

Ökologische und ökonomische Bewertung von Transportprozessen

Vera Farkavcová

Die Entscheidung für bestimmte Transportalternative in Unternehmen kann mit Hilfe einer ökologischen und/oder ökonomischen Bewertung getroffen werden. Bei der ökologischen Bewertung liegen wesentliche Arbeitsschwerpunkte auf der Wahl der Systemgrenze, der Bestimmung der relevanten Umweltaspekte (Energieverbrauch und Emissionen, sind die für die ökologische Bewertung von Transportprozesse relevanten Umweltaspekte) sowie der Auswahl der zu verwendenden Bewertungsmethoden.

Wahl der Systemgrenze

Bei der Festlegung des Untersuchungsrahmens einer Bewertung müssen die untersuchten Prozesssysteme und damit auch die Grenze des Prozesssystems beschrieben werden.¹ Die Systemgrenze legt die Prozesse fest, die in das zu modellierende System aufgenommen werden. Im Idealfall sollte das Prozesssystem so modelliert werden, dass die Inputs und Outputs an seinen Grenzen Elementarflüsse sind.²

Bestimmung der funktionellen Einheit

Eine funktionelle Einheit stellt eine Referenzeinheit für die Input- und Outputströme des Systems dar.³ Für die Vergleichbarkeit müssen die Transportprozesse unter Anwendung derselben funktionellen Einheiten und äquivalenten methodischen Festlegungen, wie Leistung, Systemgrenzen, Datenqualität, Allokationsverfahren, Kriterien zur Beurteilung von Inputs und Outputs sowie zur Wirkungsabschätzung bewertet werden.⁴

Ansatz von Konsequenzen – Sachbilanz

„Sachbilanzen umfassen Datensammlung und Berechnungsverfahren zur Quantifizierung relevanter Input- und Outputflüsse eines Prozesssystems.“⁵ Ziel ist es, für die ausgewählten Prozesse (hier für die Transportprozesse) ein Dateninventar zu erstellen und dieses auf die in der Zieldefinition festgelegte funktionelle Einheit (hier t*km) zu beziehen.

Abschätzung der Konsequenzen (Auswahl der Methode)

Aus den existierenden Bewertungsverfahren sollen, nach den dort beschriebenen Kriterien, mögliche anwendbare Verfahren zur Bewertung der Transportprozesse ausgewählt werden.

Auswertung und Beurteilung

Ziel der Auswertung von Ökobilanzen ist es, in Übereinstimmung mit der Festlegung des Zieles und des Untersuchungsrahmens der Untersuchung, eine leicht verständliche, vollständige und schlüssige Darstellung auszubilden.⁶

Auf dargestelltes Vorgehen wurde für die ökologische und/oder ökonomische Bewertung des Transportprozesses im Rahmen des BMBF-Forschungsprojektes ETIENNE (Effiziente Transportketten in Entsorgungsnetzwerken modular und umweltgerecht gestaltet) ein Tool

¹ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.) (1997), S. 8.

² Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.) (1997), S. 8.

³ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.) (1997), S.17.

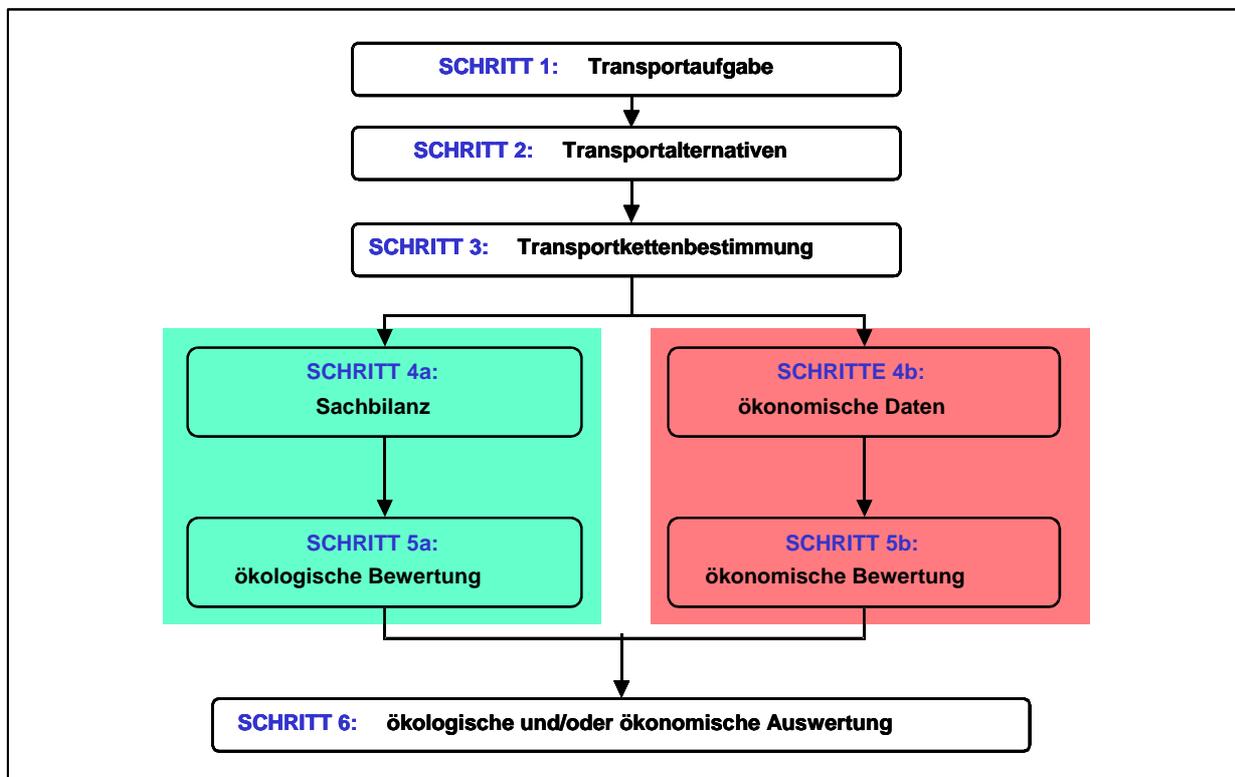
⁴ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.) (1997) S. 8 f. Vgl. Maibach, M.; Peter, D.; Seiler, B. (1999): S. Z-2.

