

Studie

# **Verkehrsverlagerungspotenzial auf den Schienen- güterverkehr in Deutschland**

Endbericht

Im Rahmen der

**Wissenschaftlichen Begleitung, Unterstützung und Beratung des  
BMVI in den Bereichen Verkehr und Mobilität mit besonderem  
Fokus auf Kraftstoffen und Antriebstechnologien sowie Energie  
und Klima**

im Auftrag des

Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)

AZ Z14/SeV/288.3/1179/UI40, Ausschreibung vom 19.12.2011

Hauptauftragnehmer:

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Institut für Verkehrsforschung

Rutherfordstraße 2, 12489 Berlin

Tel.: 030 67055-644, Fax: -283

im Unterauftrag:

ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH

Wilckensstraße 3, 69120 Heidelberg

Tel.: 06221 4767-35

Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH (LBST)

Daimlerstraße 15, 85521 München/Ottobrunn

Tel.: 089 608110-36

Deutsches Biomasseforschungszentrum gGmbH (DBFZ)

Torgauer Straße 116, 04347 Leipzig

Tel.: 0341 2434-423

Erstellt von A. Lobig, G. Liedtke, A. Lischke, A. Wolfermann (DLR), W. Knörr (Ifeu)

**Berlin, Heidelberg 01. Dezember 2016**

# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	5
Tabellenverzeichnis.....	7
Abkürzungsverzeichnis.....	8
Kurzfassung der Studie .....	10
1 Hintergrund und Zielsetzung der Studie.....	18
1.1 Hintergrund der Studie.....	18
1.2 Ziel und Aufbau der Studie .....	19
1.3 Beschreibung des aktuellen Schienengüterverkehrs .....	20
2 Stand des Wissens zur Güterverkehrsverlagerung .....	23
2.1 Technische und organisatorische Maßnahmen zur Steigerung der Attraktivität des SGV und deren Hemmnisse.....	23
2.1.1 Infrastruktur.....	23
2.1.2 Knoten .....	26
2.1.3 Rollmaterial .....	29
2.2 Politische Maßnahmen zur Steigerung der Attraktivität des SGV.....	33
2.2.1 Infrastrukturpolitik und Verkehrswegeausbau.....	33
2.2.2 Innovationsförderung und -politik .....	34
2.2.3 Trassenbepreisung und -regulierung.....	35
2.2.4 Wettbewerbliche Rahmenbedingungen.....	36
2.2.5 Kofinanzierung und Zuschüsse .....	37
2.3 Internationale Perspektive: Österreich .....	38
2.4 Schlussfolgerungen .....	39
3 Entwicklung von Szenarien.....	41
3.1 Methodisches Vorgehen .....	41
3.2 Beschreibung der ausgewählten Maßnahmenpakete .....	43
3.3 Bildung von Szenarien.....	48
3.3.1 Szenario: Forcierte Infrastrukturpolitik .....	48
3.3.2 Szenario: Technologieupgrade.....	51
3.3.3 Szenario: Vom Kombinierten Verkehr zur Multimodalität.....	52

4	Wirkungsabschätzung der Szenarien .....	53
4.1	Methodik.....	53
4.1.1	Verkehrsmodell Friday .....	53
4.1.2	Parametrisierung der Szenarien.....	53
4.1.3	Emissionsmodell TREMOD.....	54
4.2	Prognose Endenergieverbrauch und CO <sub>2</sub> -Entwicklung bis 2030.....	56
4.3	Szenario „Forcierte Infrastrukturpolitik“ .....	58
4.3.1	Verlagerungspotenzial .....	58
4.3.2	Endenergieverbrauch und CO <sub>2</sub> -Emissionen .....	60
4.4	Szenario „Technologieupgrade“.....	62
4.4.1	Verlagerungspotenzial .....	62
4.4.2	Endenergieverbrauch und CO <sub>2</sub> -Emissionen .....	64
4.5	Szenario „Vom KV zur Multimodalität“ .....	66
4.5.1	Verlagerungspotenzial .....	66
4.5.2	Endenergieverbrauch und CO <sub>2</sub> -Emissionen .....	68
4.6	Ergebnisüberblick und Schlussfolgerungen für die Handlungsempfehlungen .....	70
5	Kosten und Wirksamkeit der Szenarien .....	72
6	Handlungsempfehlungen.....	75
6.1	Handlungsfeld Infrastrukturkapazität, -flexibilität und -zuverlässigkeit.....	75
6.1.1	Problemdarstellung .....	75
6.1.2	Handlungsoptionen .....	75
6.1.3	Handlungsempfehlung .....	76
6.2	Handlungsfeld Zugang zur Infrastruktur.....	77
6.2.1	Problemdarstellung .....	77
6.2.2	Handlungsoptionen .....	77
6.2.3	Handlungsempfehlung .....	77
6.3	Handlungsfeld Neue Multimodalität .....	78
6.3.1	Problemdarstellung .....	78
6.3.2	Handlungsoptionen .....	78
6.3.3	Handlungsempfehlung .....	80
6.4	Handlungsfeld Rollmaterial.....	80

6.4.1	Problemdarstellung .....	80
6.4.2	Handlungsoptionen .....	81
6.4.3	Handlungsempfehlung .....	81
6.5	Wettbewerbsökonomischer Analysebedarf .....	82
6.6	Vision und Roadmap .....	82
7	Zusammenfassung .....	84
	Literaturverzeichnis .....	86
	Anhang.....	92
A 1	FAST-Diagramm Transportkosten .....	92
A 2	FAST-Diagramm Transportzeit .....	93
A 3	FAST-Diagramm Zuverlässigkeit .....	94
A 4	Parametrisierung des Szenarios "Forcierte Infrastruktur" .....	95
A 5	Parametrisierung des Szenarios „Technologieupgrade“ im Vergleich zu Szenario „Forcierte Infrastruktur“ .....	96
A 6	Abschätzung der Wirkungen und Kosten der Maßnahmenpakete für das Szenario "Forcierte Infrastruktur" .....	97
A 7	Kostenabschätzung der einzelnen Maßnahmenpakete .....	99

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entwicklung der Gesamtverkehrsleistung in Deutschland.....	18
Abbildung 2: Entwicklung der Schienengüterverkehrsleistung in Deutschland nach der Wiedervereinigung.....	19
Abbildung 3: Aufteilung des Schienengüterverkehrsmarktes nach Teilmärkten.....	21
Abbildung 4: Aufteilung des Schienengüterverkehrsmarktes.....	21
Abbildung 5: Ergebnisdarstellung der FAST-Methode am Beispiel des Maßnahmenpaketes „Bruttozuggewicht erhöhen“.....	42
Abbildung 6: Prognose der Gesamtverkehrsleistung bis 2030.....	56
Abbildung 7: Prognose der Entwicklung des Endenergieverbrauchs bis 2030.....	57
Abbildung 8: Prognose der Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionen bis 2030.....	57
Abbildung 9: Modal-Split der Gesamtverkehrsleistung im Szenario „Forcierte Infrastrukturpolitik“.....	58
Abbildung 10: Modal-Split der Gesamtverkehrsleistung (%) im Szenario „Forcierte Infrastrukturpolitik“.....	58
Abbildung 11: Modal-Split im Teilmarkt des maritimen KV im Szenario „Forcierte Infrastrukturpolitik“.....	59
Abbildung 12: Modal-Split Ergebnisse im Teilmarkt des kontinentalen KV im Szenario „Forcierte Infrastrukturpolitik“.....	59
Abbildung 13: Modal-Split im Teilmarkt des konventionellen Verkehrs im Szenario „Forcierte Infrastrukturpolitik“.....	60
Abbildung 14: Endenergieverbrauch im Szenario „Forcierte Infrastrukturpolitik“.....	61
Abbildung 15: Endenergieverbrauch (%) im Szenario „Forcierte Infrastrukturpolitik“.....	61
Abbildung 16: CO <sub>2</sub> -Emissionen im Szenario „Forcierte Infrastrukturpolitik“.....	61
Abbildung 17: CO <sub>2</sub> -Emissionen (%) im Szenario „Forcierte Infrastrukturpolitik“.....	61
Abbildung 18: Modal-Split der Gesamtverkehrsleistung im Szenario „Technologieupgrade“.....	62
Abbildung 19: Modal-Split der Gesamtverkehrsleistung (%) im Szenario „Technologieupgrade“.....	62

Abbildung 20: Modal-Split im Teilmarkt des maritimen KV im Szenario „Technologieupgrade“ .....	63
Abbildung 21: Modal-Split im Teilmarkt des kontinentalen KV im Szenario „Technologieupgrade“ .....	63
Abbildung 22: Modal-Split im Teilmarkt des konventionellen Verkehrs im Szenario „Technologieupgrade“ .....	64
Abbildung 23: Endenergieverbrauch im Szenario „Technologieupgrade“ .....	65
Abbildung 24: Endenergieverbrauch (%) im Szenario „Technologieupgrade“ .....	65
Abbildung 25: CO <sub>2</sub> -Emissionen im Szenario „Technologieupgrade“ .....	65
Abbildung 26: CO <sub>2</sub> -Emissionen (%) im Szenario „Technologieupgrade“ .....	65
Abbildung 27: Modal-Split der Gesamtverkehrsleistung im Szenario „Vom KV zur Multimodalität“ .....	66
Abbildung 28: Modal-Split der Gesamtverkehrsleistung (%) im Szenario „Vom KV zur Multimodalität“ .....	66
Abbildung 29: Modal-Split im Teilmarkt des maritimen KV im Szenario „Vom KV zur Multimodalität“ .....	67
Abbildung 30: Modal-Split im Teilmarkt des kontinentalen KV im Szenario „Vom KV zur Multimodalität“ .....	67
Abbildung 31: Modal-Split im Teilmarkt des konventionellen Verkehrs im Szenario „Vom KV zur Multimodalität“ .....	68
Abbildung 32: Endenergieverbrauch im Szenario „Vom KV zur Multimodalität“ .....	69
Abbildung 33: Endenergieverbrauch (%) im Szenario „Vom KV zur Multimodalität“ .....	69
Abbildung 34: CO <sub>2</sub> -Emissionen im Szenario „Vom KV zur Multimodalität“ .....	69
Abbildung 35: CO <sub>2</sub> -Emissionen (%) im Szenario „Vom KV zur Multimodalität“ .....	69

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ausgewählte Infrastrukturmaßnahmen .....	24
Tabelle 2: Auswahl von Maßnahmen zu Multimodalen Knoten .....	27
Tabelle 3: Maßnahmen zum Rollmaterial.....	31
Tabelle 4: Beschreibung der Maßnahmenpakete und Zuordnung zu den relevanten Teilmärkten .....	45
Tabelle 5: Zuordnung der Maßnahmenpakete zu den Szenarien.....	48
Tabelle 6: Einteilung der Maßnahmenpakete in die Art der Umsetzung.....	49
Tabelle 7: Ergebnis der Nutzenbetrachtung.....	50
Tabelle 8: Übersicht Maßnahmen und beeinflusste Parameter .....	53
Tabelle 9: Annahmen zur Entwicklung der Auslastung und Energieeffizienz bis 2030 .....	55
Tabelle 10: Annahmen zu den Biokraftstoffanteilen, dem Strommix sowie den CO <sub>2</sub> - und Primärenergiefaktoren 2010 und 2030 .....	56
Tabelle 11: Szenarioergebnisse im Überblick .....	70
Tabelle 12: Abschätzung der Gesamtkosten für den Bund für die Umsetzung der drei Szenarien.....	73
Tabelle 13: Kosten und Wirksamkeit der einzelnen Szenarien im Vergleich .....	74
Tabelle 14: Gesamtergebnisse der Studie im Überblick.....	84

## Abkürzungsverzeichnis

BMVI	Bundesministerium für Verkehr und Digitale Infrastruktur
BSchWAG	Bundesschienenwegeausbaugesetz
BVWP	Bundesverkehrswegeplan
BZG	Bruttozuggewicht
bzw.	beziehungsweise
ECTS	European Train Control System
EIM	Eisenbahninfrastrukturmanager
ESTW	Elektronische Stellwerke
etc.	Et cetera
ETS	Emissions Trading System
EU	Europäische Union
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
EWV	Einzelwagenverkehr
FStrAbG	Fernstraßenausbaugesetz
ggf.	Gegebenenfalls
Km	Kilometer
KV	Kombinierter Verkehr
Lkw	Lastkraftwagen
LuFV	Leistungs- und Finanzierungsvereinbarung
Mio.	Millionen
Mrd.	Milliarden
PJ	Peta Joule
SGFFG	Schienengüterfernverkehrsnetzförderungsgesetz
SGV	Schienengüterverkehr
Sog.	sogenannt
Tkm	Tonnenkilometer
TtW	Tank-to-Wheel
u.ä.	und Ähnliches

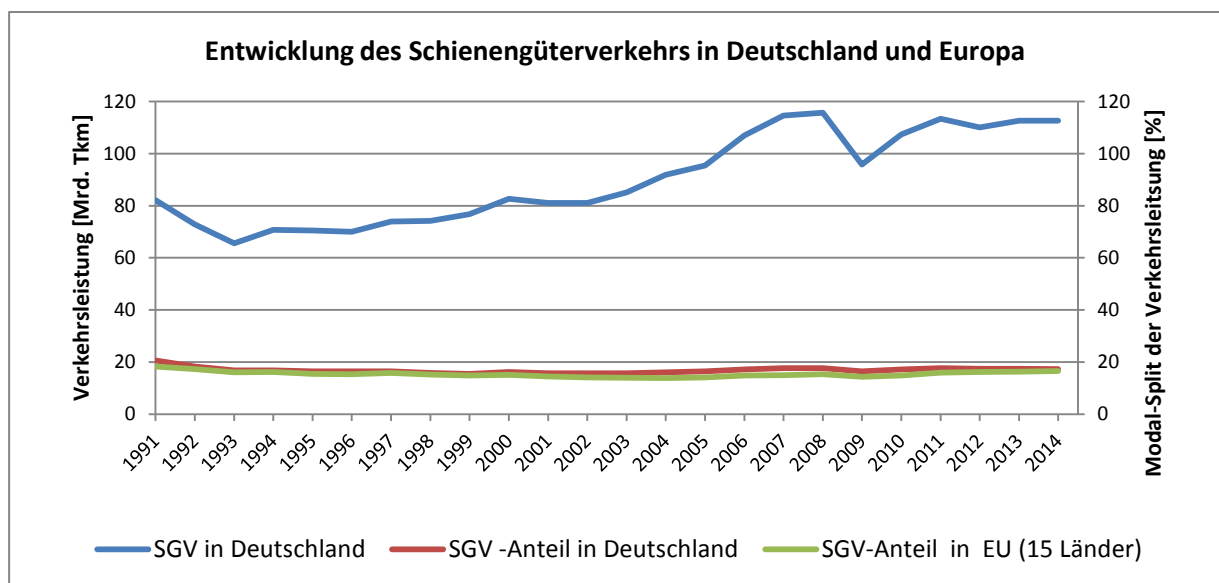


v.a.	vor allem
WtW	Wheel-to-Wheel
z.B.	zum Beispiel

## Kurzfassung der Studie

„In welchem Umfang kann der Schienengüterverkehr dazu beitragen, dass die Energiewende im Güterverkehr Realität wird?“

Das Ziel der Bundesregierung ist es, den Endenergieverbrauch bis 2050 um 40% bezogen auf das Jahr 2005 zu senken [BK 2010, S. 5]. Dem gegenüber wird allgemein eine weitere deutliche Zunahme der Güterverkehrsleistung bis zum Jahr 2030 und darüber hinaus als wahrscheinlich angesehen. Um die Energieziele dennoch einzuhalten, ist eine Steigerung der Energieeffizienz (Energiebedarf pro Tkm) im Güterverkehr notwendig. Dies kann unter anderem durch eine Verlagerung von Transporten vom Straßengüterfernverkehr auf den Schienengüterverkehr gelingen. Je nach Transportgut und Entfernung sind bereits heute Energieeinsparungen pro Tonnenkilometer bis zu 75 %<sup>1</sup> möglich. Eine Erhöhung des Schienengüterverkehrsanteils an der Gesamtgüterverkehrsleistung (Modal-Split) ist in den vergangenen Jahrzehnten in der EU insgesamt jedoch nicht gelungen. So stagniert der Modal-Split seit den 1990er Jahren sowohl EU-weit als auch in Deutschland auf einem Niveau von etwa 20 %.



Quelle: ViZ 2005/2006, ViZ 2014/2015, Eurostat

Aus diesem Grund hat das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) eine Studie beauftragt, um Hinweise zu bekommen, wie die Energie- und CO<sub>2</sub>-Reduktionsziele durch eine Verlagerung des Straßengüterverkehrs auf den Schienengüterverkehr in Deutschland erreicht werden können. Hierzu wurden zunächst Verlagerungspotenziale und deren Auswirkungen auf den Endenergieverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen abgeschätzt. Dabei wurden ausschließlich

<sup>1</sup> Die 75 % ergeben sich durch einen Vergleich der spezifischen Energieverbräuche (Whell-to-Wheel) vom Straßengüterverkehr und SGV. Für das Jahr 2012 betrug der spezifische Energieverbrauch des Lkw 1430 kJ pro Tkm. Ein Güterzug hatte einen spezifischen Energieverbrauch von 359,5 kJ (siehe Tremod, Version 5.53 vom 25.11.2014[iifeu 2014])

Maßnahmen für den Schienengüterverkehr berücksichtigt. Straßengüterverkehrsbezogene Maßnahmen, die über die Annahmen der Verkehrsprognose 2030 hinausgehen wie zum Beispiel die Erhöhung der Diesel-Steuer für den Straßengüterverkehr, wurden außer Acht gelassen.

Zur Beantwortung dieser Frage lohnt sich ein Blick ins Ausland: In Österreich liegt der Anteil des Schienengüterverkehrs an der Gesamtgüterverkehrsleistung bei über 30 % [BMVIT 2012a, S. 24ff], bis 2025 soll er bei 40 % liegen. Österreich legt beim Erhalt und Neubau der Verkehrsinfrastruktur einen besonderen Fokus auf die Schieneninfrastruktur. So sind die jährlichen Investitionen in die Schieneninfrastruktur mit etwa 2 Mrd. € etwa doppelt so hoch wie die in die Straßeninfrastruktur [BMVIT 2012a, S. 54 ff]. Zum Vergleich: In Deutschland wurden im Jahr 2013 rund 5,4 Mrd. € in Bundesfernstraßen und rund 4,2 Mrd. € in die Bundesschienenwege investiert [BMVI 2015, S. 21]. Vergleicht man die Investitionsausgaben pro Einwohner der beiden Länder, so sind die jährlichen Investitionen in die Schieneninfrastruktur pro Einwohner in Österreich mit 210 € etwa viermal so hoch wie in Deutschland<sup>2</sup>. In Österreich existiert darüber hinaus eine systematische Förderung für Technologien, Machbarkeitsstudien und Investitionen in Anlagen, sodass die Markteinführung neuer Technologien für den Schienengüterverkehr erheblich erleichtert wird (zum Beispiel Mobiler oder InnoWaggon). Darüber hinaus werden mithilfe eines Beihilfeprogramms für die Erbringung von Schienengüterverkehrsdienstleistungen (Einzelwagenverkehr, KV und rollende Landstraße) Wettbewerbsnachteile gegenüber dem Straßengüterverkehr ausgeglichen.

In Deutschland existiert derzeit keine vergleichbare Förderung für Innovationen im Schienengüterverkehr. Während zum Beispiel im Lkw-Bereich erste Testfahrten mit teilautomatisierten Lkw absolviert wurden<sup>3</sup>, wird die Teilautomatisierung im Schienengüterverkehr derzeit in keiner Weise durch technische Komponenten im Güterwagen unterstützt. Eine teilweise Übertragung der Förderprinzipien aus der Schweiz oder Österreich erscheint sinnvoll (siehe später in dieser Zusammenfassung).

### **Entwicklung von Szenarien**

Neben einer Forschungsunterstützung und Innovationsförderung nimmt die Politik durch das Setzen von Regeln und Rahmenbedingungen und durch Infrastrukturinvestitionen einen entscheidenden Einfluss auf die Höhe der Energieeinsparung durch Verlagerung auf den Schienengüterverkehr und eine Effizienzsteigerung der Schiene. Um alle diese Einflüsse zu berücksichtigen, wurden drei Szenarien gebildet. Diese drei Szenarien lassen sich wie folgt charakterisieren:

---

<sup>2</sup> Quelle: <https://www.allianz-pro-schiene.de/presse/pressemitteilungen/2015-023-pro-kopf-ranking-europa-vergleich-bei-schienen-investitionen/>

<sup>3</sup> Quelle: Handelsblatt: Selbstfahrende Lkw absolviert Jungfernfahrt, 02.10.2015, URL: <http://www.handelsblatt.com/technik/forschung-innovation/autonomes-fahren-selbstfahrender-lkw-absolviert-jungfernfahrt/12402832.html>

Im Szenario „**Forcierte Infrastruktur**“ nimmt der Staat ausschließlich seine Aufgaben bezüglich der Schieneninfrastruktur wahr und schafft eine zuverlässige Schieneninfrastruktur auf wesentlichen Relationen des Schienengüterverkehrs für 740-m-Züge (z.B. Bau von Überholgleisen), ein leistungsfähiges Zugsicherungssystem (wie ETCS Stufe 2) auf allen Hauptstrecken und ein KV-Terminalnetz, welches erheblichen Nachfragesteigerungen gerecht wird. Der Infrastrukturausbau in diesem Szenario übersteigt damit die Maßnahmen, die bislang in der Verkehrsprognose 2030 und im Entwurf des BVWP 2030 geplant sind. Die privaten Akteure setzen all die technischen Maßnahmen um, die sich für sie betriebswirtschaftlich rechnen und als sinnvoll eingestuft werden. Dies sind die Erhöhung der Zuglänge und die Erhöhung der Energieeffizienz, welche in den drei Teilmärkten maritimer KV, kontinentaler KV und Konventioneller Verkehr transportpreisreduzierend wirken. Es werden nur ganze Containerladungen berücksichtigt.

Das Szenario „**Technologieupgrade**“ baut auf dem Szenario „Forcierte Infrastruktur“ auf und ergänzt dieses um ein Technologieförderprogramm. Mithilfe dieses Förderprogramms werden die Mehrkosten für alle entwickelten Maßnahmenpakete (z.B. Umrüstung auf die automatische Kupplung, Sensorik, Umschlagtechnik etc.) auf Seiten der privaten Akteure durch den Staat übernommen. Sowohl der Staat als auch die privaten Akteure setzen nun die erforderlichen Maßnahmen um, um die Zuglänge zu erhöhen, die Energieeffizienz zu steigern und den Güterumschlag zu beschleunigen. Die privaten Akteure erhalten durch das Technologieprogramm den Anreiz zusätzlich auch das Bruttozuggewicht zu erhöhen, die Be- und Entladevorgänge sowie die Zugbildung zu beschleunigen und ihre Zuverlässigkeit verbessern. Dadurch gelingt es, die Transportzeit weiter zu reduzieren, wovon sowohl der maritime KV als auch der kontinentale KV profitieren. Auch in diesem Szenario werden ganze Containerladungen berücksichtigt.

Das Szenario „**Vom KV zur Multimodalität**“ basiert – im Gegensatz zu den anderen beiden Szenarien – auf der Vision des EU-Weißbuchs der Europäischen Union, welches ein multimodales Güterverkehrssystem forciert, welches ab Entfernungen von 300 km auf den Schienengüterverkehr oder die Binnenschifffahrt zurückgreift. Für den Schienengüterverkehr bedeutet dies neue Zugangsmöglichkeiten (Multimodale Knoten) zu schaffen, an denen im Gegensatz zu den anderen beiden Szenarien auch Sendungen unterhalb einer Containerladung massenleistungsfähig und diskriminierungsfrei umgeschlagen werden können. Dadurch wird eine Vermischung der Produktionssysteme des Einzelwagenverkehrs und des KVs erreicht und Synergien genutzt. Die Multimodalen Knoten stellen darüber hinaus eine Schnittstelle für logistische Zusatzdienstleistungen dar. Ein Beispiel, wie ein solches Konzept aussehen könnte, gibt es in Österreich. Dort betreibt die ÖBB Logistikkreisläufe, in denen Komplettladungen und Stückgut kommissioniert, etikettiert, neuverpackt und gelagert werden können<sup>4</sup>. Auch in Deutschland wird dieses Konzept anhand der Railports der DB Cargo verfolgt<sup>5</sup>. In diesem Szenario wird angenommen, dass der Staat diesen

---

<sup>4</sup> Mehr Informationen finden sich unter [http://www.railcargologistics.at/de/Unsere\\_Leistungen/Lagerlogistik/](http://www.railcargologistics.at/de/Unsere_Leistungen/Lagerlogistik/)

<sup>5</sup> Mehr Informationen finden sich unter: <http://nieten.dbcargo.com/nieten-de/start/vertriebskompetenz/logistikkonzepte.html>

Ansatz weiter verfolgt und ein Demonstrationsprogramm aufsetzt, bei dem sechs multimodale Technologien entwickelt, demonstriert und gegenübergestellt werden. Ergänzend erfolgt im Rahmen dieses Szenarios ein Kapazitätsausbau von 120 multimodalen Terminals, um der steigenden Nachfrage nach Schienengüterverkehrsdienstleistungen gerecht zu werden. Die privaten Akteure setzen ebenfalls alle vorherigen Maßnahmenpakete um und nutzen zunehmend Multimodale Terminals für ihre Dienstleistungen.

### **Wirkungsabschätzung der Szenarien**

Für die Umsetzung der Szenarien wurden die Kosten abgeschätzt und den Einsparpotenzialen gegenübergestellt. Die Kosten setzen sich zusammen aus Kosten zur Ertüchtigung der Infrastruktur als Voraussetzung der Maßnahmenpakete, finanziellen Aufwendungen für ein Technologieförderprogramm (Szenario „Technologieuupgrade“) und weitergehenden Programmen zur Förderung der Multimodalität (Szenario „Vom KV zur Multimodalität“). In allen Szenarien wird vorausgesetzt, dass der Staat die Infrastrukturinvestitionen für Überholgleise für 740m-Züge auf allen Hauptstrecken trägt. Unter der Annahme, dass etwa eine Streckenlänge von 3.000 km mit Überholgleisen alle 10 km ausgestattet werden und bereits Ausweichgleise vorhanden sind, wird ein Bedarf von 400 Ausweichgleisen mit jeweils einem Kilometer Länge angenommen. Für einen Kilometer Überholgleis wird ein Investitionsbedarf von 2,5 Mio. € unterstellt. Es wird daher ein Investitionsvolumen von 1 Mrd. € angenommen. Die Kosten für das Technologieförderprogramm für private Akteure im Szenario „Technologieuupgrade“ ergeben sich aus den zusätzlichen Investitionskosten für neue Technologien gegenüber bisheriger Technologien. Diese wurden für die einzelnen Maßnahmenpakete insgesamt mit 232 Mio. € abgeschätzt. Im Szenario „Vom KV zur Multimodalität“ wird zusätzlich ein Demonstrationsprogramm angenommen, bei dem sechs multimodale Technologien entwickelt, demonstriert und gegenübergestellt werden. Pro Technologie werden finanzielle Mittel in Höhe von 50 Mio. € angenommen. Insgesamt wird so ein Bedarf von 300 Mio. € für ein Demonstrationsprogramm abgeschätzt. Dieses wird privaten Akteuren zur Verfügung gestellt. Ergänzend erfolgt im Rahmen dieses Szenarios ein Kapazitätsausbau von 120 multimodalen Terminals. Unter der Annahme, dass die durchschnittlichen Kosten für ein Terminal 48 Mio. € betragen und der durchschnittliche Fördersatz 70 % beträgt, wird ein Investitionsfördervolumen von 4 Mrd. € abgeschätzt.

Die Ergebnisse der Szenarien werden der prognostizierten Entwicklung im Jahr 2030 gegenübergestellt. Hierfür wird die Verkehrsverflechtungsprognose des Bundes für das Jahr 2030 verwendet [VP 2030]. Die folgenden Tabellen geben einen Überblick über die Studienergebnisse.

		Modal Split der Verkehrsleistung				
		Ist 2010	Prognose 2030	Forcierte Infrastrukturpolitik	Technologieupgrade	Vom KV zur Multimodalität
Verkehrsleistung	Straße	72 %	73 %	71 %	66 %	56 %
	Schiene	18 %	18 %	20 %	27 %	35 %
	Binnenwasser	10 %	9 %	9 %	8 %	8 %

	2010	2030						
		2030	Forcierte Infrastrukturpolitik		Technologieupgrade		Vom KV zur Multimodalität	
	absolut	absolut	absolut	Differenz zu 2030	absolut	Differenz zu 2030	absolut	Differenz zu 2030
CO <sub>2</sub> -Emissionen [Mio. T]	48	48,7	47,6	- 1,1 (- 2%)	45	- 3,7 (- 8 %)	40,1	- 8,6 (-18 %)
Endenergieverbrauch [PJ]	559	596	582	- 14 (- 2 %)	552	- 44 (- 7 %)	494	- 102 (-17 %)
Einmalige Gesamtkosten für den Bund [Mio. €]	x	x	1.000		1.232		5.532	
Gesamtkosten pro jährlich eingesparter Tonne CO <sub>2</sub> [a*€ <sub>2010</sub> / T]	x	x	909		333		643	

Die Ergebnisse zeigen, dass alleine durch eine gezielte Berücksichtigung des Güterverkehrs bei den Infrastrukturinvestitionen für die Schiene (Szenario „Forcierte Infrastrukturpolitik“) nur eine geringfügige Reduktion im Endenergieverbrauch und in den CO<sub>2</sub>-Emissionen möglich ist. Dies entspricht anderen Analysen, wie z.B. den Abschätzungen im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung [BVWP 2030, S. 24]. Nur aufgrund von Infrastrukturverbesserungen allein finden keine Änderungen der Produktionssysteme und des Bahnbetriebs statt, sodass sich nur eine geringe Erhöhung des Modal-Splits des SGVs zeigt. Im maritimen und kontinentalen KV kommt es jeweils zu Verlagerungseffekten in Höhe von etwa 2 Mrd. Tkm, wobei jeweils der Großteil vom Straßengüterfernverkehr verlagert wird. Im konventionellen Verkehr nimmt die Verkehrsleistung um knapp 11 Mrd. Tkm zu. Dies führt insgesamt zu geringen Senkungen des Endenergieverbrauchs, sodass im Ergebnis der Anstieg des Endenergieverbrauchs lediglich gedämpft werden kann. Bis zum Jahr 2030 steigt dieser gegenüber 2010 um 23 PJ an. Das Energiereduktionsziel der Bundesregierung würde so voraussichtlich nicht erreicht werden. Die Vermeidungskosten für eine Tonne CO<sub>2</sub> jährlich werden mit knapp 909 € im Vergleich zu den anderen beiden Szenarien als hoch eingeschätzt.

Mit einem geringen zusätzlichen Engagement der öffentlichen Hand wird im Szenario „Technologieupgrade“ die Möglichkeit geschaffen, dass Privatunternehmen die Chancen einer verbesserten Infrastruktur auch adäquat ausnutzen können. Die entsprechenden Instrumente orientieren sich an denjenigen in Österreich (zum Beispiel das Innovationsförderprogramm

Kombinierter Verkehr). Das Verlagerungspotenzial im maritimen KV steigt auf 7 Mrd. Tkm und im kontinentalen KV auf 8 Mrd. Tkm. Im konventionellen Verkehr steigt die Verkehrsleistung um 57 Mrd. Tkm. Mithilfe eines modernisierten Schienengüterverkehrs kann der Endenergiebedarf im Güterverkehr im Jahr 2030 gegenüber dem Referenzszenario 2030 gesenkt und gegenüber 2010 stabilisiert werden. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen können ebenfalls gesenkt werden. Die Vermeidungskosten sinken im Vergleich zum vorherigen Szenario auf 333 € pro jährlich eingesparter Tonne CO<sub>2</sub>. Jedoch ist auch hier das Verlagerungspotenzial für eine effektive Energiewende beschränkt: Mit seinen Angeboten erreicht der SGV zwar weitere Kunden mit klassischen schienenaffinen Transportgütern (Rohstoffe, Baustoffe, chemische Produkte, Kohle und Mineralölprodukte sowie Erzeugnisse der Stahlindustrie), aber er partizipiert nur am Rande von der wachsenden Transportnachfrage für hochwertige Industrie- und Handelsgüter. Das Verlagerungspotenzial im maritimen KV steigt auf 7 Mrd. Tkm und im kontinentalen KV auf 8 Mrd. Tkm.

In Szenario („Vom KV zur Multimodalität“) wird unterstellt, dass es der Schiene gelingt, in diesen Markt mit neuen multimodalen Transportdienstleistungen einzutreten. Im Ergebnis führt dies zu einer Vervierfachung des kontinentalen KVs und zu einer spürbaren Senkung beim Endenergiebedarf gegenüber 2030 und auch dem heutigen Status Quo. Die CO<sub>2</sub> Vermeidungskosten steigen gegenüber Szenario 2 wieder an, es zeigt jedoch im Vergleich mit den eingesparten externen Kosten ein sehr günstiges Nutzen-Aufwand-Verhältnis. Derzeitige KV-Umschlaganlagen sind jedoch nicht auf den Umschlag von kleinen Sendungen oder Ladeeinheiten unterhalb einer Lkw-Komplettlading ausgerichtet. Um den Modal-Split-Anteil des SGVs signifikant zu erhöhen, sind deshalb neue attraktive und wirtschaftliche Umschlags- und Dienstleistungskonzepte notwendig, die den Anforderungen der Transportkunden nach hoher Frequenz, flexibler Sendungsgröße, hoher Zuverlässigkeit und Einbindung in werksinterne Logistik- und Produktionskonzepte (wie Just-in-Sequence) genügen. Durch die Verlagerung der Industrie- und Handelsgüter vom Lkw-Fernverkehr auf den SGV ergibt sich ein großer Hebel zur Energieeinsparung. Es müssen daher neue Formen der Multimodalität am Markt etabliert werden, damit der SGV zum Erreichen der Energieziele beitragen kann. Eine Kofinanzierung des laufenden Betriebs zur Erreichung der Energiereduktionsziele erscheint somit als nicht zielführend.

### **Mögliche Handlungsfelder zur Förderung des Schienengüterverkehrs**

Aufgrund der modellgestützten Analyse und basierend auf den Ergebnissen von Fachworkshops und Experteninterviews im Rahmen dieser Studie werden zusammenfassend die folgenden Handlungsempfehlungen entwickelt, die den Bereichen Infrastruktur, organisatorische Innovationen im Bereich der Multimodalität und Güterwagen zugeordnet werden können. Diese Handlungsempfehlungen dienen vorrangig dazu, das Szenario „Vom KV zur Multimodalität“ umzusetzen.

Handlungsfeld Leistungsfähige Infrastruktur: Voraussetzung für eine moderne schienenbasierte Transportlogistik ist eine leistungsfähige Infrastruktur mit folgenden Eigenschaften: wirtschaftliche Transportabwicklung für EVU – mindestens 740 Meter lange Züge können auf allen Korridoren und

wichtigen Strecken gefahren werden; Planbarkeit – innerhalb kurzer Anmelde- und Planungszeiten ist eine Trasse zu bekommen; Zuverlässigkeit – es entstehen wenig Störungen auf der Infrastruktur für die Züge; Stabilität – wenn externe und interne Störungen entstehen, werden deren Wirkung gedämpft. Hierfür können folgende Empfehlungen ausgesprochen werden:

- Programm für den Aufbau einer leistungsfähigen Infrastruktur: Überholgleise für 740 Meter-Züge, längere 3-gleisige Abschnitte, Auflösung von Engpässen.
- Ausreichende Finanzausstattung zur Umsetzung der geplanten Schieneninfrastrukturmaßnahmen in der aktuellen Entwurfsfassung des BVWP und Aufnahme des Projektes „Überholgleise für 740m-Züge“ in den vordringlichen Bedarf der BVWP 2030 zur Stärkung des SGVs.

Zur Analyse von Engpässen auf der Schieneninfrastruktur und möglichen Infrastrukturmaßnahmen zur Beseitigung der Engpässe wird die Studie „Verkehrsverlagerungspotenzial auf den Schienenverkehr in Deutschland unter Beachtung infrastruktureller Restriktionen“ durchgeführt.

Handlungsfeld Neue Multimodalität: Ziel ist es, neue Transportdienstleistungen und damit gekoppelte logistische Mehrwertdienste in Nischen zu ermöglichen und zu entwickeln, damit sich daraus neue Konzepte der Multimodalität entwickeln können. Diese können auf bestehenden Konzepten zur Automatisierung im Schienengüterverkehr, zum Beispiel dem Cargo Mover, aufbauen. Multimodalität bedeutet die Nutzung mehrerer Verkehrsmittel zwischen einem Sender und Empfänger. Hierzu werden folgende Förderbausteine empfohlen:

- Förderung von Machbarkeitsstudien zur Analyse des Marktpotenzials, des Geschäftsmodells und der Wirtschaftlichkeit als Vorbereitung für weitergehende Förderungen in der Entwicklungs- und Markteintrittsphase von multimodalen Logistikkonzepten auf der Schiene im Schienengüterverkehr.
- Pilotierung von multimodalen Versuchsanlagen und –prozessen (wie zum Beispiel die Railports der DB Cargo oder der Umschlagdrehkreise der ÖBB) mit angekoppelten logistischen Mehrwertdienstleistungen wie Zwischenlagern, Verpacken oder Etikettieren mit dem Ziel, die Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen zu demonstrieren. Die Auswahl von Demonstrationsprojekten erfolgt durch eine Jury im Rahmen eines Innovationswettbewerbs und die Projekte unterliegen einem Erfolgsmonitoring.
- Im Anschluss an die Pilotprojekte sollte im Rahmen einer breiten Markteinführung die Finanzierung solcher Anlagen über günstige Kredite erfolgen, sodass ein Netz bedarfsgerecht ausgebaut wird.

Handlungsfeld Moderner Güterwagen: Die langfristige Umsetzung von organisatorischen Innovationen im SGV wird durch technologische Innovationen im Rollmaterial begleitet. Es sollten jedoch auch bereits kurzfristige Technologiesprünge ermöglicht werden, um zum Beispiel zeitaufwendige manuelle Prozesse zu automatisieren und zu beschleunigen und in der Folge eine stärkere Einbindung des Schienengüterverkehrs in die Produktionsprozesse des Verladens zu ermöglichen. Vielversprechende Innovationen könnten ein Paket aus Automatischer Kupplung, Informations- und



Kommunikationstechnologien und der Modernisierung des Bremssystems sein. Daher ist es das Ziel dieses Handlungsfelds, innovatives Rollmaterial in die Märkte kurzfristig einzuführen. Innovationen sollten den folgenden Anforderungen entsprechen (i) geringe Umweltbeeinträchtigung (Lärm), (ii) Zuverlässig im Betrieb bei hoher täglicher Laufleistung (iii) geringerer Energieverbrauch (iv) geringer Verschleiß der Schiene (v) geeignet für den Transport logistisch anspruchsvoller Güter. Es werden die folgenden Empfehlungen abgeleitet:

- Überarbeitung bestehender Anreizsysteme für Innovationen im SGV, sodass die Anreize besser wirken können.
- Erstattung der Mehrkosten für Innovationen im Rollmaterial im Rahmen eines Beihilfeprogrammes zur verstärkten Anwendung von Innovationen im Rollmaterial zum Beispiel nach Schweizer Vorbild<sup>6</sup>. Eine Umsetzung in Deutschland ist zu prüfen.

Ein Technologieförderprogramm erscheint nicht notwendig, da die Technologien wie Automatische Kupplung, elektropneumatische Bremse oder Sensoren bereits verfügbar sind. Stattdessen wird die Einführung dieser Technologien im Rahmen neuer multimodaler Organisationskonzepte vorgeschlagen. In Österreich gib es hierfür das Förderprogramm „Mobilität der Zukunft“, welches eine Neuorganisation des gesamten Güterverkehrs in den Mittelpunkt stellt und sowohl technologische als auch organisatorische Innovationen als wesentlichen Erfolgsfaktor für den Schienengüterverkehr ansieht. Hierzu werden vom BMVIT Forschungs-, Technologie- und Innovationsroadmaps erarbeitet, aus denen die Ausschreibungsschwerpunkte abgeleitet werden. Es wird empfohlen einen analogen Förderprozess auch in Deutschland aufzusetzen.

Eine Kofinanzierung des Betriebs von Schienengüterverkehrsdienstleistungen, zum Beispiel nach dem Vorbild der Schweiz und Österreichs, kann nur eine Lösung für ausgewählte kleine Teilbereiche des Schienengüterverkehrs sein, bei denen kein wirtschaftlicher Transport möglich ist. Dies trägt jedoch nicht dazu bei, die notwendige Weiterentwicklung des Schienengüterverkehrs voranzubringen. Eine undifferenzierte Kofinanzierung birgt das Risiko, dass technisch und/oder wirtschaftlich veraltete Lösungen unnötigerweise lange am Markt verbleiben. Besser wäre es, wenn die Rahmenbedingungen (z.B. Zulassungsverfahren, Bau von Infrastruktur, rechtliche Regelungen für Automatisierung von Prozessen) so verbessert werden, dass der Bahnsektor an der zunehmenden Digitalisierung der Transportmärkte und der Logistik und damit an den Wachstumsmärkten leichter teilhaben kann. Dies wäre ein positives Signal an den Bahnsektor und fördert innovative Dienstleistungskonzepte. Letztere gilt es im Rahmen einer gezielten Innovationsförderung in den Markt zu bringen. Zusammenfassend sollte für den Schienengüterverkehr ein Fördersystem aufgebaut werden, welche alle Phasen einer Invention bis hin zur erfolgreichen Markteinführung einschließt.

---

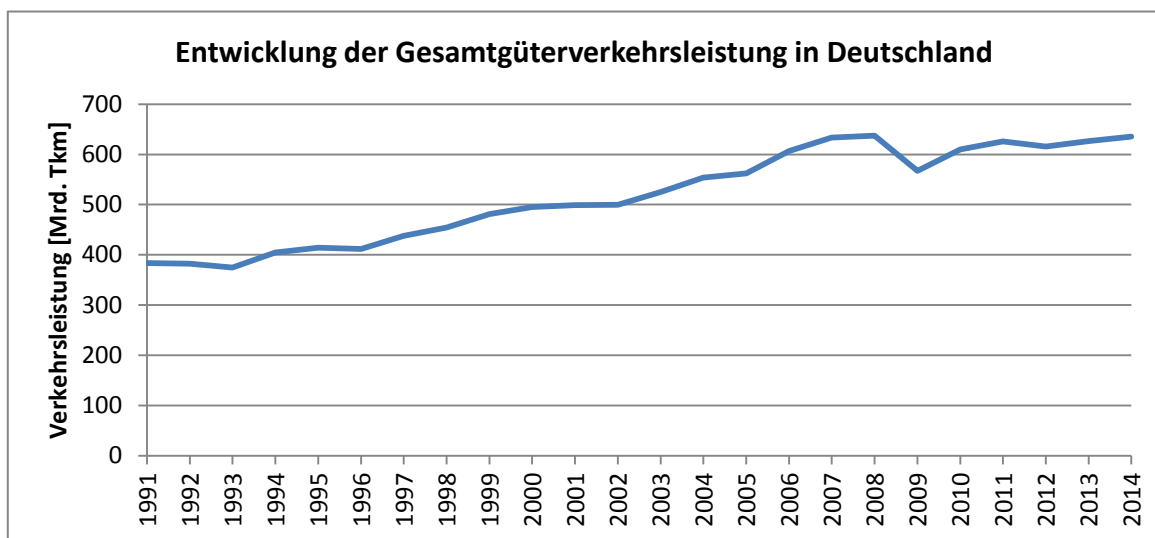
<sup>6</sup> Über die Gütertransportverordnung (GüTV) der Schweiz können Investitionsbeiträge für technische Neuerungen im Gütertransport auf der Schiene zu maximal 60 % gefördert werden [GüTV 2016, Abschnitt 4, Art. 19, Art. 22]

# 1 Hintergrund und Zielsetzung der Studie

## 1.1 Hintergrund der Studie

Der Güterverkehr verzeichnete in den vergangenen Jahrzehnten ein außergewöhnliches Wachstum. So ist die Gütertransportleistung gemessen in Tonnenkilometern (Tkm) auf dem Gebiet Deutschlands seit der deutschen Wiedervereinigung von 1991 bis 2013 um etwa 60 % angestiegen (siehe Abbildung 1). Für die Zukunft wird eine Steigerung der Güterverkehrsleistung bis 2030 von mehr als 40 % bezogen auf 2010 erwartet [Prograns AG 2007, S. 119].

**Abbildung 1: Entwicklung der Gesamtverkehrsleistung in Deutschland, [ViZ 2005/2006; ViZ 2014/2015]**



Dem gegenüber steht das Ziel der Bundesregierung, den Endenergieverbrauch bis 2050 um 40 % bezogen auf das Jahr 2005 zu senken [BK 2010, S. 5]. Angesichts der momentan absehbaren Energieeinsparpotenziale im Personenverkehr ist es unvermeidlich, dass der Güterverkehr einen wesentlichen Beitrag zur Erfüllung der Energiereduktionsziele im Verkehr leistet. Um dabei negative Auswirkungen auf das Wirtschaftssystem zu vermeiden, ist eine Steigerung der Energieeffizienz (Energiebedarf pro Tkm) erforderlich.

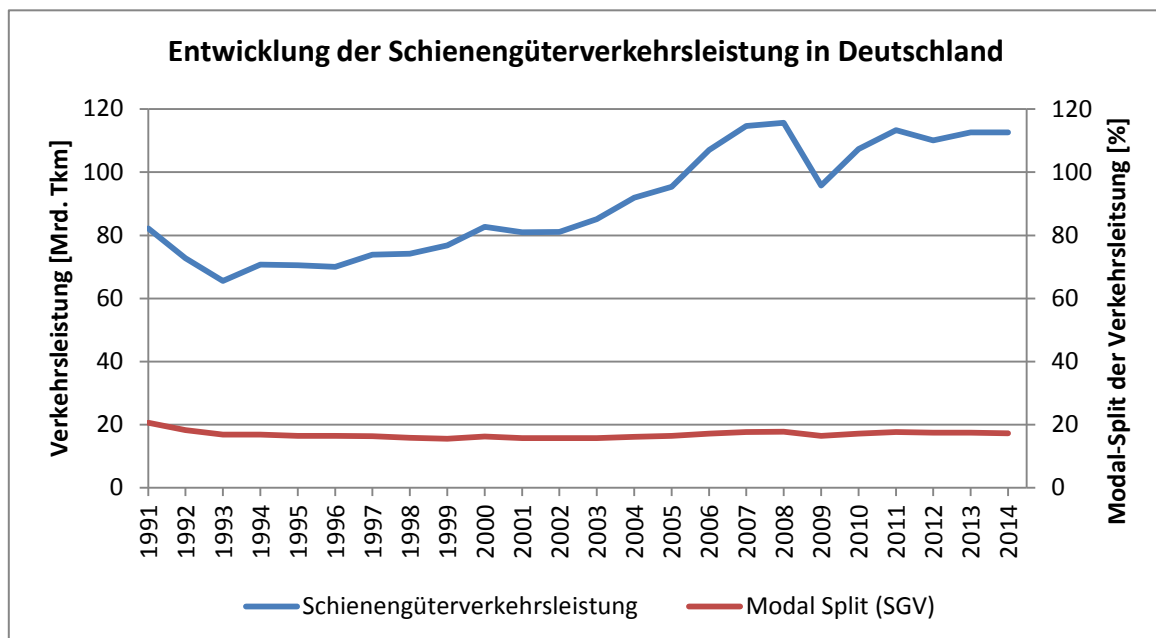
Im Straßengüterfernverkehr sind bis zum Jahr 2030 spezifische Energieeffizienzsteigerungen in Höhe von 16 % bis 34 % möglich [Shell 2016]. Bei einer Verlagerung von Transporten vom Straßengüterfernverkehr auf den SGV sind jedoch Einsparungen bis zu 75 %<sup>7</sup> möglich. Gleichzeitig erfolgt dabei auch eine Umstellung von fossilem Dieselantrieb auf Strom. Insbesondere auf langen

<sup>7</sup> Die 75 % ergeben sich durch einen Vergleich der spezifischen Energieverbräuche (Well-to-Wheel) vom Straßengüterverkehr und SGV. Für das Jahr 2012 betrug der spezifische Energieverbrauch des Lkw 1430 kJ pro Tkm. Ein Güterzug hatte einen spezifischen Energieverbrauch von 359,5 kJ (siehe Tremod, Version 5.53 vom 25.11.2014 [ifeu 2014])

Transportdistanzen wird der Schienengütertransport auch eine wirtschaftlich attraktive Option für Verlagerer. Deshalb können durch eine Verkehrsverlagerung in diesem Segment bei gleichbleibenden Logistikkosten positive Wirkungen auf Energieverbräuche und CO<sub>2</sub>-Ausstöße erzielt werden.

