

# **Verkehr im Umweltmanagement**

## **Anleitung zur betrieblichen Erfassung verkehrsbedingter Umwelteinwirkungen**

Ein Leitfaden erstellt im Auftrag  
des Umweltbundesamtes Berlin

September 1999

**Impressum:**

Herausgeber: Umweltbundesamt Berlin  
Postfach 33 00 22  
14191 Berlin  
Tel.: 030/8903-0  
Telefax: 030/8903-2285  
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Betreuung: Dipl.-Ing. Ulf-Uwe Diewitz,  
Fachgebiet I 3.3 Grundsatzfragen „Umwelt und Verkehr“

Autoren: Prof. Mario Schmidt, Hochschule für Gestaltung, Technik und Wirtschaft  
FH Pforzheim und  
Dipl.-Ing. Ellen Frings, ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung  
Heidelberg GmbH

Im Rahmen des F+E-Vorhabens 205 06 089 „Erfassung des standortbezogenen Verkehrs im Rahmen des EU-Öko-Audits und Ansätze für umweltschonende Logistik und Verkehrsvermeidung im Umweltmanagementsystem“

unter Mitarbeit von Silke Drescher, Manuel Kast u. Tilmann Bohnengel  
Für den Inhalt der Arbeit sind die Bearbeiter selbst verantwortlich.

Nachdruck –auch auszugsweise – nur mit Quellenangaben und Überlassung von Bezugsexemplaren gestattet.

September 1999

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einführung.....</b>	<b>5</b>
Verkehr und Umwelt – ein gelöstes Problem?.....	5
<b>2. Verkehr im Umweltmanagement.....</b>	<b>11</b>
Anforderungen der Öko-Audit-Verordnung.....	11
Um welchen Verkehr geht es? .....	12
Wahl der Bilanzgrenzen .....	13
Berücksichtigung der Vorkette .....	15
Welche Umwelteinwirkungen bilanzieren? .....	16
Orientierung am Controlling-Prozesses.....	17
Indikatoren und Kennzahlen für was? .....	18
Mögliche Handlungsfelder .....	20
<b>3. Wirkungs- und Relevanzabschätzung.....</b>	<b>23</b>
Güterverkehr.....	23
Personenverkehr.....	27
Kennzahlen .....	30
Sonstige Umwelteinwirkungen?.....	31
Einwohnerdurchschnittswerte .....	31
Vorbereitung der Detailbilanz .....	32
<b>4. Detailbilanz .....</b>	<b>37</b>
Grundsätzliches Vorgehen .....	37
Lärmbelastung und Flächennutzung.....	38
Wichtige Eckdaten zur Bilanzierung .....	39
Lastkraftwagen (Lkw) .....	41
Lieferwagen .....	43
Bahn (Güterv.).....	44
Binnenschiff .....	45
Seeschiff .....	45
Flugzeug (Güterv.).....	46
Gabelstapler und andere Maschinen .....	47
Personenkraftwagen (Pkw)	49
Bahn (Personenv.).....	51
Flugzeug (Personenv.).....	51
Linienbus .....	52
SSU.....	52
<b>5. Anhang.....</b>	<b>53</b>
Literatur.....	53
Glossar.....	54
Weitere Leitfäden .....	57



# 1. Einführung

## Verkehr und Umwelt – ein gelöstes Problem?

Die Umwelteinwirkungen des Verkehrs sind vielfältig. Dabei gibt es nicht nur die direkten Wirkungen der Verkehrsmittel beim Betrieb. Auch die Verkehrsinfrastruktur, etwa das Straßennetz, kann die Umwelt erheblich beeinträchtigen. In Tab. 1 sind einige dieser Wirkungen zusammengestellt.

Nicht alle dieser Umwelteinwirkungen des Verkehrs lassen sich quantifizieren. Viele Wirkungen können nur qualitativ beschrieben werden, weil das Zusammenwirken mit biologischen und räumlichen Systemen sehr komplex ist. Sie sind aber zweifelsohne mit der „Menge“ an Verkehr verbunden. Die Größe des Straßennetzes oder die Fahrleistung auf den Straßen können – so gesehen – als Indikatoren für diese vielfältigen Wirkungen angesehen werden.

Tab. 1: Wirkungen von Straßen auf Pflanzen, Tiere und ihre Lebensräume. Nach: Rat der Sachverständigen für Umweltfragen (1994)

### Umweltwirkungen von Straßen

- Wirkung von Baustelle/Baufeld/Erdentnahme/ Deponie
- direkter Flächenverlust
- direkte Flächenänderung
- Lokale Klimaänderungen
- Emission/Immission:
  - Schadstoffe
  - Staub
  - düngende Stoffe
  - Licht
  - Lärm
  - optische Reize
- lokale Änderung des Wasserhaushalts
- Veränderung von Oberflächengewässern
- direkte und indirekte Flächenzerschneidung
- Trennung von Teillebensräumen
- Ausbreitungsbarrieren
- Tierverluste (auch durch Lockwirkung)
- interspezifische Konkurrenz
- Strukturierung, Neuschaffung von Lebensräumen
- Ausbreitungsbänder für Arten
- Erschließungsfunktionen und weitere Folgewirkungen wie Flubereinigung, Gewässerausbau etc.

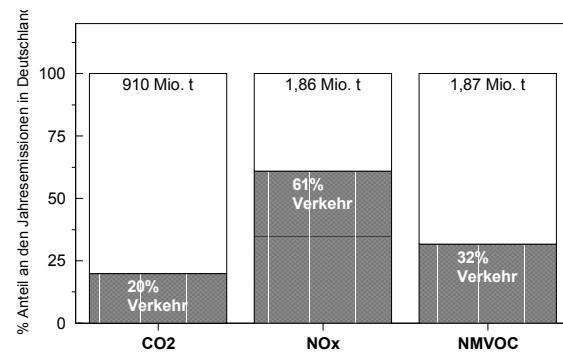


Abb. 1: Anteil des Verkehrs an den Gesamtemissionen im Jahr 1996 in Deutschland für Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Stickstoffoxide (NOx) und leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe ohne Methan (NMVOC). Nur direkte Emissionen. Quelle: Verkehr in Zahlen, 1998.

Einige Umwelteinwirkungen lassen sich dagegen sehr gut quantifizieren, insbesondere die Emission von Schadstoffen und der Verbrauch an (fossiler) Energie. Sie stehen im Mittelpunkt der politischen Diskussion, teilweise auch zu recht. Denn der Verkehr zählt in Deutschland nach wie vor zu den größten Verursachern dieser Umweltbelastungen (siehe Abb. 1).

Aufgrund großer technischer Anstrengungen sinken zwar allmählich die Emissionsmengen einiger wichtiger Schadstoffe des Verkehrs. So nehmen die Stickstoffoxid-Emissionen seit Anfang der 90er Jahre kontinuierlich ab (siehe Abb. 2). Was den Energieverbrauch oder die Emission des klimarelevanten Kohlendioxids (CO<sub>2</sub>) angeht, fällt die Bilanz jedoch weniger positiv aus.

Im Jahr 1996 stammten in Deutschland 180 Mio. t CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Verkehr. Das entsprach ca. 20 % der bundesweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen. 15 Jahre zuvor waren es – in Ost und in West – weniger als 120 Mio. t. Trotz spezifischer Verbrauchssenkungen ist dieser Trend ungebrochen. Bis 2010 muß mit einer weiteren Zunahme um ca. 20 % gegenüber 1996 gerechnet werden. Allein die direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen des Straßenverkehrs werden dann knapp unter 200 Mio. t pro Jahr liegen; daran hat der Güterverkehr einen wachsenden Anteil (siehe Abb. 4).

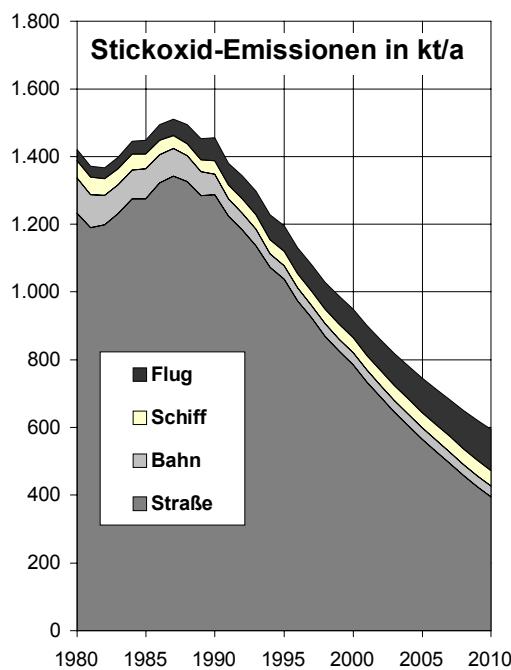


Abb. 2: Stickstoffoxid-Emissionen des Verkehrs in 1000 t pro Jahr. Realwerte bis 1997 (Straße) bzw. 1995 (übriger Verkehr), danach Trendszenario. Einschließlich energetische Vorkette. Berechnungen mit TREMOD. Quelle: Höpfner, Knörr 1999

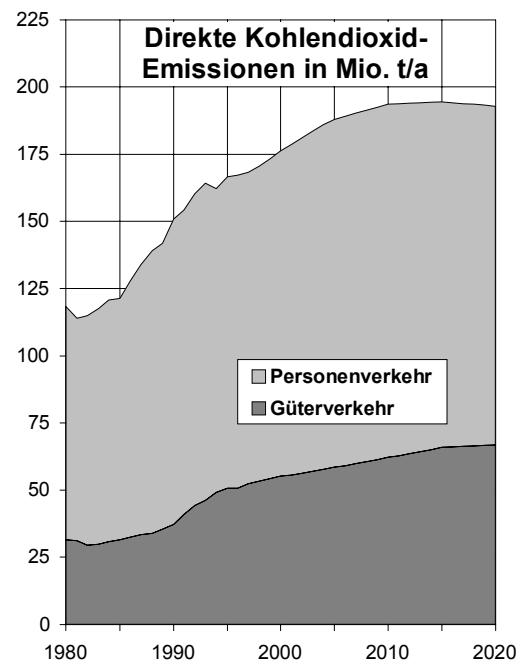


Abb. 4: Direkte Kohlendioxid-Emissionen des Straßenverkehrs in 1000 t pro Jahr. Realwerte bis 1997, danach Trendszenario. Ausschließlich energetische Vorkette. Berechnungen mit TREMOD. Quelle: Höpfner, Knörr 1999

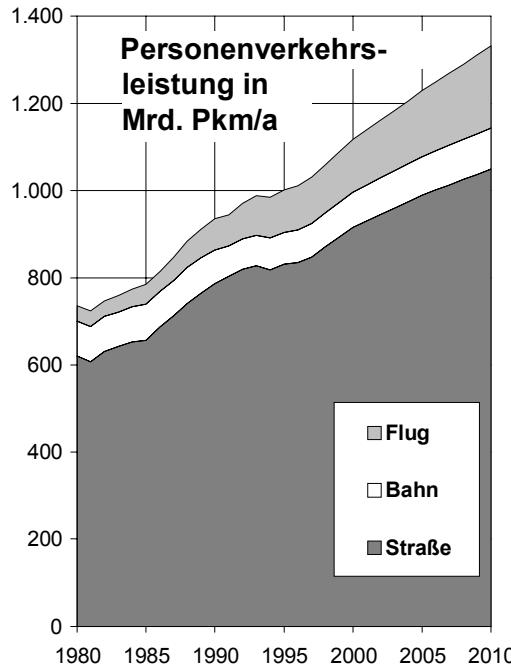


Abb. 3: Personenverkehrsleistung in Milliarden Personen-km pro Jahr. Realwerte bis 1997 (Straße) bzw. 1995 (übriger Verkehr), danach Trendszenario. Quelle: Höpfner, Knörr 1999

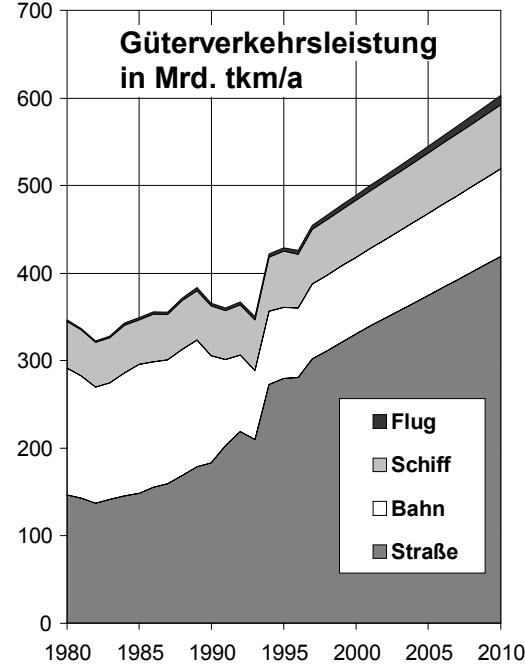


Abb. 5: Güterverkehrsleistung in Milliarden Tonnen-km pro Jahr. Realwerte bis 1997 (Straße) bzw. 1995 (übriger Verkehr), danach Trendszenario. Quelle: Höpfner, Knörr 1999

Die Ursache liegt in der weiterhin starken Zunahme des Verkehrs insbesondere des Straßen- und Luftverkehr. In Abb. 3 ist die sogenannte Personenverkehrsleistung in Personen-Kilometer von 1980 bis 2010 dargestellt. Ebenso rasant entwickelt sich die Güterverkehrsleistung, angegeben in Tonnen-Kilometer. Wie aus Abb. 5 ersichtlich ist, verdoppelt sich z.B. der Wert für den Straßenverkehr innerhalb von 20 Jahren.

Schwieriger zu dokumentieren oder in ihrer Entwicklung zu verfolgen sind die Lärmbelastung oder die Flächenbeanspruchung des Verkehrs. Abschätzungen des Umweltbundesamtes haben ergeben, daß im Jahr 1990 etwa 16 % der Bevölkerung mit Straßenverkehrspegeln über 65 dB (A) tagsüber belastet waren. Bei diesem Lärmpegel ist mit einem erhöhten Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen zu rechnen. Der Anteil der Bevölkerung mit solchen Belastungen wird bis 2005 nur auf 12,5 % sinken; weiterreichende Minderungen werden jedoch durch die Verkehrszunahme verhindert (UBA, 1997).

Ähnlich bei der Flächenbeanspruchung: Der Anteil der Verkehrsfläche an der Gesamtfläche der Bundesrepublik beträgt knapp 5 % bei wachsender Tendenz. Viele Flächen sind dabei noch gar nicht berücksichtigt, z.B. Dämme, Brücken, private Parkplätze oder Tankstellen.

Außerdem zerschneiden Verkehrsflächen ökologische Wirkungszusammenhänge und setzen damit den Wert des gesamten betroffenen Gebietes für andere Nutzungen herab. Unzerschnittene verkehrsarme Landschaftsräume über 100 qkm bildeten im früheren Bundesgebiet einen Flächenanteil von 22,6 %. Zwischen 1977 und 1987 hat die Fläche dieser Räume bedingt durch neue Zerschneidungen und die Zunahme der Verkehrsmengen um 18 % abgenommen (SRU 1994).

Der Verkehr ist also zweifelsfrei ein Handlungsbereich unserer Gesellschaft, der große Auswirkungen auf die Umwelt hat. Deshalb gelten ihm besondere Anstrengungen des Umweltschutzes. In den vergangenen Jahren wurden viele Verbesserungen durch technische Maßnahmen erreicht, z.B. durch neue verbrauchsärmere Fahrzeuge oder durch Abgasreinigungstechniken.

Diese Maßnahmen reichen jedoch nicht aus. Beispielsweise sinkt der Durchschnittsverbrauch der Pkw im Bestand trotz der neuen 3-Liter-Autos nur allmählich. Von ca. 9 Liter Kraftstoff pro 100 km im Jahr 1990 ausgehend prognostiziert selbst die Shell AG für das Jahr 2010 immer noch einen Wert von ca. 7 Liter/100 km (Shell, 1999).

Deshalb wird zunehmend diskutiert, wie man das Problem auch an der Ursache angehen kann – beim Wachstum der motorisierten Personen- und Güterverkehrsleistung. Dies setzt eine umfassendere Betrachtung der Abläufe im Verkehrs- und Transportbereich voraus als nur den Blick auf die neueste Fahrzeugtechnik. Es muß auch danach gefragt werden, wieviel und wie weit und mit welchen Transportmitteln transportiert wird. Diese Aspekte werden in diesem Leitfaden an entsprechender Stelle aufgegriffen.



### Kurz und bündig

- Verkehr ist und bleibt ein umweltrelevanter Handlungsbereich.
- Die Umwelteinwirkungen des Verkehrs sind vielfältig und nicht immer leicht quantifizierbar.
- Verkehr trägt erheblich zu den Schadstoffemissionen bei.
- Technischen Maßnahmen führen teilweise zu einer deutlichen Minderung der Emissionsmengen.
- Der Energieverbrauch, der Lärm, die Flächenbeanspruchung und die Emission des Treibhausgases CO<sub>2</sub> bleiben jedoch ein zentrales Umweltproblem des Verkehrs.
- Die Zuwachsrate des Verkehrs sind sehr hoch und erfordern eine Auseinandersetzung mit den Ursachen des Wachstums.

## Verkehr und Umweltmanagement – ein vernachlässigtes Kapitel

Eine Auswertung der Ruhr-Universität Bochum hat ergeben, daß nur wenige Unternehmen sich im Rahmen ihres Umweltmanagementsystems mit dem Thema Verkehr auseinandersetzen.

Tab. 2: Stichproben-Untersuchung von betrieblichen Umweltberichten und Umwelterklärungen über die Berücksichtigung des Verkehrsaspektes. Quelle: (Letmathe u. Steven, 1998)

	Umweltpublikationen der Unternehmen	
	Anzahl	In %
Stichprobe insgesamt	348	100
Verkehrsaspekte werden thematisiert:		
– nur sporadisch und unsystematisch	108	31
– in Leitsätzen und betriebl. Umweltpolitik	35	10
– in Umweltzielen und/ oder Maßnahmen	78	22
– durch Quantifizierung der Umwelteinwirkungen	43	12
– durch Input/ Output-Bilanz	10	3

Erhebung im Rahmen des F+E-Vorh. Nr. 205 06 089

Obwohl der Transport von Rohstoffen, Produkten und Abfällen von der EG-Öko-Audit-Verordnung als einer der zu behandelnden Gesichtspunkte aufgeführt wird, vernachlässigen viele Unternehmen den Aspekt Transport bei der Umweltbetriebsprüfung und im Umweltprogramm. Nur wenige Prozent der Unternehmen führen den Verkehr in ihrer Input-/Output-Bilanz auf (siehe Tab. 2). Viele dieser Bilanzen zeigen deutliche Mängel bei der Ermittlung des Energieverbrauchs oder der Schadstoffemissionen.

Ein Grund dafür ist sicher die starke Fokussierung der EG-Öko-Audit-Verordnung auf den Standort von Unternehmen. Die wesentlichen Transportleistungen werden zwischen den Standorten erbracht und werden dann leicht vergessen. Dazu kommt ein nicht unerheblicher Aufwand, die Umwelteinwirkungen des Verkehrs zu quantifizieren. Da der Umweltschutz im Verkehr nicht unternehmensseitig reglementiert ist, also auch keine Genehmigungsbescheide u.ä.

wie bei genehmigungsbedürftigen Anlagen nach dem BISchmG vorliegen, tritt für Unternehmen auch ein Daten- und Methodenproblem bei der Bilanzierung auf.

Trotzdem sind die Transporte nicht unerheblich für den Umweltschutz eines Unternehmens. Aus Abb. 4 ist z. B. die wachsende Bedeutung der Straßengütertransporte für die CO<sub>2</sub>-Emissionen ersichtlich. Bei vielen Lebensweg-Betrachtungen von Produkten trägt der Transportanteil wesentlich zu der Ökobilanz des Produktes bei.

Deshalb darf beim Umweltmanagementsystem eines Unternehmens der Gütertransport nicht fehlen. Denn die Verantwortlichkeit für diese Transporte im Sinne einer verursachungsgerechten Zurechnung und die Einflußnahme bei Entwicklung, Einkauf, Produktion und Vertrieb müssen letztendlich bei den Unternehmen und an den Standorten gesucht werden. Davon abgesehen geht auch von den Standorten selbst ein wesentlicher Teil des Verkehrs aus, z.B. der Berufsverkehr der Mitarbeiter oder Besucherverkehr.

Schließlich ist der Verkehr für Unternehmen ein wichtiger Kostenaspekt, gerade im Rahmen globaler Märkte. Die Transportkosten liegen in Deutschland bei ca. 2-5 % des Umsatzes, die gesamten Logistikkosten sogar bei 6-10 % (nach Pfohl, 1996). Die Senkung des Energieverbrauchs, die Verbesserung der Fahrzeugauslastung oder die Verringerung der Transportleistung kann zur Kostenentlastung der Unternehmen beitragen – bei gleichzeitiger Entlastung der Umwelt.

Die Berücksichtigung des Verkehrs im Umweltmanagement kann somit auch dem allgemeinen Unternehmenscontrolling nützen: Die Suche nach dem erforderlichen Maß, den Ursachen und möglichen Minderungspotentialen beim Einsatz von Ressourcen oder (Transport-) Aufwand für die Produktion und Leistungserstellung der Unternehmen.

## Was ist der Zweck dieses Leitfadens?

Das Ziel ist es, daß Sie den Verkehrsaspekt im Umweltmanagementsystem und im Öko-Audit Ihres Unternehmens stärker berücksichtigen. Dazu soll der Leitfaden Hilfestellungen geben. Er soll zeigen, welche Daten überhaupt von Bedeutung sind, wie die Daten erfaßt werden und wie daraus Angaben über die Umwelteinwirkungen abgeleitet werden können.

Der Leitfaden gibt Tips und stellt Grunddaten zur Verfügung, z.B. Emissionsfaktoren, um den Verkehr in die betriebliche Umweltbilanz, etwa im Rahmen eines Betrieblichen Umweltinformationssystems, einzubeziehen.

Diese Daten helfen Ihnen im Idealfall, die Bedeutung des Verkehrs für den Umweltschutz des Unternehmens einzuschätzen, zeitliche und sachliche Vergleiche vorzunehmen, Kennzahlen zu bilden und daraus einen Handlungsbedarf oder die Zielerfüllung abzuleiten. Im Vordergrund steht der innerbetriebliche Entscheidungsprozeß, den Sie durch qualifizierte und zielführende Informationen unterstützen wollen.

Allen Beteiligten sollte klar sein, daß der Aufwand für die Einbeziehung des Verkehrsaspektes vertretbar und überschaubar bleiben muß. Sie müssen Bilanzen verhältnismäßig schnell erstellen, regelmäßig aktualisieren und auf möglichst viele bereits vorhandene Daten zurückgreifen können. Die qualitativen Anforderungen an ein solches System orientieren sich an einer pragmatischen, aber zielsicheren Entscheidungsunterstützung und nicht an akademischen Ansprüchen einer umfassenden Bilanzierung.



### Kurz und bündig

- Hilfe für Unternehmen, den Verkehrsaspekt im Umweltmanagement zu berücksichtigen.
- Quantitative Betrachtungen zur Entscheidungsunterstützung.
- Pragmatisches Vorgehen statt akademisch exakter Bilanzen.
- Daten für wissenschaftliche Untersuchungen nicht einsetzbar.

## An wen wendet sich dieser Leitfaden?

Der Leitfaden wendet sich an den Praktiker im Unternehmen, z. B. an den Umweltschutz-Beauftragten, der ein Umweltmanagementsystem aufbaut oder pflegt und hierzu auch eine quantitative Basis benötigt. Es wird vorausgesetzt, daß Sie sich in den Grundlagen des Umweltschutzes und auch des Umweltmanagements auskennen, daß Ihnen aber verkehrsspezifische Informationen weitgehend fehlen. Diese Lücke soll mit diesem Leitfaden geschlossen werden.

Der Leitfaden wendet sich *nicht* an Wissenschaftler, die Studien, Untersuchungen oder Emissionsbilanzen durchführen und dazu spezielle Kfz-Emissionsfaktoren o.ä. benötigen. Das in diesem Leitfaden gewählte Vorgehen und die Abgrenzungen bzw. Aggregationen von Daten sind sehr stark von dem Controllingaspekt und dem Entscheidungsprozeß im Unternehmen geprägt.

Deshalb sollten Wissenschaftler, aber auch Anwender aus anderen Bereichen, z. B. aus der kommunalen Verkehrs- und Umweltplanning, eher auf andere Quellen, wie auf das ausführliche Handbuch für Emissionsfaktoren (infras, 1999), zurückgreifen.

## Wie ist der Leitfaden aufgebaut?

Der Leitfaden gliedert sich in 3 Teile:

### Kapitel

Verkehr im Umweltmanagement

2

Relevanzabschätzung

3

Detailbilanz

4

In einem ersten allgemeinen Teil findet eine Diskussion darüber statt, wie der Verkehr in einem betrieblichen Umweltmanagementsystem berücksichtigt werden kann, welche Rolle er dort spielt und welche Anforderungen sich daraus ergeben. Dabei wird insbe-

sondere auf den Gedanken der Handlungs- und Entscheidungsunterstützung durch quantitative Informationen eingegangen. In einem zweiten Teil wird die Vorgehensweise der sogenannten Relevanzabschätzung vorgestellt. Sie ist eine vereinfachte und schnelle Bilanz der Umwelteinwirkungen des Verkehrs und stellt die Grundlage für vertiefende Betrachtungen dar. Im dritten Teil werden Ihnen schließlich Daten bereitgestellt, die für Detailbilanzen erforderlich sind. Sie erhalten Hilfestellungen, wie solche Detailbilanzen aufgestellt werden, welche Kennzahlen verwendet werden usw.

### **Woher stammen die Daten?**

In diesem Leitfaden werden vor allem Emissionsfaktoren für verschiedene Verkehrs- und Transportmittel angegeben. Diese Daten stammen aus dem Computermodell TREMOD, das vom ifeu-Institut seit Anfang der 90er Jahre im Auftrag des Umweltbundesamtes und in Kooperation mit dem Verband der Deutschen Automobilindustrie, der Deutschen Bahn AG und dem Mineralölwirtschaftsverband entwickelt wurde.

Dieses Modell wird ständig aktualisiert. Es berücksichtigt Messungen an repräsentativ ausgewählten Fahrzeugen bzw. Schätzungen von einem Expertengremium für zukünftige oder neue Fahrzeuge auf der Basis von Grenzwerten und voraussichtlich eingesetzten Technologien. In TREMOD wird der Bestand an Fahrzeugen, unterteilt nach technischen Konzepten, Größenklassen usw., die Fahrmuster und Verkehrssituationen, und die realen bzw. prognostizierten Fahrleistungen berücksichtigt. Es stellt die derzeit beste Basis für Emissionsberechnungen zum Verkehr in Deutschland dar.

