

Beitragsserie: Umweltmanagement an Hochschulen

Hrsg.: Prof. Dr. M. Matthies, Universität Osnabrück, Institut für Umweltsystemforschung, D-49069 Osnabrück

Teil I: Das Osnabrücker Umweltmanagement-Modell für Hochschulen (*UWSF 1/99, S. 55-62*)

Teil II: Die Energiebilanz der Universität Osnabrück (*UWSF 2/99, S. 105-117*)

Teil III: Die Verkehrsbilanz der Universität Osnabrück (*UWSF 3/99, S. 167-175*)

Teil IV: Ein Abfallkonzept für die Universität Osnabrück (*UWSF 4/99*)

Teil V: Das geplante Umweltinformationssystem der Universität Osnabrück (*UWSF 5/99*)

Teil III: Die Verkehrsbilanz der Universität Osnabrück

Ermittlung der Umweltbelastungen durch die Pendler und den Internen Verkehr

¹Peter Viebahn, ²Lutz Huischen, ¹Michael Matthies

¹Universität Osnabrück, Institut für Umweltsystemforschung, D-49069 Osnabrück

²Fachhochschule Osnabrück, FB Agrarwissenschaften, Postfach 19 40, D-49009 Osnabrück

Korrespondenzautor: Dipl.-Math., Dipl.-Systemwiss. Peter Viebahn; e-mail: Peter.Viebahn@usf.Uni-Osnabrueck.DE;
Internet: <http://www.usf.Uni-Osnabrueck.DE/projects/sue>

Zusammenfassung

Das "Osnabrücker Umweltmanagement-Modell für Hochschulen" sieht als zentralen Baustein die Durchführung einer Umweltprüfung von Hochschulen in Form einer Ökobilanz vor. Der vorliegende Beitrag zeigt die methodische und quantitative Aufstellung der Verkehrsbilanz für die Universität Osnabrück. Mittels der Software Umberto® wurden die Stoff- und Energieflüsse modelliert, die sich durch den Pendlerverkehr und den Internen Verkehr (Dienstreisen) der Hochschulangehörigen ergeben.

Danach werden 10.000 MWh pro Jahr an Energie allein durch den universitätsbedingten Verkehr verbraucht. Hauptverursacher ist zu 94% der Pendlerverkehr der 1.300 Bediensteten und 11.500 Studierenden; 6% entfallen auf die Dienstreisen. Am gesamten Energieverbrauch der Hochschule hat der Verkehr einen Anteil von 32% und liegt damit zwischen Stromverbrauch (25%) und Wärmeverbrauch (43%). In ähnlicher Relation bewegen sich die verkehrsbedingten CO₂-Emissionen. Mit 3.160 Tonnen pro Jahr betragen sie 31% der Gesamtemissionen der Universität und liegen damit zwischen wärmebedingten (27%) und strombedingten (42%) Emissionen.

Die durchschnittlich wöchentlich zurückgelegten Wege liegen mit 79 km/Studierende und 84 km/Bedienstete deutlich unter denjenigen vergleichbarer Hochschulen. Trotzdem sollte mittels eines Mobilitätsmanagements versucht werden, auch die verkehrsbedingten CO₂-Emissionen weiter zu reduzieren, um das Gesamtziel einer Reduktion um 25% erreichen zu können.

Schlagwörter: Betrieblicher Umweltschutz; Betriebsverkehrsplan; CO₂-Emissionen; Hochschule; Mobilitätsmanagement; Modal Split; Modellierung; Ökobilanz; Simulation; Stoff- und Energieflußanalyse; Umberto®, Umweltmanagement; Umweltprüfung; Universität Osnabrück; Verkehrsbilanz; Verkehrsströme

Abstract

The Traffic Balance of the University of Osnabrück: Calculation of the Environmental Impact which is Caused by the University's Commuters and Business Trips

One central aspect of the environmental management system for universities developed in Osnabrück is the environmental audit of universities, realized by an ecobalance. This article deals with modelling the material and energy flows caused by the University's commuters (staff and students), and by the business trips of employees, using the software Umberto®. The result is the University's traffic balance.

10,000 MWh of energy are consumed yearly by the University's traffic. 94% of the consumption is caused by commuters (1,300 employees and 11,500 students) and only 6% by business trips. Compared with the whole energy consumption of the University, the traffic's share is 32% and therefore lies between the electricity's share (25%) and that of heat (43%). Similarly related are the CO₂ emissions, caused by traffic (3,160 tons per anno). Compared with the whole CO₂ emissions of the University the traffic's share is 31%, thus putting it between the heat's share (27%) and that of electricity (42%).

Although the average weekly distance the University's commuters drive (79 km/student and 84 km/employer) is at the bottom of the range for other comparable universities, a transportation demand management for a further reduction of the traffic-caused CO₂ emissions should be implemented.

Keywords: Ecobalance; CO₂ emissions; employer trip reduction; environmental audit; environmental management; material and energy flow analysis; mobility management; modelling; operational transport planning; operational environmental protection; traffic balance; transportation demand management; Umberto®; simulation; University of Osnabrück

1 Einleitung

Im Rahmen der Entwicklung des "Osnabrücker Umweltmanagement-Modells für Hochschulen" (VIEBAHN und MATTHIES, 1999a) wurde eine umfangreiche Stoff- und Energieflußanalyse der Universität Osnabrück durchgeführt. Insgesamt wurden die Bereiche Energie, Verkehr, Wasser, Abwasser, Materialien und Abfälle betrachtet. Damit liegt erstmals für eine Universität in Deutschland eine umfassende Ökobilanz vor. Nach der Energiebilanz, die im zweiten Beitrag dieser Serie vorgestellt wurde (VIEBAHN und MATTHIES, 1999b), folgt in diesem Beitrag die Beschreibung der Verkehrsbilanzierung. Sie wurde mit folgenden Zielen durchgeführt:

- Es sollte ein Überblick über die bisher unbekanntenen Energieverbräuche und Emissionen des universitätsbedingten Verkehrs gegeben werden, um im folgenden Handlungsmaßnahmen zu deren Minderung formulieren zu können.
- Als Grundlage für die Berechnung der Stoff- und Energieflüsse sollte gleichzeitig eine Methode zur Erfassung des universitätsbedingten Verkehrsaufkommens erarbeitet werden, deren Ergebnisse mit der Ökobilanzierungssoftware Umberto® weiter verarbeitet werden konnten.
- Die Verbräuche und Emissionen aus dem Verkehrsbereich sollen denjenigen des Energiebereichs gegenübergestellt werden.

