



**KCW GmbH
(M. Holzhey, R. Naumann,
F. Berschin, I. Kühl, T. Petersen)**

Schienengüterverkehr 2050 – Szenarien für einen nachhaltigen Güterverkehr

**Kurzgutachten
(September 2012)**

Materialien zur Umweltforschung 45

Autoren

Michael Holzhey, René Naumann, Felix Berschin, Ingo Kühl, Thomas Petersen

Urheberrechtshinweis

Dieses Gutachten unterliegt den Bestimmungen des deutschen Urheberrechts. Soweit nicht anders schriftlich vereinbart, ist eine Veröffentlichung oder Weitergabe, auch in Auszügen, nicht zulässig.

Inhaltsverzeichnis

1	Anlass, Methodik und Grenzen des Kurzgutachtens	4
2	Prüfschritt I: Unter welchen Voraussetzungen sind die Szenarien A bis C nachfrageseitig vorstellbar?.....	6
2.1	Güterverkehrsmarkt in Deutschland 2050: Prognosen und Bestimmungsfaktoren der Entwicklung	8
2.2	Modal Split des Schienengüterverkehrs 2050: Prognosen und Bestimmungsfaktoren der Entwicklung.....	11
2.3	Implikationen für die Szenarien A bis C.....	16
3	Prüfschritt II: Unter welchen Voraussetzungen sind die Nachfrage-Szenarien A bis C angebotsseitig vorstellbar?	18
3.1	Produktivität im Schienengüterverkehr – Status quo und Verbesserungsansätze.....	18
3.1.1	Maßnahmenbündel „technologischer Fortschritt“	19
3.1.2	Maßnahmenbündel „Auslastungssteigerung“	25
3.2	Von der Straße zur Schiene: Verlagerungsszenario 2050 im KCW-Modell und infrastruktureller Anpassungsbedarf	27
3.3	Zwischenfazit: Maßnahmen-Kombinationen der Szenarien A bis C.....	30
4	Prüfschritt III: Wieviel kosten die Maßnahmen-Sets der Szenarien A bis C (Grobschätzung)?.....	32
5	Schlussbewertung	37
6	Anhang	38
6.1	Abbildungsverzeichnis	38
6.2	Tabellenverzeichnis.....	38

1 Anlass, Methodik und Grenzen des Kurzgutachtens

Im August 2010 veröffentlichte das Umweltbundesamt die von KCW erstellte Studie „Schienennetz 2025/2030 – Ausbaukonzeption für einen leistungsfähigen Güterverkehr in Deutschland“. Untersuchungsziel jener Studie war es, den Handlungsbedarf zur Ertüchtigung des deutschen Schienennetzes unter der Vorgabe abzuschätzen, eine Verkehrsleistung im Schienengüterverkehr von 213 Mrd. tkm in dem Zeitfenster 2025 bis 2030 abwickeln zu können.

Vor dem Hintergrund der klimapolitisch abgeleiteten CO₂-Minderungsziele sowie der anstehenden Energiewende sieht der SRU die Notwendigkeit, den Sektor Verkehr als Hauptemittenten bis 2050 stärker in die Pflicht zu nehmen. Bezogen auf den Güterverkehr stellt sich die Frage, ob und unter welchen Voraussetzungen die im Falle hoher Auslastung umweltverträgliche Schiene – insbesondere deren Infrastruktur – in der Lage sein könnte, mit 20 Jahren längerem Vorlauf eine noch deutlich höhere absolute Verkehrsleistung im Güterverkehr zu schultern, als im UBA-Gutachten 2010 unterstellt wurde.

Hierzu hat der SRU drei Szenarien mit einem Umsetzungshorizont bis 2050 definiert:

- Szenario A mit einer Verkehrsleistung von 300 Mrd. tkm,
- Szenario B mit einer Verkehrsleistung von 400 Mrd. tkm,
- Szenario C mit einer Verkehrsleistung von 500 Mrd. tkm.

Die Analyse des Kurzgutachtens gliedert sich in drei Prüfschritte:

- Im ersten Schritt wird untersucht, inwieweit die unterstellten Verkehrsleistungsmengen aus der Sicht der Nachfrage(r) realistisch erscheinen. Dabei ist zunächst abzuschätzen, welche Gesamtmenge an Güterverkehrsleistungen für alle Transportmodi bis 2050 zu erwarten ist. Als Arbeitsgrundlage nutzen wir vorliegende Prognosen, die wir jedoch vor dem Hintergrund globaler Trends und anderer Randbedingungen eigenständig einordnen. Anschließend wird die relative Stellung des Schienengüterverkehrs im Konzert der Verkehrsträger beleuchtet. Hierzu schätzen wir, wie sich der Marktanteil der Schiene unter Beibehaltung der bisherigen Verkehrspolitik entwickelt. Dies wird mit dem Marktanteil der Schiene gespiegelt, der in den Szenarien A, B und C erreicht würde. Danach wird aufgezeigt, wie sich die zusätzlichen Transportmengen räumlich verteilen. Dies bildet die Grundlage dafür, wie und vor allem auf welchen Relationen sich die Schiene angebotsseitig entwickeln muss, um die Zielmengen mit Hilfe einer aktiven Verlagerungspolitik zu bewältigen.
- Stehen die Nachfragemengen fest, wechselt der Fokus im zweiten Prüfschritt auf die Angebots- bzw. Leistungsseite des SGV, vor allem auf die

notwendige Infrastruktur zur Bewältigung der unterstellten Mengen. Hierzu wird als Ausgangspunkt die heutige Produktivität des SGV anhand einfacher Kennziffern skizziert. Der Quotient Tonnenkilometer (tkm) je Trassenkilometer (Trkm) macht deutlich, dass es vielfältige Ansatzpunkte gibt, um 300 oder gar 500 Mrd. tkm verkraften zu können. Diese wurden in unserer UBA-Studie 2010 bereits diskutiert, weshalb sie an dieser Stelle nicht vertieft werden. Stattdessen heben wir zwei Stellhebel hervor, die für die drei Szenarien besonders wichtig sind: das Entfachen von technologischem Fortschritt sowie die Verbesserung der Auslastung. Auf Letzterer basiert das Verlagerungsmodell, das anschließend in Kurzform dargestellt wird.

- Im letzten Schritt werden die Kosten der notwendigen Maßnahmen grob abgeschätzt. Dabei liegt der Schwerpunkt auf den infrastrukturellen Maßnahmen, und dort auf den „großen Gewerken“.

Angesichts der zeitlichen und budgetären Restriktionen in Relation zur Komplexität der Fragestellung weisen wir ausdrücklich darauf hin, dass die Ergebnisse einen groben, indikativen Eindruck vermitteln. Sie zu validieren setzte nach unserer Einschätzung voraus, den Sachverhalt in einem zwei- bis dreijährigen Untersuchungsprozess im Range einer „Sonderforschungsaufgabe“ zu analysieren.

2 Prüfschritt I: Unter welchen Voraussetzungen sind die Szenarien A bis C nachfrageseitig vorstellbar?

In der Transportökonomik haben sich zwei Axiome herausgebildet, von denen aus die Koordinationsprozesse zwischen Verkehrsangebot und -nachfrage in ausdifferenzierten Industriegesellschaften mit marktlichen Wirtschaftsordnungen und freien internationalen Handelsbeziehungen analysiert werden:

- Die Nachfrage nach Verkehrsleistungen – insbesondere dem Transport von Gütern – gilt als sogenannte „abgeleitete“ Nachfrage. Dies bedeutet: Waren- und Handelsströme folgen im Wesentlichen den Produktionsprozessen, nicht umgekehrt.¹ Sinnbild dessen ist die Globalisierung der letzten 10 bis 20 Jahre, die den tradierten europäischen Industriegürtel (blue banana) erheblich gen Osten ausgefranst hat. Ausnahmen bestätigen die Regel, z.B. bei vielen Dienstleistungen, die ortsgebunden, aber vielfach mit marginaler Relevanz für die Transportgütermenge sind. Auch kann sich die Verkehrsinfrastruktur als Schlüsselressource auf der Vorleistungsebene als limitierender Faktor erweisen. Dies beschränkt sich jedoch vornehmlich auf Entwicklungsländer.

Die abgeleitete Funktion der Verkehrsnachfrage wirft die Frage auf, wie viel „Menge“ 2050 dem Sektor Verkehr insgesamt angedient wird.

- In marktlichen Wirtschaftsordnungen ist jeder Verkehrsträger – genauer: die in ihm tätigen Anbieter von Transportleistungen – gehalten, sich im Konzert der konkurrierenden Verkehrsträger zu behaupten. Dem Verlager wird die „Konsumentensouveränität“ eingeräumt, in Ausrichtung auf seine Bedürfnisse den Verkehrsträger mit dem besten Preis-Leistungs-Verhältnis zu wählen. Allerdings können die relativen Preise und das Leistungsspektrum maßgeblich durch politische Rahmenbedingungen beeinflusst werden, z.B. durch Anlastung von Externalitäten, ordnungsrechtliche Vorgaben, u.ä.

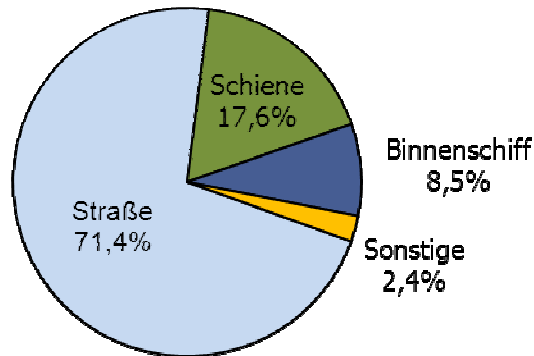
Mithin entscheidet die zweite Annahme über die Frage, welchen Anteil der Verkehrsträger Schiene von der prognostizierten Güterverkehrsleistung 2050 im intermodalen Wettbewerb auf sich ziehen kann.

Auf welchem Startpunkt der Verkehrsträger Schiene im Güterverkehr aufsetzt, vermittelt die Bilanz im Status quo. 2011 hatte der Gesamtmarkt in Deutsch-

¹ Damit wird nicht in Abrede gestellt, dass Unternehmen ihre Entscheidungen über Produktionsprozesse einschließlich der Standortwahl in erheblichem Maße auch von den Rahmenbedingungen der Transportmärkte abhängig machen. Im Zweifel sind Produktionsentscheidungen jedoch schwerer reversibel und mit höheren versunkenen Kosten behaftet, weshalb die Transportprozesse sich an ihnen ausrichten.

land ein Volumen von 644 Mrd. tkm.² Abbildung 1 zeigt die Verteilung auf die Verkehrsträger, die im intermodalen Wettbewerb stehen.

Abbildung 1: Modal Split des Güterverkehrsmarktes in Deutschland (2011).



Quelle: destatis (2012), eigene Darstellung

Gemessen an der Beförderungsleistung mit 113,3 Mrd. tkm 2011 liegt die Schiene noch leicht unter dem Spitzenwert von 2008 (115,7 Mrd. tkm). Gleiches gilt für den Marktanteil des SGV, der sich 2011 mit 17,6% knapp unter dem Niveau vor Ausbruch der Wirtschaftskrise bewegt.

Dass die seit einigen Jahren beobachtbare „kleine Renaissance“ der Schiene kein Selbstgänger ist, belegt der Blick in die Vergangenheit. So konnte der SGV in der Bundesrepublik etwa bis Anfang der 1970er Jahre noch Marktanteile von über 30% für sich reklamieren, ehe der Lkw seinen Siegeszug antrat. Seit 1992 schwankt der Marktanteil zwischen 15 und 18 Prozent, allerdings mit deutlicher Aufwärtstendenz in den letzten Jahren (ohne temporären Kriseneffekt) – bei beständig steigendem Transportvolumen.

Im Hinblick auf Realitätsgehalt und Machbarkeit der Szenarien A bis C mit Verkehrsleistungszielen von 300 bis 500 Mrd. tkm ergeben sich folgende vorläufige Schlussfolgerungen:

- Verharre der Marktanteil des SGV dauerhaft unter 20%, implizieren die angenommenen Verkehrsleistungsmengen ein Wachstum des deutschen Güterverkehrsmarktes auf 1.500 bis 2.500 Mrd. tkm. Bis dato ist uns keine Prognose bekannt, die eine solche Leistungsexplosion vorhersagt

² Quelle: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/TransportVerkehr/Gueterverkehr/Tabellen/Gueterbefoerderung.html>, abgerufen am 5.9.2012.

