

Verkehrswirtschaftlicher und ökologischer Vergleich der Verkehrsträger Straße, Bahn und Wasserstraße

Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse



PLANCO Consulting GmbH, Essen

Lilienstr. 44, D-45133 Essen

Tel. +49-(0)201-43771-0; Fax +49-(0)201-411468

e-mail: planco@planco.de

<http://www.planco.de>

in Zusammenarbeit mit der



Bundesanstalt für Gewässerkunde

Am Mainzer Tor 1, D-56068 Koblenz

Tel. +49-(0)261-1306-0; Fax + 49-(0)261-1306-5302

e-mail: posteingang@bafg.de

<http://www.bafg.de>

November 2007

Auftraggeber:

Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes,
vertreten durch die Wasser- und Schifffahrtsdirektion Ost

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Verkehrswegenetze	1
2.1	<i>Bestand, Qualität, Investitionen und Wegekosten</i>	1
2.2	<i>Auslastung</i>	3
3	Steuerliche Rahmenbedingungen	8
4	Verkehrsmengen und Prognosen	9
5	Energieverbrauch	12
6	Externe Kosten	15
6.1	<i>Verkehrssicherheit</i>	15
6.2	<i>Verkehrslärm</i>	16
6.3	<i>Klimagase</i>	18
6.4	<i>Luftschadstoffe</i>	19
6.5	<i>Landschaftszerschneidung und Flächenverbrauch</i>	23
6.6	<i>Summe der Externen Kosten</i>	25
7	Transportkosten	27
7.1	<i>Kostendegression</i>	27
7.2	<i>Kostenvergleich für ausgewählte Relationen</i>	33
8	Besondere Aspekte der Binnenschifffahrt	40
8.1	<i>Mehrfachnutzung der Bundeswasserstraßen</i>	40
8.2	<i>Klimawandel und Hochwasserschutz</i>	41

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Entwicklung der Transportleistung im Güterverkehr der Binnenschifffahrt 1997 bis 2015	9
Tabelle 2:	Ausgewählte Relationen für die Transportkostenvergleiche	33
Tabelle 3:	Schiffs-/Verbandstypen und Rückladung auf den ausgewählten Binnenschiffsrelationen	35

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Länge der Binnenverkehrswege in Deutschland 2004	1
Abbildung 2:	Bruttoanlagevermögen der Wasserstraßen, Schienenwege und Bundesfernstraßen im Jahr 2004 nach Investitionsjahrgängen	2
Abbildung 3:	Intensität der Verkehrsstörungen für Lkw auf deutschen Autobahnen im Jahr 2005	4
Abbildung 4:	Belastung des deutschen Schienennetzes und Streckenauslastung im Jahr 2015 (Vergleichsfall BVWP 2003)	6
Abbildung 5:	Kapazitätsreserven wichtiger Schleusen an Binnenwasserstraßen im Jahr 2015 (Mio. t)	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Abbildung 6:	Anteile der Verkehrsträger am Seehafenhinterlandverkehr 2004	11
Abbildung 7:	Bandbreiten und Mittelwerte des Primärenergieverbrauchs auf ausgewählten Transportrelationen	14
Abbildung 8:	Summe der Unfallkosten und Unfallkostenraten im Güterverkehr per Lastkraftwagen, Eisenbahn und Binnenschiff	16
Abbildung 9:	Durchschnittliche Externe Kosten des Verkehrslärms	18
Abbildung 10:	Bandbreiten und Mittelwerte der Externen Kosten durch Klimagase (CO ₂) auf ausgewählten Transportrelationen	19
Abbildung 11:	Entwicklung der Emissionsfaktoren in der Binnenschifffahrt - Flottenmix der Motorgüterschiffe in den Jahren 2006 und 2025 -	21
Abbildung 12:	Bandbreiten und Mittelwerte der Externen Kosten durch Luftschadstoffe (NO _x , NMHC, Partikel, CO, SO ₂) auf ausgewählten Relationen – Stand 2006 –	22
Abbildung 13:	Bandbreiten und Mittelwerte der Externen Kosten durch Luftschadstoffe (NO _x , NMHC, Partikel, CO, SO ₂) auf ausgewählten Relationen – Prognosejahr 2025 –	23

Abbildung 14:	Bandbreiten und Mittelwerte der Summe Externer Kosten (Lärm, Unfälle, Klimagase, Luftschadstoffe) auf ausgewählten Massengutrelationen	25
Abbildung 15:	Bandbreiten und Mittelwerte der Summe Externer Kosten (Lärm, Unfälle, Klimagase, Luftschadstoffe) auf ausgewählten Containerrelationen	26
Abbildung 16:	Transportkosten der Last- und Sattelzüge im Straßengüterverkehr in Abhängigkeit von der Ladungsmenge	28
Abbildung 17:	Transportpreise im Wagenladungsverkehr der Railion AG in Abhängigkeit vom Sendungsgewicht	29
Abbildung 18:	Transportkosten im Ganzzugsverkehr auf der Schiene in Abhängigkeit vom Ladungsgewicht je Zug	30
Abbildung 19:	Kostendegression Großmotorgüterschiff	31
Abbildung 20:	Transportkosten ausgewählter Schiffs- und Verbandstypen bei unterschiedlichen Abladetiefen	32
Abbildung 21:	Betriebswirtschaftliche Transportkosten der Verkehrsträger auf ausgewählten Massengutrelationen	36
Abbildung 22:	Betriebswirtschaftliche Transportkosten der Verkehrsträger auf ausgewählten Containerrelationen	37
Abbildung 23:	Volkswirtschaftliche Transportkosten der Verkehrsträger auf ausgewählten Massengutrelationen (einschl. Lärm, Unfälle, Klimagase und Luftschadstoffe)	38
Abbildung 24:	Volkswirtschaftliche Transportkosten der Verkehrsträger auf ausgewählten Containerrelationen (einschl. Lärm, Unfälle, Klimagase und Luftschadstoffe)	39

1 Einleitung

In vorliegenden Studien und Veröffentlichungen zum verkehrswirtschaftlichen und ökologischen Vergleich der Verkehrsträger wird das System Binnenschifffahrt / Wasserstraßen in aller Regel nicht umfassend und in der notwendigen Differenziertheit betrachtet. In Verbindung mit unzutreffenden Randbedingungen und Annahmen resultieren hieraus Ergebnisse, welche der Stellung der Binnenschifffahrt im Verkehrsträgervergleich nicht gerecht werden. Angeregt durch den Verein für europäische Binnenschifffahrt und Wasserstraßen (VBW) hat die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV), vertreten durch die Wasser- und Schifffahrtsdirektion Ost, dieses Gutachten in Auftrag gegeben mit dem Ziel, einen aktuellen, differenzierten und fachlich fundierten Vergleich der Verkehrsträger durchzuführen. In der hier vorliegenden Kurzfassung werden die wesentlichen Ergebnisse der Studie zusammenfassend dargestellt.

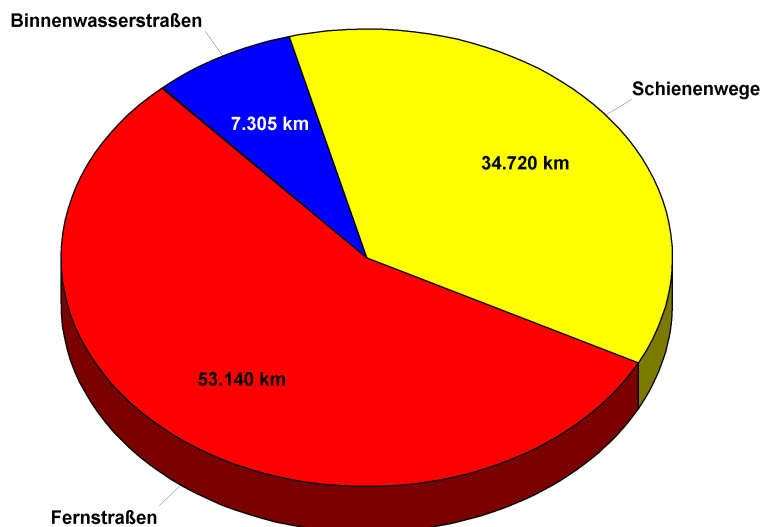
2 Verkehrswegenetze

Eine gute Verkehrsinfrastruktur ist eine unverzichtbare Voraussetzung für die Funktionsfähigkeit von Wirtschaft und Gesellschaft. Sie bestimmt maßgeblich die Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaftsstandorte und die Entwicklung von Lebensqualität und Wohlstand.

2.1 Bestand, Qualität, Investitionen und Wegekosten

Ein Blick auf die Längen der Binnenverkehrswege macht deutlich, dass das Binnenwasserstraßennetz im Vergleich zum Schienen- und Straßennetz deutlich kleiner ist. Das Schienennetz ist knapp fünfmal und das Fernstraßennetz (Autobahnen- und Bundesstraßen) über siebenmal so groß wie das Wasserstraßennetz.

Abbildung 1: Länge der Binnenverkehrswege in Deutschland 2004

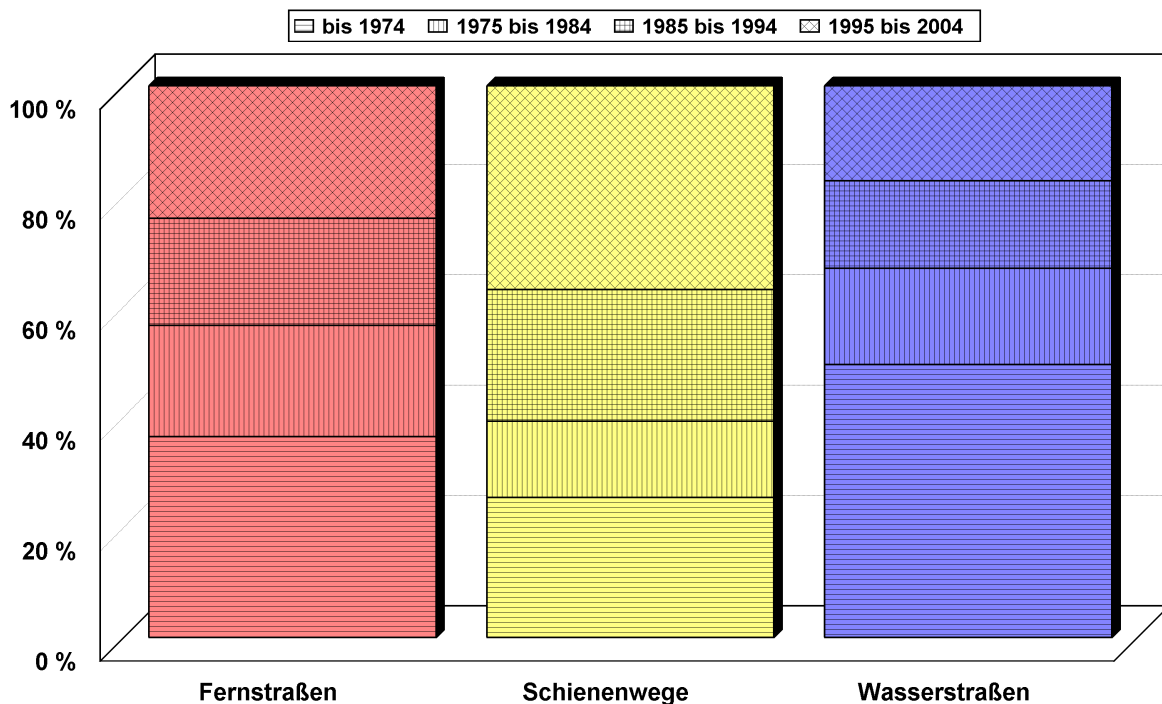


Neu- und Ausbaumaßnahmen an der Verkehrsinfrastruktur haben bei allen drei betrachteten Verkehrsnetzen in der Vergangenheit zu Qualitätszuwächsen geführt. Die Länge des Wasserstraßennetzes mit internationaler Bedeutung (Wasserstraßenklasse IV und besser) wuchs in der Zeit von 1991 bis 2004 um 340 km auf 5.073 km, während in ähnlichem Maße die bedeutungsärmeren Wasserstraßen zurückgingen.

Im Schienennetz kam es sowohl durch die Steigerung der Gleisanzahl als auch durch die zunehmende Elektrifizierung zu einem signifikanten Qualitätszuwachs. Auch das Bundesfernstraßennetz erreicht durch die Zunahme von Streckenabschnitten mit einer größeren Fahrbahnbreite im Zeitablauf ein qualitativ höheres Niveau.

Die Bruttoanlageinvestitionen in die Wasserstraßen sind im Vergleich zu Bundesfernstraßen und Schienenwegen im Zeitraum 1991 bis 2004 deutlich unterproportional gestiegen und dies von einem erheblich niedrigeren Ausgangsniveau. Einem Anstieg von 12,4% (Summe Küsten- und Binnenwasserstraßen) stehen Zuwächse um insgesamt 32,4% (Schienenwege) bzw. 38,4% (Fernstraßen) gegenüber. Entsprechend ist die Altersstruktur der Wasserstraßen deutlich ungünstiger als die der Schiene und der Bundesfernstraßen. Somit besteht die Gefahr, dass die Qualitätsentwicklung der Infrastruktur den modalen Wettbewerb nachteilig für die Binnenschifffahrt beeinflusst. Ist die Betriebssicherheit der Infrastruktur von fehlender Qualitätssicherung betroffen, so hat dies im Fall der Binnenschifffahrt aufgrund häufig fehlender Alternativrouten wesentlich stärkere Auswirkungen als z. B. beim Straßentransport.

Abbildung 2: Bruttoanlagevermögen der Wasserstraßen, Schienenwege und Bundesfernstraßen im Jahr 2004 nach Investitionsjahrgängen



Durch Gegenüberstellung der jeweiligen Ausgaben mit den Einnahmen für die Wege des Fernstraßen-, Schienen- und Binnenschiffsverkehrs kann ein Wegekostendeckungsgrad bestimmt werden. Die so ermittelten Kennzahlen zeigen zwar, ob eine verursachungsgerechte Anlastung der Kosten für die Benutzung der Verkehrswege erfolgt, lassen jedoch keine Rückschlüsse auf die Wirtschaftlichkeit zu. Detaillierte Berechnungen aus dem Jahr 1987 haben im Güterverkehr für alle drei Verkehrsträger eine Wegekostenunterdeckung festgestellt. Bezogen auf die absolute Höhe der Unterdeckung je Tonnenkilometer ergibt sich hierbei ein eindeutiges Bild zugunsten der Binnenschifffahrt. Während die Binnenschifffahrt mit einem Wert von 11,53 € je 1.000 tkm eine vergleichsweise geringe Wegekostenunterdeckung aufweist, ist der vergleichbare Wert im Schienengüterverkehr fast viermal so hoch (41,80 €).

Im relativen Vergleich des Verhältnisses zwischen Wegeeinnahmen und Wegekosten erreicht der Straßengüterverkehr mit einem Kostendeckungsgrad von 56,3 % im Jahr 1987 das beste Ergebnis. Im Güterverkehr der DB und in der Binnenschifffahrt werden mit 13,7 % bzw. 8,5 % vergleichsweise deutlich geringere Deckungsgrade erzielt. Aktuellere fundierte Ergebnisse sind nicht verfügbar, es ist jedoch davon auszugehen, dass sich der Wegekostendeckungsgrad im Straßengüterverkehr durch die schrittweise Erhöhung der Mineralölsteuer im Rahmen der Ökosteuer Gesetze sowie die Einführung der Lkw-Maut auf Autobahnen deutlich erhöht hat. Es muss allerdings darauf hingewiesen werden, dass die Binnenwasserstraßen als einzige der verglichenen Infrastrukturen in erheblichem Maße verkehrsfremde Funktionen erfüllt.

Darüber hinaus stellen die Wegekosten nur einen Bruchteil der zur Erzielung eines Wohlfahrtsoptimums insgesamt verursachergerecht anzulastenden sozialen Kosten des Verkehrs dar. So liegen beispielsweise allein die gesamtwirtschaftlichen Unfallkosten des Straßengüterverkehrs in Deutschland erheblich über der Summe der Wegekosten der Binnenschifffahrt.

2.2 Auslastung

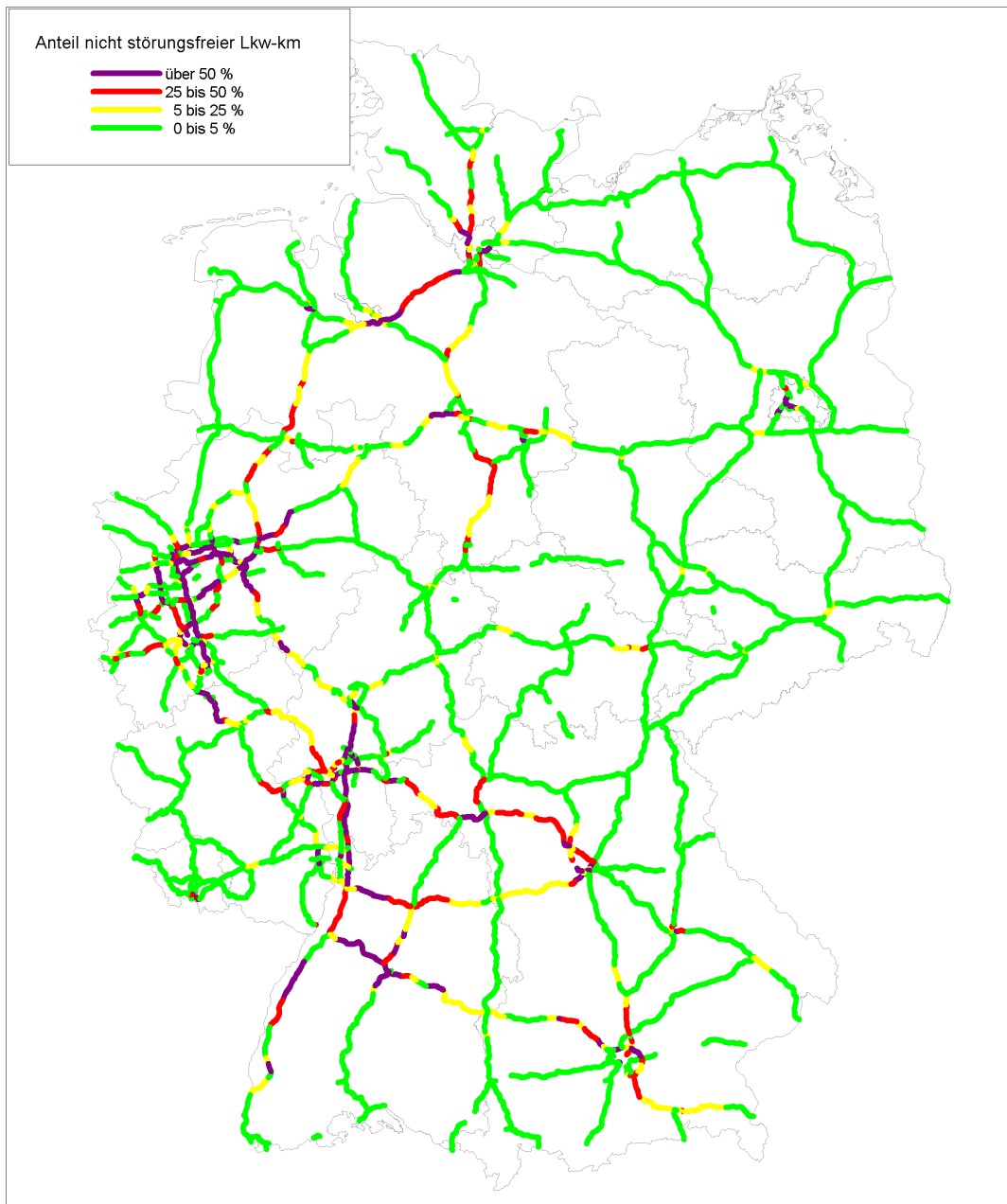
Der Personen- und Güterverkehr ist in Deutschland in den vergangenen dreißig Jahren deutlich angestiegen. Insbesondere der Kraftfahrzeugverkehr auf den Bundesfernstraßen weist hierbei überdurchschnittliche Steigerungsraten auf. Nach vorliegenden Prognosen des BVWP 2003 ist auch für die kommenden Jahre ein signifikantes weiteres Verkehrswachstum zu erwarten. Vor diesem Hintergrund stellt sich verstärkt die Frage, ob und in welchem Umfang die Verkehrswegenetze der einzelnen Verkehrsträger in der Lage sind, zusätzliche Aufkommen zu verkraften.