### **Woher stammen die Beispiele?**

Die vorgestellten Beispiele sind teilweise dem Forschungsvorhaben entnommen, das diesem Leitfaden zugrunde liegt. Es wurden mehrere Falluntersuchungen in Unternehmen durchgeführt, die den Transport in ihrem Umweltmanagementsystem integrieren wollen. Dazu wurde geprüft, welche Daten hierfür vorliegen, welche praktischen und methodischen Probleme auftreten können. Einige der vorgestellten Beispiele stammen auch aus der Fachliteratur oder Firmenveröffentlichungen.

### **Wo gibt es weitere Informationen?**

Wenn Sie sich für Details zu den Berechnungen von Energieverbrächen und Emissionen des Verkehrs interessieren, sollten Sie sich mit speziellen Veröffentlichungen auseinandersetzen. Eine sehr gute Übersicht bietet das Buch :

- Borken, J. et al. (1999): Basisdaten für ökologische Bilanzierungen. Einsatz von Nutzfahrzeugen in Transport, Landwirtschaft und Bergbau. Vieweg Braunschweig

Eine wichtige Datensammlung von Kfz-Emissionsfaktoren stellt die im Auftrag des Umweltbundesamtes erstellte CD-ROM dar:

- infras (1999): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Version 1.2. Januar 1999. Zürich/Bern

Einen Überblick über die aktuelle Entwicklung der güterverkehrsbedingten Emissionen bietet eine aktuelle Studie des ifeu-Institutes für den Verband der Deutschen Automobilindustrie (VDA):

- VDA (1999): Entwicklung der Fahrleistungen und Emissionen des Straßengüterverkehrs 1990 bis 2015. Materialien zur Automobilindustrie 21. Frankfurt

## 2. Verkehr im betrieblichen Umweltmanagement

### Anforderungen der Öko-Audit-Verordnung

Daß beim Öko-Audit in Unternehmen der Verkehr häufig vernachlässigt wurde, hängt zum einen damit zusammen, daß das Thema Verkehr und Transport im Verordnungstext nur knapp und meistens indirekt erwähnt wird. Zum anderen ist der spezielle Standortbegriff in der EG-Verordnung dafür verantwortlich.

Unter Artikel 5 des Verordnungstextes wird für die Umwelterklärung eine Beurteilung aller wichtigen Umweltfragen im Zusammenhang mit den Tätigkeiten des Unternehmens an dem betreffenden Standort verlangt, sowie eine Zusammenfassung der Zahlenangaben über Schadstoffemissionen, Abfallaufkommen usw. Auf das Thema Verkehr oder Transport wird hier nicht direkt eingegangen.

Ein Bezug zum Transport wird allerdings im Anhang I C der Verordnung unter den zu behandelnden Gesichtspunkten hergestellt. Im Rahmen der Umweltpolitik, der Umweltprogramme und der Umweltbetriebsprüfung ist dabei u. a. auch der Transport von Rohstoffen, Abfällen und Produkten zu berücksichtigen.

Das andere Problem ist die starke Fokussierung der Öko-Audit-Verordnung auf den einzelnen Standort. Der Standort wird als das Gelände aufgefaßt, auf dem die unter der Kontrolle des Unternehmens stehenden gewerblichen Tätigkeiten durchgeführt werden. Auf ihn beziehen sich beispielsweise die Umweltprüfung oder das Umweltprogramm. Allerdings sagt der Verordnungstext, daß zum Standort auch die im Rahmen der Tätigkeit genutzten beweglichen und unbeweglichen Sachen, die zur Ausstattung und Infrastruktur gehören, zählen. Dies wird noch deutlicher im Rahmen der deutschen Erweiterungsverordnung, durch die auch Verkehrsunternehmen am Öko-Audit-System teilnehmen können. In den Erläuterungen zur Verordnung werden die jeweiligen Verkehrsmittel jenen Unter-

nehmenssitzten zugeordnet, die auch für deren Einsatz verantwortlich sind.

Auf den produzierenden Wirtschaftsbereich übertragen hieße das, daß ein Unternehmen seinen Werksverkehr mit eigenen Fahrzeugen auf jeden Fall in das Umweltmanagementsystem einbeziehen sollte. Die Frage nach der Berücksichtigung von Speditionsverkehr etc. bleibt dagegen unklar.

Eine klarere Regelung zeichnet sich mit der Neufassung der EG-Öko-Audit-Verordnung (der sogenannten EMAS-2) ab, die derzeit im Entwurf vorliegt. Im Anhang VI wird ausgeführt, daß bei der Beschreibung der signifikanten Umwelteinwirkungen das Unternehmen alle Umweltaspekte seiner Tätigkeiten, Produkte und Dienstleistungen zu berücksichtigen hat. Dabei sind sowohl die direkten als auch die indirekten Umweltaspekte einzubeziehen.

Diese direkten und indirekten Umweltaspekte werden in der Verordnung weiter beschrieben. Direkte betreffen Tätigkeiten des Unternehmens, deren Ablauf es kontrolliert und die im Unternehmen selbst stattfinden; indirekte betreffen Tätigkeiten, Produkte und Dienstleistungen, die das Unternehmen nicht kontrollieren kann oder die erst in einer bestimmten Entfernung auftreten. Der Verkehr – sowohl in Hinblick auf Waren und Dienstleistungen als auch auf die Angestellten – wird dabei explizit als zu berücksichtiger Aspekt aufgeführt.

Die Berücksichtigung des Verkehrs wird damit zu einem integralen Bestandteil des EG-Öko-Audits.



#### Kurz und bündig

- Berücksichtigung des Verkehrs nach alter Öko-Audit-Verordnung nicht eindeutig geklärt.
- In neuem EG-Verordnungsentwurf ist der Verkehr fester Bestandteil der zu berücksichtigenden Umweltaspekte.

## Um welchen Verkehr geht es?

Grundsätzlich sollte jede Art von Verkehr oder Transport berücksichtigt werden, die durch Tätigkeiten des Unternehmens entsteht und zu relevanten Umwelteinwirkungen führen kann. Für die produzierende Wirtschaft wird es hauptsächlich um den Güterverkehr gehen, für Dienstleistungsunternehmen um den Personenverkehr der Mitarbeiter und ggf. der Kunden.

Güterverkehr und Personenverkehr können nach den verschiedenen Einsatzzwecken eingeteilt werden, also z. B. der Transport von Produkten (Distribution), Abfällen (Entsorgung), Rohstoffen (Beschaffung) etc. Weiterhin ist entscheidend, welche Verkehrsmittel dazu eingesetzt werden: Kfz, Bahn, Schiff, Flugzeug, Pipeline etc.

Eine mögliche Einteilung ist in der Abb. 6 dargestellt. Dieses Schema können Sie beispielsweise dazu verwenden, um die in Ihrem Unternehmen auftretenden Transportvorgänge zu identifizieren. Dabei sollten Sie sich noch nicht von der Frage leiten lassen, welchen Verkehr das Unternehmen verantwortet (z.B. Werksverkehr) oder nicht (z.B. Zuliefererverkehr). Auch ist noch uninteressant, ob für diese Transporte Zahlen vorliegen und ob sie mengenmäßig relevant sind. Es geht vielmehr darum, einen Gesamt-

überblick zu erhalten. Ausgangspunkt ist dabei das Unternehmen mit seinen Tätigkeiten an dem zu validierenden Standort.

### ☞ TIP

- Beobachten Sie einmal, welche Fahrzeuge Ihr Unternehmen anfahren bzw. verlassen, und ob Sie alle Transportvorgänge in das Schema einordnen können.

Natürlich werden Sie nicht alle diese Transportvorgänge bilanzieren wollen bzw. können. In einem zweiten Schritt sollten Sie sich deshalb überlegen,

- ob von dem jeweiligen Verkehr grundsätzlich relevante Umwelteinwirkungen ausgehen,
- wer für diesen Verkehr primär verantwortlich ist, d.h. wer ihn veranlaßt und durchführt,
- ob das eigene Unternehmen die Art und Weise des Transportes oder Verkehrs in irgendeiner Weise beeinflussen kann.

Dies kann in einer Tabelle übersichtsartig festgehalten werden.

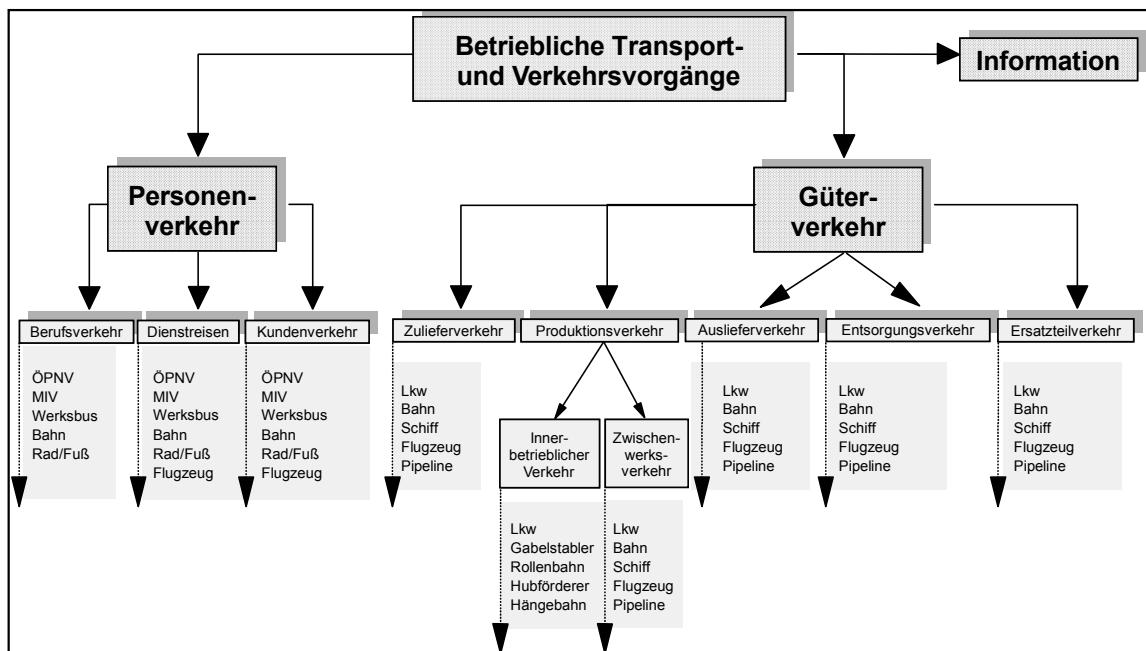


Abb. 6: Mögliche Einteilung der betrieblichen Transport- und Verkehrsvorgänge nach Zweck und Verkehrsmittel

## Wahl der Bilanzgrenzen

Ein zentrales Problem bei der Bilanzierung der Umwelteinwirkungen des Verkehrs ist die Frage, welchen Verkehr Sie dem eigenen Unternehmen zurechnen und welchen den Lieferanten, anderen Werken oder gar den Kunden.

Eindeutig können Sie diese Frage für den Verkehr am Standort, also z.B. der Verkehr von Gabelstaplern, Maschinen, kleinen Lkw usw., beantworten. Er gehört zweifellos zum Standort. Der andere Verkehr erfolgt aber streng genommen außerhalb des Standortes; die Grenzziehung, was zu berücksichtigen ist und was nicht, kann sich also nicht mehr an der Standortdefinition festmachen, sondern muß nach anderen Kriterien erfolgen.

Viele Unternehmen ziehen sich darauf zurück, nur jenen Verkehr zu berücksichtigen, der mit dem eigenen Fuhrpark erfolgt. Dies löst zugleich eventuelle Datenprobleme, denn für den eigenen Fuhrpark liegen Tankprotokolle, Kilometerstände u.ä. vor.

Dieses Vorgehen greift aber zu kurz. Unternehmen verursachen durch ihre Standorttätigkeit, also durch die Produktion und die nachfolgende Distribution der Produkte, aber auch durch den Verbrauch von Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen, die angeliefert werden, auch andere Transporttätigkeiten. Diese Transporte werden von dem Unternehmen nicht mehr selbst durchgeführt, meistens aber im Auftrag durch Speditionen, ggf. indirekt über den Lieferanten. Es

ergibt sich so ein komplexes Geflecht von Lieferbeziehungen, für die das Unternehmen letztendlich verantwortlich ist.



### Kurz und bündig

- Bilanzgrenzen nicht zu eng wählen.
- Orientierung an dem, was das Unternehmen tatsächlich an Verkehr verursacht.
- Einflußmöglichkeiten prüfen!

Eine Möglichkeit, hier konsistent und sauber zu bilanzieren, wäre, nur die abgehenden Transporte zu berücksichtigen – unter der Annahme, daß sich die Lieferanten um ihre eigenen abgehenden Transporte kümmern. Es sind auch andere Abgrenzungen denkbar.

Besonders schwierig wird die Situation, wenn ein Werk, das auditiert werden soll, nur bis zu einem Zentral- oder Auslieferungslager, aber nicht bis zum eigentlichen Kunden liefert. Werden die Lager nicht gleichzeitig auditiert, so werden wesentliche Transporte ausgeschlossen und bleiben in einem Umweltmanagementsystem unberücksichtigt.

Diese verschiedenen Vorgehensweisen sagen aber nichts darüber aus, ob auch die erforderlichen Informationen über die Transportvorgänge verfügbar sind. Dies hängt entscheidend davon ab, wer die Transporte durchführt, wie sie abgerechnet werden, ob der Spediteur zur Kooperation bereit ist,

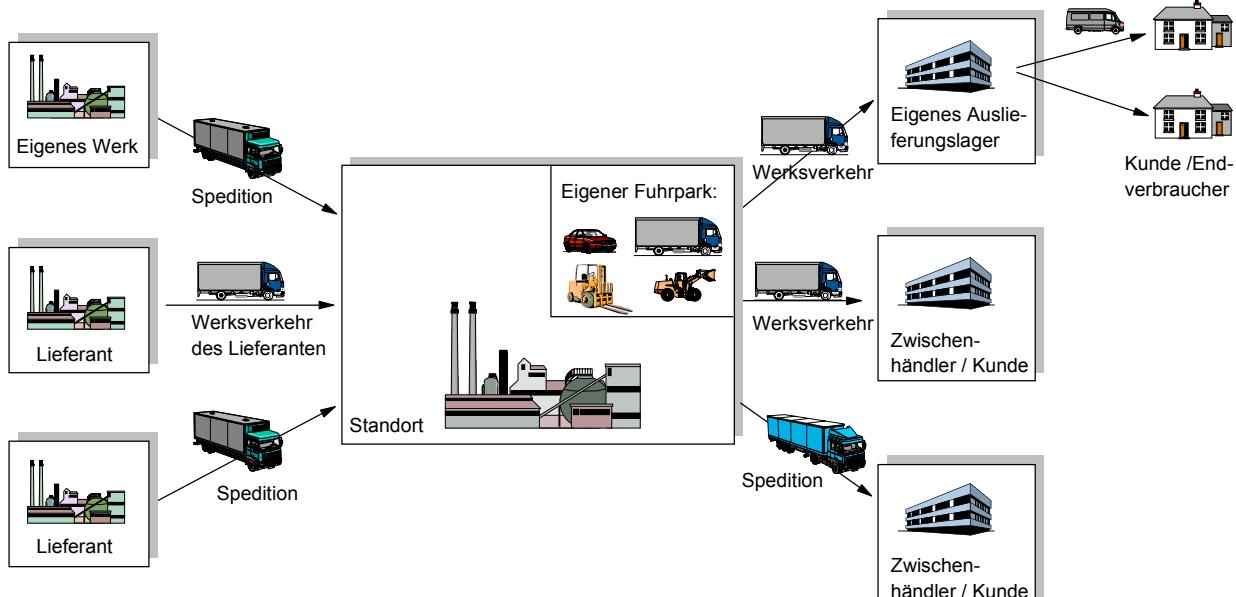


Abb. 7: Beispiel für Transportbeziehungen zwischen Unternehmensstandort und Lieferanten bzw. Kunden



## ZUM BEISPIEL: Otto-Versand Hamburg

Die Otto Versand-Handelsgruppe ist mit einem Umsatz von rd. 25 Milliarden Mark (1995/96) die größte Versandhandelsgruppe der Welt. In der Zentrale Hamburg wurde 1997 ein Umweltmanagementsystem eingeführt. In diesem Rahmen wurde auch ein Projekt durchgeführt, das insbesondere die Handels- und Transportverflechtungen und deren Umwelteinwirkungen zum Ziel hatte. Die Bestandsaufnahme wurde in allen logistischen Bereichen des Otto-Versands durchgeführt. Hierbei wurden nicht nur die Zahl der Transporte, das Transportvolumen und die Anteile der Verkehrsträger ermittelt, sondern auch die hierbei verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen. Diese dienen dem Otto-Versand als Steuerungsgröße für die Verbesserung des Umweltschutzes. Für ein Versandhandelshaus, das weltweit Ware ordert, war es naheliegend, die Wareneingangsströme aus den verschiedenen Ländern (Märkten) und die damit verbundene CO<sub>2</sub>-Emissionen zu bilanzieren. Üblicherweise hat der Otto-Versand bei allen im Ausland produzierten Waren die Frachtführerschaft.

Im einzelnen ging es um folgende Fragen:

- Was verursacht der Otto Versand an Luftfracht pro Saison?
- Welche Einkaufsbereiche verursachen die meiste Luftfracht?
- Welche Sortimentsbereiche betrifft das?
- Welche Einkaufsbereiche verursachen 60 Prozent der Luftfracht?
- Welche operativen Teams betrifft das ?
- Kooperationsgespräche mit Vertretern verschiedener Flug- und Schiffahrtslinien.

Der Otto Versand vertreibt mehr als 60.000 Artikel. Daher war eine Fokussierung auf eine nicht zu große Anzahl von Sortimentsgruppen notwendig. Die Wareneingangsströme wurden insgesamt, gegliedert nach Lieferanten oder nach Einkaufsbereichen betrachtet.

Zunächst wurden die Hauptmärkte Hongkong und Indien bilanziert, da hier das größte Reduktionspotential erwartet wurde. Als Systemgrenze wurden jeweils die Abflughäfen in den Märkten und in Deutschland Frankfurt gesetzt. Von dort werden die Waren weiter nach Hamburg geflogen. Die vorge-lagerten Transporte von den Produzenten zu den Flughäfen bzw. die Transporte in die Lager des Otto Versand wurden nicht berücksichtigt. Die erforderlichen Daten stammten aus betriebseigenen und ex-ternen Quellen. Die Zusammenstellung der per Luftfracht aus den Märkten importierten Waren mußte durch den Spediteur erfolgen, da darüber keine Informationen in den Systemen des Otto Versand ge-speichert waren.

### Ergebnisse:

Die überseeischen Importe verursachten mit aktuell 110.000 t im Jahr rund 60 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen des Otto-Versandes. Der Markt Hongkong nahm dabei mit einem Anteil von 52 Prozent die dominie-rende Position ein. Durch die Luftfracht aus dem Markt Indien nach Hamburg wurden ca. 2.600 t Koh-lendioxid emittiert; allein 64 % Prozent davon wurden von zwei Führungsteams des Otto-Versandes verursacht.

Auf dieser Basis wurden Minderungsszenarien entworfen. Bei den Wareneingangstransporten aus Ü-bersee bestehen als Alternativen zum Lufttransport der Seetransport und die Kombination aus See- und Lufttransport. Insbesondere für den Markt Indien ergeben sich gute Möglichkeiten für eine Verlagerung auf den Kombitransport See/Luft. Die Waren werden dann statt direkt von Bombay nach Deutschland zunächst per Schiff nach Dubai befördert und von dort per Luftfracht zum Zielort. Würden alle Trans-porte aus diesem Markt auf den Kombitransport umgestellt, dann ließe sich eine Minderung der Koh-lendioxidemissionen von rund 6.000 t im Jahr erreichen.

**Quelle:** Dr. M. Arretz, Otto-Versand Hamburg; UBA-Texte 78/98

welche Kunden- und Lieferanteninformatio-nen (z.B. Entfernungen), etc.

Ein weiteres Problem ist der gebrochene Verkehr mit Umschlag auf Bahn, Schiff oder Flugzeug. Häufig fehlen hier die Informatio-nen über die Transportabläufe gänzlich. Das heißt aber nicht, daß dieser Verkehr für das Umweltmanagement unwichtig ist. Häufig entstehen hier die eigentlichen Umweltein-

wirkungen des Verkehrs durch das Unter-nehmen (siehe Beispiel Otto-Versand).

Im weiteren Verlauf wird noch aufgezeigt, wie – je nach Anforderung im Unternehmen und je nach Problemlage – die Bilanzgrenzen zu wählen sind. Dabei wird man sich wesentlich von dem Controllinggedanken und dem Einflußbereich des Unternehmens lenken lassen.

## Berücksichtigung der Vorkette

Zum Thema Bilanzgrenzen gehört auch die Frage, wie mit den sogenannten Vorketten umzugehen ist. Was muß man darunter verstehen?

Einige Verkehrsmittel (Lkw, Schiff) emittieren direkt bei der Traktion Schadstoffe. Andere (elektrisch-betriebene Bahnen) sind bei der Traktion selbst schadstofffrei. Hier entstehen die Emissionen bereits vorgelagert bei der Bereitstellung der Sekundärenergie, also des elektrischen Stroms.

Würde man nur die direkten Emissionen solcher Systeme vergleichen, so wären die elektrisch betriebenen Verkehrsmittel stets umweltfreundlicher. Dies muß aber nicht so sein, wenn man die indirekten Emissionen in der „Vorkette“, also beim Kraftwerk und der Stromverteilung, berücksichtigt.

Auch den mit Kraftstoff betriebenen Verkehrsmittel (Lkw, Pkw, Diesel-getriebene Bahnen, Schiffe, Flugzeuge) ist eine Vorkette vorgeschaltet, bei der – vergleichsweise geringe – Emissionen entstehen, nämlich die Raffinerie zur Bereitstellung der veredelten Erdölprodukte. Einen seriösen Vergleich der Umwelteinwirkungen verschiedener Verkehrsmittel kann man nur unter Einbeziehung dieser Vorketten durchführen.

Für ein Unternehmen, das die Umwelteinwirkungen seiner Transporte bilanzieren will, stellt diese Berücksichtigung der Vor-

ketten eine schwierige Aufgabe dar. Denn neben den eigentlichen Verbrauchs- und Emissionsdaten der Verkehrsmittel werden auch Emissionsdaten von Kraftwerken, Raffinerien etc. benötigt.

### Kurz und bündig

- Nach Möglichkeit stets die indirekten Umwelteinwirkungen durch die Vorkette berücksichtigen.

Häufig werden deshalb die Werte der Verkehrsmittel bereits incl. der indirekten Emissionen in der Vorkette angegeben (vgl. Abb. 2). Auch in diesem Leitfaden sind zahlreiche Emissionsfaktoren „incl. Vorkette“. Bei Nicht-Experten können diese unterschiedlichen Bezugssysteme allerdings viel Verwirrung stiften und zu Falschberechnungen führen. Sie sind deshalb sehr sorgfältig einzusetzen.

In einigen Fällen kann auf die „Vorkette“ auch verzichtet werden. Die wesentlichen Effekte spielen sich dann beispielsweise bei den direkten Emissionen der Fahrzeuge ab. So ist die Vorkette für Fragen der Emissionsminderung durch neue Motoren- oder Schadstoffminderungskonzepte eher unbedeutend. Dann reicht es, nur mit den direkten Emissionen oder anderen Größen, die einfach zu erheben sind, zu arbeiten.

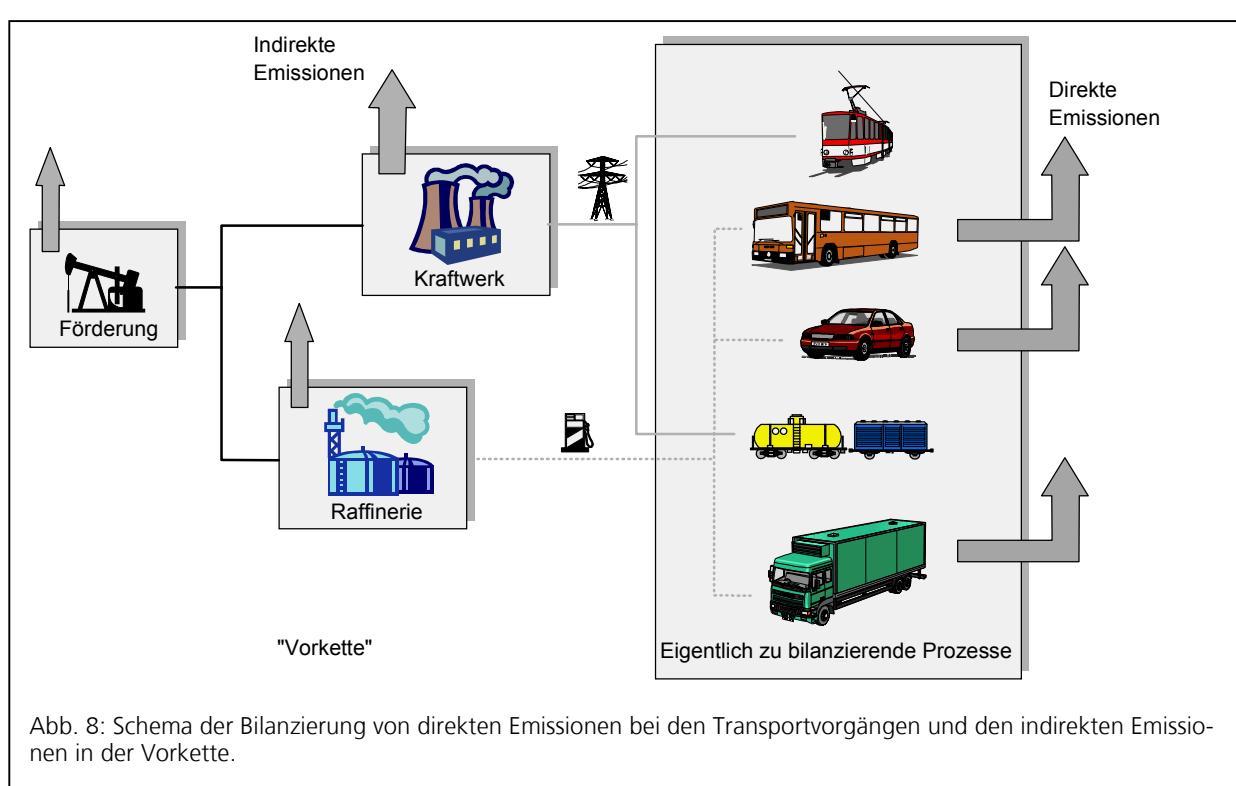


Abb. 8: Schema der Bilanzierung von direkten Emissionen bei den Transportvorgängen und den indirekten Emissionen in der Vorkette.