- Im Umkehrschluss lässt sich ableiten, dass gegebene absolute Zielwerte von 300 bis 500 Mrd. tkm die Schiene unter Zugzwang setzen, ihren Marktanteil bis 2050 signifikant auszubauen.

Unter welchen Bedingungen dies realistisch erscheint, analysieren wir im Abschnitt 2.2 detaillierter. Zuvor soll jedoch in 2.1 die für 2050 zu erwartende Gesamtmenge der Verkehrsleistung in Deutschland näher eingegrenzt werden.

2.1 Güterverkehrsmarkt in Deutschland 2050: Prognosen und Bestimmungsfaktoren der Entwicklung

Unter den Verkehrsprognosen mit Bezug zur Schiene ist uns lediglich eine bekannt, deren Projektionszeitraum über 2030 hinausreicht. Dabei handelt es sich um die Studie von Progrtrans aus 2007, die im Auftrag des BMVBS die langfristige Entwicklung des Güterverkehrs bis 2050 vorherzusagen sucht. Progrtrans ermittelt eine Verkehrsleistung des Gesamtmarktes von 1.218 Mrd. tkm, was nahezu einer Verdopplung des heutigen Niveaus entspräche

Dass nur wenige Prognosen mit einer Vorausschau über 40 Jahre – noch dazu für den (Güter-)Verkehr als Untersuchungsgegenstand – auf dem Markt sind, beruht nach unserem Eindruck auf zwei Gründen:

- 40 Jahre umspannen einen Zeitraum, der grundsätzlich, d.h. unabhängig vom Anwendungsfall schwer zu beherrschen ist. Zehn Legislaturperioden oder sechs bis acht Konjunkturzyklen bringen so viele Unwägbarkeiten mit sich, dass die Herleitung seriöser Wenn-Dann-Aussagen schwerfällt. Diese Restriktion gilt umso mehr, als die Ökonomik keine naturgesetzlichen Zusammenhänge abbilden kann, sondern auf die Bewältigung von Knappheitsproblemen unter der Annahme abhebt, menschliches Verhalten stabil erfassen zu können. Die Komplexität der Vorhersage wird anschaulich, wenn man sich die rasante technologische, ökologische und gesellschaftliche Entwicklung zwischen 1970 und 2010 vergegenwärtigt.
- Weil die Nachfrage im Güterverkehr nicht aus sich selbst heraus erklärbar ist, sondern sich aus den Interaktionsergebnissen auf anderen Märkten (insbes. Produktionsmärkten) ableitet, sind die Prognosen tendenziell noch unsicherer. Sie setzen nicht weniger voraus, als wesentliche volkswirtschaftliche Entwicklungen im globalen Maßstab zu modellieren. Hierzu zählen beispielsweise:
 - Globalisierung (Nimmt die Arbeitsteiligkeit weiter zu?)
 - Zukunft des europäischen Wirtschaftsraumes (Euro, Schuldenproblematik)
 - Entwicklung der Finanzmärkte

- Politische Rahmenbedingungen, insbes. in Boomregionen wie China, Indien, Brasilien oder kommenden Tigerstaaten
- Technologische Revolutionen
- Energiefrage

Angesichts dieser praktisch unlösbaren Herkulesaufgabe beschränken sich die meisten Verkehrsprognosen darauf, aus der Entwicklung der jüngeren Vergangenheit „charttechnisch“ auf die Zukunft zu schließen, ggf. modifiziert durch begründete Zu- und Abschläge. Je kürzer der Analysezeitraum veranschlagt wird, desto unkritischer ist dieses Vorgehen, da z.B. die Zunahme der globalen Arbeitsteiligkeit in den kommenden 10 Jahren noch nicht ausgereizt zu sein scheint. Ob allerdings dieser Trend über die typische Nutzungsdauer von Verkehrsinfrastrukturen Bestand hat, kann niemand mit hinreichender Sicherheit vorhersagen.

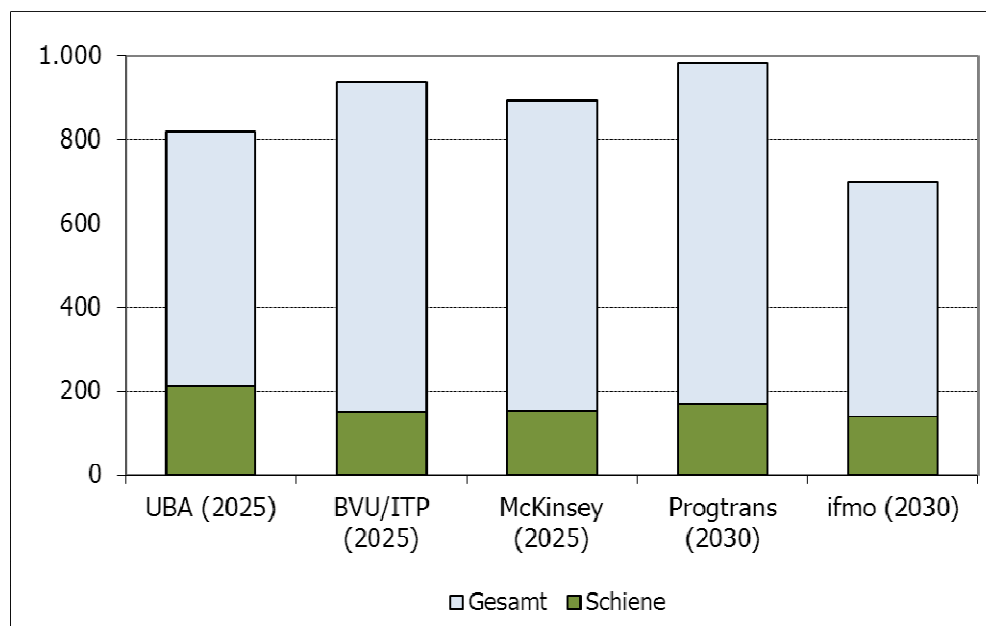
Weil das „Stochern im Nebel“ systemimmanent ist, ist es hilfreich, jene Prognosen zur Entwicklung des Güterverkehrs unter die Lupe zu nehmen, die zumindest die halbe Strecke bis 2050 abzudecken suchen. Hierzu gehören:

- McKinsey 2010: Zukunftsperspektiven für Mobilität und Transport, im Auftrag der Deutschen Bahn.
- Ifmo 2010: Zukunft der Mobilität
- Umweltbundesamt 2009: Strategie für einen nachhaltigen Güterverkehr
- BVU/ITP 2007: Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung

Die mittelfristigen Prognosen der genannten Untersuchungen zur Entwicklung der gesamtdeutschen Verkehrsleistung bis 2025/2030 sind in Abbildung 2 dargestellt. Aus den Studien von McKinsey und ifmo wurden jeweils die mittleren Szenarien zugrunde gelegt, d.h. beide Studien sehen auch die Möglichkeit noch höherer Transportvolumina vor.³

³ Die Werte für ifmo wurden anhand der in der Studie benannten Parameter für das mittlere Szenario („Gereifter Fortschritt“) berechnet. Die Studie selbst trifft keine quantitativen Aussagen zur konkreten Verkehrsleistung in 2030.

Abbildung 2: Übersicht der vorliegenden Verkehrsprognosen für den Güterverkehr in Deutschland (in Mrd. tkm)



Quelle: UBA, BVU/ITP, McKinsey, Protrans, ifmo; Eigene Darstellung

Das Spektrum der prognostizierten Gesamtmarktwerte reicht von 698 Mrd. tkm bei ifmo 2030 bis 982 Mrd. tkm bei Protrans (ebenfalls 2030). Unterstellt man einen in absoluten Werten linearen Anpassungspfad, liegt das Niveau bei BVU/ITP mit 937 Mrd. tkm 2025 auf ähnlichem Kurs wie bei Protrans.

In der Gesamtschau stimmen wir den Tendenzaussagen von ifmo (Szenario „Gereifter Fortschritt“) zu, dass die derzeit beobachtbaren hohen Wachstumsraten wie etwa bei den Umschlagszahlen im Seehafenhinterlandverkehr (unter Ausblendung der Krise) nicht dauerhaft, erst recht nicht bis 2050 Bestand haben werden. Das Institut führt dies u.a. darauf zurück, dass sich das globale Mengenwachstum nicht voll in Deutschland niederschlagen wird, da etwa ein hoher Sättigungsgrad der Transportbeziehungen eingetreten ist bzw. Zuwächse in einzelnen Bereichen auf Verluste in anderen Bereichen treffen. Letzteres ergibt sich vor allem daraus, dass großvolumige Güter zugenommen haben. Aber auch die McKinsey-Studie arbeitet mit einem zusätzlichen „Stagnations“-Szenario, in dem die Zunahme des Güterverkehrs nur noch geringfügig abgebildet wird (2008-2025: +15%).

Unter Berücksichtigung der zuletzt beförderten Transportmengen erscheint das ifmo-Szenario jedoch zu konservativ, weshalb wir als Basis der vorliegenden Untersuchung das UBA-Szenario für 2025/2030 wählen, wonach der Güterverkehrsmarkt bis 2030 auf 819 Mrd. tkm ansteigt. Hiervon ausgehend schätzen wir für die Verkehrsträger Schiene, Straße und Binnenschiff die zukünftige Entwicklung ab 2030 zunächst qualitativ (s. auch weiterführende

Ausführungen in Kapitel 2.2) und im Anschluss quantitativ ab. Im Ergebnis vermuten wir ein Wachstum der Güterverkehrsmengen nach 2025/2030 bis 2050 in Höhe von rund 16%, woraus sich eine Verkehrsleistung des Güterverkehrs in Deutschland von rund 950 Mrd. tkm ergibt. Diese Annahme wird unter Berücksichtigung der Schwierigkeiten langfristiger Prognosezeiträume bewusst konservativ gewählt.

2.2 Modal Split des Schienengüterverkehrs 2050: Prognosen und Bestimmungsfaktoren der Entwicklung

Spiegelt man die Gesamtmenge von 950 Mrd. tkm mit den vorgegebenen Szenario-Sollwerten für die Schiene (300/400/500 Mrd. tkm), steht sie vor der Aufgabe, ihren 2011 erzielten Marktanteil von 17,6% bis 2050 auf 31,6% (Szenario A), 42,1% (Szenario B) oder 51,6% (Szenario C) zu steigern. In absoluten Werten gemessen muss die Schiene in die Lage versetzt werden, vom heutigen Ausgangswert in Höhe von rund 113 Mrd. tkm aus eine Verkehrsleistung zwischen 187 Mrd. tkm und 387 Mrd. tkm bis 2050 zusätzlich absorbieren zu können. Wählt man den Zielwert der UBA-Studie in Höhe von 213 Mrd. tkm als Startpunkt mit der Begründung, dass aufgrund der festgefüigten Investitionsstrukturen ein radikales Umsteuern erst ab 2025 oder gar 2030 realistisch erscheint, verdichtet sich das daran anschließende Wachstumsziel zwischen 87 bis 287 Mrd. tkm auf einen kürzeren Zeitraum. Demnach müsste die Schiene im Szenario C über 20 Jahre jedes Jahr rund 14 Mrd. tkm zusätzlich verkraften können.

Träte die Vorhersage von Prograns mit einer Gesamtleistung von 1.218 Mrd. tkm ein, bliebe der geforderte absolute Wachstumsbeitrag der Schiene unverändert. Allerdings fiel die notwendige Ausweitung ihrer Marktanteile etwas moderater aus (24,6 bis 41,1%).

