzung	46
3.3.1.4	Auswertung der Ergebnisse	48
3.3.1.5	Kritische Prüfung	49
3.3.2	Zusammenfassung	49
3.4	Weitere Ansätze zur Erfassung und Bewertung lieferantenbezogener Umweltwirkungen.....	50
3.4.1	Vereinfachte Ökobilanz.....	52
3.4.2	Das MIPS-Konzept	54
3.4.3	Stoffstromanalyse	56
3.4.4	Zusammenfassung	58
3.5	Defizite der umweltwirkungsbezogenen Bewertung von Lieferanten	60
4	Entwicklung eines Verfahrens zur Bewertung von Lieferanten auf der Grundlage von Umweltwirkungen und Prozesskosten	63
4.1	Bestandteile des Verfahrens	63
4.2	Strukturierung des Verfahrens	64
4.3	Charakterisierung des Verfahrens	65
5	Anforderungen an das Verfahren	67
5.1	Anforderungen an die Erfassung und Modellierung lieferantenbezogener Prozesse	68

5.2	Anforderungen an die quantitative und integrierte Bewertung von Umweltwirkungen und Prozesskosten.....	68
5.3	Anforderungen an die Anwendbarkeit des Verfahrens	69
5.4	Zusammenfassung und Gewichtung der Anforderungen	69
6	Konzeption des Verfahrens zur Bewertung von Lieferanten auf der Grundlage von Umweltwirkungen unter Berücksichtigung von Prozesskosten.....	71
6.1	Verfahrensphase I: Zieldefinition	74
6.1.1	Ziel der Verfahrensphase	74
6.1.2	Eingesetzte Methode und Vorgehensweise	74
6.1.3	Ergebnis der Verfahrensphase.....	76
6.2	Verfahrensphase II: Bilanzierung.....	76
6.2.1	Ziel der Verfahrensphase	76
6.2.2	Eingesetzte Methode und Vorgehensweise	76
6.2.2.1	Anwendung der Stoffstromanalyse	76
6.2.2.2	Schritte der Stoffstromanalyse lieferantenbezogener Prozesse	77
6.2.3	Ergebnis der Verfahrensphase.....	83
6.3	Verfahrensphase III: Bewertung	84
6.3.1	Ziel der Verfahrensphase	84
	Teilphase III.I: Bewertung lieferantenbezogener Umweltwirkungen.....	85
6.3.2	Eingesetzte Methode und Vorgehensweise	85
6.3.2.1	Anwendung des MIPS-Konzepts	85
6.3.2.2	Schritte der Bewertung lieferantenbezogener Umweltwirkungen	85
6.3.3	Ergebnis der Verfahrensphase.....	87
	Teilphase III.II: Bewertung lieferantenbezogener Prozesskosten.....	88
6.3.4	Eingesetzte Methode und Vorgehensweise	88
6.3.4.1	Anwendung der Prozesskostenrechnung	88
6.3.4.2	Schritte der lieferantenbezogenen Prozesskostenrechnung	89
6.3.5	Ergebnis der Verfahrensphase.....	90
6.4	Verfahrensphase IV: Auswertung und Vergleich	90
6.4.1	Ziel der Verfahrensphase	90
6.4.2	Eingesetzte Methode und Vorgehensweise	91
6.4.2.1	Anwendung des Portfoliovergleichs	91
6.4.2.2	Schritte der Auswertung und des Vergleichs	92
6.4.3	Ergebnis der Verfahrensphase.....	93
6.5	Zusammenfassung.....	93
7	Praktische Anwendung des Verfahrens	95
7.1	Charakterisierung der Anwender	95
7.2	Unterstützung der Verfahrensanwendung durch die Software Umberto®	96
7.3	Anwendung des Verfahrens am Beispiel eines Unternehmens aus der Elektronikindustrie.....	96
7.3.1	Ausgangssituation im Unternehmen.....	96
7.3.2	Problemstellung und Untersuchungsziel	97
7.3.3	Beschreibung der Anwendung	98
7.3.3.1	Umsetzungsphase I: Zieldefinition	98
7.3.3.2	Umsetzungsphase II: Bilanzierung	99
7.3.3.3	Umsetzungsphase III: Bewertung	101
7.3.3.4	Umsetzungsphase IV: Auswertung und Vergleich	103
7.3.3.5	Bewertung	105
7.4	Anwendung des Verfahrens am Beispiel eines Möbelherstellers.....	106
7.4.1	Ausgangssituation im Unternehmen.....	106
7.4.2	Problemstellung und Untersuchungsziel	107
7.4.3	Beschreibung der Anwendung	107
7.4.3.1	Umsetzungsphase I: Zieldefinition	107
7.4.3.2	Umsetzungsphase II: Bilanzierung	108

7.4.3.3	Umsetzungsphase III: Bewertung	110
7.4.3.4	Umsetzungsphase IV: Auswertung und Vergleich	112
7.4.3.5	Bewertung	113
7.5	Zusammenfassung.....	114
8	Bewertung der Ergebnisse aus der Anwendung des Verfahrens	115
8.1	Evaluation	115
8.2	Diskussion	118
9	Zusammenfassung und Ausblick	120
9.1	Zusammenfassung.....	120
9.2	Ausblick.....	121
10	Abstract	123
11	Quellen	125
12	Anhang	132
12.1	Anhang A: Ansätze der Lieferantenbewertung	132
12.2	Anhang B: Bewertungsmethoden der Ökobilanzierung.....	135
12.3	Anhang C: Instrumente zur Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen.....	136
12.4	Anhang D: Annahmen für die Berechnung von MI-Werten	137
12.5	Anhang E: Elemente der Stoffstrommodellierung.....	138
12.6	Anhang F: Betriebswirtschaftliche Modellarten und deren Unterscheidungsmerkmale	139
12.7	Anhang G: Detailliertes Stoffstromnetz für eine Schlüsselkomponente der Notebookproduktion (Anwender A).....	140
12.8	Anhang H: Bildschirmabzüge der Subnetze aus dem Stoffstromnetz von Lieferant I (Anwender A)	141
12.9	Anhang I: Bildschirmabzüge des MS-Access®-Prototypen zur Unterstützung der Umsetzungsphasen III und IV bei Anwender A	142

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: Ausgangssituation und Ziel der Arbeit	21
Abbildung 2: Überblick über die Vorgehensweise der Arbeit	22
Abbildung 3: Entwicklung des Betrachtungsfokus von der Kette zum Netz (Kuhn, Hellingrath 2003)	24
Abbildung 4: Prozess der Lieferantenanalyse und -auswahl (Koppelman 2003a)	25
Abbildung 5: Rahmenkonzept zur Lieferantenbewertung (modifiziert nach Hartmann (1997))	26
Abbildung 6: Quantitative und qualitative Verfahren für die Bewertung von Lieferanten (Koppelman 2003a)	27
Abbildung 7: Betrachtungsschwerpunkte der ISO-Normen im Umweltmanagement (modifiziert nach Jürgens (2002))	41
Abbildung 8: Bestandteile einer Ökobilanz (DIN-EN-ISO-14040 1997)	43
Abbildung 9: Vergleich von Kosten und Qualität der Informationen in der Ökobilanzierung (Schaltegger, Burritt 2000)	45
Abbildung 10: Unterteilung von Bewertungsmethoden nach qualitativen und quantitativen Bewertungskonzepten (Haug 2002)	48
Abbildung 11: Methodische Ansätze zur Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen im relativen Vergleich (modifiziert nach Schaltegger und Burritt (2000))	52
Abbildung 12: Bestandteile einer vereinfachten Ökobilanz (nach Jensen et. al (1997))	54
Abbildung 13: Beispielhaftes einfaches Stoffstromnetz mit den Elementen Stellen, Transition und Verbindung	57
Abbildung 14: Phasen und Ziele des zu entwickelnden Verfahrens mit Analogien zur vereinfachten Ökobilanz	65
Abbildung 15: Phasen, Schritte und Ergebnisse des Verfahrens (Darstellung gemäß DIN 66001 (1983))	73
Abbildung 16: Beispielhafte Möglichkeiten für Systemgrenzen (modifiziert nach Jürgens (2002))	75
Abbildung 17: Phase II Bilanzierung mit Schritten der Stoffstromanalyse lieferantenbezogener Prozesse	77
Abbildung 18: Vereinfachtes Stoffstromnetz mit lieferantenbezogenen Prozessen	78
Abbildung 19: Phase III Bewertung mit Teilphasen und Schritten der Bewertung von lieferantenbezogenen Umweltwirkungen und Prozesskosten	84
Abbildung 20: Beispielhafte Zuordnung von MI-Werten zu Stoffströmen	86
Abbildung 21: Lieferantenvergleichsportfolio mit den Dimensionen Prozesskosten und Material- intensität	91
Abbildung 22: Phase IV mit den Schritten Auswertung und Vergleich	92
Abbildung 23: Vereinfachtes Stoffstromnetz lieferantenbezogener Prozesse für den Lieferanten I der Schlüsselkomponente Diskettenlaufwerk (Bildschirmabzug aus Umberto®)	99

Abbildung 24: Darstellung von MI-Verteilungen für die Schlüsselkomponente Diskettenlaufwerk (Bildschirmabzug aus Umberto®)	101
Abbildung 25: Vergleich lieferantenbezogener MI-Werte von Lieferanten I und II (Schlüsselkomponente Laufwerk)	102
Abbildung 26: Vergleich lieferantenbezogener Prozesskosten von Lieferanten I und II (Schlüsselkomponente Laufwerk)	103
Abbildung 27: Vergleich lieferantenbezogener Prozesskosten je 1000 Stück Laufwerke	104
Abbildung 28: Vergleich lieferantenbezogener Umweltwirkungen je 1000 Stück Laufwerke	104
Abbildung 29: Vergleich lieferantenbezogener Umweltwirkungen und Prozesskosten im Lieferantenvergleichsportfolio	105
Abbildung 30: Vereinfachtes Stoffstromnetz lieferantenbezogener Prozesse für die Bewertung der Lieferanten von Holzrohstoffen (Bildschirmabzug aus Umberto®)	108
Abbildung 31: Vergleich lieferantenbezogener MI-Werte von Lieferant I und II (Holzrohstoff)	110
Abbildung 32: Vergleich lieferantenbezogener Prozesskosten von Lieferant I und II (Holzrohstoff)	112
Abbildung 33: Vergleich lieferantenbezogener Umweltwirkungen und Prozesskosten im Lieferantenvergleichsportfolio	113
Abbildung 34: Stoffstromnetz mit Abbildung lieferantenbezogener Prozesse sowie der Unternehmens- und Bilanzgrenzen	140
Abbildung 35: Subnetze aus dem Stoffstrommodell des Lieferanten I der Schlüsselkomponente Diskettenlaufwerk (Bildschirmabzüge aus Umberto®)	141
Abbildung 36: Eingabemaske zur Verwaltung von Parametern für die Bewertung von Umweltwirkungen und Prozesskosten (Bildschirmabzug eines MS-Access®-Prototypen)	142
Abbildung 37: Maske für die Auswertung von Umweltwirkungen und Prozesskosten (Bildschirmabzug eines MS-Access®-Prototypen)	142

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1:	Beschreibung lieferantenbezogener Prozesse.....	31
Tabelle 2:	Transaktionen mit Relevanz für Prozesskosten (Miller, Vollmann 1986).....	33
Tabelle 3:	Zusammenfassung von Defiziten und Anforderungen der Lieferantenbewertung.....	35
Tabelle 4:	Umweltpolitische Einflussfaktoren und Anforderungen an die Lieferantenbewertung.....	41
Tabelle 5:	Anforderungen an die Datenqualität nach DIN EN ISO 14041	44
Tabelle 6:	Wirkungskategorien für die Abschätzung von Umweltwirkungen (Jürgens 2002)	47
Tabelle 7:	Defizite von Ökobilanzen nach DIN EN ISO 14040 ff. und Anforderungen an die Lieferantenbewertung.....	50
Tabelle 8:	Ansätze für die umweltwirkungsbezogene Bewertung von Lieferanten und deren Defizite.....	59
Tabelle 9:	Vergleich von Ansätzen der Lieferantenbewertung	62
Tabelle 10:	Vergleich von Kriterien und Anforderungen an das Verfahren.....	67
Tabelle 11:	Gewichtung der Anforderungen in den Verfahrensphasen	70
Tabelle 12:	Input-Output-Bilanz für eine beispielhafte Transition	79
Tabelle 13:	Beispielhafte Kostenarten lieferantenbezogener Prozesse mit Kostenparametern.....	80
Tabelle 14:	Beispielhafte Erfassung von Kostenarten einer Transition	80
Tabelle 15:	Beispiel für eine Input-Output-Bilanz eines Gesamtmodells	82
Tabelle 16:	Stoffströme des Gesamtmodells	83
Tabelle 17:	Zusammenfassung einer Gesamtbilanz lieferantenbezogener Prozesse.....	83
Tabelle 18:	Beispielhafte Summierung von MI-Werten der Inputströme	86
Tabelle 19:	Zusammenfassung der Schritte für die Bewertung lieferantenbezogener Umweltwirkungen	87
Tabelle 20:	Bezug zwischen lieferantenbezogenen Prozessen und Transaktionen.....	88
Tabelle 21:	Beispielhafte Berechnung von lieferantenbezogenen Einzelprozesskosten.....	89
Tabelle 22:	Beispielhafte Summierung von lieferantenbezogenen Gesamtprozesskosten.....	90
Tabelle 23:	Zusammenfassung der Schritte für die Bewertung lieferantenbezogener Prozesskosten.....	90
Tabelle 24:	Zusammenfassung der Auswertung und des Vergleichs.....	93
Tabelle 25:	Zusammenfassung des Verfahrens	94
Tabelle 26:	Charakterisierung der Anwender.....	95
Tabelle 27:	Relevante Kostenarten lieferantenbezogener Prozesse mit erfassten Kostenparametern bei Anwender A	100
Tabelle 28:	Kennzahl Umweltwirkungen für die Lieferanten von Diskettenlaufwerken	102

Tabelle 29:	Kennzahl Prozesskosten für die Lieferanten von Diskettenlaufwerken	103
Tabelle 30:	Relevante Kostenarten lieferantenbezogener Prozesse mit erfassbaren Kostenparametern bei Anwender B	109
Tabelle 31:	Kennzahl der Umweltwirkungen für die Lieferanten von Holzrohstoffen	111
Tabelle 32:	Kennzahl der Prozesskosten für die Lieferanten von Holzrohstoffen	112
Tabelle 33:	Zusammenfassung der Anforderungen und ihr relativer Grad der Erfüllung bei den Anwendern	117
Tabelle 34:	Ansätze der Lieferantenbewertung (Koppelman 1995).....	132
Tabelle 35:	Vergleich von Bewertungsmethoden (modifiziert nach Jürgens (2002))	135
Tabelle 36:	Instrumente zur Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen des Unternehmens (modifiziert nach BMU, UBA (2001))	136
Tabelle 37:	Annahmen für die Berechnung von MI-Werten (Haug 2002).....	137
Tabelle 38:	Ausprägung des Modellelements Transition	138
Tabelle 39:	Ausprägung der Modellelemente für Stellen	138
Tabelle 40:	Ausprägung des Modellelements Verbindung.....	138
Tabelle 41:	Einordnung der Stoffstrommodellierung in betriebswirtschaftliche Modellierungsansätze (eigene Bearbeitung nach Dyckhoff (1994) und Kessler (2000))	139

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

CO ₂	Kohlenstoffdioxid
C ₂ H ₄	Ethen
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V., auch Abkürzung für die Normen derselben Organisation
DIN FB	DIN Fachbericht
EMAS	Eco-Management and Audit Scheme (EG-Öko-Audit-Verordnung)
EN	Europäische Norm
EU	Europäische Union
FCKW	Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe
IPP	Integrierte Produktpolitik
ISO	International Organization for Standardization, auch Abkürzung für die Normen derselben Organisation
ISO/TR	ISO Technical Report
Kap.	Kapitel
KrW/AbfG	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
LCA	Life Cycle Assessment
LCC	Life Cycle Costing
MI	Materialinput
MIT	Materialintensität
MIPS	Materialinput pro Serviceeinheit
MS	Microsoft
NO ₂	Stickstoffdioxid
SCM	Supply Chain Management
SETAC	Society of Environmental Toxicology and Chemistry
SO ₂	Schwefeldioxid
SPOLD	Society for Promotion of Life-Cycle Assessment Development
SRU	Sachverständigenrat für Umweltfragen
TMR	Total Material Requirement
UN	United Nations (Vereinte Nationen)
UNCED	United Nations Conference on Environment and Development
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development

1 Einleitung

1.1 Zur Situation in der Lieferantenbewertung

Die industrielle Produktion¹ stellt sich für Unternehmen als ein zunehmend arbeitsteiliger Prozess dar, der durch die Vernetzung und Kooperation mit Partnern sowie Internationalisierung und Globalisierung gekennzeichnet ist (Westkämper 2003).

Diese Entwicklung wird durch die Verlagerung von Prozessen oder Aktivitäten von Unternehmen auf Zulieferer (Outsourcing) im Inland wie auch zunehmend in das Ausland (Kinkel et al. 2004) angetrieben und führt zu einer Konzentration der Unternehmen auf ihre Kernkompetenzen. Neben der Erschließung ausländischer Märkte ist die Reduktion von Fertigungskosten, insbesondere der Lohn- und Lohnnebenkosten, eine maßgebliche Motivation für die Verlagerung von Produktionsschritten (BDI 2004).

Für Unternehmen ist diese Entwicklung mit einer Zunahme der Beschaffungsvolumina und der Komplexität von Lieferantenbeziehungen verbunden (Koppelman 2003a). Durch den Einsatz von Systemlieferanten konnte die Komplexitätszunahme in den letzten Jahren zwar reduziert werden, sie führt für das produzierende Unternehmen jedoch zu neuen Risiken, da bei der Konzentration auf wenige Lieferanten sowohl die Auslastungsempfindlichkeit als auch die Wissensabhängigkeit von den Lieferanten zunimmt (Hirschbach 2003). Dies wird insbesondere am Beispiel von komplexen Investitions- und Konsumgütern deutlich, deren effiziente Fertigung in einem internationalisierten Markt stark von der konstanten Versorgung mit qualitativ hochwertigen und preisstabilen Gütern und Vorprodukten abhängt (Hirschbach 2003).

Die Folge der geschilderten Auslagerung von Produktionsschritten ist für Unternehmen ein steigender Umsatz neben einem gleichzeitig sinkenden Wertschöpfungsanteil an der Produktion. Die Kosten der Materialbeschaffung machen in diesem Fall einen entscheidenden Prozentsatz des Warenwertes² aus (Voegelé, Zollenkop 2003). Mit der Materialbeschaffung rücken daher auch die Lieferanten in den Blickwinkel von Optimierungsbemühungen der Unternehmen.

Die Komplexitätszunahme in den Lieferantenbeziehungen führt im produzierenden Unternehmen zu Problemen bei der Bewertung von Lieferanten. Durch Lieferanten werden im Unternehmen lieferantenbezogene Prozesse (siehe Kap. 3.1.3) induziert. Hierzu zählen z.B. vor- und nachbereitende Prozesse, die durch Aus- und Umpackvorgänge der gelieferten Waren oder die Entsorgung der durch die Lieferungen verursachten Transportverpackungen entstehen. Die lieferantenbezogenen Prozesse erzeugen Kosten, die durch bestehende Ansätze der Lieferantenbewertung nicht erfasst werden.

Gründe für die mangelnde Erfassung liegen zum einen darin, dass in der Vergangenheit die Optimierungspotentiale im Unternehmen aufgrund ihrer hohen Fertigungstiefe meist innerhalb der eigenen Produktion lagen (Voegelé, Zollenkop 2003), zum anderen wird der Bewer-

¹ Produktion wird hier verstanden als der betriebliche Umwandlungs- und Transformationsprozess, durch den aus Einsatzgütern andere Güter oder Dienstleistungen erstellt werden (Weber, W. 1991).

² Nach einer repräsentativen Studie beträgt das Beschaffungsvolumen der meisten deutschen Unternehmen mehr als die Hälfte ihres Absatzvolumens (Koppelman 2003b).

tung lieferantenbezogener Prozesse in Branchen mit kurzen Lieferzyklen, wie z.B. der Konsumgüterindustrie, bisher keine ausreichende Bedeutung beigemessen.

Die geschilderten Entwicklungen im Bereich der Fertigungs- und der Lieferantenstrukturen bilden den Hintergrund für eine weitere zentrale Herausforderung für produzierende Unternehmen: Die Erfassung und Bewertung der durch sie hervorgerufenen Umweltwirkungen³.

Mit der ‚United Nations Conference on Environment and Development‘ (UNCED-Konferenz) in Rio de Janeiro im Jahr 1992 wurde der Schutz der Umwelt in Zusammenhang mit wirtschaftlichen und sozialen Faktoren gebracht und damit das Ziel einer nachhaltigen Entwicklung zum festen Bestandteil von Politik, Gesellschaft und Wirtschaft erklärt (EU 1999). Über nationale Umwelt- und Nachhaltigkeitsziele sowie die europäische und deutsche Gesetzgebung werden die in Rio de Janeiro formulierten Zielsetzungen (z.B. Klimarahmenkonvention und Biodiversitätsabkommen) auf nationaler Ebene in Form von Gesetzen, Verordnungen und freiwilligen Selbstverpflichtungen umgesetzt. Sie werden daher auch auf produzierende Unternehmen angewendet (siehe Kap. 3.2.2.1).

Die deutsche Wirtschaft hat die auf der UNCED-Konferenz verabschiedeten Zielsetzungen früh aufgegriffen und eigene Vorschläge für deren Umsetzung in der Industrie erarbeitet. Neben Effizienzstrategien (siehe z.B. Weizsäcker et al. (1995)) und der Übernahme von Selbstverantwortung (siehe z.B. Econsense (2004)), stellt die kontinuierliche Reduktion von Umweltwirkungen eine zentrale Zielsetzung im Rahmen des betrieblichen Umweltmanagements dar (Schaltegger et al. 2002).

Die praktische Erfassung von Umweltwirkungen stellt Unternehmen jedoch vor die folgenden methodischen Schwierigkeiten: Zum einen erfordern die existierenden Methoden einen hohen personellen Aufwand, was sie für die wiederkehrende und zeitlich limitierte Aufgabe einer Lieferantenbewertung im Unternehmen nur bedingt nutzbar macht (siehe Kap. 3.3), zum anderen wird durch die sinkende Fertigungstiefe im Unternehmen ein zunehmender Anteil der Umweltwirkungen durch Produktions- und Transportprozesse in den vorgelagerten Lieferantenketten erzeugt (BMU, UBA 2001). Diese Umweltwirkungen können durch das produzierende Unternehmen nur schwer erfasst werden.

Da die Reduktion der durch Lieferanten in Form von Logistik erzeugten Umweltwirkungen aber ein wichtiges Potential zur Lösung aktueller und zukünftiger Umweltprobleme darstellt (SRU 2002), bedarf es eines Ansatzes, um sie in effizienter Weise für Unternehmen erfassbar und bewertbar zu machen.

³ Umweltwirkungen sind die im Laufe des Lebenswegs eines Produktes auftretenden Auswirkungen in den Kategorien Ressourcen, menschliche Gesundheit und ökologische Wirkungen (DIN-EN-ISO-14040 1997).

1.2 Defizite der Lieferantenbewertung

Die durch Lieferanten hervorgerufenen Umweltwirkungen und Kosten stellen sowohl aus betriebswirtschaftlicher⁴, als auch aus rechtlicher und umweltpolitischer Sicht (siehe Kap. 3.2.2) Anforderungen an die Bewertung von Lieferanten.

Zwar existiert in der wissenschaftlichen Literatur sowie in der unternehmerischen Praxis eine Vielzahl von Ansätzen zur Bewertung von Lieferanten (siehe Kap. 3.1) sowie zur Erfassung lieferantenbezogener Umweltwirkungen (siehe Kap. 3.3 und 3.4), diese weisen jedoch die folgenden Defizite auf:

- Die Identifizierung lieferantenbezogener Prozesse ist mit den bestehenden Ansätzen der Lieferantenbewertung nicht möglich.
- Bestehende Ansätze der Lieferantenbewertung ermöglichen keine ausreichende quantitative Erfassung und Bewertung der mit lieferantenbezogenen Prozessen einhergehenden Umweltwirkungen und Kosten.
- Die existierenden Ansätze zur Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen im Unternehmen sind mit einem hohen Aufwand verbunden und damit in der praktischen Lieferantenbewertung nur bedingt einsetzbar.
- Die bestehenden Ansätze der Lieferantenbewertung führen Umweltwirkungen und Kosten nicht in einem integrierten Bewertungsansatz zusammen, der eine parallele Betrachtung ermöglicht.

⁴ Nach Stahlmann und Coenenberg werden durch Beschaffungsentscheidungen 50-60% der Kosten und der Umweltwirkungen im Unternehmen determiniert (siehe Stahlmann (1995) und Coenenberg (1997)).

2 Zielsetzung und Vorgehensweise der Arbeit

2.1 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist die Konzeption und Evaluierung eines Verfahrens, das die Bewertung von Lieferanten auf der Grundlage von lieferantenbezogenen Prozessen und den mit ihnen verbundenen Umweltwirkungen und Kosten ermöglicht.

Aus dem Vergleich dieses Ziels und den in Kap. 1.2 formulierten Defiziten der Lieferantenbewertung können für die Entwicklung des Verfahrens folgende Teilziele formuliert werden:

1. Das Verfahren soll es dem anwendenden Unternehmen ermöglichen, lieferantenbezogene Prozesse innerhalb und außerhalb des Unternehmens eindeutig zu identifizieren und mit den für eine Bewertung notwendigen Parametern zu erfassen und zu quantifizieren.
2. Das Verfahren soll eine integrierte und parallele Erfassung und Bewertung⁵ der von Lieferanten ausgehenden Umweltwirkungen und Kosten ermöglichen. Dabei soll insbesondere die Komplexität der Bewertung von Umweltwirkungen niedrig gehalten und gleichzeitig ihre Richtungssicherheit gewährleistet werden. Das Verfahren soll mit dem Schwerpunkt auf einer regelmäßigen Bewertung von bestehenden und neuen Lieferanten im Sinne eines Lieferantencontrollings (siehe Kap. 3.1.1) eingesetzt werden können, aber auch eine einmalige Bewertung, z.B. eine Ist-Aufnahme, ermöglichen.
3. Um eine effiziente Anwendung des Verfahrens in der unternehmerischen Praxis der Lieferantenbewertung zu erreichen, soll das Verfahren die Ergebnisse der Bewertung in aggregierter Form, z.B. als Kennzahlen, zusammenfassen. Dadurch soll zum einen der Vergleich der von verschiedenen Lieferanten ausgehenden Umweltwirkungen und Kosten untereinander ermöglicht werden. Zum anderen sollen die Ergebnisse in existierende Ansätze der Lieferantenbewertung im Unternehmen übernommen werden können.
4. Abschließend soll das Verfahren am Beispiel von zwei Industrieunternehmen erprobt und evaluiert werden. Hierfür sollen Unternehmen ausgewählt werden, die aufgrund ihrer Branche und Lieferantenbeziehungen einen hohen Bedarf an der Analyse und Bewertung der mit Lieferanten einhergehenden Umweltwirkungen und Kosten haben.

Abbildung 1 fasst Ausgangssituation und Ziel der vorliegenden Arbeit schematisch zusammen.

⁵ Die Bewertung der vom Lieferanten ausgehenden Umweltwirkungen und Prozesskosten wird hier im ursprünglichen Wortsinn des Begriffes Bewertung als die Zuordnung einer (Geld-)Größe auf Güter oder Handlungsalternativen verstanden (Zeit 2005).

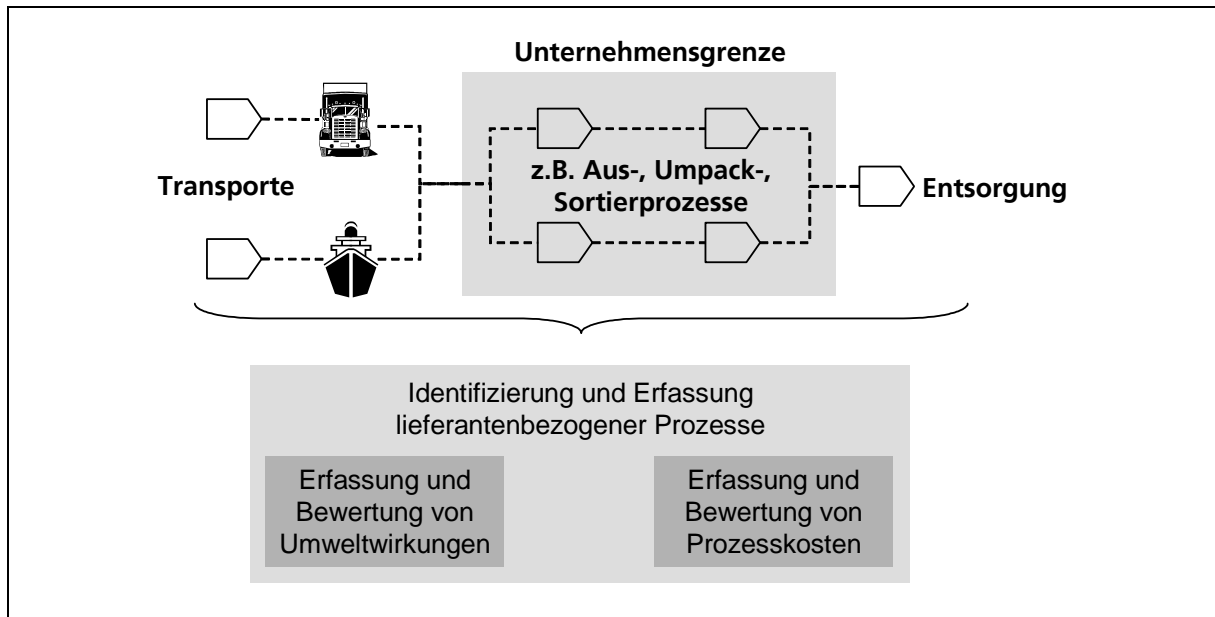


Abbildung 1: Ausgangssituation und Ziel der Arbeit

2.2 Vorgehensweise

In Kap. 3 wird der Stand des Wissens über die Bewertung von Lieferanten sowie die Erfassung der durch sie erzeugten Umweltwirkungen beschrieben. Nach der Definition von Begriffen und der Darlegung der Bedeutung der Lieferantenbewertung wird in Kap. 3.1 ein Überblick zu bestehenden Verfahren der qualitativen und quantitativen Lieferantenbewertung gegeben. Darauf folgt in Kap. 3.1.3 eine Beschreibung der prozessorientierten Bewertung von Lieferanten mit der Erfassung lieferantenbezogener Prozesse und daraus resultierenden Prozesskosten.

In Kap. 3.2 werden Anforderungen, die sich aus den umweltpolitischen und -rechtlichen Rahmenbedingungen an die Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen in produzierenden Unternehmen ergeben, beschrieben. Wichtige Normen, Ansätze sowie vereinfachte und kombinierte Verfahren zur umweltwirkungsbezogenen Bewertung von Lieferanten werden in Kap. 3.3 und Kap. 3.4 dargestellt.

Die zentralen, sich aus den bestehenden Ansätzen ergebenden Defizite werden schließlich in Kap. 3.5 zusammengefasst. Sie bilden zusammen mit der Zielsetzung aus Kap. 2.1 die Grundlage für den Entwurf eines Verfahrens zur Bewertung von Lieferanten auf Grundlage von Umweltwirkungen und Prozesskosten in Kap. 4 sowie die Beschreibung von Anforderungen an das Verfahren in Kap. 5.

Das in dieser Arbeit zu entwickelnde Verfahren wird in Kap. 6 beschrieben. Es kombiniert die Erfassung lieferantenbezogener Prozesse mit der Bewertung der von ihnen ausgehenden Umweltwirkungen und Prozesskosten.

Die Umsetzung des Verfahrens in zwei produzierenden Unternehmen wird in Kap. 7 erläutert. Während im ersten Anwendungsfall eine regelmäßige Bewertung der von Lieferanten ausgehenden Umweltwirkungen und Prozesskosten im Mittelpunkt steht, wird das Verfahren im zweiten Fall für die einmalige Bewertung von Lieferanten genutzt.

In Kap. 8 wird die Anwendung des Verfahrens in Bezug auf die in Kap. 5 formulierten Anforderungen evaluiert. Damit wird bewertet, inwieweit die in der Aufgabenstellung formulierten

Ziele in unterschiedlichen praktischen Anwendungsumgebungen realisiert werden konnten. Ausgewählte, das Verfahren und seine Umsetzung betreffende Punkte werden in Kap. 8.2 kritisch diskutiert. In Kap. 9 wird das Verfahren zusammengefasst und ein Ausblick auf weiterführende wissenschaftliche Fragestellungen gegeben.

Die zentralen Bestandteile dieser Arbeit sind in Abbildung 2 zusammengefasst.

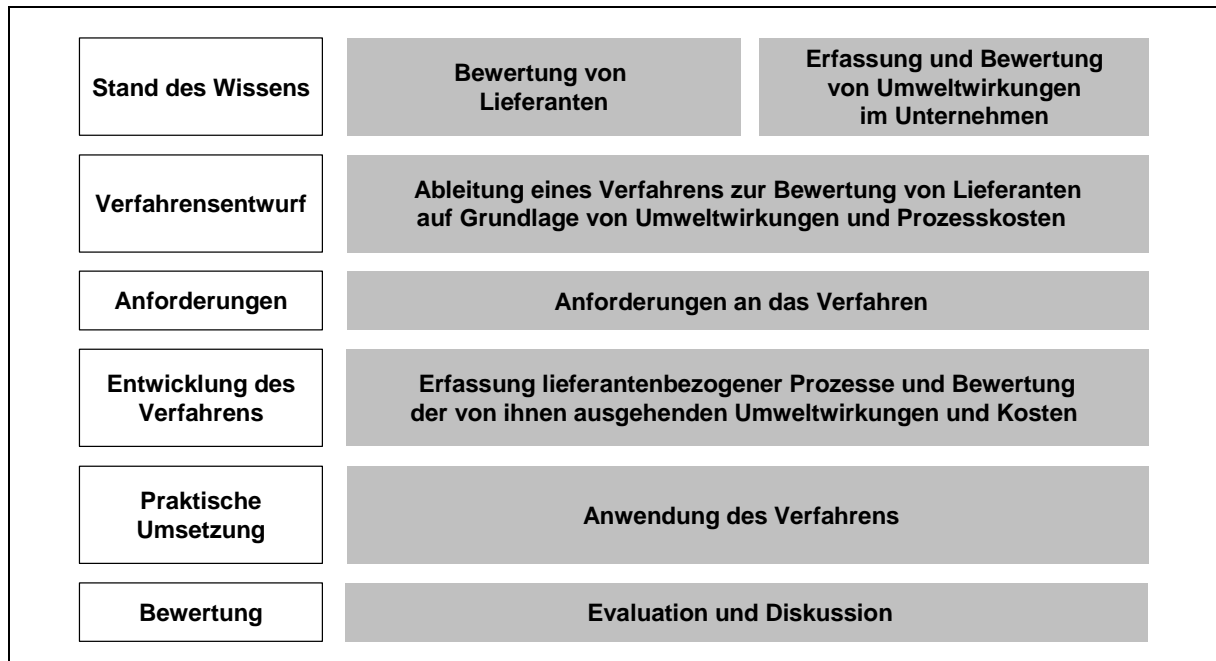


Abbildung 2: Überblick über die Vorgehensweise der Arbeit

3 Bewertung von Lieferanten und Erfassung ihrer Umweltwirkungen

3.1 Bewertung von Lieferanten als unternehmerische Aufgabe

Die Bewertung von Lieferanten ist eine der zentralen Aufgaben der Beschaffung im Unternehmen. Wie bereits in Kap. 1 deutlich wurde, ist die wachsende Bedeutung der Beschaffung gegenüber den traditionell wichtigen Bereichen des Absatzes und der Produktion auf ein steigendes Beschaffungsvolumen und die Erhöhung der Komplexität von Lieferantenbeziehungen zurückzuführen (Koppelman 2003b). Verstärkt wird diese Entwicklung zudem durch die Konzentration auf Systemlieferanten, die zwar die Anzahl der Lieferantenkontakte im Unternehmen reduziert, gleichzeitig aber auch die Abhängigkeit von den verbleibenden Lieferanten erhöht (Hirschbach 2003).

Kuhn und Hellingrath (2003) nennen als wichtige Gründe für eine stärkere Orientierung der gegenwärtigen Beschaffungspolitik an strategischen Zielen: Die engen Verflechtungen der internationalen Beschaffungsmärkte, die kurzen Innovationszyklen, der Produkt- und Qualitätsfortschritt auf dem Weltmarkt, die Verringerung der Fertigungstiefe und die Just-In-Time Beschaffung heutiger Unternehmen. Sie heben damit die Bedeutung einer langfristig orientierten Beschaffung und umfassenden Bewertung von Lieferanten hervor.

Nach Hartmann (1997) liegt die Schwäche der Lieferantenbewertung in vielen Unternehmen in der Subjektivität der Ansätze begründet. In der Vergangenheit fokussierten die Bewertungsansätze häufig auf den Preis (siehe auch Kap. 3.1.2). Die systematische Gewinnung wichtiger Lieferanteninformationen, wie z.B. Zuverlässigkeit, Wettbewerbsneutralität u.a., wurde dagegen vernachlässigt.

Vergleichbares gilt für die Bewertung der Auswirkungen des Lieferanten auf die Umwelt. Diese wird, wie eine aktuelle Befragung des Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation unter produzierenden Unternehmen aufzeigt, nur wenig systematisch und nicht flächendeckend betrieben (Lang-Koetz et al. 2004). So gaben weniger als 20% der Unternehmen an, ihre Lieferanten hinsichtlich deren Umweltleistung zu bewerten⁶. Die Ergebnisse dieser Bewertung werden zudem nicht ausreichend in bestehende Ansätze der Lieferantenbewertung integriert.

Aus der Fachliteratur wird ersichtlich, dass für die Bewertung von Lieferanten eine Vielzahl unterschiedlicher Ansätze zum Einsatz kommt (siehe z.B. Glantschnig (1994), Hartmann (1997) und Koppelman (2003a)). Ein Überblick zu ausgewählten Methoden der Lieferantenbewertung ist in Kap. 3.1.2 enthalten. Eine Vereinheitlichung oder Normierung der Methoden und der Bewertungskriterien erscheint vor dem Hintergrund der Branchenvielfalt und der Unterschiedlichkeit der damit verbundenen Bewertungsaufgaben nicht sinnvoll.

Die veränderten Ausgangsparameter für die Beurteilung von Lieferanten, wie z.B. die Komplexitätszunahme und die Abhängigkeit von Lieferanten, haben indes in Wissenschaft und Praxis zu ersten systemorientierten Ansätzen geführt. Geschäftsprozesse wie Beschaffung,

⁶ Da der Begriff der Umweltleistung hier auch qualitative Bewertungskriterien wie das Vorhandensein von Umweltmanagementsystemen einschließt, dürfte die Anzahl der Unternehmen, die tatsächlich eine quantitative Erfassung der Umweltleistung betreiben, niedriger liegen. Für eine Definition des Begriffs Umweltleistung siehe Kap. 3.2.1.

Auftragssteuerung, Produktion, Lagerhaltung und Vertrieb werden zunehmend nicht mehr als isolierte und differenzierte Unternehmensfunktionen, sondern als Prozesse begriffen, die über die gesamte Wertschöpfungskette zu optimieren sind.

Dies ist auch der Grundgedanke des ‚Supply Chain Management‘ (SCM) (Kuhn, Hellingrath 2003). In der Literatur findet sich eine Vielzahl weiterer Ansätze, die z.B. unter den Begriffen des ‚Value Chain Management‘ oder ‚Value Net Management‘ aufgeführt werden (vgl. ebd.). Diesen Ansätzen liegt der gemeinsame Blickwinkel auf die Optimierung von Netzwerken und den daraus erwachsenden Anforderungen an die Kooperation und Koordination zwischen den einzelnen Partnern zugrunde. Ein Verständnis der Produktion als ein komplexes Netzwerk aus Lieferanten, Unternehmen und Kunden löst damit die bisherige lineare Betrachtung von Produktionsketten ab (siehe Abbildung 3), bilaterale Unternehmensbeziehungen werden zunehmend zu multilateralen.

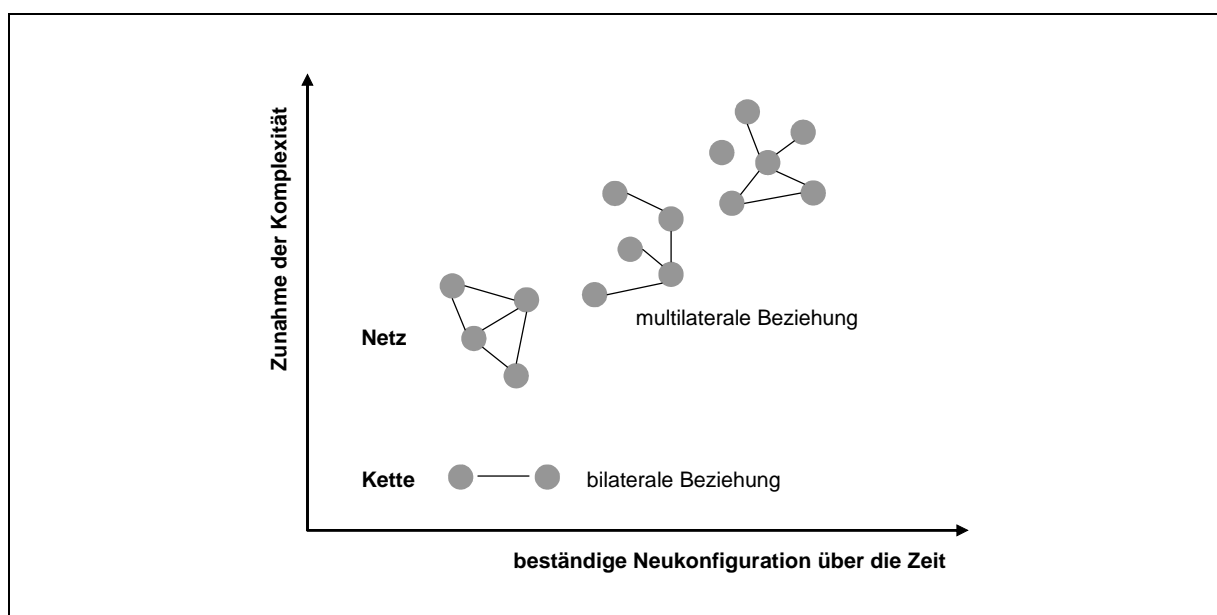


Abbildung 3: Entwicklung des Betrachtungsfokus von der Kette zum Netz (Kuhn, Hellingrath 2003)

3.1.1 Begriff und Ziel der Lieferantenbewertung

Glantschnig (1994) definiert Lieferanten als zuverlässige und leistungsadäquate Bezugsquellen für Güter und Dienstleistungen. Ihre Beurteilung stellt eine der Kernaufgaben der Beschaffung im produzierenden Unternehmen dar. Die Lieferantenbewertung hat demnach die Aufgabe, die Erfüllung der an einen Lieferanten gestellten Anforderungen zu überprüfen.

Nach Koppelman (2003a) ist die Lieferantenbewertung der Endpunkt der Lieferantenanalyse. Die Lieferantenanalyse wiederum verfolgt nach Hartmann (1997) die Erfassung der wirtschaftlichen, ökologischen und technischen Leistungsfähigkeit eines Lieferanten zu einem definierten Zeitpunkt. Ziel der Lieferantenanalyse ist ein Informationsgewinn, um daraus Erkenntnisse für konkrete, strategische Maßnahmen abzuleiten.

Als Instrument des Einkaufs bzw. der Beschaffung hat die Lieferantenbewertung zum Ziel, Kostenminimierung und Sicherheit in der Versorgung eines Unternehmens zu garantieren. Diese Zielsetzung lässt sich dabei wie folgt aufgliedern (Hartmann et al. 1997):

- Objektivierung und Optimierung der Lieferantenauswahl,
- Steuerung der Lieferantenbeziehungen,
- Entwicklung und Pflege der Lieferantenbeziehungen,
- Schaffung von Problembewusstsein für Lieferanten.

Die Lieferantenanalyse soll schließlich den Schritt der Lieferantenauswahl unterstützen, der durch die vorgelagerten Schritte der Lieferantenidentifikation und -eingrenzung sowie die nachgelagerten Schritte der Lieferantenverhandlung und des Vertragsabschlusses ergänzt wird (siehe Abbildung 4).

Die Lieferantenanalyse und -auswahl ist nach Koppelman (2003a) ein trichterförmiger Prozess, der durch das Anlegen verschiedener Filtergrößen aus einer Vielzahl von potentiellen Lieferanten einige wenige auswählt. Die Suche nach neuen Lieferanten ist nach Koppelman ein permanenter Prozess, da Geschäftsbeziehungen keinen stationären Zustand erreichen und die ständige Bemühung um neue und bessere Lösungen, einschließlich Lieferanten, zu den zentralen Aufgaben eines Unternehmens gehören.

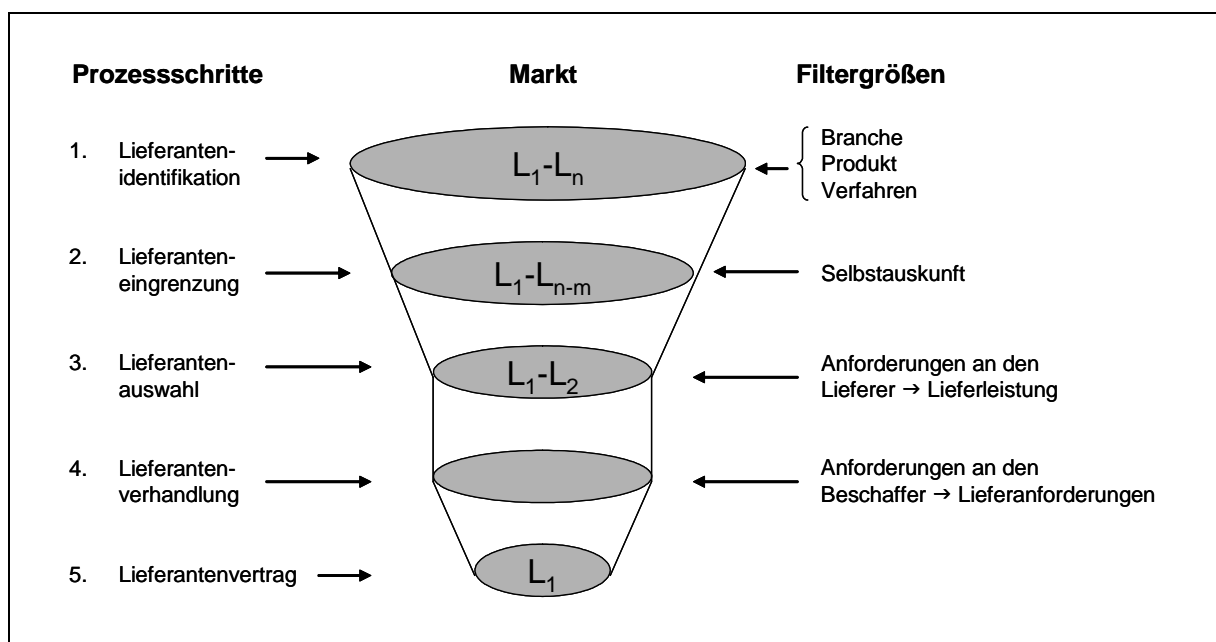


Abbildung 4: Prozess der Lieferantenanalyse und -auswahl (Koppelman 2003a)

Da die Lieferantenbewertung selbst nur eine Momentaufnahme des jeweiligen bewerteten Lieferanten wiedergibt, wird sie durch die Beschaffungskontrolle (Koppelman 2003a) bzw. das Lieferantencontrolling (Hartmann et al. 1997) ergänzt, welches die Leistung der ausgewählten Lieferanten im Zeitablauf überwacht, um Veränderungen frühzeitig zu erkennen.

Sowohl die Lieferantenbewertung als auch das Lieferantencontrolling sind für die Informationsgewinnung auf Anforderungskriterien angewiesen.

Hartmann (1997) nimmt eine generelle Unterteilung dieser Anforderungskriterien in Kriterien der Lieferleistung und der Leistungsfähigkeit von Lieferanten vor. Während mit der Lieferleistung in erster Linie quantifizierbare Kriterien wie Qualität, Termine und Mengen bewertet werden, werden im Rahmen der Leistungsfähigkeit von Lieferanten oft schwer quantifizierbare Kriterien wirtschaftlicher, ökologischer und technischer Art bewertet (z.B. Umweltwirkungen u.a.).

Abbildung 5 gibt den Zusammenhang der wichtigsten Bestandteile und Begriffe der Lieferantenanalyse nach Hartmann (1997) wieder. Ein Überblick zu ausgewählten Methoden und Kriterien der Lieferantenbewertung wird im folgenden Abschnitt gegeben.

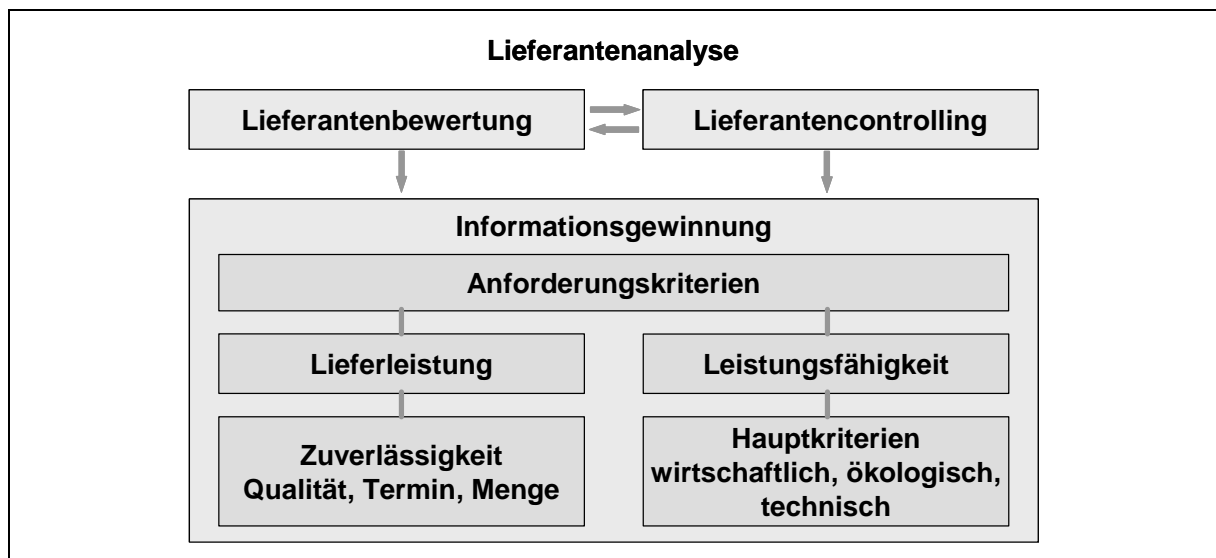


Abbildung 5: Rahmenkonzept zur Lieferantenbewertung (modifiziert nach Hartmann (1997))

3.1.2 Verfahren der Lieferantenbewertung

In der Literatur findet sich eine umfangreiche Anzahl von Ansätzen zur Bewertung von Lieferanten. Gute Überblicke enthalten z.B. die Arbeiten von Glantschnig (1994) und Ernst (1995). So wertet Glantschnig z.B. 129 Methoden der Lieferantenbewertung nach deren Schwerpunkten aus (siehe Anhang A, Kap. 12.1).

