

Weissbuch Innovativer Eisenbahngüterwagen 2030



Die Zukunftsinitiative „5 L“
als Grundlage für
Wachstum im
Schienengüterverkehr

TU Dresden

Professur für
Bahnverkehr,
öffentlicher Stadt- und
Regionalverkehr

TU Berlin

Fachgebiet
Schienenfahrzeuge

September 2012

PDF-Version

Weissbuch Innovativer Eisenbahngüterwagen 2030

Die Zukunftsinitiative „5 L“

als Grundlage für Wachstum im Schienengüterverkehr

Erstellt und moderiert durch:



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Rainer König



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Hecht

Unter Anregung und Begleitung von:



Manfred Redeker



Dr.-Ing. Miroslav Obrenovic
Eckart Fricke



Jürgen Mues
Markus Häusermann



The Chemical Company

Dr.-Ing. Bernhard Heyder



Jürgen Hüllen



Dipl.-Ing. Dr. Stefan Haas
Dr. rer. nat. Manfred Walter



Member of the VTG Group

Gerhard-Holger Runkel
Michael Theis



DB Waggonbau Niesky GmbH

Andreas Helm
Michael Otto

Mit Unterstützung durch:



Matthias Schmidt
Sören Kuschke



Gerrit Lehmann

1. Auflage, Dresden, September 2012

Technischer Innovationskreis Schienengüterverkehr

Druck:

addprint AG, Dresden-Bannewitz

Herausgeber:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Rainer König

Technische Universität Dresden

01069 Dresden

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Markus Hecht

Technische Universität Berlin

10587 Berlin

Lektorat: Christina Eberlein

ISBN 978-3-00-039376-1

Vorwort

Dieses Weissbuch versteht sich als eine Sammlung von Vorschlägen für die abgestimmte Umsetzung der Initiative „Innovativer Eisenbahngüterwagen 2030“. Es steht für eine klare Strategie zur Weiterentwicklung einer der wichtigsten Ressourcen des Schienengüterverkehrs: des Eisenbahngüterwagens. Dieser fand in den vergangenen Jahrzehnten im Schienengüterverkehrsmarkt und bei der Bahnindustrie weder für die Nutzung moderner Technologien noch bei der besseren Integration in die Logistikketten eine hinreichende Beachtung.

Im Technischen Innovationskreis Schienengüterverkehr (TIS) aus Vertretern der Waggonbauindustrie, Zulieferindustrie, Kunden und Verladern, Wagenhaltern, Eisenbahnverkehrsunternehmen sowie aus der Wissenschaft wurden tragfähige Vorschläge erarbeitet, wie Eisenbahngüterwagen weiterentwickelt sowie neue Eigenschaften und Technologien stufenweise bis 2030 eingeführt werden.

Die Vorschläge haben den Neubau im Fokus, sind aber auch partiell für einen Umbau verwendbar, wenn dieser ökonomisch und ökologisch sinnvoll ist.

Der innovative Eisenbahngüterwagen 2030 bietet erhebliche Potenziale für Wachstum, Effizienz und Nachhaltigkeit des Schienengüterverkehrs durch intelligentes Ressourcenmanagement in den Logistikketten. Damit richtet sich das Weissbuch auch an Politik und Regulierungsbehörden, die Umsetzung von Maßnahmen zu unterstützen.

Isolierte Verbesserungen einzelner Komponenten des Eisenbahngüterwagens lassen keine entscheidenden Wachstums- und Wettbewerbsvorteile bei der strategisch wichtigen Einbindung in moderne und globale Logistikketten erwarten. Der Weg zu mehr Wachstum und Wirtschaftlichkeit sowie zur Erfüllung von Umweltzielen des Schienengüterverkehrs führt über die gleichzeitige Integration mehrerer Verbesserungen zu einem Gesamtkonzept eines innovativen Eisenbahngüterwagens. Dieser ist zugleich der entscheidende Ansatz, um wirksam und öffentlich wahrnehmbar die Lärmbelastung zu senken, die gesellschaftliche Akzeptanz des Schienengüterverkehrs aufrechtzuerhalten und so möglichen Betriebseinschränkungen entgegenzuwirken. Die von der Politik geförderte Vernetzung der Verkehrsträger für eine moderne Logistik und die effiziente Ausnutzung bereits vorhandener Infrastrukturen erhalten damit Vorschub und Unterstützung.

Der innovative Eisenbahngüterwagen 2030 ist in der Lage, die Stärken des Schienengüterverkehrs besser zur Geltung zu bringen. Dazu ist am zielorientierten Zusammenwirken von Akteuren, Unterstützern, Regulierungsbehörden, Wissenschaft und Politik weiter zu arbeiten und auf diesem Wege die Umsetzung konkreter, aufeinander abgestimmter Maßnahmen ab dem Jahr 2014 zu ebnet und einzuleiten.

Die Grundlagen für einen zeitnahen Start sind mit den vorhandenen Technologien und Baugruppen sowohl national als auch auf europäischer Ebene möglich. Weiterentwicklungen und begleitende Forschung können und müssen im Verlauf eines Stufenprozesses systematisch eingeflochten werden. Basis für ein gemeinsames Agieren der Hauptakteure ist ein unternehmens- und bereichsübergreifendes Verständnis für ein beschleunigtes, zielorientiertes Vorgehen in sechs Stufen bis zum Jahr 2030.

Inhaltsübersicht

Zusammenfassung	6
1 Herausforderungen der Zukunft an den Schienengüterverkehr	10
1.1 Wachstum und Veränderung des Güterverkehrsmarktes	11
1.2 Beitrag zu einem nachhaltigen Gütermobilitätskonzept	15
1.3 Intelligentes Ressourcenmanagement	18
2 Der Eisenbahngüterwagen als Kernelement des modernen Schienengüterverkehrs	23
2.1 Neue Effekte erreichen und Wachstumspotenziale fördern	24
2.2 Eisenbahngüterwagen im Mittelpunkt von Innovationen	25
2.3 Unerwünschte Verkehrsfolgen konsequent überwinden	28
3 Die Zukunftsinitiative „5 L“ als Grundlage für neues Wachstum im Schienengüterverkehr	30
3.1 Zweck und Ziel der Zukunftsinitiative „5 L“	31
3.2 Der Wachstumsfaktor „Leise“	33
3.3 Der Wachstumsfaktor „Leicht“	34
3.4 Der Wachstumsfaktor „Laufstark“	38
3.5 Der Wachstumsfaktor „Logistikfähig“	42
3.6 Der Wachstumsfaktor „LifeCycleCost-orientiert“	45
4 Die Zukunftsinitiative „5 L“ als kooperative Wachstumsinitiative ..	48
4.1 Systematische Erschließung aller Wachstumsfaktoren	49
4.2 Kooperation der Partner	52
4.3 Migrationsansatz – Schritte zur Umsetzung	53
4.4 Unterstützungsbedarf für die Zukunftsinitiative „5 L“	57
Literaturverzeichnis	59



Zusammenfassung

Schienengüterverkehr ist eine Systemdienstleistung. Für seine Attraktivität und sein Leistungsvermögen tragen eine Vielzahl von Akteuren, Beteiligten und Dienstleistern eine hohe Verantwortung. Einerseits sind die Vorteile des Schienengüterverkehrs – wie sehr hohe Flächen- und Energieeffizienz, geringe Treibhausgasemissionen – aus gesellschaftlicher Perspektive bekannt, andererseits ist der Marktanteil des Verkehrsträgers Schiene am Güterverkehr sowie seine Wirtschaftlichkeit weiterhin klein.

Die effizienzsteigernde **Weiterentwicklung** einer der wichtigsten und zentralen Ressource des Schienengüterverkehrs – **des Eisenbahngüterwagens** – ist das Anliegen dieses Weissbuches. Es fasst maßgebliche Überlegungen und realisierbare Lösungsansätze zum Thema des innovativen Eisenbahngüterwagens 2030 als Wachstumsmotor des Schienengüterverkehrs in der EU, einschließlich der Schweiz, zusammen.

Die Kernidee des innovativen Eisenbahngüterwagens 2030 zielt auf ein **technisch-betriebliches Gesamtkonzept** für Konstruktion und Einsatz hin. Dazu sind Gestaltungsräume bis zu einem effizienten und konzertierten Innovationsprozess neu zu eröffnen, die national und international Bestand haben. Ein unternehmens- und branchenübergreifendes Team aus Vertretern wachstumsorientierter Eisenbahnverkehrsunternehmen, Kunden und Verladern, Wagenhaltern (wie z.B. Waggonvermietgesellschaften oder Bahnen) sowie von Waggonbau- und Zulieferindustrie hat diesen Ansatz unter wissenschaftlicher Begleitung über 2 Jahre systematisch diskutiert und zur Reife gebracht.

Der schrittweise Übergang zum innovativen Eisenbahngüterwagen 2030 wird durch die zielorientierte Einführung von Technologien und Baugruppen ermöglicht, die zu einem großen Anteil vorhanden sind oder sich bereits in einem fortgeschrittenen Erprobungsstadium befinden. Ihre Auswahl und Einbindung sind konsequent auf die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit und des Wachstums durch Wirtschaftlichkeit, Kundennutzen und, stärker denn je, auf Umwelt- und Ressourcenschonung ausgerichtet. Der innovative Eisenbahngüterwagen erschließt neue, bisher nicht oder nur bei speziellen Verkehren genutzte technische Möglichkeiten, die unmittelbar zu hohem betrieblichem und logistischem Nutzen führen sowie nachhaltig die Akzeptanz des Schienengüterverkehrs durch die Bevölkerung verbessern. Dieser Ansatz beinhaltet insbesondere eine Verkürzung von Transportzeiten, die Steigerung der Anzahl von produktiven Umläufen der Güterwagen, die Verbesserung bei der Ausnutzung ihrer Größenvorteile, eine Erhöhung der Tragfähigkeit, die Aktualität und Qualität der verfügbaren Transport- und Ladungszustandsinformationen, eine entscheidende Verringerung ihrer Lärmemission sowie die Senkung der Lebenszykluskosten. Durch die Ausschöpfung der technisch-betrieblichen Möglichkeiten wachsen zugleich der Ausnutzungsgrad der vorhandenen Schieneninfrastruktur und insgesamt die Attraktivität des Eisenbahngüterwagens sowohl für seine Kunden und Betreiber als auch für Politik und Gesellschaft.



Der innovative Eisenbahngüterwagen 2030 als ein zentrales Element des Schienengüterverkehrs benötigt Unterstützung und Förderung durch alle interessierten Kreise. Die partielle Verbesserung der bisher eingesetzten konventionellen Eisenbahngüterwagen lässt keine entscheidenden Wachstumsbeiträge mehr erwarten. Ein Hauptweg zu mehr Wachstum sowie Umwelt- und Ressourcenschonung führt über den innovativen Eisenbahngüterwagen. Bisherige Grenzen bei Konstruktion, Integration neuer oder vorhandener Baugruppen und beim Güterwageneinsatz müssen überschritten werden. Finanzielle Mittel sind wachstums- und nachhaltigkeitsorientiert bereitzustellen und zu konzentrieren. Zusätzliche Effekte für Technik, Betrieb und Umwelt können durch begleitende Forschungs- und Schwerpunktaktivitäten erreicht werden.

Für die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit des Schienengüterverkehrs sowie für sein erfolgreiches und nachhaltiges Wachstum eröffnet die

Zukunftsinitiative „5 L“

auf Basis des innovativen Eisenbahngüterwagens 2030 erforderliche Handlungsräume.

Die Zukunftsinitiative „5 L“ bildet den Rahmen für **fünf Wachstumsfaktoren**, die für den erfolgreichen Einsatz des innovativen Eisenbahngüterwagens identifiziert worden sind:

Leise – Leicht – Laufstark – Logistikfähig – LifeCycleCost-orientiert.

Die technischen und betrieblichen Lösungen, die hinter den Wachstumsfaktoren stehen und deren Effekte sichern, sind keine Utopien. Verfügbare Komponenten und Baugruppen müssen neu und umfassend kombiniert, funktions- und zielorientiert ergänzt werden. Gleichzeitig wird die Attraktivität der europäischen Waggonbauindustrie auf globalen Märkten gestärkt.

Setzt man das klare Wachstumsziel, mit dem Einsatz des innovativen Eisenbahngüterwagens den modalen Anteil des Schienengüterverkehrs im Jahr 2030 in der EU 27 auf 25 % zu erhöhen, dann werden in Bezug auf die bisher prognostizierte Verkehrsleistung insgesamt 286 Mrd. tkm zusätzlich auf der Schiene erbracht. Damit leisten diese Länder einen gewünschten und erwarteten substanziellen Beitrag zur Entkopplung von Wirtschaftswachstum und CO₂-Emissionen. Darüber hinaus erhöhen die Aktivitäten der Schweiz diesen Effekt, die insbesondere beim alpenquerenden Transit Maßnahmen zur weiteren Steigerung des Anteils der Schiene am Modal Split unterstützen. Andererseits wird dieses Wachstum in allen Ländern nur unter der Prämisse einer verbesserten Wirtschaftlichkeit des Schienengüterverkehrs erreichbar sein, so dass der innovative Güterwagen insbesondere auch diese Zielsetzung fokussiert.

Effizienz und zielgerichtete Wirkung von zukünftigen öffentlichen Förderprogrammen und Anschubfinanzierungen werden durch den gebildeten Interessenverbund von Eisenbahnverkehrsunternehmen, Verladern, Waggonvermietgesellschaften und Waggonbau- sowie Zulieferindustrie maßgeblich erhöht. In enger Abstimmung mit den Sektorverbänden der Branche und den Behörden können sich Fördermittelgeber und

Politik auf klare Strategien stützen. Das trägt dazu bei, dass der innovative Eisenbahngüterwagen länderübergreifend in der EU, einschließlich Schweiz, eine reale Chance auf Einführung in die Praxis erhält.

Für den Praxiseinsatz des innovativen Eisenbahngüterwagens 2030 sind zwei Strategien miteinander zu verknüpfen: erstens der Neubau innovativer Eisenbahngüterwagen und zweitens der Umbau vorhandener Wagen. Erfolgsvoraussetzung ist schnelles, abgestimmtes Handeln im Zeitraum von 2014 bis 2030. Ein Andauern der flottenweiten Umrüstung von Waggons darüber hinaus schmälert nicht nur die Realisierungs- und Wachstumsaussichten des innovativen Eisenbahngüterwagens, sondern würde den erreichten Konsens bereits in seiner frühen Phase empfindlich hemmen.

Eine zeitnahe Verfügbarkeit adäquater Initiativmittel sorgt für den erforderlichen Vorlauf bei der Waggonbauindustrie. Dieser Vorsprung ist wichtig und unmittelbar erforderlich, um **beginnend mit dem Jahr 2014 ein abgestimmtes, in sich harmonisiertes Stufenprogramm** für die Herstellung und Markteinführung des innovativen Eisenbahngüterwagens bei deutschen und europäischen Bahnen sowie relevanten Dienstleistern umzusetzen.

Gegenüber der heutigen Situation wird der durchgängige und länderübergreifende Einsatz des innovativen Eisenbahngüterwagens auch weitere positive Effekte hervorbringen, die das Gesamtsystem des Schienengüterverkehrs modernisieren und wettbewerbsfähiger gestalten. Dazu gehören insbesondere Effizienzsteigerungen durch Standardisierungen, Prozessoptimierungen, Lärmreduzierung und Vereinfachungen in der Bahnproduktion sowie an ihren Schnittstellen.

Mit dem „Weissbuch Innovativer Eisenbahngüterwagen 2030“ und der vorgeschlagenen Zukunftsinitiative „5 L“ liegen fundierte und vorabgestimmte Überlegungen und Strategien vor. Ihre **Umsetzung bis zum Jahr 2030 wird mit Nachdruck empfohlen**. Der Erfolg des innovativen Eisenbahngüterwagens ist die Basis für ein massives Wachstum des Schienengüterverkehrs und bildet bei seiner Realisierung den Garant für eine zukunftsfähige, umweltfreundliche und nachhaltige Gütermobilität auf der Schiene.

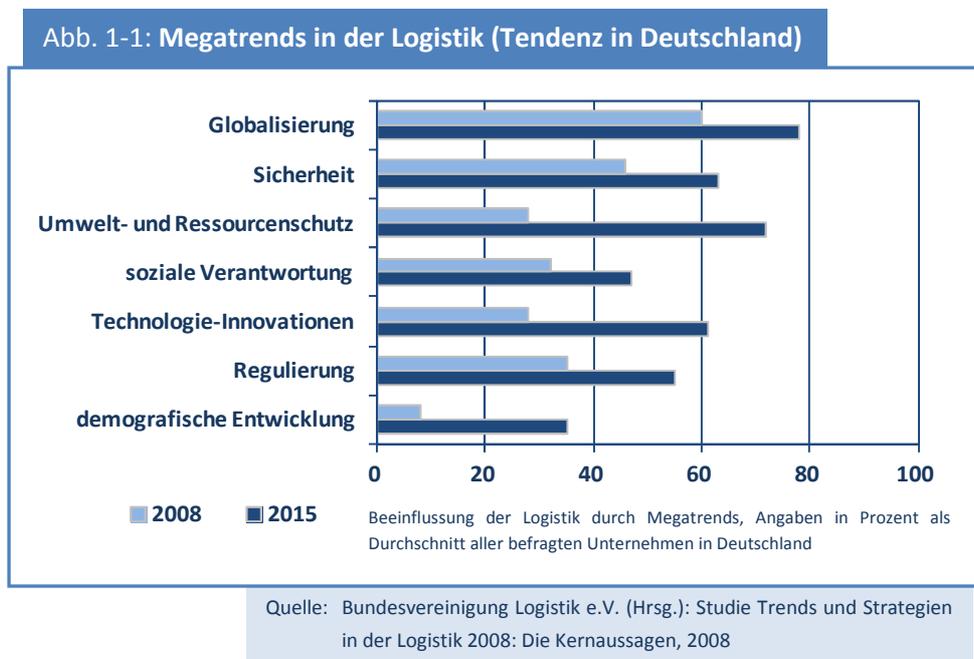


1

Herausforderungen der Zukunft an den Schienengüterverkehr

1.1 Wachstum und Veränderung des Güterverkehrsmarktes

Der Güterverkehrsmarkt insgesamt steht in direkter Abhängigkeit zur gesamtwirtschaftlichen Entwicklung. Nach den Einbrüchen durch die Wirtschaftskrise 2008 hat sich die europäische Wirtschaft bis zum Jahr 2011 zunehmend erholt. Ungeachtet schwer abschätzbarer konjunktureller, wirtschaftlicher Zyklen ist in den nächsten Jahren mit einer Zunahme der Transportnachfrage zu rechnen. Durch die fortschreitende Entwicklung der Fertigungstechniken – vor allem im produzierenden Gewerbe – steigen zudem die Anforderungen der Güterverkehrskunden an die Logistikfähigkeit des Verkehrsträgers. Wissenschaftlich fundierte Aussagen, die als Zusammenfassung gleichgerichteter Entwicklungen die Herausforderung zukünftiger Transport- und Dienstleistungen des Güterverkehrs beschreiben, definieren folgende Megatrends der Logistik in Deutschland (Abb. 1-1):

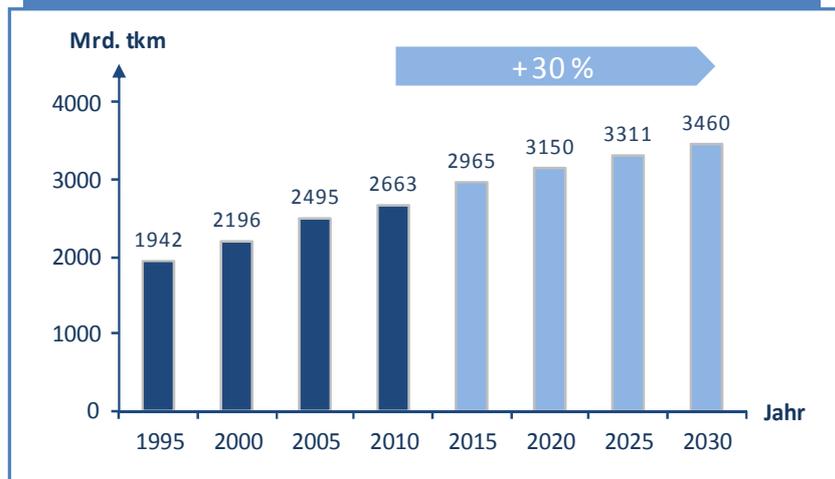


Besonders die Globalisierung, gekennzeichnet durch die weltweite Verflechtung der Produktion und damit einhergehende Vernetzung der Wirtschaftsverkehre, stellt Logistiker und Transporteure vor die Herausforderung, **internationale Transporte** über Landesgrenzen hinweg kundengerecht anzubieten und zu erbringen.

