

SCHUTZVERBAND ÖSTERREICHISCHER AUTOBUSUNTERNEHMUNGEN



Umweltverträglichkeit des Autobusses

Analyse der Umweltwirkungen verschiedener
Verkehrsmittel in Österreich

Wien, Juli 2005 (Kurzfassung)



Impressum

Titelfoto mit freundlicher Genehmigung des RDA/NEOMAN/UNESCO Weltkulturerbe Kloster Maulbronn

Herausgeber: Schutzverband österreichischer Autobusunternehmungen, Wiedner Hauptstraße 63, A-1045 Wien;
Telefon: +43 (0)5 90 900-3170; Fax: + 43 (0)5 90 900-283, Redaktion: Mag. Paul Blachnik

Kurzfassung der Studie

“Umweltverträglichkeit des Autobusses“

Analyse der Umwelteinwirkungen verschiedener Verkehrsmittel in Österreich

Studie erstellt durch das IFEU-Institut Heidelberg, 2005;
im Auftrag des Schutzverband
österreichischer Autobusunternehmen

Wie umweltfreundlich ist der Autobus? Diese Frage ist bei mehr als 530.000 Reisen mit dem Bus und mehr als 10 Mio. Teilnehmern von Busfahrten im Jahr 2003 nicht nur für die Branche sondern auch verkehrs- und umweltpolitisch von großem Interesse. In den bisherigen Studien zum Thema Verkehr wurde der Autobus meist nur am Rande und nur unzureichend in die Berechnungen und Vergleiche einbezogen. Die spezifischen Eigenschaften der Autobusse und der Busreisen waren bisher nur ungenügend untersucht. Diese Lücke wird durch die vorliegende Studie gefüllt.

Der Schutzverband hat Anfang 2005 das unabhängige und renommierte IFEU-Institut in Heidelberg mit der Erarbeitung einer Studie zur Umweltbilanz des Autobusses beauftragt. Das IFEU-Institut hat in der Vergangenheit vielfältige Untersuchungen u. a. zur Thematik Verkehr, Verkehrsmittel und Emissionen durchgeführt. Auftraggeber waren u. a. die Europäische Union, das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, das deutsche Umweltbundesamt, die Deutsche Bahn AG und der World Wide Fund For Nature (WWF).

Welche Verkehrsträger werden verglichen?

In der Studie wird der Autobus mit den Verkehrsträgern Bahn, Pkw mit Otto- bzw. Dieselmotor und dem Flugzeug verglichen. Die Vergleichsgrundlage bilden dabei auch unterschiedliche typische Reiseentfernungen.

Was ist die Umweltbilanz?

Die Studie befasst sich mit den Umweltwirkungen, die aus heutiger Sicht für Verkehrsmittel relevant sind. In dieser Untersuchung wird der Vergleich der ökologischen Wirkungen von Schadstoffen mittels verschiedener, so genannter Umweltwirkungskategorien vorgenommen, welche die bisherigen Betrachtungen von einzelnen Schadstoffen - oder Schadstoffgruppen ablöst.

Die unterschiedlichen Umweltwirkungskategorien weisen in ihrer Relevanz für die Umwelt große Unterschiede auf:

Der Primärenergieverbrauch

An erster Stelle steht der Primärenergieverbrauch als Faktor für die energetische Ressourceneffizienz. Die fossilen Energie-Ressourcen sind auf der Erde nicht unendlich verfügbar und müssen deshalb zunehmend „geschont“ werden. Um die sehr unterschiedlichen einzelnen Energieträger Dieselkraftstoff, Benzin bzw. Superbenzin, elektrischen Strom und Kerosin vergleichen zu können, wird eine einheitliche Bezugsbasis erforderlich - die Primärenergie. Denn die Energieträger der einzelnen Verkehrsmittel haben einerseits einen unterschiedlichen Energiegehalt je Liter oder Kilogramm, andererseits unterscheidet sich auch schon der energetische Aufwand für die Förderung, den Transport, die Herstellung (Kraftstoffe in der Raffinerie, Strom im Kraftwerk) und die Verteilung erheblich.

Die Primärenergie wird üblicherweise in (Mega)-Joule angegeben; zur besseren Übersichtlichkeit werden im folgenden diese Primärenergienmengen in Liter Diesel-äquivalente umgerechnet.