Wie bei der Energiebilanzierung sollten auch die Vorketten der Treibstoffe in die Berechnung mit einbezogen werden. Auf der Emissions-Seite waren angesichts des CO₂-Reduktionsziels der Universität insbesondere die CO₂-Emissionen als Basis für entsprechende Reduktionsszenarien von Interesse.

Betriebliche Verkehrsarten werden allgemein unterschieden in Personenverkehr (Pendler-, Interner- und Kundenverkehr) und Güterverkehr (Anliefer-, Betriebs- und Entsorgungsvverkehr) (KREITMAIER, 1996). Die Verkehrsbilanz der Universität Osnabrück beschränkt sich auf die Auswertung des Pendlerverkehrs und des Internen Verkehrs. Unter *Pendlerverkehr* sind hier die täglich zurückgelegten Wege der 1.300 Bediensteten und 11.500 Studierenden von ihrer Wohnung

zur Universität und zurück zusammengefaßt. Für die im Rahmen des Universitätsbetriebes erforderlichen Dienstreisen der Bediensteten wird der Begriff *Interner Verkehr* verwendet. Der gesamte Güterverkehr (z.B. Anlieferung von Waren zu den jeweiligen Fachbereichen oder die Abfuhr von Abfällen) und auch der Kundenverkehr als Teil des Personenverkehrs wurde nicht erfaßt, da sie im Vergleich zum Pendlerverkehr eher nachrangig sind.

2 Modellierung der verkehrsbedingten Energie- und Emissionsflüsse

2.1 Konzept der Verkehrsflußmodellierung

Im Gegensatz zur Energiebilanzierung können die Verkehrsdaten nicht gebäudebezogen, sondern nur auf die gesamte Hochschule bezogen erfaßt und ausgewertet werden. Ebenso können die Systemgrenzen nicht konkret festgelegt werden, da Verkehr nicht standortgebunden, sondern raumübergreifend wirkt. Die Systemgrenzen orientieren sich an den Verkehrsverursachenden (Studierende und Bedienstete) und den benutzten Verkehrsmitteln (zu Fuß, per Fahrrad, Pkw, Bus, Bahn oder Flugzeug). Entsprechend können verschiedene Maßstäbe betrachtet werden:

- der *lokale*, größte Maßstab, z.B. Dienstgänge
- der *regionale* Maßstab, z.B. Pendeln vom Wohnort zur Universität
- der *überregionale* Maßstab, z.B. die Dienstreise mit der Bahn
- der *globale*, kleinste Maßstab, z.B. die Dienstreise mit dem Flugzeug

Der kleinste Maßstab, d.h. hier die globale Ebene, legt die Systemgrenzen fest. Sie werden jedoch noch um die Vorketten der Energieerzeugung erweitert. Eine Übersicht über das Verkehrsflußkonzept zeigt **Abb. 1**. Auf Bilanzebene I werden zunächst die Energieverbräuche und die Emissionen berechnet, die direkt aus dem Verkehrsverhalten entstehen. In Bilanzebene II werden die indirekten Emissionen (aus den Vorketten) ergänzt, und Bilanzebene III stellt die gesamten verkehrsbedingten Emissionen (und Energieverbräuche) dar.

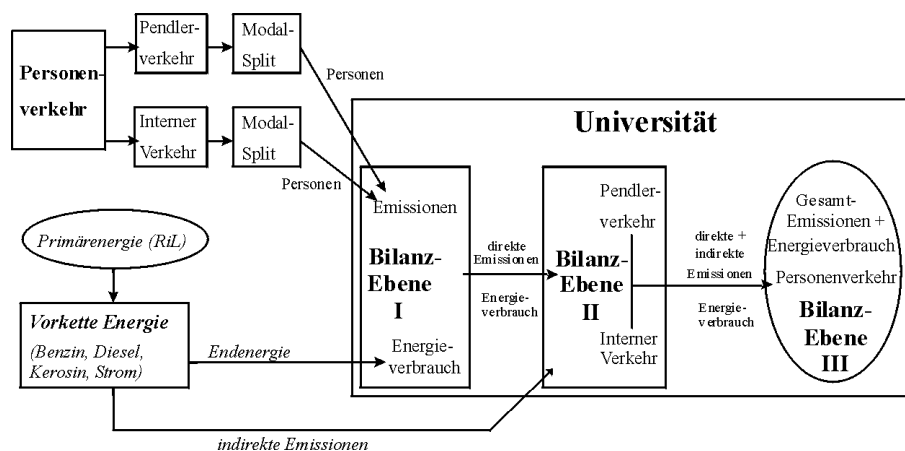


Abb. 1: Konzept der Verkehrsflußmodellierung der Universität Osnabrück

Verkehrsmittelwahl und zurückgelegte Entfernungen (Ebene I)

Die Anzahl der Pendler/innen (Studierende und Bedienstete) und der Personen, die sich auf einer Dienstreise befinden, bilden zunächst den Input der Verkehrsbilanz auf Ebene I. Von ihr hängen sämtlichen weiteren Berechnungen ab. Um den Output an Emissionen und die Energieverbräuche ableiten zu können, ist zunächst eine Aufteilung dieser Personen auf die unterschiedlichen Verkehrsmittel, ihre Pendlerhäufigkeit sowie die jeweils zurückgelegte Entfernung notwendig. Für Pendler- und Internen Verkehr werden dabei unterschiedliche Vorgehensweisen gewählt:

Hinsichtlich des *Pendlerverkehrs* besteht die optimale Lösung in der Durchführung einer statistisch abgesicherten Umfrage bei den Studierenden und Bediensteten. Da eine Umfrage im Rahmen des Projektes jedoch aus zeitlichen Gründen nicht möglich war, wurde auf externe Daten zurückgegriffen: Dem Verkehrsentwicklungsplan der Stadt Osnabrück (Stadt Osnabrück, 1992) konnte die allgemeine Verkehrsmittelwahl der Berufstätigen im Jahr 1993 entnommen werden, jeweils getrennt nach Stadt und Umland. Bezüglich der Studierenden wurde auf eine vom AStA im Jahr 1992 durchgeführte Untersuchung (BARTNIK, 1992) zurückgegriffen. In beiden Fällen wurde angenommen, daß das Wahlverhalten in den letzten Jahren in etwa konstant geblieben ist.

Zur Berechnung der zurückgelegten Entfernungen wurden sowohl für Studierende als auch für die Bediensteten die anonymisierten Wohnorte ausgewertet. Für jeden Postleitzahlbereich wurden die mittlere Entfernung zur Hochschule sowie die Anzahl der dort wohnenden Bediensteten ermittelt. Getrennt nach den beiden Personengruppen wurden die Werte zu je einer Durchschnittsentfernung für Pendler/innen aus dem Stadt- und aus dem Umlandbereich aggregiert.