Als zentrales Ergebnis von Glantschnigs Auswertung fasst Koppelman (2003a) zusammen, dass sich nur eine geringe Anzahl der Methoden mit der Optimierung von Lieferanten beschäftigt und nur wenige Verfahren eine umfassende Analyse der Lieferanten - unter Einschluss der Leistungsfähigkeit - zum Ziel haben. Die Mehrheit der existierenden Verfahren nutzt demnach Punktbewertungen, Checklisten oder Preisvergleiche als Bewertungsrahmen.

Wie bereits in Kap. 3.1 erwähnt, lag in der Vergangenheit der Schwerpunkt der Lieferantenbewertung auf der Erfassung des Preises. Kriterien der Lieferleistung sowie schwer quantifizierbare Kriterien der Leistungsfähigkeit waren selten Gegenstand der Lieferantenbewertung. Wenngleich auf methodischer Seite inzwischen die Mehrheit der Verfahren einen Mehrfaktorenvergleich abbildet (Wildemann 2004), so sind es nach wie vor in erster Linie Preiskriterien sowie Marktdaten, gefolgt von Service-, Liefer- und Zeitkriterien, die zur Bewertung

von Lieferanten herangezogen werden. Selten genutzt werden in den Bewertungsansätzen dagegen Mengen-, Informations- und Ortskriterien (Koppelman 2003a).

Aufgrund der großen Anzahl und der unterschiedlichen Ausrichtung der verfügbaren Ansätze zur Lieferantenbewertung wird im Folgenden ein zusammenfassender Überblick anhand der von Koppelman (2003a) identifizierten zentralen Verfahren gegeben. Diese lassen sich in quantitative und qualitative Verfahren unterscheiden (siehe Abbildung 6).

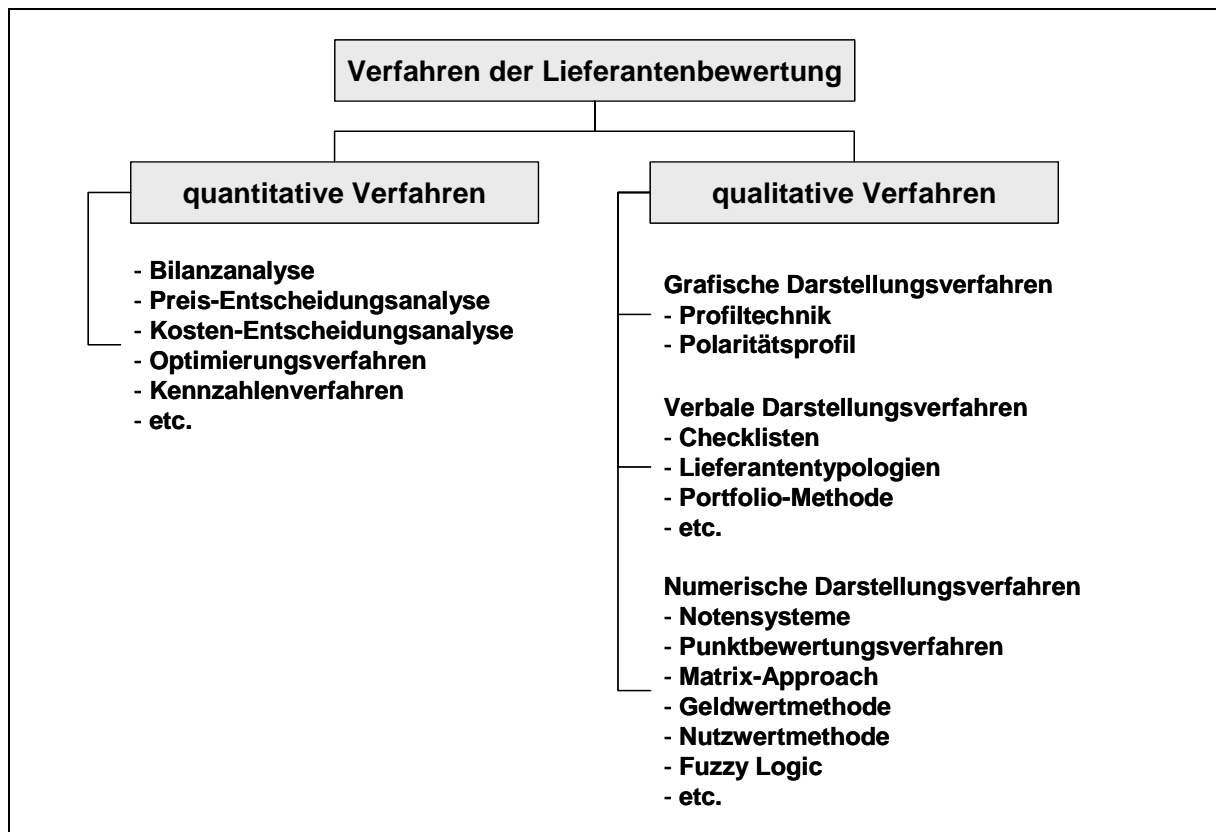


Abbildung 6: Quantitative und qualitative Verfahren für die Bewertung von Lieferanten (Koppelman 2003a)

Die Unterteilung in quantitative und qualitative Verfahren basiert auf dem Charakter der zu erhebenden Anforderungskriterien und folgt damit einer anderen Systematik als der in Kap. 3.1.1 vorgestellten Differenzierung der Kriterien in Lieferleistung und Lieferantenleistung nach Hartmann (1997). Kriterien der Lieferleistung und Lieferantenleistung können daher sowohl mit Hilfe von quantitativen als auch qualitativen Bewertungsverfahren erhoben werden.

In den folgenden Abschnitten werden die wichtigsten quantitativen und qualitativen Verfahren der Lieferantenbewertung kurz dargestellt.

3.1.2.1 Quantitative Verfahren der Lieferantenbewertung

Quantitative Verfahren der Lieferantenbewertung zielen darauf ab, die Leistungsfähigkeit bzw. die Lieferleistung eines Lieferanten in Form von monetären oder numerischen Größen zu quantifizieren. Zu ihnen werden die folgenden Verfahren gezählt (vgl. zu den Ansätzen Koppelman (2003a)):

- Das Verfahren der Bilanzanalyse liefert bei mehrperiodischen Vergleichen grobe Anhaltspunkte zur Leistungsfähigkeit eines Lieferanten z.B. in Form von Bilanzkennzahlen. Diese können z.B. die Wirtschaftlichkeit, die Liquidität, die Kostenstruktur oder auch die Umsatzstruktur eines Lieferanten abbilden.
- Die Preisentscheidungsanalyse kann in unterschiedlichen Formen angewendet werden. Es kommen die Preisstrukturanalyse (Betrachtung der Angemessenheit für die spätere Preisverhandlung), die Preisbeobachtung (Beobachtung der Preisveränderung im Zeitablauf) und der Preisvergleich in Form von Angebotsvergleichen zum Einsatz.
- Im Falle der Kostenentscheidungsanalyse werden die einzelnen Kostenbestandteile des Lieferanten sowie die Folgekosten geprüft. Hierfür kommt z.B. die ‚Cost-Ratio-Methode‘ zum Einsatz, bei der die Gesamtkosten ermittelt werden, die während eines Beschaffungsvorgangs anfallen. Einen weiteren Ansatz stellt das ‚Total-Cost-Supplier-Selection-Model‘ (Smytka, Clemens 1993) dar, bei dem elf messbare interne und externe Kostenfaktoren für die Bewertung berücksichtigt werden. Darüber hinaus werden die mit einem Lieferanten zusammenhängenden potenziellen Risikofaktoren in die Bewertung einbezogen.
- Auf der Kostenentscheidungsanalyse bauen wiederum Optimierungsverfahren, wie z.B. die lineare Optimierung, auf. Bei der linearen Optimierung wird in der Regel das günstigste Angebot als Zielfunktion definiert, während andere Ziele in Form von Nebenbedingungen in die Bewertung einbezogen werden. Zunächst werden alle Angebote auf die Erfüllung der Nebenbedingungen geprüft. Die verbleibenden Angebote werden dann, bezogen auf die Preisbildung, in absteigender Reihenfolge sortiert.
- Mit Kennzahlenverfahren wird die Qualität des Lieferanten in einer Kennzahl ausgedrückt. Dabei können sowohl Mehrkomponenten- als auch Einkomponentenbewertungen (z.B. Terminverlässlichkeit) zum Einsatz kommen. Wie bereits in Kap. 3.1.2 erwähnt, wird der Einfaktorenvergleich dabei zunehmend von komplexeren Mehrfaktorensystemen abgelöst. Als wichtigste Kennwerte gelten neben Qualität und Preis die Liefertreue, das Entwicklungspotential und die terminliche Flexibilität von Lieferanten (Muschinski 1998).

3.1.2.2 Qualitative Verfahren der Lieferantenbewertung

In Abgrenzung zu den quantitativen Verfahren der Lieferantenbewertung haben qualitative Verfahren zum Ziel, schwer quantifizierbare Kriterien wie z.B. Reklamationen, administrativen Aufwand, Zusammenarbeit bei Problemen etc. in die Bewertung zu integrieren.

Qualitative Verfahren können in grafische, verbale und numerische Darstellungsverfahren unterteilt werden (vgl. zu den Ansätzen Koppelman (2003a)):

Grafische Darstellungsverfahren

- Zu den grafischen Darstellungsverfahren zählen z.B. die Profiltechnik und das Polaritätsprofil. Sie bewerten Lieferanten in Form von notenähnlichen Bewertungsskalen. Die Ergebnisse einer solchen grafischen Auswertung können z.B. in Form von Noten zwischen -3 und +3 über eine Vielzahl von Merkmalen erfolgen. Verbindet man die einzelnen, in einer Tabelle aufgelisteten Notenwerte miteinander, so entstehen charakteristische Zick-Zack-Linien, die die Eigenschaften eines Lieferanten beschreiben und so einen einfachen, relativen, grafischen Vergleich von Lieferanten untereinander ermöglichen.

Verbale Darstellungsverfahren

- Zu den verbalen Darstellungsverfahren zählen z.B. Checklisten, Lieferantentypologien und Portfolio⁷-Methoden. Checklisten dienen in erster Linie als systematisch aufgebaute Gedächtnisstütze, die jedoch keine Auswahlregel für einen Lieferanten beinhaltet. Lieferantentypologien und Portfoliomethoden stellen vergleichbar mit der Profiltechnik die relative Position eines oder mehrerer Lieferanten in Bezug auf ausgewählte Dimensionen oder Kenngrößen dar (siehe z.B. Weber (1999)).

Numerische Darstellungsverfahren

- Numerische Darstellungsverfahren umfassen eine Vielzahl von Bewertungsmethoden, die Zahlen bzw. numerische Werte als Ausdruck subjektiver Bewertung nutzen. Notensysteme bewerten ausgewählte Kriterien, beispielsweise anhand einer Schulnoteneinteilung. Ein häufig genutztes Punktbewertungsverfahren ist z.B. das Scoring-Modell (Plehn 2003). Über die Gewichtung von Teilurteilen und deren Eintrittswahrscheinlichkeit wird ein Gesamturteil ermittelt. Ein Vorteil der Punktbewertungsverfahren liegt darin, dass die Beurteilungen einzelner, an dem Verfahren Beteiligter transparent werden. Als problematisch wird dagegen angesehen, dass bei der Aggregation von Einzelurteilen zu Zahlenwerten eine nicht vorhandene, quantitative Objektivität vorgetäuscht wird.
- Der Matrix Approach zielt darauf ab, die Subjektivität des oben genannten Scoring-Modells dadurch zu mildern, dass die Bewertung anhand definierter Kriterien, wie z.B. Qualität, Preis, Kundendienst, etc. in einem gemeinsamen Team aller an der Bewertung Beteiligten erfolgt. Wie im Scoring-Modell werden auch hier Bewertungsfaktoren über die Gewichtung von Teilkriterien gebildet und zu einem Gesamturteil aggregiert.
- Die Geldwertmethode baut auf einer Wertanalyse auf. Nach einer Festlegung der durch einen Lieferanten zu erfüllenden Funktionen werden Angebote eingeholt, die auf die Erfüllung der notwendigen Funktionen geprüft werden. Alle zusätzlichen Funktionen werden in Form eines Geldbetrages bewertet und entsprechend den Zielvorstellungen geordnet. Der Geldwert der Zusatzleistung wird dann vom Einstandspreis subtrahiert und der Lieferant mit der größten positiven Differenz ausgewählt.
- Mit der Nutzwertmethode oder auch Nutzwertanalyse können für die Lieferantenbewertung Zielerträge und Bezugswerte nach Präferenzen der Entscheidungsträger festgelegt werden. Dementsprechend wird, der Entscheidungspräferenz des Anwenders folgend, ermittelt, wie groß der Beitrag der jeweiligen Alternative zur Erreichung eines Beschaffungsziels sein könnte.
- Die mögliche Verwendung von Fuzzy Logic im Rahmen der Lieferantenbewertung besteht darin, aus den Daten der Lieferantenbewertung für jeden Lieferanten eine Kennzahl zu errechnen und so Lieferanten untereinander vergleichbar zu machen. Die in einem mehrstufigen Verfahren ermittelte Kennzahl gibt den Grad der Erfüllung der Lieferantenkriterien an.

⁷ Der Begriff „Portfolio“ stammt ursprünglich aus der Finanzwirtschaft. Portfolios werden z.B. im Rahmen der Portfoliotechnik eingesetzt, um Empfehlungen für strategische Entscheidungen im Unternehmen abzuleiten (Weber, J. 1999).

3.1.3 Prozessorientierte Bewertung von Lieferanten

In Kap. 3.1.2 ist die unterschiedliche Ausrichtung gebräuchlicher Lieferantenbewertungsverfahren deutlich geworden. Offensichtlich ist, dass in der unternehmerischen Praxis kaum ein einzelner Ansatz genügt, um einen Lieferanten unter quantitativen und qualitativen Aspekten umfassend zu bewerten.

Über die genannten Bewertungsverfahren hinaus, können durch die Analyse von Beschaffungs- und Lieferprozessen Lieferanten und Unternehmen als Gesamtsystem erfasst werden (Schifferer 2004). Diese auch unter dem Begriff der Optimierung indirekter Funktionen dargestellte Vorgehensweise (Jakobi 2003) zielt darauf ab, die sog. indirekten Bereiche eines Unternehmens, z.B. die Instandhaltung, den innerbetrieblichen Transport und das Verpacken durch Reorganisation und Rationalisierung zu optimieren. Diese Vorgehensweise orientiert sich wie der im Kap. 3.1 beschriebene Ansatz des Supply Chain Management an einer system- und prozessorientierten Betrachtung von Unternehmen und ihren Lieferanten (Bullinger, Lott 1997).

3.1.3.1 Erfassung lieferantenbezogener Prozesse

Dem Prinzip der Prozessorientierung folgend können spezifische lieferantenbezogene Prozesse identifiziert werden, die infolge der Lieferung eines Produktes im Unternehmen entstehen. Diese lieferantenbezogenen Prozesse verursachen sowohl Umweltwirkungen als auch Kosten, die über gängige Ansätze der Kostenrechnung nicht erfasst werden. Sie werden daher auch im Rahmen existierender Ansätze der Lieferantenbewertung nicht ausreichend berücksichtigt (siehe Kap. 3.1.2 sowie Beucker und Lang (2003)).

Die durch Lieferanten im Unternehmen erzeugten lieferantenbezogenen Prozesse können durch die Kategorien der Transport- sowie vor- und nachbereitenden Prozesse charakterisiert werden. Die genannten Prozesse werden in der folgenden Tabelle 1 beschrieben.

Tabelle 1: Beschreibung lieferantenbezogener Prozesse

Art des Prozesses	Beschreibung
Transportprozesse	Transportprozesse sind in Abhängigkeit vom Transportmedium (Strasse, Schiene, Luft), von der zur Verfügung stehenden Zeit, den physikalischen Parametern des zu transportierenden Gutes (Gewicht, Volumen, Empfindlichkeit, etc.) und der verwendeten Verpackung für Beschaffungs- und Prozesskosten sowie Umweltwirkungen verantwortlich (SRU 2002).
Vorbereitende Prozesse	Zu den vorbereitenden Prozessen gehören beispielsweise Aus- und Umpackvorgänge, die aufgrund der durch den Lieferanten verwendeten Transportverpackungen im Unternehmen anfallen. Je nach Branche, Zulieferer- und Produktionsstruktur binden solche Aus- und Umpackvorgänge relevante Personalkapazitäten (Weber, J. 2002). Zu den vorbereitenden Prozessen gehört z.B. auch die Reinigung oder Aufbereitung der gelieferten Waren, sofern diese nicht Bestandteil bereits definierter Prozesse im Unternehmen sind.
Nachbereitende Prozesse	Zu den nachbereitenden Prozessen werden z.B. Entsorgungsprozesse gezählt, die durch die eingesetzten Transportverpackungen im Unternehmen anfallen. Diese beinhalten wiederum innerbetriebliche Transport- und Sortierprozessen und signifikante Personalkosten sowie Umweltwirkungen (Fischer et al. 1997).

Aus der Beschreibung der lieferantenbezogenen Prozesse wird deutlich, dass es sich um durch Lieferanten hervorgerufene Effekte handelt, die sich unmittelbar im Unternehmen bzw. den vor- und nachgelagerten Prozessstufen in Form von Umweltwirkungen und Prozesskosten niederschlagen.

Für die Identifizierung von lieferantenbezogenen Prozessen in der Praxis ist entscheidend, dass sich diese im Einflussbereich eines Unternehmens befinden und damit für die Optimierung von Umweltwirkungen und Prozesskosten genutzt werden können. Dies kann vom Anwendungsfall bzw. von der konkreten Lieferanten-Kunden-Beziehung abhängen, wie am Beispiel von Transportprozessen deutlich wird. Transportkosten sind üblicherweise Bestandteil des Produktpreises, entsprechend werden Transportprozesse daher nicht in die Lieferantenbewertung einbezogen (siehe Kap. 3.1.2.). Eine Identifizierung und Erfassung der Transportprozesse von Lieferanten kann für ein Unternehmen jedoch von hoher Relevanz sein, um dadurch Einsparpotentiale bei Umweltwirkungen oder Prozesskosten nachzuweisen und in Verhandlungen mit Lieferanten zu nutzen.

Während die Erfassung und Bewertung der mit den lieferantenbezogenen Prozessen verbundenen Umweltwirkungen in den Kapiteln 3.2, 3.3 und 3.4 behandelt wird, erfolgt im folgenden Kapitel die Beschreibung der Erfassung lieferantenbezogener Kosten über den Ansatz der Prozesskostenrechnung.

3.1.3.2 Erfassung lieferantenbezogener Prozesskosten

In Bezug auf die Bereitstellung verursachergenaue betrieblicher Informationen zu Kosten weist die traditionelle Kostenrechnung eine Reihe von Schwachstellen auf. Dies gilt insbesondere auch für die Bewertung von Lieferanten, für die detaillierte und verursachergerechte Kosteninformationen benötigt werden. In der Fachliteratur (vgl. z.B. Jasch (2001), Seuring (2001) und Remer (1997)) wird als Ursache für die mangelnde Aussagefähigkeit der Kostenrechnung ihre fehlende Transparenz bezüglich

- der Prozessstruktur des Unternehmens,
- der Kostenstruktur und Kostenelemente des Unternehmens sowie
- der zeitlichen Struktur der Kostenentstehung und -zurechnung

genannt.

Die Schwachstellen der betrieblichen Kostenrechnung gelten in vergleichbarer Form auch für die Bewertung der von lieferantenbezogenen Prozessen ausgehenden Kosten. In Kap. 3.1.2 wurden mit der Cost-Ratio-Methode und dem Total-Cost-Supplier-Selection-Model zwei quantitative Bewertungsansätze genannt, die eine umfassende kostenrechnerische Bewertung des Lieferanten zum Ziel haben. Sie zielen darauf ab, im Sinne einer Vollkostenrechnung neben dem Produktpreis die vollständigen, mit einem Lieferanten einhergehenden Kosten zu erfassen. Beide Ansätze haben sich jedoch bisher in der Praxis kaum durchgesetzt (Koppelman 2003b).

Eine weitere Möglichkeit für die Bewertung der von lieferantenbezogenen Prozessen ausgehenden Kosten stellt der Ansatz der Prozesskostenrechnung dar. Sie ist ein vergleichsweise junger Ansatz der betrieblichen Kostenrechnung, der kein neues Kostenrechnungssystem erfordert, sondern eine Verfeinerung der bestehenden Kostenrechnung zum Ziel hat.

Nach Weber (2002) setzt die Prozesskostenrechnung speziell in der Verrechnung von Gemeinkosten an. Die bisherigen Schwächen in der Verrechnung von Gemeinkosten werden dabei in der Zurechnung von der Fertigung vor- und nachgelagerten Dienstleistungsbereichen, wie z.B. Bestelldisposition, Fertigungsvorbereitung und -steuerung, Lagerung und Transport, gesehen. Nach Fichter et al. (1997) kann die Prozesskostenrechnung auch als ein Verfahren der Budgetierung verstanden werden, das sich an der traditionellen Kostenarten- und Kostenstellenrechnung orientiert.

In der praktischen Anwendung der Prozesskostenrechnung werden Prozesskostensätze definiert und nicht prozessorientierte bzw. Gemeinkosten auf Produkte umgelegt. Die Prozesskostensätze ergeben sich aus der Division der ermittelten Prozesskosten durch die Prozessmenge (BMU, UBA 1996). In der Kalkulation werden die Prozesskostensätze über die Beziehung zwischen den Kostenträgern und den beanspruchten Prozessen verrechnet. Die Prozesskostensätze geben somit die Inanspruchnahme einer Leistung für die Erstellung eines Produktes wieder und entsprechen einer verursachergerechten Zuordnung von Kosten zu Produkten (Weber, J. 1992).

Eine Kostenkontrolle auf Grundlage der Prozesskostenrechnung ist prinzipiell auf zwei Wegen möglich (Horvath, Mayer 1989). Zum einen über die kostenstellenbezogene Kontrolle der Soll- und Ist-Kosten, zum anderen über die Analyse der Prozesse. In diesem Falle werden die Kosten der Einzelprozesse entlang der Prozesshierarchie über die verschiedenen Kostenstellen hinweg zu Hauptprozesskosten verdichtet.

Die im vorangegangenen Kapitel identifizierten lieferantenbezogenen Prozesse sowie die durch sie verursachten Kosten werden in der unternehmerischen Praxis üblicherweise zu den Gemeinkosten gerechnet. Die Prozesskostenrechnung stellt daher einen geeigneten Ansatz für die Zuordnung der durch lieferantenbezogene Prozesse verursachten Kosten zu den gelieferten Produkten dar. Gemäß der von Weber (2002) definierten Logistikkostenrechnung, können die lieferantenbezogenen Prozesskosten auch als spezifische Logistikkosten verstanden werden.

Nach Miller und Vollmann (1986) können vier Typen von Transaktionen unterschieden werden, die für einen Großteil der Fertigungsgemeinkosten verantwortlich sind und die durch die Prozesskostenrechnung erfasst und kontrolliert werden können (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Transaktionen mit Relevanz für Prozesskosten (Miller, Vollmann 1986)

Art der Transaktion	Beschreibung
Logistische Transaktionen	Dies sind Transaktionen, mit denen der Durchfluss von Material im Betrieb angefordert, bewilligt, ausgeführt, überwacht, festgehalten und analysiert wird.
Ausgleichstransaktionen	Sie stellen sicher, dass Materialien, Arbeitskräfte und Kapazitäten entsprechend dem Bedarf in der Produktion vorgehalten werden.
Qualitätsbezogene Transaktionen	Diese umfassen Qualitätskontrollen sowie die Sicherung von Konstruktion und Beschaffung. Dazu gezählt werden auch die Festlegung und Mitteilung von Produktspezifikationen, die Vergewisserung, dass andere Transaktionen ordnungsgemäß abgewickelt wurden sowie die Ermittlung und Aufzeichnung relevanter Daten.
Aktualisierungstransaktionen	Sie dienen dazu, die grundlegenden Fertigungsinformationen auf den neuesten Stand zu bringen, d.h. die Daten zu geänderten Konstruktions- und Zeitplänen, Arbeitsabläufen, Normen, Materialspezifikationen und Stücklisten anzupassen.

Insbesondere die logistischen und qualitätsbezogenen Transaktionen machen die Nutzbarkeit der Prozesskostenrechnung für die Lieferantenbewertung deutlich. Sie besitzen ein hohes Maß an Deckungsgleichheit mit den in Kap. 3.1.3 definierten lieferantenbezogenen Prozessen⁸.

⁸ Nach einer Unterteilung von Horvath und Mayer (1989) handelt es sich bei den genannten Prozessen im Sinne der Prozesskostenrechnung um sich wiederholende (repetitive) Tätigkeiten, die prozessabhängige, d.h. leistungsmengeninduzierte Kosten hervorrufen.

3.1.4 Zusammenfassung

Die Bedeutung von Lieferanten in produzierenden Unternehmen hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Infolge des größer werdenden Kostendrucks werden auch sie verstärkt in die Kostenoptimierung einbezogen. Produzierende Unternehmen haben daher einen wachsenden Bedarf an umfassenden und praxisgerechten Methoden für die Bewertung von Lieferanten.

Es zeigt sich, dass die Unternehmen trotz der Vielfalt der verfügbaren Verfahren der Lieferantenbewertung in erster Linie Punktbewertungen, Checklisten und Preisvergleiche nutzen. In den Bewertungsverfahren kommt zwar in der Regel ein Mehrfaktorenvergleich zum Einsatz, der neben dem Produktpreis weitere quantitative und qualitative Faktoren der Lieferantenleistung (z.B. Liefertreue, Lieferzeit, etc.) in die Bewertung einbezieht (Muschinski 1998), mit der Optimierung von Lieferanten im Sinne einer kontinuierlichen Leistungsverbesserung und der umfassenden Bewertung der Lieferantenleistung beschäftigt sich aber nur eine sehr geringe Anzahl von Ansätzen (Koppelman 2003a).

So gut wie nicht existent sind dagegen Methoden, die auf die Erfassung und Optimierung spezifischer, lieferantenbezogener Prozesse, wie z.B. vor- und nachbereitender Prozesse (siehe Kap. 3.1.3) und den damit verbundenen Prozesskosten abzielen. Diese Situation wird der gewachsenen Bedeutung von Lieferanten sowie der gestiegenen Komplexität von Lieferantenbeziehungen nicht gerecht, Kosteneinsparungspotentiale bleiben dadurch ungenutzt.

Vergleichbar stellt sich die Situation für die Erfassung und Bewertung der von Lieferanten ausgehenden Auswirkungen auf die Umwelt dar. Während in der Vergangenheit die Bewertung der Umweltleistung von Lieferanten kaum von Bedeutung war (Hartmann et al. 1997), so ist sie heute zu einem wichtigen Kriterium der Lieferantenbewertung geworden. So gelten z.B. die durch den Transport von Gütern erzeugten Umweltwirkungen als eines der wesentlichen nationalen und globalen Umweltprobleme (SRU 2002). Dies macht die Beschaffung und damit die Lieferanten auch zu einem bedeutenden Ansatzpunkt für eine Reduzierung von Umweltwirkungen.

Umweltkriterien werden zwar von ca. einem Fünftel deutscher Unternehmen mit Umweltmanagementsystem für die Lieferantenbewertung genutzt (Lang-Koetz et al. 2004), allerdings werden in der Mehrzahl qualitative Faktoren erfasst. Für die Quantifizierung der von Lieferanten ausgehenden Umweltwirkungen bieten die vorhandenen Methoden nur unzureichende Ansätze, die zudem nicht ausreichend in bestehende Verfahren der Lieferantenbewertung integriert sind.

Die zentralen Defizite existierender Verfahren der Lieferantenbewertung sowie die daraus folgenden Anforderungen in Bezug auf die vorliegende Arbeit werden in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 3: Zusammenfassung von Defiziten und Anforderungen der Lieferantenbewertung

Defizit	Anforderung
Unzureichende Erfassung der Lieferantenleistung	Für eine umfassende Bewertung von Lieferanten muss eine verstärkte Nutzung von Kriterien der Lieferantenleistung und deren Integration in bestehende Ansätze der Lieferantenbewertung erfolgen.
Fehlende Erfassung lieferantenbezogener Prozesse	Es wird ein Verfahren benötigt, das es ermöglicht, die durch Lieferanten erzeugten Prozesse innerhalb und außerhalb des Unternehmens zu erfassen und einer quantitativen Bewertung zugänglich zu machen.
Unzureichende kostenrechnerische Bewertung lieferantenbezogener Prozesse	Für die Lieferantenbewertung wird eine effiziente und praxisorientierte Vorgehensweise für die verursachergerechte Zuordnung von Prozesskosten benötigt.
Fehlende integrierte und parallele Bewertung lieferantenbezogener Umweltwirkungen und Prozesskosten	Zur umfassenden Bewertung von Lieferanten wird ein Verfahren benötigt, das die von lieferantenbezogenen Prozessen ausgehenden Umweltwirkungen und Prozesskosten integriert und parallel betrachtet und die Auswertung für bestehende Controlling- und Bewertungsverfahren im Unternehmen nutzbar macht.

3.2 Umweltwirkungen als Orientierungsrahmen für die Lieferantenbewertung

Produzierende Unternehmen sehen sich mit einer Vielzahl von Anforderungen konfrontiert, die eine Erfassung ihrer Umweltleistung notwendig macht. Der Begriff der Umweltleistung wird in der Norm DIN EN ISO 14031 „Umweltmanagement - Umweltleistungsbewertung - Leitlinien“ als Ergebnis definiert, das aus dem Management der Umweltaspekte einer Organisation resultiert. Umweltaspekte stellen wiederum jene Bestandteile von Tätigkeiten, Produkten oder Dienstleistungen einer Organisation dar, die in Wechselwirkung mit der Umwelt treten können (DIN-EN-ISO-14031 2000). Das Messen der Umweltleistung eines Unternehmens ist eine wesentliche Anforderung aus Umweltmanagementsystemen (siehe Kap. 3.2.2.1.2).

Im Folgenden werden wichtige umweltrechtliche und -politische Rahmenbedingungen identifiziert, von denen Unternehmen in Form von gesetzlichen Regelungen, Normen und Standards, freiwilligen Vereinbarungen sowie politischen Forderungen betroffen sind.

3.2.1 Begriff und Ziel der Erfassung von Umweltwirkungen

Die Wechselwirkungen von Tätigkeiten, Produkten oder Dienstleistungen mit der Umwelt werden genauer durch den Begriff der Umweltwirkung beschrieben. Er wird in DIN EN ISO 14040 „Umweltmanagement - Produkt-Ökobilanz - Prinzipien und allgemeine Anforderung“ definiert. Umweltwirkungen sind demnach die im Laufe des Lebensweges eines Produktes auftretenden Auswirkungen in den Kategorien Ressourcen, menschliche Gesundheit und ökologische Wirkungen (DIN-EN-ISO-14040 1997). Die Erfassung von Umweltwirkungen stellt somit einen wichtigen Schritt für die Quantifizierung der Umweltleistung dar.

Ziel der Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen ist aus Sicht von Unternehmen eine objektive Informationsbasis für die Beurteilung der von Tätigkeiten, Produkten oder Dienstleistungen ausgehenden Effekte (Jürgens 2002). Für die praktische Anwendung im Unternehmen sollte außerdem die Bewertungsmethode dem Untersuchungsgegenstand, dem Umfang, der Kriterienwahl und der Zielsetzung der Analyse angemessen sein. Dabei kann zwischen umfassenden und partiellen Bewertungsverfahren unterschieden werden, die nur auf einen Ausschnitt der von einem Unternehmen ausgehenden Umweltprobleme fokussieren (BMU, UBA 2001).

3.2.2 Rechtliche und politische Rahmenbedingungen für die Erfassung von Umweltwirkungen

Eine wichtige Grundlage für die Erfassung und Bewertung der Umweltwirkungen eines Unternehmens und damit auch seiner Lieferanten stellen, wie bereits in Kap. 1.1 erwähnt, die international und national formulierten Ziele einer nachhaltigen Entwicklung und die in deren Folge erarbeiteten nationalen Nachhaltigkeitsstrategien sowie Umweltpläne dar.

Zudem hat sich in der europäischen und deutschen Umweltpolitik (vgl. Kap. 3.2.2.1 und 3.2.2.2) in den letzten Jahren ein programmatischer Wandel vollzogen, der nach dem produktionsintegrierten nun den produktintegrierten Umweltschutz stärker in den Mittelpunkt stellt (KOM-2001-68 2001).

Dies bedeutet eine Abkehr von einer Umweltschutzpolitik, die sich in der Vergangenheit weitestgehend auf die nachsorgende Beseitigung von Umweltverschmutzungen konzentrierte (Steger 2000). Insbesondere die produktintegrierte Betrachtung des Umweltschutzes bildet den Hintergrund für die Erfassung der von Lieferanten ausgehenden Umweltwirkungen. Da sie die Erfassung der lebenszyklusweiten Umweltwirkungen voraussetzt, fällt auch die Analyse von vor- und nachgelagerten Ketten der Produktion und damit die Bewertung von Lieferanten unter den produktintegrierten Umweltschutz.

Für die Umsetzung von Umweltschutzzielen kommen in der Europäischen Union sowie in Deutschland eine Mischung aus gesetzlichen Regelungen und freiwilligen Instrumenten zum Einsatz. Wichtige Regelungen und Instrumente sowie ihr Bezug zur Erfassung der von Lieferanten ausgehenden Umweltwirkungen werden in den folgenden Abschnitten erläutert.

3.2.2.1 Umweltrechtliche und -politische Rahmenbedingungen in der Europäischen Union

3.2.2.1.1 Ziele der europäischen Umweltpolitik

Seit den 90er Jahren gilt in der europäischen Umweltpolitik das Prinzip der Vermeidung von Problemverlagerungen (Vermeidungsprinzip) sowie das Vorsorgeprinzip (EU 1993). Dies wird am Beispiel der „Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung“ (IVU-Richtlinie 1996) deutlich. Sie verfolgt die integrierte Behandlung von Maßnahmen und Genehmigungsverfahren zur Reduzierung von Umweltbelastungen beim Betrieb von Industrieanlagen. Dies soll durch einen medienübergreifenden Umweltschutz geschehen, in dem die besten verfügbaren Technologien zum Einsatz kommen.

Das Prinzip eines integrierten Umweltschutzes bestimmt auch einige durch das EU-Parlament verabschiedete Richtlinien, z.B. zur Altautoentsorgung und zum Elektronikschrott (siehe Altfahrzeugrichtlinie (2000/53/EG 2000) und Elektronikschrottrichtlinie (2002/96/EG

2002)). Beide Richtlinien fordern die Rücknahme von Produkten durch ihre Hersteller und sollen dadurch die frühe und integrierte Betrachtung der Verwendung von umweltrelevanten Inhaltstoffen fördern, ein Ziel, das auch durch die neue Integrierte Produktpolitik vorangetrieben werden soll (siehe Kap. 3.2.2.1.3).

Eine maßgebliche Rolle spielt in der europäischen Umweltpolitik zudem die Umsetzung der Ziele einer nachhaltigen Entwicklung und der 1992 auf der UNCED-Konferenz in Rio de Janeiro vereinbarten Ziele in deren Mitgliedsstaaten. Die teilnehmenden Staaten haben sich verpflichtet, die dort unterzeichneten Abkommen und Erklärungen, darunter z.B. die Klimarahmenkonvention und das Biodiversitätsabkommen, auf nationaler Ebene umzusetzen. Ein Beispiel hierfür ist die europäische Richtlinie über ein System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten (2003/87/EG 2003), die inzwischen auch in deutsches Recht umgesetzt wurde⁹.

3.2.2.1.2 EG-Öko-Audit-Verordnung

Neben den für die Mitgliedstaaten bindenden gesetzlichen Regelungen stellt die EG-Öko-Audit-Verordnung (engl. EMAS- Eco-Management and Audit Scheme) aus dem Jahr 1993 ein wichtiges freiwilliges Instrument für den betrieblichen Umweltschutz dar. Sie gilt als ein Vertreter indirekter Regelungen (Fichter 1995) und gibt ein Rahmenwerk für die freiwillige Einführung und Validierung von Umweltmanagementsystemen in europäischen Unternehmen vor.

Das zentrale Ziel der EG-Öko-Audit-Verordnung ist eine kontinuierliche Verbesserung des Umweltschutzes in Unternehmen (Kraemer 1995). Nach Art. 1 der EG-Öko-Audit-Verordnung soll dies durch eine standortbezogene Umweltpolitik, ein Umweltprogramm und ein Managementsystem erreicht werden (EMAS-II 2001). Diese erfordern eine systematische, objektive und regelmäßige Bewertung der Leistung der genannten Instrumente. Besonderheit der Verordnung ist die obligatorische Bereitstellung von Informationen über den betrieblichen Umweltschutz für die Öffentlichkeit in Form einer Umwelterklärung.

Die EG-Öko-Audit-Verordnung fordert von dem Unternehmen eine kontinuierliche Bewertung seiner Auswirkungen auf die Umwelt. Darunter fällt auch die Bewertung der von der Produktion und den Produkten ausgehenden potentiellen Umweltwirkungen. Lieferanten werden explizit als ein zu behandelnder Gesichtspunkt im Rahmen der Umweltpolitik, des Umweltprogramms sowie der Umweltbetriebsprüfung genannt (vgl. EMAS II (EMAS-II 2001), Anhang I C.)

Im Jahr 2001 erfolgte eine Novellierung der EG-Öko-Audit-Verordnung, die zum einen zum Ziel hatte, die Verordnung für alle Wirtschaftsbereiche, insbesondere Dienstleistungsunternehmen, zu öffnen. Zum anderen sollte eine inhaltliche Abstimmung mit den Vorgaben der verwandten Norm ISO 14001 zum Umweltmanagement erfolgen (siehe Kap. 3.2.2.3).

⁹ Siehe dazu das Gesetz über den nationalen Zuteilungsplan für Treibhausgas-Emissionsberechtigungen (UmwR 2004).

Im Jahr 2003 hatten ca. 3.500 Unternehmen ein nach EG-Öko-Audit-Verordnung validiertes Umweltmanagementsystem eingeführt¹⁰. Damit ist die EG-Öko-Audit-Verordnung zu einem wichtigen europäischen Instrument der freiwilligen Selbstverpflichtung geworden.

3.2.2.1.3 Integrierte Produktpolitik

Ein zentraler zukünftiger Regulierungsansatz zur Vermeidung produktbezogener Umweltwirkungen wird in der Europäischen Union mit der Integrierten Produktpolitik (IPP) entwickelt.

Die IPP bildet ein Rahmenkonzept für die Anwendung bestehender und neuer Regulierungen und Instrumente zum produktbezogenen Umweltschutz. Im Jahr 2001 wurde durch die Generaldirektion Umwelt der Europäischen Kommission ein Diskussionspapier zur IPP in Form eines „Grünbuchs“ (KOM-2001-68 2001) vorgelegt. Im Jahr 2003 wurden durch die Kommission neue, teilweise modifizierte Überlegungen vorgestellt, die die IPP in den Kontext einer nachhaltigen Entwicklung einbettet.

Das zentrale Ziel einer Integrierten Produktpolitik soll die Reduktion der Umweltbelastungen von Produkten während ihres gesamten Lebensweges sein. Die Nutzung der Marktkräfte sowie die Verbesserung der ökologischen Orientierung der Angebots- und der Nachfrageseite werden als wichtigstes Prinzip der Umsetzung einer IPP gesehen.

Die der IPP zugrunde liegenden Forderungen werden wie folgt formuliert (Clausen et al. 2004):

- Denken in Lebenszyklen von Produkten,
- Zusammenarbeit mit dem Markt,
- Einbeziehung aller am Lebenszyklus beteiligten Akteure,
- Unterstützung kontinuierlicher stofflicher Verbesserungen und
- Berücksichtigung unterschiedlicher politischer Instrumente.

Ausgehend von diesen Grundsätzen werden von der Kommission zwei Arten von Maßnahmen für die Umsetzung der IPP vorgeschlagen (Clausen et al. 2004):

- Die Schaffung von Rahmenbedingungen für die laufende Verbesserung der Umwelteigenschaften von Produkten während ihres gesamten Lebenszyklus (Herstellung, Verwendung und Entsorgung).
- Die schwerpunktmäßige Ausrichtung auf Produkte mit den größten Möglichkeiten für umweltbezogene Verbesserungen.

Für die Bewertung von Lieferanten unter Umweltgesichtspunkten ist die IPP von besonderem Interesse, da sie die Erfassung der auf Produkte und Dienstleistungen zurückführbaren Umweltbelastungen über ihren gesamten Lebenszyklus fordert. Als Methode hierfür wird im Rahmen der IPP explizit auf das Instrument der Ökobilanzierung (vgl. dazu Kap. 3.3.1) verwiesen (KOM-2001-68 2001).

¹⁰ Siehe EMAS-Helpdesk unter: http://europa.eu.int/comm/environment/emas/documents/articles_en.htm#statistic (Referenz vom 04.10.2005)

3.2.2.2 Umweltrechtliche und -politische Rahmenbedingungen in Deutschland

Das deutsche Umweltrecht besteht aus einer Vielzahl voneinander unabhängiger Gesetzeswerke, die die Themenbereiche Abfall, Immissionsschutz, Wasserhaushalt, Bodenschutz u.a. umfassen. Es ist damit - wie auch das europäische Umweltrecht - in seinen Ursprüngen stark medienorientiert (UmwR 2004).

In den neunziger Jahren des letzten Jahrhunderts wurde das deutsche Umweltrecht unter Berücksichtigung des Vorsorge-, des Verursacher- und des Kooperationsprinzips (UmwR 2004) in Teilen novelliert. Ein Beispiel hierfür stellt die Neufassung der Abfallgesetzgebung dar. Mit der Verabschiedung zum Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW/AbfG) wurde das Ziel der Schonung natürlicher Ressourcen sowie das Ziel der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen gestärkt (vgl. dazu KrW/AbfG, §1 (UmwR 2004)). Neben der Sicherstellung einer umweltfreundlichen Entsorgung erhält damit die Beeinflussung produktbezogener Stoffflüsse erstmals einen hohen Stellenwert in der Umweltgesetzgebung. In §22 des KrW/AbfG wird gemäß dem Verursacherprinzip die Verantwortung für Stoffe und Produkte „von der Wiege bis zur Bahre“ bekräftigt.

Die aktuelle Entwicklung des deutschen Umweltrechts wird wesentlich durch die folgenden Themenkomplexe geprägt:

- Die nationale Ausrichtung auf eine nachhaltige Entwicklung. Diese wird sowohl durch die EU (KOM-2001-264 2001) als auch durch die Bundesregierung formuliert (Bund 2002).
- Die Umsetzung einer Reihe auf EU-Ebene erlassener Verordnungen und Richtlinien in nationales Recht, z.B. die Elektronikschrottverordnung sowie die Besteuerung und den Handel von CO₂ Emissionen (siehe Kap. 3.2.2.1).
- Das bereits in Kap. 3.2.2.1 beschriebene Rahmenkonzept der Integrierten Produktpolitik (IPP).

Insbesondere das Rahmenkonzept der IPP wird in der weiteren Ausrichtung der deutschen Umweltpolitik eine wichtige Rolle spielen. Deutschland zählt im europäischen Vergleich zu den Vorreitern einer IPP (Clausen et al. 2004).

Die Entwicklung der umweltrechtlichen Rahmenbedingungen in Deutschland macht deutlich, dass die Übernahme von Produktverantwortung durch die Hersteller einen zentralen Inhalt der Umweltpolitik der nächsten Jahre bildet. Eine solche Übernahme von Produktverantwortung erfordert von dem Unternehmen detaillierte Kenntnisse über mögliche Umweltwirkungen seiner Produkte und damit der Prozesse der Herstellung, Nutzung und Entsorgung von Produkten. Erforderlich ist hierfür die Erfassung und Auswertung von Daten und Informationen zur Bewertung des unternehmerischen Standortes sowie seiner Produkte entlang ihres Lebenszyklus. Dies lenkt den Blick auch verstärkt auf die durch Lieferanten erzeugten Umweltwirkungen.

3.2.2.3 Normen und Standards

Die Erfassung der Umweltwirkungen eines Unternehmens und seiner Produkte ist seit vielen Jahren Gegenstand nationaler und internationaler Normierungsorganisationen, wie der International Organization for Standardization (ISO), der Europäischen Normierungsorganisation (EN) und dem Deutschen Institut für Normung (DIN).

Die für den betrieblichen und produktbezogenen Umweltschutz relevanten Normen sind in der Reihe DIN EN ISO 14000 ff. zusammengefasst. Die zentrale Norm vieler betrieblicher Umweltschutzaktivitäten ist die DIN EN ISO 14001 zu Umweltmanagementsystemen. Sie ist, wie die EG-Öko-Audit-Verordnung (siehe Kap. 3.2.2.1), ein Rahmenwerk für die Einführung, die Organisation und die Dokumentation eines Umweltmanagementsystems. Ziel der DIN EN ISO 14001 ist, „Organisationen die Elemente eines wirkungsvollen Umweltmanagements zur Verfügung zu stellen, [...] um den Organisationen dabei zu helfen, sowohl ökologische als auch ökonomische Ziele zu erreichen.“ (siehe DIN EN ISO 14000 (2001), S. 3).

Im Gegensatz zur EG-Öko-Audit-Verordnung (siehe Kap. 3.2.2.1) besitzt die DIN EN ISO 14001 als internationale Norm weltweite Gültigkeit.

Im direkten Vergleich wird die EG-Öko-Audit-Verordnung von Fachleuten aufgrund ihrer strengeren Validierungsvorschriften und der notwendigen Umwelterklärung häufig als das leistungsfähigere der beiden Instrumente bezeichnet (siehe z.B. Elsener und Steger (2000)). Aufgrund ihrer internationalen Gültigkeit und ihrer Kompatibilität mit der DIN EN ISO 9000 ff. zum Qualitätsmanagement hat sich die DIN EN ISO 14001 in den letzten Jahren stärker durchsetzen können. Im Jahr 2002 waren bereits 3700 deutsche Unternehmen nach DIN EN ISO 14001 zertifiziert (ISO 2002).

Neben der DIN EN ISO 14001 sind für den betrieblichen Umweltschutz zwei weitere Normen bzw. Normenreihen von Bedeutung. Zentral für die Erfassung und Bewertung produkt- und standortbezogener Umweltwirkungen sind die Normen DIN EN ISO 14040-14043, in denen die methodischen Grundlagen der Ökobilanzierung definiert werden. Eine genauere Beschreibung der Ökobilanzierung und ihres Stellenwertes für die Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen erfolgt in Kap. 3.3.1.

Darüber hinaus ist die Norm DIN EN ISO 14031 zur Umweltleistungsbewertung zu nennen. Sie findet bei der Erfassung und Bewertung von betrieblichen und produktbezogenen Umweltwirkungen Anwendung und liefert das methodische Gerüst zur Aufbereitung von Kennzahlen.

Zu den weiteren, für das betriebliche Umweltmanagement relevanten Normen zählen die ISO 19011 für die Auditierung von Umweltmanagementsystemen, die ISO 14020-25 zur Umweltkennzeichnung und -deklaration sowie die ISO/TR 14062 zur umweltgerechten Produktgestaltung.

Abbildung 7 zeigt die für das betriebliche Umweltmanagement relevanten Normen mit ihrem jeweiligen Betrachtungsschwerpunkt.

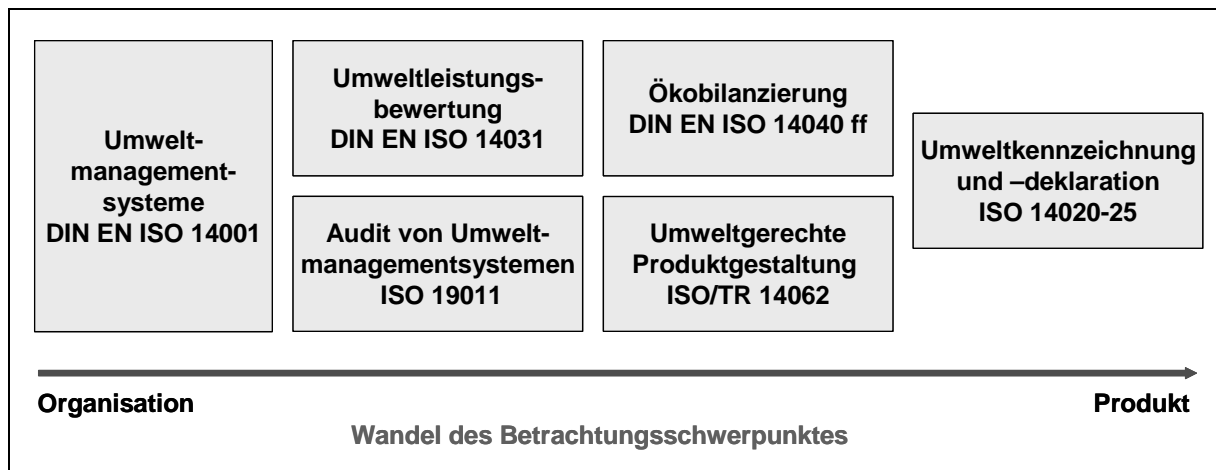


Abbildung 7: Betrachtungsschwerpunkte der ISO-Normen im Umweltmanagement (modifiziert nach Jürgens (2002))

3.2.3 Zusammenfassung

Die aktuellen Entwicklungen der umweltrechtlichen und -politischen Rahmenbedingungen Europas und Deutschlands machen die verstärkte Notwendigkeit für Unternehmen deutlich, sich mit der Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen ihrer Tätigkeiten, ihrer Lieferanten und ihrer Produkte zu beschäftigen. Die wichtigsten Einflussfaktoren für die Erfassung und Bewertung der von Lieferanten ausgehenden Umweltwirkungen werden in Tabelle 4 zusammengefasst:

Tabelle 4: Umweltpolitische Einflussfaktoren und Anforderungen an die Lieferantenbewertung

Umweltrechtliche und -politische Einflussfaktoren	Anforderung an die Lieferantenbewertung
Nationale und internationale Ziele der Umweltpolitik, Nachhaltigkeitsstrategien mit daraus folgenden rechtlichen Bestimmungen	Umsetzung der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesrepublik mit Reduktionszielen, z.B. Minderung von CO ₂ -Emissionen aus Produktion und Logistik auf Grundlage von Verordnungen
Standardisierung und Normierung	Zunehmende Standardisierung der Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen
Umsetzung des betrieblichen Umweltmanagements	Verstärkte Bewertung der quantitativen Umweltleistung im Rahmen des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses, Bewertung von Lieferanten und Produkten
Umsetzung des produktions- und produktintegrierten Umweltschutzes	Zunehmende Übernahme von Produktverantwortung, z.B. Altkraftfahrzeug- und Elektronikschrottverordnung, Integrierte Produktpolitik (IPP) erfordert auch umweltbezogene Informationen von Lieferanten

Die Tabelle veranschaulicht, dass mit der Umsetzung von Zielen einer nachhaltigen Entwicklung und des integrierten Umweltschutzes die produktbezogene Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen an Bedeutung zugenommen hat. Dies schlägt sich in gesetzlichen Regelungen, Normen und Standards, freiwilligen Vereinbarungen sowie politischen Forderungen nieder.