⁵ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (1997), S. 9.

⁶ Vgl. DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (2000), S. 4.

entwickelt. Der Ablauf der Bewertung der Transportprozesse mit dem ETIENNE - Tool ist in sechs Schritte unterteilt (siehe Abbildung 1):

Abbildung 1: Schritte im Bewertungsmodell im ETIENNE-Tool



Transportaufgabe

Im ETIENNE-Tool erfolgt der ökologische und/oder ökonomische Vergleich in Bezug auf die Erfüllung der Transportaufgabe „Transport eines Gutes von A nach B“. Es wird die Umweltleistung (Schadstoff, Energieverbrauch) betrachtet, die beim **Transport einer bestimmten Menge eines Gutes über die zu transportierende Strecke** entsteht.

Transportalternativensuche und Transportkettenbestimmung

Um einen Vergleich aus ökologischer und/oder ökonomischer Sicht von möglichen Transportketten mit der Hilfe des ETIENNE-Tools durchzuführen, muss vor der ökologischen und/oder ökonomischen Bewertung und Auswertung eine Transportalternativengenerierung für bestimmte Transportaufgaben durchgeführt werden.

Sachbilanz

Für einzelne Transportketten sind die Input- und Outputbilanz zu bestimmen. Bei der Ökobilanzierung der Transportprozesse im ETIENNE-Tool werden als Inputstrom der Energieverbrauch und als Outputstrom die Emissionen in die Luft (CO_2 , SO_2 , CO , NO_x , NH_3 , CH_4 , N_2O , NMVOC, Staub) festgelegt.

Das erfolgte hier unter Verwendung der Datenbasis der Datenbank Globales Emissionsmodell Integrierter Systeme (GEMIS).

Ökologische Bewertung

Die ökologische Bewertung ist im vorliegenden ETIENNE-Tool durch folgende nichtmonetäre Verfahren realisiert:

- Kumulierte Energieaufwand (KEA),
- Umweltbelastungspunkte (UBP),
- Wirkungsindikatoren nach UBA (WI).

Ökonomische Bewertung

Um einen ökonomischen Vergleich im ETIENNE-Tool durchzuführen, sind die Transportpreise in €/ km einzusetzen. Dieses Vorgehen wurde auf Grundlage der begrenzten Datenverfügbarkeit in der Unternehmen festgelegt. Sollte eine differenzierte Preisbestimmung und -beeinflussung möglich sein, können mögliche Alternativen an dieser Stelle entsprechend berücksichtigt werden.

Zusammenführung der ökologischen und ökonomischen Betrachtungen

Um eine Entscheidung nicht nur unter ökologischen, sondern auch unter ökonomischen Bedingungen zu treffen, ist es notwendig, die Auswertungen der ökologischen und ökonomischen Bewertungen zu kombinieren. Diese Zusammenführung wird im ETIENNE-Tool in Form einer Tabelle erreicht, die es ermöglicht, die Ergebnisse transparent wiederzugeben und damit die weitere Entscheidungsfindung zu erleichtern.

Umsetzung und Nutzung

Die ökologische und/oder ökonomische Bewertung von Transportprozessen kann konkret für einzelne Transportprozesse umgesetzt werden. Die Nutzung des ETIENNE-Tool's wird durch ein umfassenden Handbuch erklärt.

Literaturverzeichnis:

Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.) (1997): DIN EN ISO 14040: Ökobilanz – Prinzipien und allgemeine Anforderungen. Beuth Verlag GmbH. Berlin 1997.

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

MAIBACH, M.; PETER, D.; SEILER, B. (1995): Ökoinventar Transporte. Grundlagen für den ökologischen Vergleich von Transportsystemen und den Einbezug von Transportsystemen in Ökobilanzen. INFRAS, Zürich 1999.

Keywords: Ökologische Bewertung, Transportprozess

Ökologische und ökonomische Bewertung von Transportprozessen

Bad Urach, 22. Juni 2006

Vera Farkavcova

Gliederung des Vortrags

1. **Das Projekt ETIENNE – Bewertung von Transportprozessen als Entscheidungsunterstützung**
2. **Ökologische und ökonomische Bewertung von Transportprozesse**
3. **Vorstellung des ETIENNE-Tools**
4. **Weitere Entwicklung – Dissertation Ansatz**
5. **Transportprozessbewertung beim Projekt OP-Textilien**

