

Vergleichende Analyse von Energieverbrauch und CO₂-Emissionen im Straßengüterverkehr und Kombinierten Verkehr Straße/Schiene

IFEU

(Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH)

SGKV

(Studiengesellschaft für den kombinierten Verkehr e.V.)



Zusammenfassung und Schlussfolgerungen von:

E I N L E I T U N G

“Güter gehören auf die Schiene!” Hinter diesem Slogan steht die Annahme, dass der Gütertransport auf der Schiene weniger Primärenergie verbraucht und weniger CO₂ verursacht als Transport auf der Straße. Beim Transport von Massengütern über große Entfernungen in Direktzügen statt in Lkw trifft dies sicherlich zu. Anders sieht es beim Transport kleinerer Einheiten und auf Relationen ohne eigenen Gleisanschluss aus.

Wenn der ökologische Vorteil von Ganzzug-Transporten eine Verlagerung von der Straße auf die Schiene begründen soll, muss differenzierter hingeschaut werden. Dann sind nämlich meist Güter zu betrachten, die gerade einmal einen Lkw füllen und direkt von Haus zu Haus transportiert werden. Auf der Schiene wären sie Bestandteil eines Einzelwagenzuges, müssten unter Umständen über Umwege transportiert und vor allem zweimal umgeladen und jeweils mit dem Lkw abgeholt bzw. ausgeliefert werden.

Diese Komplexität hat den Bundesverband Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung (BGL) e.V. und die International Road Transport Union (IRU) zu einem Forschungsauftrag an das ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH sowie die Studiengesellschaft für den Kombinierten Verkehr e.V. veranlasst. Untersucht wurden Primärenergieverbrauch und CO₂-Emissionen von Straßengüterverkehren und Kombinierten Verkehren Straße/Schiene im Vergleich.

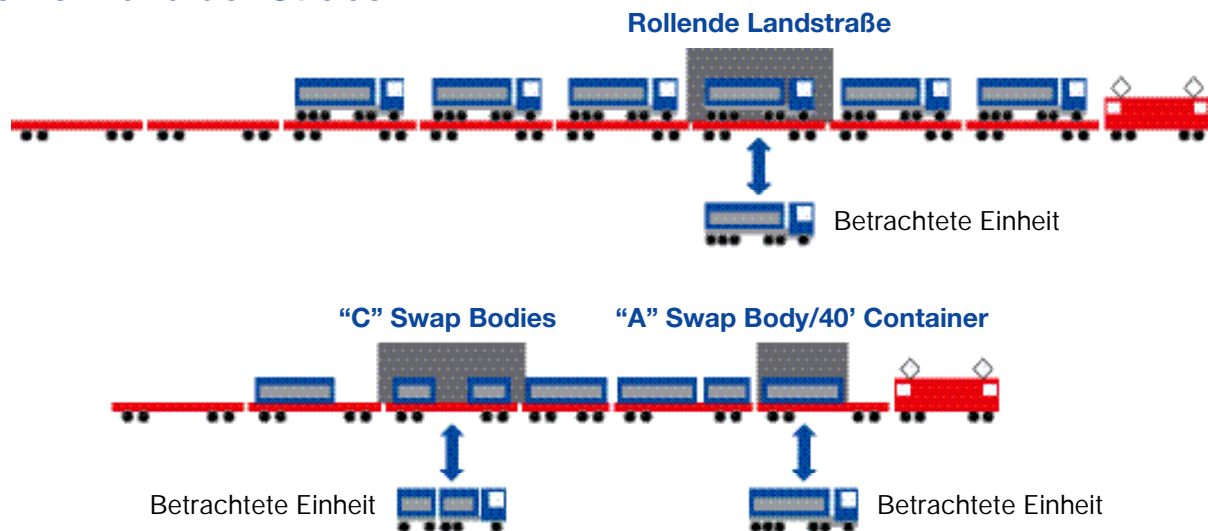
M E T H O D I K D E R U N T E R S U C H U N G

■ Gegenstand der Untersuchung ist ein Vergleich zwischen reinem Straßengütertransport und Kombiniertem Verkehr Straße/Schiene anhand europäischer Relationen. Gegenübergestellt wird der Transport einer Ladeinheit auf der Straße mit dem Transport der gleichen Ladeinheit im Kombinierten Verkehr. Im Gegensatz zu den bisherigen Studien werden dabei Energieverbrauch und CO₂-Emissionen sowohl

beim Vor- und Nachlauf auf der Straße als auch beim Umschlag ebenso berücksichtigt wie der Einfluss der Zugauslastung.

Dem Transport im Straßengüterverkehr mit 40 t-Lkw werden Transporte von Containern und Wechselbehältern, Sattelauflegern und der Rollenden Landstraße im Kombinierten Verkehr Straße/Schiene gegenübergestellt.

Abbildung 1: Beispiele für verglichene Einheiten im Kombinierten Verkehr und der Straße



IFEU 2001

Verglichen wird der Primärenergieverbrauch bei Straßengüterverkehren (Treibstoffverbrauch) und beim Kombinierten Verkehr (Stromerzeugung und Treibstoffverbrauch). Der Stromerzeugungssplit beim Schienenverkehr aus Fossiler Energie, Atomkraft, Wasserkraft und anderen erneuerbaren Energien wird aus den jeweiligen realen nationalen Gegebenheiten abgeleitet.