Neben den direkten Anforderungen an eine Bewertung der von Lieferanten ausgehenden Umweltwirkungen, wie z.B. in der EG-Öko-Audit-Verordnung (siehe Kap. 3.2.2.1.2) formuliert, erfordern viele der genannten Instrumente indirekt, Lieferanten in die Betrachtung einzubeziehen. So stärken Regelungen, wie z.B. die Altkraft- und Elektronikschrottverordnung, die Übernahme von Produktverantwortung, die wiederum genauere Informationen über produkt- und lieferantenbezogene Umweltwirkungen erfordert.

3.3 Die DIN EN ISO 14040 als Rahmenkonzept für die Lieferantenbewertung

Für die Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen in Unternehmen und von Lieferanten steht eine Vielzahl von Instrumenten zur Verfügung. Im folgenden Abschnitt wird die zentrale Normreihe DIN EN ISO 14040 ff. zur Ökobilanzierung vorgestellt.

3.3.1 Bestandteile und Geltungsbereich von DIN EN ISO 14040

Erste methodische Ansätze einer Bilanzierung von Umweltwirkungen lassen sich unter den Stichwörtern Ökobilanz, Produktlinienanalyse, Life Cycle Assessment u.a. bis in das Jahr 1969 zurückverfolgen (Pick et al. 2003). Heute ist für die Durchführung einer Ökobilanz (engl. Life Cycle Assessment) ein ausdifferenziertes Instrumentarium vorhanden. An erster Stelle ist die bereits in Kap. 3.2.2.3 genannte Normenreihe DIN EN ISO 14040 ff. zur Ökobilanzierung zu nennen. Sie stellt einen methodischen Rahmen für die Bewertung von produkt- und prozessbezogenen Umweltwirkungen dar und umfasst mehrere Einzelnormen, die Teilphasen der Ökobilanz behandeln.

In DIN EN ISO 14040 „Umweltmanagement - Ökobilanz - Prinzipien und allgemeine Anwendungen“ wird die Ökobilanz als ein Instrument des Umweltmanagements definiert, das „die Umweltaspekte und potentiellen Umweltwirkungen im Verlauf des Lebensweges eines Produkts (d. h. ‚von der Wiege bis zur Bahre‘) von der Rohstoffgewinnung, über Produktion, Anwendung bis zur Beseitigung“ untersucht ((DIN-EN-ISO-14040 1997), S. 2).

Ökobilanzen können dazu genutzt werden, Möglichkeiten zur Verbesserung der Umweltauswirkungen von Produkten an verschiedenen Stellen des Produktlebensweges aufzuzeigen. Sie können Hilfe bei der Entscheidungsfindung in der Produkt- oder Prozessentwicklung leisten, bei der Auswahl relevanter Indikatoren und Messverfahren unterstützen und als Argumentationsgrundlage für das Marketing dienen (Braunschweig, Müller-Wenk 1993).

In erster Linie soll eine Ökobilanz jedoch die Voraussetzungen für den Vergleich verschiedener Produkte und Dienstleistungen schaffen (Troge 1997). Sie kann damit auch für den Vergleich der von Lieferanten ausgehenden Umweltwirkungen eingesetzt werden und so die Entscheidungsgrundlage in der Beschaffung verbessern.

Bestandteile einer Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 sind

- die Festlegung des Ziel- und Untersuchungsrahmens,
- die Sachbilanz oder Life Cycle Inventory Analysis (LCI),
- die Wirkungsabschätzung oder Life Cycle Impact Assessment (LCIA) und
- die Auswertung der Ergebnisse oder die Bilanzbewertung.

Die Elemente einer Ökobilanz sowie ihr Zusammenhang sind nachfolgend in Abbildung 8 dargestellt. Die Pfeile zwischen den Phasen Zieldefinition, Sachbilanz, Wirkungsabschätzung und Auswertung verweisen darauf, dass im Ablauf einer Ökobilanz Iterationen vorgesehen sind, die schrittweise zu einem realitätsnahen Abbild eines Lebenszyklus führen sollen. Die einzelnen Phasen der Ökobilanz werden detailliert in den nachfolgenden Abschnitten beschrieben.

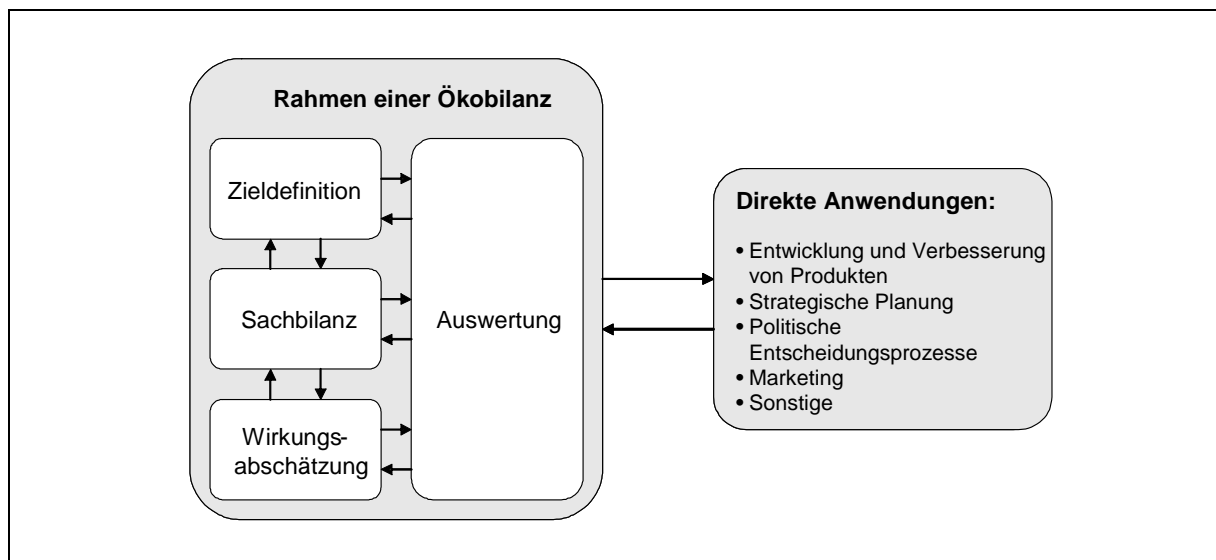


Abbildung 8: Bestandteile einer Ökobilanz (DIN-EN-ISO-14040 1997)

3.3.1.1 Festlegung des Ziels und Untersuchungsrahmens

Die Festlegung des Ziels einer Ökobilanz wird in DIN EN ISO 14041 „Umweltmanagement - Ökobilanz - Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens sowie Sachbilanz“ beschrieben (DIN-EN-ISO-14041 1998).

Zu den grundlegenden Parametern einer Ökobilanz gehören die im Untersuchungsrahmen festgehaltenen Daten. Zu diesen zählen

- die Festlegung der Funktion, der funktionellen Einheit und des Referenzflusses des untersuchten Systems,
- die Festlegung der Systemgrenzen,
- Datenkategorien und Anforderungen an die Datenqualität,
- beim Vergleich zweier Systeme die Beurteilung der Vergleichbarkeit und
- die Durchführung einer kritischen Prüfung.

Unter der funktionellen Einheit wird die Basiseinheit verstanden, auf die die ermittelten Daten bezogen werden. Sie ist eine Größe für den Nutzen des untersuchten Systems und sollte so gewählt werden, dass sie ein Maß für die Funktion des untersuchten Produkts, des Prozesses oder der untersuchten Dienstleistung darstellt. Durch den Bezug auf die funktionelle Einheit können Produkte oder Systeme untereinander verglichen und Entwicklungen beurteilt werden (Atik 2001).

Gemäß DIN EN ISO 14041 hängen die für eine Erfassung von Umweltwirkungen notwendigen Datenkategorien von dem Ziel der jeweiligen Analyse ab (DIN-EN-ISO-14041 1998). Die folgenden Parameter werden dabei als relevant für die Datenqualität erachtet (siehe Tabelle 5):

Tabelle 5: Anforderungen an die Datenqualität nach DIN EN ISO 14041

Parameter	Anforderung
Zeitbezogener Erfassungsbereich	Darunter fällt das gewünschte Alter der Daten und das kleinste Zeitintervall, über das die Daten gesammelt werden sollten (z.B. ein Jahr).
Geografischer Erfassungsbereich	Darunter wird der geografische Fokus verstanden, aus dem die gesammelten Daten stammen (z.B. lokal, regional, national, etc.).
Technologischer Erfassungsbereich	Hierunter wird der Technologiemix verstanden, der den verwendeten Daten zugrunde liegt (z.B. gewichtete Mittelwerte, beste verfügbare Technologie, etc.).

Darüber hinaus werden zusätzliche Anforderungen an die Datenqualität formuliert. Zu diesen zählen Genauigkeit, Vollständigkeit, Repräsentativität, Konsistenz und Nachvollziehbarkeit (DIN-EN-ISO-14040 1997).

3.3.1.2 Sachbilanz

Das Vorgehen für die Erstellung einer Sachbilanz wird ebenfalls in DIN EN ISO 14041 beschrieben. Die Sachbilanz beinhaltet die Datensammlung, Aufbereitung und das Berechnungsverfahren zur Quantifizierung relevanter Input- und Outputströme des untersuchten Produktsystems. Dazu werden sowohl Stoffe als auch Energie gezählt. Die kleinste Einheit, für die im Rahmen eines Produktsystems Daten gesammelt werden und die in Form von Input- und Outputströmen aufbereitet werden, wird als Modul bezeichnet. Als Elementarflüsse werden solche Input- und Outputflüsse verstanden, die über die Systemgrenzen des betrachteten Produktsystems ein- oder austreten. Die Gegenüberstellung der Elementarflüsse eines Produktsystems in einer Bilanz stellt die zentrale Informationsgrundlage für die nachfolgenden Schritte der Ökobilanz dar (DIN-EN-ISO-14041 1998).

Die Phase der Sachbilanz soll ohne subjektive Bewertung auskommen und ausschließlich der Erstellung einer für die Bewertung notwendigen Datengrundlage dienen (DIN-EN-ISO-14041 1998). Eine streng objektive Sammlung von Daten ist jedoch in der Praxis nur schwer

realisierbar, da über die im Untersuchungsrahmen getroffene Festlegung der Systemgrenzen bereits subjektive Einschränkungen in die Ökobilanz einfließen (Jensen et al. 1997). Dies hebt die Bedeutung einer eindeutigen Beschreibung des Untersuchungsrahmens in der vorangegangenen Phase hervor, um für den Außenstehenden die Bilanzgrenzen einer Ökobilanz nachvollziehbar zu machen.

Schaltegger und Burritt (2000) bemerken, dass die Beschaffung von Sachbilanzdaten oft mit großem Aufwand verbunden ist und ihre Qualität mit zunehmendem Abstand vom Unternehmen sinkt, während die Kosten für die Beschaffung steigen (siehe Abbildung 9). Ein Unternehmen kann zwar über die eigene Produktion sowie die vor- und nachgelagerten Phasen der direkten Zulieferer und Abnehmer präzise Angaben machen, mit zunehmendem Abstand der Lebenszyklusphasen wird die Qualität der verfügbaren Daten jedoch schlechter, da man in höherem Maße auf die Angaben von Lieferanten und Kunden bzw. auf Abschätzungen angewiesen ist.

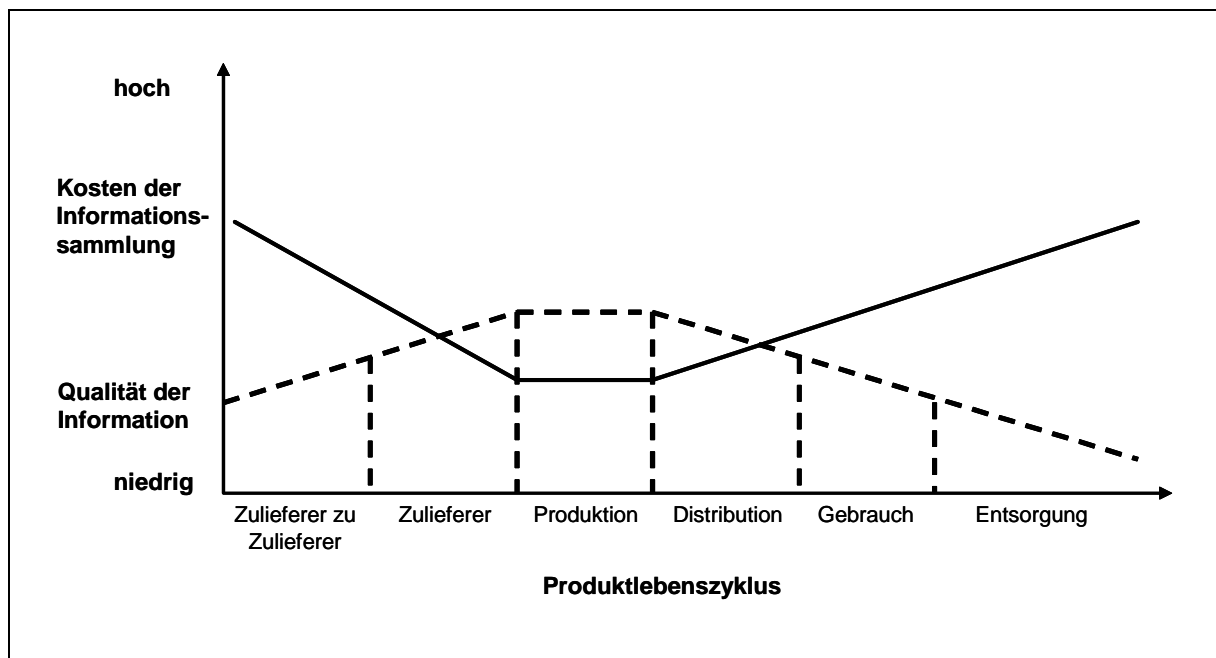


Abbildung 9: Vergleich von Kosten und Qualität der Informationen in der Ökobilanzierung (Schaltegger, Burritt 2000)

Die Beschaffung von exakten Daten ist in diesem Fall nicht nur mit hohen Kosten verbunden, sondern oftmals auch nicht möglich, da sie von den Lieferanten oder Kunden nicht zur Verfügung gestellt werden.

Um den Aufwand für die Beschaffung von Sachbilanzdaten zu verringern und eine einheitliche Bewertungsbasis für Ökobilanzen zu schaffen (Jürgens 2002), wurden in Skandinavien, der Schweiz, den Niederlanden, den USA und in Deutschland Initiativen zur Vereinheitlichung und Standardisierung von Sachbilanzdaten gestartet. Diese bieten mittlerweile in dem international anerkannten SPOLD¹¹-Format generische Datensätze an¹².

¹¹ SPOLD- Society for Promotion of Life-Cycle Assessment Development, siehe <http://www.spold.org> (Referenz vom 04.10.2005)

Schaltegger und Burritt (2000) verweisen darauf, dass die Nutzung von generischen Sachbilanzdaten aus Kosten- und Umsetzungsgründen ein begrüßenswerter Ansatz ist. Aus ihrer Sicht schließt sich jedoch die Frage an, wie exakt die jeweiligen Ergebnisse einer Ökobilanz die Realität widerspiegeln, da generische Sachbilanzdaten die für eine exakte Ergebnisbestimmung notwendigen regionalen und zeitlichen Unterschiede eines Systems nur unzureichend berücksichtigen können.

3.3.1.3 Wirkungsabschätzung

Ziel der Wirkungsabschätzung einer Ökobilanz ist es, eine Grundlage für die ökologische Bewertung des zu untersuchenden Systems zu schaffen. Sie ist in DIN EN ISO 14042 „Umweltmanagement - Ökobilanz - Wirkungsabschätzung“ beschrieben und kann zum Beispiel zur Identifizierung der Verbesserungsmöglichkeiten eines Produktsystems dienen. Zu den verbindlichen Bestandteilen der Wirkungsabschätzung gehören (DIN-EN-ISO, 14042 2000)

- die Auswahl von Wirkungskategorien, Wirkungsindikatoren und Charakterisierungsmodellen,
- die Zuordnung von Sachbilanzergebnissen (Klassifizierung) und
- die Berechnung der Ergebnisse der Wirkungsindikatoren (Charakterisierung).

Die Wirkungskategorien und Wirkungsindikatoren einer Ökobilanz werden mit Bezug zum Untersuchungsrahmen und Ziel der Bilanz ausgewählt. Dabei wird auf bestehende, in sich konsistente Systeme zurückgegriffen (Jürgens 2002). Im Schritt der Klassifizierung werden die Elementarflüsse der Sachbilanz ausgewählten Wirkungskategorien zugeordnet. Tabelle 6 enthält eine beispielhafte Auflistung von Wirkungskategorien und entsprechenden Indikatoren.

¹² Im deutschen Sprachraum werden durch mehrere Organisationen Sachbilanzdaten zur Verfügung gestellt, siehe z.B. Ecoinvent unter <http://www.ecoinvent.ch/>, Umweltbundesamt (<http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/baum/php/index.php?style=b>) und Ökoinstitut (<http://www.oeko.de/service/gemis>) (Referenzen vom 04.10.2005). Eine Zusammenführung des Datenangebotes in Deutschland wird durch das Netzwerk Lebenszyklusdaten in Karlsruhe vorangetrieben.

Tabelle 6: Wirkungskategorien für die Abschätzung von Umweltwirkungen (Jürgens 2002)

Wirkungskategorie	Indikator	Einheit
Treibhauseffekt	Global Warming Potential (GWP)	g CO ₂ -Äquivalente
Ozonzerstörungspotential	Ozone Depletion Potential (ODP)	g FCKW 11-Äquivalente
Humantoxizität	Human Toxicological Classification Factors Air (HCA), Water (HCW), Soil (HCS)	g Toxizitätsäquivalente
Ökotoxizität	Ecotoxicological Classification Factors Aquatic Ecosystems (ECA), Terrestrial Ecosystems (ECT)	g Toxizitätsäquivalente
Bildung von Photooxidantien ¹³	Photochemical Ozone Creation Potential (POCP)	g C ₂ H ₄ -Äquivalente
Versauerungspotential	Acidification Potential (AP)	g SO ₂ -Äquivalente
Eutrophierung ¹⁴	Nutrition Potential (NP)	g NO ₂ -Äquivalente
Ressourcenverbrauch	Rohöläquivalente (R _{Äq})	g Rohöl-Äquivalente

Im Schritt der Charakterisierung werden die potentiellen Umweltwirkungen der Elementarflüsse für die zugeordneten Wirkungskategorien berechnet. Dabei wird als Referenzgröße einer Wirkungskategorie jeweils eine Referenzsubstanz bestimmt. Über die Bestimmung eines Charakterisierungsfaktors je Elementarfluss wird das Verhältnis zwischen der potenziellen Umweltwirkung des Elementarflusses zur potenziellen Wirkung der Referenzsubstanz in einer Wirkungskategorie formalisiert. Die potenziellen Umweltwirkungen eines Produktsystems werden nach Wirkungskategorien über spezifische Indikatoren zusammengefasst, die sich wie folgt berechnen (Jürgens 2002):

Formel 1:
$$I_W = \sum_{i=1}^n s_i \cdot c_{i,w}$$

(mit: I_W -Indikator einer Wirkungskategorie W, $c_{i,w}$ -Charakterisierungsfaktor der Wirkungskategorie W für die Substanz i, s_i -Ergebniswert einer Sachbilanz für eine Substanz i)

¹³ Zu Photooxidantien zählen Luftschadstoffe, die durch Sonnenlicht oxidiert werden und neue Schadstoffe, wie z.B. Ozon, in der Atmosphäre bilden (siehe <http://www.umweltlexikon-online.de>) (Referenz vom 04.10.2005).

¹⁴ Unter Eutrophierung wird die Gewässeranreicherung (Überdüngung) mit Pflanzennährstoffen verstanden (siehe <http://www.umweltlexikon-online.de>) (Referenz vom 04.10.2005).

Der Schritt der Wirkungsabschätzung wird in der wissenschaftlichen Diskussion als der kritischste in einer Ökobilanz angesehen (Haug 2002), da über die Auswahl der Wirkungskategorien und Indikatoren potenzielle Umweltwirkungen der Bewertung entgehen können.

3.3.1.4 Auswertung der Ergebnisse

Die Auswertung einer Ökobilanz wird in DIN EN ISO 14043 „Umweltmanagement - Ökobilanz - Auswertung“ beschrieben und soll die Ergebnisse der vorangegangenen Phasen der Bilanz analysieren, Schlussfolgerungen ableiten sowie Einschränkungen und Empfehlungen erläutern. Zudem sollen die Ergebnisse nachvollziehbar dokumentiert werden. Zur Auswertung gehören (DIN-EN-ISO, 14043 2000)

- die Identifizierung von signifikanten Einflussgrößen der Ökobilanz auf Grundlage der Ergebnisse der Sachbilanz und der Wirkungsabschätzung (Sensitivitätsanalyse),
- eine Beurteilung der Ergebnisse, die eine Vollständigkeits-, Sensitivitäts- und Konsistenzprüfung berücksichtigt,
- das Formulieren von Schlussfolgerungen, aus denen Empfehlungen entwickelt werden und
- die Anfertigung eines Berichts über die signifikanten Parameter, der die gewonnenen Erkenntnisse erläutert.

Zentraler Schritt der Auswertung ist die Bewertung, die anhand einer definierten Methode erfolgt. In der Bewertung werden die Sachbilanzergebnisse mit einem Wertesystem verbunden (Jürgens 2002). Um die Nachvollziehbarkeit dieses Schrittes zu gewährleisten, wird in der Norm eine detaillierte Beschreibung des jeweiligen Vorgehens gefordert.

Eine Unterteilung der verfügbaren Bewertungsmethoden kann nach deren qualitativen oder quantitativen Ausrichtung erfolgen (siehe Abbildung 10).

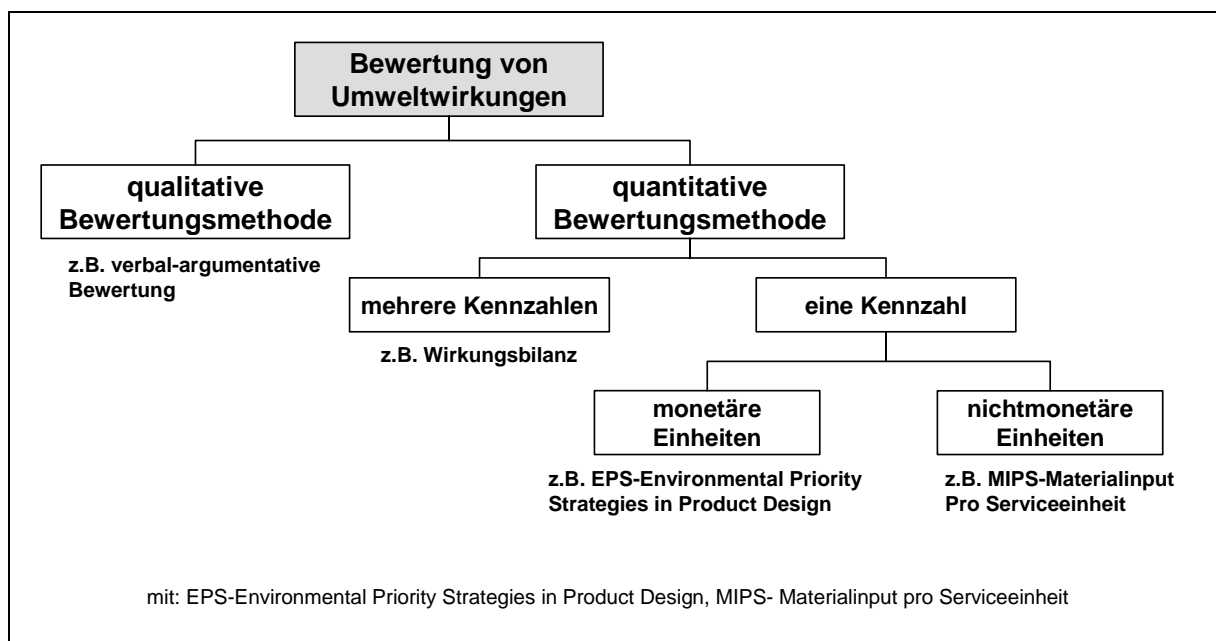


Abbildung 10: Unterteilung von Bewertungsmethoden nach qualitativen und quantitativen Bewertungskonzepten (Haug 2002)

Zwar nutzt die Mehrzahl der Methoden quantitative Größen für die Bewertung, es gibt jedoch auch einige wenige Methoden, wie z.B. Checklisten, die eine verbal-argumentative Abschätzung nutzen (BMU, UBA 2001). Eine Auswahl geläufiger Bewertungsmethoden für die Ökobilanzierung ist in Anhang B (siehe Kap. 12.2) enthalten (für einen detaillierten Überblick vgl. Stahl (1998)).

Die verschiedenen qualitativen und quantitativen Bewertungsmethoden kommen zu sehr unterschiedlichen Ergebnisstrukturen, was einen Vergleich von Ökobilanzergebnissen, die mit unterschiedlichen Methoden gewonnen wurden, erschwert.

Ein wichtiges Charakteristikum der Bewertungsmethoden bildet ihre Bewertungsgrundlage. Hier kann grundsätzlich zwischen input- und outputorientierten Methoden unterschieden werden. Während sich die EPS¹⁵-Methode z.B. am Output des Bewertungsgegenstandes orientiert, fokussiert z.B. die MIPS¹⁶-Methode (siehe auch Kap. 3.4.2) auf die Inputseite, d.h. auf den Ressourcenverbrauch, der an der Grenze einer Stoffentnahme aus natürlichen Systemen entsteht.

Inputorientierte Bewertungsmethoden werden aus wissenschaftlicher Sicht aufgrund ihrer Reduktion auf wenige Indikatoren bzw. Kennzahlen oft kritisiert (Christiansen 1997). In der praktischen Anwendung können sie dagegen gerade wegen ihrer Reduktion auf wenige Indikatoren Vorteile haben, da sie Komplexität reduzieren und damit die Anwendung vereinfachen.

Von den genannten Bewertungsmethoden sind im Rahmen dieser Arbeit insbesondere die quantitativen, inputorientierten Verfahren von Interesse. Sie gestatten eine Quantifizierung der Umweltwirkungen bei gleichzeitiger Reduktion des damit verbundenen Aufwandes.

3.3.1.5 Kritische Prüfung

Die kritische Prüfung ist der letzte Schritt einer Ökobilanz. Sie wird in DIN EN ISO 14040 beschrieben. Da bei der Durchführung einer Ökobilanz Freiheitsgrade hinsichtlich der Auswahl und der Verarbeitung von Daten, der Wahl des Untersuchungsrahmens und der Systemgrenzen sowie der Festlegung des Vorgehens für die Ergebnisauswertung existieren, bedürfen die Ergebnisse der Erläuterung. Sie sind nur zu verstehen, wenn die genannten Parameter und Daten vollständig nachvollziehbar sind. Dies soll im Rahmen der kritischen Prüfung geleistet werden.

Je nach Zielgruppe der Ökobilanz und abhängig von der Veröffentlichung der Ergebnisse sollten zudem frühzeitig interessierte Kreise in den Prozess der Bilanzerstellung aufgenommen werden (Jürgens 2002).

3.3.2 Zusammenfassung

Die Normenreihe DIN EN ISO 14040 stellt ein international anerkanntes Rahmenkonzept zur Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen dar. Sie lässt relativ große Freiheitsgrade in der Wahl der verwendeten Sachbilanzdaten und Bewertungsmethoden zu.

¹⁵ EPS- Environmental Priority Strategies in Product Design

¹⁶ MIPS- Materialinput pro Serviceeinheit

Als Hauptanwendungsgebiet der Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 ff. wird der Vergleich von produkt- oder dienstleistungsbezogenen Umweltwirkungen angegeben. Andere Anwendungen (siehe Kap. 3.3.1) sind möglich und müssen entsprechend in Zielstellung und Wahl der Systemgrenzen deutlich gemacht werden (DIN-EN-ISO-14040 1997).

Der mit der Methode der Ökobilanzierung verbundene Anspruch an Genauigkeit und Objektivität ist aus wissenschaftlicher Sicht positiv zu sehen. Für eine regelmäßige Anwendung in der unternehmerischen Praxis einer Lieferantenbewertung erweist sich die Methode aber als zu zeitaufwändig und kostenintensiv. Von Nachteil ist zudem, dass Prozesskosten mit der Ökobilanzierung nicht betrachtet werden können, da dies nicht dem Ziel des Verfahrens entspricht (siehe DIN EN ISO 14040 (1997)).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass vollständige Ökobilanzen nach DIN EN ISO 14040 ff. für die Erfassung und Bewertung der von Lieferanten ausgehenden Umweltwirkungen und Prozesskosten nur bedingt geeignet sind.

Die wesentlichen Defizite der Ökobilanzierung nach DIN EN ISO 14040 ff. und die daraus resultierenden Anforderungen an die Bewertung der von Lieferanten ausgehenden Umweltwirkungen sind in Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 7: Defizite von Ökobilanzen nach DIN EN ISO 14040 ff. und Anforderungen an die Lieferantenbewertung

Defizite	Anforderungen an die Lieferantenbewertung
Vollständige Ökobilanzen nach DIN EN ISO 14040 ff. sind mit hohem personellem und zeitlichem Aufwand bei der Durchführung verbunden.	Reduktion des Aufwandes für die regelmäßige Bewertung der von Lieferanten ausgehenden Umweltwirkungen bei gleichzeitiger Sicherung einer hohen Güte des Ergebnisses.
Ökobilanzen nach DIN EN ISO 14040 ff. sind nicht für Prozesskostenbewertung nutzbar.	Für eine integrierte Bewertung von Lieferanten ist die parallele Analyse von Umweltwirkungen und Prozesskosten notwendig.
Ökobilanzen sind auf die vollständige Bewertung von produktsystembezogenen Umweltwirkungen ausgerichtet.	Reduktion und Anpassung der Methode der Ökobilanzierung auf die spezifischen Anforderungen der Lieferantenbewertung (Analyse von Teilsystemen lieferantenbezogener Prozesse ausreichend).

3.4 Weitere Ansätze zur Erfassung und Bewertung lieferantenbezogener Umweltwirkungen

Die Durchführung vollständiger Ökobilanzen ist, wie in Kap. 3.3.1 deutlich wurde, mit hohen finanziellen und personellen Aufwendungen verbunden, die insbesondere auf die Beschaffung der Sachbilanzdaten zurückzuführen sind. Zur Vereinfachung der Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen wird in der wissenschaftlichen Literatur eine Reihe von Ansätzen diskutiert. Schaltegger und Burritt (2000) nennen folgende Ansätze einer vereinfachten Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen:

- Life Cycle Review: Beim Life Cycle Review wird ein Flussbild genutzt, um die grundlegenden Komponenten eines Produktlebenszyklus darzustellen. Durch den Ansatz werden Struktur und Systemgrenzen eines Lebenszyklus abgebildet. Auf die Hinterlegung mit quantitativen Daten wird verzichtet.
- Matrix Approach: Eine Matrix mit den Dimensionen Umweltwirkung und Lebenszyklusphasen wird für die Identifizierung von Phasen mit besonderer Relevanz für die Umwelt genutzt. Es werden Werte zwischen 0 (höchste Umweltwirkung) und 4 (geringste Umweltwirkung) vergeben. Der Matrix Ansatz wird z.B. von der Firma AT&T für die Identifizierung von Lebenszyklusphasen und Designoptionen zur Verbesserung der Umweltleistung ihrer Produkte eingesetzt.
- Vereinfachte Ökobilanz: Die vereinfachte Ökobilanz (Simplified LCA) stellt ein reduziertes Ökobilanzierungsverfahren dar, das zwar im Ablauf einer vollständigen Ökobilanz folgt, durch den Einsatz vereinfachter Sachbilanzdaten und Wirkungsabschätzungen den Aufwand aber erheblich verringert. Es gibt eine Reihe von Ansätzen für vereinfachte Ökobilanzen. In Kap. 3.4.1 wird der Ansatz der Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) vorgestellt.

Neben den genannten Ansätzen finden sich in der Literatur weitere Methoden, die sich ganz oder teilweise mit der Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen auf Produkt- oder Prozessebene beschäftigen. Stellvertretend seien hier die Ansätze der Umweltkostenrechnung (Loew et al. 2003), ABC-Analysen, Checklisten, Indikatorenansätze (Dewulf, Duflou 2003) u.a. genannt (für einen Überblick siehe Anhang C, Kap. 12.3). Hervorgehoben werden sollen an dieser Stelle die folgenden Ansätze:

- Life Cycle Costing: Zur Ergänzung der Kostenperspektive in der Ökobilanzierung wurde der Ansatz des Life Cycle Costing (LCC) entwickelt. Im Rahmen des LCC sollen alle internen und externen Kosten erfasst werden, die durch Forschung und Entwicklung, Design, Produktion, Marketing, etc. anfallen (siehe z.B. Niemann et al. (2003)). Nach Schaltegger und Buritt (2000) hat sich die Methode aus verschiedenen Gründen bisher kaum in der Praxis durchsetzen können. Als wesentlicher Grund wird genannt, dass in einem Wettbewerbsmarkt theoretisch alle Kosten im Produktpreis enthalten sein sollten. Das LCC würde damit überflüssig. In der Realität ist dies zwar nicht der Fall, die Ermittlung von korrekten und aussagekräftigen Kostendaten für das LCC wird jedoch als extrem schwierig sowie zeit- und kostenaufwändig angesehen.
- Ökoeffizienzanalyse: Die Ökoeffizienzanalyse bewertet Verfahren, Prozesse oder Produkte auf Grundlage ihrer Ökoeffizienz. Diese wird als das Verhältnis aus erwünschtem Output, z.B. dem monetären Wert eines Produktes oder einer Dienstleistung, und unerwünschtem Output, z.B. in Form von Umwelteinfluss (Umweltwirkungen), definiert (WBCSD 2000):

$$\text{Formel 2: } \text{Ökoeffizienz} = \frac{\text{Produkt - oder Dienstleistungswert}}{\text{bewirkter Umwelteinfluss}} = \frac{\text{erwünschter Output}}{\text{unerwünschter Output}}$$

Die Ökoeffizienzanalyse stellt somit ein spezifisches Bewertungsverhältnis aus dem Produkt- bzw. Dienstleistungswert und dem bewirkten Umwelteinfluss dar. Sie erleichtert dem Anwender jedoch nicht die Erhebung der für die Bewertung notwendigen Daten. Grundsätzlich weist sie in Bezug auf die Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen

daher ähnliche Defizite auf wie die Ökobilanz. Eine bekannte Nutzung der Bewertung von Ökoeffizienz im Unternehmen stellt die Ökoeffizienzanalyse bei der Firma BASF dar. Sie hat zum Ziel, ökologische Auswirkungen entlang dem Lebensweg von Produkten aufzuzeigen und dem Verbraucher zusätzliche Informationen darüber zur Verfügung zu stellen (Schmidt, I., Czymbek 2003).

Abbildung 11 setzt die genannten Ansätze der vereinfachten und der kombinierten Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen relativ zueinander in Bezug und verdeutlicht, dass mit der Komplexitätszunahme des Bewertungsansatzes Kosten und Zeit sowie Menge und Qualität der benötigten Daten ansteigen.

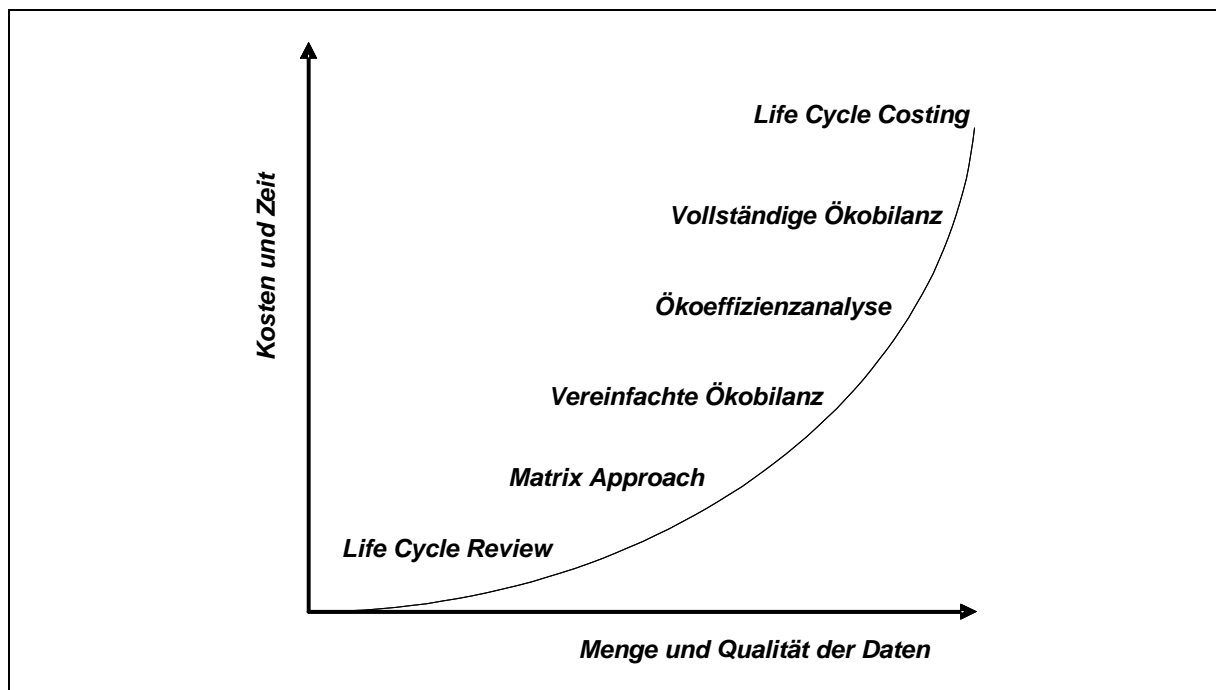


Abbildung 11: Methodische Ansätze zur Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen im relativen Vergleich (modifiziert nach Schaltegger und Burritt (2000))

Von den genannten Ansätzen stellt die vereinfachte Ökobilanz einen methodisch nutzbaren Ansatz für die regelmäßige Anwendung in der Lieferantenbewertung dar. Sie nutzt zwar das methodische Rahmenwerk der DIN EN ISO 14040 ff, vereinfacht dieses jedoch stark und kann so effizienter in der unternehmerischen Praxis angewendet und angepasst werden.

3.4.1 Vereinfachte Ökobilanz

Zur Vereinfachung der Ökobilanzierung nach DIN EN ISO 14040 ff. wurde von der Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) unter dem Begriff der 'Simplified LCA' ein Vorgehen für eine vereinfachte Ökobilanzierung vorgeschlagen (Christiansen 1997).

Eine vereinfachte Ökobilanz betrachtet demnach den gesamten Lebensweg eines Produkts, verwendet für die Bilanzierung der Umweltwirkungen aber generische Prozessdaten in Form von Standardmodulen. Dies hat eine Verkürzung der Bilanz an variablen Stellen innerhalb der Sachbilanz und der Wirkungsabschätzung zur Folge. Außerdem wird im Rahmen der vereinfachten Ökobilanz eine vereinfachte Auswertung angewendet (Haug 2002).

Sie kann so in wesentlich kürzerer Zeit und mit geringeren finanziellen und personellen Ressourcen durchgeführt werden als eine vollständige Ökobilanz. Dies macht die vereinfachte Ökobilanz zu einem wichtigen Instrument für die praktische Anwendung im Unternehmen. Sie wird hauptsächlich unternehmensintern verwendet, da sie im Gegensatz zu Ökobilanzen nach DIN EN ISO 14040 ff. an weniger formelle Bedingungen geknüpft ist (Jensen et al. 1997).

Um trotz des vereinfachten Verfahrens aussagekräftige und reproduzierbare Resultate zu erhalten, werden für die Durchführung einer vereinfachten Ökobilanz die folgenden drei Schritte vorgeschlagen (Christiansen 1997):

- Grobanalyse (Screening): In diesem Schritt werden die Teile des zu untersuchenden Systems identifiziert, die für die Analyse relevant sind bzw. die vereinfacht werden können. Gründe für zu treffende Vereinfachungen können beispielsweise mangelnde Daten oder eine geringe Bedeutung einzelner Prozessschritte für das Gesamtsystem sein.
- Vereinfachen (Simplifying): Im Schritt des Simplifying erfolgt eine Vereinfachung der in der Grobanalyse identifizierten Teile sowie eine Fokussierung auf die identifizierten bedeutsamen Teile des Gesamtsystems.
- Abschätzen der Verlässlichkeit (Assessing Reliability): In diesem Schritt wird überprüft, ob die Vereinfachung der Ökobilanz die Verlässlichkeit der Ergebnisse beeinflusst.

Von den genannten Schritten kommt der Grobanalyse (Screening) die größte Bedeutung zu, da in ihr die für die gesamte Bewertung bestimmenden Vereinfachungen identifiziert werden (Christiansen 1997). Die zu treffenden Vereinfachungen werden durch sog. Screening-Indikatoren vorgenommen, die die Betrachtung z. B. auf eine definierte Größe in Form eines Umweltwirkungsindikators (siehe Kap. 3.3.1) reduzieren. Durch ihren Einsatz werden Teile innerhalb der Sachbilanz und der Wirkungsabschätzung der Ökobilanz verkürzt. Der Schritt des Vereinfachens (Simplifying) beinhaltet die tatsächliche Durchführung der vereinfachten Form der Ökobilanz.

Während der Phasen der Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens, der Sachbilanz und der Wirkungsabschätzung kann weiterhin eine Grobanalyse stattfinden. Der dritte Schritt einer vereinfachten Ökobilanz, das Abschätzen der Verlässlichkeit (Assessing Reliability) der getroffenen Vereinfachungen, entspricht in einer vollständigen Ökobilanz der Phase der Auswertung (Jensen et al. 1997).

Abbildung 12 illustriert den Zusammenhang zwischen einer vollständigen Ökobilanz und den Schritten einer vereinfachten Ökobilanz.

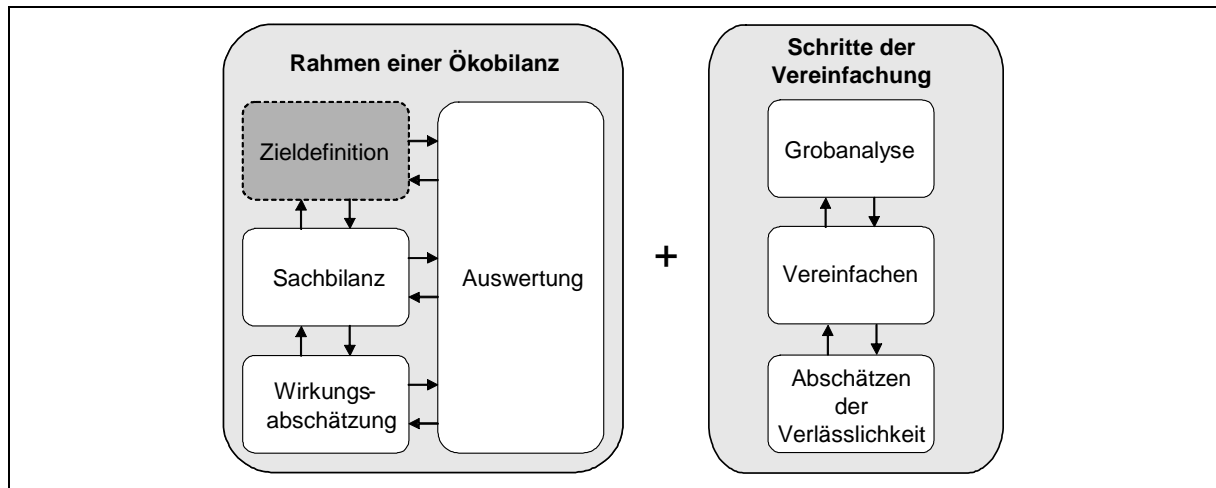


Abbildung 12: Bestandteile einer vereinfachten Ökobilanz (nach Jensen et. al (1997))

Aus der Abbildung wird deutlich, dass die vereinfachte Ökobilanz dem grundlegenden Ablauf einer Ökobilanz mit den in Kap. 3.3.1 erläuterten Phasen folgt. Durch die zusätzlichen Schritte der Vereinfachung, die auf die Phasen der Ökobilanz angewendet werden, wird der Ablauf jedoch verkürzt.

Die Phase der Zieldefinition ist in der Abbildung hervorgehoben, da ihr im Vergleich zur vollständigen Ökobilanz eine höhere Bedeutung zukommt. Eine eindeutige Zieldefinition ist aufgrund der zu treffenden Vereinfachung für die vereinfachte Ökobilanz von besonderer Bedeutung (Christiansen 1997).

3.4.2 Das MIPS-Konzept

Das Konzept Materialinput pro Serviceeinheit (MIPS) wurde vom Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie entwickelt (siehe z.B. Schmidt-Bleek (1997) oder (Schmidt-Bleek et al. 1998)). Es stellt ein inputbezogenes System für die Erfassung und Bewertung von Stoffströmen und Umweltwirkungen dar (siehe Kap. 3.3.1.3) und versteht sich als eine vorsorgeorientierte Ergänzung zu traditionellen, ökologischen Bewertungsmethoden (Atik 2001). Der Bezug auf den Materialinput wird als vorteilhaft angesehen, weil auf der Outputseite eines Produktsystems zum einen ein Vielfaches an Stoffen und zum anderen ein Vielfaches an Berührungspunkten mit der Umwelt im Vergleich zur Inputseite existiert (Schmidt-Bleek et al. 1998). Der Materialinput kann daher bedeutend einfacher und genauer bilanziert werden als der Output, da es sich um eine begrenzte Anzahl von Materialien handelt.

Für die Erfassung und Bewertung der Umweltwirkungen werden sog. Materialinput(MI)-Werte genutzt. Der Materialinput ist die gesamte Inputmasse, die für die Herstellung eines Gutes benötigt wird abzüglich der Eigenmasse des Gutes. Ein MI-Wert besitzt demnach die Einheit der Masse an eingesetztem Material, also z.B. Kilogramm oder Tonnen. Zum Vergleich verschiedener Wertstoffalternativen werden die MI-Werte auf ein Kilogramm oder Tonne eines Gutes bezogen.

Handelt es sich bei dem Produkt um eine Gewichtseinheit, Strom oder Transporte, so ist die Bezugseinheit ein kg oder Tonne eines Materials, eine Megawattstunde, bzw. ein Tonnenkilometer. Dieser auf eine Bezugseinheit bezogene MI-Wert wird als Materialintensität (MIT) bezeichnet. Je nach Bezugseinheit können MIT-Werte dimensionslose Werte (z.B. kg/kg) oder Verhältniszahlen (z.B. kg/tkm) darstellen. Durch den Bezug der MI-Werte auf eine

Serviceeinheit, die dem gewünschten Nutzen oder der erwarteten Dienstleistung entspricht, ergibt sich der Materialinput pro Serviceeinheit (MIPS) (Ritthoff et al. 2002).

Formel 3:
$$MIPS = \frac{MI}{S}$$

(mit: MIPS-Materialinput pro Serviceeinheit [kg/Serviceeinheit], MI-Materialinput [kg], S-Serviceeinheit [frei wählbar])

Zur Erfassung des MIPS müssen für die Bewertung komplexer Güter sämtliche MI-Werte der Herstellungsprozesse, der enthaltenen Wertstoffe, sowie die zur Herstellung des Gutes benötigten Prozesse (Transporte, etc.) anteilig addiert werden. Der Materialinput pro Serviceeinheit gibt dann an, welche Menge an Ressourcen für die Herstellung und den Gebrauch eines Gutes bis zur Verwertung oder Beseitigung bzw. für die Ausführung einer Dienstleistung aufgewandt werden muss. Die Serviceeinheit kann z.B. der funktionellen Einheit in einer Ökobilanz entsprechen (vgl. Kap. 3.3.1). Sie ist ein Maß für den Nutzen, kann also z.B. ein fertiges Produkt oder die Funktion eines Produkts darstellen (Haug 2002).

Den Kehrwert von MIPS stellt die Ressourcenproduktivität dar. Sie ist ein Maß dafür, wie viel Nutzen mit einer bestimmten Menge an Materialinput erreicht werden kann. Mit MIPS wird der gesamte Ressourcenverbrauch während der Herstellung, Nutzung und Beseitigung bzw. Verwertung eines Produkts am Übergang von der Ökosphäre in die Technosphäre, berechnet. In die MI-Werte gehen sämtliche für die Herstellung benötigten Materialien ein und werden für fünf Kategorien getrennt ausgewiesen (Schmidt-Bleek et al. 1998):

- Abiotisches Material,
- Biotisches Material,
- Bodenbewegungen in der Land- und Forstwirtschaft,
- Wasser,
- Luft.

Die MI-Werte der fünf Kategorien sind Indikatoren, welche die Umweltbelastungen in Form von Materialverbrauch widerspiegeln, die von einem Produkt in dessen Lebenszyklusphasen Herstellung, Nutzung und Verwertung, bzw. Beseitigung ausgehen. Das MIPS-Konzept sieht keine Gewichtung der fünf Kategorien untereinander vor.

Ein Indikator, der oft anstelle der MI-Werte der fünf Kategorien verwendet wird, ist der TMR(Total Material Requirement)-Wert. Er wird durch Zusammenfassen der MI-Werte für die Kategorien abiotische Materialien, biotische Materialien, Bodenbewegungen in der Land- und Forstwirtschaft gebildet. Materialinputs aus Wasser und Luft werden in diesem Fall außer Acht gelassen. Es wird davon ausgegangen, dass sie keinen richtungsändernden Einfluss auf das Ergebnis haben (Schmidt-Bleek et al. 1998).

Das MIPS-Konzept erfasst keine outputorientierten Faktoren wie z.B. Human- oder Ökotoxizität (Ritthoff et al. 2002). Zentraler Betrachtungsgegenstand bei der Bilanzierung mit MI-Werten ist nicht der Bestand der natürlichen Ressourcen, sondern der Fluss der Materialien in der Umwelt (Schmidt-Bleek et al. 1998). Das bedeutet, dass die Knappheit einzelner Ressourcen nicht in die Betrachtung eingeht. Ökologische Auswirkungen eines Gutes auf des-

sen gesamten Lebenszyklus können mittels der MIT-Werte oder des TMR-Wertes dargestellt werden.

Durch den Einsatz des MIPS-Konzepts als Bewertungsmethode bzw. Wirkungsindikator wird die Ökobilanz in der Phase der Sachbilanz und der Wirkungsabschätzung vereinfacht (siehe Kap. 3.3.1.2 und 3.3.1.3). Die Wahl der Systemgrenzen einzelner Prozesse in der Sachbilanz wird mit der Anwendung des MIPS-Konzepts durch die Bereitstellung von Werten für die einzelnen Module getroffen. Außerdem werden die unverbindlichen Bestandteile der Wirkungsabschätzung, also Normierung, Gruppierung und Gewichtung, durch den Einsatz des MIPS-Konzepts hinfällig. Eine Wirkungsabschätzung findet somit nicht statt.

Trotz seiner Grenzen in der Aussagekraft stellt das MIPS-Konzept einen in der Praxis akzeptierten Bilanzierungs- und Bewertungsansatz dar (Atik 2001). Sein Vorteil kann in der vergleichsweise leichten Anwendung des Konzeptes in der unternehmerischen Praxis gesehen werden. Der Ansatz führt mit vertretbarem Aufwand zu richtungssicheren Ergebnissen und Entscheidungen (Schmidt-Bleek et al. 1998). MIT-Werte sind zudem für viele Standardprozesse und Materialien kostenfrei verfügbar¹⁷. Fehlende Werte können in Anlehnung an bestehende Werte leicht ermittelt werden. Die für die Berechnung von MI-Werten notwendigen Annahmen sind in Anhang D (Kap. 12.4) wiedergegeben.