Schließlich mußte noch die Pendlerhäufigkeit ermittelt werden. Für Bedienstete wurden die üblicherweise geltenden 220 Arbeitstage (44 Wochen) verwendet, wobei dieser Wert aufgrund der häufig unregelmäßigen Arbeitszeit im Wissenschaftsbereich Schwankungen unterliegen dürfte. Für Studierende wurden 140 Tage (28 Wochen) angenommen, was in etwa mit Untersuchungen an der Uni Dortmund und der ETH Zürich übereinstimmt.

Beim *Internen Verkehr* konnte die Verkehrsmittelwahl zum Teil vorliegendem Datenmaterial (z.B. Reisekostenabrechnungen) entnommen werden. Ein Problem besteht jedoch darin, daß nicht alle Reisen von Hochschulbediensteten innerhalb ihrer Dienststelle auch erfaßt werden. Dies ist z.B. dann der Fall, wenn die Reisekosten zu einer Tagung vom dortigen Veranstalter übernommen werden. Die durchgeführten Berechnungen sind daher eher zu niedrig ausgefallen. Auch die benutzten Verkehrsmittel konnten nicht immer eindeutig festgestellt werden.

Für beide Verkehrsarten war nun bekannt, mit welchem Verkehrsmittel wieviele Personen welche Durchschnittsentfernung zurückgelegt haben. Kombiniert mit den jeweiligen Durchschnittsverbräuchen und -emissionen pro Personenkilometer

(→ Kapitel 2.2), konnten nun der Gesamt-Energieverbrauch und die entstandenen Emissionen ermittelt werden.

Vorketten Energie (Ebene II)

Gemäß der Definition der Systemgrenzen wurden in der Bilanzebene II zusätzlich die indirekten Emissionen aus den Energie-Vorketten für Benzin, Diesel, Kerosin und Strom bilanziert (→ Kapitel 2.2). Unter *Vorkette Energie* sind die auf dem Weg von der Rohstoffgewinnung bis zur Übergabe an die Verkehrsmittel (z.B. Raffinerierung, Tankstelle, Oberleitung etc.) gebundenen Prozesse zusammengefaßt.

2.2 Simulation der Stoff- und Energieflüsse mit Umberto®

Die verkehrsbezogenen Stoff- und Energieflüsse wurden ebenso wie bei der Energiebilanzierung mittels der Ökobilanzierungs-Software Umberto® (SCHMIDT und HÄUSLEIN, 1997) modelliert. Dadurch ist die Vergleichbarkeit der Teilbilanzen gewährleistet, und es kann nach Aufstellung der gesamten Sachbilanz mit den dort integrierten Bewertungsverfahren eine Wirkungsabschätzung der Stoffflüsse vorgenommen werden. Eine Beschreibung der Software wurde bereits im Rahmen der Energiebilanzierung im letzten Beitrag gegeben. **Abb. 2** zeigt als Fortsetzung von **Abb. 1** das Verkehrsmodell in einer symbolisierten Darstellung von Umberto®.

Die Kreise symbolisieren "Lager", aus denen Materialien und Energie entnommen werden. Diese fließen in die als Rechtecke dargestellten Transitionen, in denen Umwandlungsprozesse beschrieben sind, und verlassen die Transitionen in veränderter Form. Für die Verkehrsmodellierung wurden vier Gruppen von Transitionen verwendet:

- In den Transitionen zur *Verkehrsmittelwahl* wird die oben beschriebene Aufteilung der Pendler/innen auf die verschiedenen Verkehrsmittel durchgeführt.
- In den Transitionen zur *Personenbeförderung*, die in Umberto® für Pkw, Linienbus, Bahn und Flugzeug vorhanden sind, sind die im Jahr 1996 aktuellen Energieverbräuche und Emissionen der jeweiligen Verkehrsmittel-Gruppe enthalten.
- Die Berechnung der *Vorketten* geschieht in den in Umberto® vorgegebenen Transitionen der Endenergiearten Benzin, Diesel, Kerosin und Strom (bundesdeutscher Strommix).
- Die *Zusammenführung der CO₂-Emissionen* besteht aus einfachen Additionen.

3 Ergebnisse

3.1 Verkehrsbilanz

Tabelle 1 zeigt die Verkehrsbilanz der Universität für 1996. Sie stellt auf der linken Seite alle Inputstoffe dar, die zur

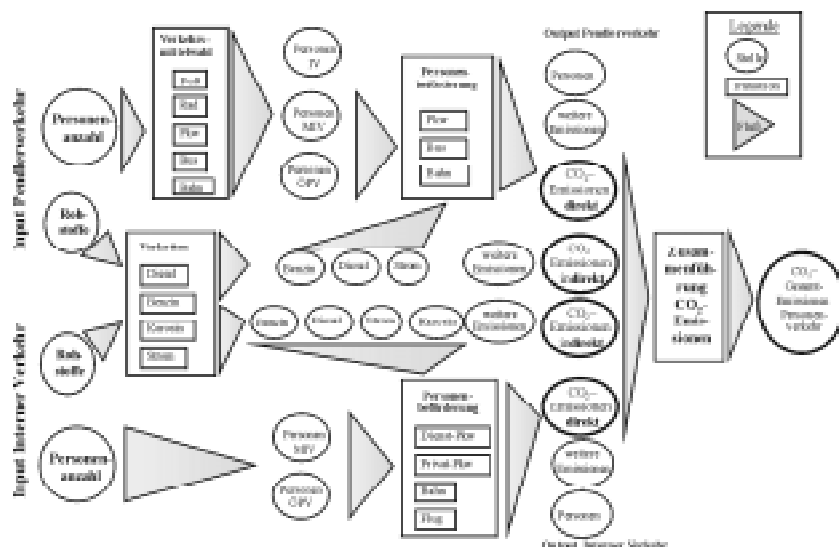


Abb. 2: Symbolisiertes Stoffstromnetz der Verkehrsflußmodellierung mit Umberto®

Energieversorgung der Transportvorgänge des Pendler- und Internen Verkehrs notwendig sind. Auf der rechten Seite sind die bei diesen Transporten anfallenden (direkten und indirekten) Emissionen aufgelistet.¹

Durch die Einbeziehung der Vorketten erscheinen auf der Inputseite die Primärenergieträger und nicht die Endenergiearten. Der Primärenergieverbrauch beläuft sich auf 12.272 MWh (hauptsächlich Erdöl sowie Rohstoffe für die Stromerzeugung). Davon werden 10.178 MWh bzw. 83% als Endenergie verbraucht (→ Tabelle 2), so daß 17% in den Vorketten verloren gehen. Hauptanteile haben Benzin und Diesel mit 64% bzw. 33%. Der Anteil von Strom für Bahnfahrten (1,5%) und Kerosin für Flugreisen (1,9%) spielt nur eine untergeordnete Rolle.