Die ausgewählten Relationen betrachten "Rennstrecken" des Kombinierten Verkehrs, d. h. überwiegend Direktzüge mit hoher Zugauslastung. Bei den Straßenverkehren werden unterschiedliche Treibstoffverbräuche auf Autobahnen, Außerorts- und Innerortsstraßen berücksichtigt. Bei Straßen- und Schienenverkehren gehen Steigung und Gefälle in die Berechnungen mit

ein. Die Energieverbräuche und CO₂-Emissionen werden im Kombinierten Verkehr unterteilt in Vorlauf und Nachlauf, Hauptlauf, Umschlag und Rangieren.

Für den 40 t-Lkw wird von einem Treibstoffverbrauch bei durchschnittlicher gewichtsmäßiger Auslastung von 34 l/100 km ausgegangen. Der vollbeladene 40 t-Lkw verbraucht im Schnitt 39,2 l/100 km, der leere 40 t-Lkw 29,3 l/100 km.

Verglichen wird jeweils die Beförderung einer vollausgelasteten Lkw-Einheit auf der Straße (d. h. bei einem Treibstoffverbrauch von 39,2 l/100 km) bzw. im Kombinierten Verkehr. Die Auslastung der Züge im Hauptlauf entspricht den realen Gegebenheiten auf den betrachteten Relationen.

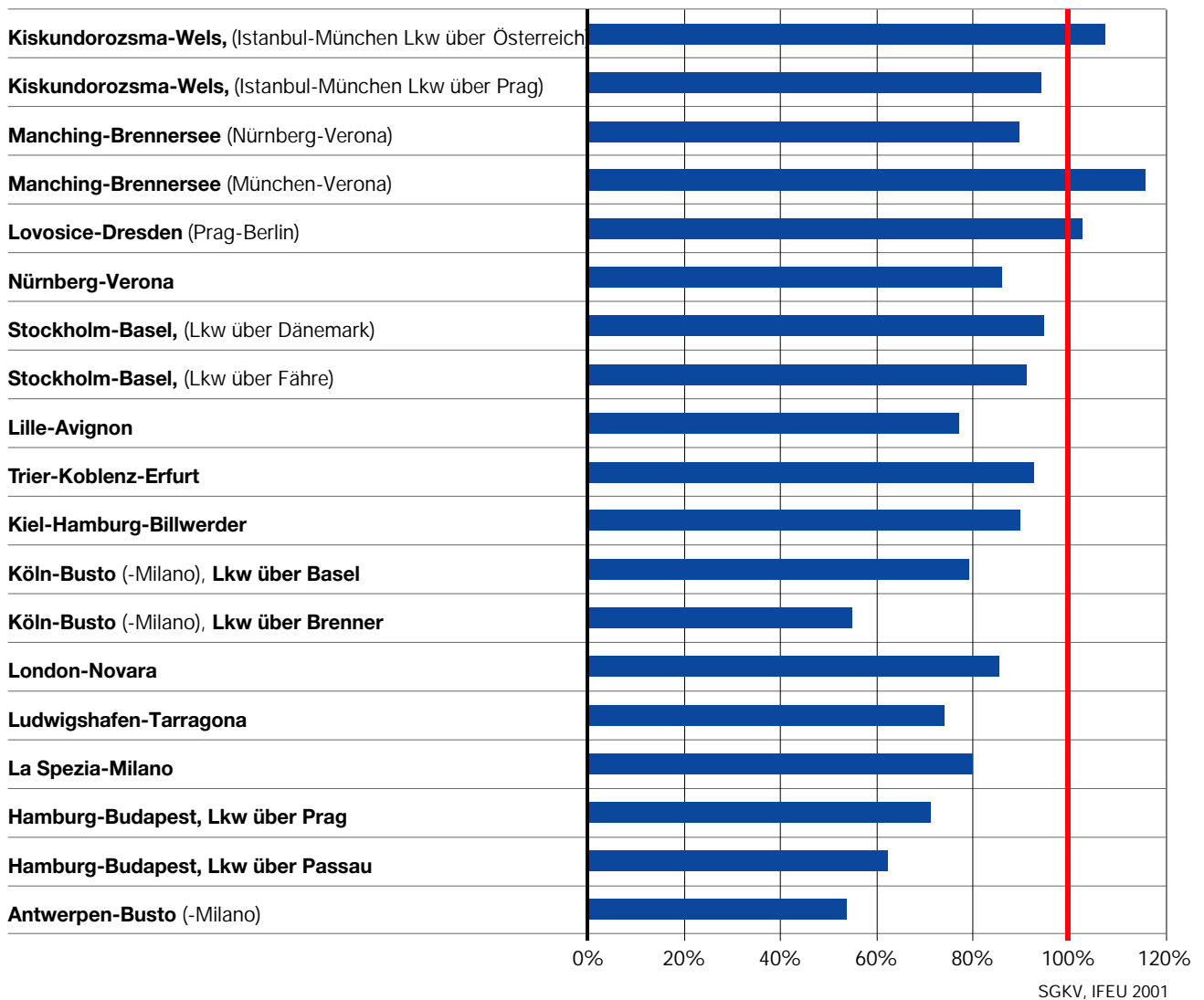
Energieverbrauch

Von 19 untersuchten Kombinierten Verkehren ist der **Primärenergieverbrauch:**

- in 3 Fällen um bis zu 15% höher;
 - in 6 Fällen um 20 bis 40% geringer;
 - in 8 Fällen um bis zu 20% geringer;
 - in 2 Fällen um mehr als 40% geringer;
- als im reinen Straßengüterverkehr.