3.4.3 Stoffstromanalyse

Die Methode der betrieblichen Stoffstromanalyse untersucht die Stoff- und Energieströme eines Unternehmens oder Produktes und bildet diese in einem Modell ab (Bullinger, Beucker 2000). Sie stellt Daten und Informationen, die für die prozess- und produktbezogene Bewertung von Umweltwirkungen benötigt werden, zur Verfügung.

Stoff- und Energieströme werden durch Produktions- und Transportprozesse sowie Nutzungs- und Recyclingvorgänge ausgelöst, die in Form von Transformationsprozessen eingehende Stoffe und Energien (Input) in neue ausgehende Stoffe und Energien (Output) verwandeln (Möller et al. 1997). Die Transformationsprozesse sind durch die Stoff- und Energieströme miteinander verbunden. Transformationsprozesse sowie die Stoff- und Energieströme werden in einem Stoffstrommodell¹⁸ in Form eines Stoffstromnetzes abgebildet.

Stoffstromnetze unterscheiden sich von reinen Flussdiagrammen durch die Ergänzung um Stellen der Stofflagerung. Die Systematik von Stoffstromnetzen mit den Elementen Stelle, Transition und Verbindung (siehe zu den Elementen Anhang E, Kap. 12.5) geht in ihrem Ursprung auf Petri-Netze (Petri 1962) zurück. Diese bestehen aus Kanten und zwei verschiedenen Arten von Knoten: Stellen und Transitionen¹⁹. Stellen und Transitionen sind je

¹⁷ Siehe dazu <http://www.wupperinst.org/Projekte/mipsonline/> (Referenz vom 04.10.2005)

¹⁸ Unter einem Modell wird hier die sinnhafte Abbildung eines oder mehrerer ähnlicher Realsysteme auf ein anderes System verstanden (Dyckhoff 1994). Das Modell dient dem Zweck, Aussagen zu treffen, die auf der Grundlage des Realsystems nicht möglich bzw. zu aufwändig wären (Steinaecker 2000). Solche Aussagen können beispielsweise die Gewinnung neuer Informationen, Demonstration, Erklärung, Entwicklungsprognosen oder auch die Hypothesenüberprüfung sein. Durch die Modellbildung erfolgt zudem eine Abstraktion und Strukturierung des Realsystems (Grützner 1997).

¹⁹ Zur mathematischen Definition siehe (Abel 1990).

durch eine gerichtete Kante in Form von Verbindungen miteinander verknüpft und bilden so das Netz.

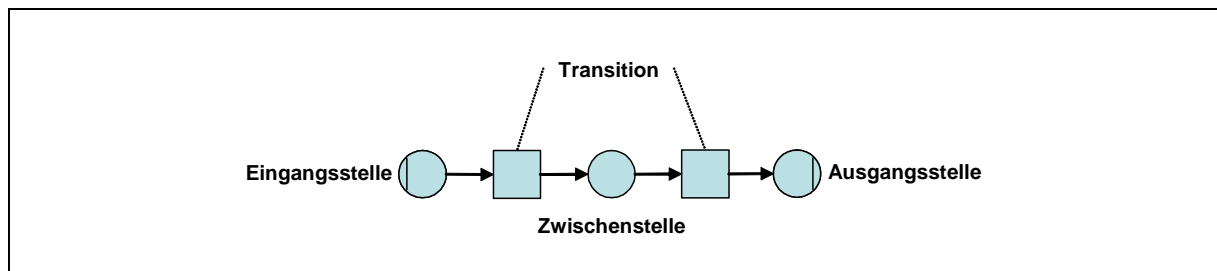


Abbildung 13: Beispielhaftes einfaches Stoffstromnetz mit den Elementen Stellen, Transition und Verbindung

In der Stoffstrommodellierung kommt ein Konzept zur Anwendung, das die Elemente von Petri-Netzen verwendet. Im Gegensatz zur Petri-Netz-Modellierung können aber keine zeitbezogenen Analysen oder Simulationen durchgeführt werden. Beispielsweise ist es nicht möglich, Stoffströme unter Terminaspekten oder zu bestimmten Zeitpunkten abzubilden (Steinaecker 2000). Die Stoffstrommodellierung erfolgt für eine gesamte Periode. Es handelt sich also um eine Modellierungsmethode, die einem periodenbezogenen Berechnungsmodell entspricht.

Mit der Erstellung und Bilanzierung von Stoffstromnetzen können je nach Wahl der Systemgrenzen vollständige Lebenszyklen eines Produkts oder Vorprodukts oder auch nur Ausschnitte des Lebenszyklus periodenbezogen modelliert werden.

Gemäß den von Dyckhoff (1994) vorgeschlagenen Merkmalen für die Charakterisierung von betriebswirtschaftlichen Modellen (siehe Anhang F, Kap. 12.6), ist die betriebliche Stoffstrommodellierung (siehe auch Kessler (2000))

- ein konkretes Modell, da es sich nur auf ein bestimmtes Unternehmen bezieht,
- ein Realmodell, da es das reale System eines Unternehmens abbildet und Anspruch auf empirischen Gehalt erhebt,
- ein quantitatives Modell mit kardinalen Skalenniveau, da nicht nur die Struktur der Stoffströme sondern auch die dazugehörigen Mengen abgebildet werden,
- ein Modell, in dem neben Umweltwirkungen auch verschiedenste ökonomische Größen abgebildet werden können,
- ein Partialmodell, da nie das Gesamtsystem Betrieb mit seinen Stoffströmen abgebildet wird, sondern nur der Teil, der für das Untersuchungsziel relevant ist,
- ein einperiodisches Modell, da sich während des Betrachtungszeitraums das Modell nicht ändert,
- in erster Näherung zumeist linear; nichtlineare Beziehungen können jedoch im Modell abgebildet werden.

Anhand der Einordnung der Stoffstrommodellierung wird deutlich, dass die Methode der Stoffstromanalyse für die Erfassung prozessbezogener Input- und Outputdaten genutzt werden kann.

Die Stoffstrommodellierung beinhaltet nach Möller et al. (1997) das Zusammenrücken von Betriebs- und Produktbilanz und fordert prinzipiell das Denken in Wertschöpfungsketten. Trotz ihrer methodischen Nähe zur Phase der Sachbilanz der Ökobilanzierung ist die Stoffstrommodellierung bzw. die Stoffstromanalyse damit auch geeignet, ökonomische Größen zu analysieren, was sie zu einem geeigneten Ansatz für die kombinierte Erfassung und Analyse der Umweltwirkungen und Prozesskosten von Teilsystemen wie den von Lieferanten im Unternehmen induzierten Prozessen macht (siehe Kap. 3.1.3).

3.4.4 Zusammenfassung

Neben der Ökobilanzierung nach DIN EN ISO 14040 ff. existiert eine Vielzahl von Ansätzen, die es ermöglichen, den mit der Durchführung einer vollständigen Ökobilanz verbundenen Aufwand zu reduzieren. Darunter sind sowohl Ansätze, die ausschließlich auf die Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen abzielen, wie z.B. der Matrix-Ansatz oder die vereinfachte Ökobilanz, als auch solche, die die Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen mit Kosten kombinieren, so z.B. die Ökoeffizienzanalyse.

Unter den Ansätzen für die Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen nimmt das MIPS-Konzept eine Sonderstellung ein, da es sowohl die Phase der Sachbilanz als auch die Wirkungsbewertung erheblich vereinfacht und rein inputbezogene Effekte in Form der Ressourcenintensität ermittelt. Trotz der damit verbundenen Grenzen in der Aussagekraft wird der Ansatz in der Praxis oft eingesetzt, da er mit vergleichsweise geringem Aufwand zu richtungssicheren Entscheidungen führt (Schmidt-Bleek et al. 1998).

Die Stoffstromanalyse kann dagegen als Querschnittsmethode für die Erfassung von Input- und Outputdaten gesehen werden. Mit ihr können sowohl physikalische Daten für die Sachbilanz als auch ökonomische Daten in Form von Kosten auf Prozessebene erfasst werden. Dies macht die Stoffstromanalyse zu einem nutzbaren Ansatz für die Erfassung und Modellierung von Daten aus lieferantenbezogenen Prozessen (siehe hierzu Kap. 3.1.3).

In Tabelle 8 werden die wichtigsten Ansätze und ihre Defizite in Bezug auf eine regelmäßige und praxisorientierte Lieferantenbewertung zusammengefasst.

Tabelle 8: Ansätze für die umweltwirkungsbezogene Bewertung von Lieferanten und deren Defizite

Ansatz	Charakter des Ansatzes und Defizit
Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen	
Life Cycle Review	Qualitativer Bewertungsansatz für Umweltwirkungen, keine Analyse von Kosten vorgesehen
Matrix Approach	Qualitativer Bewertungsansatz für Umweltwirkungen, keine Analyse von Kosten vorgesehen
Vereinfachte Ökobilanz	Rahmenwerk für die vereinfachte Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen, keine Analyse von Kosten vorgesehen
MIPS-Konzept	Stark vereinfachter, inputorientierter Ansatz zur Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen, der Standarddaten nutzt, keine Analyse von Kosten vorgesehen
Zusätzliche Erfassung und Bewertung von Kosten	
Ökoeffizienzanalyse	Verhältniswert von erwünschtem Output und unerwünschtem Output, kein spezifischer Ansatz zur Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen
Life Cycle Costing	Ergänzung der Kostenperspektive in der Ökobilanzierung, zeit- und kostenaufwendige Ermittlung von Kostendaten
Sonstige Ansätze	
Stoffstromanalyse	Querschnittsmethode für die Erfassung von Sachbilanzdaten und kostenrelevanten Parametern in Form von prozessbezogenen Input- und Outputbilanzen, keine Bewertung vorgesehen

Aus den Defiziten wird deutlich, dass es bisher keinen Ansatz gibt, der in einfacher und praxisgerechter Form eine integrierte und parallele Bewertung von Umweltwirkungen und Prozesskosten von lieferantenbezogenen Prozessen ermöglicht.

Kombinierte Ansätze, wie z.B. die Ökoeffizienzanalyse, stellen zwar für die Lieferantenbewertung nutzbare Rahmenwerke dar, auch sie müssen jedoch durch konkrete Methoden der Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen untermauert werden und weisen daher hinsichtlich des damit verbundenen Aufwands ähnliche Defizite wie die Ökobilanzierung auf (siehe Kap. 3.3.2).

3.5 Defizite der umweltwirkungsbezogenen Bewertung von Lieferanten

In den Kapiteln 1.1 und 3.1 wurde deutlich, dass aufgrund sich verändernder Produktions- und Zuliefererstrukturen Lieferanten eine zunehmende Bedeutung für produzierende Unternehmen erlangen.

Mit steigenden Beschaffungsvolumina und wachsender Komplexität der Lieferantenbeziehungen hat sich für Unternehmen auch die Menge und Art der im Rahmen einer Lieferantenbewertung zu erfassenden Merkmale verändert. Wurden in der Vergangenheit für die Bewertung in erster Linie Preise zu Grunde gelegt, so erfolgt diese heute in der Regel über einen Mehrfaktorenvergleich (Muschinski 1998). Hierfür werden in erster Linie Punktbewertungen, Checklisten und Preisvergleiche eingesetzt. Die Mehrzahl der Ansätze beschäftigt sich zudem ausschließlich mit der Bewertung der Lieferleistung und nicht mit einer umfassenden Optimierung der Lieferantenleistung.

Bisher nicht verfügbar sind Ansätze, die sich mit der Erfassung und Optimierung spezifischer lieferantenbezogener Prozesse (siehe Kap. 3.1.3) und den damit verbundenen Prozesskosten beschäftigen. Zwar gibt es Ansätze prozessorientierter Bewertungsverfahren, wie z.B. die Cost-Ratio-Methode oder das Total-Cost-Supplier-Selection-Model (vgl. Kap. 3.1.4), diese haben sich jedoch in der Praxis der Lieferantenbewertung bisher nicht durchsetzen können.

Zu einer zentralen Aufgabe für die Lieferantenbewertung ist auch die Erfassung und Bewertung ihrer Umweltwirkungen geworden. Da eine Vielzahl von Unternehmen z.B. aufgrund von rechtlichen Vorgaben oder Selbstverpflichtungen eine Bewertung und Quantifizierung ihrer prozess- und produktbezogenen Umweltwirkungen vornehmen müssen, werden auch die von Lieferanten ausgehenden Umweltwirkungen hinterfragt.

Hier wird in den existierenden Verfahren der Lieferantenbewertung ein Defizit deutlich. Zwar wird in einigen Ansätzen die Umweltleistung anhand qualitativer Indikatoren, wie z.B. der Existenz eines Umweltmanagementsystems, erhoben (siehe Hartman et al. (1997) und Muschinski (1998)), eine Quantifizierung von Umweltwirkungen ist auf Grundlage dieser Bewertung aber nicht möglich.

Für die Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen im Unternehmen sind Ansätze vorhanden, mit denen auch die von Lieferanten ausgehenden Umweltwirkungen erfasst und bewertet werden können. Diese sind aber für die regelmäßige Anwendung in der Lieferantenbewertung nur bedingt geeignet, da sie zeit- und arbeitsintensiv in der Durchführung sind. Insbesondere für die Bewertung von häufig wechselnden Lieferanten wird daher ein Ansatz benötigt, der mit vertretbarem Aufwand zu richtungssicheren Ergebnissen führt.

Neben der Ökobilanzierung wurden eine Reihe weiterer Methoden, wie z.B. der Matrix Approach, die vereinfachte Ökobilanz oder die Ökoeffizienzanalyse entwickelt. Diese besitzen aber, wie in Kapitel 3.4.4 deutlich wurde, Defizite hinsichtlich einer Integration der Kostenbewertung bzw. der quantitativen Erfassung von Umweltwirkungen.

Hervorgehoben werden soll an dieser Stelle das MIPS-Konzept (siehe Kap. 3.4.2). Es stellt ein inputbezogenes System für die Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen dar, das die Phase der Sachbilanz und der Wirkungsabschätzung vereinfacht. Durch die Nutzung von MIT-Werten als Wirkungsindikatoren wird das Ergebnis einer MIPS-Analyse in seiner Aussagekraft zwar auf die Bewertung der inputseitigen Ressourcenverbräuche begrenzt, der An-

satz führt jedoch mit vertretbarem Aufwand zu einer richtungssicheren Abschätzung von Umweltwirkungen (Schmidt-Bleek et al. 1998).

Eine Sonderstellung unter den beschriebenen Ansätzen nimmt die Stoffstromanalyse ein. Sie ist kein Bewertungsverfahren, sondern stellt eine Methode zur Erfassung und Analyse prozessbezogener Input-Output-Bilanzen dar und kann daher wichtige Daten und Grundlagen für eine integrierte Bewertung von Umweltwirkungen und Prozesskosten lieferantenbezogener Prozesse bereitstellen.

Anhand der in Kap. 2.1 formulierten Teilziele der Arbeit werden für die Bewertung der vorhandenen Ansätze fünf zentrale Kriterien abgeleitet. Die Kriterien werden wie folgt definiert:

1. Erfassung lieferantenbezogener Prozesse: Der Ansatz muss ermöglichen, die in Kap. 3.1.3 beschriebenen lieferantenbezogenen Prozesse zu erfassen und damit der späteren Bewertung zugänglich zu machen.
2. Quantitative Erfassung der Umweltwirkungen und Prozesskosten lieferantenbezogener Prozesse: Diese müssen in Form quantitativer Größen, wie z.B. Kosten und CO₂-Äquivalente bewertet werden können.
3. Integrierte und parallele Bewertung von Umweltwirkungen und Prozesskosten: Der Ansatz muss eine integrierte und parallele Betrachtung von Umweltwirkungen und Prozesskosten ermöglichen.
4. Effiziente und praxisgerechte Anwendung: Der Ansatz muss mit vertretbarem Aufwand für die regelmäßige Bewertung von häufig wechselnden Lieferanten eingesetzt werden können.
5. Nutzbarkeit in bestehenden Bewertungsverfahren: Die Ergebnisse des Verfahrens müssen aufgrund ihrer Form, z.B. Kennzahlen, leicht in bestehende Systeme der Lieferantenbewertung oder des Lieferantencontrollings übernommen werden können.

In der folgenden Tabelle 9 werden die in Kap. 3 analysierten Ansätze der Lieferantenbewertung anhand der aus der Zielstellung abgeleiteten Kriterien miteinander verglichen.

Tabelle 9: Vergleich von Ansätzen der Lieferantenbewertung

<div>Kriterien für die Bewertung</div> <div>Ansätze der Lieferantenbewertung</div>	Erfassung lieferanten- bezogener Prozesse	Quantitative Erfassung der Umweltwirkungen und Pro- zesskosten	Integ. und parallele Bewer- tung von Umweltwirkungen und Prozesskosten	Effiziente und praxis- gerechte Anwendung	Nutzbarkeit in bestehenden Bewertungsansätzen
Quantitative Verfahren der Lieferan- tenbewertung	○	◐	○	◐	◐
Qualitative Verfahren der Lieferan- tenbewertung	○	○	◐	◐	◐
Lieferantenbewertung nach DIN EN ISO 14040 ff	◐	◐	○	○	○
Weitere Ansätze für die umweltwir- kungsbezogene Bewertung von Lieferanten	◐	◐	○	◐	◐
↓					
Entwicklung eines Verfahrens zur Bewertung von Lieferanten auf der Grundlage von Umweltwir- kungen und Prozesskosten, Ableitung von Anforderungen					

Legende: ● - größtenteils erfüllt, ◐ - teilweise erfüllt, ○ - größtenteils nicht erfüllt

Aus Tabelle 9 wird deutlich, dass keiner der analysierten Ansätze zur Bewertung von Lieferanten für eine gleichzeitige Erfassung lieferantenbezogener Prozesse sowie die integrierte und parallele Bewertung der von ihnen ausgehenden Umweltwirkungen und Prozesskosten geeignet ist. Die deutlichsten Defizite sind in den Bereichen der integrierten und parallelen Bewertung von Umweltwirkungen und Prozesskosten zu erkennen.

Die ermittelten Defizite sowie die Zielstellung aus Kap. 2.1 bilden im folgenden Kapitel die Basis für die Entwicklung eines Verfahrens zur Bewertung von Lieferanten auf Grundlage von Umweltwirkungen und Prozesskosten sowie die Ableitung von Anforderungen an den Verfahrensansatz.

4 Entwicklung eines Verfahrens zur Bewertung von Lieferanten auf der Grundlage von Umweltwirkungen und Prozesskosten

Wie aus den Kapiteln 1.1 und 3.1 hervorgeht, erfordern die aktuellen Entwicklungen auf der Beschaffungsseite produzierender Unternehmen eine Ergänzung der Lieferantenbewertung um lieferantenbezogene Umweltwirkungen und Prozesskosten. Die Gründe dafür sind

- eine zunehmende Komplexität in der Beschaffung, die insbesondere bei wachsendem Beschaffungsanteil und häufigen Lieferantenwechseln zu einem hohen Bedarf an einer Erfassung und Optimierung von Lieferanten und der durch sie verursachten lieferantenbezogenen Prozesse führt,
- die Notwendigkeit, neben den Kosten verstärkt auch die Umweltwirkungen der Lieferanten in die Bewertung einzubeziehen, die sich sowohl aus umweltrechtlichen und -politischen Anforderungen (siehe Kap. 3.2.2) als auch aus Selbstverpflichtungen von Unternehmen (siehe Kap. 3.2.2.1.2) ergibt,
- der Bedarf, eine richtungssichere Bewertung von Lieferanten durchzuführen, die Umweltwirkungen und Prozesskosten parallel betrachtet und deren Ergebnis möglichst einfach und praxistgerecht in bestehende Lieferantenbewertungsansätze integriert werden kann.

Da es bisher keinen in sich geschlossenen Ansatz für die Identifizierung und Erfassung lieferantenbezogener Prozesse sowie die integrierte und parallele Bewertung von Umweltwirkungen und Prozesskosten lieferantenbezogener Prozesse gibt (siehe Kap. 3.1.4, 3.3.2 und 3.4.4), werden in dieser Arbeit Ansätze der Identifizierung und der Quantifizierung sowie der Bewertung von Umweltwirkungen und Prozesskosten zu einem neuen, spezifischen Verfahren für die Bewertung von Lieferanten kombiniert.

4.1 Bestandteile des Verfahrens

Als Grundlage für das zu entwickelnde Verfahren und die Bewertung lieferantenbezogener Umweltwirkungen und Prozesskosten wird in dieser Arbeit die Vorgehensweise für die Erstellung einer vereinfachten Ökobilanz gewählt. Sie stellt auf der einen Seite ein wissenschaftlich anerkanntes und strukturiertes Rahmenwerk für die Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen dar, vereinfacht auf der anderen Seite die Bewertung jedoch signifikant, was eine praktische Anwendung im Unternehmen erleichtert (siehe Kap. 3.4 und 3.4.4).

Ergänzt wird die Vorgehensweise der vereinfachten Ökobilanz um die Methode der Stoffstromanalyse (siehe Kap. 3.4.3). Mit ihrer Hilfe werden die lieferantenbezogenen Prozesse identifiziert und die für eine Bewertung notwendigen Daten ermittelt. Die Stoffstromanalyse ist für die Erfassung der lieferantenbezogenen Prozesse besonders geeignet, da sie gleichzeitig die Erhebung der für die Bewertung von Umweltwirkungen und Kosten erforderlichen prozessbezogenen Input-Output-Daten und deren Abbildung in einem Stoffstrommodell ermöglicht. Die Modellbildung erlaubt zudem durch Abstraktion von den realen, lieferantenbezogenen Prozessen die für eine Bewertung notwendige Reduktion und Strukturierung der zu erfassenden Informationen.

Das mit der Stoffstromanalyse erstellte Modell lieferantenbezogener Prozesse wird im Anschluss mit Hilfe des MIPS-Ansatzes (siehe Kap. 3.4.2) und einer Prozesskostenrechnung (siehe Kap. 3.1.3.2) in zwei Teilschritten unabhängig voneinander bewertet. Die Ergebnisse werden in aggregierter Form als Kennzahl zusammengefasst. Hierfür ist entscheidend, dass

die Kennzahlen die wesentlichen, durch das Unternehmen beeinflussbaren Umweltwirkungen und Kosten parallel abbilden, um variierende Zielsetzungen der Lieferantenbewertung in Unternehmen nachvollziehen zu können.

Wichtiger abschließender Bestandteil des Verfahrens wird die Gegenüberstellung der ermittelten Kennzahlen zu Umweltwirkungen und Prozesskosten in einem Lieferantenvergleichsportfolio sein. Dieses soll den direkten Vergleich der Umweltwirkungen und Prozesskosten ermöglichen, die von zwei alternativen Lieferanten ausgehen.

4.2 Strukturierung des Verfahrens

Auf Grundlage der oben genannten Ansätze wird in der vorliegenden Arbeit ein phasenorientiertes Verfahren entwickelt. In Anlehnung an die Bestandteile einer vereinfachten Ökobilanz wird das zu entwickelnde Verfahren aus den folgenden Phasen bestehen:

- I Zieldefinition
- II Bilanzierung
- III Bewertung
- IV Auswertung und Vergleich

Die für eine vereinfachte Ökobilanz charakteristischen zusätzlichen Schritte (Grobanalyse, Vereinfachen, Abschätzen der Verlässlichkeit) werden in dem zu entwickelnden Verfahren durch die Anpassung der Phasen ‚I Zieldefinition‘, ‚II Bilanzierung‘ und ‚III Bewertung‘ berücksichtigt. Sie werden im Wesentlichen durch die Reduktion des Analysefokus auf lieferantenbezogene Prozesse sowie die Vereinfachungen in der Bewertung durch den Einsatz des MIPS-Konzeptes umgesetzt.

Abbildung 14 verdeutlicht die Analogie des zu entwickelnden Verfahrens mit den Phasen einer vereinfachten Ökobilanz und gibt die Ziele der vier zu entwickelnden Verfahrensphasen an.

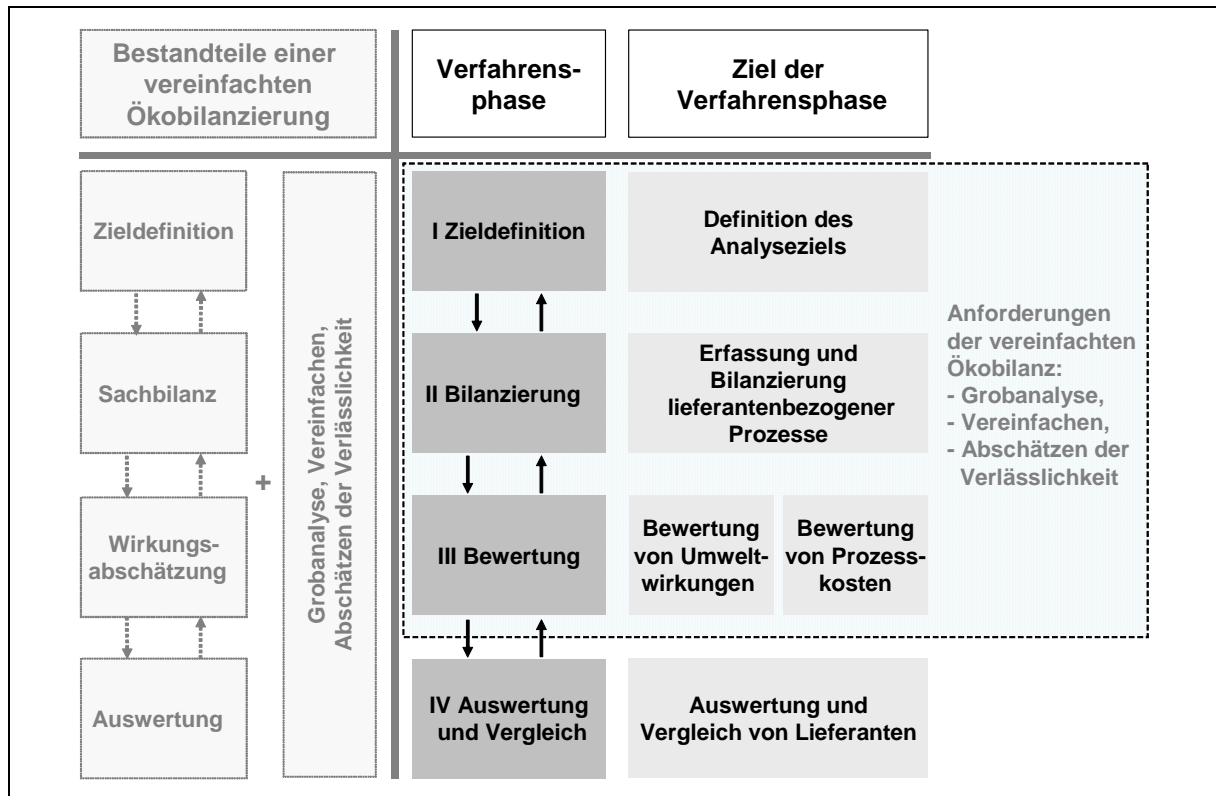


Abbildung 14: Phasen und Ziele des zu entwickelnden Verfahrens mit Analogien zur vereinfachten Ökobilanz

4.3 Charakterisierung des Verfahrens

Das zu entwickelnde Verfahren stellt einen neuen, spezifischen Ansatz zur Bewertung von Lieferanten auf Grundlage von Umweltwirkungen und Prozesskosten dar. Es unterscheidet sich von bestehenden Ansätzen der Lieferantenbewertung durch die folgenden Merkmale:

- Es ermöglicht die Identifizierung und Erfassung lieferantenbezogener Prozesse über die Methode der Stoffstromanalyse und stellt damit die Grundlage für die Bewertung lieferantenbezogener Umweltwirkungen und Prozesskosten zur Verfügung.
- Es ermöglicht und vereinfacht die Bewertung von lieferantenbezogenen Umweltwirkungen über den Einsatz des MIPS-Konzepts.
- Es ermöglicht die kostenrechnerische Bewertung lieferantenbezogener Prozesse über den Einsatz der Prozesskostenrechnung.
- Es kombiniert die Bewertung lieferantenbezogener Umweltwirkungen und Prozesskosten und gestattet den direkten Vergleich der von zwei alternativen Lieferanten ausgehenden Umweltwirkungen und Prozesskosten in einem Lieferantenvergleichsportfolio.
- Es kombiniert die genannten Ansätze zu einem durchgängigen phasenorientierten Ablauf.

Das zu entwickelnde Verfahren lässt sich gemäß der in 3.1.2 dargestellten Unterteilung der Lieferantenbewertung wie folgt charakterisieren. Die in der Verfahrensphase ‚III Bewertung‘ zu ermittelten Ergebnisse können der Kategorie der quantitativen Kennzahlenverfahren zugeordnet werden. Das Ergebnis der Verfahrensphase „IV Auswertung und Vergleich“ lässt sich nach der genannten Unterteilung in die Kategorie der quantitativen Portfolio-Methoden

einordnen. Die Ergebnisse des zu entwickelnden Verfahrens tragen somit zur Bewertung der Lieferantenleistung bei (siehe Kap. 3.1.1).

Aus Sicht der Bewertung von Umweltwirkungen handelt es sich um einen quantitativen, inputorientierten Ansatz (siehe Kap. 3.3.1.4).

Aufgrund ihrer Ausrichtung auf die Analyse potentieller Auswirkungen von Produktionstätigkeiten auf die ökologische Umwelt (siehe Kap. 3.2) kann die vorliegende Arbeit zudem dem Bereich der objektorientierten Produktionsforschung zugeordnet werden (Spur 1994).

5 Anforderungen an das Verfahren

Aufbauend auf dem in Kap. 3 ermittelten Stand des Wissens, der Analyse der Defizite in Kap. 3.5 sowie dem in Kap. 4 abgeleiteten Verfahrensansatz, werden im Folgenden Anforderungen an ein Verfahren zur Bewertung von Lieferanten auf Grundlage von Umweltwirkungen und Prozesskosten entwickelt. Dazu werden die in Kap. 3.5 formulierten Kriterien zunächst in drei Kategorien von Anforderungen zusammengefasst, die für die Konzeption und Evaluierung des Verfahrens handlungsleitend sind.

Tabelle 10: Vergleich von Kriterien und Anforderungen an das Verfahren

Aus Zielstellung abgeleitete Kriterien	Anforderungen an das Verfahren
Erfassung lieferantenbezogener Prozesse	Anforderungen an die Erfassung und Modellierung lieferantenbezogener Prozesse
Quantitative Erfassung der Lieferantenleistung	Anforderungen an die quantitative und integrierte Bewertung von Umweltwirkungen und Prozesskosten
Integrierte und parallele Bewertung von Umweltwirkungen und Prozesskosten	
Effiziente Anwendung des Verfahrens	Anforderungen an die Anwendbarkeit des Verfahrens
Nutzbarkeit der Ergebnisse in bestehenden Bewertungsverfahren	

Die Anforderungen an das Verfahren setzen sich wie folgt zusammen:

- **Anforderungen an die Erfassung und Modellierung lieferantenbezogener Prozesse**

Mit dem Verfahren sollen lieferantenbezogene Prozesse für die Erfassung von Umweltwirkungen und Kosten identifiziert und in einem Modell abgebildet werden. Die Anforderungen an ein solches Modell werden anhand von Grundsätzen der Modellierung dargestellt.

- **Anforderungen an die quantitative und integrierte Bewertung von Umweltwirkungen und Prozesskosten**

Die integrierte Bewertung der lieferantenbezogenen Umweltwirkungen und Prozesskosten erfordert eine Erfassung und Bewertung quantitativer prozessbezogener Daten. Die daraus resultierenden methodischen Anforderungen an das Verfahren werden im Folgenden beschrieben.

- **Anforderungen an die Anwendbarkeit des Verfahrens**

Das Verfahren soll für die wiederholte betriebliche Anwendung der Lieferantenbewertung eingesetzt werden, deshalb können operative und anwendungsorientierte Anforderungen für die Umsetzung des Verfahrens formuliert werden.

Die drei genannten Anforderungskategorien werden nachfolgend präzisiert.

5.1 Anforderungen an die Erfassung und Modellierung lieferantenbezogener Prozesse

Vor dem Hintergrund einer lieferantenbezogenen Bewertung von Umweltwirkungen und Prozesskosten können die folgenden spezifischen Modellierungsanforderungen an das zu entwickelnde Verfahren formuliert werden (vgl. dazu Jürgens (2002)):

- **Realitätsnähe**

Mit dem Verfahren sollen reale lieferantenbezogene Prozesse in einem Modell dargestellt und abstrahiert werden. Das Modell soll möglichst realitätsnah sein, um für Entscheidungen eine wirklichkeitsnahe Bewertungsgrundlage zu liefern.

- **Konsistenz**

Da auch im Falle einer realitätsnahen Modellierung das Modell immer eine erwünschte Vereinfachung der Realität und damit eine Komplexitätsreduktion vornimmt, muss die Konsistenz der im Modell abgebildeten Prozesse gewährleistet sein. Sie spielt vor allem für die Aussagekraft der zu erfassenden Umweltwirkungen der Lieferanten eine wichtige Rolle.

- **Relevanz**

Die im Modell verwendeten Elemente müssen mit Bezug zu dem im Rahmen des Modells zu erfüllenden Zweck der Identifizierung und Abbildung lieferantenbezogener Prozesse eindeutig und vollständig identifizierbar und abbildbar sein.

- **Branchenunabhängigkeit**

Das Verfahren soll die Abbildung und Beschreibung von lieferantenbezogenen Prozessen verschiedener Branchen und Produktionsstrukturen ermöglichen.

5.2 Anforderungen an die quantitative und integrierte Bewertung von Umweltwirkungen und Prozesskosten

Aus dem Verfahrensziel einer quantitativen und integrierten Bewertung von Umweltwirkungen und Prozesskosten lassen sich die folgenden Anforderungen ableiten:

- **Richtungssicherheit der Bewertung**

Bezüglich der Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen und Prozesskosten soll das Verfahren zu richtungssicheren Entscheidungen führen. Für die Erfassung von Umweltwirkungen folgt daraus, dass eine Betrachtung aller relevanten Lebenszyklusphasen vorgenommen wird (siehe Kap. 3.3). Vergleichbares gilt für die Erfassung von Prozesskosten, d.h. dass das Verfahren alle einem Lieferanten zuzuordnenden Kosten erfassen soll.

- **Vereinfachung der Bewertung**

Aufgrund der genannten Einschränkungen bei der praktischen Anwendung von Ökobilanzen (siehe Kap. 3.3.2) und der Prozesskostenrechnung (siehe Kap. 3.1.3.2) soll das Verfahren eine vereinfachte Bewertung von Umweltwirkungen und Prozesskosten ermöglichen, ohne dabei die Richtungssicherheit der Bewertung zu gefährden. Der Aufwand des Verfahrens soll sowohl eine einmalige Bewertung von Lieferanten als auch ein regelmäßiges Lieferantencontrolling ermöglichen.

- **Integrierbarkeit der Bewertungsergebnisse**

Für eine praxisnahe Nutzung des Verfahrens und seine Integration in betriebliche Bewertungs- und Controllingabläufe ist es notwendig, die Ergebnisse aus der Bewertung von Umweltwirkungen und Prozesskosten in aggregierter Form zusammenzufassen. Die Bewertungsergebnisse sollen somit sowohl in möglichst viele bestehende Ansätze der Lieferantenbewertung als auch des Umwelt- und Qualitätsmanagements integriert werden können.

5.3 Anforderungen an die Anwendbarkeit des Verfahrens

Eine regelmäßige Anwendung des Verfahrens in der betrieblichen Praxis soll gewährleistet sein, weshalb hinsichtlich der offenen und flexiblen Nutzung sowie der einfachen und benutzerorientierten Anwendung die folgenden Anforderungen erfüllt werden sollen:

- **Umsetzbarkeit**

Aufgrund des Erfordernisses einer regelmäßigen Bewertung und Kontrolle von Lieferanten muss das Verfahren effizient in bestehende Entscheidungsabläufe und Strukturen integriert werden können.

- **Benutzerorientierung**

Die praxisnahe Anwendung des Verfahrens setzt eine hohe Orientierung am Benutzer voraus, die sich anhand der folgenden Anforderungen beschreiben lassen (vgl. dazu Jürgens (2002)):

- **Anpassbarkeit**

Das Verfahren soll an die unternehmens- und anwendungsspezifischen Rahmenbedingungen anpassbar sein.

- **Effizienz**

Das Verfahren soll mit möglichst geringem Aufwand durchführbar sein.

- **Anschaulichkeit**

Das Verfahren und seine Ergebnisse sollen leicht verständlich und vermittelbar sein.

5.4 Zusammenfassung und Gewichtung der Anforderungen

Die in den vorangegangenen Abschnitten formulierten Anforderungen an das Verfahren beziehen sich auf die Erfassung und Modellierung lieferantenbezogener Prozesse und die Bewertung von Umweltwirkungen und Prozesskosten sowie die Anwendbarkeit des Verfahrens. Die für den Ablauf des zu entwickelnden Verfahrens zentralen Bestandteile werden die drei Verfahrensphasen Bilanzierung, Bewertung sowie Auswertung und Vergleich bilden (siehe Kap. 4). Die Anforderungen werden daher bezüglich dieser Phasen gewichtet. Die Phase der Zieldefinition wird an dieser Stelle nicht betrachtet. Sie ist zwar wichtiger Bestandteil für das Ergebnis des Verfahrens, definiert aber den Analyserahmen und hat damit keinen wesentlichen Einfluss auf die genannten Kriterien.

Tabelle 11 fasst die Anforderungen an das Verfahren zusammen und gewichtet sie gemäß den zentralen Verfahrensphasen.

Tabelle 11: Gewichtung der Anforderungen in den Verfahrensphasen

Verfahrensphasen			Bilanzierung	Bewertung	Auswertung und Vergleich
Anforderungen					
Erfassung und Modellierung von Prozessen	Realitätsnähe		●	●	○
	Konsistenz		●	◐	○
	Relevanz		●	◐	○
	Branchenunabhängigkeit		●	●	●
Quantitative, integrierte Bewertung	Richtungssicherheit der Bewertung		○	●	○
	Vereinfachung der Bewertung		○	●	●
	Integrierbarkeit der Bewertungsergebnisse		○	●	●
Anwendbarkeit	Umsetzbarkeit		●	●	●
	Benutzerorientierung	Anpassbarkeit	●	◐	●
		Effizienz	●	●	●
		Anschaulichkeit	◐	◐	●

Legende: ● - sehr relevant, ◐ - teilweise relevant, ○ - kaum relevant

6 Konzeption des Verfahrens zur Bewertung von Lieferanten auf der Grundlage von Umweltwirkungen unter Berücksichtigung von Prozesskosten

Auf Grundlage des in Kap. 4 beschriebenen Verfahrensansatzes und der in Kap. 5 definierten Anforderungen wird in den folgenden Abschnitten ein phasenorientiertes Verfahren zur Bewertung von Lieferanten auf der Grundlage von Umweltwirkungen unter Berücksichtigung von Prozesskosten entwickelt.

Das Verfahren nutzt den methodischen Rahmen der vereinfachten Ökobilanzierung, ergänzt diesen jedoch um eine stoffstromorientierte Erfassung und Analyse von lieferantenbezogenen Prozessen und schafft so die Voraussetzung für eine integrierte Bewertung lieferantenbezogener Umweltwirkungen und Prozesskosten.

Ein wesentlicher Bestandteil der Verfahrensentwicklung liegt, neben der Verknüpfung der genannten Methoden, in deren Anpassung für die Bewertung lieferantenbezogener Prozesse. Hierbei stehen die in Kap. 5 formulierten Anforderungen an das Verfahren im Mittelpunkt.

Für das zu entwickelnde Verfahren wurden in Kap. 4 die vier Phasen: ‚I Zieldefinition‘, ‚II Bilanzierung‘, ‚III Bewertung‘ sowie ‚IV Auswertung und Vergleich‘ genannt. Diese werden im Folgenden kurz charakterisiert. Eine detaillierte Beschreibung und Unterteilung der Verfahrensphasen in die einzelnen Verfahrensschritte erfolgt in den Kapiteln 6.1 bis 6.4.

- Phase I Zieldefinition

Phase I ist weitestgehend mit der Zieldefinition einer vereinfachten Ökobilanz (siehe Kap. 3.3.1) kompatibel. Sie dient dazu, das Ziel der Lieferantenbewertung bzw. der Analyse klar zu definieren und eine funktionelle Einheit (siehe Kap. 3.3.1.1) festzulegen. Durch die verfahrensimmanente Beschränkung der Lieferantenbewertung werden nur lieferantenbezogene Prozesse (siehe Kap. 3.1.3) in die Analyse einbezogen. Damit sind wesentliche Anforderungen der Grobanalyse (Screening) und der Vereinfachung (Simplifying) einer vereinfachten Ökobilanz (siehe Kap. 3.4.1) erfüllt. Das lieferantenbezogene Teilsystem ist für die Analyse relevant (Screening). Die nachfolgenden Analyseschritte beziehen sich daher auf die im Rahmen der Bilanzierung zu identifizierenden lieferantenbezogenen Prozesse (Simplifying).

- Phase II Bilanzierung

Phase II orientiert sich an der Sachbilanz einer vereinfachten Ökobilanz. Für die Erfassung der lieferantenbezogenen Prozesse und der mit ihnen verbundenen Bilanzdaten wird im vorliegenden Verfahren die Methode der Stoffstromanalyse eingesetzt. Mit ihr werden sowohl die Input-Output-Daten als auch die kostenrelevanten Parameter (z.B. Arbeitszeit) der lieferantenbezogenen Prozesse erfasst.

- Phase III Bewertung

Sie entspricht in einer vereinfachten Ökobilanz der Phase der Wirkungsabschätzung. Im Gegensatz zur Ökobilanz werden in diesem Verfahrensschritt aber nicht nur die Umweltwirkungen der lieferantenbezogenen Prozesse sondern auch Prozesskosten bewertet.

Phase III wird daher in die zwei Teilphasen

- III.I Bewertung lieferantenbezogener Umweltwirkungen und
- III.II Bewertung lieferantenbezogener Prozesskosten

unterteilt. Die parallele Betrachtung von Umweltwirkungen und Prozesskosten hat den Vorteil, dass die Bewertung zeitlich und methodisch unabhängig voneinander durchgeführt werden kann. Das Verfahren kann somit an sich verändernde ökonomische und ökologische Zielprioritäten im Unternehmen angepasst werden.

Durch den Einsatz des MIPS-Konzepts (siehe Kap. 3.4.2) für die Bewertung von Umweltwirkungen wird der Aufwand für die Durchführung der Teilphase III.I stark reduziert. Der Wirkungsindikator Materialintensität (MI) (siehe Kap. 3.3.1.3) erfüllt die Kriterien eines Screeningindikators (Christiansen 1997). Er wird aufgrund seiner relativ einfachen praktischen Anwendbarkeit in dem Verfahren für die Bewertung von Umweltwirkungen lieferantenbezogener Prozesse eingesetzt. Damit fallen für die Bewertung die Schritte der Grobanalyse (Screening) und der Vereinfachung (Simplifying) zusammen, da MIT-Werte selbst das Prinzip einer Grobanalyse nutzen²⁰. Zusätzlich ist mit der Zielsetzung eine Vereinfachung durch eine Begrenzung der Analyse auf relevante lieferantenbezogene Prozesse erfolgt.

Die Ergebnisse der Bewertung werden in Form von lieferantenbezogenen Kennzahlen zu Umweltwirkungen (K_U) und Prozesskosten (K_P) zusammengefasst.

- **Phase IV Auswertung und Vergleich**

Phase IV entspricht der Auswertung in einer vereinfachten Ökobilanz. In dieser Phase werden die Kennzahlen aus Phase III zunächst auf die für die Auswertung relevante Bezugsgröße angepasst und dann Umweltwirkungen und Prozesskosten in einem Lieferantenvergleichsportfolio im paarweisen Vergleich einander gegenüber gestellt.

Für die Abschätzung der Verlässlichkeit (Assessing Reliability), mit der im Rahmen einer vereinfachten Ökobilanz geprüft wird, ob die angewandten Vereinfachungen die Verlässlichkeit des Ergebnisses beeinflussen (siehe Kap. 3.4.1), werden im vorliegenden Verfahren die folgenden Annahmen getroffen.

Da sich die Bewertung der Umweltwirkungen im vorliegenden Verfahren auf die von lieferantenbezogenen Prozessen verursachten Ressourcenverbräuche in Form von Materialinputs beschränkt, können deutliche Abweichungen zu einer vollständigen Ökobilanz entstehen. Unter der Voraussetzung gleicher Systemgrenzen kann sich durch die Nutzung anderer Methoden der Wirkungsabschätzung das Ergebnis verändern.

Die im Vergleich mit einer vollständigen Ökobilanz eingeschränkte Aussagekraft der Ergebnisse und die Beschränkung der Aussagekraft auf Materialintensitäten sollte daher in der Auswertung der Ergebnisse deutlich gemacht werden. Für den vorliegenden Fall der Bewertung lieferantenbezogener Prozesse mit MIT-Werten kann die Verlässlichkeit der Ergebnisse zu den Umweltwirkungen als ausreichend gelten. Da die Bewertung in erster

²⁰ Das MIPS-Konzept stellt ein inputorientiertes System zur Erfassung von Umweltwirkungen dar. Es verzichtet gänzlich auf die Bewertung der Outputs, z.B. der Toxizität emittierter Stoffe. Weitere Vereinfachungen werden durch die Anwendungen des TMR getroffen (siehe Kap. 3.4.2).

Linie für einen unternehmensinternen Vergleich von Lieferanten dient, müssen an die Verlässlichkeit der Ergebnisse nicht die strengeren Ansprüche eine Produktökobilanz angelegt werden.

Der Ablauf des Verfahrens sowie die Unterteilung in die Teilphasen ist in Abbildung 15 zusammengefasst. Die Teilschritte der jeweiligen Verfahrensphase sowie deren Ergebnisse werden in den folgenden Kapiteln erläutert.

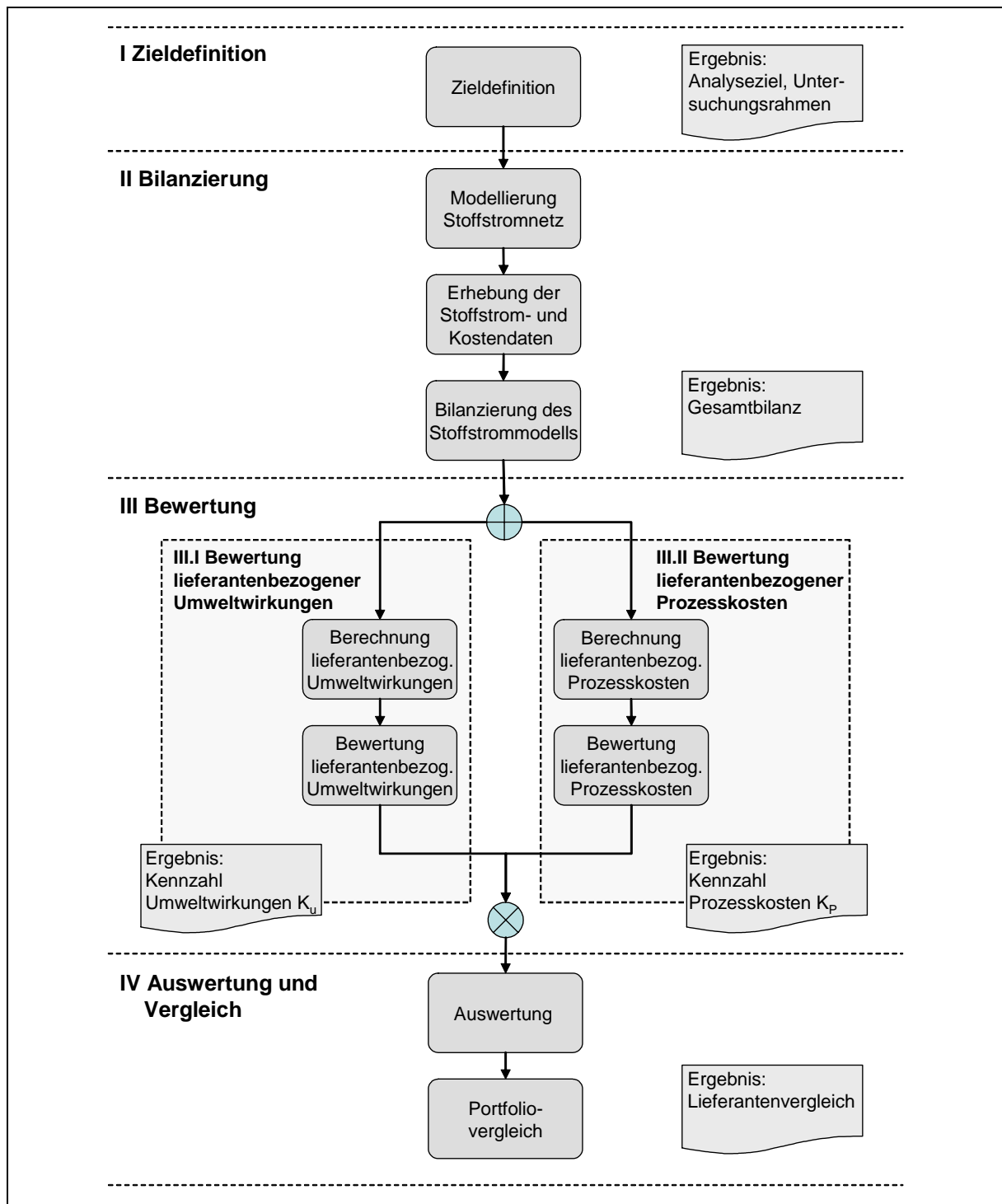


Abbildung 15: Phasen, Schritte und Ergebnisse des Verfahrens (Darstellung gemäß DIN 66001 (1983))

Das Verfahren gibt mit seiner Einteilung zwar einen eindeutigen, stufenweisen Ablauf vor, innerhalb der einzelnen Phasen können jedoch Iterationsschleifen angewendet werden bzw. notwendig sein. Dies gilt insbesondere für die Phase II. Da im Rahmen der Bilanzierung die für das gesamte Verfahren entscheidende Datengrundlage gelegt wird, sollte sie mit besonders großer Sorgfalt durchgeführt werden.

Für die Bewertung von Lieferanten muss das nachfolgende Verfahren je Lieferant und funktioneller Einheit angewendet werden. Vereinfachungen ergeben sich nach der ersten Anwendung des Verfahrens, da in diesem Fall Vorlagen genutzt und angepasst werden können.

6.1 Verfahrensphase I: Zieldefinition

6.1.1 Ziel der Verfahrensphase

In der Verfahrensphase Zieldefinition werden das Analyseziel sowie der Untersuchungsrahmen für die Bewertung lieferantenbezogener Prozesse festgehalten. Der Untersuchungsrahmen muss für die zu analysierenden Lieferanten gleich gewählt werden, um nicht unterschiedliche Bilanzräume bzw. Systeme miteinander zu vergleichen. Ziel der Verfahrensphase ist somit, gleiche Rahmenbedingungen für den Vergleich von Lieferanten und den durch sie erzeugten Prozessen festzuhalten.

6.1.2 Eingesetzte Methode und Vorgehensweise

Die Zieldefinition folgt zentralen Vorgaben einer Ökobilanz nach DIN EN ISO 14041 (siehe Kap. 3.3.1.1), ergänzt sie um das Ziel der Kostenbewertung und fokussiert diese auf die Bewertung lieferantenbezogener Prozesse. Die Zieldefinition beinhaltet die folgenden Punkte, die in Form eines Untersuchungsrahmens definiert werden:

- **Analyseziel:**

Ziel der Analyse ist der Vergleich von lieferantenbezogenen Prozessen in Bezug auf hervorgerufene Umweltwirkungen und Prozesskosten. Die Ergebnisse der Analyse sollen für die Bewertung von Lieferanten in Form von Kennzahlen zur Verfügung gestellt werden.