Bundesfernstraßen

Die Verkehrsstärken auf deutschen Autobahnen haben auf einer Vielzahl von Streckenabschnitten ein derart hohes Niveau erreicht, das ein störungsfreier Ablauf des Güterverkehrs nicht mehr gewährleistet ist. Gemessen am Anteil nicht störungsfreier Lkw-km bestehen im Jahr 2005 auf insgesamt 1.050 km des Autobahnnetzes erhebliche Engpässe. Von den Störungen sind neben den Autobahnen in den Ballungsräumen Hamburg, Berlin,

Rhein-Ruhr, Frankfurt und München insbesondere die A1 zwischen Hamburg und Bremen und im weiteren Verlauf auf weiten Teilstrecken bis Köln, die A5 südlich Gießen, die A3 zwischen Frankfurt und Nürnberg, die A6 zwischen Heidelberg und Nürnberg sowie die A8 zwischen Karlsruhe und München betroffen (vgl. die violett und rot gekennzeichneten Abschnitte in der folgenden Abbildung).

Abbildung 3: Intensität der Verkehrsstörungen für Lkw auf deutschen Autobahnen im Jahr 2005



Der Anstieg der Fahrleistungen auf den deutschen Autobahnen wird sich im kommenden Jahrzehnt in etwa im gleichen Ausmaß fortsetzen, wie im vergangenen Zehnjahreszeitraum. Vor diesem Hintergrund ist eine generelle Verbesserung der Verkehrssituation auf den deutschen Autobahnen nicht zu erwarten. Im Gegenteil, auch unter Berücksichtigung der Aus- und Neubaumaßnahmen des BVWP 2003 muss in weiten Bereichen des Netzes mit einer weiteren Verschlechterung der Verkehrssituation gerechnet werden.

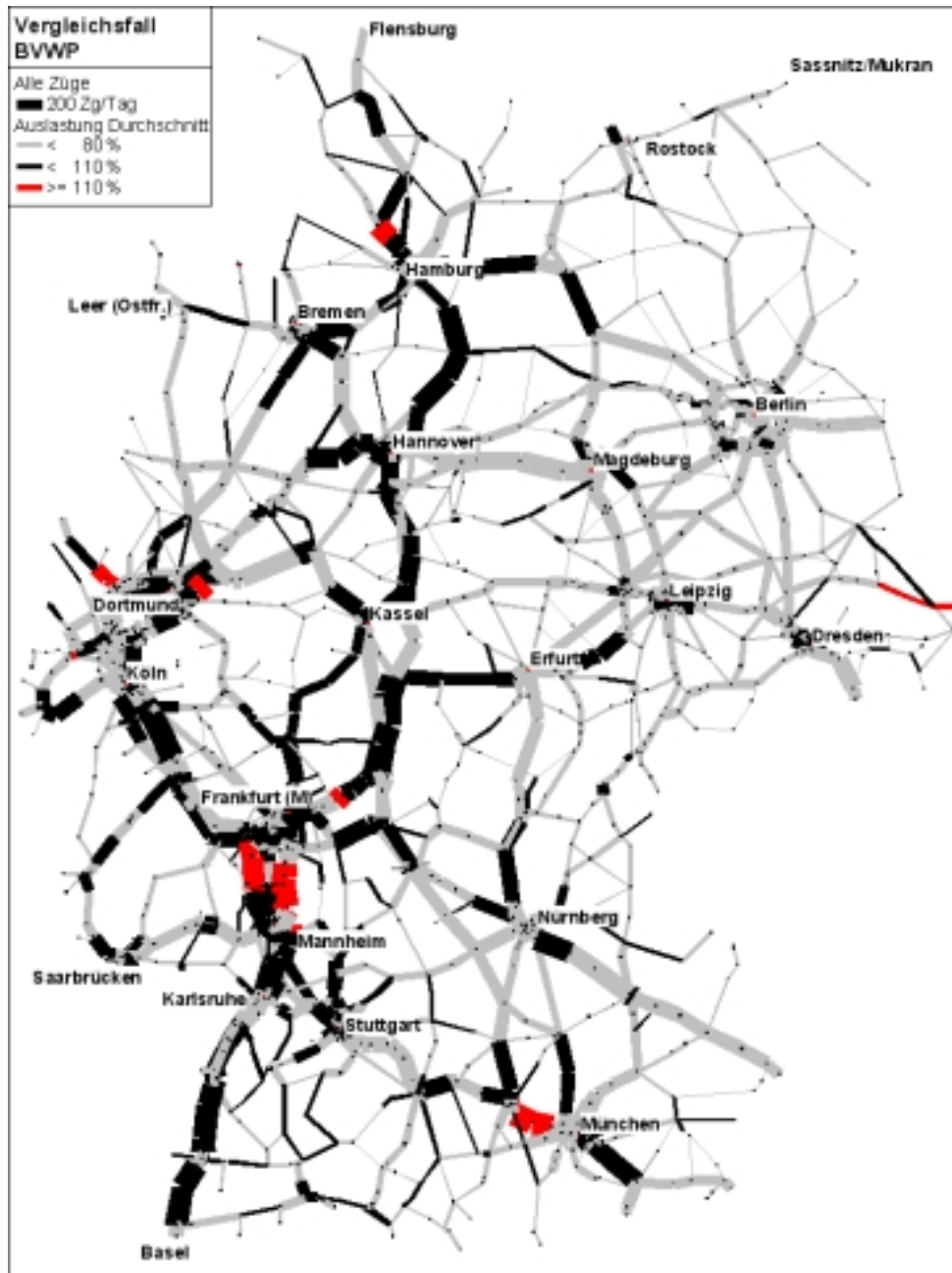
Eisenbahnstrecken

Auch im Eisenbahngüterverkehr kann derzeit nicht von einem störungsfreien Verkehrsablauf ausgegangen werden. Nach einer aktuellen Mitteilung des Netzbeirates der DB Netz AG vom Mai 2007 sind neuralgische Punkte unter anderem zwischen Hamburg und Hannover, zwischen Karlsruhe und Basel sowie zwischen Emmerich und Duisburg zu sehen. Zudem wird konstatiert, dass viele Knoten überlastet sind. Diese Einschätzung stimmt mit den Ergebnissen einer Unternehmensbefragung des Verbandes Deutscher Verkehrsunternehmen überein. Hiernach sind allein im Fern- und Ballungsnetz der DB AG 53 Abschnitte durch mangelnde Streckenleistungsfähigkeit bzw. Streckenüberlastung gekennzeichnet. Kapazitätsprobleme bzw. Überlastungen bestehen hiernach darüber hinaus in den Knoten Bremen, Hamburg, Hannover, Hamm, Köln, Frankfurt (Main), Leipzig, Nürnberg/Fürth und München.

Durch die Neu- und Ausbaumaßnahmen des aktuellen Bundesverkehrswegeplans wird die Situation auf einer Reihe deutlich überlasteter Engpassstrecken zukünftig entschärft. Auch auf den Hauptabfuhrstrecken verbleibt allerdings eine Vielzahl von Streckenabschnitten mit Auslastungsgraden zwischen 80 % und 110 % und den damit verbundenen nachteiligen Effekten insbesondere für Güterzüge, für die nach derzeitigem Stand keine Neu- bzw. Ausbaumaßnahmen vorgesehen sind.

Die Transportzeit der Güterzüge steigt durch Wartezeiten bereits ab einer Streckenauslastung von rd. 80 % progressiv an. Kapazitätsauslastungen zwischen 80 % und 110 % der Nennleistungsfähigkeit kennzeichnen daher ein gegenüber geringer belasteten Strecken deutlich verschlechtertes Leistungsbild im Schienengüterverkehr. So erhöht sich etwa die Transportdauer im Schienengüterverkehr bereits bei einem Auslastungsgrad von 95 % gegenüber mäßig belasteten Strecken um mehr als 20 %.

Abbildung 4: Belastung des deutschen Schienennetzes und Streckenauslastung im Jahr 2015 (Vergleichsfall BVWP 2003)



Bundeswasserstraßen

Im Gegensatz zu Straße und Schiene verfügen die Binnenwasserstraßen auf allen wichtigen Korridoren über erhebliche Kapazitätsreserven. Dies gilt nach aktuellen Berechnungen sowohl für den gegenwärtigen Stand als auch unter Berücksichtigung prognostizierter Aufkommenszuwächse im Jahr 2015. So verfügt von den 21 untersuchten Abstiegsbauwerken die Schleuse Lauenburg am Elbe-Lübeck-Kanal im Jahr 2015 bezogen auf die Transportmenge des Jahres 2005 mit rd. 2,6 Mio. Gütertonnen über die geringste Reservekapazität. Diese reicht allerdings aus, um das Transportaufkommen des Jahres 2005 zu Verfünffachen.

Tabelle 2-1: Kapazitätsreserven der untersuchten Schleusen im Jahr 2015 (Mio. t in der jeweiligen Hauptverkehrsrichtung)

Wasserstraße	Schleuse	Aufkommen 2005 in Mio. t	Praktische Kapazität 2015 in Mio. t	Reserve 2015 bezogen auf 2005 in Mio. t
WDK	Friedrichsfeld	10,3	17,7	7,4
RHK	Oberhausen	8,5	35,9	27,4
DEK	Münster	5,9	22,5	16,6
DHK	Hamm	0,6	5,3	4,7
MLK	Anderten	7,1	17,2	10,1
Weser	Minden	1,3	8,5	7,2
KüKa	Dörpen	2,4	6,1	3,7
ESK	Lüneburg	6	13,6	7,6
ELK	Lauenburg	0,5	3,1	2,6
Main	Kostheim	12,4	27,1	14,6
Main	Obernau	4,7	14,9	10,2
MDK	Kelheim	3,4	11,5	8,1
Donau	Jochenstein	4	12,9	8,9
Neckar	Feudenheim	5,6	22,4	16,8
Mosel	Koblenz	8,9	29,2	20,3
Elbe	Geesthacht	6,6	17,0	10,4
EHK	Hohenwarthe	1,9	17,3	15,4
UHW	Brandenburg	2,2	33,8	31,6
SOW	Charlottenburg	0,5	6,1	5,6
TeK	Kleinmachnow	0,6	8,9	8,3
HOW	Spandau	1,6	8,3	6,7

3 Steuerliche Rahmenbedingungen

In Europa sind im Laufe der Zeit vielfach Steuerbemessungsgrundlagen und Steuersätze ohne eine EU-weite Abstimmung geändert worden. Steuerbefreiungstatbestände und -vergünstigungen wurden eingeführt, die gegenwärtig vor allem durch wirtschafts- und umweltpolitische Aspekte begründet werden.

Im Güterkraftverkehr sind niedrige Sozialabgaben, unterschiedliche Kraftfahrzeugsteuerbelastungen und spezielle Subventionstatbestände (insbesondere die Treibstoffsubventionierung) die Ursache für Wettbewerbsdisparitäten zwischen inländischen und ausländischen Unternehmen. Im Vergleich mit Deutschland sind die steuerlichen Rahmenbedingungen in den Niederlanden deutlich besser. So ist beispielsweise die deutsche Kraftfahrzeugsteuer doppelt so hoch wie die niederländische. Zudem sind Mineralölsteuersätze über 11 Cent pro Liter höher. Im Resultat ist die Jahresabgabenbelastung eines 40 t-Lastzugs mit einer Jahresfahrleistung von 135.000 km in Deutschland insgesamt 30 % höher.

Ähnlich wie im Straßengüterverkehr ergeben sich beim Eisenbahngüterverkehr speziell im Vergleich mit den Niederlanden Wettbewerbsnachteile für deutsche Unternehmen. Während in Deutschland der volle Mineralölsteuersatz erhoben wird, sind niederländische Eisenbahnunternehmen von dieser Steuer vollständig befreit. Ähnliche Disparitäten ergeben sich im europäischen Vergleich bei der Stromsteuer.

Auch in der Binnenschifffahrt ergeben sich im europäischen Vergleich Wettbewerbsverzerrungen zu Lasten des deutschen Gewerbes. Durch vielfältige Steuer- und Finanzierungsvorteile sowie Zuschüsse gelang es den Unternehmen in den Niederlanden und Belgien in den 90er Jahren in weit stärkerem Maße ihre Binnenschiffsflotten zu modernisieren und so einen bedeutenden Wettbewerbsvorteil gegenüber ihren deutschen Konkurrenten zu erlangen.

In der Diskussion um die steuerlichen Rahmenbedingungen des Verkehrsträgerwettbewerbs in Deutschland wird von der Deutschen Bahn vielfach darauf hingewiesen, dass ihr durch die Befreiung der Binnenschifffahrt von der Mineralölsteuer erhebliche Wettbewerbsnachteile entstehen. Tatsächlich wurden in Deutschland im Jahr 2005 rd. 269.000 t Dieselkraftstoffe steuerbefreit an die Binnenschifffahrt geliefert. Bei einer Steuerbelastung von rd. 47 Cent je Liter ergibt sich hieraus ein Gesamtvolumen in Höhe von knapp 144 Mio. EURO. Bezieht man diesen Wert auf die im Jahr 2005 in Deutschland erbrachte Verkehrsleistung der Binnenschifffahrt, so entspricht dies einem Vorteil in Höhe von 0,22 Cent je Tonnenkilometer.

Diesem steuerlichen Nachteil der Bahn stehen indes erheblich größere Unterschiede bei den Externen Kosten gegenüber. Nach den durchgeführten Vergleichsrechnungen (vgl. Kap. 6.6) liegen die Vorteile der Binnenschifffahrt gegenüber der Bahn im Massengutverkehr hier bei durchschnittlich 0,85 Cent je tkm, d. h. durch die Mineralölsteuerbefreiung werden nur rd. 25% des Unterschieds der Externen Kosten ausgeglichen, die bei verursachergerechten Anlastung der Effekte zu Gunsten der Binnenschifffahrt zu „verrechnen“ wären.

4 Verkehrsmengen und Prognosen

Nach vorliegenden Prognosen ist zukünftig mit einer weiteren erheblichen Steigerung des Güterverkehrs in Deutschland zu rechnen. So geht etwa die für den Bundesverkehrswegeplan 2003 im Auftrag des BMVBS erstellte Prognose davon aus, dass sich die Verkehrsleistungen des Güterverkehrs in Deutschland (ohne Straßengüterverkehr) im Zeitraum 1997 bis 2015 um insgesamt 63% erhöhen werden. Starke Zuwächse werden hiernach insbesondere bei den internationalen Verkehren erwartet. Während die Verkehrsleistung im Binnenverkehr um insgesamt 34% zunimmt, wird sich der grenzüberschreitende Verkehr (einschließlich Transit) im Prognosezeitraum nahezu verdoppeln (plus 97%).

Für die Binnenschifffahrt werden Zuwächse sogar ausschließlich im internationalen Verkehr prognostiziert. Bei einem Gesamtzuwachs um 44% steigt die grenzüberschreitende Verkehrsleistung um 61%, während im Binnenverkehr eine Abnahme um 4% erwartet wird.

Tabelle 2: Entwicklung der Transportleistung im Güterverkehr der Binnenschifffahrt 1997 bis 2015

Verkehrsleistung (Mrd. tkm)	1997	2015	Zuwachs
Binnenverkehr	16,3	15,6	- 4 %
Grenzüberschreitender Verkehr	45,9	74,0	61 %
Insgesamt	62,2	89,6	44 %

Quelle: Verkehrsprognose 2015 für den Bundesverkehrswegeplan 2003

Eine Gegenüberstellung mit der tatsächlichen Entwicklung zeigt im Straßengüterverkehr eine recht hohe Übereinstimmung der Prognose des BVWP 2003 mit der beobachteten Entwicklung. In der Summe über alle Gütergruppen ist die tatsächliche Transportmenge lediglich um 3 % niedriger als sie 2004 gemäß BVWP Prognose hätte sein sollen. Betrachtet man allerdings die Gütergruppen einzeln, so fällt auf, dass sich einige Gütergruppen wie Getreide und Futtermittel, Eisen, Stahl und Schrott sowie Steine und Erden besser als prognostiziert und einige sich deutlich schlechter als erwartet entwickelt haben. Zu letzteren zählen insbesondere die Verbrauchs- und Investitionsgüter sowie die Container.

Auch die Bahn blieb insbesondere bei den Gütergruppen Investitions- und Verbrauchsgüter sowie Container hinter den Erwartungen zurück. 2004 wurden in diesen Gruppen rund 10 % weniger Güter transportiert, als dies gemäß der Prognose des BVWP 2003 zu erwarten war. Die Bahn hat sich aber auch beim Massengut nicht in allen Bereichen wie prognostiziert entwickelt. Günstigere als prognostizierte Entwicklungen in den Bereichen Eisenerze und Eisen, Stahl und Schrott sowie Mineralöl stehen schlechtere Entwicklungen in den Bereichen Getreide und Futtermittel; Steine und Erden, sowie chemische Erzeugnisse und Düngemittel gegenüber.

Für die Binnenschifffahrt gilt ähnlich wie für die Bahn, dass die in den Prognosen erwarteten Zuwächse in vielen Fällen nicht erreicht wurden. In den Massengutbereichen Mineralöl, Eisenerze, Eisen, Stahl und Schrott, Steine, Erden sowie den chemischen Erzeugnissen und Düngemitteln wurden die prognostizierten Mengen relativ deutlich verfehlt.

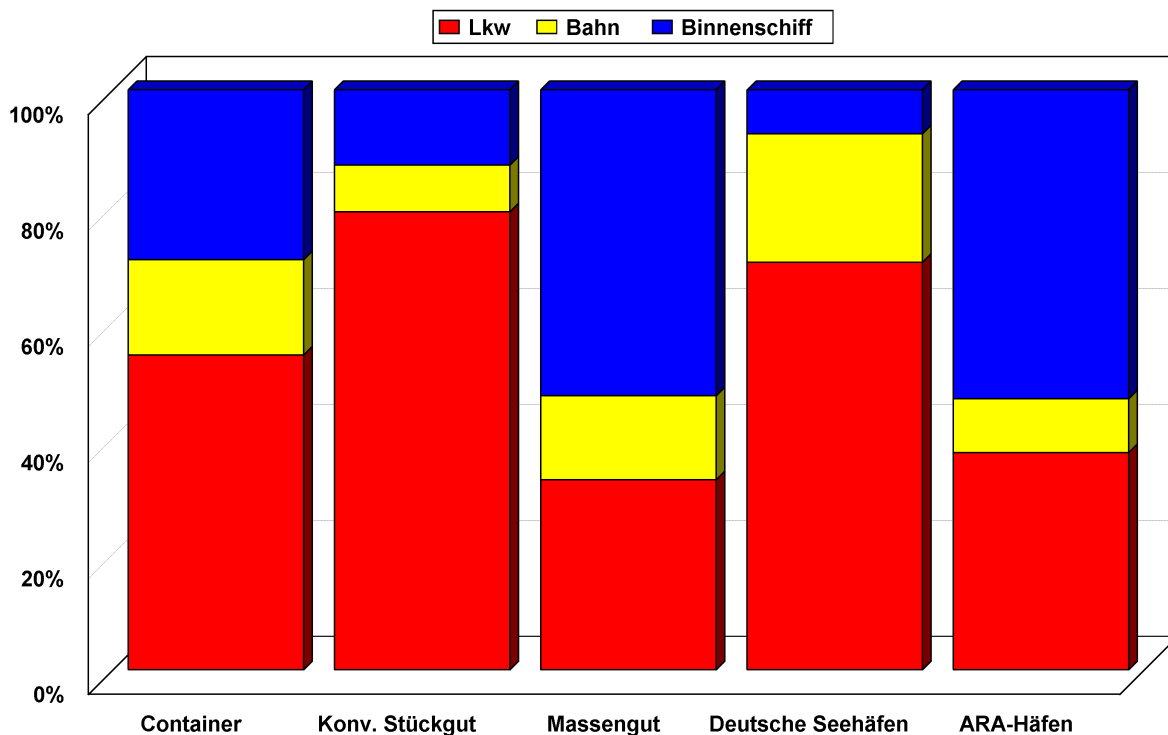
Beim Getreide und den Futtermitteln halten sich die Abweichungen in Grenzen. Kohle wurde 2004 allerdings deutlich mehr transportiert, als prognostiziert wurde. Aber insbesondere bei den Transporten der Gütergruppen Verbrauchs- und Investitionsgüter sowie Container konnte die Binnenschifffahrt deutlich größere Zuwächse als prognostiziert erzielen. 2004 liegt die Transportmenge in diesen Gütergruppen rund 32 % über der Sollmenge für 2004 gemäß der BVWP Prognose.

Es wird deutlich, dass die Binnenschifffahrt entgegen allen Befürchtungen nicht zum großen Verlierer des Güterstruktureffekts geworden ist. Vielmehr ist die Entwicklung insbesondere im Containersegment deutlich günstiger verlaufen, als prognostiziert. Im Gegensatz dazu haben die beiden konkurrierenden Verkehrsträger die Erwartungen in diesem Segment nicht erfüllt.