Abbildung 2: Primärenergieverbrauch: Kombiniertes Verkehr Straße/ Schiene im Vergleich zum reinen Straßentransport

Straßentransport = 100%



■ Kombinierte Verkehre mit Rollender Landstraße haben gegenüber alternativen Straßengüterverkehren keine signifikanten Vorteile beim Primärenergieverbrauch, z.T. ist ihr Energie-

verbrauch sogar höher. Besser schneidet der unbegleitete Verkehr mit Sattelauflegern ab, die günstigsten Werte zeigen Wechselbehälter- und Containerverkehr.

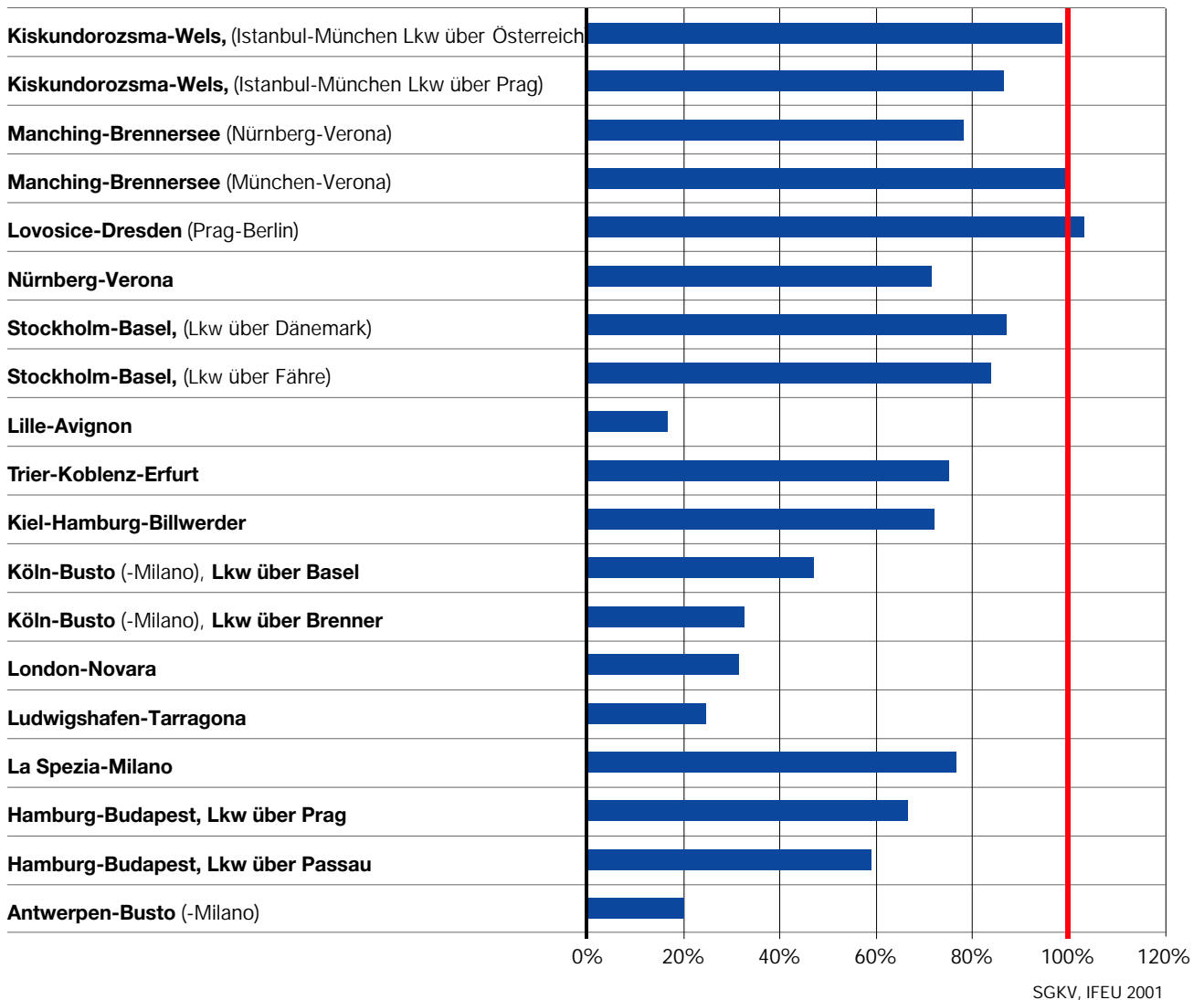
CO₂-Emissionen

Die CO₂-Emissionen beim Kombinierten Verkehr sind:

- in 2 Fällen um bis zu 3% höher;
 - in 4 Fällen um bis zu 20% geringer;
 - in 7 Fällen um 20 bis 50% geringer;
 - in 6 Fällen um mehr als 50% geringer;
- als im Straßengüterverkehr.

