



Markus Hecht/Oliver Schwedes

DIE BAHN ALS INTEGRIERTES GESAMTSYSTEM

Innovationspotentiale der Schiene zur
Gestaltung der Energiewende im Verkehr

DISCUSSION PAPER

IVP-Discussion Paper 1/2016

Markus Hecht / Oliver Schwedes

Die Bahn als integriertes Gesamtsystem

Innovationspotentiale der Schiene zur Gestaltung der Energiewende im Verkehr

Die IVP-Discussion Papers sind wissenschaftliche Arbeitspapiere mit einem vorläufigen Charakter und sollen den wissenschaftlichen Diskurs befördern. Stellungnahmen und Diskussionsbeiträge sind von den Autoren ausdrücklich erwünscht.

IVP-Discussion Papers are scientific working papers of a preliminary character aimed at promoting scientific discourse. Comments and contributions to the discussion are expressly desired by the authors.

Herausgeber:

Fachgebiet Integrierte Verkehrsplanung

Leitung: Prof. Dr. Oliver Schwedes

Sekr. SG 4, Salzufer 17/19, 10587 Berlin

Telefon: +49 (0)30/314-25145

Fax: +49 (0)30/314-27875

Homepage: <http://www.ivp.tu-berlin.de/>

Institut für Land- und Seeverkehr

Fakultät Verkehrs und Maschinensysteme

Technische Universität Berlin

ISSN 2197-6341

Zitierweise: Hecht, Markus; Oliver Schwedes (2016): Die Bahn als integriertes Gesamtsystem. IVP-Discussion Paper. Heft 1/2016. Berlin.

Zusammenfassung

Der Eisenbahn in Deutschland fehlt momentan eine klare und richtungsweisende Strategie, um ihrer Rolle eines umweltfreundlichen und in die Zukunft gerichteten Verkehrsmittels gerecht zu werden. Dies zeigt sich unter anderem darin, dass seit dem Beginn der Bahnreform im Jahr 1995 bislang nur geringe Veränderungen im Modal Split erzielt werden konnten. Mehr denn je bewegt sich die Bahn in einem Spannungsfeld zwischen eigenwirtschaftlichen, politischen und gesellschaftlichen Interessen.

Ausgehend von dem von uns gesetzten Ziel einer massiven Erhöhung der Verkehrsleistung, im Personenverkehr auf 25 Prozent und im Güterverkehr auf 40 Prozent, werden in diesem Discussion Paper geeignete Maßnahmen in den Bereichen Fahrplan, Infrastruktur, Betrieb und Fahrzeugtechnik abgeleitet. Damit soll die Bahn ihrer Rolle in der Mitgestaltung der Energiewende im Verkehr gerecht werden.

Wesentliche Maßnahmen im Personenverkehr basieren auf einer Erhöhung der Zuganzahl, der Vergrößerung der Kapazität durch Doppelstockwagen, der Flexibilisierung des Betriebsablaufs durch automatische Kupplungen sowie der Einrichtung eines vertakteten und verknüpften Gesamtkonzepts. Im Güterverkehr basieren die Maßnahmen insbesondere auf technologischen Entwicklungen wie einer automatischen Kupplung und neuartigen Konzepten des Warentransports.

Die vielfache thematische Verzahnung der verschiedenen Maßnahmen macht deutlich, dass die Innovationspotentiale der Schiene nur im Sinne eines Integrierten Gesamtsystems mit präzisen Schnittstellendefinitionen angegangen und mit klarem, von der Gesellschaft ausgehenden, politischem Auftrag gelöst werden können.

Abstract

Currently the railway in Germany lacks a clear and innovative strategy, in order to meet its role of an environmentally friendly and future-oriented transport mode. This is evident from the little change in the modal split, which could be achieved since the reformation of the railway system in 1995. More than ever before, the German railway is trying to find a meaningful balance between the conflicting priorities of commercial, political and social interests.

Aiming to greatly enhance the existing transport services (passenger traffic by 25 % and freight traffic by 40 %), this paper presents suitable measures in the areas of railway schedules, infrastructure, operation and engineering. It is the authors' explicit hope that these measures – if implemented – will enable the German railway to fulfill its responsibility in supporting the energy transition within the transport sector.

Essential measures in passenger traffic are based on increasing the number of wagons, as well as on raising their capacities by using double stack wagons. Additionally the flexibility of operating procedures needs to be enhanced by implementing automatic train coupling systems and establishing a thoroughly linked and well-timed master plan. Freight traffic improvements are mainly based on technological advances such as automatic couplings and innovative concepts for goods transport.

The railway's potential for innovation can only be achieved through an integrated system with well-defined points of intersection between the associated topics. But this can only occur through a distinct political mandate.

Inhalt

Zusammenfassung	i
Abstract	ii
Inhalt	iii
Glossar.....	iv
1 Verkehrspolitische Einordnung.....	1
2 Einführung.....	3
3 Selbstgesetzte Ziele	5
4 Themenfelder zur Umsetzung der Energiewende im Schienenverkehr	8
4.1 Fahrplan	9
4.2 Infrastruktur	14
4.3 Betrieb	19
4.4 Fahrzeugtechnik	24
5 Zusammenfassung	27
6 Resümee.....	28
7 Literaturverzeichnis.....	31

Glossar

Lichtraumprofil:

Ist ein Bereich um den Fahrweg eines Zuges, welcher von Hindernissen freigehalten werden muss. Weiterhin ist das Lichtraumprofil auch als konstruktive Vorgabe für den Bau von Schienenfahrzeugen anzusehen. Diese müssen so entworfen werden, dass sie den fest definierten Bereich zu jeden Zeitpunkt einer Fahrt einhalten können. Die Bezeichnungen „G1“, „G2“ und „GC“ stehen für unterschiedliche Lichtraumprofile.

Stärken/Schwächen von Zügen:

Das Stärken bzw. Schwächen von Zügen bezeichnet das An- bzw. Abkoppeln von Wagen oder Wageneinheiten auf dem Laufweg eines Zuges.

Platzkilometer:

Unter Platzkilometern versteht man das Produkt aus der Nutzleistung (Nutzwagenkilometer) eines Fahrzeugs und der Zahl der maximal vorhandenen Fahrgastplätze (Fassungsvermögen) ¹

Rekuperationsbremse:

Die Rekuperationsbremse ist eine elektrische Bremse, welche während des Bremsvorgangs die auftretende Energie in elektrische Energie umwandeln und ins Netz zurückspeisen oder speichern kann.

¹ Definition aus: Richtlinie zur Bestimmung des Fassungsvermögens von Fahrzeugen des Personenverkehrs für statistische Zwecke (Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) 1990.

