

**Potenzial von Rhein und Aare als Wasserstraße
zwischen Basel und Hohentengen/Weiach bzw. zwischen
Basel und Orbe VD**

Analyse im Auftrag der

**TRANSHELVETICA S.A.
(pour une voie navigable transhelvetique)**



PLANCO Consulting GmbH
Am Waldthausenpark 11, D-45127 Essen
Tel. +49-(0)201-43771-0; Fax +49-(0)201-411468
e-mail: planco@planco.de

22. August 2014

Projekt 817

1 AUFGABENSTELLUNG

Die Transhelvetica S.A. sowie der schweizerische Binnenschiffverkehrsverband verfolgen die Zielsetzung, Rhein und Aare bis Orbe und den Rhein bis Hoentengen/Weiach zur Wasserstraße auszubauen. Entsprechend den vorliegenden Planungen aus den 50er und 70er Jahren sollen die insgesamt 21 zu errichtenden Schleusen hierbei entsprechend der Schleuse in Augst Maße von 110 m Länge und 12,0 m Breite aufweisen.

Im Vorfeld weiterer Aktivitäten zur Förderung des Vorhabens soll allerdings zunächst grundsätzliche Klarheit darüber geschaffen werden, ob es aus heutiger Sicht weiterhin Sinn macht, sich für den Bau einer solchen Wasserstraße einzusetzen. PLANCO wurde entsprechend mit der Beantwortung einiger wesentlicher Fragestellungen zur Kapazität der Wasserstraße, zu möglichen Einsparungen von Ressourcen (Transportkosten, Energie) und verminderten Umweltschäden sowie zur Pünktlichkeit und Sicherheit der Lieferkette beauftragt. Im Folgenden werden die Ergebnisse der entsprechenden Analysen vorgestellt.

2 KAPAZITÄT DER WASSERSTRASSE

Die Kapazität von Wasserstraßen wird, von extremen Ausnahmefällen abgesehen, durch die Leistungsfähigkeit der Schleusen bestimmt. Im vorliegenden Fall einer Verzweigung (Mündung der Aare bei Waldshut in den Hochrhein) mit jeweils anschließender „Sackgasse“ ist hierbei die Situation auf dem von allen Fahrzeugen zu passierenden Abschnitt zwischen Basel und Full/Waldshut entscheidend. Zur Bestimmung der Anzahl von Fahrzeugen, die pro Jahr und Richtung eine Schleuse passieren können (Jahreskapazität) ist zwischen der theoretischen und der praktischen Leistungsfähigkeit zu unterscheiden. Die theoretische Leistungsfähigkeit wird unter der Annahme einer konstanten Dauernutzung bestimmt, während für die Bestimmung der praktischen Leistungsfähigkeit das Kriterium der vertretbaren Wartezeit der zu schleusenden Schiffe maßgebend ist.

Die theoretische jährliche Leistungsfähigkeit C (Anzahl Fahrzeuge pro Jahr und Richtung) einer Schleuse ergibt sich nach der Formel:

$$C = T * h * n * 60 / sk$$

T = Anzahl jährlicher Betriebstage der Schleuse;

h = Anzahl täglicher Schleusenbetriebsstunden;

n = durchschnittliche Schleusenbelegziffer bei Vollbelegung;

sk = Kreuzungsschleusungsdauer (in Minuten) bei Vollbelegung.



Zu den einzelnen Berechnungsparametern werden die folgenden Annahmen getroffen:

- Jährliche Betriebstage

Ausgehend von den Betriebszeiten der Schleusen am Neckar bleiben diese planmäßig an 6 Feiertagen des Jahres geschlossen und werden an 4 weiteren Feiertagen zeitlich eingeschränkt betrieben. Neben diesen planmäßigen Betriebspausen sind weitere planmäßige und außerplanmäßige Ausfallzeiten (Revisionen, Instandhaltung, Reparaturen, ggf. Havarien) zu berücksichtigen. Entsprechend der in der deutschen Bundesverkehrswegeplanung bei Studien an Wasserstraßen gängigen Praxis legen wir unseren weiteren Berechnungen eine jährliche Betriebszeit von 340 Tagen zugrunde.

- Tägliche Betriebsstunden

Die Schleusen am Neckar werden Montags von 06:00 bis 24:00, Dienstags bis Freitags von 00:00 bis 24:00 Uhr, Samstags von 00:00 bis 22:00 und Sonntags von 08:00 bis 16:00 betrieben. Durchschnittlich ergibt dies gut 20 Betriebsstunden pro Tag. Für die folgenden Berechnungen wird abweichend hiervon als vorsichtige Annahme hingegen nur von einer tägliche Betriebszeit von 16 Stunden ausgegangen. Hiermit wird berücksichtigt, dass die technische Leistungsfähigkeit der Schleuse während der Nachtstunden wegen der nicht zu erwartenden vollständigen Ausnutzung durch die Schifffahrt nur teilweise genutzt werden kann.

- Schleusenbelegziffer

Die durchschnittliche Schleusenbelegziffer bei Vollbelegung der Schleusenammer berücksichtigt die Längenverteilung der zu schleusenden Schiffsflotte. Im vorliegenden Fall können wir vereinfachend von einer Ziffer von 1 ausgehen. Hierbei unterstellen wir, dass die Transporte auf Hochrhein und Aare durchgehend mit den auf dem Rhein üblichen Großmotorgüterschiffen mit Längen von bis zu 110 m durchgeführt werden.

- Kreuzungsschleusungsdauer

Die Kreuzungsschleusungsdauer umfasst im vorliegenden Fall einer Belegziffer von 1 die Ausfahrtzeit eines Schiffes vom Zeitpunkt „Tor zur Ausfahrt geöffnet“ bis „ausfahrendes Schiff passiert mit Heck das Tor“, die Einfahrtzeit des Schiffes in der Gegenrichtung von „ausfahrendes Schiff passiert mit Heck das Tor“ bis zum Zeitpunkt „einfahrendes Schiff passiert mit Heck das Tor“, die Füll- und Leerzeit der Schleusenammer sowie die Torzeiten der Schleuse, d.h. j einmal Öffnen und Schließen sowohl des Ober- als auch des Untertores einschließlich der Differenzzeit zwischen Passage Heck des letzten einfahrenden Schiffes bis Schließen Tor beginnt.