Durch die steigende nationale und internationale Arbeitsteilung müssen zukünftig mehr Güter zwischen den Produktionsstätten über weite Strecken transportiert werden.¹ Dieser **Gütermengeneffekt** bewirkt insbesondere einen Anstieg der Verkehrsleistung in den kommenden Jahrzehnten, wie Abb. 1-2 beispielhaft verdeutlicht.

¹ Vgl. Fraunhofer IIS: Wirtschaftliche Rahmenbedingungen des Güterverkehrs – Studie zum Vergleich der Verkehrsträger im Rahmen der Logistikprozesse in Deutschland. Studie, Nürnberg: Fraunhofer IRB Verlag, 2008, S. 14

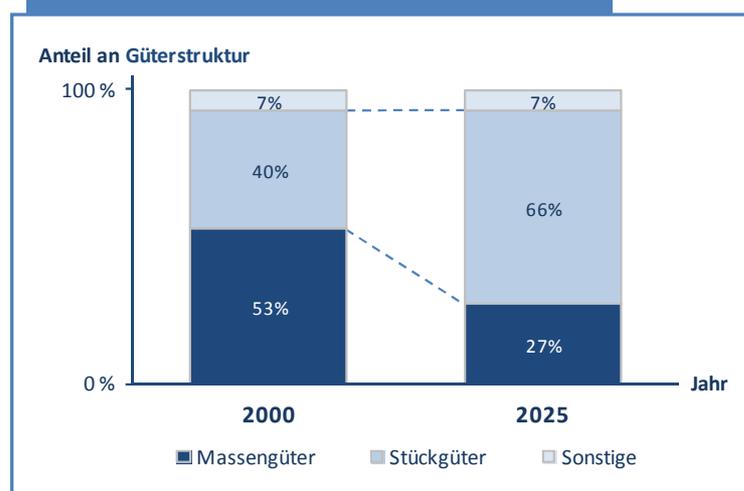
Abb. 1-2: Entwicklung der Güterverkehrsleistung in der EU 27



Quelle: Europäische Kommission/DG TREN: EU energy trends to 2030 – Update 2009, 2010 (Baseline Szenario)

Infolge der Ausrichtung auf globale Märkte kommt es zu einer stärker werdenden Nachfrage nach einer Individualisierung von Produkten und Wertsteigerung von Sachgütern durch das Hinzufügen von Dienstleistungen. Auf wirtschaftlicher Seite verursacht dies den sogenannten **Güterstruktureffekt**: die Veränderung der Art und Zusammensetzung der transportierten Güter von schwergewichtigen, bahn-affinen Massengütern, wie z. B. Kohle und Erzen, hin zu hochwertigen, in geringen Sendungsgrößen anfallenden und eher leichten Gütern mit entsprechend hohen Ansprüchen an die Transportqualität (Abb. 1-3).²

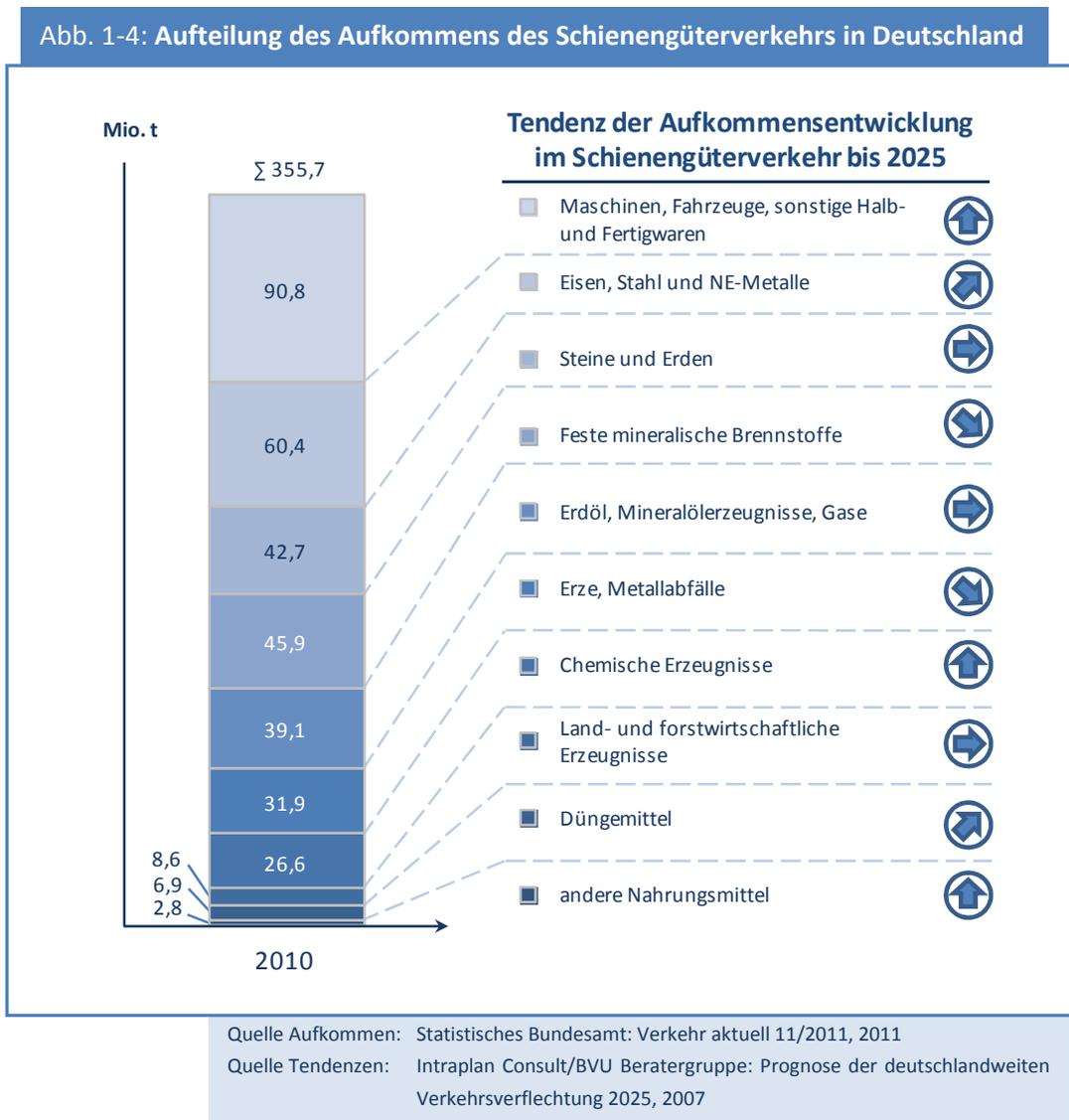
Abb. 1-3: Güterstruktureffekt in Deutschland



Quelle: Institut für Mobilitätsforschung: Zukunft der Mobilität – Szenarien für das Jahr 2025 – erste Fortschreibung, 2005

² Vgl. Fraunhofer IIS: Wirtschaftliche Rahmenbedingungen des Güterverkehrs – Studie zum Vergleich der Verkehrsträger im Rahmen der Logistikprozesse in Deutschland. Studie, Nürnberg: Fraunhofer IRB Verlag, 2008, S. 14

Der Verkehrsträger Schiene ist von diesem Effekt besonders betroffen, da vor allem Branchen, für die hauptsächlich Massengüter transportiert werden, seine bisherigen Kunden sind. Deren Aufkommen wird sich in den kommenden Jahren teilweise sogar rückläufig entwickeln (Abb. 1-4).



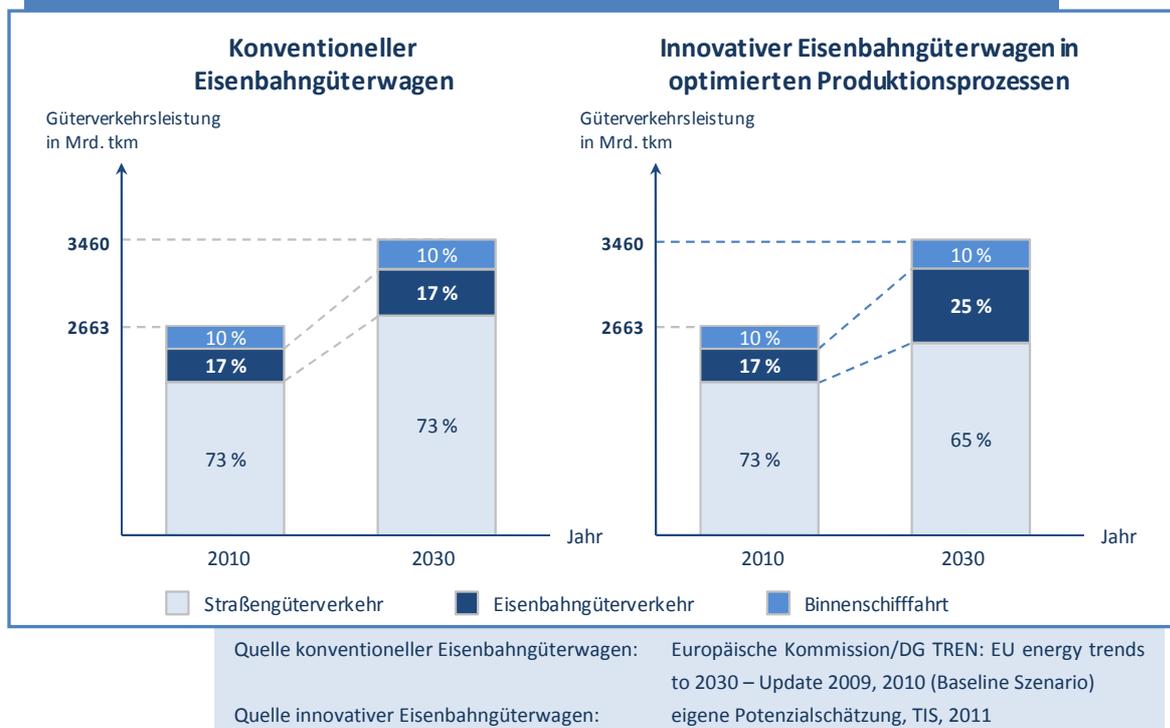
Neben der Veränderung der internationalen Standortverflechtungen sind mit der Globalisierung und den gewachsenen Möglichkeiten der Automatisierung und Informationsverarbeitung auch neue Produktions- und Logistikkonzepte in einer permanenten Weiterentwicklung – Güter- und Informationsflüsse werden weltweit optimiert. Man spricht vom **Logistikeffekt**, der zudem durch die Zunahme zeitkritischer Transporte begünstigt wird.³

³ Vgl. Fraunhofer IIS: Wirtschaftliche Rahmenbedingungen des Güterverkehrs – Studie zum Vergleich der Verkehrsträger im Rahmen der Logistikprozesse in Deutschland. Studie, Nürnberg: Fraunhofer IRB Verlag, 2008, S. 14

Die Verkehrsträger stellen sich diesen Megatrends. Zugleich müssen sie dabei zunehmend mehr Daten als bisher elektronisch verarbeiten und ihre Informationstechnologie an die Kundenansprüche anpassen.

Die genannten Effekte haben Auswirkungen auf die Verteilung der Transportmengen zwischen den einzelnen Verkehrsträgern, den sogenannten Modal Split. Der beschriebene Anstieg der Güterverkehrsleistung in den nächsten Jahren wird ohne eine effizienzsteigernde Weiterentwicklung des Systems Schienengüterverkehr in erster Linie auf anderen Verkehrsträgern, insbesondere der Straße, realisiert werden – sowohl national als auch international (vgl. Abb. 1-5). Eine Veränderung des Modal Split bis zum Jahr 2030 soll u.a. durch Innovationen beim Eisenbahngüterwagen angestoßen werden. Mit den damit verbundenen Technologieverbesserungen im europäischen Normalspurnetz steigen Attraktivität und Effizienz des Schienengüterverkehrs für die Logistikketten.

Abb. 1-5: Entwicklung ausgewählter Anteile des Modal Split in der EU 27 bis 2030



Ohne eine Verschiebung des Modal Split zugunsten der Schiene widerspricht das Wachstum der Verkehrsleistung den ambitionierten Zielen der nationalen und europäischen Politik im Hinblick auf Umwelt- und Klimaschutz. Eine Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit des Schienengüterverkehrs erfordert

- eine schnelle und breite Steigerung der Attraktivität, der wirtschaftlichen Effizienz und Leistungsfähigkeit des Schienengüterverkehrs,
- eine Anpassung an die Bedürfnisse der Logistikketten und
- Vorteile für Umwelt und Klima sowie die Verringerung schädlicher Emissionen.

Setzt man das klare Wachstumsziel, mit dem Einsatz des innovativen Eisenbahngüterwagens den modalen Anteil des Schienengüterverkehrs im Jahr 2030 in der EU 27 auf 25 % zu erhöhen, dann werden in Bezug auf die bisher prognostizierte Verkehrsleistung insgesamt 286 Mrd. tkm zusätzlich auf der Schiene erbracht. Davon entfallen auf Deutschland mehr als 22 Mrd. tkm.⁴ Damit leisten diese Länder einen gewünschten und erwarteten substanziellen Beitrag zur Entkopplung von Wirtschaftswachstum und CO₂-Emissionen. Darüber hinaus erhöhen die Aktivitäten der Schweiz diesen Effekt, die insbesondere beim alpenquerenden Transit Maßnahmen zur weiteren Steigerung des Anteils der Schiene am Modal Split unterstützen. Andererseits wird dieses Wachstum in allen Ländern nur unter der Prämisse einer verbesserten Wirtschaftlichkeit des Schienengüterverkehrs erreichbar sein, so dass der innovative Güterwagen insbesondere auch diese Zielsetzung fokussiert.

Um dies zu erreichen, bedarf es neben Innovationen und wirksamen Maßnahmen bei allen Akteuren und Elementen des Schienengüterverkehrs gezielter und unterstützender Aktivitäten zu seiner Förderung. Das betrifft insbesondere die Forcierung bei der Modernisierung seiner technischen Komponenten und ihrer Nutzung. Der Schwerpunkt des Einsatzes der Fördermittel ist dabei zielorientiert auf die effizienzsteigernde und nachhaltige Weiterentwicklung des Eisenbahngüterwagens zu lenken. Der Eisenbahngüterwagen ist gegenwärtig und in naher Zukunft eine der wichtigsten Ressourcen des Schienengüterverkehrs.

1.2 Beitrag zu einem nachhaltigen Gütermobilitätskonzept

Ausgehend von den prognostizierten Trends auf dem Güterverkehrsmarkt wird es immer wichtiger, Transport und Logistik unter Berücksichtigung und Zusammenführung der ökonomischen, ökologischen und sozialen Erfordernisse an einem langfristigen Gütermobilitätskonzept auszurichten. Von der EU-Kommission ist die nachhaltige Mobilität (Sustainable Mobility) als Leitbild der gemeinsamen Verkehrspolitik zu Grunde gelegt worden.⁵ Diese Orientierung beruht vor allem auf dem Gedanken der Ressourcenschonung im Interesse der Menschen, ohne deren Mobilitätsbedürfnisse in Zukunft wesentlich zu beeinträchtigen. Die konzeptionellen Ansätze tragen noch eine Reihe von Unwägbarkeiten in sich, so dass ihre durchgängige Umsetzung auch heute noch der

⁴ Vgl. Europäische Kommission/DG TREN: EU energy trends to 2030 – Update 2009. Studie, Luxembourg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2010, S. 67 & S. 87, jeweils Baseline Szenario

⁵ Vgl. Europäische Kommission: Weissbuch – Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum – Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem. Weissbuch, Brüssel: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2011, S. 3 f.



Klärung zahlreicher Einzelfragen, der Entwicklung von ordnungspolitischen Instrumenten sowie zugehörigen Randbedingungen bedarf.

Zur Integration aller Säulen der Nachhaltigkeit in einem adäquaten Gütermobilitätskonzept ist ein wirksamer Beitrag des Schienengüterverkehrs von großem Interesse. Heute entstehen in der EU rund 20 % der gesamten CO₂-Emissionen im Verkehrssektor. Ein Drittel davon wird allein im Straßengüterverkehr emittiert. Mehr als 70 % des Gesamtverkehrs sind von der Verfügbarkeit von Mineralölerzeugnissen abhängig.⁶ Der Schienengüterverkehr kann diese ökologische Bilanz und Situation wesentlich mit verbessern. Bereits heute sind die Weichen gestellt, auf seinen elektrifizierten Streckenabschnitten zunehmend den Traktionsstrom aus regenerativen Energiequellen zu gewinnen.⁷ Das Ziel der Europäischen Kommission ist die Verringerung der CO₂-Emissionen im Verkehrssektor bis 2030 um 20 % (in Bezug auf 2008) und bis 2050 um 60 % (in Bezug auf 1990) sowie die deutliche Senkung des Energieverbrauchs.⁸ Auch bei einer weiteren Verbesserung der Umweltbilanz des Straßengüterverkehrs ist ein überproportionaler Anteil des Verkehrsträgers Schiene am Wachstum der Verkehrsleistung unverzichtbar.

An der Schnittstelle zwischen ökologischer und sozialer Säule der Nachhaltigkeit werden diese Ziele und Möglichkeiten durch Forderungen ergänzt, die Gütermobilität

- leiser,
- sauberer,
- mit weniger Flächenverbrauch und unter
- besseren Arbeitsbedingungen⁹

umzusetzen. Für den Schienengüterverkehr einschließlich des Einsatzes seiner Güterwagen ist hierbei der Faktor „Leise“ in Europa zukunftsentscheidend. Relevante Innovationen sind daran zu messen, welchen Beitrag sie für die Lösung dieser Herausforderung liefern. Es ist zudem evident, dass der Transport von Gütern in den Logistikketten dem Austausch und der Versorgung der Gesellschaft mit Waren dient. Der Güterverkehr ist somit aus sozialer Sicht eine tragende Säule bei der Sicherung der Lebensqualität.

⁶ Vgl. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Masterplan Güterverkehr und Logistik. Bericht, Berlin: Selbstverlag 2008, S. 12

⁷ Vgl. Deutsche Bahn AG: Die Umweltstrategie der Deutschen Bahn AG. Präsentation, Cottbus: Selbstverlag, 2009

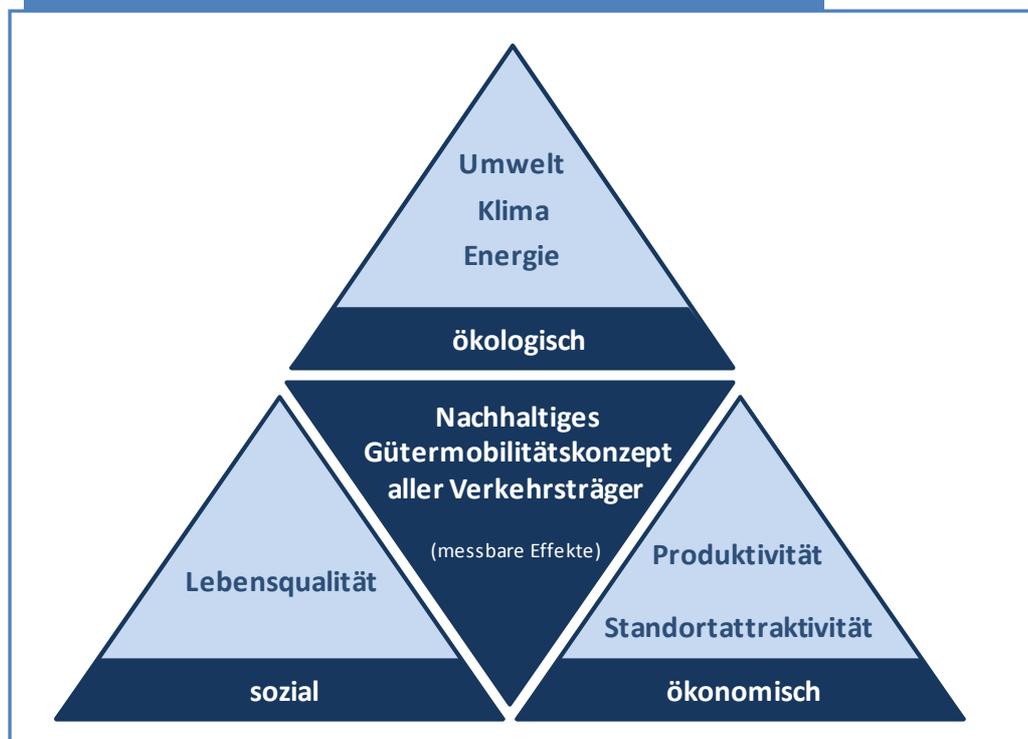
⁸ Vgl. Europäische Kommission: Weissbuch – Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum – Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem. Weissbuch, Brüssel: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2011, S. 3

⁹ Vgl. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Masterplan Güterverkehr und Logistik. Bericht, Berlin: Selbstverlag 2008, S. 6 ff.