1 Verkehrspolitische Einordnung²

Der verkehrspolitisch-programmatische Anspruch einerseits und die reale Verkehrsentwicklung klaffen seit Jahrzehnten weit auseinander. Während spätestens seit den 1970er Jahren eine Verlagerung des Verkehrs von der Straße auf die Schiene gefordert wird, hat seitdem der Anteil des Straßenverkehrs kontinuierlich zugenommen. Heute ist der Verkehr der zweitgrößte Verursacher von CO₂-Emissionen. Darüber hinaus ist er der einzige Sektor, in dem die CO₂-Emissionen weiter steigen, während sie in allen anderen Sektoren (Energiewirtschaft, Industrie, Haushalte, Gewerbe/Handel/Dienstleistung) stagnieren oder rückläufig sind (vgl. UBA 2015). Dementsprechend stellt die Europäische Kommission fest, dass wir uns im Verkehrssektor noch nicht auf einem nachhaltigen Entwicklungspfad befinden. Für den Fall, dass sich die Rahmenbedingungen nicht grundlegend ändern, prognostiziert sie eine düstere Zukunft: „Geht alles seinen bisherigen Gang, dürfte die Ölabhängigkeit des Verkehrs weiterhin nur geringfügig weniger als 90 % betragen, und erneuerbare Energiequellen werden das Ziel von 10 % für 2020 nur unwesentlich überschreiten. Der CO₂-Ausstoß des Verkehrs würde bis 2050 ein Drittel höher ausfallen als nach dem Stand von 1990. Die Überlastungsbedingten Kosten werden bis 2050 um rund 50 % steigen. Die Schere zwischen zentralen Regionen und Randgebieten wird sich weiter öffnen, was die Zugänglichkeit angeht. Die gesellschaftlichen Kosten von Unfällen und Lärmbelastung würden weiter steigen“ (KOM 2011: 5).

Die Gründe für diese unbefriedigende Situation im Politikfeld Verkehr sind vielschichtig und an anderer Stelle ausführlich dargelegt (vgl. Schwedes et al. 2016). In diesem Discussion Paper konzentrieren wir uns hingegen auf das Verkehrssystem Bahn, das spätestens seit der sog. Bahnreform Mitte der 1990er Jahre politisch umkämpft ist. Seinerzeit wurde die Bundesbahn zu Recht für ihre fehlende Innovationskraft, unwirtschaftliche Betriebsführung und weitreichende Kundenferne kritisiert. Während in der kritischen Bestandsaufnahme weitgehend Einigkeit herrschte, gingen schon damals die Ansichten darüber auseinander, wie das Verkehrssystem Bahn reformiert werden sollte.

Der von uns favorisierte integrierte Planungsansatz hat den Anspruch, die verschiedenen Dimensionen des Bahnsystems zusammenzudenken. Demnach sollen neben seiner gesellschaftlichen Bedeutung und den damit verbundenen sozialen Aspekten die politische Organisation, die technologische Konstitution, die ökologischen Effekte und nicht zuletzt auch der wirtschaftliche Erfolg der Bahn berücksichtigt werden. Demgegenüber setzte sich in den 1990er Jahren ein neoliberaler Reformansatz durch, der einseitig das ökonomische Ziel der Marktintegration verfolgte (vgl. Engartner 2008). Die Bahn sollte sich als

² Für die Unterstützung bei der Erstellung des Discussion Papers möchten wir uns bei Trutz von Olnhausen bedanken.

Wirtschaftsunternehmen am Markt behaupten und dadurch neue Innovationskraft schöpfen. Von einem derart wirtschaftlich gesunden Konzern würde die Gesellschaft insgesamt sowie die Kundinnen und Kunden im Besonderen und nicht zuletzt auch die Umwelt profitieren. Ansätze politischer Planung hingegen waren diskreditiert und spielten auf der politischen Agenda kaum eine Rolle.

Nach zwanzig Jahren Bahnreform ist die Bilanz enttäuschend (vgl. Knierim/Wolf 2014). Weder im Personen- noch im Güterverkehr konnte die Bahn Marktanteile hinzugewinnen – im Gegenteil. Während die Konkurrenz mit den Fernbussen zu Einbrüchen im Personenverkehr führt, verliert der Schienengüterverkehr weiterhin Anteile an die Straße. Der Konzern reagiert darauf, wie schon öfter in den letzten zwanzig Jahren, mit hektischer Betriebsamkeit (vgl. Öchsner 2015), so, als sei nicht längst deutlich geworden, dass das bornierte betriebswirtschaftliche Kalkül an seine Grenzen gestoßen ist.

Wir sind davon überzeugt, dass eine erfolgreiche Bahnreform im Sinne einer nachhaltigen Verkehrsentwicklung, eine integrierte verkehrspolitische Strategie erfordert. Was aber spricht für eine verkehrspolitische Strategie, in der die Bahn eine zentrale Rolle einnimmt? Im Folgenden möchten wir zeigen, warum es sich gesamtgesellschaftlich lohnt, über eine integrierte Reformstrategie für das Verkehrssystem Bahn nachzudenken. Unsere These lautet, dass die Bahn als Dreh- und Angelpunkt einer bundesweiten Energie- und Verkehrswende fungieren kann.

2 Einführung

Die Eisenbahn in Deutschland bewegt sich, wie kein anderes Verkehrsmittel, in einem stetigen Spannungsfeld zwischen eigenwirtschaftlichen, politischen und gesellschaftlichen Interessen. Kaum ein Monat vergeht ohne neue Meldungen und anschließende Debatten über erneute Umsatz- und Gewinneinbrüche, die beispielsweise durch die Konkurrenz der Fernbusse und den zurückgehenden Schienengüterverkehr bedingt sind. Im Personenverkehr werden fast jedes Jahr die Preise erhöht, ohne dass die Qualität in erkennbarem Maße steigt. Weitere große Probleme, wie die sich über Jahre verzögernden Fahrzeugzulassungen, der Rückzug aus dem Güter- und Nachtzugverkehr sowie der Investitionsrückstau, vor allem bei den Stellwerken und der massiv getätigte Rückbau der Infrastruktur lassen eine klare Richtung und zukunftsweisende Entwicklung des Schienenverkehrs in Deutschland vermissen.

Die mit der Bahnreform 1994 eingeleitete Liberalisierung der Eisenbahn ist eindeutig hinter den Erwartungen zurück geblieben. Zwar konnte die Bahn die Verkehrsleistung im gleichen Verhältnis wie andere Verkehrsträger steigern, doch relativ gesehen hat sich bis heute keine signifikante Veränderung im Modal Split ergeben (Bundesnetzagentur 2014: 16 f.). Dass dies nicht den Vorstellungen und Wünschen der breiten Masse der Bevölkerung entspricht, zeigt sich an den regen Diskussionen. Auf politischer Ebene ist die Verlagerung des Verkehrs auf die Schiene im Koalitionsvertrag als erklärtes Ziel verankert und gibt der aktuellen Entwicklung des Schienenverkehrs politische Relevanz (Bundesregierung 2013: 42).

In Zusammenhang mit der eingeleiteten Energiewende sowie den klimapolitischen Zielen kommt dem Verkehrssektor als zweitgrößter CO₂-Produzent eine große Bedeutung zu. Dabei kann die Eisenbahn aufgrund der hohen Massenleistungsfähigkeit und des geringen spezifischen Energieverbrauchs, der in weiten Teilen elektrisch zugeführt wird, einen wesentlichen Beitrag zur Gestaltung der Energiewende im Verkehr leisten. Allerdings muss der Marktanteil der Eisenbahn eine signifikante Bedeutung erreichen. Die Eisenbahn wird dabei als Teil eines integrierten Gesamtverkehrssystems begriffen, welches in Kombination und Verzahnung mit den anderen Verkehrsträgern verstanden wird. Hierbei ist eine Zusammenarbeit und Kooperation der Akteur_innen innerhalb der Eisenbahnstrukturen, ungeachtet der rechtlichen Ausgestaltung, unabdingbar. Nur so können die politischen Ziele zur erfolgreichen Umsetzung der Energiewende im Verkehrssektor erreicht werden und dem Schienenverkehr in Deutschland wieder die ihm angemessene Rolle zukommen.