Abbildung 3: Kohlendioxidemission: Kombiniertes Verkehr Straße/ Schiene im Vergleich zum reinen Straßentransport

Straßentransport = 100%



■ Die CO₂-Vorteile des Kombinierten Verkehrs sind umso höher, je höher der Anteil der Kernenergie am Stromerzeugungsmix auf den Schienenstrecken ist. So ist zur Erzeugung der

gleichen Strommenge der CO₂-Ausstoß auf dem tschechischen Bahnnetz mehr als zwölf mal so hoch wie auf dem französischen Netz.

E I N F L U S S F A K T O R E N

Zugauslastung:

■ Die Umweltfreundlichkeit Kombiniertes Verkehrs steht und fällt mit der Auslastung und Länge der Züge. 100%ige Auslastung bei Kombizügen ist oftmals bereits aufgrund äußerer

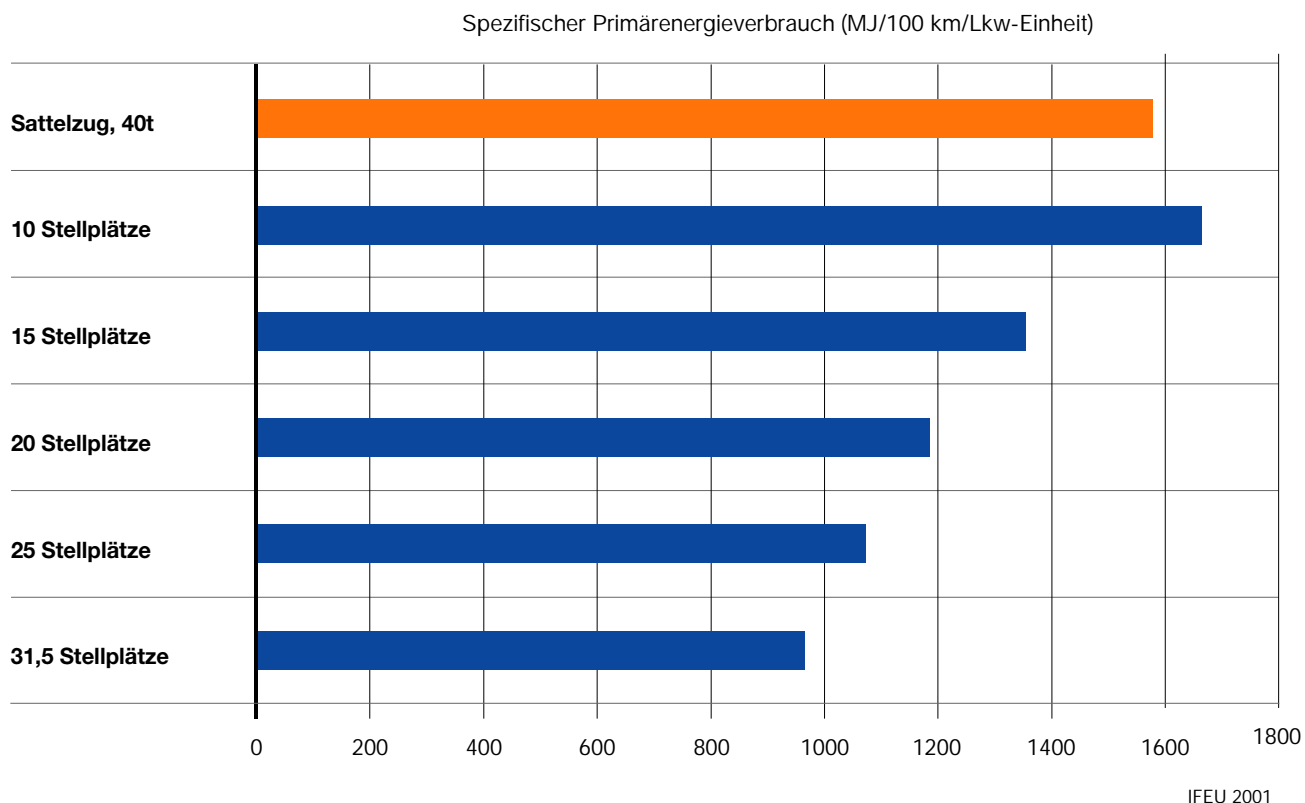
Gegebenheiten (maximales Zuggewicht) nicht möglich. Je niedriger jedoch die Länge eines Zuges und dessen Auslastung ist, desto geringer ist seine ökologische Effizienz.