Die geforderten hohen Zuwächse zwischen 187 und 387 Mrd. tkm relativ zum Verkehrsleistungs-Ist 2011 werfen im nächsten Schritt die Frage auf, welche Zielbeiträge die Schiene „von selbst“, d.h. infolge exogener Entwicklungen erwarten kann. Hiermit ist gemeint, dass weder die Marktakteure noch die Politik besondere „diskretionäre“ Maßnahmen ergreifen, die auf der Leistungsseite die relativen Stärken-Schwächen-Profile der Verkehrsträger untereinander ändern oder die relativen Preise zwischen ihnen verschieben. Stattdessen liegt der Fokus auf den (Mega-)Trends, die von außen an den Sektor herangetragen werden und somit mittelbar den intermodalen Wettbewerb beeinflussen können. Beispiele sind:

- Globalisierung: Den Aufschwung der letzten Jahre verdankt die Schiene in hohem Maße der Tatsache, dass die Zunahme des Welthandels vor allem über den Seeverkehr abgewickelt wird, der die Güter „mundgerecht“ in den Seehäfen gebündelt bereitstellt. Weil der Hinterlandverkehr der nordwestdeutschen Seehäfen überdurchschnittlich schienenaffin ist, kommt

dieser Trend der Eisenbahn besonders zugute. Wie dieser Trend sich fortsetzt, ist umstritten. Zum einen ist der Prozess der weltweiten Arbeitsteilung noch nicht abgeschlossen, insbesondere da der Sättigungsgrad in einigen Ländern (z.B. China, Brasilien) noch nicht erreicht ist bzw. neue Tiger-Staaten entstehen können. Dies kann innerhalb der bisherigen Strukturen für Deutschland wachsenden Verkehr bringen (z.B. Export hochwertiger Industrieprodukte). Allerdings steigt das Produktionsniveau vieler Staaten an bzw. wird eine nationale Produktion bestimmter Güter angestrebt (z.B. China). Der Import (insb. Konsumgüter) dürfte aufgrund eines hohen Sättigungsgrades weitgehend stabil bleiben.

- **Güterstruktureffekt:** Der vor etwa 30 Jahren eingeleitete Trend weg von Massen- hin zu kleinteiligeren und insbesondere leichteren und hochwertigen Kaufmannsgütern (Motto: Chip statt Abakus, Flachbildschirm statt voluminöse Bildröhre) ist hinlänglich dokumentiert. Nachdem mit Blick auf die typischen komparativen Vorteilsmerkmale der Schiene zunächst befürchtet worden war, dass diese Entwicklung zu ihren Lasten ginge, leitete die Containerisierung die Gegenbewegung ein. Aus heutiger Sicht ist zu konstatieren, dass nicht die Bündelbarkeit eine Hürde für die Schiene aufbaut, sondern die Anforderungen der Verlager an die Individualisierung und Flexibilität der Transporte, die eher andere Modi begünstigen. Weiterhin ist zu beachten, dass bei anhaltendem Güterstruktureffekt die Größen "Tonnage" und „Zahl der Fahrten“ zunehmend entkoppelt werden, so dass eine gegebene Zunahme der Verkehrsleistung mit einem überproportionalen Anstieg der Betriebsleistung einhergehen kann. Womöglich ist künftig ergänzend auf Volumenmaße abzustellen.

Bezogen auf die Gütergruppen, wird der Anteil der Industrie- und Konsumgüter an der Gesamtleistung weiter zunehmen (Anteil an der Transportmenge 2009: 25%), Gleiches ist für die chemische Industrie zu erwarten (2009: 8%). Hingegen ist abzusehen, dass gewichtsintensive Transporte wie Grundstoffe (Eisenerz, Eisen, Stahl, Aluminium) aber auch Energieträger (Kohle, Erdöl) langfristig stagnieren oder sinken, wengleich der Übergang einer Energiewende zunächst noch einen befristeten Anstieg bewirken kann. So werden die Wettbewerbsvorteile der Schwellenländer in Energie- und personalkostenintensiver Produktion aufgrund niedrigerer Sozial- und Umweltstandards eher anwachsen und auch der dortige Bedarf eher vor Ort gedeckt.

- **Bevölkerungsentwicklung:** Ein sicherer Trend ist die Zunahme der globalen Bevölkerung. Die Vereinten Nationen gehen bis 2050 von einer Zunahme um bis zu 59% im Vergleich zu 2010 aus.⁴ Anders sieht das Bild für Deutschland aus. Hier wird bestenfalls von einer Stagnation (+2%), realistischere aber von einem Bevölkerungsrückgang (bis max. 20%) aus-

⁴ Quelle: United Nations World Population Prospects. Internet: <http://data.un.org/Data.aspx?q=world+population&d=PopDiv&f=variableID:12;crID:900>.

gegangen. Die weltweite Bevölkerungszunahme kann daher trotz geringerer Anteile Deutschlands am Welthandel (s. Globalisierung) zu absolut steigenden Transportmengen führen.

- Grüne Technologien: Auch die „Grüne Revolution“ kann nicht auf Transporte verzichten. Dies gilt vor allem für den angestrebten Wandel in Automobilindustrie (E-Mobilität), Energieerzeugung (Solarmodule, Windräder) oder Maschinenbau (Umwelttechnologien). Da es sich hierbei vielfach um große Güter handelt, bleibt die Schiene potenzieller Verkehrsträger in diesem Markt.
- Green Mobility: Es ist anzunehmen, dass der Verkehrssektor mehr als bisher in den Fokus der Klimaziele rückt. Angesichts eines Anteils des Verkehrs an den CO₂-Emissionen von einem Fünftel ist diese Debatte unausweichlich, nicht zuletzt ist sie wesentlicher Antrieb des SRU für diese Kurzstudie. Die Schiene hat dabei (noch) erhebliche Vorteile in Relation zum Lkw, mindestens solange dieser mittel- bis langfristig die konventionelle Antriebstechnologie (Verbrennungsmotor) nicht umstellen kann.

Wie die vorgenannten Trends per Saldo auf die Stellung des Verkehrsträgers Schiene über einen Zeitraum von vierzig Jahren einwirken, ist schwierig zu prognostizieren, da einige Entwicklungen wie die aufkeimende Lärmdiskussion auch gegen die Schiene laufen und der Verkehrsträger Eisenbahn aufgrund der vertikalen Quasi-Monopolisierung traditionell unter einem geringen Innovationstempo leidet. Sieht man vom UBA-Gutachten ab, gehen die vorgenannten Prognosen davon aus, dass der Marktanteil der Schiene in etwa konstant bleibt. Da der Gesamtmarkt wächst, wirken demnach die skizzierten Entwicklungen neutral, d.h. das Mengenwachstum speist sich aus der allgemeinen Zunahme der Verkehrsleistung. Verlagerung kommt nur dann zustande, wenn andere Verkehrsträger an ihre Kapazitätsgrenzen stoßen.

Wir trauen der Schiene im Grundsatz zu, auf der Basis eines noch 10 bis 20 Jahre währenden Globalisierungseffektes eine Zeitlang überproportional am Gesamtmarktwachstum zu partizipieren. Zwingende Voraussetzung ist allerdings, die derzeit am Marktbedarf vorbeizielenden Investitionsprioritäten im Schienenwegebau zeitnah umzusteuern. Anknüpfend an unsere UBA-Studie 2010 sehen wir die 213 Mrd. tkm als Obergrenze an, die primär über „Eigenbeiträge“ – also ohne „offensive“ Verlagerungspolitik über das UBA-Szenario hinaus – zustande kommen kann. Gemessen an der unterstellten Gesamtleistung des Gütermarktes von 950 Mrd. tkm 2050 wäre hiermit ein Anstieg des Marktanteils auf 22,4% verbunden (zuletzt erzielt: 1987).

Zieht man den „Eigenbeitrag“ der Schiene von den Sollwerten der drei Szenarien ab, verbleibt in allen Fällen ein erhebliches Delta (87/187/287 Mrd. tkm), dessen Erschließung eine aktive Verlagerungspolitik von Transportmengen anderer Verkehrsträger auf die Schiene mit Hilfe erheblicher, zum Teil dirigistischer Eingriffe des Staates bedingt. Die autonome Interaktion der Marktteilnehmer wird diesen Effekt nicht erzielen.

Hierzu sind Maßnahmen und Effekte auf zwei Ebenen notwendig:

- Schiene: Dass Güter bisher überwiegend per Lkw transportiert werden, hat auch mit mangelnder Attraktivität der Schiene für potenzielle Kunden dazu. Nicht alle diese Aspekte sind „naturegegeben“, d.h. ein Umsteuern z.B. bei Eigenschaften wie Flexibilität oder Schnelligkeit ist möglich.
- Andere Verkehrsträger: Inwiefern es gelingt, die Ziele zu erreichen, hängt neben den Anforderungen an den Schienensektor auch davon ab, wie sich andere Verkehrsträger entwickeln bzw. diese politisch behandelt werden. Zu den relevanten Maßnahmen zählen z.B. Preisanlastungen für Externalitäten oder die Kontrolle, ob Sozial- und Sicherheitsstandards (z.B. Lenk-/Ruhezeiten) eingehalten werden. Derartige Rahmensetzungen können Zwangscharakter haben.

Sind die Verlagerungspotenziale realistisch?

Sollen 87 bis 287 Mrd. tkm auf die Schiene verlagert werden, ist es rechnerisch evident, den Löwenanteil von der Straße mit einem heutigen Marktanteil von 70% abziehen zu müssen. Wir gehen sogar davon aus, dass die gesamte Verlagerungsmenge vom Lkw transferiert werden muss, da das Binnenschiff im UBA-Szenario mit 89 Mrd. tkm an seine Leistungsgrenze stößt. Limitierender Faktor ist der Rhein, auf dem der Großteil der Transporte abgewickelt wird.

Für die grundsätzliche Verlagerbarkeit von Straßen- zu Schienengütern treffen wir folgende Annahmen, zunächst allein anhand der Entfernung und ohne Berücksichtigung weiterer limitierender Faktoren⁵:

- Der gesamte deutsche Straßengüterfernverkehr (>150 km) ist potenziell verlagerungsfähig (2009: 167,9 Mrd. tkm)
- Vom Regionalverkehr auf der Straße (50 – 150 km) kommen 50% der Transportleistung in Frage (2009: 35,4 Mrd. tkm).
- Der Güternahverkehr (<50 km) wird ausgeklammert. Dies ist klassische Güterfeinverteilung, die vsl. auch zukünftig im Wesentlichen per Straße abgewickelt werden wird (2009: 15,0 Mrd. tkm)⁶
- Hinsichtlich des Straßengüterverkehrs durch ausländische Unternehmen liegen keine nach Entfernungen getrennten Daten vor (2009: 139,0 Mrd. tkm). Daher wird das für deutsche Unternehmen und deren Verteilung auf die Entfernungsgruppen geltende Verhältnis auch für ausländische Unter-

⁵ Quelle: Verkehr in Zahlen 2010/2011.

⁶ Allerdings besteht für die Schiene durchaus Potenzial, auf der letzten Meile mehr Transporte abwickeln zu können (siehe dazu auch Kapitel 3.1.1).

nehmen angesetzt. Dies ist insofern eine konservative Annahme, als davon auszugehen ist, dass der Fernverkehrsanteil der ausländischen Unternehmen höher liegt.

Anhand dieser Annahmen ergibt sich auf der Basis der Zahlen aus 2009 für den Straßengüterverkehrsmarkt ein schienenaffines Verlagerungspotenzial von theoretisch ca. 75% der vermuteten Gesamtmenge dieses Verkehrsträgers. Es wird in Anlehnung an das UBA-Szenario vereinfachend davon ausgegangen, dass das Binnenschiff ab 2025/2030 nicht mehr wächst. für die Rohrfernleitungen wird ebenfalls der Einfachheit halber angenommen, dass im Vergleich zum Status quo keine Veränderung der Transportleistung eintritt. Dadurch ergibt sich anhand des Zielwertes für alle Verkehrsträger von 950 Mrd. tkm unter Abzug von Schiene (213 Mrd. tkm), Binnenschiff (75 Mrd. tkm) und Rohrfernleitungen (16 Mrd. tkm) eine Beförderungsleistung auf der Straße von maximal 646 Mrd. tkm. Im ersten Zwischenschritt sind demnach ca. 485 Mrd. tkm von der Straße verlagerungsfähig.

