

Beitragsserien: Gütertransporte im deutschen Ernährungssektor

Teil I: Ausmaß und Verteilung [ERNO 2 (2) 108–113 (2001)]
Teil II: Umweltwirkungen anhand ausgewählter Indikatoren [ERNO 2 (3) 2001]
Teil III: Auswirkungen von Modifikationen [ERNO 2 (4) 2001]

Gütertransporte im Zusammenhang mit dem Lebensmittelkonsum in Deutschland

Teil II: Umweltwirkungen anhand ausgewählter Indikatoren

Ingrid Hoffmann^{1,2} und Ilka Lauber¹

¹Institut für Ernährungswissenschaft der Justus-Liebig-Universität Gießen, Wilhelmstr. 20, D-35392 Gießen

²Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Haid-und-Neu-Str. 9, D-76131 Karlsruhe

Korrespondenzautorin: Dr. Ingrid Hoffmann; e-mail: Ingrid.Hoffmann@ernaehrung.uni-giessen.de

DOI: <http://dx.doi.org/10.1065/erno2001.10.030>

Zusammenfassung. Neben der politischen Forderung, klimarelevante Emissionen zu reduzieren, steht allgemein die Forderung nach umweltverträglichen Konsummustern. Um den entsprechenden Beitrag durch Ernährung zu ermöglichen, ist es erforderlich, die einzelnen Bereiche des Ernährungssektors zu beleuchten und Empfehlungen für Einsparmöglichkeiten abzuleiten. Einen dieser Bereiche stellen die für die Ernährung der Einwohner Deutschlands anfallenden Transporte dar.

Obwohl der weitaus größte Teil der dafür transportierten Güter (Verkehrsaufkommen) innerhalb Deutschlands anfällt (fast 90%), bewirken die mengenmäßig geringen Importe aus Übersee (per Seeschiff) wegen der großen Entfernung mehr als zwei Drittel der Verkehrsleistung (Teil I).

Um die Umweltwirksamkeit der mit Ernährung im Zusammenhang stehenden Transporte zu ermitteln, werden als Indikatoren Primärenergie, CO₂-Äquivalente (als Maß für die Klimawirksamkeit) und SO₂-Äquivalente (als Maß für das Versauerungspotenzial von Böden und Gewässern) errechnet.

Etwa die Hälfte des Umweltverbrauchs durch Transporte im deutschen Ernährungssektor entfällt auf Deutschland. Der Hauptverursacher für den Verbrauch an Primärenergie und für die Emissionen durch Transporte ist im Inland und in Europa der Straßenverkehr. Im Überseebereich teilen sich Straßenverkehr (in den Ursprungsländern) und Seeschifffahrt diese Umweltwirkungen.

Bezogen auf ein kg eines Lebensmittels verursachen die Importe aus Übersee je nach Indikator einen 11- bis 28-fachen, die Importe aus Europa einen 2- bis 3-fachen Umweltverbrauch gegenüber der gleichen Menge eines Lebensmittels, das ausschließlich innerhalb Deutschlands transportiert wurde. Erfolgen Importe auf dem Luftweg, sind die Umweltwirkungen noch größer. Auch wenn die Daten dazu nur grob abschätzbar sind, wird deutlich, dass dem relativ geringen Anteil an Gütern, die im Ernährungssektor auf diese Art transportiert werden, ein überdurchschnittlicher Umweltverbrauch gegenüber steht. Insgesamt zeigt sich, dass die Umweltwirkung der ernährungsbedingten Transporte abhängig ist von der transportierten Menge und Entfernung sowie der Wahl des Verkehrsmittels. Wie aufgrund günstiger Kombinationen dieser Faktoren Umweltwirkungen reduziert werden könnten, wird Inhalt des dritten und letzten Teils dieser Beitragsreihe sein.

Schlagwörter: CO₂-Äquivalente; Emissionen; Ernährungssektor, deutscher; Gütertransporte; Umweltrelevanz; Klimawirksamkeit; Lebensmittelkonsum; Primärenergie; SO₂-Äquivalente; Umweltindikatoren

Abstract. Goods Transports in Connection with Food Consumption in Germany – Part II

Apart from the political demand to reduce climate-relevant emissions, there is a general demand for consumption patterns that are compatible with the environment. For a possible contribution as far as nutrition is concerned, individual areas of the nutrition sector need to be examined in order to make saving potential recommendations. One of these areas are the transports for the nutrition of the population in Germany.

The by far largest part of carried goods (transport volume) for the nutrition sector arises inside Germany (almost 90%). In contrast, however, the small quantity of imports from abroad (by ship) cause more than two-thirds of the transport performance, due to the large distances (see Part I).

To evaluate the environmental impact of nutrition-related transports, such indicators as primary energy, CO₂-equivalents (as a measurement of impact on climate) and SO₂-equivalents (as a measurement of the acidifying potential of soil and water) were calculated.

Approximately one-half of the environmental expenditure is due to transports within Germany. Road transports are the main cause for the use of primary energy and for the emissions as far as nutrition-related transports in Germany as well as in Europe are concerned. For transports from overseas, road transports (in the countries of origin) and sea transports are equally responsible for environmental influences.

With reference to one kg of a food item imported from overseas, depending on the indicator chosen, the environmental expenditure is 11- to 28-fold and for a product imported from a European country almost 2- to 3-fold when compared to the same amount of a food item that was transported exclusively inside of Germany. The environmental impact is even higher when the imports are transported by air. Even though the data can only be roughly estimated, it becomes evident that the small proportion of goods in the nutrition sector that is transported in this manner cause an above average environmental expenditure.