Die Kreuzungsschleusungsdauern wurden im Zuge der Bundesverkehrswegeplanung in Deutschland für die wichtigsten Schleusen durch Messungen bestimmt. Die Unterschiede ergeben sich hierbei in erster Linie durch die Kammerabmessungen, während der Einfluss der Hub-/bzw. Fallhöhen demgegenüber eher nachrangig ist. So liegt die Kreuzungsschleusungsdauer von 110 m–Schleusen im westdeutschen Kanalnetz und Berlin



bei Fallhöhen zwischen 1,2 m und 9,0 m zwischen 34 Minuten und 38 Minuten, diejenigen der 170m-Moselschleusen hingegen bei 49 Minuten (Fallhöhen 6,0 m bis 9,0 m). Die Schleuse Uelzen am Elbe-Seitenkanal hat mit 23 m die größte Hubhöhe aller Schleusen in Deutschland. Bei Maßen von 185 m x 12 m hat sie eine Kreuzungsschleusungsdauer von 54 Minuten. Vor dem Hintergrund dieser Daten legen wir für die kapazitätsbestimmende 110m-Schleuse mit einer Fallhöhe von 12,85 m auf dem Hochrhein zwischen Basel und Full/Waldshut eine Kreuzungsschleusungsdauer von 45 Minuten zugrunde.

Die aus der obigen Berechnungsformel $[340 * 16 * 1 * 60 / 45]$ resultierende theoretische Leistungsfähigkeit von maximal rd. 7.250 je Richtung zu schleusenden Fahrzeugen kann allerdings nicht als längerfristig gültiges Kapazitätsmaß einer Wasserstraße zugrunde gelegt werden, da die Prämisse kontinuierlicher Vollschleusungen nicht realistisch ist und bei entsprechend hoher Verkehrsbelastung zu unendlichen Warteschlangen führen würde.

Die Berücksichtigung täglicher und jährlicher Intensitätsschwankungen führt zur praktischen Leistungsfähigkeit. Sie beschreibt die Kapazität, bei der die durchschnittliche Wartezeit je Schiff ein vertretbares Maß nicht übersteigt und eine Bewältigung der Tages- bzw. Wochenspitze durch selektive Anpassung – wie kurzfristige Erhöhung der Schleusenbetriebszeiten – gewährleistet bleibt.

Um die Schiffswartezeiten an Schleusen berechnen zu können, ist die Kenntnis der statistischen Verteilung der Schiffsankünfte erforderlich. Durch Zeitlückenmessungen am Rhein wurde nachgewiesen, dass die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer bestimmten Anzahl von Fahrzeugen in konstanten Zeitintervallen an einem Querschnitt einer freien Strecke zuverlässig durch die Poisson-Verteilung (d.h. viele kurze und wenig lange Abstände) beschrieben wird. Das bedeutet, dass an Eingangsschleusen (von der freien Strecke her gesehen) mit einer 100%igen Poisson-Verteilung zu rechnen ist. An Schleusen innerhalb einer Schleusenkette ist der Anteil poissonverteilter Schiffsankünfte abhängig von:

- dem Verhältnis des Quell-/Zielverkehrs zum Durchgangsverkehr,
- der Länge der Haltung – je länger die Haltung, umso größer das Maß der Entflechtung durch unterschiedliche Geschwindigkeiten der Schiffe,
- dem Verhältnis der Leistungsfähigkeiten und der Anzahl der Schleusenkammern an aufeinanderfolgenden Fallstufen – Erhaltung des Schleusentaktes und damit keine Poisson-Verteilung bei gleicher Leistungsfähigkeit; mit zunehmender Leistungsfähigkeitsdifferenz ansteigender Anteil der Zufallsverteilung mit entsprechendem Stoßbetrieb.

Im hier vorliegenden Fall – 100% Durchgangsverkehr, kurze Haltung (7 Schleusen auf 68 km), einheitliche Abmessung der Schleusenkammern an den aufeinanderfolgenden Fallstufen – kann von einer weitgehenden Vertaktung der Schiffsankünfte an der Schleuse ausgegangen werden. Den Berechnungen der Schiffswartezeiten legen wir entsprechend für beide Richtungen alternativ Anteile poissonverteilter Ankünfte von 10% und 20% zugrunde. Die Ergebnisse der Wartezeitberechnungen sind für eine Bandbreite von 5.000 bis 7.000



Schleusungen je Richtung (Auslastung der theoretischen Kapazität zwischen knapp 70% und 96,5%) in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 1: Ergebnisse der Wartezeitberechnungen für eine Schleuse mit jährlich 5.440 Betriebsstunden (340 Tage je 16 Std.), einer Kammerbelegziffer von 1 sowie einer Kreuzungsschleusungsdauer von 45 Minuten bei alternativ 10% bzw. 20% poissonverteilten Schiffsankünften (Minuten)

Anzahl Schleusungen je Richtung pro Jahr	Poisson-Anteil	Aufenthaltszeit je Umlauf (beide Richtungen)			
		Warten Ri 1	Warten Ri 2	sk	Summe
5.000	10%	24	24	45	93
5.500	10%	27	27	45	99
6.000	10%	32	32	45	109
6.500	10%	41	41	45	127
7.000	10%	84	84	45	213
5.000	20%	29	29	45	103
5.500	20%	34	34	45	113
6.000	20%	42	42	45	129
6.500	20%	60	60	45	165
7.000	20%	146	146	45	337

Legt man als Maßstab für „vertretbare“ Wartezeiten entsprechend der Vorgehensweise in der deutschen Bundesverkehrswegeplanung eine Schleusenaufenthaltszeit von etwa zwei Stunden je Umlauf (Summe beider Richtungen) zugrunde, so ergibt sich die praktische Kapazität je nach Anteil der poissonverteilten Schiffsankünfte in einer Bandbreite zwischen 5.750 und 6.380 Schleusungen pro Richtung und Jahr. Dies entspricht einer Auslastung der theoretischen Kapazität zwischen gut 79% und 88%.