Die hohen Erwartungen an einen künftig zu erreichenden Modal-Split-Anteil des SGV stehen im starken Kontrast zur aktuellen Marktentwicklung. In den frühen 2000er Jahren kam es zu einem deutlichen Anstieg der Transportleistung des SGVs, wie in Abbildung 2 dargestellt ist. Der Marktanteil des SGVs stagnierte jedoch in den letzten Jahren. Angesichts des allgemeinen Anstiegs der Güterverkehrsleistung ist es dem SGV nicht gelungen, seinen Marktanteil zu steigern. Sein wichtigster Treiber war die positive Entwicklung des maritimen Kombinierten Verkehrs, die vom zunehmenden Interkontinentalhandel getrieben wurde.

**Abbildung 2: Entwicklung der Schienengüterverkehrsleistung in Deutschland nach der Wiedervereinigung; [ViZ 2005/2006, ViZ 2014/2015]**



## 1.2 Ziel und Aufbau der Studie

Vor diesem Hintergrund hat das Bundesministerium für Verkehr und Digitale Infrastruktur (BMVI) diese Studie im Rahmen des Projektes „Wissenschaftliche Begleitung, Unterstützung und Beratung des BMVI in den Bereichen Verkehr und Mobilität mit besonderem Fokus auf Kraftstoffen und Antriebstechnologien sowie Energie und Klima“ beauftragt. Ihr Ziel ist es, strategische Handlungsempfehlungen zur Erzielung einer Energiewende im Güterverkehr mittels einer Verkehrsverlagerung auf den SGV zu entwickeln. Es sollen Hemmnisse identifiziert und Empfehlungen ausgesprochen werden, damit der SGV in die Lage versetzt wird, einen adäquaten Beitrag zur Erreichung der Energiereduktionsziele im Verkehrssektor zu leisten.

Es wird ein erschließbares Verlagerungspotenzial quantifiziert und für die Abschätzung des Endenergieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen herangezogen. Diese Ergebnisse bilden eine erste

Grundlage für die Erarbeitung von Handlungsempfehlungen. Zudem basieren die Handlungsempfehlungen auf Ergebnissen von Expertengesprächen und Fachworkshops. Die Studie strukturiert sich in die folgenden fünf Arbeitsschritte:

- (1) In Kapitel 2 werden technische Maßnahmen und politische Instrumente zur Steigerung des Anteils des SGV an der Güterverkehrsleistung in Deutschland recherchiert und komprimiert dargestellt. Die Grundlage für diesen Arbeitsschritt bildet eine breit angelegte Literaturrecherche, die auch eine Auswertung der in Österreich genutzten Förderinstrumente einbezieht. Es erfolgt eine Darstellung von Hemmnissen, die derzeit einer Umsetzung der Maßnahmen im SGV entgegenstehen.
- (2) Im nächsten Arbeitsschritt (siehe Kapitel 3.2) werden technische Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz des SGVs und deren Zusammensetzung in sich geschlossenen Maßnahmenpaketen erarbeitet. Dabei werden nur die effizientesten Maßnahmen umgesetzt und redundante sowie wirkungslose Maßnahmen eliminiert. Die Erarbeitung der Maßnahmen erfolgt für verschiedene Teilbereiche des SGVs.
- (3) Im folgenden dritten Arbeitsschritt (siehe Kapitel 3.3) werden drei Szenarien zur Umsetzung der entwickelten Maßnahmenpakete formuliert. Die Szenarien unterscheiden sich hinsichtlich der Annahme zur Intensität des staatlichen Eingreifens in Form von politischen Instrumenten wie etwa Infrastrukturinvestitionen und Innovationsförderung. Um die Auswahl der Maßnahmenpakete zu stützen, erfolgt eine Kosten-Wirksamkeitsabschätzung.
- (4) Im vierten Arbeitsschritt (siehe Kapitel 4) werden für die drei Szenarien die Verlagerungswirkungen analysiert. Die Kosten der Maßnahmen werden überschlägig abgeschätzt und in Kapitel 5 den Umweltwirkungen gegenübergestellt.
- (5) Abschließend werden in Kapitel 6 Handlungsempfehlungen an die Politik erarbeitet. Diese leiten sich aus den Ergebnissen der quantitativen Analyse und auf der Identifikation vorhandener Hemmnisse ab. Im Ergebnis stehen Handlungsempfehlungen, die die Umsetzung der entwickelten technologischen Maßnahmenpakete in die Praxis unterstützen. Die Umsetzung dieser Maßnahmen trägt dazu bei, das im Rahmen der Modellberechnungen identifizierte Verlagerungspotenzial zu realisieren.

### **1.3 Beschreibung des aktuellen Schienengüterverkehrs**

Der SGV lässt sich momentan in vier Teilbereiche untergliedern. Diese unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Produktionssysteme, der im Markt aktiven Anbieter und der Kundengruppen. Die Teilbereiche sind:

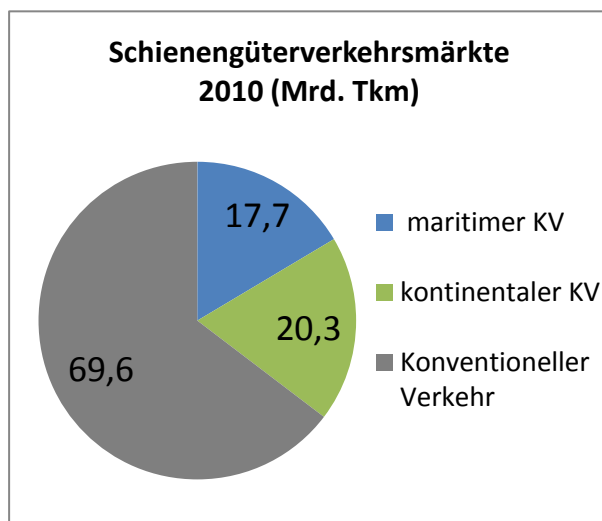
- der Kombinierte Verkehr (KV) mit den Teilbereichen Maritimer KV und Kontinentaler KV,
- der Einzelwagenverkehr und
- der Ganzzugverkehr

Dazwischen existieren auch Mischbereiche (Wagengruppenverkehre, Ganzzug-Streuverkehre u.ä.). Einzelwagen- und Ganzzugverkehre werden auch als konventioneller SGV bezeichnet. Es ist zudem denkbar, dass der maritime und kontinentale KV auf den gleichen Transportnetzen abgefahren wird

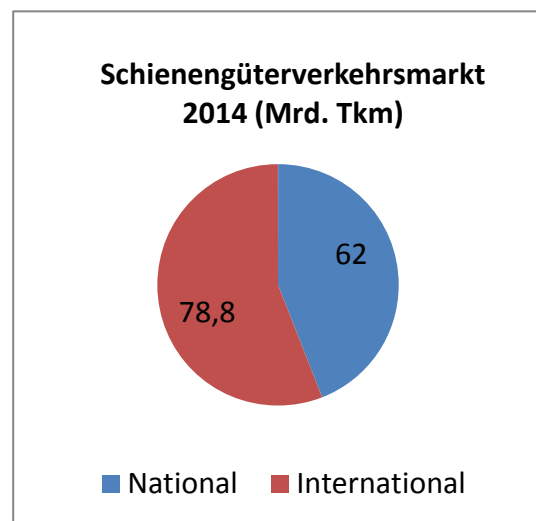
oder dass Güterwagen des KV in Züge des konventionellen SGV eingestellt werden. Die Trennung dieser Teilbereiche bietet sich für die Analyse von Verlagerungspotenzialen aufgrund aktuell unterschiedlicher betrieblicher Technologien, unterschiedlichen Angebotsmerkmalen sowie unterschiedlichen Bedingungen bei der Regulierung und Beihilfegewährung an.

Der konventionelle SGV hat heutzutage immer noch eine große Bedeutung. Etwa zwei Drittel der Verkehrsleistung des SGV wird im konventionellen Verkehr erbracht (siehe Abbildung 3). Der Einzelwagenverkehr bei der DB Cargo hat davon nur noch einen Anteil von rund einem Drittel. Das übrige Drittel im gesamten SGV verteilt sich ungefähr hälftig auf den Maritimen und den Kontinentalen KV. Der SGV ist zudem international geprägt: 56% der Transporte sind internationale Transportfälle – Transitverkehre oder Transporte von und nach dem Ausland (siehe Abbildung 4).

**Abbildung 3: Aufteilung des Schienengüterverkehrsmarktes nach Teilmärkten [VP 2030]**



**Abbildung 4: Aufteilung des Schienengüterverkehrsmarktes eigene Berechnungen und [Sonntag/Liedtke 2015]**



Aufgrund von Bündelungsvorteilen und dem wirtschaftsgeografischen Verlauf von Transportströmen konzentriert sich der SGV in Deutschland nur auf wenige Strecken bzw. Korridore. Von besonderer Bedeutung ist der Verkehr entlang des Rheintals vom Ruhrgebiet bis in die Schweiz. Daneben spielen auch noch der parallele Korridor Hamburg-Fulda-Nürnberg-München weiter in Richtung Alpen und einige Verbindungsstrecken nach Skandinavien, Osteuropa und Südosteuropa eine wichtige Rolle.

Der konventionelle Verkehr erreicht immer weniger Transportkunden in Form eines bedienten Gleisanschlusses: Verglichen mit den 1970er Jahren hat sich die Bahn sehr stark aus der Flächenbedienung zurückgezogen und erreicht heute auf diesem direkten Weg nur noch wenige große Versender und Empfänger. Während der SGV bei Massengütern wie Rohstoffe, Eisen- und Stahlprodukte, Chemische und Mineralölerzeugnisse noch hohe Marktanteile besitzt, so ist der Konventionelle Verkehr auf der Schiene bei hochwertigen Produktions- und Konsumprodukten immer mehr zu einem Nischenangebot degeneriert. Seit 2001 hat sich die Anzahl der privaten Gleisanschlüsse von knapp über 6.000 auf nicht einmal 3.200 im Jahr 2014 beinahe halbiert [VDV

2002, S. 29] [VDV 2015, S. 55]. Dieser Abkoppelungsprozess erfolgte aufgrund mangelnder Nachfrage und geringer Wirtschaftlichkeit der sog. Gleisanschlussbedienung. Industrie- und Logistikansiedelungen werden heutzutage selten in Hinblick auf eine Verknüpfung mit der Schiene mittels eines Gleisanschlusses geplant.

Um einen Zugang zu Schienentransporten zu ermöglichen, wurde der Kombinierte Verkehr aufgebaut und propagiert. Im maritimen KV zeigt sich inzwischen ein gutes und dichtes Netz, welches die Industrieregionen im Hinterland mit den Seehäfen (vor allem Hamburg, die Bremischen Häfen und zukünftig auch den Jade Weser Port) verbindet. Zum Ausbau des KV zu den Mittelmeerhäfen existieren zwar Pläne, die jedoch zunächst die Erweiterung der Schieneninfrastruktur in den Häfen und Qualitätsverbesserungen in den Logistikprozessen erfordern. Im Kontinentalen KV ist das bestehende Netz als vergleichsweise grob zu bezeichnen. Es fehlen hier die großen logistischen Konsolidierungspunkte, an denen mehrere Güterströme effektiv gebündelt werden können. Jedoch zeigen sich sehr erfolgreiche Fernverbindungen auf langen Transportrelationen wie zum Beispiel zwischen Deutschland und Norditalien oder zwischen Duisburg und China. Aufgrund des doppelten Umschlags Straßen/Schiene und dafür notwendigen Ressourcen (Wartezeiten, Umschlagkosten) ist der kontinentale KV gegenüber dem Lkw-Verkehr erst ab einer Transportweite von ca. 400-600 km ein für die Wirtschaft akzeptabler Transportmodus.

Mit Ausnahme der meisten Lokomotiven und weniger Wagontypen befindet sich das Rollmaterial des SGVs auf dem Technologiestand der ersten Hälfte der 20. Jahrhunderts. Daraus folgen für den SGV aufwändige manuelle Rangier- und Kupplungsvorgänge, limitierte Zuglängen und -gewichte, aufwändige Kontrollprozeduren vor der Zugabfahrt und schließlich eine träge Fahrdynamik. Andererseits führt diese technologische Überalterung dazu, dass bereits abgeschriebene Güterwagen von den Versendern als Lager genutzt werden.

## **2 Stand des Wissens zur Güterverkehrsverlagerung**

In der Fachliteratur gibt es zahlreiche Beiträge zur Güterverkehrsverlagerung auf die Schiene. Um den Wissensstand zusammenzutragen, wird eine systematische Literaturanalyse durchgeführt. Zunächst werden mehr als 30 nationale und internationale Beiträge in Fachzeitschriften, Vorträge, Statistiken, Dissertationen und Studien recherchiert, die technologische, organisatorische, infrastrukturelle und regulative Maßnahmen zur Güterverkehrsverlagerung beschreiben. Diese Maßnahmen werden anschließend zu sinnvollen Maßnahmenbereichen zusammengefasst und in Maßnahmenfeldern gebündelt. Für die Darstellung der Ergebnisse werden die Maßnahmenfelder aufgeteilt in technische und organisatorische Maßnahmen sowie in politische Maßnahmen zur Steigerung der Attraktivität der SGVs.

Der Umsetzung von Maßnahmen können Hemmnisse entgegenstehen. Daher werden im Anschluss an die recherchierten Maßnahme Hemmnisse dargestellt. Um diese Hemmnisse zu identifizieren, wurden im Rahmen der Studie zum einen drei Fachworkshops zu den Themen Infrastruktur, Multimodale Knoten und Rollmaterial mit Vertretern aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik durchgeführt.<sup>8</sup> Zum anderen basieren die Hemmnisse auf Hintergrundgesprächen mit Fachexperten.

### **2.1 Technische und organisatorische Maßnahmen zur Steigerung der Attraktivität des SGV und deren Hemmnisse**

#### **2.1.1 Infrastruktur**

Um eine Verlagerungswirkung auf die Schiene zu erzielen, muss sowohl die Leistungsfähigkeit, die Flexibilität gegenüber den Kundenanforderungen als auch die Zuverlässigkeit der Infrastruktur gesteigert werden. Hierzu werden in der Literatur unter anderem kapazitätssteigernde Maßnahmen ohne eine Änderung der Infrastrukturmenge in Form eines Neu- oder Ausbaus empfohlen. So können sich beispielsweise die Verringerung von Blockabständen oder die Erhöhung der Höchstgeschwindigkeit bereits ohne Infrastrukturausbau kapazitätssteigernd auswirken. Zusätzlich wird in der Literatur empfohlen, ein Vorrangnetz für den Güterverkehr aufzubauen, um Personen- und Güterverkehr zumindest auf wichtigen, hochbelasteten Korridoren zu entmischen und so weitere Trassen für den Güterverkehr zu erhalten. Kapazitätssteigernde Maßnahmen in der Infrastruktur können sich auch positiv auf die Zuverlässigkeit auswirken, wenn dadurch Störungen besser operativ umfahren werden können und diese sich dadurch weniger stark auf den Betriebsablauf auswirken. Schließlich werden in der Literatur auch Infrastrukturmaßnahmen hinsichtlich der Zugsicherung und Elektrifizierung genannt, die an dieser Stelle der Vollständigkeit halber aufgeführt werden. Das Ergebnis der Literaturrecherche mit den dort vorgeschlagenen Maßnahmenbereichen und Einzelmaßnahmen ist in Tabelle 1 zusammengefasst.

---

<sup>8</sup> Weitere Informationen zu den durchgeführten Workshops sowie die Dokumentationen und Präsentationen sind zu finden unter: <http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/MKS/mks-fachworkshop-schienenverkehr-infrastruktur.html>

**Tabelle 1: Ausgewählte Infrastrukturmaßnahmen**

Maßnahmenfeld	Maßnahmenbereich	Einzelmaßnahme (Auswahl)	Quellen
<b>Infrastruktur- ausbau</b>	Neu- oder Ausbau zur Entmischung von Personen- und Güterverkehr auf der Schiene	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorrangnetz für den Güterverkehr</li> <li>• Erhöhung der Kapazitäten der Schiene für Hinterlandverkehre deutscher Seehäfen</li> <li>• Umfahrungsmöglichkeiten schaffen</li> <li>• Zusätzliche Überholgleise und Ausweichgleise</li> </ul>	[UBA 2009] [Siegmann 2010] [Öko-Institut 2007] [Transforum 2014] [KTH 2013] [Assist 2013] [HTC/RMC 2013] [Höft 2016]
	Zugsicherung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung ETCS auf den von der DB Netz vorgesehenen TEN-V Korridoren</li> </ul>	[Öko-Institut 2007] [UBA 2009] [DB Netze 2014]
	Elektrifizierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• weitere Elektrifizierung des Streckennetzes zur Schließung von Elektrifizierungslücken</li> </ul>	[Siegmann 2010] [Holzhey 2010]
<b>Verbesserung von schienengüter- verkehrsbezogenen Angeboten</b>	Ladekapazität	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einsatz längerer Züge</li> <li>• Einsatz schwererer Züge</li> </ul>	[Öko-Institut 2007] [KombiConsult 2010] [Holzhey 2010] [Transforum 2014] [KTH 2013]
	Servicequalität	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durchgehende Transport- und Qualitätssicherung</li> </ul>	[Herrler 2012]
	Kapazitätssteigernd ohne Neubau von Infrastruktur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verringerung der Blockabstände</li> <li>• Anpassung der Zuggeschwindigkeiten auf Mischstrecken, damit Geschwindigkeitsdelta zwischen SPV und SGV kleiner wird</li> </ul>	[UBA 2009] [Siegmann 2010] [KombiConsult 2010] [Transforum 2014] [KTH 2013]

Den beschriebenen Maßnahmen stehen jedoch Hemmnisse gegenüber. Diese werden im Folgenden beschrieben.

### **Mangel bei Pünktlichkeit und Zuverlässigkeit**

Ein Vertreter der Interessensgemeinschaft der Bahnspediteure bemängelt in einem MKS-Fachworkshop die Zuverlässigkeit und die Pünktlichkeit sowie die langen Transportzeiten (z.B. aufgrund betriebsbedingter Wartezeiten) des Verkehrsträgers Schiene [vgl. Infrastruktur 2015]. Eine



hohe Unzuverlässigkeit hat Auswirkungen auf die Betriebskosten im SGV (höhere Kapitalbindungskosten für das Rollmaterial und Wartezeiten von Lkw bei intermodalen Verkehren, geplante Lokübergänge verzögern sich) und auf die nachgelagerten Logistikprozesse der Empfänger und Verloader. Unzuverlässigkeiten sollten daher unbedingt vermieden werden. Die Ursache für die Unzuverlässigkeit besteht unter anderem darin, dass das Schienenverkehrssystem ein fahrwegseitig gesteuertes System mit Fahrstraßen und Zugtrassen darstellt und es zu Folgeverspätungen kommen kann [Pachl 2008]. Diese Verspätungen werden aus unterschiedlichen Gründen, zum Beispiel weil Trassen noch belegt sind, auch auf andere Züge weitergegeben.

Zur Erhöhung der Pünktlichkeit und Zuverlässigkeit müssten geeignete Infrastrukturmaßnahmen in den Bundesverkehrswegeplan (BVWP) aufgenommen werden. Jedoch ist eine mangelnde Zuverlässigkeit derzeit kein Kriterium, um in den vordringlichen Bedarf des BVWP aufgenommen zu werden. Hier sind allein Kosten-Nutzen-Bewertungen ausschlaggebend, die sich nicht bei jeder Engpassbeseitigung als ausreichend darstellen, da auch nach einer Engpassbeseitigung nicht zwangsläufig zusätzliche Nachfrage entsteht.

### **Mangel an Überhol- und Ausweichgleisen**

Es bestehen räumliche und zeitliche Kapazitätsengpässe auf den Strecken und in den Bahnhöfen. Der Rückbau von betrieblicher Infrastruktur z.B. in Form von Überhol- und Wartegleisen führt dazu, dass vor allem in Spitzenzeiten oder bei Abweichungen vom Fahrplan wenig Alternativen im Schienennetz zur Verfügung stehen. Werden zusätzliche, betriebsbedingte Halte zum Überholen langsamer Züge durch schnellere Züge notwendig, verlängern sich die Fahrzeiten der langsameren Züge und die Leistungsfähigkeit des Netzes sinkt ebenfalls. Überholungsgleise oder zusätzliche Möglichkeiten für Zugkreuzungen auf eingleisigen Strecken schaffen Spielräume bei der Planung und der operativen Zugdisposition. Verspätete Güterzüge können dann leichter in den Betriebsablauf integriert werden. Wichtig ist, eine flexible Betriebsführung zu ermöglichen, um bei Störungen reagieren zu können und insgesamt die Kapazität zu steigern.

Um Kapazitätsengpässe aufzulösen, wurde ebenfalls die Schaffung von Ausweichgleisen vorgeschlagen. Diese werden über Fahrstraßen mit Weichen angebunden, die ein Befahren mit 80 km/h ermöglichen. So können Güterzüge mit hoher Geschwindigkeit einfahren und ggf. erst nach dem Erreichen der Zugschlussstelle abbremsen. Dadurch verringert sich die Belegungszeit des Blockabschnittes, da ein Güterzug nicht oder nur geringfügig vor dem Erreichen der Zugschlussstelle abbremsen muss.

Der Bau solcher Überhol- und Ausweichgleise bedarf eines langen Planungsvorlaufs. Vor dem Bau ist zu prüfen, ob dies volkswirtschaftlich im Vergleich zum kompletten Ausbau einer Strecke unter den gegebenen Bedingungen sinnvoll erscheint. Ist aufgrund einer geplanten Kapazitätserweiterung ein Planfeststellungsbeschluss erforderlich, lohnt es sich ggf. Kapazitätserweiterungen über eine längere Strecke in einer Planung für eine Ausbaustrecke zu bündeln. Auch die Einbindung zusätzlicher Weichen in bestehende Elektronische Stellwerke (ESTW) bringen hohe Anpassungskosten der Stellwerkstechnik bzw. -software mit sich, sodass sich Alternativ ein genereller Ausbau einer

kompletten Strecke mit stark erweiterten Kapazitäten anbieten kann. Ebenso ist die Bündelung der Baumaßnahmen an einer Strecke dahingehend sinnvoll, dass durch den Bau verursachte Kapazitätseinschränkungen nur einmal auftreten und bereits durch langfristige Fahrplananpassungen deren Folgen abgemildert werden.

### **Planung und Bau von Schieneninfrastruktur**

Für den Infrastrukturausbau ergeben sich ebenfalls Herausforderungen. So ist die Planung von Veränderungen und deren Umsetzung durch Schaffung neuer Schieneninfrastruktur nur langfristig möglich, da u.a. Planungsprozesse eingehalten, bau- und lärmrechtliche Aspekte bis hin zu Planfeststellungsverfahren berücksichtigt werden müssen und dabei zusätzlich Akzeptanzprobleme auf Seiten der Bevölkerung auftreten können. Kurzfristig erforderliche Infrastrukturbaumaßnahmen zur gezielten Kapazitätsverbesserung infolge Bedarfsveränderungen sind durch die langen Planungsvorläufe schwierig bzw. unmöglich. Die Finanzierung von Infrastrukturprojekten (z.B. über das Bundesschienenwegeausbaugesetz (BSchWAG)) erfolgt auf der Basis der BVWP sehr langfristig, was kurzfristige Anpassungen generell erschwert. Hierbei ist auch der Mangel an Fachkräften und Ingenieuren zur Durchführung der Planungen ein auftretendes Hemmnis.

#### **2.1.2 Knoten**

Im Bereich der Knoten – hierunter sind sowohl die Güterverkehrsstellen, Umschlagterminals als auch die Knoten- und Rangierbahnhöfe zu verstehen – werden in der Literatur eine ganze Reihe von Maßnahmen beschrieben. Diese werden in dieser Studie in Maßnahmenbereiche eingruppiert und zu insgesamt drei Maßnahmenfeldern zusammengefasst.

#### **Erstes Maßnahmenfeld: Knotenprozesse**

Das erste Maßnahmenfeld beinhaltet die Beschleunigung von Knotenprozessen. Dies bedeutet, dass das Beschleunigen von Be- und Entladevorgängen u.a. durch (halb-) automatisierte Umschlagstechnologien zum Güterumschlag erfolgt, um die Standzeiten der Güterwagen bei der Be- und Entladung zu verringern. So haben sich bereits bei vielen Massengütern Güterwagen mit sog. Schwerkraftentladung (dosiert oder schlagartig) durchgesetzt. Insbesondere können damit Ganzzüge, die zum Transport von Massengütern zwischen einer Verlade- und einer Entladestelle pendeln, schneller umlaufen. Weiterhin beschleunigen automatische Fahrzeugüberwachungstechniken bis hin zu automatischen Bremsproben<sup>9</sup> zusätzlich die Zugbildung. Dadurch können die Aufenthaltszeiten in den Knoten und damit die Wagenturnlaufzeiten<sup>10</sup> reduziert werden. Die zugbezogenen Kapitalbindungskosten für Güterwagen und Lokomotiven können dadurch reduziert werden, was sich positiv auf die Kostenstruktur im SGV auswirkt.

---

<sup>9</sup> Bei einer Bremsprobe wird nach der Zugbildung bzw. der Beladung/Entladung von Güterwagen die Funktionsfähigkeit der Bremsen geprüft.

<sup>10</sup> Die Wagenturnlaufzeit ist der Zeitraum zwischen der Beladung eines Güterwagens bis zu dessen erneuter Beladung

## Zweites Maßnahmenfeld: Netzzugang

Dieses zielt auf eine höhere Verfügbarkeit des Netzzuganges, um zusätzliche Güter auf die Schiene zu verladen. Hierzu müssen zum einen neue Zugangsmöglichkeiten für Kunden und alle Eisenbahnverkehrsunternehmen zur Schieneninfrastruktur geschaffen werden. Zum anderen ist es erforderlich, die Kapazitäten bestehender Umschlaganlagen zu erweitern und Ladestraßen für 740 m-lange Güterzüge zu verlängern.

## Drittes Maßnahmenfeld: Logistische Prozesse

In der Literatur wird die Vernetzung verschiedener Akteure wie Verloader, Empfänger oder Eisenbahnverkehrsunternehmen gefordert, um logistische Prozesse effizienter abzubilden. Diese Maßnahme wird im Maßnahmenfeld Logistische Prozesse zusammengefasst. Schließlich werden auch Maßnahmen hinsichtlich des Zugbetriebes vorgeschlagen.

Das Ergebnis der Literaturanalyse und die Gruppierung der Maßnahmen in die Maßnahmenbereiche und -felder sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

**Tabelle 2: Auswahl von Maßnahmen zu Multimodalen Knoten**

Maßnahmenfeld	Maßnahmenbereich	Einzelmaßnahme (Auswahl)	Quellen
<b>Beschleunigung von Knotenprozessen</b>	Prozesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schneller (Teil-)automatischer Umschlag von Containern</li> <li>• Terminalbetriebsführung</li> <li>• Automatische Ladeeinheitenprüfung</li> <li>• Automatische Bremsprobe</li> <li>• Automatische Fahrzeugzustandsüberwachung</li> <li>• Automatisches Rangieren</li> <li>• Verbesserte Abstimmung an der Schnittstelle bei Be- und Entladung</li> </ul>	[KombiConsult 2010] [TIS 2012] [Höft 2016]
	Technologie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimale Beladungstechnik</li> <li>• Schnelle, automatische Türöffnungstechnologien</li> <li>• Volumenfähigkeit der Wagen</li> </ul>	[Siegmann 2010] [TIS 2012] [KTH 2013]
<b>Verfügbarkeit Netzzugang</b>	Neu- und Ausbau	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Förderung multimodaler GVZ</li> </ul>	[TransCare 2006] [UBA 2009]
	Innovationen für regionale Wirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung zentraler Logistikstandorte</li> </ul>	[Öko-Institut 2007]

Maßnahmenfeld	Maßnahmenbereich	Einzelmaßnahme (Auswahl)	Quellen
<b>Logistische Prozesse</b>	Vernetzung verschiedener Akteure	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Effiziente Vernetzung von Dienstleistern, Prozessen und Ressourcen</li> <li>• Aufbau EVU-unabhängiger Plattform für SGV-Angebote</li> <li>• Förderung der Zusammenarbeit von Verladern und Empfängern von Gütern für gemeinsame Logistikzentren</li> </ul>	<p>[Öko-Institut 2007]  [UBA 2009]  [TIS 2012]  [KTH 2013]</p>

Viele Knoten bieten heute nicht die notwendigen Voraussetzungen und Bedingungen, die für eine weitere Potenzialerschließung im KV notwendig sind.

### **Kapazitätsgrenze der KV-Terminals erreicht**

Die KV-Terminals sind in Spitzenzeiten überlastet. Viele attraktive Anliefer- und Abholungszeitfenster sind an den KV-Terminals in den Spitzenstunden ausgebucht. In den großen Terminalanlagen herrscht bereits 3-Schicht-Betrieb von Montag bis Samstag. Dies spricht in erster Linie dafür, dass diese Anlagen für den Kunden attraktiv sind und eine Nachfrage besteht. Auch einige kleine Anlagen arbeiten bereits rund um die Uhr. An kleinen KV-Terminals hingegen gibt es nur einen Zweischichtbetrieb. Es ist nur tagsüber geöffnet und geben so den Lkw die Liefer- und Abholzeiten vor [vgl. Knoten 2015].

Zudem sind nicht ausreichend Abstellflächen für Container und Sattelaufleger vorhanden. Pro Tag werden mehrere Züge auf einem Umschlaggleis abgefertigt und es ist logistisch notwendig, Ladeeinheiten zwischenzulagern. Dies betrifft neben den Containern im maritimen KV vor allem das flächenintensive Lagern von Sattelauflegern [vgl. Knoten 2015].

Die Überlastung zu Spitzenzeiten und fehlende Abstellflächen zeigen, dass die KV-Terminals ihre Kapazitätsgrenzen zunehmend erreichen. Dies kann zu zusätzlichen Wartezeiten sowohl bei KV-Zügen als auch bei der Anlieferung und Abholung von Ladeeinheiten führen, da Züge und Lkw auf ihre Abfertigung warten müssen. Dies kann negative Auswirkungen auf die Betriebskosten des KV-Terminals und die Zuverlässigkeit der gesamten Transportkette von Rampe zu Rampe haben. Eine höhere Unzuverlässigkeit der Schienengütertransporte wirkt sich auch auf nachgelagerte Logistikprozesse der Empfänger und Verlader aus. Aufgrund der Forderung von Nicht-Kannibalisierung im Rahmen der bestehenden KV-Förderung werden zusätzliche KV-Terminals erst dann gebaut, wenn existierende an absolute Wachstumsgrenzen stoßen. Dies führt dazu, dass die Bereitstellung von Kapazitäten der Nachfrage oft viele Jahre hinterherhinkt [vgl. Knoten 2015].

### **Mangelnde Straßenerreichbarkeit**

Um die Nutzung des SGVs durch schnelle Umlaufzeiten der Lkw attraktiver zu machen, ist eine gute Straßenanbindung erforderlich. Die Entwicklung der KV-Terminals sollte daher neben Flächenbedarf und -verfügbarkeit sowohl regionale (bei Straßenanbindung) als auch überregionale

(Schienenanbindung) Voraussetzungen berücksichtigen. Die derzeitigen Standorte der Terminals orientieren sich jedoch am Schienennetz und vernachlässigen die Straßenreichbarkeit. Die Regionalverbände des Transport- und Speditionsgewerbes sollten bei der Standortfindung eines KV-Terminals mit einbezogen werden, da die Einbindung im Rahmen eines Planfeststellungsverfahrens möglicherweise nicht ausreicht.

### **Geringe Marktwachstumserwartungen**

Nicht zuletzt scheinen die bisherigen Regelungen zur Förderung von KV-Terminals für nicht-bundeseigene Eisenbahnverkehrsunternehmen an ihre Grenzen zu stoßen. Dies zeigt sich darin, dass die bisherigen, jährlich bereitgestellten finanziellen Mittel aus dem Förderprogramm des Bundes nicht vollständig abgerufen werden [DVZ 2016]. Eine mögliche Ursache kann sein, dass auf Seiten der Terminalbetreiber keine hinreichenden Wachstumserwartungen mehr für zusätzliches Potenzial zum Beispiel beim kontinentalen KV gesehen wird, obwohl der Straßengüterverkehr vor allem auf Bundesstraßen kontinuierlich wächst und auch die Verkehrsprognose des Bundes [BVU et al. 2014] ein anhaltendes Wachstum prognostiziert. Als zu negativ bzw. gering eingeschätzte Marktwachstumserwartungen auf für den KV geeigneten Relationen führen zu einer reduzierten Investitions- und Innovationstätigkeit.

Die Förderung könnte auf andere Formen des multimodalen Güterverkehrs für den Umschlag kleiner Sendungsgrößen ausgeweitet und damit das europäische Konzept zur Multimodalität in Deutschland<sup>11</sup> umgesetzt werden.

### **2.1.3 Rollmaterial**

In der Literatur werden technische Innovationen im Güterwagen als notwendig erachtet, um Kosten für das Rollmaterial zu reduzieren, Umschlags- und Zugbildungszeiten zu verkürzen oder die Energieeffizienz des SGV insgesamt zu steigern. Die Maßnahmenvorschläge fokussieren sich auf die Automatisierung in Brems- und Kupplungstechnik, auf das Laufwerk, die Energieeffizienz des Güterwagens und die Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien, welche im Folgenden vorgestellt werden. Das Ergebnis der Literaturrecherche ist in Tabelle 3 zusammengefasst.

Die Teilautomatisierung von Knotenprozessen des SGVs wird derzeit in keiner Weise durch technische Komponenten des Rollmaterials unterstützt. Komponenten wie Schraubekupplungen, Druckluftbremsen, Radsätze und Drehgestelle etc. werden bereits seit vielen Jahren verwendet ohne, dass es Innovationen oder technische Verbesserungen gegeben hat. So benötigen derzeit zumeist manuelle Bedienprozesse (Kuppeln, Entkuppeln, Wagentechnische Untersuchung und Bremsprobe) viel Zeit, sodass die Wartezeiten (zum Beispiel für Umschlag, Zugbildung- und Zugauflösung, Zugfertigstellung) im Knoten sehr lang sind. Eine Teilautomatisierung zur Reduktion von Wartezeiten bedarf folglich einer technologischen Weiterentwicklung der Güterwagen im Bereich der Brems- und Kupplungstechnik sowie von Umschlagstechnologien.

---

<sup>11</sup> Vgl. EU Verordnung Nr. 1315/2013, Artikel 3, Absätze n) und s).

Innovationen in die Bremstechnik oder Radsätze und Drehgestelle können dazu beitragen, Wartungs- und Energiekosten einzusparen. Allein der Einsatz von Scheibenbremsen, die im Schienenpersonenverkehr seit langem Standard sind, bringt im Vergleich zur herkömmlichen Klotzbremse direkt an der Radlauffläche einige Vorteile mit sich. Dies sind unter anderem eine gleichmäßigere und besser dosierbare Bremswirkung, geringere Schallemissionen durch glattere Laufflächen der Räder, weniger Heißläufer, Möglichkeit mittels Sensorik die Funktionsfähigkeit zu überwachen.

Darüber hinaus sieht das [TIS 2012, S. 44] im Güterwagen die Schnittstelle zwischen dem SGV und dem Produktionssystem der Kunden, weshalb dem Güterwagen eine Schlüsselrolle bei der Erfüllung logistischer Anforderungen zukommt. Mithilfe geeigneter Informations- und Kommunikationstechnologien, wie der Ortung auf dem Streckennetz und Sensoren zur Ladungsüberwachung, können die Güterwagen in die Logistik und die Datenübertragung zum Transportkunden eingebunden und die Ladung bzw. die Transporte überwacht werden. Darüber hinaus können Sensoren zur Fahrzeugzustandsüberwachung eingesetzt werden, um automatisch deren Zustand zu überwachen und notwendige Wartungsarbeiten frühzeitig zu identifizieren und so Ausfälle im Rollmaterial vorzubeugen. Diese Maßnahmen sind im Maßnahmenfeld Informations- und Kommunikationstechnologien zusammengefasst.

Umschlagtechnologien spielen vor allem bei intermodalen Transportketten eine wichtige Rolle. Ziel der Verbesserung der Umschlagtechnologien ist die bessere Auslastung vorhandener Umschlaganlagen, der Umschlag von nicht-kranbaren Sattelaufliegern und nicht zuletzt ein verbessertes Angebot für die Transportkunden, d.h. vom Versender zum Empfänger.

Bei der Be- und Entladung im konventionellen Wagenladungsverkehr sind noch Potenziale vorhanden, um die Prozesse effizienter zu gestalten und vor allem zumindest teilweise zu automatisieren. So werden im Luftfrachtbereich Rollenböden verwendet, um effizienter Be- und Entladen zu können oder in Lkw-Sattelaufliegern werden sogenannte walking floors (bewegliche Böden) eingesetzt, die sowohl die Entladung von Schüttgut als auch Paletten unterstützen. Güterwagen, die beispielsweise mit einer dosierten oder schlagartigen Schwerkraftentladung ausgestattet sind oder auch die wenige Güterwagen, die über kippfähige Transportbehältnisse verfügen, sind der Konkurrenz auf der Straße mit einer Vielzahl gutartsspezifischer Aufbauten klar unterlegen.

Ergänzend zu den Innovationen im Güterwagenbereich werden auch Innovationen in der Triebfahrzeugtechnik vorgeschlagen [Mitusch et.al. 2014]. So können rein elektrisch angetriebene Lokomotiven mit einem eigenen Energiespeicher für die letzte Meile ausgestattet werden. Eine andere Idee sieht den Einsatz von Hybridlokomotiven als zielführend an, um elektrifizierte und nicht-elektrifizierte Strecken befahren zu können [Fraunhofer 2014, S. 31].

**Tabelle 3: Maßnahmen zum Rollmaterial**

Maßnahmenfeld	Maßnahmenbereich	Einzelmaßnahmen (Auswahl)	Quellen
<b>Güterwagen-technologie</b>	Bremstechnik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Scheibenbremsen</li> <li>• Rekuperation</li> <li>• Elektropneumatisches Bremssystem</li> <li>• Automatische Bremsprobe</li> </ul>	[Siegmann 2010] [Fraunhofer 2014] [Mitusch et.al. 2014] [TIS 2012] [KTH 2013] [Höft 2016]
	Kupplung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einsatz automatischer Kupplungen</li> </ul>	[Siegmann 2010] [Fraunhofer 2014] [Mitusch et.al. 2014] [TIS 2012] [Höft 2016]
	Drehgestell	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flachstellen vermeiden</li> <li>• Schalldämpfende Maßnahmen</li> <li>• Schwingungsmoden-optimierung</li> </ul>	[TIS 2012]
<b>Energieeffizienz</b>	Energieeffizienz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Besseres Verhältnis Nutzmasse zu Eigenmasse</li> <li>• Anpassung des Querschnittes des Güterwagens an das Lichtraumprofil GC</li> <li>• Verbesserte Aerodynamik</li> <li>• Radial einstellende Drehgestelle</li> </ul>	[TIS 2012] [Mitusch et.al. 2014]
<b>Intelligenter Güterwagen</b>	Informations- und Kommunikationstechnologie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GPS-Fahrzeug-Ortung</li> <li>• Einbindung des Güterwagens in die Logistik und die Datenübertragung zum Kunden</li> <li>• Fahrzeugzustandsüberwachung</li> <li>• Ladungsüberwachung</li> </ul>	[TIS 2012] [Transforum 2014] [Höft 2016]
<b>Effiziente Umschlagtechnologien</b>	Umschlag von Einzelgütern und von standardisierten Ladeeinheiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vorhandene KV-Umschlag-Terminals effizienter Nutzen (Erhöhung Leistungsfähigkeit bei hoher Servicequalität)</li> <li>• Umschlag nicht kranbarer Sattelaufleger</li> <li>• (Teil-)Automatisierung der Be- und Entladung von Güterwagen</li> </ul>	[Berndt 2001] [Knoten 2015]

Maßnahmenfeld	Maßnahmenbereich	Einzelmaßnahmen (Auswahl)	Quellen
Innovative Triebfahrzeugtechnik	Antrieb	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Triebköpfe bzw. Lokomotiven mit eigenem Energiespeicher für die Letzte Meile</li> <li>• Einsatz von Hybridlokomotiven</li> </ul>	[Mitusch et.al. 2014] [Fraunhofer 2014]

Im dritten Fachworkshop am 17.09.2015 wurde berichtet, dass die Investitionen in innovative Güterwagentechnik nur in einem geringen Umfang stattfinden [vgl. Güterwagen 2015]. Im Folgenden werden die wesentlichen Gründe aufgeführt.

### **Der Nutzen einer Innovation wird nicht an alle Akteure weitergegeben**

Der originäre Nutzen z.B. die Einsparungen durch geringere Trassengebühren kommen nicht direkt den Haltern (z.B. Vermiet- und Leasinggesellschaften) der Güterwagen zugute, sondern verbleiben bei den EVUs. Daher haben die Güterwagenhalter von sich aus zunächst keinen Anreiz, Innovationen in ihr Rollmaterial einzuführen. Die Folge ist, dass Investitionen unterbleiben, da keine Anreize bestehen. Das bedeutet, dass die Wagenhalter nachfrageseitige Anreize von den EVU bzw. von anderen Mietern ihrer Güterwagen benötigen.

### **Innovationen bieten nur geringe Wirtschaftlichkeitsvorteile**

Bei den EVU bestehen ihrerseits ebenfalls Hemmnisse bei der Realisierung von Innovationen. Im Fachworkshop wurde berichtet, dass mit der Nutzung derzeitig verfügbarer inkrementellen Innovationen (Einführung neuer Bremssohlen, Einführung von Informationssystemen zur Fahrzeugzustandsüberwachung) keine oder nur vergleichsweise geringe Wirtschaftlichkeitsvorteile im Einsatz erreicht werden. Dem stehen jedoch auch Risiken gegenüber, wenn ein funktionierendes Güterwagensystem umgerüstet wird (zum Beispiel neue Handlingprozesse bei der Abfertigung eines Zuges müssen erlernt werden).

### **Fehlende Netzwerkfähigkeit von Innovationen**

Systeminnovationen, wie die automatische Kupplung oder eine innovative Bremssteuerung, können die Grundlage für weitere technologische und organisatorische Innovationen im SGV bieten. Jedoch scheitern die genannten Beispiele an der fehlenden Netzwerkfähigkeit. Bei Systeminnovationen sollten eine kritische Masse im Rollmaterial umgerüstet werden, um einen positiven Effekt zu erreichen. Dies erhöht zum einen das Investitionsvolumen und zum anderen steigt mit hohem Investitionsvolumen automatisch das finanzielle Risiko, dass sich die Investitionen nicht auszahlen. Werden hingegen nur einzelne Güterwagen umgerüstet oder mit neuer Technik beschafft, so sind diese mit der übrigen Wagenflotte nicht mehr oder nur bedingt kompatibel. Sie können dann nur innerhalb eines geschlossenen Systems für regelmäßig stattfindende Transporte (z.B. als Pendelzüge) genutzt werden und ihre Vorteile nutzen. Es sollten daher zunächst Güterwagen umgerüstet werden, die als Ganzzüge in geschlossenen Systemen verkehren.



## **Anreize für Innovationen schwierig umsetzbar**

Innovationen in Güterwagen sind schlecht über einen Anreiz des Trassenpreissystems zu fördern. Wenn die Innovationen nicht bereits von sich aus wirtschaftlich für Halter bzw. EVU sind, dann würden über ein Bonus/Malus-System im Trassenpreis den übrigen EVU zusätzliche Infrastrukturkosten angelastet. Dagegen gäbe es sehr hohe Widerstände (Wettbewerbsverzerrung). Besser wäre es, wenn die Innovationen ggf. mit einer Förderung der öffentlichen Hand wirtschaftlich darstellbar wären und dann zunächst in Nischenmärkten eingeführt und kommerziell getestet würden.

## **Langwierige Erprobungs- und Zulassungsprozesse**

Die Erprobungs- und Zulassungsprozesse für neue Technologien in Güterwagen sind auf deutscher und europäischer Ebene zu langwierig und unflexibel. Dies erhöht das Risiko für eine Investition, sodass ein erwarteter Nutzen erst verhältnismäßig spät oder im Falle des Scheiterns der Zulassung gar nicht realisiert werden kann. Ursache dafür ist auch eine Disharmonie der Interessen zwischen der zulassenden Stelle und dem Investor bzw. Halter der Güterwagen und Triebfahrzeuge. Juristisch gesehen kann die für die Zulassung verantwortliche Stelle im Falle eines technischen Versagens der Technik mit zur Verantwortung gezogen werden.

Zusammenfassend bedeutet dies, dass technologische Innovationen, die in einer Nische beginnen und dort kommerziell getestet werden, zur Verbesserung und Erweiterung der Transportdienstleistungen des gesamten SGV dringend notwendig sind. Auf Seiten der Verlager besteht jedoch nur dann eine Zahlungsbereitschaft, wenn hierdurch ein Zusatznutzen in Form einer verbesserten Transportdienstleistung generiert, Personalkosten in Anschlussbahnen reduziert und nicht zuletzt die Qualität und Zuverlässigkeit der Transportdienstleistung erhöht wird. [Wittenbrink 2015] beklagt zusätzlich die bestehenden intermodalen Wettbewerbsverzerrungen zu Lasten der Schiene (sinkende Lkw-Maut bei gleichzeitiger Verschärfung der Kostensituation der Bahn durch z.B. Anstieg von Trassengebühren, EEG-Umlage, Stromsteuer, lärmabhängiges Trassenpreissystem, Zugsicherungssystem). Diese führen dazu, dass die Renditeerwartungen der Wagenhalter gering sind (bei gleichzeitigem Risiko, dass eine Innovation nicht auf Nachfrage trifft).

## **2.2 Politische Maßnahmen zur Steigerung der Attraktivität des SGV**

### **2.2.1 Infrastrukturpolitik und Verkehrswegeausbau**

Traditionell ist der Bund für die Planung und Finanzierung des Infrastrukturausbaus zuständig. Im Eisenbahnbereich gibt es darüber hinaus einige Besonderheiten.

In diesem Kontext ist zunächst der BVWP als ein verkehrsträgerübergreifender Investitionsrahmenplan für den Erhalt und Ausbau der Verkehrsinfrastruktur zu nennen. Es erfolgt eine Prioritätensetzung von Infrastrukturprojekten für die Verkehrsträger Straße, Schiene und Binnenwasserstraße für einen Planungszeitraum von 10 bis 15 Jahren. Die BVWP ist ein etablierter und funktionsfähiger Prozess zur Abstimmung des Infrastrukturausbaus. Die BVWP basiert zunächst auf einer Projektformulierung und -einreichung durch Infrastrukturbetreiber, die Länder und ggf. privater Initiativen und besitzt damit Prinzipien dezentraler Entscheidungsfindung- und Abstimmung.