## Welche Umwelteinwirkungen bilanzieren?

Die Öko-Audit-Verordnung verlangt die Beurteilung aller wichtigen Umweltfragen bzw. – in dem neuen Entwurf – die Beschreibung der signifikanten Umwelteinwirkungen. Welche Umweltfragen für das Unternehmen relevant sind, muß im Einzelfall entschieden werden. Dies hängt entscheidend auch von der lokalen Situation ab. So kann beispielsweise der Anlieferverkehr – obwohl er bzgl. der Emissionsmengen eher gering einzuschätzen ist – sehr umweltrelevant sein, wenn durch die Lärmbelastungen benachbarte Wohngebiete beeinträchtigt werden. Das Unternehmen muß auf diese speziellen Umweltaspekte eingehen und prüfen, ob Entlastungen der Umwelt möglich sind.

Darüber hinaus sollte ein Unternehmen sich an dem Katalog der Umwelteinwirkungen des Verkehrs orientieren, die auch gesellschaftlich eine hohe Priorität haben. Als Anhaltspunkt dient der Entwurf eines umweltpolitischen Schwerpunktprogramms des Bundesumweltministerium von 1998. Im „Umweltbarometer Deutschland“ wurden für 6 Umweltbereiche Schlüsselindikatoren und Umweltziele benannt (siehe rechts).

Diese Zielvorgaben auf nationaler Ebene lassen sich teilweise auf die unternehmensspezifische Ebene übertragen. Ein zentraler Indikator für die Umwelteinwirkungen des Verkehrs sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen. Weiterhin wichtig sind die Emissionen von NO<sub>x</sub> und VOC. Die Schadstoffe SO<sub>2</sub> und NH<sub>3</sub> sind beim Verkehr mengenmäßig unbedeutend.

Für die Bereiche Boden und Natur kann ein Unternehmen seinen Flächenbedarf und den Zuwachs an Fläche darstellen. Der Verkehr wird durch die Parkfläche berücksichtigt. Allerdings hat der Kfz-Verkehr auch außerhalb des Standortes einen Flächenbedarf. Ein indirekter Indikator hierfür wäre die Kfz-Fahrleistung (in Pkw-km oder Lkw-km pro Jahr), die das Unternehmen verursacht.

Der Wasserbereich hat für den Verkehr keine Bedeutung. Der Ressourcenbereich ist dagegen für den Verkehr durch den Energieverbrauch relevant. Die Darstellung von geldbewerteten Produktivitäten für den Verkehr gestaltet sich aber schwierig.

### ✓ PRÜFEN

- Spielt die Lärmbelastung des Verkehrs am Standort eine besondere Rolle für Anwohner?
- Führt der mit dem Unternehmen verbundene Verkehr zu einem ungewöhnlich hohen Flächenbedarf, etwa durch große Parkflächen oder Umschlageinrichtungen?

### **Umweltbarometer: Klima**

Als Indikator dienen die jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen. Bis zum Jahr 2005 sollen diese Emissionen um 25 % gegenüber dem Stand von 1990 reduziert werden.

### **Umweltbarometer: Luft**

Als Indikatoren dienen Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>), Ammoniak (NH<sub>3</sub>) und flüchtige organische Verbindungen (VOC). Hierfür ist eine Reduzierung um 70 % bis 2010 auf der Basis von 1990 angestrebt.

### **Umweltbarometer: Boden**

Als Indikator dient die Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche in der BRD pro Tag. 1997 lag der Wert bei 106 ha/d. Diese Zunahme soll auf 30 ha pro Tag bis 2020, also um mehr als 70 % reduziert werden.

### **Umweltbarometer: Natur**

Als Indikator dienen die ökologischen Vorrangflächen. Bis 2020 sollen 10-15 % der nicht besiedelten Fläche des Jahres 1998 als ökologische Vorrangflächen gesichert sein. Derzeit sind es etwa 5 %.

### **Umweltbarometer: Wasser**

Als Indikator wurde der Anteil der Fließgewässer mit der chemischen Güteklaasse II für AOX und Gesamt-Stickstoff, gewählt. Bis 2020 werden 100 % angestrebt.

### **Umweltbarometer: Ressourcen**

Als Indikatoren wurden die Energie- und die Rohstoffproduktivität gewählt (=Bruttoinlandsprodukt / Energie- o. Rohstoffverbrauch). Diese Werte sollen bis 2020 auf das 2,5 fache des Jahres 1993 steigen.

## Orientierung am Controlling-Prozesses

Bei der Durchführung solcher Untersuchungen dürfen Sie den Zweck nicht aus den Augen verlieren. Zum einen ist das die Feststellung der relevanten Umwelteinwirkungen. Dies kann durch eine einmalige quantitative Bestandsaufnahme und eine qualitative Beurteilung erfolgen. Zum anderen steht das Öko-Audit unter dem Leitmotiv der „kontinuierlichen Verbesserung des betrieblichen Umweltschutzes“.

Für diesen Verbesserungsprozeß sind Maßnahmen erforderlich. Sie müssen die möglichen Maßnahmen identifizieren. Und schließlich muß der Erfolg der Maßnahme überprüft und ggf. an vorgegebenen Zielen gemessen werden.

Genau zu diesem Zweck brauchen Sie quantitative Informationen. Deshalb werden Bilanzen aufgestellt. Die Erhebungen müssen so genau und umfassend sein, daß der Erfolg der Maßnahme meßbar ist und sich beispielsweise in der nächsten Umwelterklärung durch eine Emissionsminderung nachweisen läßt. Die Bilanzen sollen also fortschreibbar sein und einer gewissen Systematik unterliegen. Die Basisdaten der Bilanzen müssen aus Ihrem Unternehmen stammen.

Dabei wird vorausgesetzt, daß Maßnahmen möglich sind und daß sie von Ihrem Unternehmen initiiert werden können. Im Rahmen des Managementsystems sollten also Einflußmöglichkeiten für den Verkehr und die Transporte des Unternehmens bestehen. Nur dann hat der Verbesserungsprozeß tatsächlich eine Chance. Nur dann macht ein detailliertes Bilanzierungssystem Sinn.

### Bilanzieren des Handlungsraum

Damit wird das Problem der Bilanzgrenzen für den Verkehr auf pragmatische Weise gelöst: Als „Bilanzgrenzen“ werden die „Handlungsgrenzen“ Ihres Unternehmens gewählt. Dazu gehört auf jeden Fall der eigene Werksverkehr. Hat Ihr Unternehmen großen Einfluß auf seine Lieferanten, so wird die Anlieferung von Rohstoffen einbezogen. Erfolgt die Auslieferung der Produkte durch Speditionen und läßt sich daran aus Kostengründen u.ä. nichts ändern, so wird die Distribution nicht erfaßt. Kann Ihr

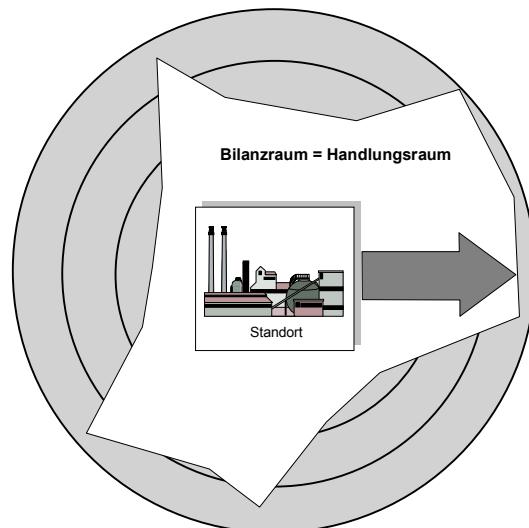


Abb. 9: Das Unternehmen bilanziert den Verkehr bis zu seinen Handlungsgrenzen. Diese sind individuell festzulegen.

Unternehmen aber beeinflussen, mit welchen Fahrzeugen die Spedition fährt und ob diese den neuesten Abgasvorschriften entsprechen, so sollte die Distribution berücksichtigt werden.

Bei allem Pragmatismus müssen Sie allerdings die einmal gewählte Abgrenzung und Bilanzierungsart beibehalten. Sonst sind die jährlich aufgestellten Bilanzen nicht mehr miteinander vergleichbar. Verbesserungen wären nicht eindeutig erkennbar. Deshalb ist am Anfang viel Sorgfalt geboten, was in die Bilanz einzubezogen werden soll.

#### Kurz und bündig

- Feststellung und Beurteilung der relevanten Umwelteinwirkungen durch den Verkehr des Unternehmens.
- Prüfung, auf welche Verkehrsbereiche das Unternehmen Einfluß nehmen kann.
- Einführung einer regelmäßigen und systematischen Umweltbilanz des Verkehrs.
- Bilanzgrenzen in den Folgejahren beibehalten.
- Bilanzierung so detailliert wie notwendig, um den Erfolg von Maßnahmen darstellen zu können.
- Bilanzierung so einfach wie möglich und auf die Bereiche beschränken, die vom Unternehmen beeinflußt werden können.

## Indikatoren und Kennzahlen – für was?

Aus den Anforderungen eines Umweltmanagementsystems ergeben sich mindestens zwei Aufgaben, die zu erfüllen sind:

- die Umwelteinwirkungen durch den Verkehr des Unternehmens festzustellen und zu quantifizieren,
- den kontinuierlichen Verbesserungsprozeß mit Daten zu unterstützen.

Es empfiehlt sich, hierbei getrennt vorzugehen und unterschiedliche Indikatoren oder Kennzahlen auszuwählen. Im folgenden wird grundsätzlich zwischen der Aufgabe einer Wirkungsabschätzung und einer Controllingunterstützung unterschieden.

### Wirkungs- und Relevanzabschätzung

Sie dient zur Feststellung, welche Umwelteinwirkungen durch den Verkehr des Unternehmens verursacht werden und ob diese relevant sind. Bei den ausgewählten Umweltbereichen kann man sich an dem Umweltbarometer (siehe Seite 16) orientieren. Die Indikatoren, die zur Beschreibung geeignet sind, wären dann:

- Kfz-Fahrleistungen in Lkw-km und/oder Pers.-km
- CO<sub>2</sub>-Emissionen
- NO<sub>x</sub>-Emissionen
- VOC-Emissionen
- Lokaler Bedarf an Verkehrsflächen

Einige dieser Indikatoren können auch als Anhaltspunkt für andere Umwelteinwirkungen des Verkehrs, die sich nur schlecht quantifizieren lassen, angesehen werden. So wächst z.B. die Lärmbelastung in erster Näherung mit der Kfz-Fahrleistung.

Die Berechnung wird überschlägig von pauschalen Werten und Schätzungen ausgehen. Genaue Rechnungen können dann folgen, wenn Sie festgestellt haben, daß dieser Umweltbereich relevant ist und Ihr Unternehmen hier auch Einflußmöglichkeiten hat. Dann erst stellt sich die Frage, woher die Emissionen im Detail stammen, also von welchen Verkehrsmitteln, welchen Transportzwecken, welchen Akteuren.

### Kennzahlen für die Relevanz...

Die Relevanz für das Unternehmen kann an verschiedenen Dingen festgemacht werden. Erstens stellt sich die Frage, ob der Verkehr z. B. an den CO<sub>2</sub>-Emissionen des Unternehmens überhaupt einen nennenswerten Beitrag leistet. Wenn das nicht der Fall ist, dann sollten Minderungsmaßnahmen besser bei der Produktion, der Energiebereitstellung, usw. ansetzen. Dieser Aspekt kann anhand von prozentualen Kennzahlen geprüft werden: Wieviel Prozent machen z. B. die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrs an den Gesamtemissionen des Unternehmens aus?

Zweitens können Sie prüfen, ob der Beitrag Ihres Unternehmens zu der jeweiligen Umwelteinwirkung in Deutschland von Bedeutung ist. Wieviel NO<sub>x</sub> setzt z.B. der Verkehr des Unternehmens im Vergleich zu den NO<sub>x</sub>-Emissionen der BRD frei?

Natürlich wird dieser Beitrag im Vergleich immer gering sein, die Ergebnisse sind damit wenig anschaulich. Aus der Ökobilanz-Theorie gibt es deshalb den Ansatz der Einwohner-Durchschnittswerte (EDW): Wieviel NO<sub>x</sub> werden in der BRD pro Einwohner und Jahr emittiert? Die NO<sub>x</sub>-Menge des Unternehmens wird durch diesen EDW geteilt. Dieser Wert gibt z.B. Aufschluß darüber, ob ein Unternehmen viel zu der jeweiligen Umweltbelastung beiträgt oder nicht.

#### ZUM BEISPIEL: NO<sub>x</sub>-EDW

1996 wurden in Deutschland 1,86 Mio. t NO<sub>x</sub> emittiert. Pro Einwohner sind das 22,7 kg NO<sub>x</sub>. Der EDW von NO<sub>x</sub> beträgt 22,7 kg.

Das Unternehmen Musterle GmbH verursacht durch den Anlieferverkehr von Rohstoffen, durch den Vertrieb der Produkte und durch den Mitarbeiterverkehr im Jahr etwa 7,5 t an NOx-Emissionen. Die sonstigen NOx-Emissionen des Unternehmens sind vernachlässigbar. Dieser Wert entspricht 330 Einwohnerdurchschnittswerten, d.h. die Musterle GmbH emittiert soviel NO<sub>x</sub> wie 330 Durchschnittseinwohner in Deutschland. Für die Musterle GmbH, die eine Belegschaft von 80 Personen hat und eher eine geringe Warenproduktion hat, ist das verhältnismäßig viel.

### ***... und für das Controlling***

Die Kennzahlen, die für die Wirkungs- und Relevanzabschätzung aufgestellt wurden, müssen nicht zwangsläufig zum Nachweis des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses geeignet sein. Hier kommt es mehr darauf an, daß die Indikatoren und Kennzahlen den Entscheidungsprozeß zielrichtig unterstützen, leicht und regelmäßig zu erheben sind und die reale Entwicklung im Unternehmen abbildet.

Deshalb sind auf der folgenden Seite mögliche Handlungsfelder für den Verkehr eines Unternehmens zusammengestellt. Zu unterscheiden sind einerseits Güterverkehr und Personenverkehr, andererseits die Verantwortlichkeit für den Transport.

Bei fast jeder Handlung müssen unterschiedliche Akteure oder Partner im und außerhalb des Unternehmens angesprochen werden. Diesen Akteuren muß eine Kennzahl letztendlich zur Erfolgskontrolle dienen. Sie sollte deshalb einfach und möglichst eng an der Fragestellung orientiert sein.



### **Achten Sie darauf...**

Ein Unternehmen will seine Verkehrs-emissionen durch Umstellung auf den neusten Fahrzeugpark verringern. Es sollen nur noch Lkw gemäß der EURO III-Norm oder höher angeschafft werden. Dies hat besonders Emissionsminderungen für Stickstoffoxide und Dieselpartikel zur Folge.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt Kraftstoff-bezogen, d.h. über Tankproto-kolle sind die Verbräuche bekannt. Mit Emissionsfaktoren in g NOx pro kg Diesel-Kraftstoff, die einer Veröffentlichung entnommen wurden, werden die Emissionen berechnet.

Doch der Minderungseffekt durch die neuen Fahrzeuge wird gar nicht abgebil-det, da die Emissionsfaktoren in diesem Fall nicht nach EURO-Norm unterschei-den. Die berechneten Emissionen bleiben – bei gleichem Dieselverbrauch – kon-stant. Eine prozentuale Angabe, wieviele Lkw des Unternehmens den neuen Nor-men unterliegen, wäre hier informativer. Oder es müssen detailliertere Emissions-faktoren verwendet werden.



### **ZUM BEISPIEL: Sprit-Ralley für Berufskraftfahrer**

Niedrigtouriges und gleichmäßiges Fahren führt zu geringerem Treibstoffverbrauch und damit auch zu geringeren Emissionen. Dies gilt sowohl für den Personen- als auch für den Güterstraßenverkehr. Einzeluntersuchungen belegen, daß durch entsprechende regelmäßige Schulung in Betrieben Reduktionen der CO<sub>2</sub>-Emissionen von bis zu 10 % erreicht werden können.

Als Kennzahl sollte man allerdings nicht die CO<sub>2</sub>-Emissionen verwenden. Ihre Berechnung jeweils für die verschiedenen Fahrzeuge oder Fahrer wäre zu aufwendig. Es werden einfach die Durchschnitts-verbräuche der einzelnen Fahrer aufgrund der Tankprotokolle verglichen.

#### **Getränke-Wüllner Bielefeld...**

Ein solches System wurde bei der Firma Getränke Wüllner GmbH & Co. KG in Bielefeld realisiert. Das Unternehmen führt einen Mineralbrunnenbetrieb (Carolinabrunnen) und einen Getränke-Großfachhandel und beschäftigt insgesamt ca. 400 Mitarbeiter. Das Unternehmen liefert etwa 800 Ge-tränkeprodukte aus, teilweise mit eigenem Fuhrpark, teilweise mit der Spedition Krumme, die auf dem Betriebsgelände untergebracht ist, teilweise mit anderen Subunternehmern. Alle Fahrzeuge tanken bei der werkseigenen Tankstelle. Jährlich werden etwa 1,2 Mio. Liter Dieselkraftstoff verbraucht. Getankt wird mit einem Tankkartensystem; dabei wird die Nummer des Fahrzeugs und die Nummer des Fahrers angegeben.

Die Daten werden monatlich im Rahmen des Fuhrpark-Controllings in einer Excel-Datei ausgewertet und sind Grundlage für die Sprit-Ralley. Jedem einzelnen Fahrer werden seine Durchschnitts-verbrauchswerte ausgehändigt. Es wurde festgestellt, daß bei schlechtem Fahrverhalten der Treibstoff-verbrauch um 10-15 % ansteigen kann. Ziel der Aktion ist es, den Verbrauch der 40-t-Lkw unter 35 l/100 km zu senken. Fahrer, die über 6 Monate eine fallende Tendenz vorweisen können, erhalten ei-nen Gutschein (ca. 100 DM). Insgesamt wendet Wüllner ca. 1000 DM pro Jahr dafür auf. Gleichzeitig werden 2-3mal im Jahr Fahrerbesprechungen einberufen, um auf das Fahrverhalten einzugehen und das Umweltbewußtsein zu stärken.

## Mögliche Handlungsfelder

■ Handlungsfeld	→ Kooperations-/Ansprechpartner	→ Mögliche Indikatoren, Kennzahlen zur Erfolgskontrolle
<b>GÜTERVERKEHR</b>		
<b>Transporte unter eigener Verantwortung</b>		
■ Schulung von Fahrern	→ Logistik, Personalabteilung	→ Tankprotokollauswertung nach Fahrern
■ Einsatz neuester, schadstoffarmer und lärmärmer Kfz-Technik	→ Fuhrpark/Logistik, Werkstatt	→ Anteil an Fahrzeugen mit EURO I/II/III etc.; Emissionen
■ Verbesserung Auslastungsgrade, Vermeiden von Leerfahrten	→ Logistik, Vertrieb	→ Auslastungsgrade
■ Verbesserung der logistischen Konzepte	→ Logistik, Vertrieb	→ Auslastungsgrade; Fahrleistungen
■ Verlagerung auf umweltfreundliche Verkehrsmittel	→ Logistik, Vertrieb, evtl. Einkauf	→ Modal Split (Güterverk.); Emissionen (m. Vorkette)
<b>Transporte unter fremder Verantwortung</b>		
■ Bündelung von Bestellungen oder Lieferungen zwecks besserer Auslastung; Überprüfen der erf. Lieferfristen	→ Einkauf, Vertrieb, Lieferanten, Kunden	→ Fahrleistungen; Emissionen
■ Einflußnahme bei Lieferanten u. Speditionen bzgl. verwendeter Kfz-Technik u. Verkehrsmittel	→ Einkauf, Vertrieb, Lieferanten, Speditionen	→ Anteil an Fahrzeugen mit EURO I/II/III etc.; Emissionen
■ Auswahl der Lieferanten und Vorprodukte unter Berücksichtigung der Transportentfernung	→ Einkauf, Lieferanten	→ Entfernung; Transportleistungen
<b>Grundsätzliche Möglichkeiten</b>		
■ Verkehrsvermeidende Standortplanung, orientiert an Absatzmärkten und Rohstoffquellen	→ Geschäftsführung, Einkauf, Vertrieb	→ Transportleistungen
■ Gewichtsreduzierung von Produkten bei gleichem Nutzen	→ Produktentwicklung	→ Transportaufkommen; Transportleistungen
■ Reduzierung des Rohstoffeinsatzes, Vermeidung von Reststoffen	→ Produktionsplanung, Controlling	→ Transportaufkommen; Transportleistung; Abfallquoten
<b>PERSONENVERKEHR</b>		
■ Verbesserung des ÖV-Angebotes für Belegschaft und Kunden	→ Personalabteilung, Personalvertreter	→ Anz. Job-Ticket o.ä.; Modal Split (Pers.-verk.); Emissionen (m. Vorkette)
■ Parkraummanagement	→ Personalabteilung, Controlling	→ Parkraumfläche
■ Bevorzugung der Bahn bei Dienstreisen	→ Personalabteilung	→ Modal Split (Pers.-verk.); Anz. Kurzstreckenflüge

Damit liegen die wesentlichen Bausteine für das „Umweltmanagementsystem Verkehr“ vor. Zu Beginn wird eine einfache Wirkungs- und Relevanzabschätzung vorgenommen. Sie zeigt auf, ob der Verkehr ein wichtiger Handlungsbereich für das Unternehmen ist und Maßnahmen ergriffen werden sollten.

Sie sollten dann klären, welche Handlungsbereiche zu einer geeigneten Minderung der Umwelteinwirkungen des Verkehrs führen können und ob Ihr Unternehmen diese Maßnahmen initiieren kann.

Zur Unterstützung und Kontrolle dieser Maßnahmen können Detailbilanzen und speziell entwickelte Kennzahlen eingeführt

werden, die regelmäßig fortgeschrieben werden.

Die handlungsorientierten Indikatoren und Kennzahlen dienen zur Kontrolle des Verbesserungsprozesses, die wirkungsorientierten Indikatoren verfeinern die Bilanz der Umwelteinwirkungen und bilden im Idealfall auch die Erfolge der Maßnahmen ab.

Wie detailliert Sie bei einer solchen Detailbilanz die Daten differenzieren, hängt nicht zuletzt auch von der Datenlage im Unternehmen und dem damit verbundenen Aufwand ab. Die Grunddaten für die Relevanzabschätzung und für die Detailbilanz werden in den folgenden Kapiteln vorgestellt.

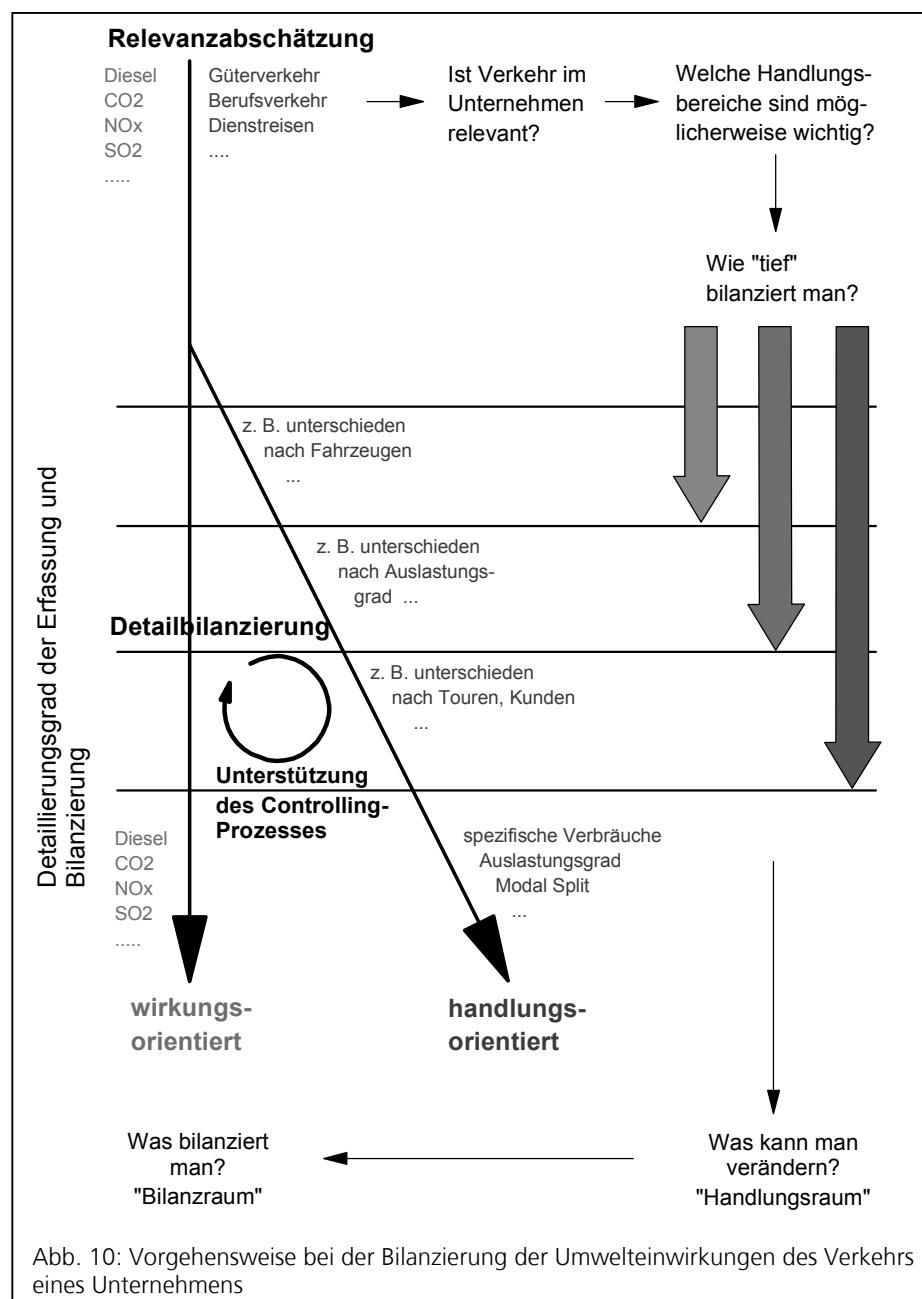


Abb. 10: Vorgehensweise bei der Bilanzierung der Umwelteinwirkungen des Verkehrs eines Unternehmens



### 3. Wirkungs- und Relevanzabschätzung

Das vorgestellte Verfahren zur Wirkungs- und Relevanzabschätzung dient als Einstieg in die Bilanzierung. Es soll Ihnen eine Orientierung liefern, ob der Verkehr des Unternehmens zu relevanten Umwelteinwirkungen führt und sich Ihr Unternehmen verstärkt um Maßnahmen kümmern sollte. Die Berechnungen sind deshalb „quick and dirty“ – dies muß bei der Verwendung der angegebenen Grunddaten zu anderen Zwecken berücksichtigt werden.

#### Güterverkehr

Um einen Überblick zu erhalten, welchen Verkehr das Unternehmen überhaupt verursacht, sollten Sie von einer Input-/Output-Bilanz des Unternehmens ausgehen. Was geht in das Unternehmen rein, was geht aus ihm raus? Die Mengen hierzu in kg oder t werden im Rahmen der ersten Umweltprüfung sowieso meistens erhoben.