Die Ergebnisse der Berechnungen verdeutlichen den erheblichen Einfluss der Verteilung der Schiffsankünfte auf die Schiffswartezeiten. Vor diesem Hintergrund bleibt zu prüfen, ob von der „Eingangsschleuse“ Augst eine stärkere Kapazitätsbeschränkung ausgeht als von der hier zunächst untersuchten Schleuse des Abschnitts Basel und Full/Waldshut mit der größten Fallhöhe. Als „Eingangsschleuse“ ist die Anlage in Augst deshalb zu betrachten, da sie zwar innerhalb einer Schleusenkette liegt, in der Fahrtrichtung zu Berg allerdings gegenüber der vorhergehenden Staustufe in Birsfelden (Schleusenanlage mit 2 Kammern, 187,5 und 180 m lang) eine deutlich geringere Kapazität aufweist. Entsprechend legen wir den Wartezeitberechnungen in der Fahrtrichtung zu Berg signifikant höhere Poisson-Anteile von alternativ 40% bzw. 50% zugrunde. In der Fahrtrichtung zu Tal bleibt es hingegen bei den Werten von 10% bzw. 20%.

Neben den Unterschieden bei der Verteilung der Schiffsankünfte berücksichtigen wir bei den Berechnungen auch, dass die Schleuse Augst mit max. 6,65 m eine nur in etwa halb so große Fallhöhe aufweist, wie die bisher betrachtete Schleuse. Entsprechend den Werten vergleichbarer Schleusen am westdeutschen Kanalnetz legen wir daher für Augst eine Kreuzungsschleusungsdauer von 38 Minuten zugrunde. Bei gleichbleibend unterstellten 340 Betriebstagen je 16 Betriebsstunden ergibt sich hieraus eine theoretische Jahreskapazität von knapp 8.600 Schleusungen je Richtung. Die Ergebnisse der Berechnungen, wiederum für eine Bandbreite von 5.000 bis 7.000 Schleusungen je Richtung (Auslastung der theoretischen Kapazität zwischen gut 58% und 81,4%), zeigt die folgende Tabelle.

Tabelle 2: Ergebnisse der Wartezeitberechnungen für eine Schleuse mit jährlich 5.440 Betriebsstunden (340 Tage je 16 Std.), einer Kammerbelegziffer von 1 sowie einer Kreuzungsschleusungsdauer von 38 Minuten bei alternativ 10% / 20% (zu Tal) bzw. 40% / 50% (zu Berg) poissonverteilten Schiffsankünften (Minuten)

Anzahl Schleusungen je Richtung pro Jahr	Poisson- Anteil	Aufenthaltszeit je Umlauf (beide Richtungen)			
		Warten Ri 1	Warten Ri 2	sk	Summe
5.000	10% / 40%	17	26	38	81
5.500	10% / 40%	19	29	38	86
6.000	10% / 40%	21	34	38	93
6.500	10% / 40%	23	40	38	101
7.000	10% / 40%	26	51	38	115
5.000	20% / 50%	20	28	38	86
5.500	20% / 50%	23	33	38	94
6.000	20% / 50%	25	38	38	101
6.500	20% / 50%	29	46	38	113
7.000	20% / 50%	34	59	38	131

Wie die Ergebnisaufzählung der Warte- und Aufenthaltszeitberechnung zeigt, wird der Effekt des in der Verkehrsrichtung zu Berg höheren Poisson-Anteils der Schiffsankünfte durch die kürzere Kreuzungsschleusungsdauer kompensiert. Es verbleibt somit bei der ermittelten praktischen Kapazität der Wasserstraße in einer Bandbreite zwischen 5.750 und 6.380 Fahrzeugen je Richtung und Jahr.

Zur Umrechnung der ermittelten Fahrzeuganzahlen in Gütermengen pro Jahr wird als „Typschiff“ ein Großmotorgüterschiff der Tragfähigkeitsklasse „2000 bis 2.500 TT“ zugrunde gelegt. Gemäß der Bestandsdaten des Rheinschiffsregisterverbandes IVR verfügen diese Fahrzeuge bei einem Maximaltiefgang von 315 cm bei voller Ablagung über eine Tragfähigkeit von 2.238 Tonnen (jeweils Klassendurchschnittswerte des Schiffsbestandes der Rheinanliegerstaaten). Bei einem Leertiefgang von 75 cm und einer Kielfreiheit von 20 cm lässt sich hieraus für die alternativ vorgegebenen Fahrrinntiefen der neuen Wasserstraße eine wasserstandsabhängig mögliche Beladung von 980 t (Fahrrinntiefe 2,0 m), 1.445 t (Fahrrinntiefe 2,5 m) bzw. 1.912 t (Fahrrinntiefe 3,0 m) ermitteln. Da es sich bei den zu untersuchenden Verkehren um Relationen handelt, bei denen die Schiffe den Mittelrhein

passieren müssen, sind zusätzlich die Einschränkungen der dort wechselnden Wasserstände zu berücksichtigen. Auf Basis einer Wasserstandsdauerlinie des Rheinpegels Kaub für den Zeitraum der Jahre 1970 bis 2009 ergeben sich die entsprechend korrigierten Werte mit gerundet 975 t für eine Fahrrinntiefe von 2,0 m, 1.400 t für eine Fahrrinntiefe von 2,5 m sowie 1.700 t für eine Fahrrinntiefe von 3,0 m.

Angewendet auf die ermittelte Bandbreite der „Fahrzeugkapazität“ entspricht dies in der Hauptverkehrsrichtung zu Berg bei ausschließlich beladenen Fahrzeugen und einer Fahrrinntiefe von 2,0 m einem Transportaufkommen zwischen gut 5,6 und gut 6,2 Mio. t. Wird für die neue Wasserstraße eine Fahrrinntiefe von 2,5 m unterstellt, so erhöht sich die Jahreskapazität in der Hauptverkehrsrichtung auf eine Bandbreite zwischen knapp 8,1 Mio. t und gut 8,9 Mio. t. Bei einer Fahrrinntiefe von 3,0 m ergibt sich schließlich eine Bandbreite zwischen knapp 9,8 Mio. t und gut 10,8 Mio. t.

Werden auch in der Hauptverkehrsrichtung Leerfahrzeuge und/oder nicht voll ausgelastete Fahrzeuge unterstellt, so sinkt die in Gütertonnen ausgedrückte Kapazität (bei unveränderter Fahrzeuganzahl) entsprechend. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist andererseits auch zu berücksichtigen, dass über die hier berücksichtigte Betriebszeit der Schleusen von täglich 16 Stunden hinaus mit den Nachtstunden noch gewisse Kapazitätsreserven bestehen, die im Bedarfsfall genutzt werden könnten (etwa durch Betriebszeiten wie am Neckar).