Overall, it can be demonstrated that the environmental impact of nutrition-related transports depends on the amount and the distances of the goods transported as well as on the choice of transport method. A report on how the environmental impact on the basis of favorable combinations of these factors can be reduced will be given in the third and last part of this series of contributions.

Keywords: Climate relevance, food consumption; CO₂-equivalents; emissions; environmental impact; environmental indicators; nutrition sector in Germany; primary energy; SO₂-equivalents; transport of goods

Einleitung

Für die Versorgung der in Deutschland lebenden Bevölkerung mit Lebensmitteln wurden im Jahr 1996 etwa 450 Mio. t Güter transportiert und damit eine Verkehrsleistung von 270 Mrd. Tonnenkilometern (tkm) erbracht. Nach geographischen Gebieten (Transporträumen) aufgeteilt, entfallen 87% der transportierten Güter (Verkehrsaufkommen) auf Transporte innerhalb Deutschlands, 9% stammen aus dem europäischen Ausland nach Deutschland und knapp 4% aus Importen aus dem außereuropäischen Ausland (Übersee). Wird die zurückgelegte Entfernung mit berücksichtigt, ist knapp ein Viertel der Verkehrsleistung auf das Inland, knapp 8% auf Importe aus Europa und fast 70% auf Importe aus Übersee zurückzuführen. Die geringe Menge an Gütern des Ernährungssektors, die aus Übersee (mittels Seeschiffen) nach Deutschland eingeführt wird, bewirkt demnach durch die sehr große Entfernung eine hohe Verkehrsleistung. Für die großen Mengen innerhalb Deutschlands transportierter Güter werden im Vergleich zu importierten Produkten nur kurze Strecken (meist per LKW) zurückgelegt, so dass der Inlandsanteil an der Verkehrsleistung relativ gering bleibt.

Angesichts dieser Informationen stellt sich die Frage nach den ökologischen Auswirkungen. Neben Lärm, Vibrationen, Unfällen, Staus, Versiegelung von Flächen durch Bau von Straßen, Parkplätzen usw., und damit einer massiven Veränderung des Wohnumfeldes, sind als Folgen von Transporten ein hoher Energieverbrauch und damit einhergehend ein Ausstoß direkter und indirekter Schadstoffe festzustellen (Rat von Sachverständigen für Umweltfragen 1994). Die Umweltwirkungen sind in ihrer Vollständigkeit schwer zu erfassen, da sie sehr komplex und häufig nicht zusammenfassbar sind. So gibt es eine Vielzahl von Indikatoren, die jeweils einzelne Umweltwirkungen beschreiben oder mehrere zusammenfassen.

1 Umweltindikatoren

Um verschiedene Aspekte der Umweltwirksamkeit von Transporten darzustellen, werden folgende Indikatoren herangezogen:

- der Energieverbrauch (Kumulierter Energieaufwand) als Maß für den Verbrauch der Ressource Energie,
- die Kohlendioxid-(CO₂-) Äquivalente als Maß für die Klimawirksamkeit und
- die Schwefeldioxid-(SO₂-) Äquivalente als Maß für das Versauerungspotential.

Der **kumulierte Energieaufwand (KEA)** ist definiert als die Summe aller Primärenergien zur Bereitstellung eines Produkts (hier eines Transportes) inklusive sämtlicher Vorleistungen, z.B. zur Materialherstellung (Glossar GEMIS 2001, UBA 1999). Primärenergien sind die Energieinhalte von (erneuerbaren und nicht-erneuerbaren) energetischen Ressourcen (z.B. Windenergie, Erdöl, Sonnenenergie), die zu nutzbaren Energieträgern (z.B. Benzin, Strom, Heizöl) umgewandelt werden können (Patyk und Reinhardt 1997, Glossar GEMIS 2001). Im Folgenden wird der Begriff Primärenergie verwendet, stellvertretend für den aggregierten Wert KEA.

Unter **CO₂-Äquivalenten** werden diejenigen Gase zusammengefasst, die maßgeblich zum anthropogen verursachten Treibhauseffekt beitragen und entsprechend als Indikator für die Klimawirksamkeit dienen. Diese Gase absorbieren die von der Erde abgestrahlte langwellige Wärmestrahlung fast vollständig und führen so zu einer Erwärmung der Erdoberfläche. Mit den CO₂-Äquivalenten wird die Gesamtwirkung der als Kyoto-Gase bezeichneten klimawirksamen Gase CO₂, Methan, Distickstoffoxid, Schwefelhexafluorid, perfluorierte Fluorkohlenwasserstoffe und Fluorkohlenwasserstoffe berechnet. Dazu wird die Klimawirksamkeit jedes einzelnen dieser Gase mittels seines Treibhauspotentials (Tab. 1) auf die Klimawirksamkeit von 1 kg CO₂ bezogen und mit der Emission des entsprechenden Gases multipliziert. Sämtliche so errechneten äquivalenten Mengen CO₂ werden zur Gesamtmenge an CO₂-Äquivalenten aufaddiert (Fritsche et al. 1994). Da die unterschiedliche Verweildauer der Gase in der Atmosphäre in die Berechnung einfließt wird bei den verwendeten Daten ein Betrachtungszeitraum von 100 Jahren festgelegt (Fritsche et al. 1994).