¹ Die auf beiden Seiten anfallenden "Personen" werden durch das Stoffflußnetz nur durchgeleitet und haben keine weitere Bedeutung. Die hohe Anzahl entsteht dadurch, daß jede Fahrt einer Person als Personeninput gerechnet wird.

Tabelle 1: Verkehrsbilanz der Universität Osnabrück 1996

Input			Output		
Material	Menge	Einheit	Material	Menge	Einheit
KEA (Kernenergie)	166	MWh	Abfälle		
KEA (Wasserkraft)		MWh	Abfälle zur Beseitigung (AzB)		
KEA, fossil gesamt	12.091	MWh	Sondermüll (AzB)	5	kg
KEA, unspesz.	6	MWh	Aschen u. Schlacken (AzB)	2.405	kg
Kühlwasser	3.110	m ³	Aschen u. Schlacken (AzV)	7.437	kg
Personen	1.979.212	Personen	Emissionen (Luft)		
Rohstoffe in Lagerstätten (RiL)			Staub (L)	816	kg
Energieträger (RiL)			Verbindungen, anorg. (L)		
Erdgas (RiL)	2.112	m ³	Ammoniak (L)	1	kg
Erdöl (RiL)	1.283.490	l	Chlorwasserstoff (L)	5	kg
Kohlen (RiL)			Distickstoffmonoxid (L)	11	kg
Braunkohle (RiL)	51	t	Fluorwasserstoff (L)	0	kg
Steinkohle (RiL)	15	t	Kohlendioxid (L)		
Nichtenergieträger (RiL)			Kohlendioxid, fossil (L)	3.162	t
Mineralien (RiL)			Kohlenmonoxid (L)	44.119	kg
Kalkstein (RiL)	1	t	Metalle (L)		
Wasser			Blei (L)	6	kg
Wasser, unspesz.	15	m ³	NOx (L)	17.908	kg
			Schwefeldioxid (L)	2.581	kg
			VOC (L)		
			Methan (L)	1.543	kg
			NMVOC (L)		
			NMVOC, unspesz. (L)	9.524	kg
			Mineralien		
			Gips (REA)	2.086	kg
			Personen	1.979.212	Personen
			VOC, unspesz. (L)	76	kg
			Wasser		
			Abwasser (Kühlwasser)	3.030	m ³
			Abwasser, unspesz.	4	m ³

RiL = Rohstoff in der Lagerstätte
KEA = Kumulierter Energieaufwand

Tabelle 2: Zusammensetzung der verkehrsbedingten Energieverbräuche 1996

	Benzin MWh	Anteil %	Diesel MWh	Anteil %	Strom MWh	Anteil %	Kerosin MWh	Anteil %	Gesamt MWh	Anteil %
Intern	304	5	72	2	49	32	197	100	622	6
Pendler	6.214	95	3.238	98	104	68	0	0	9.556	94
Gesamt	6.519	100	3.310	100	153	100	197	100	10.178	100

Dies erklärt sich aus dem hohen Anteil des Pendlerverkehrs am Gesamtverkehrsaufkommen: 94% des Energieverbrauches werden durch den Pendlerverkehr und nur 6% durch den Internen Verkehr verursacht. Der Grund sind die im Vergleich zu den Dienstreisen umfangreiche Anzahl an Verkehrsbewegungen der fast 13.000 Pendler/innen.

Die *Pendler/innen* können sowohl nach ihrem Quellort (innerhalb von Osnabrück = Stadtpendler/innen; außerhalb von Osnabrück = Umlandpendler/innen) als auch nach der Statusgruppe (Bedienstete/Studierende) weiter differenziert werden:

- 85% der Fahrten werden von den Stadtpendler/innen verursacht und nur 15% durch die Umlandpendler/innen – die Verhältnisse beim Energieverbrauch kehren sich jedoch um zu 14% bzw. 86%. Der Grund sind die unterschiedlichen durchschnittlichen Fahrtstrecken für Stadt- und Umlandpendler/innen von 7,5 km bzw. 65 km pro Hin- und Rückfahrt. Der spezifische Energieverbrauch spiegelt außerdem die Verkehrsmittelwahl wider: Umlandpendler/innen brauchen mit 438 Wh/pkm viermal so viel Energie, um einen Kilometer zurückzulegen, wie Stadtpendler/innen mit 107 Wh/pkm. Dies liegt an dem hohen Anteil des motorisierten Individualverkehrs (MIV) im Umlandverkehr begründet (→ *Tabelle 3*).
- Unterscheidet man weiter nach Studierenden und Bediensteten, sieht man, daß Studierende nicht nur erheblich weniger das Auto benutzen, sondern auch geringere Strecken zurücklegen: Normiert man auf eine Woche, fahren Studierende durchschnittlich 79 km, Bedienstete dagegen 84 km (→ *Tabelle 3*). Durch die Masse der Studierenden entfallen auf sie jedoch 83% der gesamten Verkehrsleistung.

Beim *Internen Verkehr* ist bemerkenswert, daß die Anzahl von 73 Flugreisen, die nur 1% aller Dienstreisen darstellen, alleine 40% des gesamten Energieverbrauchs verursachen. Die restlichen 99% der Fahrten verteilen sich zu 89% auf den MIV und nur zu 10% auf die Bahn.

Tabelle 3: Zurückgelegte Entfernungen der Pendler/innen 1996

Pendler	Anzahl Personen	Anwesenheit Wochen	Gesamtstrecke km/a	Persönliche Strecke		Anteil MIV Stadt %	Anteil MIV Umland %
				km/(p-a)	km/(p-w)		
Studierende	12.106	28	26.701.080	2.205	79	5	49
Bedienstete	1.248	44	4.621.584	3.703	84	41	86
Gesamt	13.354		31.322.664	2.346			

MIV = Motorisierter Individualverkehr

3.2 CO₂-Emissionen und ihre Verteilung

Gemäß des oben dargestellten Verkehrsflußmodells werden in *Tabelle 4* die verkehrsbedingten CO₂-Emissionen nach den drei Bilanz-Ebenen (→ *Abb. 1*) aufgeteilt dargestellt. Getrennt nach Pendler- und Internem Verkehr werden zunächst die direkten Emissionen der jeweiligen Verkehrsmittel angegeben (Ebene I). Ebene II zeigt die addierten direkten Emissionen sowie die Emissionen aus den Vorketten, und Ebene III enthält die Summe aller verkehrsbedingten CO₂-Emissionen der Universität, die auch auf der Outputseite von *Tabelle 1* verzeichnet sind.