Mit einem Aufkommen von mehr als 130 Millionen Tonnen im Jahr 2004 ist der Seehafen-hinterlandverkehr ein für die Binnenschifffahrt besonders wichtiges Segment des Transportmarktes. Hierbei haben neben den Massengütern (hier dominiert die Binnenschifffahrt mit einem Anteil von 53% am Gesamtaufkommen) in der Vergangenheit zunehmend auch Containertransporte erhebliche Bedeutung gewonnen. So wurden im Jahr 2004 gut 29% aller Containertransporte von und zu den Seehäfen per Binnenschiff abgewickelt (Lkw 54%, Bahn 16%).

Die Leistungsfähigkeit der Wasserstraßenanbindung spielt hierbei für den Marktanteil der Binnenschifffahrt eine entscheidende Rolle. So sind die Transportrelationen mit den über den Rhein exzellent angebundenen ARA-Häfen (Amsterdam, Rotterdam, Antwerpen) für die Binnenschifffahrt deutlich günstiger als die mit den deutschen Seehäfen. Entsprechend erzielt die Binnenschifffahrt im Hinterland der Westhäfen beim Massengut einen Marktanteil von 63% und bei Containern von 49%, im Hinterland der deutschen Seehäfen hingegen Anteile von lediglich 19% bzw. 2%.

Abbildung 5: Anteile der Verkehrsträger am Seehafen hinterlandverkehr 2004



Neben dem Seehafen hinterlandverkehr ist die Bedeutung der Binnenschifffahrt bei den Gefahrguttransporten erheblich. Als sicherstem Güterverkehrsträger kommt ihr dabei eine besondere Rolle zu. Insbesondere bei den entzündbaren flüssigen Stoffen, dem aufkommensstärksten Gefahrgut, übernimmt sie einen großen Teil der Transporte.

Als Marktsegmente mit erheblichen Zukunftspotenzialen für die Binnenschifffahrt sind neben den Containerverkehren auch die Importkohletransporte zu nennen. Bei anhaltenden Ölpreisteigerungen und dem Wegfall inländischer Kohlegewinnung können die Kohletransporte im Seehafen hinterland bis zum Jahr 2030 (ca. 52 Mio. Tonnen) gegenüber 2004 um bis zu 52% zunehmen. Weitere Transportmärkte mit Perspektiven für die Binnenschifffahrt sind insbesondere die Transporte von Neuwagen, Schrott und Schwergut. Bei entsprechender Entwicklung des Biomassemarktes als Energierohstoff wird die Binnenschifffahrt auch von der Entwicklung in diesem Marktsegment profitieren.

5 Energieverbrauch

In der aktuellen Diskussion über die Umwelteinflüsse des Verkehrs und den Vergleich der Verkehrsträger spielen nicht nur die spezifischen Emissionsfaktoren der Verkehrsträger eine wichtige Rolle, sondern auch der Energieverbrauch. Dieser ist als Basis für Emissionsschätzungen auch für deren Ergebnis essentiell.

Fachlich fundierte Berechnungsansätze zur Bestimmung des Energieverbrauchs der Verkehrsträger müssen die jeweils spezifischen Rahmenbedingungen der Transportvorgänge berücksichtigen. Dies umfasst sowohl die technischen Merkmale der eingesetzten Fahrzeuge und deren Beladung als auch die Streckencharakteristika und die jeweilige Verkehrssituation.

So ist etwa im **Straßengüterverkehr** der Verkehrsfluss von entscheidender Bedeutung. Auf der Basis umfangreicher Modellrechnungen ergeben sich für die Verkehrssituationen auf den deutschen Autobahnen im Jahr 2005 die folgenden durchschnittlichen Kraftstoffverbräuche der Last- und Sattelzüge.

- frei, bzw. ohne Störung : 29,2 Liter je 100 km
- teilgebunden, bzw. mittlere Störung: 30,8 Liter je 100 km
- gebunden, bzw. starke Störung: 31,8 Liter je 100 km
- Stop and Go : 61,9 Liter je 100 km

Hiernach ergibt sich insbesondere beim Übergang zu Verkehrssituationen des Stop and go ein drastischer Anstieg des Dieserverbrauchs der Last- und Sattelzüge. Im Vergleich zum durchschnittlichen Verbrauchswert bei freiem Verkehrsfluss steigt der Verbrauchswert um mehr als 100 %.

Hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung des Diesekraftstoffverbrauchs der Last- und Sattelzüge liegen unterschiedliche Einschätzungen vor. So wird in TREMOD 2005 davon ausgegangen, dass schwere Nutzfahrzeuge im Jahr 2020 im Durchschnitt gegenüber dem Bezugsjahr 2002 einen um 18 % geringeren Energieverbrauch aufweisen werden. Im Handbuch der Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs werden hingegen im Jahr 2020 gegenüber dem Jahr 2005 bei allen Straßentypen und Verkehrssituationen leicht höhere Energieverbräuche je Fahrzeugkilometer ausgewiesen.

Aggregierte Werte des spezifischen Energieverbrauchs im **Eisenbahngüterverkehr** liegen in unterschiedlichen Abgrenzungen und Dimensionen aus verschiedenen Quellen vor. Die spezifischen Rahmenbedingungen der jeweiligen Transportvorgänge können mit diesen Durchschnittswerten jedoch nicht in ausreichendem Maße erfasst werden. Dies gilt insbesondere für die im Vergleich zur Binnenschifffahrt im Massengutverkehr relevanten Zuggewichte zwischen 1.700 t und 5.000 t. Für die im Rahmen dieser Studie durchgeführten Transportkostenvergleichsrechnungen für ausgewählte Relationen (vgl. Kapitel 7) wurde der Endenergieverbrauch des Schienengüterverkehrs daher mit dem Programmpaket Train Check unter Berücksichtigung der jeweils spezifischen Einflussfaktoren des Energieverbrauchs berechnet. Hierzu gehören die technischen Parameter der eingesetzten Loko-

motiven, Waggonanzahl, Zuglänge und Zuggewicht, das Verhältnis zwischen Brutto- und Nettolast der Wagen sowie die Zuggeschwindigkeit. Neben den genannten technischen Parametern der Züge werden auch die jeweiligen Streckencharakteristika über typische Streckenprofile erfasst sowie die Anzahl der Unterwegsaufenthalte berücksichtigt.

Zur Schätzung der zukünftigen Entwicklung des spezifischen Endenergieverbrauchs wird in TREMOD 2005 davon ausgegangen, dass durch die Einführung neuer Fahrzeuge gegenüber dem gegenwärtigen Stand weitere Einsparungen erzielt werden können. Hierauf basierend wird angenommen, dass sich der leistungsleistungsbezogene Endenergieverbrauch bei allen Zug- und Betriebsarten alle 5 Jahre um 1 % vermindert. Für den Zeitraum 2005 bis 2020 ergibt sich hieraus eine Gesamtreduktion um 3 %.

Auch bei der **Binnenschifffahrt** ist die differenzierte Schätzung des Leistungsbedarfs das zentrale Thema bei der Bestimmung des Energieverbrauchs. In zahlreichen Veröffentlichungen wird der Leistungsbedarf speziell größerer Schiffe zum Teil deutlich überschätzt. Diese Überschätzung ist u. a. darauf zurückzuführen, dass mit zu stark vereinfachenden Annahmen und Durchschnittswerten gerechnet wird. Basis für die Bestimmung des Leistungsbedarfs der Binnenschifffahrt und damit des Energieverbrauchs müssen schiffstypenspezifische Leistungs-Geschwindigkeits-Profile für die verschiedenen Wasserstraßenbedingungen sein.

Der Zusammenhang zwischen Leistungsbedarf und Geschwindigkeit lässt sich durch ein Leistungs-Geschwindigkeitsdiagramm veranschaulichen. Ein Vergleich des Großmotorgüterschiffs (Länge: 95-110m, Breite: 11,45m) mit den Schiffstypen Johann Welker (Länge: 80-85m, Breite 9,5m) und Gustav Koenigs (Länge: 67-80m, Breite: 8,2m) zeigt, dass der Leistungsbedarf bei gegebenem Tiefgang, gegebener Wassertiefe und gegebener Geschwindigkeit mit zunehmender Schiffsgröße sinkt. Somit sinkt auch der Leistungsbedarf je Ladungstonne und damit der spezifische Energieverbrauch.

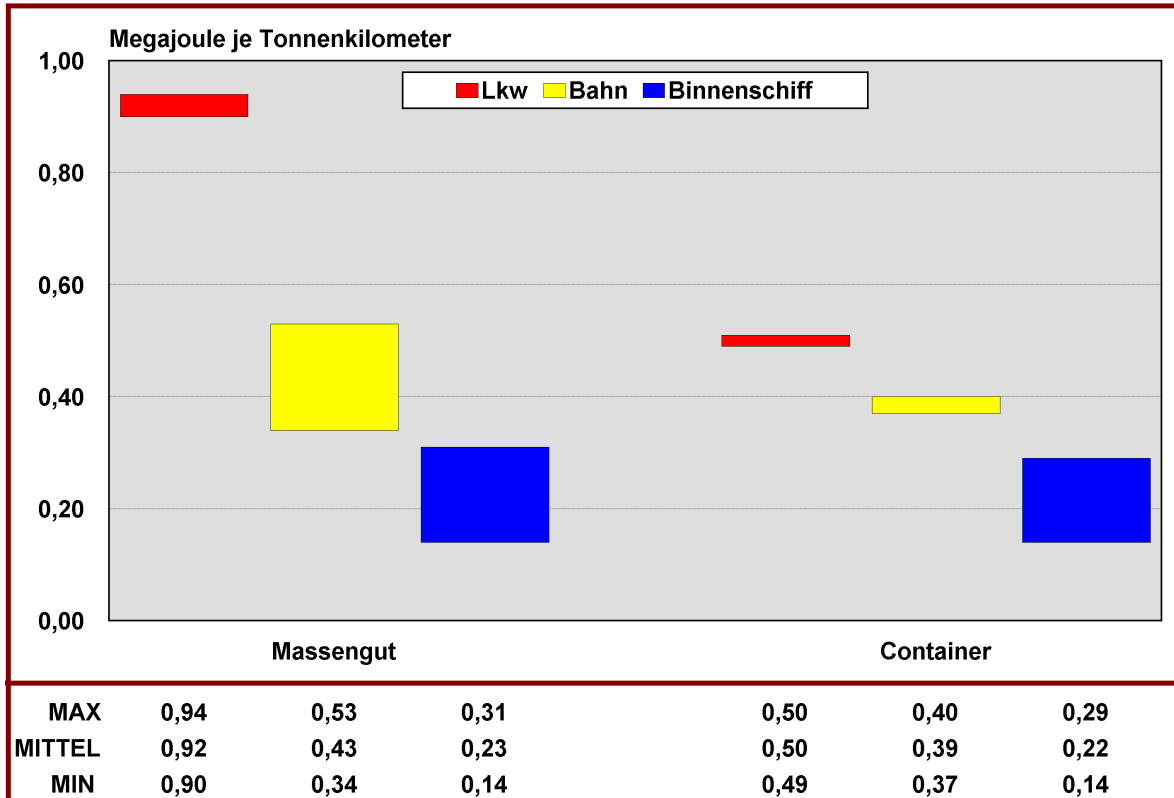
Bei einer Abladetiefe von 2,5 Metern transportiert das Großmotorgüterschiff rd. 490 t bzw. knapp 790 t mehr Ladung als die kleineren Schiffstypen Johann Welker bzw. Gustav Koenigs und benötigt gleichzeitig dafür weniger Leistung. Der Vorteil der Schiffsgröße wirkt in diesem Fall mehrfach. Kann das GMS mit einer Abladetiefe von mehr als 2,5 m verkehren, so vergrößert sich der Vorteil je Ladungstonne gegenüber den kleineren Schiffstypen noch weiter. Der Zuwachs an Landungsmenge überkompensiert den ansteigenden Leistungsbedarf erheblich.

Auch mit Blick auf die zukünftige Entwicklung des Energieverbrauchs werden die Reduktionspotenziale der Binnenschifffahrt in vorliegenden Studien teils deutlich unterschätzt. So kann allein aufgrund der Flottenstrukturentwicklung (weiterer Anstieg des Anteils der gegenüber kleineren Fahrzeugen deutlich energieeffizienteren Großmotorgüterschiffe) bis zum Jahr 2025 von einer Verminderungen des Treibstoffverbrauchs um rd. 9% ausgegangen werden.

Im Ergebnis der auf Basis der skizzierten differenzierten Berechnungsansätze durchgeführten **Vergleichsrechnungen** für ausgewählte Transportrelationen weist die Binnenschifffahrt bereits unter heutigen Bedingungen den geringsten spezifischen Energieverbrauch auf. Auf sieben von acht Massengut- und allen fünf Containerrelationen wird

beim Transport per Binnenschiff weniger Energie verbraucht als im Eisenbahngüterverkehr. Der Energieverbrauch der Last- und Sattelzüge ist bei allen untersuchten Massengut- und Containertransporten am höchsten. Die folgende Abbildung veranschaulicht die Bandbreiten und Mittelwerte des jeweiligen Primärenergieverbrauchs je Tonnenkilometer.

Abbildung 6: Bandbreiten und Mittelwerte des Primärenergieverbrauchs auf ausgewählten Transportrelationen



6 Externe Kosten

Als externe Kosten werden unkompenzierte Auswirkungen von Verkehrsteilnehmern auf unbeteiligte Dritte bezeichnet. Extern heißt dabei, dass ein Geschädigter keine Entschädigung erhält. Im Verkehrsbereich treten insbesondere die folgenden Externen Effekte auf:

- Verkehrssicherheit,
- Verkehrslärm,
- Klimagase,
- Luftschadstoffe,
- Landschaftszerschneidung und Flächenverbrauch.

6.1 Verkehrssicherheit

In der aktuellen Diskussion zum Vergleich der externen Kosten im Güterverkehr bleiben die sozialen Kosten durch Verkehrsunfälle häufig entweder insgesamt unberücksichtigt oder werden auf Basis vergleichsweise wenig differenzierter Ausgangsdaten geschätzt.

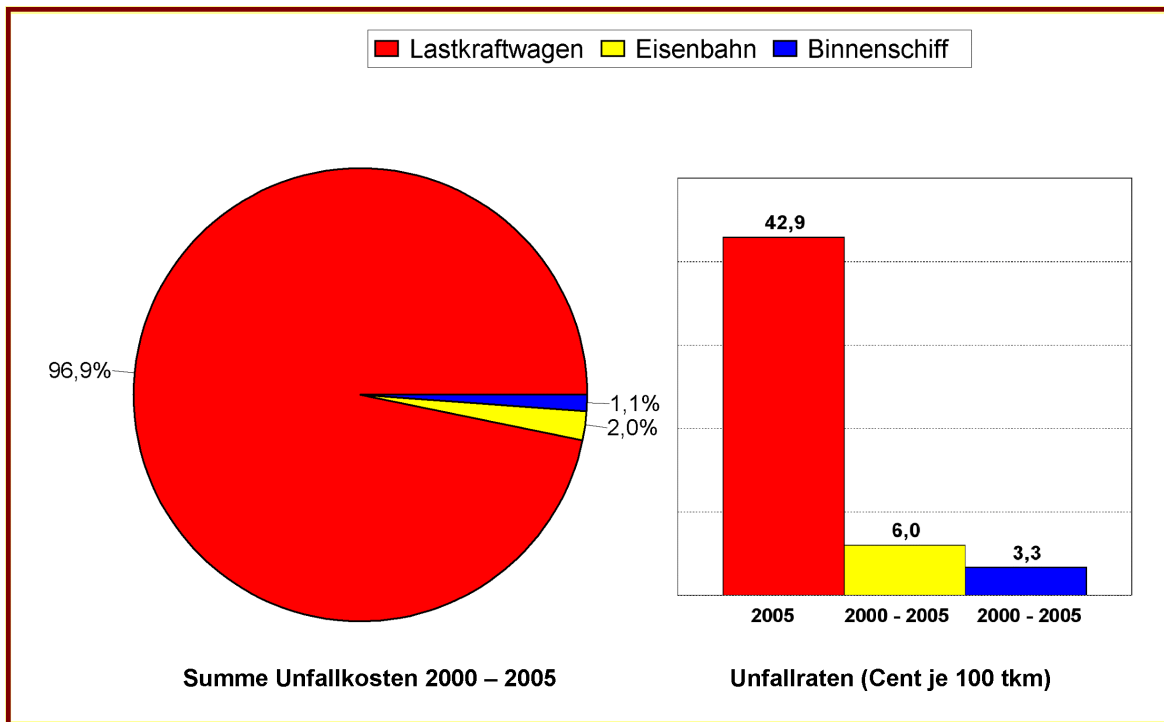
Für die Berechnungen der folgenden Ergebnisse wurde diese Lücke durch eine deutlich verbesserte Datenbasis geschlossen. Die Abgrenzung der dem Güterverkehr zuzurechnenden Unfälle erfolgt bei allen drei Verkehrsträgern einheitlich nach dem Kriterium „Beteiligung von Güterfahrzeugen“. Erfasst wird das Unfallgeschehen auf der verkehrlichen Infrastruktur im Bundesgebiet. Aus den vorliegenden Grunddaten konnten Vergleichsrechnungen für den Zeitraum der Jahre 2000 bis 2005 erstellt werden.

Die durchgeführten Analysen und Berechnungen bestätigen die Stellung der Binnenschifffahrt im Vergleich zu Lastkraftwagen und Eisenbahn als sichersten Verkehrsträger im Güterverkehr. So wurden im Durchschnitt der Jahre 2000 bis 2005 bei Unfällen mit Beteiligung von Güterschiffen durchschnittlich 0,04 Personen getötet, im Eisenbahngüterverkehr hingegen 0,28 Personen und im Straßengüterverkehr gar 2,48 Personen.

Von den insgesamt im Zeitraum der Jahre 2000 bis 2005 durch den Güterverkehr per Lkw, Eisenbahn und Binnenschiff in Deutschland verursachten gesamtwirtschaftlichen Unfallkosten entfallen 96,9 % auf den Verkehr mit Lastkraftwagen, 2,0 % auf den Eisenbahngüterverkehr sowie 1,1 % auf Binnenschiffsgüterverkehre.

Jeweils bezogen auf die erbrachte Verkehrsleistung (Tonnenkilometer im Inland) ergeben sich hieraus im Straßengüterverkehr Unfallkosten in Höhe von 42,9 Cent je 100 tkm (Jahr 2005), im Eisenbahngüterverkehr in Höhe von 6,0 Cent je 100 tkm (Durchschnitt der Jahre 2000 bis 2005) und im Binnenschiffsgüterverkehr in Höhe von 3,3 Cent je 100 tkm (Durchschnitt der Jahre 2000 bis 2005). Die Unfallkostenraten des Straßengüterverkehrs liegen somit um mehr als das 13fache und diejenigen des Eisenbahngüterverkehrs um gut 80 % über den entsprechenden Raten des Binnenschiffsgüterverkehrs.

Abbildung 7: Summe der Unfallkosten und Unfallkostenraten im Güterverkehr per Lastkraftwagen, Eisenbahn und Binnenschiff



6.2 Verkehrslärm

Der Gütertransport auf Straße, Schiene und Binnenwasserstraße führt auf angrenzenden Flächen u. a. zu einer Lärmexposition der Bevölkerung. Die für die Lärmexposition ursächlichen Schallemissionen und -immissionen von Zug, Lkw und Binnenschiff weisen in diesem Zusammenhang erhebliche Unterschiede auf.

Ladungsnormiert ergibt sich für den Schienen- und Straßenverkehr am Ort der Schallentstehung nur ein geringer Unterschied in dem längenbezogenen Schallemissionspegel, während der ladungsnormierte Schallemissionspegel des Binnenschiffsverkehrs um mehr als 10 dB(A) leiser ist. Dieser geringere Schallemissionspegel des Binnenschiffsverkehrs gegenüber Straßen- und Schienenverkehr wird vom Menschen als Halbierung der Lautstärke wahrgenommen.

Zudem werden die Unterschiede in der durch die verschiedenen Verkehrsträger verursachten Lärmbetroffenheit der Bevölkerung durch die Ausgestaltung der Verkehrswege, im Wesentlichen durch die unterschiedliche Breite der Trassenführung, noch verstärkt. So ergibt sich am Rand eines Schienenweges ein um mehr als 15 dB(A) höherer ladungsnormierter Schallimmissionspegel als am Rand kanalisierter Binnenwasserstraßen. Auch am Rand von Fernstraßen sind um mehr als 12 dB(A) höhere ladungsnormierte Schallimmissionspegel zu erwarten.