Ausgehend von einem breiten politischen und gesellschaftlichen Willen, die aktuelle Rolle und Situation der Eisenbahn grundlegend zu verändern, werden in diesem Discussion Paper, auf Basis einer Analyse der aktuellen Situation des Schienenverkehrs in Deutschland, in einem ersten Schritt Zielwerte im Modal Split definiert, die innerhalb eines Zeithorizonts zu erreichen sind. Ausgehend von der ersten Analyse und der Definition der zu erreichenden Ziele werden dann in einem zweiten Schritt Maßnahmen in den Bereichen Fahrplan, Infrastruktur, Betrieb und

Fahrzeugtechnik beschrieben, welche für die Umsetzung der Zielwerte vollzogen werden müssen. Das Paper schließt mit einer Zusammenfassung und einem Resümee.

3 Selbstgesetzte Ziele

Im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtung wird nach der Beschreibung der Ausgangslage und aktuellen Situation des Schienenverkehrs in Deutschland eine Zielgröße im Modal Split angesetzt, welche zur Erreichung der Energiewende im Verkehr nötig ist. Hierbei wird zwischen dem Schienenpersonen- und Schienengüterverkehr differenziert. Daraus leiten sich dann die im vierten Kapitel skizzierten Ansätze und Maßnahmen ab.

Ausgangslage und aktuelle Situation

In vielen von der Deutschen Bahn veröffentlichten Publikationen wird die Bahnreform als voller Erfolg verkauft (Deutsche Bahn AG 2013). Als Begründung wird auf die stetigen Zuwächse des Verkehrsaufkommens und Verkehrsleistung im Schienenverkehr verwiesen. Diese Zuwächse sind belegbar. Doch der daraus geschlussfolgerte positive Entwicklungsfortschritt entspricht nur der halben Wahrheit. Vergleicht man die Entwicklung des Modal Split, also die prozentuale Verteilung der Verkehrsleistung gemessen in Personenkilometern (Pkm) bzw. Tonnenkilometern (Tkm) zwischen den Verkehrsmitteln, fällt auf, dass der Modal Split über den gesamten Zeitraum nahezu identisch geblieben ist (vgl. Abbildung1).

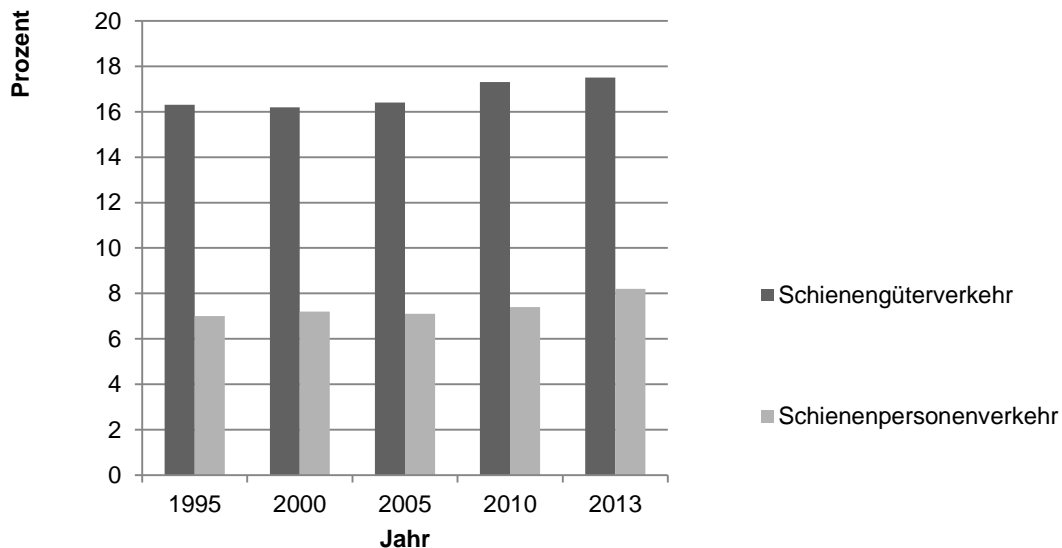


Abbildung 1: Entwicklung des Modal Split im Schienenverkehr
(Umweltbundesamt 2012: 6 und Bundesnetzagentur 2014: 16 f.)

So schwankt der Modal Split im Schienenpersonenverkehr seit der Bahnreform zwischen 7 und 8 Prozent. Laut des Wettbewerbsberichts der Deutschen Bahn AG (Deutsche Bahn AG 2014: 8) wurde im Jahr 2013 sogar ein Rückgang von 0,2 Prozentpunkten verzeichnet.

Im Schienengüterverkehr zeichnet sich ein identisches Bild ab. Hier liegt der Modal Split seit dem Jahr 1995 zwischen 16 und 17 Prozent, gemessen in Tkm. Dieser Wert scheint mit rund einem Fünftel am Gesamtanteil zufriedenstellend, doch relativiert sich dieser bei genauerer Betrachtung ebenfalls, denn der Umsatz des Schienengüterverkehrs beträgt 4,7 Mrd. €, was nur ca. 2 Prozent des Umsatzes der Transportlogistik entspricht (vgl. Stehen 2014). Der Schienengüterverkehr bewegt zwar eine große Anzahl an Tonnagen über weite Strecken, setzt damit im Verhältnis aber wenig Geld um. Somit bleibt dieser unattraktiv für Unternehmen und Investor_innen.

Zusammenfassend lässt sich die Entwicklung des Schienenverkehrs in den letzten Jahren keineswegs als Erfolgsgeschichte darstellen. Die Eisenbahn konnte immerhin ihren Marktanteil im Verhältnis zu den anderen Verkehrsmitteln behaupten und an dem allgemeinen Verkehrswachstum partizipieren, jedoch stagnierte die relative Verteilung der Verkehrsleistung. Dies lässt sich klar am Modal Split erkennen. Aus diesen Erkenntnissen leiten sich die weiteren Schritte zum Erreichen der Energiewende im Verkehr ab.

Zielgrößen im Modal Split

Im folgenden Unterkapitel werden nun Zielgrößen im Modal Split benannt, die zur erfolgreichen Umsetzung der Energiewende nötig sind. So wird im Schienenpersonenverkehr eine Verdreifachung des Marktanteils in Pkm von 8 auf ca. 25 Prozent veranschlagt. Dass dieser Wert keineswegs utopisch ist, zeigt die Schweiz. Hier liegt der Anteil des öffentlichen Verkehrs am gesamten Personenverkehr auf Straße und Schiene bei über 20 Prozent (Bundesamt für Statistik 2015a). Dabei ist das politische Bestreben sogar noch ambitionierter. Die Schweiz strebt weitere Steigerungen im Schienenpersonenverkehr auf den fünffachen Anteil des Modal Split verglichen mit Deutschland an.