3 EFFEKTE VON AUFKOMMENSVERLAGERUNGEN

Auftragsgemäß soll im Rahmen von Vergleichsrechnungen festgestellt werden, in welchem Ausmaß verkehrszweigübergreifende Aufkommensverlagerungen zu Einsparungen von Ressourcen (Transportkosten, Energie) und verminderten Umweltschäden führen. Die Grunddaten der hierzu vorgegebenen Transportrelationen zeigt die folgende Tabelle.

Tabelle 3: Transportaufkommen und Transportentfernungen der untersuchten Relationen

Von Basel nach ...	Full	Weiach	Brugg	Fulenbach	Biel	Orbe
Aufkommen (1.000 t)	750	1.500	500	750	750	500
Anzahl Schleusen	7	9	10	15	18	21
Entfernung Wasser (km)	68	91	88	123	175	258
Entfernung Land (km)	54	75	54	46	90	178
Umfwegfaktor Wasser	1,26	1,21	1,63	2,67	1,94	1,45

In zwei Berechnungsvarianten soll hierbei alternativ davon ausgegangen werden, dass

1. 50% der obigen Aufkommen vom Lkw und 50% von der Bahn auf das Binnenschiff verlagert werden;
2. der Binnenschifftransport zu 100% Bahntransporte ersetzt.

3.1 Transportkosten

Die Transportkostenberechnungen werden für alle drei Verkehrsträger auf Basis aktueller Wertansätze zum Preisstand des Jahres 2012 durchgeführt. Hierbei kann weitgehend auf die Ergebnisse von kürzlich abgeschlossenen bzw. noch laufenden Studien zum deutschen Bundesverkehrswegeplan 2015 zurückgegriffen werden.

Bei der **Binnenschifffahrt**¹ werden die Kosten analog zur Kapazitätsberechnung für ein Motorgüterschiff der Größenklasse 2.000 bis 2.500 TT berechnet. Die als Basis zur Bestimmung der zeitabhängigen Vorhaltungs- und Personalkosten der Schiffe benötigten relationsspezifischen Umlaufdauern (Hin- und Rückfahrt) beinhalten neben der entfernungsabhängigen Fahrtzeit die Aufenthaltszeiten an den Schleusen (1 Stunde je Schleuse und Richtung). Die Berechnung des Energieverbrauchs erfolgt unter Berücksichtigung der jeweiligen Schiffstiefgänge (getrennt für die Leerfahrt und die beladene Fahrt sowie die alternativen Fahrinnen- bzw. Abladetiefen). Die Höhe der Transportkosten ist in erheblichem Maß von den Abladebedingungen sowie dem Anteil der Leerfahrten in der Rückrichtung abhängig. Bei einem hier generell unterstellten Leerfahrtanteil von 80% (20% der Fahrten in der Rückrichtung werden als beladen angenommen) ergeben sich etwa auf der Relation Basel – Orbe Transportkosten in einer Bandbreite zwischen 2,9 Cent (Abladetiefe 2,80 m), 3,5 Cent (Abladetiefe 2,30 m) und 5,9 Cent (Abladetiefe 1,80 m) je tkm.

Zur Berechnung der Transportkosten des **Lkw**² wird als Typfahrzeug ein Sattelzug mit einer Jahresfahrleistung von 135.000 km und einer durchschnittlichen Beladung von 14,5 t zugrunde gelegt. Aufgrund der größeren Flexibilität gegenüber Binnenschiff und Bahn werden die Anteile beladener Fahrten in der Rückrichtung höher eingeschätzt. Abhängig von der Transportentfernung variiert der unterstellte Leerfahrtanteil auf den hier betrachteten Relationen zwischen 23% und 44%. Der Dieserverbrauch wird mit durchschnittlich 33 Liter je 100

¹ Zu den Grundlagen zur Berechnung der Transportkosten Binnenschifffahrt vgl.: PLANCO Consulting GmbH in Zusammenarbeit mit Intraplan GmbH und TUBS GmbH, Grundsätzliche Überprüfung und Weiterentwicklung der Nutzen-Kosten-Analyse im Bewertungsverfahren der Bundesverkehrswegeplanung, Entwurf des Endberichtes, Essen, Berlin, München, März 2014, Kapitel 7.3: Vorhaltungs-, Personal- und Betriebsführungskosten der Binnenschifffahrt

² Die Grunddaten zur Berechnung der Transportkosten des Lkw stammen aus der folgenden Studie: Beratergruppe Verkehr + Umwelt GmbH und TNS Infratest GmbH, Entwicklung eines Modells zur Berechnung von modalen Verlagerungen im Güterverkehr für die Ableitung konsistenter Bewertungsansätze für die Bundesverkehrswegeplanung, Vorläufiger Endbericht, Freiburg, München, Januar 2014

km vorgegeben. Auf Basis dieser Grunddaten ergeben sich Transportkostensätze des Lkw in einer Bandbreite zwischen 8,5 Cent und knapp 10 Cent je tkm.

Die Transportkosten im Güterverkehr der **Bahn**³ sind neben der Transportentfernung in erster Linie von der Transportmenge je Zug abhängig. Da hierzu keine Angaben vorliegen, gehen wir im Rahmen einer Bandbreitenabschätzung alternativ von Zügen mit 500 Nettotonnen, 1.000 Nettotonnen sowie 1.500 Nettotonnen aus. Der Leerfahrtanteil wird hierbei analog zur Binnenschifffahrt mit 80% in der Rückrichtung angenommen. Die Transportkosten umfassen die Komponenten Abfertigung, Zugbildung, Vorhaltung und Zugförderung. Der Energieverbrauch wird hierbei in Abhängigkeit von der jeweiligen Bruttozulast und der Transportentfernung berechnet. Im Ergebnis variieren die Transportkosten der Bahn auf der „kurzen“ Relation nach Fulenbach zwischen 6,2 Cent (1.500 Nt-Zug) und 10,6 Cent je tkm (500 Nt-Zug) sowie auf der „langen“ Relation nach Orbe zwischen 2,3 Cent (1.500 Nt-Zug) und 4,0 Cent je tkm (500 Nt-Zug).

Die Ergebnisse der auf vorstehend beschriebener Basis durchgeführten Transportkostenvergleichsrechnungen sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst. Die dargestellten Summen beziehen sich hierbei jeweils auf das gesamte Transportvolumen der Relationen. Entsprechend lassen sich die Ergebnisse für alternative Annahmen zur Struktur der Aufkommensverlagerungen (Anteile Bahn und Lkw) direkt aus den Tabellen herleiten.