Mit diesen geringeren Schallemissionen und -immissionen des Binnenschiffsverkehrs geht einher, dass bereits heute die in der 16. Bundesimmissionsschutzverordnung für Straßen-

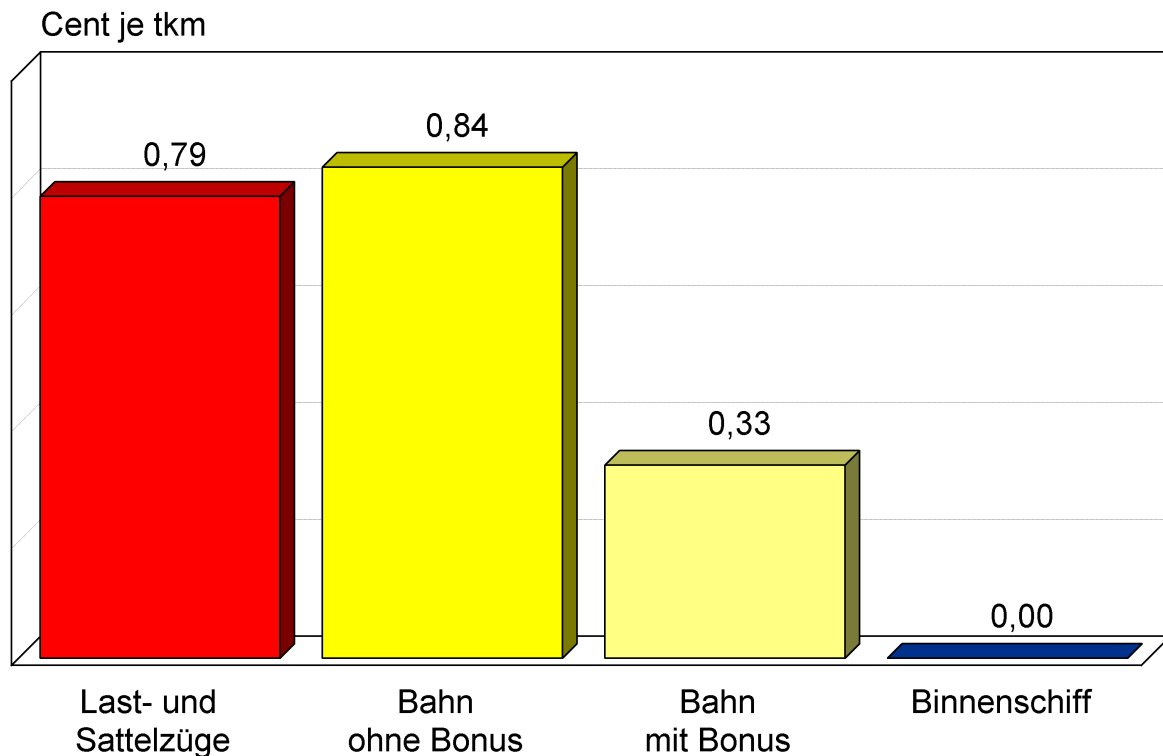
und Schienenverkehr festgelegten Lärmimmissionsgrenzwerte durch den Binnenschiffsverkehr auch ohne weitergehende Lärmschutzmaßnahmen in aller Regel eingehalten werden – ganz im Gegensatz zu Straßen- und Schienenverkehr.

Die Quantifizierung der durch Verkehrslärm verursachten externen Kosten setzt in einem ersten Schritt die Ermittlung der betroffenen Bevölkerung voraus. Aufbauend auf die Ergebnisse einer kontinuierlichen Befragung des Umweltbundesamtes zur Lärmbetroffenheit der Einwohner in Deutschland wird in INFRAS 2007 die Anzahl der in Deutschland von Straßen- und Schienenverkehrslärm Betroffenen im Jahr 2005 nach Lärmklassen geschätzt. Die Binnenschifffahrt wird hierbei nicht als Verursacher nennenswerter Lärmbelastungen angesehen. Dies steht in Übereinstimmung mit den Ergebnissen der in den vorangegangenen Abschnitten skizzierten Schallemissionsberechnungen.

Zur Bewertung der Auswirkungen auf die lärmbelästigte Bevölkerung werden von INFRAS zahlreiche Studien zur Zahlungsbereitschaft der Betroffenen für die Reduktion des Umgebungslärmpegels ausgewertet. Unter zusätzlicher Berücksichtigung des aufgrund dauerhaft starker Lärmexposition erhöhten Herzinfarkttrisikos sowie der Behandlungskosten infolge erhöhter Lärmbelastung auftretender Herz-Kreislauf-Erkrankungen berechnet INFRAS auf Basis der Anzahl Betroffener und deren Zahlungsbereitschaft durchschnittliche Lärmkosten je Tonnenkilometer für den Güterverkehr mit Lastkraftwagen in Höhe von 0,79 Cent sowie für den Eisenbahngüterverkehr in Höhe von 0,33 Cent.

Die hierbei beim Schienenverkehrslärm gegenüber dem Straßenverkehrslärm reduzierten Zahlungsbereitschaften werden mit der geringeren Lästigkeit des Schienenverkehrslärms sowie der „gängigen Praxis“ der Berücksichtigung eines Schienenbonus von 5 dB(A) begründet. Unabhängig von der wissenschaftlichen Fundierung des Schienenbonus bei gleich hohen Mittelungspegeln des Straßen- und Eisenbahnverkehrs stellt sich die Frage, ob die Anwendung des Bonus, wie von INFRAS vorgenommen, bei einer Bewertung auf Basis von Befragungsergebnissen gerechtfertigt ist. In der als Basis verwendeten Erhebung des Umweltbundesamtes wird derjenige Teil der Bevölkerung erfasst, der sich nach eigener Einschätzung von Lärm gestört bzw. stark gestört fühlt. Hierbei wird die Störung durch Straßen- und Schienenverkehrslärm getrennt erfasst. Etwaige Lästigkeitsdifferenzen des Lärms der beiden Verkehrsträger finden entsprechend bereits in der Anzahl der jeweils lärmbeeinträchtigten Bevölkerung ihren Niederschlag. Die zusätzliche Berücksichtigung des Schienenbonus führt somit zu einer ungerechtfertigten Doppelerfassung etwaiger Lästigkeitsdifferenzen. Ohne Anwendung des Schienenbonus erhöhen sich die durchschnittlichen externen Lärmkosten des Schienengüterverkehrs auf 0,84 Cent je Tonnenkilometer.

Abbildung 8: Durchschnittliche Externe Kosten des Verkehrslärms



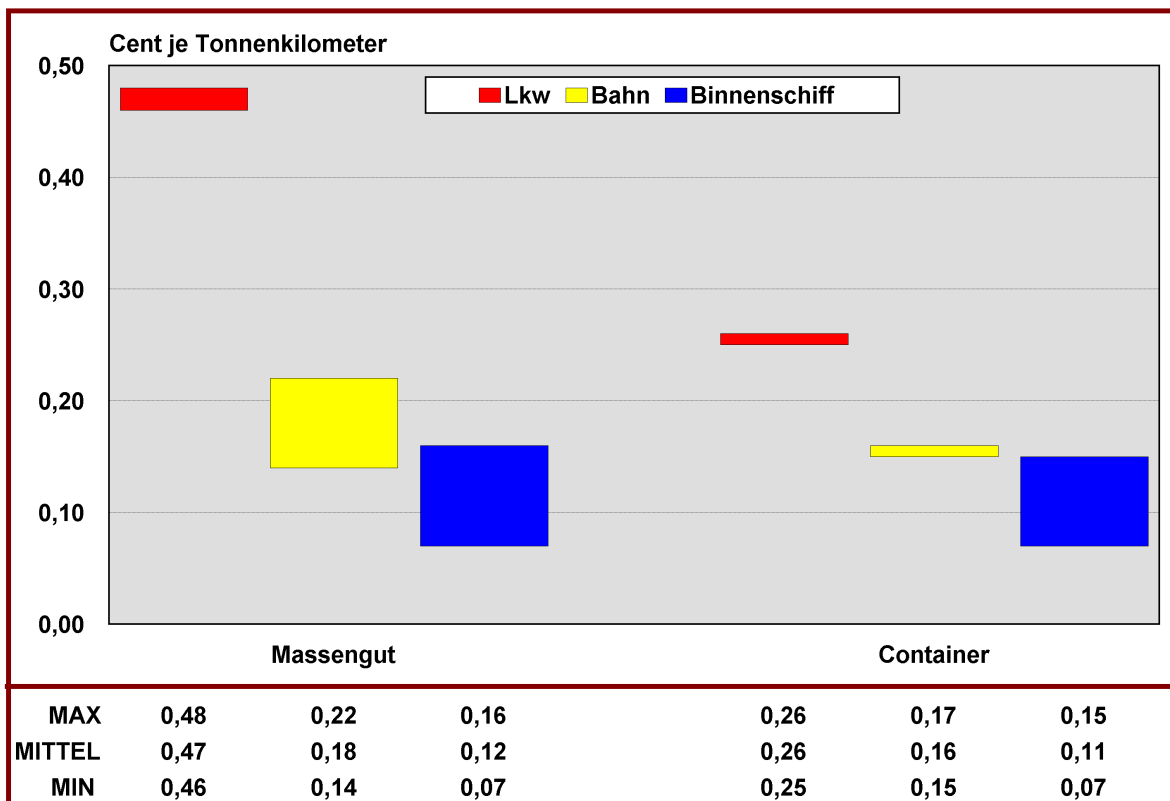
6.3 Klimagase

Die für den Klimawandel insbesondere maßgeblichen CO₂-Emissionen lassen sich über entsprechende Emissionsfaktoren direkt aus den jeweiligen Energieverbräuchen ableiten. Bei Lastkraftwagen, Dieselloks und Binnenschiffen entstehen die Emissionen überwiegend bei der Verbrennung des Dieselmotors in den Motoren. Beim elektrisch betriebenen Eisenbahngüterverkehr stehen hingegen die Emissionen der Kraftwerke im Vordergrund. Im Elektrobetrieb der Eisenbahn entstehen je Energieeinheit die geringsten CO₂-Emissionen. Deren Entwicklung wird wesentlich von der zukünftigen Struktur der zur Stromerzeugung eingesetzten Energieträger bestimmt. Bei Lastkraftwagen und Binnenschiffen sind die zukünftigen Emissionen hingegen weitgehend von der Entwicklung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs abhängig.

Die monetäre Bewertung der durch CO₂-Emissionen verursachten Klimakosten ist mit erheblichen Unsicherheiten verbunden. Diese Unsicherheiten, insbesondere im Hinblick auf die Entwicklung des Klimas und die (ökonomischen) Wirkungen des Klimawandels, spiegeln sich in einer erheblichen Bandbreite vorliegender Schadensschätzungen wider. Nach Auswertung der vorliegenden Literatur und intensiver Diskussion empfiehlt das Umweltbundesamt in seiner Methodenkonvention zur ökonomischen Bewertung von Umweltschäden die Anwendung eines zentralen Schätzwertes in Höhe von 70 € je Tonne CO₂. Dieser Empfehlung wird in der vorliegenden Studie gefolgt.

Im Ergebnis der Berechnungen für ausgewählte Transportrelationen sind die CO₂-Emissionen der Last- und Sattelzügen bei allen untersuchten Transporten deutlich am höchsten. Dies gilt auch unter Berücksichtigung eines zusätzlichen Vor- bzw. Nachlaufs im Containertransport per Bahn und Binnenschiff. Auf fünf von acht untersuchten Massengutrelationen wird beim Transport mit dem Binnenschiff weniger CO₂ emittiert als im Eisenbahngüterverkehr. Bei den Containertransporten im Rheinkorridor emittiert das Binnenschiff je TEU zwischen 19% und 55% weniger CO₂ als die Bahn. Gegenüber Elbschubverbänden weisen hingegen Containerzüge Vorteile von bis zu 15% je TEU auf. Die folgende Abbildung zeigt die Bandbreiten und Mittelwerte der berechneten Klimakosten für die ausgewählten Transportrelationen.

Abbildung 9: Bandbreiten und Mittelwerte der Externen Kosten durch Klimagase (CO₂) auf ausgewählten Transportrelationen



6.4 Luftschadstoffe

In zahlreichen Studien zum Thema Verkehrsträgervergleich werden die Schadstoffemissionen des Lkw und der Bahn mit relativ großem Aufwand geschätzt. Die Binnenschiffahrt stand dabei bisher weniger im Blickpunkt des Interesses. Ihre Emissionen werden in der Regel auf sehr hohem Aggregationsniveau geschätzt. Eine Anwendung globaler Emissionsfaktoren für die Gesamtflotte führt jedoch zu keinen verlässlichen Ergebnissen. Das Emissionsniveau der Binnenschiffe wird hierbei höher dargestellt, als es in der Realität ist.

Die Höhe der spezifischen Abgasemissionen der Lastkraftwagen wird entscheidend von der jeweiligen Verkehrssituation bestimmt. Mit zunehmender Störung des Verkehrsflusses ergeben sich hier je Fahrzeugkilometer gravierend höhere Abgasmengen als bei freiem Verkehrsfluss.

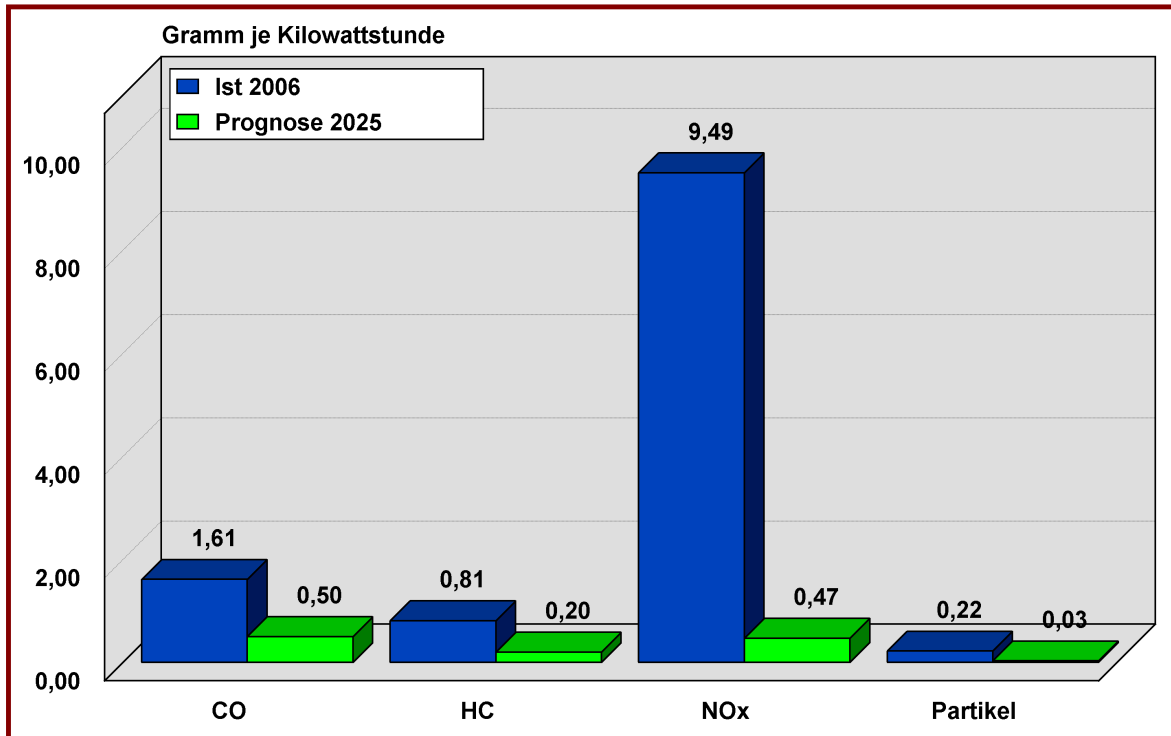
Die Abgasemissionen des elektrisch betriebenen Eisenbahngüterverkehrs werden in erster Linie durch die Struktur der zur Bahnstromerzeugung eingesetzten Primärenergieträger beeinflusst. Die Auswirkungen des Ausstiegs aus der Kernenergie auf das zukünftige Emissionsniveau des elektrisch betriebenen Eisenbahngüterverkehrs lassen sich beim gegenwärtigen Kenntnisstand nicht verlässlich abschätzen.

Die Abgasemissionen von Binnenschiffsmotoren werden durch rechtliche Regelungen begrenzt. Seit Januar 2003 unterliegen neue Motoren den Anforderungen der ZKR-Stufe I, d.h. ihre Emissionswerte müssen die dort festgelegten Grenzwerte einhalten. Mit den im Juli 2007 in Kraft getretenen Regelungen der ZKR-Stufe II werden die Grenzwerte der Stufe I verschärft und zudem der Gültigkeitsbereich der Verordnung ausgeweitet. Weitere Verschärfungen der Abgasgrenzwerte von Binnenschiffsmotoren werden derzeit diskutiert. Unter der Annahme, dass sich der aktuelle gemeinsame Vorschlag von ZKR und BMVBS zur Neufestsetzung der Grenzwerte durchsetzt, ergeben sich die folgenden Veränderungen:

- ZKR-Stufe III (voraussichtlich ab 2012):
Verminderung der jeweiligen Grenzwerte der ZKR-Stufe II um 30% bei CO, 20% bei HC und Partikeln sowie 30% bei NOx
- ZKR-Stufe IV (voraussichtlich ab 2016):
Weitere Senkung der Grenzwerte gegenüber der ZKR-Stufe III um 75% bei HC, um 90% bei NOx und um 90% bei Partikeln.

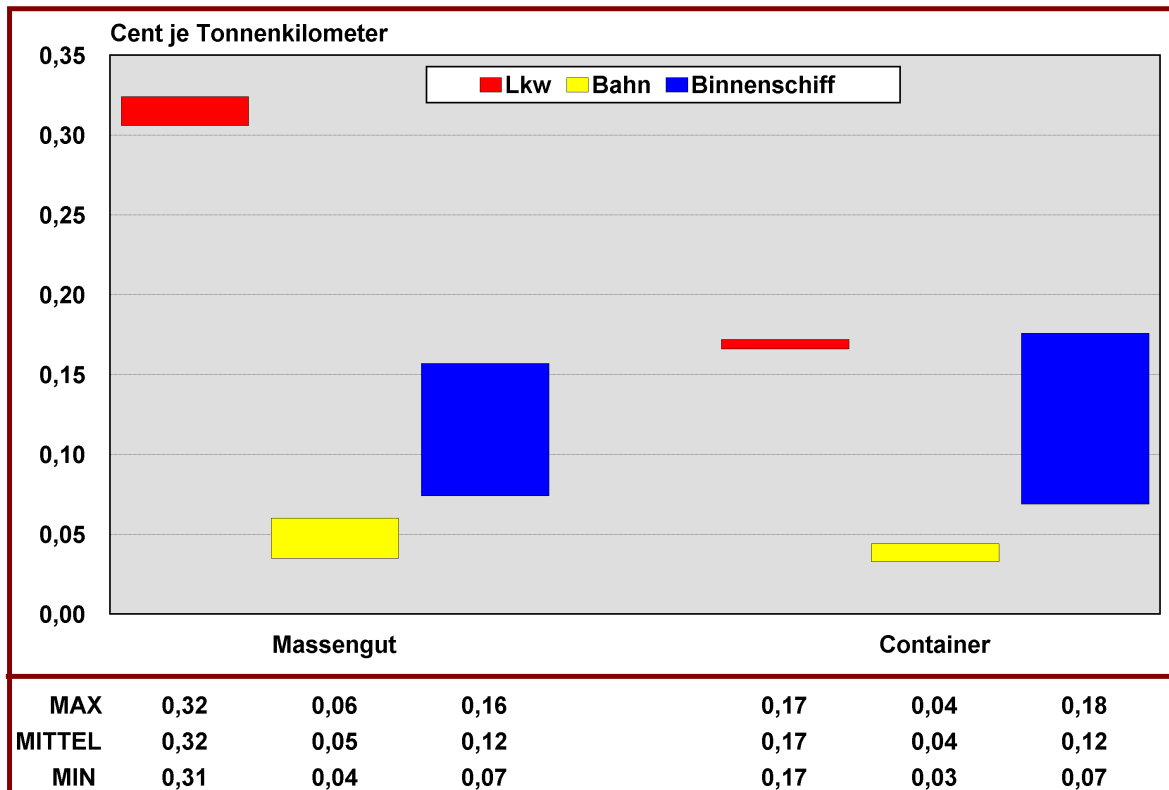
Die Schadstoffemissionen der Binnenschiffsmotoren werden hiernach zukünftig deutlich sinken. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass mit Inkrafttreten der Richtlinien jeweils nur die neuen Motoren den verschärften Grenzwerten unterliegen. Bei einer durchschnittlichen Lebensdauer der Motoren von rd. 18 Jahren werden sich die verschärften Grenzwerte nur mit entsprechender Zeitverzögerung auf die Abgasemissionen der Gesamtflotte auswirken. Auch unter Berücksichtigung dieses Umstands ergeben sich für das Jahr 2025 gegenüber dem aktuellen Stand des Jahres 2006 für den Durchschnitt der Gütermotorschiffsflotte signifikante Reduktionen der Schadstoffemissionen je eingesetzter Kilowattstunde (vgl. die folgende Abbildung).