Die Umsetzung dieser Ziele basiert im Grundsatz auf zwei Säulen. Einerseits muss die Kapazität durch den konsequenten Einsatz von Doppelstockzügen erhöht werden. Andererseits müssen mehr und längere Züge verkehren. Dies hat zur Folge, dass die Infrastruktur, also Bahnhöfe und Strecken, in erheblichem Umfang ausgebaut werden müssen. Hinzu kommen weitere kleinere Maßnahmen. Näheres hierzu wird im vierten Kapitel unter den Punkten Fahrplan und Infrastruktur erläutert.

Auch im Schienengüterverkehr dient die Schweiz als Vorbild. Hier liegt der Anteil des Güterverkehrs auf der Schiene am gesamten terrestrischen Güterverkehr bei ca. 40 Prozent in Tkm (Bundesamt für Statistik 2015b). Als Zielgröße in Deutschland wird eine Verdoppelung des Modal Splits von 17 auf ca. 40 Prozent in Tkm festgesetzt. Damit der Güterverkehr auf der Schiene kein Nischengeschäft bleibt, muss im gleichen Schritt der Umsatzanteil auf ca. 6 Prozent verdreifacht werden, was in etwa 15 Mrd. € entspricht.

Wesentliches Ziel ist hierbei, sich von alten Geschäftsmodellen, wie dem langsamen und unzuverlässigen Einzelwagenverkehr zu lösen und stattdessen ertragreiche Güter durch schnellen und zuverlässigen Transport auf die Schiene zu bringen.

Hierbei können beispielsweise die Verlagerung von Luftfracht, der steigende Onlinehandel und der draus resultierende Paketverkehr sowie das Segment des standardisierten Containerverkehrs entscheidende Marktfelder sein.

Energieeinsparpotential

Aus den angesetzten Zielgrößen im Modal Split und der draus resultierenden Verlagerung sowie weiteren Effizienzsteigerungen im Schienenverkehr ergeben sich erhebliche Energieeinsparpotentiale. Diese werden auf 25 bis 30 Prozent je Pkm und Tkm angesetzt. Bereits jetzt ist der Hauptenergieversorger für Bahnenergie *DB Energie* mit rund 10 TWh der größte Einzelstromverbraucher in Deutschland und trägt damit eine wesentliche Verantwortung bei der Umsetzung der Energiewende.

Zeithorizont der Umsetzung

Als Zeithorizont für die Umsetzung der folgenden Maßnahmen und Innovationen wird das Jahr 2030 angesetzt. Dabei sind fünf Jahre für die Planung und weitere zehn Jahre für die Umsetzung der Maßnahmen gedacht. Dies betrifft im besonderen Maße langfristige Entwicklungen und Entscheidungen seitens der Fahrplanung, welche eine Veränderung und den Umbau der Infrastruktur sowie eine Neuanschaffung von Fahrzeugen nach sich ziehen. Kurzfristig umsetzbare Überlegungen werden aber ebenfalls vorgestellt.

4 Themenfelder zur Umsetzung der Energiewende im Schienenverkehr

Im folgenden Kapitel werden notwendige Maßnahmen skizziert, um die definierten Zielgrößen im Modal Split durch eine Verkehrsverlagerung zu erreichen. Hinzukommen weitere Möglichkeiten durch Effizienzsteigerungen und der dadurch entstehenden Energieeinsparpotentiale.

Die Themenfelder gliedern sich in folgende vier Unterpunkte: Fahrplan, Infrastruktur, Betrieb und Fahrzeugtechnik. Die Themen lassen sich nicht immer trennscharf unterscheiden bzw. müssen in einigen Fällen zusammenhängend betrachtet und gedacht werden. Insbesondere Entscheidungen, die in der grundlegenden Phase der Entwicklung von Fahrplänen und Betriebskonzepten getroffen werden, haben weitreichende Auswirkungen auf Rollmaterial und Infrastruktur. Aber auch Betrieb und Fahrzeugtechnik sind eng miteinander verwoben.

Um diese Verzahnung besser zu verdeutlichen, wird ein fiktives Beispiel einer Betriebsstörung und der daraus folgenden Verspätungen skizziert. Dies lässt sich sehr gut an den im Bahnsystem anfallenden Verspätungen erklären. An einer Güterzuglokomotive fällt aufgrund einer technischen Störung der Dieselmotor aus. Die Lokomotive hat ihr kritisches Alter für eine Ausmusterung bereits erreicht, fährt aber trotzdem noch weiter im planmäßigen Umlauf. Der Zugverband kann gerade noch in den nächsten Bahnhof rollen, bleibt dort aber auf dem durchgehenden Hauptgleis liegen. Dies hat zur Folge, dass der nachfolgende Schienenpersonenfernverkehr, der den Bahnhof ohne Halt passieren sollte, abweichend über die Bahnsteiggleise verkehren muss. Die dort verbauten Weichen zwingen den Zug den Bahnhof mit maximal 60 km/h zu durchfahren. Dadurch bekommt jeder Zug eine Zusatzverspätung von vier Minuten.

Nun hat eine Verspätungsursache mit Ursprung in der mangelhaften Fahrzeugtechnik des Güterverkehrsunternehmens in Kombination mit einer viel zu langsam befahrbaren Infrastruktur im Bahnsteiggleis erhebliche Auswirkungen auf den aktuellen Betrieb. Der ursprünglich geplante Fahrplan kommt aus dem Takt. Die zudem verkehrenden Regionalzüge müssen auf diesem Abschnitt entfallen, da die Kapazität nicht mehr ausreichend ist. Die entstandene Verspätung breitet sich wellenförmig im Netz aus und wird durch die bestehenden Anschlüsse der Fernverkehrszüge im nächsten Haltebahnhof auf die anderen Züge übertragen. Sind nun auf den weiteren Laufwegen der Züge nicht genügend Ausweichgleise eingebaut, kommt das Bahnsystem durch gegenseitige Behinderung weiter aus dem Gleichgewicht, so dass zum Nachteil der Fahrgäste und der Güterverkehrsunternehmen dispositive Maßnahmen eingeleitet werden müssen.

Dieses Beispiel zeigt sehr deutlich die Verknüpfungen und Auswirkungen einer zunächst simplen Störung sowie deren Auswirkungen auf das Gesamtsystem. So wird deutlich, warum die Eisenbahn nur mit einem integrierten Ansatz von technischer und betrieblicher Zuverlässigkeit und Zusammenarbeit zufriedenstellend betrieben werden kann.

4.1 Fahrplan

Der Bereich Fahrplan steht aus gutem Grund am Anfang der vier Themenfelder zur Gestaltung der Energiewende im Verkehr. Abgeleitet aus den definierten Zielgrößen im Modal Split im Personen- wie Güterverkehr, können nun in einem zweiten Schritt konkrete Maßnahmen abgeleitet werden. Entgegen der Annahme, dass der Bau der notwendigen Infrastruktur die Basis der weiteren Entwicklung darstellen würde, wurde im Rahmen dieses Discussion Papers die Konzeption der Fahrpläne bewusst vorgezogen. Wird dieser Aspekt ignoriert, kann es vorkommen, dass die durch den Neubau von Infrastruktur entstandenen Fahrzeitgewinne nicht sinnvoll in existierende Fahrplan- und Anschlussgefüge eingebunden werden können und deren Wirkungen somit ins Leere laufen. Ein wesentlicher Teil dieses Unterkapitels widmet sich deswegen der Umsetzung eines langfristigen Konzepts im Schienenpersonenverkehr, welches am Ende dieses Unterkapitels unter dem Sichtwort „Langfristkonzept im Schienenpersonenfernverkehr“ erläutert wird.