Tabelle 4: Summe der Transportkosten nach Relationen und Verkehrsträgern (1.000 EUR)

Von Basel nach ...	Full	Weiach	Brugg	Fulenbach	Biel	Orbe	Summe
Binnenschiff 2,80 m	1.951	5.134	1.759	3.810	5.020	4.490	22.164
Binnenschiff 2,30 m	2.377	6.254	2.142	4.640	6.114	5.470	26.997
Binnenschiff 1,80 m	3.483	9.170	3.137	6.791	8.961	8.034	39.576
Lkw	3.864	10.734	2.576	3.435	6.440	7.569	34.617
Bahn 500 Nt	4.535	9.726	3.023	4.409	5.098	4.316	31.106
Bahn 1.000 Nt	3.305	7.027	2.203	3.225	3.663	3.026	22.449
Bahn 1.500 Nt	2.640	5.612	1.760	2.577	2.925	2.413	17.928

Bei einer Abladetiefe von 2,80 m weist die Binnenschifffahrt auf allen erfassten Relationen Transportkostenvorteile gegenüber dem Lkw sowie Bahntransporten mit 500 Nt pro Zug auf. In der Summe ergeben sich jährliche Transportkostensparnisse in Höhe von 10,7 Mio. EUR (Verlagerung 50% Bahn, 50% Lkw) bzw. 8,9 Mio. EUR (Verlagerung nur von der Bahn).

³ Die Grundlagen zur Berechnung der Kosten finden sich in den bereits zitierten Gutachten, insbesondere im Kapitel 7.1.5: „Kosten und Wertansätze für den Schienengüterverkehr“ der unter Fußnote 1 genannten Studie.

Wird eine Abladetiefe von 2,30 m unterstellt, so verliert das Binnenschiff seinen Kostenvorteil gegenüber dem Lkw auf der Relation Basel – Fulenbach (hier liegt der größte Umwegfaktor vor: 123 km Wasser, 46 km Land) und gegenüber dem 500 Nt-Zug auf den Relationen Basel – Fulenbach, Basel – Biel und Basel – Orbe. In der Summe aller Relationen vermindert sich die Transportkostensparnis auf rd. 5,9 Mio. EUR (50/50) bzw. gut 4,1 Mio. EUR (nur Bahn).

Bei einer Abladetiefe von nur 1,80 m weist die Binnenschifffahrt sowohl gegenüber dem Lkw als auch gegenüber 500 Nt-Zügen nur noch auf den Relationen nach Full und Weiach (hier hat das Binnenschiff die vergleichsweise geringsten Entfernungsnachteile) Kostenvorteile auf. Auf allen anderen Relationen kehrt sich das Bild um. In der Summe über alle Relationen hätte die Verlagerung sowohl vom Lkw als auch von der Bahn Transportkostenerhöhungen zur Folge.

Wird für die Vergleichsrechnungen bei der Bahn jeweils von Zügen mit 1.000 Nt ausgegangen, so reduzieren sich die Transportkostenvorteile der Binnenschifffahrt bei einer unterstellten Abladetiefe von 2,80 m in der Summe aller Relationen auf 6,4 Mio. EUR (50/50) bzw. auf 0,3 Mio. EUR (100% Bahn). Auf den „langen“ Relationen nach Fulenbach, Biel, und Orbe weist die Bahn unter diesen Rahmenbedingungen Kostenvorteile auf.

Bei einer unterstellten Abladetiefe von 2,30 m sind Bahntransporte in 1.000 Nt-Zügen in der Summe der betrachteten Relationen kostengünstiger zu transportieren als mit dem Binnenschiff. Bei einer Verlagerung von 50/50 ergibt sich ein Kostenvorteil des Binnenschiffs in Höhe von gut 1,5 Mio. EUR.

Bei einer Abladetiefe von nur 1,80 m ist das Binnenschiff gegenüber 1.000 Nt-Zügen auf allen Relationen im Nachteil. In der Summe über alle Relationen hätte die Verlagerung sowohl vom Lkw als auch von der Bahn Transportkostenerhöhungen zur Folge.

Wird im Bahnverkehr von Zügen mit 1.500 Nt ausgegangen, so ergibt sich auch bei einer Abladetiefe von 2,80 m in der Summe aller Relationen gegenüber der Bahn ein Kostennachteil der Binnenschifffahrt. Wird von einer 50/50 Verlagerung ausgegangen, so verbleiben Transportkostensparnisse in Höhe von gut 4,1 Mio. EUR pro Jahr.

Bei einer Abladetiefe von 2,30 m ist das Binnenschiff gegenüber 1.500 Nt-Zügen auf allen Relationen im Nachteil. In der Summe über alle Relationen hätte auch eine 50/50 Verlagerung von Lkw und Bahn Transportkostenerhöhungen zur Folge.

Wird schließlich eine Abladetiefe von nur 1,80 m unterstellt, so ergibt sich in der Summe aller betrachteten Relationen auch gegenüber dem Lkw ein Kostennachteil der Binnenschifffahrt. Gegenüber 1.500 Nt-Zügen liegen die Transportkosten des Binnenschiffs unter diesen Rahmenbedingungen auf allen Relationen signifikant höher.

3.2 Energieverbrauch

Ein Vergleich des in unterschiedlichen Einheiten vorliegenden Energieverbrauchs der Verkehrsträger – Binnenschiff und Lkw in Liter Dieselkraftstoff, Bahn in kWh elektrischer Strom – erfordert dessen Umrechnung in eine einheitliche Maßeinheit. Als geeignete Größe wird hier das Maß „Primärenergie-Benzinäquivalent“ genutzt. Dieser Wert vereinheitlicht den unterschiedlichen Energiegehalt der Energieträger und erfasst darüber hinaus den kumulierten Energieaufwand zur Gewinnung einer Einheit Dieselkraftstoff bzw. zur Produktion einer Einheit elektrischen Stroms⁴.

Die folgende Tabelle fasst die Ergebnisse der Berechnungen zusammen. Hiernach ist der Verkehrsträgervergleich eindeutig. Unabhängig von Abladetiefen und Zugbeladungen erfordert der Bahntransport in der Summe aller untersuchten Relationen den geringsten Energieverbrauch, der Lkw hingegen den deutlich höchsten. Das Binnenschiff verbraucht bei 2,80 m und 2,30 m Abladetiefe auf allen Einzelrelationen deutlich weniger Energie als der Lkw. Mit Ausnahme der Relation Basel – Fulenbach gilt dies selbst für eine Abladetiefe von nur 1,80 m. Im Vergleich zur Bahn verbraucht die Binnenschifffahrt hingegen mit Ausnahme der Relationen Basel – Full und Basel – Weiach unter der Konstellation „2,80 m Abladetiefe / 500 Nt-Zug“ in allen Fällen mehr Primärenergie als die Bahn.