Das Projekt ETIENNE – Ziel des Projektes

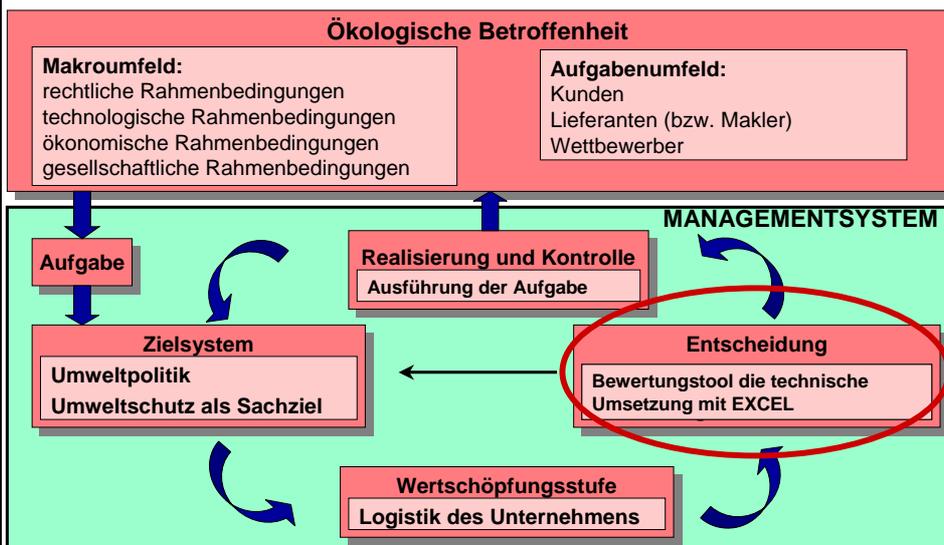
ETIENNE = Effiziente Transportketten in Entsorgungsnetzwerken modular und umweltgerecht gestaltet



- Entwicklung von **Strategien und Konzepten** zur Verkehrsvermeidung und Verkehrsverlagerung in entsorgungslogistischen Ketten
- Untersuchung der **betrieblichen, technisch/technologischen, logistischen und ökologischen Rahmenbedingungen** der Entsorgungslogistik und des Verkehrs
- Entwicklung eines Umweltmanagements mit **ökologisch/ökonomischem Bewertungstool** für Entsorgungsunternehmen und für den Bereich Entsorgungslogistik

Folie 3 von 33

Logistik- und Umweltmanagement



Folie 4 von 33

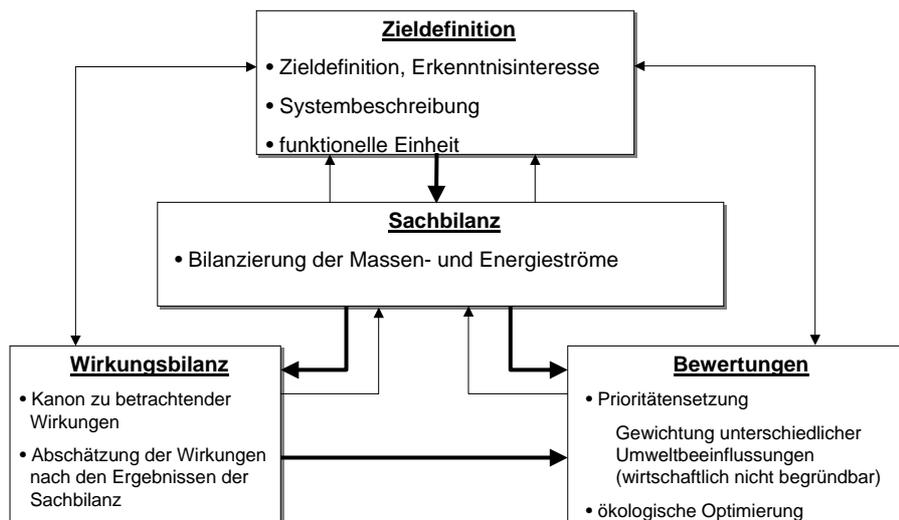
Bewertung von Transportprozessen

Entwicklung eines Exceltools zur ökonomischen und ökologischen Bewertung von Transportketten (ETIENNE-Tool)

- Systembeschreibung und Transportkettenbestimmung
- Bestimmung der funktionellen Einheit
- Sachbilanz: Bilanzierung der Stoff- und Energieströme
- Methoden für Wirkungsbilanz und ökologische Bewertung
- Bestimmung der Transportkosten
- Methoden für ökonomische Bewertung

Folie 5 von 33

DIN EN ISO 14040 – logisches Vorgehen



In Anlehnung an: BUNDESUMWELTMINISTERIUM UND UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.): (1995): Handbuch Umweltcontrolling, München 1995, S. 269.

Folie 6 von 33

Entscheidung für optimale Transportkette

- ✘ Vergleich der Transportketten aufgrund der Umweltrelevanz ihrer Emissionen (CO₂, SO₂, CO, NO_x, NH₃, CH₄, N₂O, NMVOC, Partikel) und Energieverbrauch
- ✘ Vergleich der Transportketten aufgrund ihren Kosten

Zielgruppe

- ✘ Entscheidungsträger der Transportkettenwahl (z.B. Makler, Lieferanten, Kunden)

Folie 7 von 33

Allgemein:

Eine funktionelle Einheit dient dazu, einen Bezug zu schaffen, auf den Input- und Outputflüsse bezogen werden. Dies ist notwendig, um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse von Ökobilanzen sicherzustellen.

Im Projekt:

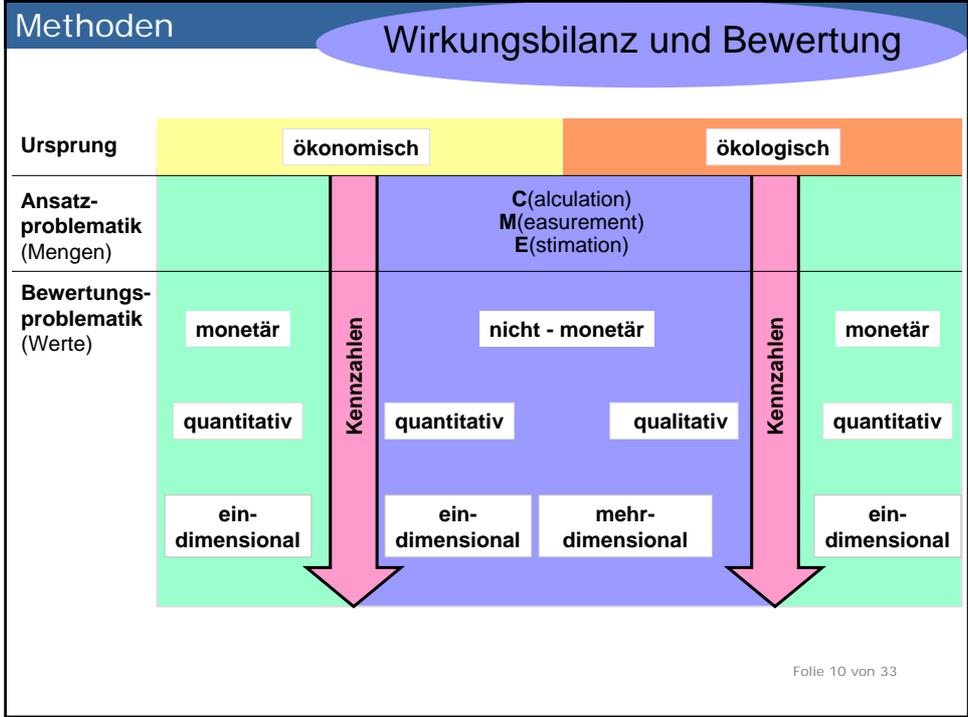
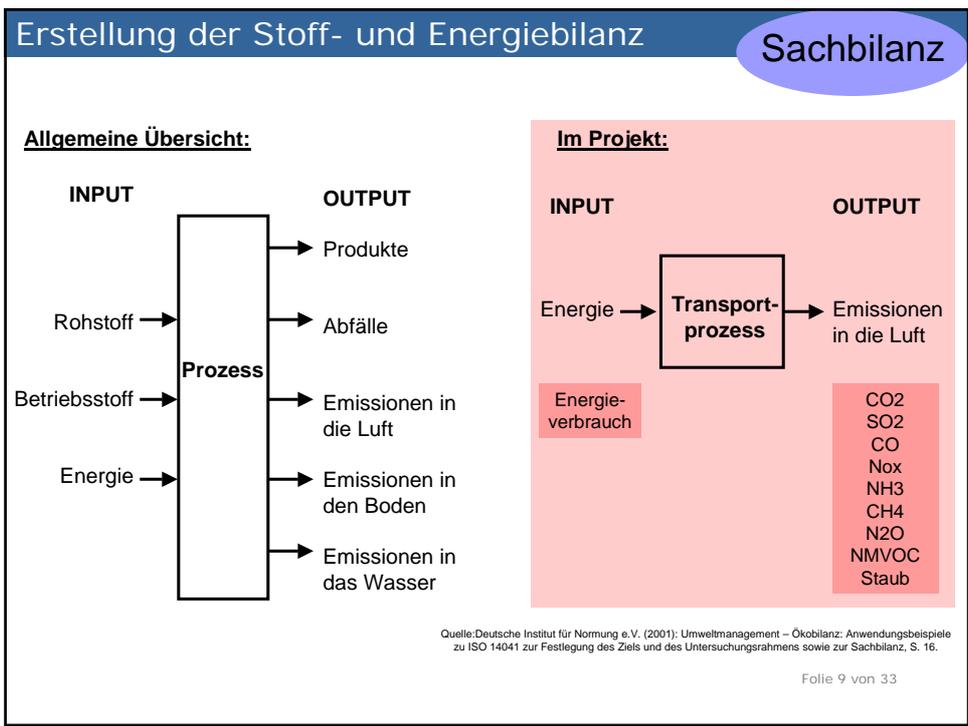
Güterverkehr



Tonnenkilometer [t*km]

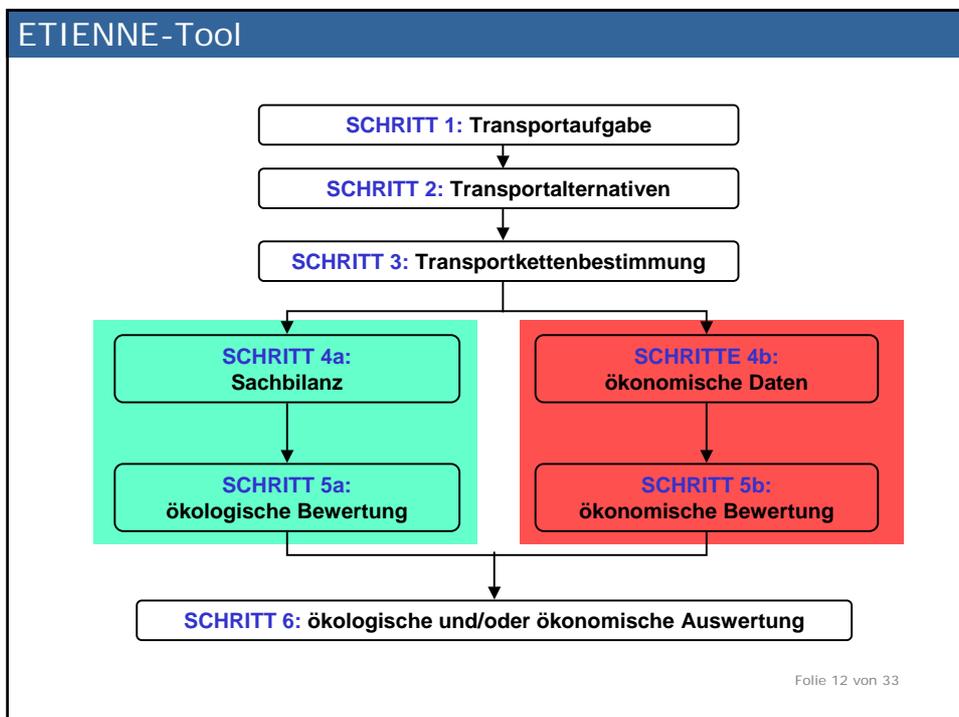
Quelle: Deutsche Institut für Normung e.V. (1997): EN DIN ISO 14040
Umweltmanagement – Ökobilanz, S. 8.
Maibach, M./ Peter, D./ Seiler, B. (1995): Ökoinventar Transporte. S. Z.2.