Zunächst wird aber auf die wichtige Grundlage im Bahnsystem, nämlich der Pünktlichkeit und Zuverlässigkeit und deren Rolle im Fahrplan, eingegangen. Hierbei wird die intelligente Einbindung des Güterverkehrs weiterhin eine tragende Rolle spielen. Die aktuelle Situation zeigt dringenden Handlungsbedarf. So ist die Zuteilung und Vermarktung von minutengenauen Trassen im Güterverkehr in der jetzigen Form nicht mehr zeitgemäß. Zudem wird es nötig, Alternativrouten zu hoch belasteten Strecken auszuweisen sowie wieder mehr Güterverkehr im Nachtsprung verkehren zu lassen. Weiterhin werden Anregungen zur Umgestaltung der Schienennetz-Benutzungsbedingungen skizziert.

Pünktlichkeit und Zuverlässigkeit

Die durch den Fahrplan fixierte und an die Reisenden bekannt gegebene minutengenaue Ab- und Ankunftszeit von Zügen ermöglicht es, deren Pünktlichkeit und Zuverlässigkeit genau zu bestimmen. Ungeachtet der momentan verbesserungswürdigen Pünktlichkeitswerte gibt die zeitliche Definition von „Pünktlichkeit“ schon Aufschluss über deren Relevanz und Wichtigkeit im jeweiligen Bahnsystem. Bei der Deutschen Bahn gilt ein Zug im Nah- und Fernverkehr erst ab sechs Minuten als verspätet (Deutsche Bahn 2015). Ein Güterzug hingegen gilt selbst noch bei einer Abweichung des Fahrplans von 30 Minuten als pünktlich. In der Schweiz gelten Personenzüge nur dann als pünktlich, wenn diese weniger als drei Minuten verspätet sind und das Erreichen aller Anschlusszüge gewährleistet werden kann (Schweizerische Bundesbahnen 2015).

Der zu Bundesbahnzeiten geltende Leitspruch, „Der Fahrplan ist Gesetz“, ist heutzutage deutlich aufgelockert. Abgesehen von der großzügig definierten Pünktlichkeitsspanne, wird der mindestens genauso relevante Aspekt der erreichten Anschlüsse nicht erfasst. Weiter zählen Ausfälle von Zügen nicht mit in die Statistik. Wenn die erreichten Anschlüsse mit in die Kennzahlen integriert und veröffentlicht sowie die Ziele darauf ausgerichtet würden, ließen sich sehr schnell Maßnahmen zur Behebung dieser Mängel ableiten. Außerdem sollte das bisher verwendete

Anreizsystem und die dadurch anfallenden Ausgleichszahlungen zwischen der Deutschen Bahn Netz AG und den Eisenbahnverkehrsunternehmen weiterentwickelt werden. So könnten hier, sofern politisch gewollt, noch mehr Anreizsysteme und Steuerungsmechanismen integriert werden, die eine Verbesserung der Pünktlichkeit und Zuverlässigkeit fördern.

Eine für den Laien naheliegende Möglichkeit zur Verbesserung der Pünktlichkeit ist der weitere Einbau von Fahrzeitpuffern und -reserven. Dadurch wird allerdings die Leistungsfähigkeit der Knoten reduziert und die Fahrpreise steigen stark an. Zukünftige Fahrpläne müssen deshalb ein Optimum zwischen Minimierung der Reisezeit und Pünktlichkeit finden. Dies birgt zwar den Nachteil einer Verringerung der Kapazität, was insbesondere auf hoch belasteten Strecken zum Problem werden kann, sichert im Gegenzug aber einen Abbau von eingetretener Verspätung bzw. ermöglicht eine energiesparende Fahrweise. Allerdings ist die Kostensituation dann umso besser, je schneller zuverlässig gefahren wird. So haben die Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) bei der letzten Taktfahrplanrevision 2014 St. Gallen eine halbe Stunde näher an Lausanne herangerückt (und umgekehrt), was die Platz-km bei gleicher Fahrzeuganzahl und Personalanzahl um 16 Prozent vergrößert hat. Dies zeigt deutlich das Kostensenkungspotential von einem schnellen und zuverlässigen Zugbetrieb auf, da sowohl bei Reisenden als auch bei Gütern die Entfernung ausschlaggebend für die Kosten ist. Diese Kosten sind für Bahnunternehmen vor allem eine Funktion der zeitlichen Dauer, egal, ob die Züge fahren oder stehen.

Kund_innenbefragungen haben immer wieder gezeigt, dass die Fahrgäste neben einem günstigen Fahrpreis beim Thema Fahrplan insbesondere Direktverbindungen und viele verlässliche Anschlüsse bevorzugen. Die Pünktlichkeit der Züge erfährt eine ähnliche Relevanz wie die Reisezeit, wobei die Fahrgäste bei der Wahl zwischen einem pünktlichen oder schnellen Zug immer auf die Pünktlichkeit und Zuverlässigkeit bedacht sind (vgl. Brenck/Mitusch 2008). Ein pünktlicher Zugverkehr garantiert somit die Zufriedenheit der Kund_innen im Personen- wie Güterverkehr und ist grundlegende Voraussetzung für ein funktionierendes Gesamtsystem sowie die angedachte Erhöhung der Verkehre. Durch das Anbieten von vielen schlanken Anschlüssen (= verlässliche Umsteigeverbindungen mit kurzen Wartezeiten) wird die Netzwirkung vergrößert und damit das Wachstum des Modal Split stark verbessert. Gegenbeispiel ist der Personenverkehr in Polen, der mangels Anschlussgewährung in den Knoten seit Jahren stark schrumpft.

Katalogtrassen im Güterverkehr

Insbesondere im Güterverkehrsbereich spielt die Pünktlichkeit und Schnelligkeit der Züge eine entscheidende Rolle. Nur wenn Waren und Güter in einem zuverlässigen Zeitrahmen schnell ihr Ziel erreichen, ist die Eisenbahn eine attraktive Möglichkeit der Beförderung. Dies gilt insbesondere für die beabsichtigte Bedienung von Luftverkehrsgütern sowie Containern und Paketverkehren. Abweichungen von der ursprünglich geplanten Fahrzeit sind jedoch nicht so streng zu sehen wie im Personenverkehr. Dass die bereits erwähnte Differenz der Pünktlichkeitsdefinition

der Güterzüge in Deutschland von 30 Minuten und in der Schweiz auf drei Minuten basiert, ist dabei nebensächlich.

Das Problem der Güterverkehrslogistiker_innen liegt in der nur beschränkt möglichen Kalkulierbarkeit der Verkehre über mehrere Monate hinweg. Dem Wunsch der Güterverkehrslogistikerinnen und -logistikern würde es entsprechen, einen Zug 20 Minuten vor der fahrplanmäßigen Abfahrt anzukündigen. Oftmals hängt die Abfahrtszeit beispielsweise von der Ankunft des Schiffs im Hafen oder der Auftragslage der Wirtschaft ab. Die Deutsche Bahn Netz AG plant Güterzugtrassen zum größten Teil minutengenau anderthalb Jahre im Voraus.