Für den ökonomischen Nachhaltigkeitseffekt der Gütermobilität nimmt die Verbesserung der Leistungsfähigkeit in den Transport- und Logistikketten durch einen modernen Fahrzeugpark eine primäre Position ein. Im Leitbild der EU kommt dem Neubau von Fahrzeugen eine gleichwertig hohe Stellung zu, genauso wie den neu zu schaffenden Infrastrukturen. Beide Komponenten bilden wichtige Ressourcen zur Verbesserung der Attraktivität der Standorte und ihrer Logistikfähigkeit.¹⁰ Für den Schienengüterverkehr wird deshalb der Eisenbahngüterwagen zu einer zentralen und erfolgsentscheidenden Ressource im Hinblick auf die ökonomische Nachhaltigkeit. Er ist das Bindeglied zwischen dem Transport auf der Schiene und der zugehörigen Logistik.

Nachhaltige Gütermobilität, ökologisch, sozial und ökonomisch, fordert den Schienengüterverkehr und seine Ressourcen zu Antworten heraus, mit innovativen Konzepten und Lösungen alle Säulen der Nachhaltigkeit zu stärken (vgl. Abb. 1-6).

Abb. 1-6: Elemente des nachhaltigen Gütermobilitätskonzepts



Quelle: eigene Darstellung, TIS, 2011

Neben den Beiträgen der einzelnen Verkehrsträger zu nachhaltigen Gütermobilitätslösungen können messbare Effekte sowohl durch ihre Vernetzung untereinander als auch durch die Einbindung in die Logistikketten erreicht werden. Für eine ausgewogene Erfüllung ökonomischer, ökologischer und sozialer Zielsetzungen werden mit Vernetzung

¹⁰ Vgl. Europäische Kommission: Weissbuch – Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum – Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem. Weissbuch, Brüssel: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2011, S. 4

der Güterströme nachhaltige Fortschritte in neuer Größenordnung erwartet.¹¹ Voraussetzung für die Erschließung der Effekte und Potenziale ist ein Ineinandergreifen der Lösungen und Maßnahmen bei der Ressourcennutzung. Für eine nachhaltige Gütermobilität wird somit ein intelligentes Ressourcenmanagement zu einem entscheidenden Nachhaltigkeits- als auch Wettbewerbsfaktor.¹²

1.3 Intelligentes Ressourcenmanagement

Wichtige Ressourcen an der Nahtstelle von Schienengüterverkehr und Kunden sind der Eisenbahngüterwagen und die zugehörige Traktion, die verfügbare Infrastruktur, vorhandene Be- und Entladetechnik, Prozessinformationen, das Produktionskonzept sowie Personal.

Die Logistikressource Eisenbahngüterwagen wird durch viele verschiedene Beteiligte, die im Wesentlichen sechs Gruppen zugeordnet werden können, direkt oder indirekt beeinflusst:

- Kunden (wie Bahnspediteure, Operateure)/Verlader
- Wagenhalter/ECM¹³ (Waggonvermietgesellschaften, Bahnen, u.a.)
- Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU)
- Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU)
- Bahnindustrie
(Waggonbauindustrie/Komponentenhersteller/Instandhaltungswerke)
- Politik/Regulierungsbehörden

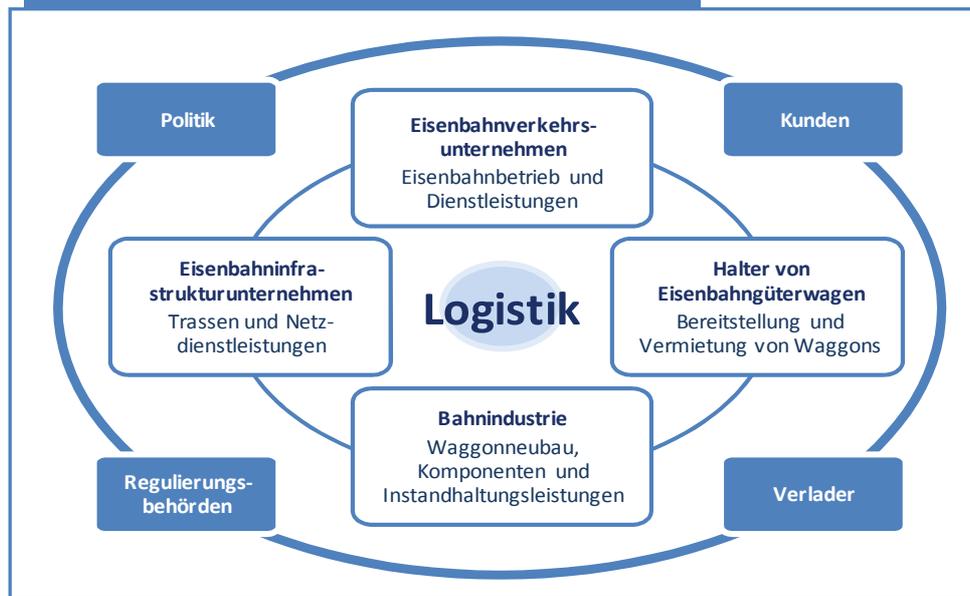
Diese Hauptakteure haben unterschiedliche Verantwortlichkeiten und Interessen. Sie sind in das komplexe System Schienengüterverkehr eingebunden, in dem es weitere Beteiligte mit anderen Rollen gibt. Ihr prinzipielles Zusammenwirken und enger Bezug zur Logistik sind in Abb. 1-7 dargestellt.

¹¹ Vgl. Delfmann, W. et al.: Eckpunktpapier zum Grundverständnis der Logistik als wissenschaftliche Disziplin. Beitrag in: Delfmann, W., Wimmer, T. (Hrsg.): Strukturwandel in der Logistik – Wissenschaft und Praxis im Dialog. Monografie, Hamburg: Deutscher Verkehrsverlag, 2010

¹² Vgl. König, R.; Jugelt, R.: Schienengüterverkehr in die Wertschöpfungsketten einbinden – Denkansätze zum unternehmensübergreifenden Potenzialscreening. Beitrag (S. 14 - 18) in: Güterbahnen 04/2009. Zeitschrift, Düsseldorf: Alba Fachverlag, 2009

¹³ ECM: Entity in Charge of Maintenance (für Instandhaltung verantwortliche Instanz) gemäß Richtlinie 2008/110/EG sowie Verordnung (EU) Nr. 445/2011 der Kommission

Abb. 1-7: Hauptakteure des Schienengüterverkehrs



Quelle: eigene Darstellung, TIS, 2010

Das Ressourcenmanagement bei den handelnden Akteuren wird als Transformation von Ressourcen in Nutzen verstanden.¹⁴ In vernetzten Strukturen ist Ressourcenmanagement dann intelligent, wenn Wissen und Technologie übergreifend und durchgängig für die Transformation von Ressourcen in Nutzen eingesetzt werden. Die Ressource Eisenbahngüterwagen als eine für die Innovationen im Schienengüterverkehr wichtige Ressource muss in vernetzten Strukturen stärker und erfolgreicher als bisher Gegenstand des intelligenten Ressourcenmanagements und der Orientierung am Kundennutzen sein. Deshalb ist es von Bedeutung, die relevanten Interessen der Akteure zu kennen und die Wirkungsrichtungen an gemeinsamen Zielen zu orientieren.

Pflichten und Interessen der Hauptakteure

Die **Kunden** des Schienengüterverkehrs sind an logistikfähigen Eisenbahngüterwagen interessiert, die für das Ladegut, die Be- und Entladeprozesse sowie qualitativ hochwertige Transporte geeignet sind. Neben der Verfügbarkeit von sendungsgebundenen Informationen schließt dies Sicherheit, Zuverlässigkeit und Pünktlichkeit der Transporte sowie Berechenbarkeit der Umläufe ein. Darüber hinaus besteht bei den Kunden zunehmend ein großes Interesse an Volumentransporten und/oder einer hohen Zuladung. Eine günstigere Umweltbilanz bei den Eisenbahntransporten wird immer notwendiger.

Die **Wagenhalter**, zum Beispiel Waggonvermietgesellschaften oder Bahnen, beschaffen Eisenbahngüterwagen und vermieten sie oder nutzen sie selbst. Als sogenannte Entities in Charge of Maintenance (für Instandhaltung verantwortliche Instanzen) tragen sie in jedem

¹⁴ Vgl. Malik, F.: Management – Das A und O des Handwerks. Monografie, Frankfurt am Main: Campus Verlag, 2007, S. 33

Fall die Pflichten zur regelkonformen Instandhaltung und Gewährleistung der Betriebssicherheit. Aus diesem Grund haben die Wagenhalter hohes Interesse an Wirtschaftlichkeit hinsichtlich Beschaffung und Unterhalt sowie Langlebigkeit der Eisenbahngüterwagen. Der Einsatz innovativer Eisenbahngüterwagen ist für die Wagenhalter nur bei Nachweis einer angemessenen Wirtschaftlichkeit sinnvoll. Dies setzt in der Praxis u.a. auch die Akzeptanz höherer Mietpreise gegenüber den Marktpreisen für vorhandene Waggonen durch die Kunden voraus. Für die Investitionsentscheidungen und damit verbundene Innovationsfreudigkeit ist es von zentraler Bedeutung, dass die positiven Effekte eines innovativen Eisenbahngüterwagens finanzielle Vorteile auch bei den Wagenhaltern bewirken. Unterstützt werden diese Effekte durch detaillierte Informationen über die Lebenszykluskosten der Eisenbahngüterwagen, die in der Regel die Wagenhalter bzw. Betreiber verfügbar haben.

Die **Eisenbahnverkehrsunternehmen** nutzen Eisenbahngüterwagen zum Erbringen von Transportdienstleistungen sowie Logistikservices. Sie sind für den sicheren Ablauf des Eisenbahnbetriebs verantwortlich. Ihnen obliegt die Einhaltung der relevanten Qualitätsversprechen gegenüber den Kunden des Schienengüterverkehrs. Neben geringen Miet- und Betriebskosten sind Eisenbahnverkehrsunternehmen an intelligenten, logistikfähigen Eisenbahngüterwagen mit hoher Zuladung interessiert. Intelligenz, Logistikfähigkeit und Zuladung sind insbesondere dann gefragt, sofern sie bei den EVU's selbst oder ihren Kunden zur Erschließung von Potenzialen im Bahnbetrieb oder in den Transport- und Logistikketten beitragen. Darüber hinaus nimmt permanent ihr Interesse an den Eisenbahngüterwagen zu, die geringe Lärm- und Treibhausgasemissionen verursachen. Diesbezügliche Innovationen sind für sie akzeptabel, wenn den ggf. erhöhten Wagenkosten bei eigenen oder angemieteten Wagen einschließlich deren Komponenten direkte Produktivitäts- und Kostenvorteile im Betrieb gegenüberstehen.

Die **Eisenbahninfrastrukturunternehmen** betreiben als öffentliche Einrichtungen oder privatrechtliche Unternehmen Eisenbahninfrastrukturen¹⁵, wobei die Infrastrukturen der einzelnen Betreiber in der Regel miteinander vernetzt sind. Diese vernetzte Eisenbahninfrastruktur wird für die Produktion im Schienengüterverkehr benötigt. Das optimale Zusammenwirken der Eisenbahninfrastruktur mit den zugehörigen technischen und betrieblichen Komponenten des Rad-Schiene-Systems ist für den wirtschaftlichen Eisenbahnbetrieb von großer Bedeutung. Die Eisenbahninfrastrukturunternehmen streben dabei eine möglichst hohe Auslastung der Infrastruktur bei definierter Qualität und minimierten Kosten für deren Herstellung, Vorhaltung und Betrieb an. Für die weitere Erhöhung der Kapazität der Schieneninfrastruktur unterstützen sie die Eisenbahnverkehrsunternehmen bei Erschließung von Potenzialen zur besseren Ausnutzung der einzelnen Zugfahrten. Dies kann u.a. durch höhere Zuglasten und größere

¹⁵ Allgemeines Eisenbahngesetz vom 27. Dezember 1993 (BGBl. I S. 2378, 2396; 1994 I S. 2439), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 122 des Gesetzes vom 22. Dezember 2011 (BGBl. I S. 3044) geändert worden ist, §2 (1)

Zuglängen erreicht werden. Eine infrastrukturelle Voraussetzung dafür ist auch die weitere Erhöhung der zulässigen Achslast von derzeit 22,5 t auf 25,0 t.

Die **Waggonbauindustrie** entwickelt und konstruiert Eisenbahngüterwagen sowie zugehörige Komponenten nach den Anforderungen, die Wagenhalter und indirekt deren Kunden stellen. Neuerdings ist die Industrie für die Zulassung gemäß den geltenden „Technischen Spezifikationen für die Interoperabilität“ (TSI) der EU und nationalen Vorschriften verantwortlich. Sie ist daher an großen Serien und klaren, einheitlichen Regelwerken interessiert. Für ein nachhaltiges Innovationsmanagement, d. h. die Entwicklung und Vermarktung innovativer Technologien, benötigen sie von Wagenhaltern und Eisenbahnverkehrsunternehmen Leistungsdaten der im Betrieb befindlichen Eisenbahngüterwagen.

Die **Politik** erlässt Gesetze und Verordnungen für den Schienengüterverkehr und über die **Regulierungsbehörden** Vorschriften, welche die Sicherheit und den Wettbewerb im Sektor gewährleisten sollen. Immer bedeutungsvoller sind dabei Umweltverträglichkeit und Verknüpfung der verschiedenen Verkehrsträger. Insbesondere aufgrund seiner Klimabilanz ist es das Ziel der Politik, den Marktanteil des Schienengüterverkehrs bei mittleren und größeren Entfernungen deutlich und nachhaltig zu erhöhen.

Bedeutung

Für ein gut funktionierendes System Schienengüterverkehr und das übergreifende intelligente Ressourcenmanagement bedarf es nachfolgender Voraussetzungen:

- Effizientes Innovations- bzw. Wissensmanagement
- Enge Zusammenarbeit aller Akteure trotz ihrer unterschiedlichen Interessen
- Konsequente Orientierung auf Nutzen und Wirtschaftlichkeit bei Auslegung und Einsatz der Eisenbahngüterwagen
- Zeitnahe Verfügbarkeit von innovativen Eisenbahngüterwagen
- Systemübergreifende Vernetzung der Ressourcen und Leistungsangebote

Nur so lassen sich die logistischen Aufgaben qualitativ hochwertig erfüllen und neue Marktanteile gewinnen. Für die Erschließung vorhandener sowie neuer Effizienz- und Nachhaltigkeitspotenziale sind die Rahmenbedingungen daher so zu gestalten, dass alle Beteiligten ein Interesse an einer Optimierung der Ressource Eisenbahngüterwagen haben.

Ohne die Erschließung bekannter und neuer Funktionsprinzipien, gepaart mit einem neuen Verständnis beim Einsatz und Umgang mit der Ressource Eisenbahngüterwagen, bleiben intelligentes Ressourcenmanagement im Schienengüterverkehr eine Illusion und die Effektivität an den immer anspruchsvoller werdenden Kundenschnittstellen hinter den anderen Verkehrsträgern zurück. Stärkere Nutzenorientierung, übergreifende Vernetzung und Nachhaltigkeitseffekte im Schienengüterverkehr setzen eine neue Generation von



Eisenbahngüterwagen und ein zugehöriges, logistikorientiertes Organisationsverständnis bei der Steuerung ihres Einsatzes voraus.

Zur Stärkung der Wettbewerbsposition des Schienengüterverkehrs und zum Erreichen seiner zukunftssträchtigen Wachstumsziele kommt der Förderung des innovativen Eisenbahngüterwagens 2030 und dem schnellen Einsatz in bisherigen und neuen Logistikketten seiner Kunden eine besonders wichtige Rolle zu.



Der Eisenbahngüterwagen als Kernelement des modernen Schienen- güterverkehrs



2.1 Neue Effekte erreichen und Wachstumspotenziale fördern

Der Eisenbahngüterwagen dient der Überbrückung von Raum und Zeit in den Transport- und Logistikketten. Um die in Abschnitt 1 beschriebenen Herausforderungen

- Marktwachstum und Wirtschaftlichkeit,
- Veränderungen in der Güterstruktur,
- nachhaltige Gütermobilität und
- intelligentes Ressourcenmanagement

erfüllen zu können, sind Entwicklung und Umsetzung von tragfähigen Konzepten notwendig. Ein nachhaltiger Technologieeinsatz wird dabei zu einem Kernthema gegenwärtiger und zukünftiger Entscheidungen bei allen relevanten Akteuren.¹⁶ Vielfach stellen die Kunden und Betroffenen des Schienengüterverkehrs Anforderungen an Laufzeit, Qualität und Eigenschaften der eingesetzten Eisenbahngüterwagen bzw. deren Komponenten, die derzeit noch nicht erfüllt werden. Für nachhaltige und ressourcenschonende Prozesse und Angebote in den Logistikketten ist es deshalb entscheidend, **den richtigen Weg für das technisch-betriebliche Gesamtkonzept des Eisenbahngüterwagens 2030 einzuschlagen.**

Zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit und Unterstützung des Wachstums wird die erforderliche Effizienzerhöhung in den Produktionssystemen des Schienengüterverkehrs in der EU bereits seit Erlass der Richtlinien zur Liberalisierung des Bahnverkehrs 1996 durch verschiedene Aktivitäten und Maßnahmen gefördert. Je besser es gelingt, den Schienengüterverkehr in den Transport- und Logistikketten seiner Kunden zu positionieren und dauerhaft zu verankern, desto größer kann auch sein Beitrag für die politisch und gesellschaftlich nachgefragte Umwelt- und Ressourcenschonung sein. Deshalb besteht für den Schienengüterverkehr 2030 stärker denn je das Ziel, sowohl ein gegenüber dem Hauptwettbewerber Lkw **wettbewerbsfähiges Angebot** zu erstellen als auch eine für die Kunden **effiziente und werthaltige Dienstleistung** anzubieten.

Dem stehen bislang Defizite gegenüber, die eine Attraktivität des Schienengüterverkehrs und seiner Angebote in den Transport- und Logistikketten in unterschiedlich starkem Maße einschränken und sogar generell gefährden können:

- Konzept und Ausstattung
- Unproduktive Standzeiten (Start- und Zielorte sowie entlang der Transportkette)
- Teilweise hoher Rangieraufwand
- Geringer Automatisierungsgrad

¹⁶ Vgl. Gregori, G.; Wimmer, Th. (Hrsg.): Grünbuch der nachhaltigen Logistik. Monografie, Wien: Selbstverlag Bundesvereinigung Logistik Österreich, 2011, S. 22 f.