Folie 8 von 33



Methoden		Wirkungsbilanz und Bewertung	
Ursprung	ökonomisch	ökologisch	
Entscheidungsunterstützung	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Kostenrechnung ⇒ Prozesskostenrechnung ⇒ Flusskostenmanagement ⇒ Reststoffmanagement ⇒ Target Costing ⇒ Life Cycle Costing ⇒ Least Cost Planning ⇒ Bereichsorientierte Steuerung ⇒ Investitionsentscheidung ⇒ Akquisitionsentscheidung ⇒ Jahresabschluss ⇒ Lagebericht 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Balanced Scorecard ⇒ Nutzwertanalyse 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ MIPS ⇒ KEA ⇒ Ökol. Knappheit ⇒ EDIP ⇒ Eco-Indicator 95/99 ⇒ VNCI ⇒ Schadschöpfung ⇒ UBA Gesamtansatz ⇒ CML ⇒ Kritische Volumina ⇒ verbalargumentativ ⇒ ABC-Analyse
Informationsversorgung	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Nachhaltigkeitsberichterstattung 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Umweltberichterstattung 	
Integration		<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Öko Effizienz Ansatz von BASF ⇒ Sustainability Balanced Scorecard 	

Folie 11 von 33



Schritte im Bewertungstool

SCHRITT 1: Transportaufgabe

Bestimmung der Transportaufgabe mit Ergebnisse:

- Transportmenge
- Transportgut
- Quelle
- Zielort

Folie 13 von 33

Schritte im Bewertungstool

SCHRITT 1: Transportaufgabe

Transportmenge

SCHRITT 1: Transportaufgabe		Transportmenge [t]	Güterart ausfüllen im Transportgüterkatalog		
Quellort A	Zielort B		Stückgut	Stückgut	Ganzladung
		Transportmengenanforderung gesamt [t]			
Quellort A: Delitzsch	Zielort B: Södertälje	30000	30000	0	0
	Gesamtmenge [t]:	30000			

Quelle

Zielort

Transportgut

Folie 14 von 33

Schritte im Bewertungstool

SCHRITT 2: Transportalternativen

SCHRITT 3: Transportkettenbestimmung

Untersuchung und Bestimmung des Transportalternativen mit Ergebnisse:

- Transportentfernung
- Verkehrsmittel
- Streckentyp
- Auslastung

Folie 15 von 33

Schritte im Bewertungstool

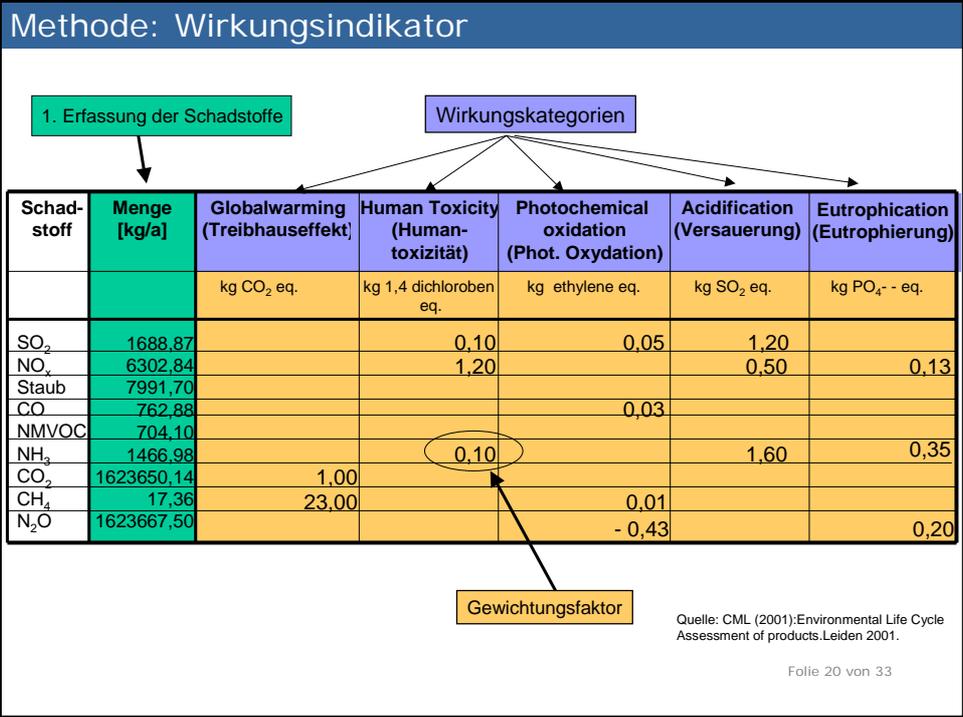
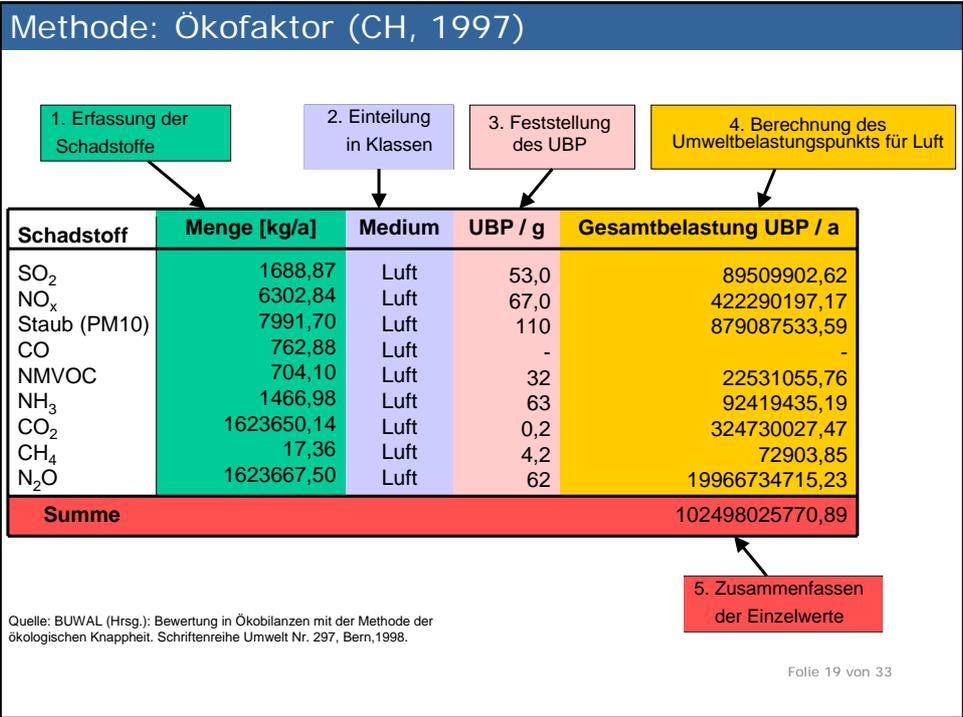
SCHRITT 2: Transportalternativen