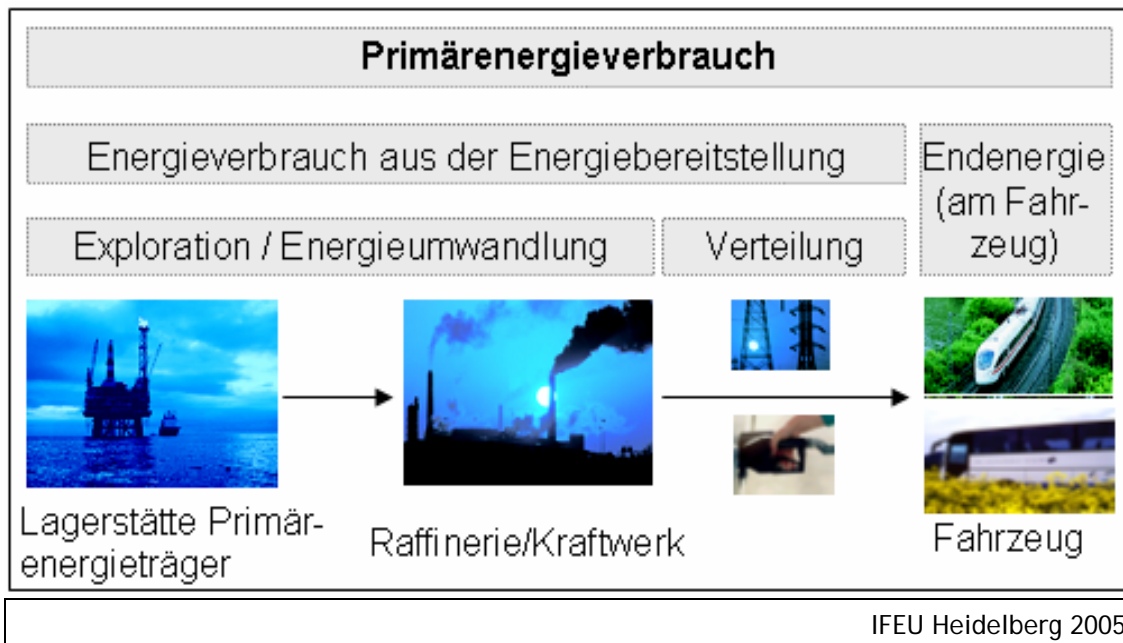


Abb. 1: Primärenergieverbrauch nach „Fahrzeug“ und „Energiebereitstellung“

Der Treibhauseffekt

Gekoppelt mit dem Energieverbrauch ist durch die Verbrennung von Kraftstoff in den Motoren bzw. von Brennstoffen in den Kraftwerken (elektrischer Strom) der sogenannte Treibhauseffekt. Vor allem durch das bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe entstehende Kohlendioxid (CO₂) wird indirekt eine zunehmende Erwärmung der Erdatmosphäre verursacht, die das gesamte Weltklima verändern kann. Der Treibhauseffekt wird bei der Energiewandlung hauptsächlich durch das emittierte Kohlendioxid - CO₂ - bewirkt, aber auch andere Stoffe wie Methan und Distickstoffoxid spielen eine gewichtige Rolle.

Die für die Verkehrsmittel relevanten Treibhausgas-Emissionen werden als CO₂-Äquivalente - ausgedrückt als Gramm CO₂-Äquivalente - zusammengefasst und im Vergleich betrachtet. Die untersuchten Straßenverkehrsmittel werden in der Regel überwiegend mit fossilen Energieträgern betrieben, die in den Motoren verbrannt werden, so dass ein direkter Zusammenhang zwischen dem Primärenergieverbrauch und dem verursachten Treibhauseffekt besteht. Regenerative Energien wie z.B. die Wasser- und Windkraft bzw. Biogas etc. verursachen keine Kohlendioxidemissionen und schonen somit das Klima.

Der Treibhauseffekt kann nach heutiger wissenschaftlicher Einschätzung durch die unabsehbaren Änderungen auf das Weltklima auch zu Auswirkungen auf die Lebensbereiche aller Lebewesen und damit der Lebensgrundlagen der Menschen führen.