- **Festlegung der funktionellen Einheit:**

Die funktionelle Einheit legt die Quantifizierung der Funktionen, z.B. die Leistungskennwerte eines Produktes bzw. eines zu untersuchenden Systems, in einer Bezugsgröße fest. Auf die funktionelle Einheit werden im Schritt der Bilanz die Input- und Outputdaten für die Bewertung der Umweltwirkungen sowie die Kosten bezogen. Die funktionelle Einheit übernimmt in diesem Fall auch die Funktion eines Kostenträgers. Bei der Bewertung lieferantenbezogener Prozesse handelt es sich bei der funktionellen Einheit z.B. um die Masse eines gelieferten Rohmaterials oder eines Vorprodukts mit definierten Leistungsmerkmalen.

- **Festlegung der Systemgrenzen:**

Das in der Bewertung zu betrachtende System der lieferantenbezogenen Prozesse (siehe Kap. 3.1.3), wird in Form von vor- und nachbereitenden Prozessen sowie Transportprozessen identifiziert und beschrieben. Dieser Schritt ist für die Bewertung der Umweltwirkungen entscheidend, da mit der Wahl der Systemgrenzen wesentliche Wirkungen in die Analyse einbezogen oder auch ausgeschlossen werden können. Bei der Festlegung der Systemgrenzen sollen neben den lieferantenbezogenen Prozessen insbesondere

auch die mit den Prozessen verbundenen Teilsysteme, d.h. vor- und nachgelagerte Prozessstufen, berücksichtigt werden (siehe Kap. 3.1.3 und Abbildung 16). Die Festlegung der Systemgrenzen erfolgt zunächst vorläufig. Anpassungsbedarf für die Systemgrenzen kann sich in den späteren Schritten der Bilanzierung sowie Bewertung und Auswertung ergeben.

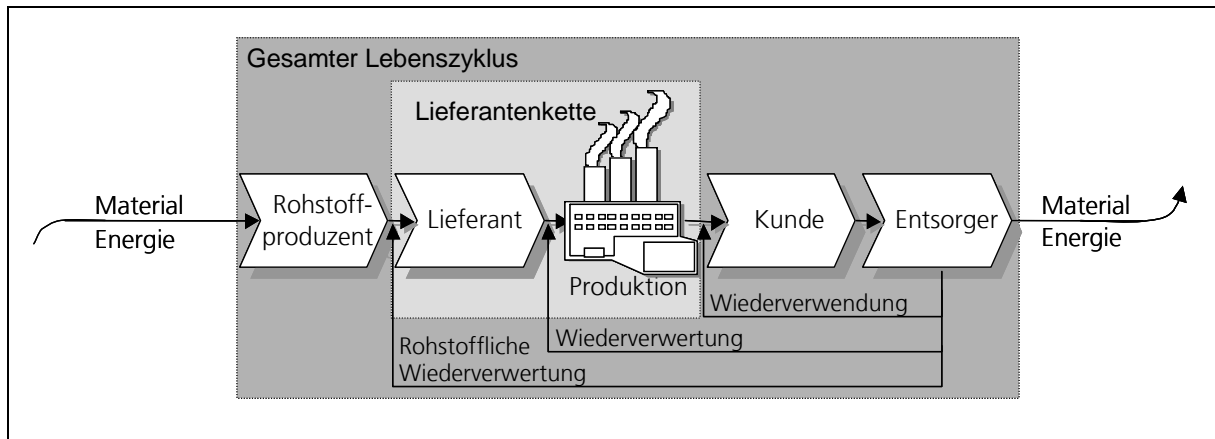


Abbildung 16: Beispielhafte Möglichkeiten für Systemgrenzen (modifiziert nach Jürgens (2002))

- **Datenkategorien und Anforderungen an die Datenqualität:**

Da das Analyseziel für das vorliegende Verfahren mit dem Vergleich der von lieferantenbezogenen Prozessen ausgehenden Umweltwirkungen und Prozesskosten in Form von Kennzahlen angegeben wurde, ergibt sich für die zu betrachtenden Datenkategorien (siehe Kap. 3.3.1.1) eine Konzentration auf lieferantenbezogene Daten zu Umweltwirkungen und Prozesskosten. Für die Datenqualität können die folgenden Vereinfachungen getroffen werden:

- Für die Bewertung der Umweltwirkungen werden Input- und Outputdaten der zu betrachtenden lieferantenbezogenen Prozesse benötigt. Diese müssen Informationen zu den Energie-, Rohstoff- und Produktinputs des jeweiligen Prozesses sowie zu den Outputs in Form von Produkten, Abfällen und Emissionen enthalten.
- Die mit den lieferantenbezogenen Prozessen einhergehenden Kosten werden in Form von bewertbaren Kostenarten und Kostenträgern erfasst. Hierfür können Ausgangsdaten der betrieblichen Kostenrechnung (z.B. Gemeinkostenblöcke) genutzt werden.

- **Beurteilung der Vergleichbarkeit:**

Für die Bewertung der lieferantenbezogenen Prozesse untereinander muss die Vergleichbarkeit der betrachteten Systeme sichergestellt sein, d.h., die zu analysierenden Lieferantensysteme müssen auf Grundlage des gleichen Untersuchungsrahmens erhoben werden, um sinnvoll miteinander verglichen werden zu können.

Die Zieldefinition muss insbesondere bei einer ersten Bewertung von lieferantenbezogenen Prozessen mit großer Sorgfalt durchgeführt werden. Bleibt der Untersuchungsrahmen für die Bewertung von lieferantenbezogenen Prozessen - z.B. im Falle eines kontinuierlichen Lieferantencontrollings - konstant, so muss diese Verfahrensphase nicht wiederholt werden. Es bietet sich jedoch an, bei der Einbeziehung eines neuen Lieferanten in die Analyse den

Untersuchungsrahmen zu überprüfen, um somit die Vergleichbarkeit der Ergebnisse untereinander zu gewährleisten.

6.1.3 Ergebnis der Verfahrensphase

Das Ergebnis der Verfahrensphase Zieldefinition ist das definierte Analyseziel sowie der Untersuchungsrahmen für den Vergleich von lieferantenbezogenen Prozessen. Sie stellen die Grundlage für die folgenden Phasen der Bilanzierung, der Bewertung und der Auswertung von Umweltwirkungen und Prozesskosten in lieferantenbezogenen Prozessen dar.

6.2 Verfahrensphase II: Bilanzierung

6.2.1 Ziel der Verfahrensphase

Ziel der Verfahrensphase Bilanzierung ist die Quantifizierung und Bilanzierung von lieferantenbezogenen Prozessen im Unternehmen. Die Quantifizierung der lieferantenbezogenen Prozesse schafft die für die folgenden Bewertungs- und Auswertungsphasen notwendige Datengrundlage, indem sie die mit den Prozessen verbundenen Massen- bzw. Stoffflüsse erfasst und für die Bewertung aufbereitet.

Die Bilanzierung stellt eine entscheidende Erweiterung bestehender Verfahren der Lieferantenbewertung dar, die in erster Linie auf den Produktpreis und die Qualität fokussieren (siehe Kap. 3.1.2). Sie entspricht in der vereinfachten Ökobilanz der Sachbilanz. Während in der Sachbilanz aber ausschließlich physikalische Input- und Outputdaten der einzelnen Prozesse gesammelt werden, werden diese im vorliegenden Verfahren um kostenrelevante Daten in Form von lieferantenbezogenen Kostenstellen, Kostenarten und Kostenträgern ergänzt.

Entsprechend dem Vorgehen in einer Ökobilanz werden die Phase der Bilanzierung sowie die nachfolgenden Phasen der Bewertung, der Auswertung und des Vergleichs je funktionaler Einheit einmal durchgeführt.

6.2.2 Eingesetzte Methode und Vorgehensweise

6.2.2.1 Anwendung der Stoffstromanalyse

Nach der Identifikation der lieferantenbezogenen Prozesse im Unternehmen werden die einem spezifischen Lieferanten zuzuordnenden Prozesse erfasst und quantifiziert. Hierfür wird die Methode der Stoffstromanalyse eingesetzt. Die im Rahmen einer Stoffstrommodellierung auf Prozessebene erfassten Input- und Outputströme können in Verbindung mit geeigneten Bewertungsmethoden und Wirkungsindikatoren (siehe Kap. 3.3.1.3) für die Bewertung von Umweltwirkungen herangezogen werden (Spath et al. 2003).

Die Bewertung von lieferantenbezogenen Prozesskosten wird ebenfalls auf Grundlage der Stoffstromanalyse durchgeführt. Die durch Lieferanten induzierten Prozesse und Stoffströme im Unternehmen bzw. in den Vorketten stellen in diesem Fall Kostenstellen und Kostenträger dar, die nach einer Identifikation und einer entsprechenden Belegung mit Kostenarten bilanziert und bewertet werden können (Möller et al. 1997). Dieses Vorgehen entspricht einer Prozesskostenrechnung (siehe Kap. 3.1.3.2).

6.2.2.2 Schritte der Stoffstromanalyse lieferantenbezogener Prozesse

Der Ablauf einer Stoffstromanalyse erfolgt nach definierten Phasen (vgl. z.B. Jürgens (2001) oder Kessler (2000)). Im Falle der Bilanzierung lieferantenbezogener Prozesse wird die Methode der Stoffstromanalyse aufgrund von Überschneidungen mit der Methode der vereinfachten Ökobilanz (z.B. in den Schritten Untersuchungsziel und -rahmen sowie Auswertung) auf die drei Schritte der Modellierung, der Datenerhebung und der Bilanzierung reduziert.

Zwischen den einzelnen Schritten der lieferantenbezogenen Stoffstromanalyse bestehen jeweils Rückkopplungsmöglichkeiten, die der Verbesserung der Modellierung dienen und so iterativ zu einem realistischen Abbild der im Unternehmen identifizierten lieferantenbezogenen Prozesse führen (siehe Abbildung 17).

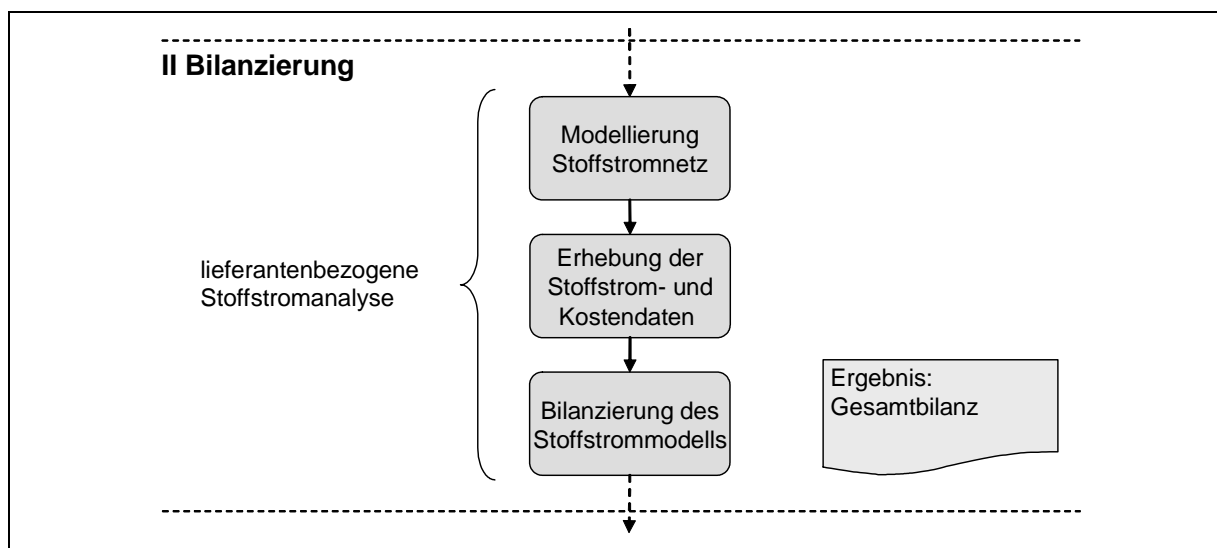


Abbildung 17: Phase II Bilanzierung mit Schritten der Stoffstromanalyse lieferantenbezogener Prozesse

Die drei Schritte der lieferantenbezogenen Stoffstromanalyse werden in den folgenden Abschnitten beschrieben.

6.2.2.2.1 Schritt II.1: Modellierung des Stoffstromnetzes

Im ersten Schritt der lieferantenbezogenen Stoffstromanalyse werden auf Grundlage der in der Phase I Zieldefinition festgelegten Systemgrenzen die lieferantenbezogenen Prozesse im Unternehmen erhoben und mit Hilfe von Modellelementen der Stoffstrommodellierung (siehe Anhang E, Kap. 12.5) in einem Stoffstromnetz abgebildet.

Ein einfaches Stoffstromnetz, das beispielhaft die Anlieferung zweier Vorprodukte in einem Unternehmen darstellt, ist in Abbildung 18 wiedergegeben.

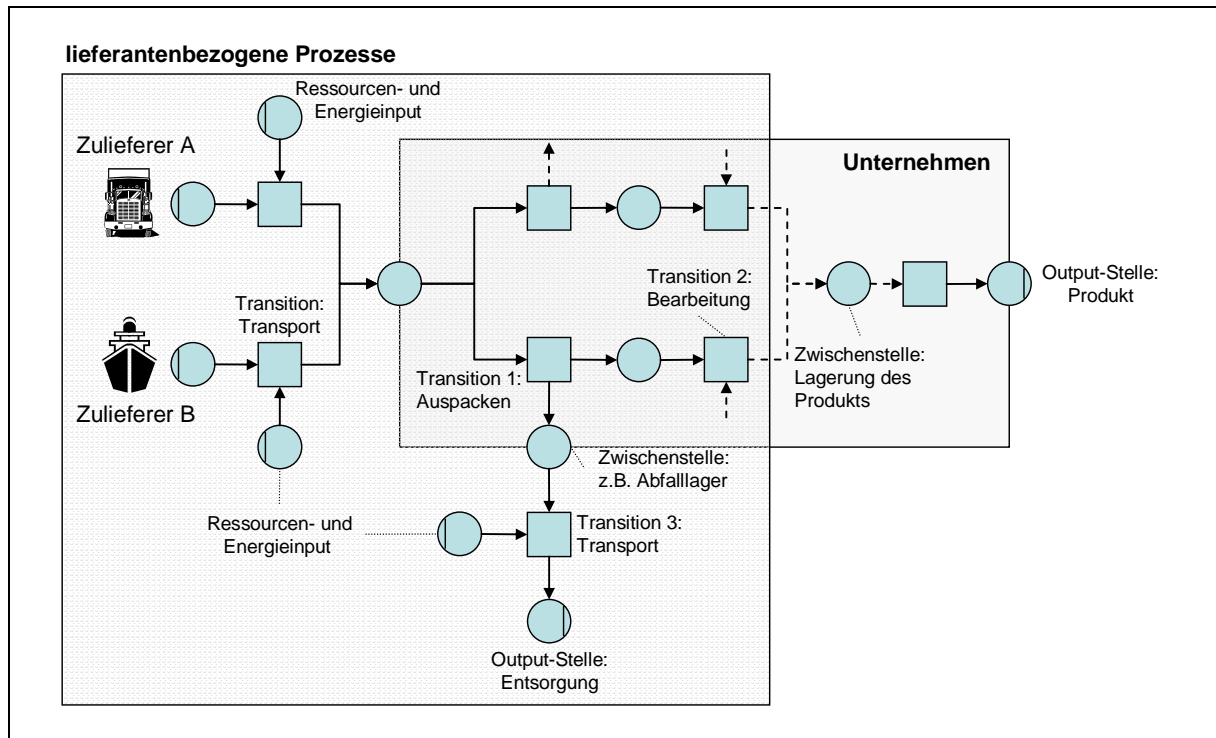


Abbildung 18: Vereinfachtes Stoffstromnetz mit lieferantenbezogenen Prozessen

Die zentrale methodische Herausforderung des Schrittes II.1 liegt in der vollständigen Erfassung und Modellierung der lieferantenbezogenen Prozesse. Dieser Schritt ist für das gesamte Verfahren von großer Bedeutung, da nur erfasste und modellierte Prozesse hinsichtlich ihrer Umweltwirkungen und Kosten bewertet werden. Eine wichtige Funktion des Schrittes II.1 liegt daher in der erstmaligen Beschreibung der von Lieferanten induzierten Prozesse (siehe dazu auch Kap. 3.1.3).

Bei der Modellierung der lieferantenbezogenen Prozesse in einem Stoffstromnetz wird wie folgt vorgegangen:

- Alle identifizierten Prozesse werden mit Hilfe der Modellelemente in einem Flussdiagramm als Netz von Transitionen und Stellen mit den jeweiligen Ausprägungen der Elemente dargestellt (siehe Abbildung 18).
- Zusätzliche Ressourcen- und Energieinputs, die z.B. im Rahmen von Transport- oder Bearbeitungsprozessen anfallen, werden in Form von ergänzenden Inputstellen in das Modell aufgenommen. Gleiches gilt für Abfälle, die das System verlassen. Sie werden als zusätzliche Outputstellen gekennzeichnet.

6.2.2.2.2 Schritt II.2: Erhebung der Stoffstrom- und Kostendaten in Form von prozessbezogenen Input-Output-Bilanzen

Im zweiten Schritt der lieferantenbezogenen Stoffstromanalyse werden die quantitativen Input- und Outputströme jedes im Stoffstromnetz abgebildeten Prozesses bzw. jeder Transition in Form von Input-Output-Bilanzen erfasst.

Die Erhebung der Stoffstrom- und Kostendaten kann durch das direkte Messen und Berechnen der prozessbezogenen Input- und Output-Daten geschehen. Für die Berechnung können z.B. Stücklisten, Arbeitsanweisungen und Anschlusswerte von Maschinen genutzt wer-

den. Alternativ können Werte auch durch die Prozessverantwortlichen geschätzt werden. Für jeden ermittelten Input- und Output-Wert wird für die Nachvollziehbarkeit vermerkt, ob dieser gemessen, berechnet oder geschätzt wurde.

In den Input-Output-Bilanzen werden in tabellarischer Form alle die in einen Prozess ein- bzw. austretenden Stoffströme einander gegenüber gestellt. Zu den Input-Stoffen gehören dabei neben Vorprodukten und Komponenten auch Betriebs- und Hilfsstoffe sowie Energie. Zu den Output-Stoffen gehören dagegen neben dem Produkt z.B. auch Abfälle und Emissionen (z.B. Abluft oder Abwasser). Die Input-Output-Bilanzen werden auf die in Phase I festgelegte funktionelle Einheit bezogen.

Eine beispielhafte Input-Output-Bilanz einer einzelnen Transition wird in der folgenden Tabelle beschrieben:

Tabelle 12: Input-Output-Bilanz für eine beispielhafte Transition

Prozessbezogene Input-Output-Bilanz für die Transition T ₁ : Auspacken			
Input-Seite [kg oder kJ]		Output-Seite [kg oder kJ]	
x: Verpacktes Vorprodukt	0,8 kg	y: Vorprodukt	0,6 kg
		z: Verpackung	0,2 kg
			gemessen/ berechnet/ geschätzt

Aus der Input-Output-Bilanz ergeben sich die Prozessvorschriften bzw. Allokationsregeln für die einzelnen Transitionen in Form von linearen Gleichungen. Für die Beispieltransition lauten diese:

Formel 4: $y = \frac{3}{4}x$ $z = \frac{1}{4}x$

(mit: x-verpacktes Produkt, y-Vorprodukt, z-Verpackung)

Mithilfe der formulierten Gleichungen kann das Input-Output-Verhältnis der Transition auf beliebige Input-Output-Mengen angepasst werden.

Parallel zu den stofflichen Input- und Outputströmen werden auch die kostenrelevanten Daten erhoben. Die im Schritt II.1 im Stoffstromnetz modellierten Prozesse bzw. Transitionen können im Sinne einer Kostenrechnung als Kostenstellen verstanden werden (siehe Kap. 6.2.2.1). Im Unternehmen sind diese neuen Kostenstellen lieferantenbezogener Prozesse oftmals unter bestehenden Kostenstellen (z.B. Beschaffung) zusammengefasst. Die Stoffstrommodellierung führt somit zu einer Differenzierung von Kostenstellen in Subeinheiten, die mit Hilfe der Prozesskostenrechnung (siehe Kap. 3.1.3.2) in Phase III.II analysiert werden.

Aus kostenrechnerischer Perspektive sind für die Bewertung der lieferantenbezogenen Prozesse die durch die Prozesse verursachten Kostenarten und die für die Bestimmung der Kosten notwendigen Einheiten von Interesse. Tabelle 13 gibt einen Überblick über beispiel-

hafte, mit lieferantenbezogenen Prozessen einhergehenden Kostenarten²¹ und die für deren Ermittlung notwendigen Kostenparameter.

Tabelle 13: Beispielhafte Kostenarten lieferantenbezogener Prozesse mit Kostenparametern

Prozess	Kostenart K_n	Kostenparameter KP_n
Transportprozess	Transportkosten	z.B. Preis pro Stück in [€]
	Lagerkosten	z.B. Lagerzeit in [d]
	etc.	...
Vorbereitender Prozess	Personalkosten	z.B. Arbeitszeit in [s]
	Lagerkosten	z.B. Lagerzeit in [d]
	etc.	...
Nachbereitender Prozess	Personalkosten	z.B. Arbeitszeit in [s]
	Entsorgungskosten	z.B. Preis pro kg in [€]
	etc.	...

Für die Erfassung der lieferantenbezogenen Prozesskosten werden je Prozess die für die Berechnung der Kostenarten notwendigen Daten für die nachfolgende Bewertung z.B. in Form von Arbeits-, Maschinen- oder Lagerzeiten erhoben. Eine beispielhafte Erhebung von Kostenarten für eine funktionelle Einheit ist in der folgenden Tabelle dargestellt. Für die Kostenparameter wird wiederum vermerkt, wie der Wert ermittelt wurde.

Tabelle 14: Beispielhafte Erfassung von Kostenarten einer Transition

Prozessbezogene Erfassung von Kostenarten und Parametern der Transition T_1 : Auspacken		
Kostenart K_n	Kostenparameter KP_n	
K_1 : Personalkosten	KP_1 : Arbeitszeit pro Stück: 36 [s]	gemessen/ berechnet/ geschätzt
K_2 : Lagerkosten	KP_2 : Lagerzeit pro Stück: 1 [d]	gemessen/ berechnet/ geschätzt
...

Die funktionelle Einheit stellt in dem oben genannten Beispiel ein ausgepacktes Vorprodukt dar. Dieses Vorprodukt entspricht in der Prozesskostenrechnung einem Kostenträger (siehe Kap. 3.1.3.2).

²¹ Für einen Überblick zu Kostenarten siehe z.B. Gemeinschaftskontenrahmen der Industrie (GKR) (Haberstock 1998).

Die durch die prozessbezogenen Input-Output-Bilanzen erfassten Daten entsprechen in einer Ökobilanz der Sachbilanz (siehe Kap. 3.3.1.2). Die Erweiterung um Kostendaten stellt dagegen eine methodische Erweiterung der Sachbilanz dar. Die prozessbezogenen Input-Output-Bilanzen in Verbindung mit den Kostendaten bilden die quantitative Datenbasis für die Bewertungen in den nachfolgenden Verfahrensphasen.

6.2.2.2.3 Schritt II.3: Bilanzierung des Stoffstrommodells

Im dritten Schritt erfolgt die quantitative Bilanzierung des erstellten Stoffstrommodells auf Grundlage der formulierten prozessbezogenen Input- und Outputbilanzen sowie der Allokationsregeln. Die Summe der prozessbezogenen Input-Output-Bilanzen ergibt die Gesamtbilanz des Stoffstrommodells. Bei einer Konsistenzüberprüfung des Modells dürfen keine unbekannten Quellen oder Senken (Verluste) auftreten, d.h. Input- und Outputströme müssen in Summe massenäquivalent sein.

Für die Bestimmung der lieferantenbezogenen Prozesskosten werden die zur Berechnung der jeweiligen Kostenart notwendigen Daten je Transition erfasst und aufgelistet. Eine Verrechnung der Kostenparameter der unterschiedlichen Kostenarten zu Preisen erfolgt in Teilphase III.II.

Eine beispielhafte Bilanz eines Gesamtmodells ist in der folgenden Tabelle 15 enthalten.

Tabelle 15: Beispiel für eine Input-Output-Bilanz eines Gesamtmodells

Input-Output-Bilanz des Gesamtmodells		
Prozessbezogene Input-Output-Bilanzen der Transitionen T_n		
Transition T_1		
Input-Seite [kg oder kJ]	Output-Seite [kg oder kJ]	
x: Verpacktes Vorprodukt 0,8 kg	y: Vorprodukt 0,6 kg z: Verpackung 0,2 kg	gemessen/ berechnet/ geschätzt
Allokation T_1 : $\frac{3}{4}x = y$ $\frac{1}{4}x = z$		
Transition T_n		
Input-Seite [kg oder kJ]	Output-Seite [kg oder kJ]	
...	...	gemessen/ berechnet/ geschätzt
Allokation T_n : ...		
Prozessbezogene Erfassung von Kostenarten und Kostenparametern der Transitionen		
Transition T_1		
Kostenart K_n	Kostenparameter KP_n	
K_1 : Personalkosten	KP_1 : Arbeitszeit pro Stück: 36 [s]	gemessen/ berechnet/ geschätzt
K_2 : Lagerkosten	KP_2 : Lagerzeit pro Stück: 1 [d]	gemessen/ berechnet/ geschätzt
K_n : ...	KP_n : ...	gemessen/ berechnet/ geschätzt
Transition T_n		
Kostenart K_n	Kostenparameter KP_n	
K_n : ...	KP_n : ...	gemessen/ berechnet/ geschätzt

Die prozessbezogenen Input-Output-Bilanzen geben Auskunft über die in den lieferantenbezogenen Prozessen ermittelten Materialien, Massen sowie Kostenparameter.

Für die Bewertung der Umweltwirkungen in Phase III.I ist die Sicht auf die zwischen den Transitionen und Stellen fließenden Stoffströme interessant, da sie Aussagen über die Verteilung der im Gesamtmodell fließenden Stoffströme zulassen. Die Stoffströme resultieren aus den Outputseiten einer Transition bzw. Stelle, die wiederum den Input der nächstfolgenden Transition bzw. Stelle bilden (siehe Tabelle 16). Sie werden in der Dimension kg angegeben und beziehen sich auf die funktionelle Einheit.

Tabelle 16: Stoffströme des Gesamtmodells

Stoffströme S_n	[kg]
$S_1 (T_1 \rightarrow T_2)$: Vorprodukt	0,6
$S_2 (T_1 \rightarrow T_3)$: Verpackung	0,2
$S_n \dots$...

6.2.3 Ergebnis der Verfahrensphase

Ergebnis der Verfahrensphase II ist ein Stoffstrommodell mit Input-Output-Bilanzen der lieferantenbezogenen Prozesse. Das Modell mit den berechneten quantitativen Stoffströmen stellt die Grundlage für die Bewertung von Umweltwirkungen und Prozesskosten in den nachfolgenden Phasen dar.

Die Darstellung und Erfassung der lieferantenbezogenen Prozesse und der mit ihnen verbundenen Stoff- und Energieströme sowie kostenrelevanten Parameter durch das Modell bildet selbst bereits eine Analysemöglichkeit. Die Gesamtbilanz des Stoffstrommodells zeigt auf, wo im analysierten System bezogen auf die funktionelle Einheit die größten Stoffströme fließen. Ebenso können auf Grundlage der erhobenen Kostenarten und der jeweiligen Parameter erste Abschätzungen über die mit den lieferantenbezogenen Prozessen einhergehenden Kosten getroffen werden.

Durch die zusätzliche Visualisierung von massenproportionalen Stoffströmen in einem Sankey-Diagramm (Möller et al. 1997) können erste Hinweise auf Ströme und Prozesse mit potentiellen Auswirkungen auf Umweltwirkungen und Kosten erlangt werden.

Die Gesamtbilanz des Stoffstrommodells bildet die Grundlage für die in der Phase III durchzuführende Bewertung der mit den lieferantenbezogenen Prozessen assoziierten Umweltwirkungen und Prozesskosten. Die zentralen, im Rahmen der Bilanzierung erhobenen Werte und Parameter werden in der folgenden Tabelle 17 zusammengefasst:

Tabelle 17: Zusammenfassung einer Gesamtbilanz lieferantenbezogener Prozesse

II Bilanzierung		
II.1 Prozessbezogene Input-Output-Bilanzen für Transitionen T_n		
	Input-Seite [kg oder kJ]	Output-Seite [kg oder kJ]
	Allokationen T_n	
II.2 Prozessbezogene Erfassung von Kostenarten und Parametern der Transitionen T_n		
	Kostenarten K_n	Kostenparameter KP_n
II.3 Stoffströme des Gesamtmodells S_n		
	Stoffströme S_n [kg]	

Sind alle Teilschritte von Phase II abgeschlossen, so kann mit Phase III begonnen werden. Stellt sich in Phase II aufgrund der Modellierung der lieferantenbezogenen Stoffströme eine

Anpassung des Analyseziels und Untersuchungsrahmens als notwendig heraus, weil z.B. durch zusätzliche lieferantenbezogene Prozesse die Systemgrenzen geändert werden müssen, so muss diese nach Abschluss von Phase II erfolgen.

Iterationsschleifen können auch in den Schritten II.1 und II.2 notwendig sein, wenn im Rahmen der Konsistenzprüfung Differenzen in den Input-Output-Bilanzen auftreten bzw. eine mangelnde Güte der ermittelten Daten nach der Bilanzierung zu unzureichenden Ergebnissen führt.

6.3 Verfahrensphase III: Bewertung

6.3.1 Ziel der Verfahrensphase

Ziel der dritten Verfahrensphase ist die Bewertung der mit den lieferantenbezogenen Prozessen verbundenen Umweltwirkungen und Kosten. Durch die Anwendung von geeigneten Bewertungsmethoden und Wirkungsindikatoren sollen die in Phase II gewonnenen lieferantenbezogenen Daten bewertet und für den Vergleich von Lieferanten in der Phase IV in Kennzahlen zusammengefasst werden.

Entscheidend für den Ablauf von Phase III ist, die Bewertung der Umweltwirkungen und der Prozesskosten unabhängig voneinander durchführen zu können (siehe Kap. 3.4.2), um so verschiedene Zielprioritäten in der Lieferantenbewertung eines Anwenders zu berücksichtigen. Verfahrensphase III wird deshalb in die

- Teilphase III.I Bewertung von lieferantenbezogenen Umweltwirkungen und die
- Teilphase III.II Bewertung von lieferantenbezogenen Prozesskosten

unterteilt. Die Teilphasen und Schritte der Bewertungsphase sind in der folgenden Abbildung zusammengefasst.

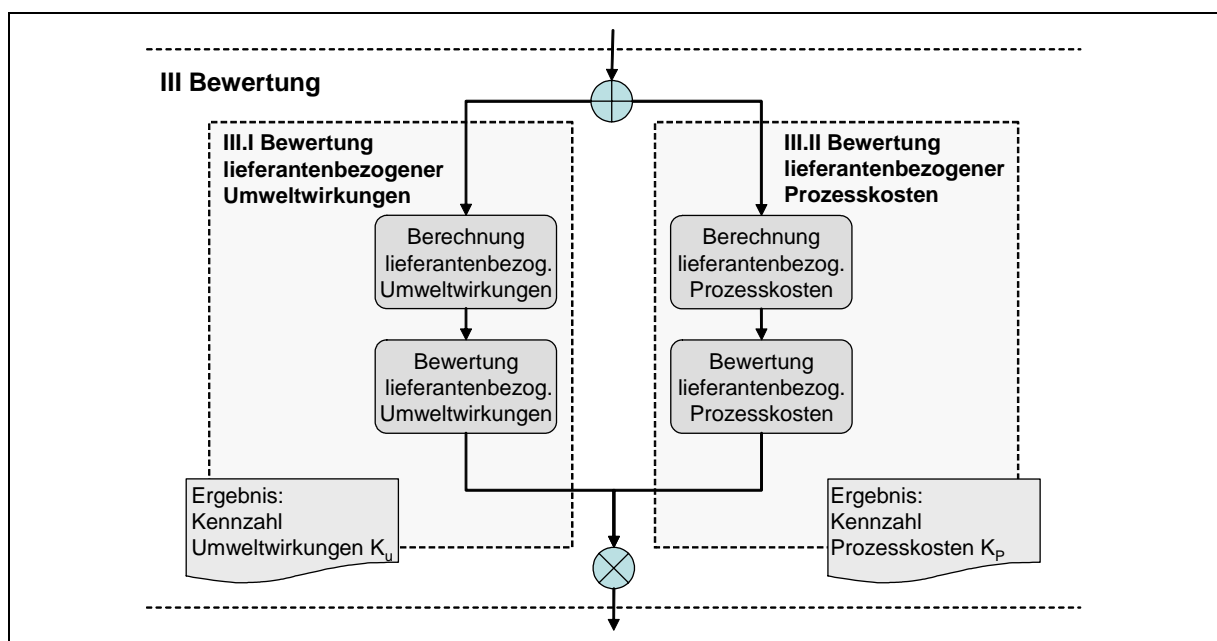


Abbildung 19: Phase III Bewertung mit Teilphasen und Schritten der Bewertung von lieferantenbezogenen Umweltwirkungen und Prozesskosten

Teilphase III.I: Bewertung lieferantenbezogener Umweltwirkungen

6.3.2 Eingesetzte Methode und Vorgehensweise

6.3.2.1 Anwendung des MIPS-Konzepts

Für die Bewertung der von lieferantenbezogenen Prozessen ausgehenden Umweltwirkungen wird im vorliegenden Verfahren das MIPS-Konzept (siehe Kap. 3.4.2) genutzt. Es hat zum Ziel, auf Grundlage standardisierter MIT-Werte effiziente und richtungssichere Abschätzungen von inputseitigen Umweltverbräuchen zu liefern. Dies macht es für die regelmäßige und wiederkehrende Aufgabe der Lieferantenbewertung zu einer geeigneten Methode. Von Vorteil für die Nutzung des MIPS-Konzeptes im Unternehmen ist zudem, dass die zentralen, für die Bewertung notwendigen MIT-Werte öffentlich verfügbar sind bzw. mit vertretbarem Aufwand erfasst werden können (siehe Kap. 3.4.2).

Im vorliegenden Verfahren werden MIT-Werte für die Bewertung lieferantenbezogener Prozesse eingesetzt (siehe Kap. 3.4.2). Diese werden als Eigenschaft den Stoffströmen zugeordnet. Entgegen ihrem ursprünglichen Zweck eines inputbezogenen Indikators (siehe Kap. 3.4.2) werden in diesem Fall auch den Zwischen- und Outputströmen der lieferantenbezogenen Prozesse MI-Werte zugewiesen. Dies erfolgt, um die Verteilung, d.h. die Zu- und Abnahme des Materialinputs über die lieferantenbezogenen Prozesse, verfolgen zu können. Das anwendende Unternehmen kann dadurch die größten absoluten Änderungen des Materialinputs in den lieferantenbezogenen Prozessen verfolgen und daraus Optimierungspotentiale ableiten. Die Schritte für die Bewertung der Umweltwirkungen von lieferantenbezogenen Prozessen werden in den nächsten Kapiteln dargestellt.

6.3.2.2 Schritte der Bewertung lieferantenbezogener Umweltwirkungen

6.3.2.2.1 Schritt III.I.1: Berechnung lieferantenbezogener Umweltwirkungen

In Schritt III.I.1 werden die in Phase II erfassten lieferantenbezogenen Inputstoffströme mit den aggregierten MIT-Werten der Kategorien abiotische Materialien, biotische Materialien und Bodenbewegungen (siehe Kap. 3.4.2) nach folgendem Prinzip multipliziert:

Formel 5:
$$MI_{S,input} = S_{n,input} \cdot MIT$$

(mit: $MI_{S,input}$ -Materialinput des Inputstoffstroms n [kg], $S_{n,input}$ -Inputstoffstrom n [kg], MIT-aggregierte Materialintensität des fließenden Materials [kg/kg],)

Die Multiplikation wird mit allen lieferantenbezogenen Inputstoffströmen durchgeführt. Als Ergebnis der Multiplikation erhält man den Materialinput der Inputstoffströme angegeben als TMR-Wert. Die Materialinputs werden zur Veranschaulichung der Ressourcenintensität den lieferantenbezogenen Stoffströmen im Stoffstromnetz zugeordnet. Abbildung 20 zeigt eine solche beispielhafte Zuordnung von Materialinputs zu lieferantenbezogenen Stoffströmen.

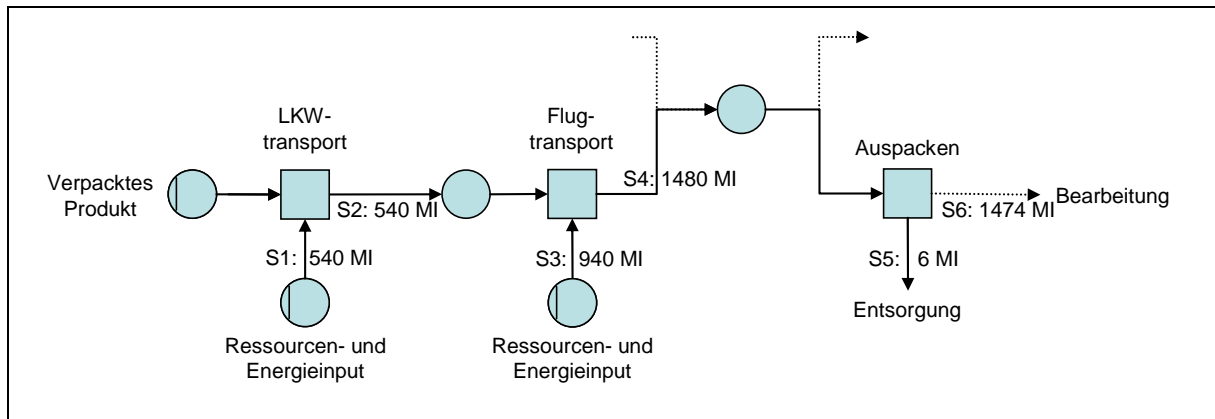


Abbildung 20: Beispielhafte Zuordnung von MI-Werten zu Stoffströmen

6.3.2.2.2 Schritt III.1.2: Bewertung lieferantenbezogener Umweltwirkungen

Basierend auf dem ergänzten Stoffstromnetz erfolgt die Bewertung der Umweltwirkungen der lieferantenbezogenen Prozesse. Auf Grundlage der MI-Werte der Inputstoffströme sowie der den übrigen Stoffströmen zugeordneten MI-Werten können diejenigen Stoffflüsse und Prozessschritte identifiziert werden, die in besonders hohem Maß zum Ressourcenverbrauch beitragen. Hohe Materialinputs können dabei zum einen durch den Stofffluss selbst, beispielsweise durch den Einsatz ressourcenintensiver Primärrohstoffe, oder zum anderen durch ressourcenintensive Bearbeitungsschritte, z.B. in Form von Energieverbrauch, entstehen.

Die Summe der Materialinputs der Inputstoffströme ergibt den gesamten Materialinput in kg MI, bezogen auf die funktionelle Einheit. Für das oben dargestellte Beispiel in Abbildung 20 stellt sich eine Summierung der Materialinputs wie folgt dar:

Tabelle 18: Beispielhafte Summierung von MI-Werten der Inputströme

Stoffströme S_n	MI [kg]
S_1 Energie:	+ 540 MI
S_2 Interner Transport:	0 MI
S_3 Energie:	+ 940 MI
S_4 Interner Transport:	0 MI
S_5 Entsorgung:	0 MI
S_6 Bearbeitung:	0 MI
Kennzahl Umweltwirkungen K_u : $MI_{S,ges} = \sum_{s=1}^m MI_{S,input}$	
	+ 1480 MI

Während die Summe der MI-Werte der Inputstoffströme den gesamten Materialinput und damit die Umweltwirkungen, bezogen auf die funktionelle Einheit, wiedergibt, so sind die Prozesse bzw. Transitionen, die zum größten Zuwachs des MI-Wertes führen, von zentraler Bedeutung. Sie zeigen auf, wo die größten Optimierungspotentiale vorhanden sind. Im an-

gegebenen Beispiel erfolgt die größte Steigerung des Materialinputs durch den Stoffstrom S_3 , der in die Transition Flugtransport eingeht. Die innerhalb des Stoffstromnetzes fließenden Stoffströme (z.B. S_2 und S_4) gehen nicht in die Summierung ein, da sie im Gegensatz zu den Inputstoffströmen nicht zur Erhöhung der Materialintensität beitragen.

6.3.3 Ergebnis der Verfahrensphase

Ergebnis der Verfahrensphase III.I ist die Bewertung der Umweltwirkungen der lieferantenbezogenen Prozesse mit dem Wirkungsindikator Materialintensität. Das Ergebnis wird in einer Kennzahl K_U mit der Dimension kg MI/ funktionelle Einheit zusammengefasst.

Die Kennzahl des Materialinputs stellt die Grundlage für den Schritt der Auswertung und des Vergleichs in der Verfahrensphase IV dar.

Tabelle 19: Zusammenfassung der Schritte für die Bewertung lieferantenbezogener Umweltwirkungen

III Bewertung lieferantenbezogener Umweltwirkungen	
III.I.1 Berechnung lieferantenbezogener Umweltwirkungen	
	$MI_{S,input} = S_{n,input} \cdot MIT$
III.I.2 Bewertung lieferantenbezogener Umweltwirkungen	
	Kennzahl Umweltwirkungen K_U : $MI_{S,ges} = \sum_{s=1}^m MI_{S,input}$

Teilphase III.II: Bewertung lieferantenbezogener Prozesskosten

6.3.4 Eingesetzte Methode und Vorgehensweise

6.3.4.1 Anwendung der Prozesskostenrechnung

Für die Bewertung der mit den lieferantenbezogenen Prozessen einhergehenden Kosten wird der Ansatz der Prozesskostenrechnung genutzt. Wie bereits in Kap. 3.1.3.2 beschrieben, kann die Prozesskostenrechnung als ein Verfahren der Budgetierung verstanden werden, das sich an der traditionellen Kostenarten- und Kostenstellenrechnung orientiert. Dort wurden auch die von Miller und Vollmann (1986) definierten Transaktionen als Verursacher von Gemeinkosten beschrieben. Anhand der Transaktionen lässt sich die Nutzung der Prozesskostenrechnung für die Bewertung der mit den lieferantenbezogenen Prozessen verbundenen Kosten erläutern. Gemäß den in Kap. 3.1.3.2 genannten Transaktionstypen werden folgende Bezüge zwischen den in Kap. 3.1.3 definierten lieferantenbezogenen Prozessen und den Transaktionen hergestellt:

Tabelle 20: Bezug zwischen lieferantenbezogenen Prozessen und Transaktionen

Lieferantenbezogene Prozesse	Entsprechung in Transaktionen nach Miller und Vollmann (1986)
Transportprozesse	Logistische Transaktionen
Vorbereitende Prozesse	Qualitätsbezogene Transaktionen, logistische Transaktionen sowie Ausgleichstransaktionen
Nachbereitende Prozesse	Qualitätsbezogene Transaktionen sowie logistische Transaktionen

Die in Phase II mit Hilfe der Stoffstromanalyse erfassten und quantifizierten lieferantenbezogenen Prozesse werden als Transaktionen im Sinne der Prozesskostenrechnung verstanden. Entsprechend stellt die Zuordnung von Kosten zu den lieferantenbezogenen Prozessen eine lieferantenbezogene Prozesskostenrechnung dar. Die lieferantenbezogenen Prozesse werden daher im kostenrechnerischen Sinne als Kostenstellen interpretiert, denen Fertigungsgemeinkosten zugeordnet werden. Die dafür notwendigen Schritte werden im folgenden Kap. 6.3.4.2 erläutert.

Die Erfassung der lieferantenbezogenen Prozesskosten bietet jedoch nicht nur die Möglichkeit, die tatsächlichen je Lieferant anfallenden Kosten zu identifizieren, sie kann zusätzlich auch für eine kritische Überprüfung der bestehenden Verteilungsschlüssel der Kostenrechnung genutzt werden und so insgesamt zu einer größeren Kostentransparenz im Unternehmen führen.

6.3.4.2 Schritte der lieferantenbezogenen Prozesskostenrechnung

6.3.4.2.1 Schritt III.II.1: Berechnung lieferantenbezogener Prozesskosten

Wie bereits in Kap. 6.2.2.2 erwähnt, lässt sich die Erfassung der durch die lieferantenbezogenen Prozesse verursachten Prozesskosten gemäß der Systematik einer Kostenarten-, Kostenstellen- und Kostenträgerrechnung durchführen. In Phase II, Schritt II.2 wurden die Input-Output-Daten der in Schritt II.1 identifizierten lieferantenbezogenen Prozesse erfasst. Dabei wurden die mit den Prozessen verbundenen Kostenarten mit ihren jeweiligen Parametern erhoben.

Die je Prozess bzw. Transition aus den Kostenarten ermittelten lieferantenbezogenen Prozesskosten werden im Folgenden als Einzelprozesskosten (EPK) bezeichnet.

Die je Kostenart erhobenen Parameter (KP_n) werden mit dem jeweiligen Kostensatz (KS_n) nach folgendem Schema multipliziert:

Formel 6:
$$EPK_n = KP_n \cdot KS_n$$

(mit: EPK_n -Einzelprozesskosten, KP_n -Kostenparameter, KS_n -Kostensatz)

Die Kostensätze für die Berechnung der Einzelprozesskosten müssen entweder aus bestehenden, vergleichbaren Kostensätzen abgeleitet oder neu ermittelt werden.

Tabelle 21 stellt eine beispielhafte Kostenauswertung für einen lieferantenbezogenen Prozess dar:

Tabelle 21: Beispielhafte Berechnung von lieferantenbezogenen Einzelprozesskosten

Transition Auspacken			
Kostenart K_n	Parameter KP_n	Kostensatz KS_n	Einzelprozesskosten EPK_n
Personalkosten	Arbeitszeit pro Stück: 36 [s]	30,- €/h	0,30 €/p
Lagerkosten	Lagerzeit pro Stück: 1 [d]	0,10 €/d	0,10 €/p
PK _{T_n} (Prozesskosten der Transition Auspacken)			0,40 €/p

Durch die Multiplikation der Kostenparameter mit den Kostensätzen erhält man die Kosten pro Bezugseinheit (im Beispielfall ein ausgepacktes Vorprodukt) aufgeschlüsselt nach Kostenarten. Die Summierung aller lieferantenbezogenen Einzelprozesskosten im folgenden Schritt ergibt die gesamten Prozesskosten je Lieferant.

Die Zuordnung und Berechnung der Prozesskosten lieferantenbezogener Prozesse ermöglicht eine Identifikation von Kostentreibern unter den lieferantenbezogenen Prozessen und trägt zur Gesamtbewertung des Lieferanten in Phase IV bei.

6.3.4.2.2 Schritt III.II.2: Bewertung lieferantenbezogener Prozesskosten

In Schritt III.II.2 werden die lieferantenbezogenen Einzelprozesskosten je Lieferant zu den gesamten Prozesskosten je Lieferant aufsummiert. Eine beispielhafte Summierung ist in der folgenden Tabelle enthalten:

Tabelle 22: Beispielhafte Summierung von lieferantenbezogenen Gesamtprozesskosten

Einzelprozesskosten EPK_n	Gesamtprozesskosten [€]
EPK_1	0,30 €
EPK_2	0,10 €
EPK_3	0,23 €
EPK_n	...
Kennzahl Prozesskosten K_P : $GPK = \sum_{n=1}^m EPK_n$	0,63 €

Durch die Summierung erhält man die gesamten Prozesskosten (GPK) je Lieferant und funktioneller Einheit in Form der Kennzahl K_P .

6.3.5 Ergebnis der Verfahrensphase

Ergebnis der Phase III.II sind die gesamten Prozesskosten je Lieferant, zusammengefasst in der Kennzahl K_P . Die so ermittelte Kostengröße stellt die Grundlage für Auswertungen und den kostenbezogenen Vergleich von unterschiedlichen Lieferanten in Phase VI dar.

Tabelle 23: Zusammenfassung der Schritte für die Bewertung lieferantenbezogener Prozesskosten

III.II Bewertung lieferantenbezogener Prozesskosten	
III.II.1 Berechnung lieferantenbezogener Prozesskosten	
	$EPK_n = KP_n \cdot KS_n$
III.II.2 Bewertung lieferantenbezogener Prozesskosten	
	Kennzahl Prozesskosten K_P : $GPK = \sum_{n=1}^m EPK_n$

6.4 Verfahrensphase IV: Auswertung und Vergleich

6.4.1 Ziel der Verfahrensphase

Ziel der Verfahrensphase Auswertung und Vergleich ist, verschiedene Lieferanten bezüglich der von ihnen verursachten Umweltwirkungen und Prozesskosten untereinander vergleichbar zu machen. Dazu werden die in Phase III gewonnenen Kennzahlen zu lieferantenbezogenen Umweltwirkungen und Prozesskosten für den jeweiligen Lieferanten ausgewertet und in einer Portfoliodarstellung im paarweisen Vergleich einander gegenüber gestellt.

6.4.2 Eingesetzte Methode und Vorgehensweise

6.4.2.1 Anwendung des Portfoliovergleichs

Der Schritt der Auswertung dient dazu, die in Phase III gewonnenen Kennzahlen zu Umweltwirkungen und Prozesskosten den tatsächlich durch einen Lieferanten gelieferten Stückzahlen anzupassen.

Für den paarweisen Lieferantenvergleich der Kennzahlen wird auf die Methode des Ressourceneffizienzportfolios zurückgegriffen (Orbach et al. 2003). Diese für die zweidimensionale, vergleichende Darstellung von ökonomischen und ökologischen Größen entwickelte Portfolio-Darstellung wird für die Bewertung von lieferantenbezogenen Prozessen in Form eines Lieferantenvergleichsportfolio angepasst.

Der paarweise Vergleich von Lieferanten wird gewählt, da in Entscheidungssituationen im Unternehmen oftmals die Leistung von zwei Lieferanten gegeneinander abgewogen werden muss. Das Lieferantenvergleichsportfolio stellt hierfür eine geeignete Methode dar. Für den Vergleich von mehreren Lieferanten können die Lieferantenkennzahlen jedoch auch in tabellarischer Form als absoluter Vergleich ausgewertet werden.

Das Lieferantenvergleichsportfolio vergleicht Lieferanten anhand der von ihnen verursachten Prozesskosten gemessen in Euro [€] auf der x-Achse und Umweltwirkungen gemessen in Materialinput [MI] angegeben als TMR-Wert auf der y-Achse (siehe Abbildung 21).

Gemäß der in Schritt IV.1 gewählten Bezugsgröße (Kap. 6.4.2.2.1) kann sich die Auswertung im Lieferantenvergleichsportfolio wie im Beispielfall auf die funktionelle Einheit (ein ausgepacktes Vorprodukt), die insgesamt durch einen Lieferanten gelieferten Vorprodukte oder eine andere Bezugsgrößen beziehen.