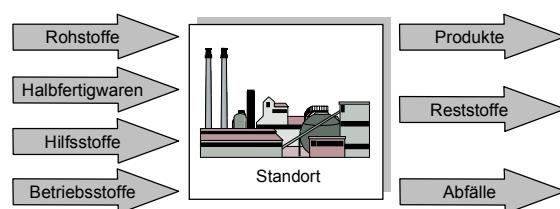


Abb. 11: Die Input-/Output-Bilanz des Standortes dient als Ausgangspunkt der Relevanzabschätzung.

Jetzt sind aber noch eine weitere Informationen erforderlich: Woher kommen diese Stoffströme eigentlich? Wie groß ist die Entfernung bis zum Lieferanten? Wohin gehen die Produkte? Was ist die durchschnittliche Distributionsentfernung? Und schließlich: Welche Transportmittel werden dazu in der Regel eingesetzt oder wie teilt sich der Transport auf Lkw, Bahn, Flugzeug etc. auf?

Sie können sehr viel Zeit aufwenden, um diese Fragen „exakt“ zu beantworten. Sie können aber auch versuchen, sie überschlägig abzuschätzen. Meistens wird der Einkauf von Rohstoffen von einer Handvoll Lieferanten bestimmt. Die Entfernung ist in der

Einkaufsabteilung bekannt, zumindest eine grobe Schätzung. Ansonsten müssen Sie kurz im Atlas oder in einer Verkehrssoftware nachschlagen. Wenn die Distanzen bei vielen 100 km liegen, kommt es auf 50 km mehr oder weniger nicht an.

Eine Schwierigkeit ist oft die Frage, von wo ab bzw. bis wohin man die Entfernung rechnet. Was macht man, wenn Zwischenhändler eingeschaltet sind? Sie sollten sich davon leiten lassen, woher die Rohstoffe tatsächlich kommen bzw. wohin die Produkte gehen, um weiterverarbeitet oder verbraucht zu werden. Bei der Detailbilanz können Sie sich dann mit der Frage beschäftigen, wie weit bilanziert werden soll, d.h. wie weit der Handlungsraum des Unternehmens reicht.



#### Achten Sie darauf...

Viele EDV-Programme aus dem Bereich des Einkaufs oder des Vertriebs liefern bereits Aufstellungen über die jährliche Vertriebsmenge, die Einkaufsmenge etc.

Einige dieser Programme enthalten auch die Entfernung zu den Lieferanten. Wenn Sie nun eine summarische Auswertung für alle Rohstoffe haben wollen, dann passiert in der Praxis oft folgendes:

Rohstoff1	2.345 t	234 km
Rohstoff2	540 t	87 km
Rohstoff3	1.230 t	673 km
...		
Summe	4.115 t	994 km

Diese summarische Entfernungsangabe ist wertlos. Insbesondere ergibt sich die Transportleistung NICHT aus dem Produkt von 4.115 t und 994 km! Vielmehr müssen die Einzelposten multipliziert und DANN addiert werden. Außerdem müssen Sie aufpassen, wenn ein Rohstoff von zwei Lieferanten unterschiedlich weit angeliefert wird. Der Rohstoff muß dann wie zwei Rohstoffe behandelt werden.

Bei den meisten EDV-Programmen läßt sich eine solche Auswertung vornehmen; ggf. brauchen Sie die Hilfe ihrer EDV-Abteilung. Sie sparen damit aber viel Arbeit und Rechnungen per Hand.

**TIP**

- Reden Sie mit den Kollegen in der Einkaufs- und Vertriebsabteilung und fragen Sie sie nach Ihren Erfahrungen: Welche Transportmittel werden in der Regel eingesetzt? Woher kommen die Rohstoffe? Wohin gehen die Produkte? Wer entsorgt den Abfall, wohin? Selbst wenn Ihr Unternehmen für den Transport nicht direkt verantwortlich ist, liegen diese Informationen meistens irgendwo vor.

Ebenso überschlägig sollte der Anteil geschätzt werden, der mit Lkw, Bahn usw. befördert wird. Beispielsweise: 30 % mit Bahn, 60 % mit Lkw und 10 % mit Flugzeug. Bei Bahn, Flugzeug und Schiff handelt es sich meistens um gebrochenen Verkehr, d.h. Sie müßten den Vor- und Nachlauf mit Lkw berücksichtigen. Für diese erste Abschätzung ist das unerheblich. Da reichen die Zahlen für das Transportmittel im Hauptlauf.

Aus den Mengen in t und den Transportentfernungen in km errechnet sich die sogenannte Transportleistung in tkm. Die Berechnung kann entsprechend dem vorbereiteten Formular auf S. 25 erfolgen.

Die Transportleistung wird unterschieden nach den wichtigsten Transportmitteln sowie nach den Einzelposten der Input-

/Output-Bilanz. Dies erleichtert später die Analyse, woher die größten Beiträge stammen.

Mit den Transportleistungen können dann überschlägig die Emissionen durch die einzelnen Transportmittel berechnet werden. Hierzu werden die errechneten tkm mit den Faktoren aus Tab. 3 multipliziert. Diese Werte sind in g pro tkm angegeben. Das Ergebnis muß dann ggf. in kg oder t umgewandelt werden.

Diese Berechnung ist exemplarisch in dem Formular auf S. 25 vorbereitet. In die grauen Felder müssen nur noch die geschätzten Zahlen bzw. die errechneten Zwischenergebnisse eingetragen werden.

Tab. 3: Emissionsfaktoren in g pro tkm für verschiedene Güterverkehrsmittel einschließlich der Bereitstellung des Kraftstoffes bzw. der Energie (= Vorkette). Quelle: TREMOD 1999; Borken et al. (1999).

Schadstoff	Lkw	Bahn	Flugzeug	Binnenschiff	Seeschiff
CO <sub>2</sub>	147,3	32,2	903	35,4	17,5
NO <sub>x</sub>	1,21	0,12	4,24	0,61	0,42
NMVOC	0,17	0,01	0,50	0,05	0,02
Partikel	0,050	0,005	0,13	0,017	0,030
CO	0,23	0,04	0,97	0,11	0,046

Anmerk.: Lkw: Mittel aus Fzg.-Bestand zum Jahr 2000; Bahn: Kombinierter Ladungsverkehr; Flugzeug: Langstreckenflug; Seeschiff: Stückgutfrachter.

**ZUM BEISPIEL: Oberland-Glas AG in Bad Wurzach**

Die Oberland Glas AG ist eine der führenden Hersteller von Behälterglas in Deutschland. Es beschäftigt knapp 2000 Mitarbeiter und hat einen Umsatz von 670 Mio. DM im Jahr. Insgesamt gehören 4 Standorte zum Unternehmen, darunter auch Bad Wurzach in Baden-Württemberg mit 2 Werken.

Der wichtigste „Rohstoff“ für die Behälterglas-Herstellung ist Altglas. Am Standort Bad Wurzach werden davon ca. 200.000 t jährlich verarbeitet. Fragt man, woher das Altglas kommt, so ist die Antwort einfach: Vom Grundstück nebenan. Dort sitzt nämlich die Süddeutsche Altglas Rohstoff GmbH (SAG), die ein Tochterunternehmen der Oberland Glas AG ist. Die SAG bereitet das im süddeutschen Raum gesammelte Altglas auf. Dazu wird das Altglas auf zwei Anlagen mit einer Leistung von 900 t pro Tag gebrochen und von Verunreinigungen gereinigt.

Für die Transportbilanz der Glashütte macht es in diesem Fall natürlich keinen Sinn, für den Antransport der Rohstoffe lediglich 50 m anzusetzen. Bei der SAG wurde recherchiert, woher das Altglas stammt. Nach der Sammelort wird das Altglas auf Lkw direkt zur SAG transportiert (aus einem Einzugsbereich von etwa 100-150 km) oder in Zwischenlagern umgeschlagen. In größeren Ballungsgebieten in Baden-Württemberg und Bayern sind in Kooperation mit Entsorgungsunternehmen auch dezentrale Zwischenlager mit Bahnbindung entstanden. Dadurch wird der Einsatz von Großraumwaggons bei der Anlieferung des Altglases möglich. Etwa 90 % des Altglases werden aber immer noch mit dem Lkw angeliefert.

Tab. 4: Formular für die überschlägige Berechnung der jährlichen Gütertransportleistung und der damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen durch verschiedene Transportmittel. Werte aus Tab. 3

Güter ↓	Menge ↓	Entf. ↓	Transport- leistung ↓	Emissions- faktor für CO <sub>2</sub> ↓	Emissions- menge v. CO <sub>2</sub> ↓
<b>JÄHRLICHE TRANSPORTE MIT DEM LKW:</b>					
Rohstoffe	t/a *	km =	tkm/a	* 0,147 kg/tkm =	kg/a
				+	
Betriebsstoffe	t/a *	km =	tkm/a	* 0,147 kg/tkm =	kg/a
				+	
Hilfsstoffe	t/a *	km =	tkm/a	* 0,147 kg/tkm =	kg/a
				+	
Produkte	t/a *	km =	tkm/a	* 0,147 kg/tkm =	kg/a
				+	
Reststoffe	t/a *	km =	tkm/a	* 0,147 kg/tkm =	kg/a
				=	
				+ ÷ 9 t =	
				geschätzte jährl. Lkw-Fahrleistung:	Lkw-km/a
 <b>JÄHRLICHE TRANSPORTE MIT DER BAHN:</b>					
Rohstoffe	t/a *	km =	tkm/a	* 0,032 kg/tkm =	kg/a
				+	
Betriebsstoffe	t/a *	km =	tkm/a	* 0,032 kg/tkm =	kg/a
				+	
Hilfsstoffe	t/a *	km =	tkm/a	* 0,032 kg/tkm =	kg/a
				+	
Produkte	t/a *	km =	tkm/a	* 0,032 kg/tkm =	kg/a
				+	
Reststoffe	t/a *	km =	tkm/a	* 0,032 kg/tkm =	kg/a
				=	
				+ Jährl. Transportleistung mit der Bahn:	tkm/a
 <b>JÄHRLICHE TRANSPORTE MIT DEM FLUGZEUG:</b>					
Rohstoffe	t/a *	km =	tkm/a	* 0,90 kg/tkm =	kg/a
				+	
Betriebsstoffe	t/a *	km =	tkm/a	* 0,90 kg/tkm =	kg/a
				+	
Hilfsstoffe	t/a *	km =	tkm/a	* 0,90 kg/tkm =	kg/a
				+	
Produkte	t/a *	km =	tkm/a	* 0,90 kg/tkm =	kg/a
				=	
				+ Jährl. Transportleistung mit Flugzeug:	tkm/a
				÷ 1000 =	
				Gesamtmenge an CO <sub>2</sub> :	t/a

Tab. 5: Formular für die überschlägige Berechnung der jährlichen NO<sub>x</sub>-Emissionen durch verschiedene Transportmittel. Die erforderliche Transportleistung wird aus der vorhergehenden Tabelle übertragen. Werte aus Tab.3

Güter ↓	Transport- leistung ↓	Emissions- faktor für NO <sub>x</sub> ↓	Emissions- menge v. NO <sub>x</sub> ↓
<b>JÄHRLICHE TRANSPORTE MIT DEM LKW:</b>			
Rohstoffe	tkm/a	* 1,21 g/tkm =	g/a
			+
Betriebsstoffe	tkm/a	* 1,21 g/tkm =	g/a
			+
Hilfsstoffe	tkm/a	* 1,21 g/tkm =	g/a
			+
Produkte	tkm/a	* 1,21 g/tkm =	g/a
			+
Reststoffe	tkm/a	* 1,21 g/tkm =	g/a
			+
<b>JÄHRLICHE TRANSPORTE MIT DER BAHN:</b>			
Rohstoffe	tkm/a	* 0,12 g/tkm =	g/a
			+
Betriebsstoffe	tkm/a	* 0,12 g/tkm =	g/a
			+
Hilfsstoffe	tkm/a	* 0,12 g/tkm =	g/a
			+
Produkte	tkm/a	* 0,12 g/tkm =	g/a
			+
Reststoffe	tkm/a	* 0,12 g/tkm =	g/a
			+
<b>JÄHRLICHE TRANSPORTE MIT DEM FLUGZEUG:</b>			
Rohstoffe	tkm/a	* 4,24 g/tkm =	g/a
			+
Betriebsstoffe	tkm/a	* 4,24 g/tkm =	g/a
			+
Hilfsstoffe	tkm/a	* 4,24 g/tkm =	g/a
			+
Produkte	tkm/a	* 4,24 g/tkm =	g/a
			=
			g/a
		÷ 1000 =	
Gesamtmenge an NO <sub>x</sub> :			kg/a

## Personenverkehr

Für den Personenverkehr wird eine Abschätzung schon schwieriger. Wieviel Kunden oder Besucher kommen pro Tag im Durchschnitt und woher kommen sie? Bei einigen Unternehmen wird das unbedeutend sein; gerade bei Dienstleistungsunternehmen oder beim Handel ist das jedoch wichtig.

Auch hier gilt: Die Werte überschlägig abschätzen. Der Berufsverkehr läßt sich aus der Anzahl der Mitarbeiter und dem ungefähren Einzugsgebiet ermitteln. Entsprechende Angaben kann i.allg. die Personalabteilung machen. Dazu wird die ungefähre Aufteilung auf die verschiedenen Verkehrsmittel angegeben. Die Anzahl und ständige Belegung der Parkplätze ist übrigens ein Indiz dafür, wieviel Mitarbeiter mit dem Pkw kommen.

Auch für die Kundenbesuche muß die Anzahl, die Entfernung und das Verkehrsmittel geschätzt werden. Bei manchen Unternehmen verfügt der Werkschutz über entsprechende Informationen oder kann Erfahrungswerte geben.

Tab. 6: Emissionsfaktoren in g pro Pers.-km für verschiedene Personenverkehrsmittel einschließlich der Bereitstellung des Kraftstoffes bzw. der Energie (= Vorkette). Quelle: TREMOD 1999

Schadstoff	Pkw	Bahn	Flugzeug
CO <sub>2</sub>	159,2	45,0	207,1
NO <sub>x</sub>	0,38	0,13	0,83
NMVOC	0,32	0,01	0,06
Partikel	0,01	0,03	0,003
CO	2,69	0,04	1,33

Anmerk.: Pkw: 1,3 Pers./Pkw, Bestand zum Jahr 2000; Bahn: Fernverkehr; Flugzeug: Kurzstreckenflug.

Angabe zum Dienst- oder Geschäftsreiseverkehr sind problematischer. Hier müssen Sie auf die Erfahrungen der Personalabteilung zurückgreifen. Grundsätzlich sind alle Dienstreisen erfaßt, allerdings nur als Kosten. Aufstellungen über die Verkehrsmittelwahl oder die Entfernung sind sehr selten. Hier hilft nur eine grobe Abschätzung. Sollte sich der Dienstreiseverkehr als relevant erweisen, so muß notfalls eine Hilfskraft die Reiseabrechnungen auswerten.

Tab. 7: Emissionsfaktoren in g pro Pers.-km für verschiedene Personenverkehrsmittel im Nahverkehr einschließlich der Bereitstellung des Kraftstoffes bzw. der Energie (= Vorkette). Quelle: TREMOD 1999

Schadstoff	Pkw	Bahn	Linien-Bus	Straßen-/Stadtbus
CO <sub>2</sub>	198	118	80,1	72,5
NO <sub>x</sub>	0,41	0,66	0,93	0,05
NMVOC	0,72	0,05	0,11	< 0,01
Partikel	0,01	0,04	0,03	-
CO	4,6	0,16	0,31	0,02

Anmerk.: Pkw: 1,3 Pers./Pkw, Bestand zum Jahr 2000; Bahn: Nahverkehr

Beim Personenverkehr wird die jährliche Verkehrsleistung in Personen-Kilometer ermittelt. Sie kann dann mit den in Tab. 6 und Tab. 7 zusammengestellten Emissionsfaktoren zu jährlichen Emissionen aggregiert werden. Als Anhaltspunkt können die auf den folgenden Seiten zusammengestellten Formulare dienen.

### ZUM BEISPIEL: Wilkhahn

Die mittelständische Firma Wilkhahn in Bad Münder stellt hochwertige Büromöbel her. Seit 1993 führt die Firma regelmäßig eine betriebliche Umweltbilanz durch, bei der alle Input- und Outputströme erfaßt werden. Der Kraftstoffverbrauch des Geschäftsreiseverkehrs mit Pkw wird über die Tankrechnungen ermittelt.

Für die sonstigen Geschäftsreisen erstellt die Controllingabteilung aus dem SAP-System eine Excel-Liste über Fahrtkosten, die Flüge und Bahnfahrten enthält. Parkgebühren, Übernachtungen und ähnliches müssen annulliert werden.

Dann wird unterschieden nach Flug Inland, Flug Europa und Flug Übersee sowie Bahn Inland und Bahn Ausland. Es werden für Referenzstrecken Durchschnittspreise pro Flug- bzw. Bahn-Kilometer ermittelt, wobei Rabattregelungen für das Unternehmen berücksichtigt werden müssen. Mit diesen Durchschnittspreisen können aus den geisteten Fahrtkosten die ungefähren Reiseentferungen abgeleitet werden.

Tab. 8: Formular für die überschlägige Berechnung der jährlichen Personenverkehrsleistung und der damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen durch verschiedene Verkehrsmittel. Bei den mittleren Entfernungen sind die einfachen Wegstrecken einzusetzen.

Verkehrs-mittel ↓	Personen-Anzahl ↓	Mittlere Entfern. ↓	Hin/Rück Arbeits-/ Werk-tage ↓	Personen-verkehrs-leistung ↓	Emissions-faktor für CO <sub>2</sub> ↓	Emissions-men ge v. CO <sub>2</sub> ↓
<b>BERUFSVERKEHR:</b>						
Pkw	[ ] P. *	[ ] km/d	* 2 * 200 d/a =	[ ] * 0,198 kg/Pkm =	[ ] kg/a	[ ] +
Bahn(Nahv.)	[ ] P. *	[ ] km/d	* 2 * 200 d/a =	[ ] * 0,118 kg/Pkm =	[ ] kg/a	[ ] +
Linienbus	[ ] P. *	[ ] km/d	* 2 * 200 d/a =	[ ] * 0,080 kg/Pkm =	[ ] kg/a	[ ] +
Stra-bahn	[ ] P. *	[ ] km/d	* 2 * 200 d/a =	[ ] * 0,073 kg/Pkm =	[ ] kg/a	[ ] +
<b>KUNDENVERKEHR (NAHBEREICH):</b>						
Pkw	[ ] P./d * [ ] km	[ ]	* 2 * 250 d/a =	[ ] * 0,198 kg/Pkm =	[ ] kg/a	[ ] +
Bahn(Nahv.)	[ ] P./d * [ ] km	[ ]	* 2 * 250 d/a =	[ ] * 0,118 kg/Pkm =	[ ] kg/a	[ ] +
Linienbus	[ ] P./d * [ ] km	[ ]	* 2 * 250 d/a =	[ ] * 0,080 kg/Pkm =	[ ] kg/a	[ ] +
Stra-bahn	[ ] P./d * [ ] km	[ ]	* 2 * 250 d/a =	[ ] * 0,073 kg/Pkm =	[ ] kg/a	[ ] +
<b>GESCHÄFTSREISEVERKEHR:</b>						
Pkw	[ ] P./a * [ ] km	[ ]	* 2 =	[ ] * 0,159 kg/Pkm =	[ ] kg/a	[ ] +
Bahn(Fernv.)	[ ] P./a * [ ] km	[ ]	* 2 =	[ ] * 0,045 kg/Pkm =	[ ] kg/a	[ ] +
Flugzeug	[ ] P./a * [ ] km	[ ]	* 2 =	[ ] * 0,207 kg/Pkm =	[ ] kg/a	[ ] +
<b>BESUCHERVERKEHR (FERNBEREICH):</b>						
Pkw	[ ] P./d * [ ] km	[ ]	* 2 * 250 d/a =	[ ] * 0,159 kg/Pkm =	[ ] kg/a	[ ] +
Bahn(Fernv.)	[ ] P./d * [ ] km	[ ]	* 2 * 250 d/a =	[ ] * 0,045 kg/Pkm =	[ ] kg/a	[ ] +
Flugzeug	[ ] P./d * [ ] km	[ ]	* 2 * 250 d/a =	[ ] * 0,207 kg/Pkm =	[ ] kg/a	[ ] + 1000 =
Gesamtmenge an CO <sub>2</sub> : [ ] t/a						

Tab. 9: Formular für die überschlägige Berechnung NO<sub>x</sub>-Emissionen durch verschiedene Verkehrsmittel. Die erforderliche Verkehrsleistung wird aus der vorhergehenden Tabelle übertragen.

Verkehrs- mittel ↓	Personen- verkehrs- leistung ↓	Emissions- faktor für NO <sub>x</sub> ↓	Emissions- menge v. NO <sub>x</sub> ↓
<b>BERUFSVERKEHR:</b>			
Pkw		* 0,41 g/Pkm =	g/a
			+
Bahn(Nahv.)		* 0,66 g/Pkm =	g/a
			+
Linienbus		* 0,93 g/Pkm =	g/a
			+
Stra-bahn		* 0,05 g/Pkm =	g/a
			+
<b>KUNDENVERKEHR (NAHBEREICH):</b>			
Pkw		* 0,41 g/Pkm =	g/a
			+
Bahn(Nahv.)		* 0,66 g/Pkm =	g/a
			+
Linienbus		* 0,93 g/Pkm =	g/a
			+
Stra-bahn		* 0,05 g/Pkm =	g/a
			+
<b>GESCHÄFTSREISEVERKEHR:</b>			
Pkw		* 0,38 g/Pkm =	g/a
			+
Bahn(Fernv.)		* 0,13 g/Pkm =	g/a
			+
Flugzeug		* 0,83 g/Pkm =	g/a
			+
<b>BESUCHERVERKEHR (FERNBEREICH):</b>			
Pkw		* 0,38 g/Pkm =	g/a
			+
Bahn(Fernv.)		* 0,13 g/Pkm =	g/a
			+
Flugzeug		* 0,83 g/Pkm =	g/a
			+1000 =
Gesamtmenge an NO <sub>x</sub> :			
			kg/a

## Kennzahlen

Die Ergebnisse für Güterverkehr und Personenverkehr können nun aggregiert werden. In das folgende Schema werden die Werte für die jeweiligen Schadstoffemissionen des Güter- und Personenverkehrs eingetragen und addiert. Der Wert wird dann durch die Gesamtmenge der Emissionen geteilt. Diese ergibt sich aus den Verkehrsemissionen und den Emissionen aus Produktion, Energiebereitstellung usw. Letztere Werte sollten aus der Umweltprüfung bekannt sein.

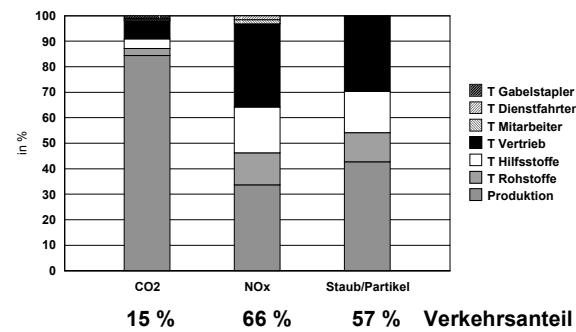
Das Ergebnis ist schließlich der prozentuale Anteil des Verkehrs an den jeweiligen Emissionen, die durch das Unternehmen verursacht werden. Die Berechnung wird für jeden Schadstoff wiederholt.

Tab. 10: Berechnungsschema zur Ermittlung des prozentualen Anteils der Verkehrsemissionen an den Gesamtemissionen des Unternehmens, am Beispiel CO<sub>2</sub>.

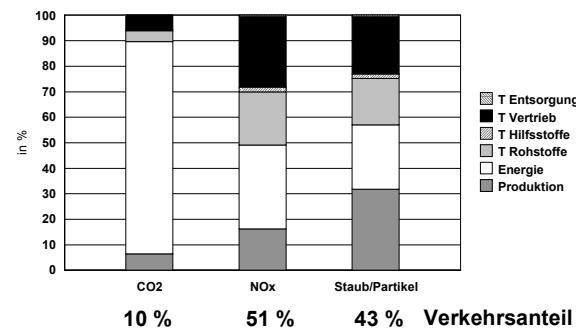
Güterverkehr	t CO <sub>2</sub> /a
	+
Personenverkehr	t CO <sub>2</sub> /a
	=
Verkehr insges.	t CO <sub>2</sub> /a
	÷
Emissionen (insg.) (	t CO <sub>2</sub> /a )
Verkehr (s.o.)	+ Prod. + Energie
	=
	÷ 100 =
Prozent. Anteil des Verkehrs:	%

Diese Analyse können Sie natürlich noch genauer durchführen. In den Abb. 12 sind für vier unterschiedliche Unternehmen die Anteile der verursachenden Bereiche an den Gesamtemissionen des jeweiligen Unternehmens dargestellt. Je nachdem, was das Unternehmen herstellt, können die Anteile sehr unterschiedlich sein. Am Beispiel CO<sub>2</sub> sieht man, daß der Beitrag des Verkehrs von 3 % bis 28 % schwanken kann. Wenn der Beitrag gering ist, so sollten CO<sub>2</sub>-Minderemissionsstrategien besser in der Produktion oder bei der Energiebereitstellung für das Unternehmen ansetzen.

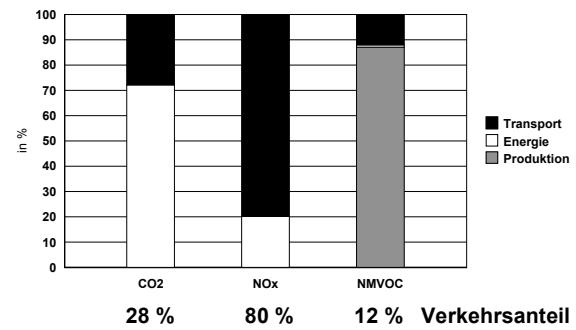
## Produzierendes Unternehmen (Massengüter):



## Produzierendes Unternehmen (Massengüter):



## KMU aus Fertigungsindustrie:



## Öffentl. Verwaltung / Dienstleistung:

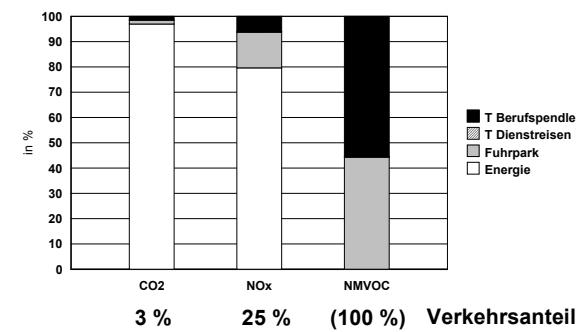


Abb. 12: Vier Beispiele für Relevanzauswertungen: Anteile der Unternehmensbereiche an den jeweiligen Schadstoffemissionen (T=Transport)

Die Beispiele aus Abb. 12 zeigen, daß die Anteile des Verkehrs beim gleichen Unternehmen verschieden sein können, abhängig davon, welcher Schadstoff betrachtet wird. So macht der Verkehr z.B. beim zweiten Unternehmen bei CO<sub>2</sub> nur 10 % der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen des Unternehmens aus, bei NO<sub>x</sub> jedoch über die Hälfte.