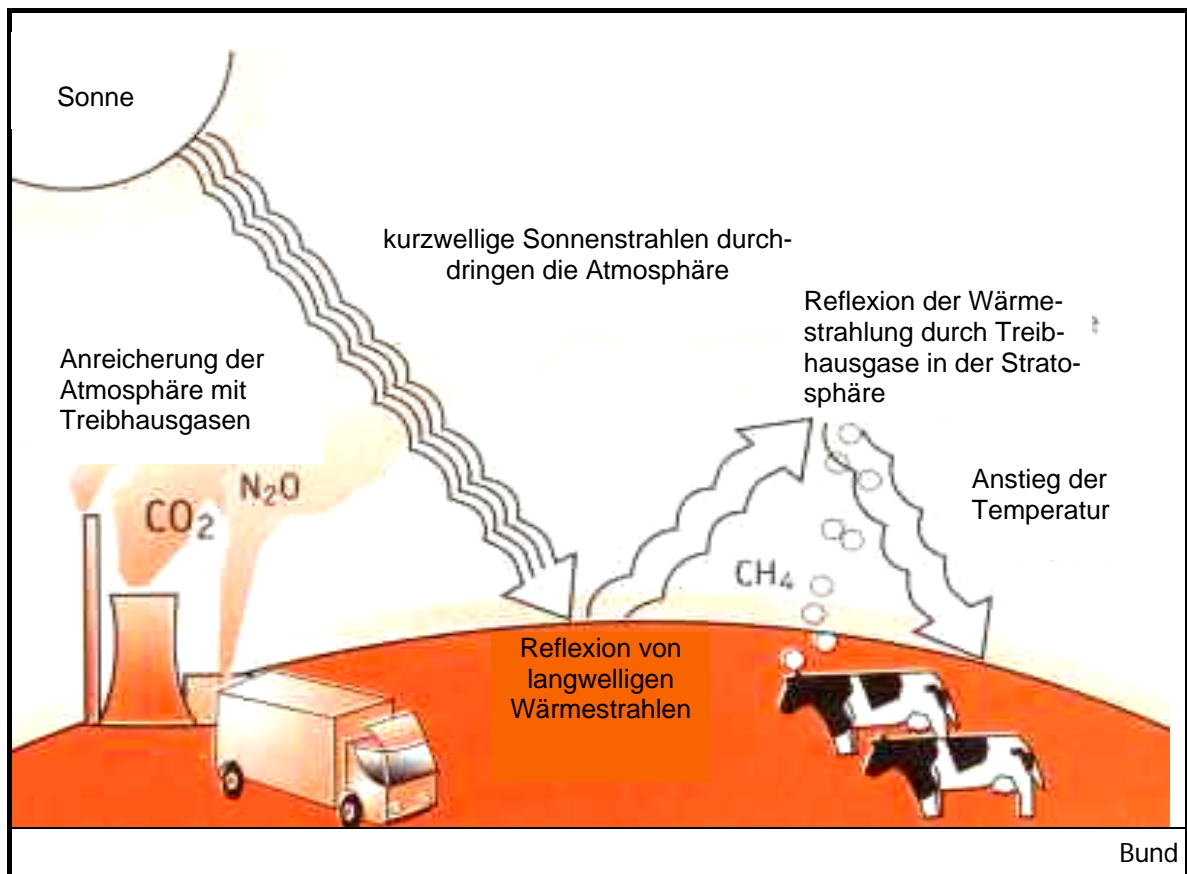


Abb. 2: Wirkungsweise des Treibhauseffektes

Aufgrund der dramatischen Folgen einer Klimaerwärmung ist der Klimaschutz inzwischen weltweit das Umweltschutzthema Nummer 1 und hat somit selbstverständlich auch oberste Priorität bei den Betrachtungen in dieser Studie.

Die Umweltverträglichkeit wurde bei den Untersuchungen in drei Stufen analysiert:

1. Potenzialbetrachtung

Hierbei wurden Durchschnittsfahrzeuge der jeweiligen Fahrzeugflotten - Stand 2004 - bei vollständiger Platzbesetzung betrachtet.

2. Durchschnittliche Auslastungsgrade

Es wurden die Umweltwirkungen durch die unter 1 genannten Fahrzeuge bei durchschnittlicher Nutzung betrachtet.

3. Beispielreisen

Die Umweltwirkungen typischer Reisebeispiele (ausgewählte Einzelfahrzeuge) wurden untersucht.

Ergebnisse

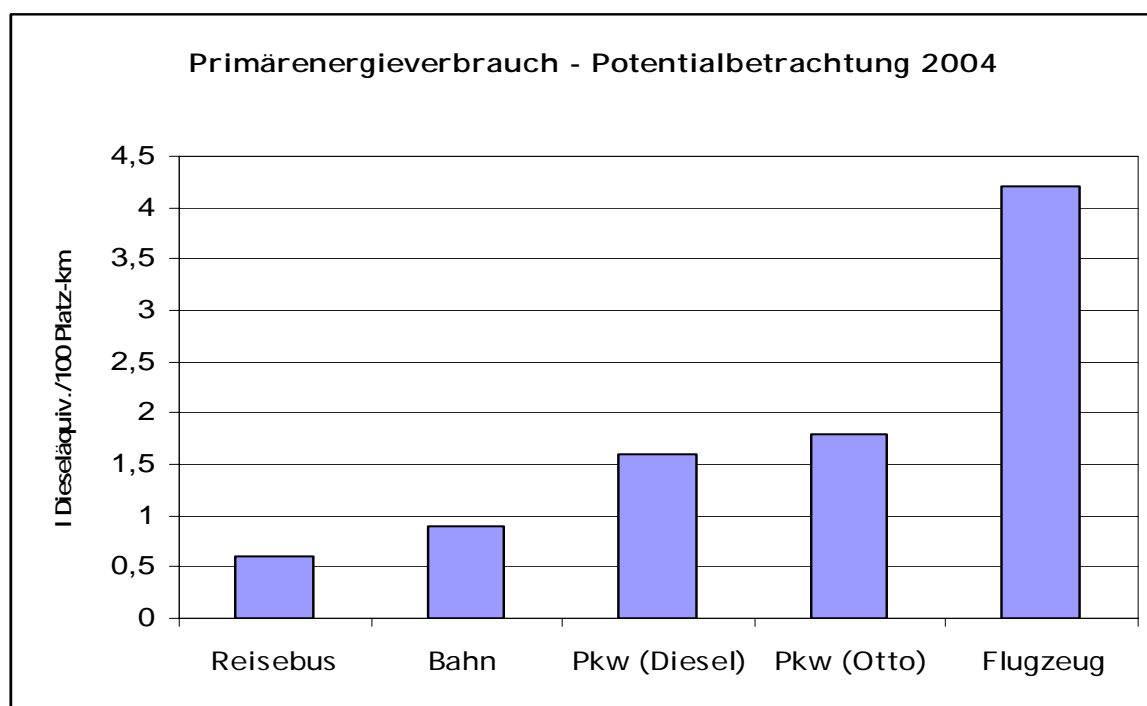
1. Potenzialbetrachtung

1.1. Der Primärenergieverbrauch und die dadurch verursachten Emissionen werden auf das Platzangebot und die Fahrkilometer bezogen (entspricht näherungsweise der Betrachtung je Personen-km bei 100% Auslastung). Ausgedrückt wird der Wert grundsätzlich in Megajoule (MJ), zur besseren Darstellung wird er aber umgerechnet in Dieseläquivalente als Liter Dieselkraftstoff/Kilometer (l Diesel/km).