**Abbildung 10: Entwicklung der Emissionsfaktoren in der Binnenschifffahrt
- Flottenmix der Motorgüterschiffe in den Jahren 2006 und 2025 -**



Ausgehend vom gegenwärtigen Stand verursacht der elektrisch betriebene Eisenbahngüterverkehr deutlich geringere Emissionen an Luftschadstoffen (Stickoxide, Schwefeldioxid, Nicht-Methan Kohlenwasserstoffe, Kohlenmonoxid und Partikel) als der Straßen- und Binnenschiffsgüterverkehr. Entsprechend liegen die Externen Kosten der Bahn bei den Luftschadstoffen auf allen untersuchten Transportrelationen signifikant unter denjenigen der Wettbewerber. Im Vergleich zwischen Binnenschifffahrt und Straßengüterverkehr liegt der Vorteil eindeutig beim Binnenschiff. Bandbreiten und Mittelwerte der für eine Auswahl von Transportrelationen ermittelten Externen Kosten der Luftschadstoffemissionen sind wiederum in der folgenden Abbildung dargestellt.

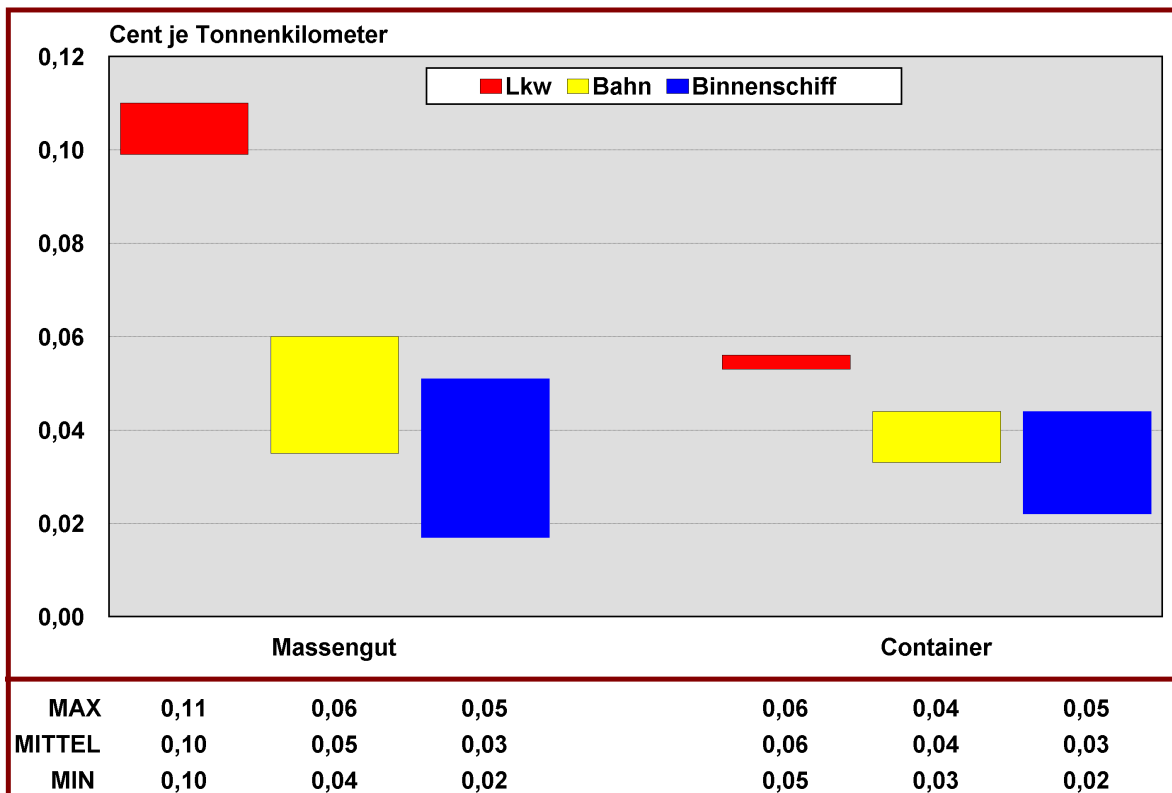
Abbildung 11: Bandbreiten und Mittelwerte der Externen Kosten durch Luftschadstoffe (NO_x, NMHC, Partikel, CO, SO₂) auf ausgewählten Relationen – Stand 2006 –



Wie bereits erläutert, werden die Schadstoffemissionen der Binnenschifffahrt zukünftig infolge der Einführung verschärfter Grenzwerte deutlich sinken. Dies gilt in ähnlicher Weise für den Straßengüterverkehr (Übergang zu Fahrzeugen der EURO 5 Schadstoffklasse). Beim Bahnstrom ist die Entwicklung der Emissionen wesentlich von der zukünftige Struktur der Energieträger abhängig. Hier ist im Gegensatz zum Straßen- und Binnenschiffsgüterverkehr kein eindeutiger Trend erkennbar. Gegenüber dem gegenwärtigen Stand sind sowohl Verbesserungen als auch Verschlechterungen möglich. Wird entsprechend für die Bahn von konstanten Emissionsfaktoren ausgegangen, so führen die Verbesserungen bei den Wettbewerbern bis zum Jahr 2025 zu einer deutlichen Verschiebung der Kostenrelationen.

Gegenüber den Last- und Sattelzügen weist die Bahn auch unter diesen Rahmenbedingungen Vorteile auf, der Abstand zwischen den Kostenwerten reduziert sich allerdings erheblich. Gegenüber der Binnenschifffahrt verliert die Bahn hingegen auf den untersuchten Transportrelationen ihren Vorteil. Im Durchschnitt der Massengutrelationen stehen Externen Kosten der Binnenschifffahrt in Höhe von 0,03 Cent je tkm entsprechende Kosten der Bahn in Höhe von 0,05 Cent gegenüber. Auf den Containerrelationen ergibt sich ein Verhältnis von 0,03 Cent (Binnenschiff) zu 0,04 Cent (Bahn).

Abbildung 12: Bandbreiten und Mittelwerte der Externen Kosten durch Luftschadstoffe (NO_x, NMHC, Partikel, CO, SO₂) auf ausgewählten Relationen – Prognosejahr 2025 –



6.5 Landschaftszerschneidung und Flächenverbrauch

Landschaftszerschneidung bezeichnet in einer relativ weiten Definition ein Zerreißen von gewachsenen ökologischen Zusammenhängen in räumlich getrennte Bereiche der Landschaft. Die Zerschneidung und Fragmentierung der Landschaft sowie der Gewässersysteme gilt als wesentliche Ursache für den Rückgang von Tier- und Pflanzenarten und die Gefährdung der Artenvielfalt (Biodiversität). In Landschaften, die durch Verkehrswege zerschnitten sind, werden zudem die Erholungsmöglichkeiten der Bevölkerung durch Einschränkungen des ungestörten Landschaftserlebens verringert.

Hinsichtlich der Intensität der Auswirkungen unterscheiden sich die Verkehrsträger deutlich voneinander. Das Straßennetz übt aufgrund der hohen Netzdichte (0,64 km/km²) und des hohen Verkehrsaufkommens die mit Abstand größten Zerschneidungseffekte auf terrestrische Lebensgemeinschaften und die Erholungsmöglichkeiten des Menschen aus. Schienen können i. d. R. wesentlich besser von Tieren überwunden werden, wenn auch bei einigen Arten hohe Verluste durch Kollisionen und Unfälle an den Oberleitungen (Greifvögel und Eulen) zu verzeichnen sind. Regional ergeben sich hohe Lärmbelastungen von Erholungs- und Siedlungsgebieten. Unter den Wasserstraßen sind lediglich

die Kanäle als zusätzliche Zerschneidungsachsen terrestrischer Flächen zu werten. Die Netzdichte der Kanäle ($0,005 \text{ km/km}^2$) liegt allerdings so weit unter denjenigen der beiden anderen Verkehrsträger, dass die Auswirkungen im Vergleich vernachlässigbar gering sind. In natürlich vorhandenen Wasserstraßen stellen Stauanlagen allerdings eines der Haupthindernisse für wandernde Fischarten wie Lachs und Aal dar. Die Auswirkungen auf die Erholung in der Landschaft sind gering und z. T. auch positiv (z. B. Wander- und Radwandermöglichkeiten auf den Betriebswegen von Kanälen).

Beim Bau von Verkehrswegen wird Fläche „verbraucht“, d. h. meistens natürlich gewachsener Boden und die darauf befindliche Nutzung in unterschiedlicher Weise überprägt.

Die drei Verkehrsträger Straße, Schiene und Wasserstraße unterscheiden sich sowohl hinsichtlich der Größenordnung der beanspruchten Flächen als auch hinsichtlich der qualitativen Aspekte. Das Streckennetz der Wasserstraße ist mit ca. 6.700 km, davon 1.742 km Kanäle, wesentlich kürzer als das von Schiene (ca. 34.200 km) und Straße (ca. 231.600 km). Während Straße und Schiene Flächen direkt beanspruchen, handelt es sich bei der Wasserstraßennutzung überwiegend um die Ausnutzung bereits vorhandener natürlicher Fließgewässer (indirekte Flächeninanspruchnahme).

Die vorhandenen Trassenbreiten können nur beispielhaft verglichen werden. So ist eine zweigleisige Bahnstrecke knapp 14 m breit, eine sechsspurige Autobahn ca. 35 m. Die Fahrrinnenbreiten auf den Binnenwasserstraßen liegen zwischen ca. 40 m auf vielen Kanälen und Flüssen und bis zu 150 m auf dem Rhein.

Während die Trassenverläufe von Straße und Schiene ausschließlich dem Verkehr dienen und (nahezu) vollständig versiegelt sind, bleibt die Wasserstraße – trotz teilweise erforderlicher geringerer Versiegelungen im Sohlen- oder Uferbereich – gleichzeitig Lebensraum insbesondere für die aquatische Fauna. Diese Lebensräume können teilweise ökologisch hochwertig sein. Neben dem Güterverkehr dient die Wasserstraße auch zahlreichen anderen Nutzungszwecken (u. a. Wassersport, Energiegewinnung, Fischerei). Hauptsächlich die qualitativen Aspekte zeigen die deutlichen Vorteile der Wasserstraße gegenüber den beiden anderen Verkehrsträgern.

Die beschriebenen negativen Effekte des Verkehrs auf Natur und Landschaft lassen sich grundsätzlich nur schwer in monetären Größen ausdrücken. Da direkte Wertansätze hierzu – etwa aus Zahlungsbereitschaftsanalysen – nicht vorliegen, bedienen sich aktuelle Ansätze hilfsweise eines Vermeidungskostenansatzes. Hierbei werden die versiegelten sowie zusätzlich beeinträchtigten Flächen entlang der Verkehrswege ermittelt und die Gesamtkosten für deren Entsiegelung bzw. Renaturierung geschätzt (Reparaturkostenansatz). Bei der Abgrenzung der beeinträchtigten Flächen bestehen allerdings erhebliche Unsicherheiten. So führen etwa alternative Annahmen zur Länge des relevanten Schienennetzes sowie zum Versiegelungsgrad der Gleisflächen zu völlig unterschiedlichen Ergebnissen.

Da die Annahmen zu den jeweils relevanten Flächen beim gegenwärtigen Kenntnisstand nicht mit der notwendigen Fundierung abgeleitet werden können, wird auf eine Monetarisierung der Effekte im Rahmen der vorliegenden Studie verzichtet. Unabhängig hiervon bleibt festzustellen, dass die negativen Wirkungen des Straßengüterverkehrs auf Natur

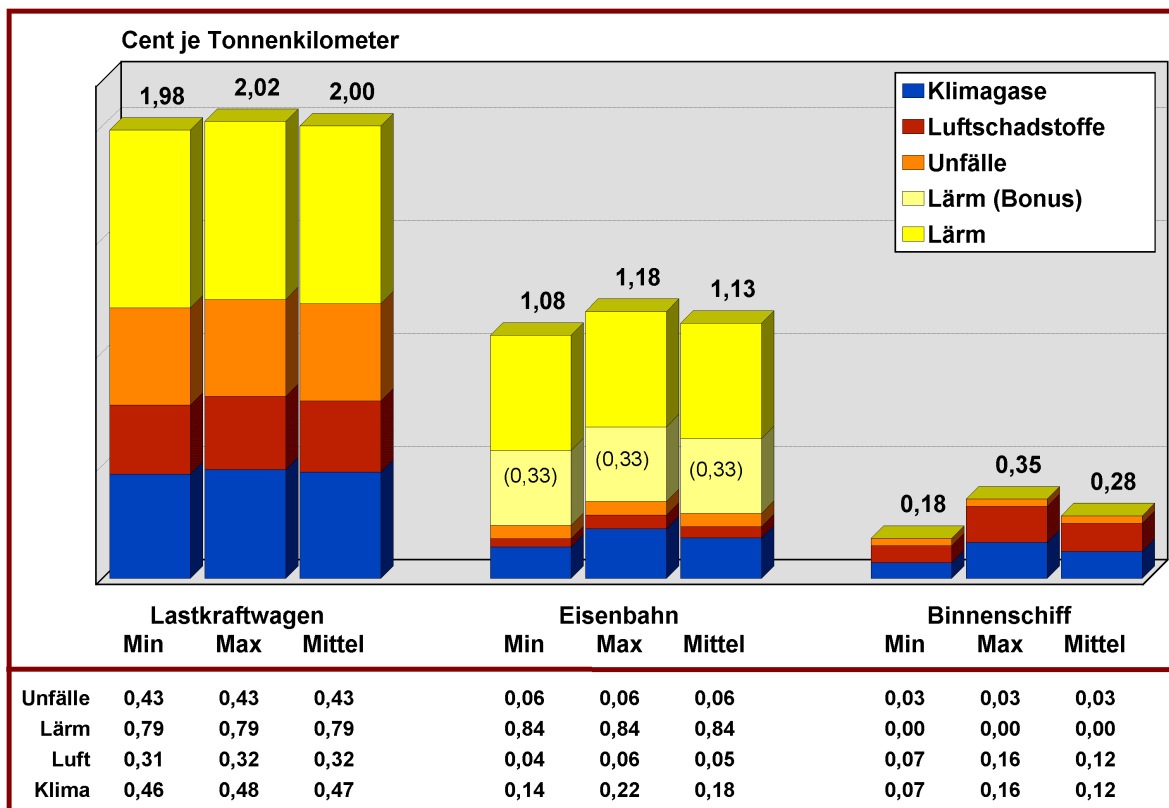
und Landschaft in der Gesamtschau der vorliegenden Erkenntnisse diejenigen des Eisenbahn- und Binnenschiffsgüterverkehrs deutlich übertreffen. Eine Abstufung der Wirkungsintensität zwischen Eisenbahn und Binnenschiff ist indes beim gegenwärtigen Kenntnisstand nicht eindeutig möglich.

6.6 Summe der Externen Kosten

Summiert man die Externen Kosten aus Verkehrslärm, Verkehrsunfällen, Klimagas- und Luftschadstoffemissionen, so ergibt sich auf den ausgewählten Relationen sowohl im Transport von Massengut als auch von Containern ein eindeutiges Ergebnis zu Gunsten der Binnenschifffahrt. Die Vorteile der Binnenschifffahrt bleiben hierbei auch dann signifikant, wenn bei der Lärmbewertung im Eisenbahngüterverkehr ein Schienenbonus berücksichtigt wird.

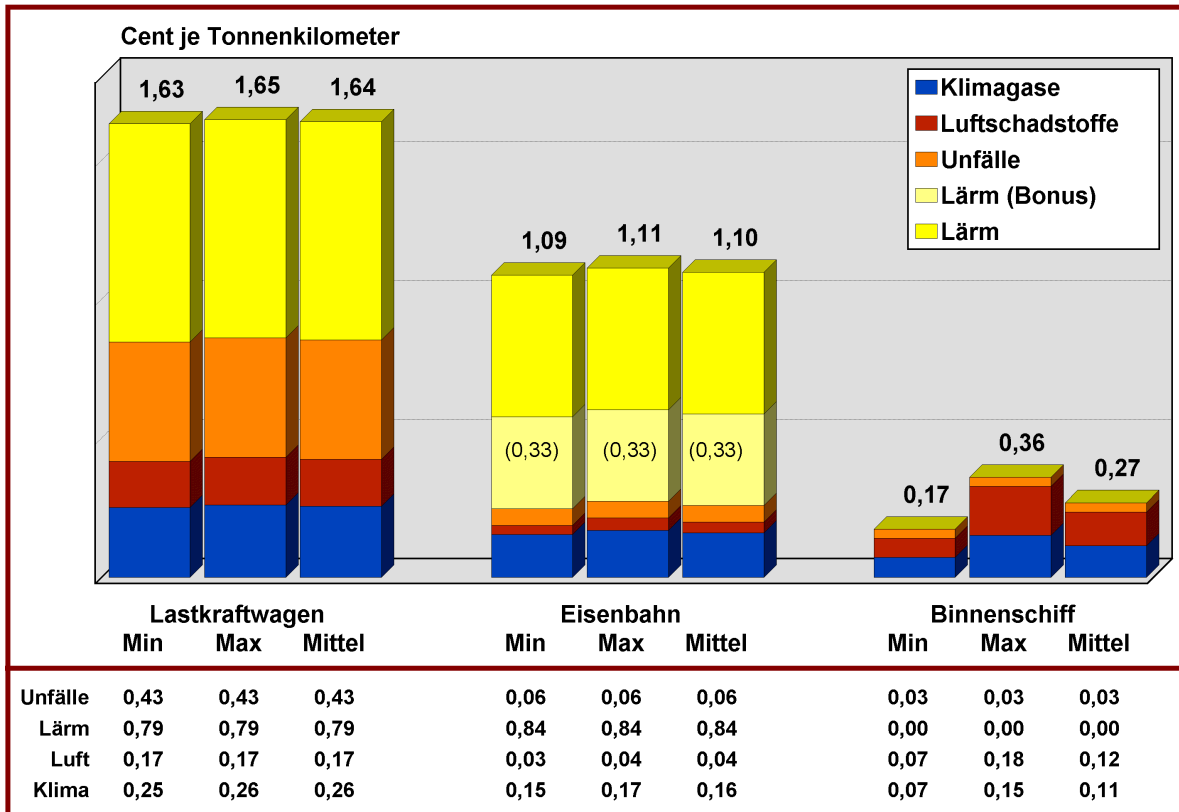
Auf den Massengutrelationen liegen die Externen Kosten der Binnenschifffahrt im Durchschnitt um 83% unter denjenigen der Last- und Sattelzüge und um 70% unter denjenigen des Eisenbahngüterverkehrs. Auch bei den Mindest- und Maximalwerten der ermittelten Bandbreiten ergeben sich deutliche Vorteile für das Binnenschiff.

Abbildung 13: Bandbreiten und Mittelwerte der Summe Externer Kosten (Lärm, Unfälle, Klimagase, Luftschadstoffe) auf ausgewählten Massengutrelationen



Im Containertransport ergibt sich ein ähnliches Bild. Hier liegt die Summe der Externen Kosten der Binnenschifffahrt im Durchschnitt der betrachteten Relationen um 78% unter derjenigen der Last- und Sattelzüge und um 68% unter derjenigen des Eisenbahngüterverkehrs.