Diese Feststellung sollte Auswirkungen auf das Umweltprogramm haben. Wenn die NO<sub>x</sub>-Emissionen dieses Unternehmens verringert werden sollen, so muß man hier mit Sicherheit im Verkehrsbereich beginnen. Um NO<sub>x</sub> zu mindern, sind möglicherweise andere Maßnahmen erforderlich, als um CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren.

Die verschiedenen Beiträge, die man in den Tab. 4-5 und 8-9 errechnet hat, dienen jetzt dazu festzustellen, welcher Verkehrsbereich die hohen Anteile verursacht. In dem zitierten Beispiel sind es die Transporte des Vertriebs und der Rohstoffe. An dieser Stelle ist zu prüfen, welche Einflußmöglichkeiten das Unternehmen auf den Transport der Rohstoffe und des Vertriebs hat. Wenn hier Einflußmöglichkeiten bestehen, so sollten in der Detailbilanz genau diese Bereiche zahlenmäßig verfeinert werden. Der Transport der Hilfsstoffe, der Abfälle oder gar die Dienstreisen können in diesem Beispiel künftig unberücksichtigt bleiben, was erheblichen Aufwand einspart.

Im Gegensatz dazu ist der Transport der Hilfsstoffe bei dem ersten Unternehmen in Abb. 12 ein noch wichtigerer Aspekt als der Transport der Rohstoffe. Bei diesem Unternehmen wird es auf eine Auswertung der Hilfsstoffe ankommen, bei der geprüft wird, woher die Hilfsstoffe stammen und wie sie angeliefert werden.

### TIP

- Schreiben Sie rechts neben die Tab. 3 und 4 eine Spalte mit den prozentualen Beiträgen der einzelnen Verkehrsbereiche zu den Gesamtschadstoffemissionen. Sie haben dann sofort den Überblick, wo Sie zuerst ansetzen sollten.

## Sonstige Umwelteinwirkungen

Bei der Wirkungs- und Relevanzabschätzung darf nicht die Frage vergessen werden, ob es noch andere Umwelteinwirkungen durch den Verkehr des Unternehmens gibt. Welche Park- oder Umschlagfläche steht dem Unternehmen beispielsweise zur Verfügung und wie nutzt das Unternehmen sie? Wenn es sich um große Parkflächen handelt, sind sie alle versiegelt? Treten spezielle Lärmbelastungen auf oder liegen Anwohnerbeschwerden vor?

Wenn diese – oft auch qualitative – Diskussion zu relevanten Ergebnissen führt, so müssen daraus Maßnahmen für das Umweltmanagement abgeleitet werden. Für die Detailbilanz ist dann zu überlegen, wie der Handlungsbereich quantitativ unterstützt werden kann.

## Einwohnerdurchschnittswerte

Die Frage, ob eine Umwelteinwirkung, die von einem Unternehmen ausgeht, relevant ist, läßt sich kaum pauschal beantworten oder an allgemeinen Kriterien festmachen. Ausgehend von Abb. 12 wäre es naheliegend, Schwellen für die prozentualen Beiträge des Verkehrs festzulegen, oberhalb derer Maßnahmen zu empfehlen sind.

Eine Möglichkeit wäre: Wenn bei einzelnen Schadstoff-Emissionen der Verkehr 30 % ausmacht, sind Maßnahmen zu prüfen, wenn bei allen Schadstoffen 30 % überschritten werden, so sollten Maßnahmen auf jeden Fall eingeleitet werden.

Das Problem: Prozentuale Betrachtungen sagen nichts darüber aus, wie die absolute Menge des emittierten Schadstoffs zu bewerten ist.

Auch diese Frage läßt sich nicht pauschal beantworten. Die bereits vorgestellten Einwohnerdurchschnittswerte (EDW) liefern hierzu eine weitere Interpretationshilfe. So kann beispielsweise ein kleines Unternehmen soviel NMVOC wie 1000 Einwohner emittieren – was möglicherweise als viel erscheint und geprüft werden sollte. Für den Standort eines großen Chemie-Konzerns wäre dieser EDW wahrscheinlich unspekakulär.

Tab. 11: Berechnungsschema für die Bildung von Einwohnerdurchschnittswerten am Beispiel CO<sub>2</sub>.

Emissionen insg.		t CO <sub>2</sub> /a
	+	
Einwohner-Wert für CO <sub>2</sub> aus Tab. 12	11,1	t CO <sub>2</sub> /a
	=	
EDW-Wert für CO <sub>2</sub>		EDW <sub>CO<sub>2</sub></sub>

In der Tab 12 sind die Grunddaten zur Bildung von EDW zusammengestellt. Dabei ist folgendermaßen vorzugehen: Für jeden Schadstoff wird die Gesamtmenge, die das Unternehmen emittiert oder verursacht, durch den Einwohnerwert aus Tab. 12 geteilt. Das Ergebnis ist der EDW zum jeweiligen Schadstoff, d.h. das Unternehmen verursacht soviel Emissionen wie die entsprechende Anzahl an Durchschnittsbürgern.

Tab. 12: Grunddaten zur Bildung von Einwohnerdurchschnittswerten (EDW).

Umwelteinwirkung	BRD gesamt 1996	pro Einwohner
CO <sub>2</sub> -Emissionen	910 Mio. t	11,1 t
NO <sub>x</sub> -Emissionen	1,86 Mio. t	22,7 kg
NM VOC-Emissionen	1,87 Mio. t	22,8 kg
Staub-Emissionen	0,52 Mio. t	6,3 kg
SO <sub>2</sub> -Emissionen	1,85 Mio. t	22,6 kg
CO-Emissionen	6,71 Mio. t	81,8 kg
Fahrleistung Lkw u. Zugm.	64 Mrd. Fkm	780 Fkm
Fahrleistung Pkw u. Kombi	520 Mrd. Fkm	6330 Fkm
Bebaute Fläche (1990)	26.716 km <sup>2</sup>	326 m <sup>2</sup>
Zuwachs an Fläche	ca. 387 km <sup>2</sup> /a	4,7 m <sup>2</sup> /a

Anmerk.: Einwohner 1996: 82 Mio. Pers. Emissionen nach UBA 1997. Fahrleistung nach Verkehr in Zahlen 1998. Bebaute Fläche nach Stat. Jahrbuch 1998. Flächenzuwachs geschätzt nach BMU 1998.

## Vorbereitung der Detailbilanz

Mit der Wirkungs- und Relevanzabschätzung ist bekannt,

- ob der Verkehr des Unternehmens zu relevanten Umwelteinwirkungen führt und
- welche Umwelteinwirkungen davon betroffen sind.

Die nächste Frage ist, welche Maßnahmen bzw. Maßnahmenbereiche zu einer Minderung der Umwelteinwirkungen führen können und ob das Unternehmen darauf Einfluß hat und diese Maßnahmen initiieren kann.

Die folgende Übersicht (Seite 34 und 35) gibt Anhaltspunkte dafür, welche Maßnahmen sinnvoll sind. Ausgangspunkt ist dabei das Ziel, eine bestimmte Umwelteinwirkung zu verringern.

Die Maßnahmen lassen sich im wesentlichen zu folgenden Bereichen zusammenfassen:

- Technische Maßnahmen, die insbesondere an der Fahrzeugtechnik ansetzen

- Auslastungsverbesserungen bei gleicher Verkehrsleistung
- Verlagerung auf umweltfreundlichere Verkehrsmittel
- Verringerung der Transportentfernungen durch veränderte Lieferbeziehungen
- Verringerung der Transportmengen und –volumen durch verbesserte Produkte

Die Maßnahmenbereiche haben einen unterschiedlichen Einfluß auf die Umwelteinwirkungen. Eine Verringerung der Transportleistung führt natürlich bei allen Umweltbelastungen oder Schadstoffen zu Minderungen. Man spricht von einer großen Wirkungsbreite der Maßnahme. Die Potentiale sind aber i.allg. begrenzt. Technische Maßnahmen setzen meistens sehr viel spezifischer, z.B. nur bei den Partikelemissionen, an, dort dann aber sehr wirkungsvoll.

Die Minderungseffekte in Tab. 13 sind nur geschätzt:

Die Transportmittelwahl im Unternehmen wird wesentlich von der Qualität der Transporte (Pünktlichkeit, Zuverlässigkeit, Kosten, Sicherheit, usw.) bestimmt. Das reale Potential eines Transportmittelwechsels ist des-

halb begrenzt. Für die Abschätzung wurde davon ausgegangen, daß 50 % der Transporte von Lkw oder Flugzeug auf Bahn u.a. verlagert werden können. Der Minderungseffekt spiegelt den geringen Einfluß eines solchen Wechsels wider.

Ebenfalls begrenzt sind Verbesserungen bei Auslastungsgrad, Tourenplanung etc. Im allgemeinen werden hier Minderungen von 10-20 % für möglich gehalten. Daraus resultiert eine Verringerung der Fahrleistung und der Umwelteinwirkungen.

Die Verringerung von Transportentfernungen kann bei neuen Standortentscheidungen eines Unternehmens stark beeinflußt werden, was allerdings selten vorkommt. Hier spielt die Nähe zum Absatzmarkt, ggf. zu Rohstoffquellen u.ä. eine entscheidende Rolle. Im laufenden Betrieb läßt sich die Zuliefererstruktur in gewissen Grenzen beeinflussen: Je näher die Zulieferer sind, desto besser. Auch hier gehen Minderungen direkt in die Umwelteinwirkungen mit ein. Das Gleiche gilt für eine Verbesserung der Produkte in Richtung geringerer Produktgewichte bei gleicher Nutzenfunktion.

## Datenstruktur

Das Unternehmen prüft, in welchem dieser Maßnahmenbereiche Einflußmöglichkeiten bestehen. Für die Kontrolle innerhalb eines Umweltmanagementsystems und der Quantifizierung der Erfolge ist relevant, wer für diese Maßnahme verantwortlich ist, ob er innerhalb des Unternehmens angesiedelt ist oder ob es sich um externe Akteure (Speditionen, Zulieferer, Kunden) handelt.

Diese Zuständigkeitsfrage entscheidet auch darüber, welche Daten am sinnvollsten für ein kontinuierliches Erhebungssystem ausgewählt werden können:

- Fahrleistungsbezogene Daten (Lkw-km, Pkw-km, ggf. nach Fahrzeugtypen unterschieden) sind praktisch nur im eigenen Unternehmen zu erheben. Beispielsweise können die Fahrleistungen von betriebseigenen Pkw über Tachostände und Tankprotokolle leicht ausgewertet werden. Entsprechende Daten von externen Akteuren lassen sich allerdings den eigenen Warentransporten nicht immer zuordnen. Fahrleistungsbezogene Daten bei externen Akteuren können

deshalb für ein Erhebungssystem problematisch sein.

- Transportleistungsbezogene Daten (t-km, Pers.-km) können mit vertretbarem Aufwand aus Einkauf, Vertrieb, Personalabt. usw. im eigenen Unternehmen ermittelt werden, selbst dann, wenn der Transport von externen Akteuren durchgeführt wird. Ggf. werden gewisse Nacherhebungen bei externen Akteuren erforderlich. Diese Informationen (z. B. Entfernung) können aber meistens beschafft werden, da sie auch Grundlage für die Kostenberechnung sind. Die transportleistungsbezogenen Daten bilden eine ganze Reihe von Handlungsbereich ab, z.B. Verkehrsmittelverlagerungen, und reagieren sensibel auf Minderung der Transportmengen und Entfernungen. Schwierig ist hierbei allerdings die direkte Verknüpfung zu der eingesetzten Fahrzeugtechnologie. Hierüber liegen selten genaue Informationen vor bzw. lassen sich kaum erheben.
- Einfache Bilanzen lassen sich erstellen, wenn von dem Kraftstoffverbrauch ausgegangen wird. Dieser liegt für den Fuhrpark des eigenen Unternehmens vor (Bei Dienst- oder Geschäftsreisen mit Privat-Pkw liegen Tankabrechnungen vor). Der Kraftstoffverbrauch wirkt sensitiv auf eine ganze Reihe von Maßnahmen. U.a. spiegeln sich Fahrleistungsminderungen oder verbessertes Fahrverhalten in den Verbräuchen wider. Da vom Kraftstoffverbrauch beim eigenen Fuhrpark ausgegangen wird und das Unternehmen für die eingesetzte Fahrzeugtechnik verantwortlich ist, sollte der Einfluß von Fahrzeugtypen, neuen technischen Minderungskonzepten etc. bei den Verbrauchswerten berücksichtigt werden.

In dem folgenden Kapitel werden Emissionsfaktoren für die wichtigsten Schadstoffe und die verschiedenen Transportmittel angeboten. Auf fahrleistungsbezogene Angaben wird verzichtet. Fahrzeugspezifische Angaben werden auf der Basis des Kraftstoffverbrauchs gemacht. Ansonsten liegen die Werte transportleistungsbezogen vor.

Tab. 13: Übersicht mit Beispielen für Handlungszielen, möglichen Maßnahmen dazu und den potentiellen Minderungseffekten. Aus den Maßnahmen ergeben sich Kennzahlen, die entweder zur Steuerung der Maßnahme (handlungsorientiert) oder zur Überprüfung des Minderungseffektes (wirkungsorientiert) dienen.

<b>■ Handlungsziel</b>	<b>→ Mögliche Maßnahmen</b>	<b>→ Mögliche Effekte</b>	<b>→ Erforderliche Kennzahlen</b>
■ Partikel-Emissionen verringern	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Neue Lkw-Technik EURO 3, EURO 4/5</li> <li>→ Von Lkw auf Bahn verlagern</li> <li>→ siehe Maßnahmen zu Fahrleistungsmind.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ über 80 % Minderung</li> <li>→ je nach Verlagerungspotential bis zu 50 % Minderung denkbar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→  Emissionen mit EF für Lkw diff. n. Größe und EURO 3, EURO 4/5, kraftstoffbezogen, ohne Vorkette</li> <li>→  Anteil neuer Lkw mit EURO 3, EURO 4/5</li> <li>→  Emissionen mit EF, nur nach Verkehrsmitteln unterschieden, Transportleistung-bezogen, mit Vorkette</li> <li>→  Modal Split nach Transportmitteln aus Transportleistung</li> </ul>
■ NMVOC-Emissionen verringern	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Neue Lkw-Technik EURO 3, EURO 4/5</li> <li>→ Von Lkw auf Bahn verlagern</li> <li>→ Von Pkw auf Bahn und ÖV umsteigen</li> <li>→ siehe Maßnahmen zu Fahrleistungsmind.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ bis 40 % Minderung</li> <li>→ je nach Verlagerungspotential bis zu 50 % Minderung denkbar</li> <li>→ je nach Verlagerungspotential bis zu 80 % Minderung denkbar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→  Emissionen mit EF für Lkw diff. n. Größe und EURO 3, EURO 4/5, kraftstoffbezogen, ohne Vorkette</li> <li>→  Anteil neuer Lkw mit EURO 3, EURO 4/5</li> <li>→  Emissionen mit EF, nur nach Transportmitteln unterschieden, Transportleistung-bezogen, mit Vorkette</li> <li>→  Modal Split nach Transportmitteln aus Transportleistung</li> <li>→  Emissionen mit EF, nur nach Verkehrsmitteln unterschieden, Verkehrsleistung-bezogen, mit Vorkette</li> <li>→  Modal Split nach Verkehrsmitteln aus Verkehrsaufkommen</li> </ul>
■ NO <sub>x</sub> -Emissionen verringern	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Neue Lkw-Technik EURO 3, EURO 4/5</li> <li>→ Von Lkw auf Bahn verlagern</li> <li>→ Von Pkw und Flugzeug auf Bahn umsteigen</li> <li>→ siehe Maßnahmen zu Fahrleistungsmind.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ bis 60 % Minderung</li> <li>→ je nach Verlagerungspotential bis zu 50 % Minderung denkbar</li> <li>→ je nach Verlagerungspotential bis zu 30 % Minderung denkbar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→  Emissionen mit EF für Lkw diff. n. Größe und EURO 3, EURO 4/5, kraftstoffbezogen, ohne Vorkette</li> <li>→  Anteil neuer Lkw mit EURO 3, EURO 4/5</li> <li>→  Emissionen mit EF, nur nach Transportmitteln unterschieden, Transportleistung-bezogen, mit Vorkette</li> <li>→  Modal Split nach Transportmitteln aus Transportleistung</li> <li>→  Emissionen mit EF, nur nach Verkehrsmitteln unterschieden, Verkehrsleistung-bezogen, mit Vorkette</li> <li>→  Modal Split nach Verkehrsmitteln aus Verkehrsaufkommen</li> </ul>

Tab. 13 Forts.: Übersicht mit Beispielen für Handlungszielen, möglichen Maßnahmen dazu und den potentiellen Minderungseffekten. Aus den Maßnahmen ergeben sich Kennzahlen, die entweder zur Steuerung der Maßnahme (handlungsorientiert) oder zur Überprüfung des Minderungseffektes (wirkungsorientiert) dienen.

<b>■ Handlungsziel</b>	<b>→ Mögliche Maßnahmen</b>	<b>→ Mögliche Effekte</b>	<b>→ Erforderliche Indikatoren</b>
■ CO <sub>2</sub> -Emissionen verringern	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Von Lkw auf Bahn verlagern</li> <li>→ Von Pkw und Flugzeug auf Bahn bzw. ÖV umsteigen</li> <li>→ Fahrdynamik ändern</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ je nach Verlagerungspotential bis zu 30 % Minderung denkbar</li> <li>→ je nach Verlagerungspotential bis zu 30 % Minderung denkbar</li> <li>→ bis zu 10 %</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Emissionen mit EF, nur nach Transportmitteln unterschieden, Transportleistung-bezogen, mit Vorkette</li> <li>→ Modal Split nach Transportmitteln aus Transportleistung</li> <li>→ Emissionen mit EF, nur nach Verkehrsmitteln unterschieden, Verkehrsleistung-bezogen, mit Vorkette</li> <li>→ Modal Split nach Verkehrsmitteln aus Verkehrsaufkommen</li> <li>→ Emissionen mit EF für Lkw kraftstoffbezogen, ohne Vorkette</li> <li>→ Kraftstoffverbrauch</li> </ul>
■ Fahrleistung verringern	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ siehe Maßnahmen zur Fahrleistungsmind.</li> <li>→ Auslastungsgrad erhöhen</li> <li>→ Tourenplanung verbessern</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ kann bis zu 20 % ausmachen.</li> <li>→ kann bis zu 10 % ausmachen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Emissionen mit EF für Lkw kraftstoffbezogen, ohne Vorkette</li> <li>→ Kraftstoffverbrauch</li> <li>→ Auslastungsgrad</li> <li>→ Emissionen mit EF für Lkw kraftstoffbezogen, ohne Vorkette</li> <li>→ Kraftstoffverbrauch</li> </ul>
■ Transportleistung verringern	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ siehe Maßnahmen zur Transportleistungsminderung</li> <li>→ Entfernungen zu Lieferanten, Kunden etc. verringern</li> <li>→ Gewicht der Produkte, Rohstoffe etc. verringern</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ geht linear ein</li> <li>→ geht linear ein</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Emissionen mit EF, nur nach Verkehrsmitteln unterschieden, Verkehrsleistung-bezogen, mit Vorkette, oder</li> <li>→ Emissionen mit EF für Lkw kraftstoffbezogen, ohne Vorkette</li> <li>→ Transportleistung, oder</li> <li>→ Kraftstoffverbrauch</li> <li>→ Emissionen mit EF, nur nach Verkehrsmitteln unterschieden, Verkehrsleistung-bezogen, mit Vorkette, oder</li> <li>→ Emissionen mit EF für Lkw kraftstoffbezogen, ohne Vorkette</li> <li>→ Transportleistung, oder</li> <li>→ Kraftstoffverbrauch</li> </ul>
■ Lokale Lärmbelastungen verringern	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Neue Lkw-Technik</li> <li>→ Zeitliche Beschränkungen einführen</li> <li>→ Maßnahmen zur Fahrleistungsmind.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Anteil neuer Lkw mit Lärm-minderungskonzept</li> <li>→ Zeitprotokolle führen</li> </ul>
■ Lokalen Flächenbedarf verringern	→ Parkraummanagement		<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Verkehrsfläche</li> <li>→ Anzahl Jobticket etc.</li> <li>→ Modal Split im PV</li> </ul>



## 4. Detailbilanz

### Grundsätzliches Vorgehen

Führen Sie alle 3 Jahre eine neue *Relevanzabschätzung* durch. Die errechneten absoluten Werte zwischen den Erhebungszeiträumen sind zwar nicht unmittelbar miteinander vergleichbar, da sich wahrscheinlich die Erhebungsart, die Bilanzgrenzen oder das Tätigkeitsfeld des Unternehmens geändert haben. Die Abschätzung reicht aber aus um festzustellen, ob sich Veränderungen bzgl. der Handlungserfordernisse ergeben haben. So ist vielleicht eine neue Produktion aufgenommen worden oder Geschäftsbereiche wurden „outgesourct“. Die relativen Zahlen, die Anteile der Bereiche sind also von Interesse.

Die erneute Abschätzung dient Ihnen als Wegweiser, worauf Sie bei der *Detailbilanz* künftig achten müssen, ob Sie die kontinuierliche Erhebung so fortsetzen können, ob Sie ggf. zusätzliche Informationen sammeln müssen oder ob Sie Ihre Bilanz erweitern sollten, um Maßnahmen einleiten und kontrollieren zu können.

Die *Detailbilanz* hat das Ziel, über zeitliche Abstände hinweg vergleichbare und absolute Zahlen zu liefern. Hiermit wollen Sie den Erfolg von Maßnahmen messen. Der Bilanzraum und die Erhebungsmethode sollte

möglichst nicht verändert werden, nur dann, wenn dies zwingend erforderlich ist. Dann sollten Sie allerdings verdeutlichen, welche Werte noch vergleichbar sind und welche nicht.

Zusammen ergibt sich ein aussagekräftiges Berichtswesen, das kontinuierlich nur so viele Informationen wie nötig sammelt, regelmäßig aber die Relevanz dieser Informationen überprüft.

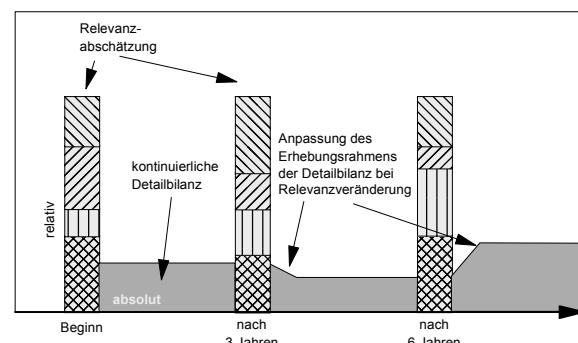


Abb. 13: Schematisches Beispiel, wie Relevanzabschätzung und Detailbilanz sich ergänzen. Die Detailbilanz wird kontinuierlich für einen kleineren Bilanzraum fortgeführt. Die Relevanzabschätzung erfolgt überschlagsmäßig aber umfassend alle 3 Jahre im Zyklus der Validierung und dient ggf. der Korrektur des Bilanzierungsrahmens der Detailbilanz.

### ZUM BEISPIEL:

Das schwäbische Unternehmen Musterle GmbH führt ein Umweltmanagementsystem ein. Zu diesem Zweck wird auch eine Verkehrs- und Emissionsbilanz erstellt. Es wird eine erste Relevanzabschätzung durchgeführt.

Das Ergebnis zeigt, daß 30 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Anlieferverkehr von Rohstoffen, 20 % durch Betriebsstoffe, 30 % durch die Distribution verursacht werden. 10 % stammen vom Berufsverkehr. Jeweils 5 % machen der innerbetriebliche Verkehr und der Geschäftsverkehr aus. Beide werden künftig als nicht prioritär angesehen und nicht weiterbilanziert. Beim Berufsverkehr ist eine Reduzierung nicht wahrscheinlich, da aufgrund der ländlichen Struktur die Mitarbeiter auf das Auto angewiesen sind. Weiter stellt sich heraus, daß die Musterle GmbH auf die Rohstoffanlieferung keinen Einfluß hat. Diese stammen von einem großen Konzern mit eingespielter Logistik.

Die Musterle GmbH konzentriert sich deshalb vorerst auf die Beschaffung von Betriebsstoffen und auf die Distribution. Hier werden genaue Zahlen über Menge, Entfernung und Verkehrsmittel erhoben und regelmäßig fortgeschrieben. Durch Bündelung der Bestellung lassen sich Fahrten bei den Betriebsstoffen einsparen. Bei der Distribution wird die Tourenplanung optimiert. Die Fahrer des Werksverkehrs werden regelmäßig geschult. Die Maßnahmen zeigen Erfolge; diese lassen sich in der Detailbilanz anhand der errechneten CO<sub>2</sub>-Emissionen nachweisen.

Nach 3 Jahren wird eine neue Relevanzabschätzung durchgeführt. Das Unternehmen wurde inzwischen von einem Konzern aufgekauft und umstrukturiert. Die Distribution wurde von einer anderen Firma übernommen. Die Musterle GmbH hat auf die Distribution, obwohl immer noch 35 % Anteil an den CO<sub>2</sub>-Emissionen, künftig keinen Einfluß mehr. In der Detailbilanz werden diese Erhebungen deshalb nicht mehr fortgeführt. Die Relevanzabschätzung zeigt aber, daß der Geschäftsverkehr sprunghaft auf jetzt 20 % angestiegen ist. Dies hängt damit zusammen, daß die Musterle GmbH zusätzliche Wartungs- und Serviceaufgaben übernommen hat.

Für die künftige Detailbilanz wird ein System entwickelt, den Verkehr der Außendienstmitarbeiter kontinuierlich zu erfassen, die sparsamsten und umweltfreundlichsten Mitarbeiter regelmäßig zu prämieren.

## Berücksichtigung von Lärmbelastung und Flächennutzung

Verschiedene Umwelteinwirkungen des Verkehrs lassen sich nur schwer quantifizieren. Oft werden sie deshalb ganz vergessen. Dazu gehören insbesondere die Lärmbelastung und die Flächennutzung. Berücksichtigen Sie diese Punkte deshalb gesondert.

### Lärm

Bei Lärmelastungen kann zwischen den unmittelbaren, lokalen Belastungen am Standort und den allgemeinen Belastungen durch den vom Unternehmen verursachten Verkehr unterschieden werden.