Der Autobus liegt hier vor allen anderen Verkehrsträgern: Mit nur 0,6 l Dieseläquivalenten/Platz-Km liegt er vor der Bahn (0,9 l), weit vor dem Pkw (Otto 1,8 l, Diesel 1,6 l und dem Flugzeug (4,2l).

Fahrzeug	Primärenergieverbrauch	
	l Dieseläquiv./ 100 Platz-km	MJ/ Platz-km
Bus	0,6	0,22
Pkw (Otto)	1,8	0,63
Pkw (Diesel)	1,6	0,57
Bahn	0,9	0,32
Flugzeug	4,2	1,51

Tab. 1: Primärenergieverbrauch im Fernverkehr in l Dieseläquivalenten/100 Platz-km bzw. MJ/Platz-km



IFEU Heidelberg 2005

Abb. 3: Primärenergieverbrauch in l/Dieseläquivalent/Platz-km

1.2. Treibhauseffekt

Auch hier ist der Autobus nur aus systemtechnischen Gründen an 2er Stelle - mit ca. 17 g CO₂-Äquivalente trägt der Autobus weniger als die Hälfte des PKW (über 40 g CO₂-Äquivalente) zum Treibhauseffekt bei; auch hier ist das Flugzeug das Schlusslicht mit mehr als 100 g CO₂-Äquivalenten. Der Bahnstrom in Österreich hingegen wird fast vollständig aus dem treibhausgasneutralen Energieträger Wasserkraft und somit sehr CO₂-günstig erzeugt. Allerdings ist die österreichische Bahnstromerzeugung in Europa ein Ausnahmefall: Normalerweise wird der Bahnstrom zu großen Anteilen in Kraftwerken aus fossilen Brennstoffen erzeugt. Wenn die österreichische Bahn über keine eigenen Wasserkraftwerke verfügen oder zusätzlich konventionell erzeugten Strom zukaufen würde, hätte auch beim Treibhauseffekt der Bus die Nase vorn.

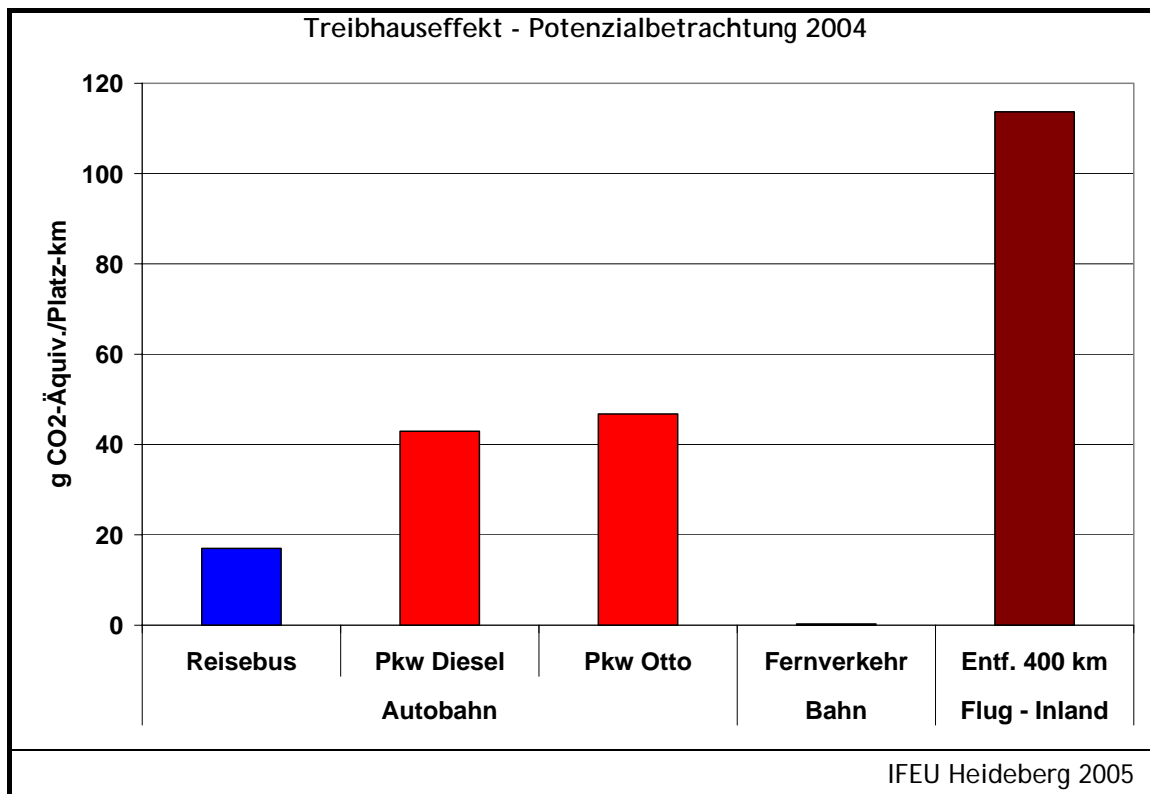


Abb. 4: Potenzialbetrachtung 2004: Treibhauseffekt

2. Durchschnittliche Auslastung

Für eine Näherung an die tatsächlichen Verhältnisse wurden die Umweltwirkungen auf die durchschnittlichen Auslastungsgrade je Verkehrsmittel bezogen. Die Auslastungsgrade wurden aufgrund verschiedener Annahmen so festgelegt:

Für den Autobus wurde ein Auslastungsgrad von 70 % (aufgrund überwiegend durchgeführter Charterverkehre), für die Pkw von ca. 33 %, für die Bahn wurden Auslastungsgrade von 40 % und bei dem Flugzeug von 60 % festgelegt.