SCHRITT 3: Transportkettenbestimmung

Alternativen

INPUT DATA		Alternative 1				Alternative 2				Alternative 3								
	Transportmittelauswahl	Transporteur	Preis	Auslastung	Strecke	Verkehrsträger	Referenzstrecke	Transporteur	Preis	Auslastung	Strecke	Verkehrsträger	Referenzstrecke	Transporteur	Preis	Auslastung	Strecke	
			(€/km)	(%)	(km)	(m)	(km)				(km)	(m)	(km)				(km)	
5	Hauptlauf	Lkw - 0 - Solo - klein		100	100													
6		Lkw - 0 - Solo - mittel		100	100													
7		Lkw - 0 - Solo - gross		100	100													
8		Lkw - 0 - Solo sehr gross		100	100													
9		Lkw - 0 - m. Anh. klein		100	100													
10		Lkw - 0 - m. Anh. mittel		100	100													
11		Lkw - 0 - m. Anh. gross		100	100													
12		Lkw - 0 - Sattelzug		100	100													
13		Zug Diesel-generisch		100	100													
14		Zug el-generisch		100	100													
15		Straßen-Güter-0		100	100													
16		Straßen-Güter-1		100	100													
17		Straßen-Güter-2		100	100													
18		Straßen-Güter-3		100	100													
19		Straßen-Güter-4		100	100													
20		Straßen-Güter-5		100	100													
21	Vorlauf	Transportmittelauswahl	Transporteur	Preis	Auslastung	Strecke	Verkehrsträger	Referenzstrecke	Transporteur	Preis	Auslastung	Strecke	Verkehrsträger	Referenzstrecke	Transporteur	Preis	Auslastung	Strecke
22				(€/km)	(%)	(km)	(m)	(km)				(km)	(m)	(km)				(km)
23						10												
24																		
25																		
26																		
27	Nachlauf	Transportmittelauswahl	Transporteur	Preis	Auslastung	Strecke	Verkehrsträger	Referenzstrecke	Transporteur	Preis	Auslastung	Strecke	Verkehrsträger	Referenzstrecke	Transporteur	Preis	Auslastung	Strecke
28				(€/km)	(%)	(km)	(m)	(km)				(km)	(m)	(km)				(km)
29																		
30																		

Folie 16 von 33



Methode: Wirkungsindikator

Schadstoff	Menge [kg/a]	Globalwarming (Treibhauseffekt)	Human Toxicity (Human-toxizität)	Photochemical oxidation (Phot. Oxydation)	Acidification (Versauerung)	Eutrophication (Eutrophierung)
		kg CO ₂ eq.	kg 1,4 dichloroben eq.	kg ethylene eq.	kg SO ₂ eq.	kg PO ₄ - eq.
SO ₂	1688,87		162,13	81,07	2026,64	
NO _x	6302,84		7563,41		3151,42	819,37
Staub	7991,70					
CO	762,88			0,03 * 762,88 = 20,60		
NMVOG	704,10					
NH ₃	1466,98		146,70		2347,16	513,44
CO ₂	1623650,14	1623650,14				
CH ₄	17,36	399,24		0,10		
N ₂ O	1623667,50			-693306,02		324733,50
Summe		1624049,37	7872,24	- 693204,25	7525,22	326066,31

Summe entspricht dem Wirkungsindikator

Gewichtete Emission

Folie 21 von 33

Methode: Wirkungsindikator

Wirkungskategorien	Globalwarming (Treibhauseffekt)	Human Toxicity (Human-toxizität)	Photochemical oxidation (Phot. Oxydation)	Acidification (Versauerung)	Eutrophication (Eutrophierung)
Wirkungsindikator	1624049,37	7872,24	- 693204,25	7525,22	326066,31
Ökologische Gefährdung	A	X	D	B	B
Distance-to-Target	A	X	B	B	B
Spezifischer Beitrag	A	E	X	C	D
Ökologische Priorität	sehr groß			groß	mittel

für ganze Transportkette / Jahr

Quelle: Umweltbundesamt (1999): Bewertung in Ökobilanzen: Methode des Umweltbundesamtes zur Normierung von Wirkungsindikatoren, Ordnung (Rangbildung) von Wirkungskategorien und zur Auswertung nach ISO 14042 und 14043. Berlin 1999. S. 14 – 23.