Allerdings ist der alleinige Bezug auf die Entfernung für die Ableitung der Verlagerungspotenziale unzulässig, da weitere Faktoren die Verkehrsmittelwahlentscheidung von Versendern oder Logistikern vielfach zugunsten des Lkw-Transports beeinflussen:

- Verderblichkeit einer Ware, z.B. Lebensmittel, die schnell zum Weiterverarbeiter oder Handel ohne Gleisanschluss gelangen müssen
- Anforderungen an Pünktlichkeit und Zuverlässigkeit, die die Eisenbahn z.B. aufgrund fehlender Gleis- oder Netzanschlüsse von Ziel/Quelle nicht erfüllen kann
- Geringe Stückzahlen von Versandgütern ohne einfachen Zugang zu einem Einzelwagenverkehrssystem
- „Lkw-Affinität“ des Versenders/Logistikers, z.B. aufgrund eigener Fahrzeuge, gewachsener Beziehungen usw. (diese sollten allerdings langfristig änderbar sein).

Wegen der vorgenannten Restriktionen wird ein Abschlag von 30% auf die theoretisch zu verlagernde Lkw-Leistung vorgenommen, wodurch nunmehr ca. 340 Mrd. tkm Verlagerungspotenzial für die Schiene verbleiben.

Die nachstehende Tabelle 1 verschafft einen Überblick, welches Verlagerungspotenzial die Schiene in den Szenarien tatsächlich abschöpfen muss.

Tabelle 1: Erforderliche Verlagerungsziele für die Schiene 2050

	Szenario A	Szenario B	Szenario C
Zielwert (in Mrd. tkm)	300	400	500
Gesamtmarkt 2050 (in Mrd. tkm)	950	950	950
Marktanteil Schiene	31,6%	42,1%	52,6%
Schienen"eigenanteil" (in Mrd. tkm)	213	213	213
Notwendige Verlagerung (in Mrd. tkm)	87	187	287
Verlagerungspotenzial (max., in Mrd. tkm)	340	340	340
Verlagerungsanteil (bezogen auf das Verlagerungspotenzial)	25,6%	55,0%	84,4%

Quelle: Eigene Darstellung und Berechnungen

Die Zahlen belegen auf der Grundlage der getroffenen Annahmen, dass alle drei Szenarien theoretisch möglich sind. Allerdings erscheint das Szenario C sehr ambitioniert, da es nur bei Eintreten aller für die Schiene positiven Bestimmungsfaktoren und Maßnahmenbündel umsetzbar ist.

2.3 Implikationen für die Szenarien A bis C

Zusammenfassend bewerten wir den Realitätsgehalt der Szenarien wie folgt:

Szenario A (300 Mrd. tkm) ist bei anhaltend guter Wirtschaftsentwicklung sowie einigen, den Schienengüterverkehr begünstigenden Verlagerungseffekten im Rahmen eines eingeschränkten "Weiter-so-Szenarios" (aufsetzend auf UBA 2010) denkbar. Der Modal Split müsste aufgrund der grundsätzlichen Schienen-begünstigenden Effekte auf gut 31% steigen. Angenommene Treiber sind Globalisierungseffekte (Seehäfen) und moderate Preiseffekte zu Lasten der Verkehrsträger mit fossilen Energien. Derartige Szenarien wurden in der deutschen Verkehrswegeplanung als "Umwelt- oder Integrationsszenario" bereits mehrfach gerechnet und dabei als grundsätzlich leistbar eingestuft.

Szenario B (400 Mrd. tkm) bedeutete einen Modal Split der Schiene in der Größenordnung von ca. 42%, d.h. hier müsste die Marktposition der Schiene im Vergleich zu heute fast verdreifacht werden. Der Marktanteil stieße in eine Größenordnung vor, wie sie heute schon in den USA aufgrund der Dominanz von Langstreckenverkehren ohne ordnungspolitischen Flankenschutz oder gar eine staatliche Schienenförderung üblich ist (43%). Dies kann nur dann gelin-

gen, wenn die überwiegende Zahl der äußeren positiven Faktoren für die Schiene eintritt.

Das **Szenario C** (500 Mrd. tkm) setzt eine uneingeschränkt positive Entwicklung für die Schiene voraus. Dies wäre u.E. nur möglich, wenn sich das gesellschaftliche Umfeld und die Einstellung zu den Verkehrsträgern signifikant ändern und eine aktive Verlagerungspolitik mit dirigistischen Elementen akzeptiert würden. Vorbild könnte die von der Bundesregierung beschlossene Energiewende sein. In einem solchen Szenario bekäme der Transport einen wesentlich höheren Stellenwert, was ihn zu einem hochwertigen Gut mit entsprechendem Knappheitspreis machte und mittelfristig deutlich veränderte Produktions-, Vertriebs- und damit auch Transportstrukturen nach sich zöge. Unter derartigen Rahmenbedingungen wäre ein Modal Split von knapp 53% für den SGV denkbar, der dem historischen Wert in Deutschland von 1951 entspräche.

3 Prüfschritt II: Unter welchen Voraussetzungen sind die Nachfrage-Szenarien A bis C angebotsseitig vorstellbar?

3.1 Produktivität im Schienengüterverkehr – Status quo und Verbesserungsansätze

Um zu ermitteln, mit welchen Stellschrauben die für 2011 erwartete Verkehrsleistung des SGV von etwa 115 Mrd. tkm bis 2050 auf 300 oder gar 500 Mrd. tkm gesteigert werden kann, halten wir es für sinnvoll, die wesentlichen Bestimmungsfaktoren der Produktivität zu verdeutlichen. Folgende einfache Formel bildet die Werte für 2008 – dem bis dato erfolgreichsten Jahr der letzten 20 Jahre – ab:

Hierfür lässt zunächst die einfache Formel aufstellen:

$$\text{Produktivität} = \frac{\text{Verkehrsleistung(tkm)}}{\text{Trassenkilometer}}$$

Diese Gleichung lässt sich erweitern in:

$$\text{Produktivität} = \frac{\text{Gesamtaufkommen(t)} * \emptyset - \text{Trkm}}{\text{Trassenanzahl} * \emptyset - \text{Trkm}}$$

oder in:

$$\text{Produktivität} = \frac{\text{Trassenanzahl}}{\text{Zuganzahl} * \emptyset - \text{Gewicht}} * \emptyset - \text{Trkm} * \left(\frac{\text{Trassenanzahl}}{\text{Zuganzahl}} * \emptyset \text{Trkm} \right)$$

Es zeigt sich nach Herauskürzen identischer Elemente, dass der Quotient das Durchschnittsgewicht je Zug wiedergibt. DB Schenker Rail führt für 2011 eine „durchschnittliche Auslastung in t je Zug“ von 513,6t an.⁷ Wir legen unseren Berechnungen im Abschnitt 3.1.2 aus Vereinfachungsgründen einen Mittelwert von 500t zugrunde, auch weil DB Schenker Rail aufgrund des weit überproportionalen Anteils an Masengütern über dem Branchenschnitt aller Güterbahnen liegen dürfte.

Ein Teil der Stellschrauben zur Hebung von Produktivitätsreserven lässt sich bereits dem Formelaufbau entnehmen. So bildet der Zähler die Produktivität auf der Transportebene ab, während der Nenner die Aktivitäten im Infrastrukturbereich beschreibt. Im Eisenbahnbetrieb sind beide Ebenen eng miteinander verwoben. Beispielsweise lässt sich das durchschnittliche Zuggewicht

⁷ Quelle: DB AG (2012), Daten und Fakten 2011, S. 5.

steigern, indem die Auslastung einer gegebenen Zahl an Wagen erhöht wird (allein verantwortlich: EVU) oder aber die Züge durch mehr Wagen länger werden. Letzteres setzt voraus, dass der Infrastrukturbetreiber hierfür die notwendigen Voraussetzungen schafft.

Hinsichtlich der Vielzahl möglicher Maßnahmen zur Produktivitätssteigerung im Bestandsnetz verweisen wir auf unsere Studie für das Umweltbundesamt 2010. Dort führten wir 32 Maßnahmen auf, deren Mehrleistungspotential wir mit 72 Mrd. tkm brutto bezifferten. Nach Abzug von Doppelzählungen und unter Einbeziehung finanzieller Restriktionen verblieb ein geschätzter Netto-Spielraum von 35 Mrd. tkm.⁸

Im Weiteren sollen zwei Maßnahmen(bündel) herausgegriffen werden, die

- in der UBA-Studie 2010 weitgehend außen vor gelassen wurden, aber in einem Szenario B mit 400 Mrd. tkm und erst recht in C mit 500 Mrd. tkm unerlässlich sein dürften (technologischer Fortschritt)
- in diesem Kurzgutachten in Kombination mit dem gezielten Ausbau der Infrastruktur als zentraler Hebel fungieren (Auslastung).

3.1.1 Maßnahmenbündel „technologischer Fortschritt“

Ein offensives Schienengüterverkehrsszenario ist u.E. nur denkbar, wenn der SGV nach Jahren der Stagnation wieder einen umfangreichen technologischen Fortschritt verzeichnet. Die zentralen erfolgreichen Innovationen im Schienengüterverkehr wie Druckluftbremse, automatische Gleisbremsen in Rangierbahnhöfen, funkferngesteuerte Rangierlokomotiven oder Containerumschlag per Portalkran liegen mindestens 50 Jahre zurück. Weitere Innovationsansätze wie automatische Kupplung, lastabhängige, hochwirksame Bremsen oder auch selbstfahrende Güterwagen für die Zustellung konnten sich aufgrund des Investitionsbedarfs und der notwendigen Mindestausstattung einer großen Flotte bislang nicht durchsetzen.

Ein neuer gesellschaftspolitischer Auftrag, der dem Schienengüterverkehr eine Schlüsselrolle bei der Bewältigung des prognostizierten Gütertransportaufkommens in Deutschland und Zentraleuropa (v.a. Österreich, Schweiz und Tschechien als Länder mit hohem Modal Split) beimisst, böte die Perspektive, den technologischen Fortschritt in diesem Segment deutlich zu beschleunigen.

Wir sehen hier folgende zentrale Ansätze:

- In der Abwicklung des Verkehrsbetriebs vermuten wir in Fortschreibung des Ansatzes der UBA-Studie erhebliche Potenziale in der **Leit- und Si-**

⁸ Vgl. UBA-Studie (2010), Schienennetz 2025/2030 – Ausbaukonzeption für einen leistungsfähigen Schienengüterverkehr in Deutschland, S. 45.

cherungstechnik, ebenso bei der Zugkommunikation in Kombination mit dichtem Auffahren der Züge. Zwar wird der Wunsch nach Fahren im relativen Bremswegabstand aufgrund der Gefahr, dass Wagen oder Teile davon bei Unfällen schlagartig stehen bleiben, voraussichtlich nie zu erfüllen sein. Und auch das Fahren im kontinuierlichen Zugabstand ohne jegliche Blockbildung dürfte aufgrund der im Schienenverkehr notwendigen Fahrwegfreiheitsprüfung nur schwerlich umzusetzen sein.

Gleichwohl sind erhebliche Optimierungspotenziale im Bereich der Blockabstände und der Prüf- und Stellzeiten erkennbar. Letzteres kann sich derzeit aufgrund der GSM-R-Technologie sogar negativ entwickeln, jedoch ist langfristig davon auszugehen, dass die Funktechnologien und die rechnerischen Prüfroutinen schnellere Übertragungs- und Prüfzeiten garantieren als die herkömmliche Relaisstechnik. Auch die Feststellung des Zugchlusses/der Zugvollständigkeit wird u.E. deutlich revolutioniert werden können, so dass die derzeit erheblichen Kosten für die Bildung eines Blockabschnitts und damit die Kostenhürde für eine feinere Ungliederung wegfällt.

Schließlich erwarten wir eine wesentlich bessere Abstimmung der Vorsignal-/Ankündigungsabstände auf die reale Geschwindigkeit und das reale Bremsvermögen eines Zuges. Darüber hinaus ist es vorstellbar, dass das sogenannte permissive Anfahren zugelassen wird, so dass ein überholter langsamer Güterzug unmittelbar nach Umstellen der Weiche und noch vor Räumung des ersten Blockabschnitts dem vorausfahrenden Zug folgen kann.