2.1. Primärenergieverbrauch

Aufgrund der Auslastungsgrade bleibt die Reihenfolge erhalten, der Autobus liegt weiterhin vor der Bahn und baut seinen Vorsprung sogar noch aus (vgl. Abb.5).

Umgerechnet in Dieseläquivalente verbraucht ein Autobus je 100 Pkm im Fernverkehr durchschnittlich nur 0,9 l Dieseläquivalente, während ein Diesel-Pkw 5 l, ein Otto-Pkw 5,5 l, ein Flugzeug 7,0 l benötigt. Die Bahn braucht mit 2,2 l mehr als das Doppelte an Energie als der Bus.

2.2. Treibhauseffekt

Hier ist die Bahn das umweltfreundlichste Verkehrsmittel - zusammen mit dem Bus deutlich vor dem Pkw und dem Flugzeug.

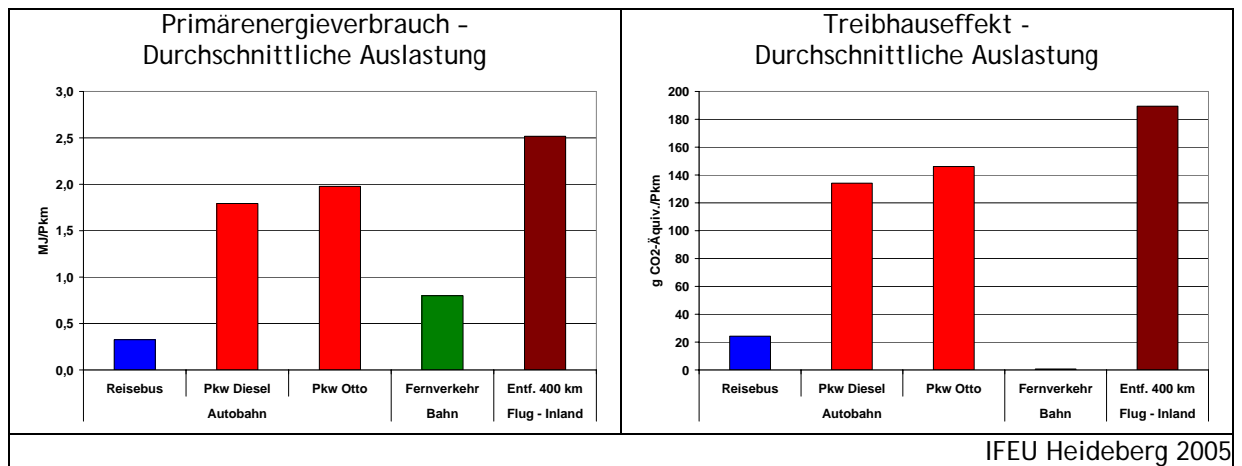


Abb. 5: Durchschnittliche Auslastung 2004: Vergleich der Umweltwirkungen Primärenergieverbrauch und Treibhauseffekt bei durchschnittlichem Auslastungsgrad

3. Beispielreisen

Was bedeutet das für die konkreten Reisen? Dies war die Fragestellung, die anhand mehrerer typischer Reisen von der längeren Urlaubsreise in den Süden über Städtereisen bis zu Tagesausflugsfahrten betrachtet und berechnet wurde.

Im Gegensatz zu der Durchschnittsbetrachtung werden hier für bestimmte Strecken typische Auslastungen angenommen. Neben der eigentlichen Reise spielen hier auch die An- und Abfahrt des Reisenden zum Start- bzw. vom Zielort des Haupttransportprozesses eine Rolle (so genannter Vor- und Nachlauf). Dies kann z.B. die Bus- oder Taxifahrt des Reisenden zum oder vom Bahnhof oder Flughafen sein. Weitere Einflussgrößen auf die Umweltwirkungen sind die z.T. unterschiedlichen tatsächlich zurückgelegten Entfernungen der Verkehrsmittel und länderspezifische Besonderheiten in der Stromherstellung. Als Beispiele dafür werden hier einerseits Reisen in einen neuen Mitgliedsstaat der EU (Wien-Warschau), andererseits in ein im „Vorhof“ der EU wartendes Land (Graz-Split) ausgewählt.

Beispiel Wien - Warschau und Graz - Split

Die beiden Beispiele weisen eine Reihe von Unterschieden auf: Die Reiseentfernung ist unterschiedlich, für den Pkw bzw. den Bus werden verschiedene Fahrzeuge angenommen (z.B. Motorenkonzepte Euro 3 bzw. Euro 4), die landesspezifische Stromerzeugung variiert und auch die angenommenen Auslastungsgrade der Fahrzeuge unterscheiden sich. Somit wird neben den technischen Systemeigenschaften und der durchschnittlichen Nutzungsstruktur auch einzelfallbezogene Besonderheiten bei konkreten Reisen umfassend Rechnung getragen.