Unter **SO₂-Äquivalenten** sind säurebildende Gase zusammengefasst, die zur Versauerung von Böden und Gewässern führen. Dazu gehören außer SO₂ auch Stickstoffoxide, Chlorwasserstoff, Fluorwasserstoff, Ammoniak und Schwefelwasserstoff. Die SO₂-Äquivalente stellen einen Indikator für das **Versauerungspotential** dar. Die Versauerungspotentiale (Tab. 1) setzen das chemische Vermögen der einzelnen Gase, Protonen zu bilden, in Relation zu demjenigen von SO₂. Sie werden mit der Masse des jeweiligen Gases multipliziert und zu den SO₂-Äquivalenten aufaddiert.

Als Datenbasis für die Indikatoren dient das Computermodell Globales Emissions-Modell integrierter Systeme (GEMIS 2001).

Um die ökologische Wirkung der Transporte für das Jahr 1996 zu berechnen, wird die ermittelte Verkehrsleistung der einzelnen Verkehrsmittel – getrennt nach der Herkunft der

Tabelle 1: Treibhaus- bzw. Versauerungspotentiale einzelner Gase (IPCC 1995, IPCC 1996, Brockmann et al. 1999)

Treibhausgas	Treibhauspotential ^a	Luftschadstoff	Versauerungspotential
Kohlendioxid	1	Schwefeldioxid	1,000
Methan	21	Ammoniak	3,762
Distickstoffoxid	310	Fluorwasserstoff	1,601
Schwefelhexafluorid	23900	Schwefelwasserstoff	0,983
Fluorkohlenwasserstoffe	140–117002	Chlorwasserstoff	0,878
perfluorierte Fluorkohlenwasserstoffe	6500–9200	Stickstoffoxide	0,696

^a Angaben für einen 100-jährigen Zeitraum

transportierten Güter – für das Jahr 1996 mit den drei ausgewählten Indikatoren multipliziert. Eingeschlossen in die Betrachtung sind neben Lebensmitteln auch die Transporte für Futter- und Düngemittel.

Neben der **Gesamtsumme** an Primärenergie und CO₂- bzw. SO₂-Äquivalenten wird Entsprechendes **pro kg** transportiertem Lebensmittel und **pro Bundesbürger** angegeben. Letztere Berechnung bezieht sich auf den Einwohnerstand in Deutschland im Basisjahr 1996 (81.817.000 Einwohner am 01.10.1996, ZMP 1997).

2 Ergebnisse

Der Verbrauch an Primärenergie und die anfallenden Emissionen durch Transporte im Ernährungssektor sind abhängig von der transportierten Menge, der zurückgelegten Entfernung sowie dem genutzten Transportmittel.

Der **LKW** ist das Verkehrsmittel, das pro zurückgelegtem tkm mit Abstand am meisten Primärenergie verbraucht bzw. die größte Menge an Emissionen produziert (**Tab. 2**). Der Schienenverkehr liegt bei der Primärenergie und den CO₂-

Äquivalenten an zweiter Stelle, jedoch emittiert dieser von allen untersuchten Verkehrsmitteln die geringste Menge an SO₂-Äquivalenten. Das Hochseeschiff schneidet bezüglich der Primärenergie und den Emissionen von CO₂-Äquivalenten mit Abstand am besten ab, bei den SO₂-Äquivalenten emittiert es nach der Eisenbahn die geringste Menge pro tkm. Damit liegt es auch besser als das Binnenschiff, welches bei Primärenergie und CO₂-Äquivalenten an zweiter Stelle, bei SO₂-Äquivalenten an zweitletzter Stelle steht.

Für das Cargo-Flugzeug sind weder vergleichbare Daten für den Verbrauch an Primärenergie noch für SO₂-Äquivalente verfügbar. Nach Angaben der Deutschen Lufthansa (2000) lassen sich Werte für die CO₂-Emissionen pro tkm errechnen, allerdings nicht für CO₂-Äquivalente. Anstatt der CO₂-Äquivalente werden für die Lufttransporte die 'Flug-Äquivalente' berechnet (**Tab. 2**).

Aus der Multiplikation des Umweltverbrauchs für die einzelnen Transportmittel mit der entsprechenden Verkehrsleistung ergibt sich der Umweltverbrauch für den Ernährungssektor Deutschland (**Tab. 3**). Insgesamt wurden 1996 etwa 157 PJ an **Primärenergie** für Lebensmitteltransporte in

Tabelle 2: Primärenergieverbrauch und Emissionen durch unterschiedliche Verkehrsmittel (GEMIS 2001, eigene Berechnungen nach Deutsche Lufthansa AG 2000^a)

	Primärenergieverbrauch	CO ₂ -Äquivalente	CO ₂	SO ₂ -Äquivalente
	MJ/tkm	g/tkm	g/tkm	g/tkm
LKW	1,7	135,4	130,7	1,0
Eisenbahn	0,6	40,2	36,4	0,1
Binnenschiff	0,4	33,6	30,7	0,3
Hochseeschiff	0,1	9,2	10,0	0,2
Cargo-Flugzeug	–	2041,2 ^b	756	–

– kein vergleichbarer Wert verfügbar

^a Cargo-Flugzeug: 240 g Kerosin pro tkm, 3,15 g CO₂ pro g Kerosin

^b 'Flug-Äquivalente', berücksichtigt werden hier neben CO₂ Wasser- und Stickoxidemissionen; deren Klimawirksamkeit wird auf das 2,7-fache der reinen CO₂-Emission geschätzt (IPCC 1999)