Klären Sie, ob es Beschwerden von Anwohnern aufgrund des Liefer- oder Berufsverkehrs gibt. Auch im Schienenverkehr treten Lärmelastungen auf. Werden durch firmeneigene Gleisanschlüsse Anwohner beeinträchtigt?

Die lokalen Belastungen können durch verschiedene Kenngrößen quantifiziert und beurteilt werden: durch die Anzahl an Beschwerden im Jahr, durch jährliche Lärmpeglmessungen an sensiblen Punkten, durch die Anzahl von Lkw-Bewegungen pro Tag/ pro Stunde am Standort etc. Wählen Sie eine geeignete Größe, die das Problem der Lärmelastung beschreibt und die Sie durch entsprechende Maßnahmen auch beeinflussen können.

Die allgemeinen Lärmelastungen hängen zum einen von der Verkehrsmenge insgesamt ab. Je geringer die Fahrleistung ist, desto geringer wird auch die Lärmelastung sein. Zum anderen hängt sie von den verwendeten Fahrzeugen ab.

Seit 1995 gelten für neue Fahrzeugtypen und seit 1996 für alle Neufahrzeuge bei der Erstzulassung neue EU-Grenzwerte. Ein Pkw

#### TIP

- Berücksichtigen Sie die Anschaffung lärmärmer Fahrzeuge bzw. von Reifen mit niedrigem Rollwiderstand in den Beschaffungsrichtlinien Ihres Unternehmens.
- Reduzieren Sie das Parkraum-Angebot, wenn neue Angebote z. B. durch Jobtickets, neue ÖPNV-Anbindungen etc. geschaffen werden.

darf dann beispielsweise bei beschleunigter Vorbeifahrt in 7,5 m Abstand max. 74 dB(A) an Geräusch verursachen, ein Lkw >150 kW Leistung immerhin noch 80 dB(A). Aber natürlich gibt es unter den Fahrzeugtypen Unterschiede in den Lärmemissionen. Berücksichtigen Sie deshalb bei der Neubeschaffung von Fahrzeugen den Aspekt der Lärmemission.

Einen deutlichen Einfluß auf die Geräuschentwicklung von Kraftfahrzeugen hat die Bereifung. Sie kann bei Winterreifen bis zu 5 dB(A), bei Sommerreifen bis zu 3 dB(A) ausmachen. Reifen mit geringerer Geräuschentwicklung weisen oftmals einen geringeren Rollwiderstand auf und sind damit auch kraftstoffsparend.

Vom Umweltbundesamt wurde deshalb das Umweltzeichen Blauer Engel mit der Aufschrift „Weil lärmarm und kraftstoffsparend“ eingeführt. Bisher wurde dieser Blaue Engel allerdings noch nicht vergeben, obwohl viele Reifen bereits heute die Anforderungen erfüllen würden. Wenn Ihr Unternehmen einen größeren Verbrauch an Reifen hat, z.B. weil Sie einen großen Fuhrpark unterhalten, so fragen Sie bei den Reifenherstellern nach dem Rollwiderstand und ob die Reifen die Anforderungen des Blauen Engels erfüllen. Nehmen Sie dies in die Beschaffungsrichtlinie Ihres Unternehmens mit auf.

### Fläche

Bei der Flächennutzung sollten Sie prüfen, wieviel Fläche an dem Standort für den Verkehr genutzt wird. Klären Sie, wieviel davon tatsächlich für den Anliefer- und Distributionsverkehr und für den Warenumschlag erforderlich ist. Eine interessante Kenngröße ist die Anzahl der Parkplätze, die den Mitarbeitern, Kunden und Besuchern zur Verfügung stehen. Ermitteln Sie, wie hoch die Auslastung oder der Wechsel ist. Rechnen Sie einmal aus, wieviel bei den ortsüblichen Grundstückspreisen die Parkfläche wert ist.

Maßnahmen im Bereich des Personenverkehrs sollten sich i.allg. auf den Parkraumbedarf auswirken. Wenn Ihr Unternehmen Angebote z.B. in Form von Job-Tickets usw. schafft, dann reduzieren Sie gleichzeitig das Parkraumangebot oder reglementieren Sie zumindest die Parkberechtigung der Mitarbeiter.

## Wichtige Eckdaten zur Bilanzierung

Wenn Emissionsbilanzen im Verkehrsbereich aufgestellt werden, so sind immer wieder diverse Umrechnungsfaktoren und Rechenvorschriften erforderlich. Im folgenden werden einige dieser Faktoren zusammenge stellt.

Tab. 14: Heizwert und Dichten von Energieträgern.  
Quelle: ifeu-Institut 1999

	Heizwert MJ/kg	Dichte kg/l
Erdöl (roh)	42,61	
Dieselkraftstoff	42,96	0,832
Ottokraftstoff	42,96	0,742
Kerosin	43,00	0,795
Schweröl	40,58	0,970
Erdgas	44,01	0,792 g

Für die Berechnung der direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Verbrennung von Benzin bzw. Diesel wird in Deutschland der Faktor 3.175 kg CO<sub>2</sub>/kg Kraftstoff verwendet. Dieser Faktor kann Ihnen auch für eine überschlägige Prüfung dienen, ob die CO<sub>2</sub>-Bilanz mit dem Einsatz an Kraftstoff übereinstimmt. Für andere Kraftstoffe als Benzin und Diesel müssen entsprechend des Kohlenstoffgehalts davon abweichende Werte eingesetzt werden.

Übrigens haben Sie mit den CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Regel auch einen geeigneten Indikator für den Verbrauch an fossiler Energie!

Für den Fall, daß die direkten Schwefeldioxid-Emissionen (SO<sub>2</sub>), also aus dem Verbrennungsvorgang bei der Traktion, von Interesse sind, so kann die Berechnung aus dem Schwefelgehalt des Kraftstoffes erfolgen. Der enthaltene Schwefel wird bei der Verbrennung nahezu vollständig in SO<sub>2</sub> umgesetzt. Dem Molekulargewicht folgend werden aus 1 g S also 2 g SO<sub>2</sub>. Der prozentuale S-Gehalt ist in Tab. 15 zusammenge stellt. Beispielrechnung für Diesel im Jahr 2000:

$$\begin{aligned} &\text{kg/a Diesel} \\ &\times 0,030 / 100 \times 2 = \\ &\text{kg/a SO}_2 \end{aligned}$$

Tab. 15: Schwefelgehalt im Kraftstoff in Massen-%.  
Quelle: ifeu-Institut 1999

	2000	2005
Diesel	0,030	0,004
Benzin	0,014	0,005

Die meisten Emissionen sind bereits incl. der sogenannten Vorkette angegeben. In diesem Fall müssen Sie keine weiteren Berechnungen zur Vorkette durchführen.

Für den Fall, daß explizit nur die direkten Emissionen aus der Traktion oder im Betrieb vorliegen, so muß die sogenannte Vorkette, z. B. durch Erdöl-Förderung, Raffinerie und Kraftstoff-Verteilung, gesondert berücksichtigt werden. Die Vorkette kann auf die Emissionsbilanz einen deutlichen Einfluß haben. So spielt die Kraftstoff-Verteilung beispielsweise eine große Rolle bei den NMVOC-Emissionen von Benzin-getriebenen Fahrzeugen.

In Tab. 16 ist die Vorkette zum Bezugsjahr 2000 für die Kraftstoffe Benzin und Diesel zusammengestellt. Diese Angaben sind stets auf kg Kraftstoffverbrauch bezogen. Sie müssen diese also zusätzlich zu den direkten Emissionen der Traktion berechnen und können sie aus dem Kraftstoffverbrauch der Traktion ableiten.

Tab. 16: Emissionen der sogenannten Vorkette durch die Bereitstellung von 1 kg Kraftstoff im Jahr 2000.  
Quelle: ifeu-Institut 1999

pro kg	Ottokraftstoff	Dieselkraftstoff
Primärenergie- einsatz in MJ	50,7	48,3
Emissionen:		
CO <sub>2</sub> in g:	561	491
NO <sub>x</sub> in g:	1,34	1,16
NMVOC in g:	2,19	0,65
Partikel in g:	0,08	0,08
CO in g:	0,33	0,30
SO <sub>2</sub> in g:	2,14	1,69

Bei der Bahn ist eine Besonderheit zu berücksichtigen. Die Bahn wird teilweise mit Diesel-Kraftstoff betrieben, zum größten Teil aber mit elektrischem Strom. Hierfür stehen der Deutschen Bahn spezielle Kraftwerke zur Verfügung. Wenn man die Vorkette, also die Strombereitstellung durch Förderung, Kraftwerk etc. gesondert berechnen will, so werden Angaben über die Bereitstellung dieses speziellen „Bahnstroms“ benötigt.

In Tab. 17 sind die Emissionen der Vorkette für Bahnstrom dargestellt. Zum Vergleich sind auch die „normalen“ Daten für die Strombereitstellung durch die Energieversorgungsunternehmen (EVU) für die Industrie in Deutschland angegeben. Diese Daten können beispielsweise verwendet werden, wenn im Unternehmen elektrisch betriebene Fahrzeuge eingesetzt werden, von denen lediglich der Stromverbrauch bekannt ist.

Tab. 17: Emissionen durch die Bereitstellung von 1 kWh Bahnstrom im Jahr 2000. Quelle: Borken et al. 1999

pro kWh	EVU frei Industrie	Bahn Mix frei Oberleitung
Primärenergieeinsatz in MJ	11,05	10,60
<b>Emissionen:</b>		
CO <sub>2</sub> in g:	668	581
NO <sub>x</sub> in g:	0,58	0,57
NM VOC in g:	0,017	0,017
Partikel in g:	0,0058	0,0078
CO in g:	0,17	0,19
SO <sub>2</sub> in g:	0,47	0,45

## Dezimalumrechnungen:

Vorsatz:	Umrechnungsfaktor:	Vielfaches:
Peta	P 1.000.000.000.000.000	10 <sup>15</sup> Billiarde
Tera	T 1.000.000.000.000	10 <sup>12</sup> Billion
Giga	G 1.000.000.000	10 <sup>9</sup> Milliarde
Mega	M 1000000	10 <sup>6</sup> Million
Kilo	k 1000	10 <sup>3</sup> Tausend
Hekto	h 100	10 <sup>2</sup> Hundert
Deka	da 10	10 <sup>1</sup> Zehn
Dezi	d 0,1	10 <sup>-1</sup> Zehntel
Zenti	c 0,01	10 <sup>-2</sup> Hunderstel
Milli	m 0,001	10 <sup>-3</sup> Tausendsel
Mikro	µ 0,000001	10 <sup>-6</sup> Millionstel
Nano	n 0,000000001	10 <sup>-9</sup> Milliardstel
Pico	0,00000000001	10 <sup>-12</sup> Billionstel

## Energieeinheiten:

	kJ	kcal	kWh
1 Kilojoule (kJ) =	1	0,2388	0,000278
1 Kilokalorie (kcal) =	4,187	1	0,001163
1 Kilowattstunden (kWh) =	3600	860	1

## Entfernungseinheiten:

	km	Meile	Seemeile
1 Kilometer (km) =	1	0,6214	0,5400
1 Meile =	1,609	1	0,8690
1 Seemeile (sm) =	1,852	1,1508	1

## Lastkraftwagen (Lkw)

Im folgenden werden darunter nicht nur Lkw, sondern auch Lastzüge und Sattelzüge verstanden. Sie werden zu einer Gruppe zusammengefaßt.

In Tab. 18 sind Emissionsfaktoren angegeben, die lediglich nach Lkw-Größe unterscheiden. Sie enthalten bereits die Vorkette und sind auf die Transportleistung, d.h. auf Tonnen-Kilometer bezogen. Diese Werte eignen sich, wenn keine detaillierten Kraftstoffverbräuche der Fahrzeuge oder eine Aufstellung über die eingesetzte Fahrzeugtechnik vorliegen. Das ist meistens dann der Fall, wenn nur die Transportmenge und Transportentfernung aus den Frachtbriefen bekannt ist, der Transport selbst von einer Spedition oder dem Lieferanten durchgeführt wird.

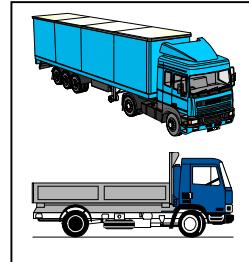
In diesem Fall muß lediglich geschätzt werden, mit welchen Fahrzeugen – gemessen an dem zulässigen Gesamtgewicht – transportiert wird. Meistens reduziert sich das auf wenige Größenklassen, z.B. Lastzüge oder Sattelzüge > 32 t. Wenn darüber keine Angaben verfügbar sind, so kann man auch mit einem Mittelweg rechnen. In diesem Fall wurden die Werte mit den Fahrleistungen der einzelnen Fahrzeuggrößenklassen auf deutschen Straßen gewichtet.

Tab. 18: Schadstoffemissionen des Lkw-Verkehrs incl. Vorkette in g pro tkm. Bezugsjahr 2000. LZ=Lastzug, SZ=Sattelzug. ZGG=Zulässiges Gesamtgewicht.  
Quelle: ifeu. TREMOD 1999

ZGG	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	NMVOC	Partikel	CO
LKW <7,5t	452	2,98	1,10	0,23	1,35
LKW 7,5-14t	294	2,24	0,57	0,16	0,68
LKW 14-20t	294	2,47	0,42	0,12	0,56
LKW >20t	218	1,92	0,28	0,07	0,38
LZ <20t	161	1,13	0,24	0,10	0,54
LZ 20-28t	133	0,88	0,17	0,07	0,26
LZ 28-32t	128	1,14	0,12	0,05	0,25
LZ >32t	128	1,11	0,11	0,04	0,15
SZ <32t	114	0,91	0,11	0,05	0,21
SZ>32t	111	0,96	0,08	0,03	0,09
Mittel	147	1,21	0,17	0,05	0,23

Die damit errechneten Werte eignen sich z.B. für den Vergleich verschiedener Trans-

portmittel (Bahn, Flugzeug). Damit kann auch der Einfluß der Größenklassen auf die Emissionen geprüft werden. So zeigt sich eine deutliche Abnahme der Emissionen pro Tonnen-Kilometer, wenn große Fahrzeuge (z.B. > 32 t) eingesetzt werden. Dabei wurde natürlich eine durchschnittliche Auslastung unterstellt.



Wenn der Einfluß unterschiedlicher Auslastungsgrade oder des Fahrverhaltens betrachtet werden soll, so helfen diese Emissionszahlen nicht mehr. Es sollte dann zu Kraftstoff-bezogenen Berechnungen übergegangen werden. Dies erfordert allerdings auch die Kenntnis der realen Kraftstoffverbräuche.

Wenn ein eigener Fuhrpark existiert, dann liegen i.allg. auch die Verbrauchswerte für Dieselkraftstoff vor. Diese Verbrauchswerte sollten nach Fahrzeug unterschieden werden. Die Fahrzeuge können nach Größenklasse und ggf. auch nach Schadstoffminderungsnorm (EURO 2,3..) differenziert werden.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt dann mit den Emissionsfaktoren aus Tab. 19. Sie sind auf ein kg Dieselverbrauch bezogen und nach Schadstoffminderungsnorm unterschieden.

Aus der Tabelle wird deutlich, daß mit den verschiedenen EURO-Normen z.T. beträchtliche Emissionsminderungen verbunden sind. Dies spiegelt den technischen Innovationsprozeß in den nächsten Jahren wieder. In Deutschland neu zugelassene Fahrzeuge werden ab 2000 der EURO-3-Norm unterliegen. Ab voraussichtlich 2005 werden sie der EURO-4 bzw. 5-Norm unterliegen. Am Markt werden allerdings schon früher entsprechende Fahrzeuge verfügbar sein. Damit kann ein Unternehmen beispielsweise prüfen, welchen Minderungseffekt mit dem Einsatz neuester Fahrzeuge verbunden ist.

Die Berechnung der direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen ergibt sich direkt aus dem Kraftstoffverbrauch mit dem Umrechnungsfaktor 3,175.

In Tab. 19 wurden nur die direkten Emissionen, also während des Fahrbetriebes, be-

rücksichtigt. Sollen auch die Emissionen der Vorkette einbezogen werden, so müssen diese gesondert über den Kraftstoffverbrauch und die Faktoren aus Tab. 16 berechnet werden.

### ZUM BEISPIEL: Stora Enso Sachsen GmbH

Die Stora Enso Sachsen GmbH nahe Leipzig ist eine der modernsten Zeitungsdruck-Papierfabriken Europas. Die Firma gehört zum schwedisch-finnischen Stora-Enso-Konzern und beschäftigt 350 Mitarbeiter. Jährlich werden ca. 450.000 t Altpapier zu über 300.000 t Zeitungsdruckpapier und ca. 60.000 t Marktdeinkingstoff verarbeitet.

Der Transport der Roh- und Hilfsstoffe, aber auch der Produkte und der anfallenden Abfälle spielt für die Umweltbilanz eine wichtige Rolle. Deshalb wurde eine detaillierte Transportbilanz erstellt. Ein Ziel ist, das Altpapier aus möglichst nah gelegenen Einzugsgebieten zu beziehen. Muß es aus größerer Distanz angeliefert werden, so soll dies vorzugsweise per Bahn erfolgen.

Bei den Lkw-Transporten wirkt Stora Enso Sachsen auf die Transportunternehmen ein, nur modernste, emissions- und geräuscharme Fahrzeuge einzusetzen. Dies wird bei der Anlieferung überprüft und erfaßt. Zur Unterstützung wird eine Fahrzeug-Datenbank der Lieferanten und Speditionen angelegt. Bei erstmaliger Anlieferung eines Fahrzeugs werden die Fahrzeugdaten aufgenommen. Später erfolgt die Zuordnung dann über das amtliche Kennzeichen.

Eine Schwierigkeit entstand dabei, aus den Fahrzeugpapieren die Schadstoffminde rungsnorm abzulesen. Sie ist in einer Schlüsselnummer verborgen, die Stora Enso Sachsen mit Unterstützung des TÜV Leipzig dekodierte (s.u.). S1 entspricht bei Lkw > 3,5 t die EURO 1-Norm, S2 EURO-2 usw.

Schlüsselnummer	Klartext
----00	keine Einstufung
----01	GKL: G1
----02	GKL: G1 Oest
----10	SKL: S1
----11	SKL: S1, GKL: G1
----12	SKL: S1, GKL: G1 Oest
----20	SKL: S2
----21	SKL: S2, GKL: G1
----22	SKL: S2, GKL: G1 Oest

GKL:Geräuschklasse; SKL: Schadstoffklasse

Tab. 19: Schadstoffemissionen des Lkw-Verkehrs ohne Vorkette in g pro kg Kraftstoffverbrauch. LZ= Lastzug, SZ=Sattellzug. ZGG=Zulässiges Gesamtgewicht. Quelle: ifeu. TREMOD 1999

ZGG	EURO1	EURO2	EURO3	EURO4	EURO5
CO in g pro kg Diesel					
LKW <7,5t	8,0	4,5	3,6	2,7	2,7
7,5-14t	6,3	3,5	2,8	2,1	2,1
14-20t	5,3	2,9	2,3	1,7	1,7
LZ <20t	9,1	5,0	4,0	3,0	3,0
LZ 20-28t	5,4	3,0	2,4	1,8	1,8
LZ 28-32t	5,5	3,1	2,4	1,8	1,8
LZ >32t	3,7	2,0	1,6	1,2	1,2
SZ <32t	5,0	2,8	2,2	1,6	1,6
SZ>32t	3,6	2,0	1,6	1,2	1,2
NMVOC in g pro kg Diesel					
LKW <7,5t	7,8	5,6	4,5	3,9	3,9
7,5-14t	6,2	4,5	3,6	3,1	3,1
14-20t	4,5	3,2	2,6	2,2	2,2
LZ <20t	4,6	3,3	2,6	2,2	2,2
LZ 20-28t	4,1	3,0	2,4	2,0	2,0
LZ 28-32t	2,8	2,0	1,6	1,4	1,4
LZ >32t	2,6	1,9	1,5	1,3	1,3
SZ <32t	3,0	2,2	1,7	1,4	1,4
SZ>32t	2,5	1,8	1,4	1,2	1,2
NOx in g pro kg Diesel					
LKW <7,5t	20,5	17,6	11,7	8,8	4,4
7,5-14t	23,9	20,5	13,6	10,2	5,1
14-20t	26,6	22,8	15,2	11,4	5,7
LZ <20t	21,9	18,8	12,5	9,4	4,7
LZ 20-28t	27,0	23,0	15,3	11,4	5,7
LZ 28-32t	28,1	24,1	16,1	12,0	6,0
LZ >32t	28,4	24,3	16,2	12,1	6,1
SZ <32t	24,8	21,3	14,2	10,6	5,3
SZ>32t	31,4	26,9	17,9	13,4	6,7
Partikel in g pro kg Diesel					
LKW <7,5t	1,78	0,80	0,53	0,14	0,14
7,5-14t	1,96	0,88	0,59	0,15	0,15
14-20t	1,49	0,67	0,45	0,12	0,12
LZ <20t	2,26	1,01	0,68	0,18	0,18
LZ 20-28t	1,39	0,63	0,42	0,11	0,11
LZ 28-32t	1,45	0,65	0,44	0,11	0,11
LZ >32t	1,16	0,52	0,35	0,09	0,09
SZ <32t	1,57	0,70	0,47	0,12	0,12
SZ>32t	1,21	0,54	0,36	0,09	0,09

## Lieferwagen

Bei Lieferwagen mit einem zulässigen Gesamtgewicht  $\leq 3,5$  t muß unterschieden werden, ob es sich um Fahrzeuge mit Dieselmotor oder mit Ottomotor handelt. Dies wirkt sich auf die Emissionen entsprechend aus.

In Tab. 20 sind die Emissionsfaktoren zum Bezugsjahr 2000 für Diesel- und Ottomotorgetriebene Lieferwagen zusammengestellt. Eine weitere Unterscheidung nach Größenklasse liegt nicht vor. Wenn nicht bekannt ist, ob es sich um ein Diesel- oder Otto-Fahrzeug handelt, so sollte mit Diesel-Fahrzeug gerechnet werden.

Die Angaben sind in Gramm pro Fahrzeug-kilometer. Der Bezug auf die Transportleistung fällt bei Lieferwagen schwer, da die Beladung sehr schwankt. Deshalb wurden transportleistungsbezogene Werte angegeben, die mit einer geschätzten durchschnittlichen Beladung von 300 kg pro Fahrzeug ausgeht. Je nach Anwendungsfall müssen diese Werte angepaßt werden.

Tab. 20: Schadstoffemissionen von Lieferwagen incl. Vorkette in g proFahrzeug-km bzw. tkm. Bezugsjahr 2000. Quelle: ifeu. TREMOD 1999

ZGG	Otto g/Fz.-km	Otto* g/t-km	Diesel g/Fz-km	Diesel* g/t-km
CO2	315	1.050	346	1.153
NOx	1,26	4,2	1,03	3,43
NM VOC	1,03	3,43	0,15	0,50
Partikel	-	-	0,15	0,50
CO	11,3	37,7	0,75	2,50

\* mit 300 kg durchschnittliche Zuladung

Beim Vergleich mit den Emissionsfaktoren für Lkw fällt auf, daß die auf die Transportleistung bezogenen Werte sehr hoch sind. Bei Emissionsabschätzungen sollte man deshalb nur dann auf solche Werte zurückgreifen, wenn keine anderen Daten vorliegen, z.B. bezogen auf Fahrleistung oder auf Kraftstoffverbrauch.

Wenn die Lieferwagen zum eigenen Fuhrpark gehören, dann liegen i.allg. die Verbrauchswerte für den Kraftstoff vor. Diese Verbrauchswerte sollten nach Diesel/Benzin und nach Fahrzeug unterschieden

werden. Die Fahrzeuge können dann ggf. nach Schadstoffminde rungsnorm (EURO 2,3..) differenziert werden.



Die Berechnung der Emissionen erfolgt dann mit den Emissionsfaktoren aus Tab. 21. Sie sind auf ein kg Dieselverbrauch bezogen und nach Schadstoffminderungs norm unterschieden.

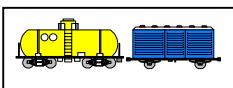
In Deutschland neu zugelassene Fahrzeuge werden ab 2000 der EURO-3-Norm unterliegen. Ab voraussichtlich 2005 werden sie der EURO-4 unterliegen. Am Markt werden allerdings schon früher entsprechende Fahrzeuge verfügbar sein. Damit kann ein Unternehmen beispielsweise prüfen, welchen Minderungseffekt mit dem Einsatz neuester Fahrzeuge verbunden ist.

Die Berechnung der direkten CO<sub>2</sub>-Emissionen ergibt sich direkt aus dem Kraftstoffverbrauch mit dem Umrechnungsfaktor 3,175.

In Tab. 21 wurden nur die direkten Emissionen, also während des Fahrbetriebes, berücksichtigt. Sollen auch die Emissionen der Vorkette einbezogen werden, so müssen diese gesondert über den Kraftstoffverbrauch und die Faktoren aus Tab. 16 berechnet werden.

Tab. 21: Direkte Schadstoffemissionen von Lieferwagen (Diesel-Motor/Ottomotor) ohne Vorkette in g pro kg Kraftstoffverbrauch. Quelle: ifeu. TREMOD 1999

	EURO1	EURO2	EURO3	EURO4
CO in g pro kg Kraftstoff				
Diesel	8,9	3,9	2,3	2,2
Otto	90,5	65,3	46,7	35,5
NM VOC in g pro kg Kraftstoff				
Diesel	1,02	0,75	0,46	0,43
Otto	4,10	2,45	1,25	0,94
NOx in g pro kg Kraftstoff				
Diesel	9,4	8,3	6,3	3,9
Otto	11,4	5,3	2,2	1,3
Partikel in g pro kg Diesel				
Diesel	1,18	1,02	0,46	0,28



## Bahn (GV)

Bei den Gütertranspor-ten durch die Bahn

werden Werte der Deutschen Bahn AG zugrunde gelegt. Es wird zwischen 3 Arten von Zuggattungen unterschieden:

- Einzelwagenzüge
- Züge des kombinierten Ladungsverkehrs
- Ganzzüge

Die Zuggattung wird in der Regelung durch die beförderten Güter bestimmt: Massengüter wie Erze oder Kohle werden meistens mit Ganzzügen befördert, Container im kombinierten Ladungsverkehr (KLV) und Stückgut in Einzelwagenzügen. Die Auslastung dieser Zuggattungen sind sehr ver-schiedenen: Für Ganzzüge kann von einem Auslastungsgrad von ca. 44 % ausgegan-gen werden, für Züge des Kombinierten La-dungsverkehrs 37 % und für Einzelwagen-züge nur 30 %. Dies hat auch Auswirkun-gen auf den Energieverbrauch und die Emis-sionen.