Ein wesentlicher Unterschied macht die landesspezifische Stromerzeugung aus; denn beide Ziele weisen jedes mal Fahrtanteile im benachbarten Ausland auf. Damit werden bewusst die ökologischen Unterschiede deutlich gemacht, die in einer verschiedenartigen Stromerzeugung liegen können. Denn in Tschechien und Polen werden überwiegend konventionelle Kohlekraftwerke und in Slowenien unter anderem auch Kernkraftwerke zur Stromerzeugung eingesetzt. Die Kohlekraftwerke Tschechiens und Polens entsprechen häufig nicht dem Stand der Technik und verfügen über geringere Wirkungsgrade und nicht - wie in Österreich üblich - über effiziente Schadstoffminderungstechnologien. Infolgedessen kommt es selbst bei gleichen strombetriebenen Fahrzeugen zu vermehrten Emission von Treibhausgasen und Luftschadstoffen. Umgekehrt ist der in Österreich bezogene Strom infolge der Wasserkraft-

nutzung mit relativ geringen Emissionen an Kohlendioxid und den herkömmlichen Schadstoffen beaufschlagt, was zu einer deutlich günstigeren Bilanz in Österreich führt.

Die Pkw-Fahrt wird in den Beispielen unterschiedlich dargestellt: Es soll ein normaler Otto-Pkw zwischen Wien und Warschau mit 2 Personen und ein großer Diesel-Pkw zwischen Graz und Split mit 4 Personen verkehren.

Für den Autobus wird in beiden Beispielen ein Fahrzeug mit einem zulässigen Gesamtgewicht von über 18 t angenommen, das ohne Sammel- und Leerfahrten direkt vom Start- zum Zielort verkehrt. Von Wien nach Warschau fährt ein Bus mit Euro 3-Motor, von Graz nach Split mit Euro 4-Motor. Von Wien nach Warschau befördert der Bus 51, von Graz nach Split sogar 58 Personen.

Für die Bahn wird von Wien nach Warschau von einem Nachtzug ausgegangen, der abends vom Startort losfährt und in der Regel morgens-12 am Zielort ankommt. Allerdings liegt bei Nachtzügen der auf den Sitz- bzw. Liegeplatz bezogene Energiebedarf aufgrund großzügig gestalteter Schlafwagen höher als bei konventionellen Intercity-Reisezügen. Die Auslastung wird von Wien nach Warschau mit 70 %, von Graz nach Split mit 80 % angenommen.

Für die Flugverbindung werden Direktflüge von Wien nach Warschau bzw. Graz nach Split angenommen. Für beide Relationen werden aufgrund der ausgewählten Städte und ihrer Wichtigkeit und Lage in Europa hohe Auslastungen von 80 bzw. 90 % angenommen. Die nötige An- und Abfahrt zum und vom Flughafen wird durch Omnibusse berücksichtigt. Es wird ein Flugzeug angenommen, das dem Durchschnittswert verschiedener Flugzeugtypen entspricht.

Ergebnisse für das Beispiel Wien - Warschau

Das wichtigste Ergebnis dieses Vergleiches ist: Die Rangfolge zwischen den Verkehrsmitteln gestaltet sich beim Treibhauseffekt neu: Der Autobus setzt sich im Vergleich als umweltfreundlichstes Verkehrsmittel durch.

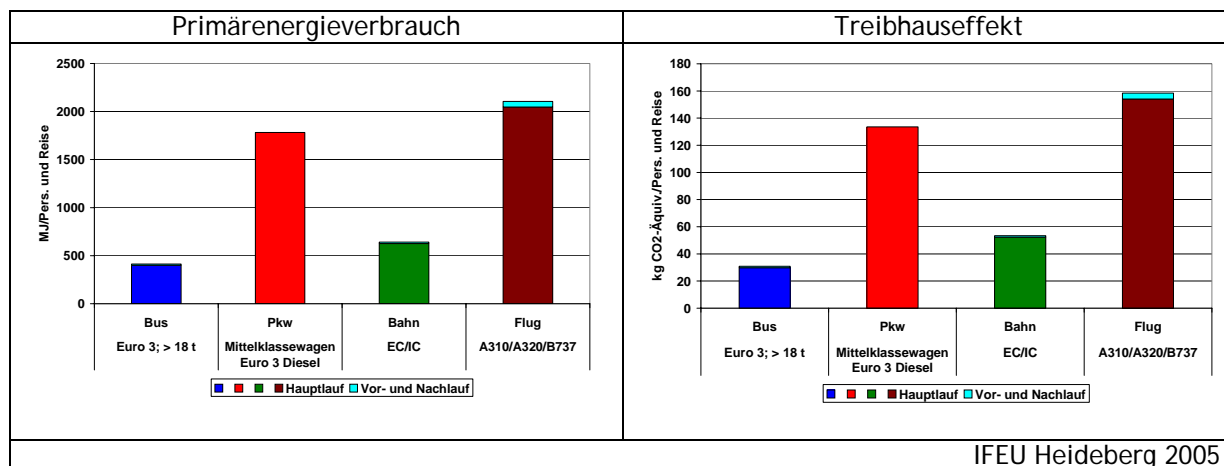


Abb. 6 Vergleich Primärenergieverbrauch und Treibhauseffekt anhand der Beispielreisen Wien-Warschau

Das Ergebnis: Der Autobus ist - hinsichtlich der bedeutendsten Umweltwirkungen das umweltfreundlichste Reisemittel.

Ergebnisse für das Beispiel Graz - Split

Das wichtigste Ergebnis dieses Vergleiches ist hier: Die Rangfolge zwischen den Verkehrsmitteln gestaltet sich neu: Der Autobus ist beim Primärenergiebedarf wiederum besser und diesmal beim Treibhauseffekt fast genauso gut wie die Bahn.