In überwiegender Anzahl der zugehörigen Ursache-Wirkungsketten sind die verfügbaren Eisenbahngüterwagen eines der Hemmnisse und mitverantwortlich für die bisher unbefriedigende Situation.

Zur Verbesserung der Wettbewerbsposition des Schienengüterverkehrs und Realisierung der zukünftigen Wachstumspotenziale müssen die bestehenden Defizite verstärkt beseitigt werden. Einerseits können dafür bereits verfügbare, bisher jedoch noch nicht eingesetzte Komponenten und Baugruppen verwendet werden. Andererseits existieren Ansätze, die weiterer Forschung und Entwicklung bedürfen.

2.2 Eisenbahngüterwagen im Mittelpunkt von Innovationen

Der Ansatz zur Steigerung der Leistungsfähigkeit des Schienengüterverkehrs durch moderne Fahrzeugtechnik und ihre eisenbahnbetrieblichen Effekte ist in Deutschland und Westeuropa theoretisch bekannt. Er wird jedoch praktisch nicht konsequent genug und oft nur in kleinen Schritten bzw. Spezialverkehren umgesetzt.

Bisherige Aktivitäten lagen und liegen vor allem im Bereich der Kostensenkung für die einzelnen Systemelemente Schieneninfrastruktur, Rangierbahnhof, Werkstätten, Prozessschnittstellen, Triebfahrzeuge und Personaleinsatz. Auch aus diesem Grund sind die heutige Ertragssituation und Wachstumsgeschwindigkeit ungenügend. Das aus Gründen der Nachhaltigkeit gewünschte deutliche Wachstum der Schienengüterverkehrsbranche in Deutschland und der EU ist beim gegenwärtigen Stand der Technik des Eisenbahngüterwagens unwahrscheinlich.

Außerdem ist zu berücksichtigen, dass moderne Betriebsprozesse für den Eisenbahngüterverkehr Betriebsabläufe darstellen, die zunehmend durch die Orientierung an industriellen Produktionsmethoden geprägt und standardisiert sind.

Entscheidende Hebel für Wachstum und Nachhaltigkeitseffekte ergeben sich aus der Systemsicht beim Einsatz der Eisenbahngüterwagen.¹⁷ Hier bildet er das intelligente Bindeglied zwischen der Transportlogistik auf der Schiene und der Industrielogistik an den Standorten seiner Kunden (vgl. Abb. 2-1). Mit dieser Sichtweise und der Berücksichtigung der bei Transport- und Industrielogistik gleichermaßen gültigen Orientierung auf die ökonomischen, ökologischen und sozialen Randbedingungen ergibt sich die Einführung von Innovationen in den Wirkungsebenen

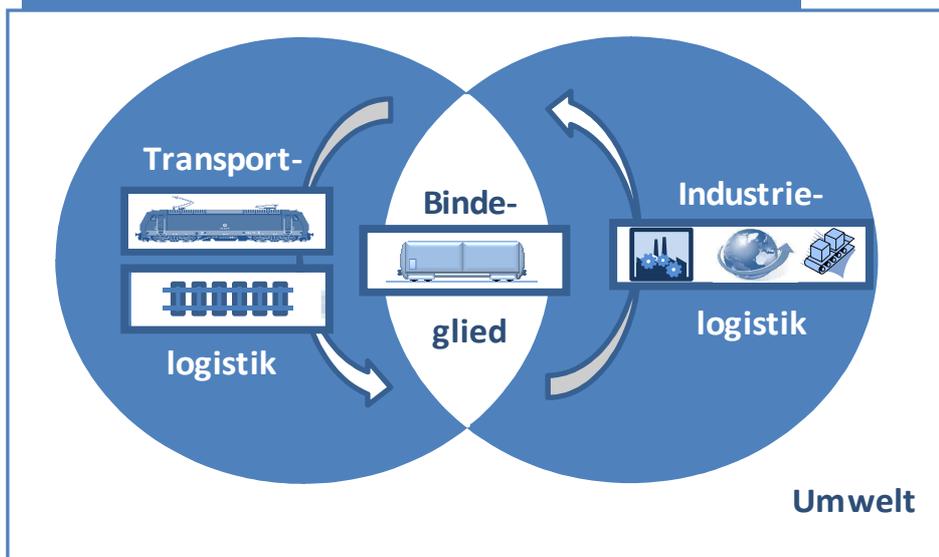
¹⁷ Vgl. König, R.; Jugelt, R.: Neue Wege für die Einbindung des Schienengüterverkehrs in die Wertschöpfungsketten der Logistik. Beitrag (S. 115 - 120) in: Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden, Band 58. Zeitschrift, Dresden: Selbstverlag, 2009



- Eisenbahngüterwagen und Bahnbetriebsprozesse,
- Eisenbahngüterwagen und Logistik sowie
- Eisenbahngüterwagen und Klima/Lärm/Energie.

Ihre volle Wirkung können die Innovationen insbesondere dann erzielen, wenn sie gleichzeitig, abgestimmt und ohne Unternehmens- oder territoriale Schranken, umgesetzt werden. Dazu sind Gestaltungsräume neu zu eröffnen, die national und international Bestand haben.

Abb. 2-1: Der Eisenbahngüterwagen als Element der Logistik



Quelle: eigene Darstellung, TIS, 2011

Aus den Anforderungen bei Transport und Logistik sowie der Funktion des innovativen Eisenbahngüterwagens als Bindeglied ergeben sich bekannte und neue Ansätze für Innovationen im Schienengüterverkehr bei

- Dimensionsgrößen,
- Fahrzeugkomponenten,
- Betriebs- und Prozessoptimierung,
- Asset Intelligence (Sensorik, Ortung, Zustandsüberwachung) und
- Umwelt.

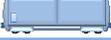
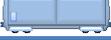
Für die Wettbewerbsfähigkeit und das Wachstum des Schienengüterverkehrs ist es hierbei von herausragendem Interesse, wie und in welchem Umfang die Möglichkeiten der modernen Fahrzeugtechnik und Prozessoptimierung in den Transport- und Logistikketten als Hebel für

- Effizienzsteigerungen,
- Kostensenkung im Produktionsprozess und
- Erhöhung des Kundennutzens

bis zum Jahr 2030 erschlossen und angewendet werden können.

Die dominierende Rolle des Eisenbahngüterwagens im Zentrum der Umsetzung von Innovationen und bei Erschließung der Effekte und Vorteile der Maßnahmen wird in Abb. 2-2 deutlich.

Abb. 2-2: Wesentliche Innovationspotenziale im Schienengüterverkehr 2030

	Lok	Güterwagen	Infrastruktur
Dimensionsgrößen			* optional
Längere Güterzüge bis 1500 m			
Bedarfsweise Erhöhung der Masse			
Optimierung der Geschwindigkeit			
Fahrzeugkomponenten			
Automatische Kupplung			
Elektropneumatische Bremse			
Funkbasierte verteilte Traktions- und Bremssteuerung			
Innovative Antriebskonzepte			
Innovative Lärminderungstechnologien			
Betriebsprozesse			
Einheitliches Regelwerk Instandhaltung			
Zustandsorientierte Instandhaltung			
Teilautomatisierung			 *
Sensorik/Asset Intelligence			
Fahrzeugbus/Datenleitung			
GPS/Galileo/RFID			
Umlaufsteuerung			
Einbindung in die Logistikketten			

Quelle: eigene Darstellung, TIS, 2011

Abb. 2-1 und 2-2 sowie die zugehörigen Zusammenhänge führen zu der Schlussfolgerung, dass der **Eisenbahngüterwagen für Innovationen im System Schienengüterverkehr bisher stark unterschätzt** wurde. Der daraus resultierende Mangel an ausreichender Aufmerksamkeit für seine Weiterentwicklung muss somit ohne Verzögerung und beschleunigt korrigiert werden. Innovationen führen zur Verbesserung von Effizienz und Effektivität beim Einsatz des Eisenbahngüterwagens.



2.3 Unerwünschte Verkehrsfolgen konsequent überwinden

Der Eisenbahngüterwagen ist ein wesentlicher Schlüssel, um die unerwünschten Verkehrsfolgen substanziell und messbar zu reduzieren. Er beeinflusst unmittelbar die Lärmemissionen und in Abhängigkeit von seiner Anzahl auch den Raumbedarf. Moderne Eisenbahngüterwagen können im Verhältnis zu ihrer Eigenmasse signifikant mehr Nutzmasse transportieren. Das ermöglicht bei gleichbleibender Anzahl die Steigerung der transportierbaren Nutzmasse. Der spezifische Einsatz von Leichtbautechnologien liefert dafür innovative Ansätze.¹⁸

Daneben bietet der Schienengüterverkehr im Vergleich zu den Verkehrsträgern Straße und Luft deutliche Vorteile bei Treibhausgasemissionen und Energiebedarf. So wird bereits heute beim Einsatz konventioneller Eisenbahngüterwagen je Tonnenkilometer nur rund ein Drittel der Menge an Energie im Vergleich zum Lkw verbraucht¹⁹. Einen erheblichen Vorteil gegenüber dem Verkehrsträger Straße besitzt der Verkehrsträger Schiene auch beim Verhältnis von Verkehrsleistung und Landverbrauch. „Eine gut trassierte doppelgleisige Eisenbahnstrecke, elektrifiziert und mit einer Streckensicherung letzter Bauart, ermöglicht bei einer Trassenbreite von 12 m die gleiche Leistung wie eine Autobahn zu je vier Richtungsfahrbahnen mit einer Trassenbreite von 44 m. Hier ist der Landverbrauch der Straße also fast viermal so hoch wie der der Schiene!“²⁰

Den klaren Umweltvorteilen stehen örtlich unterschiedlich starke Herausforderungen beim Thema Lärm gegenüber, die es schneller als bisher und vollständig zu lösen gilt. Unerwünschte Schallemissionen des Schienengüterverkehrs bestehen hauptsächlich aus dem von Rad, Schiene und Schwelle abgestrahlten Rollgeräusch.²¹ Eine hinreichende Lärmreduktion ist daher nicht allein von den Fahrzeugen, sondern nur von allen drei Systemkomponenten zusammen zu leisten. Für Eisenbahngüterwagen allein gibt es derzeit noch keine technisch und kommerziell anwendungsbereiten konstruktiven Lösungen, um die davon ausgehenden Schallemissionen im gewünschten Maße ausreichend zu reduzieren.

Die steigende Belastung der Straßeninfrastruktur infolge des wachsenden Transportaufkommens im Straßengüterverkehr wird zu einer Zunahme von Staufolgen wie Zeitverlusten und zusätzlichen Abgasemissionen führen. So rechnet beispielsweise die EU-

¹⁸ Vgl. König, R.; Hufenbach, W.; Adam, F.: Innovativer Güterwagen durch Leichtbau. Vortrag, Dresden: Selbstverlag, 2008

¹⁹ Vgl. Verband der Bahnindustrie in Deutschland (VDB) e.V.: Zahlen und Fakten: Bahnindustrie und Klimaschutz. Präsentation, Berlin: Selbstverlag, 2010

²⁰ Gregori, G., Wimmer, Th. (Hrsg.): Grünbuch der nachhaltigen Logistik. Monografie, Wien: Selbstverlag Bundesvereinigung Logistik Österreich, 2011, S. 82

²¹ Vgl. Hecht, M.; Lang, H.-P. et al: Akustik – Luftschall und Erschütterungen aus dem Schienenverkehr. Beitrag (S. 229 - 242) in Lübke, D. et al: Handbuch „Das System Bahn“. Monografie, Hamburg: DVV Rail Media, 2008

Kommission bis 2050 mit einer Steigerung der überlastungsbedingten Kosten um 50 %.²² Ein Teil der hier zukünftig zu erwartenden Kapazitätsengpässe kann durch eine verbesserte Vernetzung mit dem Verkehrsträger Schiene oder eine Verlagerung aufgefangen werden. Dazu ist es weiter erforderlich, die Attraktivität des Schienengüterverkehrs als Ergänzung oder Alternative zum LKW durch seine Integration in die komplexen Logistikketten der Industrie und des globalen Handels zu erhöhen. Das kann beispielsweise über Vorteile für Kunden und Logistiknetzwerke durch die Nutzung von innovativen Eisenbahngüterwagen erfolgen. Vorhandene und erprobte Potenzialmodelle helfen hierbei zusätzlich, Synergieeffekte zu erschließen und mehr Verkehre auf die Schiene zu verlagern (z.B. Erzeugnisse der Automobilindustrie, chemischen Industrie, Stahlindustrie, Halb- und Fertigprodukte).²³ Der Modal Split-Anteil des Schienengüterverkehrs an der Transportleistung steigt auf diesem Weg. Die Nachhaltigkeit der Lösungen für Transport und Logistik wird gestärkt.

²² Vgl. Europäische Kommission: Weissbuch – Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum – Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem. Weissbuch, Brüssel: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2011 S. 5

²³ Vgl. König, R.; Jugelt, R.: Schienengüterverkehr in die Wertschöpfungsketten einbinden – Denkansätze zum unternehmensübergreifenden Potenzialscreening. Beitrag (S. 14 - 18) in: Güterbahnen 04/2009. Zeitschrift, Düsseldorf: Alba Fachverlag, 2009





Die Zukunftsinitiative „5 L“ als Grundlage für neues Wachstum im Schienengüterverkehr

3.1 Zweck und Ziel der Zukunftsinitiative „5 L“

Die hohen Anforderungen an das Wachstum des Schienengüterverkehrs bedürfen unmittelbarer und schnell umsetzbarer Antworten. Gezielte Weiterentwicklungen beim Eisenbahngüterwagen sind im Interesse der Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit des Schienengüterverkehrs nachhaltig und für das Gesamtsystem erfolgsorientiert anzugehen.

Es ist ein fundiertes und umfassendes Konzept für eine nachhaltige Technologieoffensive „Innovativer Eisenbahngüterwagen 2030“ umzusetzen.

Kosten und Risiken einer solchen Technologieoffensive sind jedoch immens und stellen eine große Herausforderung dar. Kein einzelner Akteur des Schienengüterverkehrs kann diese im Alleingang erfolgreich voranbringen und umsetzen. Der Innovationsprozess ist deshalb horizontal und vertikal im Europäischen Bahnsektor neu aufzustellen und kraftvoll voranzutreiben. Erforderliche Investitionen und Innovationen müssen für die Beteiligten zu einem nachweisbaren Nutzen führen. Dazu hat der Technische Innovationskreis Schienengüterverkehr vertikal über den Sektor die

Zukunftsinitiative „5 L“

erarbeitet und zur Reife gebracht. Sie dient als Grundlage für die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit des Schienengüterverkehrs und sein erfolgreiches, an den Grundsätzen der Nachhaltigkeit orientiertes Wachstum auf Basis des innovativen Eisenbahngüterwagens 2030. Gleichzeitig eröffnet sie die erforderlichen Handlungsräume für die Bündelung der notwendigen Aktivitäten und Maßnahmen auf dem direkten Weg zu einem innovativen Eisenbahngüterwagen.

Die Zukunftsinitiative „5 L“ bildet den Rahmen für **fünf Wachstumsfaktoren**, die für den erfolgreichen Einsatz des innovativen Eisenbahngüterwagens identifiziert worden sind:

Leise – Leicht – Laufstark – Logistikfähig – LifeCycleCost-orientiert.

Diese erfolgskritischen Wachstumsfaktoren umfassen folgende wesentliche Eigenschaften:

- **Leise:** signifikante Senkung der Lärmemissionen, bis hin zur tendenziellen Angleichung an das heutige Niveau der Fahrzeuge im Schienenpersonenverkehr
- **Leicht:** höhere Zuladung, weniger Eigenmasse
- **Laufstark:** Reduzierung von Ausfall- und Stillstandszeiten, Erhöhung der durchschnittlichen jährlichen Laufleistungen, sehr hohe/höhere Zuverlässigkeit
- **Logistikfähig:** Möglichkeit der Integration in Supply Chains, Bedienqualität größer/gleich Straßen- und Luftverkehr
- **LifeCycleCost-orientiert:** Einbau von LCC-orientierten Komponenten, deren Anschaffungskosten über die Lebensdauer schnell amortisiert und durch Einsparungen bei Betrieb und Instandhaltung überkompensiert werden – mit dem Effekt einer Verringerung der Gesamtkosten über die Lebensdauer



Der entwickelte Ansatz schlägt übergreifend den Bogen zwischen einer sprunghaften Erhöhung von Effizienz und Effektivität sowie der schnellen und deutlichen Verringerung der unerwünschten Verkehrsfolgen. Der innovative Eisenbahngüterwagen wird als Alternative zum LKW und gleichzeitig als zukunftsfähiger Partner für integrierte Verkehrs- und Transportlogistikkonzepte positioniert. Das steht in unmittelbarem Kontext mit den Zielen für eine nachhaltige Mobilität und Wettbewerbsfähigkeit. Insgesamt werden die ökonomische und ökologische Nutzenorientierung im Eisenbahnbetrieb, Wirkung auf Wachstum des Schienengüterverkehrs und Effekte für Umwelt- und Klimaschutz zum Gradmesser für die Wirksamkeit der Innovationen beim Eisenbahngüterwagen 2030 (vgl. Abb. 3-1).



Für die praxis- und zukunftsorientierte Umsetzung der Wachstumsfaktoren ist es von großem Vorteil, dass

- konkrete Handlungsziele zur Realisierung der Potenziale für den innovativen Eisenbahngüterwagen definiert und
- Umsetzungsschritte in einem Stufenprogramm bis spätestens zum Jahr 2030 vorbereitet werden.

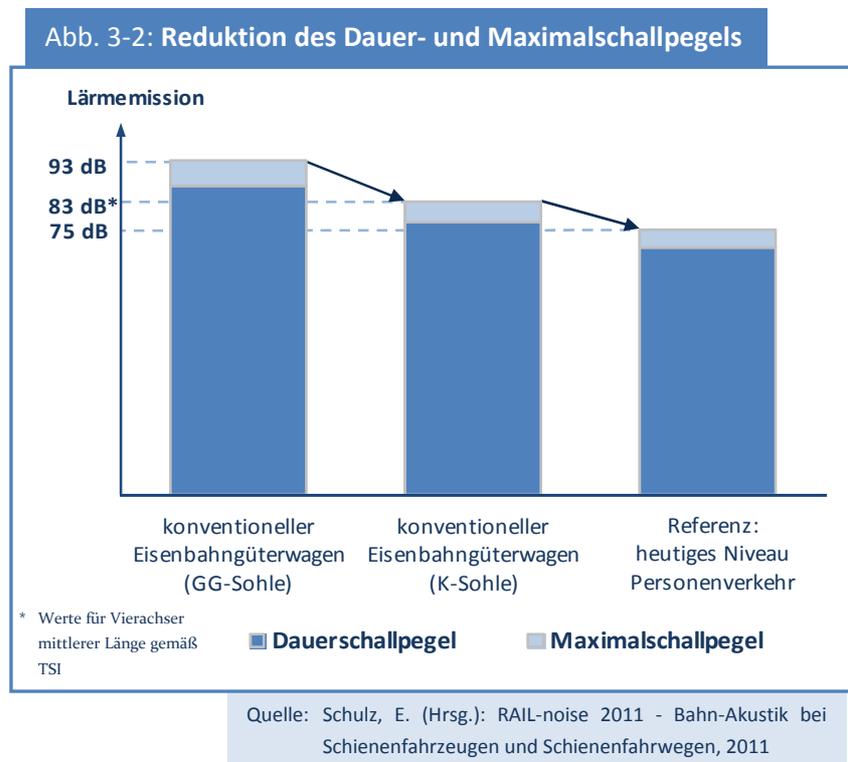
Die Zukunftsinitiative „5 L“ bündelt und fokussiert gleichzeitig die jeweiligen Entwicklungs- und Umsetzungsaktivitäten bei der Realisierung des innovativen Güterwagens bis zum Jahr 2030. Sie ist Ausdruck des Willens aller Beteiligten und Unterstützer, den Eisenbahngüterwagen grundlegend zu verbessern und seine Nutzenpotenziale für die verschiedenen Akteure durch neue, bisher vermisste oder nur in Ansätzen vorhandene **Kerneigenschaften in neuen Größenordnungen** zu erschließen.