Die Auswahl von realisierungsfähigen Projekten basiert vor allem auf Basis einer Kosten-Nutzen Untersuchung, womit Prinzipien der Optimierung angewendet werden. Eine Festlegung der Vorhaben erfolgt abgestimmt mit der Finanzplanung im Rahmen der Ausbaugesetze und deren Bedarfsplänen (Bundesschienenwegeausbaugesetz BSchWAG und Fernstraßenausbaugesetz FStrAbG).

Der Ausbau und der Erhalt des Bestandsnetzes der Schieneninfrastruktur erfolgt für bundeseigene EIU über das Bundesschienenwegeausbaugesetz (BSchwAG) und die Leistungs- und Finanzierungsvereinbarung (LuFV). Das BSchwAG bestimmt die Finanzierung von Investitionen in die Schienenwege der Eisenbahnen des Bundes und umfasst Bau, Ausbau und Ersatzinvestitionen der Schienenwege, die im Bedarfsplan festgelegt sind. Die LuFV ergänzt das BSchwAG und unterstützt die DB Netz AG beim Erhalt des Bestandnetzes. Der Bund kann hierbei Mittel zurückfordern, wenn eine vereinbarte Infrastrukturqualität nicht sichergestellt wird. LuFV I (2009-2014) beinhaltet jährliche Mittel in Höhe von 2,5 Mrd. €, LuFV II (2015-2019) umfasst jährliche Investitionsvolumen von etwa 4 Mrd. €

Der Ausbau und Erhalt der Schieneninfrastruktur für nicht-bundeseigene Eisenbahnen obliegt diesen Eisenbahnen. Allerdings können diese sich Zugangstellen zur Schieneninfrastruktur fördern lassen – Terminals des Kombinierten Verkehrs und Gleisanschlüsse. Zusätzlich existiert seit 2013 das Schienengüterfernverkehrsnetzförderungsgesetz (SGFFG) zur Förderung von Ersatzinvestitionen von nicht bundeseigener Eisenbahninfrastruktur, die dem Schienengüterfernverkehr dient. Die maximale Förderhöhe beträgt 50 % der Ersatzinvestitionen.

Ein Teil der Bundesförderung für die Schieneninfrastruktur im Rahmen der BSchWAG umfasst auch den Bau intermodaler Terminals. Diese Bundeterminals werden in der Regel an zentralen Knoten des Schienensystems errichtet und von der Deutschen Umschlaggesellschaft Straße-Schiene betrieben.

Der Bund fördert auch die Lärmsanierung an bestehenden Schienenwegen durch eine Vollfinanzierung von aktiven und passiven Lärmschutzmaßnahmen an Schienenwegen. Diese Förderung gilt in erster Linie für bundeseigene Eisenbahninfrastrukturunternehmen, kann aber auch an private EIUs weitergegeben werden.

### 2.2.2 Innovationsförderung und -politik

Derzeit gibt es keine systematische Förderung von Technologien von der Invention zur Innovation im SGV. Die Forschungs- und Wirtschaftsministerien sowie die Europäische Kommission fördern zwar die Erforschung und Entwicklung neuer Technologien und Organisations- und Geschäftsmodelle in verschiedensten Sektoren. Die Forschungsförderung hängt jedoch stark von den politischen Rahmenvorgaben und der Ausgestaltung von Ausschreibungen und rechtlichen Rahmenbedingungen ab und kann daher variieren. Ein (nicht vollständiger) Auszug aktueller Förderprogramme zum SGV beinhaltet:

- Förderung der Forschung und Entwicklung von leichten Komponenten und Baugruppen für Personen- und Güterverkehrsfahrzeuge auf der Straße und der Schiene; durch das BMWi;

- Shift2Rail: europäisches Forschungsprogramm, welches unter anderem die Entwicklung von Innovationen im SGV fördert.
- Forschungs- und Entwicklungsprogramm „Aufbau und Erprobung von Innovativen Güterwagen“ im Auftrag des BMVI.

Selbst wenn eine Invention als erfolgreich angesehen wird, müssen für die erfolgreiche Markteinführung weitere Voraussetzungen erfüllt werden. Um mithilfe einer Kofinanzierung sowie Zuschüssen wie die KV-Förderrichtlinie (siehe Kapitel 2.2.5) Innovationen in den Markt einzuführen, sind meist Nachweise zur Wirtschaftlichkeit und Machbarkeit notwendig. Für Technologien, die noch nicht im großen Umfang eingesetzt werden, sind diese Nachweise von Innovatoren nicht nur schwierig zu erbringen, sondern oftmals auch kostenintensiv. Die Durchführung von Machbarkeitsstudien oder Ähnliches werden derzeit allerdings nicht gefördert. Dies kann zu einem Hemmnis zur Einführung von Innovationen besonders für Start-Up Unternehmen und Innovatoren werden. Im Endergebnis existiert in Deutschland (im Gegensatz zu Österreich) momentan kaum eine konsistente und durchgehende Forschungsförderung von der Invention, technischen Entwicklung, Geschäftsmodellentwicklung und prototypischer Erprobung bis hin zur Markteinführung für den SGV-Bereich.

Andererseits könnte der SGV von umfangreichen Forschungsförderungen aus dem Bereich „Logistik“ profitieren. Hierbei tritt jedoch das Problem auf, dass diese Forschungsprogramme eher auf die Nachfrageseiten denn auf die Angebotsseite von Transportdienstleistungen fokussieren.

### 2.2.3 Trassenbepreisung und -regulierung

Die EU hat in der Richtlinie 2012/34/EU die Grundsätze festgelegt, wie die Trassenentgelte zu erheben sind. Hierbei ist vorgesehen, dass die Trassenpreise zunächst die Grenzkosten der Betreiber der Schienenwege<sup>12</sup> abbilden, also die Kosten, die unmittelbar aufgrund des Zugbetriebes anfallen. Darüber hinaus gibt es Aufschläge, um die Fixkosten für die Infrastruktur zu decken. Im Rahmen dieses Konzeptes können Zu- oder Abschläge als Anreiz zur Verringerung von Störungen oder zur Berücksichtigung umweltbezogener Auswirkungen des Zugbetriebs (z.B. Lärm) vorgesehen werden. Komponenten für Innovationen beispielsweise im Rollmaterial sind nicht direkt abgedeckt.

Im Rahmen des sich derzeit in der Entwicklung befindlichen TPS2017 werden Elemente eines sogenannten Ramsey-Pricing umgesetzt. Dabei werden Grenzkosten des Zugbetriebs zuzüglich von Beiträgen zur teilweisen Fixkostendeckung kalkuliert<sup>13</sup>. Bisher wurden nur einzelne Komponenten dieses Systems veröffentlicht, so dass eine Beurteilung momentan noch nicht möglich ist. Es ist nicht

---

<sup>12</sup> Das Eisenbahnrecht unterscheidet zwischen Betreibern der Schienenwege und Betreibern von Serviceeinrichtungen. Nur für erstere gilt die Vorgabe des Konzeptes „Grenzkosten + Aufschlag“

<sup>13</sup> Bei einem konsequenten Ramsey Pricing bestünde der Tarif aus den Grenzkosten des Zugbetriebs (Abnutzung der Infrastruktur und negative Wirkungen eines Zuges auf den gesamten Betriebsablauf) und einem Zuschlag zur Fixkostendeckung, der antiproportional zur Nachfrageelastizität ist. Im aktuell diskutierten Schema werden Elemente zur Optimierung der Disposition und Zugleitung nicht direkt berücksichtigt. Der von den Ländern bestellte Nahverkehr fällt ebenso nicht unter die Regelung.

davon auszugehen, dass große Änderungen für den Güterverkehr anstehen. Durch eine Absenkung der Beiträge zur Fixkostendeckung könnte in Zukunft der Trassenpreis weiter gesenkt werden, was jedoch eine weitere Abkehr vom Idealbild nutzerfinanzierter Infrastrukturen darstellen würde.

Zudem werden über das Trassenpreissystem Anreize zur Senkung umweltbezogener externer Effekte, wie z.B. Lärm gesetzt. Im Falle des Schienenlärms übten Bürgerproteste einen starken Druck auf die Politik, was schließlich zur Einführung eines lärmabhängigen Trassenpreises führte.

Leider führen solchen Anreizinstrumente in der Praxis aufgrund folgender Tatbestände oft nicht zu den gewünschten Lenkungswirkungen:

- Den Akteuren stehen keine geeigneten Ausweichoptionen zur Verfügung, da es diese am Markt nicht gibt oder Umstellungskosten erforderlich machen würde, die sich nicht auszahlen würden. Entweder, die Akteure setzen dann ihr Verhalten weiterhin fort (Einsatz eines Güterwagens mit hohen Lärmemissionen) oder sie treten aus dem Markt aus.
- Die Anreizsignale kommen nicht beim letzten Entscheidungsträger an, da der von der Gebühr betroffene Akteur nicht über den Einsatz der Technologie entscheidet (siehe auch Hemmnisse in Kapitel 2.1.3).
- Aus technischen Gründen ist die Anwendbarkeit der Preisvariation (Umsetzung, Überprüfung, Sanktionierung) nicht gegeben.

Beim lärmabhängigen Trassenpreissystem besteht folglich eine erhöhte Gefahr, dass insbesondere ausländische Wagenhalter und die damit verbundenen Transporte zukünftig nicht mehr auf der Schiene abgewickelt werden.

#### 2.2.4 Wettbewerbliche Rahmenbedingungen

Im Vergleich zum Straßengüterverkehr sind die Marktstrukturen im SGV sehr unterschiedlich. So stellt der EWW aufgrund von Netzwerkeffekten und seiner Kostenstruktur ein natürliches Monopol dar und wird – falls noch überhaupt – von einem einzigen EVU dominiert. Das Innovationsverhalten und die Strategie dieses Unternehmens beeinflusst den gesamten EWW-Markt und die Einführung von Innovationen.

Die Infrastruktur unterliegt in Deutschland wie auch in den anderen Ländern der EU einer ökonomischen Regulierung, welche die Bereiche „Trassengebühr“, „Zugang zur Infrastruktur“ und „Serviceeinrichtungen“ umfasst. Damit sind auch die Zugänge zum System des SGVs von der Regulierung betroffen, was einerseits neue Anbieter in den Märkten vor der Macht des dominierenden Unternehmens schützen kann, aber andererseits eine Innovations- und Investitionstätigkeit bremsen kann.

Das Schienennetz unterliegt komplett einer Trassenbepreisung, d.h. es werden auch Kosten der nachrangigen Schieneninfrastruktur, welches vor allem dem Tourismus und dem ländlichen

Nahverkehr dient, den Nutzern verrechnet.<sup>14</sup> Hierbei handelt es sich um eine Ungleichbeteiligung der Verkehrsträger, da zum aktuellen Zeitpunkt eine Mauterhebung auf der Straße zunächst einmal nur auf dem Autobahnnetz und einigen zweistreifigen Bundesstraßen erfolgt.

### 2.2.5 Kofinanzierung und Zuschüsse

Private Firmen in ihrer Rolle als Versender, Betreiber von Umschlagsinfrastruktur und Transportunternehmen können auch in den Genuss von Förderungen kommen.

Die Gleisanschlussförderrichtlinie des Bundes fördert bis zu 50% der Investitionen zur Reaktivierung und den Ausbau von privaten Gleisanschlüssen.

Die Förderrichtlinie Kombiniertes Verkehr gewährt Finanzbeihilfen für den Bau, die Erweiterung und den Ausbau von Umschlaganlagen des Kombinierten Verkehrs für nicht-bundeseigene Eisenbahnverkehrsunternehmen. Der Kombinierte Verkehr wird in der Richtlinie definiert als „der Transport von Gütern in ein und derselben Ladeinheit (Container oder Wechselladung von mindestens 20 Fuß Länge, Sattelanhänger mit oder ohne Zugmaschine, Lastkraftwagen, Anhänger), wobei nur die Ladeinheit, nicht aber das Gut selbst den Verkehrsträger wechselt. Der Vor- und Nachlauf auf der Straße erfolgt zur nächstgelegenen geeigneten Umschlaganlage“. Gemäß den Förderrichtlinien und auch allgemein aufgrund des Allgemeinen Eisenbahngesetzes müssen diese Anlagen diskriminierungsfrei zugänglich sein. Die förderfähigen Investitionen werden maximal in Höhe von 80% erstattet. Aktuell werden laut [DVZ 2016] die finanziellen Mittel der KV-Förderung nicht vollständig abgerufen. Die könnte daran liegen, dass sich die technischen Anforderungen an die kofinanzierte Infrastruktur geändert haben, sodass die Nachfrage sinkt. Zusätzlich erscheint der Nachweis der Solvenz des Investors schwierig zu erbringen zu sein. Drittes könnte auch der Nachweis der „Nichtkannibalisierung“ anderer Terminals nicht immer leicht zu führen sein.

Darüber hinaus gibt es weitere staatliche Förderungen zur Lärminderung: Die Förderrichtlinie zur Lärminderung an Bestandsgüterwagen stellt Haushaltsmittel in Höhe von 152 Mio. € bis 2021 für die Umrüstung von Bestandswagen von Grauguss auf LL-Bremssohle für Wagenhalter zur Verfügung. Der Hintergrund ist die Einführung eines lärmabhängigen Trassenpreissystems. Die Förderhöhe beträgt maximal 50% der Investitionsmehrkosten. Es besteht kein Anspruch auf Leistung.

Obwohl der Kombinierte Verkehr vor allem auf weiten und internationalen Routen eine Rolle spielt, gibt es kein einheitliches Fördersystem für Umschlaganlagen in Europa. Das bedeutet, dass einige Mitgliedstaaten ein Fördersystem haben, andere aber nicht. Zusätzlich ist auch die Ausgestaltung der vorhandenen Fördersysteme unterschiedlich. Dies erschwert den Aufbau internationaler Routen erheblich.

---

<sup>14</sup> Allerdings ist der Kostendeckungsgrad des Schienennetzes deutlich geringer als für die Autobahnen, da bei der Schieneninfrastruktur ein Großteil der Neubau- und Ersatzinvestitionen über den Bund finanziert werden, während die Lkw-Maut dies alles bereits abgeltet. Im Gegenzug wiederum ist die kalkulatorische Verzinsung der DB Netz AG deutlich erhöht im Vergleich zur Straße.

Die derzeitige Förderung in Deutschland ist sehr stark auf klassische KV-Terminals ausgerichtet. So ist zum Beispiel die Methodik des Wirtschaftlichkeitsnachweises für Innovatoren schwierig zu erbringen. Insgesamt führt dies zu erheblichem Abstimmungsbedarf zwischen den Antragstellern und dem Eisenbahnbundesamt und verlängert den Förderprozess erheblich.

### **2.3 Internationale Perspektive: Österreich**

In Österreich stagniert der Modal-Split des SGVs ebenfalls seit den 1990er Jahren, allerdings auf einem höheren Niveau von etwa 30 %. Im österreichischen Gesamtverkehrsplan ist für das Jahr 2025 ein Anstieg des SGV-Anteils auf 40 % geplant [BMVIT 2012a, S. 66]. Eine Maßnahme ist hierbei, neue Technologien im Rollmaterial (z.B. InnoWaggon) und bei KV-Techniken (z.B. Mobiler, ISU – Innovativer Sattelanhänger Umschlag) vermehrt einzusetzen [BMVIT 2015a, S. 47 f]. Hierzu gibt es in Österreich zwei wesentliche Förderprogramme: das Innovationsförderprogramm Kombiniertes Güterverkehr (IKV) für marktreife Technologien und das Forschungsförderprogramm „Mobilität der Zukunft“ zur Entwicklung von neuen Technologien bzw. Innovationen.

Das IKV hat zum Ziel, die Effizienz des KVs zu steigern und dadurch die Verlagerung vom Straßengüterverkehr auf den SGV zu erreichen. Das IKV trat erstmalig 1999 in Kraft und stellt eine staatliche Förderung von privaten Investitionen im Sinne einer staatlichen Beihilfe dar. Deshalb ist diese Sonderrichtlinie durch die Europäische Kommission zu genehmigen und alle 5 Jahre das Erreichen der Ziele zu überprüfen. In der aktuellen Fassung ist eine Verlagerung von 5 Mrd. Tkm pro Jahr angestrebt. Dafür werden jährlich 3 Mio. € zur Verfügung gestellt. Fördergegenstand sind erstens Investitionen in innovative Technologien und Systeme. Dies umfasst explizit horizontale Umschlagstechnologien und verkehrsträgerübergreifende Kommunikationssysteme. Zweitens werden Transportgeräte insbesondere mit innovativen Charakter sowie Spezialfahrzeuge und -behälter für den KV gefördert. Drittens umfasst das Förderprogramm die Durchführung von Machbarkeitsstudien für konkrete Maßnahmen, die ein hohes nationales und internationales Interesse aufweisen. Viertens können externe Ausbildungskosten für Schulungen der Mitarbeiter bei der Einführung neuer EDV-Systeme oder Techniken gefördert werden. Die Förderung richtet sich in erster Linie an Logistikunternehmen, die in Österreich niedergelassen sind. Bei der Auswahl der Anträge werden die Bewertungskriterien Innovationsgehalt der Maßnahme, erzielbarer Verlagerungseffekt, Einsparungen von CO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> sowie die Art des verlagerten Transportgutes berücksichtigt [BMVIT 2015b] [EK 2015].

Das Forschungsförderprogramm „Mobilität der Zukunft“ richtet sich an nationale und internationale Wissenschaftler und Anwender. Es dient dazu, in den Themenfeldern Personenmobilität, Fahrzeugtechnologie, Gütermobilität und Verkehrsinfrastruktur neue Technologien zu entwickeln und zu testen. Im Güterverkehr wird die Kombination aus technologischen und organisatorischen Innovationen als wesentlicher Erfolgsfaktor angesehen. Das bedeutet, dass nicht allein die technische Abwicklung des Gütertransportes betrachtet wird, sondern die Neuorganisation des gesamten Güterverkehrs im Mittelpunkt des Forschungsprogrammes steht. Für die Umsetzung entwickelt das österreichische Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) zunächst eine

Programmstrategie und definiert themenfeldspezifische Forschungsziele und –inhalte. Zu diesen Inhalten werden Forschungs-, Technologie- und Innovationsroadmaps erarbeitet, aus denen die Ausschreibungsschwerpunkte abgeleitet werden. Die themenspezifischen Ausschreibungen werden zwei Mal im Jahr durch die Österreichische Forschungsfördergesellschaft veröffentlicht. Die Förderungsquote ist abhängig vom Forschungsvorhaben und liegt zwischen 35 % und 100 % [BMVIT 2012b].

Eine weitere Maßnahme stellt das „Beihilfeprogramm für die Erbringung von SGV-Dienstleistungen in bestimmten Produktionsformen in Österreich“ dar. Dieses wurde ebenfalls von der Europäischen Kommission genehmigt. Ziel dieses Programmes ist es, den hohen Modal-Split-Anteil der Schiene sicherzustellen. Hierfür werden für die Produktionsformen Einzelwagenverkehr, KV und Rollende Landstraße (RoLa) Beihilfen gezahlt, um Wettbewerbsnachteile gegenüber der Straße auszugleichen. Diese Beihilfe können alle Eisenbahnverkehrsunternehmen beantragen, die mindestens eine der drei Produktionsformen in Österreich anbieten. Die Höhe der Beihilfe ist je nach Produktionsform unterschiedlich. Im Einzelwagenverkehr erfolgt die Berechnung anhand der Nettotonnenkilometer und ist zusätzlich abhängig von der zurückgelegten Entfernung. Derzeit liegt die Höhe der Beihilfe zwischen 5,6 € und 16,6 € pro 1.000 Tkm. Im KV variiert die Höhe in Abhängigkeit der genutzten Ladeeinheiten, der Entfernungen und topografischer Randbedingungen. Der Beihilfesatz liegt derzeit zwischen 6 € und 56 € pro Transporteinheit zuzüglich Aufschlägen aufgrund der Topografie. Bei der RoLa erfolgt die Abrechnung pro Lkw und in Abhängigkeit der genutzten Verkehrsachse und Tageszeit. Hier variiert der Beihilfesatz zwischen 47 € und 94 €. Es besteht kein Rechtsanspruch auf die Beihilfe. Das Programm läuft von Ende 2012 bis Ende 2017 und hat ein jährliches Volumen von 220 Mio. €. Die Fördernehmer müssen für die Kontrolle der Leistungserbringung diverse Daten unter anderem zur geplanten Anzahl an Zugfahrten, Länge, Gewicht und Verkehrszeit der Schieneninfrastruktur-Dienstleistungsgesellschaft übermitteln. Diese legt einmal im Jahr dem BMVIT ein Zwischenbericht zum Beihilfeprogramm vor [BMVIT 2008] [EK 2008].

Zusammenfassend bedeutet dies, dass die Phasen einer Invention zur Innovation in Österreich durch staatliche Forschungsförderungen und Förderprogramme abgedeckt werden. Dies erleichtert die Einführung von Innovationen für den SGV erheblich.

## **2.4 Schlussfolgerungen**

Im SGV gibt es zwei wesentliche Gründe für eine eingeschränkte Innovationsfähigkeit des Sektors: Zum einen gibt es eine Reihe von technischen und organisatorischen Interdependenzen im SGV, die eine umfangreiche inkrementelle Modernisierung erschweren. Zum Beispiel sind viele neue Betriebskonzepte im SGV nur dann sinnvoll umzusetzen, wenn Kupplungsprozesse schneller und einfacher gehen. Die dafür als Basis notwendige Innovation – die automatische Mittelpufferkupplung – wird jedoch von den Akteuren aufgrund fehlender Kompatibilität mit dem Restsystem nicht eingeführt. Zum anderen gibt es eine Vielzahl an Akteuren im SGV (wie zum Beispiel Verlader, Operateure bzw. Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU), Integratoren/Speditionen, Wagenhalter, Schienenfahrzeughersteller, Traktionsdienstleister oder Verkehrsleitzentralen sowie

Eisenbahninfrastrukturmanager (EIM)), die bei der Erstellung von Transportdienstleistungen interagieren. Wenn in diesem Netzwerk von Abhängigkeiten ein Akteur das Risiko und auch die finanziellen Investitionsmittel für eine Innovation eingehen soll, so muss auch sichergestellt werden, dass dieser Akteur vom Nutzen der Innovation profitieren kann. Diese Bedingung ist – aufgrund der vielen Interdependenzen und Wirkungsketten – im SGV oftmals nicht erfüllt. Der SGV hat daher Schwierigkeiten, sich kontinuierlich mittels technischer Innovationen zu erneuern und ist daher nur eingeschränkt zur Innovation fähig.

Selbst wenn vielversprechende technologische und organisatorische Inventionen entwickelt werden, bestehen weitere Schwierigkeiten, um diese auf den Markt einzuführen. Bestehende Forschungsförderungen enden beim Bau von Prototypen; Beihilfen jedoch greifen erst, wenn ein wirtschaftlicher Nutzen nachgewiesen kann. Letzteres ist jedoch schwierig von Innovationen zu erbringen, da für diese noch keine Erfahrungen und Kennwerte vorliegen. Es bedarf folglich der umfangreichen Anwendung von Prototypen in Feldtests, die vorherige und abschließende Durchführung von umfangreichen Wirtschaftlichkeits- und Machbarkeitsstudien und ggf. eine Unterstützung bei der Hochskalierung der Technologie Richtung Markteinführung. Diese Zwischenstufen sind bislang nicht in der deutschen Förderlandschaft abgedeckt.

Zusammenfassend bedeutet dies, dass erstens Innovationen in einer Nische entwickelt und zweitens in den Markt eingeführt werden müssen. Da sich bei den Transportdienstleistungen auf der Straße immer mehr eine Kombination von reinem Transport mit logistischen Dienstleistungen entwickelt hat (z.B. Transport, Pufferung, Lagerung, Kommissionierung), müssen neue Nischenangebote ggf. auch solche Eigenschaften aufweisen. Es besteht dann die Hoffnung, dass Nischenangebote schrittweise auf das gesamte SGV-System übertragen werden. Für die Markteinführung reduziert diese Vorgehensweise den Investitionsaufwand für Innovatoren und Inkompatibilitätsprobleme treten nur in geringem Umfang auf. Innovatoren sollten konsequent während des Prozesses von der Invention bis zur Markteinführung ideell, finanziell und rechtlich unterstützt werden.



### **3 Entwicklung von Szenarien**

Zwischen den in Kapitel 2 geschilderten Maßnahmen existieren starke Abhängigkeiten. Ziel dieses Kapitels ist es, diese Abhängigkeiten zu berücksichtigen und konsistente Maßnahmenpakete und Szenarien für die weitere Berechnung von Verlagerungspotenzialen, Endenergieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen abzuleiten. Die Methodik zur Bildung von Maßnahmenpaketen wird in Kapitel 3.1 dargestellt. In Kapitel 3.2 werden die entwickelten Maßnahmenpakete beschrieben und auf die einzelnen Teilmärkte aufgeteilt. Die Politik kann die Wirksamkeit der Maßnahmenpakete beeinflussen. Es werden daher drei Szenarien gebildet, in denen die politische Einflussnahme bei jedem Szenario zunimmt. Das Ergebnis ist in Kapitel 3.3 dargestellt.

#### **3.1 Methodisches Vorgehen**

Die Wirkungen der Maßnahmenpakete werden im weiteren Verlauf durch ein Verkehrsmittelwahlmodell berechnet. Als die wesentlichen Einflussgrößen auf das Verkehrsmittelwahlverhalten, wonach sich Kunden für ein Verkehrsmittel zur Durchführung ihrer Transportaufträge entscheiden, werden die Transportkosten, die Transportzeiten und die Zuverlässigkeit angesehen und in einem Verkehrsmittelwahlmodell abgebildet. Um eine modellseitige Verlagerung vom Straßengüterfernverkehr auf den SGV zu erreichen, müssen daher die folgenden drei strategischen Entscheidungsdimensionen beeinflusst werden:

- Senkung der betrieblichen Transportkosten
- Senkung der Transportzeiten
- Erhöhung der Zuverlässigkeit im SGV

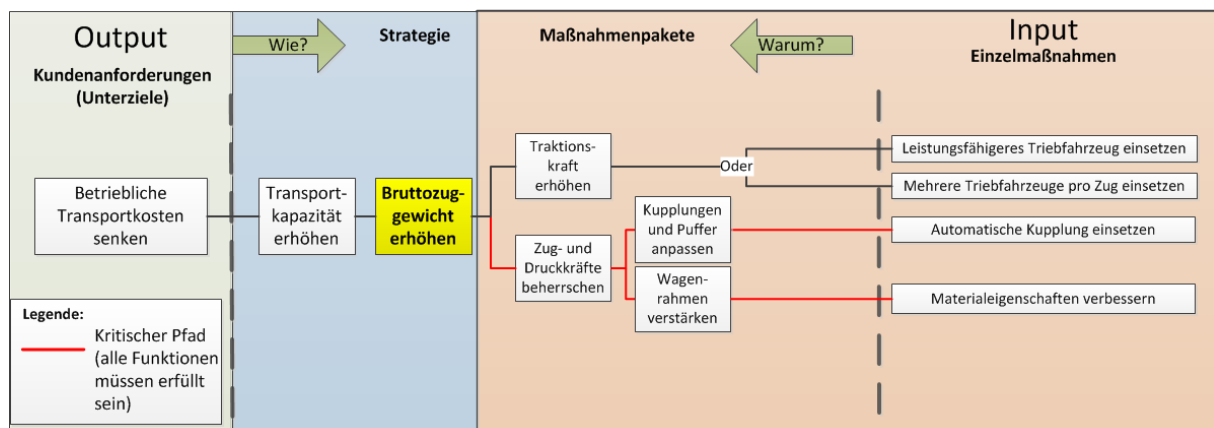
Hierfür werden verschiedene Maßnahmenpakete abgeleitet. Es ist zu beachten, dass es zwischen einzelnen Maßnahmen verschiedene Zusammenhänge geben kann. Einige Maßnahmen können sich zum Beispiel widersprechen. So soll einerseits durch eine Verbesserung bei der Trassenplanung erreicht werden, dass Überholungen u.a. durch zeitliche Entmischung gar nicht erst auf bestimmten Streckenabschnitten eingeplant werden müssen. Alternativ ist die Schaffung zusätzlicher Überholgleise dadurch auf diesen Streckenabschnitten wiederum keine geeignete Maßnahme. Andere Maßnahmen sind wiederum nur in Kombination sinnvoll (Komplementarität). Zum Beispiel setzt eine Erhöhung der Zuglänge voraus, dass auch die Infrastruktur entsprechend ausgebaut ist. Darüber hinaus gibt es sich ergänzende Maßnahmen. Ein Beispiel ist die Verringerung des Fahrwiderstandes. Dies kann durch eine Verbesserung der Aerodynamik des Güterwagens als auch durch eine Reduktion des Fahrwiderstandes in Kurven erzielt werden. Einige Maßnahmen beziehen sich wiederum nur auf bestimmte Teilbereiche des SGV wie Einzelwagenverkehre, Ganzzüge mit Massengütern oder auf den Kombinierten Verkehr. Eine Erhöhung des Bruttozuggewichtes ist zum Beispiel nur für Massenguttransporte relevant, da hier das Erreichen des maximal zulässigen Bruttogewichtes des Zuges die mögliche Zuglänge beschränkt. Aufgrund der Abhängigkeiten zwischen

den Maßnahmen ist es notwendig, Maßnahmenpakete zu bilden, die in sich widerspruchsfrei sind. Dabei werden die folgenden Regeln angewendet:

- (1) Komplementäre Maßnahmen werden gruppiert.
- (2) Maßnahmen, die allein oder zusammen als Paket kaum Nutzen stiften oder deren Kosten deutlich den vermutlichen Nutzen übersteigen, wurden nicht berücksichtigt.

Die Zusammenhänge zwischen verschiedenen Maßnahmen können mithilfe der FAST-Methode erfasst und dargestellt werden. Diese Methode wird von [Borza 2011] und [Wixson 2003] beschrieben. Ausgehend von festgelegten Strategien werden hierbei systematisch Handlungspfade bis hin zur Einzelmaßnahmenebene entwickelt. Die Vorgehensweise zur Erstellung eines Maßnahmenpaketes mithilfe der FAST-Methode soll im Folgenden anhand des Maßnahmenpaketes „Bruttozuggewicht erhöhen“ erläutert werden. Die Abbildung 5 zeigt das Ergebnis der FAST-Methode.

**Abbildung 5: Ergebnisdarstellung der FAST-Methode am Beispiel des Maßnahmenpaketes „Bruttozuggewicht erhöhen“**



Zunächst wird ein Output (linker Bereich) definiert. Der angestrebte Output stellt die Erfüllung der Kundenanforderung und somit die strategische Kenngröße dar. Beim hier abgebildeten Beispiel sollen die betrieblichen Transportkosten über ein Maßnahmenpaket gesenkt werden. Im rechten Bereich ist der Input dargestellt, der notwendig ist, um den Output zu generieren. In diesem Fall sind dies Einzelmaßnahmen, die zur Senkung der betrieblichen Transportkosten führen sollen. Zwischen dem In- und Output stellen sogenannte Funktionen die Wirkungsweise dar. Wird bei gleichbleibenden Kosten die Ladekapazität erhöht, so reduzieren sich die Kosten pro Tkm. Eine Senkung der betrieblichen Transportkosten kann folglich durch eine Erhöhung der Transportkapazität hinsichtlich des Gewichtes realisiert werden. Ein Maßnahmenpaket kann daher sein, dass das Bruttozuggewicht erhöht wird. Dies ist für den Transport von Massengütern interessant, da hier die auf die Streckenklasse bezogene maximale Nutzlast der Güterwagen die begrenzende Größe darstellt und nicht das Volumen. Dabei wird das Bruttozuggewicht über 2.000 t hinaus erhöht, aber die Zuglänge bleibt bei maximal 740 m. Es wird die Annahme getroffen, dass das einzelne maximal zulässige Wagengewicht und die damit verbundene, maßgebliche Achs- und Meterlast innerhalb der zulässigen Grenzen bleibt und die Auslegung von Brems- und Traktionskraft den sicheren Betrieb gewährleisten.

Das bedeutet, dass Brems- und Traktionskraft nicht zwangsläufig angepasst werden müssen. Die zusätzlichen Zug- und Druckkräfte sind aber in jedem Falle zu berücksichtigen, um Unfälle durch das Entgleisen von Güterwagen oder ungewollte Zugtrennungen durch Bruch von Kupplungselementen zu verhindern. Deshalb wird dieser Pfad in der Abbildung 5 rot als kritischer Pfad dargestellt. Hierzu sind zum einen die Kupplungen und Fahrzeugpuffer anzupassen. Bereits verfügbare automatische Kupplungen können höheren Zug- und Druckkräften standhalten, sodass diese im Rahmen dieses Maßnahmenpaketes einzusetzen sind. Zum anderen muss die Rahmenkonstruktion des Wagens diesen Zug- und Druckkräften ebenfalls Stand halten. Demzufolge ist für das Maßnahmenpaket der Wagenrahmen zu verstärken. Aufgrund der Annahme, dass Achs- und Meterlast innerhalb der zulässigen Grenzen bleiben, muss die Brems- und Traktionskraft nicht zwangsläufig angepasst werden. Nur im Falle von topografisch anspruchsvollen Strecken in Abhängigkeit von Steigungen bzw. Gefällen ist entweder innerhalb der Zulassungsgrenzen ein leistungsfähigeres Triebfahrzeug oder ein zweites Triebfahrzeug einzusetzen. Deshalb ist dieser Pfad schwarz dargestellt. In der entgegengesetzten Richtung wird anschließend geprüft, warum einzelne Maßnahmen notwendig sind. Dies dient zur Kontrolle, ob die einzelnen Funktionen korrekt identifiziert wurden.

Nach diesem Vorbild wurden für die drei strategischen Kenngrößen insgesamt acht Maßnahmenpakete entwickelt. Eine Beschreibung der Maßnahmenpakete erfolgt in Kapitel 3.2. Die zugehörigen FAST-Diagramme finden sich in den Anhängen A 1, A 2 und A 3.

### **3.2 Beschreibung der ausgewählten Maßnahmenpakete**

Nach dem in Kapitel 3.1 beschriebenen Beispiel werden insgesamt acht Maßnahmenpakete entwickelt. Diese werden in der Tabelle 4 zusammengefasst.

Die Maßnahme „Bruttozuggewicht erhöhen“ ist für den Transport von Massengütern interessant. Hierbei ist die Nutzlast die begrenzende Größe und nicht das Volumen des Güterwagens. Es wird die Annahme getroffen, dass die zulässigen Achs- und Meterlasten innerhalb der zulässigen Grenzen bleiben. Das bedeutet, dass sowohl die Brems- und Traktionskräfte als auch die Infrastruktur nicht zwangsläufig angepasst werden müssen. Modellseitig wird das Bruttozuggewicht über 2.000 t hinaus erhöht, aber die Zuglänge bleibt bei maximal 740 m.

Die Erhöhung der Zuglänge ist für den Transport von voluminösen Stückgütern relevant. Diese Transporte werden nicht durch das Bruttozuggewicht bzw. eine zu geringe auf die Streckenklasse bezogene maximal Nutzlast der Güterwagen beschränkt, sondern durch deren Volumen oder die Ladefläche. Es wird die Annahme getroffen, dass das einzelne zulässige Wagengewicht und die damit verbundene, maßgebliche Achs- und Meterlast innerhalb der zulässigen Grenzen bleibt. Eine Anpassung der Kupplung ist deshalb nicht notwendig. Hierfür müssen jedoch Anpassungen an der Knoten- und Streckeninfrastruktur vorgenommen werden, damit die Zugbildung und -auflösung sowie das Überholen dieser Züge erfolgen kann. Im Rahmen der Studie wurde auf die Erhöhung der Zuglänge auf 740 m fokussiert. Die Möglichkeit auf einzelnen Korridoren auch längere Güterzüge zu fahren, wurde in dieser Studie nicht weiter untersucht. Es ist durchaus eine Maßnahme, die auf einzelnen Relationen zu einer zusätzlichen Verlagerung führen kann.

Die Senkung der betrieblichen Transportkosten kann neben einer Erhöhung der Transporteffizienz auch durch geringere Energiekosten realisiert werden. Der Transport im Schienenverkehr umfasst neben der reinen Güterbeförderung auch betriebliche Halte, wie etwa zur Durchführung betrieblich notwendiger Kreuzungen und Überholungen an eingleisigen Strecken im Zweirichtungsbetrieb [Lübke et.al. 2008, S. 282]. Das Abbremsen und Wiederanfahren eines Güterzuges ist energieintensiv, sodass als Maßnahmenpaket die Anzahl betriebsbedingter Halte reduziert wird. Betriebliche Halte aufgrund von Überholvorgängen können zum einen vermieden werden, indem die Fahrten von langsameren und schnellere Züge zeitlich gebündelt/entmischt werden. Hierzu ist die Trassenplanung entsprechend zu optimieren. Bei eingleisigen Strecken oder bei Abzweigen ist das Anhalten insbesondere bei sich begegnenden Zügen häufig nicht zu vermeiden. Hier hilft es ggf. diese abschnittsweise zwei- oder mehrgleisig auszubauen bzw. Überwerfungsbauwerke (Tunnel und Brücken) zu ergänzen, sodass Begegnungsfahrten auf diesen Abschnitten möglich bzw. an Abzweigen die Kreuzung des Richtungsgleises der Gegenrichtung vermieden werden. Vor „Halt“-zeigenden Signalen sind betriebliche Halte ebenfalls notwendig. Diese können vermieden werden, wenn durch vorausschauendes Fahren in dem davor liegenden Streckenabschnitt die Geschwindigkeit des Zuges reduziert wird, sodass das Signal bei der Annäherung des Zuges den zu befahrenden Blockabschnitt oder die Fahrstraße bereits freigegeben hat. Hierzu ist eine frühzeitige Information über das Signalbild an den Lokführer erforderlich, damit dieser seine Fahrweise dahingehend ausrichtet.

Darüber hinaus bieten weitere kleinere Maßnahmen die Möglichkeit, Energiekosten im SGV einzusparen. Erstens kann das Verhältnis von Nutzmasse zur Eigenmasse des Güterwagens mithilfe leichter Materialien verbessert werden. Zweitens ergeben sich Energieeinsparungen, wenn der Fahrwiderstand durch eine verbesserte Aerodynamik verringert wird [TIS 2012, S. 37]. Drittens kann der Fahrwiderstand ebenfalls verringert werden, wenn zum Beispiel die Reibung zwischen Radkranz und Schiene beim Durchfahren von Gleisbögen durch radial einstellende Fahrwerke reduziert wird [TIS 2012, S. 37]. Viertens kann durch Energierückspeisung in Form einer Nutzbremse an elektrischen Triebfahrzeugen ein Teil der beim Bremsen zu vernichtenden Bewegungsenergie wieder zurück gewonnen werden. Dafür ist das Energiesystem (Unterwerk, Oberleitung) auf eine stärkere Nutzung dieser Rekuperationsenergie durch zusätzlich Pufferung mittels Energiespeichern (z.B. Kondensatoren) auszurichten. Fünftens bewirkt eine Erhöhung des elektrischen Traktionsanteils z.B. durch die Elektrifizierung zusätzlicher Strecken eine Erhöhung der Energieeffizienz, da Elektromotoren einen höheren Wirkungsgrad als Dieselmotoren aufweisen und die mit der stärkeren Nutzung erneuerbarer Energien auch beim Vergleich des Primärenergieeinsatzes an Bedeutung gewinnt.

**Tabelle 4: Beschreibung der Maßnahmenpakete und Zuordnung zu den relevanten Teilmärkten**

Strategie	Nr.	Maßnahmenpaket	Einzelmaßnahmen	Teilmarkt		
				Maritimer KV	Kontinentaler KV	Konventioneller Verkehr
Transportkosten senken	1	Bruttozuggewicht erhöhen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zuglänge beträgt maximal 740 m</li> <li>• Einsatz automatischer Kupplung und Anpassung der Rahmenkonstruktion des Güterwagens erforderlich</li> </ul>			x <sup>15</sup>
	2	Zuglänge erhöhen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zuggewicht beträgt maximal 2.000 Tonnen</li> <li>• Verlängerung des Zuges auf bis zu 740 m</li> <li>• Anpassung von Zugbildungs- und Einfahr-/Ausfahrgleisen in Bahnhöfen</li> <li>• Anpassung von Überholgleisen</li> <li>• ggf. Einsatz einer elektropneumatischen Bremssteuerung, um vorgeschriebenen Bremswege einzuhalten</li> </ul>	x	x	x <sup>16</sup>
	3	Betriebsbedingte Halte vermeiden	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimierung der Trassenplanung durch zeitliche Entmischung schneller und langsamer Züge</li> <li>• Erhöhung der Anzahl Überholgleise</li> <li>• frühzeitige Information über das Signalbild an den Lokführer, damit dieser seine Fahrweise dahingehend ausrichtet</li> </ul>	x	x	x
	4	Energieeffizienz erhöhen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Steigerung des Verhältnisses von Nutzmasse zu Eigenmasse durch Einsatz leichterer Materialien für Fahrzeuge</li> <li>• Verbesserte Aerodynamik von Güterwagen</li> <li>• Reduzierung des Fahrwiderstands beim Durchfahren von Gleisbögen durch radial einstellende Fahrwerke</li> <li>• Steigerung des Anteils bei der Energierückspeisung durch Nutzbremse am elektrischen Triebfahrzeug</li> <li>• Elektrifizierung zusätzlicher Strecken für den SGV</li> </ul>	x	x	x

<sup>15</sup> Betrifft nur die Massengutverkehre im Teilmarkt „Konventioneller Verkehr“

<sup>16</sup> Außer Massengutverkehr im Teilmarkt „Konventioneller Verkehr“

Strategie	Nr.	Maßnahmenpaket	Einzelmaßnahmen	Teilmarkt		
				Maritimer KV	Kontinentaler KV	Konventioneller Verkehr
Transportzeit senken	5	Güterumschlag beschleunigen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umschlag für kranbare Ladeeinheiten wie ISO-Container und Wechselbrücken teilautomatisieren</li> <li>• Umschlagprozesse für nicht-kranbare Ladeeinheiten in Pilotprojekten testen und fördern</li> </ul>	x	x	
	6	Be- und Entladevorgang	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Automatische Datenerfassung, -verarbeitung und -übermittlung zwischen Versender/Empfänger – ggf. Terminals – EVU</li> <li>• Zugbezogene Daten zwischen Infrastruktur und EVU über Datenschnittstelle austauschen</li> </ul>			x <sup>17</sup>
	7	Zugbildung beschleunigen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autonome/teilautomatisierte Rangierprozesse und automatisches Kuppeln von Wagen, Bremsleitungen und ggf. Datenübertragungskupplungen (z.B. ep-Bremse)</li> <li>• Bremsprobe allein durch Triebfahrzeugführer vom Triebfahrzeug aus</li> <li>• Automatische Fahrzeugzustandsüberwachung</li> <li>• Energiespeicher im Güterwagen zur Steuerung von Sensoren, Speicherung und Versenden von Daten</li> </ul>	x	x	x
Zuverlässigkeit erhöhen	8	EVU-Zuverlässigkeit verbessern	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lok- und Personalübergangszeiten nicht zu knapp bemessen</li> <li>• Ausreichende Kapazitäten für Wagenmeister und Rangierer vorhalten</li> </ul>	x	x	x

Die Beschleunigung des Güterumschlags des KV in den Terminals trägt dazu bei, die Gesamttransportzeit zu reduzieren. Im KV wird unterschieden nach kranbaren und nicht-kranbaren Ladeeinheiten. Der Umschlag von kranbaren Ladeeinheiten kann mithilfe automatisierter Umschlagstechnologie teilautomatisiert werden. Der Umschlag von nicht-kranbaren Sattelaufliegern wird derzeit noch in Pilotanwendungen erprobt und ist noch nicht flächendeckend einsatzfähig. Hierzu müssen erst noch marktfähige Umschlagskonzepte weiter entwickelt, getestet und möglichst europaweit eingeführt werden. Dies muss ähnlich wie der derzeitige Bau von KV-Terminals gefördert werden, um den Aufbau eines Netzes mit ausreichenden Kapazitäten zu ermöglichen. Hierbei ist in Abhängigkeit von der Umschlagtechnik auch die Förderung von technischen Komponenten für den Umschlag, die mit dem Güterwagen verbunden sind, oder von Ladehilfsmitteln erforderlich. Ob der

<sup>17</sup> Bezieht sich auf Einzelwagenverkehre

Einsatz von kranbaren Ladeeinheiten sinnvoller ist als der Einsatz von nicht-kranbaren Ladeeinheiten, ist nicht Gegenstand dieser Studie, denn es sind grundsätzlich verschiedene Technologien denkbar, um zu einer Beschleunigung des Umschlags zu gelangen.

Die Be- und Entladungsvorgänge im Einzelwagenverkehr können beschleunigt werden, indem die notwendige Frachtdatenübergabe in den Güterverkehrsstellen unter Berücksichtigung der Datenkompatibilität zwischen Verloader/Empfänger und EVU über den elektronischen Datenaustausch erfolgen. Hierzu soll die Datenerfassung nach ihrer einmaligen Erfassung vom Güterwagen gespeichert und bei Bedarf zusammen mit Positionsinformationen über Datenschnittstellen weitergegeben werden, wozu ein Energiespeicher und eine Datenerfassung im Güterwagen integriert werden muss. Diese Daten müssen in den Güterverkehrsstellen und während des Transportes erfasst und automatisch verarbeitet werden, um sie an die Verloader/Empfänger zu übermitteln bzw. in EVU Zugdaten zu integrieren.

Zur Zugbildung gehören Prozesse wie die wagentechnischen Untersuchungen und die Bremsprobe. Diese müssen nach jeder Zugbildung und bei Ganzzügen sowie im KV nach der Entladung/Beladung vor der nächsten Zugfahrt durchgeführt werden. Zur Beschleunigung der Zugbildung ist es erforderlich, dass die Informationen über eingehende und abgehende Ladung in der Güterverkehrsstelle elektronisch verarbeitet werden, um die Informationsübergabe an die EVU, vor- und nachgelagerte Akteure, wie Lkw-Spediteure, Anschlussbahnbetreiber, andere EVU sowie Verloader/Empfänger zu beschleunigen. Eine Ladeeinheitenerkennung könnte zum Beispiel mithilfe der RFID-Technik automatisiert erfolgen, ohne dass eine manuelle Eingabe oder Prüfung notwendig ist. Im Einzelwagenverkehr kann die Zugbildung beschleunigt werden, indem die aufwendigen Rangiervorgänge mithilfe automatischer Kupplungen schneller ablaufen. Die Bremsprobe kann beschleunigt werden, indem sie soweit automatisiert wird, dass sie allein vom Lokführer auf dem Triebfahrzeug aus erfolgen kann. Dazu ist es notwendig, entlang des gesamten Zuges hinweg Daten über den Status der jeweiligen Bremsen am Güterwagen fehlerfrei über Sensoren zu erfassen und sicher über ein Datenübertragungssystem auf das Triebfahrzeug zu übermitteln. Die Fahrzeugzustandsüberwachung kann ebenfalls effektiver werden, indem die Güterwagen mit Sensoren ausgestattet werden, die den Wagenzustand erheben und über eine Datenschnittstelle zur Planung von Instandhaltungsarbeiten und zur Überwachung an den Güterwagenhalter senden. Hierzu ist im Güterwagen ein Energiespeicher vorzusehen.