Tabelle 3: Primärenergieverbrauch und Emissionen durch Transporte für die Ernährung in Deutschland (Basisjahr 1996)

	Aufkommen	Leistung	Primärenergie			CO ₂ -Äquivalente			SO ₂ -Äquivalente		
			Mio. t	Mrd. tkm	PJ	%	Anteil gesamt	Mio. t	%	Anteil gesamt	1000 t
INLAND	391,1	64,1	91,0		58,2%	7,2		58,4%	54,0		47,9%
LKW	347,8	49,3	84,3	92,6		6,7	92,7		51,1	94,6	
Eisenbahn	14,9	4,7	2,7	3,0		0,2	2,6		0,2	0,5	
Binnenschiff	28,3	10,1	4,1	4,5		0,3	4,7		2,7	4,9	
EUROPA	42,3	20,3	23,5		15,0%	1,9		15,1%	14,6		12,9%
LKW	24,1	12,7	21,7	92,2		1,7	92,4		13,2	90,3	
Eisenbahn	1,7	0,9	0,5	2,3		0,0	2,0		0,0	0,3	
Binnenschiff	12,0	1,7	0,7	3,0		0,1	3,1		0,5	3,2	
Seeschiff	4,5	5,0	0,6	2,5		0,0	2,5		0,9	6,2	
ÜBERSEE	15,7	184,9	41,9		26,8%	3,3		26,6%	44,2		39,2%
LKW	a	12,5	21,4	51,0		1,7	51,7		13,0	29,4	
Seeschiff	15,7	172,3	20,6	49,0		1,6	48,3		31,2	70,6	
GESAMT	449,2	269,3	156,5		100,0%	12,3		100,0%	112,8		100,0%

^a ausschließlich Hafenanfahrten, das entsprechende Aufkommen entspricht demjenigen der Seeschifffahrt

und nach Deutschland aufgewendet. Über die Hälfte des Primärenergieverbrauchs entfällt auf Deutschland selbst, 15% auf Europa, knapp 30% auf Übersee. Sowohl in Deutschland als auch in Europa beruht der Primärenergieaufwand für Lebensmitteltransporte hauptsächlich auf den Transporten per LKW. Dagegen fallen bei Transporten aus Übersee zu etwa gleichen Teilen sowohl die Transporte per Seeschifffahrt als auch die Hafenanfahrten per LKW in den überseeischen Ursprungsländern ins Gewicht.

An **CO₂-Äquivalenten** wurden 1996 insgesamt etwa 12,3 Mio. t durch Transporte für die Ernährung in Deutschland emittiert. Diese Emissionen zeigen eine ähnliche Aufteilung auf die Herkunftsregionen und Transportmittel wie der Primärenergieverbrauch.

Die aufgrund der Ernährung emittierte Gesamtmenge an **SO₂-Äquivalenten** beträgt etwa 0,1 Mio. t. Davon ist knapp die Hälfte auf Inlandstransporte, etwa 13% auf Transporte aus Europa und knapp 40% auf Überseetransporte zurückzuführen. Bei den Inlands- bzw. Europatransporten machen die Transporte mittels LKW ebenfalls den weitaus größten Teil der Emissionen aus. Die Emissionen durch Transporte aus Übersee teilen sich hier etwa im Verhältnis 1:3 zwischen Hafenanfahrten per LKW und Seeschifffahrt auf.

Wird der Umweltverbrauch durch Transporte nach den einzelnen Verkehrsmitteln aufgeteilt, fällt der LKW mit über 80% des Primärenergieverbrauchs bzw. der emittierten CO₂-Äquivalente und etwa 70% der SO₂-Äquivalente ins Gewicht. Das Seeschiff hat einen Anteil von etwa 13% an der Primärenergie bzw. den CO₂-Äquivalenten sowie etwa 29% an den SO₂-Äquivalenten. Bahn und Binnenschiff spielen mit Anteilen von bis zu 3,2% nur eine untergeordnete Rolle bei den hier betrachteten Umweltindikatoren.

Die Transporte für die Ernährung verursachten für jeden **Einwohners Deutschlands** 1996 Primärenergie in Höhe von

1913 MJ und Emissionen in Höhe von 151 kg CO₂- bzw. 1,4 kg SO₂-Äquivalente (**Tab. 4**).

Werden die Umweltindikatoren auf ein kg des transportierten Lebensmittels (bzw. ernährungsrelevanten Gutes wie Dünge- oder Futtermittel) bezogen, fallen durchschnittlich **pro kg Lebensmittel** ein Verbrauch von 348 J Primärenergie sowie Emissionen von 27,5 g CO₂-Äquivalenten und 0,3g SO₂-Äquivalenten an (**Tab. 5**). Ein differenzierteres Bild zeigt sich allerdings, wenn die Herkunft der Lebensmittel berücksichtigt wird. So verursacht ein kg eines Lebensmittels aus dem Inland den 11- bis 28-fachen Umweltverbrauch im Vergleich zu Transporten aus Übersee. Wird ein kg Lebensmittel von Europa nach Deutschland transportiert, liegen die Werte um das 2- bis 3-fache höher als bei Transporten innerhalb Deutschlands. Der Unterschied zwischen Straße und Schiene bzw. Binnenschiff ist für den Inlandsbereich relativ gering. Dass der Unterschied geringer als erwartet ist, liegt daran, dass mit dem LKW innerhalb Deutschlands zwar weitaus mehr Energie pro tkm verbraucht wird als mit beiden anderen Verkehrsmitteln, mit dem LKW die Güter aber über erheblich kürzere Strecken transportiert werden (**Tab. 5**).