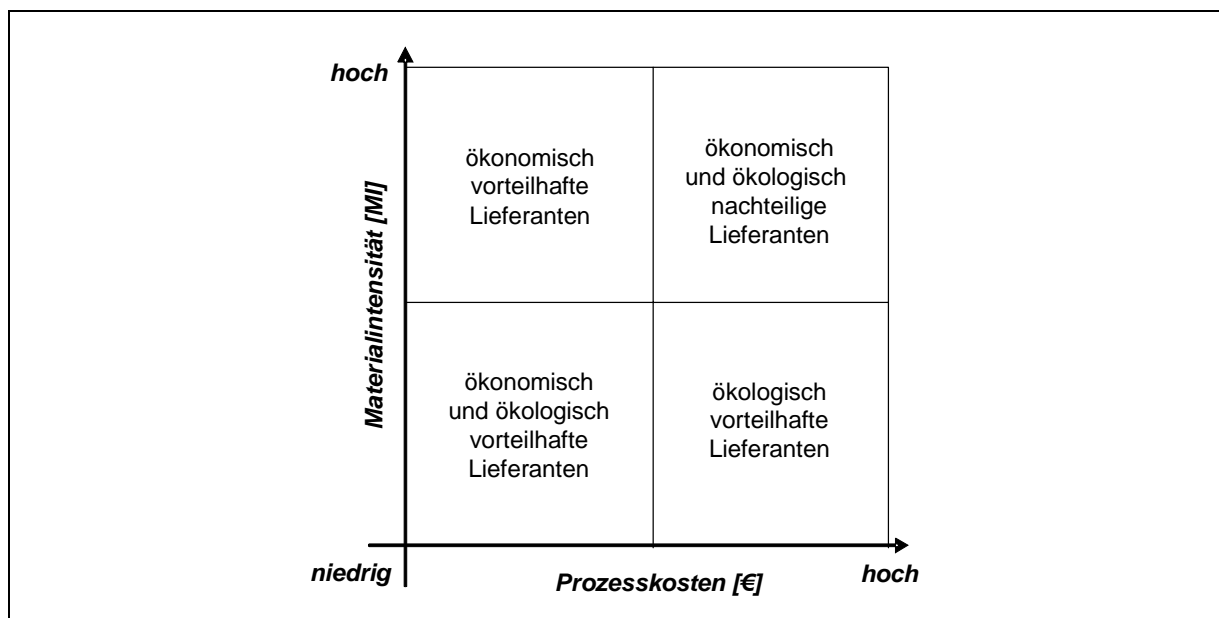


Abbildung 21: Lieferantenvergleichsportfolio mit den Dimensionen Prozesskosten und Materialintensität

Im relativen Portfoliovergleich schneidet der Lieferant am besten ab, der sich stärker in Richtung des linken unteren Quadranten positionieren kann. Dies entspricht niedrigeren Prozesskosten und geringeren Umweltwirkungen der lieferantenbezogenen Prozesse.

Aus der Portfoliodarstellung können neben der relativen Positionierung eines Lieferanten auch die absoluten Werte für die entstehenden Prozesskosten sowie die Umweltwirkungen in Form von MI-Werten abgelesen werden.

Phase IV Auswertung und Vergleich wird in die beiden Schritte Auswertung und Portfoliovergleich unterteilt (siehe Abbildung 22).

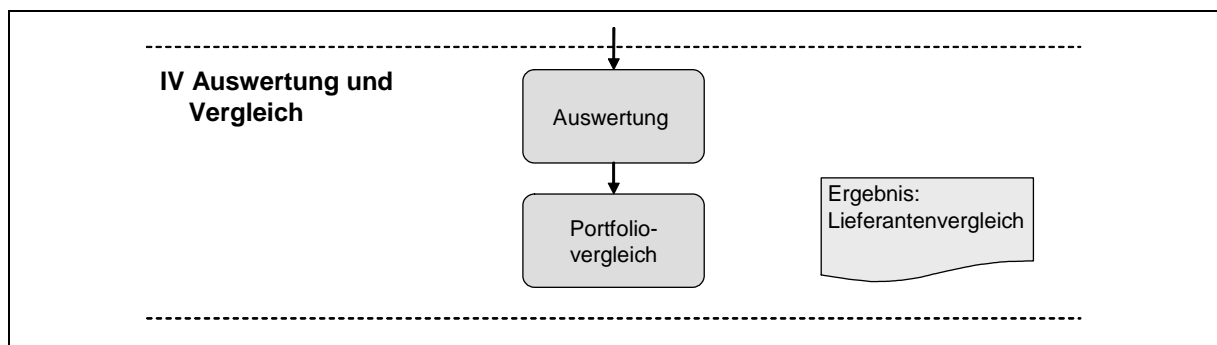


Abbildung 22: Phase IV mit den Schritten Auswertung und Vergleich

6.4.2.2 Schritte der Auswertung und des Vergleichs

6.4.2.2.1 Schritt IV.1: Auswertung

Im Schritt der Auswertung werden die in Phase III gewonnen Kennzahlen zu den Umweltwirkungen und den Prozesskosten eines Lieferanten auf die im jeweiligen Unternehmen sinnvolle Bezugsgröße angepasst. Während in den vorangegangenen Phasen ein ausgepacktes Vorprodukt als funktionelle Einheit für die Erfassung der Umweltwirkungen und der Prozesskosten diente, so kann für die Auswertung das Ergebnis der Kennzahlenbewertung nun auf die Gesamtheit der durch einen Lieferanten gelieferten Vorprodukte und die damit verbundenen Umweltwirkungen und Prozesskosten bezogen werden. So erhält man beispielsweise die absoluten Umweltwirkungen und Prozesskosten eines spezifischen Produktes oder einer Produktlinie.

6.4.2.2.2 Schritt IV.2: Portfoliovergleich

In Schritt IV.2 werden die Kennzahlen für Umweltwirkungen und Prozesskosten im paarweisen Vergleich in einem Lieferantenvergleichsportfolio einander gegenüber gestellt. Dafür kann wahlweise die funktionelle Einheit oder eine andere Referenzgröße, z.B. eine definierte Anzahl von Komponenten, gewählt werden. Nach einer entsprechenden Skalierung der Achsen werden die zu vergleichenden Lieferanten als Punkte im Portfolio abgebildet und können dann sowohl quantitativ als auch visuell miteinander verglichen werden.

6.4.3 Ergebnis der Verfahrensphase

Ergebnis der Verfahrensphase IV ist der paarweise Vergleich der von Lieferanten ausgehenden Prozesskosten und Umweltwirkungen in Bezug auf eine spezifische Bezugsgröße. Wie bereits in Kap. 6.4.2 beschrieben, können neben dem paarweisen Vergleich der Kennzahlen im Lieferantenvergleichsportfolio die Ergebnisse für den Vergleich von mehreren Lieferanten auch in tabellarischer Form als absoluter Vergleich ausgewertet werden.

Tabelle 24: Zusammenfassung der Auswertung und des Vergleichs

IV Auswertung und Vergleich	
IV.I Auswertung	
	Anpassung der Bezugsgröße
IV.II Portfolio Vergleich	
	Paarweiser Vergleich von Kennzahlen zu Umweltwirkungen und Prozesskosten im Lieferantenvergleichsportfolio

6.5 Zusammenfassung

Das Verfahren zur Bewertung von Lieferanten auf Grundlage von Umweltwirkungen unter der Berücksichtigung von Prozesskosten folgt einem phasenorientierten Ansatz.

Nach einer Definition des Analyseziels in Phase I wird in Phase II die Methode der Stoffstromanalyse für die quantitative Modellierung realer Lieferantenketten und lieferantenbezogener Prozesse im Unternehmen genutzt.

Die auf Grundlage des Modells erhobenen Daten werden in Phase III in parallel verlaufenden Teilphasen mit Ansätzen der Bewertung von Umweltwirkungen und Prozesskosten ausgewertet. Als Ergebnis werden lieferantenbezogene Kennzahlen zu Umweltwirkungen und Prozesskosten gewonnen. Diese werden in Phase IV auf reale Liefermengen bezogen und dann in einem Lieferantenvergleichsportfolio für den paarweisen Vergleich von Lieferanten einander gegenüber gestellt.

Die einzelnen Verfahrensphasen mit ihren Schritten und den zu Grunde liegenden Rechenvorschriften bzw. Ergebnissen sind in Tabelle 25 zusammengefasst.

Wie bereits in Kap. 6 formuliert, kann innerhalb der einzelnen Phasen ein mehrfaches Durchlaufen von Phasen und Schritten notwendig sein. Dies kann insbesondere in Phase II der Fall sein, um ein realitätsnahes Abbild der lieferantenbezogenen Prozesse zu erhalten.

Tabelle 25: Zusammenfassung des Verfahrens

I Zieldefinition		
	Definiertes Analyseziel und Untersuchungsrahmen	
II Bilanzierung		
II.1 Prozessbezogene Input-Output-Bilanzen für Transitionen T _n		
	Input-Seite [kg oder kJ]	Output-Seite [kg oder kJ]
	Allokationen T _n	
II.2 Prozessbezogene Erfassung von Kostenarten und Parametern der Transitionen T _n		
	Kostenarten K _n	Kostenparameter KP _n
II.3 Stoffströme des Gesamtmodells S _n		
	Stoffströme S _n [kg]	
III Bewertung		
III.I Bewertung lieferantenbezogener Umweltwirkungen		
III.I.1 Berechnung lieferantenbezogener Umweltwirkungen		
	$MI_{S,input} = S_{n,input} \cdot MIT$	
III.I.2 Bewertung lieferantenbezogener Umweltwirkungen		
	Kennzahl Umweltwirkungen K _u : $MI_{S,ges} = \sum_{s=1}^m MI_{S,input}$	
III.II Bewertung lieferantenbezogener Prozesskosten		
III.II.1 Berechnung lieferantenbezogener Prozesskosten		
	$EPK_n = KP_n \cdot KS_n$	
III.II.2 Bewertung lieferantenbezogener Prozesskosten		
	Kennzahl Prozesskosten K _p : $GPK = \sum_{n=1}^m EPK_n$	
IV Auswertung und Vergleich		
IV.I Auswertung		
	Anpassung der Bezugsgröße	
IV.II Portfolio Vergleich		
	Paarweiser Vergleich von Kennzahlen zu Umweltwirkungen und Prozesskosten im Lieferantenvergleichsportfolio	

7 Praktische Anwendung des Verfahrens

Das Verfahren wurde im Rahmen des BMBF-geförderten Forschungsprojektes „care- Computergestützte Ressourceneffizienz-Rechnung in der mittelständischen Wirtschaft“ entwickelt. Im folgenden Kapitel soll durch den exemplarischen Einsatz des Verfahrens aufgezeigt werden, dass die in Kap. 2.1 und in Kap. 4 formulierten Ziele des Verfahrens in verschiedenen realen Anwendungsumgebungen erfüllt werden.

7.1 Charakterisierung der Anwender

Das Verfahren wurde mit zwei produzierenden Unternehmen aus unterschiedlichen Branchen und mit differierenden Fertigungsstrukturen erprobt. Beide Unternehmen gehören zu international tätigen Konzernen, können jedoch aufgrund ihrer Mitarbeiterzahl am Standort als große mittelständische Unternehmen angesehen werden. Der erste Anwender stammt aus der Elektronikindustrie und fertigt Notebookcomputer für den professionellen und privaten Gebrauch. Der zweite Anwender stammt aus der Möbelindustrie und produziert Wohnmöbel, die über den Möbelhandel an den Endkunden vertrieben werden. Beide Anwender können dem Bereich der Konsumgüterindustrie, genauer der Gebrauchsgüterindustrie, zugeordnet werden (Eversheim 1996).

In der folgenden Tabelle 26 werden die zwei Anwender hinsichtlich wichtiger Merkmale charakterisiert:

Tabelle 26: Charakterisierung der Anwender

Merkmal	Anwender A	Anwender B
Unternehmensgröße	ca. 500 Mitarbeiter	ca. 900 Mitarbeiter
Branche	Elektronikindustrie	Möbelindustrie
Fertigungsart	Serienfertigung	Variantenfertigung
Fertigungstiefe	gering	mittel
Zuliefererstruktur	global	national
Umweltmanagementsystem	EMAS	EMAS
Ressourcenverbrauch (relativ)	hoch	mittel
Relevante Umweltaspekte	Energieverbrauch, Umweltwirkungen der Lieferanten	Energie- und Ressourcenverbrauch, Umweltwirkungen der Lieferanten

Aus der Tabelle wird deutlich, dass die beiden Unternehmen zwar Unterschiede hinsichtlich ihrer Fertigungsart, Fertigungstiefe und Zuliefererstruktur aufweisen, sie bezüglich der umweltrelevanten Merkmale jedoch Gemeinsamkeiten besitzen. Beide Unternehmen verfügen über ein Umweltmanagementsystem und für beide sind die Umweltaspekte Energieverbrauch sowie die Umweltwirkungen der Lieferanten relevant.

7.2 Unterstützung der Verfahrensanwendung durch die Software Umberto®

Die Erprobung des Verfahrens bei den genannten Anwendern wurde unter Zuhilfenahme der Software Umberto® durchgeführt. Diese unterstützt die Erfassung, Modellierung und Analyse der lieferantenbezogenen Prozesse durch die grafische und mathematische Abbildung von Stoffstromnetzen. Im Unterschied zu der in Kap. 6.2.2.2.1 erläuterten Modellierung von Stoffstromnetzen auf einer Ebene können mit Hilfe der Software Umberto® auch Teilnetze eines Stoffstrommodells als sog. Subnetze in einer Transition zusammengefasst werden. Dies ist vor allem dann von Vorteil, wenn komplexe Teilnetze, wie z.B. vollständige Transportketten, die Modellierung unübersichtlich gestalten.

Die Software unterstützt die Bewertung von Umweltwirkungen in Form von MI-Werten. Dies ist in der Software grundsätzlich über unterschiedliche Ansätze z.B. in Form eines Bewertungssystems oder durch die Definition einer Stoff- bzw. Stoffflusseigenschaft, vergleichbar einem Preis in Form von Materialintensität, möglich (siehe dazu Mayer (1998) und Haug (2002)). Im Falle der Verfahrensanwendung wurde hier entsprechend des in Schritt III.I.1 formulierten Ablaufs (siehe Kap. 6.3.2.2.1) vorgegangen, d.h. aggregierte MIT- bzw. TMR-Werte werden den Stoffen bzw. Stoffströmen in Form einer Eigenschaft zugeordnet.

Darüber hinaus können mit der Software Umberto® den in das Modell eingehenden Materialien selbst sowie auch den durch die Transitionen symbolisierten Prozessen Kosten zugeordnet werden. Hierdurch können verschiedene Kostenarten wie z.B. Materialkosten, Lohnkosten, etc. in dem Modell berücksichtigt werden (IFU 2002). Die Anwendung der Software unterstützt somit die Zuordnung und Bilanzierung der in den Verfahrensschritten III.II.1 und III.II.2 ermittelten Prozesskosten zu einzelnen Prozessen im Gesamtmodell und erleichtert so die Bilanzierung der lieferantenbezogenen Prozesskosten.

Die Auswertungen der Stoffstrommodelle mit den dazugehörigen Bilanzen erfolgt in der Software Umberto® in Form von zeitperiodenbezogenen Szenarien, aus denen für die weitere Auswertung gemäß den Phasen III und IV die lieferantenbezogenen Kennzahlen abgeleitet werden.

Die Zuhilfenahme der Software ist insbesondere bei der erstmaligen Anwendung des Verfahrens von Vorteil, da sie die strukturierte, phasenorientierte Vorgehensweise unterstützt und zudem durch die Möglichkeit von massen- und kostenproportionalen Auswertung in Sankey-Diagrammen eine zusätzliche Visualisierungsmöglichkeit von Stoff- und Kostenflüssen anbietet (Kessler 2000).

7.3 Anwendung des Verfahrens am Beispiel eines Unternehmens aus der Elektronikindustrie

7.3.1 Ausgangssituation im Unternehmen

Bei Anwender A handelt es sich um ein Unternehmen der Elektronikindustrie. Es ist Bestandteil eines international tätigen Konzerns, der sich mittels weltweit geltender Umweltleitlinien verpflichtet hat, den Umweltschutz an allen seinen Standorten zu fördern. Bereits 1995 wurde daraufhin am Standort von Anwender A ein Umweltmanagementsystem nach EMAS (EG-Öko-Audit-Verordnung 1836/93) eingeführt. Bisher wurden Informationen über die betriebliche Umweltleistung auf der Grundlage von standortbezogenen Input-Output-Betrachtungen der Stoff- und Energieverbräuche erfasst, zu werksbezogenen Kennzahlen verdichtet und innerhalb des Unternehmens, im Gesamtkonzern sowie gegenüber der Öffentlichkeit in Form von Berichten und Umwelterklärungen kommuniziert.

Am Standort von Anwender A werden Notebookcomputer gefertigt, die entweder aus einzelnen Bausätzen (Kits) oder aus Halb-Fertig-Produkten (Semi-Finished-Goods) montiert werden. Während der größtenteils manuell erfolgenden Montage werden die Geräte auf Qualitätsansprüche getestet, verpackt und überwiegend mit dem LKW europaweit versandt.

Die zunehmende Verlagerung von Fertigungsschritten in das Ausland ist für Anwender A mit einer wachsenden Anzahl von Lieferanten verbunden. Die Schlüsselkomponenten für die Notebookproduktion (Festplatten, Flüssigkristallbildschirme, Hauptplatinen, Laufwerke und Gehäuse) werden weltweit eingekauft und per Luft- oder Seefracht an den deutschen Produktionsstandort geliefert. Für jede der genannten Schlüsselkomponenten gibt es mehrere Lieferanten. Sie verursachen am Standort des Unternehmens bzw. in den Lieferantenketten lieferantenbezogene Prozesse z.B. in Form von Transport-, Aus- und Umpackvorgängen sowie Entsorgungsprozessen, die mit Umweltwirkungen und Kosten verbunden sind. Die lieferantenbezogenen Prozesse können bisher durch das Unternehmen nur schwer erfasst und damit nicht in die Bewertung der Lieferanten einbezogen werden.

In die Analyse bei Anwender A wurden die Lieferanten der Schlüsselkomponente Diskettenlaufwerk einbezogen und bezüglich ihrer Umweltwirkungen und Prozesskosten untereinander verglichen. In einer ersten Grobanalyse wurden für die Schlüsselkomponente der potenziell schlechteste und beste Lieferant ausgewählt und mit Hilfe des Verfahrens einer detaillierten Analyse unterzogen.

7.3.2 Problemstellung und Untersuchungsziel

Um die von den lieferantenbezogenen Prozessen der Zulieferer ausgehenden Umweltwirkungen und Prozesskosten quantifizieren zu können, benötigt das Unternehmen Informationen, die mit Hilfe des Verfahrens gewonnen und durch das betriebliche Umweltmanagement und den Einkauf ausgewertet werden können. Diese sollen genutzt werden, um Lieferanten funktionsgleicher Schlüsselkomponenten für die Notebookproduktion hinsichtlich ihre Umweltleistung und Prozesskosten miteinander zu vergleichen und so die eigene Umweltleistung sowie die Kosten am Standort und in den Zuliefererketten zu optimieren.

Im Einzelnen lassen sich die Ziele für die Anwendung des Verfahrens bei Anwender A wie folgt formulieren:

- Erfassung und Quantifizierung der lieferantenbezogenen Prozesse von Lieferanten der Schlüsselkomponente Diskettenlaufwerk,
- Vergleich der Lieferanten der Schlüsselkomponente Diskettenlaufwerk hinsichtlich ihrer Umweltwirkungen und Prozesskosten durch das betriebliche Umweltmanagement und den Einkauf,
- Zusammenfassung der Ergebnisse in Form von Kennzahlen zu Umweltwirkungen und Prozesskosten und deren Einbindung in die bestehende Lieferantenbewertung sowie
- Zukünftige Nutzung des Verfahrens für alle Lieferanten von Schlüsselkomponenten.

7.3.3 Beschreibung der Anwendung

In den folgenden Abschnitten werden die Umsetzungsphasen und zentralen Ergebnisse der Anwendung des Verfahrens bei Unternehmen A dargestellt.

7.3.3.1 Umsetzungsphase I: Zieldefinition

In Umsetzungsphase I wird, aufbauend auf der oben beschriebenen Problemstellung sowie dem Untersuchungsziel, der Untersuchungsrahmen festgelegt.

1. Analyseziel: Ziel der Analyse ist der Vergleich von Lieferanten der Schlüsselkomponenten der Notebookproduktion am Beispiel der Komponente Diskettenlaufwerk. Die Lieferanten werden anhand lieferantenbezogener Prozesse und der durch sie hervorgerufenen Umweltwirkungen und Prozesskosten verglichen und bewertet. Die Ergebnisse der Analyse werden als lieferantenbezogene Kennzahlen zur Verfügung gestellt.
2. Funktionelle Einheit: Die funktionelle Einheit der Analyse ist eine verpackte Schlüsselkomponente (Diskettenlaufwerk) der Notebookproduktion, die durch unterschiedliche Lieferanten an den Standort von Anwender A transportiert wird.
3. Festlegung der Systemgrenzen: Für die Bewertung werden die folgenden lieferantenbezogenen Prozesse in die Analyse einbezogen:
 - Transportprozesse: Dazu werden Flugzeug- und LKW-Transporte vom Zulieferer bis zum Produktionsstandort in Deutschland sowie LKW-Transporte gezählt, die die Verpackungsmaterialien der Schlüsselkomponenten vom Produktionsstandort zur Entsorgungsanlage bringen.
 - Vorbereitende Prozesse: Dazu werden Arbeitsschritte gezählt, die in Form von Auspack- und Umpackprozessen durch die gelieferten Schlüsselkomponenten anfallen. Die verpackten Schlüsselkomponenten müssen bei Anwender A aus ihren Transportverpackungen ausgepackt und in Fächerboxen für das Kanban-System umgepackt werden.
 - Nachbereitende Prozesse: Dazu werden Arbeitsschritte gezählt, die in Form von internen Sortier- und Transportprozessen für Transportverpackungen anfallen. Die Verpackungen müssen bei Anwender A in sortenreine Fraktionen sortiert und auf dem internen Entsorgungshof gelagert werden. Sie werden dann durch unterschiedliche Entsorger abgeholt.

In Abweichung zu dem entwickelten Verfahren wurden bei Anwender A neben den genannten Prozessen auch die Produktionsprozesse der von den Lieferanten verwendeten Verpackungsmaterialien erfasst, um dem Unternehmen eine Einschätzung der von den Verpackungsmaterialien ausgehenden Umweltwirkungen und ihrem Anteil an den gesamten lieferantenbezogenen Umweltwirkungen zu ermöglichen. Die Ergebnisse der umweltwirkungsbezogenen Auswertung dieser Produktionsprozesse fließen daher in die Gesamtauswertung der Lieferanten ein.

4. Datenkategorien und Anforderungen an die Datenqualität: Für die Erfassung der lieferantenbezogenen Daten zu Umweltwirkungen werden inputbezogene aggregierte MIT-Werte der Kategorien abiotische Materialien, biotische Materialien und Bodenbewegung (siehe Kap. 6.3.2.2) verwendet. Für die Erfassung der lieferantenbezogenen Prozesskosten

werden Kostensätze aus der Kostenrechnung verwendet und mit erhobenen Arbeitszeiten verrechnet.

5. Beurteilung der Vergleichbarkeit: Da es sich bei der Anwendung des Verfahrens um eine vergleichende Analyse der Lieferanten von Schlüsselkomponenten handelt, muss die Vergleichbarkeit der betrachteten Lieferantensysteme sichergestellt sein. Durch die Anwendung der gleichen funktionellen Einheit, Systemgrenzen, Allokationsregeln, Datenqualität und Kriterien für die Wirkungsabschätzung wird die Vergleichbarkeit der Lieferantensysteme untereinander sichergestellt.

7.3.3.2 Umsetzungsphase II: Bilanzierung

Umsetzungsschritt II.1: Modellierung des Stoffstromnetzes entsprechend der Zieldefinition

Auf Grundlage des in Umsetzungsphase I formulierten Analyseziels und Untersuchungsrahmens wurden die lieferantenbezogenen Prozesse je Lieferant und funktioneller Einheit entsprechend den oben genannten Transport- sowie vor- und nachbereitenden Prozessen auf Basis der in Anhang E (Kap. 12.5) dargestellten Modellelemente in einem Stoffstromnetz mit der Software Umberto® abgebildet.

Der Einsatz von Umberto® bot die Möglichkeit, die Komplexität des Stoffstromnetzes durch die Nutzung von Subnetzen erheblich zu reduzieren (siehe Abbildung 20). Die vollständige Darstellung des Stoffstromnetzes ist zum Vergleich in Anhang G (Kap. 12.7) angefügt.

Ein vereinfachtes Stoffstromnetz lieferantenbezogener Prozesse für die Schlüsselkomponente Diskettenlaufwerk am Beispiel des Lieferanten I sieht wie folgt aus (siehe Abbildung 23):

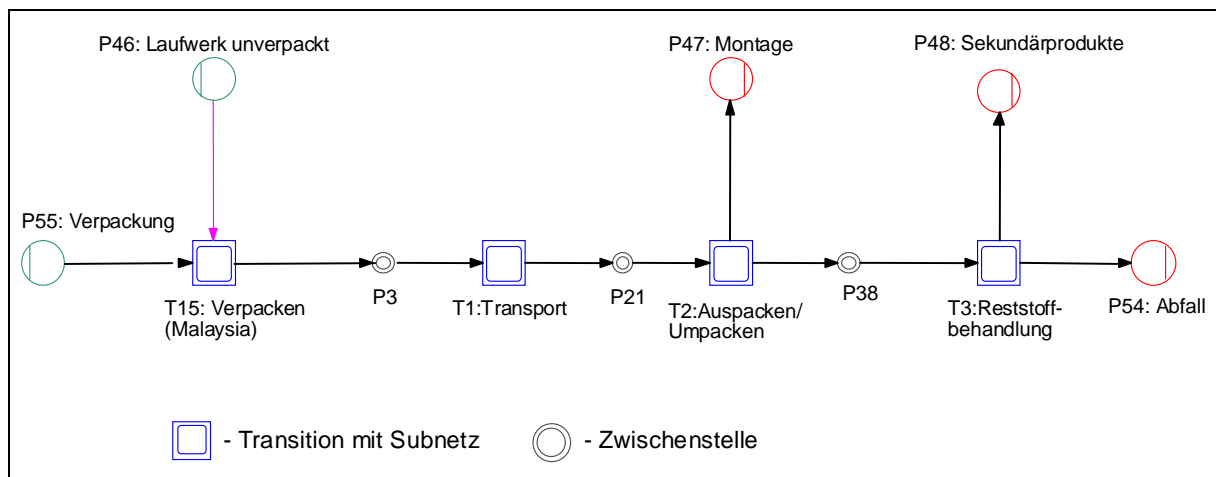


Abbildung 23: Vereinfachtes Stoffstromnetz lieferantenbezogener Prozesse für den Lieferanten I der Schlüsselkomponente Diskettenlaufwerk (Bildschirmabzug aus Umberto®)

In der Abbildung sind vier Subnetze enthalten, die jeweils eigene, komplexe Stoffstromnetze zu den Transitionen bzw. Prozessen repräsentieren. Abbildungen der Subnetze sind zur Veranschaulichung in Anhang H (Kap. 12.8) dargestellt. Im Falle des zweiten Lieferanten der Komponente Diskettenlaufwerk wurde identisch vorgegangen.

Umsetzungsschritt II.2: Erhebung der Stoffstrom- und Kostendaten in Form von prozessbezogenen Input-Output-Bilanzen

Basierend auf dem Stoffstromnetz des vorangegangenen Umsetzungsschrittes wurden prozessbezogene Input-Output-Bilanzen, Kostenarten und die zur Bestimmung der Prozesskosten notwendigen Parameter der lieferantenbezogenen Prozesse erfasst. Dabei wurden die in Kap. 6.2.2.2.2 dargestellten Input- und Outputdaten der Prozesse sowie die Kostenarten und Parameter in der Software Umberto® als prozessbezogene Input-Output-Bilanzen bzw. Parameter von Kostenarten erfasst und die Allokationsregeln für den jeweiligen Prozess festgelegt.

Aufgrund der bereits getroffenen Einschränkungen in Bezug auf die für Anwender A relevanten lieferantenbezogenen Prozesse (siehe Kap. 7.3.1) wurden für die Bewertung der Prozesskosten die folgenden Kostenarten und Kostenparameter erhoben (siehe Tabelle 27):

Tabelle 27: Relevante Kostenarten lieferantenbezogener Prozesse mit erfassten Kostenparametern bei Anwender A

Prozess	Kostenart K_n	Kostenparameter KP_n
Transportprozesse	Transportkosten	Preis pro Stück [€]
Vorbereitende Prozesse	Auspackkosten	Arbeitszeit [s]
	Umpackkosten	Arbeitszeit [s]
Nachbereitende Prozesse	Sortierkosten	Arbeitszeit [s]
	Entsorgungskosten	Preis pro kg [€]

Für die Erfassung der Kostenparameter wurden die Arbeitszeiten für das Aus- und Umpacken im laufenden Betrieb für die Schlüsselkomponente Diskettenlaufwerk manuell erfasst. Die Kostensätze für die Transport- und Entsorgungskosten wurden aus Rechnungen des Einkaufs sowie aus Daten der Kostenrechnungen ermittelt.

Umsetzungsschritt II.3: Bilanzierung des Stoffstrommodells

Die im vorangegangenen Schritt erhobenen Prozessbilanzen und Kostenparameter wurden in einer Gesamtbilanz je Lieferant und Komponente zusammengefasst. Diese enthalten sämtliche prozessbezogenen Input- und Outputströme sowie kostenrelevante Parameter der in Umsetzungsschritt II.1 ermittelten lieferantenbezogenen Prozesse und stellen die quantitative Datenbasis für die Bewertung der Lieferanten der Schlüsselkomponenten Diskettenlaufwerk dar. Parallel zum Erstellen der Gesamtbilanzen wurden die Stoffströme des jeweiligen Gesamtmodells quantifiziert und gemäß der in Kap. 6.2.2.2.3 dargestellten tabellarischen Form erfasst.

Eine Auswertung der Gesamtbilanz von Lieferant I ergab, dass die relevanten lieferantenbezogenen Prozesse insbesondere aus umweltrelevanten Transportprozessen sowie aus Aus- und Umpackprozessen bestehen. Sie verursachen nicht nur große Massenströme sondern sind aufgrund der damit verbundenen Arbeitszeiten und Transportkosten auch für lieferantenbezogenen Kosten verantwortlich, die bisher von Anwender A nicht erfasst und daher auch nicht ausgewertet werden können.

7.3.3.3 Umsetzungsphase III: Bewertung

Teilphase III.I: Bewertung lieferantenbezogener Umweltwirkungen

Umsetzungsschritt III.I.1: Berechnung lieferantenbezogener Umweltwirkungen und Umsetzungsschritt III.I.2: Bewertung lieferantenbezogener Umweltwirkungen

Das in Umsetzungsphase II gewonnene Stoffstrommodell und die quantifizierten Stoffströme der lieferantenbezogenen Prozesse wurden für die Bewertung der Umweltwirkungen mit den entsprechenden Materialintensitätswerten multipliziert und bilanziert. Hierfür wurden TMR-Werte (siehe Kap. 3.4.2) genutzt²². Fehlende Werte wurden ermittelt.

Durch den Einsatz der Software Umberto® konnten die Schritte III.I.1 und III.I.2 zusammengefasst werden. Die TMR-Werte wurden in der Software den Stoffströmen als Eigenschaft, vergleichbar einer Währung, zugeordnet. Die Summierung des Materialinputs erfolgt durch die Software auf Grundlage des Stoffstromnetzes. Zusätzlich ergibt sich die Möglichkeit, die Zu- oder Abnahme des Materialinputs entlang der Stoffflüsse mengenproportional in Form eines Sankey-Diagramms darzustellen. Eine solche mengenproportionale Darstellung von MI-Verteilungen ist für Lieferant I auf der obersten Ebene des Stoffstrommodells der Schlüsselkomponente Diskettenlaufwerk in Abbildung 24 dargestellt.

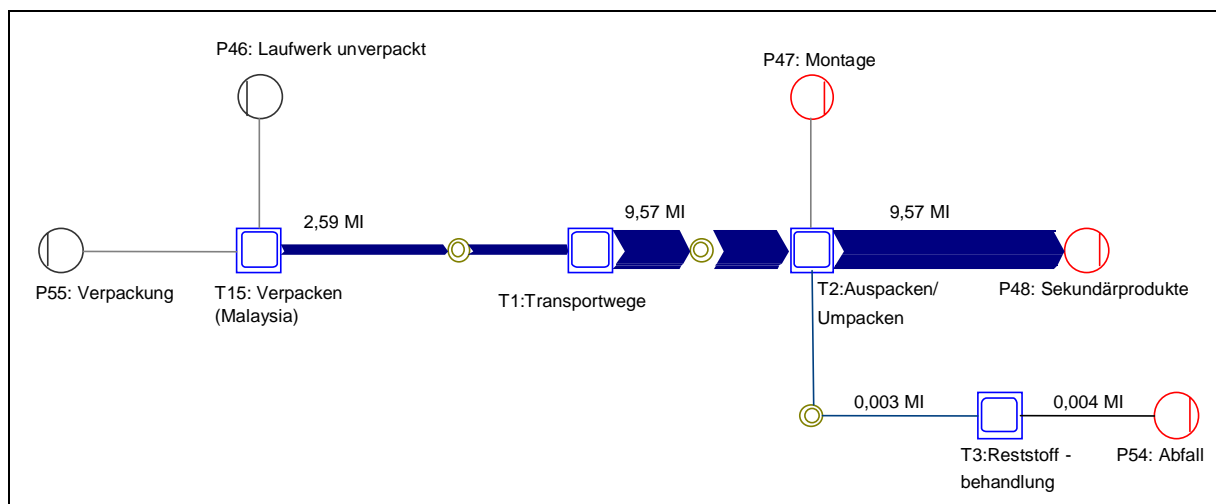


Abbildung 24: Darstellung von MI-Verteilungen für die Schlüsselkomponente Diskettenlaufwerk (Bildschirmabzug aus Umberto®)

Aus der Abbildung wird deutlich, dass die Transportwege von Lieferant I per Flugzeug vom Zulieferer aus Malaysia zum Standort in Deutschland maßgeblich zu den Umweltwirkungen der lieferantenbezogenen Prozesse beitragen (starke Zunahme des MI-Wertes in T1). Vergleichbar verhält es sich mit Lieferant II, der aus China Diskettenlaufwerke an den deutschen Standort liefert.

Da alle fünf Schlüsselkomponenten der Notebookproduktion per Flugzeug aus dem asiatischen oder nordamerikanischen Raum angeliefert werden, konnte der Transport per Luftfracht als die wesentliche, zu optimierende Umweltwirkung der lieferantenbezogenen Prozesse von Anwender A identifiziert werden.

²² Siehe <http://www.wupperinst.org/Projekte/mipsonline/> (Referenz vom 04.10.2005)

Abbildung 25 zeigt die mit dem Verfahren gewonnenen MI-Werte der lieferantenbezogenen Prozesse für die Lieferanten I und II der Schlüsselkomponente Laufwerk pro geliefertem Diskettenlaufwerk. Daraus wird, neben dem starken Unterschied zwischen den beiden Lieferanten, vor allem der hohe Anteil deutlich, mit dem Flüge zu der gesamten Materialintensität beitragen. LKW-Transporte in Deutschland und dem Land des Zulieferers fallen dagegen kaum ins Gewicht. Die für den Transport verwendeten Verpackungsmaterialien tragen dagegen mit einem vergleichsweise kleinen Anteil zur Materialintensität bei.

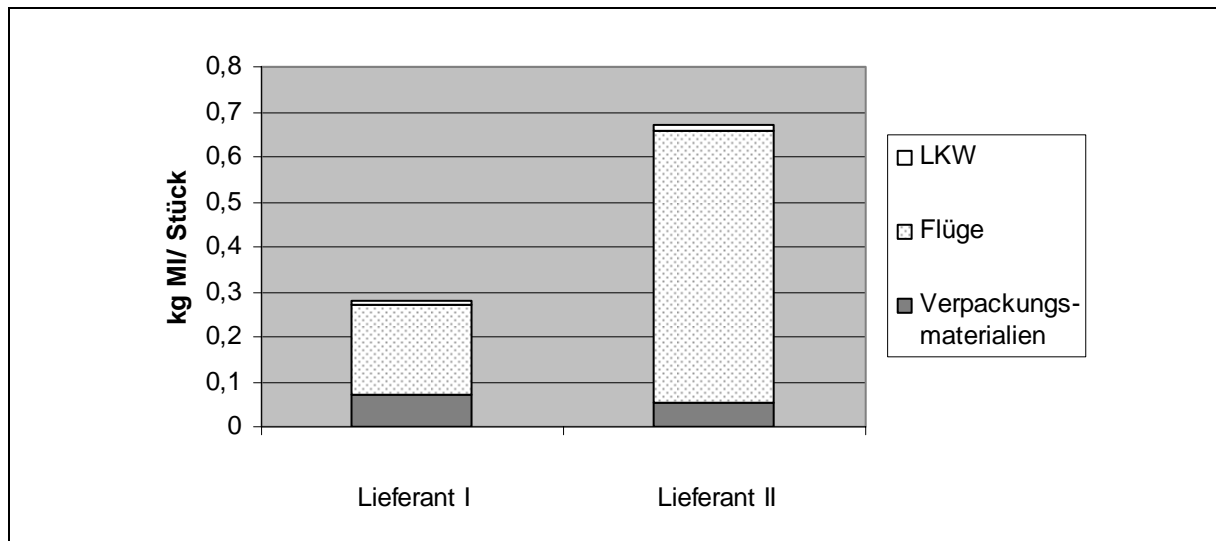


Abbildung 25: Vergleich lieferantenbezogener MI-Werte von Lieferanten I und II (Schlüsselkomponente Laufwerk)

Aus der Auswertung der MI-Werte der lieferantenbezogenen Prozesse resultieren die folgenden, lieferantenbezogenen Kennzahlen, die in Umsetzungsschritt IV weiterverarbeitet werden.

Tabelle 28: Kennzahl Umweltwirkungen für die Lieferanten von Diskettenlaufwerken

Lieferantenbezogene Kennzahl Umweltwirkungen K_U	
Lieferant I	0,279 kg MI/Stück
Lieferant II	0,672 kg MI/Stück

Teilphase III.II: Bewertung lieferantenbezogener Prozesskosten

Umsetzungsschritt III.II.1: Berechnung lieferantenbezogener Prozesskosten und

Umsetzungsschritt III.II.2: Bewertung lieferantenbezogener Prozesskosten

Analog zur Teilphase III.I wurde das Stoffstrommodell bzw. die in der Gesamtbilanz erhobenen prozessbezogenen Parameter genutzt, um mit den in Umsetzungsschritt II.2 definierten Kostenarten prozessbezogene Einzelkosten zu berechnen.

Durch den Einsatz der Software Umberto® konnten die Schritte III.II.1 und III.II.2 zusammengefasst werden. Die Kostenarten wurden im Kostenplan von Umberto® definiert, je Kostenart wurden die erhobenen Parameter mit Kostensätzen aus der Kostenrechnung des Anwenders

A verrechnet und den entsprechenden Transitionen zugeordnet. Die Summierung der Prozesskosten erfolgt durch die Software auf Grundlage des Stoffstromnetzes.

Abbildung 26 vergleicht die mit Hilfe des Verfahrens gewonnenen lieferantenbezogenen Prozesskosten für die Lieferanten I und II der Schlüsselkomponente Diskettenlaufwerk pro gelieferter Komponente. Es wird deutlich, dass neben den Transportkosten insbesondere die Aus- und Umpackkosten stark ins Gewicht fallen. Sortier- und Entsorgungskosten sind dagegen nicht relevant.

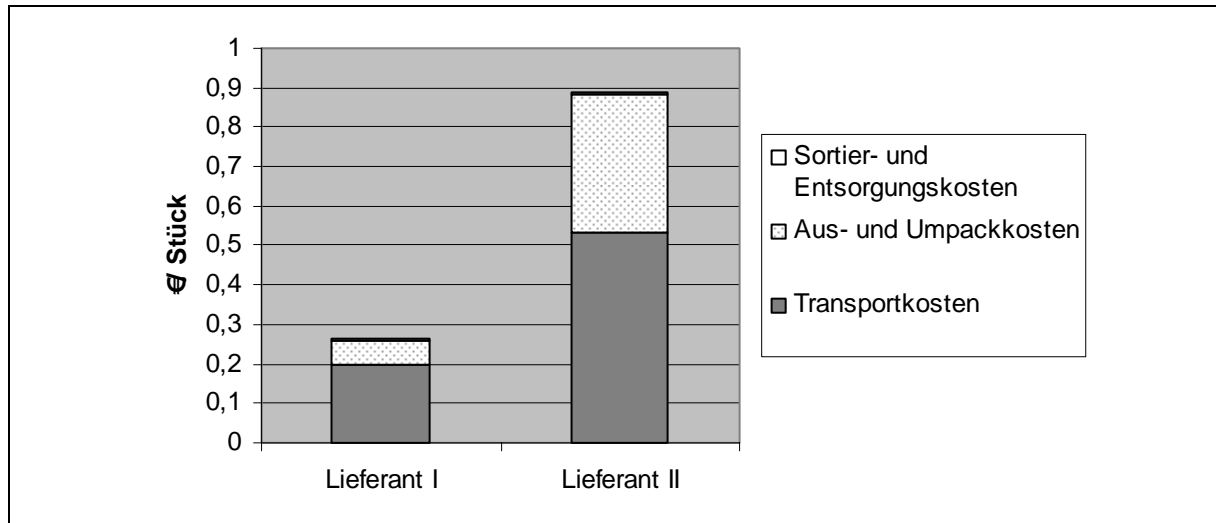


Abbildung 26: Vergleich lieferantenbezogener Prozesskosten von Lieferanten I und II (Schlüsselkomponente Laufwerk)

Aus der Auswertung der Prozesskosten der lieferantenbezogenen Prozesse resultieren die folgenden lieferantenbezogenen Kennzahlen, die in Umsetzungsschritt IV weiterverarbeitet werden.

Tabelle 29: Kennzahl Prozesskosten für die Lieferanten von Diskettenlaufwerken

Lieferantenbezogene Kennzahl Prozesskosten K_p	
Lieferant I	0,2655 €/Stück
Lieferant II	0,8904 €/Stück

7.3.3.4 Umsetzungsphase IV: Auswertung und Vergleich

Umsetzungsschritt IV.1: Auswertung

Die in den vorangegangenen Teilphasen III.I und III.II gewonnenen lieferantenbezogenen Kennzahlen wurden in Umsetzungsschritt IV.1 auf die von den Lieferanten I und II gelieferte Stückzahl normiert, um einen Überblick zu den gesamten umwelt- und kostenrelevanten Mengen zu erhalten. Dazu wurden die Ergebnisse mit Stückzahlen aus dem Einkauf verrechnet. Entscheidend für die Auswertung bei Anwender A ist zudem die Bezugsgröße 1000 Stück (siehe Abbildung 28 und Abbildung 29).

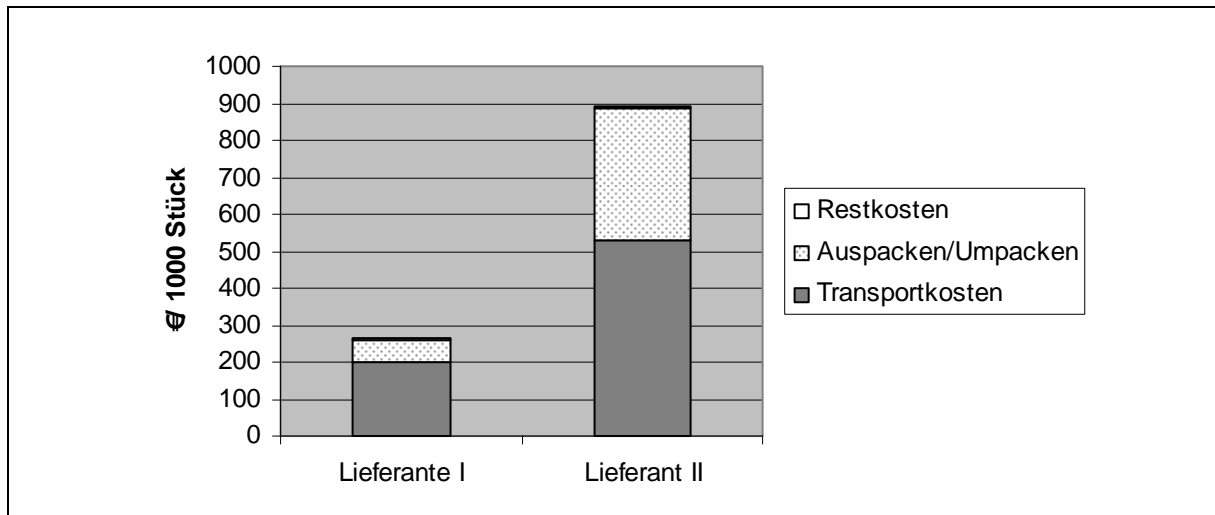


Abbildung 27: Vergleich lieferantenbezogener Prozesskosten je 1000 Stück Laufwerke

Zwischen Lieferant I und II ergeben sich für die Umweltwirkungen eine Differenz von 392,75 kg MI/ 1000 Stück und für die Prozesskosten eine Differenz von 624,87 €/ 1000 Stück.

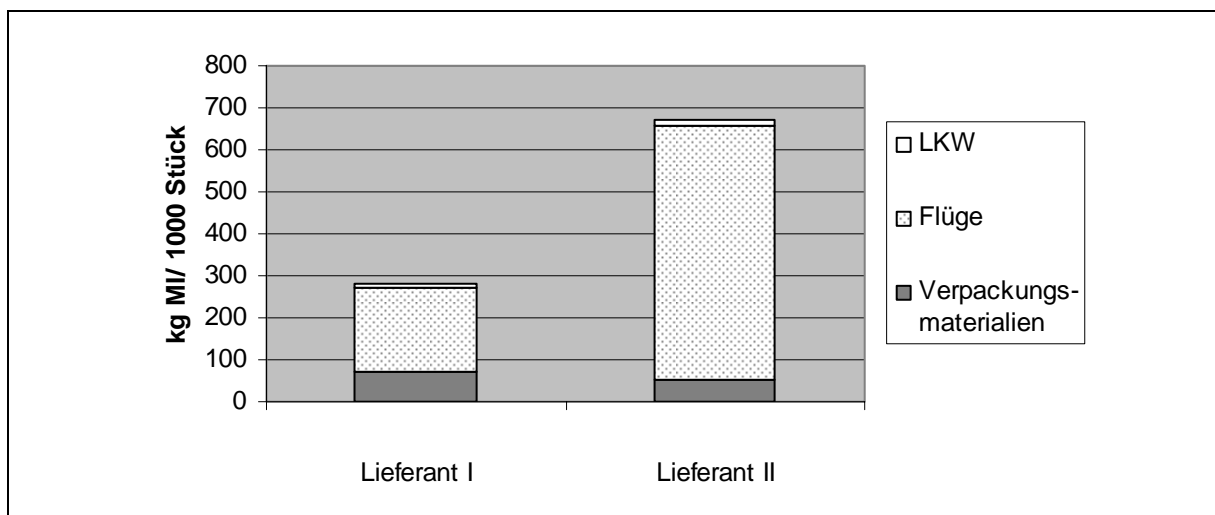


Abbildung 28: Vergleich lieferantenbezogener Umweltwirkungen je 1000 Stück Laufwerke

Umsetzungsschritt IV.2: Portfoliovergleich

In Umsetzungsschritt IV.2 wurden die in Phase III gewonnenen Kennzahlen zu Umweltwirkungen und Prozesskosten je funktioneller Einheit in einem Lieferantenvergleichsportfolio einander gegenüber gestellt (Abbildung 29). Anwender A kann so die Lieferanten bezüglich der zwei zentralen Kennzahlen paarweise miteinander vergleichen und alternative Lieferanten der gleichen Schlüsselkomponente bewerten.

Aus der Abbildung wird deutlich, dass Lieferant I sowohl hinsichtlich der Umweltwirkungen (kg MI/Stück) als auch der Prozesskosten (€/Stück) besser abschneidet und damit bei der Beschaffung vorgezogen werden sollte.

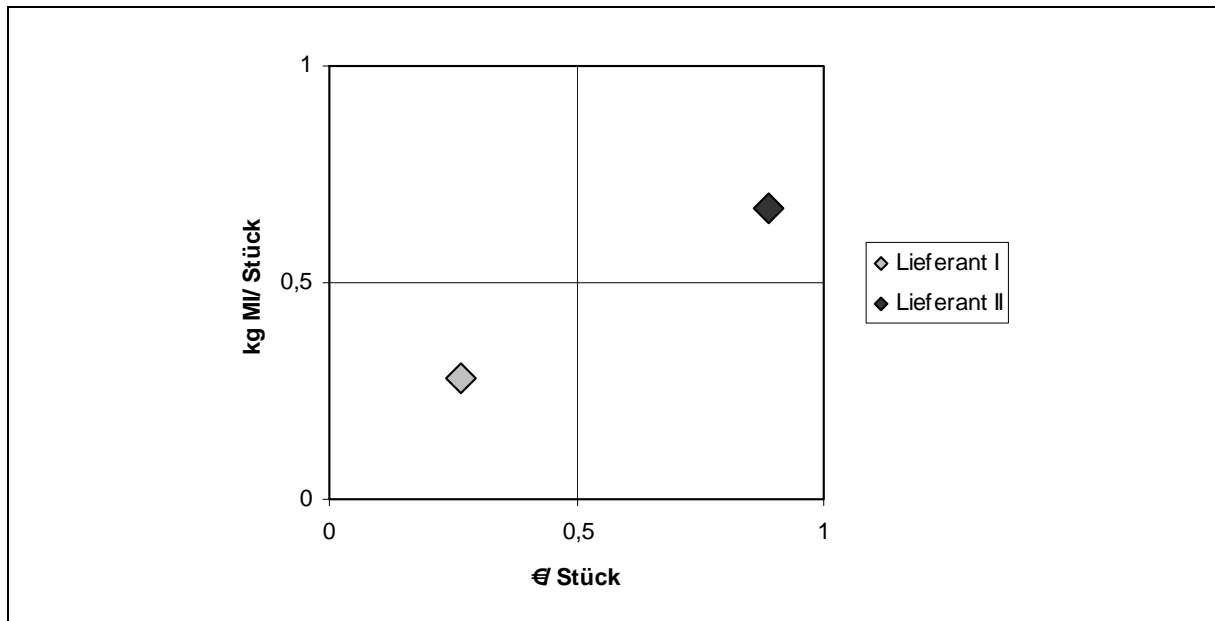


Abbildung 29: Vergleich lieferantenbezogener Umweltwirkungen und Prozesskosten im Lieferantenvergleichsportfolio

7.3.3.5 Bewertung

Durch die Anwendung des Verfahrens bei Anwender A wurde eine Grundlage für die Bewertung der von Lieferanten ausgehenden Umweltwirkungen und Prozesskosten geschaffen. Damit hat sich die Informationstransparenz in der Lieferantenbewertung erhöht.

Aus der Anwendung des Verfahrens wurde auch deutlich, dass sich Lieferanten funktionsgleicher Schlüsselkomponenten hinsichtlich ihrer Umweltwirkungen und Prozesskosten stark unterscheiden können und ihre Bewertung für Anwender A daher von großem Interesse ist.

Die Anwendung des Verfahrens am Beispiel der Schlüsselkomponente Diskettenlaufwerk erlaubt die Ermittlung lieferantenbezogener Kennzahlen zu Umweltwirkungen (gemessen in Materialinput) und Prozesskosten (gemessen in Euro), die einen direkten Vergleich von Lieferanten der Schlüsselkomponenten zulassen. Anwender A kann das Verfahren somit nutzen, um durch die gezielte Auswahl von Lieferanten Umweltwirkungen und Prozesskosten zu minimieren. Hierfür hat sich die Darstellung der Auswertung in Form des Portfoliovergleichs als praxistauglich erwiesen, da sie den direkten Vergleich zweier Lieferanten ermöglicht.