Schließlich soll auch die Zuverlässigkeit des SGVs für den Verloader erhöht werden. Hierzu können die EVU-seitig auftretenden Verspätungen reduziert werden, indem die Verspätungsursachen minimiert werden. Diese können beim EVU in der unpünktlichen Bereitstellung von Triebfahrzeugen, da Lok- und Personalübergangszeiten zwischen gegensätzlichen Transportrichtungen sehr knapp bemessen sind. Hier müssen zusätzliche Puffer vorgesehen werden. Des Weiteren fehlt Personal für Wagenmeister und Rangierer, sodass Züge nicht rechtzeitig gebildet und wagentechnisch untersucht werden können. Hier sind ebenfalls entsprechende Reserven vorzusehen.

### 3.3 Bildung von Szenarien

Die Politik hat einen maßgeblichen Einfluss auf die Realisierung der Maßnahmenpakete. Durch das Setzen von Regeln und Rahmenbedingungen, durch Infrastrukturinvestitionen oder die Förderung von technologischen Entwicklungen kann sie die Wirksamkeit der Maßnahmenpakete beeinflussen. Dabei soll eine politische Einflussnahme die Wirkungen der Maßnahmenpakete anstoßen und damit in absehbarer Zeit deren Umsetzung ermöglichen oder diese verstärken. Es werden daher drei Szenarien gebildet, in denen jeweils die politische Einflussnahme zunimmt. Diese werden in den Kapiteln 3.3.1, 3.3.2 und 3.3.3 beschrieben. Die Ergebnisse der Szenarien werden der prognostizierten Entwicklung im Jahr 2030 gegenübergestellt. Es wird darauf verzichtet, ein eigenes Referenzszenario zu berechnen. Hierfür wird die Verkehrsprognose des Bundes für das Jahr 2030 verwendet [VP 2030]. Ein Überblick über die Zuordnung der Maßnahmenpakete zu den einzelnen Szenarien gibt die Tabelle 5. Die Szenarien werden im Folgenden beschrieben.

**Tabelle 5: Zuordnung der Maßnahmenpakete zu den Szenarien**

Nr.	Maßnahmenpaket	Szenario „Forcierte Infrastruktur“	Szenario „Technologieupgrade“	Szenario „Vom KV zur Multimodalität“
1	Bruttozuggewicht		x	x
2	Zuglänge	x	x	x
3	Betriebsbedingte Halte vermeiden	x	x	x
4	Energieeffizienz	x	x	x
5	Güterumschlag		x	x
6	Be- und Entladevorgang		x	x
7	Zugbildung beschleunigen		x	x
8	EVU-Zuverlässigkeit verbessern		x	x

#### 3.3.1 Szenario: Forcierte Infrastrukturpolitik

In diesem Szenario nimmt der Staat konsequent seine klassischen Hoheitsaufgaben bezüglich der Schieneninfrastruktur wahr und schafft insbesondere (i) eine zuverlässige Infrastruktur auf allen wesentlichen SGV-Relationen für 740-m Züge (ii) ein leistungsfähiges Zugsicherungssystem (z.B. ETCS Stufe 2 oder LZB auf allen Hauptstrecken) und (iii) ein KV-Terminalnetz, das auch erheblichen Nachfragesteigerungen noch gerecht wird. Zum Vergleich: In der Verkehrsprognose 2030 werden lediglich die Maßnahmen des BVWP 2003 zugrunde gelegt, in dem vorrangig ein mehrgleisiger Ausbau und eine Ertüchtigung der Schieneninfrastruktur für höhere Geschwindigkeiten erfolgt [BVWP 2003, S. 52ff]. Der Infrastrukturausbau in diesem Szenario übersteigt damit die Maßnahmen, die bislang in der Verkehrsprognose 2030 und im Entwurf des BVWP 2030 geplant sind. Die privaten Akteure setzen all die technischen Maßnahmen um, die sich für sie betriebswirtschaftlich rechnen und als sinnvoll eingestuft werden. Zur Auswahl der Maßnahmen für dieses Szenario werden diese



zunächst zwischen staatlichen, privaten und gemischten Maßnahmen aufgeteilt. Das Ergebnis ist in Tabelle 6 zusammengefasst.

**Tabelle 6: Einteilung der Maßnahmenpakete in die Art der Umsetzung**

Nr.	Maßnahmenpaket	Art der Umsetzung		
		Öffentlich	Privat	Öffentlich und Privat
1	Bruttozuggewicht		Anpassung Traktionsleistung und Güterwagen	
2	Zuglänge			Sowohl Anpassung Infrastruktur als auch zusätzliche Güterwagen
3	Betriebsbedingte Halte vermeiden	Optimierung der Trassenplanung		
4	Energieeffizienz			Sowohl Anpassung Infrastruktur als auch verbesserte Güterwagen
5	Güterumschlag			Staatliche Forschungsprogramme und private Investitionen in Innovative Umschlagtechnologien
6	Be- und Entladevorgang		Erfordert moderne Güterwagen, Umschlagtechnik in privaten Gleisanschlüssen	
7	Zugbildung beschleunigen		Erfordert moderne, innovative Güterwagen (Kupplung, Bremsen, Datenerfassung und -speicherung)	
8	EVU-Zuverlässigkeit verbessern		Erfordert Reserven bei Personal- und Ressourcenplanung	

Es zeigt sich, dass nur das Maßnahmenpaket drei als öffentlich einzustufen ist. Die Maßnahmenpakete eins und sechs bis acht sind Maßnahmenpakete, die durch Private umzusetzen sind. Die Maßnahmenpakete zwei bis fünf sind gemeinsam von öffentlichen Stellen als auch durch private Akteure umzusetzen. Für die Entscheidung, welche Maßnahmenpakete sich für die Privaten rechnen und als sinnvoll eingestuft werden, werden die Wirksamkeit und Kosten der Maßnahmenpakete überschlägig abgeschätzt. Da der Staat in diesem Szenario lediglich die Verantwortung für den Ausbau und den Erhalt der Schieneninfrastruktur trägt, erfolgen keine Investitionen in die Entwicklung neuer Technologien für den Umschlag und Be- und Entladevorgänge.

Daher werden für die überschlägige Betrachtung von Kosten und Wirksamkeit lediglich die Maßnahmenpakete eins, zwei, vier und sieben und Kombinationen daraus betrachtet.

Zur Abschätzung des Nutzens werden die Veränderungen der generalisierten Kosten pro Tonnenkilometer unter Berücksichtigung der Zahlungsbereitschaften der Kunden für Qualitätsverbesserungen auf Seiten der Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) ermittelt. Dies bedeutet, dass neben der Veränderung der Kosten auch Transportzeitgewinne in die Nutzenbetrachtung einbezogen werden. Hat zum Beispiel ein Verlager für eine Transportzeitsenkung eine Zahlungsbereitschaft in Höhe von 10 €, so wird dies in der Nutzenbetrachtung wie eine Kostensenkung für das EVU in Höhe von 10 € berücksichtigt.

Die Tabelle 7 gibt für die betrachteten Maßnahmenpakete die Änderung der generalisierten Kosten wieder. Aufgrund unterschiedlicher Eigenschaften der betrachteten Segmente, zum Beispiel hinsichtlich der Kostenstrukturen und Transportentfernungen, können sich sowohl Kostensteigerungen als auch Kostensenkungen ergeben. Daher werden Tkm-gewichtete Mittelwerte ausgegeben. Zusätzlich werden in Tabelle 7 diejenigen Segmente ausgegeben, die von einer Erhöhung der generalisierten Kosten betroffen sind. Es können sich Synergieeffekte zwischen den einzelnen Maßnahmenpaketen ergeben, sodass auch Kombinationen von Maßnahmenpaketen bei der Nutzenbetrachtung berücksichtigt werden.

**Tabelle 7: Ergebnis der Nutzenbetrachtung**

<b>Maßnahmenpaket</b>	<b>Mittlere Änderung der generalisierten Kosten über alle Segmente gegenüber dem Referenzszenario 2030</b>	<b>Bemerkung</b>
Bruttozuggewicht erhöhen (Betrifft nur Massengüter)	- 2 % (nur Massengüter)	Gilt für Massengüter im konventionellen Verkehr
Zuglänge erhöhen	- 2 %	Kostensteigerungen bei: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Steine und Erden</li> <li>• Chemische Erzeugnisse</li> <li>• Metalle und Metallerzeugnisse</li> </ul>
Kombination aus Bruttozuggewicht erhöhen und Zuglänge erhöhen	-3 %	Kostensteigerungen bei: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Steine und Erden</li> <li>• Chemische Erzeugnisse</li> <li>• Metalle und Metallerzeugnisse</li> </ul>
Energieeffizienz erhöhen	-1 %	Kostensteigerungen bei: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Steine und Erden</li> </ul>
Kombination aus Bruttozuggewicht, Zuglänge und Energieeffizienz	-5 %	Kostensteigerung bei: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Steine und Erden</li> </ul>
Zugbildung beschleunigen	- 61 % (ohne KV)	Kostensteigerung bei: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Partiegröße ≥100 Tonnen</li> </ul>

<b>Maßnahmenpaket</b>	<b>Mittlere Änderung der generalisierten Kosten über alle Segmente gegenüber dem Referenzszenario 2030</b>	<b>Bemerkung</b>
Kombination aus Bruttozuggewicht, Zuglänge und Energieeffizienz und Zugbildung	-45 %	Lohnend für alle Segmente

Die Ergebnisse zeigen, dass alle betrachteten Maßnahmenpakete im Mittel einen Nutzen für die privaten Akteure generieren. Eine detaillierte Darstellung befindet sich im Anhang A 6. Allerdings bestehen bei einigen Maßnahmenpaketen hemmende Netzwerkeffekte oder das SGV-System müsste systematisch und langfristig umgestaltet werden. Dies betrifft die Maßnahme eins und sämtliche Kombinationen mit diesem Maßnahmenpaket und das Maßnahmenpaket sieben. Das bedeutet, dass nur die Maßnahmenpakete zwei und vier von privater Seite im Szenario „Forcierte Infrastruktur“ umgesetzt werden. Da dieses Szenario ebenfalls die klassischen staatlichen Aufgaben wie Infrastrukturausbauprojekte oder die Trassenplanung beinhaltet, ist auch das Maßnahmenpaket „Halte vermeiden“ Bestandteil dieses Szenarios. Zusammenfassend werden die folgenden Maßnahmenpakete in Szenario „Forcierte Infrastruktur“ umgesetzt:

- Zuglänge erhöhen
- Energieeffizienz erhöhen
- Betriebliche Halte vermeiden

In diesem Szenario „Forcierte Infrastruktur“ werden nur Maßnahmenpakete umgesetzt, bei denen aus Sicht der EVU keine schwerwiegenden Hemmnisse, wie zum Beispiel Inkompatibilitätshemmnisse oder die Änderung von Betriebsprozessen entgegenstehen. Dieses Szenario beschreibt folglich eine Entwicklung, bei der an der aktuellen Regulierung im SGV (z.B. Förderrichtlinien, gesetzliche Rahmenbedingungen etc.) in der heutigen Form und Umfang festgehalten wird.

### 3.3.2 Szenario: Technologieupgrade

Während im Szenario „Forcierte Infrastruktur“ die privaten EVU im SGV über den bestehenden Förderrahmen hinaus keine weiteren Förderungen erhalten, werden im Szenario „Technologieupgrade“ die Möglichkeiten zur Förderung des SGVs ausgeweitet. Es wird die Annahme getroffen, dass die EVU die bestehenden Hemmnisse für die Einführung von innovativer Güterwagentechnik (wie zum Beispiel der automatischen Kupplung, automatischer Bremsprobe, Sensorik zur Zustandserfassung etc.) überwinden könnten. Allerdings können diese den finanziellen Mehraufwand im Vergleich zu herkömmlichen Güterwagen aus wirtschaftlichen Gründen nicht tragen oder sie können die zusätzlichen Investitionen nicht an den Auftraggeber für den Transport (Versender/Empfänger) weitergeben, da die transportierten Güter kostensensibel sind und bei Preiserhöhungen sich voraussichtlich das Aufkommen im SGV verringern würde. Im Szenario „Technologieupgrade“ initiiert der Staat daher ein Technologieförderprogramm, welches die Mehrkosten zu 100 % für alle entwickelten Maßnahmenpakete (z.B. Umrüstung auf die automatische

Kupplung, Sensorik, Umschlagtechnik etc.) abdeckt. Die privaten Akteure setzen dadurch alle entwickelten Maßnahmenpakete um, mit Ausnahme des Maßnahmenpaketes 3, welches dem Staat zugeordnet wurde (siehe hierzu Tabelle 6).

### 3.3.3 Szenario: Vom Kombinierten Verkehr zur Multimodalität

Dieses Szenario basiert auf der Vision des EU-Weißbuchs für einen einheitlichen Verkehrsraum in der Europäischen Union (EU) [EU Weißbuch 2011]. Ziel des EU-Weißbuchs ist es, die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2050 um 60 % gegenüber 1990 zu reduzieren. Um dies zu erreichen, ist unter anderem ein multimodales Güterverkehrssystem zu forcieren, was bei Gütertransporten ab einer Entfernungen von 300 km bis 2030 zu 30 % und bis 2050 zu 50 % auf den SGV oder die Binnenschifffahrt zurückgreift und der Straßengüterfernverkehrsanteil dadurch signifikant reduziert. Der SGV soll durch einen strukturellen Wandel und durch die Modernisierung im Wettbewerb gegenüber dem Straßengüterfernverkehr Vorteile erlangen.

Um dieses Ziel zu erreichen, schafft der Staat in diesem Szenario (im Gegensatz zu den anderen beiden Szenarien) neue Zugangsmöglichkeiten zum SGV zum Beispiel in Form von Railports und Umschlagterminals für nicht kranbare Sattelaufleger. Ein Beispiel für ein solches Konzept gibt es in Österreich. Die ÖBB betreibt dort Logistikkreisel, in denen sowohl Komplettladungen als auch Stückgut kommissioniert, etikettiert, neuverpackt und gelagert werden können<sup>18</sup>. Auch in Deutschland wird dieses Konzept anhand der Railports der DB Cargo verfolgt<sup>19</sup>. An Railports ist die massenleistungsfähige und diskriminierungsfreie Umladung von Gütern mit unterschiedlichen Ladungsgrößen möglich. Dies ermöglicht eine Vermischung der streng abgegrenzten Produktionssysteme des EKV und des KV, sodass bestehende Synergien genutzt werden können. Die so genannten Multimodalen Knoten stellen darüber hinaus eine Schnittstelle für logistische Zusatzdienstleistungen dar, sodass diese im Paket mit den Transportleistungen des SGV angeboten werden können. Die privaten Akteure nutzen diese neuen Möglichkeiten, sodass neue Integratoren im SGV-Markt entstehen. Diese können durch einen wirtschaftlichen Umschlag von KV-affinen Gütern<sup>20</sup> und möglichen logistischen Zusatzdienstleistungen neue attraktive Leistungsangebote für die Verlagerer anbieten und Innovationen im SGV vorantreiben. Güter, die in den 1990er Jahren vom SGV an den Straßengüterverkehr aufgrund von nicht wettbewerbsfähigen Preis- und Leistungsangeboten verloren gingen, können so teilweise wieder für den SGV gewonnen werden bzw. der SGV orientiert sich stärker als heute an den zukünftigen Wachstumsbereichen des Güterverkehrsmarktes.

---

<sup>18</sup> Mehr Informationen finden sich unter [http://www.railcargologistics.at/de/Unsere\\_Leistungen/Lagerlogistik/](http://www.railcargologistics.at/de/Unsere_Leistungen/Lagerlogistik/)

<sup>19</sup> Mehr Informationen finden sich unter: <http://nieten.dbcargo.com/nieten-de/start/vertriebskompetenz/logistikkonzepte.html>

<sup>20</sup> In der Verkehrsprognose 2030 wird für die NST 2007 Gütergruppen ein KV-affiner Ladungsanteil angegeben. Dieser Ladungsanteil ist tendenziell für einen Transport im KV geeignet [BVU 2014, S. 215].

## 4 Wirkungsabschätzung der Szenarien

### 4.1 Methodik

#### 4.1.1 Verkehrsmodell Friday

Um die Wirkungen der in Kapitel 3 beschriebenen und nach Szenarien gruppierten Maßnahmenpakete auf die Modalwahl im Güterverkehr abschätzen zu können, kommt ein makroskopisches Verkehrsmittelwahlmodell zum Einsatz. Das Modell ist so kalibriert, dass es im Basisjahr 2010 und im Referenzfall 2030 dieser Studie der Verkehrsprognose des Bundes entspricht.

Die Verkehrsträgerwahl zwischen Schiene, Straße und Binnenschifffahrt wird von den drei Entscheidungsdimensionen „Transportkosten“, „Transportzeiten“ und „Transportzeitzuverlässigkeit“ der jeweiligen Alternativen beeinflusst. Das Verkehrsmittelwahlmodell stellte eine eigene vereinfachte Implementierung des in der BVWP benutzten Güterverkehrsmodells dar [BVU 2014].

#### 4.1.2 Parametrisierung der Szenarien

Die einzelnen Maßnahmen führen zu Veränderungen in den drei Entscheidungsdimensionen „Transportkosten“, „Transportzeiten“ und „Transportzeitzuverlässigkeit“. Diese Einflüsse sind im Anhang A 7 ausführlich beschrieben. Ein kurzer Auszug findet sich in der nachfolgenden Tabelle 8.

**Tabelle 8: Übersicht Maßnahmen und beeinflusste Parameter**

Nr.	Maßnahme	Einfluss auf Parameter
1	Bruttozuggewicht erhöhen (Betrifft nur Massengüter)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Netto- und Bruttozuggewicht steigt und führt zu höheren Fahrzeugkosten sowie zu höheren Zugbildungskosten;</li><li>• ggf. stärkeres oder zweites Triebfahrzeug erforderlich,</li><li>• Energiekosten pro Tkm entwickeln sich leicht unterproportional zum Bruttozuggewicht</li></ul>
2	Zuglänge erhöhen	<ul style="list-style-type: none"><li>• höhere Fahrzeugkosten infolge Nutzung moderner Bremstechnik</li><li>• Energiekosten pro Tkm sinken leicht</li></ul>
3	„Betriebsbedingte Halte vermeiden“ und dadurch Energieeffizienz erhöhen	<ul style="list-style-type: none"><li>• Fahrzeugkosten für Güterwagen und Triebfahrzeug sinken</li><li>• Energiebedarf und –kosten sinken.</li></ul>
4	Energieeffizienz erhöhen	<ul style="list-style-type: none"><li>• höhere Fahrzeugkosten aufgrund effizienterer Fahrzeugtechnik</li><li>• Energiekosten sinken</li></ul>
5	Güterumschlag im KV beschleunigen	<ul style="list-style-type: none"><li>• Verringerung der Umschlagkosten durch höhere Kapazität,</li><li>• Fahrzeugeinsatzkosten sinken durch schnelleren Güterwagenumlauf</li></ul>

Nr.	Maßnahme	Einfluss auf Parameter
6	Be- und Entladungsvorgänge beschleunigen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verringerung der Umschlagkosten durch höhere Kapazität,</li> <li>• Fahrzeugeinsatzkosten sinken durch schnelleren Güterwagenumlauf</li> </ul>
7	Zugbildung beschleunigen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verringerung der Zugbildungszeiten und -kosten</li> </ul>
8	Verspätungen EVU-seitig reduzieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhöhung der Pünktlichkeit, Verbesserung Zuverlässigkeit</li> </ul>

#### 4.1.3 Emissionsmodell TREMOD

Der Energieverbrauch und die Kohlendioxid-Emissionen (im Folgenden kurz CO<sub>2</sub>-Emissionen genannt) werden mit dem Emissionsmodell TREMOD berechnet [ifeu 2015]. In TREMOD sind die Fahr- und Verkehrsleistungen, der Energieverbrauch sowie die Klimagas- und Luftschadstoffemissionen der Verkehrsträger Straße, Schiene, Binnenschifffahrt und Luftverkehr in Deutschland in einer Zeitreihe von 1960 bis 2014 und in Szenarien bis 2050 abgebildet. Grundlagen der Emissionsberechnungen für alle Verkehrsträger in TREMOD sind umfangreiche nationale und internationale Datenquellen zu den Aktivitätsdaten (Fahrzeugbestände, Fahr- & Verkehrsleistungen, Kraftstoffabsatz) und spezifische Verbrauchs- und Emissionsfaktoren. Es werden sowohl der Endenergieverbrauch und direkten Abgasemissionen am Fahrzeug – bezeichnet als Tank-to-Wheel (TtW) - als auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen für die Energiebereitstellung von Kraftstoffen und Strom – sogenannter Well-to-Wheel-Ansatz (WtW) - bilanziert. Letzterer umfasst die Förderung, Aufbereitung und Umwandlung der Primärenergieträger in Kraftstoffe, Gase und Strom sowie die damit verbundenen Transporte und Umwandlungsverluste bis zur Tankstelle bzw. zum Stromabnehmer der Bahn. Die Szenarienrechnung beruht auf Annahmen zur zukünftigen Entwicklung der Verkehrsleistungen, der zukünftigen Flottenzusammensetzung und deren Eigenschaften (Effizienzentwicklung, Emissionsverhalten, Nutzungsmuster) sowie der zukünftigen Entwicklung der Energieträger nach Art (Energie-/Kraftstoffart), Herkunft (konventionelle oder regenerative Erzeugung) und Eigenschaft (z.B. Kohlenstoffgehalt, Schwefelgehalt).

Das aktuelle mit dem BMUB und dem Umweltbundesamt abgestimmte TREMOD-Referenzszenario bis 2030 basiert in seinen sozio-ökonomischen Rahmenbedingungen und bei der Verkehrsleistungsentwicklung auf der [VP 2030] und ist die Grundlage für den Referenzfall 2030 in dieser Studie. Für den Basisfall 2010 wird die aktuelle TREMOD-Version [ifeu 2015], und für den Referenzfall nach VP 2030 das Referenzszenario, das im Rahmen der TREMOD-Fortschreibung [ifeu 2014] und des Vorhabens [ifeu et.al. 2015] entwickelt wurde, verwendet. Damit basieren die Berechnungen auf folgenden Grundlagen:

- Verkehrsleistungen 2030 nach VP 2030
- Effizienzentwicklung der Fahrzeugflotten für Straße und Binnenschiff, wie sie für das Referenzszenario 2030 festgelegt wurden [ifeu 2014]; Für den SGV wurden die Annahmen der VP 2030 übernommen, da im TREMOD-Referenzszenario schon Maßnahmen unterstellt wurden, die in dieser Untersuchung erst in den Szenarien enthalten sind.

- CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren gemäß nationalem Treibhausgasinventarbericht für konventionelle Kraftstoffe, sowie Bioethanol und Biodiesel [ifeu 2015]
- Emissionsfaktoren für die Energiebereitstellung der konventionellen Kraftstoffe von der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik (LBST) [ifeu et.al. 2015]
- Emissionsfaktoren für die Energiebereitstellung der Biokraftstoffe nach ifeu-Analysen [ifeu 2014], Anteile der Biokraftstoffe 2030 wie in [ifeu et.al. 2015]
- Emissionsfaktoren für die Energiebereitstellung von Strom von LBST; Strommix 2030 nach Leitstudie 2011, Szenario A [ifeu et.al. 2015]

Die Annahmen für die Energie- und Emissionsberechnung sind in Tabelle 9 und Tabelle 10 zusammengefasst. Alle Annahmen beziehen sich auf den Referenzfall 2030. Bei Straße und Binnenschiff gelten die Annahmen auch für die Szenarien, da keine Auswirkungen der Maßnahmen auf die Zusammensetzung der Fahrzeugflotte und der betrieblichen Abläufe dieser Verkehrsträger angenommen wurden. Darüber hinausgehende Annahmen in den jeweiligen Szenarien beziehen sich ausschließlich auf den SGV. Diese ergeben sich v.a. aus den Änderungen in der Auslastung, der Wagenleergewichte und der Zuglängen, die durch die Maßnahmenpakete ausgelöst werden. Dies mindert den spezifischen Endenergieverbrauch und damit die spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen des SGVs.

**Tabelle 9: Annahmen zur Entwicklung der Auslastung und Energieeffizienz bis 2030**

Parameter <sup>21</sup>	Änderungen 2030 gegenüber 2010	Quelle
<b>Auslastung Lkw</b> <b>Auslastung Bahn</b> <b>Auslastung Schiff</b>	+10% keine Änderung (Referenz) keine Änderung je Güterart	ifeu 2014
<b>Effizienz Lkw (Neufahrzeuge)</b> - Lkw bis 12t - Lkw über 12t - Last-/Sattelzug	-23% -21% -19%	ifeu 2014
<b>Effizienz Schiene (Mittlere Flotte)</b>	-10% (Referenz)	VP 2030, S. 351
<b>Effizienz Binnenschiff (Mittlere Flotte)</b>	-15%	ifeu 2014

---

<sup>21</sup> Anmerkung: Die Auslastung bezeichnet das Verhältnis von durchschnittlicher Zuladung zur maximal möglichen Zuladung. Die Effizienz bezieht sich auf den spezifischen Energieverbrauch, z.B. in g Diesel bzw. kWh Strom pro km

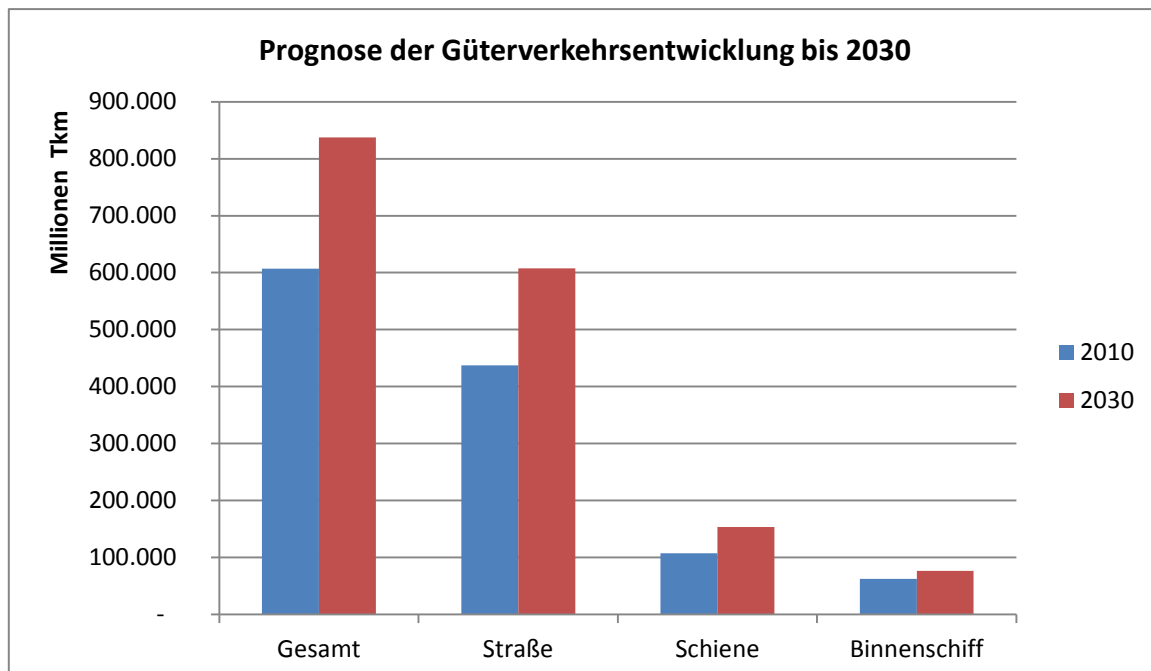
**Tabelle 10: Annahmen zu den Biokraftstoffanteilen, dem Strommix sowie den CO<sub>2</sub>- und Primärenergiefaktoren 2010 und 2030**

Parameter	2010	2030	Quelle
<b>Anteil Biodiesel an Diesel gesamt</b>	6,1%	10%	lfeu et.al. 2015
<b>Strommix: Anteil Energieträger</b>			lfeu et.al. 2015
- Erneuerbarer Strom	16,7%	63,8%	
- Kohle	44,0%	14,5%	
- Erdgas	14,0%	21,0%	
- Nuklear	23,5%	0,0%	
- sonstige	1,8%	0,7%	
<b>CO<sub>2</sub> Emissionsfaktor (g/MJ)</b>			lfeu 2015 lfeu et.al. 2015 lfeu et.al. 2015
- Diesel direkt	73,8	73,7	
- Diesel Bereitstellung	10,1	8,5	
- Strom Bereitstellung	169,3	62,9	
<b>Anteil Dieseltraktion Eisenbahn</b>	6,7%	2,3%	lfeu et.al. 2015

## 4.2 Prognose Endenergieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Entwicklung bis 2030

In einem ersten Analyseschritt wird berechnet, wie sich die CO<sub>2</sub>-Entwicklung bis 2030 darstellt. Der Ausgangspunkt ist die prognostizierte Verkehrsentwicklung zwischen dem Basisjahr 2010 und dem Referenzszenario 2030, welches mit der Verkehrsprognose 2030 des Bundes übereinstimmt (vgl. Abbildung 6).

**Abbildung 6: Prognose der Gesamtverkehrsleistung bis 2030, Quelle: [VP 2030, S. 287]**



Für die Gesamtgüterverkehrsleistung wird eine Steigerung von knapp 600 Mrd. Tkm im Jahr 2010 auf knapp 840 Mrd. Tkm bis 2030 prognostiziert. Dies entspricht einer Zunahme um etwa 40 %. Der Straßengüterverkehr und der SGV haben mit jeweils etwa 40 % eine vergleichbare relative Zunahme



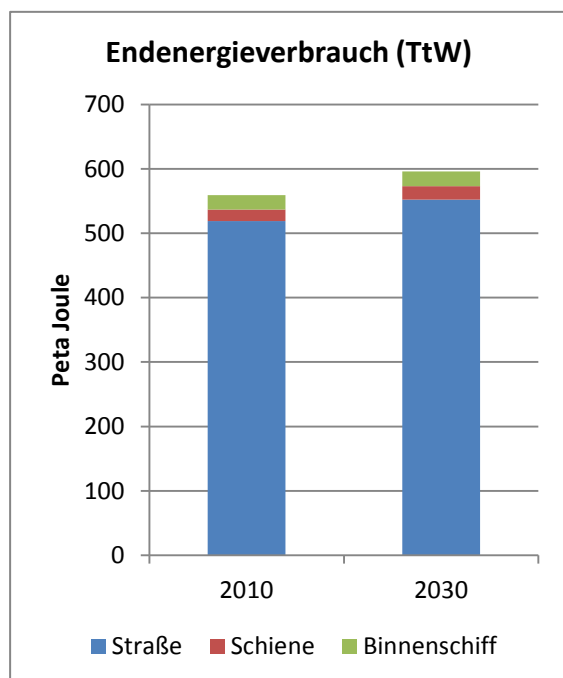
in der Verkehrsleistung. Absolut gesehen zeigt die Abbildung 6 jedoch, dass das absolute Wachstum vor allem im Straßengüterverkehr stattfindet.

Mit der Zunahme der Güterverkehrsleistung um ca. 40 % steigen auch der Endenergieverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen an. Deren Anstieg fällt jedoch mit +6 % (Endenergieverbrauch) bzw. +1 % (CO<sub>2</sub>-Emissionen) deutlich geringer aus (siehe Abbildung 7 und Abbildung 8). Ausschlaggebend sind hierbei folgende Faktoren:

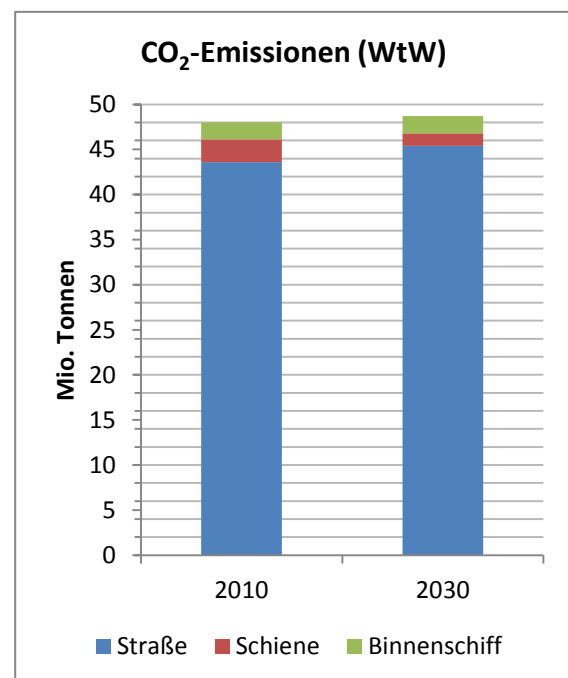
- Der Straßengüterverkehr wächst hauptsächlich im Fernverkehr, der mit größeren und damit je Tonnenkilometer effizienteren Fahrzeugen durchgeführt wird. In diesem Segment existiert ein vergleichsweise geringer Leerfahrtenanteil, der durch verbesserte Logistik weiter sinken wird.
- Die Energieeffizienz (Effizienz der Antriebstechnologie) verbessert sich bei allen Verkehrsträgern um 10 % bis 23 %.
- Bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen für die Stromerzeugung der Schiene wirkt sich die zunehmende Umstellung auf erneuerbare Energieträger positiv aus. Es wird damit gerechnet, dass der CO<sub>2</sub>-Faktor von Strom in 2030 um etwa 60% niedriger ist als 2010. Durch zunehmende Elektrifizierung auf der Schiene geht zudem die Dieseltraktion zurück.

Es wird deutlich, dass der Übergang zu erneuerbaren Energieträgern und Fortschritte in der Motoren- und Fahrzeugtechnologie alleine nicht ausreichen, den Endenergieverbrauch die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Güterverkehr zu senken.

**Abbildung 7: Prognose der Entwicklung des Endenergieverbrauchs bis 2030**



**Abbildung 8: Prognose der Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2030**



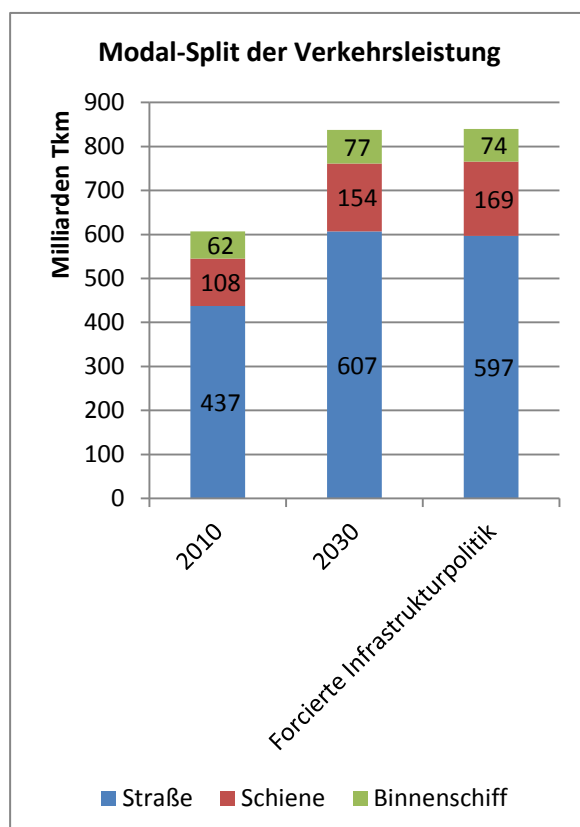
### 4.3 Szenario „Forcierte Infrastrukturpolitik“

In diesem Szenario nimmt der Staat im Schienenverkehr konsequent seine klassische Hoheitsaufgabe in der Infrastrukturpolitik wahr – Erhalt und Ausbau. Speziell für den SGV werden zusätzliche und längere Überholmöglichkeiten geschaffen. Daraufhin ergeben sich neue Kosteneinsparpotenziale für die Privatwirtschaft. Diese setzt jedoch nur die technischen Maßnahmen um, die sich für sie betriebswirtschaftlich rechnen und als sinnvoll eingestuft werden. In Kapitel 3.3.1 wurde festgelegt, dass dies die Maßnahmen „Zuglänge erhöhen“, „Energieeffizienz erhöhen“ und „Betriebliche Halte vermeiden“ betrifft. Nachfolgend werden die Ergebnisse hinsichtlich des Verlagerungspotenzials und der Entwicklungen des Endenergieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen dargestellt.

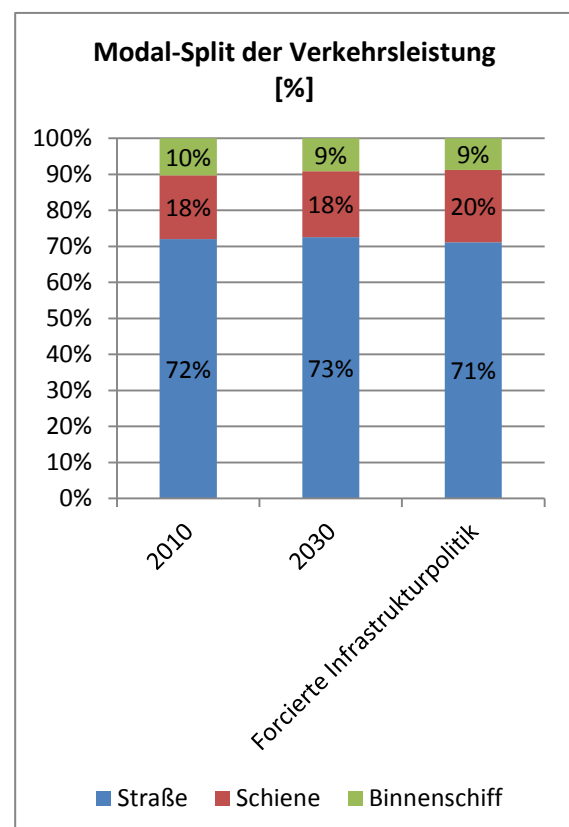
#### 4.3.1 Verlagerungspotenzial

Der Anteil des SGVs an der Gesamtverkehrsleistung steigt von 18% auf 20 % (siehe Abbildung 10). Da im SGV – und besonders im Einzelwagenverkehr – oftmals Umwege gefahren werden, erhöht sich die Gesamtverkehrsleistung durch die Verlagerung um 0,3 % (siehe Abbildung 9).

**Abbildung 9: Modal-Split der Gesamtverkehrsleistung im Szenario „Forcierte Infrastrukturpolitik“**



**Abbildung 10: Modal-Split der Gesamtverkehrsleistung (%) im Szenario „Forcierte Infrastrukturpolitik“**



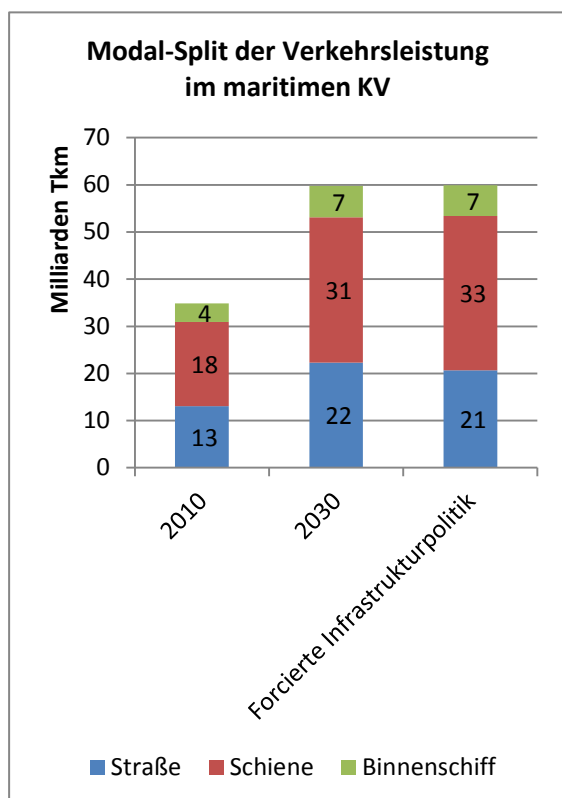
Der SGV kann im maritimen KV sehr gut von den transportpreisreduzierenden Maßnahmen profitieren. Vom Straßengüterfernverkehr können etwa 1,6 Mrd. Tkm auf den SGV im maritimen KV verlagert werden. Die Verkehrsleistung des SGV im maritimen KV nimmt durch die

Maßnahmenpakete im Vergleich zum Referenzszenario 2030 um etwa 1,9 Mrd. Tkm zu (siehe Abbildung 11).

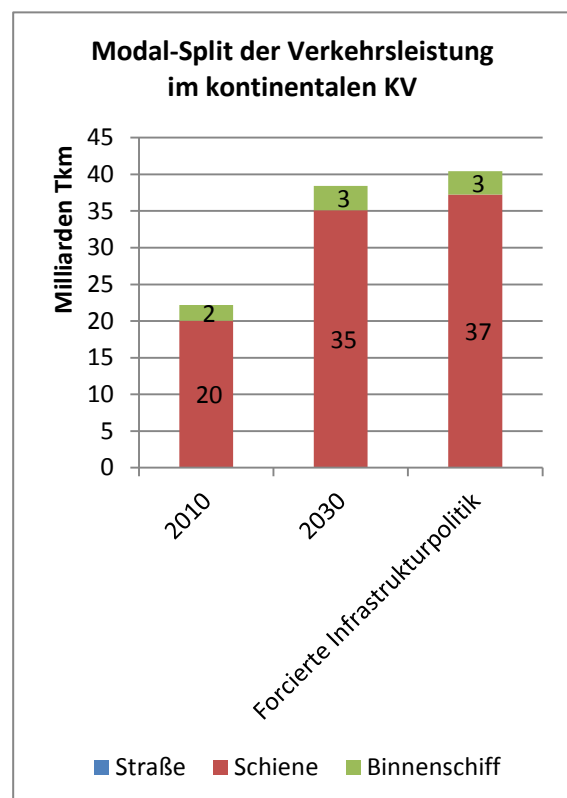
Im Kontinentalen KV kann der SGV ebenfalls von den transportpreisreduzierenden Maßnahmen profitieren. Die Verkehrsleistung des SGV nimmt durch die Maßnahmenpakete um etwa 2 Mrd. Tkm zu (siehe Abbildung 12). Es können vom konventionellen Straßengüterverkehr etwa 1,9 Mrd. Tkm auf den SGV verlagert werden.

Auch im Teilmarkt des konventionellen Verkehrs steht der SGV im starken Wettbewerb zum Straßengüterfernverkehr. Dies betrifft vor allem Logistikganzzüge und Wagengruppenverkehre. Daher profitiert der SGV auch hier von den transportpreisreduzierenden Maßnahmen. Die Verkehrsleistung des SGVs nimmt durch die Maßnahmenpakete um knapp 11 Mrd. Tkm zu, was einer Erhöhung von etwa 12 % gegenüber dem Referenzszenario 2030 entspricht (siehe Abbildung 13). Es können vom konventionellen Straßengüterverkehr 8,7 Mrd. Tkm auf den konventionellen SGV verlagert werden.

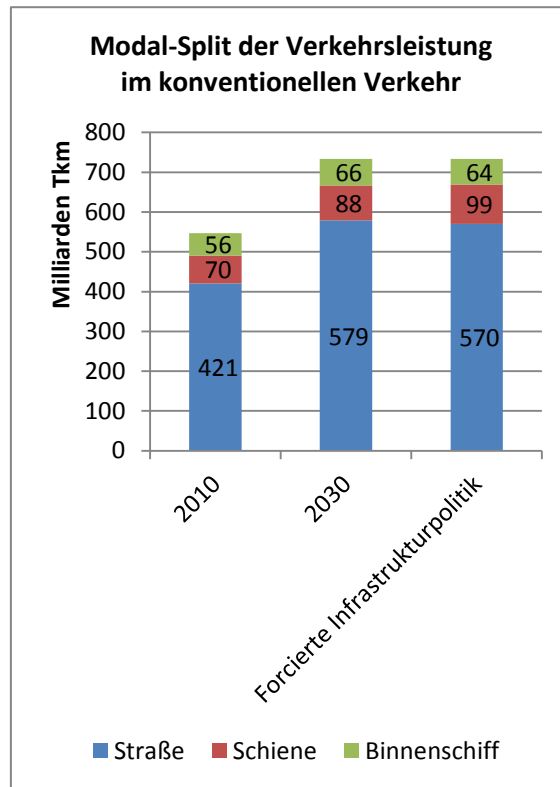
**Abbildung 11: Modal-Split im Teilmarkt des maritimen KV im Szenario „Forcierte Infrastrukturpolitik“**



**Abbildung 12: Modal-Split Ergebnisse im Teilmarkt des kontinentalen KV im Szenario „Forcierte Infrastrukturpolitik“**



**Abbildung 13: Modal-Split im Teilmarkt des konventionellen Verkehrs im Szenario „Forcierte Infrastrukturpolitik“**

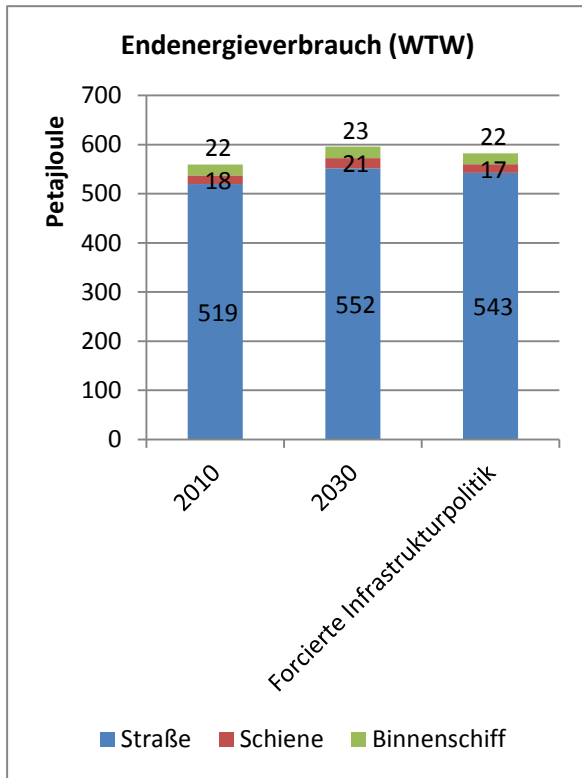


#### 4.3.2 Endenergieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen

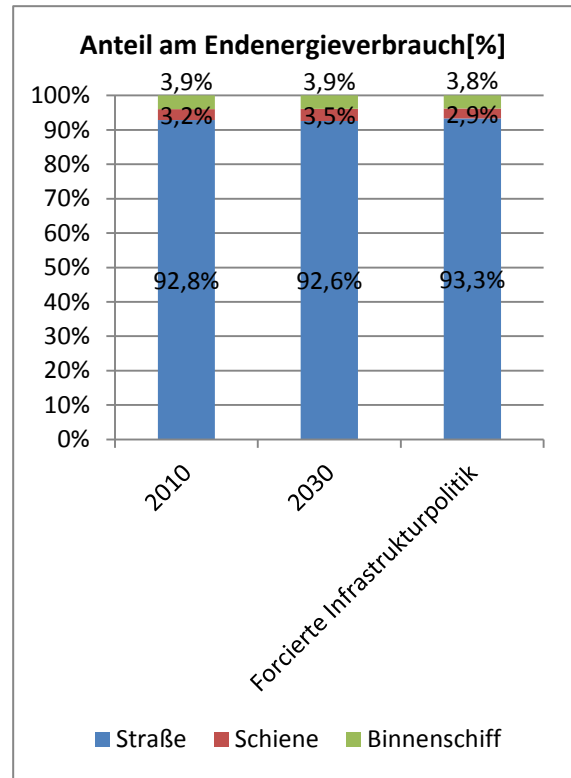
Im Szenario „Forcierte Infrastrukturpolitik“ wird beim SGV folgende Annahmen getroffen: Analog zur BVWP werden Minderungen beim Energieverbrauch von Zügen von 10% angenommen. Dies sind insbesondere Verbesserungen bei der Traktion. Durch die unterstellten Maßnahmenpakete („Zuglänge erhöhen“, „Energieeffizienz erhöhen“ und „Betriebliche Halte vermeiden“) kommt es zu einer weiteren Verbesserung des Endenergieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen je Tonnenkilometer auf der Schiene von nun insgesamt 24 % bzw. 23 %.