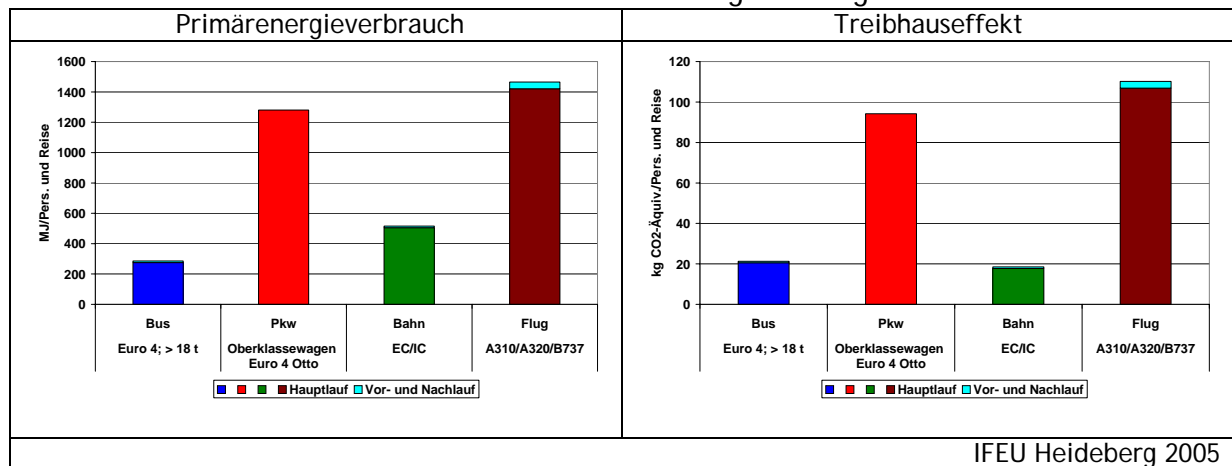


Abb. 7 Vergleich Primärenergieverbrauch und Treibhauseffekt anhand der Beispielreise Graz-Split

Das Ergebnis: Auch hier bleibt der Autobus - hinsichtlich der bedeutendsten Umweltwirkungen das umweltfreundlichste Reisemittel.

4. Weitere Umweltparameter

Als weitere Umweltwirkungen von Relevanz wurden die Ökotoxizität (bezeichnet die schädlichen Effekte, die durch chemische Verbindungen auf die verschiedenen Lebewesen, deren Population und deren natürliche Umgebung hervorgerufen werden) und die Humantoxizität (bezeichnet die Wirkungen von Sommersmog [Ozon] und Feinstäuben auf die menschliche Gesundheit) verglichen. Auch hier schneidet der Autobus bei den realitätsnahen durchschnittlichen Auslastungen sehr gut ab, wenngleich er systembedingt hinter der Bahn z. T. nur an zweiter Stelle in den verschiedenen Untersuchungen liegt.

Auch wurden weitere relevante Umweltparameter wie *Lärm*, *Flächenverbrauch*, *Infrastruktur- und Fahrzeugbereitstellung* betrachtet und bewertet. Diese Parameter sind aber nur schwer quantifizierbar und werden dementsprechend in beschreibender Form bewertet. Aber auch hier ist der Autobus Spitze und wird als sehr umweltverträglich eingestuft.

5. Überlegungen zur künftigen Entwicklung 2010

Bezüglich der weiteren Entwicklung in den nächsten Jahren werden in der Studie ebenfalls Überlegungen angestellt und verschiedene Grundlagen und Ausgangsanahmen diskutiert.

Mit der Berücksichtigung der dann absehbar neuesten Motoren und Filtertechniken für die untersuchten Verkehrsträger ergeben die Berechnungen, dass auch für Neufahrzeuge des Jahres 2010 die ökologische Rangfolge des Jahres 2004 bestehen bleibt.

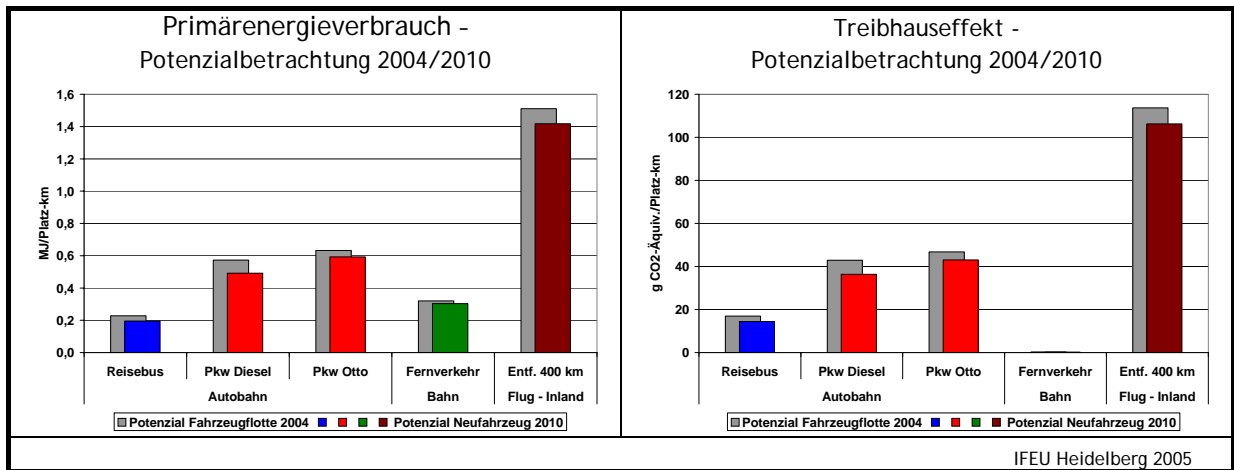


Abb.8: Potenzialbetrachtung 2004/2010: Vergleich der Umweltwirkungen Primärenergieverbrauch und Treibhauseffekt (2004 Fahrzeugbestand, 2010 Neufahrzeug)