Folie 22 von 33

Methode: Kumulierter Energie-Aufwand (KEA)

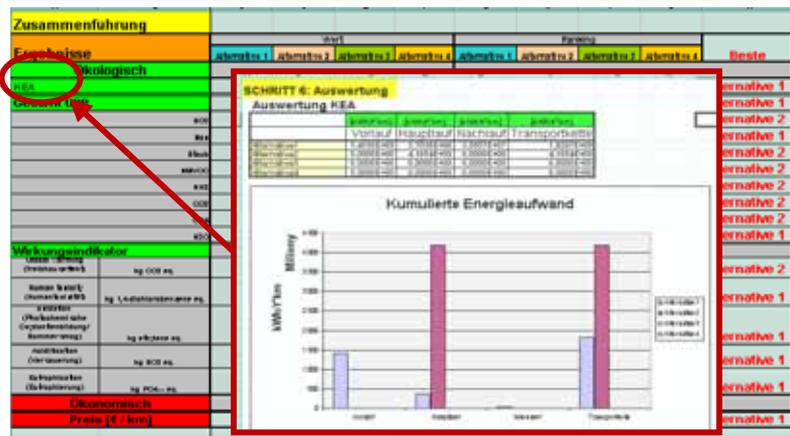
GANZE TRANSPORTKETTE :

		Vorlauf	Hauptlauf	Nachlauf	Transportkette
Transportmittel		KEA - Kumulierter Energieverbrauch (kWh/km)			
Summe:					
Quellort A:					
Delitzsh					
Bernburg					
Transportmittel A (1997):	Lkw - D - Solo - klein	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
Transportmittel B (1997):	Lkw - D - Solo - mittel	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
Transportmittel C (1997):	Lkw - D - Solo - gross	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
Transportmittel D (1997):	Lkw - D - Solo sehr gross	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
Transportmittel E (1997):	Lkw - D - m. Anh. klein	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
Transportmittel F (1997):	Lkw - D - m. Anh. mittel	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
Transportmittel G (1997):	Lkw - D - m. Anh. gross	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
Transportmittel H (1997):	Lkw - D - Sattelzug	0,0000E+00	2,6326E+09	0,0000E+00	2,6326E+09
Transportmittel I:	Zug Diesel generisch	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
Transportmittel K:	Zug-el generisch	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
Transportmittel L:	Zug-el Güter-D	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
Transportmittel M:	Schiff-Güter-D	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
Transportmittel N:	Überseeschiff	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00	0,0000E+00
Summe		0,0000E+00	2,6326E+09	0,0000E+00	2,6326E+09
Kontrolle		0,0000E+00	2,6326E+09	0,0000E+00	

Folie 23 von 33

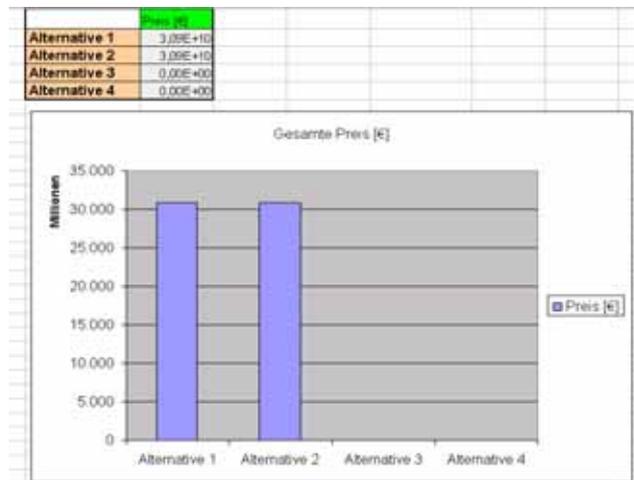
Schritte im Bewertungstool

SCHRITT 6: ökologische und/oder ökonomische Auswertung



Folie 24 von 33

Ökonomische Auswertung im Bewertungstool



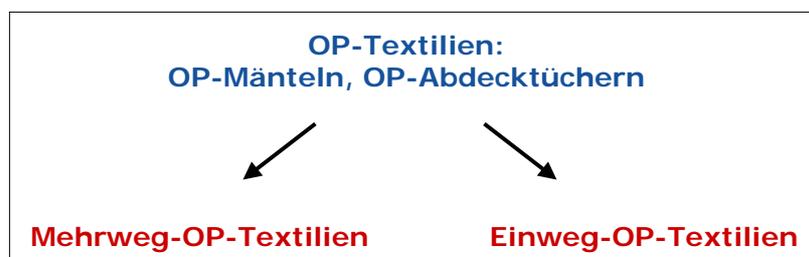
Folie 25 von 33

Transportprozess beim Projekt OP-Textilien

Bewertung von Transportprozessen als Entscheidungsunterstützung im Projekt OP-Textilien - Ökologische und ökonomische Bewertung der Wiederaufbereitung und des Erhalts der Barrierewirkung in Abhängigkeit von den Nutzungszyklen