Insgesamt wird gegenüber dem Referenzfall 2030 ein Rückgang des Endenergieverbrauchs von 2 % berechnet (siehe Abbildung 14). Gegenüber 2010 ergibt sich dennoch eine Zunahme des Endenergieverbrauchs von 4 %. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen können gegenüber dem Referenzszenario 2030 um 2 % reduziert werden. Gegenüber 2010 ergibt sich ein geringfügiger Rückgang um 1 % (siehe Abbildung 16).

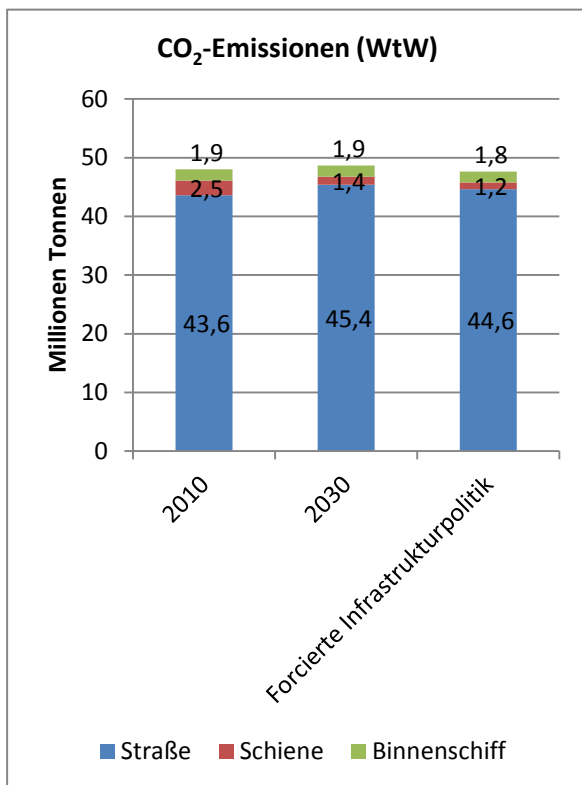
**Abbildung 14: Endenergieverbrauch im Szenario „Forcierte Infrastrukturpolitik“**



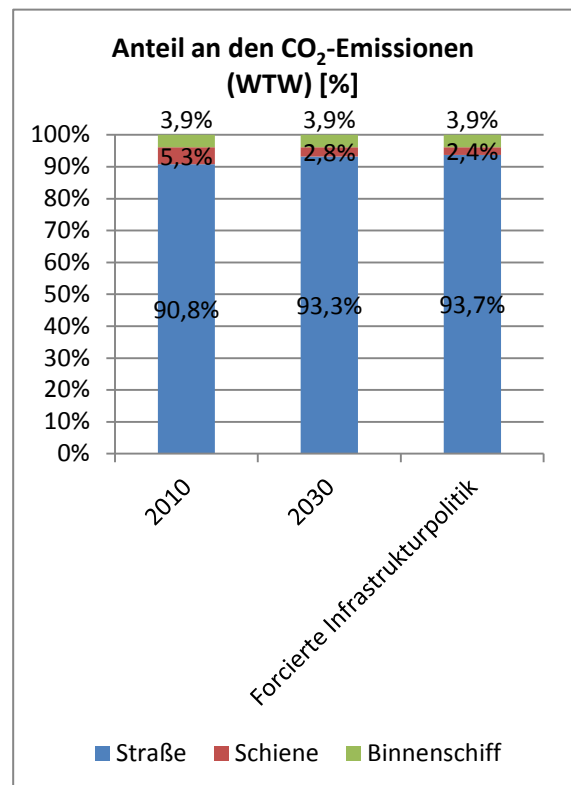
**Abbildung 15: Endenergieverbrauch (%) im Szenario „Forcierte Infrastrukturpolitik“**



**Abbildung 16: CO<sub>2</sub>-Emissionen im Szenario „Forcierte Infrastrukturpolitik“**



**Abbildung 17: CO<sub>2</sub>-Emissionen (%) im Szenario „Forcierte Infrastrukturpolitik“**



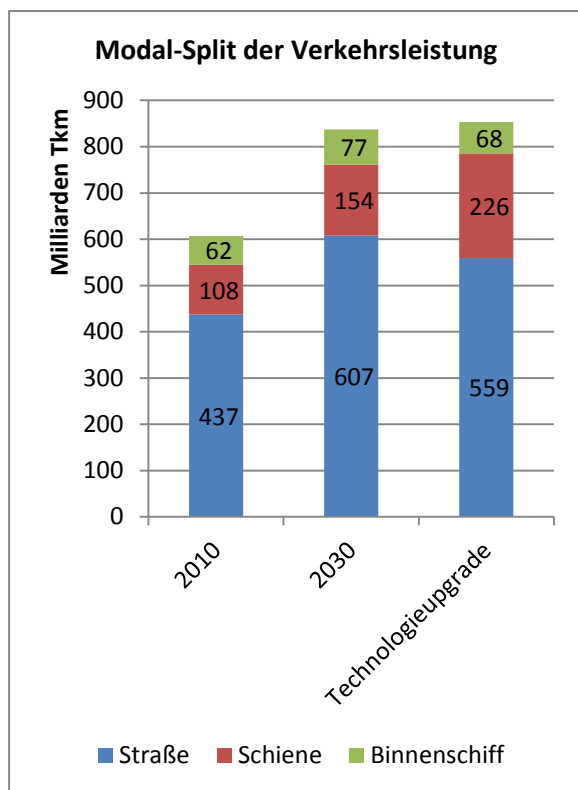
#### 4.4 Szenario „Technologieupgrade“

In diesem Szenario wird angenommen, dass die Investitionskosten in das Rollmaterial staatlich gefördert werden. Dies bedeutet für die Privatwirtschaft, dass zusätzliche Investitionskosten in modernere Güterwagen entfallen. Auf diese Weise wird die Barriere gesenkt, aufgrund mangelnder Kompatibilitäten mit dem bisherigen Wagenpark auf eine neue Technologiegeneration umzustellen. Folglich werden nun alle entwickelten Maßnahmenpakete der Privatwirtschaft umgesetzt. Die Details zur Parametrisierung dieses Szenarios sind im Anhang A 5 tabellarisch dargestellt.

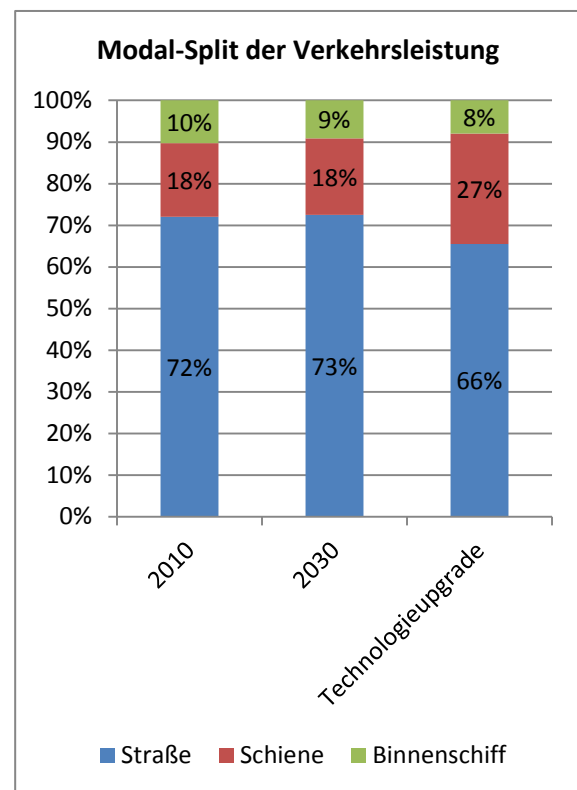
##### 4.4.1 Verlagerungspotenzial

Der SGV kann in diesem Szenario sehr gut von den Maßnahmenpaketen profitieren. Der Anteil des SGVs steigt von 18 % auf 27 % an (siehe Abbildung 19). Durch die zusätzlichen Maßnahmen zur Reduzierung der Transportzeit und zur Erhöhung der Zuverlässigkeit können gegenüber dem Szenario „Forcierte Infrastrukturpoliti“ erhebliche Zusatzwirkungen auf den Modal-Split erzielt werden. Aufgrund von zusätzlichen Wegen auf der Schiene erhöht sich die Gesamtverkehrsleistung gegenüber dem Referenzszenario 2030 um etwa 16 Mrd. Tkm auf 853 Mrd. Tkm, was einem Anstieg von etwa 2 % entspricht.

**Abbildung 18: Modal-Split der Gesamtverkehrsleistung im Szenario „Technologieupgrade“**



**Abbildung 19: Modal-Split der Gesamtverkehrsleistung (%) im Szenario „Technologieupgrade“**



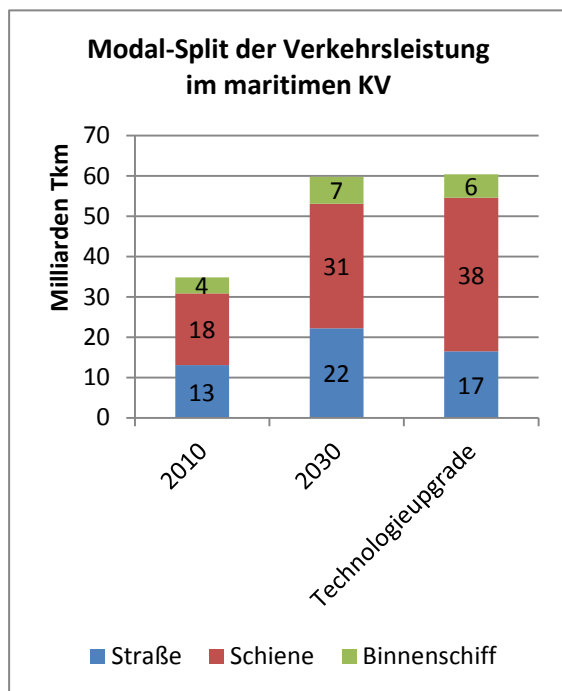
Die Entwicklung der Verkehrsleistung im maritimen KV ist in Abbildung 20 dargestellt. Im Vergleich zum Referenzszenario 2030 erhöht sich die Verkehrsleistung des SGVs um 7 Mrd. Tkm, was einer

Erhöhung um 23 % entspricht. Der meiste Teil davon kommt vom Straßengüterverkehr, ein kleiner Teil geht an das Binnenschiff verloren.

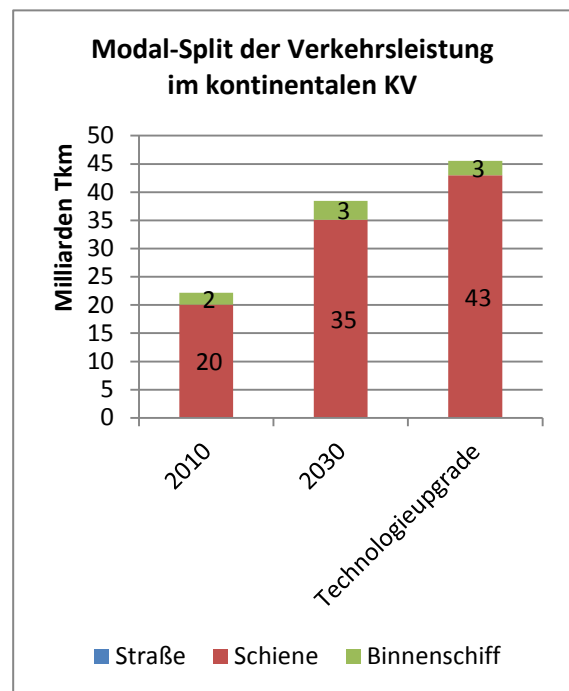
Im kontinentalen KV steigt die Verkehrsleistung des SGVs um 8 Mrd. Tkm im Vergleich zur Referenz 2030 an (siehe Abbildung 21). Das entspricht einer Zunahme des SGVs um 22 %. Der Großteil davon, etwa 7 Mrd Tkm, kommt vom Straßengüterverkehr. Analog zu den Ergebnissen im maritimen KV führen auch hier die zusätzlichen Maßnahmen zur Reduzierung der Transportzeit und zur Erhöhung der Zuverlässigkeit zu einem spürbaren Verlagerungspotenzial.

Die Ergebnisse für den konventionellen Verkehr sind in Abbildung 22 dargestellt. Die Verkehrsleistung des SGV steigt um 57 Mrd. Tkm, was einer Erhöhung um etwa 65 % entspricht. Dieser Anstieg erscheint auf den ersten Blick massiv. Er relativiert sich jedoch, wenn man bedenkt, dass man es nun mit einem neuen SGV System mit neuen Produktionssystemen zu tun hat und dass der Straßengüterverkehr „nur“ um 7% zurückgeht.

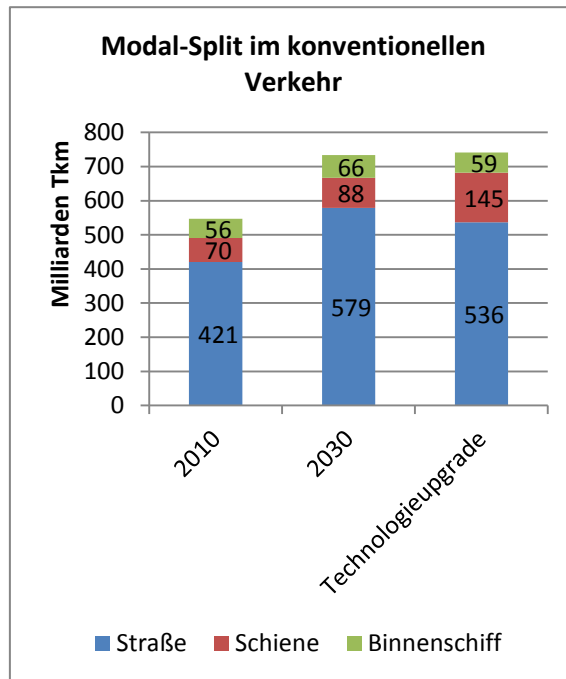
**Abbildung 20: Modal-Split im Teilmarkt des maritimen KV im Szenario „Technologieupgrade“**



**Abbildung 21: Modal-Split im Teilmarkt des kontinentalen KV im Szenario „Technologieupgrade“**



**Abbildung 22: Modal-Split im Teilmarkt des konventionellen Verkehrs im Szenario „Technologieupgrade“**



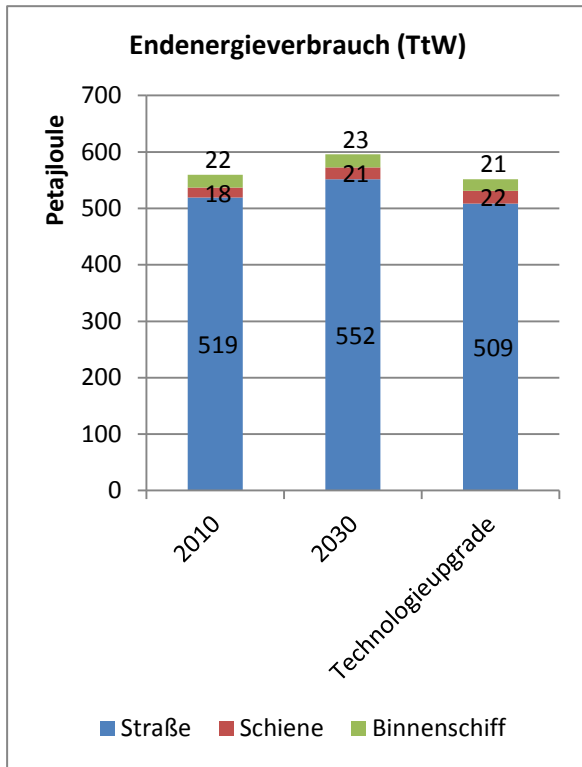
#### 4.4.2 Endenergieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen

Der spezifische Energieverbrauch auf der Schiene sinkt nur noch leicht im Vergleich zum Szenario „Forcierte Infrastrukturpolitik“, wozu vor allem das Maßnahmenpaket „Bruttozuggewicht erhöhen“ einen Beitrag leistet. Zudem können bei einer automatischen Kupplung auch höhere Druckkräfte übertragen werden und vermehrt Strom rückgespeist werden.

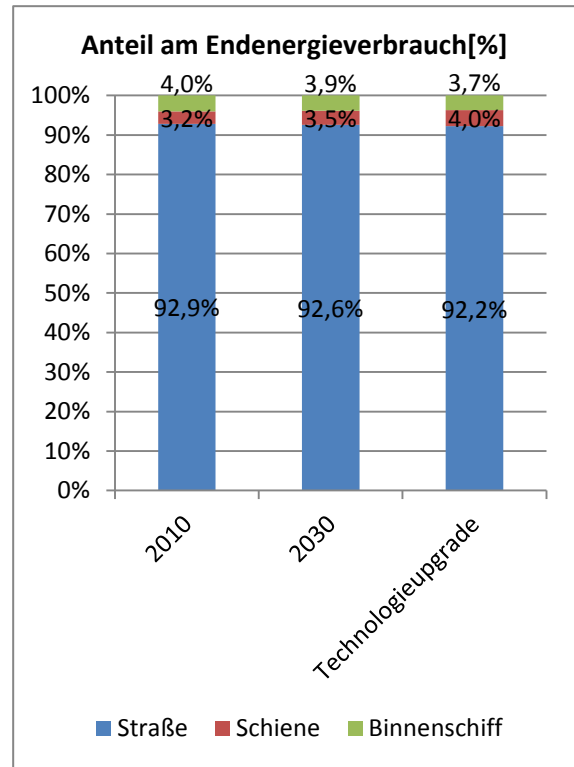
Insgesamt führen die Verlagerungseffekte vom Straßengüterfernverkehr und vom Binnenschiff auf den SGV zu einem Rückgang des Endenergieverbrauchs im gesamten Güterverkehr um 1 % gegenüber 2010 und um 7 % gegenüber der Referenz 2030 (siehe Abbildung 23). Die CO<sub>2</sub>-Emissionen können gegenüber 2010 um 6 % und gegenüber 2030 um 8 % reduziert werden (siehe Abbildung 25). Im Vergleich zum Szenario „Forcierte Infrastrukturpolitik“ können der Endenergieverbrauch um 5 % und die CO<sub>2</sub>-Emissionen um 6% gesenkt werden.



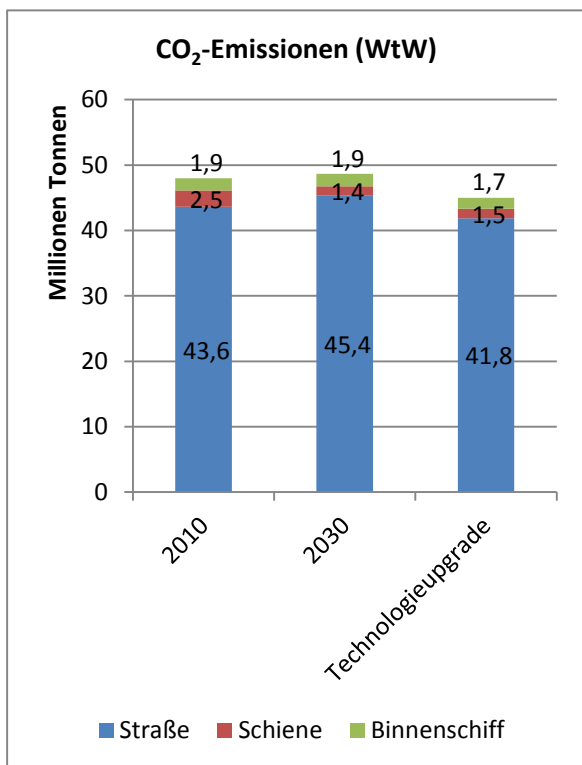
**Abbildung 23: Endenergieverbrauch im Szenario „Technologieupgrade“**



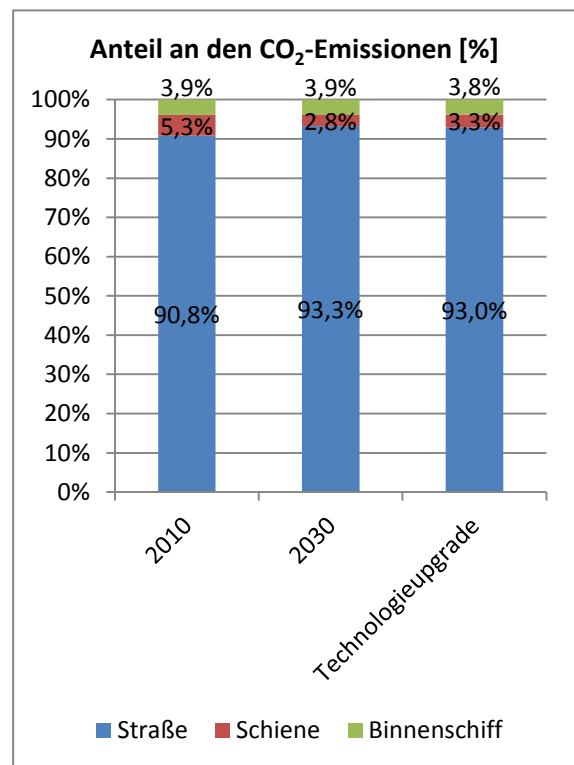
**Abbildung 24: Endenergieverbrauch (%) im Szenario „Technologieupgrade“**



**Abbildung 25: CO<sub>2</sub>-Emissionen im Szenario „Technologieupgrade“**



**Abbildung 26: CO<sub>2</sub>-Emissionen (%) im Szenario „Technologieupgrade“**



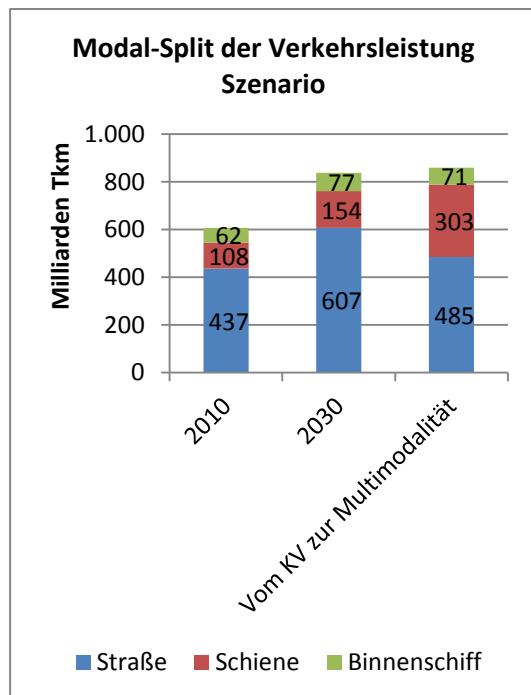
## 4.5 Szenario „Vom KV zur Multimodalität“

Im dritten Szenario wird angenommen, dass 50 % der KV-affinen Güter (z.B. Maschinen, Textilien, Möbel, Sammelgut) mit einer Transportentfernung über 400 km vom konventionellen Verkehr (Straße, Schiene und Binnenschiff) auf den kontinentalen KV (davon 90% auf den SGV und 10 % auf das Binnenschiff) mithilfe massenleistungsfähiger Umschlagsanlagen für alle Arten allgemeinen Ladungsgütern umgeschlagen werden können. Bei den Umschlagstechnologien handelt es sich vor allen Dingen um massenleistungsfähige Technologien, die geeignet sind, Arten allgemeiner Ladungsgüter auf Paletten und in Gitterboxen und jeglicher Transportlosgröße von einigen hundert Kilogramm bis hin zu ganzen Lkw-Partien kosteneffizient umzuschlagen. Insgesamt soll der Hauptentwicklung auf dem Güterverkehrsmarkt Rechnung getragen werden – dem Anstieg kleinteiliger Sendungen über große Transportdistanzen. Dies eröffnet neue Möglichkeiten für den SGV im kontinentalen Verkehr.

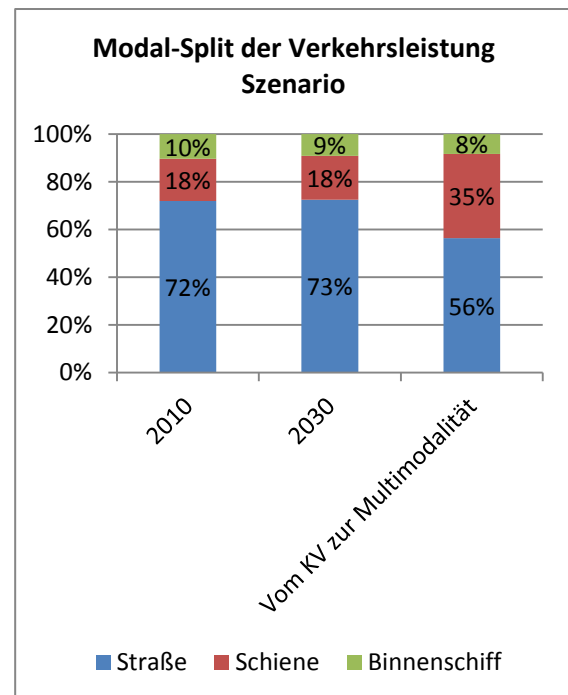
### 4.5.1 Verlagerungspotenzial

Die Gesamtgüterverkehrsleistung der drei Verkehrsträger über alle Teilmärkte erhöht sich gegenüber dem Referenzszenario 2030 um etwa 21 Mrd. Tkm auf 859 Mrd. Tkm (siehe Abbildung 27). Die Gesamtverkehrsleistung steigt damit um rund 3 % an. Aufgrund der massiven Verlagerung auf den kontinentalen KV kann der SGV in diesem Szenario im Vergleich zu den anderen beiden Szenarien am besten profitieren. Der Anteil des SGVs steigt von 18 % auf 35 % an (siehe Abbildung 28).

**Abbildung 27: Modal-Split der Gesamtverkehrsleistung im Szenario „Vom KV zur Multimodalität“**



**Abbildung 28: Modal-Split der Gesamtverkehrsleistung (%) im Szenario „Vom KV zur Multimodalität“**

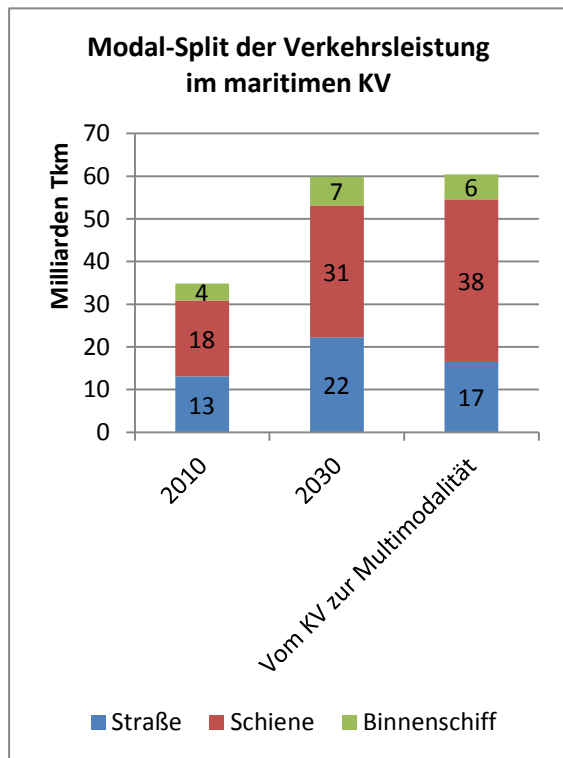


Die Entwicklung der Verkehrsleistung des maritimen KV ist in Abbildung 29 dargestellt. Es ergeben sich keine Änderungen im Vergleich zum Szenario „Technologieupgrade“, da hier weiterhin die bisherigen Umschlagtechnologien eingesetzt werden.

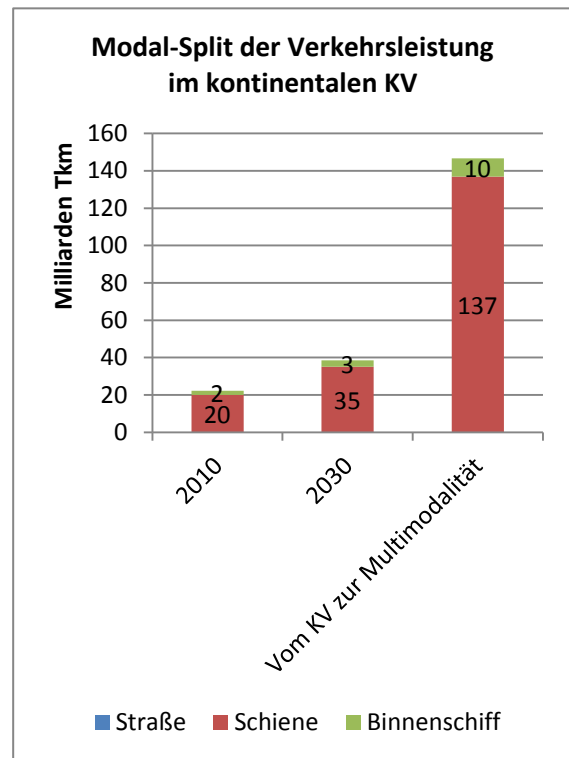
Im kontinentalen KV steigt die Verkehrsleistung des SGVs im Vergleich zum Referenzszenario 2030 um 102 Mrd. Tkm an (siehe Abbildung 30). Dies entspricht knapp einer Vervielfachung des kontinentalen KV auf der Schiene. Vom konventionellen Straßengüterverkehr werden im Vergleich zum Szenario „Technologieupgrade“ weitere 80 Mrd. Tkm auf den SGV im kontinentalen KV verlagert.

Im konventionellen Verkehr reduziert sich die Verkehrsleistung um 123 Mrd. Tkm, da Einzelwagenverkehre auf multimodale Transportketten umgestellt werden (siehe Abbildung 31). Es findet insgesamt eine Verlagerung auf den kontinentalen KV statt.

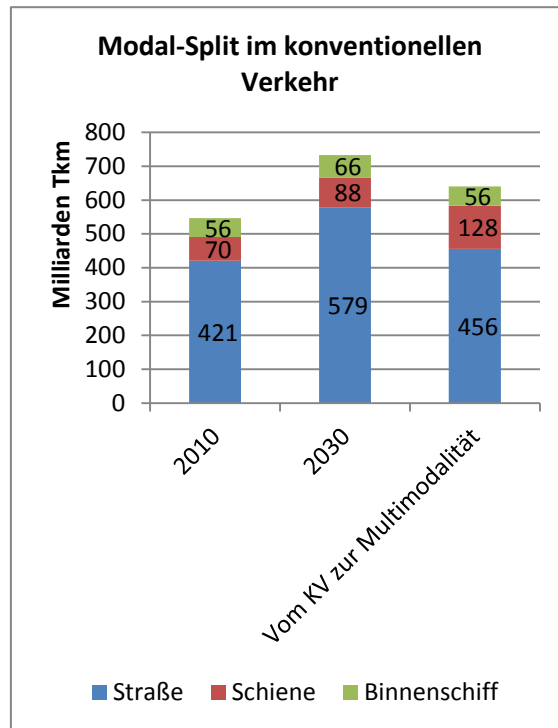
**Abbildung 29: Modal-Split im Teilmarkt des maritimen KV im Szenario „Vom KV zur Multimodalität“**



**Abbildung 30: Modal-Split im Teilmarkt des kontinentalen KV im Szenario „Vom KV zur Multimodalität“**



**Abbildung 31: Modal-Split im Teilmarkt des konventionellen Verkehrs im Szenario „Vom KV zur Multimodalität“**



#### 4.5.2 Endenergieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen

Die zusätzlichen Verlagerungseffekte im kontinentalen KV machen sich im Szenario „Vom KV zur Mulitmodalität“ deutlich bemerkbar. Obwohl die Züge des kontinentalen KV aufgrund der im Mittel geringeren Zuglängen und Auslastungen einen höheren spezifischen Energieverbrauch pro Tkm als die übrigen Zuggattungen haben, führt die Verlagerung von 2010 bis 2030 zu einem Rückgang des Endenergieverbrauchs um 12 % bzw. der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 16 %. Erst in diesem Szenario werden eine deutliche Senkung des Endenergieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber 2010 erreicht. Im Vergleich zur Referenz 2030 entsteht ein Unterschied von -17 % bzw. -18 % und im Vergleich zum Szenario „Technologieupgrade“ von -10 % bzw. -11 %. Der Anteil des SGV am Endenergieverbrauch steigt von 3,2 % im Referenzfall 2030 auf 6,8 % im Szenario „Vom KV zur Mulitmodalität“.

Abbildung 32: Endenergieverbrauch im Szenario „Vom KV zur Multimodalität“

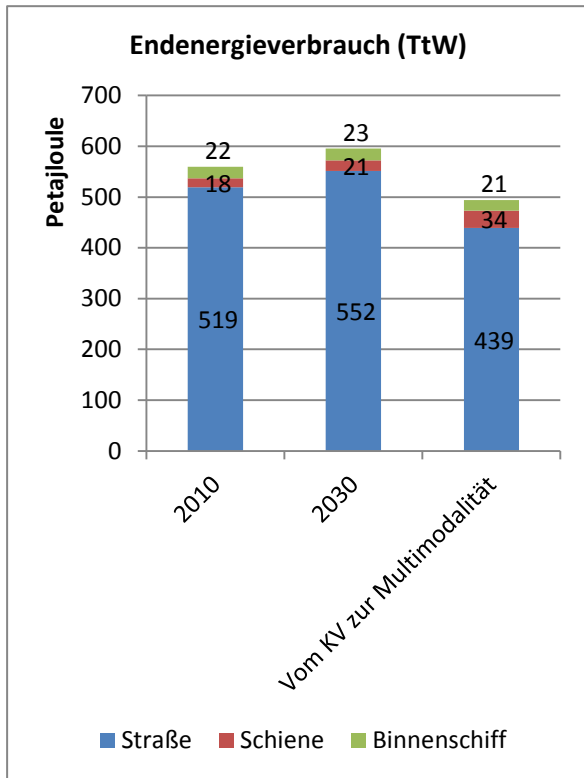


Abbildung 33: Endenergieverbrauch (%) im Szenario „Vom KV zur Multimodalität“

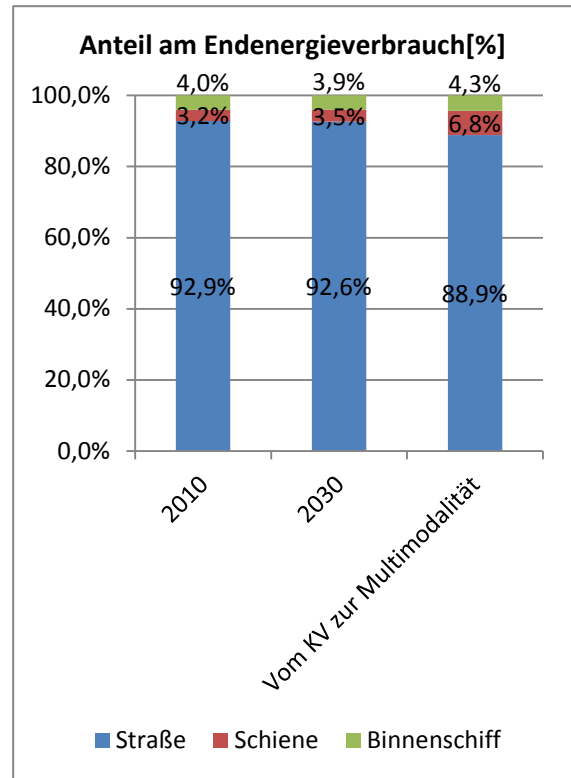


Abbildung 34: CO<sub>2</sub>-Emissionen im Szenario „Vom KV zur Multimodalität“

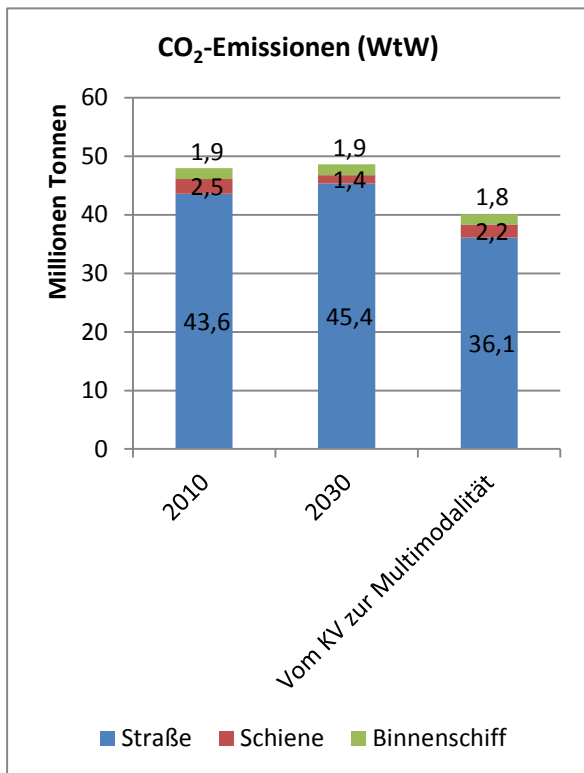
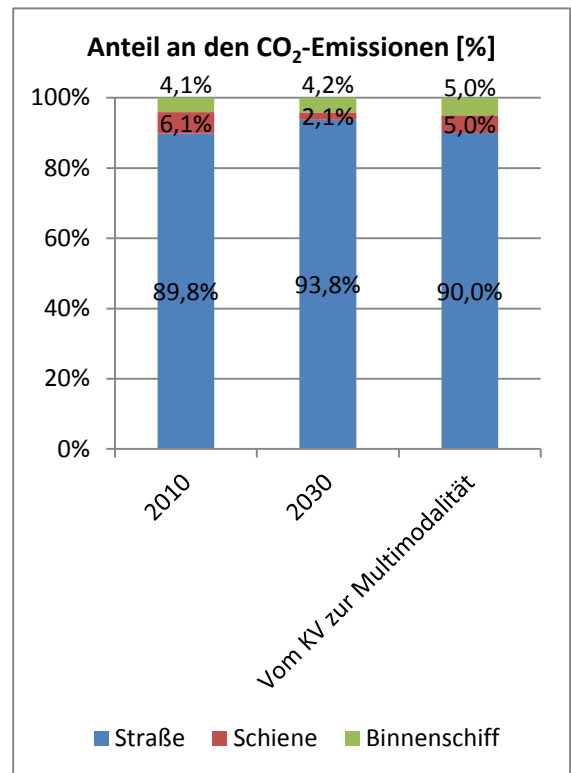


Abbildung 35: CO<sub>2</sub>-Emissionen (%) im Szenario „Vom KV zur Multimodalität“



## 4.6 Ergebnisüberblick und Schlussfolgerungen für die Handlungsempfehlungen

Ausgangspunkt der Analysen ist das Ziel der Bundesregierung, den Endenergieverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen Verkehrssektor gegenüber 2005 bis 2050 um 40% zu senken. Die Ergebnisse in Tabelle 11 zeigen, dass nur aufgrund einer verbesserten Infrastruktur lediglich eine geringe Reduktion des Endenergieverbrauchs erreichbar ist (Szenario „Forcierte Infrastrukturpolitik“). Dies bestätigt Ergebnisse, die im Rahmen der Studien zur neuen Bundesverkehrswegeplanung gewonnen wurden [BVWP 2030, S. 24]. Dies bedeutet, dass Infrastrukturverbesserungen den Anstieg des Endenergieverbrauchs lediglich dämpfen. Eine wirksame Reduktion gegenüber 2010 wird nicht erreicht. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen können gegenüber dem Referenzszenario 2030 leicht gesenkt werden. Zwar lassen sich die Verkehrsleistung des SGV um ca. 10% gegenüber dem Referenzwert aus 2030 steigern und eine verbesserte Profitabilität des Netzes und der EVU erzielt werden, aber auf den Gesamtmärkten und hinsichtlich des Energieverbrauchs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen zeigen sich nur geringe Effekte. Ein Grund für die geringe Wirksamkeit von Infrastrukturmaßnahmen ist die Tatsache, dass Unternehmen aufgrund des Vorliegens von Netzwerkeffekten nicht von den neuen Möglichkeiten verbesserter Infrastruktur profitieren. So lohnt es sich nicht für einzelne Verlagerer, Wagenhalter und EVU, ein Technologieupgrade durchzuführen, da die innovativen Wagen nicht mehr kompatibel mit den bisherigen sind und auf diese Weise nur unwirtschaftliche Insellösungen entstehen. Im Endeffekt wird nur eine geringe Verlagerung erzielt.

**Tabelle 11: Szenarioergebnisse im Überblick**

	Verkehrsprognose 2030		Eigene Berechnungen					
	2010	2030	Forcierte Infrastrukturpolitik		Technologieupgrade		Vom KV zur Multimodalität	
			Szenarioergebnis	Veränderung ggü. 2030	Szenarioergebnis	Veränderung ggü. 2030	Szenarioergebnis	Veränderung ggü. 2030
Gesamtverkehrsleistung (Straße, Schiene Binnenschiff) [Mrd. Tkm]	607	838	840	+ 2	854	+ 16	860	+ 22
Verkehrsleistung Schiene [Mrd. Tkm]	108	154	169	+ 15	226	+ 72	303	+ 149
Modal-Split SGV [%]	18	18	20	+ 2	27	+ 9	35	+ 17
Endenergieverbrauch gesamt [PJ]	559	596	582	- 14	552	- 44	494	- 102
CO <sub>2</sub> -Emissionen gesamt [Mio. T]	48	48,7	47,6	- 1,1	45	- 3,7	40,1	- 8,6

Im Szenario „Technologieupgrade“ wird durch eine staatliche Kofinanzierung eine Möglichkeit geschaffen, dass Privatunternehmen die Chancen einer verbesserten Infrastruktur durch ein paralleles Technologieupgrade auch adäquat ausnutzen können und durch Netzwerkeffekte bedingte Barrieren überwunden werden können. Der Modal-Split des SGVs erhöht sich nun deutlich auf 27 % und nähert sich damit Werten, wie sie beispielsweise in Österreich oder der Schweiz beobachtet werden können. Auf diese Weise kann der Endenergiebedarf gegenüber 2030 gesenkt und gegenüber 2010 trotz eines allgemeinen Güterverkehrswachstums immerhin stabilisiert werden. Jedoch ist auch hier das Verlagerungspotenzial begrenzt und bezieht sich auf klassische schienenaffine Güter wie Rohstoffe, Baustoffe, chemische Produkte, Kohle und Mineralölprodukte sowie Erzeugnisse der Stahlindustrie. Dies sind jedoch genau die Güter, deren Transportaufkommen in den kommenden Jahren stagnieren und ggf. sogar zurückgehen. Der SGV würde auch bei einem Technologieupgrade nur eingeschränkt vom Wachstum der allgemeinen Ladungsgüter über große Entfernungen profitieren.

Vor diesem Hintergrund wurde in Anlehnung an das EU-Weissbuch Verkehr 2011 das Szenario „Vom KV zur Multimodalität“ formuliert. Erst hier wird eine deutliche Erhöhung des Modal-Splits des SGV auf 35 % erreicht. Dies geht einher mit einer spürbaren Senkung beim Endenergiebedarf und der CO<sub>2</sub>-Emissionen sowohl gegenüber 2030 als auch gegenüber dem heutigen Status Quo. Die derzeitigen KV-Umschlaganlagen sowie die derzeitigen Produktionssysteme im kontinentalen KV erschließen nur einen kleinen Teil der potenziellen Nachfrage. Sie sind beispielsweise nicht auf den Umschlag von Ladeeinheiten und Sendungen unterschiedlicher Größe ausgerichtet und zu vernünftigen Transportzeiten kaum netzbildungsfähig. Um den Modal-Split-Anteil des SGV signifikant zu erhöhen, sind deshalb neue attraktive und wirtschaftliche Umschlags- und Dienstleistungskonzepte notwendig. Es ist zu beachten, dass diese Konzepte an die logistischen Anforderungen (Frequenz, Sendungsgröße, Zuverlässigkeit, Just-in-Sequence etc...) von Verladern und Logistikunternehmen auszurichten sind. Durch die Verlagerung der Industrie- und Handelsgüter vom Lkw-Fernverkehr auf den SGV ergibt sich somit ein großer Hebel zur Energieeinsparung.

Aus den Ergebnissen folgt, dass zwei Faktoren für eine erfolgreiche Umsetzung der Energiewende durch Verlagerung im Güterverkehr von zentraler Bedeutung sind: Erstens müssen die privaten Akteure in die Lage versetzt werden, in volkswirtschaftlich sinnvolle neue Technologien zu investieren und diese in verbesserten Angeboten einzusetzen. Zweitens müssen neue Formen der Multimodalität entwickelt und am Markt etabliert werden.

## 5 Kosten und Wirksamkeit der Szenarien

In diesem Kapitel wird die Wirksamkeit der Maßnahmen in den drei Szenarien den Kosten für den Bund gegenübergestellt. Der Ausgangspunkt – die Darstellung der Kosten für die Maßnahmen bzw. Maßnahmenpakete – ist im Anhang A 7 dargestellt. Einige Maßnahmen werden gemeinsam vom Bund und der Wirtschaft finanziert. In diesem Fall werden die Eigenanteile der Wirtschaft herausgerechnet. Die Tabelle 12 gibt für die drei Szenarien die so abgeschätzten Gesamtkosten für den Bund wieder.

Im Szenario „Forcierte Infrastruktur“ werden die Maßnahmen zwei, drei und vier umgesetzt. Da davon ausgegangen wird, dass die Privatwirtschaft vollständig die Kosten für die Umrüstung von Güterwagen übernimmt, sind von staatlicher Seite nur die Infrastrukturinvestitionen für Überholgleise für 740 m-Züge und für niveaufreie Kreuzungen zu tragen, welche wie folgt abgeschätzt wurden: Es wird die Annahme getroffen, dass eine Streckenlänge von etwa 3.000 km mit Überholgleisen alle 10 km ausgestattet wird. Dies sind die für den Güterverkehr wesentlichen Nord-Süd und West-Ost Korridore. In beiden Fahrtrichtungen entspricht dies einem Bedarf an 600 zusätzlichen Ausweichgleisen. Da allerdings bereits Ausweichgleise vorhanden sind, wird ein zusätzlicher Bedarf von 400 Ausweichgleisen mit jeweils einem Kilometer Länge angenommen. Für einen Kilometer Überholgleis wird ein Investitionsbedarf von 2,5 Mio. € unterstellt. Es wird daher ein Investitionsvolumen für die Infrastruktur im Szenario „Forcierte Infrastruktur“ von 1 Mrd. € angenommen, was ebenfalls für die anderen beiden Szenarien gilt.

Im Szenario „Technologieupgrade“ wird angenommen, dass der Bund durch eine Kofinanzierung zusätzlich für die Investitionskosten der Privatwirtschaft aufkommt. Die Kosten für die einzelnen Maßnahmenpakete wurden hierfür grob abgeschätzt und sind im Anhang A 7 ausführlicher dargestellt. Die Kosten für ein Upgrade des Rollmaterials (zusätzliche Kosten gegenüber bisheriger Technologie) werden dem Bund zugeordnet.