Abbildung 14: Bandbreiten und Mittelwerte der Summe Externer Kosten (Lärm, Unfälle, Klimagase, Luftschadstoffe) auf ausgewählten Containerrelationen



7 Transportkosten

Im verkehrswirtschaftlichen Vergleich der Verkehrsträger spielen die Transportkosten eine herausragende Rolle. Im Rahmen der vorliegenden Studie werden Transportkostenvergleichsrechnungen in zweifacher Hinsicht durchgeführt:

- **Kostendegression**
Die Höhe der Transportkosten der Binnenschifffahrt wird wesentlich durch die Größe der eingesetzten Binnenschiffe (bzw. Verbände) sowie die transportierte Ladungsmenge bestimmt. Beide Parameter werden in erheblichem Ausmaß vom Ausbauzustand der zu befahrenden Wasserstraßen beeinflusst. Im Rahmen von Vergleichsrechnungen wird die Höhe der Transportkosten je Tonnenkilometer sowie die aus veränderten Rahmenbedingungen resultierende Kostendegression für ausgewählte Typschiffe und Abladetiefen ermittelt. In einem weiteren Schritt werden analoge Berechnungen für den Straßen- und Eisenbahngüterverkehr angestellt.
- **Kostenvergleich für ausgewählte Relationen**
Die Höhe der Transportkosten ist bei allen drei betrachteten Verkehrsträgern von einer Vielzahl, weitgehend relationsspezifischer Parameter abhängig. Durchschnittsbetrachtungen haben entsprechend nur eine eingeschränkte Aussagekraft. Um hier zu verlässlichen Ergebnissen zu gelangen, werden differenzierte Vergleichsrechnungen für insgesamt 13 ausgewählte Transportrelationen durchgeführt.

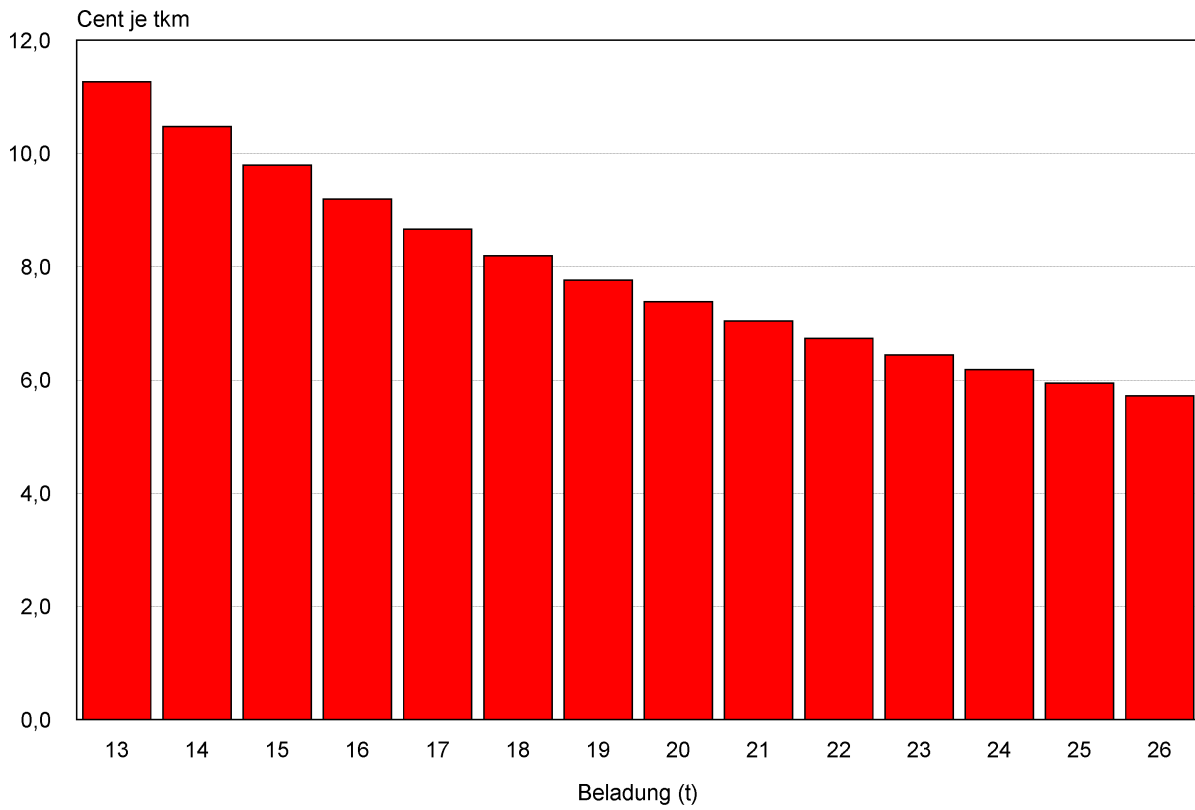
7.1 Kostendegression

Die Transportkosten je Tonnenkilometer sinken bei allen drei Verkehrsträgern aufgrund der je Transportvorgang weitgehend fixen Kosten für die Bereitstellung sowie Be- und Entladung der Fahrzeuge mit zunehmender Transportentfernung. Bezogen auf eine vorgegebene Transportentfernung werden Kostendegressionseffekte in erster Linie durch die Ladekapazität und die Kapazitätsauslastung der Fahrzeuge bestimmt. Die tkm-Sätze sind um so niedriger, je höher die Ladungsmenge in der Lastfahrt und je geringer die Leerfahrtanteile.

Im **Straßengüterverkehr** mit Last- und Sattelzügen belaufen sich die betriebswirtschaftlichen Transportkosten bei einer Entfernung von 200 km und einer durchschnittlichen Beladung von 12,3 t auf 14,3 Cent je tkm. Dieser Satz sinkt bei einer Entfernung von 1.000 km um gut 38 % auf 8,8 Cent je tkm. Die Kostenreduktion hat hierbei einen degressiven Verlauf. So liegt die Reduktion bei einer Erhöhung der Entfernung von 200 km auf 300 km bei knapp 16 %, während eine Erhöhung von 900 km auf 1.000 km mit knapp 2 % nurmehr eine vergleichsweise geringe weitere Kostenreduktion je tkm zur Folge hat.

Betrachtet man die Auswirkungen unterschiedlicher Ladungsmengen bei einer vorgegebenen Transportentfernung von 300 km auf die Transportkosten je tkm, so ergibt sich das folgende Bild:

Abbildung 15: Transportkosten der Last- und Sattelzüge im Straßengüterverkehr in Abhängigkeit von der Ladungsmenge

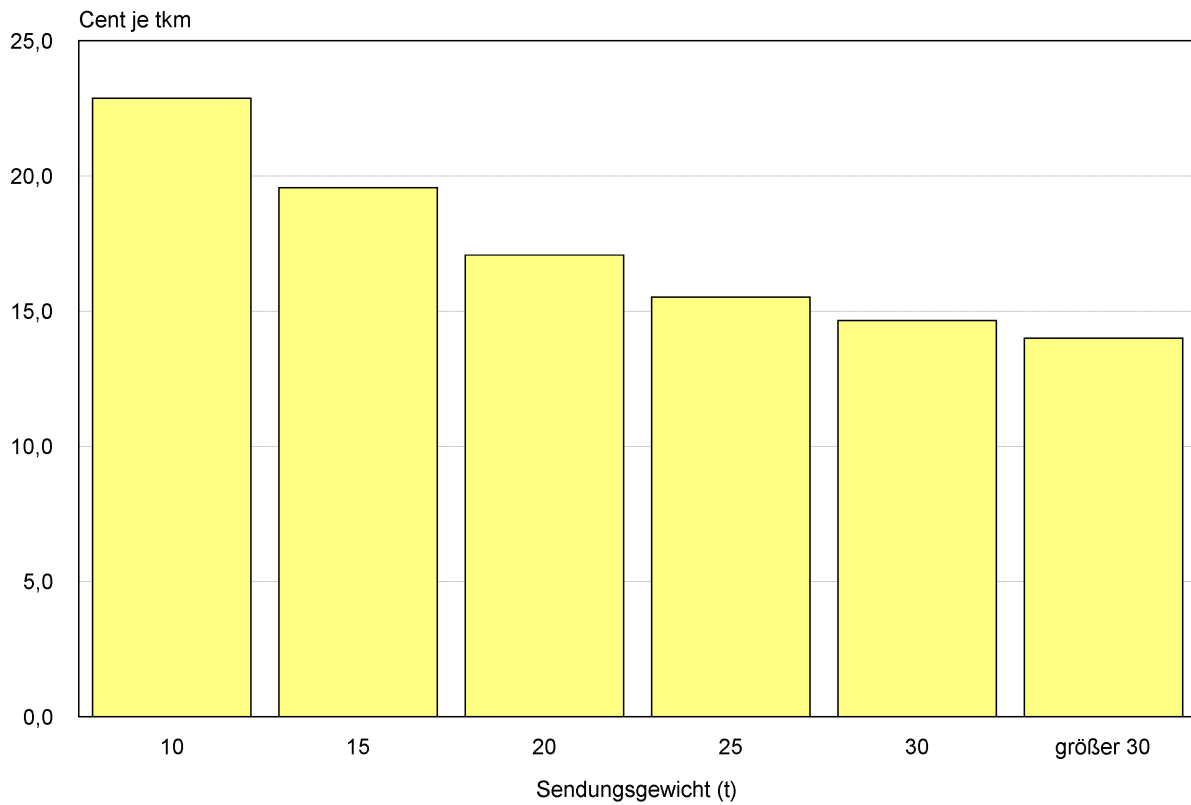


Bei vollständiger Nutzung der Ladekapazität eines Last- bzw. Sattelzuges mit 26 t sowohl in der Hin- als auch der Rückrichtung einer Ladungsfahrt ergeben sich ein tkm-Satz in Höhe von 5,72 Cent. Wird hingegen davon ausgegangen, dass der in der Lastfahrt mit 26 t voll beladene Last- bzw. Sattelzug leer zum Ausgangspunkt der Fahrt zurückkehrt (durchschnittliche Beladung für den Umlauf somit 13 Tonnen) so steigt der tkm-Satz um rd. 97 %. Die Kostendegression verläuft somit nahezu proportional zur ansteigenden Ladungsmenge.

Zur Ermittlung der entfernungsabhängigen Kostendegression im **Eisenbahngüterverkehr** kann auf vorliegende aktuelle Preisinformationen zurückgegriffen werden. Umgerechnet in Frachtsätze je Tonnenkilometer ergibt sich die stärkste Kostendegression im allgemeinen Wagenladungsverkehr der Railion AG. Hier liegt der tkm-Satz bei einer Transportentfernung von 1.000 km mit 7,40 Cent um knapp 55 % unter dem entsprechenden Satz bei einer Transportentfernung von 200 km (16,04 Cent).

Die Wagenpreise der Railion-Preistafeln zum allgemeinen Wagenladungsverkehr sind neben der Transportentfernung auch nach dem Sendungsgewicht der Ladung gestaffelt. Legt man den jeweiligen Mittelwert der in den Tafeln angegebenen Gewichtsklassen zugrunde, so ergibt sich das folgende Bild:

Abbildung 16: Transportpreise im Wagenladungsverkehr der Railion AG in Abhängigkeit vom Sendungsgewicht

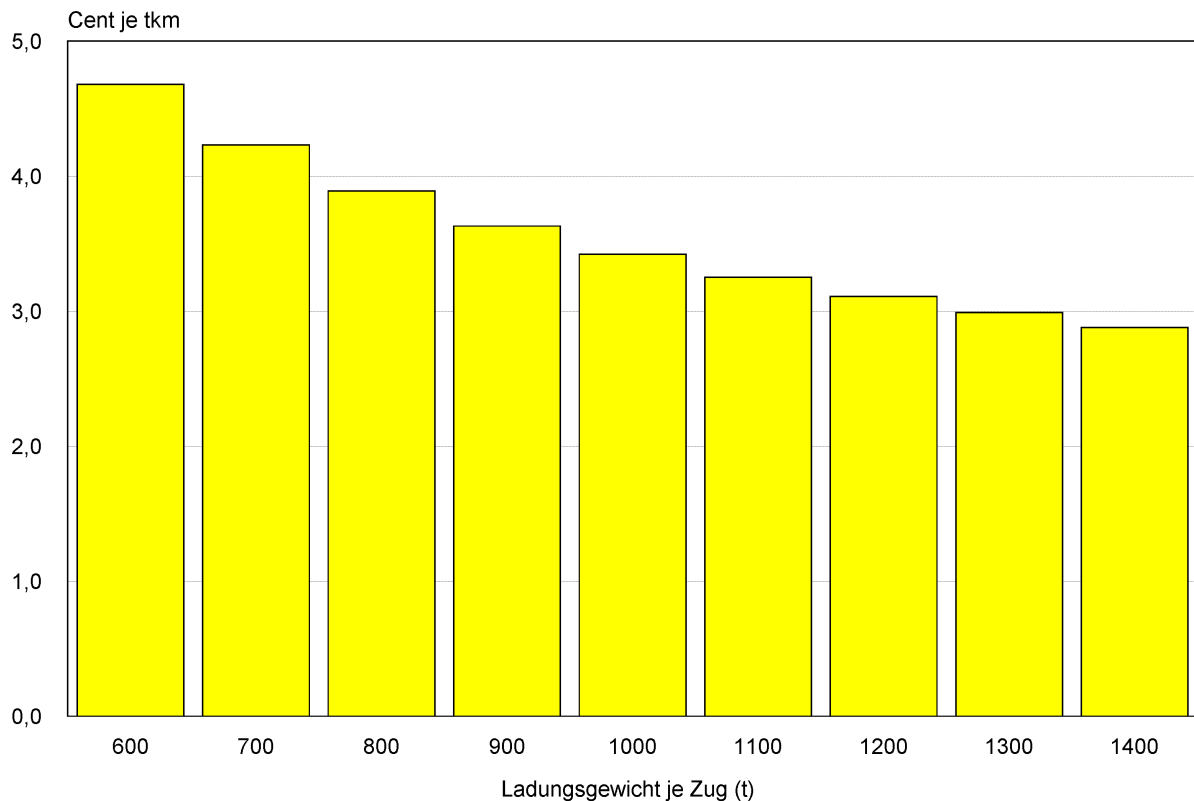


Für Sendungen mit einem Gewicht von unter 13,5 t ergibt sich ein Transportkostensatz von 22,87 Cent je tkm. Dieser Satz sinkt bei einer Sendungsgröße von 15 t auf 19,56 Cent bzw. um rd. 14,5 %, bei einem Gewicht von 20 t auf 17,07 Cent bzw. um insgesamt 25,4 %, bei einer Sendungsgröße von 25 t auf 15,52 Cent bzw. in der Summe um 32,1 % sowie bei einer Tonnage von 30 t auf 14,65 Cent bzw. um knapp 36 %. Für Sendungsgrößen ab 30 t wird schließlich ein tkm-Satz von 14 Cent fällig, knapp 39 % weniger als bei Sendungen unter 13,5 t.

Preise für Ganzzugverkehre werden von der DB bzw. der Railion nicht veröffentlicht. Hinweise auf die Veränderung der Kosten in Abhängigkeit von der Ladungsmenge je Zug lassen sich allerdings aus einer vorliegenden Studie des Fraunhofer-Instituts aus dem Jahr 2003 ableiten. Bei Anwendung der in dieser Studie erarbeiteten Einheitskostensätze auf unterschiedliche Zugkonfigurationen lässt sich die Abhängigkeit der Kosten je tkm vom Ladungsgewicht der Züge berechnen.

Betrachtet wird eine Bandbreite des Ladungsgewichts je Zug zwischen 600 t und 1.400 t bei einer Transportentfernung von 300 km. Ausgehend vom tkm-Satz bei einem Ladungsgewicht von 600 t (4,68 Cent) sinken die Kosten bei 800 t Ladungsgewicht auf 3,89 Cent bzw. um knapp 17 %, bei 1.000 t auf 3,42 Cent bzw. um rd. 27 %, bei 1.200 t auf 3,11 Cent bzw. um 33,5 % sowie bei 1.400 t auf 2,88 Cent bzw. um 38,5 %.

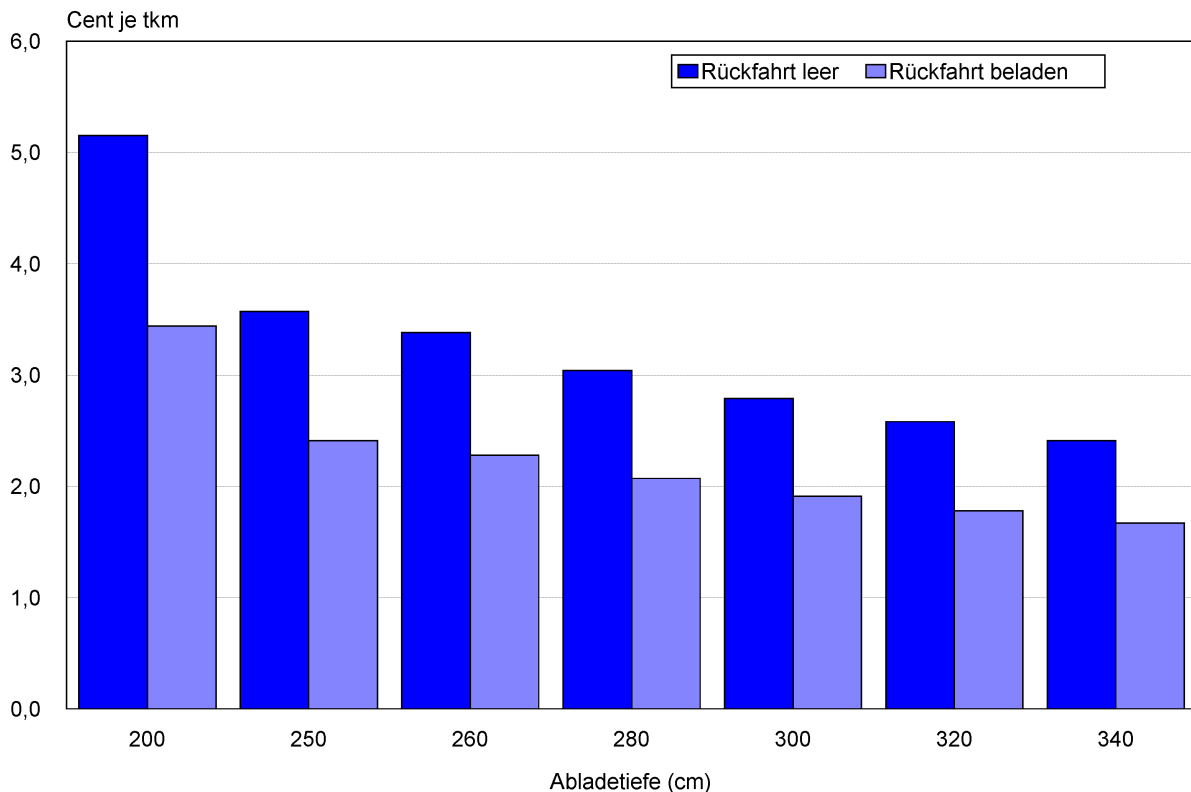
Abbildung 17: Transportkosten im Ganzzugsverkehr auf der Schiene in Abhängigkeit vom Ladungsgewicht je Zug



Analog zum Straßen- und Eisenbahngüterverkehr ergeben sich auch in der **Binnenschiffahrt** mit zunehmender Transportentfernung sinkende Transportkosten je Tonnenkilometer. Berechnet am Beispiel eines voll abgeladenen Großmotorgüterschiffes (110 x 11,45 m) in der Fahrt auf dem Rhein belaufen sich die Kosten bei leerer Rückfahrt auf 2,73 Cent je tkm. Mit zunehmender Transportentfernung sinkt der Kostensatz je tkm auf 2,24 Cent (400 km), 2,08 Cent (600 km), 2,00 Cent (800 km) bzw. 1,95 Cent (1.000 km). Insgesamt ergibt sich somit bei einer Transportentfernung von 1.000 km gegenüber einer solchen von 200 km eine Kostenminderung um rd. 28,5 %.

Die Berechnungen zur Höhe der Transportkosten und zum Ausmaß der Kostendegression in der Binnenschiffahrt in Abhängigkeit von der Abladetiefe werden beispielhaft für eine Relation auf dem Rhein mit einer Transportentfernung von 300 km durchgeführt. Neben den Ladungsmengen in der Hauptverkehrsrichtung werden die Kosten in erheblichem Maße dadurch bestimmt, ob und in welchem Umfang auch in der Nebenverkehrsrichtung Transportmengen abgewickelt werden. Um hier die maximale Bandbreite der Kostengrößen zu bestimmen, wird alternativ von einer leeren Rückfahrt bzw. einer zur Hauptverkehrsrichtung analogen Ladungsmenge (volle Rückfahrt) ausgegangen. Die folgende Abbildung zeigt die Ergebnisse für ein Großmotorgüterschiff mit einer Länge von 110 m und einem Tiefgang von 3,40 m.