Sinnvoll ist hier die Abkehr von dem langfristigen Vorlaufs der Trassenbelegung hin zu einer flexiblen Kapazitätssteuerung des Gesamtnetzes. Hierbei sollten sogenannte Katalogtrassen, also vordefinierte und geplante Trassen zwischen dem vertakteten Personenverkehr, erst so spät wie möglich durch einen konkreten Zug belegt werden. Dies erhöht die Flexibilität sowohl für den Infrastrukturbetreibenden als auch die Eisenbahnverkehrsunternehmen, denn so können eine konkrete Trassenkonstruktion und die Ausgabe eines Fahrplans größtenteils entfallen.

Anpassung der Schienennetz-Benutzungsgebühren

Eine weitere wesentliche Steuerungsmöglichkeit, die in direktem Zusammenhang mit dem Fahrplan steht, ist die Schienennetz-Benutzungsgebühr. In den neuesten Schienennetz-Benutzungsbedingungen (vgl. Deutsche Bahn Netz AG 2015) wurden nach politischem Beschluss erste Anreize zur Umrüstung auf lärmärmere Güterwagen festgelegt. Diese Art der expliziten, verbindlichen Vorgaben für alle Nutzer_innen des Netzes der Deutschen Bahn AG müssen jedoch um weitere Anreizsysteme aus der Kombination von Push- und Pullfaktoren erweitert werden. So könnte beispielsweise der laufende Güterverkehr durch monetäre Anreize wieder zur Nachtstunde verkehren, statt, wie im Moment, oft tagsüber zwischen dem eng getakteten Personenverkehr.

Die Überlastung der Hauptverkehrsachsen ist unter anderem durch die große Anzahl an Güterverkehren aus den Häfen in Hamburg nach Süddeutschland sowie aus Belgien und den Niederlanden nach Basel bedingt. Dieses Problem kann ebenfalls durch entsprechende Anreize auf geringer befahrene Nebenstrecken verlagert werden. Hierbei müssen anfallende längere Zeit- und Wegekosten ausgeglichen werden. Gleiches gilt für die in Berlin verkehrenden ungewünschten Güterverkehre im Innenstadtring. Diese würden auf dem Außenring zwar einen weiteren Laufweg zurücklegen, damit jedoch wesentlich weniger schädlichen Einfluss auf die Bevölkerung nehmen.

Wie bereits im Unterpunkt Pünktlichkeit und Zuverlässigkeit skizziert, würde besonders die stärkere Integration von Ausgleichs- und Strafzahlungen bei Verspätungen zu stärkeren Bemühungen von Seiten der Eisenbahnverkehrsunternehmen als auch von Eisenbahninfrastrukturunternehmen führen.

Grundsätzlich gilt es, die Möglichkeiten der Einflussnahme, die über die Schienennetz-Benutzungsgebühren existieren, nicht nur im unternehmerischen Interesse, sondern auch als politische Steuerungsmöglichkeiten zu nutzen.

Langfristkonzept im Schienenpersonenverkehr

Neben den grundsätzlichen Maßnahmen, insbesondere zur Verbesserung der allgemeinen Pünktlichkeit sowie der Flexibilität im Güterverkehr, muss vor allem der Schienenpersonenverkehr im Nah- wie Fernverkehr grundlegend ausgebaut und besser abgestimmt werden.

Auf Basis der Verdreifachung des Modal Splits gemessen in Pkm wurden im Kapitel „Zielgrößen im Modal Split“ bereits zwei wesentliche Ansatzpunkte umrissen. So müssen zur Erhöhung der Kapazität im Nah- und Fernverkehr die Züge öfter verkehren und als Doppelstockzüge ausgelegt und verlängert werden. Dies hat natürlich umfangreiche Umbaumaßnahmen der Infrastruktur zur Folge, welche im nächsten Unterkapitel erläutert werden.

Weitere Möglichkeiten zur Erhöhung der Auslastung, insbesondere auf Teilabschnitten mit schlechter ausgelasteten Zügen, ermöglicht die Integration von Kuppel- und Flügelkonzepten. Hierbei verkehren die Züge auf den Hauptlaststrecken zunächst als eine Einheit und können dann an geeigneten Bahnhöfen in zwei Zugteile getrennt werden. Dadurch werden unterschiedliche Ziele bedient. Dabei wird zusätzlich die für Fahrgäste sehr wichtige Möglichkeit der umsteigefreien Direktverbindung verbessert. Auch was den Energieaspekt betrifft ist diese Form der flexiblen Zugkombination mit großen Energieeinsparpotentialen verbunden. Nach weiteren technologischen Fortschritten bei der automatischen Ent- und Ankoppelung steht dieser Technologie der Durchbruch bevor.

Neben den bereits erwähnten infrastrukturellen und fahrzeugtechnischen Anpassungen gilt es, die Vertaktung der Verkehre weiter voran zu treiben. Dabei müssen alle Personenverkehre in Taktsystemen verkehren und auf definierten Knoten aufeinander abgestimmt werden. Hierzu ist es notwendig, Systemknoten festzulegen, in welchen der Umstieg zwischen dem Nah- und Fernverkehr realisiert wird. Oftmals vergessen, aber gleichwohl relevant, ist die weitere Integration des Öffentlichen Verkehrs, der auf die Ankunft der Züge abgestimmt sein muss. Nur wenn dem Fahrgast eine durchgängige und funktionierende Reisekette von Haustür zu Haustür angeboten wird, kommt es zu den erwünschten Verlagerungseffekten (vgl. Sturm 2015).

Das Beispiel der Schweiz zeigt dabei eindrucksvoll, was für Steigerungen im Personenverkehr realisiert werden können und welchen Stellenwert die Bahn in der Gesellschaft folglich einnehmen kann, sofern ein integraler Taktfahrplan konsequent realisiert wird. Den Ausgangspunkt markierte damals das verkehrspolitisch langfristig angelegte Konzept „Bahn 2000“. Dabei wurden nach der Festlegung der Umsteigepunkte und -zeiten, die Infrastrukturmaßnahmen zur Erreichung der Zielfahrzeit sukzessive umgesetzt. Weiterhin musste die Anzahl der Bahnsteigkanten

in den Bahnhöfen auf die Anzahl der dort verkehrenden Linien, zwischen denen eine Umsteigebeziehung realisiert werden sollte, erhöht werden.

Als wichtige Grundvoraussetzung wird die gemeinsame Verständigung aller Verkehrsunternehmen, Aufgabenträger_innen und Städte auf ein deutschlandweites, übergreifendes Bahnsystem gesehen. Dieser Anstoß kann nur durch einen politisch gefällten Beschluss initiiert werden und muss klare Rahmenbedingungen für alle Beteiligten vorgeben. Nach einer fünfjährigen Planungsphase müssen die entsprechenden Maßnahmen innerhalb von fünf Jahren realisiert werden. Durch die vorherige Festlegung auf ein Fahrplankonzept ist gewährleistet, dass nur dort neue Infrastruktur gebaut oder vorhandene Strecken beschleunigt werden, wo dies einen Mehrwert zur Verbesserung der Reisezeit und Anschlusssituationen generiert.