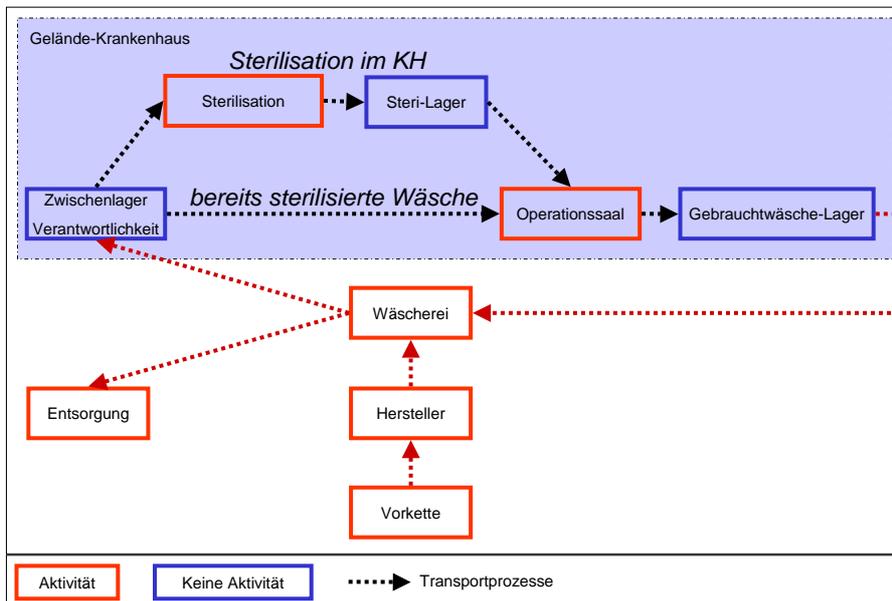


Die produktbezogene Sichtweise umfasst alle durchlaufenen Prozesse von der Herstellung der verschiedenen OP-Textilien bis zu ihrer Entsorgung.



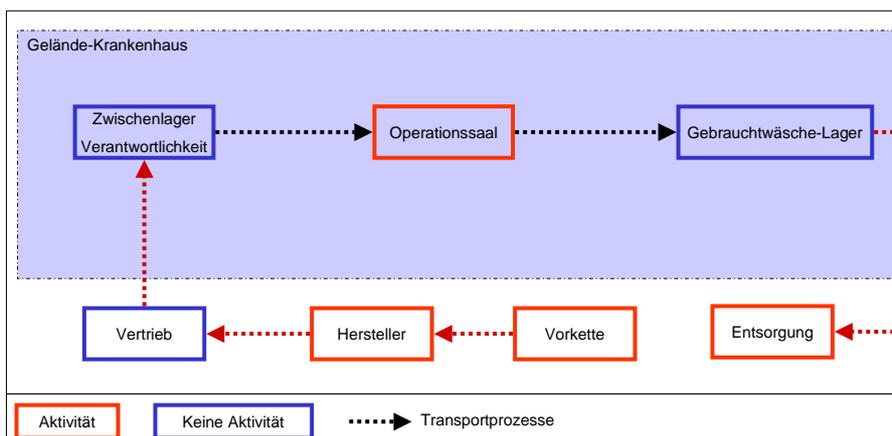
Folie 26 von 33

Weg der Mehrweg-OP-Textilien im Krankenhaus



Folie 27 von 33

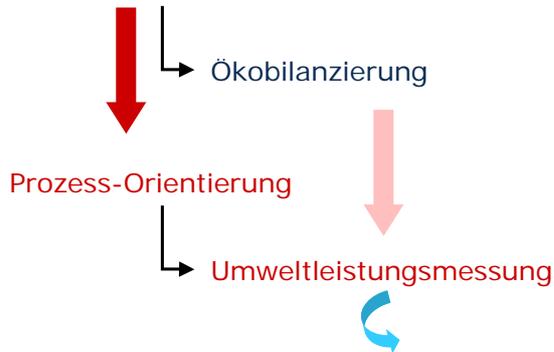
Weg der Einweg-OP-Textilien im Krankenhaus



Folie 28 von 33

Umweltleistungsmessung

Lebenszyklus-Orientierung



Einweg-OP-Textilien vs. Mehrweg-OP-Textilien

Folie 29 von 33

Transportprozessbewertung

z. B.
Krankenhaus



z. B.
Wäscherei

Systembestimmung und Transportkettenbestimmung:

- ✓ Menge,
- ✓ Streckentyp,
- ✓ Transportgut,
- ✓ Transportentfernung,
- ✓ Verkehrsmittel,
- ✓ Auslastung- Volumen

Bestimmung der funktionelle Einheit

- ✓ Tkm (bezogen auf die Produktionsfunktion des Untersuchungsobjektes, 1 Mantel / Operation)

Sachbilanz - Bilanzierung der Stoff- und Energieströme

- ✓ Emissionen in die Luft und Energieverbrauch

Methoden für Wirkungsbilanz und ökologische Bewertung

- ✓ Energieverbrauch (KEA)
- ✓ Wirkungsindikatoren
- ✓ Umweltbelastungspunkte

Folie 30 von 33

Aspekte zur Transportbestimmung und -bewertung

- ☞ **Reiner Transportprozess vs. Reiner Transportprozess + Herstellung und Entsorgung von Transportmittel und Infrastruktur**
- ☞ **Deutschland vs. Weltweit (Hersteller)**
- ☞ **Umschlag im Lager oder zwischen Vorlauf, Hauptlauf, Nachlauf**
- ☞ **Vollfahrt vs. Leerfahrt (KH → Wäscherei)**
- ☞ **Lieferungsintervall vs. Lagermöglichkeiten**
- ☞ **Transportcontainer vs. Verpackung (z. B. Karton)**
- ☞ **Sachbilanz vs. Bewertungsverfahren (Wirkungsindikator)**

Folie 31 von 33

Weitere Entwicklung – Ansatz für Dissertation

- ✘ **Flexibles Tool**
nicht nur für Entsorgungsunternehmen
- ✘ **Softwareansatz**
auf Access-Ebene
- ✘ **Erweiterung von Bewertungsobjekten**
Umschlag, Luftverkehr
- ✘ **Vertiefung der ökonomischen Bewertung**
Ansatz einer ökonomischen Methode
(z. B. Investitionsrechnung)

Folie 32 von 33

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Die TU Dresden ist seit Januar 2003 validiert nach EMAS.
Informationen unter www.tu-dresden.de/umwelt

Folie 33 von 33