Das Szenario „Vom KV zur Multimodalität“ setzt zusätzlich zum Szenario „Technologieupgrade“ voraus, dass die Technologien für den Multimodalen Umschlag entwickelt sind, in Demonstrationsprojekten getestet wurden und schließlich flächendeckend eingeführt worden sind. Es wird ein Demonstrationsprogramm angenommen, bei dem sechs Technologien entwickelt, demonstriert und gegenübergestellt werden. Pro Technologie werden finanzielle Mittel in Höhe von 50 Mio. € angenommen. Insgesamt wird so ein Bedarf von 300 Mio. € für ein Demonstrationsprogramm abgeschätzt. Dieses wird privaten Akteuren zur Verfügung gestellt. Darüber hinaus setzt dieses Szenario den flächendeckenden Aufbau von Multimodalen Terminals voraus. Darüber hinaus wird die Annahme getroffen, dass ein Kapazitätsausbau in Form von multimodalen Terminals erfolgt. Dieser Ausbau erfolgt in Form der mengenmäßigen Erweiterung bestehender Terminals oder wo dies aufgrund bestehender Rahmenbedingungen nicht mehr möglich ist, in einem Neubau in unmittelbarer Nähe. Insgesamt kann so ein zusätzlicher Bedarf an Umschlagskapazitäten von 120 Terminals ermittelt werden (zum Vergleich: heute sind ca. 120 KV Terminals aktiv [Hacon et. al. 2012]). Es wird



weiter angenommen, dass die Kostenstruktur vergleichbar mit den heutigen Anlagen des KV ist. Hierbei wird implizit ein weiterer technischer Fortschritt unterstellt. Die Investitionskosten für ein Terminal mit 1.000 m Gleislänge werden von [LKZ/Fraunhofer 2015, S. 14] auf 48 Mio. € geschätzt. Unter der Annahme, dass der durchschnittliche Fördersatz 70 % beträgt, so ergibt sich ein Investitionsförderprogramm mit einem Volumen von ca. 4 Mrd. €

**Tabelle 12: Abschätzung der Gesamtkosten für den Bund für die Umsetzung der drei Szenarien**

		Szenario „Forcierte Infrastruktur“	Szenario „Technologieupgrade“	Szenario „Vom KV zur Multimodalität“
1	Bruttozuggewicht erhöhen [Mio. €]	Nicht umgesetzt	5	5
2	Zuglänge erhöhen [Mio. €]	x <sup>22</sup>	2	2
3	Betriebsbedingte Halte vermeiden [Mio. €]	x <sup>23</sup>	x	x
4	Energieeffizienz erhöhen [Mio. €]	x <sup>24</sup>	x	x
5	Güterumschlag beschleunigen [Mio. €]	Nicht umgesetzt	50	50
6	Be- und Entladevorgang [Mio. €]	Nicht umgesetzt	65	65
7	Zugbildung beschleunigen [Mio. €]	Nicht umgesetzt	110	110
8	EVU-Zuverlässigkeit verbessern [Mio. €]	Nicht umgesetzt	x <sup>25</sup>	x
Gesamtkosten Maßnahmenpakete [Mio. €]		0	232	232
Programm „Überholgleise für 740m-Züge und niveaufreie Kreuzungen“ [Mio. €]		1.000	1.000	1.000
Demonstrationsförderprogramm [Mio. €]		x	x	300
Investitionsförderprogramm Multimodale Terminals [Mio. €]		x	x	4.000
Summe Förderprogramm SGV [Mio. €]		1.000	1.000	5.300
Gesamtkosten für den Bund [Mio. €]		1.000	1.232	5.532

<sup>22</sup> Die staatlichen Infrastrukturkosten sind unter dem Programm „Überholgleise für 740m-Züge und niveaufreie Kreuzungen“ abgeschätzt.

<sup>23</sup> Diese Maßnahme beinhaltet die Veränderung von dispositiven Prozessen, sodass eine Kostenabschätzung nicht möglich ist.

<sup>24</sup> Die Kosten für die Elektrifizierung des Streckennetzes sind in der BVWP-Planung bereits enthalten und müssen an dieser Stelle nicht noch einmal aufgeführt werden.

<sup>25</sup> Dieses Maßnahmenpaket beinhaltet die Aufstockung von Personal und Rollmaterial. Die Gesamtinvestitionen lassen sich nur im Rahmen eines Dialoges mit den Akteuren bestimmen sodass auch hier keine Kosten angegeben werden können.

Die Kosten für den Bund für die Umsetzung der Maßnahmen in den Szenarien werden nun im Bezug zur Wirksamkeit gesetzt. Die Wirksamkeit wird durch die jährlichen Einsparungen an CO<sub>2</sub>-Emissionen gegenüber 2030 gemessen. Die CO<sub>2</sub>-Einsparungen werden ab 2030 voll wirksam. Das Verhältnis aus einmaligen Gesamtkosten für den Bund und den jährlichen Einsparungen an CO<sub>2</sub>-Emissionen gibt an, welche Finanzmittel einmalig aufgewendet werden müssen, um eine Tonne CO<sub>2</sub> einzusparen. Alle Kostenangaben beziehen sich auf das Preisniveau von 2010. Das Ergebnis ist in Tabelle 13 zusammengefasst.

**Tabelle 13: Kosten und Wirksamkeit der einzelnen Szenarien im Vergleich**

	Szenario „Forcierte Infrastruktur“	Szenario „Technologieupgrade“	Szenario „Vom KV zur Multimodalität“
Einmalige Gesamtkosten für den Bund [Mio. €]	1.000	1.232	5.532
Einsparungen an CO <sub>2</sub> -Emissionen ggü. Referenzszenario 2030 [Mio. T]	1,1	3,7	8,6
Gesamtkosten pro jährlich eingesparter Tonne CO <sub>2</sub> [a* € <sub>2010</sub> / T]	909	333	643

Das Ergebnis des Szenarios „Forcierte Infrastruktur“ zeigt, dass den erheblichen Infrastrukturinvestitionen für das Programm „Überholgleise für 740m-Züge und niveaufreie Kreuzungen“ nur geringe CO<sub>2</sub>-Einsparungen gegenüber stehen. Die Vermeidungskosten für eine jährliche Tonne an CO<sub>2</sub>-Einsparung sind mit knapp 900 € im Vergleich zu den anderen Szenarien als hoch einzuschätzen. Unter der Annahme, dass die externen Kosten einer Tonne CO<sub>2</sub> beispielsweise 90 € betragen, kann nach einer Wirkungskdauer von 10 Jahren ein positives Nutzen-Aufwand-Verhältnis festgestellt werden. Dies ist bei einer Lebensdauer von Güterwagen von 20 Jahren und mehr ein vergleichsweise kurzer Zeitraum.

Mit zusätzlichen Maßnahmen zu einem Technologieupgrade im SGV können signifikante zusätzliche CO<sub>2</sub>-Einsparungen 2010 generiert werden. Die Vermeidungskosten sinken auf 333 € pro jährlich eingesparter Tonne CO<sub>2</sub>. Die Amortisationsdauer kann weiter reduziert werden auf knapp 4 Jahre.

Das höchste Vermeidungspotenzial bietet das Szenario „Vom KV zur Multimodalität“. Hier können mehr als 8 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Einsparungen gegenüber dem Jahr 2030 erreicht werden. In diesem Kombinationspaket von Maßnahmen betragen die Vermeidungskosten etwa 640 € pro jährlich eingesparter Tonne CO<sub>2</sub>. Verglichen mit den eingesparten externen Kosten stellt dieser Wert immer noch ein sehr günstiges Nutzen-Aufwands Verhältnis dar.

## 6 Handlungsempfehlungen

Es ist das Ziel der Bundesregierung, den Endenergieverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu senken. Die Studie hat gezeigt, dass eine Verlagerung vom Straßengüterfernverkehr auf den SGV einen adäquaten Beitrag zur Erreichung dieses Ziels leisten kann (Szenario „Vom KV zur Multimodalität“). Wenn es das Ziel ist, den SGV in seiner Wettbewerbsfähigkeit hinsichtlich des Preises, der Qualität und der Angebotsvielfalt zu stärken und dadurch seinen Marktanteil zu steigern, dann können die folgenden Handlungsempfehlungen formuliert werden. Die Handlungsfelder orientieren sich an den Analyseschwerpunkten Infrastruktur, Rollmaterial und Knoten. Sie umfassen die Infrastruktur, den Zugang zur Infrastruktur, die Multimodalität, das Rollmaterial und wettbewerbliche Rahmenbedingungen.

### 6.1 Handlungsfeld Infrastrukturkapazität, -flexibilität und -zuverlässigkeit

#### 6.1.1 Problemdarstellung

Eine moderne schienenbasierte Transportlogistik setzt eine hochwertige und zuverlässige Infrastruktur voraus, die nur wenige kleine Störungen im täglichen Betrieb verursacht und die es erlaubt, kleine Störungen flexibel im Betriebsablauf abzufedern. Wenn eine Infrastruktur nur wenige Möglichkeiten für dispositive Eingriffe in den Zugverkehr besitzt, können bereits kleine Störungen des Fahrplans zu großen Folgeverspätungen führen. Dies gilt insbesondere für den Güterverkehr, dem bei Trassenkonflikten in der Regel kaum Priorität eingeräumt wird. Im SGV messen sich Verspätungen eher in Stunden und ggf. sogar in Tagen, im Gegensatz zum Personenverkehr, bei dem schon wenige Minuten von den Kunden als eine Beeinträchtigung angesehen werden.

Es wird berichtet, dass sich innerhalb Deutschlands leicht ein bis zwei Stunden Verspätung aufbauen können. Die SGV-Sparte der Deutschen Bahn, DB Schenker Rail, wies im Jahr 2014 nur eine Pünktlichkeitsrate von 68 % auf [DB AG 2014, S. 23]. Dies wird auch von Kunden des SGVs bemängelt [Krüger 2015, S. 2]. Diese Unzuverlässigkeit führt einerseits bei Verladern zur Notwendigkeit von Sicherheitspuffern. Andererseits wird dadurch der Aufbau komplexer Gütertransportnetze (z.B. Nabe-Speiche Strukturen) gehemmt, mithilfe derer die Sendungen im SGV konsolidiert und die SGV-Dienstleistungen wirtschaftlich erbracht werden können.

#### 6.1.2 Handlungsoptionen

Eine erste Möglichkeit besteht darin, die Schieneninfrastruktur so weit zu ertüchtigen, dass genügend Flexibilität existiert, um verspätete Züge ohne Auswirkungen auf andere Züge durch das Netz zu schleusen. Hierzu sollten zusätzliche Überholgleise geschaffen werden. Zudem sollten grundsätzlich Stellen mit Trassenkonflikten durch den Bau zusätzlicher kreuzungsfreier Überleitungen reduziert werden. Beide Maßnahmen dienen sowohl der Steigerung der Kapazität der Schiene, eine Steigerung der Flexibilität bei der Trassenvergabe als auch der Zuverlässigkeit im SGV.

Eine zweite Möglichkeit besteht darin, die Grundsätze der Priorisierung verschiedener Zuggattungen bei Trassenkonflikten zu verändern. Insbesondere sollte es möglich sein, wenigen stark verspäteten Güterzügen in Sondersituationen eine erhöhte Priorität einzuräumen. Im Gegenzug müsste ein Sonderzuschlag auf die Trassengebühr erhoben werden, um Mitnahmeeffekte auszuschließen.

Eine Dritte Möglichkeit bestünde darin, durch ein verstärktes Anreiz- und Pönalensystem den Fahrplan stabil zu halten. Dann geraten auch Güterzüge in wenige Trassenkonflikte. In einem solchen System werden EVUs für infrastrukturbedingte Verspätungen entschädigt; selbstverschuldet verspätete Züge müssten den Infrastrukturbetreiber entschädigen. Zwar sind solche Anreizsysteme bereits teilweise umgesetzt, jedoch könnte eine konsequente Ausweitung und Verschärfung zu folgenden Gefahren führen: Zum einen kann es häufig zu aufwändigen Auseinandersetzungen über die Aufklärung der tatsächlichen Schuldgründe kommen, sofern Verspätungen aufgrund von Verkettungen von Umständen entstehen. Zum anderen könnte ein solches System falsch dosiert werden, d.h. entweder nicht wirken oder Markaustritte nach sich ziehen.

Eine vierte Option bestünde in der Anwendung einer Null-Toleranz Politik gegenüber Verspätungen. Diese wird insbesondere in der Schweiz praktiziert. Sofern ein Zug aus seiner Fahrplanlage gefallen ist und den Fahrplan bisher pünktlicher Züge destabilisieren könnte, so darf der verspätete Zug zunächst nicht auf die Strecke gehen. Eine solche Null-Toleranz Politik gegenüber Störungen besitzt auch einige Nachteile: Viele Unternehmen müssten hierzu ihre Prozesse optimieren und Reservekapazitäten einplanen, so dass zunächst auch erst einmal die Attraktivität der Schiene gesenkt wird.

### 6.1.3 Handlungsempfehlung

Angesichts der schwierigen Operationalisierbarkeit von Anreizsystemen und angesichts der negativen Wirkungen von Null-Toleranz Praktiken einerseits und den multiplen Vorteilen von Überholmöglichkeiten hinsichtlich Kapazität, Flexibilität und Zuverlässigkeit andererseits wird empfohlen, ein Programm für den Aufbau einer leistungsfähigen und flexiblen Infrastruktur aufzubauen. Dies sollte Überholgleise für 740m-Züge, längere 3-gleisige Abschnitte und die Auflösung von Infrastrukturengpässen beinhalten. Darüber hinaus sollten alle Projekte mit einem Bezug zum SGV in den vordringlichen Bedarf der BVWP aufgenommen und mit dem notwendigen Investitionsvolumen ausgestattet werden. Damit Überholvorgänge nicht zu starken Einschränkungen für den schnellen Schienenpersonenverkehr führen, ist es notwendig, die Überholgleise auch bis auf eine Länge von 1.000 m und mehr zu erweitern und die Einfahrweiche auf hohe Einfahrtgeschwindigkeiten auszulegen. Das Projekt „Überholgleise für 740m-Züge“ (Projektnummer 2-999-V99) im Entwurf des BVWPs 2030 ist derzeit nur im potenziellen Bedarf aufgeführt. Es wird empfohlen, dieses Projekt in den vordringlichen Bedarf aufzunehmen und umzusetzen. Auch wenn der Nutzen dieses Projektes aus methodischen Unzulänglichkeiten noch nicht modellhaft nachgewiesen werden kann, bedeutet dies nicht, dass dieser Nutzen nicht existiert.

## **6.2 Handlungsfeld Zugang zur Infrastruktur**

### **6.2.1 Problemdarstellung**

Um Transporte auf der Schiene abwickeln zu können, ist ein Zugang der Kunden bzw. ihrer Dienstleister zwingend erforderlich. Im SGV erfolgt der Zugang zum Dienstleistungsangebot über private Gleisanschlüsse bzw. Anschlussstellen oder über einen Vor- und Nachlauf auf der Straße (im KV). Doch gerade die privaten Gleisanschlüsse sind in den letzten Jahrzehnten stark reduziert worden (siehe Kapitel 1.3) und die Reaktivierung von Gleisanschlüssen ist mit einem hohen bürokratischen Aufwand verbunden.

Einige KV Terminals operieren bereits an der Kapazitätsgrenze. Da weiterhin von einem Wachstum des maritimen KV von 4% p.a. ausgegangen wird, und auch der kontinentale KV bei geänderten Rahmenbedingungen wieder Wachstum zeigen wird, ist in bestimmten Regionen Deutschlands ein Ausbaubedarf vorhanden (mehr oder größere Terminals). Dem gegenüber steht die Beobachtung, dass die Mittel der KV-Förderrichtlinie nicht vollständig abgerufen werden.

### **6.2.2 Handlungsoptionen**

Eine Möglichkeit besteht darin, bereits stillgelegte Gleisanschlüsse mit geringeren bürokratischen und finanziellen Hürden zu reaktivieren. So könnten gezielt Kunden wieder an die Schieneninfrastruktur angebunden werden und der Zugang zur SGV-Dienstleistung wird erleichtert. Das Instrument der Gleisanschlussförderung wird beibehalten und bürokratische Hürden werden abgebaut.

Bezüglich der Förderung des KV bieten sich zwei Optionen an. Die erste bedeutet, weiterhin an der KV-Förderrichtlinie festzuhalten und die Hindernisse zum Mittelabfluss abzubauen (siehe Kapitel 2). Dabei besteht die Gefahr, dass eine volkswirtschaftlich nicht optimale Netzstruktur mit zu vielen und zu kleinen Terminals entsteht, deren Betrieb zum Teil auch ruht [Liedtke/Carrillo 2012]. Eine zweite Option besteht in einer Flexibilisierung der KV-Förderung hinsichtlich neuer Umschlags- und damit verbundenen Geschäftskonzepte. Dies bedeutet eine aktive Innovationsförderung. Dies setzt voraus, dass diese Innovationen entwickelt worden sind. Zudem entsteht das Problem, dass ggf. auch Technologien gefördert werden, deren Wettbewerbsfähigkeit noch nicht sichergestellt werden kann und die die bisherigen Technologien kannibalisieren.

### **6.2.3 Handlungsempfehlung**

Die Förderung für Gleisanschlüsse sollte erhalten und entbürokratisiert werden.

Darüber hinaus wird empfohlen, die bestehende KV-Förderung beizubehalten und auf alternative Umschlagtechnologie auszuweiten, insbesondere auf den Horizontalumschlag. Hierbei könnten auch

Umschlaganlagen von einer KV-Förderung profitieren, die nicht in Gänze der engen KV-Definition<sup>26</sup> entsprechen oder Erweiterungen darstellen (z.B. Railports).

Das Instrument der KV-Förderung ist nicht dazu entwickelt worden, um gezielt Innovationen voran zu treiben. Es ist deshalb sinnvoll, die enge technologiebezogene KV-Förderung durch eine technologieoffene Innovationsförderung für alternative Formen multimodaler Transporte<sup>27</sup> zu ergänzen (siehe Kapitel 6.3). Dazu könnten nicht abgerufene KV-Förderungsmittel umgewidmet werden.

## **6.3 Handlungsfeld Neue Multimodalität**

### **6.3.1 Problemdarstellung**

Ein effektiver Weg zur Senkung der Endenergieverbräuche und der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Güterverkehr besteht in der Verlagerung der allgemeinen Ladungsgüter auf Langstreckenrelationen von der Straße auf die Schiene. Dies betrifft den größten Teilmarkt im Straßengüterverkehr: Teil- und Ganzladungen hochwertiger industrieller Zwischenprodukte sowie Konsumprodukte im nationalen und internationalen Fernverkehr. Diese Güter werden aufgrund ihrer unspezifischen Anforderungen und ihrer typischen Ladungsgröße auch als „KV-affine Güter“ bezeichnet.

Die vorhandenen Prozesse und Organisationsformen im Kombinierten Verkehr treffen jedoch häufig nicht die Kundenanforderungen hinsichtlich a) flexibler Ladungsgrößen, b) flexibler Transporttermine, c) Koppelung des Warenumschs an logistische Mehrwertdienstleistungen, c) Preis und d) Zuverlässigkeit. Um den Anforderungen der modernen Logistik einschließlich der Kontraktlogistik und ihrer Konzepte (wie beispielsweise: Just-In-Time, Just-In-Sequence, flexible Werksentsorgung, Industrie 4.0 u.a.) nachzukommen, sind neue multimodale Transportdienstleistungskonzepte nötig. Ideen für solche Angebote und die dazu notwendigen Technologien und Geschäftsprozesse wurden und werden in der KV Branche diskutiert (z.B. [DB Schenker 2012], [Liedtke et.al. 2011]). Es besteht jedoch noch Unsicherheit darüber, welche Lösungen langfristig erfolgreich sein werden. Die aktuelle KV-Förderung bietet nicht den geeigneten Rahmen, um eine solche Innovationstätigkeit zu fördern, da sie sich nur auf eine bestimmte Technologie und ihre Standards bezieht.

### **6.3.2 Handlungsoptionen**

Die erste Möglichkeit besteht darin, die KV-Förderung auch auf jegliche Form der Multimodalität auszuweiten. Dies birgt jedoch erhebliche Gefahren: Die bisherige KV-Förderung zielt auf eine mengenmäßige Entwicklung von Transportmöglichkeiten für standardisierte Container, Wechselbrücken und Sattelaufleger ab. Lösungen, die auf das gleiche Marktsegment wie der Kombinierte Verkehr abzielen, könnten eine Schwächung der existierenden Systeme herbeiführen.

---

<sup>26</sup> Als Kombiniertes Verkehr im Sinne der KV-Förderrichtlinie gilt der Transport von Gütern in ein und derselben Ladeeinheit (Container oder Wechselaufbau von mindestens 20 Fuß Länge, Sattelanhänger mit oder ohne Zugmaschine, Lastkraftwagen, Anhänger), wobei nur die Ladeeinheit, nicht aber das Gut selbst den Verkehrsträger wechselt.

<sup>27</sup> Multimodalität im Güterverkehr umfasst jegliche Transporte, die auf dem Weg von einem Versender zu ihrem Empfänger mit mehr als einem Verkehrsmittel transportiert werden. Dies schließt u.a. auch „Stückguttransporte auf der Bahn“ ein, die bis in die 1990er Jahre praktiziert worden sind.

Weiterhin ist es schwierig, Mitnahmeeffekte zu verhindern. Dies könnte zwar durch die Auflage eines Wirtschaftlichkeitsnachweises geschehen, aber diese können kaum standardisiert werden. Im Fazit ist ein Beihilfeprogramm, wie es die KV-Förderung darstellt, kein geeignetes Instrument zur Unterstützung von Innovationstätigkeit und der Entwicklung diversifizierter Marktangebote.

Die zweite Möglichkeit besteht darin, dass der Staat selbst als Innovator oder als Nachfrager für innovative Lösungen auf den Technologiemarkten aktiv wird. Ein Beispiel im Bereich des KV ist die Finanzierung des MegaHub Lehrte, der in seiner Technologie eine deutliche Innovation darstellt und dessen Umschlagsmöglichkeiten auch Auswirkungen auf die Struktur der KV-Netze, der Prozessabläufe im SGV und ggf. sogar der Geschäftsmodelle im KV nach sich ziehen könnte. Gerade bei Großinvestitionen und Systemgütern ist staatlich induzierte Nachfrage ein geeignetes Instrument zur Innovationsdiffusion. Dabei besteht jedoch die Gefahr, dass der Staat nicht marktorientiert denkt und Technologien an den Bedürfnissen von Verladern vorbei entwickelt werden. Zudem werden Aspekte der Geschäftsmodelle, Governance und Marktstrukturen gegenüber der Technologie in der Wirtschaftlichkeitsanalyse von Konzepten gerne vernachlässigt. Daher sollte diese Option der staatlich induzierten Nachfrage nach Innovation sorgfältig abgewogen werden und nur dann gewählt werden, wenn sich keine Privatunternehmen für die Umsetzung einer Innovation finden.

Eine dritte Möglichkeit liegt darin, Kooperationen zwischen der verladenden Industrie und den übrigen Akteuren im SGV aufzubauen, um in Nischenmärkten innovative Technologien und Geschäftskonzepte zu entwickeln. Die Umsetzung von organisatorischen Innovationen wird in einer Nische erleichtert, da der Umfang für die Einführung der Innovationen in einem überschaubaren Rahmen stattfindet. Hierfür können von staatlicher Seite Demonstrationsprogramme ausgeschrieben werden, in denen die Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit geprüft wird. Für innovative Nischenanwendungen ist zu prüfen, ob bestehende Regulierungen<sup>28</sup> außer Kraft gesetzt werden können, da diese negative Auswirkungen auf die Risikobereitschaft von Unternehmen haben könnten.

Eine vierte Möglichkeit besteht in einer Kofinanzierung des Betriebs von Schienengüterverkehrsdienstleistungen zum Beispiel nach dem Vorbild der Schweiz und Österreichs. Dies kann jedoch nur eine Lösung für ausgewählte kleine Teilbereiche des Schienengüterverkehrs sein, bei denen kein wirtschaftlicher Transport möglich ist. Dies trägt jedoch nicht dazu bei, die notwendige Weiterentwicklung des Schienengüterverkehrs voranzubringen. Eine undifferenzierte Kofinanzierung birgt das Risiko, dass technisch und/oder wirtschaftlich veraltete Lösungen unnötigerweise lange am Markt verbleiben. Besser wäre es, wenn die Rahmenbedingungen (z.B. Zulassungsverfahren, Bau von Infrastruktur, rechtliche Regelungen für Automatisierung von Prozessen) so verbessert werden, dass der Bahnsektor an der zunehmenden Digitalisierung der

---

<sup>28</sup> Beispiel: Der Aufbau neuer Multimodaler Terminals fällt womöglich unter den Tatbestand des diskriminierungsfreien Zugangs von Eisenbahninfrastruktur des AEG (§14), sodass ein Betreiber den Zugang für Dritte verfügbar machen muss. Dadurch besteht für den Betreiber keine Möglichkeit eine komplexe IT-Infrastruktur aufzubauen und möglicherweise werden seine Gewinnaussichten geschmälert.

Transportmärkte und der Logistik und damit an den Wachstumsmärkten leichter teilhaben kann. Dies wäre ein positives Signal an den Bahnsektor und fördert innovative Dienstleistungskonzepte.

### 6.3.3 Handlungsempfehlung

Ein konsistenter Förderprozess ist aufzusetzen, in dem zunächst neue Inventionen gefördert werden, welche dann in einer Entwicklungs- und Erprobungsphase Marktreife erlangen können.

Wir gehen davon aus, dass die notwendigen Technologien, wie z.B. Umschlaganlagen, Förderanlagen, Optimierungs- und Planungssoftware und -algorithmen bereits existieren und mit geringem Aufwand an die Schnittstelle Straße-Schiene übertragen werden können. Um diese Technologien in den Markt zu bringen, empfehlen wir zunächst, die Durchführung von Machbarkeitsstudien zu fördern, bei denen das Marktpotenzial, das Geschäftsmodell und Wirtschaftlichkeit analysiert wird. Damit solle es insbesondere kleine und mittlere Unternehmen und Inventoren erleichtert werden, die ersten Hürden ihrer Ideenumsetzung zu nehmen. Zur Markteinführung neuer Innovationen bieten sich Demonstrationsprojekte an. Diese könnten von einzelnen Unternehmen aber in Form von Kooperationen zwischen Inventoren, Forschung, Logistikunternehmen sowie deren Kunden durchgeführt werden. Für eine erfolgreiche Durchführung eines Projektes mit einem funktionsfähigen Demonstrator ist es notwendig, paarige Transportströme vorliegen zu haben. Die Auswahl der Demonstrationsprojekte sollte mithilfe eines Innovationswettbewerbes und einer Jury-Auswahl erfolgen. Wünschenswert ist eine gemischte Jury mit Vertretern aus der verladenden Wirtschaft, der Transportbranche, Technologieentwicklern, sowie aus der Politik. Ein solcher Innovationswettbewerb besitzt sein Vorbild in Österreich in Form des Programms „Mobilität der Zukunft“, bei dem auch innovative multimodale Transportlogistik adressiert ist. Für einen Innovationswettbewerb könnten Teile der nicht abgerufenen KV-Förderung herangezogen werden.

## 6.4 Handlungsfeld Rollmaterial

### 6.4.1 Problemdarstellung

Beim Rollmaterial im SGV handelt es sich um eine Technologie aus dem Anfang des 20. Jahrhunderts. Die Technologie ist sehr robust, langlebig und preisgünstig. Allerdings besitzt sie in ihrer jetzigen Form kaum ein Verbesserungspotenzial durch inkrementelle Innovation. Ein zentrales technologisches Hemmnis ist die fehlende Automatisierbarkeit des Kuppelns, das klassische pneumatische Bremssystem und eine fehlende Datenleitung und Energieversorgung einzelner Wagen. Nur durch einen umfassenden Technologiesprung bei den Güterwagen ist es möglich, von Möglichkeiten der Automatisierung, des Energiemanagements, Zugdiagnostik und beschleunigten Umschlagprozessen zu profitieren. Obwohl die Technologien vorhanden sind, wird deren Einführung aufgrund mangelnder Kompatibilität mit der bisherigen Technologie und mangelnder Weitergabe der Nutzen an die ultimativen Entscheider verhindert. Erschwerend kommt hinzu, dass nur wenige Marktakteure an ein Wachstum des SGV in naher Zukunft glauben und die bisherige Flotte eine lange



Lebenserwartung besitzt. Dies führt insgesamt zu geringen Investitionen in das Rollmaterial des SGVs.

#### 6.4.2 Handlungsoptionen

Zunächst könnte man weiter in die Forschung investieren. Wie oben bereits dargestellt, sind die möglichen Technologien wie die Automatische Kupplung, elektropneumatische Bremse und Sensoren bereits verfügbar. Deshalb ist ein Technologieforschungsprogramm nicht notwendig.

Die Demonstration einzelner neuer Technologien bringt keine neuen Erkenntnisse, wenn nicht gleichzeitig den potenziellen Nutzern ein Mehrwert aufgezeigt wird. Aufgrund der hemmenden Netzwerkeffekte ist nicht davon auszugehen, dass der Demonstrator ein Ausgangspunkt für die weitere Verbreitung der Technologie sein wird.

Eine dritte Möglichkeit besteht in der Schaffung von Anreizen für ein Technologieupgrade. Ein Beispiel wäre eine erhöhte Vergütung der Stromrückspeisung von Zügen, da davon automatisch gekoppelte Züge sowie Züge mit elektrischen Bremsen profitieren. Eine andere Möglichkeit wären Zu- und Abschläge von Trassenpreisen unter den Gesichtspunkten „Fahrdynamik“, „Verschleiß“ und „Lärm“ (letzteres existiert bereits). Wie bereits in Kapitel 2 beschrieben, sind solche Anreizsysteme generell schwierig zu operationalisieren. Bei den Güterwagen tritt die Schwierigkeit auf, dass mehrere Akteure betroffen sind. Auch hier ist zu erwarten, dass die Netzwerkeffekte einer Wirksamkeit der Anreize entgegenstehen.

Als vierte Möglichkeit ist die Vergabe von Beihilfen für neue Technologien nach dem Beispiel der Schweiz<sup>29</sup> denkbar. Einem Wagenhalter, der eine neue Technologie anschafft, würden die Mehrkosten im Vergleich zur herkömmlichen Technologie ersetzt. Die finanziellen Mittel können begrenzt sein und nur so lange vergeben werden, bis eine gewisse kritische Masse einer Technologie in den Markt eingeführt worden ist.

#### 6.4.3 Handlungsempfehlung

Es wird empfohlen, bestehende Fehlanreize, wie zum Beispiel die momentan sehr geringe Stromrückspeisevergütung, abzubauen. Bestehende Anreizsysteme bezüglich Lärm und Energie sind so zu modifizieren, dass das Anreizsignal auch bei Entscheidungsträgern ankommt.

Zusätzlich wird empfohlen, ein Modernisierungsbeihilfeprogramm für das Rollmaterial aufzusetzen. Dabei werden Mehrkosten für innovative und wirtschaftlich sinnvolle Technologien, deren Einführung momentan an Mehrkosten und/oder Netzwerkeffekten scheitert, über eine Beihilfe erstattet. Dies

---

<sup>29</sup> Nach der „Verordnung über die Förderung des Bahngüterverkehrs“ [BGFV 2010, Art. 4 und Art. 8] hat die Schweiz u.a. die Anschaffung von Schienenfahrzeugen für den Kombinierten Verkehr in Form eines zinsvergünstigten rückzahlbaren Darlehens gefördert. Diese Verordnung wurde zum 01.07.2016 aufgehoben und durch die „Verordnung über den Gütertransport durch Bahn- und Schifffahrtsunternehmen“ ersetzt [GüTV 2016, S. 1875]. Seitdem können über die GüTV Investitionsbeiträge für technische Neuerungen im Gütertransport auf der Schiene zu maximal 60 % gefördert werden [GüTV 2016, Abschnitt 4, Art. 19, Art. 22].

betrifft alle verfügbaren und ausgereiften Technologien, wie z.B. die automatische Kupplung, ein elektropneumatisches Bremssystem, Batteriespeicher oder Sensoren. Hierfür kann eine zur Schweiz analoge Beihilfe aufgebaut werden.

## **6.5 Wettbewerbsökonomischer Analysebedarf**

Der Schienenverkehrssektor und damit auch der SGV-Markt unterstehen einer großen Anzahl technologischer und ökonomischer Regulierungen. Beispiele sind Zulassungsaspekte, Betriebsvorschriften, Zugangsregulierungen, Arbeitszeitregelungen. Die Gründe für die Vielfalt an Regulierungen sind vielfältig. Sie resultieren aus der Historie und Langlebigkeit der Technologie und Ihrer Standards, Sicherheitsaspekten, der Historie von EVU als Monopolisten und den Bemühungen, kleine Unternehmen auf der Schiene im Wettbewerb mit den ehemaligen Staatsbahnen zu schützen. Eine vergleichbare Vielfalt an Regelungen kann im Straßenverkehr nicht festgestellt werden. Zusätzlich treffen Klauseln aus dem Wettbewerbsrecht Unternehmen und deren Absprachen untereinander im Bahnsektor stärker als dies im Straßengüterverkehr der Fall ist.

Zudem haben sich die Wettbewerbsbedingungen zwischen dem Straßengüterverkehr und dem SGV in den letzten Jahren zu Lasten der Schiene verschlechtert. Während beispielsweise die Trassenpreise für eine Standardtrasse im SGV seit 2010 um 13 % zugenommen haben, ist der durchschnittliche Mautsatz im selben Zeitraum um fast 16 % gesunken [BNAG 2014, S. 44] [VIFG 2015, S. 12]. Zusätzlich stellt die EEG-Umlage für den SGV eine Zusatzbelastung dar, die der Straßengüterfernverkehr nicht zu tragen hat. Dies verringert die finanziellen Spielräume für Akteure im SGV in Innovationen zu investieren. Es wird daher ein Marktumfeld für den Straßengüterfernverkehr und den SGV benötigt, in dem beide Verkehrsträger Anreize für Investitionen bekommen und kontraproduktive Regulierungen abgebaut werden.

Der Abbau von wettbewerbsrechtlichen Hemmnissen wird sowohl in der Fachöffentlichkeit als auch in den Fachworkshops und den durchgeführten Expertengesprächen immer wieder betont. Beispiele hierfür sind innovations- und investitionshemmende Regulierungsvorschriften oder wettbewerbsrechtliche Hindernisse gegen Marktabsprachen mit dem Ziel der Konsolidierung von Transporten. Eine solche Analyse ist jedoch nicht Aufgabe dieser Studie.

Vor diesem Hintergrund wird empfohlen, eine Studie zu vergeben, in der unter wettbewerbsökonomischen und juristischen Gesichtspunkten analysiert wird, welche Regelungen im Eisenbahnrecht und der Regulierungspraxis veraltet, kontraproduktiv oder wirkungslos sind.

## **6.6 Vision und Roadmap**

Die vorangegangenen Handlungsempfehlungen zur Infrastruktur, zu den Organisationsmodellen und zum Rollmaterial führen nur dann zu Investitionen durch SGV-Akteure, wenn diese das Gefühl haben, dass sie damit in Zukunft gut aufgestellt sind. Es ist daher ein übergeordneter Entwicklungsrahmen notwendig, der allen beteiligten Akteuren aufzeigt, wie sich die Rahmenbedingungen und der Sektor als Gesamtes zukünftig entwickeln sollten. Ähnlich wie im Energiesektor, bei dem es Handlungspfade (Roadmaps) zur Erreichung von Klimaschutzzielen und der Energiewende auf nationaler und ggf.

europäischer Ebene gibt, muss auch im Güterverkehr durch die Bundespolitik eine Vision zur zukünftigen Gestaltung des Güterverkehrs erarbeitet werden. Daraus werden anschließend Roadmaps abgeleitet, wie dies im Zeitverlauf umzusetzen ist. Durch eine klare Kommunikation der Vision und Roadmaps können die nachgelagerten Akteure des SGV-Systems diese in ihre privatwirtschaftliche Entscheidungsfindung einbeziehen.

Es wird empfohlen eine Vision zur Gestaltung des zukünftigen Güterverkehrssystems und der Rolle der einzelnen Verkehrsträger in ihm zu entwickeln. Hierin sollten neben dem Bundesverkehrsministerium auch das Bundeswirtschaftsministerium und das Bundesumweltministerium einbezogen werden, um übergeordnete Ziele wie die Energiewende zu berücksichtigen. Die nachgelagerte Kofinanzierung und die Förderungen im SGV sollten mit dem Gesamtkonzept des Güterverkehrs abgestimmt sein und technologieoffen gestaltet werden (zum Beispiel in Hinblick auf die Förderung von Umschlagtechnologie).

## 7 Zusammenfassung

Um das Ziel der Energiereduktion bis 2050 der Bundesregierung zu erreichen, stellt die Verlagerung des Straßengüterverkehrs auf den SGV einen zentralen Hebel dar. Leider konnte der Modal-Split-Anteil des SGVs in den vergangenen Jahrzehnten nicht gesteigert werden und verharrt bei etwa 20 %. Diese Studie zeigt, dass der Modal-Split-Anteil des SGVs signifikant erhöht werden kann, wenn a) die Infrastruktur für den SGV verbessert wird (Szenario „Forcierte Infrastruktur“) und b) staatliche Beihilfen für modernes Rollmaterial eine zusätzliche Technologieverbesserung herbeiführen (Szenario „Technologieupgrade“). Zusammen mit Effizienzsteigerungen im Straßengüterverkehr können der Endenergiebedarf und die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Güterverkehr gegenüber 2010 immerhin stabilisiert werden. Um eine spürbare Entlastung zu erlangen, ist eine neue Multimodalität im SGV notwendig. Hierzu sind in einem ersten Schritt vielversprechende Inventionen bis zur Marktreife zu bringen.

**Tabelle 14: Gesamtergebnisse der Studie im Überblick**

	Verkehrsprognose 2030		Eigene Berechnungen					
	2010	2030	Forcierte Infrastrukturpolitik		Technologieupgrade		Vom KV zur Multimodalität	
			Szenarioergebnis	Veränderung ggü. 2030	Szenarioergebnis	Veränderung ggü. 2030	Szenarioergebnis	Veränderung ggü. 2030
Gesamtverkehrsleistung (Straße, Schiene Binnenschiff) [Mrd. Tkm]	607	838	840	+ 2	854	+ 16	860	+ 22
Verkehrsleistung Schiene [Mrd. Tkm]	108	154	169	+ 15	226	+ 72	303	+ 149
Modal-Split Schiene [%]	18	18	20	+ 2	27	+ 9	35	+ 17
Endenergieverbrauch gesamt [PJ]	559	596	582	- 14	552	- 44	494	- 102
CO <sub>2</sub> -Emissionen gesamt [Mio. T]	48	48,7	47,6	- 1,1	45	- 3,7	40,1	- 8,6
Einmalige Gesamtkosten für den Bund [Mio. €]	x	x	1.000		1.232		5.532	

	Verkehrsprognose 2030		Eigene Berechnungen					
	2010	2030	Forcierte Infrastrukturpolitik		Technologieupgrade		Vom KV zur Multimodalität	
			Szenario-ergebnis	Veränderung ggü. 2030	Szenario-ergebnis	Veränderung ggü. 2030	Szenario-ergebnis	Veränderung ggü. 2030
Gesamtkosten pro jährlich eingesparter Tonne CO <sub>2</sub> [a*€ <sub>2010</sub> / T]	x	x	909		333		643	

## Literaturverzeichnis

- [Assist 2013] Assist – Assessing the social and economic impacts of past and future sustainable transport policy in Europe. Workpackage 2: Transport Policy Measure Impact Assessment. 2013
- [Berndt 2001] Berndt, T.: Eisenbahngüterverkehr. Stuttgart, Leipzig, Wiesbaden: Teubner, 2001
- [BGFV 2010] Der Schweizerische Bundesrat: Verordnung über die Förderung des Bahngüterverkehrs, gültig vom 01.01.2010 bis 01.07.2016, Bern: 2010
- [BK 2010] Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung, Berlin: 28.09.2010
- [BMVI 2015] Verkehrsinvestitionsbericht für das Berichtsjahr 2013, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.), Berlin: 2015
- [BMVIT 2008] Bundesverkehrsministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (Hrsg.): Sonderrichtlinien Beihilfenprogramm für die Erbringung von Schienengüterverkehrsleistungen in bestimmten Produktionsformen in Österreich;; Wien, 2008 URL: <https://www.bmvit.gv.at/verkehr/eisenbahn/foerderung/sgv/dokumente2016/sonderrichtlinie.pdf>; letzter Aufruf: 14.07.2016
- [BMVIT 2012a] Bundesverkehrsministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (Hrsg.): Gesamtverkehrsplan Österreich, Wien, 2012 URL: [http://www.bmvit.gv.at/verkehr/gesamtverkehr/gvp/downloads/gvp\\_gesamt.pdf](http://www.bmvit.gv.at/verkehr/gesamtverkehr/gvp/downloads/gvp_gesamt.pdf); letzter Aufruf: 15.07.2016
- [BMVIT 2012b] Bundesverkehrsministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (Hrsg.): Mobilität der Zukunft, , Wien, 2012 URL: <https://www.bmvit.gv.at/service/publikationen/innovation/mobilitaet/downloads/programm Broschue der mobilitaet der zukunft.pdf>; letzter Aufruf: 14.07.2016
- [BMVIT 2015a] L. Anderluh; J. Elsinger: Erfolgsfaktoren für einen hohen Schienenanteil im GV in Österreich, Vortrag auf einem Fachworkshop am 07.07.2015
- [BMVIT 2015b] Bundesverkehrsministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (Hrsg.): Sonderrichtlinien Innovationsförderprogramm Kombiniertes Güterverkehr; Wien, 2012; URL: [https://www.awsg.at/Content.Node/richtlinie/Kombinierter\\_Gueterverkehr.pdf](https://www.awsg.at/Content.Node/richtlinie/Kombinierter_Gueterverkehr.pdf), letzter Aufruf: 14.07.2016
- [BNAG 2014] Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (Hrsg.): Marktuntersuchung Eisenbahnen 2014, , Bonn: 2014

- [Borza 2011] Borza, J.: FAST Diagrams: The Foundation for Creating Effective Function Models, 2011
- [BVU 2014] BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt GmbH, TNS Infratest GmbH: Entwicklung eines Modells zur Berechnung von modalen Verlagerungen im Güterverkehr für die Ableitung konsistenter Bewertungsansätze für die Bundesverkehrswegeplanung, vorläufiger Endbericht, Freiburg: 2014
- [BVWP 2003] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Hrsg.): Bundesverkehrswegeplan 2003. Grundlagen für die Zukunft der Mobilität in Deutschland. Beschluss der Bundesregierung vom 02.07.2003, Berlin: 2003
- [BVWP 2030] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.): Bundesverkehrswegeplan 2030. Entwurf, Berlin: 2016
- [DB AG 2014] Daten und Fakten 2014, Deutsche Bahn AG (Hrsg.), Berlin: 2014
- [DB Netze 2014] DB Netze, Broschüre European Train Control System, (ETCS) bei der DB Netz AG; URL: [https://fahrweg.dbnetze.com/file/fahrweg-de/2394144/C2itNOHyXI4KTwb\\_3kn-uKcscpl/7263212/data/etcsbroschuere\\_2014.pdf](https://fahrweg.dbnetze.com/file/fahrweg-de/2394144/C2itNOHyXI4KTwb_3kn-uKcscpl/7263212/data/etcsbroschuere_2014.pdf)
- [DB Schenker 2012] Door-to-Door-Logistik am Beispiel des GVZ Glauchau, Vortrag am Tag der Logistik am 19.04.2012, Leipzig: 2012
- [DVZ 2016] Bundesfinanzminister kürzt KV-Förderung. Gesicherter Link: <http://www.dvz.de/rubriken/politik/single-view/nachricht/bundesfinanzminister-kuerzt-kv-foerderung.html>
- [Eco Rail 2015] <http://www.ecorailinnovation.com/publications/view/16> sowie <http://www.ecorailinnovation.com/projects/view/178>; gesicherter Link vom 12.12.2015
- [EK 2008] Europäische Kommission: Genehmigung der Sonderrichtlinien Beihilfenprogramm für die Erbringung von Schienengüterverkehrsleistungen in bestimmten Produktionsformen in Österreich SA.33993 (2011/N) Österreich, Brüssel 2008
- [EK 2015] Europäische Kommission: Genehmigung der Sonderrichtlinien Innovationsförderprogramm Kombiniertes Güterverkehr SA.41100 (2015/N) Österreich, Sonderrichtlinien: Innovationsförderprogramm Kombiniertes Güterverkehr 2015-2020; Brüssel, 2015
- [EU Weißbuch 2011] Europäische Kommission (Hrsg.): Weißbuch – Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum – Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem, Brüssel, 2011

- [Fraunhofer 2014] Clausen, U.; Holloh, K.-D.; Kadow, M.: Zukunftsbilder Transport und Logistik 2030. Untersuchung der Entwicklungspotentiale der Verkehrsträger Straße und Schiene bis 2030. Februar 2014
- [Güterwagen 2015] Klasen, C.; Liedtke, G.; Lobig, A.: Fachworkshop im Rahmen der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie der Bundesregierung (MKS). Wachstumschancen des Verkehrsträgers Schiene – Wege für eine stärkere Verlagerung von Güterverkehr. Fokus Innovativer Güterwagen. Protokoll. Berlin, 2015 URL: [http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/UI-MKS/mks-referent-innovative-gueterwagen-dokumentation.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/UI-MKS/mks-referent-innovative-gueterwagen-dokumentation.pdf?__blob=publicationFile)
- [GüTV 2016] Der Schweizerische Bundesrat: Verordnung über den Gütertransport durch Bahn- und Schifffahrtsunternehmen. Bern: 2016
- [Herrler 2012] Herrler, B.: Verkehrsverlagerung durch innovative Logistikdienstleistungen. Eine Potenzialanalyse für den multimodalen Transport palettierter Ware. Edition Logistik Band 12, 1. Auflage, 2012
- [Holzhey 2010] Holzhey, M.: Schienennetz 2025/ 2030. Ausbaukonzeption für einen leistungsfähigen Schienengüterverkehr in Deutschland. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, August 2010, Download unter: <http://www.uba.de/uba-info-medien/4005.html>, letzter Aufruf am: 06.10.2015
- [Höft 2016] Uwe Höft, Mehr Güter auf die Schiene! Aber wie? Ansätze und Vorschläge zur Attraktivitätssteigerung des Schienengüterverkehrs in Deutschland und in Europa, Gutachten für die Fraktion Bündnis 90/Die Grünen im Deutschen Bundestag, Berlin, Mai 2016
- [HTC/RMC 2013] Kapazitive Leistungsfähigkeit des Eisenbahnnetzes im Großraum Bremen; Teil 1: Analyse und Prognose der Verkehre und Produktionsstrukturen. Hamburg/Hannover: 2013
- [ifeu 2014] Knörr, W., Heidt, C. et al: Aktualisierung „Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030“ (TREMODO) für die Emissionsberichterstattung 2015 (Berichtsperiode 1990-2013). Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Projektnummer 40625. Dessau/Heidelberg, November 2014
- [ifeu 2015] Knörr, W., Heidt, C. et al: Aktualisierung „Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2035“ (TREMODO) für die Emissionsberichterstattung 2016 (Berichtsperiode 1990-2014). Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Projektnummer 54329. In Bearbeitung
- [ifeu et.al. 2015] Knörr, W., et al (ifeu), Schmied, M. et al. (INFRAS), Schmidt P. et al. (LBSt): Klimaschutzbeitrag des Verkehrs bis 2050. Umweltforschungsplan des



Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.  
Forschungskennzahl 3712 45 100. In Bearbeitung