Der innovative Eisenbahngüterwagen wird aufgrund neuer Eigenschaften in den Logistikketten zu einem Wachstumsmotor für den Schienengüterverkehr.

Es besteht das Ziel, korrespondierend zur Technologieentwicklung und Vorbereitung des nachhaltigen Einsatzes des innovativen Eisenbahngüterwagens 2030 geeignete politische Maßnahmen vorzuschlagen und vorzubereiten. Die Zukunftsinitiative „5 L“ mit ihren fünf identifizierten Wachstumsfaktoren bietet dafür einen geeigneten Rahmen und bündelt die stufenweise Umsetzung der jeweils signifikanten Maßnahmen.

3.2 Der Wachstumsfaktor „Leise“

Eine unabdingbare Voraussetzung für die breite Akzeptanz des erwarteten und aus umwelt- und verkehrspolitischen Gründen wiederholt geforderten Wachstums des Schienengüterverkehrs stellt die Verringerung unerwünschter Schallemissionen dar. Dies ist u.a. deshalb so wichtig, da Schienengüterverkehr häufig nachts, d.h. zu besonders lärmsensiblen Zeiten stattfindet.^{24/25} Die dazu erforderlichen Maßnahmen mit Bezug zum Eisenbahngüterwagen bilden den Wachstumsfaktor „Leise“ und betreffen vor allem Radsatz, Bremse und Laufwerk. Der innovative Eisenbahngüterwagen muss so gestaltet werden, dass die Lärmbelastung im Gesamtsystem 2030 tendenziell nicht höher sein wird als im Schienenpersonenverkehr (vgl. Abb. 3-2).



²⁴ Vgl. Europäisches Parlament und Rat: Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm, Brüssel: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2002

²⁵ Vgl. auch Grotrian, J.: Verkehr in der Schweiz. Monografie, Zürich/Chur: Rüegger Verlag, 2007

Weiteres Potenzial zur Lärmreduktion gegenüber bereits eingesetzten Eisenbahngüterwagen mit K-Sohlen gemäß TSI NOISE²⁶ besteht in den Maßnahmen zur Flachstellenvermeidung, Erhöhung der Schalldämpfung im Fahrwerk, Schwingungsmodenoptimierung und Verringerung des Abstrahlgrades. All diese Maßnahmen stehen nicht nur beim Eisenbahngüterwagen in konstruktivem Zusammenhang miteinander, sondern auch mit dem jeweils befahrenen Gleis. Im Gesamtkontext ist somit zu bedenken, dass zur Vermeidung der unerwünschten Verkehrsfolgen die Lärminderungsmaßnahmen auch die Schieneninfrastruktur beinhalten müssen (vgl. Abschnitt 2.3). Es ist zu berücksichtigen, dass bei Eisenbahngüterwagen mit K-Sohle zwei Drittel des Lärms von Schienen und Schwellen abgestrahlt werden.²⁷ Daher wird sowohl der Eisenbahngüterwagen als auch der Fahrweg einen substanziellen Beitrag zur Lärminderung leisten müssen.

3.3 Der Wachstumsfaktor „Leicht“

Durch die Berücksichtigung des Wachstumsfaktors „Leicht“ wird der innovative Eisenbahngüterwagen einen wesentlichen Anteil an der Umsetzung der allgemeinen umweltpolitischen Zielvorgaben in Bezug auf Ressourcenschonung und Reduktion der CO₂-Emissionen im Schienengüterverkehr haben. Dies stärkt den Umweltvorteil des Verkehrsträgers Schiene. Bereits ein konventioneller Eisenbahngüterwagen verbraucht im Vergleich zu einem herkömmlichen LKW nur ein Drittel der Menge an Energie pro Tonnenkilometer.²⁸ Ein weiter verbessertes Verhältnis von Nutz- zu Eigenmasse bietet grundsätzlich zwei Möglichkeiten:

- Bei gleicher Zuladung hat der innovative Eisenbahngüterwagen ein geringeres Gesamtgewicht als ein konventioneller Eisenbahngüterwagen
- Bei Ausnutzung des zulässigen Gesamtgewichts gestattet der innovative Eisenbahngüterwagen eine höhere Zuladung (vgl. Abb. 3-3)

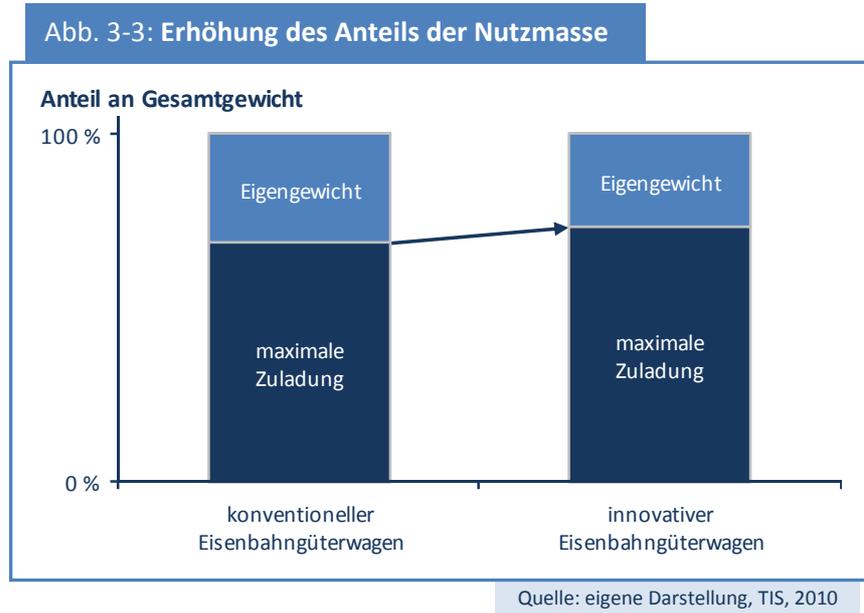
Neben dem Beitrag zur Erfüllung der ambitionierten Klimaschutzziele durch eine Senkung des spezifischen Energieverbrauchs erhöhen beide Optionen die Attraktivität des Schienengüterverkehrs für Kunden und Wagenhalter. Leichtere Züge, deren Länge den maximal zulässigen Werten entspricht, oder mehr Nutzmasse führen zu einer höheren Produktivität bei vergleichsweise geringen Mehrkosten. Zudem betreffen technische

²⁶ Vgl. Europäische Kommission: TSI NOISE – Beschluss der Kommission über die Technische Spezifikation für die Interoperabilität zum Teilsystem "Fahrzeuge – Lärm" des konventionellen transeuropäischen Bahnsystems. Beschluss, Brüssel: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2011

²⁷ Vgl. Thompson, D.: Railway Noise and Vibration. Monografie, Oxford: Elsevier 2009, S. 23

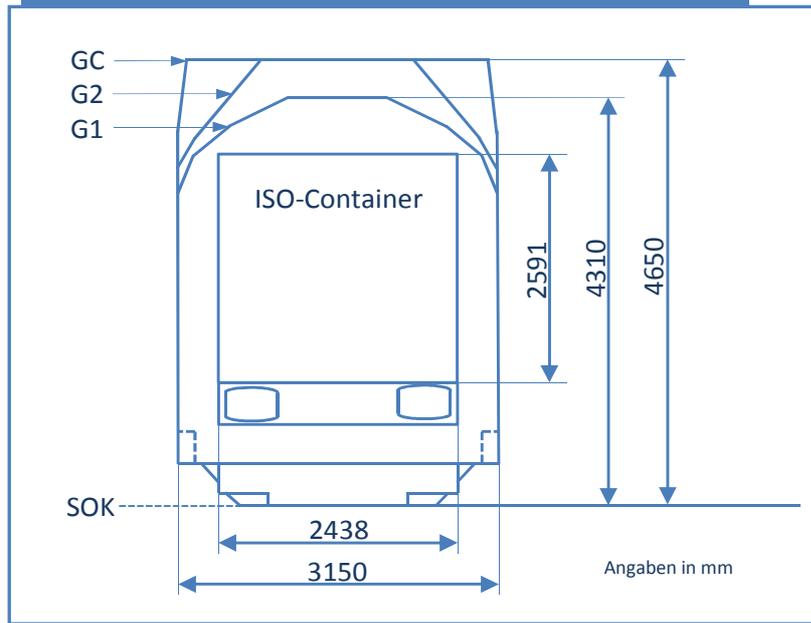
²⁸ Vgl. Verband der Bahnindustrie in Deutschland (VDB) e.V.: Zahlen und Fakten: Bahnindustrie und Klimaschutz. Präsentation, Berlin: Selbstverlag, 2010

Änderungen lediglich den Eisenbahngüterwagen und ziehen keine Eingriffe bei anderen Systemkomponenten nach sich.



Wie Abb. 1-3 und 1-4 für die Trends im Güterverkehr aufzeigen, wird die Dichte der beförderten Güter in Zukunft tendenziell weiter abnehmen. Damit kommt dem transportierbaren Gütervolumen in den Eisenbahnwagen eine wettbewerbsentscheidende Bedeutung zu. Somit muss der Betrachtungshorizont über die Zuladung hinaus zwingend auch auf das für die Volumentransporte mögliche Lademaß ausgedehnt werden. Es ist die wesentliche Randbedingung für die Abmessungen des Eisenbahngüterwagens und seine äußere Formgebung. Insgesamt muss das Lademaß deutlich besser ausgenutzt werden, als dies heute geschieht. Abb. 3-4 zeigt die Außenabmessungen eines Standard-ISO-Containers, das heute für Eisenbahngüterwagen maßgebende statische G₁-Lademaß und das GC-Profil, welches zunehmend auf vielen Strecken in Europa verfügbar ist.

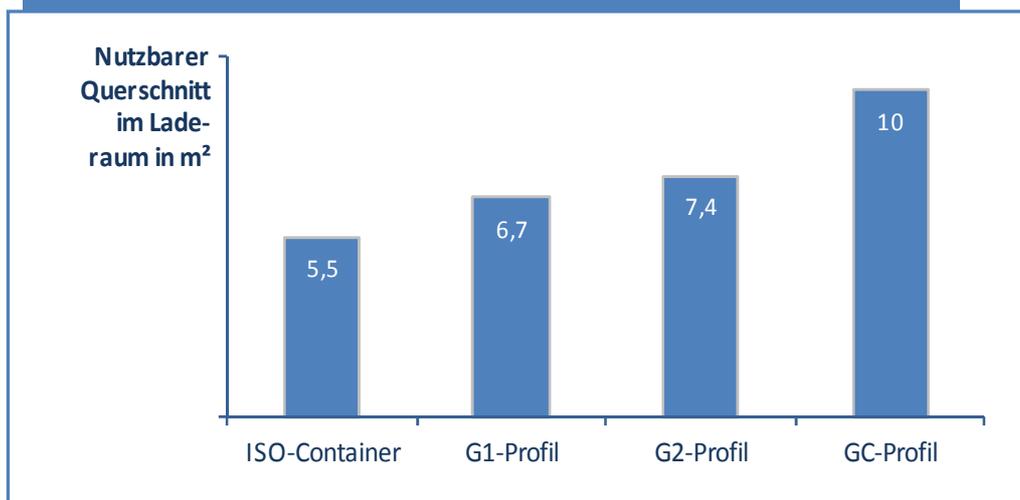
Abb. 3-4: Lichtraumprofilvergleich (statisches Lademaß)



Quelle statisches Lademaß: Europäische Kommission: TSI WAG, 2007
 Darstellung: FG Schienenfahrzeuge, TU Berlin, 2011

In Abb. 3-5 sind die im praktischen Einsatz nutzbaren Ladequerschnitte im Innenraum bei Fahrzeugen des Schienengüterverkehrs aufgezeigt. So beträgt deren Zuwachs bei einer Erweiterung von G1- auf G2-Profil nur 11 %, während er bei Erweiterung von G1- auf GC-Profil auf 50 % ansteigt. Gegenüber dem ISO-Container verdoppelt sich nahezu der nutzbare Querschnitt im Laderaum und damit die Volumenfähigkeit beim GC-Profil.

Abb. 3-5: Nutzbarer Querschnitt im Laderaum bei verschiedenen Profilen



Quelle: FG Schienenfahrzeuge, TU Berlin, 2011

In den letzten Jahren wurden viele Strecken in Nordeuropa und der Nordschweiz wegen des Doppelstockpersonenverkehrs auf das GC-Profil erweitert. Bisher wird dies beim Schienengüterverkehr nur vereinzelt im Segment der Automobilzuliefer- und Zwischenwerksverkehre sehr erfolgreich genutzt. Die Anpassung des Querschnitts der

Eisenbahngüterwagen an das erweiterte Lichtraumprofil kann für leichte Güter die benötigte Wagenanzahl auf diesen Strecken um 30 % verringern und damit die Attraktivität des Schienengüterverkehrs signifikant erhöhen. Voraussetzung für die netzweite Nutzung dieser Innovation in Europa einschließlich der Schweiz ist im Bedarfsfall die Weiterführung der Anpassung der nur im Schienengüterverkehr genutzten Anlagen und Strecken auf das GC-Profil. Das kann meist mit geringem Aufwand erfolgen.²⁹ Insbesondere für den wichtigen internationalen Schienengüterverkehr würden sich hierdurch deutliche Potenziale ergeben, da auf interessanten Relationen teilweise großflächig nur das G₁- oder ein noch kleineres Lichtraumprofil zur Verfügung steht. Neben diesen Maßnahmen ist auch die Information aller interessierten Eisenbahnverkehrsunternehmen über die tatsächlich vorhandenen Lichtraumprofile wichtig.

Technikkomponenten – Leichtbau und Aerodynamik

Der zentrale Ansatz des Leichtbaus besteht darin, das richtige Material in der richtigen Menge zum richtigen Preis an der richtigen Stelle einzusetzen. Der Einsatz neuer, leichterer Verbundstoffe mit verbesserten Materialeigenschaften wird durch die Nutzung statischer Optimierungen und neuer Konstruktionsprinzipien unterstützt. Dadurch werden bei mindestens gleichen Produkteigenschaften zum Teil hohe Gewichtseinsparungen erzielt.

Beim Eisenbahngüterwagen sind Leichtbauansätze bereits im Produktkonzept in der Gestaltung des Profils anwendbar. Damit können der Wirkungsquerschnitt vergrößert und gewichtssparende Formen genutzt werden. In der Fertigung erfolgt zunehmend die Verarbeitung neuer Verbundstoffe, Aluminium und hochfester Stähle mit modernen Schweiß- und Fügetechniken. Auf die tatsächlichen Maximalwerte von Eigen- und Nutzmasse beim Eisenbahngüterwagen ausgelegte Fahrwerke tragen zur Verringerung seiner Eigenmasse bei.

Die Energieeffizienz eines innovativen Eisenbahngüterwagens kann weiter gesteigert werden durch

- eine verbesserte Aerodynamik,
- ein optimiertes Leer- zu Lademassee-Verhältnis und
- radial einstellende Fahrwerke mit signifikant geringerem Bogenwiderstand.

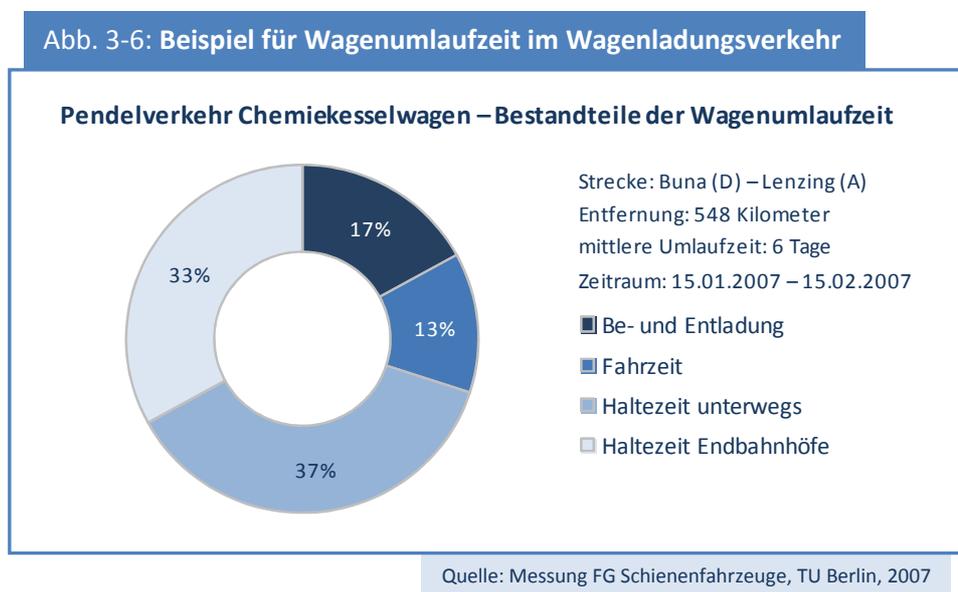
²⁹ Vgl. Voges, W.; Sachse, M.: Neue Dimensionen für den Güterverkehr. Beitrag (S. 606 - 610) in: Eisenbahntechnische Rundschau 10/1998. Zeitschrift, Darmstadt: Hestra-Verlag, 1998



In Einzelfällen kann eine Maßnahme zur Verbesserung der Energieeffizienz um bis zu 25 % führen.^{30|31}

3.4 Der Wachstumsfaktor „Laufstark“

Die jährlichen Laufleistungen von Eisenbahngüterwagen streuen stark und betragen im Durchschnitt 10.000 bis 150.000 km/Jahr. Dies liegt nicht an der Höchstgeschwindigkeit des Güterverkehrs, sondern an häufigen und langen Stillstandzeiten (vgl. Abb. 3-6). Deshalb sind die Laufleistungen der Eisenbahngüterwagen zu steigern und ihre Produktivität im Einsatz weiter zu erhöhen.



Die Beschleunigung der Vorgänge bei Be- und Entladung wurde in den vergangenen Jahrzehnten gut vorangebracht. Neu beschleunigt werden muss jedoch die Zugbildung nach den Rangiervorgängen. Hier ist die wagentechnische Untersuchung verbunden mit der Bremsprobe in ihrem Zeit- und Kostenbedarf ähnlich der Situation im Schienenpersonenverkehr zu verkürzen.

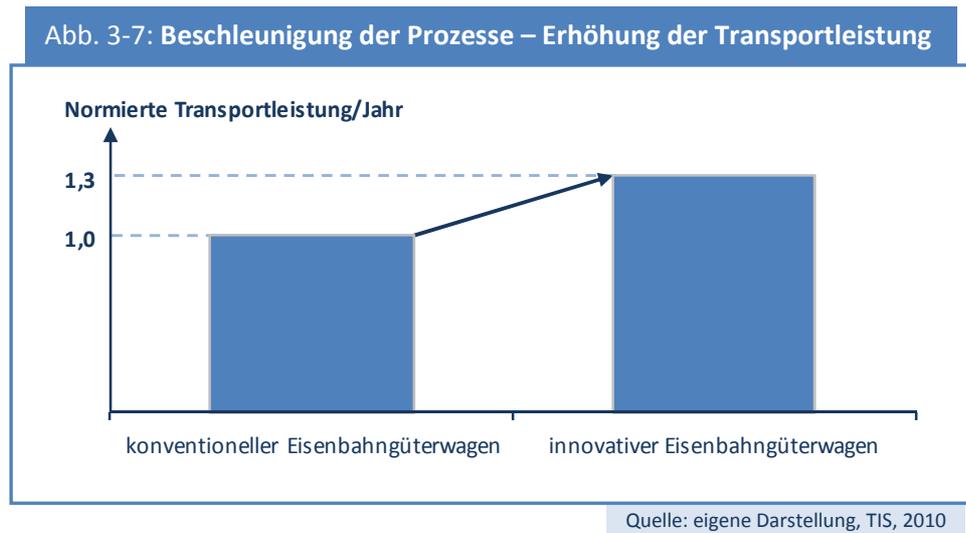
Obwohl Störungen an einzelnen Eisenbahngüterwagen eher selten vorkommen, sind die Auswirkungen auf den ganzen Zug sehr groß. Die Lok und alle weiteren Eisenbahngüterwagen werden bei Störungen am Wagen an der Weiterfahrt gehindert, so dass eine weitere Verringerung außerplanmäßiger Stillstände und Werkstattaufenthalte angestrebt werden muss.