Bei diesen Berechnungen wird für den Transport aus Übersee ausschließlich das Seeschiff als Verkehrsmittel von Kontinent zu Kontinent herangezogen. Dies ist angesichts der Datenlage unumgänglich. Dennoch ist davon auszugehen, dass kleinere Mengen von Lebensmitteln als Luftfracht transportiert werden. Dies gilt insbesondere für leichtverderbliche Waren, wie z.B. Erdbeeren oder Spargel. Allerdings existieren für die Transporte über den Luftweg keine aktuellen Daten, die entsprechend der anderen Verkehrsträger eine vergleichbare Berechnung der Verkehrsleistung und Umweltindikatoren zuließen. So kann die Art des Frachtgutes (mit Angabe der Gütergruppen entsprechend der Verkehrsstatistik) für Luftfrachttransporte letztmals in einer Veröffentlichung für das Jahr 1987 unterschieden werden (Statistisches

Tabelle 4: Primärenergieverbrauch und Emissionen für das Jahr 1996 durch Transporte für die Ernährung eines Einwohners Deutschlands

	Aufkommen kg	Leistung tkm	Primärenergie MJ	CO₂-Äquivalente g	SO₂-Äquivalente g
INLAND	4780,3	783,5	1112,7	88050,2	660,5
LKW	4251,2	602,6	1030,0	81594,7	624,9
Eisenbahn	182,7	57,4	33,2	2310,4	3,0
Binnenschiff	346,3	123,4	49,6	4145,1	32,6
EUROPA	517,2	248,7	287,6	22746,4	178,2
LKW	295,1	155,2	265,2	21013,1	160,9
Eisenbahn	20,3	11,4	6,6	458,5	0,6
Binnenschiff	146,5	21,3	8,6	715,0	5,6
Seeschiff	55,3	60,8	7,3	559,8	11,0
ÜBERSEE	192,3	2259,4	512,6	40093,0	539,9
LKW	^a	153,0	261,4	20711,6	158,6
Seeschiff	192,3	2106,5	251,2	19381,5	381,3
GESAMT	5489,7	3291,6	1913,0	150889,7	1378,5

^a ausschließl. Hafenanfahrten, das entsprechende Aufkommen entspricht demjenigen der Seeschifffahrt

Tabelle 5: Primärenergieverbrauch und Emissionen für das Jahr 1996 durch Transporte eines kg Gut im Ernährungssektor

	Entfernung (km)		Primärenergie (J)		CO ₂ -Äquivalente (g)		SO ₂ -Äquivalente (g)	
		Ø ^a		Ø ^a		Ø ^a		Ø ^a
INLAND		163,9		233		18,4		0,1
LKW	141,7		242		19,2		0,1	
Schiene	314,4		182		12,6		0,0	
Binnenschiff	356,4		143		12,0		0,1	
EUROPA		480,9		556		44,0		0,3
LKW	525,9		899		71,2		0,5	
Schiene	562,2		325		22,6		0,0	
Binnenschiff	145,3		58		4,9		0,0	
Seeschiff	1100,9		131		10,1		0,2	
ÜBERSEE		11750,3		2666		208,5		2,8
LKW	795,4		1360		107,7		0,8	
Seeschiff	10954,8		1306		100,8		2,0	
GESAMT		599,6		348		27,5		0,3

^a Der Wert gibt den Durchschnittswert für ein beliebiges Lebensmittel an. Er errechnet sich durch Division der Gesamtmenge Primärenergie bzw. Emission des jeweiligen Herkunftsbereiches durch das entsprechende Aufkommen. Nur im Überseebereich werden die Werte für LKW und Seeschiff addiert, da hier beide Verkehrsmittel nacheinander eingesetzt werden und nicht alternativ.

Tabelle 6: Auswirkungen des unterschiedlichen Einsatzes von Seeschiff und Flugzeug bei Überseetransporten

Übersee	Aufkommen Mio. t	Leistung Mrd. tkm	CO ₂ Mio. t
ohne Flugzeug	15,70	184,80	3,19
LKW	^a	12,50	1,64
Seeschiff	15,70	172,30	1,55
mit Flugzeug	15,73	184,64	3,69
LKW	^a	12,5	1,64
Seeschiff	15,65	171,46	1,54
Flugzeug	0,08	0,67	0,51
Differenz	0,03	0,24	0,5

^a ausschließlich Hafenanfahrten, das entsprechende Aufkommen entspricht demjenigen der Seeschifffahrt

Bundesamt 1988). Im Folgenden wird mittels einiger Abschätzungen auf Grundlage dieser Daten die Größenordnung der Luftfrachttransporte im Ernährungssektor erfasst.

Im Jahr 1987 wurden per Luftfracht 40.441 t Güter für den Ernährungssektor über durchschnittlich 8.255 km (Durchschnittsentfernung für Obst- und Gemüsetransporte) (BVF o. J) importiert. Dies ergibt eine Verkehrsleistung von etwa 334 Mio. tkm. Von 1988 bis 1996 nahm die Gesamteinfuhr per Luftweg mindestens um 100% zu (Bundesministerium für Verkehr 1997). Wird diese Steigerung auch für Güter des Ernährungssektors angenommen, ergibt sich eine Verkehrsleistung von 668 Mio. tkm im Jahr 1996. Nach Multiplikation mit den spezifischen Emissionen von CO₂ bzw. von Flug-Äquivalenten (Tab. 2) für Cargo-Flugzeuge der Lufthansa ergibt sich für den Transport von Gütern aus dem Ernährungsbereich per Luftfracht nach Deutschland eine Emission von 0,5 bzw. 1,4 Mio. t CO₂ bzw. Flug-Äquivalenten. Dem entspricht etwa eine Emission von 0,6 bzw. 17 kg Emissionen pro Bundesbürger für das Jahr 1996.