Zunächst fällt auf, daß wie beim Energieverbrauch der Interne Verkehr mit nur 6%, der Pendlerverkehr jedoch mit 94% an den CO₂-Emissionen beteiligt ist. Weiterhin hat beim Pendlerverkehr der MIV mit 78% einen hohen Anteil an den (direkten) CO₂-Emissionen. Beim Internen Verkehr beträgt er zwar nur 63% (Privat- und Dienstwagen), dagegen fallen hier Flugreisen an, die allein 35% der CO₂-Emissionen verursachen. Unterscheidet man nach dem Entstehungsort, lassen sich die CO₂-Emissionen bei den Pendlern zu 18% den Vorketten der Energieerzeugung und zu 82% dem direkten Transportvorgang zuordnen. Beim Internen Verkehr beträgt das Verhältnis 27% zu 73%.

3.3 Vergleich von Verkehrs- und Energiesektor

Durch die Nutzung der Gebäude der Universität fallen Energieverbräuche in Form von Strom und Wärme sowie Emissionen bei ihrer Erzeugung an. Sie werden im folgenden mit den für den Verkehrssektor ermittelten Werten verglichen. Grundlage für die Vergleiche ist in Abweichung zu den oben gezeigten Bilanzen das Jahr 1994.²

² Bei den 96er Werten würden aufgrund des kalten Winters die Heizenergieanteile verfälscht dargestellt werden. Sie könnten zwar über die Gradzahltage normiert werden, dann kann man jedoch nicht mehr die absoluten Verbräuche vergleichen. Verkehrsbedingter Energieverbrauch und Emissionen sind jedoch von 1994 - 1996 praktisch konstant geblieben, da die Anzahl der Bediensteten zwar anstieg, die der Studierenden jedoch abnahm.

Tabelle 4: Verkehrsbedingte CO₂-Emissionen Universität Osnabrück 1996

		CO ₂ -Emissionen der drei Bilanz-Ebenen					
		Bilanz-Ebene					
		I		II		III	
		CO ₂ -Em./kg	Anteile/%	CO ₂ -Em./kg	Anteile/%	CO ₂ -Em./kg	Anteile/%
Pendler-Verkehr	MIV_CO ₂	1.913.134	78				
	ÖV_Bus_CO ₂	483.066	20				
	ÖV_Bahn_CO ₂	42.134	2				
	Summe	2.438.334	100	2.438.334	82		
	Vorkette gesamt			520.687	18		
	Summe			2.959.020	100	2.959.020	94
Interner Verkehr	DienstMIV_CO ₂	25.162	17				
	PrivatMIV_CO ₂	68.569	46				
	ÖV_Bahn_CO ₂	2.879	2				
	ÖV_Flug_CO ₂	51.314	35				
	Summe	147.924	100	147.924	73		
	Vorkette gesamt			55.391	27		
	Summe			203.315	100	203.315	6
	Summe			3.162.335		3.162.335	100

MIV = Motorisierter Individualverkehr, ÖV = Öffentlicher Verkehr
 DienstMIV = Dienstwagen, PrivatMIV = Privatwagen

Energieverbräuche und CO₂-Emissionen

Der gesamte 1994 durch die Universität induzierte Endenergieverbrauch betrug 30.924 MWh. Der Verkehr hatte daran einen Anteil von 10.032 MWh und liegt damit nach dem Wärmeverbrauch (13.091 MWh) an zweiter Stelle vor dem Stromverbrauch (7.801 MWh) (→ Abb. 3). Bezüglich der CO₂-Emissionen, von denen 1994 insgesamt 10.166 Tonnen verursacht wurden, dreht sich das Verhältnis von Strom und Wärme um: Hier liegt der Verkehrsbereich mit 3.119 Tonnen an zweiter Stelle nach dem Strombereich (4.278 Tonnen) und vor dem Wärmebereich (2.769 Tonnen). Der Stromsektor bleibt somit der größte CO₂-Emittent der Universität, während Wärme und Verkehr mit etwa gleichen Teilen folgen.

Weitere Emissionen

In der folgenden Tabelle werden weitere Emissionen verglichen. Die verkehrsbedingten Emissionen von Stickoxiden (NO_x), Kohlenmonoxid (CO) und leichtflüchtigen Kohlen-

wasserstoffen ohne Methan (NMVOC) der Universität sind erheblich höher als die energiebedingten. Insbesondere CO und NMVOC entstehen durch unvollständig ablaufende Verbrennungsvorgänge beim Verkehr; sie sind Ursache u.a. für die Zunahme des troposphärischen Ozons (Photosmog). NO_x trägt dadurch ebenfalls zum erhöhten Treibhauseffekt bei. (Enquete, 1994) Methan wiederum entsteht hauptsächlich bei der Gewinnung, Förderung und Verteilung von Brennstoffen. Sein hoher Anteil im Energiebereich ist durch den hohen Stromverbrauch verursacht.

Ebenso wie CO₂ entstehen diese Emissionen ebenfalls zum größeren Teil beim direkten Transportvorgang. Dies deutet auf einen wichtigen Unterschied zwischen Energie- und Verkehrssektor hin: Der Verkehrsbereich ist in den Städten der größte Einzelmittent (Enquete, 1994, S. 83). Durch die Emissionen trägt jede/r Verkehrsteilnehmer/in direkt zur regionalen Luftverschmutzung bei. Durch verkehrsvermeidende Maßnahmen kann daher die Luftqualität am (Stand)ort der Hochschule verbessert werden – im Gegensatz zu Maßnahmen zur Strom-

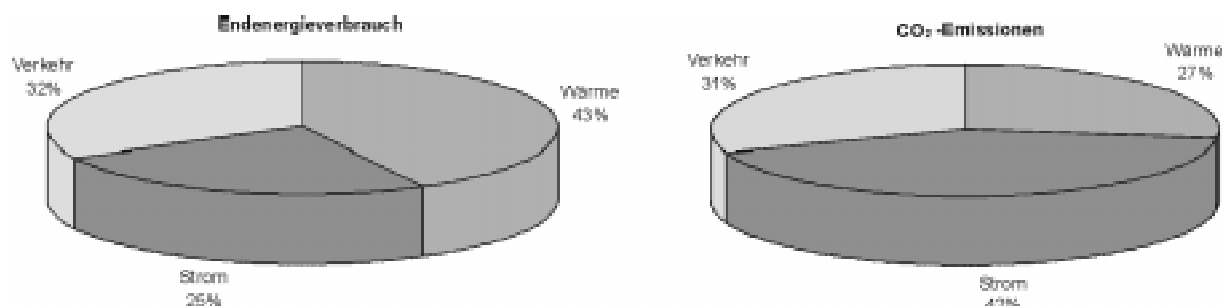


Abb. 3: Anteile von Strom, Wärme und Verkehr am Energieverbrauch und an den CO₂-Emissionen der Universität Osnabrück 1994

Tabelle 5: Vergleich weiterer Emissionen der Universität Osnabrück im Energie- und Verkehrssektor 1994

Schadstoffe	Energiebedingter Anteil / kg	Verkehrsbedingter Anteil / kg
NO _x	8.354	17.709
CO	3.015	43.367
NMVOG	522	9.370
Methan	11.489	1.521

einsparung, die zunächst der Region selber nicht zugute kommen. Diese Tatsache könnte als motivierender Faktor für ein Mobilitätsmanagement (→ Kapitel 4) genutzt werden.