In der Summe aller Relationen ergibt sich hieraus bei einer 50/50 Verlagerung von Lkw und Bahn zum Binnenschiff bei unterstellter 2,80 m Abladetiefe eine Ersparnis zwischen knapp 3,2 Mio. (1.500 Nt-Zug) und knapp 3,4 Mio. Primärenergie-Benzinäquivalenten (500 Nt-Zug) und bei einer Abladetiefe von 2,30 m eine solche zwischen knapp 2,1 Mio. (1.500 Nt-Zug) und gut 2,3 Mio. Primärenergie-Benzinäquivalenten (500 Nt-Zug). Wird hingegen eine Abladetiefe von nur 1,80 m unterstellt, so hätten entsprechende Aufkommensverlagerungen einen erhöhten Energieverbrauch zur Folge.

Tabelle 5: Summe der Primärenergie-Benzinäquivalente nach Relationen und Verkehrsträgern (in 1.000)

Von Basel nach ...	Full	Weiach	Brugg	Fulenbach	Biel	Orbe	Summe
Binnenschiff 2,80 m	393	1.052	339	711	1.011	994	4.500
Binnenschiff 2,30 m	487	1.304	420	881	1.254	1.232	5.578
Binnenschiff 1,80 m	794	2.126	685	1.437	2.044	2.009	9.095
Lkw	1.348	3.745	899	1.198	2.247	2.641	12.078
Bahn 500 Nt	402	1.116	268	342	670	883	3.681
Bahn 1.000 Nt	371	1.032	248	316	619	816	3.402
Bahn 1.500 Nt	355	985	236	302	591	780	3.249

⁴ Es werden folgende Umrechnungsfaktoren angewendet: Diesel 1,06, Strom 0,24; Quelle: Schweizerische Eidgenossenschaft, Eidgenössisches Department für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Bundesamt für Energie; Grundlagen für die Berechnung der Benzinäquivalente und Primärenergie-Benzinäquivalente im Rahmen der revidierten Energiekette, Mai 2011

3.3 Emissionen und Externe Kosten aus Abgasbelastungen

Neben dem Energieverbrauch werden in den Vergleichsrechnungen auch die Emissionen von CO₂ und weiteren wichtigen Luftschadstoffen berechnet sowie in einem zweiten Schritt die hieraus resultierenden externen Kosten kalkuliert. Die Grundlagen der Berechnungen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Sie basieren auf den Ergebnissen aktueller Vorarbeiten für den deutschen Bundesverkehrswegeplan 2015.⁵

Tabelle 5: Emissionsfaktoren und Wertansätze Externe Kosten aus Abgasbelastungen

Schadstoffe	Emissionfaktoren			Wertansätze (EUR je kg)
	Bisch (g je kWh)	Lkw (g je Liter)	Bahn (g je kWh)	
CO ₂	635	2.774	665	0,145
NO _x	0,40	1,136	0,550	15,400
SO ₂	0,34	0,013	0,740	13,200
CO	0,50	2,799	0,160	0,046
HC	0,19	0,083	0,030	1,700
Partikel	0,03	0,014	0,030	55,400

Die nach den einzelnen Schadstoffen differenzierten Ergebnisse der Berechnungen sind im Anhang zu diesem Bericht tabellarisch zusammengestellt. Die aus der jeweiligen Summe der Schadstoffemissionen resultierenden Externen Kosten zeigt die folgende Tabelle.

Tabelle 6: Summe der Externen Kosten aus Abgasbelastungen nach Relationen und Verkehrsträgern (1.000 EUR)

Von Basel nach ...	Full	Weiach	Brugg	Fulenbach	Biel	Orbe	Summe
Binnenschiff 2,80 m	161	432	139	292	416	408	1.849
Binnenschiff 2,30 m	200	536	173	362	515	506	2.292
Binnenschiff 1,80 m	326	874	282	591	840	826	3.738
Lkw	647	1.797	431	575	1.078	1.267	5.797
Bahn 500 Nt	195	512	135	168	314	409	1.733
Bahn 1.000 Nt	180	473	125	156	290	378	1.602
Bahn 1.500 Nt	172	452	120	149	277	361	1.530

⁵ Vgl. hierzu die unter Fußnote 1 zitierte Studie, insbesondere Kapitel 6.2: „Schadstoffemissionen Schiene, Straße, Binnenschifffahrt“, S. 182 ff.

Aufgrund der Dominanz der CO₂-bezogenen Schadenswerte (deren Anteil an den Gesamtkosten aller Emissionen beläuft sich beim Lkw auf knapp 80%, bei der Bahn auf gut 85% und beim Binnenschiff auf knapp 88%) entsprechen die Ergebnisse der Vergleichsrechnungen zu den Externen Kosten aus Abgasbelastungen weitgehend denjenigen des Primärenergieverbrauchs. Unabhängig von Abladetiefen und Zugauslastungen verursacht der Transport per Lkw in der Summe der betrachteten Relationen die deutlich höchsten externen Kosten, der Bahntransport die geringsten.

In der Summe aller Relationen ergibt sich hieraus bei einer 50/50 Verlagerung von Lkw und Bahn zum Binnenschiff bei unterstellter 2,80 m Abladetiefe eine Ersparnis externer Kosten in einer Bandbreite zwischen gut 1,8 Mio. EUR und 1,9 Mio. EUR sowie bei einer Abladetiefe von 2,30 m eine solche zwischen knapp 1,4 Mio. EUR und 1,5 Mio. EUR. Wird hingegen eine Abladetiefe von nur 1,80 m unterstellt, so hätten entsprechende Aufkommensverlagerungen bei unterstellten Zügen mit 1.000 und 1.500 Nt erhöhte Externe Kosten aus Abgasbelastungen zur Folge. Im Falle von 500 Nt je Zug blieben die Externen Kosten hingegen nahezu unverändert (minus 27.000 EUR).

3.4 Transportkosten einschließlich Externer Kosten aus Abgasbelastungen

Summiert man die Transportkosten (vgl. Tabelle 4) und die Externen Kosten aus Abgasbelastungen (vgl. Tabelle 6) nach Relationen und Verkehrsträgern, so ergeben sich die in der folgenden Tabelle 7 dargestellten Werte.