Pro kg Lebensmittel entstehen bei einem Transport per Luftfracht bis zu 170 mal mehr Emissionen als beim Seeschifftrans-

port. Den spezifischen Flug-Äquivalenten durch den Transport per Luftfracht von 2041 g/tkm stehen etwa 40 g/tkm CO₂-Äquivalente für den Transport auf der Schiene gegenüber.

Um zu überprüfen, wie sich diese Flugzeugtransporte auf die Summe des durch Überseeimporte verursachten Umweltverbrauchs (bzw. CO₂-Emissionen) auswirkt, wird das ermittelte Verkehrsaufkommen durch Luftfracht von demjenigen der Seeschifffahrt abgezogen. Ausgehend von diesem Wert können die veränderte Verkehrsleistung und Emissionen der Seeschifffahrt neu berechnet werden (Tab. 6). Es werden die reinen CO₂-Emissionen berechnet. Als Entfernung wird der durchschnittliche Seeweg von 10.955 km angenommen.

Werden die Flugzeuge bei den Transporten aus Übersee einbezogen, liegt die Verkehrsleistung minimal unter dem Wert für ausschließlichen Transport per Seeweg. Dies ist auf den etwas kürzer angegebenen Luftweg im Vergleich zum Seeweg zurückzuführen. Dennoch ist die CO₂-Emission um 16% größer. Der Anstieg der Flug-Äquivalente beträgt 43%.

Dem Anteil von 0,5% am Verkehrsaufkommen durch Flugimporte an den gesamten Importen aus Übersee steht ein Anteil von 14% CO₂-Emissionen bzw. 30% Flug-Äquivalenten gegenüber. Pro kg Lebensmittel werden durch den Lufttransport etwa 0,6 kg reines CO₂ bzw. 17 kg Flug-Äquivalente freigesetzt, die Seeschifffahrt verursacht lediglich 0,1 kg CO₂-Äquivalente pro kg Lebensmittel.

3 Diskussion

Auch wenn der weitaus größte Teil der für den Ernährungssektor transportierten Güter (Verkehrsaufkommen) innerhalb Deutschlands anfällt (fast 90%), sind die mengenmäßig geringen Importe aus Übersee (per Seeschiff) wegen der großen Entfernung für mehr als zwei Drittel der Verkehrsleistung verantwortlich. Wird die Umweltwirksamkeit anhand der Indikatoren Primärenergie, CO₂- und SO₂-Äqui-

valente ermittelt, zeigt sich, dass etwa die Hälfte des Umweltverbrauchs im deutschen Ernährungssektor auf Transporte innerhalb Deutschlands entfällt. Dabei ist der Straßengüterverkehr Hauptverursacher. Dies liegt sowohl an den hohen spezifischen Faktoren für LKW, welche in die Berechnung der drei betrachteten Indikatoren eingehen, als auch an der großen Menge der per LKW transportierten Güter.

Diese Ergebnisse stehen zunächst scheinbar im Widerspruch dazu, dass nahezu 70% der Verkehrsleistung den Überseetransporten zuzurechnen sind (→ Teil I). Da jedoch der LKW hohe und das Seeschiff geringe spezifische Faktoren aufweist, erklärt sich die stärkere ökologische Relevanz der innerdeutschen Transporte.

Auch wenn insgesamt betrachtet der Umweltverbrauch durch Transporte im Zusammenhang mit Ernährung innerhalb Deutschlands am höchsten ist, so ist der Umweltverbrauch pro kg eines durchschnittlichen Lebensmittels für die ausschließlich innerhalb von Deutschland transportierten Güter am geringsten, was vor allem auf die geringen Entfernungen zurückzuführen ist. Dem entsprechend steckt hinter einer gewissen Menge an Lebensmitteln aus Übersee ein vielfach größerer ökologischer Aufwand. So verursacht ein Lebensmittel aus dem überseeischen Bereich trotz des prinzipiell geringeren Umweltverbrauchs des Seeschiffs einen über 5–28 mal höheren Verbrauch an Primärenergie und Ausstoß von Emissionen als diejenigen aus dem europäischen oder inländischen Bereich. Der Transport eines kg Lebensmittel von Europa nach Deutschland verursacht die gleichen CO₂-Emissionen wie 2,5 kg eines innerhalb Deutschlands transportierten Gutes. Für ein Lebensmittel aus Übersee (per Seeschiff) kann die 11-fache Menge innerhalb Deutschlands transportiert werden, für einen Transport per Flugzeug sogar fast die 90-fache.

Einer geringen Aufkommensmenge aus Übersee (3,5%) steht ein großer Anteil an Emissionen durch Transporte im Ernährungssektor gegenüber (27–39%). Der prinzipielle ökologische Vorteil des Hochseeschiffs wird – neben der großen Entfernung – durch die Hafenanfahrten per LKW im Ursprungsland reduziert. Diese sind für etwa die Hälfte (Primärenergie und CO₂-Äquivalente) bzw. ein Drittel (SO₂-Äquivalente) der Gesamtbelastung durch Überseetransporte verantwortlich.