Insgesamt sind die unterstellten Funktionalitäten mit ETCS Level 2 gleichzusetzen, welcher u.E. eine Kapazitätssteigerung auch stark ausgelasteter Strecken um 30-40% bewirken kann und selbst im Vergleich zum bereits hoch leistungsfähigen CIR-ELKE-System noch Kapazitätzuwächse von 20% beisteuern dürfte. Die neuen Sicherungssysteme werden sich v.a. dann auszahlen, wenn größere Netzbestandteile einschließlich der Knoten ausgestattet sind. Einzelne Strecken selbst werden nur einen geringen Effekt auslösen und vielfach zunächst den Schnittstellenaufwand deutlich erhöhen, wie die heutige schleppende ETCS-Implementierung leidvoll vor Augen führt.

- Das zweite große Potenzial liegt in der **Verkehrssteuerung**. Statt fahrplanbasiert unter Einbeziehung von Reserven für Witterung, Leistungseinschränkungen oder Bauarbeiten (Sperrpausen) bietet sich gerade der Schienengüterverkehr für einen „Free-Float“ an, d.h. die Züge verkehren nur noch kapazitätsorientiert. Hiermit kann ein Maximum an Kapazitätsdurchsatz erreicht werden, weil die Züge so auf die Strecke geschickt werden, wie der Durchsatz optimiert wird (Geschwindigkeitsharmonisierung, optimale Überholungssituationen mit schnellfahrenden Personenzügen, Einhaltung/Rückgewinnung der Pünktlichkeit im Personenverkehr).

Diese neuen Betriebsverfahren setzen zunächst hoch leistungsfähige Zugsteuerungs- und Voraussagesysteme voraus, die auch ungeplante Entwicklungen mit berücksichtigen können und in ihre Entscheidungsfindung einbeziehen. Zudem ist infrastrukturseitig zwischen hoch belasteten Strecken ein ausreichender Puffer zum Aufstellen von Zügen notwendig. Schließlich sind auch organisatorische Herausforderungen zu meistern, z.B. Streckenkunde der Lokführer (auch) für Umleitungstrecken, die Einhaltung der Arbeitszeiten der Lokführer sowie die Berücksichtigung von notwendigen Personalwechseln an festen Standorten.

Dies erscheint insgesamt lösbar, erfordert aber erhebliche Kraftanstrengungen der Branche. In der Summe sehen wir mit Hilfe des „Free Float“ Kapazitätsgewinne von 10-20% auf hochbelasteten Strecken durch weitere Geschwindigkeitsharmonisierung und konsequente Nutzung aller Fahrplanlücken. Weiterhin ist eine erhebliche Verbesserung der Transportzeiten zu erwarten, da Überholungen entfallen/reduziert werden und die Verkehrsdurchführung selbst sich stärker an dem verkauften Trassenprodukt (z.B. garantierte Beförderungszeit Hamburg – Köln in 6 Stunden) orientiert.

Das Konzept des „Free Float“ bildet auch den Bedarf der Branche an flexiblen und ad hoc buchbaren Trassen ab; zudem gestattet es die Einrichtung von Systemtrassen und kann Beförderungs- und Umlaufzeiten garantieren. Auch lässt sich das Thema Baustellen- und Unterhaltsmanagement gut integrieren, weil die notwendigen Zeitfenster frühzeitig eingeplant werden können.

- Unter dem Rubrum der Verkehrssteuerung erachten wir auch das Thema **Fahrplangestaltung** und Trassenvergabe für den Personenverkehr als zentral. Bislang nutzt der Güterverkehr im Wesentlichen jene Trassen, die der bevorrechtigte Personenverkehr ihm übrig lässt. Unter dem Begriff integrierte Fahrplanung (Integraler Taktfahrplan mit Güterverkehr) erwarten wir eine radikale Wende. Ziel ist es, optimale Produktionsstrategien und Reisezeiten im Personenverkehr (Taktverkehr, integrale Knoten) in bestmöglichem Einklang mit den Kapazitätsanforderungen des Güterverkehrs zu bringen. Dies sei mit folgenden Ansätzen veranschaulicht:
 - Die Verbindung von ITF-Knoten mit einem langsamen Produkt ist meist mit einer um 30 / 60 Min. längeren Fahrzeit möglich. Gleichzeitig baut dieses langsame Produkt erhebliche Restriktionen für den Schienengüterverkehr auf. An dieser Stelle ist es vielfach effizienter, das langsame Produkt aufzubrechen und nur im Zubringerverkehr zu den Knoten auf möglichst kurzen Laufwegen anzubieten, während ggf. das schnelle Produkt im mittleren Abschnitt noch wenige Halte mit übernimmt. Damit können Reisezeiten optimiert und die Kapazität gesteigert werden.

- Der Regionalexpress-/InterRegio-Verkehr harmoniert gut mit Geschwindigkeiten im Schienengüterverkehr. Gerade die Planung von Halten und Haltezeiten in Taktfahrplänen wird dies stärker berücksichtigen müssen und damit zu abgestimmten Trassenstrukturen kommen.
- Im Personenverkehr lassen sich oft durch Taktverdichtungen (z.B. von Stunden- auf Halbstundentakt) die Reisezeiten verbessern. Andererseits reduzieren gerade jene Taktverdichtungen das Zeitfenster für Güterzüge erheblich. Erforderlich ist eine gesamtwirtschaftliche Abwägung.
- Auch können Technologien die **Geschwindigkeiten** innerhalb des Güterverkehrs **harmonisieren** und damit den Verkehr mit höherer Kapazität gestaltbar machen. Bei den Antriebsleistungen der Lokomotiven sehen wir das – zumindest im elektrischen Verkehr – als erfüllt an, da hier fast durchgehend nur noch leistungsstarke Lokomotiven mit Leistungen über 5,5 MW verkehren. Vor allem schwere Güter sind aber wagenbedingt heute vielfach nur mit 90/100 km/h beförderbar. Entsprechend ausgerüstete Güterwagen würden hier eine Harmonisierung auf 120 km/h Höchstgeschwindigkeit erlauben. Umgekehrt ist dies aber nur sinnvoll, wenn die Luftwiderstandswerte deutlich verbessert werden, was Entwicklungen hin zu geschlosseneren Güterzugformationen notwendig macht. Auch bei den Bremsen muss erreicht werden, dass Güterzüge schneller reagieren und damit flexibler im Verkehrsfluss mitschwimmen. Die träge Reaktion v.a. langer und schwerer Züge ist ein erhebliches Hindernis für einen geschwindigkeitsharmonisierten Zugsinsatz.

Weiterhin kann es unter Umständen sinnvoll sein, eine zusätzliche Geschwindigkeitsebene im Bereich 160 km/h anzusiedeln. Hierbei ist allerdings das aerodynamische Problem (Begegnung mit Personenverkehr mit bis zu 300 km/h) zu lösen.

- Die dritte große Herausforderung für neue Technologien sind die **Zustellkonzepte, Umschlagtechniken und die Logistikkonzepte**. Hier steht eine breite Mischung an Maßnahmen zur Auswahl:
 - Für den Einzelwagenverkehr sehen wir die **automatische Kupplung** als zwingend an. Außerhalb Westeuropas seit Jahrzehnten Standard hat sich die automatische Mittelpufferkupplung hierzulande bisher nicht durchgesetzt. Ursächlich sind der hohe Investitionsaufwand und die logistische Schwierigkeit, die Innovation möglichst schnell und flächendeckend einzuführen. Ansätze für einen Parallelbetrieb gibt es durchaus. Vorteile werden in geringem Umfang beim Kupplungsvorgang (zeitlich, vorteilhaft vor allem im rangieraufwendigen Einzelwagenverkehr), primär jedoch durch höhere Zuggewichte (vorteilhaft auch für Ganzzüge) und zur Verringerung von Lärmemissionen wegen der starrereren Verbindung der Wagen untereinander gesehen (vorteilhaft für gesellschaftliche Akzeptanz einer Zunahme des SGV). Insofern sehen wir die automatische Kupplung letztlich als Investitionsaufgabe

einer ganzen Branche, die bei einem klaren Ziel für ein erhebliches Mengenwachstum unabdingbar ist.

- Automatisierung/Vereinfachung der **Bremsprobe**: Bei Zugumbildungen ist vor Abfahrt des Zuges die Funktionsfähigkeit der Bremse bis zum letzten Wagen zu prüfen. Dies kostet Zeit zum Befüllen der Bremsluftleitung und zur Prüfung durch Ablaufen des Zuges. Hier sind Innovationen erforderlich, um die Effizienz im SGV zu verbessern.
- **"Selbstfahrende Güterwagen"**: Besonders aufwendig ist im SGV oft die „letzte Meile“. Dort muss z.B. umgespannt werden, weil die Fahrleitung fehlt, eigens eine Rangierlok vorgehalten oder die Wagen eines Zuges zu unterschiedlichen Zielen zugestellt werden. Ein Ansatz zur Reduzierung des Aufwandes an Rangiermitteln, Personal und Zeit ist der selbstfahrende Güterwagen, der allein oder als Wagengruppe ohne Lok den letzten Abschnitt der Fahrt zur Entladestelle – z.B. gespeist aus einer während der Fahrt geladenen Batterie – zurücklegen kann. Neben den Fahrzeugen sind dafür adaptierte Betriebsvorschriften zur Einhaltung der Sicherheit erforderlich, ohne die Wirtschaftlichkeit zu gefährden.
- **Linienzüge**: State of the art der Produktionstechnik ist im SGV die Zweiteilung in langlaufende Punkt-zu-Punkt-Verkehre und die weitere Verteilung der Güter, seien es Stichfahrten nach rangiertechnischer Umbildung der Züge oder der Transport mit dem Lkw ab dem KLV-Großterminal. Künftig könnten Linienzüge zur Verbesserung der regionalen Erschließung verkehren, die beispielsweise ohne Zugumbildung regionale Kleinterminals für den Kombinierten Verkehr durchfahren, an denen Behälter bei kurzer Haltezeit abgeladen und aufgenommen werden können.
- **Seitliche Umschlagsysteme**: Der Umschlag von/zur Schiene ist aufgrund der vielfach notwendigen Vertikalbewegungen sehr aufwendig. Im Lkw-Sektor hat sich der Sattelzug aufgrund seiner leichten Trennbarkeit von Zugmaschine und Abstellbarkeit/Tauschbarkeit des Anhängers durchgesetzt. Für die Schiene bedeutet dies, dass Konzepte zum Horizontalumschlag ohne fremde Hilfe angegangen werden müssen. Hierzu gehören Abrollcontainer (ATCS), das LOHR-System für ausdrehbare Container/Auflieger-Brücken mit Unterfahren von Lkw oder auch Tragwagen mit Horizontalumschlag.
- **Rampenumschlag**: Lkw können aufgrund hoher Standardisierung über Logistikhallen vollautomatisch entladen werden. Für den Güterwagen mit seitlicher Entladung über Rampen fehlen derartige Technologien bisher, obwohl der Güterwagen bauartbedingt an sich bessere Voraussetzungen mitbringt, da große Ladeöffnungen möglich sind.
- Auch im **Kombinierten Verkehr** sind noch Reserven vorhanden. Der Verladeprozess von/zur Schiene ist nach wie vor zu zeitaufwendig. Immer wieder werden von Entwicklern und Firmen „Revolutionen“ gepriesen, um die Verladezeit auf unter 30 Minuten zu drücken. Flä-

chendeckend durchgesetzt hat sich bis heute kein System. Dabei ist das ein wesentliches Kriterium für den weiteren Erfolg des KLV, weil massive Zeitverluste dieses System unattraktiv machen, vor allem wenn der Weg vom Versender zum KLV-Terminal bereits weit oder mit Umwegen versehen ist. Letzteres könnte auch mit mehr und dezentraleren KLV-Terminals beseitigt werden. Voll- oder halbautomatische Verladeprozesse, bei denen die Güterwagen zudem ohne Rangierlok zur Umschlageinrichtung geführt werden, sind weitere Ansätze, die Attraktivität des KLV zu stärken.