Tabelle 7: Summe der Transportkosten und der Externen Kosten aus Abgasbelastungen nach Relationen und Verkehrsträgern (1.000 EUR)

Von Basel nach ...	Full	Weiach	Brugg	Fulenbach	Biel	Orbe	Summe
Binnenschiff 2,80 m	2.113	5.566	1.898	4.103	5.435	4.898	24.013
Binnenschiff 2,30 m	2.577	6.790	2.314	5.002	6.629	5.977	29.289
Binnenschiff 1,80 m	3.810	10.043	3.418	7.381	9.802	8.860	43.314
Lkw	4.511	12.531	3.007	4.010	7.519	8.836	40.414
Bahn 500 Nt	4.729	10.238	3.158	4.578	5.411	4.724	32.839
Bahn 1.000 Nt	3.485	7.501	2.328	3.381	3.953	3.403	24.051
Bahn 1.500 Nt	2.812	6.064	1.880	2.726	3.202	2.774	19.458

3.4 Lärmbelastungen

Die Lärmexposition der Bevölkerung auf an Verkehrswegen angrenzenden Flächen ist neben den Abgasemissionen als ein signifikanter negativer externer Effekt des Güterverkehrs zu berücksichtigen. Hierbei werden die geringen Schallemissionen des Binnenschiffsverkehrs im Vergleich zu Straßen- und Schienenverkehrslärm von der Bevölkerung in aller Regel nicht als Belästigung angesehen. Diese Wahrnehmung steht in Übereinstimmung mit den

Ergebnissen von Schallimmissionsberechnungen. Hiernach ergibt sich am Rand eines Schienenweges ein um mehr als 15 db(A) höherer ladungsnormierter Schallimmissionspegel als am Rand von Binnenwasserstraßen. Auch am Rand von Fernstraßen ergeben sich mit 12 db(A) deutlich höhere normierte Schallimmissionspegel. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass eine Verminderung des Schallpegels um 10 db(A) vom Menschen als Halbierung der Lautstärke wahrgenommen wird.

Ausgehend von kontinuierlichen Befragungen des Umweltbundesamtes zur Lärmbetroffenheit der Bevölkerung in Deutschland sowie Studien zu Zahlungsbereitschaften und Krankheitsfolgekosten der Lärmexposition werden in der Studie „Verkehrsträgervergleich“⁶ aus dem Jahr 2007 die externen Kosten der Lärmbelastung des Schienengüterverkehrs in einer Bandbreite zwischen 0,33 Cent und 0,84 Cent je tkm und diejenigen des Straßengüterverkehrs mit 0,79 Cent je tkm geschätzt.

Wendet man diese Kostensätze auf die hier zugrundeliegenden Verkehrsmengen (bzw. Verkehrsleistungen (in der Summe 4,75 Mio. t bzw. 371 Mio. tkm) an, so ergeben sich bei einer Verlagerung von 50/50 vermiedene Kosten durch Lärmbelastungen in einer Bandbreite zwischen 2,1 und 3,0 Mio. EUR pro Jahr. Wird von einer ausschließlichen Verlagerung von der Bahn auf das Binnenschiff ausgegangen, so liegt die Bandbreite zwischen 1,2 und 3,1 Mio. EUR.

4 SICHERHEIT UND PÜNKTLICHKEIT DER VERKEHRE

Die vom Auftraggeber vorgegebene Fragestellung:

Können Sicherheit und Pünktlichkeit der Lieferkette erhöht werden, wenn die Güter, welche alle per Schiff von Holland oder Deutschland her kommen, über Basel hinaus, ungebrochen per Schiff transportiert werden, bevor in ¾ der Fälle für die „letzte Meile“ auf die Straße oder die Bahn umgeladen werden muss?

lässt sich aufgrund mangelnder Detailinformationen zur den einzelnen Transportvorgängen (Güterarten, Versender, Empfänger, Umschlagpunkte, etc.) im Detail quantitativ praktisch nicht beantworten.

⁶ PLANCO Consulting GmbH in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Verkehrswirtschaftlicher und ökologischer Vergleich der Verkehrsträger Straße, Schiene und Wasserstraße, Studie im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsverwaltung der Bundesrepublik Deutschland, Schlussbericht, Essen, November 2007



Im Grundsatz lassen sich zu den beiden Aspekten allerdings die folgenden Aussagen treffen:

- **Sicherheit**

Die Unfall- und Verunglücktenraten liegen im Güterverkehr auf der Straße erheblich über denjenigen des Binnenschiffs. So ergibt sich im Vergleich Lkw/Binnenschiff bei den Unfallzahlen je Mrd. tkm ein Faktor von 8,8, bei den unfallbedingt Schwerverletzten ein Faktor von 89 und bei den unfallbedingt Getöteten ein solcher von 62.

Im Vergleich zwischen Bahn und Binnenschiff ergeben sich bei der Unfallhäufigkeit leichte Vorteile für die Bahn, bei den Unfallfolgen Schwerverletzte und Getötete hingegen deutliche Vorteile für die Schifffahrt. So liegt die Rate der Getöteten im Eisenbahngüterverkehr um den Faktor 7 höher als in der Güterschifffahrt.

Unter Berücksichtigung der Unfallhäufigkeiten und Unfallfolgen werden in der bereits zitierten Studie „Verkehrstägervergleich“ die externen Kosten der Verkehrsunfälle beim Lkw mit 42,9 Cent je 100 tkm, im Eisenbahngüterverkehr mit 6,0 Cent je 100 tkm und im Binnenschiffsgüterverkehr mit 3,3 Cent je 100 tkm berechnet. Wendet man diese Kostensätze auf das hier zugrunde liegenden Mengengerüst der Aufkommensverlagerungen an, so ergeben sich bei einer 50/50 Verlagerungen Ersparnisse gesamtwirtschaftlicher Unfallkosten in Höhe von gut 0,7 Mio. EUR und bei einer Verlagerung ausschließlich von der Schiene auf die Binnenschifffahrt solche in Höhe von etwa 30.000 EUR pro Jahr.