³⁰ Vgl. Shoeib, R.: Experimentelle Untersuchung zur Reduzierung des aerodynamischen Widerstandes von Schüttgutwaggons durch Abdeckungen. Diplomarbeit, Berlin: Technische Universität Berlin, 2011

³¹ Vgl. Hecht, M.; Keudel, J.: Verbesserte Energieeffizienz durch radialeinstellendes Fahrwerk. Beitrag (S. 42 - 47) in: Der Eisenbahningenieur 05/2006. Zeitschrift, Hamburg: Tetzlaffverlag, 2006

Außerhalb Europas sind Überwachungsportale für die Fahrzeugzustandserfassung mit großem Erfolg im Einsatz. Die Daten werden von unabhängigen Privatfirmen erfasst und dann an die Wagenhalter verkauft. Es ist zu klären, ob diese Systeme oder fahrzeugfeste Überwachungssysteme, bei denen die Daten direkt im Besitz des Halters bleiben, effizienter sind.

Durch den Wachstumsfaktor „*Laufstark*“ wird auch die heute teilweise unbefriedigende Pünktlichkeit des Schienengüterverkehrs verbessert und so eine Grundvoraussetzung für die nachfolgend beschriebene Komponente „*Logistikfähig*“ erfüllt.

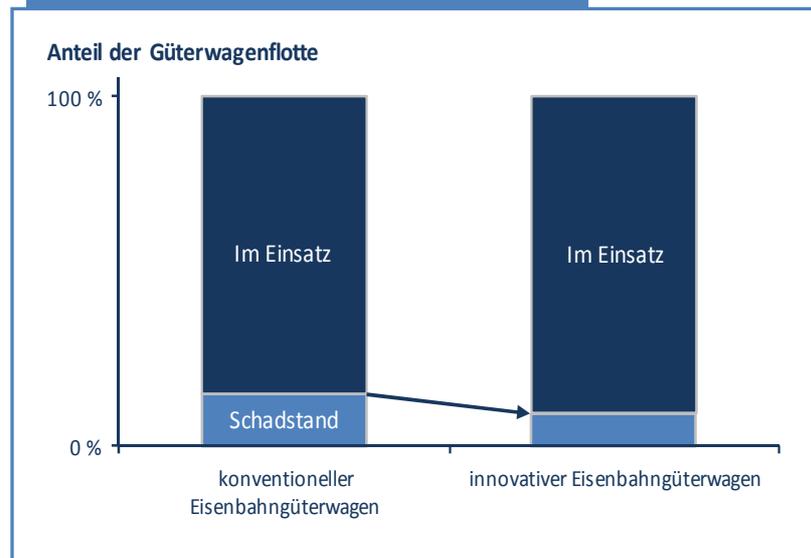


Die Realisierung des Wachstumsfaktors „*Laufstark*“ dient dem Ziel, die Transportleistung in tkm/Jahr beim innovativen Eisenbahngüterwagen weiter zu erhöhen, wie in Abb. 3-7 exemplarisch dargestellt. Sie kann durch Verbesserungen der Abstimmung an den Schnittstellen bei Be- und Entladung, Einbindung des Eisenbahngüterwagens in die übergeordnete Logistiksteuerung der Kunden sowie durch eine höhere technische Zuverlässigkeit erreicht werden.

Technikkomponenten – Erhöhung der Verfügbarkeit und Automatisierung der Kupplungstechnologie

Im Personenverkehr und bei Lokomotiven hat sich durch Sensorik in den letzten Jahren eine deutliche Erhöhung der Produktivität ergeben. Beispiele sind die Ein-Personen-Bremsprobe vom Führerstand aus und die direkte Verbindung zu den Daten der Zustandssensoren zur Steuerung parallelisierter Instandhaltungsprozesse, um Stillstandzeiten zu minimieren und die Zuverlässigkeit zu erhöhen. Der heute auch bei zuverlässigen Verkehren noch vorhandene Kapazitätspuffer an Eisenbahngüterwagen aufgrund von Schadstand sollte um ein Drittel reduziert werden können (vgl. Abb. 3-8).

Abb. 3-8: Erhöhung der Planungssicherheit



Quelle: eigene Darstellung, TIS, 2010

Versuche, Diagnosesysteme auch im Schienengüterverkehr einzuführen, waren bisher erfolglos. Allerdings wurden in den letzten Jahren Prozess- und IT-Schnittstellen zwischen den Instandhaltungsdienstleistern der Güterwagenhalter und Eisenbahnverkehrsunternehmen technologisch stark modernisiert und die Zulaufsteuerung in die Werke optimiert. Die Sensorik kann nunmehr bestehenden Datenbanken zuarbeiten, wodurch die Datengrundlage weiter verbessert wird. Jedoch ist die Stromversorgung auf den Wagen noch immer nicht befriedigend geklärt. Die Voraussetzungen für mehr Intelligenz, welche die EU-Kommission als Ziel für das zukünftige Verkehrssystem formuliert hat, sind damit für den innovativen Eisenbahngüterwagen 2030 erst im Ansatz gegeben.³²

Entscheidend sind geringe Investitionskosten am Eisenbahngüterwagen und an den ortsfesten Anlagen, eine hohe Zuverlässigkeit des Systems und einfache Bedienung. Das eindeutige Wagennummernsystem und die AVV-Datenbank³³ für ganz Europa bieten dafür gute Voraussetzungen, worauf aufgebaut werden kann.

Ähnlich verhält es sich mit der Verbindung der Eisenbahngüterwagen untereinander, der Kupplungstechnologie. Schnellere, sicherere und ergonomischere Prozesse sind mit automatischen Kupplungssystemen realisierbar. Diese Systeme müssen auch mit den alten Schraubenkupplungen kompatibel sein. Beispiele in Finnland und der Türkei zeigen, wie sogar ein Dauerbetrieb mit gemischten Systemen erfolgreich realisiert werden kann.

³² Vgl. Europäische Kommission: Weissbuch – Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum – Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem. Weissbuch, Brüssel: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2011, S. 10 ff.

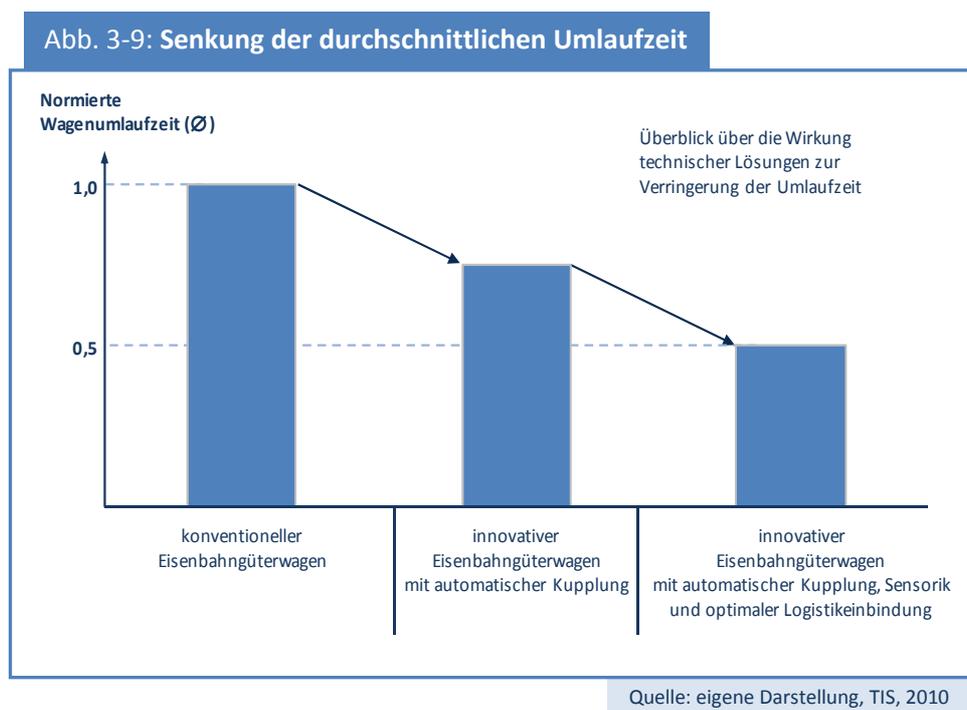
³³ AVV: Allgemeiner Vertrag für die Verwendung von Güterwagen – Multilateraler Vertrag zwischen verschiedenen Akteuren des Sektors zur Regelung der Rechte und Pflichten bei Einsatz von Eisenbahngüterwagen

Allerdings ist der Nutzen stark reduziert. Deshalb sollte der Mischbetrieb nur für eine möglichst kurze Übergangszeit (maximal 8 Jahre) angewendet werden.

Automatische Kupplungen dienen vor allem der deutlich vereinfachten Behandlung in Rangierbahnhöfen. Mit ihrer Hilfe kann man ausgewählte Prozessabläufe beschleunigen, indem Eisenbahngüterwagen, z.B. schon bei der Verteilung nach dem Abdrücken oder Ablaufen, zu neuen Zugverbänden kombiniert werden. Auf diese Weise ist es möglich, die gefährliche und körperlich anstrengende Arbeit des Kuppelns von Hand, wie sie bei Schraubenkupplungen noch nötig ist, zu überwinden. Dies stellt vor dem Hintergrund des demografischen Wandels und Anstiegs des Durchschnittsalters der Angestellten bei den Eisenbahnverkehrsunternehmen einen bedeutenden Vorteil dar und entspricht den von der EU-Kommission im Weissbuch geforderten höherwertigen Arbeitsbedingungen im Verkehrsbereich. In den USA war die Erleichterung der Rangierarbeiten für das Personal der wesentliche Grund für die gesetzlich verordnete Einführung der automatischen Mittelpufferkupplung im Jahr 1893 (safety appliance act), die 1900 abgeschlossen war.

Zudem können mit automatischer Kupplung – wie in den USA und den Ländern der ehemaligen UdSSR – höhere Zugkräfte als mit der konventionellen Schraubenkupplung übertragen werden, was u.a. beim Vorhandensein der infrastrukturellen und technischen Voraussetzungen die Bildung längerer Züge vereinfacht. Diese bieten Kostenersparnis bei Traktion und vor allem hinsichtlich Trassenbelegung. Die Leistungsfähigkeit bestehender Bahnstrecken kann durch den Einsatz längerer Züge besser ausgenutzt werden.

Bei Vollausrüstung des Eisenbahngüterwagenparks können auch elektrische Energieversorgung und Datenaustausch über die automatische Kupplung erfolgen.



Mit den dargestellten technischen Veränderungen wird der innovative Eisenbahngüterwagen zu Effizienzsteigerungen und höherer Kundenorientierung über die gesamte Transportkette beitragen (vgl. Abb. 3-9) und neue Betriebskonzepte ermöglichen.

Zuverlässigkeit

Die kommerzielle Verfügbarkeit der Eisenbahngüterwagen muss erhöht werden. Die Technik bei den Lokomotiven hat bewiesen, dass höhere Komplexität und Zuverlässigkeit dank Diagnose und EDV-basierter Wartungssysteme kein Widerspruch mehr sind. Dieses Erkenntnis löste in den letzten zehn Jahren umfangreiche Neubeschaffungen und eine grundlegende Modernisierung bei Streckenlokomotiven aus. Für Eisenbahngüterwagen muss diese Technik jedoch noch angepasst werden. Außerplanmäßige Instandhaltungsarbeiten, egal ob in der Werkstatt oder mit mobilen Teams, sollten drastisch zurückgehen.

3.5 Der Wachstumsfaktor „Logistikfähig“

Wesentliche Voraussetzungen für die Steigerung der Attraktivität und Wettbewerbsfähigkeit des Eisenbahngüterwagens sind seine

- Integrationsfähigkeit in die Logistikketten der Kunden sowie
- nachhaltige Technologiekonzepte, u.a. für eine „Grüne Logistik“.³⁴

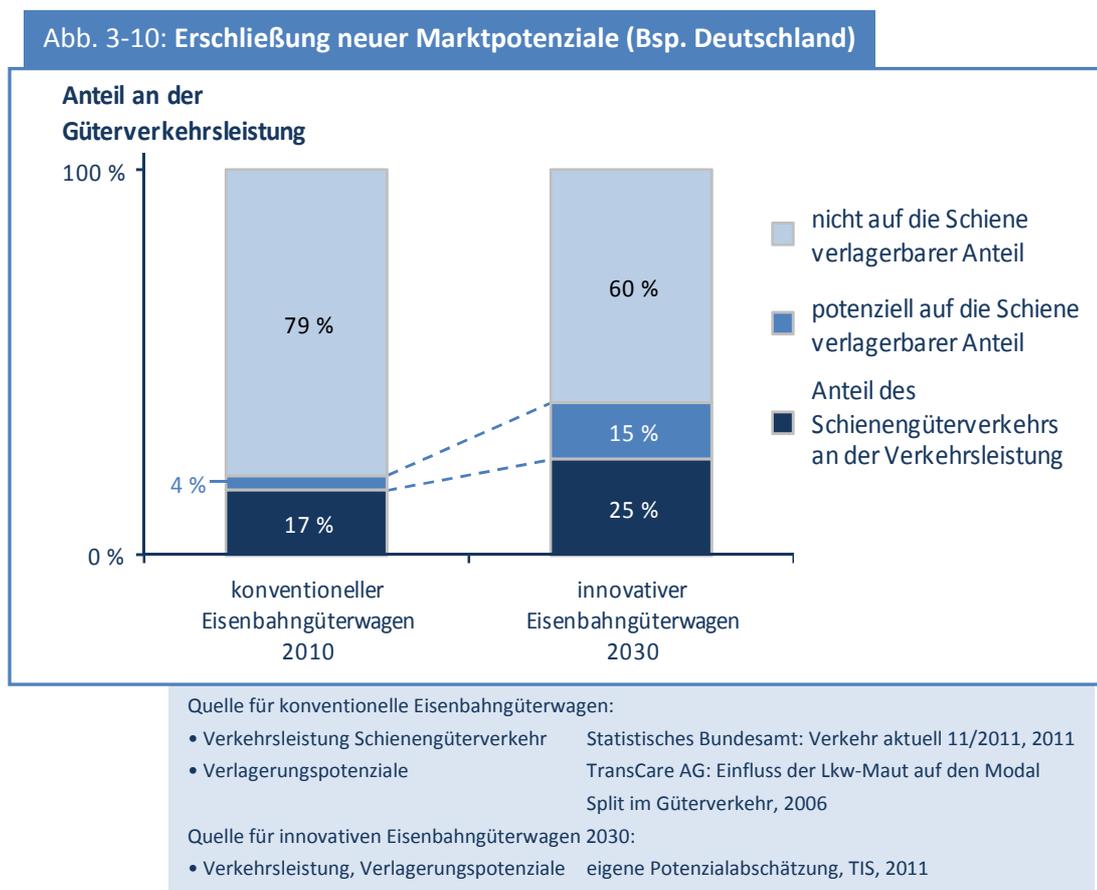
Insofern wird der Wachstumsfaktor „Logistikfähig“ in Gegenwart und Zukunft immer wichtiger. Darauf deuten auch die im Kapitel 1 genannten Faktoren Güterstruktureffekt, Gütermengeneffekt und die steigenden Anforderungen an nachhaltige und ressourcenschonende Logistikdienstleistungen hin.

Die in der Supply Chain vorhandenen Prozesse sind vielfach an ihren Optimierungsgrenzen angelangt. Verbesserungspotenziale bieten hauptsächlich die zunehmende Vernetzung von Dienstleistern, Prozessen und Ressourcen. Dazu zählen u.a. neue Ansätze für eine Bündelung von Wagengruppen und Einzelwagen über neue Vernetzungsstrategien in Beschaffung und Distribution, schnelle Gruppenbildung und Zustellung von Teil- und Komplettladungen, die Verlagerung von internationalen Relationen auf die Schiene sowie die Herausbildung von neuen Produktionstechnologien im Schienengüterverkehr.

Ein besonders starker Impuls zur Steigerung der Attraktivität des Verkehrsträgers Schiene kann durch eine neue Denkweise bei der Kopplung von vorhandenen und innovativen Produkten sowohl intra- als auch intermodal erwartet werden. Hierbei sind besonders

³⁴ Vgl. Gregori, G.; Wimmer, Th. (Hrsg.): Grünbuch der nachhaltigen Logistik. Monografie, Wien: Selbstverlag Bundesvereinigung Logistik Österreich, 2011, S. 20 f.

logistikorientierte Ansätze durch die sog. Komodalität von Angeboten der Straße und der Schiene von hohem Kundeninteresse. Dabei werden die Stärken des umweltfreundlichen Verkehrsträgers Schiene noch durch die Kombination des Eisenbahngüterwagens mit Hybrid- oder Elektrotriebfahrzeugen gestärkt.³⁵ Zusätzlich wird der innovative Eisenbahngüterwagen 2030 eine höhere Verfügbarkeit besitzen sowie eine bessere Qualität und Effizienz der Transport- und Logistikdienstleistungen ermöglichen. Durch die bis 2030 sich noch verbessernde Stellung des Schienengüterverkehrs als ökologisch sinnvolle Lösung für eine moderne Transportlogistik kann angenommen werden, dass sich über das bisherige Maß hinaus zusätzliche Möglichkeiten an potenziell auf den Verkehrsträger Schiene verlagerbaren Transportmengen ergeben (vgl. Abb. 3-10).



Wie in den Abschnitten 1.1 bis 1.3 dargestellt, erfordern Wachstumsorientierung, Nachhaltigkeit und intelligentes Ressourcenmanagement die Vernetzung des Schienengüterverkehrs mit den weiteren Verkehrsträgern und deren Angeboten in den Logistikketten. Dieses Potenzial wird in vollem Umfang erschlossen, wenn man dazu den Eisenbahngüterwagen zukunftsfest in den Vernetzungsebenen

³⁵ Vgl. Obrenovic, M.: Der intelligente Güterwagen. Beitrag (S. 15) in: Railways 04/2011. Zeitschrift, Mainz: Selbstverlag DB Schenker Rail GmbH Mainz, 2011

- Supply Chain,
- verkehrsträgerübergreifende Schnittstellen,
- Ladestellen der Kunden und
- zugehörige Prozesssteuerung

verankert und integriert. Das bedeutet mehr Information vom Eisenbahngüterwagen und seiner Ladung (u.a. durch den gezielten Einsatz von Sensoren) sowie mehr Transparenz entlang der Transportkette. Dies ermöglicht eine bessere Einbindung des Schienengüterverkehrs in verkehrsträgerübergreifende Dispositionssysteme. Zusätzlich schaffen geeignete konstruktive Maßnahmen und Randbedingungen neue Angebote zur Vergrößerung der nutzbaren Ladequerschnitte im Innenraum, für eine Beschleunigung der Be- und Entladeprozesse und, wenn notwendig, zur Beladung über die Stirnseite.

Ganze Standorte und Industrien, die in einer immer mehr auf Globalisierung und Nachhaltigkeit orientierten Logistikwelt agieren, sind von einer funktionierenden Transportlogistik abhängig. In Europa und darüber hinaus bilden die genannten Vernetzungs- und Logistikaufgaben deshalb eine Erfolgsvoraussetzung mit strategischer Bedeutung. Der Eisenbahngüterwagen hat somit nur dann eine Chance, wenn er die dafür notwendigen, logistikorientierten Anforderungen erfüllt:

- Zugang bzw. Passfähigkeit bei Netzen und Prozessen
- Technikanpassung (Eigenschaften, Material, Größe)
- Informationsvernetzung
- Unterstützung der Automatisierung bei Umgebungsprozessen

Darin inkludiert ist jeweils die Anforderung, dass der Eisenbahngüterwagen mit substanziellen und neuen Beiträgen zur Senkung des Energie- und Ressourcenverbrauchs sowie zur Verringerung der Emissionen beitragen muss (Verbesserung der Leistungs- und Verbrauchsparameter, Senkung der Emissionswerte). Erfüllt er diese Erwartungen, kann der innovative Eisenbahngüterwagen 2030 eine neue, systembildende Position in der alternativen Supply Chain sowie für die Erreichung der Klima- und Umweltziele der Gesellschaft einnehmen.