Tabelle 1: Mindestens benötigte Auslastung des kombinierten Transports, um günstiger zu sein als der Straßentransport (Gesamte Relation, alle anderen Randbedingungen gleich)

Route	Mittlere Auslastung	Primärenergie	CO ₂ Emissionen
Kiskundorozsma-Wels , (Istanbul-München, Lkw über Prag)	65%	>50%	>35%
Kiskundorozsma-Wels , (Istanbul-München, Lkw über Österreich)	65%	>85%	>55%
Manching-Brennersee (München-Verona)	90%	>100%	>90%
Manching-Brennersee (Nürnberg-Verona)	90%	>64%	>43%
Lovosice-Dresden (Prag-Berlin)	80%	>85%	>95%
Hamburg-Budapest, Lkw über Passau	90%	>44%	>41%
Hamburg-Budapest, Lkw über Prag	90%	>53%	49%
Stockholm-Basel, Lkw über Dänemark	85%	66%	50%
Stockholm-Basel, Lkw über Fähre	85%	59%	44%
Köln-Busto (-Milano), Lkw über Brenner	90%	38%	19%
Köln-Busto (-Milano), Lkw über Basel	90%	62%	30%
Nürnberg-Verona	80%	61%	46%
Antwerpen-Busto (-Milano)	80%	29%	6%
London-Novara	90%	69%	15%
Ludwigshafen-Tarragona	90%	55%	12%
La Spezia-Milano	90%	60%	56%
Lille-Avignon	90%	57%	5%
Trier-Koblenz-Erfurt	75%	65%	46%
Kiel-Hamburg-Billwerder	70%	59%	44%

IFEU 2001

Abbildung 4: Spezifischer Primärenergieverbrauch – Sattelzug und Zug für den kombinierten Verkehr (Zug C6 Hamburg - Budapest)



Beispiel:

■ Der Wechselbehältertransport von Köln nach Milano über Basel ist mit durchschnittlich 90 % ausgelastet. Sinkt die Auslastung unter 62 %, ist der Energieverbrauch höher als beim Transport eines Wechselbehälters über die Straße. Sinkt die Auslastung unter 30 %, ist auch der CO₂-Ausstoß im Kombinierten Verkehr höher als beim Transport auf dem Lkw. Der Primärenergie-

verbrauch beim Transport eines Containers auf der Strecke Hamburg – Budapest ist auf der Straße höher als im Kombinierten Verkehr, wenn der Zug 15 Container zieht, bei 10 Containern ist der reine Straßengüterverkehr günstiger.

Lage des Versandortes bzw. des Zielortes

■ Wenn z. B. vom Versandort zum Abgangsterminal entgegen der oder quer zur eigentlichen Fahrtrichtung gefahren werden muss, hat dies erhebliche Nachteile auch für die ökologische

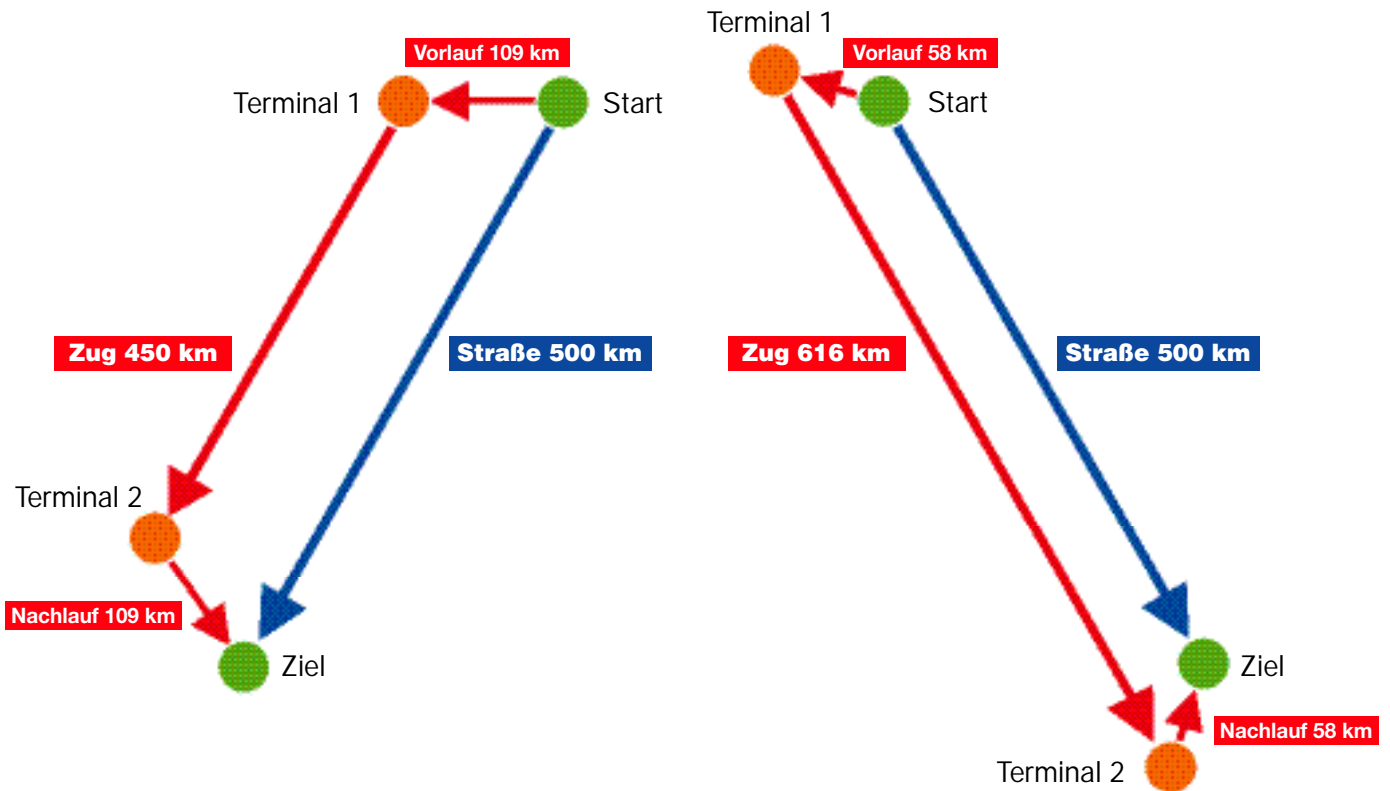
Effizienz des Kombinierten Verkehrs, da sich hierdurch die insgesamt zurückgelegte Strecke im Vergleich zum reinen Straßentransport erhöht.