- Andere **Produktionssysteme im Seehafenhinterlandverkehr**: In den Nordseehäfen gilt es v.a. darum, die Züge möglichst schnell aus dem Hafen zu bekommen, d.h. Züge müssen zügig abgefertigt werden. Ein betrieblicher Ansatz, der von verschiedenen Experten seit Jahren vorgeschlagen wird, ist das "unsortierte" Abfahren der Züge aus den Hafenterminals zu Rangierbahnhöfen im Hinterland, in denen die Feinverteilung vorgenommen wird. Damit erhöht sich die Kapazität der Hafenterminals, indem sie von Verteilungsaufgaben entlastet werden. Auch in der Gegenrichtung bietet dies Vorteile, da eine einfache Bündelung von Sendungen für verschiedene Hafenterminals/Schiffsabfahrten in einem Zugverband bis zum „Verteilbahnhof“ möglich wird.
- Eine übergeordnete Herausforderung ist das **Lärmthema**. Angesichts der hohen Sensibilisierung in Teilen der Bevölkerung und Politik sind technologische Sprünge zur Verringerung des Schienenlärms zwingende Begleitmaßnahme jedes Wachstumskonzepts für den SGV. Dabei kann die Umrüstung der Graugussbremsen auf LL- und K-Sohlen noch nicht das Ende der Entwicklung sein (perspektivisch Scheibenbremsen). Vielmehr bedarf es einer kontinuierlichen Weiterentwicklung anderer lärmverursachender Komponenten und Konstruktionsmerkmale (sowohl infrastruktur- als auch fahrzeugseitig).

Fazit: Der heute archaisch aufgebaute Güterwagen muss künftig zu einem High-Tech-Produkt werden, allerdings zu vertretbaren Kosten. Dies wird auch möglich sein, wenn sich die Investitionen in einem Wachstumsszenario durch die multiple Einsetzbarkeit der Güterwagen, den geringen Leeranteil und die deutlich verbesserten Umlaufzeiten in wesentlich kürzeren Zeitabständen refinanzieren. Dagegen sind Innovationen der Betriebsführung oder auch der Umschlagtechnologie selbst gesamtgesellschaftliche Aufgaben, da die Infrastruktur selbst noch keine Gewinnfähigkeit aufweist und die Umschlagstechniken und Schnittstellen zu sehr in den letzten Jahrzehnten auf den Lkw fixiert waren. Hierdurch wurde der Schienengüterverkehr in eine Nische für ausgewählte Distanzen und Güterarten/Versandformen gedrängt, aus der er sich herausbewegen muss.

3.1.2 Maßnahmenbündel „Auslastungssteigerung“

In der UBA-Studie 2010 stellten wir darauf ab, den Zielwert von 213 Mrd. tkm auf der Zeitschiene 2025/2030 neben einer Optimierung des Bestandsnetzes (Erschließungswirkung: 35 Mrd. tkm) über den kapazitätsgerechten Aus- und Neubau von sechs Korridoren einschließlich ihrer Bypässe zu erreichen (+ 48 Mrd. tkm). Im Rahmen der Analyse zur Ausschöpfung der Reserven im bestehenden Netz gaben wir an, die Wirkungspotenziale der Maßnahmen zur Auslastungssteigerung nicht hinreichend eingrenzen zu können. Dies war insofern unschädlich, als die Ergebnisbeiträge anderer Stellschrauben in der Summe genügten.

Die Szenarien dieses Kurzgutachtens erfordern deutlich „radikalere“ Maßnahmen. In keinem Fall reicht es aus, ausschließlich auf die tendenziell kostspielige Erweiterung der Infrastrukturkapazitäten zu setzen. Dies lässt sich anhand einer einfachen Überschlagsrechnung belegen. So liegt die Spitzenbelastung durch den SGV im Rheintal oder zwischen Hannover und Würzburg heute bei 260 Trassen am Tag (beide Richtungen). Freie Kapazitäten sind dort weitgehend aufgebraucht. Die angenommene Verdopplung der benötigten Trassen im UBA-Szenario steigert den Trassenbedarf auf 520 SGV-Trassen – fügt sich aber in der Gesamtschau „nur“ in ein Szenario mit einer Verkehrsleistung von 213 Mrd. tkm ein. Ohne Steigerung des mittleren Zuggewichts von gegenwärtig rund 500t je Zug hätten die Szenarien B und C mit 400 bzw. 500 Mrd. tkm zur Folge, mehr als 1.000 Güterzüge am Tag auf einer Strecke abzuwickeln. Dies ist betrieblich wie infrastrukturell nur schwer leistbar.

Aus diesem Grund wählen wir ein zweistufiges Annahmenset:

- Bis zur Gesamtmenge von 213 Mrd. tkm gelten die Prämissen und Maßnahmen unserer UBA-Studie 2010. Die ungefähre Verdopplung der heutigen Verkehrsleistung geht annahmegemäß mit einer Verdopplung der Zugzahlen einher. Diese zusätzliche Menge wird im Wesentlichen dank externer Faktoren der Eisenbahn zugeführt, d.h. nicht durch eigene Anstrengungen zur Verlagerung erzielt.
- Ab der Schwelle von 213 Mrd. tkm aufwärts bis zu den Zielwerten der drei Szenarien (300/400/500 Mrd. tkm) unterstellen wir, dass die Schiene die Mehrleistung vollständig von der Straße abwerben muss, und zwar maßgeblich mit Hilfe einer deutlichen Steigerung der Zugauslastung (Messkriterium: Zuggewicht in t).

Unsere Potenzialrechnung zur notwendigen Erhöhung der Auslastung rückt den Lkw als Benchmark in den Mittelpunkt und fußt auf folgenden Annahmen: Die durchschnittliche Auslastung eines beladenen Lkw beträgt im Fernverkehr 16t. Die nutzbare Ladelänge eines Sattelzugs liegt bei 13,6m. Gesetzt den Fall, dass ein Güterzug in 15 bis 20 Jahren in der Lage sei, die infrastrukturell vorgegeben Maximallänge von 750m regelmäßig voll auszuschöpfen, ist die nutzbare Ladelänge rechnerisch bei 660m anzusiedeln (real etwas weni-

ger wegen des Leerabstandes zwischen den Wagen). Umgerechnet in die Maße des o.g. Muster-Lkw ist der 660m lange Güterzug äquivalent zu 48,5 Lkw. Die zugehörige Nettoladung, die verlagert wird, beläuft sich demnach auf ca. 775t (durchschnittliche Auslastung Lkw * Lkw-Äquivalente).

Nach Abzug eines unterstellten Leeranteils von nur 10% aufgrund der hohen Standardisierung und Systemintegration im Schienenverkehr wird ein durchschnittliches Zuggewicht von 700t Nettoladung zugrunde gelegt. Dieser Sollwert rangiert 40% über dem heutigen Durchschnitt von 500t je Zug.

Welche Hebelwirkung eine 40% bessere Auslastung haben kann, verdeutlichen die Vergleichswerte in Tabelle 2.

Tabelle 2: Ableitung der Infrastrukturkapazität in Abhängigkeit der Zielszenarien und Auslastungssteigerung

	Kategorie	Szenario A	Szenario B	Szenario C
1	Ziel Verkehrsleistung (in Mrd. tkm)	300	400	500
2	...entspricht bei Auslastung von 500t je Zug einer Trkm-Menge von (in Mio. Trkm)	600	800	1.000
3	Trkm-Äquivalent der UBA-Studie 2010 mit Zielwert 213 Mrd. tkm (n Mio. Trkm)	426	426	426
4	Differenz UBA-Studie versus Szenario-Ziel (in Mio. Trkm)	174	374	574
5	Ziel entspricht bei Auslastung von 700t je Zug einer Trkm-Menge von (in Mio. Trkm)	429	571	714
6	Differenz UBA-Studie versus Szenario-Ziel (in Mio. Trkm)	3	145	288
7	zu verlagernde Verkehrsleistung nach UBA-Ziel von 213 Mrd. tkm (in Mrd. tkm)	87	187	287
8	Restziel entspricht bei Auslastung von 700t je Zug einer Trkm-Menge von (in Mio. Trkm)	124	267	410
9	Notwendige Kapazität einschl. 426 Mio. Trkm UBA (in Mio. Trkm)	550	693	836

Quelle: Eigene Darstellung und Berechnungen

Ausgangspunkt sind die Verkehrsleistungsmengen-Ziele der drei Szenarien (Zeile 1), die unter Beibehaltung des bisherigen mittleren Zuggewichts von rund 500t in die Sollkapazität des Netzes 2050 übersetzt werden (Zeile 2). Demnach müssten die deutschen Schienenwege in Szenario A 600 Mio. Trkm und in Szenario C 1.000 Mio. Trkm bereitstellen – wohlgemerkt ausschließlich für das Segment des Schienengüterverkehrs. Im Vergleich zu heute müsste in Szenario C die Leistungsfähigkeit um den Faktor 3,5 steigen.

In Zeile 3 ist das Äquivalent in Mio. Trassenkilometern aufgeführt, das im UBA-Szenario 2025/2030 bei 213 Mrd. tkm und heutigem Zuggewicht bereitgestellt und nachgefragt werden müsste. Die Differenz zum Sollwert der drei SRU-Szenarien drückt die Menge an Trassenkilometern aus, die jeweils zusätzlich erschlossen werden müsste (Zeile 4, Wertespanne reicht von 174 bis 574 Mio. Trkm).

In den Zeilen 5 und 6 wird zum Vergleich gegenübergestellt, in welchem Umfang die benötigte Netzkapazität zurückgeht, wenn die Zielmengen der drei Szenarien von Beginn an mit Hilfe der optimierten Auslastung von 700t Gewicht umgesetzt werden könnten. Zu erkennen ist, dass im Szenario A eine Punktlandung einträte, also das Ziel von 300 Mrd. tkm bereits mit der Kapazität des UBA-Szenarios gedeckt wäre.

In den Zeilen 7 und 8 wird die vorausgeschickte zweistufige Annahmehilfenbildung umgesetzt. Ausgehend von den „gesetzten“ 213 Mrd. tkm des UBA-Szenarios, die auslastungsseitig mit einem Zuggewicht von 500t erbracht werden, wird der fehlende Differenzbetrag zu den Szenario-Zielwerten auf die höhere Auslastung von 700t umgelegt. In der Folge sinken die benötigten zusätzlichen Trassenkilometermengen von 174 bis 574 Mio. Trkm auf 124 bis 410 Mio. Trkm. Zusammen mit der Kapazität im UBA-Szenario wird die insgesamt erforderliche Trassenmenge sichtbar (550 Mio. Trkm im Szenario A, 836 Mio. Trkm in C). Diese ist deutlich geringer als in Zeile 2, wenngleich sie immer noch eine extreme Herausforderung darstellt.

3.2 Von der Straße zur Schiene: Verlagerungsszenario 2050 im KCW-Modell und infrastruktureller Anpassungsbedarf

Im vorigen Abschnitt leiteten wir her, dass – unter der Annahme einer 40%igen Auslastungsverbesserung – die auf dem UBA-Szenario aufsetzenden Restziele der Verlagerung (87/187/287 Mrd. tkm für Szenarien A/B/C) einer Trassenkilometermenge von 124 Mio. bis 410 Mio. Trkm entsprechen (siehe Tabelle 2, Zeile 8). Gemessen an dem unterstellten Nachfrageniveau des SGV bei 213 Mrd. tkm von 426 Mio. Trkm erwächst hieraus die Anforderung, die Aufnahmefähigkeit des Netzes im Szenario C noch einmal nahezu zu verdoppeln.