Prozessorientierte und technische Innovationen – Erfüllung logistischer Anforderungen und Nachhaltigkeitserwartungen

Hierbei kommt dem Eisenbahngüterwagen eine Schlüsselrolle zu. Er bildet die Schnittstelle zwischen dem System des Schienengüterverkehrs und den Produktionssystemen der Kunden (Verbindungsglied zwischen Transport- und Industrielogistik, vgl. Abb. 2-1). Das gilt anteilig auch in den Transportketten, in denen der Schienengüterverkehr das richtige Angebot für einen optimierten Materialfluss darstellt, jedoch aus den unterschiedlichsten Gründen an den Be- und Entladestellen keine Schieneninfrastruktur vorhanden ist. Für einen wirtschaftlichen Transport sind unter

diesen Bedingungen geeignete Lösungen für eine Komodalität von Straße und Schiene zu stärken.

Als Beispiel für damit verbundene Wachstumsmöglichkeiten kann die Einrichtung von Rail Ports³⁶, oder verallgemeinert, von intermodalen Drehscheiben dienen. Diese Konzepte bieten Versendern und Empfängern ohne eigenen Gleisanschluss den Zugang zum Schienengüterverkehr. Der innovative Eisenbahngüterwagen 2030 unterstützt die zugehörigen Vernetzungsansätze durch:

- Volumenfähigkeit (an Behältergrößen und Transportgut angepasste bzw. anpassbare Stellflächen und Durchladefähigkeit über 3,00 m Höhe)
- Schnelle, möglichst automatisierte Türöffnungstechnologie (ohne zusätzliches Personal, für alle Jahreszeiten tauglich)
- Behinderungsfreie Be- und Entladung bei Möglichkeit des Andockens an automatische Be- und Entladesysteme (gesamte Breite, zukünftig ggf. Stirnseite)
- Wettbewerbsfähige Laderaumgestaltung, auf den Güterstruktureffekt orientiert
- Gruppenbildung und Zugzerlegung ohne Zeit- und Personalaufwand für das Kuppeln (Nutzung der automatischen Kupplung, vgl. Abschnitt 3.4)

Darüber hinaus werden weitere innovative Ansätze zur Verbesserung der Prozesse auf der sogenannten letzten Meile vorgeschlagen, die sich in wissenschaftlichen Vorbetrachtungen oder im Piloteinsatz befinden.³⁷ Alle Ansätze verbindet die Stärkung des Eisenbahngüterwagens in seiner Logistikfähigkeit.

3.6 Der Wachstumsfaktor „LifeCycleCost-orientiert“

Auch im Zusammenhang mit neuen Ansätzen für die Konstruktion und den Einsatz des innovativen Eisenbahngüterwagens wird dieser weiterhin ein Produkt mit einer relativ langen Lebensdauer sein. Vor diesem Hintergrund muss neben der Eignung für die hochwertigen Transportdienstleistungen in der modernen Logistik insbesondere die Wirtschaftlichkeit des innovativen Güterwagens über seinen gesamten Lebenszyklus gewährleistet werden. Die entstehenden Kosten in den einzelnen Lebensphasen sind hierfür stets in Relation zum Nutzen, zur Produktivität und zum Ertrag sowie zur Nachhaltigkeit zu setzen. Dabei wird grundsätzlich zwischen Anschaffungs- und Folgekosten unterschieden (Folgekosten v.a. Kosten des Betriebs, der Instandhaltung und der Außerbetriebnahme). Gegenwärtig werden Beschaffungsentscheidungen noch vorrangig auf Basis der Anschaffungskosten getroffen, da für diese Kosten zum Entscheidungszeitpunkt weitgehende Transparenz besteht. Die Folgekosten solcher

³⁶ Eingetragene Marke der Deutschen Bahn AG

³⁷ Vgl. Enning, M.; Dickenbrok, B. et al: FlexCargoRail Definitionsphase. Bericht, Berlin: Selbstverlag, 2009



Entscheidungen sind demgegenüber heute noch schwer mess- und prognostizierbar bzw. streuen teilweise erheblich. Insofern besteht für fundierte Betrachtungen zu den gesamten Lebenszykluskosten ein hoher Bedarf. Beschaffungsprozesse können auf eine über den Lebenszyklus des Eisenbahngüterwagens ausgerichtete Entscheidungsgrundlage gestützt werden.

Technikkomponente – Entscheidungsgrundlage Lebenszykluskosten

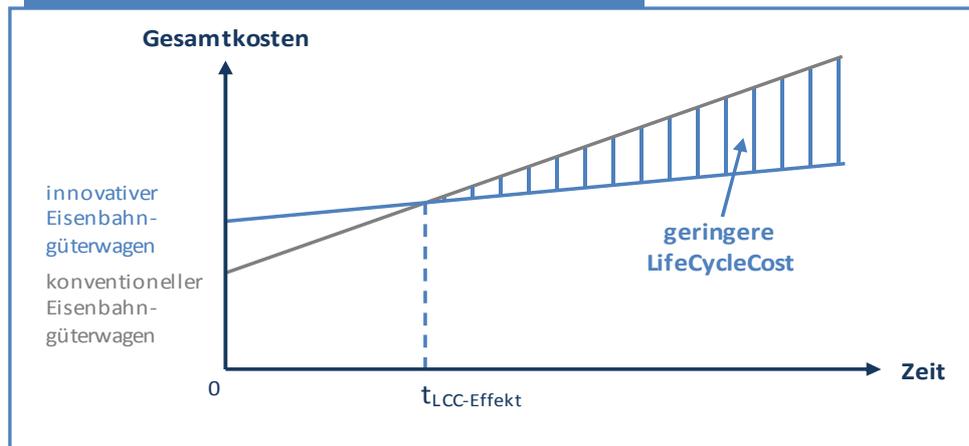
Der Wachstumsfaktor „LifeCycleCost-orientiert“ steht für die Ermittlung und Realisierung geringstmöglicher Gesamtkosten bei Beschaffung und nachfolgenden Lebenszyklusphasen. Dieser ganzheitliche Ansatz ermöglicht eine neue Denk- und Handlungsweise bei der Auswahl von Komponenten für den innovativen Eisenbahngüterwagen. So können beispielsweise konstruktive Änderungen mit leicht höheren Anfangskosten durchaus wirtschaftlich sinnvoll sein, wenn die Mehrkosten durch die Umsetzung der daraus resultierenden Nutzenpotenziale und geringeren Folgekosten kompensiert werden. Die konsequente Berücksichtigung dieses Trade-offs zwischen Anfangs- und Folgekosten ermöglicht die nachhaltige Reduzierung der Gesamtkosten über den Lebenszyklus in Verbindung mit der Verbesserung der technisch-betrieblichen Eigenschaften.

Die Realisierung einer LCC-Orientierung erfordert transparente und auf Basis leistungsfähiger Kostenmodelle verifizierte Informationsgrundlagen. Darauf aufbauend können Technik-, Betriebs- und Instandhaltungsstrategien zielführend entwickelt und aufeinander abgestimmt werden. Dies setzt jedoch durchgängig verfügbare Kenntnisse über Wirkungsketten und -zeitpunkte bei Kosten- und Nutzenfaktoren voraus. Für deren Ermittlung ist ein unternehmensübergreifendes Zusammenwirken der verschiedenen Akteure unabdingbar.³⁸ Der Wachstumsfaktor „LifeCycleCost-orientiert“ strebt gleichzeitig auch die Verbesserung der interdisziplinären und interorganisatorischen Kooperation an, um ganzheitliche und wirkungsvolle Lösungen in einem partnerschaftlichen Umfeld und mit Unterstützung der Wissenschaft zu ermöglichen.

Die Integration dieses Wachstumsfaktors in die Entwicklung des innovativen Eisenbahngüterwagens führt zu einer dauerhaften Senkung der Kosten für Betrieb und Instandhaltung. Gleichzeitig ermöglicht das Verständnis der zentralen Wirkungsketten im Lebenszyklus eine kontinuierliche Verbesserung der Anpassung an die Anforderungen einer modernen Logistik. Dies trägt entscheidend zur Verkürzung der Amortisationszeiten bzw. des Return on Capital Employed (ROCE) beim innovativen Eisenbahngüterwagen bei (vgl. Abb. 3-11).

³⁸ Vgl. Schmidt, M.: Vervollständigung methodischer Grundlagen und Werkzeuge für eine Lebenszykluskosten-orientierte Ressourcennutzung bei Anschlussbahnen. Diplomarbeit, Dresden: Technische Universität Dresden, 2011

Abb. 3-11: Zielfunktion geringerer LifeCycleCost



Quelle: eigene Darstellung, TIS, 2012

Durch die systematische Analyse des Lebenszyklusses von Eisenbahngüterwagen und der Transformation der gewonnenen Ergebnisse in Nutzen und Nachhaltigkeit bildet der Wachstumsfaktor „LifeCycleCost-orientiert“ eine wichtige Grundlage für die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit des Schienengüterverkehrs in den Logistikketten. Darüber hinaus ist er zugleich ein erfolgversprechender Ansatz zur Stärkung des ergebnisorientierten Zusammenwirkens der Akteure beim Einsatz von innovativen Eisenbahngüterwagen.



Die Zukunftsinitiative „5 L“ als kooperative Wachstumsinitiative

4.1 Systematische Erschließung aller Wachstumsfaktoren

In der Vergangenheit wurden zahlreiche technische Einzellösungen zur Verbesserung der verschiedenen Bestandteile des Systems Schienengüterverkehr entwickelt und teilweise zur Marktreife gebracht. Die umgesetzten Maßnahmen konnten jedoch die Verringerung des Anteils des Schienengüterverkehrs am Modal Split trotz erweiterter Marktchancen nicht aufhalten.

Auch beim Eisenbahngüterwagen setzten sich nur sehr wenige Innovationen durch. Dies liegt vor allem an der Komplexität des Systems, also an vielfältigen Ursache-Wirkungs-Beziehungen und der Vielzahl von Beteiligten mit unterschiedlichen Interessen und Verantwortlichkeiten. Innovationen sind häufig von Akteuren zu finanzieren, für die in der Praxis die damit verbundenen Vorteile nicht relevant sind. So nutzt beispielsweise beim Schienengüterverkehr der Einsatz verschleißarmer Drehgestelle vor allem dem Infrastrukturbetreiber. Ihre Finanzierung obliegt jedoch dem Wagenhalter. Dieser trägt auch einen Großteil der Kosten für die Lärmsanierung von Eisenbahngüterwagen, von der die Anwohner profitieren. Darüber hinaus ist in vielen Fällen ein angestrebter Nutzen erst nach Ausrüstung eines signifikanten Teils der Güterwagenflotte realisierbar. Abb. 4-1 zeigt den Aufbau des Eisenbahngüterwagens und ausgewählte Elemente für Innovationen.

Abb. 4-1: Aufbau eines konventionellen Eisenbahngüterwagens (Bsp. Kesselwagen)



Quelle: BASF SE, Ludwigshafen, 2011

Unter dem Eindruck der gewaltigen Dimension bei Anzahl und Vielfalt der Aufgaben zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit des Schienengüterverkehrs in den globalisierten Handelsströmen ist die Zukunftsinitiative „5 L“ als Vorwärtsstrategie zur Erschließung der entscheidenden und wichtigen Wachstumsfaktoren konsequent, systematisch und ohne weiteres Zögern umzusetzen. Dazu gibt es keine Alternative.

Gewolltes Wachstum des Schienengüterverkehrs setzt Investitionen in den Eisenbahngüterwagen voraus.

Die Abstimmung von Investitionsstrategien für die Zukunftsinitiative „5 L“ kann durch eine neue Art und Weise des Zusammenwirkens der Hauptakteure des Schienengüterverkehrs unterstützt werden. Der Zeitpunkt dafür ist günstig. Die Weichen für eine neue Qualität des partnerschaftlichen Zusammenwirkens sind mit der Gründung des Technischen Innovationskreises Schienengüterverkehr gestellt und die Zielrichtung für die Investitionen klar fokussiert und begründet. Das trägt dazu bei, eine zu breite Streuung bei den Investitionen und ihren Wirkungen zu minimieren. Unternehmens- und branchenübergreifendes Denken und Handeln bei wachstumsorientierten Eisenbahnverkehrsunternehmen, Kunden und Verladern, Waggonvermietgesellschaften, Waggonbau- und Zulieferindustrie ist zunehmend vorhanden und immer weiter im Entstehen.

Für die systematische Bündelung der erforderlichen Aktivitäten und Maßnahmen auf dem direkten Weg zu einem innovativen Eisenbahngüterwagen 2030 eröffnet die

Zukunftsinitiative „5 L“

die erforderlichen Handlungsräume.

Der schnelle Übergang zum innovativen Eisenbahngüterwagen wird durch die zielorientierte Nutzung von Technologien und Baugruppen ermöglicht, die zu einem großen Anteil vorhanden sind oder sich bereits in einem fortgeschrittenen Erprobungsstadium befinden.

Umfangreiche und zielgerichtete Förderungen sind notwendig, um die erforderlichen Maßnahmen zu unterstützen.

Die Kernidee des innovativen Eisenbahngüterwagens 2030 beinhaltet ein technisch-betriebliches Gesamtkonzept, das auf

- Stärkung des Wettbewerbs,
- Wachstum durch Wirtschaftlichkeit und Kundennutzen sowie
- Umwelt- und Ressourcenschonung

ausgerichtet ist. Maßgeblich für seinen Erfolg sind die konsequente Berücksichtigung und Erschließung der fünf Wachstumsfaktoren „Leise – Leicht – Laufstark – Logistikfähig – LifeCycleCost-orientiert“.

Die nachfolgende Abb. 4-2 bietet einen Überblick ausgewählter Effekte, die durch die überwiegend bereits heute verfügbaren Komponenten des innovativen Eisenbahngüterwagens ermöglicht werden.

Dabei sind einzelne technische Neuerungen nicht isoliert zu betrachten. Angestrebte Effekte entstehen im Zusammenwirken verschiedener innovativer Komponenten. Zur Erschließung von Wachstums- und Wettbewerbsvorteilen für den Eisenbahngüterwagen sind die Steigerung der Produktivität, die Senkung von Betriebs- und Instandhaltungskosten und Umweltaspekte besonders wichtig.

Abb. 4-2: Exemplarische Darstellung von Komponenten und deren Effekten

Komponente	Wachstumsfaktor	Gegenwärtig	Zukünftig	Kosten		Umweltaspekte	Produktivität
				Anschaffung	Betrieb & Inst.		
Kupplung	Laufstark	Schraubenkupplung	Automatische Mittelpufferkupplung	--	O	O	+
Drehgestell	Leise/LCC-minimiert	Grauguss-/Klotzbremse (bei Nicht-TSI-Wagen)	(K-/LL-Sohle)	-	-	++	-
			Scheibenbremsen	--	+	++	+
		Schraubenedern/Blattfedern	Luftfedern	--	-	+	+
			Gummifedern	-	O	+	O
		Starre Achsen	Lenkbare Achsen	-	+	O	+
Aufbauten	Leicht	Stahlaufbau	Leichtbau	--	-	+	+
	Logistikfähig	G1-Licht-raumprofil	GC-Licht-raumprofil	-	O	+	++
Sensoren/Telematik	Laufstark/Logistikfähig/LCC-orientiert	Personenüberwachte Bremsprobe	Automatische Bremsprobe	-	+	O	++
			Nicht vorhanden	GPS-Fahrzeug-Ortung	-	-	O
		Fahrzeugzustandsüberwachung		--	+	O	+
		Ladungsüberwachung		-	-	O	+
	Laufstark/LCC-minimiert	Ortsfeste Heißläuferortung	Wagenfeste Heißläuferfrüherkennung	-	O	O	O
Regelwerk	Laufstark	Länder- und unternehmensbezogen	EU-weit vereinheitlicht	+	+	O	O

Quelle: eigene Darstellung, TIS, 2011

In der Abbildung sind positive Effekte mit „+“ und negative Effekte mit „-“ dargestellt. Werden keine signifikanten Änderungen erwartet, wird ein „O“ verwendet.

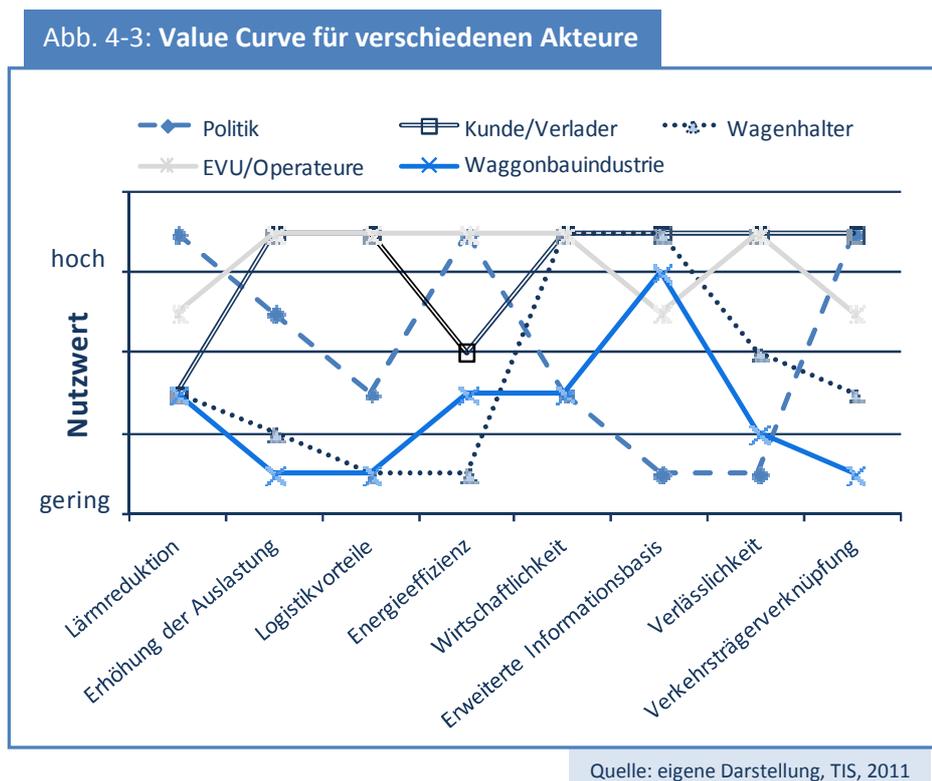


Neben den erzielbaren technisch-betrieblich und logistischen Effekten darf nicht unterschätzt werden, dass durch die systematische Ausschöpfung dieser Potenziale beim innovativen Eisenbahngüterwagen 2030 zugleich der Ausnutzungsgrad der vorhandenen Schieneninfrastruktur zunimmt. Damit werden bei Kapazitätsengpässen Investitionen in deren Ausbau in unterschiedlichem Umfang notwendig. Der innovative Eisenbahngüterwagen kann durch seine Eigenschaften und Effekte dazu beitragen, dass diese geringer ausfallen oder im Idealfall nicht erforderlich sind. Zugleich steigt durch die Maßnahmen insgesamt die Attraktivität des Schienengüterverkehrs für seine Kunden und Betreiber, für Politik und Gesellschaft erheblich an.

4.2 Kooperation der Partner

Voraussetzung für ein gut funktionierendes System Schienengüterverkehr ist die enge Zusammenarbeit aller Beteiligten trotz ihrer unterschiedlichen Interessen. Nur so lassen sich die logistischen Aufgaben qualitativ hochwertig erfüllen und neue Marktanteile gewinnen.

Abb. 4-3 veranschaulicht die divergierenden Nutzwerte verschiedener Innovationsfelder für relevante Akteure. Es wird deutlich, dass Einzelmaßnahmen meist nur Partikularinteressen widerspiegeln. Ein Gesamtoptimum wird dadurch kaum erreicht. Zudem bedürfen Veränderungen der Ressource Eisenbahngüterwagen aufgrund der komplexen Ursache-Wirkungs-Ketten in der Regel der Unterstützung vieler Akteure.