3.4 Vergleich mit anderen Hochschulen

Der Bereich Verkehr ist das einzige Gebiet im "ressourcensparenden Umweltschutz", das in den letzten Jahren gleich an mehreren Hochschulen in Forschungs- oder Studienarbeiten untersucht wurde. Anders als in den "traditionellen" Sektoren Energie und Wasser, wo mehr oder weniger umfangreiche Daten in den Verwaltungen vorliegen, sind

Verkehrskennzahlen bisher nicht erhoben worden. Während zwischen den Hochschulen beispielsweise Energieverbräuche, bezogen auf die Hauptnutzfläche von Gebäuden, verglichen werden können³, ist diese für den Verkehrsbereich bisher nicht möglich gewesen. Für die folgende Darstellung wurden aus den Untersuchungen nur diejenigen Kennzahlen ausgewählt, die an mehreren Hochschulen ermittelt wurden und somit verglichen werden konnten. Sie sind allerdings in unterschiedlichen Jahren erfaßt worden.

Die einzelnen Kennzahlen werden im folgenden erläutert:

- An den Anfang der Betrachtung wurde die *Anwesenheitsdauer von Studierenden und Bediensteten* gestellt, da von ihr fast alle weiteren Größen abhängen. Insbesondere müssen die unterschiedlichen Vorlesungszeiten von Universität und Fachhochschule beachtet werden. Aber auch innerhalb der Hochschularten wird von unterschiedlichen Anwesenheitszeiten ausgegangen.

³ Die bisherigen Vergleiche sind allerdings nicht befriedigend, da mit dem Bezug nur auf die Hauptnutzfläche keinerlei weitere Charakterisierung eines Gebäudes möglich ist.

Tabelle 6: Vergleich von Verkehrskennzahlen verschiedener Hochschulen

	Einheit	Uni OL ^f	Uni OS	ETH Z ^f	FhW B ^f	Fh HH ^f	Fh PF ^f
Anwesenheitsdauer							
Studierende	w/a	30	28	30	34 ^a	36	39
Bedienstete	w/a	n.a.	44	48	45 ^a	n.a.	33 – 83 (?)
Pendlerverkehr^b							
Studierende	km/(p-a)	3.040	2.205	6.763	3.195	5.500	2.130
Bedienstete	km/(p-a)	5.048	3.703	8.194	6.235	5.500	5.030
Studierende spezifisch	km/(p-w)	101	79	225	94	152	55
Bedienstete spezifisch	km/(p-w)	n.a.	84	170	139	n.a.	114 ^c
Energieverbrauch Stud., spezifisch	Wh/km	436	(305) ^d	102	n.a.	(430) ^d	(702) ^d
Energieverbrauch Besch., spezifisch	Wh/km	478	(305) ^d	218	n.a.	(430) ^d	(702) ^d
Interner Verkehr							
Bedienstete	km/(p-a)	2.285	165	n.a.	859	n.a.	1.140
Vergleich Interner Verkehr/Pendlerverkehr (Entfernungen)							
Pendlerverkehr	tpkm/a	32.397	31.323	118.400	10.700	18.498	8.767
Interner Verkehr	tpkm/a	3.352	1.779	1.300	n.a.	1.534	460
Anteil Interner Verkehr	%	9,4	5,4	(1,1) ^e	n.a.	7,7	5
Vergleich Interner Verkehr/Pendlerverkehr (Energieverbrauch)							
Pendlerverkehr	MWh/a	19.990	9.556	16.417	n.a.	7.948	6.160
Interner Verkehr	MWh/a	1.313	622	n.a.	n.a.	n.a.	225
Anteil Interner Verkehr	%	6,2	6	n.a.	n.a.	n.a.	3,5
Vergleich Interner Verkehr/Pendlerverkehr (CO₂-Emissionen)							
Pendlerverkehr	t/a	6.282	2.959	3.878	n.a.	1.564	1620
Interner Verkehr	t/a	452	203	339	n.a.	n.a.	60
Anteil Interner Verkehr	%	6,7	6,4	8	n.a.	n.a.	3,7

^a Nachträglich erfragt

^b In der Anreiseentfernung sind auch die zurückgelegten Wege der Fußgänger und Fahrradfahrer enthalten

^c Als Mittelwert wurden hier 44 Wochen gewählt, was einer durchschnittlichen Arbeitszeit von 220 Tg. entspricht

^d Die Werte konnten nicht nach Studierenden und Bediensteten getrennt berechnet werden

^e Nur eingeschränkt vergleichbar, da nur Fahrten mit eigenen Dienstwagen erfaßt

^f Quellen: Universität Oldenburg (BÖHMER und JANTZEN, 1998); Eidgenössische Technische Hochschule Zürich (ETHZ, 1995); Fachhochschule für Wirtschaft Berlin (FHW Berlin, 1997); Fachhochschule Hamburg (GOTTSCHICK, 1997); Fachhochschule Pforzheim (KURZ und WEBER, 1996)