Abbildung 18: Kostendegression Großmotorgüterschiff



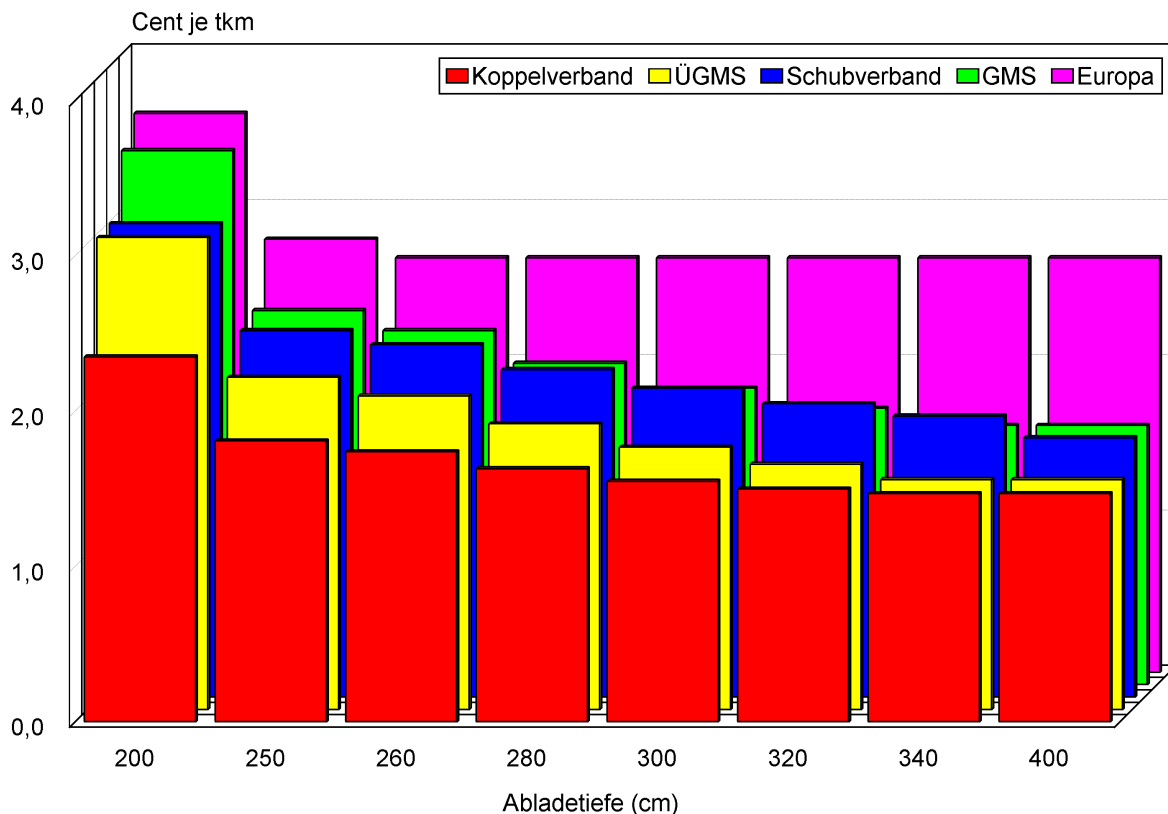
Bei einer Abladetiefe von 2,0 m ergeben sich Transportkosten in Höhe von 5,15 Cent (Rückfahrt leer) bzw. 3,44 Cent (Rückfahrt beladen) je Tonnenkilometer. Steht die maximale Abladetiefe der Schiffe von 3,40 m zur Verfügung, so vermindern sich die Kosten auf 2,41 Cent (Rück leer) bzw. 1,67 Cent (Rück voll). Gegenüber einer Abladetiefe von 2,0 m entspricht dies einer Verminderung um 53,2 % (Rück leer) bzw. 51,5 % (Rück voll).

Vergleicht man die Höhe der Transportkosten ausgewählter Schiffs- und Verbandstypen bei unterschiedlichen Abladetiefen, so ergibt sich (Einzelfahrer und Koppelverband in beiden Richtungen beladen; Schubverband mit zwei vorzuhaltenden Leichtersätzen) das folgende Bild:

- Bei einer Abladetiefe von 2,0 m liegen die Transportkosten des Europaschiffes mit 3,60 Cent je tkm um rd. 12 % über denjenigen des GMS (3,44 Cent) und um 18 % über den Kosten des ÜGMS (3,04 Cent). Die Kosten des Schubverbandes entsprechen bei diesen Abladebedingungen denjenigen des ÜGMS, während der Koppelverband mit 2,35 Cent den deutlich niedrigsten tkm-Satz aufweist.

- Bereits bei einer Abladetiefe von 2,6 m vergrößert sich der Kostennachteil der (bei dieser Abladetiefe voll abgeladenen) Europaschiffe deutlich. Mit 2,67 Cent je tkm liegen die Kosten dieses Schiffes um 17 % über denjenigen des GMS (2,28 Cent) und um 32 % über denjenigen des ÜGMS (2,02 Cent). Schub- und Koppelverbände weisen Kostensätze von 2,27 Cent sowie 1,74 Cent je tkm auf.
- Die Abladetiefe von 3,4 m erlaubt eine volle Auslastung der GMS und ÜGMS sowie des Koppelverbandes. Die tkm-Sätze des ÜGMS und des Koppelverbandes liegen hier mit 1,48 Cent bzw. 1,47 Cent auf gleichem Niveau. Die tkm-Kosten des GMS betragen 1,67 Cent und diejenigen des Schubverbandes 1,81 Cent. Bei diesen Abladebedingungen übersteigen die Kosten des Europaschiffes diejenigen des GMS um 60 % und diejenigen des ÜGMS bzw. des Koppelverbandes gar um 80 %.
- Eine Abladetiefe von 4,0 m führt gegenüber 3,4 m nurmehr bei den Schubverbänden zu einer weiteren Kostendegression. Der tkm-Satz sinkt hier auf 1,67 Cent und entspricht somit den Kosten des in beiden Richtungen beladenen GMS.

Abbildung 19: Transportkosten ausgewählter Schiffs- und Verbandstypen bei unterschiedlichen Abladetiefen



Es wird deutlich, dass mit zunehmender Schiffsgröße auch die Kostendegressionseffekte zunehmen. Dies liegt u.a. daran, dass kleinere Schiffe wesentlich früher ihre maximale Abladetiefe erreichen und dass der Fixkostenanteil auf ein größeres Ladungsvolumen verteilt wird.

7.2 Kostenvergleich für ausgewählte Relationen

Die Kostenvergleichsrechnungen werden exemplarisch für 13 ausgewählte Transportrelationen durchgeführt. Die Auswahl der Relationen sichert einerseits eine große Vielfalt an unterschiedlichen Transportaufgaben und andererseits bietet sie dennoch ein hohes Maß an Vergleichbarkeit. Die große Vielfalt wird bereits dadurch deutlich, dass Container- und Massenguttransporte gleichermaßen in die Untersuchung einfließen. Bei den Massenguttransporten werden sowohl Flüssigguttransporte als auch Transporte trockenen Massengutes kalkuliert. Dabei handelt es sich auf allen Relationen um Güter, die dort typischerweise transportiert werden. Aus Sicht der Binnenschifffahrt wurden durch die Relationsauswahl außerdem sämtliche Wasserstraßenkategorien vom frei fließenden Fluss bis zum Kanal berücksichtigt. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die ausgewählten Relationen.

Tabelle 3: Ausgewählte Relationen für die Transportkostenvergleiche

Von	Nach	Gütergruppe	Transportentfernung (km)		
			Lkw	Eisenbahn	Binnenschiff
Hamburg	Decin (Tschechien)	Futtermittel	558	532	635
Hamburg	Salzgitter	Steinkohle	211	194	200
Rotterdam	Duisburg	Steinkohle	243	267	227
Rotterdam	Großkrotzenburg (Main)	Steinkohle	524	557	568
Rotterdam	Dillingen (Saar)	Eisenerz	457	515	671
Linz	Nürnberg	Eisen und Stahl	337	331	384
Hamburg	Hannover	Mineralölprodukte	145	176	259
Antwerpen	Ludwigshafen	Chem. Erzeugn.	423	488	659
Rotterdam	Duisburg	Container	243	268	229
Rotterdam	Basel	Container	773	767	838
Hamburg	Berlin	Container	314	284	357
Hamburg	Decin (Tschechien)	Container	558	532	635
Rotterdam	Stuttgart	Container	650	642	763

Die Kostenberechnungen für den Straßengüterverkehr werden für die Fahrzeuggruppe der Last- und Sattelzüge durchgeführt. Hierbei wird angenommen, dass im Massengutverkehr keine Paarigkeit der Verkehre besteht. Dies drückt sich in der Berechnung dadurch aus, dass auf der Hinfahrt die Last- und Sattelzüge mit 24 t voll beladen sind, jedoch unbeladen zurückfahren. Anders als beim Massengutverkehr wird beim Containerverkehr unterstellt, dass die Fahrzeuge sowohl auf der Hin- als auch auf der Rückfahrt jeweils 2 TEU transportiert, d. h. voll ausgelastet sind..

Bei den betriebswirtschaftlichen Kosten wird auch die am 1. Januar 2005 eingeführte Lkw-Maut auf Bundesautobahnen berücksichtigt. Sie wird zu den streckenbezogenen Kosten hinzuaddiert. Hierbei wird ein Kostensatz von 12,4 Cent pro Kilometer verwendet, der dem

Mittelwert der EURO 0-III Motoren entspricht. Da bei Transportverbindungen mit einem hohen Anteil an Auslandsfahrstrecken sowie Innerorts- und Außerortsstraßen weniger streckenbezogene Abgaben auftreten, entstehen hier im Verhältnis geringere variable Kosten.

Die Berechnung der relationsspezifischen Transportkosten des Eisenbahngüterverkehrs umfasst analog zu Straße und Binnenschifffahrt jeweils den gesamten Umlauf. Zur Bestimmung der Umlaufdauern werden hierbei neben der reinen Fahrtdauer die Zeiten der Zugvor- und -nachbehandlung, Wendezeiten sowie Standzeiten in den jeweiligen Häfen bzw. Lade-/Endladestationen berücksichtigt.

Ausgehend von Plandaten des Duisburger Hafens wird bei den KV-Zügen generell ein durchschnittliches Ladungsgewicht von 750 Nettotonnen je Zug unterstellt. Bei den KV-Zügen wird grundsätzlich davon ausgegangen, dass diese bei analoger Konfiguration und Auslastung auch in der jeweiligen Rückrichtung beladen verkehren.

Die Ganzzüge der Deutschen Bahn verkehren im Massengutverkehr in aller Regel als Pendelzüge mit planmäßigen Leerfahrten in der Rückrichtung. Aufgrund der hohen Spezialisierung des Waggonparks ist Rückladung entsprechender Güter auf der spezifischen Relation nur in Ausnahmefällen vorhanden. Zur Zugkonfiguration und Beladung in der Lastfahrt werden die folgenden Annahmen getroffen:

- Die Eisenerzzüge Rotterdam – Dillingen sind die derzeit schwersten planmäßig verkehrenden Ganzzüge der Deutschen Bahn. Bei einer Anzahl von 40 Waggonen mit einer Ladekapazität von jeweils 87,5 t ergibt sich ein Ladungsgewicht von 3.500 t sowie ein Bruttozuggewicht von gut 5.000 t
- Bei den Kohlezügen werden entsprechend ihrer gegenwärtigen Konfiguration je nach Relation Ladungsgewichte von knapp 2.000 t (Hamburg – Salzgitter), 2.600 t (Rotterdam – Duisburg) sowie von knapp 2.900 t (Rotterdam – Großkrotzenburg) zugrunde gelegt.
- Im Flüssiggutverkehr auf den Relationen Hamburg – Hannover (Mineralöl) und Antwerpen – Ludwigshafen (Chemische Produkte) werden jeweils Konfigurationen unterstellt, mit denen die maximale Zuglänge von 700 m ausgeschöpft wird. Aus der resultierenden Anzahl von Kesselwagen sowie deren Ladekapazität ergeben sich Ladungsgewichte von gut 2.300 t (Hamburg – Hannover) bzw. rd. 1.800 t (Antwerpen – Ludwigshafen).
- Für die Transporte von Futtermitteln (Hamburg – Decin) und Eisen, Stahl (Linz – Nürnberg) wird eine gegenüber den vorstehend behandelten Ganzzugverkehren geringere Anzahl von Waggonen (20 bzw. 15) unterstellt. Es ergeben sich Zuglängen von 350 m bzw. 288 m, Ladungsgewichte von gut 1.000 t (Futtermittel) bzw. 1.500 t (Eisen, Stahl) sowie Bruttozuggewichte von rd. 1.700 t bzw. 2.100 t.

Analog zu Straße und Schiene werden auch die Transportkostenberechnungen für die Binnenschifffahrt jeweils als Summe der Kosten des gesamten Schiffsverkehrs berechnet. Dabei wird berücksichtigt, in welchem Umfang auf der jeweiligen Relation Ladung für die

Rückreise zur Verfügung steht (Auswertung differenzierter Analysedaten des Statistischen Bundesamtes). Als Kostengrößen fließen die Breitstellungskosten, die Personalkosten, die Treibstoffkosten und die Kanalgebühren in die Betrachtung ein. Bei den Containertransporten wird wie bei der Bahn ein weiterer Umschlag und ein Vor- bzw. Nachlauf mit dem Lkw berücksichtigt. Bei den Massengutverkehren hingegen wird davon ausgegangen, dass es sich um direkte Binnenschifftransporte handelt.

Als Basis für die Berechnungen wurden je Relation typische Binnenschiffe unterstellt, die in ihren Maximalabmessungen den Bestimmungen der jeweils relevanten schiffahrtspolizeilichen Vorgaben entsprechen. Im Einzelnen wurden die Kalkulationen für folgende Schiffs- bzw. Verbandstypen durchgeführt:

Tabelle 4: Schiffs-/Verbandstypen und Rückladung auf den ausgewählten Binnenschiffsrelationen

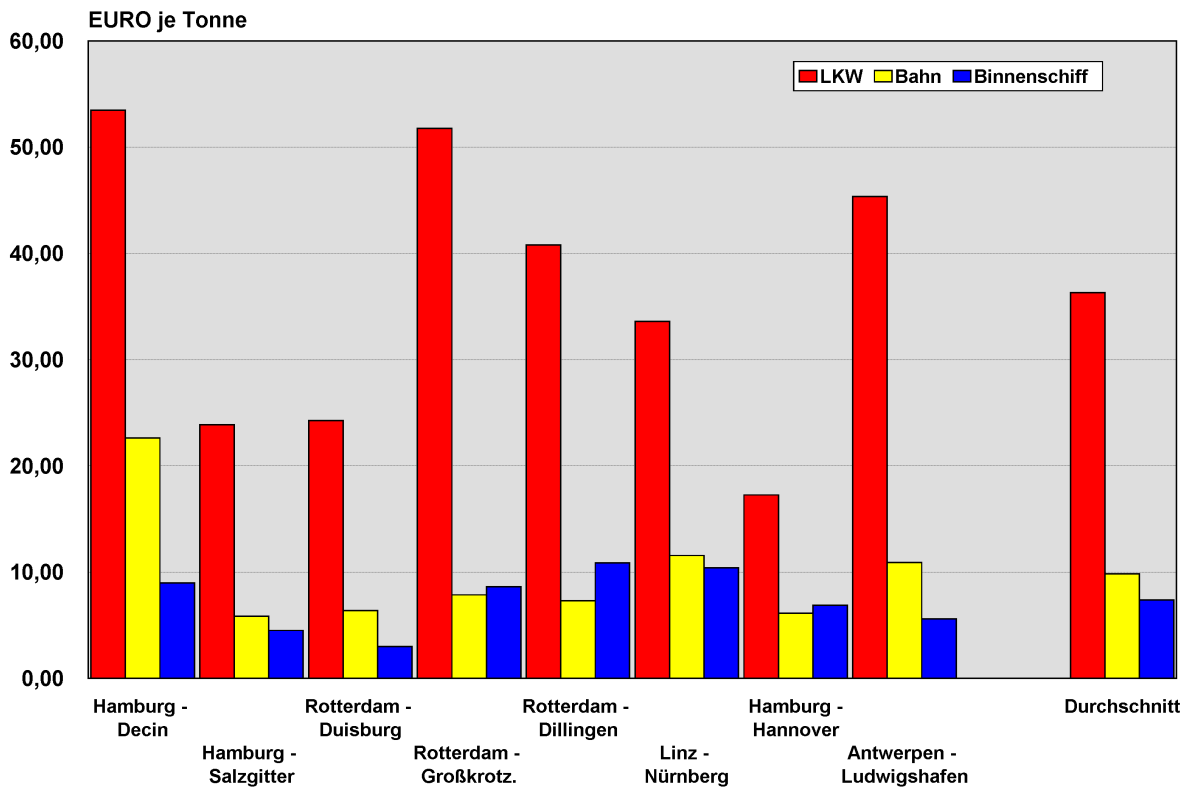
Von	Nach	Gütergruppe	Fahrzeug	Rückladung
Hamburg	Decin (Tschechien)	Futtermittel	Elbeschubverband	80%
Hamburg	Salzgitter	Steinkohle	Koppelverband	leer
Rotterdam	Duisburg	Steinkohle	6er-Schubverband	leer
Rotterdam	Großkrotzenburg (Main)	Steinkohle	Koppelverband	leer
Rotterdam	Dillingen (Saar)	Eisenerz	Koppelverband	leer
Linz	Nürnberg	Eisen und Stahl	GMS 110 n	100%
Hamburg	Hannover	Mineralölprodukte	TMS 100 m	leer
Antwerpen	Ludwigshafen	Chem. Erzeugn.	ÜTMS 135 m	89%
Rotterdam	Duisburg	Container	Jowi	91%
Rotterdam	Basel	Container	Koppelverband	96%
Hamburg	Berlin	Container	Elbeschubverband	100%
Hamburg	Decin (Tschechien)	Container	Elbeschubverband	100%
Rotterdam	Stuttgart	Container	GMS 105 m	100%

Im Ergebnis der durchgeführten Vergleichsrechnungen weisen die Last- und Sattelzüge auf allen acht Massengutrelationen deutlich höhere betriebswirtschaftliche Transportkosten auf als Bahn und Binnenschiff. Im Durchschnitt der acht Relationen liegen diese bei 36,29 € je Tonne und damit um den Faktor 3,7 bzw. 4,9 über den entsprechenden Sätzen des Eisenbahn- bzw. Binnenschiffsgüterverkehrs. An dieser Kostenunterlegenheit der Straße im Massengutverkehr würde sich auch dann grundsätzlich nichts ändern, wenn von der (unrealistischen) Annahme ausgegangen würde, dass die Fahrzeuge auch in der Rückrichtung voll ausgelastet werden können.

Im Vergleich zwischen Bahn und Binnenschiff ergeben sich auf fünf Relationen teils erhebliche betriebswirtschaftliche Kostenvorteile der Güterschifffahrt. Auf drei Relationen weist hingegen der Eisenbahngüterverkehr Kostenvorteile in Höhe von 8,8% (Kohle Rotterdam – Großkrotzenburg), 10,9% (Mineralöl Hamburg – Hannover) bzw. 32,8% (Eisenerz Rotterdam – Dillingen) auf. Im Durchschnitt der betrachteten Massengutrelationen liegen die be-

triebswirtschaftlichen Transportkosten der Binnenschifffahrt um gut 25% unter denjenigen des Eisenbahngüterverkehrs.