Das technisch-betriebliche Gesamtkonzept des innovativen Eisenbahngüterwagens 2030 kann durch die Einbindung von Vertretern aller Marktteilnehmer bei seiner Erstellung zu einer zielgerichteten Umsetzung innovativer Lösungen beitragen. Die Initiative im Innovationsprozess muss konzertiert erfolgen. Art und Weise des Prozesses sind so zu gestalten, dass trotz der Komplexität des Systems mit seinen vielfältigen Ursache-Wirkungs-Beziehungen der Return on Investment (ROI) bei den jeweils handelnden Akteuren möglich wird. Dabei besteht das Grundverständnis, dass der Anteil am Modal Split nur dann erhöht werden kann, wenn die aufgezeigten Potenziale bei den Wachstumsfaktoren kompetitiv im intermodalen Wettbewerb erschlossen werden. Das sichert sowohl die angestrebten Nachhaltigkeitseffekte für die Gesellschaft als auch Effizienz und Effektivität in den Transport- und Logistikprozessen für die Kunden des Schienengüterverkehrs.

4.3 Migrationsansatz – Schritte zur Umsetzung

Für den Praxiseinsatz des innovativen Eisenbahngüterwagens 2030 sind generell zwei Strategien miteinander zu verknüpfen: Neubau innovativer und Umbau vorhandener Eisenbahngüterwagen. Erfolgsvoraussetzung ist schnelles, abgestimmtes Handeln im Zeitraum von 2014 bis 2030. Ein Andauern der flottenweiten Umrüstung von Waggons über diesen Zeitraum hinaus schmälert nicht nur die Realisierungs- und Wachstumsaussichten des innovativen Eisenbahngüterwagens, sondern würde den erreichten unternehmens- und kundenorientierten Konsens bereits in seiner frühen Phase empfindlich hemmen.

Neubau

Der innovative Eisenbahngüterwagen 2030 erfordert derart tiefgreifende Änderungen, dass ein echter Innovationsschub nur bei Neubauten durchgängig umgesetzt werden kann. Dies betrifft nicht nur die Drehgestelle, die wesentliche Änderungen erfahren; Gleiches gilt für Kupplung und Bremse. Darüber hinaus unterscheiden sich auch die Aufbauten des innovativen Eisenbahngüterwagens 2030 von denen heutiger Eisenbahngüterwagen.

Zwar wird bei Eisenbahngüterwagen von einer Lebensdauer zwischen 30 und 40 Jahren ausgegangen. Für einzelne Wagen ändern sich die Rahmenbedingungen jedoch schneller, so dass u.U. eine Nutzungsdauer von weniger als 10 Jahren auftreten kann. Um diese Wagen dann für andere Transportaufgaben weiter verwenden zu können, müssen Neubauwagen unter technischen und wirtschaftlichen Aspekten umrüstbar sein.



Umbau

Bei vorhandenen Eisenbahngüterwagen kann es in manchen Fällen unter dem Aspekt ihres Umbaus sinnvoll sein, diese mit innovativen Technologien auszurüsten. Technisch besonders einfach ist dies bei der Kupplung, da deren Einbauraum schon seit etwa 35 Jahren wagenbaulich vorgesehen ist (und im Gegensatz zum überwiegenden Teil der Welt bisher nicht genutzt wird). Mit der Einführung der „Technischen Spezifikationen für die Interoperabilität“ (TSI) gilt die Vorhaltung des Einbauraumes jedoch nicht mehr. Deshalb sollte hier besonders schnell reagiert werden.

Ferner besteht die Möglichkeit, Drehgestelle zu tauschen und Sensoriksysteme nachzurüsten. Die Bremse kann, sobald eine Zulassung erfolgt ist, mit LL-Sohlen ausgerüstet werden, die gegenüber der herkömmlichen Grauguss-Bremse für Lärminderung sorgt, aber keine Anpassung des Bremssystems erfordert. Für einen Umbau eignen sich vor allem Eisenbahngüterwagen, die aufgrund eines besonderen (kostenintensiven) Aufbaus mittelfristig nicht durch Neubeschaffungen ersetzt werden sollen.

Wegen der langen Fahrzeuglebensdauer ist der Umbau der Wagen oft attraktiv. Allerdings handelt es sich stets um eine Übertragung von bei Neubauten vorhandenen Eigenschaften. Der Umbau sollte deshalb nicht dauerhaft im Fokus stehen, sondern ergibt sich bei Erfolg der Neubauten gewissermaßen als Ableitung.

Europäische Interoperabilität

Eine Einführung der vorgenannten Technologien ist nur sinnvoll, wenn sie europaweit betrieblich miteinander kompatibel sind, da bereits heute 46 % des Schienengüterverkehrs in der EU 27 grenzüberschreitend erfolgt (bezogen auf die Transportleistung).³⁹ Bei zunehmend verbesserter Mobilität wird sogar mit einer weiteren Steigerung dieses Anteils zu rechnen sein. Allerdings ist von der früher gestellten Forderung der Bau- oder zumindest Prinzipgleichheit abzusehen, um Innovationen nicht zu behindern. Eine Übereinstimmung mit der von der EU-Kommission angestrebten Vereinheitlichung von Zulassungen⁴⁰ sowie die Konformität zum „Allgemeinen Vertrag für die Verwendung von Güterwagen“ (AVV)⁴¹ sind dennoch erreichbar.

³⁹ Vgl. OECD (Hrsg.): Key Transport Statistics – 2010 Data. Bericht, Paris: Selbstverlag, 2011

⁴⁰ Vgl. Europäische Kommission: Weissbuch – Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum – Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem. Weissbuch, Brüssel: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2011, S. 26

⁴¹ AVV: Allgemeiner Vertrag für die Verwendung von Güterwagen – Multilateraler Vertrag zwischen verschiedenen Akteuren des Sektors zur Regelung der Rechte und Pflichten bei Einsatz von Eisenbahngüterwagen

Schritte zur Umsetzung

Die Umsetzung der Zukunftsinitiative „5 L“ beruht auf einer *branchenweiten und unternehmensübergreifenden Zusammenarbeit* auf der Grundlage eines technisch-betrieblichen Gesamtkonzeptes. Entsprechend gestaltete Rahmenbedingungen begünstigen und beschleunigen diesen Prozess. In die Umsetzung werden rechtzeitig Aufsichts- und Zulassungsbehörden und politische Entscheidungsträger einbezogen. Nationale Aktivitäten sind in den Gremien und Organisationen der EU einschließlich Schweiz soweit wie möglich zu synchronisieren.

Seit Öffnung des Schienengüterverkehrsmarktes im Jahr 2006 haben sich starke Akteure im europäischen Schienengüterverkehr etabliert. In Bezug auf die Ressource Eisenbahngüterwagen sind dies die Betreiber bzw. Wagenhalter, die im Konsens mit den weiteren Beteiligten und Unterstützern die Realisierung des innovativen Eisenbahngüterwagens 2030 angehen können (vgl. Abb. 4-4).



Der notwendige schnelle Übergang zum innovativen Eisenbahngüterwagen 2030 erfordert keine langen Voruntersuchungen. Die Grundlagen für einen zeitnahen Start sind mit den vorhandenen Technologien und Baugruppen möglich. Weiterentwicklungen und begleitende Forschung können und müssen im Verlauf eines Stufenprozesses systematisch eingeflochten werden. Basis für ein gemeinsames Vorgehen ist das unternehmens- und bereichsübergreifende Verständnis für eine zielorientierte Umsetzung der Wachstumsfaktoren.



Der **Vorschlag für ein stufenweises Vorgehen** bei den Umsetzungsschritten „Innovativer Eisenbahngüterwagen 2030“ umfasst:

Vorstufe 1:

2012 Abstimmung und Zustimmung einheitliches und gemeinsames Vorgehen
(Einbeziehung aller Akteure gemäß Abb. 4-4)

Vorstufe 2:

2013 Definition von „5 L“-Standards für die Eisenbahngüterwagen
Konsequentes Change-Management und konzertierte Aktion
(mit Bewusstseinsbildung, Einwerbung von Unterstützung)

Umsetzungsstufe 1:

2014 – 2024 **Umrüstung Eisenbahngüterwagen und Neubau**
Einbindung weiterentwickelter Technologien und Forschungsergebnisse
Vermarktung innovativer Lösungen durch die Waggonbauindustrie

Umsetzungsstufe 2:

2025 Nachweis: Effekte Lärmreduzierung in neuen Größenordnungen
Alle neuen Eisenbahngüterwagen mit „5 L“-Standards
Abschluss Beschleunigung betrieblicher Prozesse

Umsetzungsstufe 3:

2025 –2029 Abschluss Umrüstung bei den beteiligten Wagenhaltern zur Sicherstellung der „5 L“-Standards

Umsetzungsstufe 4:

2030 **Vollständige Wirkung der Effekte für Umwelt, Energie und Eisenbahninfrastrukturnutzung**

Die Zukunftsinitiative „5 L“ bietet für die Abstimmung aller Beteiligten eine klare Strategie. Dies trägt dazu bei, dass der innovative Eisenbahngüterwagen länderübergreifend in der EU einschließlich Schweiz eine reale Chance auf Einführung in die Praxis erhält. Effizienz und zielgerichtete Wirkung von öffentlichen Förderprogrammen und Anschubfinanzierungen werden durch den gebildeten Interessenverbund von Eisenbahnverkehrsunternehmen, Kunden und Verladern, Wagenhaltern sowie Waggonbau- und Zulieferindustrie maßgeblich erhöht.

4.4 Unterstützungsbedarf für die Zukunftsinitiative „5 L“

Die in diesem Dokument dargestellten Trends und Schlussfolgerungen zu den Maßnahmen für eine Erhöhung der Effizienz im Schienengüterverkehr stimmen mit den Analysen und dem erklärten Willen der Politik überein. So heißt es im „Weissbuch Verkehr der EU-Kommission“ wörtlich: „Die Eisenbahn wird, besonders im Güterverkehr, zuweilen als unattraktiver Verkehrsträger angesehen. Beispiele in einigen Mitgliedstaaten belegen jedoch, dass sie hochwertige Dienstleistungen bieten kann. Die Herausforderung besteht darin, einen strukturellen Wandel herbeizuführen, um es der Eisenbahn zu ermöglichen, wirksam im Wettbewerb zu bestehen und beim Güterverkehr über mittlere und große Entfernungen einen wesentlich größeren Anteil zu erzielen. Der Ausbau oder die Modernisierung der Schienennetzkapazität wird erhebliche Investitionen erfordern. Es sollten schrittweise neue Fahrzeuge mit leisen Bremsen und automatischen Kupplungen eingeführt werden.“⁴²

Die Zukunftsinitiative „5 L“ zielt darauf ab, vorhandene oder ggf. zusätzliche Fördermittel koordiniert für nachhaltig wirkende Innovationen zu bündeln und Anreize richtig zu setzen. Dazu können bei spezifischen Rahmenbedingungen Anpassungen erforderlich sein. So entwickelt z. B. die EU-Kommission Wege zur Internalisierung externer Effekte.⁴³ In Deutschland wird die Einführung eines Bonussystems für lärmarme Eisenbahngüterwagen diskutiert.⁴⁴

Durch dirigistische Maßnahmen allein wird das für den Schienengüterverkehr gewünschte Wachstum jedoch nicht zu erzielen sein. Stattdessen muss der Nutzen des innovativen Eisenbahngüterwagens 2030 durch Pilotanwendungen so nachgewiesen werden, dass diese

⁴² Europäische Kommission: Weissbuch – Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum – Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem. Weissbuch, Brüssel: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2011, S. 9

⁴³ Vgl. Europäische Kommission: Strategie zur Internalisierung externer Kosten. Mitteilung, Brüssel: Veröffentlichung Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2008

⁴⁴ Vgl. KCW (Hrsg.): Studie zur Ermittlung von Transaktionskosten verschiedener Anreizmodelle für die Umrüstung der Güterwagen-Bestandsflotte auf Verbundstoff-Bremssohlen. Studie, Berlin: Selbstverlag, 2011



Technologie aufgrund der ökonomischen und ökologischen Effizienz für Neu- und bedeutende Altverkehre verwendet wird.

Eine zeitnahe Verfügbarkeit adäquater Initiativmittel sorgt dabei für den erforderlichen Vorlauf bei der Waggonbauindustrie. Dieser Vorlauf ist wichtig und unmittelbar erforderlich, um ab dem Jahr 2014 ein abgestimmtes, in sich harmonisiertes Stufenprogramm für die Herstellung und Markteinführung des innovativen Eisenbahngüterwagens bei deutschen und europäischen Bahnen sowie bei relevanten Dienstleistern zu verwirklichen.

Für die Realisierung des Stufenprogramms auf dem Weg zum innovativen Eisenbahngüterwagen 2030 ist es von herausragender Bedeutung, bereits in den Jahren 2012 und 2013 ausreichend Unterstützung zu generieren und zu bündeln.

Mit dem stufenweisen Vorgehen steht ein gangbares Programm für die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit des Schienengüterverkehrs, die Erschließung seiner Wachstumsfaktoren sowie für das Erreichen der erwarteten und gewünschten Effekte bei Umwelt, Energie und Lärmreduzierung durch den innovativen Eisenbahngüterwagen 2030 zur Umsetzung bereit.

Literaturverzeichnis

Allgemeines Eisenbahngesetz vom 27. Dezember 1993 (BGBl. I S. 2378, 2396; 1994 I S. 2439), das zuletzt durch Artikel 2 Absatz 122 des Gesetzes vom 22. Dezember 2011 (BGBl. I S. 3044) geändert worden ist, §2 (1)

Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) (Hrsg.): Perspektiven des schweizerischen Güterverkehrs bis 2030 – Hypothesen und Szenarien. Studie, Bern: Selbstverlag, 2004

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Masterplan Güterverkehr und Logistik. Bericht, Berlin: Selbstverlag, 2008

Bundesvereinigung Logistik e.V. (Hrsg.): Studie Trends und Strategien in der Logistik 2008: Die Kernaussagen. Zusammenfassung, Bremen: Selbstverlag, 2008

Delfmann, W. et al.: Eckpunktpapier zum Grundverständnis der Logistik als wissenschaftliche Disziplin. Beitrag in: Delfmann, W., Wimmer, T. (Hrsg.): Strukturwandel in der Logistik – Wissenschaft und Praxis im Dialog. Monografie, Hamburg: Deutscher Verkehrsverlag, 2010

Deutsche Bahn AG: Die Umweltstrategie der Deutschen Bahn AG. Präsentation, Cottbus: Selbstverlag, 2009

Enning, M.; Dickenbrok, B. et al: FlexCargoRail Definitionsphase. Bericht, Berlin: Selbstverlag, 2009

Europäisches Parlament und Rat: Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm, Brüssel: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2002

Europäische Kommission: TSI NOISE – Beschluss der Kommission über die Technische Spezifikation für die Interoperabilität zum Teilsystem "Fahrzeuge – Lärm" des konventionellen transeuropäischen Bahnsystems. Beschluss, Brüssel: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2011

Europäische Kommission: TSI WAG – Beschluss der Kommission über die Technische Spezifikation für die Interoperabilität zum Teilsystem "Fahrzeuge – Güterwagen" des konventionellen transeuropäischen Bahnsystems. Beschluss, Brüssel: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2006

Europäische Kommission: Strategie zur Internalisierung externer Kosten. Mitteilung, Brüssel: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2008



Europäische Kommission: Weissbuch – Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum – Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem. Weissbuch, Brüssel: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2011

Europäische Kommission/DG TREN: EU energy trends to 2030 – Update 2009. Studie, Luxembourg: Brüssel: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2010

Fraunhofer IIS: Wirtschaftliche Rahmenbedingungen des Güterverkehrs – Studie zum Vergleich der Verkehrsträger im Rahmen der Logistikprozesse in Deutschland. Studie, Nürnberg: Fraunhofer IRB Verlag, 2008

Gregori, G.; Wimmer, Th. (Hrsg.): Grünbuch der nachhaltigen Logistik. Monografie, Wien: Eigenverlag Bundesvereinigung Logistik Österreich, 2011

Grotrian, J.: Verkehr in der Schweiz. Monografie, Zürich/Chur: Rüegger Verlag, 2007

Hecht, M.; Keudel, J.: Verbesserte Energieeffizienz durch radialeinstellendes Fahrwerk. Beitrag (S. 42 - 47) in: Der Eisenbahningenieur 05/2006. Zeitschrift, Hamburg: Tetzlaffverlag, 2006

Hecht, M.; Lang, H.-P. et al: Akustik – Luftschall und Erschütterungen aus dem Schienenverkehr. Beitrag (S. 229 - 242) in Lübke, D. et al: Handbuch „Das System Bahn“. Monografie, Hamburg: DVV Rail Media, 2008

Institut für Mobilitätsforschung: Zukunft der Mobilität – Szenarien für das Jahr 2025 – erste Fortschreibung. Studie, Berlin: Selbstverlag, 2005

Internationaler Eisenbahnverband (UIC): Allgemeiner Vertrag für die Verwendung von Güterwagen. Vertragswerk des Internationalen Eisenbahnverbandes in der Fassung von 2009

Intraplan Consult/BVU Beratergruppe: Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtung 2025. Studie, München/Freiburg: Selbstverlag, 2007

KCW (Hrsg.): Studie zur Ermittlung von Transaktionskosten verschiedener Anreizmodelle für die Umrüstung der Güterwagen-Bestandsflotte auf Verbundstoff-Bremssohlen. Studie, Berlin: Selbstverlag, 2011

König, R.; Hufenbach, W.; Adam, F.: Innovativer Güterwagen durch Leichtbau. Vortrag, Dresden: Selbstverlag, 2008

König, R.; Jugelt, R.: Neue Wege für die Einbindung des Schienengüterverkehrs in die Wertschöpfungsketten der Logistik. Beitrag (S. 115 - 120) in: Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden, Band 58. Zeitschrift, Dresden: Selbstverlag, 2009

König, R.; Jugelt, R.: Schienengüterverkehr in die Wertschöpfungsketten einbinden – Denkansätze zum unternehmensübergreifenden Potenzialscreening. Beitrag (S. 14 - 18) in: Güterbahnen 04/2009. Zeitschrift, Düsseldorf: Alba Fachverlag, 2009

Malik, F.: Management – Das A und O des Handwerks. Monografie, Frankfurt am Main: Campus Verlag, 2007

Obrenovic, M.: Der intelligente Güterwagen. Beitrag (S. 15) in: Railways 04/2011. Zeitschrift, Mainz, Selbstverlag DB Schenker Rail GmbH Mainz, 2011

OECD (Hrsg.): Key Transport Statistics – 2010 Data. Bericht, Paris: Selbstverlag, 2011

Schmidt, M.: Vervollständigung methodischer Grundlagen und Werkzeuge für eine Lebenszykluskosten-orientierte Ressourcennutzung bei Anschlussbahnen. Diplomarbeit, Dresden: Technische Universität Dresden, 2011

Schulz, E. (Hrsg.): RAIL-noise 2011 – Bahn-Akustik bei Schienenfahrzeugen und Schienenfahrwegen. Tagungsdokumentation, Berlin: IFV Bahntechnik e.V., 2011

Shoeib, R.: Experimentelle Untersuchung zur Reduzierung des aerodynamischen Widerstandes von Schüttgutwaggons durch Abdeckungen. Diplomarbeit, Berlin: Technische Universität Berlin, 2011

Statistisches Bundesamt: Verkehr aktuell 11/2011. Bericht, Wiesbaden: Selbstverlag, 2011

Thompson, D.: Railway Noise and Vibration. Monografie, Oxford: Elsevier, 2009

TransCare AG: Einfluss der Lkw-Maut auf den Modal Split im Güterverkehr. Studie, Wiesbaden: Selbstverlag, 2006

Verband der Bahnindustrie in Deutschland (VDB) e.V.: Zahlen und Fakten: Bahnindustrie und Klimaschutz. Präsentation, Berlin: Selbstverlag, 2010

Voges, W.; Sachse, M.: Neue Dimensionen für den Güterverkehr. Beitrag (S. 606 - 610) in: Eisenbahntechnische Rundschau 10/1998. Zeitschrift, Darmstadt: Hestra-Verlag, 1998



ISBN 978-3-00-039376-1

PDF-Version