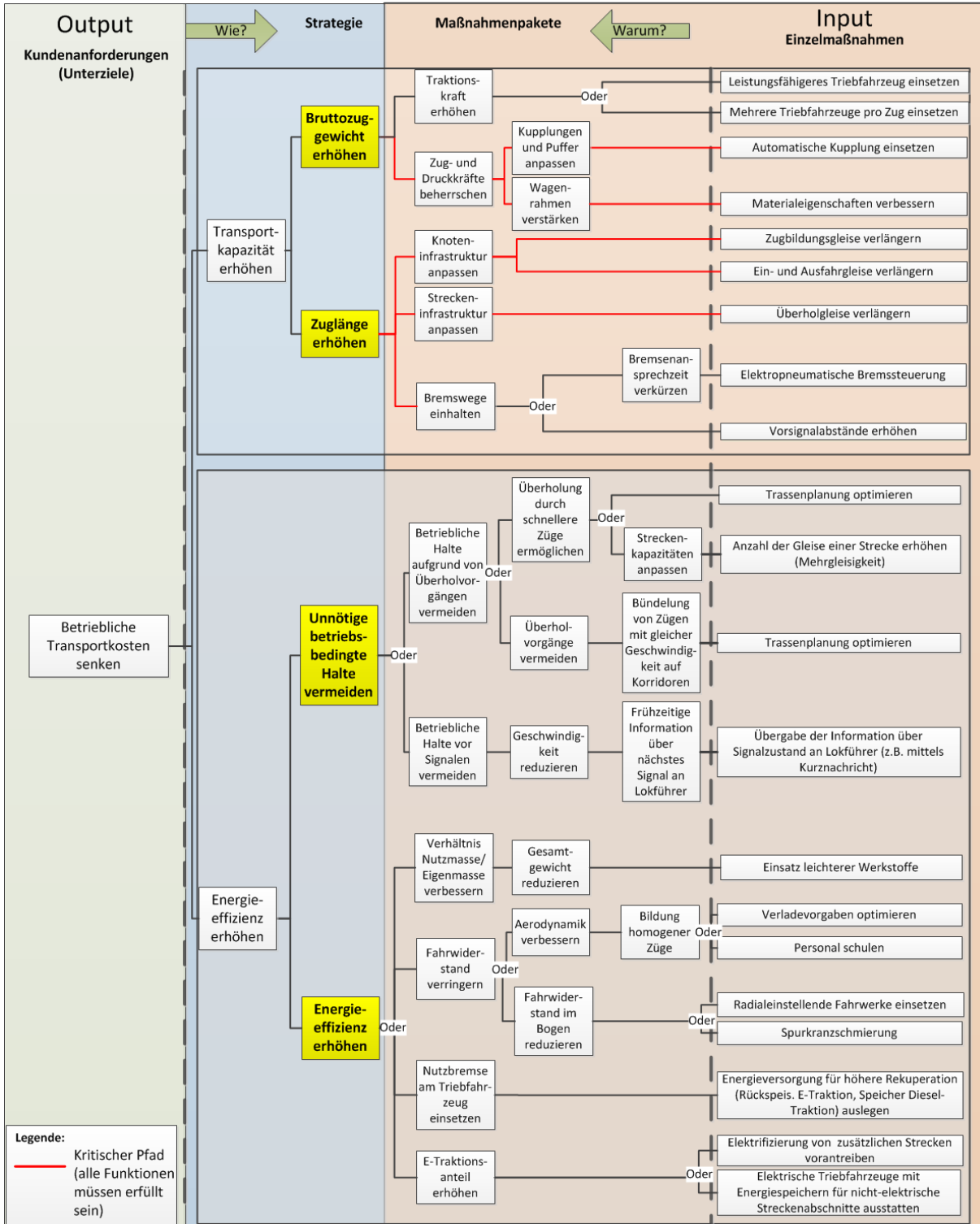
- [IFOK 2012] Schrögel, P.: Fachdialog zur Erarbeitung einer Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie für Deutschland. Dokumentation zum Workshop „Antriebe: Schienenverkehr“ in Berlin am 28. Juni 2012; gesicherter URL: [https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/UI-MKS/mks-dokumentation-veranstaltung5-schiene.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/UI-MKS/mks-dokumentation-veranstaltung5-schiene.pdf?__blob=publicationFile); letzter Aufruf: 01.08.2016
- [Infrastruktur 2015] Klasen, C.; Liedtke, G.; Lobig, A.: Fachworkshop im Rahmen der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie der Bundesregierung (MKS). Wachstumschancen des Verkehrsträgers Schiene – Wege für eine stärkere Verlagerung von Güterverkehr. Fokus Infrastruktur. Protokoll. Berlin, 2015 URL: [http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/UI-MKS/mks-fachworkshop-schienengueterverkehr-infrastruktur-dokumentation.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/UI-MKS/mks-fachworkshop-schienengueterverkehr-infrastruktur-dokumentation.pdf?__blob=publicationFile)
- [Knoten 2015] Klasen, C.; Liedtke, G.; Lobig, A.: Fachworkshop im Rahmen der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie der Bundesregierung (MKS). Wachstumschancen des Verkehrsträgers Schiene – Wege für eine stärkere Verlagerung von Güterverkehr. Fokus Multimodale Knoten. Protokoll. Berlin, 2015 URL: [http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/UI-MKS/mks-referent-multimodale-knoten-dokumentation.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/UI-MKS/mks-referent-multimodale-knoten-dokumentation.pdf?__blob=publicationFile)
- [KombiConsult 2010] KombiConsult, K+P: Trends und Innovationen im unbegleiteten Kombinierten Verkehr in der und durch die Schweiz. Schlussbericht an das Bundesamt für Verkehr, Abteilung Finanzierung, Frankfurt am Main, Freiburg im Breisgau, April 2010
- [Krüger 2015] Krüger, O.: Anforderungen der Verlagerer und Spediteure an die Gestaltung der Schieneninfrastruktur in Deutschland. Vortrag im Rahmen eines MKS-Fachworkshops, Berlin: 2015; URL: [http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/UI-MKS/mks-referentenmaterial-schiene-krueger.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/UI-MKS/mks-referentenmaterial-schiene-krueger.pdf?__blob=publicationFile), letzter Aufruf: 22.07.2016
- [KTH 2013] Nelldal, B.-L.: Roadmap for development of rail and intermodal freight transportation. High Capacity Transports for Rail – Green Freight Train. KTH Railway Group (Hrsg.) April 2013
- [Liedtke/Carrillo 2012] Liedtke, G.; Carrillo Murillo, D.: Assessment of Policy Strategies to Develop Intermodal Services: The Case of Inland Terminals in Germany, Transport Policy, Volume 24, S. 168–178.
- [Liedtke et.al. 2011] Liedtke, G.; Morper, B.; Schulz, C.: Regulierungsbedarf bei Railports? In: Internationales Verkehrswesen, Nr. 5 (2011), S. Ausgabe 5, S. 2-10

- [LKZ/Fraunhofer 2015] Fischer, K.; Klukas, A. und weitere: Studie zu den Umschlaganlagen des Kombinierten Verkehrs in der Region Regensburg; Studie im Auftrag der Stadt Regensburg, Prien am Chiemsee/Dortmund: 2015
- [Lübke et. al. 2008] Lübke D. (Hrsg.); Bauer, S. und andere.: Das System Bahn, Handbuch. Hamburg: DVV Media Group GmbH, 2008
- [Mitusch et.al. 2014] Mitusch, K.; Liedtke, G.; Guihery, L.; Bälz, D.: The structure of Freight Flows in Europe and its implications for EU Railway Freight Policy. 2014
- [Öko-Institut 2007] Schmied, M.; Havers, K.; Zimmer, W.; Schmidt, K.; Goerke, M.; Schlüter, O.: Nachhaltige Mobilität durch Innovationen im Güterverkehr. Endbericht zum Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin, Dortmund, November 2007
- [Öko-Institut 2015] Hacker, F.; Mottschall, M.; Waldenfels, R.: Wirtschaftlichkeit von Elektromobilität in gewerblichen Anwendungen Betrachtung von Gesamtnutzungskosten, ökonomischen Potenzialen und möglicher CO<sub>2</sub>-Minderung im Auftrag der Begleitforschung zum BMWi Förderschwerpunkt IKT für Elektromobilität II: Smart Car – Smart Grid – Smart Traffic; Abschlussbericht; Berlin, Stand: Februar 2015
- [Pachl 2008] Pachl, J.: Systemtechnik des Schienenverkehrs, 5. Auflage, Verlag Vieweg + Teubner, Wiesbaden 2008.
- [Prograns AG 2007] L. Ickert, U. Matthes, S. Rommerskirchen, E. Weyand, M. Schlesinger, J. Limbers: Abschätzung der langfristigen Entwicklung des Güterverkehrs in Deutschland bis 2050; Schlussbericht, Basel: 2007
- [Shell 2016] Shell: Shell Nutzfahrzeug-Studie. Diesel oder alternative Antriebe – Womit fahren Lkw und Busse morgen? Hamburg 2016.
- [Siegmann 2010] Siegmann, J. 2010: Neue Netzstrategie für mehr Güter auf der Schiene erforderlich. Empfehlungen für eine neue Bahnpolitik. Kurzgutachten im Auftrag des DIHK. Berlin, Juni 2010
- [Sonntag/Liedtke 2015] Sonntag, H.; Liedtke, G.: Studie zu Wirkungen ausgewählter Maßnahmen der Verkehrspolitik auf den Schienengüterverkehr in Deutschland – Modal Split der Transportleistungen und Beschäftigt. Im Auftrag der Allianz pro Schiene e.V.; Berlin: 2015
- [TIS 2012] König, R. (Hrsg.); Hecht, M. (Hrsg.): Weißbuch Innovativer Eisenbahngüterwagen 2030. Die Zukunftsinitiative „5 L“ als Grundlage für Wachstum im Schienengüterverkehr. 1. Auflage, Dresden, September 2012
- [TransCare 2006] TransCare AG: Einfluss der Lkw-Maut auf den Modal Split im Güterverkehr. Wiesbaden, März 2006

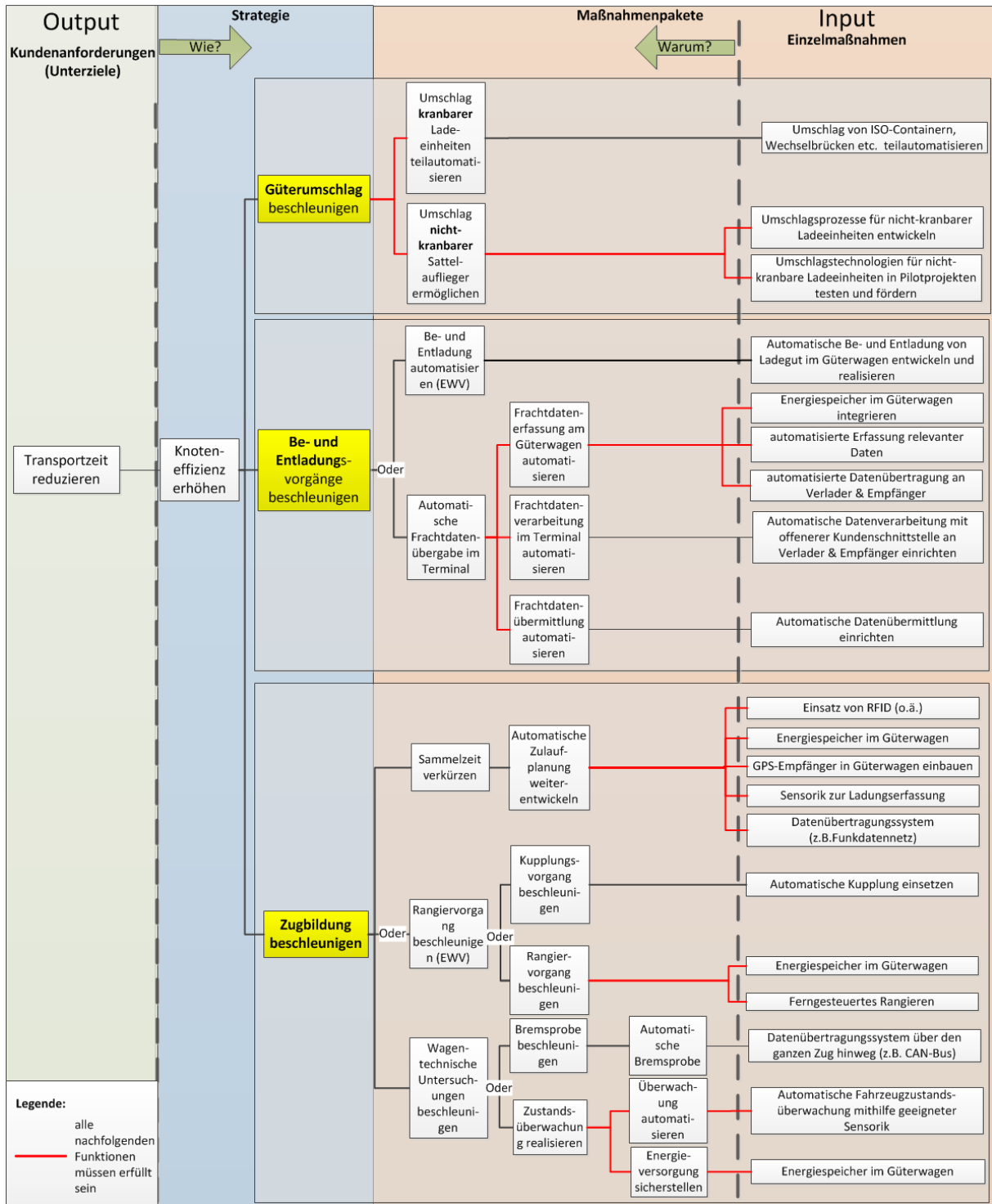
- [Transforum 2014] Åkerman, J.; Schippl, J.; Nelldal, B. L.; Czermanski, E.; Vesela, J.; Edelmann, M.; Schotte, D.; Reichenbach, M.; Anderton, K.: Roadmap Long-distance Freight. Rupprecht Consult (Hrsg.), Köln, 2014.
- [UBA 2009] Umweltbundesamt 2009: Strategie für nachhaltigen Güterverkehr, Dessau-Roßlau, Oktober 2009
- [VDV 2002] Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (Hrsg.): VDV-Statistik 2001, Köln: 2002
- [VDV 2015] Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (Hrsg.): Statistik 2014, Köln: 2015
- [VIFG 2015] Geschäftsbericht 2014, Verkehrsinfrastrukturfinanzierungsgesellschaft (Hrsg.), Berlin: 2014
- [ViZ 2005/2006] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen (Hrsg.): Verkehr in Zahlen 2005/2006; Deutscher Verkehrs Verlag, Hamburg: 2005
- [ViZ 2015/2016] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur: Verkehr in Zahlen 2015/2016; DVV Media Group GmbH, Hamburg: 2014
- [VP 2030] Schubert, M. und andere: Verkehrsverflechtungsprognose 2030, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur, Schlussbericht 2014
- [Wittenbrink 2015] Wittenbrink, P.; Hagenlocher, St.: Analyse staatlich induzierter Kostensteigerungen im Schienengüterverkehr am Beispiel von ausgewählten Relationen. Karlsruhe: 2015
- [Wixson 2003] Wixson, J.: Function Analysis and Decomposition using Function Analysis Systems Technique, 2003

# Anhang

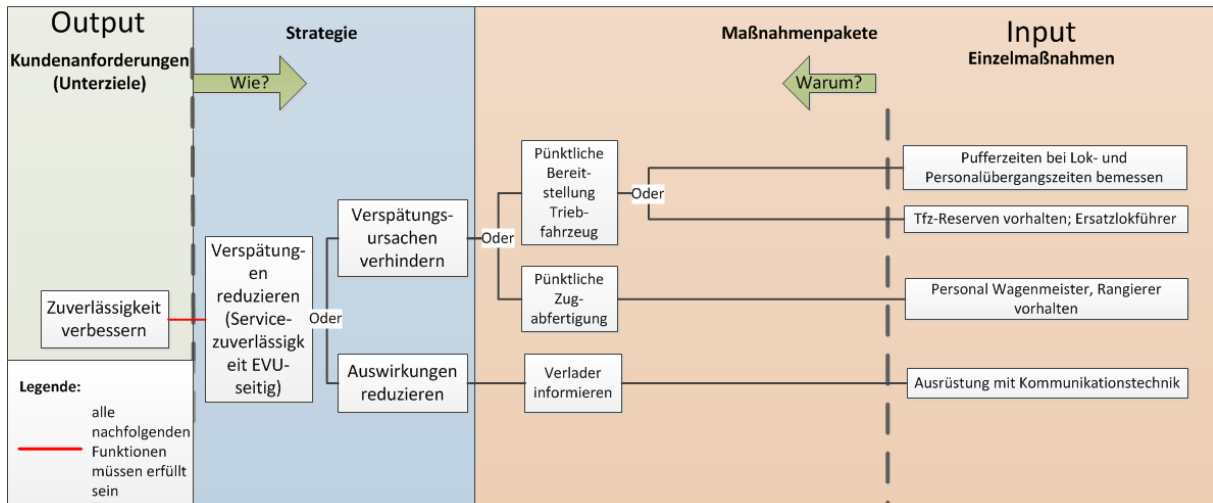
## A 1 FAST-Diagramm Transportkosten



## A 2 FAST-Diagramm Transportzeit



### A 3 FAST-Diagramm Zuverlässigkeit



#### A 4 Parametrisierung des Szenarios "Forcierte Infrastruktur"

Nr.	Maßnahmenpaket	Umsetzung	Teilmarkt	Modellparameter		
				Kosten	Zeit	Zuverlässigkeit
1	Bruttogewicht erhöhen	Nicht umgesetzt				
2	Zuglänge erhöhen	Umgesetzt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konventioneller Verkehr</li> <li>• Maritimer KV</li> <li>• Kontinentaler KV</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorhaltekosten Güterwagen: + 5 %</li> <li>• Annahme: max. 4 zusätzliche Wagen pro Zug</li> </ul>		
3	Betriebsbedingte Halte vermeiden	umgesetzt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konventioneller Verkehr</li> <li>• Maritimer KV</li> <li>• Kontinentaler KV</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorhaltekosten Güterwagen: - 5 %</li> <li>• Vorhaltekosten Lok: - 10 %</li> <li>• Energiekosten: - 10 %</li> </ul>		
4	Energieeffizienz erhöhen	umgesetzt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konventioneller Verkehr</li> <li>• Maritimer KV</li> <li>• Kontinentaler KV</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energiekosten: -20 %</li> <li>• Vorhaltekosten Güterwagen: + 20 %</li> </ul>		
5	Güterumschlag im KV beschleunigen	Nicht umgesetzt				
6	Be- und Entladungsvorgänge beschleunigen (Einzelwagenverkehr)	Nicht umgesetzt				
7	Zugbildung beschleunigen	Nicht umgesetzt				
8	Verspätung EVU-seitig reduzieren	Nicht umgesetzt				

## A 5 Parametrisierung des Szenarios „Technologieupgrade“ im Vergleich zu Szenario „Forcierte Infrastruktur“

Nr.	Maßnahmenpaket	Teilmarkt	Modellparameter		
			Kosten	Zeit	Zuverlässigkeit
1	Bruttozuggewicht erhöhen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konventioneller Verkehr: Ganzzüge mit Massengütern</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zugbildungskosten: + 5 %</li> </ul>		
2	Zuglänge erhöhen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konventioneller Verkehr</li> <li>• Maritimer KV</li> <li>• Kontinentaler KV</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Annahme: max. 4 zusätzliche Wagen pro Zug</li> </ul>		
3	Betriebsbedingte Halte vermeiden	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konventioneller Verkehr</li> <li>• Maritimer KV</li> <li>• Kontinentaler KV</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorhaltekosten Güterwagen: - 5 %</li> <li>• Vorhaltekosten Lok: - 10 %</li> <li>• Energiekosten: - 10 %</li> </ul>		
4	Energieeffizienz erhöhen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konventioneller Verkehr</li> <li>• Maritimer KV</li> <li>• Kontinentaler KV</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energiekosten: - 20 %</li> </ul>		
5	Güterumschlag im KV beschleunigen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maritimer KV</li> <li>• Kontinentaler KV</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kosten für erste und letzte Meile: - 20 %</li> <li>• Nutzungszeit: - 50 %</li> <li>• Umschlagkosten: - 5 %</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zugbildungszeit: Reduktion von 720 auf 240 Minuten</li> </ul>	
6	Be- und Entladungsvorgänge beschleunigen (Einzelwagenverkehr)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einzelwagenverkehre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umschlagkosten: - 10 %</li> </ul>		
7	Zugbildung beschleunigen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konventioneller Verkehr</li> <li>• Maritimer KV</li> <li>• Kontinentaler KV</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zugbildungskosten: -25 %</li> <li>• Vorhaltekosten Güterwagen: -10%</li> <li>• Umstellkosten: - 25 %</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zugbildungszeit: Reduktion von 720 auf 360 Minuten</li> </ul>	
8	Verspätung EVU-seitig reduzieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konventioneller Verkehr</li> <li>• Maritimer KV</li> <li>• Kontinentaler KV</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pünktlichkeit im KV: + 2 %</li> <li>• Pünktlichkeit im konventionellem Verkehr: + 1 %</li> <li>• Verspätung im KV: - 10 %</li> <li>• Verspätung im konventionellem Verkehr: - 5 %</li> </ul>



## A 6 Abschätzung der Wirkungen und Kosten der Maßnahmenpakete für das Szenario „Forcierte Infrastruktur“

Zur Definition der Maßnahmen für das Szenario „Forcierte Infrastruktur“ wird im Folgenden ermittelt, welche der Maßnahmenpakete betriebswirtschaftlich sinnvoll sind und ob Netzwerkeffekte vorliegen.

Maßnahmenpaket	Mittlere Änderung der generalisierten Kosten über alle Segmente gegenüber dem Referenzszenario 2030	Bemerkung
Bruttozuggewicht erhöhen (Betrifft nur Massengüter)	- 2 % (nur Massengüter)	Gilt für Massengüter im konventionellen Verkehr
Zuglänge erhöhen	- 2 %	Kostensteigerungen bei: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Steine und Erden</li> <li>• Chemische Erzeugnisse</li> <li>• Metalle und Metallerzeugnisse</li> </ul>
Kombination aus Bruttozuggewicht erhöhen und Zuglänge erhöhen	-3 %	Kostensteigerungen bei: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Steine und Erden</li> <li>• Chemische Erzeugnisse</li> <li>• Metalle und Metallerzeugnisse</li> </ul>
Energieeffizienz erhöhen	-1 %	Kostensteigerungen bei: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Steine und Erden</li> </ul>
Kombination aus Bruttozuggewicht, Zuglänge und Energieeffizienz	-5 %	Kostensteigerung bei: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Steine und Erden</li> </ul>
Zugbildung beschleunigen	- 61 % (ohne KV)	Kostensteigerung bei: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Partiegröße <math>\geq 100</math> Tonnen</li> </ul>
Kombination aus Bruttozuggewicht, Zuglänge und Energieeffizienz und Zugbildung	-45 %	Lohnend für alle Segmente

Das Maßnahmenpaket „Bruttozuggewicht erhöhen“ betrifft ausschließlich Segmente mit Massengutverkehren. Es ergibt sich eine mittlere Einsparung der generalisierten Kosten von 2%. Die Maßnahme bringt nur relativ kleine Vorteile für ein bestimmtes Marktsegment. Die Wagen sind dann inkompatibel mit dem übrigen Wagenpark, sodass es unrealistisch ist, dass die privaten Akteure umrüsten.

Das Maßnahmenpaket „Zuglänge erhöhen“ betrifft sowohl den Kombinierten Verkehr als auch die konventionellen Verkehre, außer Massengutverkehre. Bei den Segmenten „Steine und Erden“, „Chemische Erzeugnisse“ und „Metalle und Metallerzeugnisse“ wurden leichte Steigerungen der generalisierten Kosten festgestellt. Die Ursachen hierfür sind entweder, dass das maximale Bruttozuggewicht von 2.000 Tonnen bereits erreicht ist oder die Transportentfernungen zu gering sind, um einen positiven Effekt zu generieren. Über alle Segmente ergibt sich eine mittlere Kosteneinsparung von 2 %. Dieses Maßnahmenpaket betrifft nur eine zugseitige Anpassung der Bremssteuerung sowie der Infrastruktur, sodass keine hinderlichen Netzwerkeffekte zu erwarten sind.

Im Falle der Kombination der beiden Maßnahmenpakete „Bruttozuggewicht erhöhen“ und „Zuglänge erhöhen“ wird über alle Segmente betrachtet eine mittlere Kostensenkung von 3 % erreicht. Es ergeben sich keine Synergieeffekte, da die Maßnahmen im Rollmaterial sich nicht überlagern. Aufgrund der hinderlichen Netzwerkeffekte aus der Maßnahme „Bruttozuggewicht erhöhen“ ist diese Kombination ebenfalls leider unrealistisch.

Das Maßnahmenpaket „Energieeffizienz erhöhen“ betrifft alle Segmente und bewirkt insgesamt eine Senkung der generalisierten Kosten im Mittel um 1 %. Die Einsparungen aufgrund von Effizienzgewinnen reduzieren die variablen Kosten, sodass vor allem langläufige Verkehre profitieren. Das Segment „Steine und Erden“ hat eine mittlere Transportdistanz von nur etwa 150 km, sodass die Investitionskosten gegenüber den Kosteneinsparungen überwiegen. Langfristig ist davon auszugehen, dass die privaten Akteure dieses Maßnahmenpaket umsetzen.

Die Kombination der Maßnahmen „Bruttozuggewicht erhöhen“, „Zuglänge erhöhen“ und „Energieeffizienz erhöhen“ erreicht über alle Segmente eine mittlere Kostensenkung von 5%. Es ergeben sich Synergieeffekte, da sich die Investitionen in das Rollmaterial überschneiden und gleichzeitig ein höherer Nutzen erzielt wird. Eine Kombination aller Maßnahmenpakete über alle Segmente erscheint lohnenswert, ist aber aufgrund von Netzwerkeffekten unrealistisch.

Eine andere Dimension der Kosteneinsparung ist im Maßnahmenpaket „Zugbildung beschleunigen“ zu erwarten. Dieses Maßnahmenpaket betrifft den konventionellen Verkehr und kann über dessen Segmente eine Einsparung der generalisierten Kosten von 61 % generieren. Um dieses Maßnahmenpaket umzusetzen, müssen die folgenden Voraussetzungen erfüllt sein. Erstens müssen die Zulassungsvoraussetzungen angepasst werden. Zweitens müssen die Inkompatibilitätshemmnisse abgebaut werden (hinderlicher Netzwerkeffekt). Drittens müssen die Regularien der Betriebsprozesse geändert werden. Insgesamt müsste ein „Ruck“ durch das System gehen, was seit Jahrzehnten diskutiert wird und nie umgesetzt wurde. Eine analoge Diskussion kann auch für die Kombination aller vorangegangenen Maßnahmenpakete geführt werden.

Das Maßnahmenpaket „Halte vermeiden“ beinhaltet eine Anpassung der Trassenplanung und liegt in staatlicher Hand. Für das Szenario „Forcierte Infrastruktur“ ist deshalb keine Nutzenbetrachtung notwendig ist. Dieses Maßnahmenpaket wird in diesem Szenario einbezogen. Die Maßnahmenpakete „Güterumschlag im KV beschleunigen“, „Be- und Entladevorgang im Einzelwagenverkehr beschleunigen“ und „Verspätungen EVU-seitig reduzieren“ werden in Szenario „Forcierte Infrastruktur“ nicht weiter berücksichtigt. Die privaten Akteure investieren nicht, weil entweder zusätzlicher Forschungsbedarf notwendig ist oder kein Anreiz besteht, weil vorausgesetzt wird, dass andere Akteure ebenfalls investieren müssten.

## A 7 Kostenabschätzung der einzelnen Maßnahmenpakete

Maßnahmenpaket 1	<i>Bruttozuggewicht (BZG) erhöhen (&gt;2.000 t BZG, kleiner 740 m Zuglänge)</i>
Zugehörige Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Leistungsfähige Triebfahrzeuge einsetzen,</i></li> <li>• <i>mehrere Triebfahrzeuge pro Zug mit automatischen Kupplungen einsetzen,</i></li> <li>• <i>für hohe Zug- und Druckkräfte ausgelegtes Kupplungssystem,</i></li> <li>• <i>ggf. verstärkte Rahmenkonstruktion der Güterwagen</i></li> </ul>
Beschreibung der Maßnahmen (technisch)	<p>Zur Reduktion der Kosten sind schwere Güterzüge für den Massenguttransport eine Option. Um die Auswirkungen auf die Schieneninfrastruktur zu minimieren, wird angenommen, dass die streckenbezogenen zulässigen Achs- und Meterlasten sowie die Zuglängen nicht überschritten werden. Es ist daher lediglich erforderlich, Anpassungen im Rollmaterial vorzunehmen. Für den Güterwagen ist das zum einen die Anpassung von Kupplungen und Puffern an die höheren Zug- und Druckkräfte, sodass ein Zuggewicht über 2.000 Tonnen Bruttozuggewicht gefahren werden kann. Dies wird auf einzelnen Strecken bereits bei Güterzügen mit Eisenerz auf wenigen Strecken im deutschen Schienennetz getan. Es können bereits entwickelte automatische Mittelpufferkupplungen genutzt werden.</p> <p>Zum anderen muss die Rahmenkonstruktion des Güterwagens ebenfalls den höheren Zug- und Druckkräften Stand halten. Es ist zu prüfen, ob die Rahmenkonstruktion der Güterwagen anzupassen ist, indem beispielsweise der Wagenrahmen verstärkt wird. Dies ist einzelfallabhängig und wird in dieser Studie für die Kostenabschätzung vernachlässigt.</p> <p>Zusätzlich ist für Züge mit einem Bruttozuggewicht über 2.000 Tonnen die dafür notwendige Traktion vorzuhalten. Diese ist abhängig vom zu befördernden Bruttozuggewicht, der zu befahrenden Strecken-topographie und der zu erreichenden Fahrzeit. Der Einsatz leistungsstarker E-Lokomotiven (Leistung 6 MW) in Einfachtraktion oder eine Doppeltraktion (zwei Triebfahrzeuge an der Zugspitze) ist somit erforderlich. Es können auch Schiebelokomotiven abschnittsweise (zum Beispiel an Steigungen) zum Einsatz kommen.</p>
Abgeleitete Investitions-erfordernisse zur Realisierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Investitionskosten in stabilere Kupplungen und Puffer vorzugsweise in gemeinsame Lok- und Zuggarnituren, deren Wagen nur untereinander gekuppelt werden. Damit ist kein freizügiger Einsatz mit anderen Wagen/Triebfahrzeugen mehr möglich. Kosten ca. 8.000 €/Güterwagen [Sünderhauf 2009], wenn automatische Mittelpufferkupplungen und bei einzelnen Wagen in fest verbundenen Wagengruppen feste Kupplungen eingesetzt werden.</i></li> <li>• <i>Triebfahrzeuge und ggf. Rangierlokomotiven werden mit einem Kupplungssystem ausgerüstet, welches beide Optionen (sowohl klassische Schraubenkupplung als auch alternativ stabilere Kupplung/Mittelpufferkupplung) zulässt; Kosten ca. 10.000 € pro Trieb-/Rangierfahrzeug. Die höheren Kosten für Trieb- und Rangierfahrzeuge entstehen, da auch weiterhin konventionelle Kupplungen ohne Kuppelwagen angekuppelt werden sollen.</i></li> <li>• <i>bei speziellem betrieblichen Bedarf Einsatz von Adapterwagen, die vorgehalten werden müssen: Kosten 50.000 €/Adapterwagen</i></li> <li>• <i>keine höheren Folgekosten bei der Wartung von Kupplungen und Puffer</i></li> </ul>

Maßnahmenpaket 1	<i>Bruttozuggewicht (BZG) erhöhen (&gt;2.000 t BZG, kleiner 740 m Zuglänge)</i>
abgeschätztes Gesamtinvestitionsvolumen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Umbau eines Zuges 740 Meter lang (Wagengattung Faalns oder auch Fals, Saams oder auch Kesselwagen: maximal 47 Wagen pro Ganzzuggarnitur) incl. 1-2 Trieb-/Rangierfahrzeuge und zwei Adapterwagen ca. 500.000 €/Zug. Diese Umbaumaßnahme ist nur zum Transport schwerer Massengüter relevant. Angenommen wird ein Umbau von 10 Zuggarnituren mit insgesamt ca. 5 Mio. € Investitionskosten ohne Veränderung der anderen laufenden Kosten. Ein ggf. höherer Trassenpreis, höherer Energiebedarf für die Traktion und die zusätzlichen Investitionskosten jeweils pro Zug werden durch die höhere Transporteffizienz amortisiert. Auf Adapterwagen kann ggf. verzichtet werden, was die Investitionskosten um ca. 20 % verringern würde.</i></li> </ul>
Geschätzter Investitionszeitraum bis zur vollen oder teilweisen Nutzengenerierung:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>3 Jahre, Bei notwendigen Brückenertüchtigungen zur Erhöhung der zulässigen Brückenlast und notwendiger Neubeschaffungen von Güterwagen deutlich länger (ca. 6 Jahre)</i></li> </ul>
Akteur(e) die investieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>EVU und Güterwagenvermieter</i></li> <li>• <i>EVU und Triebfahrzeugeleasingfirmen</i></li> </ul>
Akteure, die konkreten Nutzen generieren (qualitativ) und soweit möglich abschätzen (quantitativ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>EVU: Kosteneinsparungen durch höhere Transporteffizienz pro Zug</i></li> <li>• <i>Güterwagenvermieter: an Investitionen ausgerichteter höherer Mietpreis für diese Wagen</i></li> <li>• <i>Firmen, die Triebfahrzeuge verleasen: höhere Leasingeinnahmen an Zusatzinvestition orientiert</i></li> <li>• <i>Transportkunden: geringere Transportkosten, wenn umgerüstete Zuggarnituren ganzjährig genutzt werden können (eine langfristig garantierte Anzahl von Umläufen pro Jahr ist gegeben) Anmerkung: Dies ist unter Berücksichtigung konjunktureller Schwankungen die schwierigste Voraussetzung, die erforderlich ist, diese Maßnahme zu realisieren.</i></li> </ul>
Abschätzung eines notwendigen Fördervolumens der öffentlichen Hand oder konkrete Rahmenbedingungen, die Anreize zur Umsetzung der Maßnahme setzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Förderung der Umbaukosten in Höhe von z.B. 50 % erforderlich (4.000 € pro Güterwagen und 5.000 € pro Triebfahrzeug), um bei einer Umrüstung auf automatische Kupplungen ein positives Kosten- und Nutzenverhältnis bei den Akteuren zu sichern. Ggf. muss speziell für Triebfahrzeuge und Rangierlokomotiven eine Weiterentwicklung gefördert werden (z.B. einmalig 250.000 €), damit diese Fahrzeuge sowohl mit automatischen als auch mit konventionellen Kupplungen verbunden werden können. Automatische Kupplungen selbst wurden bereits einige entwickelt und es werden weltweit bereits welche verwendet. Deshalb ist eine Förderung einer solchen Entwicklung nach einer ersten Einschätzung nicht zwingend notwendig, da hierfür ein Interesse der Fahrzeughersteller bzw. deren Zulieferfirmen gegeben sein müsste.</i></li> </ul>

Maßnahmenpaket 1	<i>Bruttozuggewicht (BZG) erhöhen (&gt;2.000 t BZG, kleiner 740 m Zuglänge)</i>
Erkennbare Risiken/Hauptrisiken/unerwünschte Nebeneffekte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>keine Kuppelbarkeit der umgerüsteten Güterwagen mit anderen Güterwagen mehr gegeben,</i></li> <li>• <i>nur mit konventionellen Kupplungen ausgerüstete Triebfahrzeuge und Rangierlokomotiven sind bei diesen Transporten nicht einsetzbar, sodass zwingend umgerüstete Triebfahrzeuge in die Umläufe einzubinden sind. Dies gilt für Rangierlokomotiven entsprechend, wobei hier ggf. mit Kuppelwagen eine Rückfalllösung geschaffen werden kann,</i></li> <li>• <i>Schwankungen bei Nachfrage der Industrie nach schweren Massenguttransporten, sodass umgerüstete Güterwagen nicht ganzjährig eingesetzt werden können (z.B. in der Stahlindustrie, im Baubereich, Energiewirtschaft (Kohleverstromung), chemische Industrie),</i></li> <li>• <i>Bei einer notwendigen konstruktiven Verstärkung der Zug- und Druckfestigkeit des Rahmens der verwendeten Güterwagen entstehen weitere Kosten. Hier wäre zu prüfen, ob eine nachträgliche Verstärkung der Rahmen überhaupt möglich ist bzw. ob Güterwagen bei Ersatzbeschaffungen mit stärkeren Rahmen beschafft werden. Um diese zu entscheiden, muss eine entsprechende Wirtschaftlichkeitsberechnung erfolgen.</i></li> </ul>

Maßnahmenpaket 2	<i>Zuglänge auf 740 m erhöhen (Bruttozuggewicht ≤2.000 t)</i>
Zugehörige Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zugbildungsgleise an Knoten- und Rangierbahnhöfen verlängern</li> <li>• Streckeninfrastruktur in wichtigen Korridoren durch Verlängerung von Überholungsgleisen anpassen und wo erforderlich, den Vorsignalabstand erhöhen</li> <li>• Bremswege durch elektropneumatische Bremsen verkürzen</li> </ul>
Beschreibung der Maßnahmen (technisch)	<p>Die Effizienz und die Transportkapazität im Schienengüterverkehr werden durch die Bildung längerer Züge erhöht, sodass mehr Nettotonnen pro Zug transportiert werden können. Da die Maßnahme auch Anpassungen der Infrastruktur erfordert, ist diese vorzugsweise entlang hoch belasteter Korridore anzugehen. Die langen Züge sollen vorzugsweise nachts verkehren, um die Notwendigkeit der Überholung von schnelleren Zügen des Personenverkehrs zu minimieren. Es bedarf ggf. besonderer betrieblicher Regelungen im Falle von Unregelmäßigkeiten wie Streckensperrungen und Baumaßnahmen.</p> <p>In erster Linie müssen Zugbildungsgleise sowie Ein- und Ausfahrgleise von ausgewählten Knoten- und Rangierbahnhöfen auf die notwendige maximal zulässige Zuglänge ausgebaut werden, um die 740 m langen Züge entsprechend der Betriebsvorschriften behandeln zu können. Weiterhin sind ausgewählte Überholungsgleise entlang der von diesen Zügen befahrenen Korridore zu verlängern, um diese Züge bei Bedarf zu überholen oder bei maßgeblichen Betriebsstörungen kurzfristig teilen zu können.</p> <p>Zur Einhaltung der vorgegebenen Bremswege gibt es mehrere technische Optionen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erhöhung des Vorsignalabstandes, um einen verlängerten Bremsweg, der sich durch eine längere Durchschlagszeit beim Bremsen ergibt, zu ermöglichen.</li> <li>• Ausrüstung der Güterwagen mit elektropneumatischen Bremsen, sodass die Steuerung der Bremsventile elektrisch vom Triebfahrzeug aus erfolgen kann und die Bremsenreaktionszeit verkleinert wird.</li> </ul> <p>Beide Optionen weisen Vor- und Nachteile auf, die sich aus der maximal zulässigen Zuglänge ergeben. Erste Erfahrungen mit über 740 Meter langen Güterzügen gibt es durch das europäische Projekt MARATHON sowie einen Pilotverkehr zwischen Dänemark und dem Rangierbahnhof Maschen.</p>

Maßnahmenpaket 2	Zuglänge auf 740 m erhöhen (Bruttozuggewicht ≤2.000 t)
Abgeleitete Investitionsanforderungen zur Realisierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investitionskosten ergeben sich in Bezug auf die ausgewählten Korridore und die maximal zulässige Zuglänge von 740 Metern. Diese können in Bezug auf die Korridore so optimiert werden, dass die Notwendigkeit von Umbauten an Strecken (Erhöhung Vorsignalabstand) sowie Gleisverlängerung von Überholungsgleisen sowie Gleisen auf Knoten- und Rangierbahnhöfen minimal sind. Die Kosten für die Verlängerung von Zugbildungsgleisen, Überholungsgleisen sowie Ein- und Ausfahrgleisen können je nach Voraussetzungen unterschiedlich hoch sein. Eine Abschätzung ist deshalb nur in Abhängigkeit der gewählten Relationen und den Korridoren unter Beachtung der heutigen Gegebenheiten und der Länge der Korridore möglich. Auch die vorhandenen Gegebenheiten in Knoten- und Rangierbahnhöfen sowie in Bahnhöfen mit Überholungsgleisen sind entscheidend, da ggf. sicherungstechnische Anpassungen und bauliche Erweiterungen notwendig werden. In einigen Fällen (u.a. bei Brücken oder bei Gebäuden, die einer Verlängerung entgegenstehen) sind solche Anpassungen der Infrastruktur wirtschaftlich nicht möglich oder aus Gründen der Topographie gar nicht möglich.</li> <li>• Bei einer Umrüstung von Güterwagen auf eine elektropneumatische Bremse entstehen Kosten von geschätzt ca. 1.000 € pro Güterwagen. Die Anzahl der umzurüstenden Güterwagen kann durch die Auswahl besonders aufkommensstarker Verkehre (z.B. von und zu Häfen) gering gehalten werden.</li> <li>• Die Berücksichtigung wichtiger internationaler Güterkehre erfordert zudem noch die Abstimmung mit anderen europäischen Infrastrukturmanagern und Eisenbahnverkehrsunternehmen.</li> </ul>
abgeschätztes Gesamtinvestitionsvolumen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Investitionskosten für die Infrastruktur werden für zwei ausgewählte Korridore in der MKS-Studie zur Infrastrukturanpassung abgeschätzt, die die Bestimmung eines Investitionsvolumens in Abhängigkeit von der Verlagerung zum Ziel hat.</li> <li>• Die Ausrüstung von z.B. 2.000 Güterwagen mit elektropneumatischer Bremse erfordert Investitionen durch die Eigentümer der Güterwagen in Höhe von 2 Mio. €.</li> </ul>
Geschätzter Investitionszeitraum bis zur vollen oder teilweisen Nutzengenerierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• schrittweise mit einer Laufzeit von 10 Jahren um eine schrittweise Anpassung einzelner Korridore zu realisieren.</li> </ul>
Akteur(e) die investieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infrastrukturmanager, ggf. Betreiber von Gleisanschlüssen oder Nebenbahnen</li> <li>• EVU und Güterwagenvermieter</li> </ul>
Akteure, die konkreten Nutzen generieren (qualitativ) und soweit möglich abschätzen (quantitativ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EVU: Reduktion der Trassenkostenanteils pro Nettotonne</li> <li>• Infrastrukturmanager: Kapazitätserweiterungen im Schienennetz</li> <li>• Transportkunden: geringere Transportkosten</li> </ul>

Maßnahmenpaket 2	<i>Zuglänge auf 740 m erhöhen (Bruttozuggewicht ≤2.000 t)</i>
Abschätzung eines notwendigen Fördervolumens der öffentlichen Hand oder konkrete Rahmenbedingungen, die Anreize zur Umsetzung der Maßnahme setzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es könnte durch ein Fördervolumen des Bundes in Höhe von 1 Mio. € in Abstimmung mit den entsprechenden Akteuren unterstützt werden. Hierbei müssen aber im ersten Schritt geeignete Güterverkehre und Korridore von den Akteuren identifiziert werden.</li> </ul>
Erkennbare Risiken/Hauptrisiken/unerwünschte Nebeneffekte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kosten für Anpassungsmaßnahmen der Infrastruktur sind im Vergleich zu den erreichbaren Effizienzgewinnen beim Transport unverhältnismäßig hoch, d.h. diese amortisieren sich nicht in einem zeitlichen Rahmen von z.B. 30 Jahren</li> <li>• Umrüstung von begrenzter Anzahl von Güterwagen mit elektropneumatischen Bremsen reicht nicht aus, um regelmäßig längere Züge auf den ausgewählten Korridoren zu realisieren. Deshalb müssten viel mehr Güterwagen von weiteren europäischen EVU umgerüstet werden, um immer ausreichend Güterwagen zur Verfügung zu haben.</li> </ul>



Maßnahmenpaket 3	<i>Unnötige Betriebshalte vermeiden</i>
Zugehörige Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trassenplanung mit möglichst wenigen Halten infolge von Überholung durch schnellere Züge</li> <li>• Bündelung von Zügen mit gleicher Geschwindigkeit auf Korridoren</li> <li>• Vermeidung von betriebsbedingten Halten vor Signalen durch eine rechtzeitige Information (z.B. mittels einer Meldung) an den Lokführer, sodass dieser die Geschwindigkeit verringern kann, um ein Anhalten zu vermeiden</li> <li>• Ggf. gezielte Erweiterung der Infrastruktur an Engpässen, vor denen Züge häufig betrieblich halten müssen, um zu warten.</li> </ul>
Beschreibung der Maßnahmen (technisch)	<p>Die Maßnahme zielt darauf ab, den Energiebedarf (Energiekosten) für die Zugfahrten möglichst gering zu halten. Zusätzlich erhöht sich die Zuverlässigkeit durch eine verbesserte Pünktlichkeit.</p> <p>Betriebsbedingte Halte können vermieden werden, indem die Anzahl betrieblich notwendige Überholvorgänge durch schnellere Züge bereits in der Trassenplanung auf ein Minimum reduziert werden. Wo dies nicht möglich ist, sind die infrastrukturellen Engpässe gegebenenfalls gezielt mit Überholgleisen aufzulösen. Die Trassenplanung kann darüber hinaus dazu beitragen, Züge gleicher Geschwindigkeit zu bündeln und so die Anzahl der betrieblichen Halte weiter zu reduzieren. . Einige betriebliche Halte zum Beispiel für einen planmäßigen Wechsel der Lokführer bzw. zum Einhalten von vorgeschriebenen Pausen müssen jedoch immer berücksichtigt werden.</p> <p>Zusätzlich zum Buchfahrplan und zum Verzeichnis der Langsamfahrstellen sollte der Lokführer operative Informationen darüber bekommen, wie er außerplanmäßige Halte vermeiden kann. Hier wären zum Beispiel Kurznachrichten, die dem Lokführer per SMS-Dienst übermittelt und als Fahrhinweise auf dem Triebfahrzeug angezeigt werden. Die Schweizer SBB hat damit bereits erste Erfahrungen gesammelt [IFOK 2012].</p>
Abgeleitete Investitions- erfordernisse zur Realisierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investitionskosten ergeben sich bezüglich der technischen Ausrüstung von Triebfahrzeugen, damit diese operative Informationen zur Fahrweise auf dem Triebfahrzeug anzeigen. Teilweise sind technische Systeme bereits vorhanden, sodass das Versenden dieser Nachrichten durch Zugdisponenten und die technische Umsetzung der Anzeige auf dem Triebfahrzeug nachgerüstet werden können. Solche Nachrichten sollten wettbewerbsneutral vom Infrastrukturmanager allen Zügen der EVU über eine einheitliche SMS-Schnittstelle (z.B. über GSM-R) angeboten werden. Ggf. müssen Lokführer zum richtigen Verhalten im Umgang mit diesen operativen Informationen geschult werden.</li> <li>• Zur Optimierung der Trassenplanung sind ggf. Softwarelösungen zu nutzen, die den Planer bei der Realisierung einer energieoptimalen Trassenplanung unterstützen.</li> <li>• Der Einsatz verbesserter Werkzeuge bei der Trassenplanung, erfordert Anpassungen der dabei genutzten Software. Investitionskosten können dafür nicht angegeben werden. Gegebenenfalls notwendige Infrastrukturkosten variieren in Abhängigkeit der Topographie und können daher nicht pauschalisiert werden. Die Abschätzung dieser Infrastrukturkosten erfolgt in der MKS Studie Infrastruktur, wenn bekannt ist, wo Überholgleise notwendig wären.</li> </ul>