Zusammenfassend wird die Umsetzung und Realisierung eines mit dem Öffentlichen Verkehr vertakteten Schienenpersonenverkehrs als eine der wichtigsten Maßnahmen zur Erhöhung des Modal Splits gesehen. Der Güterverkehr profitiert dabei durch klare Zeitrahmen und Kapazitätsfenster zwischen den Personenverkehren, sodass auch der gesamte Verkehr harmonisiert werden kann. Wie bereits angedeutet, muss die Infrastruktur dazu allerdings in erheblichem Umfang ausgebaut werden. Die genauen hierzu notwendigen Umsetzungen werden im nächsten Unterkapitel erläutert. Durch die Vertaktung wird auch der Nutzen der Infrastrukturmaßnahmen signifikant verbessert, beispielsweise bringt bei Halbstundentakt jede Maßnahme 40 Mal am Tag Nutzen.

4.2 Infrastruktur

Die Infrastruktur stellt die materielle Basis für die Erbringung der Verkehrsleistung dar. Nachdem im ersten Unterkapitel der Fahrplan als Grundlage für den Ausbau der Verkehre, abgeleitet aus einer Erhöhung des Modal Split, definiert wurde, kann nun im dritten Schritt die Infrastruktur nach diesen Anforderungen ausgerichtet werden. Es sei nochmals betont, dass die bisherige Herangehensweise, erst die Infrastruktur zu errichten und dann ein Fahrplankonzept zu überlegen, nicht zielführend ist. Durch das gezielte Einsetzen von Geldern können massive, bereits zu häufig aufgetretene Fehlentscheidungen unterbunden werden.

Weiterhin ist eine kontinuierliche Sicherstellung der Finanzierung der Infrastruktur unabdingbar, um eine zukunftsgerichtete und verlässliche Planung von Neu- und Ausbaustrecken sowie den Erhalt des Bestandsnetzes zu gewährleisten. So sind die momentanen Probleme der Bahn Ergebnisse von Langsamfahrstellen, veralteten Brücken und Geschwindigkeitseinbrüchen sowie Kapazitätsengpässen durch eingleisige Strecken, deren Ursache in bisherigen Planungen liegt sowie wenig leistungsfähige Signaltechnik, die zudem häufig ausfällt und keine energieeffiziente Zugsteuerung erlaubt. Es ist zu beachten, dass eine kurzfristige Erhöhung der Investitionen nicht die gewünschten Effekte erzielen kann, da die Kapazität der Baufirmen und Planungsbüros im gleichen Maß erhöht werden muss. Das Ziel muss auch hier eine langfristig angelegte Finanzierungsstrategie mit Ausschreibung, auch von Planungsleistungen, sein.

Im Unterkapitel Infrastruktur wird zuerst auf die Konsequenzen aus der Umsetzung des langfristigen Fahrplankonzepts sowie der massiven Verlagerung von Verkehren auf die Schiene eingegangen. Hierbei werden Maßnahmen auf den Strecken, Knoten und Bahnhöfen erläutert sowie auf die Weiterentwicklungen der Güterverkehrszentren, Harmonisierung der Leit- und Sicherungstechnik aber auch auf das Vorantreiben der Elektrifizierung und die Ausweitung des Lichtraumprofils eingegangen.

Strecken

Die durch die Umsetzung eines vertakteten Personenverkehrs entstehenden Konsequenzen für die Infrastruktur bedingen den Aus- und Neubau von Strecken zur Verringerung der Fahrzeit und Ausweitung der Kapazität. Gleichzeitig müssen, sofern die Fahrzeit dies zulässt, weitere Haltepunkte gebaut werden, um die Zugangszeit zum Eisenbahnsystem zu verringern. Eine Trennung von Personen- und Güterverkehr auf separaten Netzen ist für ganz Deutschland gesehen nicht finanzierbar und würde zu einer immensen Erhöhung der Flächeninanspruchnahme führen. Dennoch muss es das Ziel sein, bei der Verfügbarkeit mehrere Gleise sowie langsame und schnelle Verkehre so gut wie möglich zu trennen. Auch sollten die Potentiale eines schnellen Güterverkehrs durch Pilotanwendungen entwickelt und ausgebaut werden.

Eine weitere Konsequenz, die die Erhöhung der Verkehrsleistung auf der Schiene mit sich bringt, ist die Verlängerung der Züge. Neben der Erhöhung der Zuganzahl

und der Ausnutzung von Doppelstockzügen im Personenverkehr kann die Kapazität im Verhältnis nur durch längere Züge kostengünstig vergrößert werden. Dies erfordert im Rückschluss eine Anpassung der Überholgleise, Blockabstände sowie Bahnsteiglängen und -kanten. Das Ziel muss es sein, Züge mit einer Länge von 800 Metern auf den Hauptkorridoren des Personen- und Güterverkehrs abzuwickeln.

Neben dem Aus- und Neubau sowie der Anpassung der Infrastruktur für längere Züge muss auch das bestehende Netz verbessert werden. So gilt es zur Kapazitätssteigerung und Flexibilität im Störfall Blockabstände zu verdichten sowie Überleitstellen und Überholmöglichkeiten zu errichten. Weiterhin sollte das Augenmerk darauf liegen, ein kontinuierliches Fahren zu ermöglichen. Jegliche Geschwindigkeitseinbrüche im Netz müssen beseitigt werden. Eine weitere Maßnahme ist die Erhöhung der Geschwindigkeit durch Begradigung der Trassierung und Verbesserung des Unterbaus.

Diese Maßnahmen sorgen nicht nur für eine höhere Reisegeschwindigkeit sondern auch für die Stabilisation des Bahnbetriebs und damit für eine Erhöhung der Pünktlichkeit und Zuverlässigkeit. Auch werden durch verringerte Fahrzeiten im Personen- wie Güterverkehr Umläufe eingespart und somit kostenintensives Wagenmaterial, Personal sowie die anschließenden Werkstattaufenthalte reduziert. Insgesamt ist eine hohe Durchschnittsgeschwindigkeit im Netz erstrebenswert.

Knoten

Neben den Strecken müssen auch die Knoten ausgebaut werden. Insbesondere aus dem langfristigen Schienenpersonenverkehrskonzept ergibt sich die Anforderung, dass sich zur Erreichung eines Taktfahrplans in den Knoten alle Linien zu gewissen Taktzeiten treffen und dadurch Anschlussverbindungen entstehen.

Dies bedingt, so viele Bahnsteiggleise zur Verfügung zu stellen, wie auch Linien verkehren. Bei weniger ausgelasteten Linien und dementsprechend kürzeren Zügen kann mit einer Doppelbelegung der Gleise gearbeitet werden. Da der Platz in den meisten innerstädtisch liegenden Bahnhöfen begrenzt ist, müssen diese nach Möglichkeit auf eine Nutzlänge von 800 m verlängert werden. Durch Zugdeckungssignale wäre dann die Nutzung eines Bahnsteigs durch zwei Fernverkehrszüge oder vier Teilzüge mit einer Länge von 200 m möglich. All dies erfordert einen erheblichen Umbau der Bahnhöfe, da die Weichenbereiche verlegt werden müssen. Dass dies realisierbar ist, haben die Niederlande gezeigt.