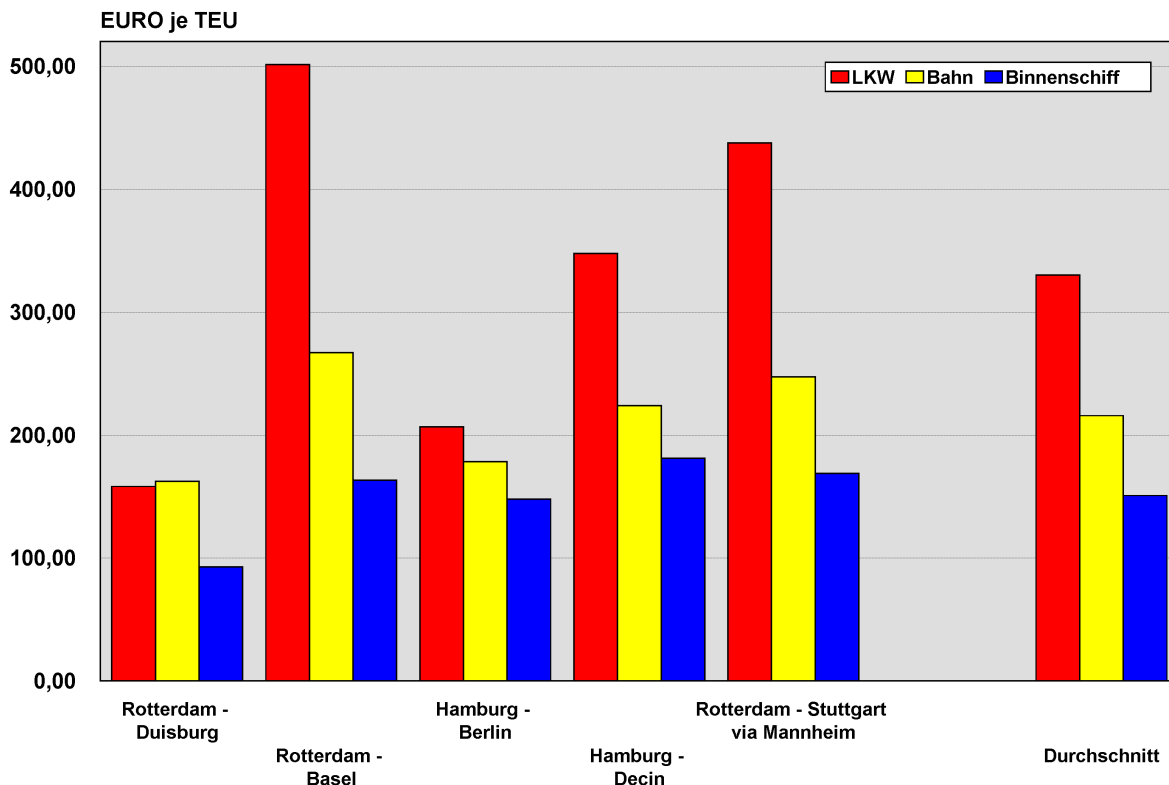
Abbildung 20: Betriebswirtschaftliche Transportkosten der Verkehrsträger auf ausgewählten Massengutrelationen



Trotz des bei Bahn und Binnenschiff berücksichtigten zusätzlichen Vor- bzw. Nachlaufs per Lkw weisen die Last- und Sattelzüge auch bei den Containertransporten Kostenvorteile auf. Mit Ausnahme der Relation Rotterdam – Duisburg, hier liegen die Transportkosten leicht unter denjenigen der Bahn, übersteigen die betriebswirtschaftlichen Transportkosten des Straßengüterverkehrs diejenigen der Wettbewerber erheblich. Im Durchschnitt der betrachteten Relationen liegen die Kosten um gut 50% über denjenigen der Bahn und um über 100% über denjenigen der Binnenschifffahrt.

Im Vergleich zwischen Bahn und Binnenschiff ist das Ergebnis noch eindeutiger als bei den Massenguttransporten. So weist das Binnenschiff auf allen betrachteten Containerrelationen erhebliche Kostenvorteile auf. Die Bandbreite des Kostenvorteils liegt zwischen gut 17% auf der Relation Hamburg – Berlin und knapp 43% im Containertransport von Rotterdam nach Duisburg. Im Durchschnitt der betrachteten Relationen liegen die betriebswirtschaftlichen Kosten der Binnenschifffahrt gut 30% unter denjenigen der Bahn.

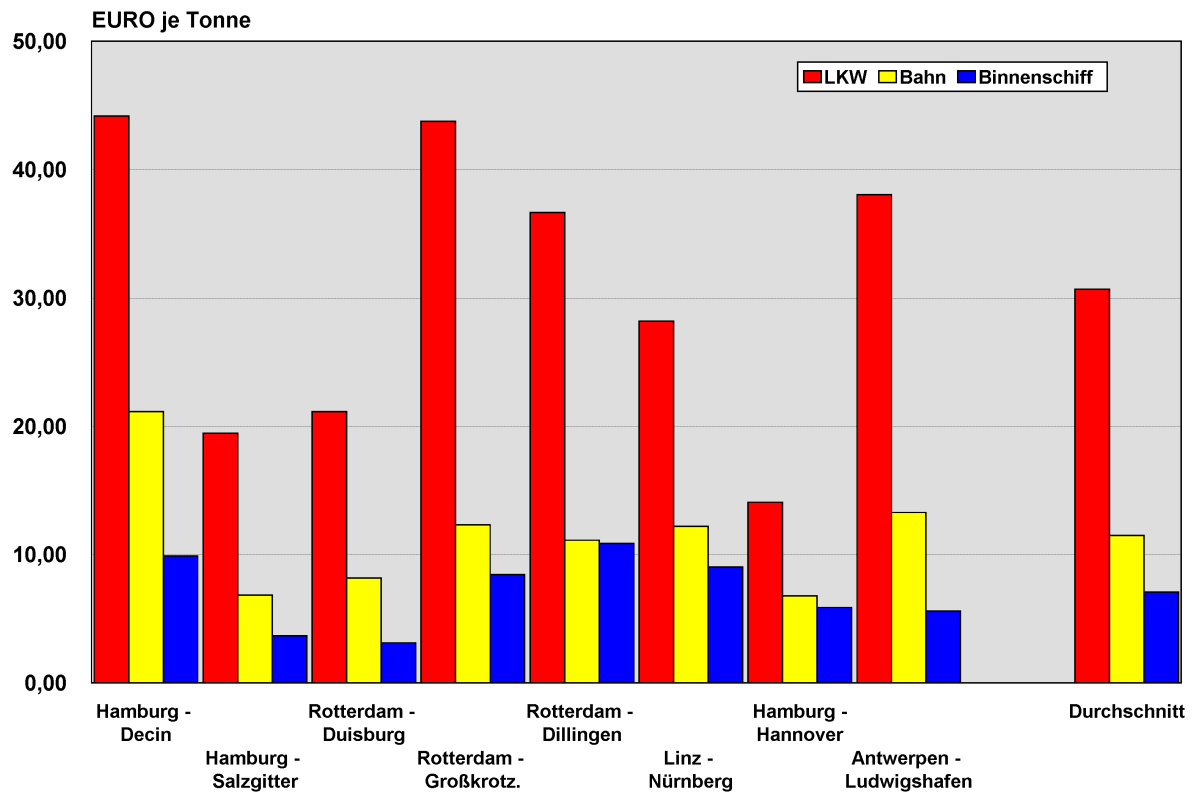
Abbildung 21: Betriebswirtschaftliche Transportkosten der Verkehrsträger auf ausgewählten Containerrelationen



Neben den betriebswirtschaftlichen Transportkosten sind für einen Verkehrsträgervergleich die volkswirtschaftlichen Gesamtkosten von besonderem Interesse. Im Rahmen dieser Studie wird unter dem Begriff der volkswirtschaftlichen Gesamtkosten die Summe der gesamtwirtschaftlichen Transportkosten plus der Externen Kosten aus Lärm, Unfällen, Klimagasen und Luftschadstoffen verstanden. Die Grunddaten der Transportkostenberechnungen (Entfernungen, eingesetzte Fahrzeuge, Beladung, etc.) werden hierbei aus dem betriebswirtschaftlichen Vergleich übernommen. Die Bewertung erfolgt dann allerdings anhand spezifischer volkswirtschaftlicher Kostensätze nach der Methodik des BVWP 2003. Hierin sind etwa die Mineralölsteuer, Trassengebühren, Maut und Kanalabgaben nicht enthalten. Die Grundlagen zur Bewertung der Externen Effekte wurden bereits in Kapitel 5 erläutert.

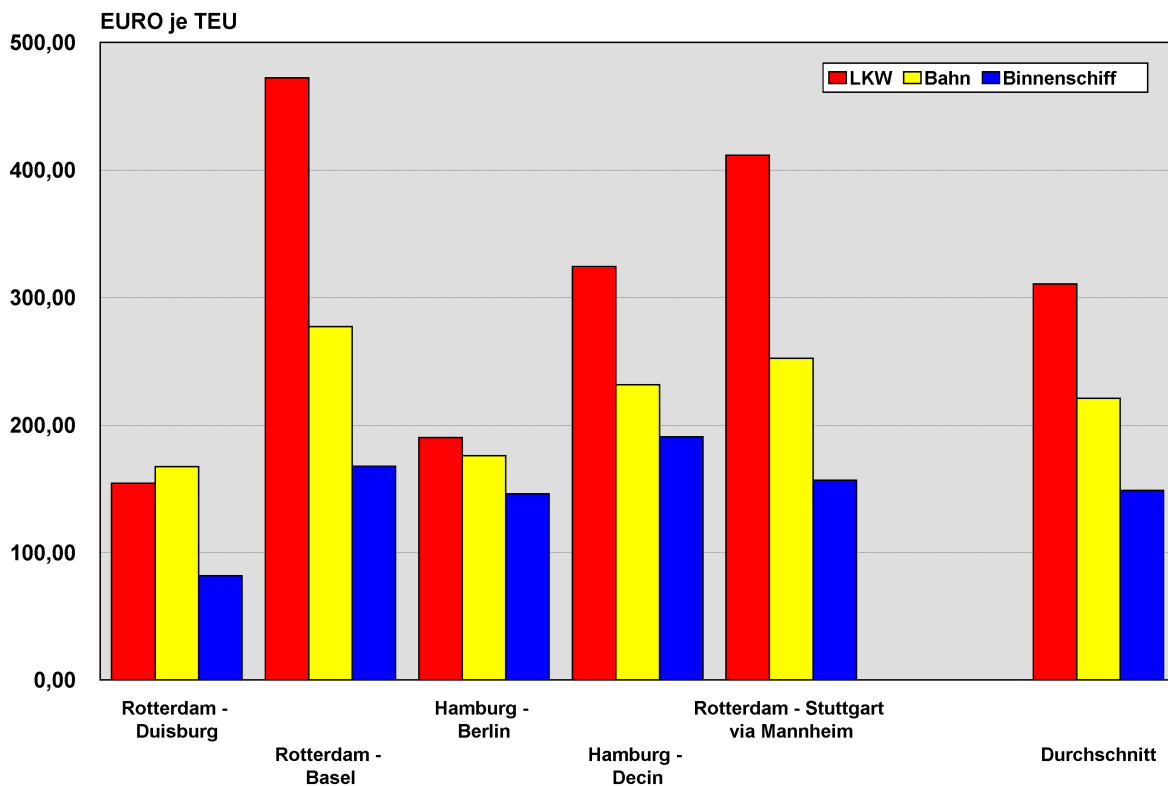
Analog zu den betriebswirtschaftlichen Kosten liegen auch die volkswirtschaftlichen Gesamtkosten der Last- und Sattelzüge auf allen untersuchten Massengutrelationen erheblich über denjenigen von Bahn und Binnenschiff (plus 167% bzw. plus 334%). Im Vergleich zwischen Bahn und Binnenschiff sind hingegen bei den volkswirtschaftlichen Gesamtkosten auf allen acht Massengutrelationen (betriebswirtschaftlich auf fünf von acht Relationen) Vorteile der Binnenschifffahrt zu erkennen. Die Kosten des Eisenbahngüterverkehrs liegen in einer Bandbreite zwischen 2,2% (Eisenerz Rotterdam – Dillingen) und 161% (Kohle Rotterdam – Duisburg) über denjenigen der Binnenschifffahrt. Im Durchschnitt der betrachteten Massengutrelationen ergibt sich ein Vorteil der Binnenschifffahrt in Höhe von 38,4%.

Abbildung 22: Volkswirtschaftliche Transportkosten der Verkehrsträger auf ausgewählten Massengutrelationen (einschl. Lärm, Unfälle, Klimagase und Luftschadstoffe)



Auch auf den ausgewählten Containerrelationen ist die Binnenschifffahrt durchgängig die volkswirtschaftlich günstigste Transportalternative. Ihre volkswirtschaftlichen Gesamtkosten liegen durchschnittlich 52,1% unter denjenigen der Last- und Sattelzüge und 32,7% unter denjenigen des Eisenbahngüterverkehrs. Der deutlichste Vorteil der Binnenschifffahrt ist gegenüber den Last- und Sattelzügen auf der „langen“ Rheinrelation von Rotterdam nach Basel festzustellen (minus 64,5%). Gegenüber der Bahn ergeben sich die größten Kostenvorteile auf der Relation Rotterdam – Duisburg (minus 51,1%). Auf dieser Relation sind zudem die Last- und Sattelzüge der Bahn überlegen (minus 7,8%).

Abbildung 23: Volkswirtschaftliche Transportkosten der Verkehrsträger auf ausgewählten Containerrelationen (einschl. Lärm, Unfälle, Klimagase und Luftschadstoffe)



Es bleibt festzuhalten, dass die Binnenschifffahrt auf allen untersuchten Relationen sowohl im Massengut- als auch im Containertransport volkswirtschaftlich der günstigste Verkehrsträger ist. Sie emittiert zwar mehr Luftschadstoffe als die Bahn, aber dafür ist sie bei den übrigen bewerteten Externen Effekten so günstig, dass sie diesen Nachteil deutlich überkompensiert. Auf drei der untersuchten Relationen ist das Binnenschiff zwar volkswirtschaftlich vorteilhaft, aber aus betriebswirtschaftlicher Sicht der Bahn unterlegen.

8 Besondere Aspekte der Binnenschifffahrt

8.1 Mehrfachnutzung der Bundeswasserstraßen

Meist erfolgt die Benutzung der Verkehrswege mit der Absicht, Personen und Güter möglichst schnell und kostengünstig von Ort A nach Ort B zu transportieren. Im Gegensatz zu den Straßen und Schienen, die nur im begrenzten Umfang weitere Funktionen erfüllen können, bieten die Wasserstraßen ergänzend alternative Nutzungsmöglichkeiten wie Hochwasserabfuhr, Trinkwasserversorgung, Abwasserentsorgung, Bewässerung, Kraftwerksnutzung, Fischerei, ökologische Biotopfunktionen sowie Erholungs- und Freizeitaktivitäten.

Biotopfunktion

Wasserstraßen können im Gegensatz zum Asphaltband der Straßen oder dem Gleiskörper der Bahn – je nach Ausbauzustand – höchst komplexe und wertvolle Lebensräume darstellen. Dies gilt nicht nur für natürliche Wasserwege, sondern kann - wenn auch abgestuft – gleichermaßen für künstliche Wasserstraßen (Kanäle) zutreffen. Kennzeichnend hierfür ist die hohe Anzahl an gemeldeten FFH- und EU-Vogelschutzgebieten als Bestandteil des europäischen Schutzgebietssystems NATURA 2000 sowie die relativ dichte Kulisse von Natur- und Landschaftsschutzgebieten entlang der Bundeswasserstraßen. Im Gegensatz zu Straßen und Eisenbahnstrecken sind Wasserstraßen letzte Rückzugsgebiete für geschützte und gefährdete Arten.

Wassertourismus, Wassersport, Freizeit, Erholung, Fischerei

Wasserstraßen haben in der Vergangenheit in vielen Städten und Regionen einen wesentlichen Beitrag zur industriellen Entwicklung geleistet und dadurch den Wohlstand gefördert. Auch heute üben Wasserstraßen einen positiven Einfluss auf die regionale Entwicklung aus. Dieser ergibt sich u. a. aus den vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten der Verkehrswege im Wassertourismus sowie im Freizeit- und Erholungsbereich rund um das Wasser.

Angesichts der steigenden Wachstumsraten im Inlandstourismus - zuletzt um 2 % - sowie der zunehmenden Beliebtheit von Hafenanlagen und Wasserstraßen als Erholungsgebiete, entwickelt sich der Wassertourismus und hier insbesondere die Segmente Wassersport sowie Schifffahrt zu einem wichtigen Faktor für die Regionalentwicklung. Kommunen mit einer Anbindung an das Wasserstraßennetz erhöhen durch ein vielseitiges Angebot an Freizeitaktivitäten und Erholungsmöglichkeiten ihre Standortattraktivität.

Für den Wassersport sind die Bundeswasserstraßen sehr attraktiv, da sie nicht nur eine Verbindung zu den europäischen Nachbarn in Ost und West ermöglichen, sondern auch einen Zugang zum Mittelmeer und schwarzen Meer liefern. Zudem bieten einige Regionen in Deutschland ein landschaftlich reizvolles und für den Wassersport gut nutzbares Wasserstraßennetz.

Nach Schätzungen des Bundesverbandes Wassersportwirtschaft e.V. (BWVS) gibt es über 7 Mio. deutsche Bürger, die aktiv Wassersport betreiben. Eine Hochrechnung auf der Basis von Angaben zur Wunschsportart beziffert das Potenzial an Wassersportlern in

Deutschland auf fast 32 Mio. Personen, so dass auch zukünftig von einem positiven Wachstumstrend auszugehen ist. Durch den Wassertourismus werden Einkommen und Beschäftigung generiert. Für viele Regionen, in denen Wassersport ausgeübt wird, ist dieser ein wichtiger Wirtschaftsfaktor.

Angel- und zum Teil auch Berufs- und Nebenerwerbsfischerei wird an praktisch allen Bundeswasserstraßen betrieben. In einer sozio-ökonomische Analyse wird der gesamte ökonomische Nutzen der Angelfischerei in Deutschland auf 6,4 Mrd. EUR pro Jahr beziffert. Etwa 52.000 Arbeitsplätze sind hiernach direkt oder indirekt von der Angelfischerei abhängig.

Wasserwirtschaft

Aufgaben der Wasserwirtschaft sind die Wasserbereitstellung, die Wasserversorgung, die Abwasserbehandlung, der Gewässerschutz, der Bau und die Unterhaltung von Gewässern sowie der Schutz der Gesellschaft vor Schädigungen durch das Wasser, z. B. bei Hochwasser. Die Bau- und technischen Aufgaben bilden den Bereich der Wassertechnik, die naturwissenschaftlichen und sozioökonomischen Aufgaben den Bereich der Wasserbewirtschaftung.

Die Bundeswasserstraßen spielen für die Wasserbewirtschaftung nach Einzugsgebieten eine herausragende Rolle. Mit Entnahmen von jährlich mehr als 17 Mrd. m³ Wasser dienen sie wesentlich der Sicherstellung des Wasserbedarfs von Kommunen, Industrie, Landwirtschaft und anderen Wassernutzern. Die Menge der Einleitungen in die Bundeswasserstraßen ist mit mehr als 16 Mrd. m³ pro Jahr nur wenig geringer. Dabei ist zu bemerken, dass die Mengen der vielen kleinen Wassernutzer nicht erfasst wurden. Die Zahlen stellen damit Minimalwerte dar. Trotzdem entsprechen diese Wassermengen ungefähr der Hälfte der Entnahme- und Einleitungsmengen für Deutschland.

8.2 Klimawandel und Hochwasserschutz

Flüsse und ihre Einzugsgebiete bzw. die Küstenregionen unterliegen vielen, teilweise konkurrierenden Nutzungen. Die Nutzungsfunktion als Bundeswasserstraße für die Schifffahrt ist nur eine davon. Die Erfüllung dieser Funktion setzt verlässliche Bedingungen voraus, die einen sicheren, leichten und gleichzeitig wirtschaftlichen Betrieb gewährleisten. Erforderlich sind möglichst lagestabile Fahrrinnen von ausreichender Tiefe und Breite sowie moderate Fließgeschwindigkeiten.

Die regionalen Klima- und Abflussprojektionen lassen weitreichende Auswirkungen des Klimawandels auf die Hydrologie und Verkehrswasserwirtschaft möglich erscheinen. Neben Veränderungen der Wasserstandsverhältnisse sind auch Änderungen im Feststoffhaushalt und hinsichtlich der thermischen Belastung der Fließgewässer zu erwarten. Unabhängig davon, wie wir die Eintrittswahrscheinlichkeit einzelner Szenarien und Projektionen bewerten, erfordert dies, sich frühzeitig intensiv mit den Folgen eines möglichen Klimawandels auseinander zu setzen. Dies ist insbesondere für den Verkehrsträger Bundes-

wasserstraße wichtig, da hier Anpassungsmaßnahmen wegen hoher Investitionsvolumina und langlebiger Infrastrukturen frühzeitige Entscheidungen erfordern.

Flussbauliche Eingriffe finden heutzutage nur dann gesellschaftliche Akzeptanz, wenn Lösungen unter Berücksichtigung der Anliegen der unterschiedlichen Interessengruppen gefunden werden. Sie müssen daher in Zusammenarbeit unterschiedlicher Disziplinen erarbeitet werden. Verkehrswasserbaulich initiierte Maßnahmen der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung zielen auf die Verbesserung der Schifffahrtsverhältnisse bei Niedrig- bis Mittelwasser. Sie werden grundsätzlich so geplant und ausgeführt, dass mindestens der vor der Maßnahme bestehende Hochwasserschutz gewahrt bleibt. Hierzu werden Ausbaumaßnahmen im Hinblick auf ihre Wirkungen auf die hydraulisch-morphologischen Verhältnisse und die Hochwasserabfuhr eingehend wissenschaftlich untersucht und hochwasserneutrale Lösungen erarbeitet. Dies geschieht wo erforderlich unter Einbeziehung kompensatorisch wirkender Begleitmaßnahmen, wie z. B. durch Reaktivierung von Retentionspotenzialen (Entsiegelungen, Deichrückverlegungen) oder auch durch Eintiefung der Fahrrinne.