Aufkommen, Leistung und Umweltverbrauch der Transporte für Importe aus Europa liegen bei Anteilen von 7–15% der jeweiligen Gesamtwerte. Damit verursachen sie sowohl eine geringere Verkehrsleistung als auch niedrigere Emissionen im Vergleich zu Transporten aus Übersee (aufgrund der geringeren Entfernung) oder dem Inland (aufgrund des geringeren Aufkommens). Trotzdem darf nicht übersehen werden, dass die Importe aus Europa aufgrund des hohen Anteils an Straßentransporten einen mehr als doppelt so hohen Umweltverbrauch im Vergleich zu innerdeutschen Transporten pro kg transportiertem Lebensmittel verursachen.

Theoretisch müssten bei Transporten aus Übersee oder Europa zusätzlich ein Teil der Transporte ab der deutschen Grenze hinzugerechnet werden. Dies würde die Emissionslast der überseeischen Produkte rein rechnerisch noch verstärken. Diese Emissionen sind jedoch im Bereich 'Inland' enthalten, wenn die Güter ab der Grenze mit einem deutschen LKW transportiert werden. Bei einem Weitertransport in einem auslän-

dischen LKW sind diese Teilstrecken in der vorliegenden Berechnung gar nicht berücksichtigt (→ Teil I). Bei einem Transport per Eisenbahn oder Schiff gibt es die Unterscheidung zwischen deutschen und ausländischen Verkehrsmitteln nicht. Hier sind alle transportierten Güter im Aufkommen des Bereichs 'Inland' enthalten.

Die Studie 'Landwirtschaft und Ernährung' der Enquete-Kommission 'Schutz der Erdatmosphäre' (Kjer et al. 1994) liefert als einzige vergleichbare Daten zu der vorliegenden Untersuchung. Danach wurden für das Jahr 1991 etwa 10,9 Mio. t CO₂-Äquivalente durch Transporte des Ernährungssektors emittiert, was die vorliegenden Ergebnisse von 12,3 Mio. t in der Größenordnung bestätigt. Die Differenz von etwa 1,4 Mio. t kommt einerseits durch aktuellere spezifische Faktoren für die Emissionen der einzelnen Verkehrsmittel, insbesondere für LKW, zustande. Andererseits treten bereits bei der Berechnung der Verkehrsleistung (→ Teil I) Unterschiede auf, die sich bei den ermittelten Emissionen widerspiegeln. Möglicherweise spielen die unterschiedlichen Basisjahre (1991 bzw. 1996) eine Rolle bei der Differenz.

Obwohl bezüglich des Verkehrsaufkommens nicht stark ins Gewicht fallend, kommt den Transporten mit dem Flugzeug eine besondere Bedeutung zu. Die vorliegende Berechnung der Flugzeugemissionen ist nur als grobe Abschätzung zu betrachten, da Daten der Lufthansa verwendet werden (weil keinerlei Daten seitens einer externen Quelle vorliegen). Andere Luftfrachtunternehmen sind bei diesen Daten nicht berücksichtigt. Weiterhin ist die sehr vage Einschätzung der Entwicklung im Zeitraum von 1988–1996 zu bedenken. Diese Überslagsrechnung zeigt jedoch, dass bereits geringe Aufkommensänderungen in der Luftfracht zu einem starken Anstieg der Treibhausgase führen.

Des Weiteren besteht Unsicherheit über die tatsächliche Klimawirksamkeit der beim Luftverkehr ausgestoßenen Substanzen. Die in den gegebenen Flughöhen emittierten Gase entfalten eine teilweise erheblich stärkere Klimawirksamkeit als bodennahe Emissionen, so dass insbesondere die ansonsten eher geringe Klimawirksamkeit von Stickoxiden und Wasserdampf in etwa die Größenordnung derjenigen von CO₂ erreichen kann. Von Seiten des *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) wird deshalb von einer 2,7-fachen Klimawirkung der Flugzeugemissionen (einschließlich Wasserdampf und Stickoxiden) im Vergleich zu einer bodennahen reinen CO₂-Emission ausgegangen (IPCC 1999). Dies wurde bei der Berechnung der Flugzeugemissionen als Flug-Äquivalente berücksichtigt. Die Abschätzung der Emissionen durch den Flugverkehr ist zwar mit Unsicherheiten belastet, zeigt jedoch, dass die ausschließliche Betrachtung von CO₂-Emissionen als Indikator sehr wahrscheinlich eine deutliche Unterschätzung der Umweltwirkung von Lufttransporten bedingt und dass die Transporte durch Flugzeuge erheblich größere ökologische Auswirkungen haben als andere Verkehrsmittel.

Auch die Berechnung der in Deutschland entstehenden Emissionen sind, insbesondere was den Straßenverkehr betrifft, mit weiteren Unsicherheiten belastet, die in Teil I erläutert wurden. Weder ausländische LKW, noch LKW mit einer Nutzlast unter 3,5 t bzw. einem zulässigen Gesamtgewicht unter 6 t wurden in die Berechnungen aufgenommen, da die neueren Statistiken keine differenzierten Angaben darüber

enthalten. Dies ist auch insofern unbefriedigend, als kleine LKW für etwa ein Viertel des Verbrauchs an Dieselmotorkraftstoff aller LKW (einschließlich derjenigen privater Haushalte) sowie 100% des Vergaserkraftstoffs (Benzin) verantwortlich sind (DIW 1999). Wie groß der Anteil ist, der auf den Ernährungssektor entfällt, ist weder für die kleinen noch die ausländischen LKW bekannt. Auch dies zeigt, dass es sich bei den errechneten Werten sehr wahrscheinlich um Untergrenzen der Verkehrsleistung und Emissionen handelt. Die tatsächlichen Emissionen des Straßenverkehrs liegen im Ernährungssektor demnach möglicherweise um einiges höher.