- **Pünktlichkeit**

Ausgehend von den vom Auftraggeber für die zu untersuchenden Wasserstraßen vorgegebenen Transportvolumen werden diese (bzw. die dort maßgebenden Schleusen) weit unterhalb ihrer Kapazitätsgrenzen ausgelastet. Entsprechend kann im Regelbetrieb⁷ der Wasserstraßen mit einer kontinuierlichen und planbaren Transportabwicklung ohne gravierende und unvorhersehbare Wartezeiten an den Schleusen gerechnet werden.

Durch die Aufkommensverlagerung zur Binnenschifffahrt werden andererseits Fernstraßen und Schienenwege in der Schweiz in nicht zu vernachlässigenden Größenordnungen entlastet. Geht man etwa davon aus, daß die gesamte Verlagerungsmenge (4,75 Mio. t) im Straßengüterverkehr abgewickelt würde, so entspräche dies einer Anzahl von täglich etwa 1.170 Lkw (bei 280 Tagen pro Jahr), um die das Straßensfernverkehrsnetz zwischen Basel, Weiach und Orbe entlastet würde. Das Schienennetz könnte bei analogen Annahmen zum Verlagerungsvolumen um täglich zwischen 11 Güterzüge (bei 1.500 Nt je Zug) und 34 Güterzüge (500 Nt je Zug) entlastet werden.

Ob und ggfls. in welchem Ausmaß diese Entlastungen auf den betroffenen Streckenabschnitten des schweizerischen Straßen- bzw. Schienennetzes zur Verminderung von Staus bzw. Verspätungen führen, lässt sich ohne Kenntnis der jeweiligen Streckenbelastungen allerdings nicht beurteilen.

⁷ Zu unterscheiden sind hierzu „systembedingte“ Ausfall- und Wartezeiten im Binnenschiffsverkehr, etwa durch Hochwasser, Eisbildung und fehlende Alternativrouten bei Schleusensperrungen.

Anhangtabellen Schadstoffemissionen

Tabelle A1: CO₂-Emissionen nach Relationen und Verkehrsträgern (Tonnen)

Von Basel nach ...	Full	Weiach	Brugg	Fulenbach	Biel	Orbe	Summe
Binnenschiff 2,80 m	979	2.621	845	1.771	2.520	2.477	11.213
Binnenschiff 2,30 m	1.214	3.249	1.047	2.196	3.124	3.070	13.900
Binnenschiff 1,80 m	1.980	5.299	1.708	3.581	5.094	5.007	22.668
Lkw	3.550	9.861	2.352	3.136	5.881	6.953	31.734
Bahn 500 Nt	928	3.093	742	948	1.856	2.447	10.014
Bahn 1.000 Nt	858	2.859	686	877	1.715	2.262	9.256
Bahn 1.500 Nt	819	2.730	655	837	1.638	2.160	8.840

Tabelle A2: NO_x-Emissionen nach Relationen und Verkehrsträgern (kg)

Von Basel nach ...	Full	Weiach	Brugg	Fulenbach	Biel	Orbe	Summe
Binnenschiff 2,80 m	617	1.651	532	1.116	1.587	1.560	7.063
Binnenschiff 2,30 m	765	2.047	660	1.383	1.968	1.934	8.756
Binnenschiff 1,80 m	1.247	3.338	1.076	2.256	3.209	3.154	14.279
Lkw	8.052	22.366	5.368	7.157	13.419	15.770	72.132
Bahn 500 Nt	767	2.558	614	784	1.535	2.024	8.282
Bahn 1.000 Nt	709	2.365	567	725	1.419	1.871	7.656
Bahn 1.500 Nt	677	2.258	542	693	1.355	1.786	7.311

Tabelle A3: SO₂-Emissionen nach Relationen und Verkehrsträgern (kg)

Von Basel nach ...	Full	Weiach	Brugg	Fulenbach	Biel	Orbe	Summe
Binnenschiff 2,80 m	524	1.403	452	948	1.349	1.326	6.004
Binnenschiff 2,30 m	650	1.740	561	1.176	1.673	1.644	7.443
Binnenschiff 1,80 m	1.060	2.837	914	1.917	2.728	2.681	12.137
Lkw	89	247	59	79	148	174	798
Bahn 500 Nt	1.033	3.442	826	1.055	2.065	2.723	11.144
Bahn 1.000 Nt	954	3.181	764	976	1.909	2.517	10.300
Bahn 1.500 Nt	911	3.038	729	932	1.823	2.404	9.837

Tabelle A4: CO-Emissionen nach Relationen und Verkehrsträgern (kg)

Von Basel nach ...	Full	Weiach	Brugg	Fulenbach	Biel	Orbe	Summe
Binnenschiff 2,80 m	771	2.064	665	1.395	1.984	1.950	8.829
Binnenschiff 2,30 m	956	2.558	825	1.729	2.460	2.418	10.945
Binnenschiff 1,80 m	1.559	4.172	1.345	2.819	4.011	3.943	17.849
Lkw	1.240	3.445	827	1.102	2.067	2.429	11.110
Bahn 500 Nt	223	744	179	228	446	589	2.409
Bahn 1.000 Nt	206	688	165	211	413	544	2.227
Bahn 1.500 Nt	197	657	158	201	394	520	2.127

Tabelle A5: HC-Emissionen nach Relationen und Verkehrsträgern (kg)

Von Basel nach ...	Full	Weiach	Brugg	Fulenbach	Biel	Orbe	Summe
Binnenschiff 2,80 m	293	784	253	530	754	741	3.355
Binnenschiff 2,30 m	363	972	313	657	935	919	4.159
Binnenschiff 1,80 m	592	1.585	511	1.071	1.524	1.498	6.783
Lkw	1.240	3.445	827	1.102	2.067	2.429	11.110
Bahn 500 Nt	42	140	33	43	84	110	452
Bahn 1.000 Nt	39	129	31	40	77	102	418
Bahn 1.500 Nt	37	123	30	38	74	97	399

Tabelle A6: Partikel-Emissionen nach Relationen und Verkehrsträgern (kg)

Von Basel nach ...	Full	Weiach	Brugg	Fulenbach	Biel	Orbe	Summe
Binnenschiff 2,80 m	46	124	40	84	119	117	530
Binnenschiff 2,30 m	57	153	49	104	148	145	657
Binnenschiff 1,80 m	94	250	81	169	241	237	1.071
Lkw	41	113	27	36	68	80	365
Bahn 500 Nt	42	140	33	43	84	110	452
Bahn 1.000 Nt	39	129	31	40	77	102	418
Bahn 1.500 Nt	37	123	30	38	74	97	399