Abbildung 5: Simulation von "Break-Even-Entfernungen" für den Vor- und Nachlauf

Entfernungen mit gleichem Energieverbrauch des kombinierten Transports Straße/Schiene gegenüber der Straße bei Variation der Längen für Vor- und Nachlauf

Richtung von Vor- und Nachlauf mit der Haupttransportrichtung

Richtung von Vor- und Nachlauf entgegen der Haupttransportrichtung



IFEU 2001

Table 2: Auslastung und Entfernung der europäischen Relationen

Route	Ladeeinheit	Auslastungs- grad Zug	Entfernung (km)				
			Kombiverkehr		Straße/Schiene		Straße Alle
			Vorlauf	Nachlauf	Zug	Alle	
Kiskundorozsma-Wels (Istanbul-München, Lkw über Prag)	Sattelzug	65%	1222	249	648	2119	2352
Kiskundorozsma-Wels (Istanbul-München, Lkw über Österreich)	Sattelzug	65%	1222	249	648	2119	2066
Manching-Brennersee (München-Verona)	Sattelzug	90%	74	237	306	617	437
Manching-Brennersee (Nürnberg-Verona)	Sattelzug	90%	92	237	306	635	605
Lovosice-Dresden (Prag-Berlin)	Sattelzug	80%	63	194	117	374	342
Hamburg-Budapest, Lkw über Passau	40' Container	90%	-	20	1243	1263	1365
Hamburg-Budapest, Lkw über Prag	40' Container	90%	-	20	1243	1263	1225
Stockholm-Basel, Lkw über Dänemark	Sattelanhänger	85%	650 Straße 200 Fähre	30	914	1794	1937
Stockholm-Basel, Lkw über Fähre	Sattelanhänger	85%	650 Straße 200 Fähre	30	914	1794	650 Straße S 200 Fähre 884 Straße D
Köln-Busto (-Milano), Lkw über Brenner	2 x "C" Wechselbehälter	90%	10	36	852	898	1204
Köln-Busto (-Milano), Lkw über Basel	2 x "C" Wechselbehälter	90%	10	36	852	898	830
Nürnberg-Verona	Sattelanhänger	80%	30	30	642	702	606
Antwerpen-Busto (-Milano)	40' Container	80%	30	36	963	1029	1302
London-Novara	"A" Wechselbehälter	90%	50	30	1343	1423	1271 Straße 40 Eurotunnel
Ludwigshafen-Tarragona	40' Container	90%	4	20	1318	1342	1385
La Spezia-Milano	2 x 20' Container	90%	-	25	230	255	222
Lille-Avignon	Sattelanhänger	90%	30	30	815	875	915
Trier-Koblenz-Erfurt	Sattelanhänger	75%	20	20	500	540	430
Kiel-Hamburg	2 x 20' Container	70%	-	-	110	110	114

SGKV, IFEU 2001

Beispiel 1:

■ Die Distanz zwischen München und Verona beträgt beim reinen Straßentransport 437 km. Soll dieser Transport jedoch über die Rollende Landstraße (hier: Manching – Brennersee) abgewickelt werden, erhöht sich die zurückzulegende Entfernung auf 617 km. Dies führt dazu, dass der Kombinierte Verkehr in diesem Fall nicht nur mehr Primärenergie verbraucht, sondern auch mehr CO₂ ausstößt als der direkte Transport auf der Straße.