Um den Anpassungsbedarf für die Schieneninfrastruktur approximieren zu können, ist im nächsten Schritt abzuschätzen, wie sich die unterstellten aggregierten Verlagerungsziele von der Straße auf die Schiene konkret im Raum, also streckenbezogen niederschlagen. Zu diesem Zweck haben wir für die Hauptstrecken im Straßengüterverkehr eine Extrapolation vorgenommen, die sich auf die Kraftverkehrsstatistik des Kraftfahrt-Bundesamtes stützt und die folgenden vereinfachenden Annahmen trifft:

- Die notwendige Verlagerungsquote, die der Quotient aus dem Restziel des Szenarios x und der bundesweit verlagerbaren Gesamtmenge von 340 Mrd. tkm wiedergibt (Beispiel Szenario B: 187/340 Mrd. tkm = 55%; siehe Tabelle 1), wird gleichmäßig im Raum verteilt. Hierzu ziehen wir die verfügbaren Daten der im Fünfjahresrhythmus von der BAST durchgeführten Straßenverkehrszählung auf allen Autobahnen aus 2005 heran.⁹ Bemessungsgrundlage für das streckenspezifische Verlagerungspotenzial ist der Korridorabschnitt einer BAB mit dem schwächsten Querschnittswert, weil mit einiger Wahrscheinlichkeit davon auszugehen ist, dass es sich um Güterfernverkehr handelt.
- Auf der Grundlage des Güterzugäquivalents von 48,5 Lkw je Zugtrasse (die angegebenen DTV-Werte umfassen auch leere Lkw) übersetzen wir das straßenseitige Verlagerungsdifferential für die wichtigsten Hauptstrecken in den Mehrbedarf an Zugtrassen.
- Hierbei wird berücksichtigt, dass bei einer zunehmenden Verlagerung auf den Schienengüterverkehr zukünftig ein zusätzlicher Güterstruktureffekt wirkt, der zu spezifisch leichteren, z.T. aber voluminöseren Gütern – auch im Lkw-Verkehr – führt, so dass die bisher angewandte Korrelation von Transportmenge und Gewicht tendenziell in Richtung „Mehrvolumen“ verschoben wird. Zu diesem Zweck bauen wir im Szenario C einen Abschlag am Güterzugäquivalent von 20% und im Szenario B einen Abschlag von 10% ein, d.h. das Güterzugäquivalent verringert sich auf 44 bzw. 40 Lkw je Zug anstelle von 48,5 Lkw je Zug in der Basiskalkulation.

Dadurch ergeben sich für die einzelnen Hauptstrecken Trassenbedarfe, die mit den in der UBA-Studie 2010 ermittelten Soll-Kapazitäten abgeglichen werden. Liegt der Zielbedarf unterhalb der UBA-Werte, entsteht kein Bedarf an Infrastrukturerweiterungen. Bei darüber liegenden Zieltrassen wurden entsprechend Aus- oder sogar Neubaumaßnahmen bestimmt.

⁹ Kurz vor Abgabeschluss kamen die neuen Daten 2010 auf den Markt, die wir aus Zeitgründen nicht mehr einarbeiten konnten.

Ergebnis der Überschlagsrechnung

Neben den verdoppelten Zugzahlen des SGV, die bereits im UBA-Szenario entstehen und allen drei Szenarien gemein sind, erwächst im Maximalszenario C nochmals ein Bedarf in etwa der gleichen Größenordnung (+ 110%). Dies bedeutet: Der Zuwachs von etwa 100 Mrd. tkm im Schienengüterverkehr bis 2025/2030 im Vergleich zu heute, der primär auf die gegenwärtige Stärke des SGV auf den Hochleistungskorridoren setzt, löst einen ähnlichen Trassenmehrbedarf aus wie die Verlagerung von weiteren 287 Mrd. tkm im Szenario C, sofern dort der SGV seine Auslastung erheblich zu steigern vermag. In der Folge wird der Schienengüterverkehr eine deutlich höhere Flächen- und Netzwirkung erzielen müssen als bisher.

Übesetzt in die kleinteiligere Streckenbetrachtung hat der Anspruch zur Folge, dass zunächst auch Fernrelationen mit erheblichem Zuwachs belegt werden, die in der bisherigen Schienengüterstrategie nur eine nachgeordnete Rolle spielen. Zu nennen sind nach überschlägiger Betrachtung

- Rhein-Neckar/Stuttgart – Nürnberg,
- Stuttgart – München,
- Nürnberg – Tschechien,
- Berlin – Polen und
- Dresden – Hof (Nürnberg / Regensburg).

Allerdings wäre die Hoffnung verfehlt, die Mehrbelastung der Hochleistungskorridore bei den Kapazitätswerten des UBA-Szenarios stagnieren zu sehen. Auch sie werden noch stärker belastet:

- Hamburg – Würzburg – München / Passau,
- Mittelrheinkorridor,
- Rhein/Main – Nürnberg und
- Rhein/Ruhr – Mitteldeutschland / Berlin.

In der Summe ist festzustellen, dass die Verlagerungsszenarien zu einer deutlich besseren flächenhaften Auslastung der Schiene führen und damit deren Netzsystemstärke besser genutzt wird als im Vergleich zu Fortschreibungsmodellen, die den Schienengüterverkehr auf wenige Korridore bündeln und dort zu Überbelastungen führen. Auch die Belastungen für die Anrainer werden in einem Verlagerungsszenario gleichmäßiger verteilt, wenngleich schiene-seitig auf insgesamt höherem Niveau.

Von erheblicher Bedeutung wird für die räumliche Verteilung und damit die unmittelbare Belastung der Schienenwege auch das mögliche Aufkommen innerhalb von Ballungsräumen sein. Schon heute werden z.B. Werksverkehre im Bereich der Chemie- und Stahlproduktion über kurze Strecken per Schiene abgewickelt. In künftigen Modellen sind hier mit neuen Logistikkonzepten vor allem Baustoffe, Steine, Erden, aber auch landwirtschaftliche Produkte, Holz,

Futtermittel, Düngemittel und bei entsprechender Bündelung Maschinen, Fahrzeuge und vor allem Halbwaren (Produktionsverbund) denkbar und für ambitionierte Szenarien wahrscheinlich zwingend. Allerdings dürfte für einige Gütergruppen eine optimierte Zugauslastung von 700t im Mittel utopisch bleiben.

Das potenzielle Transportvolumen wird überlagert durch die in allen Szenarien deutlich ansteigenden Bedienungsfahrten für Terminals und Anschlüsse. Hieraus können sich erhebliche Belastungen für die Infrastruktur durch weitere kleinräumige Zugfahrten ergeben. Es ist im Rahmen dieser Kurzstudie nicht möglich – abgesehen von der technologischen Komponente dieser Aufgabe –, den hieraus notwendigen Infrastrukturbedarf für zusätzliche Streckenkapazitäten seriös abzuschätzen. Methodisch wäre z.B. zunächst zu prüfen, in welchem Maße die Verkehre des Vor- und Nachlaufs in den Belastungszahlen der Hauptstrecken implizit enthalten sind.

Insgesamt ermitteln wir folgendes Mengengerüst für den Bedarf an Elektrifizierung, Aus- und Neubau:

Tabelle 3: Mengengerüste der Infrastrukturanpassung je nach Szenario

„Gewerke“ [Streckenkm]	Szenario A	Szenario B	Summe A + B	Szenario C	Summe A + B ü C
Elektrifizierung	218	619	837	730	1.567
Ausbauvorhaben	643	401	1.044	1.235	2.279
Neubauvorhaben	0	0	0	223	223

Quelle: eigene Darstellung und Berechnungen

3.3 Zwischenfazit: Maßnahmen-Kombinationen der Szenarien A bis C

Nach der Diskussion der angebotsseitigen Voraussetzungen und Implikationen der Nachfragemengen der drei Szenarien beurteilen wir ihren Realitätsgehalt wie folgt:

- Szenario A:
 - Gelingt eine Optimierung der Auslastung, und werden infrastrukturelle Flaschenhälse beseitigt, ist die Umsetzung des Szenarios von der Abwicklung der reinen Mengen her realistisch
 - Um das Verlagerungsziel bis 2050 von zusätzlichen 87 Mrd. tkm (zu den 213 Mrd. tkm aus dem UBA-Ziel 2025/2030) zu erreichen, muss die Schiene vor allem angebotsseitig deutlich leistungsfähiger werden.
 - Technologische Sprünge (z.B. neue Güterwagen) sind nicht zwingend, könnten aber die Entwicklung beschleunigen.

- Szenario B
 - Die Optimierung der Auslastung muss gleichbleibend vorangetrieben werden, wenngleich sie aufgrund der Mehrverkehre mit höheren Volumenmaßen tendenziell sinkt (Annahme: 10% je Zug)
 - Der Infrastrukturbedarf steigt entsprechend, weil die Lücke zwischen Trassenoptimierung durch Auslastung und vorhandener Kapazität erheblich größer ist als in Szenario A
 - Insbesondere wird es darauf ankommen, die Verladung der Güter zu optimieren, um einen schnellen Abfluss zu sichern
 - Vorteil Straße – Lkw ist, dass beide parallel abfahren können
 - Bei Verlagerung muss Schiene zusätzlichen Umschlag schaffen
 - Auch in der Fläche muss die Schiene sich besser positionieren, insbesondere durch ein leistungsfähiges Einzelwagenverkehrssystem, da in der Fläche die Mengen je Verloader geringer sind
 - Technologische Sprünge sind in gewissem Umfang notwendig
- Szenario C
 - Die in A und B beschriebenen Maßnahmen sind in Szenario C um ein Vielfaches stärker zu forcieren
 - Der Erweiterungsbedarf für die Schieneninfrastruktur steigt überproportional
 - Insbesondere wird die Schiene sich auch um weniger schienenaffine Potenziale kümmern müssen (z.B. in Städten)
 - Dies kann dann gelingen, wenn etwa der Einzelwagenverkehr aus der Fläche mit städtischen Relationen verbunden werden kann
 - Erhebliche technologische Sprünge sind zwingend

4 Prüfschritt III: Wieviel kosten die Maßnahmen-Sets der Szenarien A bis C (Grobschätzung)?

Um die ambitionierten Zielwerte der drei Szenarien, insbesondere von B und C erfüllen zu können, ist es für die Schienengüterverkehrsbranche unerlässlich, nicht nur die dynamische Leistungsfähigkeit der Schienenwege und Zugangsstellen deutlich zu steigern, sondern auch die Produktionsprozesse und das rollende Material fortzuentwickeln. Insofern sind zwei große Kostenblöcke bei der ökonomischen Folgenabschätzung zu berücksichtigen, die sich ihrerseits aus mehreren Unterkategorien zusammensetzen, wie die nachstehende Auflistung illustriert:

- Kostenblock I: Infrastruktur
 - Analog zu unserer UBA-Studie 2010 gilt die Maßgabe, die Leistungsfähigkeit des Bestandsnetzes – d.h. den Trassendurchsatz - signifikant anzuheben. Lag der UBA-Studie die Annahme zugrunde, die Mindestzugfolgezeit auf den großen Magistralen/Korridoren auf 5 min, zum Teil gar auf 4 min zu senken, erscheint Szenario C nur vorstellbar, wenn auf den am stärksten frequentierten Strecken – zumindest in den Spitzenstunden – eine S-Bahn-ähnliche Zugfolge von 2 bis 3 min erreicht wird. Hieraus leitet sich die Notwendigkeit ab, Programme zur höheren Blockteilung oder engmaschigeren (Gleisabschnitts-)Signalisierung noch konsequenter zu fahren, und zwar zum Teil auch abseits der Hochleistungskorridore (wenngleich dort mit gemäßigeren Zugfolgezeiten).
 - Ebenfalls dem Bestandsnetz zuzurechnen ist die Ertüchtigung der acht bis zehn wichtigsten deutschen Bahnknoten, an vorderster Stelle die Hamburger Flaschenhalse wie z.B. das Harburger Kreuz.
 - Den kostenseitig größten Part nimmt der Aus- und Neubau der zusätzlich benötigten Streckeninfrastruktur ein, deren Bedarf wir im vorangegangenen Abschnitt überschlägig ermittelten. Im Unterschied zur UBA-Studie beschränkt sich die Schätzung nicht nur auf die sechs Hochleistungskorridore, sondern strahlt teilweise auch auf mittelbelastete Teile des Fern- und Ballungsnetzes und in Einzelfällen auf regionale Netzteile ab.
 - Nicht zu unterschätzen ist das Erfordernis, die Zugangs- und Schnittstellen wie Terminals, Verladeeinrichtungen, Gleisanschlüssen etc mit aufzurüsten. Wahrscheinlich werden von ihnen deutlich mehr als heute benötigt, damit der Erschließungsgrad des Raumes zunimmt.
 - Für die gesellschaftliche Akzeptanz der drei Szenarien mit drei bis fünffacher Mengenausweitung relativ zum Status quo ist es zudem unverzichtbar, Maßnahme zur Lärminderung zu ergreifen.