Die vorgestellten Ergebnisse verdeutlichen Folgendes:

- Für Aussagen über die Umweltwirkung der Transporte muss zwischen den Ebenen Verkehrsaufkommen, Verkehrsleistung und Emissionen unterschieden werden.
- Transporte für Güter des Ernährungssektors aus Übersee bedeuten einen erheblich größeren Umweltverbrauch als für europäische oder deutsche Güter.
- Der Luftverkehr spielt beim Transport importierter Produkte trotz wahrscheinlich geringer Aufkommensmengen bei den Emissionen eine wichtige Rolle.
- Der Straßengüterverkehr, insbesondere im Inland, ist Hauptverursacher der transportbedingten Emissionen im Ernährungsbereich.
- Da die Faktoren Menge, Entfernung und Wahl des Verkehrsmittels entscheidend sind für das Ausmaß der Emissionen, gilt es, diese für Einsparungen möglichst günstig zu kombinieren.

Mit Modifikationen dieser Faktoren und entsprechenden Auswirkungen auf die Emissionen beschäftigt sich der dritte und letzte Teil dieser Reihe.

Literatur

- Bundesministerium für Verkehr (1997): Verkehr in Zahlen 1997, Berlin
- BVF (Bundesverband deutscher Fruchthandelsunternehmen e. V.) (o.J.): Luftfracht - Brückenschlag zwischen Menschen und Märkten, Hamburg
- Brockmann KL, Stronzik M, Bergmann H (1999): Emissionsrechtehandel – eine neue Perspektive für die deutsche Klimapolitik. Umwelt- und Ressourcenökonomie, Heidelberg

- Deutsche Lufthansa AG (2000): Umweltbericht 1999/2000. Frankfurt a. M. <http://umwelt.lufthansa.com/de/datenzahlen.html> (18.09.01)
- DIW (Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung) (1999): Wochenbericht: Energieverbrauch im Verkehr in Deutschland – Verringerung der Wachstumsraten in den neunziger Jahren. <http://www.diw.de/deutsch/publikationen/wochenberichte/jahrgang99> (08.05.01)
- Fritsche U, Leuchtner J, Matthes FC, Rausch L, Simon H-H (1994): Gesamt-Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS). Version 2.1: Aktualisierter und erweiterter Endbericht. Selbstverlag, Darmstadt
- GEMIS (Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme) (2001): Software, Version 4.3
- Glossar GEMIS (Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme) (2001): <http://www.oeko.de/service/gemis/deutsch/glossary.htm> (18.09.01)
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (1995): Climate Change 1994 – radiative forcing of climate change and an evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenarios. University Press, Cambridge, USA
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (1996): Climate Change 1995. The science of climate change; contribution of working group I to the second assessment report of the IPCC. University Press, Cambridge, USA
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (1999): Aviation and the global atmosphere. University Press, Cambridge, USA: <http://www.grida.no/climate/ipcc/aviation/index.htm> (20.09.01)
- Kjer I, Simon KH, Zehr M, Zerger U, Kaspar F, Kramer P, Bossel H, Meier-Ploeger A, Vogtmann H (1994): Landwirtschaft und Ernährung – Teilbericht A. Quantitative Analysen und Fallstudien. In: Enquete-Kommission 'Schutz der Erdatmosphäre' des deutschen Bundestages, Studienprogramm, Band 1 Landwirtschaft, Teilband 2. Economica, Bonn
- Patyk A, Reinhardt GA (1997): Düngemittel – Energie- und Stoffstrombilanzen. Vieweg, Braunschweig
- Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (Hrsg) (1994): Umweltgutachten 1994. Metzler-Poeschel, Stuttgart
- Statistisches Bundesamt (1988): Verkehr, Fachserie 8, Reihe 6. Luftverkehr 1987. Kohlhammer, Stuttgart
- UBA (Umweltbundesamt) (1999): KEA: mehr als eine Zahl, Basisdaten und Methoden zum kumulierten Energieaufwand (KEA): <http://www.oeko.de/service/kea/index.htm> (1.05.01)
- ZMP (Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle für Erzeugnisse der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft) (1997): ZMP-Bilanz-Gemüse 1997. Bonn

Eingegangen und akzeptiert: 01. 10. 2001

Tagungsankündigungen

4th International Congress on Vegetarian Nutrition
April 8-11, 2002, Loma Linda University, Southern California

The congress will be held at Loma Linda University in Southern California, April 8-11, 2002. As did the first three congresses (1987, 1992, and 1997), this Congress will share the most recent findings relating to vegetarian nutrition and diets from around the world.

The web-site (<http://www.vegetariannutrition.org>) was created to provide all the necessary information you will need to submit abstracts (Deadline: early – November 15, 2001, final – January 31, 2002) and register for the conference.

To navigate throughout the site, use your mouse to point and click on selected headings to the left. If you need further information or have a question that is not answered on this site please not hesitate to contact the Fourth International Congress Chair, Joan Sabaté.

This Congress offers an outstanding opportunity for researchers and health professionals, educators and students to learn from each other in plenary sessions, workshops, poster sessions and social gatherings.

Further Information: <http://www.vegetariannutrition.org>