Maßnahmenpaket 3	<i>Unnötige Betriebshalte vermeiden</i>
abgeschätztes Gesamtinvestitionsvolumen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Kosten für die erforderlichen Investitionen können in kurzer Zeit durch eine Verringerung des Energieverbrauchs amortisiert werden. Da die Kosten teilweise beim Infrastrukturmanager anfallen, der Nutzen aber vornehmlich bei den EVU realisiert werden wird, müssen mögliche Zusatzkosten bei den Infrastrukturmanagern über die Trassenkosten abgegolten oder pro versendete operative Information abgerechnet werden.</li> <li>• Die Ausrüstung von Triebfahrzeugen ist abhängig von dort bereits vorhandenen Systemen zum energieoptimalen Fahren, die sowohl von der Deutschen Bahn (EBULA-System) als auch von Triebfahrzeugherstellern bereits entwickelt wurden.</li> </ul> <p><i>Gesamtinvestitionen können hierbei nicht abgeschätzt werden.</i></p>
Geschätzter Investitionszeitraum bis zur vollen oder teilweisen Nutzengenerierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Umsetzungszeitraum bis zur Implementierung und Nutzung eines solchen Systems sollte im Rahmen der Planungszyklen der Fahrpläne und der technischen Wartung der Triebfahrzeuge erfolgen und somit binnen zwei Jahren realisiert werden können.</li> </ul>
Akteur(e) die investieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infrastrukturmanager bezogen auf Planung der Trassen (Software) und der Bereitstellung der Fahrinformationen in Form von Kurznachrichten</li> <li>• Triebfahrzeug-Leasingunternehmen und EVU</li> </ul>
Akteure, die konkreten Nutzen generieren (qualitativ) und soweit möglich abschätzen (quantitativ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EVU: Reduktion der Energiekosten pro Zug um 10%</li> <li>• Infrastrukturmanager: keine</li> <li>• Transportkunden: Transportkosten verringern sich anteilmäßig mit Energiekosten geringfügig</li> </ul>
Abschätzung eines notwendigen Fördervolumens der öffentlichen Hand oder konkrete Rahmenbedingungen, die Anreize zur Umsetzung der Maßnahme setzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Förderprogramm zum Ausrüsten der Triebfahrzeuge (z.B. 2.000 € pro umgerüstetem Triebfahrzeug) und zur Softwareerstellung für Planung von Trassen incl. der Implementierung in bestehende Planungssoftware (einmalig 100.000 €).</li> </ul>
Erkennbare Risiken/Hauptrisiken/unerwünschte Nebeneffekte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine oder nur geringe Energieeinsparung durch diese Maßnahme auf hoch belasteten Strecken und bei Engpässen</li> <li>• Umsetzung verlangt die Kooperation der Akteure und muss wettbewerbsneutral erfolgen.</li> </ul>

Maßnahmenpaket 4	<i>Energieeffizienz erhöhen</i>
Zugehörige Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verhältnis Transportgutgewicht (Nutzmasse) zu Eigengewicht der Wagen (Eigenmasse) durch Einsatz leichterer Werkstoffe verbessern</li> <li>• Fahrwiderstand verringern</li> <li>• Nutzbremse am Triebfahrzeug einsetzen</li> <li>• E-Traktionsanteil erhöhen</li> </ul>
Beschreibung der Maßnahmen (technisch)	<p>Die Energieeffizienz ist im Schienengüterverkehr bereits aufgrund des hohen Anteils an elektrischer Traktion und des geringen Rollwiderstandes deutlich besser als im Straßengüterverkehr. Dennoch sind noch weitere, durch technische Entwicklungen erschließbare Verbesserungen möglich.</p> <p>Güterwagen sind heute bezogen auf deren Eigengewicht und ihre Aerodynamik nicht optimiert. Zukünftig sollten neu beschaffte Güterwagen durch den Einsatz leichterer Werkstoffe gleichfalls leichter werden, sodass insbesondere bei Massengütern mehr Ladegut bei gleicher zulässiger Radsatzlast/Streckenklasse verladen werden kann.</p> <p>Gleichfalls sollte der Fahrwiderstand verringert werden. Hierzu können einerseits Drehgestelle eingesetzt werden, die beim Durchfahren von Gleisbögen weniger Widerstand aufweisen. Dies kann zum Beispiel mittels Spurkranzschmierung oder durch radialeinstellende Fahrwerke erreicht werden. Andererseits sollte die Aerodynamik verbessert werden, sodass während der Fahrt möglichst wenig Verwirbelungen entstehen. Bei der Bildung von Güterzügen im Einzelwagenverkehr und bei der Beladung von Zügen des Kombinierten Verkehrs sollten die Züge daher möglichst homogen zusammengestellt werden. Um dies zu erreichen sind Zugbildungs- und Verladevorgaben zu optimieren und das Personal zu schulen.</p> <p>Beim Bremsen wird durch das Triebfahrzeug bereits elektrischer Strom in das Bahnstromnetz zurückgespeist. Da dieser Strom bei der Rückspeisung gleichzeitig von anderen Zügen genutzt werden muss und dies nicht immer gegeben ist, wird die Rückspeisung durch die DB Energie nur bis zu einem maximalen Wert vergütet. Technisch kann die Rückspeisung jedoch noch intensiviert werden, wenn der Lastausgleich im Bahnstromnetz verbessert wird.</p> <p>Ebenfalls bestehen im deutschen Schienennetz noch Lücken im Streckennetz bei der Elektrifizierung. Hier gibt es bereits Planungen diese Lücken zu schließen oder elektrische Triebfahrzeuge mit Energiespeichern zu entwickeln, damit diese auch auf nicht elektrifizierten Streckenabschnitten sowie in Bahnhöfen und Anschlussbahnen ohne Oberleitungen fahren können. Diese Planungen und Entwicklungen sollten beschleunigt werden, um den Anteil der elektrischen Traktion im Schienengüterverkehr weiter zu steigern. Dadurch können auch Triebfahrzeugwechsel, die infolge nicht elektrifizierter Streckenabschnitte heute noch erforderlich sind, in der Zukunft entfallen.</p>

Maßnahmenpaket 4	<i>Energieeffizienz erhöhen</i>
Abgeleitete Investitions-erfordernisse zur Realisierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investitionskosten ergeben sich um den Lastausgleich im Bahnstromnetz so zu verbessern, dass ein höherer Rückspeisestrom eingespeist und vergütet werden kann. Aktuell erlaubt die SBB zum Beispiel eine höhere Rückspeisung als die DB Energie in ihrem Bahnstromnetz [IFOK 2012]. Dafür notwendige Investitionen sind hierfür nicht bekannt, da die genauen Anpassungen im Bahnstromnetz sehr unterschiedlich sein werden.</li> <li>• Investitionen zur zusätzlichen Elektrifizierung von Bahnstrecken sind bereits in streckenbezogenen Planungen kalkuliert, u.a. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ (Ausbaustrecke Oldenburg-Wilhelmshaven incl. Elektrifizierung für 117,6 Mio. €</li> <li>○ Ausbau und Elektrifizierung des Abschnitts Knappenrode bis Horka (Grenze) für 83 Mio. €</li> <li>○ Elektrifizierung Regensburg-Furth im Wald für 12 Mio. €</li> <li>○ Anbindungen für die Schiene der Feste Fehmarn-Belt-Querung (FBQ, zurzeit beginnen Planungen) mit Elektrifizierung Lübeck-Fehmarn und Lübeck-Bad Kleinen</li> <li>○ Elektrifizierung Reichenbach-Hof-Nürnberg, wobei Abschnitt Reichenbach-Hof bereits elektrifiziert wurde</li> </ul> </li> <li>• Die Ausrüstung von elektrischen Triebfahrzeugen mit Energiespeichern führt ebenfalls zu Mehrkosten, die abhängig von der dabei verwendeten Technologie sind. Werden zum Beispiel wie bei der Elektromobilität Akkumulatoren genutzt, sind die Kosten ca. 1.000-1400 €/kWh [Öko-Institut 2015, S.18f]). Die Gesamtinvestitionen hängen somit von der Größe des für bestimmte reale Anwendungen notwendigen Energiebedarfs ab.</li> <li>• Bei der Neubeschaffung leichter und aerodynamisch optimierter Güterwagen entstehen Zusatzkosten, wobei hier angenommen wird, dass mit 10.000 € Mehrkosten je Güterwagen bereits Energieeffizienzpotenziale erschlossen werden können.</li> </ul>
abgeschätztes Gesamtinvestitions-volumen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planungen zu Investitionskosten in das Bahnstromnetz (Elektrifizierung von zusätzlichen Strecken) sind bereits im Rahmen von BVWP-Maßnahmen vorhanden. Insgesamt werden geschätzt, ca. 1,7 Mio. € pro Kilometer Elektrifizierung bei zweigleisigen Strecken benötigt, wobei hierbei die Errichtung von Masten und die Verlegung des Fahrdrabtes sowie die Anbindung an Unterwerke abgedeckt sind.</li> <li>• Der Einsatz von Energiespeichern in Triebfahrzeugen wird aktuell zwar bereits erforscht, doch sind hierbei noch keine Erkenntnisse zu Kosten und Nutzen diese Maßnahme veröffentlicht worden.</li> <li>• Investitionen in neu zu beschaffende, leichtere Güterwagen mit verbesserter Aerodynamik und/oder radialeinstellbaren Fahrwerken werden nur sehr langfristig Effekte entwickeln, da Güterwagen häufig 20 Jahre und länger eingesetzt werden und ein Umbau in der Regel keine sinnvolle Option ist.</li> </ul>
Geschätzter Investitionszeitraum bis zur vollen oder teilweisen Nutzengenerierung	<p>Investitionen in die Elektrifizierung von Strecken sollten mit der Priorität auf deren Belastung und deren Effekt im Schienennetz priorisiert und vorgezogen werden, sodass in den kommenden 5 Jahren Strecken mit hoher Priorität ausgerüstet werden können. Der weitere Ausbau sollte schrittweise im Rahmen der Laufzeit des BVWP 2015 erfolgen.</p> <p>Die Neubeschaffung von Güterwagen erstreckt sich über einen langen Zeitraum von bis zu 30 Jahren.</p>

Maßnahmenpaket 4	<i>Energieeffizienz erhöhen</i>
Akteur(e) die investieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infrastrukturmanager, bzw. Energielieferanten für Bahnstrom</li> <li>• EVU und Güterwagenvermieter</li> </ul>
Akteure, die konkreten Nutzen generieren (qualitativ) und soweit möglich abschätzen (quantitativ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EVU: Reduktion des Energiebedarfs pro Nettotonne</li> <li>• Infrastrukturmanager: Kapazitätserweiterungen durch betriebliche Vorteile im Schienennetz</li> <li>• Transportkunden: geringere Transportkosten</li> </ul>
Abschätzung eines notwendigen Fördervolumens der öffentlichen Hand oder konkrete Rahmenbedingungen, die Anreize zur Umsetzung der Maßnahme setzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Speziell bei der Verbesserung von Aerodynamik von Güterwagen gibt es aktuell noch Erkenntnisdefizite. Hier kann durch ein Förderprogramm mit dem Ziel, notwendige in der Praxis umsetzbare Maßnahmen zu entwickeln in Höhe von ca. 3 Mio. € geschaffen werden. Dabei sind einerseits die betriebliche Umsetzung einer aerodynamisch verbesserten Zugbildung und Beladung als auch erste Prototypen dieser leichten und aerodynamisch optimierten Güterwagen (zu Demonstrations- und Erprobungszwecken) zu erreichen. Die notwendigen Mehrkosten bei der Beschaffung solcher Wagen sollten in Abhängigkeit von dem erreichbaren Nutzen beim EVU gefördert werden.</li> <li>• Die Elektrifizierung von Strecken wird bereits im BWVP 2015 berücksichtigt werden und ist in den Leistungs- und Finanzierungsvereinbarungen des Bundes mit der DB Netz zu vereinbaren. Dabei ist die Priorisierung zu vereinbaren. Zusätzliche Fördermittel sind deshalb nicht notwendig.</li> <li>• Die Höhe der notwendigen Förderung von Energiespeichern in elektrischen Triebfahrzeugen kann erst nach Abschluss der bereits im Rahmen der Brancheninitiative „Eco Rail Innovation“ [Eco Rail 2015] gewonnenen Erkenntnissen aus Projekten bestimmt werden.</li> </ul>
Erkennbare Risiken/Hauptrisiken/unerwünschte Nebeneffekte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kosten für Anpassungsmaßnahmen der Infrastruktur sind im Vergleich zu den erreichbaren Effizienzgewinnen beim Transport unverhältnismäßig hoch, d.h. diese amortisieren sich nicht in einem zeitlichen Rahmen von z.B. 30 Jahren.</li> <li>• Eine höhere Rückspeisung in das Bahnstromnetz erfordert zu hohe Investitionen in vorhandene Unterwerke oder kann bezüglich des Lastausgleiches im Bahnnetz nicht beherrscht werden, sodass der zusätzlich rückgespeiste Strom nicht genutzt werden kann.</li> <li>• Die Ausrüstung von Triebfahrzeugen mit Energiespeichern ist aufgrund der hohen Kosten für Akkumulatoren nicht wirtschaftlich realisierbar.</li> <li>• Die Elektrifizierung von Schienenstrecken verzögert sich aufgrund von Klagen gegen die notwendigen Planungen z.B. seitens Bürgerinitiativen.</li> <li>• Der Einsatz von Leichtbaustoffen und verbesserten Fahrwerken bei Güterwagen verzögert sich durch Zulassungsprobleme.</li> </ul>

Maßnahmenpaket 5	Güterumschlag im Kombinierten Verkehr beschleunigen
Zugehörige Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umschlag von ISO-Containern, Wechselbrücken und Sattelaufliegern teilautomatisieren</li> <li>• Umschlagprozesse für nicht kranbare Sattelaufleger entwickeln und diese in Pilotprojekten technisch und kommerziell erproben</li> </ul>
Beschreibung der Maßnahmen (technisch)	<p>Die zusätzliche Verlagerung des Güterverkehrs auf die Schiene kann nur dann gelingen, wenn das Leistungsangebot der Schiene sich dauerhaft an den Anforderungen der Wirtschaft orientiert. Hierzu zählt, dass die Transportdienstleistungen der Schiene sich nahtlos in die Logistikprozesse von Verladern und Logistikdienstleistern einbinden lassen.</p> <p>Ein wichtiges Merkmal ist dabei das Gewährleisten der Transportzeitanforderungen. Dafür sind speziell für den Kombinierten Verkehr Straße-Schiene verbesserte Leistungsangebote anzustreben, die hinsichtlich der Transportgeschwindigkeit, der Zuverlässigkeit/Pünktlichkeit und nicht zuletzt bezogen auf den Transportpreis dem direkten Transport im Straßengüterverkehr gleichwertig oder sogar überlegen sind.</p> <p>Im heutigen Kombinierten Verkehr Straße/Schiene wird zwischen den Hafenhinterlandverkehren und den kontinentalen intermodalen Verkehren unterschieden. Dabei stützen sich die Leistungsangebote der Schiene meist auf Direktverkehre zwischen den jeweiligen KV-Terminals. Dies hat zur Folge, dass in den Terminals lange Sammel- und Wartezeiten entstehen bis gut ausgelastete Züge gebildet werden, was zu einer langen Gesamttransportzeit führt.</p> <p>Durch eine Teilautomatisierung von Umschlagprozessen soll das Leistungsangebot im Kombinierten Verkehr Straße/ Schiene attraktiver gestaltet werden. Insbesondere soll auch der Umschlag von nicht kranbaren Sattelaufliegern ermöglicht werden. Es sind modulare Betriebs- und Ausbaukonzepte für kompakte KV-Terminals gefragt, die die nötige Flexibilität sicherstellen und auch nicht kranbare und nicht stapelbare Ladeeinheiten ermöglichen. In der Vergangenheit gab und gibt es immer wieder neue technologische Ansätze, den Umschlag von Ladeeinheiten neu zu gestalten. Dabei ist es nicht gelungen, ein leistungsfähiges Gesamtkonzept für KV-Terminal und Betriebskonzepte zu erarbeiten, welches hohe Leistungskriterien erfüllt und damit den logistischen Anforderungen der Wirtschaft langfristig genügt.</p>
Abgeleitete Investitions-erfordernisse zur Realisierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investitionskosten ergeben sich im Zusammenhang mit der Schaffung eines Angebotes, welches darauf orientiert ist, den KV-Verkehr kontinuierlich zu steigern. Hierzu sind die Kapazitäten an der Schnittstelle Straße-Schiene weiter kontinuierlich auszubauen, aber auch ein flexibles Betriebskonzept zu schaffen, das vor allem darauf abzielt, kundenorientierte Transportzeitfenster anzubieten und dabei Sammel- und Wartezeiten zu verringern. Investitionen in die KV-Terminals sind dabei bereits in einem Förderprogramm des Bundes vorhanden.</li> <li>• Zusätzliche Investitionen sind vor allem dort notwendig, wo es darum geht mit neuen Güterwagen den Umschlag von Ladeeinheiten und vor allem von Sattelaufliegern schnell und kostengünstig zu realisieren und mittels neuer Zugkonzepte, die kürzere Transportzeiten durch mehrere Abfahrten am Tag zur Verbindung von KV-Terminals zum Beispiel mittel zuverlässiger Flügelzugkonzepte ermöglicht. Schwerpunktmäßig sollten dabei Fahrzeugkonzepte durch Investitionen unterstützt werden, die die Attraktivität der Verbindung vorhandener KV-Standorte erhöhen und so die Steigerung des Schienengüterverkehrs ermöglichen.</li> </ul>

Maßnahmenpaket 5	Güterumschlag im Kombinierten Verkehr beschleunigen
abgeschätztes Gesamtinvestitionsvolumen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwicklung, Erprobung und kommerzielle Realisierung von Verbindungen, die ein starkes Wachstum im Rahmen der Verkehrsprognose 2030 vorhersagen.</li> <li>• Es sind Güterwagen erforderlich, die den Umschlag von nicht kranbaren Sattelaufliegern (z.B. wie beim Konzept CargoBeamer oder bei Mobiler) ermöglichen und in Verbindung mit neuen Zugkonzepten (z.B. Flügelzügen, Nabe-Speiche oder Gateway Systeme oder das Umsteigen von Ladeeinheiten, wie dies aktuell in Lehrte geplant wird) eingesetzt werden. Hier sind Investitionen in Güterwagen notwendig, wobei hierfür Investitionsmehrkosten von bis zu 100.000 € pro Güterwagen betragen können. Durch den Aufbau erster Relationen, die bis zu 500 Güterwagen erfordern ergeben sich ca. 50 Mio. €. Ein Teil dieser Mehrkosten lässt sich durch die höhere Laufleistung dieser Fahrzeuge finanzieren, ein Teil sollte aber gefördert werden.</li> </ul>
Geschätzter Investitionszeitraum bis zur vollen oder teilweisen Nutzengenerierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Aufbau eines verbesserten KV-Angebotes sollte sich auf Schwerpunkte zum Beispiel im alpenquerenden Verkehr oder bei anderen europäischen Verkehren zwischen Deutschland und Wirtschaftszentren und Wirtschaftszentren in den Nachbarländern beziehen. So kann bereits nach ca. 4 Jahren ein verbessertes Angebot entstehen, welches schrittweise ausgedehnt wird.</li> </ul>
Akteur(e) die investieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• KV-Terminalbetreiber</li> <li>• EVU und Güterwagenvermieter</li> </ul>
Akteure, die konkreten Nutzen generieren (qualitativ) und soweit möglich abschätzen (quantitativ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EVU: Hinzugewinnen zusätzlicher Verkehre von der Straße</li> <li>• KV-Terminalbetreiber: Kapazitätserweiterungen</li> <li>• Transportkunden: geringere Transportzeit</li> <li>• Wirtschaft, Vermarkter des KV und Logistikdienstleister: verbessertes Leistungsangebot im KV</li> </ul>
Abschätzung eines notwendigen Fördervolumens der öffentlichen Hand oder konkrete Rahmenbedingungen, die Anreize zur Umsetzung der Maßnahme setzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Förderung kapazitiver Erweiterungen der KV-Terminals an der Schnittstelle Straße-Schiene im Rahmen des bestehenden Förderprogramms.</li> <li>• Zuschuss zu Investitionskosten für neue Güterwagen, die den Umschlag von nicht kranbaren Sattelaufliegern ermöglichen. Zuschuss in Güterwagen, die für neue Zugkonzepte geeignet sind. Fördervolumen 5 Mio. € in den nächsten fünf Jahren.</li> </ul>
Erkennbare Risiken/Hauptrisiken/unerwünschte Nebeneffekte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Derzeitige Akteure suchen nicht nach neuen innovativen Lösungen und setzen diese um, da die Strukturen und die Beteiligung an der Wertschöpfung jeweils nicht geeignet sind, um ein verbessertes Gesamtkonzept zu realisieren.</li> <li>• Zuwachs an Schienengüterverkehr reicht nicht aus, um Verbesserungen und die damit verbundene Zusatzinvestitionen langfristig zu amortisieren</li> </ul>

Maßnahmenpaket 6	Be- und Entladevorgänge beschleunigen
Zugehörige Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lösungen für das automatische Be- und Entladen von Ladegut in Güterwagen entwickeln und realisieren</li> <li>• Frachtdaten zwischen EVU und Verladern automatisch übergeben. <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Automatische Erfassung und Weitergabe transportrelevanter Daten</li> <li>○ Automatische Datenübermittlung an Verlader und Empfänger über eine den Kundenanforderungen anpassbare Schnittstelle</li> <li>○ Energiespeicher im Güterwagen integrieren</li> </ul> </li> </ul>
Beschreibung der Maßnahmen (technisch)	<p>Das Be- und Entladen von palettierten Gütern und Stückgütern erfolgt in der Regel mit Gabelstaplern. Automatisierte Lösungen gibt es im Schienengüterverkehr bislang kaum, da die Güterwagen universell einsetzbar und die Fahrzeugeinsatzkosten niedrig sein sollen. Im Gegensatz dazu gelingt es im Straßengüterverkehr mittels Kundenorientierung für unterschiedliche Ladegüter spezialisierte im Fahrzeug integrierte Be- und Entladetechnik anzubieten, sodass neben der reinen Transportaufgabe auch weitere logistische Aufgaben realisiert werden.</p> <p>Die Güterwagen sollten darüber hinaus technisch so weiterentwickelt werden, dass sie sich optimal in die logistischen Abläufe integrieren lassen, die dem eigentlichen Transport auf der Schiene vor- und nachgelagert sind. So sollen Güterwagen mit einer eigenen Energiequelle und einem System zur Datenerfassung und -übertragung ausgestattet werden. Die erfassten Daten sollen zur Terminalsteuerung weitergeleitet werden, die die Frachtdaten verarbeitet. Da die Daten bei der Zugbildung und der Zugauflösung benötigt werden, reichen dafür ggf. auch bereits beschreibbare RFID Datenträger. Parallel zum Be- und Entladeprozess sind diese Daten für die Kunden abrufbar und Kunden können über diese Schnittstelle transportrelevante Daten an das EVU übermitteln. Es muss daher auch eine Kundenschnittstelle eingerichtet werden.</p>
Abgeleitete Investitionsanforderungen zur Realisierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investitionskosten ergeben sich in Abhängigkeit von dem Ladegut und den konkreten Kundenerwartungen bezüglich logistischer Abläufe. Hier gilt es im ersten Schritt vor allem Güterwagen im Sinne der Konzepte wie Logistik 4.0 oder auch Industrie 4.0 in Zusammenarbeit mit den Kunden so auszustatten, dass ein Datenaustausch nahtlos funktioniert. Die Investitionskosten für ein Datenerfassungs- und Übertragungssystem inkl. Energiequelle werden auf ca. 3.000 €/Güterwagen geschätzt. Darüber werden zusätzliche Kosten von 20.000 € angenommen, um die Schnittstelle beim Kunden einzurichten. Wichtig ist, dass ein System genutzt wird, welches keine oder nur wenige zusätzliche, ortsfeste Anlagen benötigt.</li> <li>• Es wurden bisher bereits einige automatische Umschlagsysteme entwickelt, z.B. Rollenböden im Luftfrachtbereich oder „walking floors“ im Lkw-Bereich. Vor der Einführung von automatischen Umschlagsystemen soll ein konkreter Kundenbedarf ermittelt werden. Investitionen in Zusatzausrüstungen sollen anschließend nur für Güterwagen erfolgen, die in regelmäßigen Verkehren eingesetzt werden, um einen möglichen wirtschaftlichen Vorteil in Form von kürzeren Be- und Entladezeiten und kürzeren Transportzeiten zu erlangen.</li> </ul>



Maßnahmenpaket 6	Be- und Entladevorgänge beschleunigen
abgeschätztes Gesamtinvestitionsvolumen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Ausrüstung mit einer Datenschnittstelle sollte zukünftig für alle Güterwagen obligatorisch sein. Die Investitionskosten für eine Umrüstung von etwa 162.000 Güterwagen in Deutschland werden auf 45 Mio. € geschätzt. Darüber hinaus sind weitere Investitionskosten von 20 Mio. € zur Ausrüstung von ca. 1.000 Schnittstellen notwendig, um Daten zu lesen/zu empfangen und in das System zu integrieren.</li> <li>Automatische Be- und Entladesysteme sind nur dann sinnvoll, wenn die Einsparungseffekte, schnellerer Güterwagenumlauf und Einsparung von Lohnkosten die dafür notwendigen Investitionen inkl. der Folgekosten rechtfertigen. Da diese Systeme entsprechend der logistischen Anforderungen und des Ladegutes gestaltet werden müssen, ist eine Abschätzung der Investitionskosten im Rahmen der Studie nicht möglich.</li> </ul>
Geschätzter Investitionszeitraum bis zur vollen oder teilweisen Nutzengenerierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eine Ausrüstung von Güterwagen mit einer Datenschnittstelle sollte gängige IT-Industriestandards erfüllen. Es ist eine Einigung der EVU und anderer europäischer Güterwagenvermieter erforderlich, um ein einheitliches System zu schaffen. Dies erfordert vor der Umsetzung ein mehrjähriges Abstimmungsverfahren, um einen langfristigen Standard zu schaffen. Die Umrüstung selbst ist dann wiederum innerhalb von ca. drei Jahren im Rahmen regelmäßig anfallender Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten realisierbar.</li> <li>Automatische Be- und Entladesysteme sind nur im Rahmen einer langfristigen Nutzung sinnvoll. Ein genereller Investitions- bzw. Einführungszeitraum kann deshalb nicht abgeschätzt werden.</li> </ul>
Akteur(e) die investieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>EVU und Güterwagenvermieter</li> </ul>
Akteure, die konkreten Nutzen generieren (qualitativ) und soweit möglich abschätzen (quantitativ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>EVU: Hinzugewinnen zusätzlicher Verkehre von der Straße, Kundenbindung durch Erfüllen logistischer Anforderungen der Kunden, Zeiteinsparungen durch kürzere Transportzeit bzw. häufigere Wiederbeladung</li> <li>Güterwagenvermieter: an Investitionen ausgerichteter höherer Mietpreis für diese Wagen</li> <li>Transportkunden: geringere Transportzeit, Einsparen von Lohnkosten bei der Be- und Entladung</li> </ul>
Abschätzung eines notwendigen Fördervolumens der öffentlichen Hand oder konkrete Rahmenbedingungen, die Anreize zur Umsetzung der Maßnahme setzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zuschuss zu 50 % der Investitionskosten für Güterwagen, die mit einem Datenübermittlungssystem ausgerüstet werden, maximal 22,5 Mio. € innerhalb des Umrüstzeitraumes von drei Jahren.</li> <li>Förderung der Schaffung einer einheitlichen Datenschnittstelle im europäischen Rahmen, durch die Förderung der Entwicklung und einer Pilotanwendung in Höhe von etwa 1 Mio. € um die Entwicklungsrisiken abzufedern.</li> </ul>

<sup>30</sup> Mit Stand Oktober 2015 sind zur Umrüstung bis 2020 ca. 162.000 Güterwagen von 25 Unternehmen aus Deutschland, Frankreich, Österreich, Polen, Schweden, Spanien und der Schweiz angemeldet [Bundestag Drucksache 18/6494 2015].

Maßnahmenpaket 6	Be- und Entladevorgänge beschleunigen
Erkennbare Risiken/Hauptrisiken/unerwünschte Nebeneffekte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Europäische Einigungsprozesse im Schienenverkehr gestalten sich erfahrungsgemäß schwierig. Sie benötigen Treiber und vor allem den Konsens der großen europäischen EVU, wobei die Lösung diskriminierungsfrei realisierbar sein muss.</li> <li>• Entwicklungen außerhalb des Schienengüterverkehrs im Rahmen von Logistik 4.0 oder Industrie 4.0 verzögern sich oder schaffen keine einheitlichen Industriestandards, die beim Schienengüterverkehr zugrunde gelegt werden können.</li> <li>• Automatische Be- und Entladesysteme lassen sich aufgrund hoher Kosten bzw. zu kurzer Bindungsfristen zwischen dem Kunden und dem EVU nicht realisieren.</li> </ul>

Maßnahmenpaket 7	Zugbildung beschleunigen
Zugehörige Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funkbasierte Datenübertragung (ggf. auch CAN-Bus Datenübertragung zwischen Triebfahrzeug und Güterwagen), Einsatz von RFID o.Ä., GPS-Empfänger und Sensoren zur Wagenzustands- und ggf. Ladungszustandsüberwachung,</li> <li>• Nutzung eines automatischen Kupplungssystems,</li> <li>• Energiespeicher im Wagen integrieren und ferngesteuert rangieren</li> <li>• Automatische Bremsprobe und wagentechnische Untersuchung (Zustandsüberwachung)</li> </ul>
Beschreibung der Maßnahmen (technisch)	<p>Die Gesamttransportzeit im Schienengüterverkehr wird neben der reinen Fahrzeit von Sammelzeiten und Zugbildungszeiten bestimmt. Diese sind notwendig, um gut ausgelastete Züge zu bilden und die betrieblich festgelegten wagen-technischen Untersuchungen vor Beginn einer Zugfahrt eines Güterzuges durchzuführen.</p> <p>Die Sammelzeit von Güterzügen kann zum Beispiel mittels Zulaufsteuerung verkürzt werden. Hierzu ist es eine Option, dass alle Güterwagen selbstständig und regelmäßig eine Statusmeldung (u.a. mit Daten zur Güterwagennummer, Beladezustand, Ladegut, Zielbahnhof, Überwachung sowohl der Wagenzustands- als auch der Ladezustandsparameter) abgeben, damit daraufhin mit automatischen Algorithmen eine Zulaufplanung zu Knoten (Terminals, Knoten- und Rangierbahnhöfen) bei einer maximale Zugauslastung erfolgen kann. Güterwagen müssen dafür mit einer eigenen Energiequelle, einem GPS-Empfänger, den entsprechenden Sensoren und einem System zur Datenübertragung ausgestattet werden. Da diese Daten bei der Zugbildung und der Zugauflösung benötigt werden, reichen dafür ggf. auch bereits beschreibbare Datenträger und ein Funkdatennetz, wobei keine sicherheitsrelevanten übertragen werden sollen.</p> <p>Ein solches Datenübertragungssystem kann punktuell um sicherheitsrelevante Elemente erweitert werden. Dies ermöglicht es, die Bremsproben und die regelmäßig notwendige wagen-technischen Zustandsuntersuchung direkt vom Führerstand eines Triebfahrzeuges aus in deutlich kürzerer Zeit durchzuführen. Hierfür können auch durch den gesamten Zug hindurchgehende CAN-Bus Systeme eingesetzt werden, deren Einführung aber nur sehr langfristig realisierbar wäre, da hierzu technische Erweiterungen der Wagen notwendig sind.</p> <p>Um Rangier- und Zugbildungs-/Zugauflösungsprozesse zu beschleunigen und die Gefährdung von Menschen dabei zu verringern, ist die Nutzung von automatischen Kupplungen eine anzustrebende Lösung.</p> <p>Zusätzlich kann für bestimmte Rangierprozesse ein mit eigener Energiequelle (die sich beim Fahren im Zugverband wieder auflädt) und einem Hilfsmotor ausgestattete Güterwagen sinnvoll sein. Beispielhaft seien hier regelmäßig in festen Relationen eingesetzte Güterwagen genannt, die vor oder nach einer Zugfahrt zu speziellen Be- und Entladestellen (z.B. Kesselwagen zu Tanks) rangiert werden. Diese können ohne zusätzliche Rangierlokomotive unter Aufsicht eines Rangierers dann ferngesteuert bewegt werden.</p> <p>Ferngesteuerte Rangierbewegungen können in begrenzten Bereichen Be- und Entlade- sowie Zugbildungsprozesse beschleunigen bzw. effektiver gestalten. Hier sind KV-Terminals mit hoher Leistungsfähigkeit aber auch das Rangieren von Zügen in einem Knoten- oder Rangierbahnhof zu nennen, so dass in kurzer Zeit eingehende Züge aufgelöst und neue zielreine Züge gebildet werden können. Auch hierbei wäre der Kombinierte Verkehr ein mögliches erstes Anwendungsfeld.</p>

Maßnahmenpaket 7	Zugbildung beschleunigen
Abgeleitete Investitions-erfordernisse zur Realisierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investitionen in automatische Kupplungen sollten vorzugsweise mit gemeinsamen Lok- und Zuggarnituren beginnen, deren Wagen nur untereinander gekuppelt werden. Damit ist kein freizügiger Einsatz mit anderen Wagen/Triebfahrzeugen mehr möglich. Die Investitionskosten betragen ca. 8.000 €/Güterwagen bei zwei automatischen Kupplungen[Sünderhauf 2009].</li> <li>• Triebfahrzeuge und ggf. Rangierlokomotiven werden mit einem Kupplungssystem ausgerüstet, welches beide Optionen (sowohl klassische Schraubenkupplung als auch alternativ stabilere Kupplung/Mittelpufferkupplung) zulässt; Kosten ca. 10.000 € pro Trieb-/Rangierfahrzeug</li> <li>• Datenerfassungs- und Übertragungssystem inkl. Energiequelle (ca. 3.000 €/Güterwagen und 20.000 € pro auszurüstendem Terminal, Es besteht bei dieser Schätzung eine Unsicherheit bezüglich der Energieversorgung, wenn z.B. zusätzliche Kabel zu legen sind. Wichtig ist es, ein System zu nutzen, welches keine oder nur wenige zusätzliche, ortsfeste Anlagen benötigt. Ideal wäre dafür ein System, welches nach einem Industriestandard für alle Transportträger und nach Möglichkeit international nutzbar ist. Vereinheitlichte Schnittstellen aller Güterwagen sollten auch großen Kunden oder Behörden (Zoll, Feuerwehr) Zugriff auf Daten (Lesen und Schreiben) gestatten</li> <li>• Kosten für eine beschleunigte Bremsprobe unter Einsatz eines Datenübertragungssystems (CAN-Bus) sind teurer als funkbasierte Lösungen und sollten deshalb nur in Betracht gezogen werden, wenn funkbasierte Lösungen nicht die erforderlichen Funktionen und Zuverlässigkeit gewährleisten.</li> <li>• Hilfsantriebe incl. Steuerung für das ferngesteuerte Rangieren für Güterwagen mit während der Zugfahrt aufladbarem Energiesystem verursachen Kosten von ca. 10.000 € pro Wagen und zusätzliche Wartungskosten</li> <li>• Ein ferngesteuertes Rangiersystem ist noch zu entwickeln. Hierzu sollte erst ein Pilotprojekt identifiziert werden, sodass die technische Entwicklung gleichzeitig erprobt werden kann. Eine Förderung sollte sich an bereits vorhandene Förderprojekte wie zum Beispiel aus dem Programm Schiene 2010 der Bundesregierung orientieren. Die Kosten dafür sind mit Akteuren und Entwicklern zu ermitteln.</li> </ul>
abgeschätztes Gesamtinvestitionsvolumen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ein solches Investitionsprogramm (ohne Hilfsantriebe) erfordert Kosten, die pro Güterwagen und je nach Ausrüstungsziel ca. 11.000 € betragen. Deshalb wäre die Ausrüstung aller Güterwagen ca. 150.000 Stück in Deutschland aus heutiger Sicht keine Option, zumal auch in Deutschland Güterwagen ausländischer und privater Besitzer verkehren. Der Kombinierte Verkehr, Kesselwagen und Autotransportwagen wären die ersten geeigneten Wagen, die umgerüstet werden sollten. Somit sollten in einem ersten Schritt ca. 10.000 Güterwagen umgerüstet werden, was Investitionen in Höhe von insgesamt 110 Mio. € erfordern würde.</li> <li>• Ergänzend können dieser Güterwagen mit Hilfsantrieben und einer Steuerung ausgerüstet werden, die ein ferngesteuertes Rangieren ermöglichen. Hierfür würden bei 10.000 auszurüstenden Güterwagen Gesamtinvestitionen von 100 Mio. € anfallen. Somit ergäben sich insgesamt 210 Mio. € an Investitionen. Sollten sich diese Investitionen in einen modernen Schienengüterverkehr als wirtschaftlich erweisen, können weitere Güterwagen umgerüstet werden.</li> </ul>

Maßnahmenpaket 7	Zugbildung beschleunigen
Geschätzter Investitionszeitraum bis zur vollen oder teilweisen Nutzengenerierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 Jahre wobei im Vorfeld noch Abstimmungen von Funktionalitäten und Schnittstellen sowie einhergehende Entwicklungen von Komponenten stattfinden müssen.</li> </ul>
Akteur(e) die investieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EVU und Güterwagenvermieter</li> <li>• EVU und Triebfahrzeugleasingfirmen</li> </ul>
Akteure, die konkreten Nutzen generieren (qualitativ) und soweit möglich abschätzen (quantitativ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EVU: Zeiteinsparungen durch kürzere Transportzeit bzw. häufigere Wiederbelastung</li> <li>• Güterwagenvermieter: an Investitionen ausgerichteter höherer Mietpreis für diese Wagen</li> <li>• Firmen, die Triebfahrzeuge verleasen: höhere Leasingeinnahmen an Zusatzinvestition orientiert</li> <li>• Transportkunden: schnellere Transporte und weniger Güterwagenmaterial, wenn umgerüstete Zuggarnituren ganzjährig genutzt werden können (langfristig garantierte Anzahl von Umläufen pro Jahr ist gegeben) Anmerkung: Dies ist unter Berücksichtigung konjunktureller Schwankungen die schwierigste Voraussetzung, die erforderlich ist, diese Maßnahme zu realisieren.</li> <li>• Durch eine Nutzung nur in einem begrenzten Teil der Güterwagen ist jedoch das Kosten-Nutzen-Verhältnis genauer zu untersuchen. Dabei müssen die Kosten für die technischen Komponenten validiert werden und die Güterwagen identifiziert werden, für die diese Innovationen einen messbaren Nutzen bringen. Solange nicht der gesamte Wagonpark mit neuer Technik ausgerüstet sein wird, sind vor allem Einsparungen beim Personal für die Zugbildung- und Zugauflösung (Rangierer, Wagenmeister, Stellwerksbediener, Zugfertigsteller) nicht vollständig realisierbar. Aufgrund der demographischen Entwicklung ist ein langfristiger Umstellungsprozess mit sozialverträglichen Personalveränderungen anzustreben.</li> </ul>
Abschätzung eines notwendigen Fördervolumens der öffentlichen Hand oder konkrete Rahmenbedingungen, die Anreize zur Umsetzung der Maßnahme setzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Förderung der Entwicklung einzelner technischer Komponenten, da hier hohes Risiko für Entwickler existiert, wenn Technik später nicht in großen Stückzahlen genutzt wird. Hierfür sind die wesentlichen technischen Komponenten festzulegen und mit verschiedenen europäischen Infrastrukturmanagern, Eisenbahnverkehrsunternehmen und Wagenfirmen bzw. Leasingfirmen zu vereinbaren, um eine europäisch kompatible Lösung zu realisieren. Ein Förderprogramm wie vor einer Dekade dem Programm „Schiene 2010“, welches als strategisches Ziel die Modernisierung des Schienengüterverkehrs im 21. Jahrhundert angeht, sollte dafür ausgeschrieben werden.</li> <li>• Anreiz (Sonderabschreibungen), für die Umrüstung von Güterwagen speziell in Bezug auf die automatische Kupplung und die einheitliche Datenerfassung mit Übertragungssystem. Regulation über Zulassungsprozess u.a. im Rahmen von ERTMS auch auf europäischer Ebene erforderlich, da Güterwagen europaweit im Einsatz sind, wobei eine Einigung mit Frankreich, Polen, Tschechien, Österreich, Italien, Schweden, Niederlande, Belgien und der Schweiz bereits ausreichen, um gemeinsam technische Innovationen zu implementieren.</li> <li>• Förderung des Umbaus der Güterwagen mit ca. 50%.</li> </ul>

Maßnahmenpaket 7	Zugbildung beschleunigen
<p>Erkennbare Risiken/Hauptrisiken/unerwünschte Nebeneffekte</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abstimmung der verschiedenen Akteure, die an einer Implementation beteiligt werden müssen, ist das eigentliche Risiko. Im Rahmen von Entwicklungen wie „Industrie 4.0“ oder „Logistik 4.0“ müssen solche Innovationen angestrebt werden.</li> <li>• keine Kuppelbarkeit der auf automatische Kupplung umgerüsteten Güterwagen mit anderen Güterwagen mehr gegeben.</li> <li>• mit anderen Kupplungen ausgerüstete Triebfahrzeuge und Rangierlokomotiven sind bei diesen Transporten nicht einsetzbar, sodass umgerüstete Triebfahrzeuge in die Umläufe einzubinden sind.</li> <li>• die fehlende Option zur Verbindung von umgerüsteten Wagen und nicht umgerüsteten Wagen verringert Vorteile bzw. den Nutzen erheblich.</li> <li>• positives Kosten-Nutzen-Verhältnis ist noch nachzuweisen, da eine unmittelbare höhere Zahlungsbereitschaft der Kunden für schnellere Transporte nicht bei allen Transporten/Gütern gegeben sein wird.</li> <li>• Schwankungen bei Nachfrage der Industrie zum Transport von schweren Massengütern, sodass umgerüstete Güterwagen nicht ganzjährig eingesetzt werden können (z.B. in der Stahlindustrie, im Baubereich, Energiewirtschaft (Kohleverstromung), chemische Industrie).</li> </ul>

Maßnahmenpaket 8	Von den EVU verursachte Verspätungen reduzieren
Zugehörige Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lok- und Personalübergangszeiten so planen und bemessen, dass eine hohe Pünktlichkeit bei der Bereitstellung von Traktionsleistungen vorhanden ist</li> <li>• Personal wie Wagenmeister und Rangierer so vorhalten, dass bei der Zugfertigstellung sowie der Übergabe von leeren und beladenen Wagen an die Kunden keine Verzögerungen entstehen.</li> <li>• Information der Verloader über Störungen, um die Auswirkungen von Folgeschäden zu minimieren</li> </ul>
Beschreibung der Maßnahmen (technisch)	<p>Die Maßnahme zielt darauf ab, die Zuverlässigkeit des Schienengüterverkehrs zu verbessern und so die Kundenzufriedenheit auf einem hohen Niveau zu erhalten.</p> <p>Zur Realisierung des Leistungsangebotes im Schienengüterverkehr sind anders als im Straßengüterverkehr (dort maßgeblich der Lkw-Fahrer und ggf. auch noch ein Disponent) unterschiedliche Akteure in die Realisierung der Leistungen eingebunden. Diese sind zum Beispiel Lokführer, Rangierer und Wagenmeister. Es treten wie bei allen seriellen Systemen Störungen auf, sobald ein Element in der Kette seine Leistungen nicht wie vorgesehen erbringt. Um eine pünktliche Bereitstellung der Triebfahrzeuge zu gewährleisten, sollen bei Lok- und Personalübergangszeiten Pufferzeiten vorgesehen werden. Darüber hinaus sollen die Planungen so gestaltet werden, dass Reserven bei Personal (Wagenmeister, Rangierer, Ersatzloführer) und Triebfahrzeugen so eingesetzt werden können, dass die Auswirkungen bei Störungen gering gehalten werden.</p> <p>Alle Akteure, die an der Erbringung der Leistung beteiligt sind, sollen Abweichungen von der Planung rechtzeitig kommunizieren, um ggf. Alternativen realisieren zu können. Der Kunde ist bei Bedarf zu informieren, um Folgeschäden z.B. durch Produktionsausfälle zu verhindern.</p>
Abgeleitete Investitions-erfordernisse zur Realisierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investition in Kommunikationstechnik, um festgestellte Störungen allen Beteiligten einschließlich dem Kunden zu kommunizieren und nach Alternativen zu suchen</li> <li>• Investition in Mitarbeiterkompetenzen, sodass der Ausfall einzelner durch andere kompensiert werden kann.</li> <li>• Vorhalten von technischen Reserven an wichtigen Knoten- oder wie zum Beispiel Triebfahrzeugen und Lokführern, die bei Bedarf Zugleistungen übernehmen können.</li> </ul>
abgeschätztes Gesamtinvestitionsvolumen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Vorhalten zusätzlicher Triebfahrzeuge erfordert zusätzliche Technik, deren Anzahl und Aufteilung auf wichtige Standorte sich aus Störungen in der Vergangenheit ableiten lassen. Dabei ist die Vorhaltung eines zusätzlichen Triebfahrzeuges mit jeweils ca. 3,5 Mio. € zu rechnen. Die Gesamtinvestitionen, um Reserven zu realisieren, lassen sich nur im Rahmen eines Dialoges mit den Akteuren bestimmen.</li> <li>• Die Ausrüstung mit Kommunikationstechnik ist durch Bereitstellung von Computern und Mobiltelefonen realisierbar und erfordert nur geringfügige Investitionen.</li> <li>• Die Investition in die Verbesserung der Kompetenzen der eigenen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter ist eine ständige Aufgabe eines EVU, sodass hierfür keine speziellen Investitionskosten ableitbar sind. Auch für die Vorhaltung von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern und die Sicherstellung von Reserven ist eine Steuerungsaufgabe, die keine definierbaren Investitionen zur Folge hat.</li> </ul>

Maßnahmenpaket 8	Von den EVU verursachte Verspätungen reduzieren
Geschätzter Investitionszeitraum bis zur vollen oder teilweisen Nutzengenerierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Umsetzungszeitraum bis zur Implementierung und Nutzung eines solchen Systems erfolgt basierend auf einer Vergangenheitsanalyse und der Festlegung von konkreten Maßnahmen. Die Realisierung einfacher Maßnahmen sollte dabei in wenigen Monaten möglich sein. Die Beschaffung von Triebfahrzeugen erfordert hingegen Ausschreibungen und es ist mit mehrjährigen Lieferzeiten zu rechnen.</li> </ul>
Akteur(e) die investieren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EVU sollten gemeinsam und wettbewerbsneutral sich gegenseitig im Rahmen von Dienstleistungsverträgen unterstützen und so eine Win-Win-Situation schaffen, die Störungen zeitnah beseitigen hilft, damit nicht jedes EVU für alle seine Leistungen Reserven vorhalten muss.</li> </ul>
Akteure, die konkreten Nutzen generieren (qualitativ) und soweit möglich abschätzen (quantitativ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EVU: Erhöhung der Kundenzufriedenheit</li> <li>• Infrastrukturmanager: höhere Zuverlässigkeit durch weniger auf den Zugbetrieb wirksame Störungen</li> <li>• Transportkunden: höhere Sicherheit, dass Transportleistungen wie vereinbart erbracht werden und bei ihnen somit keine Folgekosten entstehen</li> </ul>
Abschätzung eines notwendigen Fördervolumens der öffentlichen Hand oder konkrete Rahmenbedingungen, die Anreize zur Umsetzung der Maßnahme setzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investitionen zur Verbesserung der Zuverlässigkeit sollten nur dann gefördert werden, wenn diese diskriminierungsfrei, allen auf dem deutschen Schienennetz agierenden EVU zur Verfügung stehen. Hierbei kann die öffentliche Hand zum Beispiel mit einem Fördervolumen von 20 Mio. € für konkrete Maßnahmen der EVU eine Initiative einleiten, um Maßnahmen zu fördern, die Investitionen bezuschussen und bezüglich ihrer Wirksamkeit evaluiert werden können.</li> </ul>
Erkennbare Risiken/Hauptrisiken/u unerwünschte Nebeneffekte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wettbewerb der EVU untereinander führt dazu, dass eine Zusammenarbeit nicht gewünscht wird</li> <li>• Große EVU halten bereits Reserven im System vor, denen sie kleinen EVU nicht zur Verfügung stellen wollen.</li> </ul>