- Kostenblock II: Fahrzeuge/Güterwagen

Im Rahmen des regulären, lebenszyklusgetriebenen Güterwagenaustauschs sind innovative Technologien prinzipiell zu kaufmännisch vertretbaren Konditionen in den Markt zu bringen. Entscheidend ist allerdings, einen technologischen Entwicklungspfad einzuschlagen, der einerseits genügend Innovation in den Markt trägt, andererseits aber an den Übergängen möglichst lange mit den bestehenden Systemen kompatibel ist. Angesichts des hohen Margendrucks im SGV und der langen Implementierungszeiträume halten wir es für erforderlich, einen Teil der Anwendungsforschung (z.B. an den Güterwagen), aber auch größere technologische Umstellungen im Sinne einer Anschubfinanzierung zu fördern. Dabei ist zu erwarten, dass mit Voranschreiten der technologischen Entwicklung ein Großteil der Mehrkosten durch den optimierten Wageneinsatz refinanziert werden kann.

In einer überschlägigen Deltabetrachtung für zusätzliche Investitionen in die Erweiterung der Fahrzeugflotte (Loks, Güterwagen) zur Bewältigung des Mehrverkehrs gelangen wir zu dem Ergebnis, dass im Szenario A keine nennenswerten Mehrkosten im Vergleich zur Alternative – der Ausweitung der Lkw-Flotte – entstehen würden. In den Szenarien B und C ergäben sich aufgrund der Bündelungsvorteile sogar erhebliche Einsparpotenziale bei den Betriebsmitteln, die allerdings in der Tendenz wieder aufgezehrt werden, weil im Gegenzug die Terminalinfrastruktur in der Fläche erheblich ausgeweitet werden müsste.

Die Quantifizierung der Folgekosten der drei Szenarien kann im Rahmen dieses Kurzgutachtens

- nur zu dem Kostenblock I und
- innerhalb dieses Bereichs lediglich für die größten Einzelposten geleistet werden.
- Die Schätzungen können zudem nur einen groben Rahmen abstecken, der im Nachgang eingehender untersucht werden müsste.

Der Schwerpunkt unserer Kostenberechnung liegt auf dem Aus- und Neubaubedarf von Strecken. In Abschnitt 3.2 ergab unsere räumliche Verlagerungsanalyse von der Straße zur Schiene die in Tabelle 3 dargestellten Mengengerüste in Abhängigkeit von den Szenarien:

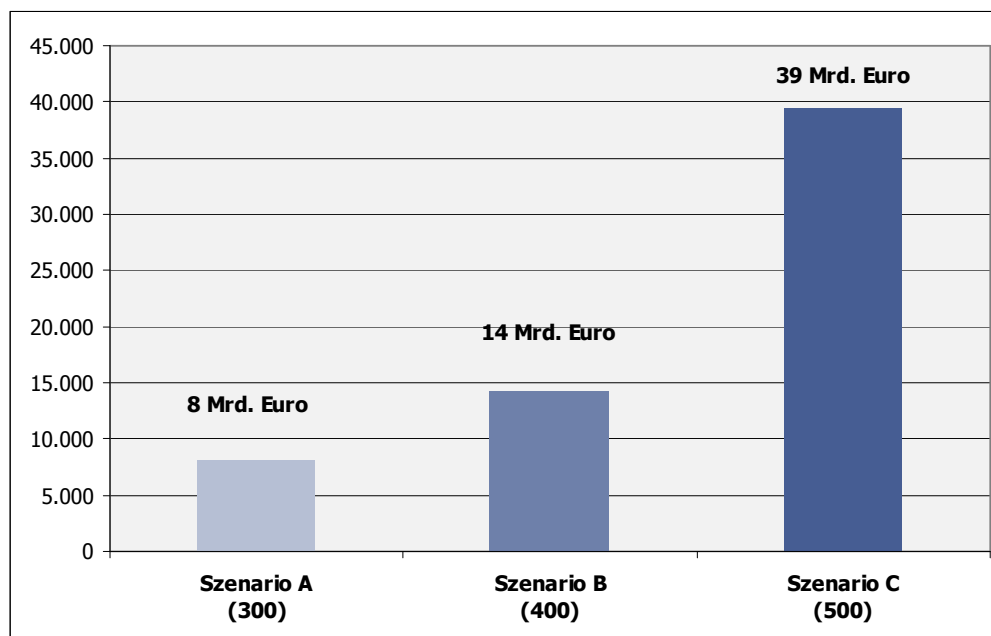
Hinsichtlich der Wertansätze greifen wir soweit möglich auf die Kostensätze der UBA-Studie 2010 zurück. Dort wurden 2 Mio. Euro Investitionskosten je km Elektrifizierung und 12 Mio. Euro je Streckenkilometer für Ausbauvorhaben angesetzt. Letzterer Wert basiert auf einer Mischkalkulation, der bei mehrgleisigem Ausbau tendenziell zu gering ist (Extrembeispiel: Rheintalbahn), jedoch umgekehrt bei einem geplanten Gleis über den spezifischen Kosten liegt (Beispiel: 2. Gleis, Elektrifizierung und Nebau aller Bahnübergänge und Bahnsteige auf der Strecke Knappenrode – Horka sollen 450 Mio. Euro

kosten, bei 52 km Länge liegen die Durchschnittskosten je km bei 8,65 Mio. Euro – für mehrere Gewerke zusammen).

Szenario C zeichnet sich durch die Besonderheit aus, den Bau völlig neuer Güterverkehrsstrecken entlang der Hauptkorridore zu erzwingen, vor allem auf den Relationen Hamburg – Hannover und Rhein/Main – Rhein/Neckar. Sie sind so umfassend, dass wir hierfür 40 Mio. Euro je Streckenkilometer ansetzen.

Im Ergebnis summieren sich die notwendigen kumulativen Investitionskosten – Preisstand 2011 – auf 8,1 Mrd. Euro für Szenario A (300 Mrd. tkm), 14,2 Mrd. Euro für Szenario B (400 Mrd. tkm) und auf 39,4 Mrd. Euro für Szenario C (500 Mrd. tkm).

Abbildung 3: Grobabschätzung der Investitionskosten (nur große Maßnahmen) für die Szenarien



Quelle: eigene Darstellung und Berechnungen

Die nachstehende Tabelle 4 veranschaulicht die Zusatzkosten jedes Szenarios, unterfächert in die Kategorien Elektrifizierung sowie Aus- und Neubau, wenn das jeweils vorangehende Szenario vollständig umgesetzt worden ist.

Tabelle 4: Grobabschätzung der Kosten für Infrastrukturmaßnahmen in Abhängigkeit der drei Szenarien (in Mio. Euro)

Kosten [Mio. Euro]	Szenario A	Szenario B	Szenario C	Summe
Elektrifizierung	436	1.238	1.460	3.134
Ausbauvorhaben	7.716	4.812	14.820	27.348
Neubauvorhaben	0	0	8.920	8.920
Summe	8.152	6.050	25.200	39.402

Quelle: eigene Darstellung und Berechnungen

Auffällig ist der Kostensprung, der durch Szenario C ausgelöst wird. Er liegt darin begründet, dass nicht nur der Ausbaubedarf im Vergleich zu B überproportional ansteigt, sondern neue teure Güterverkehrsstrecken errichtet werden müssen.

Zu beachten ist ferner, dass alle drei Szenarien auf der Annahme basieren, dass die im UBA-Szenario unterstellte Verkehrsleistung von 213 Mrd. tkm vollständig eingetreten ist. Der 2010 berechnete Investitionsaufwand zur Erreichung dieses Zielwertes in Höhe von rund 11 Mrd. Euro ist somit aus heutiger Sicht zu den Investitionskosten zu addieren, so dass die gesamte Wegstrecke bis Szenario C rund 50 Mrd. Euro für die Kapazitätserweiterung der Strecken kosten würde.

In welcher Höhe weitere Kosten zur Ertüchtigung des Bestandsnetzes einzuplanen sind, vermögen wir mit dem heutigen Wissensstand nicht abzuschätzen. In der UBA-Studie 2010 hatten wir diese Kosten mit dem Argument ausgeblendet, dass die Erneuerung der vorhandenen Schieneninfrastruktur in den Aufgabenbereich der DB AG fällt, für den sie Bundesmittel in Höhe von 2,5 Mrd. Euro p.a. nach den Vorgaben der Leistungs- und Finanzierungsvereinbarung mit ihrem Eigentümer erhält. Jede intelligente Erneuerungsstrategie schließt den Auftrag an den Netzbetreiber ein, leistungssteigernde Komponenten im Zuge des ohnehin gebotenen „Anfassens eines Streckenabschnitts“ mit einzubauen und Synergien zu nutzen. Gleichwohl ist nicht zu verkennen, dass die drei Szenarien im Range einer gesellschaftspolitisch bedeutsamen Aufgabe den normalen Rahmen der Bestandsnetzfinanzierung eindeutig sprengen würden. Wie hoch das Delta zwischen den „Sowiesokosten“ der turnusgemäßen Erneuerung und einer nahezu flächendeckenden Aufrüstung des Bestandsnetzes ausfiele, bedürfte einer ausführlichen Analyse.

Einen gegenläufigen Effekt zu den vorläufig nicht zu beziffernden Kosten für den Upgrade des Bestandsnetzes bildet die Tatsache ab, dass ein 50-Milliarden-Programm für den Schienengüterverkehr mit hohem Kollateralnutzen für den Personenverkehr auf der Schiene einherginge. Insbesondere der im ähnlichen Geschwindigkeitsband fahrende Schienenpersonennahverkehr würde von der Kapazitätserweiterung erheblich profitieren. Aus diesem Grund

erscheint die Vernachlässigung der Bestandsnetz-Zusatzkosten zunächst vertretbar.

5 Schlussbewertung

Eine Investitionssumme von 50 Mrd. Euro für den bedarfsgerechten Ausbau der Schienenwege im Szenario C wirkt auf den ersten Blick sehr hoch, zumal weitere Kosten für die Bestandsnetzertüchtigung samt Knotenausbau und Anpassungen des Fahrzeugparks hinzukommen könnten. In einem vierzigjährigen Umsetzungszeitraum relativiert sich jedoch der kumulierte Wert, insbesondere wenn die Umstellung als gesellschaftspolitische Aufgabe begriffen würde. Zum Vergleich sei angeführt, dass die 8 bis 10 größten Prestigeprojekte (einschließlich der geplanten) zugunsten des Hochgeschwindigkeitsverkehrs eine in etwa ähnliche Summe verschlingen – ohne einen Kapazitätseffekt für den Güterverkehr zu haben und ohne die Betriebsleistung des Schienenpersonenfernverkehrs nennenswert zu steigern.

Auch die Zahl der Trassenkilometer des SGV bliebe im Maximalszenario immerhin unter der heutigen Gesamtnachfrage auf dem Schienennetz und läge nicht allzu weit weg von der gesamten Trassennachfrage im Schienenpersonennahverkehr. Auf lange Sicht müssen demnach die Szenarien keine Illusion bleiben.

6 Anhang

6.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Modal Split des Güterverkehrsmarktes in Deutschland (2011).	7
Abbildung 2:	Übersicht der vorliegenden Verkehrsprognosen für den Güterverkehr in Deutschland (in Mrd. tkm).....	10
Abbildung 3:	Grobabschätzung der Investitionskosten (nur große Maßnahmen) für die Szenarien.....	34

6.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Erforderliche Verlagerungsziele für die Schiene 2050.....	16
Tabelle 2:	Ableitung der Infrastrukturkapazität in Abhängigkeit der Zielszenarien und Auslastungssteigerung.....	26
Tabelle 3:	Mengengerüste der Infrastrukturanpassung je nach Szenario.....	30
Tabelle 4:	Grobabschätzung der Kosten für Infrastrukturmaßnahmen in Abhängigkeit der drei Szenarien (in Mio. Euro)	35

**Sachverständigenrat für Umweltfragen
Luisenstraße 46, 10117 Berlin
Telefon 030/26 36 96-0; Fax: 030/26 36 96-109
Internet: www.umweltrat.de
E-Mail: info@umweltrat.de**