Die Emissionsfaktoren müssen nach Trak-tionsart unterschieden werden: elektrisch be-triebene Traktion und Diesel-betriebene Traktion. Die Daten sind dabei so gegliedert, daß die Traktion im Hauptlauf den Aus-schlag gibt. Die Nebenleistungen, die beim Bahntransport erforderlich werden, sind da-gegen implizit berücksichtigt: Dies sind Ü-bergabezüge für die Waggons, Rangierfahrt-en oder Leefahrten der Lokomotiven. Teilweise erfolgen diese Leistungen mit un-terschiedlichen Traktionen, also ektrischer Traktion oder Diesel-betriebener Traktion.

Wenn nicht bekannt ist, mit welcher Trakti-on die Güter im Hauptlauf (nicht bei Über-gabe!) transportiert werden, so sollte mit dem Durchschnittswert (Mix) gerechnet werden. Dabei wird von 90 % Elektrotrakti-on und 10 % Dieseltraktion ausgegangen.

Alle Angaben in Tab. 22 schließen bereits die Vorkette, insbesondere Kraftwerk bei e-lektrischem Strom und Raffinerie bei Diesel, mit ein.

Tab. 22: Emissionsfaktoren der Bahn in g pro Tarif-t-km für verschiedene Zuggattungen einschließlich der Bereitstellung des Kraftstoffes bzw. der Energie (= Vorkette). Quelle: Borken et al. 1999

Traction in Hauptlauf:	Elektro	Diesel	Mix
Einzelwagenzüge			
CO <sub>2</sub>	46,0	76,0	49,0
NO <sub>x</sub>	0,16	1,18	0,26
NMVOC	0,015	0,14	0,027
Partikel	0,0061	0,055	0,011
CO	0,048	0,36	0,079
Kombinierter Ladungsverkehr			
CO <sub>2</sub>	30,4	48,9	32,2
NO <sub>x</sub>	0,043	0,77	0,12
NMVOC	0,0024	0,090	0,011
Partikel	0,0011	0,036	0,0045
CO	0,013	0,23	0,035
Ganzzüge			
CO <sub>2</sub>	19,2	32,4	20,6
NO <sub>x</sub>	0,033	0,51	0,081
NMVOC	0,0023	0,059	0,0080
Partikel	0,0009	0,024	0,0032
CO	0,010	0,15	0,025

Die Transportleistung bezieht sich i.allg. auf Tarif-Tonnen-Kilometer, das sind jene Tonnen-Kilometer, die von der Bahn in Rech-nung gestellt werden. Sie sind allerdings ge-ringer als die im Netz der Bahn tatsächlich erbrachten Tonnen-Kilometer. Wenn ein Unternehmen nur die Werte aus den Frachtbrieven oder Bahnabrechnungen kennt, so kann es mit den Tarif-Tonnen-Kilometer rechnen, die in den folgenden Tabellen angegeben sind. Wenn allerdings genaue Zug-läufe mit den verschiedenen Übergaben, Traktionen etc. bekannt sind, so führt die Verwendung der zitierten Emissionsfaktoren vermutlich zu einer Überschätzung. In die-sem Fall wird auf detaillierte Darstellungen – verwiesen (z.B. Borken et al.).

## Schiff

Beim Schiffstransport wird zwischen Binnenschiff und Seeschiff unterschieden. Die hierzu verfügbaren Daten sind qualitativ schlechter als bei den anderen Transportmittel.

Im allgemeinen liegen dem Unternehmen hierzu nur die Tarif-Kilometer oder die Transportleistung in tkm vor. Berechnungen aus einem bekannten Kraftstoffverbrauch o.ä. sind unüblich.

### Binnenschiff

Der Energieverbrauch und die Emissionen der Binnenschiffahrt hängen wesentlich davon ab, welche Größe das Binnenschiff hat, ob es sich um eine Berg-, Tal- oder Kanalfahrt handelt und wie die Auslastung des Schiffes ist. Im Durchschnitt kann von einem Diesel-Verbrauchswert von 10 g/tkm ausgegangen werden. Auf diesen Wert beziehen sich auch die pauschal in Tab. 23 dargestellten Emissionsfaktoren.

Tab. 23: Emissionsfaktoren für Binnenschiffe in g pro t-km sowie in g pro kg Diesel (beides einschließlich der Bereitstellung des Kraftstoffes). Quelle: Borken et al. 1999

Schadstoff	Binnenschiff im Durchschnitt in g / tkm	Binnenschiff in g pro kg Diesel-Verbrauch
CO <sub>2</sub>	35,4	3.540
NO <sub>x</sub>	0,61	0,06
NMVOC	0,051	0,005
Partikel	0,017	0,002
CO	0,11	0,011

Tab. 24: Energieverbrauch in g Diesel pro t-km für ein Binnenschiff mit 50 %iger Auslastung. Quelle: ifeu. Borken et al. 1999

ZGG	Freifließend		Staureguliert	
	Talfahrt	Bergfahrt	Talfahrt	Bergfahrt
800 t	7,7	20,0	9,3	12,8
1.250 t	6,8	17,7	8,1	11,2
1.750 t	6,3	16,3	7,4	10,2
2.500 t	5,1	13,0	6,1	8,4

Liegen über die Fahrt genauere Daten vor, so können mit Hilfe der Energieverbrauchsdaten in Tab. 24 und der Kraftstoffbezogenen Faktoren individuelle Werte errechnet werden. In diesem Fall muß die Tragfähigkeit des Schiffes bekannt sein sowie die Art der Wasserstraße (staureguliert, Fließgewässer) und die Richtung. In der Tab. 24 sind nur Werte für eine 50 %ige Auslastung aufgeführt. Bei anderen Auslastungen sollten detaillierte Informationen z.B. aus Borken et al. herangezogen werden.



### Seeschiff

Bei Seeschiffen wird zwischen folgenden Kategorien unterschieden:

- Stückgutfrachtern, Ro-Ro-Frachter und Containerschiffe mit einer Tragfähigkeit zwischen 9.000 t und 23.000 t und relativ guter Auslastung.
- Massengutschiffe mit Tragfähigkeiten von durchschnittlich ca. 40.000 t und oft nur einer hohen Auslastung in eine Fahrtrichtung.
- Tanker mit Tragfähigkeiten zwischen 50.000 und 200.000 t.

Die Emissionen für diese Kategorien sind in Tab. 25 zusammengestellt. Sie enthalten bereits die Vorkette für den Kraftstoff, wobei hier i.allg. Schweröl eingesetzt wird. Die Berechnung erfolgt wieder über die Transportleistung, wobei die Art der transportierten Güter Aufschluß geben, welche Schiffskategorie angesetzt werden sollte.

Tab. 25: Emissionsfaktoren von Seeschiffen in g pro t-km einschließlich der Bereitstellung des Kraftstoffes (= Vorkette). Quelle: Borken et al. 1999

Schadstoff	Stückgut-Frachter	Massengut-Frachter	Tanker
CO <sub>2</sub>	17,5	8,73	4,36
NO <sub>x</sub>	0,42	0,21	0,042
NMVOC	0,015	0,0076	0,0019
Partikel	0,030	0,015	0,0038
CO	0,046	0,023	0,0047



## Flugzeug (GV)

Beim Flugverkehr wird in dem vorliegenden Leitfaden nur zwischen Flügen auf Kurz-/Mittelstrecken und Langstrecken unterschieden. Die Unterschiede liegen im wesentlichen im Einfluß der Startphase auf Energieverbrauch und Emissionen, in unterschiedlichen Auslastungsgraden sowie im Einsatz unterschiedlicher Flugzeugtypen auf den verschiedenen Streckenrelationen.

Einen großen Einfluß auf Energieverbrauch und Emissionen hat natürlich die Technik der eingesetzten Flugzeuge. Verschiedene Fluggesellschaften (z.B. Lufthansa) werben gezielt damit, ihre Verbrauchswerte kontinuierlich zu senken und damit einen Beitrag zum kontinuierlichen Verbesserungsprozeß ihres Unternehmens zu leisten. D.h., daß sich die Werte durch eine Bestandumschichtung der Flugzeugflotten momentan stark verändern.

In Tab. 26 sind die Emissionsfaktoren zusammengestellt. Sie beziehen sich auf den Stand Ende der 90er Jahre und gehen von einem Kerosinverbrauch von 381 g/tkm bei Kurz- und Mittelstreckenflügen bzw. 253 g/tkm bei Langstreckenflügen aus. Die Werte in Tab. 26 enthalten bereits die Vorkette zur Bereitstellung von Kerosin.

Tab. 26: Emissionsfaktoren für Frachttransporte mit Flugzeugen in g pro t-km einschließlich der Bereitstellung des Kraftstoffes (=Vorkette). Quelle: Borken et al. 1999

Schadstoff	Kurz-/ Mittelstreckenflug	Langstreckenflug
CO <sub>2</sub>	1.355	903
NO <sub>x</sub>	6,36	4,24
NMVOC	0,75	0,50
Partikel	0,20	0,13
CO	2,14	0,97



### Achten Sie darauf...

Die realen Werte können sich sehr unterscheiden, je nachdem, welche Luftfahrtgesellschaft und welche Flugzeugflotte eingesetzt wird.

Beispielsweise gibt die Lufthansa zum Bezugsjahr 1997 an, daß ihre Frachttransporte nur einen spezifischen Verbrauch von 243 g/tkm aufweisen. Dementsprechend niedrig sind die Emissionen (Werte allerdings ohne Vorkette):

Kohlendioxid: 762 g/tkm

Stickoxide 4,1 g/tkm

NMVOC 0,22 g/tkm

Kohlenmonoxid 0,62 g/tkm

Diese Werte sind bereits ein Durchschnitt über Kurz-/Mittelstreckenflüge und Langstreckenflüge.

Bei älteren Maschinentypen konnten im Kurzstreckenbereich durchaus auch Verbrauchswerte von ca. 550 g/tkm auftreten. Ein guter Durchschnittswert liegt bei ca. 300 g/tkm. Moderne Flugzeuge (z.B. Airbus 340) auf Langstrecken können dagegen sogar den Wert von 200 g/tkm unterschreiten.

Bei den meisten EDV-Programmen läßt sich eine solche Auswertung vornehmen; ggf. brauchen Sie die Hilfe ihrer EDV-Abteilung. Sie sparen damit aber viel Arbeit und Rechnungen per Hand.

Wenn Sie bei Ihrer Berechnung sicher gehen wollen, dann fragen Sie bei Ihrer Fluggesellschaft an und lassen Sie sich die aktuellen Werte für Verbrauch und Emissionen geben.

Quelle: Lufthansa Umweltbericht 1997/98

## Gabelstapler und andere Maschinen

Gabelstapler, Flurförderfahrzeuge und andere Maschinen können im Unternehmen mit verschiedenen Energien betrieben werden: mit elektrischer Energie, mit Diesel-Kraftstoff oder mit Gas. Es empfiehlt sich, die Emissionen dieser Maschinen über den Energieverbrauch zu berechnen. Die Berechnung über andere Kenngrößen, z.B. geleistete Hubarbeit etc., ist erheblich aufwendiger und meistens auch ungenauer.

Wenn Maschinen mit elektrischer Energie betrieben werden, so müssen Sie den Verbrauch für diese Maschinen erfassen. Hierzu empfiehlt sich die Installation entsprechender Verbrauchszähler. Einfacher, aber ungenauer können Sie die Werte über den Anschlußwert der Maschinen abschätzen. D.h. die Nennleistung wird dann mit der Betriebszeit und einer geschätzten Auslastung (z.B. 0,7) multipliziert. Sie können eine solche Abschätzung auch durch entsprechende Verbrauchsmessungen anfangs verifizieren, daraus einen Auslastungsgrad ermitteln und damit dann künftig rechnen.

Wenn die Verbrauchswerte für elektrischen Strom vorliegen oder geschätzt wurden, so können die Emissionen für die Bereitstellung des Stromes mit Hilfe der Tab. 17 berechnet werden. Diese Berechnung ist sehr einfach.

Für Gabelstapler, die mit einem Flüssiggas-Gemisch aus Butan und Propan betrieben werden, liegen die Emissionsfaktoren in Tab. 27 vor. Sie können als Anhaltswerte für gasbetriebene Maschinen verwendet werden.

Tab. 27: Emissionsfaktoren für Gabelstapler in g pro kg Gasverbrauch. Nur direkte Emissionen ohne die Bereitstellung des Gases. Quelle: TNO Delft, 1992, persönl. Mitteil.

Schadstoff	Gasbetriebener Gabelstapler g/kg
CO <sub>2</sub>	3042
NO <sub>x</sub>	40
NM VOC	25
CO	145

Für dieselbetriebene Maschinen können hier nur Anhaltswerte angegeben werden. Ausgehend von dem Dieselverbrauch können mit den Faktoren in Tab. 28 die Emissionen überschlägig abgeschätzt werden. Es handelt sich dabei um Emissionsfaktoren von Maschinen mit ca. 55 kW Leistung. Diese Emissionen sind allerdings noch um die Vorkette zur Bereitstellung des Dieselkraftstoffes zu ergänzen.



Für mobile Maschinen mit Dieselantrieb werden in Zukunft auch europäische Emissionsgrenzwerte von Bedeutung sein. Problematisch ist der Betrieb von dieselgetriebenen Flurförderfahrzeugen jedoch in geschlossenen Räumen. Hier gilt die Technische Regel für Gefahrstoffe TRGS 554 zur Reduzierung der Gesundheitsgefahren am Arbeitsplatz. Besondere Bedeutung haben dabei die Partikelemissionen, die bestimmte Konzentrationen in der Raumluft nicht überschreiten dürfen. Dies muß jedoch im Einzelfall, ggf. über Raumluftmessungen, geprüft werden. Auch die Maßnahmen sind dann im Einzelfall zu prüfen.

Tab. 28: Emissionsfaktoren für leichte Maschinen in g pro kg Dieselverbrauch. Nur direkte Emissionen ohne die Bereitstellung des Kraftstoffes. Quelle: Schätzungen nach Borken et al. 1999

Schadstoff	Dieselbetriebene leichte Maschinen g/kg
CO <sub>2</sub>	3175
NO <sub>x</sub>	35
NM VOC	6
Partikel	3
CO	10

Quelle: TNO Delft, 1992, persönl. Mitteil.

## Pipelines

Der Transport per Rohrfernleitung spielt hauptsächlich für Erdöl und Erdgas eine wesentliche Rolle, kann aber auch für andere Güter eine interessante Alternative sein. Der Energieaufwand des Pipeline-Transports hängt von zahlreichen Faktoren ab, z.B. vom Transportgut, dem Leitungsdurchmesser, der Strömungsgeschwindigkeit, dem Druckunterschied oder Höhendifferenzen.

Als Anhaltswerte werden hier Werte für Erdgas und Erdöl angegeben (Borken et al. 1999). Bei Erdgas-Pipelines werden die Verdichter mit Gasturbinen betrieben. Der Energieverbrauch kann mit 0,75 MJ/tkm angenommen werden. Bei Ölpipelines benötigen die Pumpen elektrische Energie in Höhe von etwa 0,02 kWh/tkm.

### **ZUM BEISPIEL: Pipelines bei der BASF**

Innerhalb des BASF-Werkes in Ludwigshafen werden 5,6 Mio. Tonnen jährlich transportiert, der größte Teil in den 2000 Kilometer langen, oberirdischen Rohrleitungen und auf den 211 Kilometer Gleisanlagen.

Der Standort Ludwigshafen wurde als Verbundstandort ausgelegt, d.h. daß Reststoffe eines Betriebes als Rohstoffe in einem anderen Betrieb wiedereingesetzt werden. Außerdem können Standorte, die durch das Verbundsystem zusammenhängen, auch räumlich zusammengelegt werden. Dadurch lassen sich viele Transporte, vor allem im Bereich der Entsorgung und im Bereich der Rohstoffzulieferung, vermeiden.

Statt dessen entstehen Transporte im innerbetrieblichen Verkehr, wo die Entfernung jedoch relativ kurz sind und viele Transporte über Pipelines abgewickelt werden können. Durch Transporte mit Pipelines werden vor allem auch Rückfahrten vermieden.

## Personenkraftwagen (Pkw)

Der Pkw-Verkehr spielt in Ihrem Unternehmen vermutlich an verschiedener Stelle eine Rolle. Zum einen wird ein Teil der Mitarbeiter mit dem Pkw zur Arbeit kommen. Für den Berufsverkehr liegen also Daten über die Verkehrsleistung (in Personen-km) vor. Zum anderen gibt es den Geschäftsverkehr mit firmeneigenen oder privaten Fahrzeugen, zu dem meistens nur der Kraftstoffverbrauch ermittelt werden kann.

In Tab. 29 sind die Emissionen des Pkw-Verkehrs auf die Verkehrsleistung, also Personen-Kilometer, bezogen. Dabei wird eine mittlere Besetzung der Pkw von 1,3 Personen unterstellt. Wenn Sie fahrleistungsbezogene Werte haben wollen, dann multiplizieren Sie den Wert aus Tab. 29 mit dem Faktor 1,3, z.B.:

$$\begin{array}{rcl} 6,0 & \text{g/Pers.-km CO} \\ \times 1,3 = & & \\ 7,8 & \text{g/Pkw-km CO} \end{array}$$

Im Fall des Berufsverkehrs liegen selten genaue Angaben über den Typ der verwendeten Pkw vor. Sie müssen hier mit Mittelwerten über den gesamten Pkw-Bestand arbeiten. Bestenfalls können Sie noch sagen, ob die Fahrten überwiegend innerorts oder außerorts erfolgen werden. Wenn Ihr Unternehmen in der Stadt liegt und ein Teil der

### ZUM BEISPIEL: Pendler

Ihr Unternehmen hat 3000 Mitarbeiter, 50 % davon kommen mit dem Pkw. Ein Drittel davon pendelt aus der nahegelegenen Stadt xy ein, der Rest kommt aus dem gleichen Ort. Für die Ortsfahrten schätzen Sie eine mittlere Wegstrecke von 6 km einfach, d.h. hin und zurück 12 km. Diese Wegstrecke wird innerorts zurückgelegt. Die Entfernung zur Stadt xy beträgt 20 km, 15 km davon auf Autobahn, 5 km innerorts. Sie unterstellen 200 Arbeitstage im Jahr und wollen die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Berufsverkehrs berechnen:

$$500 \times 200 \times 30 \text{ km} \times 158,2 \text{ g/Pkm} = 475 \text{ t/a}$$

$$500 \times 200 \times 10 \text{ km} \times 198,3 \text{ g/Pkm} = 198 \text{ t/a}$$

$$1000 \times 200 \times 12 \text{ km} \times 198,3 \text{ g/Pkm} = 476 \text{ t/a}$$

$$\text{Summe der CO}_2\text{-Emissionen: } 1149 \text{ t/a}$$

Belegschaft aus einem Umkreis von z. B. 5 km kommt, so können Sie für diese Fahrstrecke Innerortsverkehr unterstellen.



Tab. 29: Schadstoffemissionen des Pkw-Verkehrs im Jahr 2000 mit Vorkette in g pro Personen-km; unterschieden nach Pkw-Hubraum-Größe und nach Straßkategorie (IO=Innerorts, AO= Außerorts, AB= Autobahn). Quelle: ifeu. TREMOD 1999

	IO	AO	AB	Mittel
CO <sub>2</sub> in g/Pkm				
< 1,4 l	175,1	114,3	147,9	142,6
1,4 – 2,0 l	198,0	129,6	150,2	156,9
> 2,0 l	244,5	157,3	186,0	192,7
Mittel	198,3	128,8	158,2	159,2
NO <sub>x</sub> in g/Pkm				
< 1,4 l	0,38	0,35	0,49	0,39
1,4 – 2,0 l	0,38	0,28	0,41	0,35
> 2,0 l	0,44	0,30	0,34	0,36
Mittel	0,41	0,32	0,43	0,38
NMVOC in g/Pkm				
< 1,4 l	1,02	0,21	0,22	0,50
1,4 – 2,0 l	0,50	0,10	0,11	0,23
> 2,0 l	0,49	0,09	0,09	0,20
Mittel	0,71	0,14	0,13	0,32
Partikel* in g/Pkm				
1,4 - 2,0 l	0,013	0,07	0,014	0,011
> 2,0 l	0,031	0,020	0,026	0,025
Mittel**	0,012	0,007	0,014	0,010
CO in g/Pkm				
< 1,4 l	6,0	1,9	6,0	4,2
1,4 – 2,0 l	3,9	1,0	2,0	2,2
> 2,0 l	3,5	0,6	0,7	1,4
Mittel	4,6	1,3	2,6	2,7

\* Durchschnittswert aus Otto- und Diesel-Pkw gemeinsam

\*\* einschl. Pkw < 1,4 l

Die Werte in Tab. 29 sind nach innerorts, außerorts und Autobahn unterschieden; außerdem nach dem Hubraum des Pkw-Motors. Es werden auch jeweils Mittelwerte angegeben. Falls Sie also keine Kenntnis von der Größe der verwendeten Pkw haben, verwenden Sie die Mittelwerte aus den jeweils letzten Zeilen zu jedem Schadstoff. Wenn Sie nicht wissen, auf welchen Straßkategorien gefahren wird, so nehmen Sie die Mittelwerte aus der letzten Spalte.

Dort stehen dann auch die vollaggregierten Mittelwerte: Wenn Sie weder Pkw-Größe noch Straßenkategorie wissen, nehmen Sie z.B. den Wert 159,2 für die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Pkm an.

Wenn Ihr Unternehmen einen eigenen Fuhrpark besitzt, so werden Sie Informationen über den Kraftstoffverbrauch haben. Dies gilt auch für den Fall, daß Privat-Pkw eingesetzt werden. In diesem Fall liegen Ihnen Tankabrechnungen u.ä. vor. Diese Verbrauchswerte sind *real* und auf jeden Fall verlässlicher als die Schätzungen aufgrund der Fahrstrecken. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen lassen sich damit sehr genau berechnen.

Für die Berechnung der anderen Emissionen, etwa der Stickstoffoxide oder der Par-

### ZUM BEISPIEL: Mitfahrgemeinschaften

In dem Beispiel von der vorherigen Seite sind von den 500 Pendlern aus der Stadt xy bisher schon 120 Personen bei Kollegen mitgefahren. Das entspricht dem durchschnittlichen Besetzungsgrad von 1,3, der auch für die Werte in der Tabelle unterstellt wurde.

Gemeinsam mit dem Betriebsrat wirbt Ihre Firma für Mitfahrgemeinschaften. Dies ist für die Pendler aus xy interessant. Für die Umsteiger werden monatlich Prämien verlost. Durch die Aktion erhöht sich der Anteil der Mitfahrer nun auf 240 Personen. Der durchschnittliche Besetzungsgrad liegt damit bei 1,9.

Sie können nun mit niedrigeren Emissionsfaktoren rechnen:

$$158,2 * 1,3 / 1,9 = 108,2 \text{ und}$$

$$198,3 * 1,3 / 1,9 = 135,7$$

Daraus folgt:

$$500 \times 200 \times 30 \text{ km} \times 108,2 \text{ g/Pkm} = 325 \text{ t/a}$$

$$500 \times 200 \times 10 \text{ km} \times 135,7 \text{ g/Pkm} = 136 \text{ t/a}$$

Damit werden jährlich 212 t CO<sub>2</sub> eingespart, das sind 18 % der Emissionen des Berufsverkehrs.

Interessanter Nebeneffekt: Sie sparen Parkraum für 120 Pkw ein und können stattdessen einen Pavillon für die Produktschau Ihres Unternehmens planen – ohne neues Gelände zuzukaufen.

tikel-Emissionen, ist die Kenntnis über die eingesetzte Fahrzeugtechnik erforderlich. Die hierfür erforderlichen Emissionsfaktoren stehen in Tab. 30. Sie sind nach Antriebsart, Motorgröße und Minderungsnorm unterschieden.

Diese Tabelle dient Ihnen außerdem zu erkennen, welche Emissionsminderungen mit dem Wechsel zu anderen oder moderneren Fahrzeugen verbunden wäre. Dabei muß der höhere Kraftstoffverbrauch bei größeren Fahrzeugen berücksichtigt werden. Deshalb wird auch der durchschnittliche Verbrauch pro Pkw-km angegeben.

Tab. 30: Direkte Schadstoffemissionen des Pkw-Verkehrs ohne Vorkette in g pro kg Kraftstoffverbrauch (Benzin oder Diesel); unterschieden nach Pkw-Hubraum-Größe, Antriebsart (B=Benziner, D=Diesel) und nach Minderungsnorm. Quelle: ifeu. TREMOD 1999

	B: Gkat bis EURO 2	D: konv. EURO2	EURO3	EURO4
NO <sub>x</sub> in g/kg KV				
B < 1,4 l	9,3		2,5	1,7
B 1,4 – 2,0 l	8,0		2,3	1,6
B > 2,0 l	5,5		1,5	1,1
D 1,4 – 2,0 l	11,4	9,4	7,2	5,2
D > 2,0 l	11,7	9,5	7,3	5,3
NMVOC in g/kg KV				
B < 1,4 l	6,2		2,4	1,8
B 1,4 – 2,0 l	4,1		1,4	1,0
B > 2,0 l	3,8		1,1	0,8
D 1,4 – 2,0 l	1,5	1,0	0,8	0,8
D > 2,0 l	1,5	0,9	0,8	0,8
Partikel in g/kg KV				
D 1,4 - 2,0 l	1,8	1,2	0,9	0,5
D > 2,0 l	1,8	1,3	0,9	0,5
CO in g/kg KV				
B < 1,4 l	87		55	43
B 1,4 – 2,0 l	62		31	24
B > 2,0 l	44		17	11
D 1,4 – 2,0 l	9,1	5,9	5,1	4,9
D > 2,0 l	7,8	5,1	4,3	4,2
Kraftstoffverbrauch in g / Pkw-km				
B < 1,4 l	54,5		53,2	52,2
B 1,4 – 2,0 l	62,0		59,6	58,6
B > 2,0 l	78,1		76,0	75,1
D 1,4 – 2,0 l	55,2	53,9	53,5	49,0
D > 2,0 l	68,8	66,6	65,8	60,3

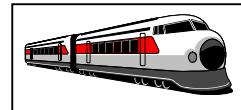
## Bahn (PV)

Bei der Bahn werden Werte für die Deutsche Bahn AG zugrunde gelegt. Allerdings sind zum Zeitpunkt der Drucklegung noch keine neueren und konsistenten Daten verfügbar, die beispielsweise nach Zuggattungen (ICE, IC, IR..) unterscheiden. Diese Werte werden erst im Verlauf des Jahres 2000 zugänglich sein.

Tab. 31: Emissionsfaktoren in g pro Pers.-km für die Deutsche Bahn einschließlich der Bereitstellung der Energie (= Vorkette). Quelle: TREMOD 1999

Schadstoff	Fernverkehr	Nahverkehr
CO <sub>2</sub>	45	118
NO <sub>x</sub>	0,13	0,66
NM VOC	0,01	0,05
Partikel	0,03	0,04
CO	0,04	0,16

Die in Tab. 31 aufgeführten Emissionsfaktoren für den Fernverkehr sind kompatibel mit Daten über einzelne Zuggattungen. So liegt der CO<sub>2</sub>-Emissionswert für ICE/IC bei ca. 45 g/Pkm, wobei reale Platzauslastungen berücksichtigt wurden.