Für schwere Nutzfahrzeuge und somit auch für Autobusse sind in den nächsten Jahren mit Euro 4 und Euro 5 zwei weitere Grenzwertstufen für neu zugelassene Busse verpflichtend. Damit werden vor allem die Stickoxid- und Partikelemissionen stark reduziert. Weiterhin geht das deutsche Umweltbundesamt heute davon aus, dass neue Autobusse im Jahr 2010 wegen besserer Techniken und verstärkter Leichtbauweise ca. 10 % weniger Kraftstoff verbrauchen werden als heute aktuelle Euro 3-Fahrzeuge. Darüber hinaus werden die Schadstoffemissionen, die für die Öko- und Humantoxizität verantwortlich sind, nochmals um weitere ca. 70 % bzw. ca. 60 % gesenkt.

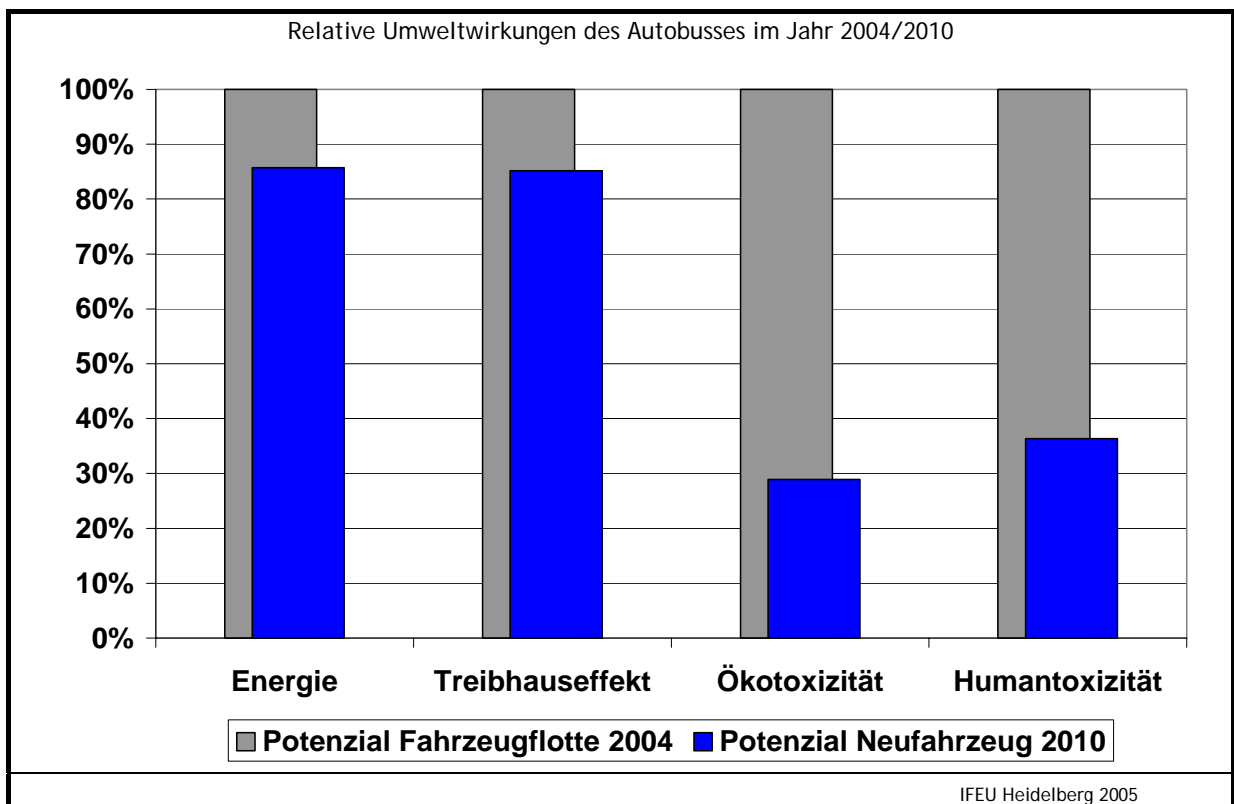


Abb. 9: Relative Umweltwirkungen des Autobusses im Jahr 2004 (Durchschnitt Fahrzeugflotte) und 2010 (Neufahrzeug)

Fazit

Der Autobus ist und bleibt vergleichsweise ein sehr umweltverträgliches, wenn nicht das umweltverträglichste Reisemittel, das sogar die Bahn bei entscheidenden Umwelt-Parametern übertrifft. Auch in Zukunft wird diese hohe Umweltqualität des Autobusses erhalten bleiben. Der Bus ist daneben auch Platz sparend und auch sonst Ressourcen schonend. Alle diese Umweltqualitäten werden nach wie vor weitgehend unterschätzt oder sogar ignoriert und sollten viel mehr beachtet werden.