Auf die mit der Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen einhergehenden Einschränkungen in der Aussagenkraft (siehe Kap. 3.3.1.4) sowie die im Rahmen des Verfahrens getroffenen Vereinfachungen (siehe Kap. 6 und 7.3.3.1) wurde im Rahmen der Verfahrensanwendung ausführlich eingegangen. Da die Ergebnisse der Lieferantenbewertung ausschließlich unternehmensintern genutzt werden und die Richtungssicherheit²³ gegeben ist, ist die Aussagenkraft als ausreichend zu bewerten.

²³ Im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse wurden die Ergebnisse der Bewertung von Umweltwirkungen auf Basis der TMR-Werte mit denen anderer Bewertungsmethoden verglichen und keine signifikanten Abweichungen festgestellt (vgl. auch Haug (2002)).

In einer ergänzenden Rechnung wurden die Prozesskosten für die weiteren vier Schlüsselkomponenten ermittelt und dabei ein maximales Einsparpotenzial von ca. 300.000,- € an Prozesskosten errechnet. Dieses Einsparpotenzial wird sich zwar in der Realität nicht vollständig ausschöpfen lassen, da es von einem vereinfachten Liefersortiment ausgeht, es zeigt jedoch die Größenordnung der Einsparpotenziale auf. Zusätzliche Potenziale für die Anwendung des Verfahrens ergeben sich in weiteren Produktlinien und an anderen Standorten von Anwender A.

Um eine leichte, praktische Anwendung und Übertragbarkeit des Verfahrens am Standort von Anwender A zu ermöglichen, wurden die Umsetzungsphasen III und IV in Form eines MS Access®-Prototypen implementiert (siehe Anhang I, Kap. 12.9). In diesem können sowohl die Parameter für die Bewertung von Umweltwirkungen und Prozesskosten verwaltet werden als auch rückblickend über die Stückzahl der gelieferten Komponenten die angefallenen Umweltwirkungen und Prozesskosten je Lieferant ermittelt und ausgewertet werden.

Für die weitere Nutzung des Verfahrens bei Anwender A ist eine Implementierung des Prototypen im betrieblichen Informationssystem geplant. Dadurch soll zum einen eine Schnittstelle zu den im Warenwirtschaftssystem enthaltenen Liefermengen und Stückzahlen geschaffen werden und zum anderen den verschiedenen Anwendern aus dem Umweltmanagement und dem Einkauf ein einfacher Zugang zur Nutzung und Anwendung des Verfahrens ermöglicht werden.

7.4 Anwendung des Verfahrens am Beispiel eines Möbelherstellers

7.4.1 Ausgangssituation im Unternehmen

Anwender B gehört zu einer Unternehmensgruppe, die Wohn-, Küchen- und Büromöbel herstellt. Am betrachteten Standort werden heute vor allem Wohnmöbel produziert. Das Unternehmen zählt zu den Vorreitern des betrieblichen Umweltschutzes in der Holz- und Möbelbranche und verfügt seit 1993 über ein Umweltmanagementsystem nach EMAS (EG-Öko-Audit-Verordnung 1836/93).

Das wichtigste Ausgangsmaterial der Möbelproduktion von Anwender B stellen Spanplatten dar. Sie werden am zentralen Standort der Unternehmensgruppe gefertigt. Für das Umweltmanagement von Anwender B sind Fragen des produktbezogenen Umweltschutzes besonders relevant. Diese betreffen z.B. die Rohstoffauswahl für die Spanplattenproduktion. Neben regionalen Rohstoffen, z.B. Durchforstungs- und Abfallhölzern, haben in der Vergangenheit auch die in den Spanplatten verwendeten Bindemittel und Kleber eine Rolle gespielt. Darüber hinaus sind am Standort eine Vielzahl von prozessbezogenen Optimierungsmaßnahmen zur Verbesserung der Energie- und Ressourceneffizienz in der Produktion durchgeführt worden. Seit 1996 wird am Standort eine Recyclinganlage für Spanplatten betrieben, in der eigene Produktionsreste und Altspanplatten verwertet werden.

Für die Produktion der Spanplatten werden durch eine Vielzahl regionaler und überregionaler Lieferanten Holzrohstoffe am Standort angeliefert. Die Lieferanten der Holzrohstoffe erzeugen am Standort von Anwender B unterschiedliche lieferantenbezogene Prozesse z.B. in Form von Trocknung und Zerkleinerung des Holzrohstoffes. Diese Prozesse können bisher nur schwer erfasst und daher den einzelnen Lieferanten nicht zugeordnet werden. Ursachen für die variierenden lieferantenbezogenen Prozesse liegen in der Zusammensetzung, der Lagerung und dem Transport der Holzrohstoffe. In die Analyse wurden daher die von den

Lieferanten ausgehenden Prozesse sowie die durch sie verursachten Umweltwirkungen und Prozesskosten einbezogen.

7.4.2 Problemstellung und Untersuchungsziel

Um die von den lieferantenbezogenen Prozessen ausgehenden Umweltwirkungen und Prozesskosten quantifizieren zu können, benötigt Anwender B Informationen, die mit Hilfe des Verfahrens gewonnen und für die Bewertung von Lieferanten genutzt werden sollen. Auf Grundlage der gewonnenen Informationen soll eine Entscheidungsunterstützung bei der Auswahl von Lieferanten von Holzrohstoffen ermöglicht werden. Die Bewertung der Lieferanten soll zudem genutzt werden, um die Umwelt- und Kostenleistung am Standort sowie in der Lieferkette zu optimieren.

Folgende Ziele lassen sich für die Anwendung des Verfahrens bei Anwender B formulieren:

- Erfassung und Quantifizierung der lieferantenbezogenen Prozesse von Lieferanten von Holzrohstoffen,
- Erfassung der von den lieferantenbezogenen Prozessen ausgehenden Umweltwirkungen und Prozesskosten,
- Zusammenfassung der Ergebnisse in lieferantenbezogenen Kennzahlen zu Umweltwirkungen und Prozesskosten,
- Auswertung der Ergebnisse für das betriebliche Umweltmanagement und die Beschaffung von Holzrohstoffen.

7.4.3 Beschreibung der Anwendung

In den folgenden Abschnitten werden die Umsetzungsphasen und zentralen Ergebnisse der Anwendung des Verfahrens bei Unternehmen B dargestellt.

7.4.3.1 Umsetzungsphase I: Zieldefinition

In Umsetzungsphase I wurde mit der beschriebenen Problemstellung sowie dem Untersuchungsziel der Untersuchungsrahmen festgelegt.

1. Analyseziel: Ziel der Analyse ist der Vergleich von Lieferanten von Holzrohstoffen für die Spanplattenproduktion. Die Lieferanten sollten anhand der von ihnen verursachten lieferantenbezogenen Prozesse und den damit verbundenen Umweltwirkungen und Prozesskosten verglichen und bewertet werden. Die Ergebnisse der Analyse werden als lieferantenbezogene Kennzahlen zur Verfügung gestellt.
2. Funktionelle Einheit: Als funktionelle Einheit der Analyse wird 1 m³ des gelieferten Holzrohstoffes gewählt, der durch unterschiedliche Lieferanten am Standort des Anwenders B angeliefert wird.
3. Festlegung der Systemgrenzen: Für die Bewertung werden die folgenden lieferantenbezogenen Prozesse in die Analyse einbezogen:
 - Transportprozesse: Dazu werden Transportprozesse per LKW für die Lieferung des Holzrohstoffes vom Lieferanten bis zum Standort von Anwender B gezählt.
 - Vorbereitende Prozesse: Dazu werden Prozesse der Rohstoffaufbereitung in Form von Hacken, Zerspanen und Trocknen gezählt, die für die Aufbereitung der unter-

schiedlichen Holzrohstoffe notwendig sind, bevor diese als homogenes Ausgangsmaterial in die Spanplattenfertigung eingehen können.

- Nachbereitende Prozesse: Nachbereitende Prozesse in Form von Entsorgungsvorgängen wurden aufgrund der mangelnden Umwelt- und Kostenrelevanz für Anwender B nicht betrachtet.
- 4. Datenkategorien und Anforderungen an die Datenqualität: Für die Erfassung der lieferantenbezogenen Daten zu Umweltwirkungen werden inputbezogene aggregierte MIT-Werte der Kategorien abiotische Materialien, biotische Materialien und Bodenbewegung (siehe Kap. 6.3.2.2) verwendet. Für die Erfassung der lieferantenbezogenen Prozesskosten werden geschätzte Kosten herangezogen.
- 5. Beurteilung der Vergleichbarkeit: Da es sich bei der Anwendung des Verfahrens um eine vergleichende Analyse der Lieferanten von Holzrohstoffen handelt, muss die Vergleichbarkeit der betrachteten Lieferantensysteme sichergestellt sein. Durch die Anwendung der gleichen funktionellen Einheit, Systemgrenzen, Allokationsregeln, Datenqualität und Kriterien für die Wirkungsabschätzung wird die Vergleichbarkeit der Lieferantensysteme untereinander gewährleistet.

7.4.3.2 Umsetzungsphase II: Bilanzierung

Umsetzungsschritt II.1: Modellierung des Stoffstromnetzes entsprechend der Zieldefinition

Auf Grundlage des Analyseziels und Untersuchungsrahmens werden die oben genannten lieferantenbezogenen Prozesse je Lieferant und funktioneller Einheit mit Hilfe der in Anhang E (Kap. 12.5) dargestellten Modellelemente in einem Stoffstromnetz abgebildet. Wie bei Anwender A wurde auch bei Anwender B die Software Umberto® für die Modellierung des Stoffstromnetzes und die Erhebung der Daten im folgenden Schritt angewendet.

Das Stoffstromnetz der lieferantenbezogenen Prozesse für die Lieferanten von Holzrohstoffen ist in Abbildung 30 dargestellt.

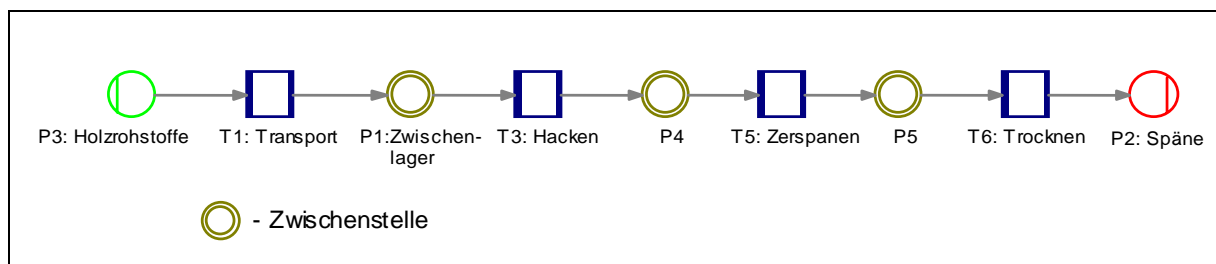


Abbildung 30: Vereinfachtes Stoffstromnetz lieferantenbezogener Prozesse für die Bewertung der Lieferanten von Holzrohstoffen (Bildschirmabzug aus Umberto®)

Umsetzungsschritt II.2: Erhebung der Stoffstrom- und Kostendaten in Form von prozessbezogenen Input-Output-Bilanzen

Basierend auf dem Stoffstromnetz aus Umsetzungsschritt II.1 wurden prozessbezogene Input-Output-Bilanzen, Kostenarten und die zur Bestimmung der Prozesskosten notwendigen Parameter der lieferantenbezogenen Prozesse erfasst. Dabei wurden die in Kap. 6.2.2.2.2 aufgeführten Input- und Outputdaten der Prozesse sowie die Kostenarten und

Parameter in der Software Umberto® als prozessbezogene Input-Output-Bilanzen bzw. Parameter von Kostenarten erfasst und die Allokationsregeln für den jeweiligen Prozess festgelegt.

Aufgrund der getroffenen Einschränkungen in Bezug auf die für Anwender B relevanten lieferantenbezogenen Prozesse (siehe Kap. 7.4.3.1) wurden für die Bewertung der von den lieferantenbezogenen Prozessen ausgehenden Prozesskosten die folgenden Kostenarten und Kostenparameter erhoben:

Tabelle 30: Relevante Kostenarten lieferantenbezogener Prozesse mit erfassbaren Kostenparametern bei Anwender B

Prozess	Kostenart K_n		Parameter KP_n
Transportprozesse	Transportkosten		Preis pro m³ [€]
Vorbereitende Prozesse	Bearbeitungskosten	Hacken/ Zerspanen	Preis pro m³ [€]
		Trocknen	Preis pro m³ [€]

Da detaillierte Produktionskosten aufgrund der starken Preiskonkurrenz in der Spanplattenproduktion für die Analyse nicht zugänglich waren, wurden die Input-Output-Daten sowie die kostenrelevanten Parameter z.T. in Absprache mit Anwender B geschätzt. Für die Schätzung wurde auch auf die Arbeiten von Schmidt (2003) und Noack (2002) zurückgegriffen, die sich ausführlich mit den Verfahrensabläufen bei Anwender B auseinandersetzen.

Umsetzungsschritt II.3: Bilanzierung des Stoffstrommodells

Die im vorangegangenen Schritt erfassten Prozessbilanzen und Kostenparameter wurden in einer Gesamtbilanz je Lieferant zusammengefasst. Diese umfasst sämtliche prozessbezogenen Input- und Outputströme sowie kostenrelevante Parameter der in Umsetzungsschritt II.1 ermittelten lieferantenbezogenen Prozesse und stellt die quantitative Datenbasis für die Bewertung der Lieferanten des Holzrohstoffes dar.

Parallel zu den Gesamtbilanzen wurden die Stoffströme des jeweiligen Gesamtmodells quantifiziert und gemäß der in Kap. 6.2.2.2.3 dargestellten tabellarischen Form erfasst.

7.4.3.3 Umsetzungsphase III: Bewertung

Teilphase III.I: Bewertung lieferantenbezogener Umweltwirkungen

Umsetzungsschritt III.I.1: Berechnung lieferantenbezogener Umweltwirkungen und Umsetzungsschritt III.I.2: Bewertung lieferantenbezogener Umweltwirkungen

Das in der Umsetzungsphase II gewonnene Stoffstrommodell bzw. die quantifizierten Stoffströme der lieferantenbezogenen Prozesse wurden für die Auswertung der Umweltwirkungen mit den entsprechenden Materialintensitätswerten multipliziert und summiert. Hierfür wurden verfügbare TMR-Werte genutzt²⁴, fehlende Werte wurden ermittelt.

Durch den Einsatz der Software Umberto® konnten die Schritte III.I.1 und III.I.2 wie auch im Fall von Anwender A zusammengefasst werden. Auch in diesem Fall wurden die TMR-Werte in der Software den Stoffströmen als Eigenschaft zugeordnet. Die Bilanzierung des Materialinputs erfolgt durch die Software auf Grundlage des Stoffstromnetzes.

Abbildung 31 zeigt die beispielhafte Auswertung zweier Lieferanten von Anwender B.

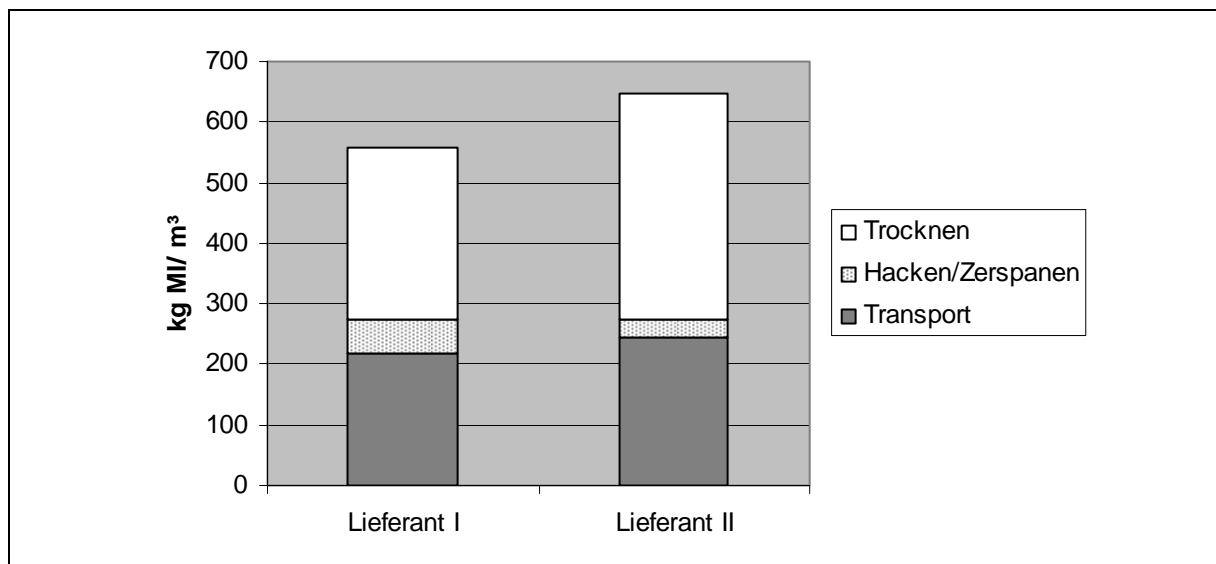


Abbildung 31: Vergleich lieferantenbezogener MI-Werte von Lieferant I und II (Holzrohstoff)

Aus der Auswertung wird deutlich, dass Lieferant I bezüglich der Umweltwirkungen besser abschneidet. Gründe dafür liegen im Wesentlichen in der unterschiedlichen Zusammensetzung des gelieferten Holzrohstoffes. Im Fall von Lieferant I besteht dieser hauptsächlich aus Industrieholz²⁵ während er im Fall von Lieferant II aus Industrierestholz²⁶ besteht. Daraus

²⁴ siehe <http://www.wupperinst.org/Projekte/mipsonline/> (Referenz vom 04.10.2005)

²⁵ Industrieholz besteht in erster Linie aus Durchforstungs- und Abfallholz. Es wird z.B. zur Herstellung von Span- und Faserplatten sowie von Faserstoffen zur Papierherstellung genutzt (Schmidt, N. 2003).

²⁶ Industrierestholz fällt als Produktionsabfall bei der Holzverarbeitung an. Es handelt es in erster Linie um unbehandeltes Holz wie Holzschnitzel, Kappholz, Schwarten und Spreißel (Schmidt, N. 2003).

resultieren verschiedene Feuchtegrade des Holzes, die einen unterschiedlichen Energieeinsatz für die Trocknung und den Transport verursachen.

Aus der Auswertung des Materialinputs der lieferantenbezogenen Prozesse resultieren die folgenden lieferantenbezogenen Kennzahlen, die in Umsetzungsschritt IV weiterverarbeitet werden.

Tabelle 31: Kennzahl der Umweltwirkungen für die Lieferanten von Holzrohstoffen

Lieferantenbezogene Kennzahl Umweltwirkungen K_U	
Lieferant I	557 kg MI/m ³
Lieferant II	648 kg MI/m ³

Teilphase III.II: Bewertung lieferantenbezogener Prozesskosten

Umsetzungsschritt III.II.1: Berechnung lieferantenbezogener Prozesskosten und Umsetzungsschritt III.II.2: Bewertung lieferantenbezogener Prozesskosten

Analog zur Teilphase III.I wurde das Stoffstrommodell bzw. die in der Gesamtbilanz erhobenen prozessbezogenen Parameter genutzt, um mit den in Umsetzungsschritt II.2 abgeschätzten Kostenarten prozessbezogene Einzelkosten zu errechnen.

Wie auch bei Anwender A wurden die Schritte III.II.1 und III.II.2 durch den Einsatz der Software Umberto® zusammengefasst. Entsprechend wurden die Kostenarten in einem Kostenplan definiert und je Kostenart die erhobenen bzw. abgeschätzten Parameter verrechnet und den entsprechenden Transitionen zugeordnet. Die Summierung erfolgte durch die Software auf Grundlage des Stoffstromnetzes.

Abbildung 32 vergleicht die mit Hilfe des Verfahrens gewonnenen lieferantenbezogenen Prozesskosten für die Lieferanten I und II je geliefertem m³ Holzrohstoff. Es wird deutlich, dass neben den Transportkosten insbesondere die Energiekosten für die Trocknung ins Gewicht fallen. Die Kosten für das Hacken und Zerspanen der unterschiedlichen Holzrohstoffe sind dagegen kaum von Relevanz. Insgesamt lässt sich zwischen den beiden Lieferanten von Holzrohstoffen ein signifikanter Unterschied von ca. 10,- € pro gelieferter Tonne Holzrohstoffe feststellen.

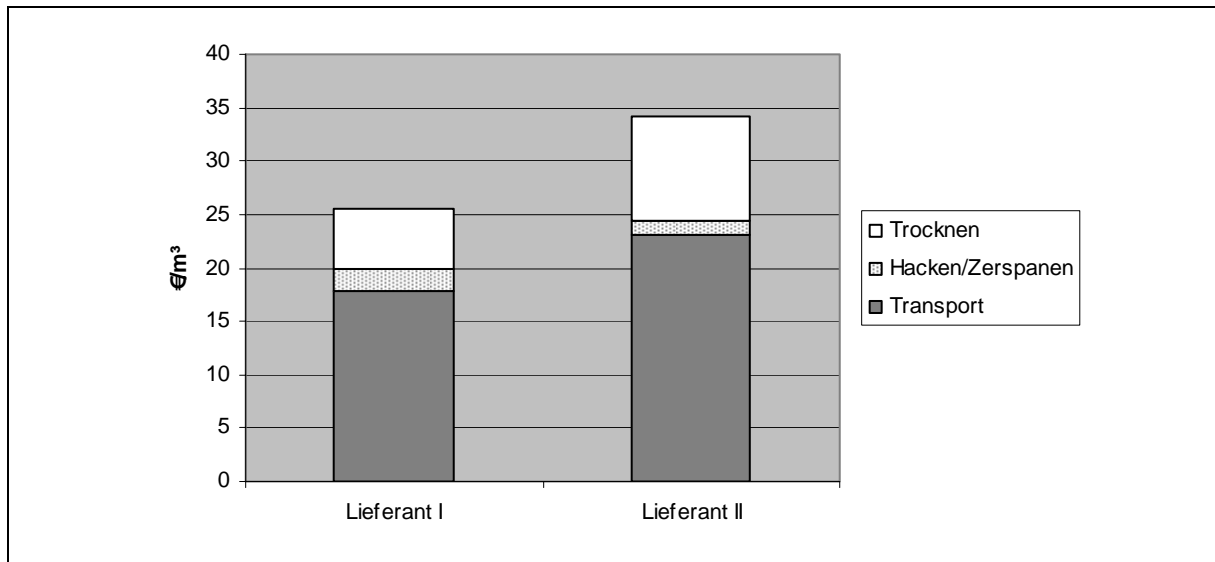


Abbildung 32: Vergleich lieferantenbezogener Prozesskosten von Lieferant I und II (Holzrohstoff)

Aus der Auswertung der Prozesskosten der lieferantenbezogenen Prozesse resultieren die folgenden lieferantenbezogenen Kennzahlen, die in Umsetzungsschritt IV weiterverarbeitet werden.

Tabelle 32: Kennzahl der Prozesskosten für die Lieferanten von Holzrohstoffen

Lieferantenbezogene Kennzahl Prozesskosten K_p	
Lieferant I	25,55 €/m³
Lieferant II	34,11 €/m³

7.4.3.4 Umsetzungsphase IV: Auswertung und Vergleich

Umsetzungsschritt IV.1: Auswertung

Umsetzungsschritt IV.2 entfällt im Falle von Anwender B. Auf eine Normierung der Kennzahlen auf die von den Lieferanten bezogenen Mengen an Holzrohstoffen wurde verzichtet, da Anwender B aufgrund der starken Konkurrenzsituation keine Daten zu absoluten Mengen zur Verfügung stellen konnte.

Umsetzungsschritt IV.2: Portfoliovergleich

In Umsetzungsschritt IV.2 wurden die in Umsetzungsphase III gewonnenen Kennzahlen zu Umweltwirkungen und Prozesskosten je funktioneller Einheit in einem Lieferantenvergleichsportfolio einander gegenüber gestellt (siehe Abbildung 33). Anwender B kann so die Lieferanten bezüglich der Kennzahlen zu Umweltwirkungen und Prozesskosten paarweise miteinander vergleichen und alternative Lieferanten von Holzrohstoffen bewerten. Aus dem Lieferantenvergleichsportfolio wird deutlich, dass Lieferant I hinsichtlich der Umweltwirkungen und der Prozesskosten die bessere Beschaffungsvariante für Anwender B darstellt. Er weist gleichzeitig die geringeren Umweltwirkungen und die geringeren Prozesskosten auf.

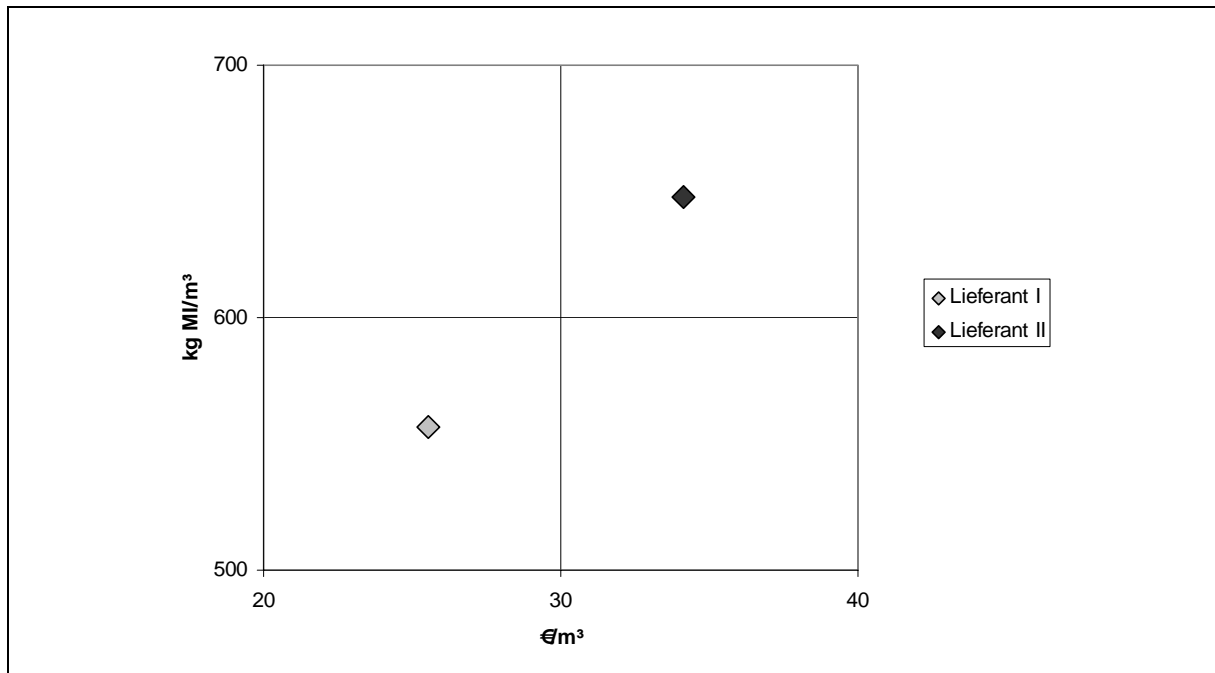


Abbildung 33: Vergleich lieferantenbezogener Umweltwirkungen und Prozesskosten im Lieferantenvergleichsportfolio

7.4.3.5 Bewertung

Durch die Anwendung des Verfahrens bei Anwender B wurde eine Grundlage für die Bewertung der von Lieferanten ausgehenden Umweltwirkungen und Prozesskosten geschaffen.

Eine exemplarische, einmalige Anwendung des Verfahrens am Beispiel zweier Lieferanten von Holzrohstoffen für die Spanplattenproduktion verdeutlicht, dass durch die ermittelten lieferantenbezogenen Kennzahlen Differenzen in den erzeugten Umweltwirkungen und Prozesskosten dargestellt werden können. Dies ermöglicht Anwender B den direkten Vergleich der von den Lieferanten ausgehenden Umweltwirkungen und Prozesskosten in einem Lieferantenvergleichsportfolio.

Anwender B kann das Verfahren somit für die Unterstützung der Lieferantenbewertung und Lieferantenauswahl nutzen und so lieferantenbezogene Umweltwirkungen sowie Prozesskosten optimieren. Entsprechende Potentiale wurden durch die exemplarische Anwendung des Verfahrens bei Anwender B identifiziert. Sowohl für die Reduzierung der Umweltwirkungen als auch der Prozesskosten gilt, dass bei vergleichbarem Rohstoffpreis eine Reduzierung des Anteils an Industrierestholz anzustreben ist.

Zwar setzt sich in der Realität der gelieferte Holzrohstoff nicht wie in dem idealtypischen Beispiel angenommen aus reinem Industrie- bzw. Industrierestholz zusammen, der ermittelte Unterschied zwischen den Idealfällen weist jedoch auf die erreichbaren Einsparpotentiale bei Umweltwirkungen und Prozesskosten hin und ermöglicht daher die Ableitung von Zielvorgaben für die Auswahl von Lieferanten.

Zusätzliche Potentiale können sich aus der Anwendung des Verfahrens auf weitere Lieferanten von Holzrohstoffen mit abweichender Rohstoffzusammensetzung ergeben. So stellt

beispielsweise Altholz²⁷ einen zunehmend wichtigen Rohstoff für die Herstellung von Spanplatten her. Lieferanten von Altholz wurden in die bisherige Analyse bei Anwender B jedoch nicht einbezogen.

Auch bei Anwender B wurde auf die mit der Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen einhergehenden Einschränkungen in der Aussagekraft (siehe Kap. 3.3.1.4) sowie die im Rahmen des Verfahrens getroffenen Vereinfachungen (siehe Kap. 6 und 7.4.3.1) ausführlich eingegangen. Da die Ergebnisse der Lieferantenbewertung für den einmaligen Vergleich von Lieferanten unternehmensintern genutzt werden und auch in diesem Fall die Richtungssicherheit²⁸ gegeben ist, ist die Aussagekraft als ausreichend zu bewerten.

7.5 Zusammenfassung

Die praktische Anwendung hat gezeigt, dass auf Grundlage des Verfahrens bei Anwender A und B eine deutlich verbesserte Informationstransparenz hinsichtlich der von Lieferanten verursachten Umweltwirkungen und Prozesskosten erreicht wurde.

Diese wurde vor allem durch die folgenden Verfahrensschritte möglich:

- Erfassung lieferantenbezogener Prozesse: Das Verfahren hat eine Erfassung und Beschreibung der lieferantenbezogenen Prozesse bei Anwender A und B ermöglicht und hat diese damit einer Bewertung zugänglich gemacht.
- Bewertung und Vergleich: Die Anwendung des Verfahrens hat in beiden Fällen demonstriert, dass mit seiner Hilfe signifikante Einspar- und Optimierungspotentiale bei den lieferantenbezogenen Umweltwirkungen und Prozesskosten aufgezeigt werden konnten. Darüber hinaus hat sich der Vergleich der lieferantenbezogenen Kennzahlen im Lieferantenvergleichsportfolio als praxisgerechte Entscheidungsunterstützung erwiesen.
- Integration der Ergebnisse in die bestehende Lieferantenbewertung: Die Reduktion der Bewertungsergebnisse auf die beiden lieferantenbezogenen Kennzahlen K_U und K_P ermöglicht die Integration der Ergebnisse in existierende Ansätze der Lieferantenbewertung. Dies hat insbesondere die Umsetzung bei Anwender A gezeigt, der die Kennzahlen im Rahmen verschiedener Auswertungen des Umwelt- und Qualitätsmanagements sowie der Lieferantenbewertung nutzen wird.

Beide Anwendungsfälle machen deutlich, dass der Initialaufwand für die Einführung des Verfahrens durch den Einsatz einer Software zur Unterstützung der Stoffstromanalyse gesenkt werden kann. Bei beiden Anwendern kam in Umsetzungsphase II daher die Software Umberto® zum Einsatz.

²⁷ Altholz besteht im Wesentlichen aus Holzbauteilen, -produkten und -materialien aus Gebäudeabrüchen, Umbauten, Renovierungen, etc.. Es kann naturbelassen, behandelt oder beschichtet sein (Schmidt, N. 2003).

²⁸ Im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse wurden auch bei Anwender B die Ergebnisse der Bewertung von Umweltwirkungen auf Basis der TMR-Werte mit denen anderer Bewertungsmethoden verglichen und keine signifikanten Abweichungen festgestellt (vgl. Schmidt (2003)).

8 Bewertung der Ergebnisse aus der Anwendung des Verfahrens

8.1 Evaluation

Durch die im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführten Untersuchungen zur Bewertung der von lieferantenbezogenen Prozessen ausgehenden Umweltwirkungen und Prozesskosten wurden wichtige neue Erkenntnisse für die Bewertung von Lieferanten gewonnen. Diese werden im Folgenden entsprechend der in Kap. 5 formulierten Anforderungen sowie der in Kap. 7 gewonnenen Erfahrungen aus der Anwendung dargestellt.

Anforderungen an die Erfassung und Modellierung lieferantenbezogener Prozesse

Anhand der Anwendung in zwei Unternehmen konnte gezeigt werden, dass Lieferanten im Unternehmen sowie in den vorgelagerten Lieferantenketten Prozesse induzieren, die mit Umweltwirkungen und Prozesskosten verbunden sind. Diese sog. lieferantenbezogenen Prozesse werden durch bestehende Verfahren der Lieferantenbewertung nur unzureichend abgebildet und quantifiziert und sind daher bisher nicht Gegenstand der Bewertung.

Die Analyse der lieferantenbezogenen Prozesse in einem stoffstromorientierten Modell (siehe Kap. 6.2) ermöglicht zum einen die systematische Erfassung der Prozesse und schafft gleichzeitig die für die Bewertung der Umweltwirkungen und der Prozesskosten notwendige Datenbasis.

Mit der beispielhaften Anwendung in den beiden Unternehmen konnte gezeigt werden, dass die Modellierung der lieferantenbezogenen Prozesse den formulierten Anforderungen hinsichtlich Realitätsnähe, Konsistenz, Relevanz und Branchenunabhängigkeit genügt. Die Anwendung zeigt auch, dass durch die im Rahmen der Modellbildung erfolgende Vereinfachung und Abstraktion die realen Prozesse im Unternehmen hinreichend genau erfasst und lohnenswerte Optimierungspotentiale identifiziert werden können.

Wie sich im Falle der beiden Unternehmen gezeigt hat, kann die erste Anwendung der Modellierung zwar mit Aufwand verbunden sein und mehrere Iterationsschritte verlangen, um zu einem realistischen Abbild zu gelangen. Der Aufwand kann jedoch bei der wiederholten Anwendung erheblich gesenkt und, wie die Beispiele zeigen, zudem durch den zusätzlichen Einsatz von Software zur Stoffstrommodellierung unterstützt werden.

Anforderungen an die quantitative und integrierte Bewertung von Umweltwirkungen und Kosten

Die Anwendung des Verfahrens in den beiden Beispielunternehmen hat gezeigt, dass auf Grundlage der vereinfachten Ökobilanz und des MIPS-Konzepts mit vertretbarem Aufwand richtungssichere Ergebnisse zur Bewertung der von den lieferantenbezogenen Prozessen ausgehenden Umweltwirkungen erlangt werden. Gleiches gilt für die Erfassung und Bewertung der lieferantenbezogenen Prozesskosten. Durch die Erfassung prozessbezogener Kostenparameter können diese mit zu ermittelnden Kostensätzen verrechnet werden.

Der Einsatz der Stoffstromanalyse in der Phase der Bilanzierung (siehe Kap. 6.2) erleichtert zum einen die Strukturierung und Quantifizierung der prozessbezogenen Umweltwirkungen und Prozesskosten und schafft zum anderen die Grundlage für eine Bewertung lieferantenbezogener Prozesse in einem gemeinsamen Modell. Die Stoffstromanalyse unterstützt so eine integrierte Sicht auf die lieferantenbezogenen Prozesse und deren Optimierung unter Umwelt- und Kostenaspekten.

Durch die Zusammenfassung der Bewertungsergebnisse in lieferantenbezogenen Kennzahlen zu Umweltwirkungen und Prozesskosten können die Ergebnisse der Lieferantenbewertung leicht im paarweisen Vergleich in Form eines Lieferantenvergleichsportfolios einander gegenüber gestellt bzw. in bestehende Lieferantenbewertungssysteme integriert werden. Die getroffenen Vereinfachungen sowie die Zusammenfassung der Ergebnisse in Kennzahlen erleichtern zudem eine regelmäßige Anwendung des Verfahrens.

Anforderungen an die Anwendbarkeit des Verfahrens

Die Umsetzbarkeit des Verfahrens wurde durch seine Anwendung in den beiden Beispielunternehmen demonstriert. Dabei hat insbesondere die Umsetzung bei Anwender A gezeigt, dass das Verfahren auch über die einmalige Bewertung von Lieferanten hinaus für die regelmäßige und wiederkehrende Bewertung wechselnder Lieferanten eingesetzt und durch die Einbettung z.B. in bestehende Verfahren der Lieferantenbewertung effizient genutzt und angewendet werden kann.

In Bezug auf die Benutzerorientierung konnte gezeigt werden, dass das Verfahren in hohem Maße an unternehmensspezifische Rahmenbedingungen anpassbar ist und durch die Zusammenfassung der Ergebnisse in Form lieferantenbezogener Kennzahlen und Lieferantenvergleichsportfolios anschauliche Auswertungen der von den Lieferanten ausgehenden Umweltwirkungen und Prozesskosten möglich sind.

Eine Zusammenfassung der in Kap. 5 dargestellten Anforderungen an das Verfahren sowie der relative Grad ihrer Erfüllung bei den beiden Anwendern ist in der folgenden Tabelle 33 dargestellt.

Tabelle 33: Zusammenfassung der Anforderungen und ihr relativer Grad der Erfüllung bei den Anwendern

Anforderungen			Realisierung bei	Anwender A	Anwender B
Erfassung und Modellierung von Prozessen	Realitätsnähe			●	◐
	Konsistenz			●	●
	Relevanz			●	●
	Branchenunabhängigkeit			●	●
Quantitative, integrierte Bewertung	Richtungssicherheit der Bewertung			●	●
	Vereinfachung der Bewertung			◐	◐
	Integrierbarkeit der Bewertungsergebnisse			●	●
Anwendbarkeit	Umsetzbarkeit			●	●
	Benutzerorientierung	Anpassbarkeit		●	◐
		Effizienz		◐	◐
		Anschaulichkeit		●	●

Legende: Anforderung ● - vollständig erfüllt, ◐ - teilweise erfüllt

8.2 Diskussion

Die Ergebnisse aus der Anwendung des Verfahrens lassen den Rückschluss zu, dass das Verfahren in der Praxis anwendbar ist und die Ergebnisse für die Anwender relevant sind. Damit sind die in der Zielsetzung (Kap. 2.1), in der Entwicklung des Verfahrensansatzes (Kap. 4) und in den Anforderungen (Kap. 5) formulierten Voraussetzungen weitestgehend erfüllt worden. Einige ausgewählte, das Verfahren und seine Umsetzung betreffende Punkte werden in den folgenden Abschnitten kritisch überprüft:

Aufwand für die Durchführung des Verfahrens

Die Anwendung des Verfahrens hat gezeigt, dass die Durchführung, besonders die Modellierung lieferantenbezogener Prozesse, sowie die Bewertung der lieferantenbezogenen Umweltwirkungen mit Aufwand verbunden ist. Dies gilt insbesondere für eine erstmalige Durchführung des Verfahrens, da bei den Anwendern nicht von einer Routine bei der Identifizierung und Erfassung der bis dahin unbekannten lieferantenbezogenen Prozesse ausgegangen werden kann. Diese Situation verbessert sich dagegen bei einer zweiten oder mehrfachen Durchführung des Verfahrens, da existierende Stoffstrommodelle genutzt und angepasst werden können.

Durch den Einsatz von Software zur Modellierung und Bilanzierung von Stoffströmen kann die Phase II der Bilanzierung und die Phase III der Bewertung durch die strukturierte Modellierung und Erfassung von Daten unterstützt und effizienter gestaltet werden. Im Falle der beiden Anwendungen kam hierfür die Software Umberto® zum Einsatz.

Ein grundsätzlicher Konflikt zwischen dem für eine aussagekräftige Bewertung notwendigen zeitlichen Aufwand und den mit der Bewertung verbundenen Potentialen zur Einsparung von Umweltwirkungen und Kosten bleibt damit bestehen und muss fallweise geklärt werden. Die bei den Anwendern aufgedeckten Potentiale machen jedoch deutlich, dass es sich bei den durch Lieferanten verursachten Umweltwirkungen und Prozesskosten um signifikante und optimierungswürdige Mengen handeln kann.

Aussagekraft der Bewertung von Umweltwirkungen

Die Bewertung von Umweltwirkungen ist, wie aus den Kapiteln 3.2, 3.3 und 3.4 deutlich wurde, ein methodisch umstrittenes Feld. In der wissenschaftlichen Literatur findet sich neben einer Vielzahl von Methoden und Bewertungsansätzen eine intensive Diskussion über die Aussagekraft derselben (siehe z.B. Jensen et al. (1997) oder Schaltegger und Burritt (2000)).

Für das vorliegende Verfahren wurde das inputbezogene, stark vereinfachende MIPS-Konzept genutzt, das mit Einschränkungen hinsichtlich seiner Aussagekraft z.B. in Bezug auf Toxizität und andere Wirkungsparameter verbunden ist (siehe Kap. 3.4.2). Diese vereinfachte Form der Wirkungsbewertung wurde bewusst gewählt, um die praktische Anwendbarkeit der Bewertung im Unternehmen zu verbessern. Nach den Erfahrungen bei den beiden beschriebenen Anwendern ist dies dann der Fall, wenn die benötigten Wirkungsindikatoren in Form von MIT-Werten existieren bzw. rasch abgeschätzt werden können und nicht von Grund auf neu ermittelt werden müssen.

Der grundsätzliche Konflikt zwischen den konkurrierenden Ansätzen zur Bewertung von Umweltwirkungen kann in dieser Arbeit nicht gelöst werden. Die große Anzahl von Anwendungen der MIT-Werte (Ritthoff et al. 2002) weist jedoch auf deren praktische Relevanz und

Anwendbarkeit im Unternehmen hin und lässt die Aussagekraft der Ergebnisse im Vergleich zu anderen Bewertungsmethoden als ausreichend genau und richtungssicher erscheinen²⁹. Der Nutzen des vorliegenden Verfahrens liegt aus Sicht der Bewertung von Umweltwirkungen daher in den Informationen zur Materialintensität bzw. zur Ressourcenintensität, die das Unternehmen über seine Lieferanten erhält.

Überschneidungen zwischen Betriebs- und Produktbilanz

Das entwickelte Verfahren ist weder ein reines Standort- noch ein reines Produktbilanzierungsverfahren. Durch seine Orientierung an lieferantenbezogenen Stoffströmen werden lebenszyklusweite Umweltwirkungen insbesondere aus den vorgelagerten Lebensphasen in die Analyse einbezogen. Im Rahmen der Bewertung von Umweltwirkungen lieferantenbezogener Prozesse werden somit Daten und Informationen erfasst, die im Rahmen einer Produktökobilanz genutzt werden können. Die alleinige Anwendung des Verfahrens erlaubt jedoch noch keine Aussagen zu produktbezogenen Umweltwirkungen, da mit ihm nicht die lebenszyklusweiten produktbezogenen Umweltwirkungen erfasst werden.

Gleiches gilt für die Bilanzierung der lieferantenbezogenen Prozesskosten. Das Verfahren erfasst zwar die am Unternehmensstandort erzeugten Prozesskosten, bezieht jedoch auch die Transportkosten in die Analyse ein. Entscheidend für die Bilanzierung der durch die lieferantenbezogenen Prozesse erzeugten Prozesskosten ist jedoch weniger die Abgrenzung zwischen standort- oder produktbezogener Betrachtung als vielmehr die Möglichkeit für das Unternehmen, die anfallenden Prozesskosten zu beeinflussen.

²⁹ Bei beiden Anwendern wurden die Ergebnisse der Bewertung von Umweltwirkungen einer Sensitivitätsanalyse unterzogen (siehe Kap. 7.3.3.5 und 7.4.3.5), dabei konnten keine signifikanten Abweichungen zu anderen Bewertungsmethoden festgestellt werden.

9 Zusammenfassung und Ausblick

9.1 Zusammenfassung

Das Ziel dieser Arbeit bestand in der Entwicklung eines Verfahrens, das durch die gezielte Anpassung und Zusammenführung bestehender Ansätze zur Bewertung von Umweltwirkungen und Prozesskosten in einem schrittweisen Vorgehen die Analyse und Bewertung von Lieferanten ermöglicht. Gemäß der Zielstellung soll das Verfahren die durch Lieferanten in einem Unternehmen erzeugten Prozesse und deren Auswirkungen in Form von Umweltwirkungen und Prozesskosten erfassbar und bewertbar machen sowie schließlich die Ergebnisse als lieferantenbezogene Kennzahlen zusammenfassen.

Aus der Analyse existierender Ansätze zur Bewertung von Lieferanten und Umweltwirkungen durch Unternehmen (siehe Kap. 3) sowie den daraus abgeleiteten Einflussfaktoren und Defiziten wurde deutlich, dass lieferantenbezogene Prozesse ein wichtiges Optimierungspotential zur Reduzierung der von Lieferanten ausgehenden Umweltwirkungen und Prozesskosten darstellen, das bisher nicht ausreichend erfasst werden kann. Gründe dafür liegen zum einen in fehlenden Ansätzen zur Identifizierung und strukturierten Erfassung von lieferantenbezogenen Prozessen und zum anderen in der fehlenden praxisgerechten Integration von Ansätzen zur Bewertung von Umweltwirkungen und Prozesskosten.

In dem entwickelten Verfahren wird der Ansatz der Stoffstromanalyse für die Erfassung lieferantenbezogener Prozesse genutzt und mit einer vereinfachten Bewertung von Umweltwirkungen durch das MIPS(Materialinput pro Serviceeinheit)-Konzept sowie der Bewertung von Prozesskosten kombiniert. Durch das Verfahren werden lieferantenbezogene Kennzahlen zu Umweltwirkungen und Prozesskosten erzeugt, die in einem Lieferantenvergleichsportfolio miteinander verglichen werden.

Aufgrund seiner Ausrichtung auf die Analyse potentieller Auswirkungen von Produktionstätigkeiten auf die ökologische Umwelt kann das Verfahren der objektorientierten Produktionsforschung zugeordnet werden (siehe Kap. 4).

Aus Sicht der Bewertung von Umweltwirkungen handelt es sich bei dem vorliegenden Verfahren um einen quantitativen, inputorientierten Ansatz (siehe Kap. 3.3.1.4). Sein Nutzen liegt in der Gewinnung lieferantenbezogener Informationen zur Material- bzw. zur Ressourcenintensität, die für eine Bewertung lieferantenbezogener Umweltwirkungen genutzt werden. Durch die Orientierung an lieferantenbezogenen Stoffströmen beinhaltet das Verfahren einen fließenden Übergang von der Betriebs- zur Produktbilanz, d.h., dass die Ergebnisse des Verfahrens auch als Bestandteil einer Produktbilanz genutzt werden können.

Aus Sicht der Lieferantenbewertung trägt das Verfahren durch die Ermittlung quantitativer Kennzahlen zur Bewertung der Lieferantenleistung bei (siehe Kap. 3.1.1).

Durch die Anwendung des Verfahrens in zwei Unternehmen konnte gezeigt werden, dass die schrittweise Vorgehensweise geeignet ist, um lieferantenbezogene Prozesse zu erfassen und sie für eine Bewertung nutzbar zu machen. Die Anwendungen zeigen zudem, dass durch das Verfahren signifikante Potentiale zur Optimierung von Umweltwirkungen und Prozesskosten bei den jeweiligen Lieferanten transparent gemacht werden können.

Am Beispiel der zwei Anwender wurde deutlich, dass die Zusammenfassung der Bewertungsergebnisse in Kennzahlen und der Vergleich von Lieferanten in Portfolien für eine effiziente und praxisgerechte Auswertung sorgen. Die integrierte und parallele Bewertung

von lieferantenbezogenen Umweltwirkungen und Prozesskosten sowie die aggregierte Form der Auswertung machen die Ergebnisse für im Unternehmen bestehende Ansätze der Lieferantenbewertung anschlussfähig.

9.2 Ausblick

Der wachsende Trend zur verteilten und globalisierten Produktion lässt in den kommenden Jahren auf eine weiter steigende Bedeutung von Lieferanten schließen. Mit der zunehmenden Auslagerung von großen Teilen der Produktion, insbesondere vorgelagerten Phasen der Wertschöpfung in das Ausland, werden Lieferanten auch zukünftig stark an Bedeutung gewinnen. Vor allem bei rasch wechselnden Lieferantenbeziehungen, wie beispielsweise in der Konsumgüterindustrie, ist daher mit entsprechenden Optimierungspotentialen in den Lieferantenketten zu rechnen, da aufgrund von kurzfristigen Lieferbeziehungen meist ausschließlich die Optimierung des Produktpreises im Vordergrund steht.

Eine umfassende und aussagekräftige Bewertung von Lieferanten, das hat der Überblick zum Stand der Lieferantenbewertung in Kap. 3.1 gezeigt, muss neben dem Preis eine Vielzahl von quantitativen und qualitativen Faktoren einbeziehen und vor allem auch die durch Lieferanten hervorgerufenen Prozesse mit deren Kosten berücksichtigen. Die Einbeziehung lieferantenbezogener Prozesse stellt eine Voraussetzung einer solchen umfassenden Bewertung dar. Die durch das Verfahren gewonnene Kostenkennzahl eröffnet zudem auch Anschlussmöglichkeiten an die Bewertung der Logistikleistung. Sie kann beispielsweise zur Ermittlung der mittleren Kosten pro Wareneingangsposition genutzt werden (siehe dazu auch die in der VDI 4400 (VDI-4400 2001) vorgeschlagene Kennzahlenstruktur für die Erhebung von Logistikkennzahlen in der Beschaffung).

Vergleichbar ist die Situation für die Bewertung der von Lieferanten ausgehenden Umweltwirkungen (siehe Kap. 3.2). Die Zunahme produktintegrierter Regelungen des Umweltschutzes und die Bedeutung von Logistikprozessen als Verursacher von Umweltwirkungen machen eine Bewertung der von den Lieferanten ausgehenden Umweltwirkungen zu einem wichtigen unternehmerischen Ziel.

Die existierenden Ansätze der Lieferantenbewertung tragen dieser Entwicklung noch nicht ausreichend Rechnung. Von wenigen Ausnahmen abgesehen (vgl. z.B. die Cost-Ratio-Methode oder das Total-Cost-Supplier-Selection-Model) gibt es keine Ansätze, die eine prozessbezogene Bewertung von Lieferanten unterstützen oder eine integrierte Bewertung von Umweltwirkungen und Kosten von Lieferanten ermöglichen. Zudem steht die durch umfassende Bewertungsansätze gewonnene Informationstransparenz in Widerspruch zu dem hohen, mit der Bewertung verbundenen Aufwand.