Beispiel 2:

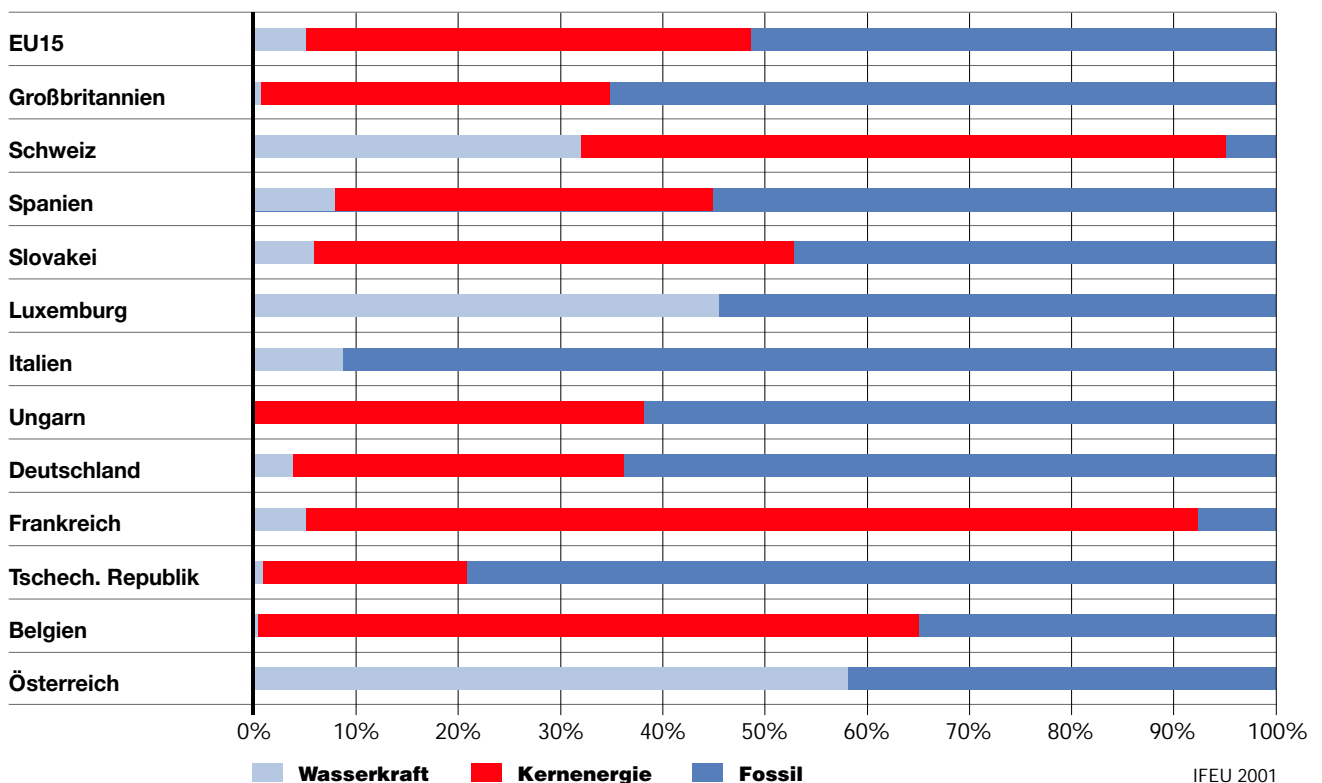
■ Bei der Relation Köln-Busto beträgt der Vorlauf zum Terminal in Köln nur 10 km und der Nachlauf in Italien erfolgt in Fahrtrichtung nach Milano. Bei einem längeren Vorlauf aus Koblenz und einem Nachlauf nach Varese (= zweimal gegen die Fahrtrichtung) wäre der ökologische Vorteil des Kombinierten Verkehrs auf dieser Relation deutlich geringer.

Atomstromanteil:

■ Je höher der Atomstromanteil im Bahnstrom, desto weniger CO₂ wird beim Schienentransport freigesetzt. Damit erscheint der Kombinierte Verkehr paradoxerweise gerade in den Ländern besonders "umweltfreundlich", in denen die

Energieerzeugung mit besonders hohen Risiken und schwer kalkulierbaren Folgekosten verbunden ist.

Abbildung 6: Energie-Split für die Stromerzeugung in verschiedenen europäischen Ländern



Beispiel:

■ In Frankreich wird Strom zu fast 90 % aus Atomenergie gewonnen, in der Tschechischen Republik zu annähernd 80 % aus fossilen Energieträgern. Dies hat zur Folge, dass der CO₂-Ausstoß bei gleichem Energieverbrauch beim Bahntransport in Tschechien mehr als 12

Mal (!) höher ist als in Frankreich. Daher ist auf der Strecke Prag – Berlin der CO₂-Ausstoß bei Benutzung der Rollenden Landstraße Lovosice – Dresden höher als beim reinen Straßentransport.

Art der Ladeinheit:

■ Je nach Art der im Kombinierten Verkehr verwendeten Ladeinheit, steigt oder fällt der Grad seiner Umweltfreundlichkeit. Am günstigsten sind Container und Wechselbehälter, da sie ein geringes Eigengewicht (Totlast) haben. Ungünstiger ist der Kombinierte Verkehr mit Sattelauflegern, weil diese durch die Fahr-

gestelle eine höhere Totlast aufweisen. Am uneffizientesten ist die Rollende Landstraße, da hierbei der komplette Lkw auf spezielle Niederflurwagen verladen wird, was zu einer sehr hohen Totlast führt.