### 👉 TIP

Üblicherweise wird Ihr Unternehmen in der Buchhaltung nur die Kosten von Geschäftsreisen erfassen. Sie können die Fahrkarten natürlich einzeln auswerten. Für eine einfache Abschätzung errechnen Sie die Kilometer aus den Fahrtkosten mit den Faktoren:

2. Klasse      0,272 DM/km

1. Klasse      0,408 DM/km (Tarifstand 1.4.1999)

Klären Sie, ob i. allg. mit der Bahncard gefahren wird. In diesem Fall sind die Preise nur halb so teuer. Wenn mit dem ICE gefahren wird, rechnen Sie mit 0,33 DM/km (2. Kl.) bzw. 0,50 DM/km (1. Kl.). Das sind aber nur Schätzwerte, da die ICE-Preise von den jeweiligen Relationen abhängen.

Bei einem Großkundenabo müssen Sie den Rabatt berücksichtigen. Vergessen Sie auch die Netzkarten nicht. Hier müssen Sie eine Schätzung vornehmen, wieviel damit gefahren wird.

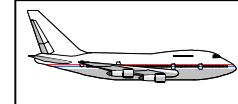
## Flugzeug (PV)

Beim Flugverkehr wird zwischen Flügen auf Kurz-/Mittelstrecken und Langstrecken unterschieden. Wie bereits beim Güterverkehr erwähnt, hat die Technik der eingesetzten Flugzeuge einen entscheidenden Einfluß auf den Energieverbrauch und die Emission von Schadstoffen. Die Werte können deshalb je nach Zusammensetzung der Flugzeugflotte oder nach Airline stark differieren.

In Tab. 32 sind Emissionsfaktoren zusammengestellt, die bereits die Vorkette zur Bereitstellung von Kerosin enthalten. Die Werte basieren auf einem durchschnittlichen Kerosinverbrauch von ca. 40 g/Pers.-km für Langstreckenflüge und von etwa 63 g/Pers.-km für Kurzstreckenflüge.

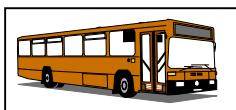
Im Vergleich dazu: Die Lufthansa gibt als gesamten Mittelwert (Kurz- und Langstrecken) einen Kerosinverbrauch von 42 g/Pers.-km an. Im Langstreckenbereich kann er sogar unter 32 g/Pers.km liegen, im Kurzstreckenbereich zw. 40 und 70 g/Pers.-km.

Sollen genaue Werte berechnet werden, so empfiehlt es sich, die jeweilige Airline anzusprechen und um aktuelle Emissionsfaktoren zu bitten. Diese Emissionsfaktoren sollten sich auf die tatsächliche Verkehrsleistung in Pers.-km – also unter Berücksichtigung der realen Auslastung – beziehen.



Tab. 32: Emissionsfaktoren für Personentransporte mit Flugzeugen in g pro Pers.-km einschließlich der Bereitstellung des Kraftstoffes (=Vorkette). Quelle: ifeu 1999

Schadstoff	Kurz-/ Mittelstreckenflug	Langstreckenflug
CO <sub>2</sub>	207	132
NO <sub>x</sub>	0,83	0,52
NM VOC	0,06	0,04
Partikel	0,003	0,001
CO	1,3	0,12



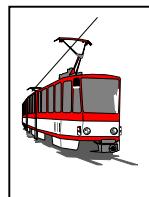
## Liniенbus

Angaben über den ÖPNV werden Sie i.d.R.

benötigen, um die Umwelteinwirkungen des Berufsverkehrs abzuschätzen. Hierzu werden meistens nur sehr pauschale Werte oder Annahmen vorliegen, so daß die Angaben in Tab. 7 ausreichen. Falls erforderlich können Sie bei den Bussen noch nach Größe unterscheiden (siehe Tab. 33). Allerdings wird der Einfluß des Auslastungsgrades im ÖPNV erheblich größer sein.

Tab. 33: Emissionsfaktoren zum Bezugsjahr 2000 für Linienbusse in g pro Pers.-km einschließlich der Bereitstellung des Kraftstoffes (=Vorkette). Quelle: ifeu. TREMOD 1999

Schadstoff	Busse mit ZGG < 20 t	Busse mit ZGG > 20 t
CO <sub>2</sub>	82	76
NO <sub>x</sub>	0,92	0,97
NMVOC	0,12	0,08
Partikel	0,03	0,03
CO	0,35	0,20



## SSU

Unter SSU werden Straßen-, Stadt- und U-Bahnen zusammengefaßt. Die Werte können je nach eingesetzter Fahrzeugtechnik, Durchschnittsgeschwindigkeit und Haltestellenabstand erheblich voneinander abweichen. Dazu kommt der Einfluß der Auslastung, die im ÖPNV im Durchschnitt bei etwa 25 % liegt, in SSU in Ballungszentren aber auch 50 % erreichen kann.

Tab. 34: Emissionsfaktoren für Straßen-, Stadt- und U-Bahnen in g pro Pers.-km einschließlich der Bereitstellung der Energie (=Vorkette). Quelle: ifeu. TREMOD 1999

Schadstoff	SSU
CO <sub>2</sub>	72,5
NO <sub>x</sub>	0,05
NMVOC	< 0,01
Partikel	-
CO	0,02



## ZUM BEISPIEL: Personenverkehr einer Verwaltung

Das saarländische Ministerium für Umwelt, Energie und Verkehr (MUEV) führte 1997 ein Umweltmanagementsystem in Anlehnung an EMAS ein. Das MUEV ist z.Zt. in Saarbrücken auf 7 Standorte verteilt. Insgesamt sind dort ca. 350 Mitarbeiter beschäftigt. Die größten Beiträge im Verkehrsbereich werden durch Berufsverkehr und Dienstreisen erwartet. Der Fuhrpark besteht lediglich aus 12 Fahrzeugen.

Nach Absprache mit dem Personalrat wurde unter den Mitarbeitern eine Befragung durchgeführt, mit deren Hilfe die Fahrgewohnheiten und Strecke zum Arbeitsplatz ermittelt wurde. Der Rücklauf war mit knapp 70 % sehr gut. Das Ergebnis war, daß ca. 50 % aus einem Umkreis von 20 km pendeln, weitere 20 % zwischen 20-30 km. Bei Entfernungen > 10 km macht der Pkw als Verkehrsmittel 80 % und mehr aus. Daraus wurden CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe von über 270 t pro Jahr abgeschätzt. Über die Hälfte dieser Emissionen stammen von den Mitarbeitern, die von 30 km und mehr nach Saarbrücken pendeln.

Der Fragebogen wurde nicht nur zur Berechnung der Verkehrs- und Emissionsbilanz genutzt, sondern auch um Fragen nach den Gründen für das Verkehrsverhalten zu stellen. Obwohl die meisten Befragten angaben, daß grundsätzlich öffentliche Personennahverkehrsmittel zur Verfügung stehen, wurde der Zeitaufwand und die schlechten Verbindungen kritisiert. Ein weiteres Argument waren die Kosten; dementsprechend groß war das Interesse an einem Job-Ticket. Fast 2 Drittel der Mitarbeiter aus einer Entfernung zw. 10 – 20 km interessierten sich für ein Job-Ticket. Diese Maßnahme wird in der saarländischen Landesregierung noch geprüft. Je größer die Distanz zum Arbeitsplatz desto eher sind die Mitarbeiter auch zu Fahrgemeinschaften bereit. Unterstützt wird dies durch eine restriktive Verteilung der knappen Parkplätze: Ein Großteil der zur Verfügung gestellten Parkplätze wird an Bedienstete mit nachgewiesenen Fahrgemeinschaften vergeben. Da die „Fern“pendler einen großen Beitrag zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen leisten, hat diese Maßnahme durchaus Einfluß auf die Emissionsbilanz des Ministeriums.

## 5. Anhang

### Literatur

Borken, J. et al. (1999): Basisdaten für ökologische Bilanzierungen. Einsatz von Nutzfahrzeugen in Transport, Landwirtschaft und Bergbau. Verlag Vieweg Braunschweig

Bundesminister f. Verkehr (1998) (Hrsg.): Verkehr in Zahlen 1998. Deutscher Verkehrsverlag Hamburg

ifeu / Prognos (1997): CO<sub>2</sub>-Minderungsstudie Verkehr Großraum Hannover. Im Auftrag des Kommunalverbandes Großraum Hannover und des Niedersächsischen Umweltministeriums. Heidelberg/Basel

infras (1999): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Version 1.2. Bern

Knörr, W. et al. (1997): Daten- und Rechenmodell. Energieverbrauch und Schadstoffemissionen aus dem motorisierten Verkehr in Deutschland 1980 bis 2020 – Beschreibung der Software TREMOD: Bedienungsanleitung, Rechenläufe und Datendokumentation. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Heidelberg

Knörr, W., Höpfner, U. (1998): TREMOD – Schadstoffe aus dem motorisierten Verkehr in Deutschland. In: Schmidt, M., Höpfner, U. (Hrsg.): 20 Jahre ifeu-Institut. Engagement für die Umwelt zwischen Wissenschaft und Politik. Vieweg-Verlag Braunschweig. S. 115-128

Lufthansa (1998): Umweltbericht 1997/98. Frankfurt.

Rat der Sachverständigen für Umweltfragen (1994): Umweltgutachten 1994. Für eine dauerhaft-umweltgerechte Entwicklung. Verlag Metzler-Poeschel Stuttgart

Rat der Sachverständigen für Umweltfragen (1996): Umweltgutachten 1996. Zur Umsetzung einer dauerhaft-umweltgerechten Entwicklung. Verlag Metzler-Poeschel Stuttgart

Schmidt, M. et al. (1993): Möglichkeiten der Entwicklung einer Verkehrsauswirkungsprüfung. Forschungsvorhaben des ifeu-Instituts FE 90385/92 im Auftrag des Bundesministers für Verkehr. Heidelberg

Schmidt, M. et al. (1998): Evaluierung gängiger Datenmodelle zur Ermittlung verkehrlicher Umweltbelastungen. In: H.D. Haasis, K. C. Ranze (Hrsg.): Umweltinformatik 98. Metropolis-Verlag Marburg. S. 280-292

Umweltbundesamt (1997): Daten zur Umwelt – Ausgabe 1997. Erich Schmidt Verlag Berlin

Umweltbundesamt (1997): Nachhaltiges Deutschland. Wege zu einer dauerhaft-umweltgerechten Entwicklung. Erich Schmidt Verlag Berlin

Umweltbundesamt (1998): Verkehrsvermeidung im Güterverkehr. Nachhaltige, effiziente Konzepte zum Transportmanagement. UBA-Texte 78/98. Berlin

Verband der Deutschen Automobilindustrie VDA (1999) (Hrsg.): Entwicklung der Fahrleistungen und Emissionen des Straßengüterverkehrs 1990 bis 2015. Materialien zur Automobilindustrie 21. Frankfurt

## Glossar

### Auswertung

Bestandteil einer Ökobilanz (LCA), bei dem die Ergebnisse der Sachbilanz und/oder der Wirkungsabschätzung für die Schlußfolgerungen und Empfehlungen zusammengeführt werden.

### Dezibel dB(A)

Maßeinheit für den Lärm, genauer für den Schalldruckpegel über den gesamten Hörfrequenzbereich. Die Skala ist logarithmisch. Ein Geräusch mit einem bestimmten dB-Wert wird genauso störend empfunden, wie eines, das nur die Hälfte der Zeit einwirkt, aber um 3 dB lauter ist.

### EMAS

Abk. für Eco-Management and Audit Scheme, dem Titel der EG-Verordnung zum Öko-Audit.

### Emission

Das Ablassen oder Ausströmen fester, flüssiger oder gasförmiger Stoffe aus Anlagen, techn. Abläufen oder Fahrzeugen, die die Luft, das Wasser oder andere Umweltbereiche verunreinigen. Auch Geräusche, Erschütterungen, Licht, Wärme und radioaktive Strahlung werden oft als Emissionen bezeichnet. Emissionen führen in der Umwelt zu Immissionen.

### Emissionsfaktor

Eine Kenngröße, die angibt, welche Menge an Schadstoffen durch eine bestimmte Leistung eines Prozesses oder einer Tätigkeit freigesetzt wird. Im Verkehrsbereich werden EF oft auf die Fahrleistung (g/Pkw-km), die Verkehrsleistung (g/tkm) oder die Menge verbrauchten Treibstoffs (g/kg) bezogen. Wichtig ist die Kenntnis der zugrunde gelegten Technik bzw. Randbedingungen, unter denen die Technik eingesetzt wird, z. B. Fahrzeug, Auslastung, Fahrzustand etc.

### EURO-Normen

Abkürzung für die Abgasgrenzwerte für Kraftfahrzeuge in der EU. Die Vorschriften des EG-Umweltrates beziehen sich üblicherweise auf spezielle Abgasprüfverfahren

(EU/ ECE-Fahrzyklus); die Grenzwerte eignen sich deshalb nicht zur direkten Berechnung der tatsächlichen Emissionen. Für Lkw und Bussen hat der EG-Umweltrat beispielsweise am 1.Oktober 1991 die Stufen EURO I (für Serienproduktion ab 1992/93) und EURO II (ab 1995/96) festgelegt. Die dritte Stufe EURO III gilt ab 1999. Weitere Stufen sind für 2005/8 in Planung.

### Fahrleistung

Messgröße für die Verkehrsmenge, bezogen auf die eingesetzten Fahrzeuge. Die Fahrleistung wird in Fahrzeug-Kilometer (z.B. Lkw-km oder Pkw-km) gemessen.

### Immission

Die Einwirkung von Luftverunreinigungen, Geräuschen, Erschütterungen, Licht, Wärme, Strahlung etc. auf Menschen, Tiere, Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre oder Gegenstände (z.B. Kulturdenkmäler).

### Input

Stoff (oder Energie), der einem Prozeß, einem Betrieb oder einem System zugeführt wird. Es kann sich dabei um Roh-, Hilfs- oder Betriebsstoffe, um Werkstoffe, Halbfertigprodukte usw. handeln.

### ISO 14.001

Internationale Norm "Environmental Management Systems" der International Organization for Standardization aus der 14.000er Normenreihe zum Umweltmanagement. Alternative zu EMAS für die Zertifizierung von betrieblichen Umweltmanagementsystemen.

### ISO 14.040

Internationale Ökobilanz-Norm "Prinzipien und allgemeine Anforderungen" der International Organization for Standardization aus der 14.000er Normenreihe zum Umweltmanagement.

### Kennzahl

Bewertungsgröße, bei der die Ergebnisse der Sachbilanz aggregiert, gewichtet oder in Bezug zu der Leistung des Systems gesetzt werden.

## **Kernbilanz**

Beschreibt bei einer standort- oder unternehmensbezogenen Umweltbilanz die direkt im Unternehmen anfallenden Umweltwirkungen, z. B. innerhalb des Betriebszunes ("gate-to-gate"). Vgl. Komplementärbilanz.

## **Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ )**

Ein Gas, das als Produkt bei der Verbrennung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe, z.B. fossiler Energieträger, entsteht.  $\text{CO}_2$  aus fossilen Quellen trägt wesentlich zum sogenannten Treibhauseffekt und damit zu einer Schädigung der Erdatmosphäre bei.

## **Kohlenmonoxid (CO)**

Ein Gas, das infolge unvollständiger Verbrennung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe entsteht. CO ist ein Atemgift, das beim Menschen zu einer Beeinträchtigung der Sauerstoffaufnahme im Blut führt. Dies kann zu zahlreichen Funktionsbeeinträchtigungen im Bereich des Herz-Kreislaufsystems oder des Gehirns führen.

## **Komplementärbilanz**

Erweitert eine Kernbilanz um die außerhalb des Unternehmens anfallenden Umweltwirkungen. Diese können auch in anderen Unternehmen anfallen.

## **LCA**

Abk. für Life Cycle Assessment. Siehe Ökobilanz

## **Lebensweg**

Aufeinanderfolgende und miteinander verbundene Stufen eines Produktsystems von der Rohstoffgewinnung bis zur endgültigen Beseitigung (cradle to grave: "von der Wiege bis zur Bahre").

## **Non Methan Volatile Organic Compounds (NMVOC)**

Zusammenfassende Bezeichnung für leichtflüchtige organische Verbindungen („Kohlenwasserstoffe“) ohne Methan. Diese Verbindungen können zahlreiche Einzelsubstanzen mit unterschiedlichem human- oder ökotoxischem Wirkungspotential umfassen, beispielsweise Benzol oder in sogar Dioxine und Furane.

## **Output**

Stoff (oder Energie), der von einem Prozeß oder einem System abgegeben wird. Ein Stoff (engl. material) kann sowohl Rohstoff als auch Produkt, Zwischenprodukt, Schadstoff oder Abfall sein.

## **Öko-Audit**

Ein Managementinstrument zur systematischen, dokumentierten und regelmäßigen Bewertung der Leistung, des Managements und der Abläufe eines Unternehmens zum Schutz der Umwelt. Wird in der EG-Verordnung als Umweltbetriebsprüfung bezeichnet. Umgangssprachlich oft Oberbegriff für das Thema betriebliche Umweltmanagementsysteme.

## **Ökobilanz**

Deutscher Begriff von Life Cycle Assessment (LCA). Zusammenstellung und Beurteilung der Input- und Outputflüsse und der potentiellen Umweltwirkungen eines Produktsystems im Verlauf seines Lebensweges. Schritte einer Ökobilanz: Festlegung des Ziels und Untersuchungsrahmens, Sach-bilanz, Wirkungsabschätzung und Auswertung. Früher wurden unter betrieblichen Ökobilanzen unternehmens- oder standortbezogene Umweltbilanzen verstanden.

## **Sachbilanz**

Bestandteil einer Ökobilanz, der die Zusammenstellung und Quantifizierung von Inputs und Outputs eines Systems umfaßt.

## **Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ )**

Das Gas entsteht üblicherweise als Verbrennungsprodukt, wenn im Brennstoff Schwefel enthalten ist.  $\text{SO}_2$  ist ein Reizgas, das beim Menschen die Atemwege beeinträchtigen kann. Außerdem kann es zu Vegetationsschäden führen. Es ist Leitsubstanz für den sogenannten sauren Regen.

## **Standort**

Das EG-Öko-Audit bezieht sich explizit auf Standorte, d.h. auf das Gelände, auf dem die gewerblichen Tätigkeiten des Unternehmens erfolgen. Dazu zählen auch die im Rahmen dieser Tätigkeit genutzten beweglichen und unbeweglichen Sachen, die zur Ausstattung und Infrastruktur gehören.

### **Stickstoffoxide ( $NO_x$ )**

Häufig auch nur als Stickoxide bezeichnet. Die Gase bestehen aus Stickstoffmonoxid ( $NO$ ) und Stickstoffdioxid ( $NO_2$ ). Sie bilden sich üblicherweise bei Verbrennungsprozessen mit hohen Temperaturen unter Anwesenheit von Luft aus dem Luftstickstoff.  $NO_2$  ist ein Reizgas, das beim Menschen die Atemwegsorgane beeinträchtigen kann. Außerdem führt es zu Vegetationsschäden und leistet einen Beitrag zur Versauerung von Niederschlägen. Schließlich sind Stickstoffoxide Vorläufersubstanzen für die Bildung von photochemischen Oxidantien, z.B. Ozon, die zu Sommersmog führen.

### **Stoffstromanalyse**

Detaillierte Untersuchung der Stoff- und Energieflüsse in einem Produktionssystem. Stoffstromanalysen kann auf Betriebsstandorte, Firmenverbünde aber auch auf einzelne Produkte (siehe Ökobilanz) bezogen sein. Hauptsächlicher Zweck ist die Informationsbereitstellung für die Planung und Optimierung von Systemen.

### **Systemgrenze**

Schnittstelle zwischen einem Produktionsystem und seiner Umwelt oder anderen Produktionssystemen. Klare Systemgrenzen sind erforderlich, um Umwelt- und Ökobilanzen nachvollziehbar und den Aufwand vertretbar zu halten.

### **Umweltbetriebsprüfung**

Bestandteil des Öko-Audits und Instrument des betrieblichen Umweltmanagements, bei dem eine systematische, dokumentierte, regelmäßig und nachvollziehbare Erfassung und Bewertung der (Umwelt-)Aktivitäten des Unternehmens und des Umweltmanagementsystems selbst erfolgt.

### **Umweltbilanz**

Input- und Outputbilanz der Stoff- und Energieströme eines Unternehmens oder Betriebsstandortes. Früher häufig als betriebliche Ökobilanz bezeichnet.

### **Umwelterklärung**

Eine in Öko-Audit-Verordnung verlangte öffentliche Erklärung des Unternehmens, in der u.a. eine zahlenmäßige Zusammenfas-

sung der Emissionen, des Abfallaufkommens, des Rohstoffverbrauchs und anderer umweltrelevanter Aspekte des Unternehmens enthalten ist.

### **Transportaufkommen**

Anderer Begriff für Verkehrsaufkommen, der meistens für Gütertransporte verwendet wird. Er wird in Tonnen (t) angegeben.

### **Transportleistung**

Anderer Begriff für Verkehrsleistung; er wird meistens für Gütertransporte verwendet. Er wird in Tonnen-Kilometer (tkm) angegeben.

### **Umweltmanagementsystem**

Jener Teil eines Managementsystems, der die Organisationsstruktur, Zuständigkeiten, Verhaltensweisen, förmliche Verfahren und Mittel zur Festlegung und Durchführung der betrieblichen Umweltpolitik beschreibt.

### **Wirkungsabschätzung**

Bestandteil einer Ökobilanz, der dem Erkennen und der Beurteilung von potentiellen Umweltwirkungen eines Systems dient. Die Wirkungsabschätzung ist im Gegensatz zur Bewertung noch eine naturwissenschaftliche Analyse. Beispielsweise gehört die Ermittlung des Global Warming Potentials (GWP) zur Wirkungsabschätzung, während die  $CO_2$ -Emissionen Teil einer Sachbilanz sind.

### **Verkehrsaufkommen**

Messgröße für die Anzahl von Verkehrsvorgängen. Im Personenverkehr die Anzahl der Wege bzw. Personenfahrten, im Güterverkehr die Masse (z. B. in Tonnen) bzw. Anzahl der Transportgüter.

### **Verkehrsleistung**

Die Verkehrsleistung ergibt sich aus dem Verkehrsaufkommen multipliziert mit der (jeweils) zurückgelegten Entfernung. Die Verkehrsleistung wird im Personenverkehr in Personen-Kilometer (Pkm) angegeben; im Güterverkehr in Tonnen-Kilometer (tkm).

## Weitere Leitfäden:

■ Bayrisches Staatsministerium (Hrsg.) (1996): Der umweltbewußte Kfz-Betrieb. Bearbeitet von TÜV Bayern Sachsen. Verkehr und Fahrzeug GmbH. München.

■ Bayrisches Staatsministerium (Hrsg.) (1996): Der umweltbewußte Fuhrparkbetrieb. Bearbeitet von TÜV Bayern Sachsen. Verkehr und Fahrzeug GmbH. München

*Beide Leitfäden bieten Informationen zu technischen Abläufen in den Betrieben und ihre Umweltbelastungen, zeigen Mindeungsmaßnahmen auf und erläutern die rechtlichen Bestimmungen für die Betriebe. Den Leitfäden sind Checklisten mit Fragen zum Umweltschutz beigelegt.*

*Bezug: Bayrisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen Rosenkavaliersplatz 2. 81925 München. Kostenlos*

■ Bundesumweltministerium / Umweltbundesamt (1995) (Hrsg.): Handbuch Umweltcontrolling. Verlag Vahlen

*Das Handbuch ist ein praxisorientierter und umfassender Leitfaden für den Aufbau eines Umweltcontrollingsystems und gehört inzwischen zu den Klassikern der Umweltmanagement-Literatur. Für 2000 ist eine Neuauflage geplant.*

*Bezug: Buchhandel*

■ Bundesumweltministerium / Umweltbundesamt (1997) (Hrsg.): Leitfaden Betriebliche Umweltkennzahlen. Erstellt von Institut für Umweltmanagement IMU Augsburg.

*Was sind Kennzahlen? Was sagen sie aus? Wie können sie gebildet werden? Der Leitfaden gibt einen leicht verständlichen Überblick mit vielen Beispielen.*

*Bezug: Umweltbundesamt Berlin. Postfach 33 00 22. 14191 Berlin*

■ Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (1996) (Hrsg.): Umweltmanagement für Verkehrsbetriebe. Leitfaden zur Anwendung der EG-Öko-Audit-Verordnung. Erstellt vom ifeu-Institut und von UBIOM. Karlsruhe

*Dieser Leitfaden gibt Hilfestellung bei der Einführung von Umweltmanagementsystemen in Verkehrsbetrieben nach der EG-Öko-Audit-Verordnung. Dabei werden organisatorische Aspekte behandelt und gezeigt, wie man eine Betriebsbilanz erstellt und auswertet, wie man ein Umweltprogramm erarbeitet, welche Maßnahmen es enthalten kann und welche Anforderungen an eine Umwelterklärung zu stellen sind.*

*Bezug: Verlagsauslieferung der LfU bei der JVA Mannheim. Druckerei, Herzogenriedstr. 111, 68169 Mannheim. Fax.: 0621/398370. je DM 20,-*

■ Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (1996) (Hrsg.): Umweltmanagement für kommunale Verwaltungen. Leitfaden zur Anwendung der EG-Öko-Audit-Verordnung. Erstellt vom ifeu-Institut. Karlsruhe

*Dieser Leitfaden begleitet Verwaltungen bei der Einführung von Umweltmanagementsystemen nach der EG-Öko-Audit-Verordnung. Beigefügt ist eine Diskette mit umfangreichen Arbeitsmaterialien - u.a. Checklisten zur Prüfung des Managementsystems, Formblätter zur Datenerfassung und -aufbereitung. Unter anderem sind Formblätter zur Erfassung der Umwelteinwirkungen durch den Berufsverkehr der Mitarbeiter/innen und von Dienstreisen enthalten.*

*Bezug: Verlagsauslieferung der LfU bei der JVA Mannheim. Druckerei, Herzogenriedstr. 111, 68169 Mannheim. Fax.: 0621/398370. DM 20,-*

■ Umweltbundesamt (Hrsg.) (1999): Leitfaden betriebliche Umweltauswirkungen. - Ihre Erfassung und Bewertung als Baustein eines Umweltmanagementsystems - Erstellt von UPW - Büro für umweltorientiertes Planen und Wirtschaften. Bonn

*Als Umweltauswirkungen wird hier die Reaktion der Umwelt auf belastende Stoffe und andere Einwirkungen bezeichnet. Der Leitfaden gibt Hilfestellungen zur Erfassung der betrieblichen Umweltauswirkungen und bietet dazu eine Fülle von Arbeitsbögen, Beurteilungsmaßstäbe und Umweltdaten.*

*Bezug: Umweltbundesamt Berlin. Postfach 33 00 22. 14191 Berlin*