Aus diesem Missverhältnis ergibt sich ein großer Bedarf für Forschung und Industrie. Für die Forschung resultiert daraus, dass die Verknüpfung vereinfachender Bewertungsverfahren, die eine gleichzeitige Bewertung der von Lieferanten ausgehenden Umweltwirkungen und Kosten erlauben, vorangetrieben werden muss. Aus Sicht der Bewertung von Umweltwirkungen muss insbesondere gesichert sein, dass die vereinfachenden Ansätze Richtungssicherheit gewährleisten, also nicht zu einer fehlerhaften Bewertung führen, indem sie z.B. wesentliche Umweltaspekte außer Acht lassen. In diesem Zusammenhang könnten für zukünftige Forschungsarbeiten die laufenden Arbeiten zur Standardisierung von Ökobilanzierungsdaten ein viel versprechender Ansatz sein (siehe Kap. 3.3.1.2), da sie den mit der Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen verbunden Aufwand reduzieren können.

Aus Sicht der Industrie stehen die Vereinfachung der Bewertungsansätze und die verstärkte Integration der verschiedenen Bewertungskriterien im Vordergrund. Gerade in Branchen mit häufig wechselnden Lieferantenbeziehungen ist die effiziente Anwendung eines Bewertungsansatzes eine wichtige Voraussetzung für dessen regelmäßigen Einsatz. Methodisch gesehen sind hier auch die Integration der Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen in die Ansätze des Supply-Chain-Management und des Performance-Measurement denkbar.

10 Abstract

Industrial production is facing the accelerated outsourcing of production processes to both local and international suppliers. For producing companies, this leads to an increase in the volume of purchased goods and to a growing complexity of supplier relationships.

Seen from a company's perspective, these effects can often lead to new processes and costs caused by suppliers at a company's production site. But suppliers and supply chains, especially because of transportation process, are also responsible for remarkable environmental effects that are the subject of political reduction aims.

The objective of this thesis was therefore to develop an approach for the identification and assessment of supplier-related processes in terms of their environmental and financial impacts in industrial companies. For this purpose existing approaches for environmental impact assessment and process cost accounting were adapted and combined with the method of material flow analysis in a multi-phase approach. The approach draws upon aggregated supplier-related indicators on environmental impacts and process costs which can be integrated easily into a company's existing supplier assessment routine.

The thesis first reflects and analyses the state of the art in supplier assessment and environmental impact assessment. It shows that existing methods and approaches of supplier and environmental impact assessment have the following deficits:

- They do not sufficiently support the identification and evaluation of supplier-related processes in producing companies.
- They do not support the efficient quantification and assessment of environmental impacts and process costs stemming from supplier-related processes.
- The existing approaches of environmental impact assessment are costly and labour-intensive and therefore not suitable for practical use in supplier assessment.
- The existing methods of supplier assessment do not unite environmental impact assessment and process cost accounting in an integrated approach.

In a second step, the described deficits are transformed into requirements for a combined approach for the identification and assessment of supplier-related processes and their environmental and financial impacts.

Deficits and requirements form the background for the development of a procedure that uses material flow analysis for the identification and evaluation of supplier-related processes. The supplier-related processes are then assessed according to their environmental impacts by means of the MIPS-concept³⁰ and process cost accounting. The resulting multi-phase procedure follows the structure of a simplified Life Cycle Assessment (LCA) and leads to supplier-related key indicators on environmental impacts and process costs that are compared in a so-called supplier comparison portfolio.

Because of its focus on the analysis of the potential impacts of production on the environment, the procedure can be classified as an object-oriented approach of production research

³⁰ The MIPS(Material Intensity per Service Unit)-concept was developed by the Wuppertal Institute and is one of several Life Cycle Impact Assessment (LCIA) methods (see especially Schmidt-Bleek (1998)).

(Spur 1994). Seen from the perspective of environmental impact assessment, the procedure is a quantitative, input-oriented approach which benefits producing companies by compiling information on supplier-related material and resource intensity. Seen from the perspective of supplier assessment, the procedure is a quantitative, key-figure-oriented approach for the assessment of supplier performance.

By applying the procedure in two producing companies from the consumer goods industry, it could be shown that the approach is suitable for identifying supplier-related processes and making them accessible for assessment purposes. The application also made evident that the procedure can identify significant potentials for the reduction of environmental impacts and costs related to suppliers. The aggregated key indicators proved to be particularly suitable for practical use in companies and for integration into existing supplier assessment approaches. The supplier-related process cost key indicator can e.g. be used to identify logistics and purchasing costs (see also (VDI-4400 2001)).

A restriction of the developed procedure can be seen in its limited capability to convey the complexity of environmental impacts. Environmental impact assessment is still far from standardisation, largely due to the complexity of the required inventory data. Its application in producing companies requires a reduction of complexity. Therefore, further research should be conducted on the efficient use of environmental impact assessment and its integration in the standard business routines of producing companies, taking both the accuracy of results and applicability into account. The approach for environmental impact assessment chosen in this thesis focuses on material intensity and for that reason allows no judgement on other important environmental effects caused by suppliers (e.g. toxicity). In contrast, its strength lies in its applicability for producing companies.

11 Quellen

2000/53/EG (2000): Richtlinie 2000/53/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. September 2000 über Altfahrzeuge - Erklärung der Kommission, Amtsblatt der Europäischen Union (L 269): S. 34 - 43, Brüssel (Belgien)

2002/96/EG (2002): Richtlinie 2002/96/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. Januar 2003 über Elektro- und Elektronik-Altgeräte - Gemeinsame Erklärung des Europäischen Parlaments, des Rates und der Kommission zu Artikel 9, Amtsblatt der Europäischen Union (L 037): S. 24 - 39, Brüssel (Belgien)

2003/87/EG (2003): Richtlinie 2003/87/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 2003 über ein System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten in der Gemeinschaft und zur Änderung der Richtlinie 96/61/EG des Rates, Amtsblatt der Europäischen Union (L 275): S. 32 - 46, Brüssel (Belgien)

Abel, D. (1990): Petri-Netze für Ingenieure - Modellbildung und Analyse diskret gesteuerter Systeme, Springer Verlag, Berlin u.a.

Atik, A. (2001): Entscheidungsunterstützende Methoden für die Entwicklung umweltgerechter Produkte, Dissertation, Fachbereich Maschinenbau, Technische Universität zu Darmstadt, Shaker Verlag, Aachen

BDI (2004): Kostendruck immer stärkeres Motiv für Auslandsinvestitionen, BDI-Außenwirtschaftsbarometer, 5. Oktober 2004, Bund Deutscher Industrie, Berlin

Beucker, S., Lang, C. (2003): Improving environmental cost and impact assessment for supplier evaluation, in: Gupta, S. M. (Hrsg.): Environmentally Conscious Manufacturing III, SPIE- The International Society for Optical Engineering Providence, Volume 5262, Rhode Island (USA)

BMU, UBA (1996): Handbuch Umweltkostenrechnung, Bundesministerium für Umwelt, Umweltbundesamt (Hrsg.), Verlag Franz Vahlen, München

BMU, UBA (2001): Handbuch Umweltcontrolling, Bundesministerium für Umwelt, Umweltbundesamt (Hrsg.), 2. Auflage, Verlag Vahlen, München

Braunschweig, A., Müller-Wenk, R. (1993): Ökobilanzen für Unternehmungen. Eine Wegleitung für die Praxis, Verlag Paul Haupt, Bern (Schweiz)

Bullinger, H.-J., Beucker, S. (2000): Stoffstrommanagement und Betriebliche Umweltinformationssysteme (BUIS) liefern neue Impulse für das Umweltcontrolling, in: Bullinger, H.-J., Beucker, S. (Hrsg.): Stoffstrommanagement - Erfolgsfaktor für den betrieblichen Umweltschutz, Tagungsband zum 3. Management-Symposium Produktion und Umwelt, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart

Bullinger, H.-J., Lott, C.-U. (1997): Target Management. Unternehmen zielorientiert gestalten und ergebnisorientiert führen, Campus Verlag, Frankfurt a.M.

Bund (2002): Perspektiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung, Regierung der Bundesrepublik Deutschland, Berlin

Christiansen, K. (1997): Simplifying LCA: Just a Cut?, Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) Europe, Brüssel (Belgien)

Clausen, J., Rubik, F., Keil, M., Konrad, W. (2004): Die Auswirkungen einer Integrierten Produktpolitik auf die Wettbewerbsfähigkeit mittelständischer Unternehmen, Diskussionspapier des IÖW, Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, Berlin

Dewulf, W., Duflou, J. (2003): Simplifying LCA Using Indicator Approaches - A Framework, 10th CIRP seminar on life cycle engineering in Copenhagen, Department of Manufacturing Engineering and Management, Technical University of Denmark, Kopenhagen (Dänemark)

DIN-66001 (1983): DIN 66001: Informationsverarbeitung Sinnbilder und ihre Anwendung, Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag, Berlin

DIN-EN-ISO-14001 (2001): DIN EN ISO 14001: Umweltmanagementsysteme - Spezifikation mit Anleitung zur Anwendung, Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag, Berlin

DIN-EN-ISO-14031 (2000): DIN EN ISO 14031:Umweltmanagement - Umweltleistungsbewertung - Leitlinien, Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag, Berlin

DIN-EN-ISO-14040 (1997): DIN EN ISO 14040: Umweltmanagement - Ökobilanz - Prinzipien und allgemeine Anwendungen, Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag, Berlin

DIN-EN-ISO-14041 (1998): DIN EN ISO 14041: Umweltmanagement - Ökobilanz - Festlegung des Ziels und des Untersuchungsrahmens sowie Sachbilanz, Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag, Berlin

DIN-EN-ISO, 14042 (2000): DIN EN ISO 14042: Umweltmanagement - Ökobilanz - Wirkungsabschätzung, Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag, Berlin

DIN-EN-ISO, 14043 (2000): DIN EN ISO 14043: Umweltmanagement - Ökobilanz - Auswertung, Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag, Berlin

Dyckhoff, H. (1994): Betriebliche Produktion, Theoretische Grundlagen einer umweltorientierten Produktionswissenschaft, 2. verbesserte Auflage, Springer Verlag, Berlin u.a.

Econsense (2004): Forum Nachhaltige Entwicklung der Deutschen Wirtschaft: Nachhaltige Integrierte Produktpolitik, Statuspapier Oktober 2004, Econsense - Forum Nachhaltige Entwicklung der Deutschen Wirtschaft e. V., Berlin

Elsener, B., Steger, U. (2000): Perspektiven für die Weiterentwicklung von Umweltmanagementsystemen. in: Bundesumweltministerium, Umweltbundesamt (Hrsg.): Umweltmanagementsysteme Fortschritt oder heiße Luft?, Frankfurter Allgemeine Buch, Frankfurt a.M.

EMAS-II (2001): Verordnung (EG) Nr. 761/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. März 2001 über die freiwillige Beteiligung von Organisationen an einem Gemeinschaftssystem für das Umweltmanagement und die Umweltbetriebsprüfung (EMAS). Amtsblatt der Europäischen Union (L 114/1), Brüssel (Belgien)

Ernst, A. (1995): Methoden im Beschaffungsmarketing, Bd.12, Fördergesellschaft Produkt-Marketing e.V., Köln

EU (1993): European Community Program of Policy and Action in Relation to the Environment and Sustainable Development, Fifth EC Environmental Action Programme, European Union, Commission of the European Community - Directorate General XI, Environment, Nuclear Safety and Civil Protection, Brüssel (Belgien)

EU (1999): Bulletin EU 6-1999 Erklärung von Rio de Janeiro, European Union.
<http://europa.eu.int/abc/doc/off/bull/de/9906/p000448.htm> (Referenz vom 04.10.2005)

Eversheim, W. (1996): Organisation in der Produktionstechnik, Band 1 Grundlagen, 3. neu bearbeitete und erweiterte Auflage, VDI Verlag, Düsseldorf

Fichter, K. (1995): Die EG-Öko-Audit-Verordnung, Carl Hanser Verlag, München u.a.

Fichter, K., Loew, T., Seidel, E. (1997): Betriebliche Umweltkostenrechnung. Methoden und praxisgerechte Weiterentwicklung, Springer Verlag, Berlin u.a.

Fischer, H., Wucherer, C., Wagner, B., Burschel, C. (1997): Umweltkostenmanagement, Kosten senken durch praxiserprobtes Umweltcontrolling, Carl Hanser Verlag, München u.a.

Glantschnig, E. (1994): Merkmalgestützte Lieferantenbewertung, Fördergesellschaft Produkt-Marketing e.V., Köln

Grützner, R. (1997): Stand, Probleme und Aufgaben der Umweltsimulation, in: Grützner, R. (Hrsg.): Modellierung und Simulation im Umweltbereich, Vieweg Verlag, Braunschweig, Wiesbaden

Haberstock, L. (1998): Kostenrechnung I Einführung, Erich Schmidt Verlag, Berlin

Hartmann, H., Pahl, H.-J., Spohrer, H. (1997): Lieferantenbewertung - aber wie? Lösungsansätze und erprobte Erfahrungen, 2. Auflage, Deutsche Betriebswirte Verlag, Gernsbach

Haug, S. (2002): Erstellung eines Produktbewertungssystems auf der Basis ökologischer und ökonomischer Kennzahlen am Beispiel einer Produktverpackung, Diplomarbeit, Institut für Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen (IVD), Universität Stuttgart, Stuttgart

Hirschbach, O. (2003): Optimierung der Fertigungstiefe und Wege zu Wertschöpfungspartnerschaften, in: Bullinger, H.-J., Warnecke, H. J., Westkämper, E. (Hrsg.): Neue Organisationsformen im Unternehmen. Ein Handbuch für das moderne Management, Springer Verlag, Berlin u.a.

Horvath, P., Mayer, R. (1989): Prozesskostenrechnung - Der neue Weg zu mehr Kostentransparenz und wirkungsvolleren Unternehmensstrategien, Controlling, 1. Jahrgang (4): S. 214-219

IFU (2002): Umberto Benutzerhandbuch, Stand 2002, ifu- Institut für Umweltinformatik Hamburg GmbH, Hamburg

ISO (2002): The ISO Survey of ISO 9000 and ISO 14001 Certificates, International Standardization Organization, Genf (Schweiz)

IVU-Richtlinie, E. (1996): Richtlinie 96/61/EG des Rates vom 24. September 1996 über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung, Amtsblatt der Europäischen Union (L 257): S. 26 - 40, Brüssel (Belgien)

Jakobi, H.-F. (2003): Neuorientierung und Optimierung indirekter Funktionen, in: Bullinger, H.-J., Warnecke, H. J., Westkämper, E. (Hrsg.): Neue Organisationsformen im Unternehmen. Ein Handbuch für das moderne Management., Springer Verlag Berlin u.a.

Jasch, C. (2001): Was sind Umweltkosten? Ökologisches Wirtschaften, 6/2001: S. 18-19

Jensen, A. A., Elkington, J., Christiansen, K., Hoffmann, L., Moller, B. T., Schmidt, A., van Dijk, F. (1997): Life Cycle Assessment (LCA), A guide to approaches, experiences and information sources, dk-Teknik Energy & Environment, Søborg (Dänemark)

Jürgens, G. (2002): Ein Verfahren zur Berechnung von Sachbilanzen auf der Grundlage von Produktionsdaten, Dissertation, Fakultät für Maschinenbau, Universität Stuttgart, Jost-Jetter Verlag, Heimsheim

Jürgens, G., Lang, C., Beucker, S., Loew, T. (2001): Anforderungen an Betriebliche Umweltinformationssysteme (BUIS) zur Unterstützung von Instrumenten des Umweltcontrolling, Zwischenbericht des Forschungsberichts INTUS, Stuttgart

Kessler, P. (2000): Berechnung von Stoffströmen auf Basis vorhandener Produktionsdaten in einem Automobilzuliefererbetrieb, Diplomarbeit, Institut für Technischen Umweltschutz Fachgebiet Abfallvermeidung und Sekundärrohstoffwirtschaft, Institut für Technischen Umweltschutz, Technische Universität Berlin, Berlin

Kinkel, S., Lay, G., Maloca, S. (2004): Produktionsverlagerungen ins Ausland und Rückverlagerungen, Ergebnisse aus der Erhebung "Innovation in der Produktion" des Fraunhofer-Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung, Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (ISI), Karlsruhe

KOM-2001-68 (2001): IPP Grünbuch zur Integrierten Produktpolitik, Kommission der Europäischen Gemeinschaft, Brüssel (Belgien)

KOM-2001-264 (2001): Mitteilung der Kommission: Nachhaltige Entwicklung in Europa für eine bessere Welt: Strategie der Europäischen Union für die nachhaltige Entwicklung.
http://europa.eu.int/eur-lex/de/com/cnc/2001/com2001_0264de01.pdf
(Referenz vom 05.10.2005)

Koppelman, U. (1995): Beschaffungsmarketing, 2. überarbeitete Auflage, Springer Verlag, Berlin u.a.

Koppelman, U. (2003a): Beschaffungsmarketing, Springer Verlag, Berlin u.a.

Koppelman, U. (2003b): Zur Bedeutung der Beschaffungsfunktion in deutschen Unternehmen, Studie in Zusammenarbeit mit der Masai GmbH, Seminar für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Beschaffung und Produktpolitik, Universität zu Köln, Köln

Kraemer, A. R. (1995): Zielsetzung der EG-Öko-Audit-Verordnung und ihr Umfeld in der Europäischen Umweltpolitik, in: Fichter, K. (Hrsg.): Die EG-Öko-Audit-Verordnung, Carl Hanser Verlag, München u.a.

Kuhn, A., Hellingrath, B. (2003): Auftragsmanagement in Netzwerken: Supply Chain Management, in: Bullinger, H.-J. Warnecke, H. J., Westkämper, E. (Hrsg.): Neue Organisationsformen im Unternehmen. Ein Handbuch für das moderne Management, Springer Verlag Berlin u.a.

Lang-Koetz, C., Heubach, D., Schmidt, N. (2004): Stand des Umweltcontrolling in der Industrie: Ergebnisse einer Umfrage unter produzierenden Unternehmen in Baden-Württemberg, Fraunhofer IAO, Stuttgart

Loew, T., Fichter, K., Müller, U., Schulz, W. F., Strobel, M. (2003): Ansätze der Umweltkostenrechnung im Vergleich, Umweltbundesamt Texte 78/03, Umweltbundesamt, Berlin

Mayer, T. (1998): Ökobilanz-Software-Begutachtung von synergitec für das Wuppertal Institut, Projektbericht aus Beschreibung von Ökobilanzierungssoftware - MIPS Darstellung als Fluss vs. Eigenschaft, synergitec, Freiburg

Miller, J. G., Vollmann, T. E. (1986): Die verborgene Fabrik, Harvard Manager (1/1986): S. 84-123

Möller, A., Häuslein, A., Rolf, A. (1997): Öko-Controlling in Handelsunternehmen. Ein Leitfaden für das Stoffstrommanagement, Springer Verlag, Berlin u.a.

Muschinski, W. (1998): Lieferantenbewertung in Deutschland. Umfrage der Fachhochschule Niederrhein. Beschaffung Aktuell (9/98): S. 46 - 52

Niemann, J., Janz, D., Hieber, M., Westkämper, E. (2003): A general framework for the integration of design aspect into life cycle costing, in: Hauchild, M., Alting, L. Molin, C., Poll, C. (Hrsg.): 10th CIRP seminar on life cycle engineering in Copenhagen, Department of Manufacturing Engineering and Management, Technical University of Denmark, Kopenhagen (Dänemark)

Noack, B. (2002): Stoffstrombasiertes Konzept zur Prozessoptimierung nach Umwelt- und Kostenzielen, Bachelor Arbeit, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart, Stuttgart

Orbach, T., Busch, T., Beucker, S. (2003): Ökoeffizienz in der Produktlinie: Ein Beitrag zur Integration lebenszyklusweiter Stoffstromdaten in betriebliche Informationssysteme, in: Heubach, D., Rey, U. (Hrsg.): Integration von Umweltinformationen in betriebliche Informationssysteme, Shaker Verlag, Aachen

Petri, C. A. (1962): Kommunikation mit Automaten, Nr. 2, 1962, Doktorarbeit, Institut für Instrumentelle Mathematik, Universität Bonn, Bonn

Pick, E., Faßbender-Wynands, Seuring, S. A. (2003): Die Methodik der Ökobilanzierung, in: Baumast, A., Pape, J. (Hrsg.): Betriebliches Umweltmanagement, Theoretische Grundlagen Praxisbeispiele, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart

Plehn, M. (2003): Bewertung umweltgerechter Produktkonzeptionen, Bd. 8, Verlag Dr. Kovac, Hamburg

Remer, D. (1997): Einführen der Prozesskostenrechnung - Grundlagen, Methodik, Einführung und Anwendung der verursachungsgerechten Gemeinkostenzurechnung, Verlag Schäfer-Poeschel, Stuttgart

Ritthoff, M., Rohn, H., Liedtke, C. (2002): MIPS berechnen, Ressourcenproduktivität von Produkten und Dienstleistungen, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, Wuppertal

Schaltegger, S., Burritt, R. (2000): Contemporary Environmental Accounting, Issues, Concepts and Practice, Greenleaf Publishing, Sheffield (Groß Britanien)

Schaltegger, S., Kleiber, O., Müller, J. (2002): Nachhaltigkeitsmanagement in Unternehmen. Konzepte und Instrumente zur nachhaltigen Unternehmensentwicklung, Nachhaltigkeitsmanagement in Unternehmen, Bundesumweltamt, Bund Deutscher Industrie, Berlin

Schifferer, S. (2004): Einkaufsorganisation an den Prozessen ausrichten, Beschaffung Aktuell, 5/2004: S. 36 - 41

Schmidt, I., Czymmek, F. (2003): Bewertung der Ökoeffizienz von Produkten und Verfahren, in: Baumast, A., Pape, J., (Hrsg.): Betriebliches Umweltmanagement, Theoretische Grundlagen Praxisbeispiele, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart

Schmidt, N. (2003): Lebenszyklusbetrachtung und -bewertung mit der Ressourceneffizienz-Rechnung am Beispiel der Holzwerkstoffindustrie, Bachelor Arbeit, Institut für Energie-wirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart, Stuttgart

Schmidt-Bleek, F. (1997): Wieviel Umwelt braucht der Mensch? Faktor 10 - das Maß für ökologisches Wirtschaften, Deutscher Taschenbuch Verlag, München

Schmidt-Bleek, F., Bringezu, S., Hinterberger, F., Liedtke, C., Spangenberg, J., Stiller, H., Welfens, M. J. (1998): MAIA Einführung in die Material-Intensitäts-Analyse nach dem MIPS-Konzept, Verlag Birkhäuser, Berlin u.a.

Seuring, S. (2001): Supply Chain Costing - Kostenmanagement in der Wertschöpfungskette mit Target Costing und Prozesskostenrechnung, Verlag Vahlen, München

Smytko, D. L., Clemens, W. M. (1993): Total Cost Supplier Selection Model: A Case Study. International journal of purchasing and materials management, Vol. 29 no 1 (Winter 1993): S. 42 - 49

Spath, D., Beucker, S., Lang, C. (2003): Integrating Environmental Impact and Cost Assessment into Business Processes, CIRP seminar on life cycle engineering, Department of Manufacturing Engineering Management, Technical University of Denmark, Kopenhagen (Dänemark)

Spur, G. (1994): Handbuch der Fertigungstechnik, Band 6 Fabrikbetrieb, Carl Hanser Verlag, München u.a.

SRU (2002): Drucksache 14/8792: Unterrichtung durch die Bundesregierung Umweltgutachten 2002 des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen, Deutscher Bundestag, 14. Wahlperiode, Berlin

Stahl, B. (1998): Methodenvergleich und Methodenentwicklung zur Lösung der Bewertungsproblematik in produktbezogenen Ökobilanzen, Doktorarbeit, Fachbereich Produktionstechnik, Universität Bremen, Bremen

Steger, U. (2000): Der Weg zum systematischen Umweltschutz, in: Bundesumweltministerium, Umweltbundesamt (Hrsg.): Umweltmanagementsysteme Fortschritt oder heiße Luft?, Frankfurter Allgemeine Buch, Frankfurt a.M.

Steinaecker, J. v. (2000): Ein Informationsmodell zur Modellierung und Planung von netzwerkartigen Produktionsstrukturen, Dissertation, Fakultät Konstruktions- und Fertigungstechnik, Universität Stuttgart, Jost-Jetter Verlag, Heimsheim

Troge, A. (1997): Zur Bedeutung von Ökobilanzen, in: UBA (Hrsg.): Materialien zu Ökobilanzen und Lebensweganalysen, Umweltbundesamt Texte, 26/97, Umweltbundesamt, Berlin

UmwR (2004): Umweltrecht, 16. Auflage, Beck Texte im Deutschen Taschenbuch Verlag, München

VDI-4400 (2001): VDI Richtlinie 4400 Blatt 1: Logistikkennzahlen für die Beschaffung, VDI-Handbuch Materialfluss und Fördertechnik, Band 8. Berlin, Verein Deutscher Ingenieure, VDI-Gesellschaft Fördertechnik Materialfluss Logistik, Fachbereich Logistik, Fachausschuss Logistikkennzahlen, Beuth Verlag, Berlin

Voegele, A. R., Zollenkop, M. (2003): Global Sourcing, in: Bullinger, H.-J., Warnecke, H. J., Westkämper, E. (Hrsg.): Neue Organisationsformen im Unternehmen. Ein Handbuch für das moderne Management, Springer Verlag, Berlin u.a.

WBCSD (2000): Eco-Efficiency, Creating more value with less impact, World Business Council for Sustainable Development, Genf (Schweiz)

Weber, J. (1992): Prozesskostenrechnung, 13. vollst. überarbeitete Auflage, Gabler Verlag, Wiesbaden

Weber, J. (1999): Einführung in das Controlling, Verlag Schäffer-Poeschel, Stuttgart

Weber, J. (2002): Logistikkostenrechnung, 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin u.a.

Weber, W. (1991): Einführung in die Betriebswirtschaftslehre, Gabler Verlag, Wiesbaden

Weizsäcker, E. U. v., Lovins, A. B., Lovins, L. H. (1995): Faktor vier, Doppelter Wohlstand - halbiertes Naturverbrauch, Der neue Bericht an den Club of Rome, Verlag Droemer Knaur, München

Westkämper, E. (2003): Einführung in neue Organisationsformen im Unternehmen, in: Bullinger, H.-J., Warnecke, H. J., Westkämper, E. (Hrsg.): Neue Organisationsformen im Unternehmen. Ein Handbuch für das moderne Management, Springer Verlag, Berlin u.a.

Wildemann, H. (2004): Toolset ermittelt die logistische Leistungsfähigkeit von Unternehmen, Logistik für Unternehmen (3/04): S. 42 - 43

Zeit (2005): Das Lexikon in 20 Bänden, Band 2, Zeitverlag Gerd Bucerius, Hamburg

12 Anhang

12.1 Anhang A: Ansätze der Lieferantenbewertung

Tabelle 34: Ansätze der Lieferantenbewertung (Koppelman 1995)

	Preisvergleich Kostenvergleich	Bilanzanalyse Kennzahlen	Optimierung	Checklisten	Punktbewertungs- verfahren	Nutzwertmethode Geldwertmethode	Profiltechnik	Typologie/ Portfolio
Arnolds, H./Heege, F./Tussing, W. 1990	●	●			●			
Backhaus, K. 1991					●			
Baily, P./Farmer, D. 1979					●			
Behrendt, J. 1978					●			
Benz, H. 1876	●				●			
Berens, S. 1971					●			
Berg, C. 1979					●			
Bichler, K. 1992	●	●		●				
Blohm, F. o.J.		●						
Budde, R. 1983					●			
Burt, D. 1984				●	●			
Busch, F. 1978				●	●			
Colton, R. 1962					●			
Colton, R./Rohrs, W. 1985				●	●			
Demarchi, Chr. 1974				●	●			
Dennstedt, D. 1978						●		
Dreger, W. 1984						●		
Ellram, L.M. 1990	●			●	●			
Engelhardt, W./Günther, B. 1981					●			
Engelmann, G. 1980					●			
Eschenbach, R. 1990					●			
Franken, R. 1984	●				●			
Gregory, R.E. 1986					● ¹			
Grochla, E./Schönbohm, P. 1980				●				
Grunwald, H. 1993	●	●		●	●			

Hagedorn, W. 1975	●		●			●		
Hammann, P./Lohrberg, W. 1986					●			
Harlander, N./Platz, G. 1982		●		●				
Harrmann, A. 1990				●	●		●	
Harting, D. 1989	●	●		●	●	●	●	●
Hartmann, H. 1993	●	●			●			
Hartmann, H./Pahl, H.-J./Spohrer H. 1992		●			●			
Heege, F. 1987								●
Heidelberger, E. 1978					●			
Heinritz, S./Farell, P. 1981					●			
Hessenberger, H./Bölstler, H. 1979				●				
Hill, J. 1973	●				●			
Huppertsberg, B./Kirsch, W. 1997					●			
Jetter, O. 1990				●				
Kaiser, H. 1993								●
Kern, F. 1991					●			
Klein, H. 1974		●						
Köckmann, P. 1986				●	●			
Kopsidis, R.M. 1989					●			
Kroeber-Riel, W. 1966	●							
Lamberson, L.R./Diederich, D./Wuori, J. 1976					●			
Layer, G. 1985		●		●				
Lindner, Th. 1983								●
Mai, A. 1982								●
Meinecke, H. 1976				●				
Melzer-Ridinger, R. 1991	●				●			
Menze, Th. 1993					●			●
Nehlsen, D. 1976				●	●		●	
Nydick, P./Hill, R. 1992					● ²			
Oeldorf, G./Olfer, K. 1987					●			
Seifert, H. 1979					●			

Seiler, H. 1997					●			
Soukup, W.R. 1987	●							
Smythka, D./Clemens, M. 1993	●							
Stark, H. 1989				●	●		●	
Steinbrüchel, M. 1970				●	●			
Strache, H. 1975	●			●	●			
Tanew, G. 1979/1981		●		●	●			
ter Hasenborg, F. 1980			●					
Theisen, P. 1975			●					
Thompson, K. 1990					●			
Tietz, B. 1975	●				●			
Timmermann, E. 1986	●				●			
Treffert, J. 1980					● ³			
Trux, W. 1972					●			
de Vries, H. 1989					●			
Wendler, E. 1968	●				●			
Wenger, E. 1984				●				
Westermann, H. 1982/1989	●			●	●	● ⁴		
Zäpfel, G. 1973	●	●	●		●			
Zeigermann, J.R. 1970		●						

1= Matrix Approach, 2 = Analytic Hierarchy Process, 3 = Anbieter Selektionssystem, 4 = Geldwert

12.2 Anhang B: Bewertungsmethoden der Ökobilanzierung

Tabelle 35: Vergleich von Bewertungsmethoden (modifiziert nach Jürgens (2002))

Methode	Bewertungs- grundlage	Bewertung	Ergebnisstruktur	Orientie- rung
ABC-Methode	Sachbilanz	Einzelfallspezifisch, Bewertungsparameter	verbal-argumentativ	qualitativ
Umweltbundesamt	Sachbilanz (10 Kategorien)	Normalisierung (BRD) ökologische Bedeutung	verbal-argumentativ	qualitativ
Immissionsgrenzwertmethode	Sachbilanz	Grenzwerte	4 Kennzahlen: Abfall, Energie, Wasser, Luft	quantitativ
EPS ³¹ -Modell	Sachbilanz	Zahlungsbereitschaftsanalyse	eine Kennzahl: monetäre Größe	quantitativ
Stoffflussmethode	Sachbilanz	Ökologische Knappheit	eine Kennzahl: Umweltbelastungspunkt	quantitativ
Eco-Indicator	Sachbilanz (9 Kategorien)	Normalisierung (EU), Schadenskurven	eine Kennzahl: Umweltindex	quantitativ
Stahl	Sachbilanz (7 Kategorien)	Normalisierung (BRD, EU, OECD); Gewichtung	grafisch, differenziert nach Wirkungskategorien oder Lebenswegabschnitten	quantitativ
GaBi ³²	Wirkungsabschätzung (14 Kategorien)	Einzelfall-spezifische Gewichtung, Nutzwertanalyse	eine Kennzahl: ökologisch, wirtschaftlich und technisch, Nutzwert	quantitativ
KEA ³³	Energieaufwand (Input)	Energieintensität	eine Kennzahl: Energieaufwand	quantitativ
MIPS ³⁴	Ressourcenverbrauch (Input)	Materialintensität	eine Kennzahl: Material-Input	quantitativ

³¹ Environmental Priority Strategies in Product Design

³² Ganzheitliche Bilanzierung

³³ Kumulierter Energieaufwand

³⁴ Materialinput pro Serviceeinheit

12.3 Anhang C: Instrumente zur Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen

Tabelle 36: Instrumente zur Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen des Unternehmens (modifiziert nach BMU, UBA (2001))

Instrumente/Bewertung	naturwissenschaftlich	dialogorientiert	verbal-argumentativ	monetarisierend	quantitativ	Qualitativ	absolut numerisch	relativ abstufend	gegenwarts- bzw. vergangenheitsorientiert	vorausschauend	inputorientiert	outputorientiert
geeignet für partielle Analysen (Prozesse, Produkte, Investitionen)												
Umweltkostenrechnung	○	○	○	●	●	◐	●	◐	●	◐	●	●
Net-Value-Extracted-Accounting	○	○	○	●	●	◐	◐	◐	◐	●	●	●
Umweltverträglichkeitsprüfung UVP)	◐	◐	●	○	●	●	◐	◐	○	●	◐	●
Produktlinienanalyse	◐	○	○	○	◐	◐	◐	●	◐	◐	●	●
Ökobilanz nach ISO 14040	●	○	○	○	●	○	●	○	●	○	◐	●
Leitfaden betriebliche Umweltauswirkungen	●	○	○	○	●	◐	●	◐	●	○	◐	●
Material-Input pro Service-Einheit MIPS)	●	○	○	○	●	○	●	○	●	○	●	○
geeignet für Analysen des gesamten Unternehmens												
Checklisten	◐	●	●	○	◐	●	○	◐	●	◐	◐	●
Ökologische Buchhaltung (Schweizer Ansatz)	●	○	○	○	●	◐	●	○	●	○	○	●
Ökologisches Rechnungswesen	●	○	○	○	●	◐	●	◐	●	○	○	●
ABC-Bewertung	◐	◐	◐	◐	◐	◐	○	●	●	●	●	●

○ kein Bezug ◐ teilweise Bezug ● starker Bezug

12.4 Anhang D: Annahmen für die Berechnung von MI-Werten

Tabelle 37: Annahmen für die Berechnung von MI-Werten (Haug 2002)

1. Die verwendeten MI-Werte sämtlicher Stoffe enthalten in allen Kategorien nicht den Anteil des MI-Wertes für die Transporte, die im Vorfeld der Produktion nötig sind. Es handelt sich hierbei etwa um Transporte einzelner Rohstoffe. Sie sind nicht in den vom Wuppertal Institut zur Verfügung gestellten Werten enthalten, da sie je nach Region sehr unterschiedlich ausfallen können. Laut Aussage des Wuppertal Instituts haben sie im Allgemeinen einen geringen Anteil am MI-Wert eines Herstellungsprozesses und werden daher häufig außer Acht gelassen.
2. Für Produktionen im Ausland werden ökologische Rucksäcke der verschiedenen Verfahren nach einer mittleren Importstruktur berechnet.
3. Werden Abfälle wiederverwertet, ist der MI-Wert des Prozesses der Wiederverwertung im ökologischen Rucksack der Herstellung des Ausgangsstoffes berücksichtigt.
4. Werden Abfälle weiterverwertet, ist der MI-Wert des Prozesses der Weiterverwertung im ökologischen Rucksack der Herstellung des Folgeprodukts berücksichtigt.
5. Der MI der Infrastruktur von Straßen wird, soweit möglich, einzelnen Prozessen zugeordnet.
6. Im MI-Wert der Kategorie Wasser ist das Wasser mit seiner gesamten Masse dann enthalten, wenn es chemisch umgesetzt, für die Bewässerung verwendet oder als Rohstoff für mechanische Leistungen im Durchlauf verwendet wird. Bei geschlossenen Kühl- oder industriellen Kreisläufen geht nur die erste Füllung und eventuelles Nachfüllen in die Berechnung ein.
7. Für Verbrennungen oder chemisch-physikalische Umwandlungen benötigte Luft geht mit dem Gewicht derjenigen Komponenten in den MI-Wert der Kategorie Luft ein, die beim Verbrennungs- bzw. chemischen Prozess chemisch verändert werden.
8. Die Nutzungsphase eines Produkts muss in der Serviceeinheit enthalten sein, sie ist nicht Teil des MI oder der MIT.

12.5 Anhang E: Elemente der Stoffstrommodellierung

Die Elemente eines Stoffstromnetzes werden nach Möller et al. (1997) wie folgt definiert:

Tabelle 38: Ausprägung des Modellelements Transition


Modellelement: Transition	Ausprägung	Erläuterung
	Transition: Beschreibt stoffliche Transformationsprozesse, die z.B. durch Transportvorgänge bzw. Ortsveränderungen, produktionsvorbereitende oder nachsorgende Prozesse entstehen	Transitionen symbolisieren z.B. die Bearbeitung von Ressourcen und Vorprodukten mit Hilfe von Maschinen und unter dem Einsatz menschlicher Arbeitskraft. Eine Transition stellt somit die Modellierung einer Aktivität dar.

Tabelle 39: Ausprägung der Modellelemente für Stellen





Modellelement: Stelle	Ausprägung	Erläuterung
	Eingangsstelle: Beschreibt Stellen/Lagerorte, die Quellen für Prozesse darstellen.	Stellen sind Lagerorte, d.h. eingebrachte und entnommene Mengen sind identisch. Bei Stellen handelt es sich somit um die Modellierung eines Zustandes.
	Zwischenstelle: Beschreibt Stellen/Lagerorte, die zwischen zwei Prozessen als Zwischenlager dient.	
	Ausgangsstelle: Beschreibt Stellen/Lagerorte, die Senken für Prozesse darstellen.	

Tabelle 40: Ausprägung des Modellelements Verbindung

Modellelement: Verbindung	Ausprägung	Erläuterung
	Verbindung: Beschreibt Stoff- und Energieströme zwischen den Stellen und den Transitionen/ Prozessen	Verbindungen repräsentieren die Stoff- und Energieflüsse zwischen den Modellelementen.

12.6 Anhang F: Betriebswirtschaftliche Modellarten und deren Unterscheidungsmerkmale

Tabelle 41: Einordnung der Stoffstrommodellierung in betriebswirtschaftliche Modellierungsansätze (eigene Bearbeitung nach Dyckhoff (1994) und Kessler (2000))

Merkmal	Ausprägung			
Geltungsanspruch	konkretes Modell		allgemeines Modell	
Realitätsbezug	Realmodell		Idealmodell	
Abstraktionsgrad	gegenständlich/ ikonisch	analog	symbolisch	
			verbal	formal
Messbarkeit	qualitativ		quantitativ	
Skalenniveau	nominal		ordinal	kardinal
Aussagekategorie	Beschreibungsmodell		Erklärungs- oder Prognosemodell	Entscheidungs- modell
Kategorien ökonomischer Größen	nicht dispo- nible oder Umweltgrößen	Instrument- variablen/ Steuergrößen	Ergebnis- variablen	Zielvariablen
Vollständigkeit (bzgl. Original)	Totalmodell			Partialmodell
Zeitbezug	einperiodisch/statisch			mehrperiodig, insb. dyna- misch
Vollständigkeit der In- formation	deterministisch			stochastisch
Charakter der Modellbe- ziehung	linear			nichtlinear

Erläuterung:

Nach einer Einteilung von Dyckhoff (1994) und Kessler (2000) zur Charakterisierung von betriebswirtschaftlichen Modellen kann die Stoffstrommodellierung wie oben dargestellt eingeteilt werden (siehe gefärbte Felder).

12.7 Anhang G: Detailliertes Stoffstromnetz für eine Schlüsselkomponente der Notebookproduktion (Anwender A)

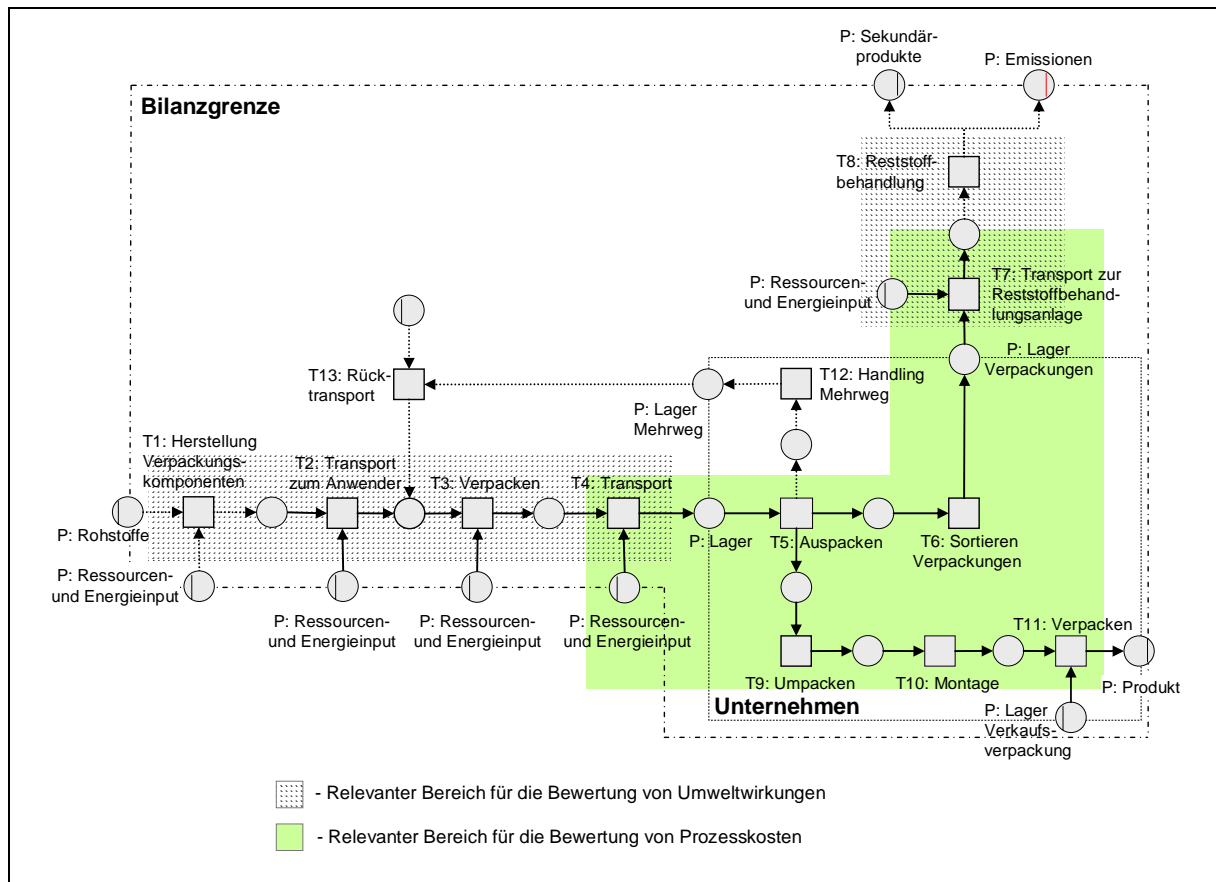


Abbildung 34: Stoffstromnetz mit Abbildung lieferantenbezogener Prozesse sowie der Unternehmens- und Bilanzgrenzen

Erläuterung:

Aus der Abbildung wird deutlich, dass die für die Bewertung relevanten lieferantenbezogenen Prozesse sowohl innerhalb der Unternehmensgrenzen (z.B. Auspacken und Umpacken) als auch außerhalb der Unternehmensgrenzen (z.B. Transporte) liegen können. Dies gilt gleichermaßen für umwelt- als auch für kostenrelevante Prozesse. Es wird zudem ersichtlich, dass für die Bewertung der von den lieferantenbezogenen Prozessen ausgehenden Umweltwirkungen und Prozesskosten unterschiedliche unternehmensinterne und unternehmensexterne Bereiche relevant sind (siehe farbig hinterlegte Bereiche).

Die im Modell dargestellten Prozesse zu Mehrwegverpackungen sind nur für einen geringen Teil der angelieferten Schlüsselkomponenten relevant. Sie wurden der Vollständigkeit halber im Modell erhoben, besitzen jedoch aufgrund der geringen Stückzahl für die weitere Analyse keine Relevanz.

Außerhalb der Bilanzgrenzen wurden zudem die Herstellung der Verpackungsmaterialien sowie die Behandlung der Reststoffe in das Modell aufgenommen, um in einem späteren Schritt die Lieferantenbewertung auch für die Bewertung der von den Verpackungen ausgehenden Umweltwirkungen nutzen zu können. Auch diese Prozesse besitzen für die folgenden Umsetzungsschritte keine Relevanz.

12.8 Anhang H: Bildschirmabzüge der Subnetze aus dem Stoffstromnetz von Lieferant I (Anwender A)

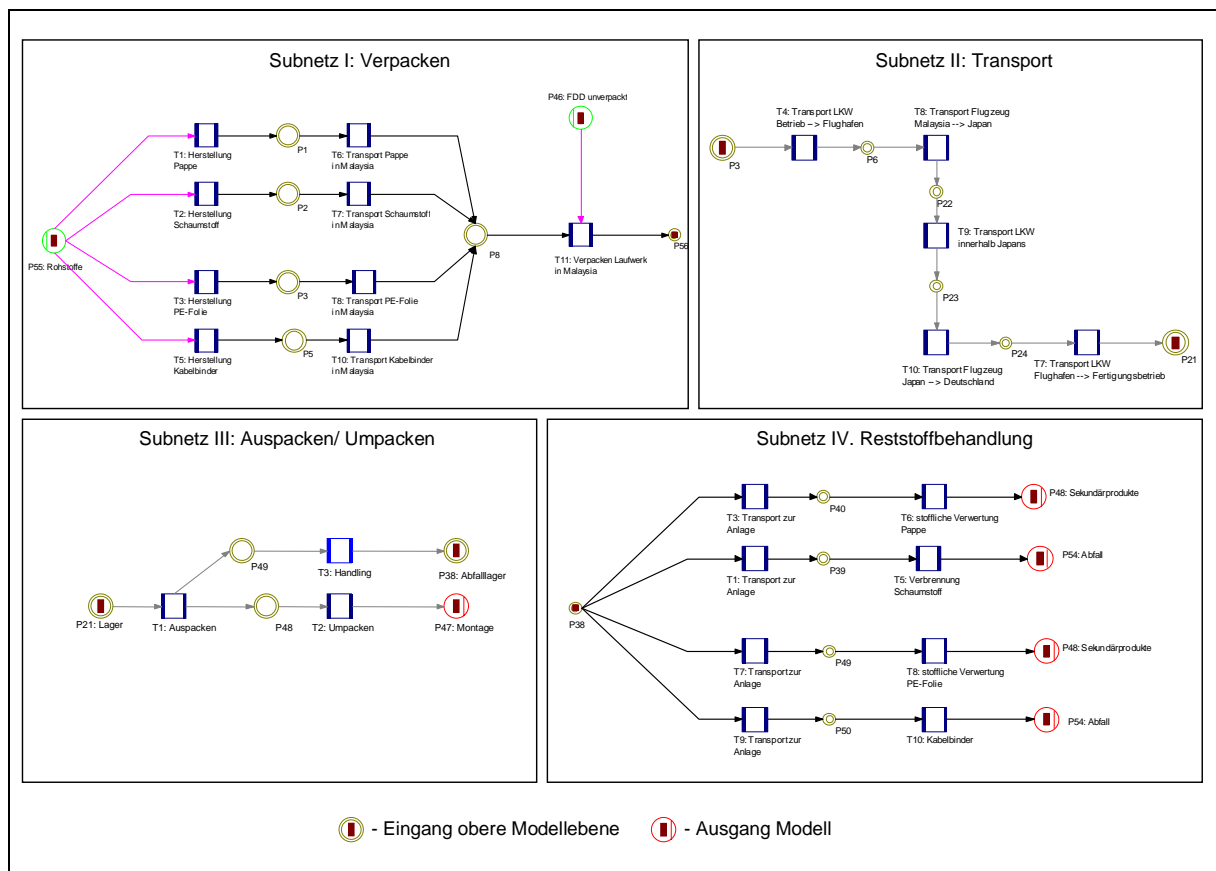


Abbildung 35: Subnetze aus dem Stoffstrommodell des Lieferanten I der Schlüsselkomponente Diskettenlaufwerk (Bildschirmabzüge aus Umberto®)

Erläuterung:

Abbildung 35 zeigt die mit der Software Umberto® modellierten Subnetze aus dem Stoffstromnetz von Anwender A (Abbildung 23). Die Subnetze beschreiben vier Teilnetze (Verpacken, Transport, Auspacken/Umpacken, Reststoffbehandlung) der lieferantenbezogenen Prozesse eines Lieferanten der Schlüsselkomponente Diskettenlaufwerk. In Abbildung 23 werden diese Subnetze durch Transitionen des gleichen Namens symbolisiert.

12.9 Anhang I: Bildschirmabzüge des MS-Access®-Prototypen zur Unterstützung der Umsetzungsphasen III und IV bei Anwender A

The screenshot shows a Microsoft Access window titled 'Microsoft Access - [Eingabeformular : Formular]'. The menu bar includes 'Datei', 'Bearbeiten', 'Ansicht', 'Einfügen', 'Format', 'Datengabze', 'Extras', and 'Fenster'. The toolbar contains various icons for file operations and formatting. The main area displays a form with several buttons: 'Eingabe Menge eingehender Artikel' at the top; 'Eingabe neue Verpackung' and 'Eingabe neuer Artikel' in the middle left; 'Eingabe Kosten' and 'Eingabe MI-Werte' below them; 'Neues Land', 'Neuer Lieferant', and 'Neue Kategorie' on the right; and a 'zurück' button at the bottom right. The status bar at the bottom shows 'Tahoma' and '10'.

Abbildung 36: Eingabemaske zur Verwaltung von Parametern für die Bewertung von Umweltwirkungen und Prozesskosten (Bildschirmabzug eines MS-Access®-Prototypen)

The screenshot shows a Microsoft Access window titled 'Microsoft Access - [Abfrageformular : Formular]'. The menu bar and toolbar are identical to the previous screenshot. The main area displays a form with two columns of buttons. The left column, under the heading 'Gesamtkennzahlen', includes 'pro Menge gelieferter Artikel', 'addiert nach Artikeln pro Monat', 'addiert nach Kategorie', and 'addiert nach Lieferant und Kategorie'. The right column, under the heading 'Ökonomische und ökologische Kennzahlen', includes 'pro Stück Artikel', 'addiert nach Lieferant und Kategorie', and 'kleinste Kennzahl je Kategorie'. At the bottom, there are two buttons: 'MI-Werte pro kg' and 'Kosten pro kg'. The status bar at the bottom shows 'Tahoma' and '10'.

Abbildung 37: Maske für die Auswertung von Umweltwirkungen und Prozesskosten (Bildschirmabzug eines MS-Access®-Prototypen)

Erläuterung:

Abbildung 36 und Abbildung 37 zeigen Bildschirmabzüge eines MS-Access®-Prototypen, der bei Anwender A umgesetzt wurde. Der Prototyp unterstützt die Umsetzung der Phasen III und IV des Verfahrens durch eine strukturierte Erfassung und Verwaltung der für die Bewertung relevanten MIT-Werte, Kostenparameter und gelieferter Stückzahlen sowie anderer bewertungsrelevanter Daten (siehe Abbildung 36). Nach Eingabe der Daten können Auswertungen nach Lieferanten, Artikel und Produkten vorgenommen werden (siehe Abbildung 37).