Tabelle 6: Kennzahlen für typische Kombizüge

Zug-Nr.	Route	Typische Ladeinheit	Leergewicht Wagons (t)	Anzahl Plätze	Mittleres Wagon-gewicht/Platz (t)
RR1	Kiskundorozsma-Wels	Sattelzug	390	18	21,7
RR2	Manching-Brennersee	Sattelzug	373	18	20,7
RR3	Lovosice-Dresden	Sattelzug	473	25	18,9
ST1	Nürnberg-Verona	Sattelanhänger	405	24	17,2
ST2	Lübeck-Basel	Sattelanhänger	567	28	20,2
ST3	Lille-Avignon	Sattelanhänger	553	30	18,4
ST4	Trier-Koblenz-Erfurt	Sattelanhänger	496	32	15,5
C1	Kiel-Hamburg-Billwerder	2 x 20' Container	263	18	14,6
C2	Köln-Busto	2 x "C" Wechselbehälter	482	25	19,4
C3	London-Novara	"A" Wechselbehälter	476	26	18,3
C4	Ludwigshafen-Tarragona	30' Container	270	23	12,0
C5	La Spezia-Milano	2 x 20' Container	500	30	16,7
C6	Hamburg-Budapest	40' Container	470	32	14,9
C7	Antwerpen-Busto	40' Container	424	36	11,8

IFEU 2001

S C H L U S S F O L G E R U N G E N

Das Ergebnis dieser Studie zeigt deutlich: Den umweltfreundlichen Verkehrsträger per se gibt es nicht. Es besteht kein Automatismus zwischen Verkehrsverlagerung auf die Schiene und Entlastung beim Primärenergieverbrauch und CO₂. Selbst im Falle einer Realisierung optimistischer Verlagerungsszenarien von der Schiene auf die Straße sind daher kaum nennenswerte Energieeinsparungen zu erwarten.

■ Bereits in naher Zukunft wird durch die stufenweise Reduzierung der vorgeschriebenen EU-Grenzwerte der spezifische Schadstoffausstoß des Lkw durch den Einsatz von Euro 4- und Euro 5-Motoren mit der Schiene gleichziehen. Umwelteffizienz im Verkehr wird dann vorrangig an den Komponenten Primärenergieverbrauch und CO₂ gemessen werden.

Zwar weisen unbegleitete kombinierte Verkehre geringere Primärenergiewerte auf als reine Straßengüterverkehre. Rollende Landstraßen sind jedoch energetisch zum Teil sogar ungünstiger als der reine Straßentransport. Die Vorteile des Kombinierten Verkehrs bei den CO₂-Emissionen sind deutlich geringer als üblicherweise von der Politik angenommen. Die geringeren CO₂-Emissionen im Kombinierten Verkehr werden meist durch hohe Atomstromanteile im Bahnverkehr "erkauft".

Bei diesen Ergebnissen ist zu berücksichtigen, dass die Gutachter den Vergleich anhand von "Rennstrecken" des Kombinierten Verkehrs vorgenommen haben, also bei den auch aus Umweltsicht effizientesten Schiene/Straße-Verkehren überhaupt!

Die Botschaft an die Politik ist eindeutig: Der Slogan "Güter gehören auf die Schiene" ist in dieser Pauschalität selbst unter reinen Umweltgesichtspunkten falsch. Umweltvorteile bietet der Kombinierte Verkehr nur dann, wenn die Einflussfaktoren eine optimale Ausnutzung seiner bahnspezifischen Vorteile erlauben, nämlich wenn:

- der Vor- und Nachlauf im Kombinierten Verkehr günstig gelegen ist,
- die Kapazitätsauslastung der Züge hoch ist und
- diese Züge eine Mindestlänge aufweisen.

Eine Bedienung der Fläche durch Aufteilung eines Ganzzugs in Teilzüge ist daher auch unter Umweltgesichtspunkten nachteilig.

Im Klartext bedeutet dies: Es ist im Normalfall ökologisch sinnvoll, einen halbvollen Kombizug stehen zu lassen und die Sendungen über die Straße zu fahren!

Gegenwärtig führen bestehende politische Beschränkungen für den Lkw-Transport zu Umwegverkehren und zusätzlich zurückzulegenden Entfernungen auf den Straßen. Bei weniger politischen Beschränkungen für den Lkw-Transport und unter Berücksichtigung einer optimalen Ausnutzung der bestehenden Infrastruktur sowie der Realisierung umweltfreundlicher Innovationen im Straßentransport wäre das Ergebnis der Studie noch günstiger für den reinen Straßentransport ausgefallen.

**International Road Transport Union
(IRU)**

3, rue de Varembe
CH - 1211 Geneva 20
Tel: +41-22-918 27 00
Fax: +41-22-918 27 41
E-mail: iru@iru.org
Website: www.iru.org

**Bundesverband Güterkraftverkehr
Logistik und Entsorgung (BGL) e.V.**

Breitenbachstraße 1
D - 60457 Frankfurt am Main
Tel: +49-69-79 190
Fax: +49-69-79 19 227
E-mail: bgl@bgl-ev.org
Website: www.bgl-ev.de