n.a. = nicht angegeben

P = Person, a = Jahr, w = Wochen, pkm = Personen-km, tpkm = tausend pkm

- Bei der jährlich *pro Person zurückgelegten Entfernung* ergeben sich Werte von 2.130 - 6.763 km/(p·a) für Studierende und 3.798 - 8.194 km/(p·a) für Bedienstete. Die Uni Osnabrück liegt jeweils im unteren Bereich der Werte. Im Vergleich mit der benachbarten Universität Oldenburg haben die Osnabrücker Hochschulangehörigen um ca. ein Drittel kürzere Wege zurückzulegen. Durchgehend ist zu beobachten, daß Bedienstete pro Jahr größere Anfahrtswege als die Studierenden haben (nur in der FH Hamburg wurden mangels Daten gleiche Werte angesetzt).
- Die *zurückgelegte jährliche Entfernung* wurde als nächstes auf eine Woche *normiert*, um die Unterschiede zwischen Studierenden und Bediensteten und auch die allgemeinen Berechnungsunterschiede herauszurechnen. Die Werte der Studierendenentfernung gleichen sich somit etwas näher an und bewegen sich zwischen 55 km/(p·w) und 225 km/(p·w). Für die Bediensteten ergeben sich wöchentliche Entfernungen von 84 km/(p·w) bis 170 km/(p·w). Auffallend sind die langen Wege in Zürich und Hamburg, was sicherlich mit der Größe der Städte zu erklären ist. Mit den Werten für Osnabrück wird wieder einmal die "Stadt der kleinen Wege" bestätigt. Im Vergleich zu Oldenburg sind die Wege um ca. 25% geringer bei etwa gleicher Größe der Städte. Auch die Werte für Studierende und Bedienstete nähern sich weiter an. In Zürich dreht sich das Verhältnis der Entfernungen allerdings um.
- Auch die normierte Darstellung kann ein verfälschtes Bild ergeben, da die Umweltbelastung nicht nur durch die Länge der Wege, sondern auch durch den dabei benötigten Energieaufwand verursacht werden. Als weitere Kennzahlen werden daher die *spezifischen Energieverbräuche* der Studierenden und Bediensteten (Wh/km) verglichen. Getrennt nach Studierenden und Bediensteten wurden sie jedoch nur an der ETH Zürich angegeben bzw. konnten aus der Bilanz der Uni Oldenburg berechnet werden. Für die anderen Hochschulen wurde der Gesamtwert gebildet. Für Zürich und Oldenburg zeigt sich, daß die Bediensteten mehr Energie pro gefahrenem Kilometer verbrauchen als die Studierenden, was auf eine vermehrte Benutzung des PKW schließen läßt. Bezieht man die (Gesamt)Werte der anderen Hochschulen mit ein, liegen Oldenburg, Osnabrück und Berlin im Mittelfeld, während in Zürich mit 100 - 200 Wh/km am umweltfreundlichsten und in Pforzheim mit 702 Wh/km am meisten energieverbrauchend gefahren wird.
- Diese Einschätzung hätte sich auch aus der Betrachtung der *Verkehrsmittelwahl* ergeben werden. Sie wurde in der obigen Übersicht nicht mit aufgenommen, da sie in den einzelnen Hochschulen auf unterschiedlichste Weise und mit unterschiedlich feiner Auflösung ermittelt wurde. Zum Teil existieren vier Datenreihen wie an der Uni Osnabrück mit Unterscheidung zwischen Studierenden und Bediensteten sowie zwischen Wohnort außer- und innerorts, zum Teil gibt es nur einen Wert für alle Hochschulangehörigen wie an der FH Hamburg. Die Untersuchungen der Uni Oldenburg, ETH Zürich und FH Pforzheim kommen wie die Bilanz der Uni Osnabrück

zum Ergebnis, daß der MIV bei den Bediensteten einen signifikant höheren Anteil am Modal-Split hat als bei den Studierenden. Dies hat seinen Grund sicherlich auch an den höheren Kosten, zeigt aber, daß durchaus eine umweltfreundlichere Anreise möglich ist.

- Beim *Internen Verkehr*, dessen Werte nicht für alle Hochschulen vorlagen, ergaben sich Entfernungen von 165 - 2.285 km/(p·a). Bei ihrer Berechnung bestehen jedoch große Unsicherheiten, so daß ein Vergleich nur eingeschränkt möglich ist.
- Die folgenden Kennzahlen mit den absoluten Daten über die zurückgelegte Entfernung, die dabei verbrauchte Energie und die entstandenden CO₂-Emissionen ermöglichen einen *Vergleich zwischen Pendlerverkehr und Internem Verkehr*. Allerdings ist zu beachten, daß mangels Daten jeweils nur ein Teil der Dienstreisen erfaßt worden ist. Von den untersuchten Hochschulen hat der Interne Verkehr trotz dieser Einschränkung einen Anteil von 5 - 9,4% an den insgesamt zurückgelegten Entfernungen, zwischen 3,5 und 6,2% am gesamten Energieverbrauch und zwischen 3,7 und 8% an den CO₂-Emissionen. Die Uni Osnabrück liegt im Mittelfeld der betrachteten Hochschulen.

4 Fazit

Die oben dargestellten Ergebnisse zeigen, daß der Verkehrsbereich mit seinem Anteil von mindestens 30% an den Energieverbräuchen und Emissionen der Universität ein nicht zu vernachlässigendes Element innerhalb des Umweltmanagements ist. Insgesamt ist es jedoch fraglich, ob im Verkehrsbereich ebenso wie beim Energieverbrauch eine angestrebte Reduktion der CO₂-Emissionen um 25% überhaupt umzusetzen ist. Im Gegensatz zum Energiesektor, in dem die Universität über eine Reduzierung ihrer Strom- und Wärmeverbräuche relativ selbstständig entscheiden kann, kann sie das Verkehrsmittelwahlverhalten im Prinzip nicht direkt beeinflussen. Zunächst ist es die Masse an Personen, die bewegt werden will. Die Stadtpendler/innen fahren jedoch schon relativ umweltfreundlich und tragen nur 15% zum Energieverbrauch bei. 85% des Verbrauchs entstehen durch die Pendler/innen aus dem Umland, und die Universität hat zunächst keine Möglichkeit, den Bahn- und Busverkehr in der Region zu verbessern. Es gäbe jedoch einige indirekte Möglichkeiten, die zu einem umfassenden Mobilitätsmanagement gebündelt werden sollten.

Hinsichtlich des *Pendlerverkehrs* sollten die universitätseigenen Parkmöglichkeiten bewirtschaftet werden. Die Einnahmen aus den Parkgebühren sollten allen Hochschulangehörigen zugute kommen. Bei den Studierenden könnte dies geschehen über eine Umlage der Einnahmen auf das Semester ticket. Dadurch würde für alle die Nutzung der Stadtbusse verbilligt. Gleichzeitig könnte auch der Fahrradverkehr gefördert werden, indem z.B. diebstahlsichere und überdachte Fahrradständer aufgestellt würden. Für die Bediensteten sollte das Job-Ticket der Stadtwerke eingeführt werden, das eben-

falls über die Parkplatzgebühren teilfinanziert werden könnte. Alle Schritte sollten durch umfangreiche Informationsmaßnahmen begleitet werden. Denkbar wären z.B. eine elektronische Fahrplanauskunft oder eine Mitfahrbörse über das hochschuleigene Intranet. Insgesamt sollten die Maßnahmen in einen Betriebsverkehrsplan münden, wie ihn inzwischen auch Unternehmen aufstellen (siehe z.B. VCD, 1996)

Nicht vernachlässigt werden sollte der *Interne Verkehr*. Auch wenn er nur zu 6% an den CO₂-Emissionen beteiligt ist, können auch diese weiter reduziert werden. Auffallend ist der hohe Anteil des motorisierten Individualverkehrs mit 50 - 60%, obwohl nach dem Bundesreisekostengesetz allgemein das kostengünstigste Verkehrsmittel zu wählen ist, das in der Regel die Bahn ist. Die Flugreisen dürften noch zu niedrig angesetzt sein; hier wären jedoch ebenfalls noch Reduktionspotentiale gegeben, wenn zumindest die Kurzstreckenflüge, die hohe Emissionen verursachen, durch Bahnfahrten ersetzt würden. Gerade für den Internen Verkehr wäre es sinnvoll, ein Auskunftssystem zu installieren, mit dem die Nutzer/innen eine optimale Reiseplanung durchführen können (Verbindungen suchen, Fahrkarten bestellen, Dienstreiseanträge und -abrechnungen automatisieren). Weiterhin könnte zunächst geprüft werden, ob die gewünschten Ergebnisse einer Dienstreise nicht auch über andere Kommunikationswege, z.B. Telefon oder e-mail, erreicht werden können. Weitere Tele-Kooperationsinstrumente sind in der Erprobung (TROTTEBERG, 1996).

Ein anderer Weg wäre eine Anrechnung der Reduktionsmengen aus dem Strom- und Wärmebereich mit dem Verkehrsbereich. Dies hätte zur Folge, daß erheblich mehr CO₂-Emissionen im Energiebereich reduziert werden müssen als geplant. Ziel sollte sein, die finanziellen Mittel möglichst effektiv zur CO₂-Reduktion einzusetzen. Dazu muß z.B. abgeschätzt werden, wie teuer es ist, eine Tonne CO₂ durch Einführung des Jobtickets zu reduzieren im Vergleich zur Umstellung der Energieversorgung auf Blockheizkraftwerke. Durchgeführt werden sollte die effizienteste und kostengünstigste Lösung. Die Berechnung entsprechender Szenarien kann über das vorhandene Energie- und Verkehrsflußnetz in Umberto® erfolgen.

Als Folgerung aus dem *Vergleich der Hochschulen* ergibt sich, daß dringend eine Standardisierung für die Erstellung von Verkehrsbilanzen nötig ist. Dies betrifft z.B. die Datenerhebung (sowohl der Pendlerdaten als auch der des Internen Verkehrs), die verwendeten Emissionsfaktoren, die erstellten Kennzahlen und auch die Wirkungsbilanzierung. Bei den obigen Bilanzierungen sind z.B. die verschiedensten Emissionsfaktoren verwendet worden, wobei nicht klar wird, ob die Vorketten mit einbezogen wurden oder nicht. Andererseits sind an jedem Hochschulstandort unterschiedliche Bedingungen vorhanden, die Einfluß auf das Verkehrsverhalten haben (Einzugsgebiet, Hochschulgröße, Topologie, Semesterticket, Fahrpreise, Witterung), so daß unterschiedliche Umfragen nötig wären. Daher müßten Werte evtl. normiert werden, um z.B. den Einfluß von ungünstiger Witterung oder Lage auf den Modal-Split ausgleichen zu können. An sämtlichen Hochschulen wurden die Energieverbräuche und Emissionen zudem im Gegensatz zur Universität Osnabrück

manuell berechnet, so daß auch hier Handlungsbedarf bzgl. geeigneter, einfach zu bedienender Software besteht.

5 Literatur

- BARTNIK, S. (1993): Semesterticket: Was gibt es Neues? In: AStA-Zeitung Universität Osnabrück, 4/1993, Osnabrück, S. 24-26
- BÖHMER, N.; JANTZEN, J. (1998): Ökobilanz der Uni Oldenburg. Teilbereich Verkehr. In: Schriftenreihe des Lehrstuhls für Allgemeine BWL, Unternehmensführung und Betriebliche Umweltpolitik, Beitrag 25. Oldenburg
- Enquete (1994): Mobilität und Klima. Wege zu einer klimaverträglichen Verkehrspolitik. Hrsg: Enquete-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre" des 12. Deutschen Bundestages. Economica, Bonn
- ETHZ (1995): Emissionsbetrachtungen der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich, Zürich, S. 24-39
- FHW Berlin (1997): Erster Umweltbericht 1996/97 der Fachhochschule für Wirtschaft Berlin. Berlin
- GOTTSCHICK, M. (1997): Entwicklung eines Umweltkennzahlensystems für Hochschulstandorte. Anwendung auf ausgewählte Standorte der Fachhochschule Hamburg. In: Ingenieurbüro für Sozial- & Umweltbilanzen (Hrsg.): Umweltmanagement für die Fachhochschule Hamburg, Teil 1. Hamburg
- KREITMAIER, G. (1996): Der Aspekt Verkehr im betrieblichen UMS. In: TÜV-Umweltmanagement-Berater. 3. Aktualisierung. S. 1-33
- KURZ, R.; WEBER, R.-W. (1996): Ökobilanz der Hochschule Pforzheim. Pforzheim
- SCHMIDT, M.; HÄUSLEIN, A. (1997): Ökobilanzierung mit Computerunterstützung. Produktbilanzen und betriebliche Bilanzen mit dem Programm Umberto. Springer, Berlin
- Stadt Osnabrück (1992): Verkehrsentwicklungsplan Osnabrück. Stadtplanungsamt, Osnabrück
- TROTTEBERG, U. (1996): Tele-Kooperation zwischen New York und Sankt Augustin. In: GMD-Forschungszentrum Informationstechnik GmbH (Hrsg.): Der GMD-Spiegel, Ausgabe 4/1996, Informationstechnik für die Umwelt, Sankt Augustin, S. 65-68.
- VCD (1996): Mobilitätsmanagement in Betrieb und Verwaltung. Hrsg: Verkehrsclub Deutschland. Bonn
- VIEBAHN, P.; MATTHIES, M. (1999a): Das Osnabrücker Umweltmanagement-Modell für Hochschulen – von den Umweltleitlinien bis zur Mitarbeiterbeteiligung (Überblick über die zehn Elemente); Beitragsserie: Umweltmanagement an Hochschulen, Teil. UWSF – Z. Umweltchem. Ökotox. 11 (1) 55-62
- VIEBAHN, P.; MATTHIES, M. (1999b): Die Energiebilanz der Universität Osnabrück. Analyse der Energieflüsse und Folgerungen. Beitragsserie: Umweltmanagement an Hochschulen, Teil II. UWSF – Z. Umweltchem. Ökotox. 11 (2) 105-116

Eingegangen am: 23.03.1999

Akzeptiert am: 24.03.1999