Damit die Züge die Knoten zu den Taktzeiten so schnell wie möglich erreichen, müssen die Einfahrtsgeschwindigkeiten beschleunigt und ein kreuzungsfreies Einfädeln verschiedener Linien durch Überwerfungsbauwerke oder bauliche Anpassungen der Infrastruktur inklusive Leit- und Sicherungstechnik umgesetzt werden. Auch müssen gleichzeitige Bahnhofseinfahrten aus verschiedenen Richtungen in großem Umfang ermöglicht werden.

Bahnhöfe

Im Zusammenhang mit dem Ausbau der Knoten und der bereits beschriebenen Erhöhung der Anzahl von Bahnsteigkanten ist ein Umbau der Bahnhöfe unumgänglich. Insbesondere die Zu- und Abgänge müssen an die höheren Passagierzahlen angepasst werden. Nur so kann gewährleistet werden, dass die Reisenden auch sicher zu den Zügen gelangen. Insbesondere im Hinblick auf die demographische Entwicklung muss dabei auf die ältere Bevölkerung in besonderem Maße Rücksicht genommen werden. Dies heißt auch, dass Bahnsteige verbreitert und zusätzliche Ausgänge zu den Spitzenstunden freigegeben werden müssen.

Ein weiterer Punkt ist die niveaugleiche Anpassung der Bahnsteighöhen an den Fahrzeugboden. Dies ist eine grundlegende Voraussetzung für den barrierefreien Zugang zu den Zügen. Zudem ermöglicht es einen schnelleren Fahrgastwechsel für alle Reisenden, wodurch die Dauer der Fahrgastwechselzeit halbiert wird.

Momentan sind in Deutschland die Höhen von 550 mm und 760 mm im Fern- und Nahverkehr verbaut. Bei S-Bahn-Systemen, wie beispielsweise in Stuttgart und München, weicht die Bahnsteighöhe ab. Bisher wurde noch keine Einigung für eine neue europaweite Normhöhe getroffen. Jedoch setzen Frankreich, Italien, Österreich, die Schweiz und andere Länder auf die Höhe von 550 mm. Diese Höhe ist optimal für doppelstöckige Fahrzeuge mit Niederflureinstieg. Die in Deutschland oftmals verbaute Kompromisshöhe von 760 mm ist weder für Niederflurfahrzeuge noch für Hochflurfahrzeuge passend. Aufgrund eines ökonomischen Fehlanreizes wird diese Bahnsteighöhe mit höheren Stationsgebühren politisch akzeptiert vermarktet und deswegen am meisten von Station und Service AG verbaut. Grundsätzlich muss sich langfristig auf europäischer Ebene auf eine einheitliche Bahnsteighöhe geeinigt werden, respektive Deutschland muss sich an die Nachbarländer anpassen.

Güterverkehrszentren

Neben dem Personenverkehr gilt es auch, die Zugangsstellen des Güterverkehrs zukunftsgerichtet auszubauen. Die Forderung nach einer Anbindung fast aller Verkehre durch einen eigenen Gleisanschluss ist nicht wirtschaftlich umsetzbar. Dafür gilt es aber, nach Gleisanschlüssen und Containerterminals Güterverkehrszentren als Marktfeld zu etablieren. Dort können dann Güter verladen werden, für die ein Container und Gleisanschluss zu groß und unwirtschaftlich ist. Die Feinverteilung der Güter erfolgt dann per Lastkraftwagen. Weiterhin könnten Postverkehre als schneller Güterverkehr im Nachtsprung auf den Hochgeschwindigkeitsstrecken zwischen den Güterverkehrszentren verkehren und für eine zusätzliche Auslastung sorgen. Bei der Eroberung neuer Potentiale muss es das Ziel sein, die ertragreichen Güter auf die Schiene zu bringen (vgl. Plehwe 2016). So kann die Eisenbahn sich als Verkehrsmittel zwischen Schiff und Flugzeug etablieren. Erste Ansätze sind bereits in den neu eingeführten Langstreckenverkehren nach China zu beobachten. Diese vielversprechenden Ansätze gilt es weiter auszubauen.

Leit- und Sicherungstechnik

Ein weiterer wesentlicher Bestandteil der Infrastruktur und immanentes Merkmal der Eisenbahnen ist die Leit- und Sicherungstechnik. Die bisherige Entwicklung der Eisenbahnen brachte in der Regel zwei bis drei verschiedene Zugsicherungen je Land hervor. In Deutschland existieren folgende drei wesentlichen Zugsicherungen:

- Alttechnik: Punktförmige Zugbeeinflussung
- Neutechnik: Linienförmige Zugbeeinflussung (per Kabel oder Funk)
- Neigetchnik: Geschwindigkeitsüberwachung Neigetchnik

Dies hat momentan zur Konsequenz, dass die Züge die verschiedenen Zugsicherungssysteme verbaut haben müssen, um auf den jeweiligen Strecken zu fahren. Dies wird zum Problem, sobald die Verkehre grenzüberschreitend unterwegs sind. Unter den Fahrzeugen ist nicht genügend Platz, um die verschiedenen Techniken mitzuführen. Zudem wäre dies sehr kostenintensiv.

Als Lösung wurde die Vereinheitlichung der Zugsicherungssysteme auf das Europäische Zugsicherungssystem „European Train Control System (ETCS)“ beschlossen. Je nach gewähltem Sicherheitslevel kann dabei auf das Verbauen von Signalen verzichtet werden. Voraussetzung ist eine ständige Verbindung der Fahrzeuge durch Funksignale mit dem Zugsicherungsrechner. Damit das ETCS nicht ein weiteres Zugsicherungssystem wird sondern die vorhandenen ersetzt, bedarf es einer klaren Strategie und finanzieller Mittel, um zeitnah die Korridore und im zweiten Schritt auch restliche Strecken entsprechend auszurüsten.

Elektrifizierung

Neben der Harmonisierung der Leit- und Sicherungstechnik gilt es auch die Elektrifizierung im europäischen Kontext auf einheitliche Standards zu bringen. So sind 16,7 oder 50 Hertz optimal, um die Umformverluste gering zu halten.

Momentan sind in Deutschland rund 55 Prozent der Strecken elektrifiziert. Dies klingt nicht nach einem besonders hohen Wert, jedoch laufen über diese Strecken 90 Prozent der Verkehrsleistung. Trotzdem muss auf relevanten Strecken ein Lückenschluss der Elektrifizierung vorangetrieben werden. Dies hat zwei Vorteile. Erstens kann dadurch die Energie durch erneuerbare Energien erzeugt und eingespeist werden, zweitens lassen sich 95 Prozent der kinetischen Energie während der Bremsvorgänge durch die elektrische Bremse wieder in elektrische Energie umwandeln. Hierdurch können je nach Betriebsprogramm zwischen 7 und 35 Prozent der aufgenommenen Energie während eines Laufweges des Zuges zurückgespeist werden.

Probleme ergeben sich insbesondere für private Eisenbahnverkehrsunternehmen im Güterverkehrssektor. Diese müssen den kompletten Laufweg mit einem Fahrzeug durchführen und können sich kein Umspannen der Lokomotiven oder Rangierlokomotiven in Anschlüssen leisten. Deswegen verkehren auf elektrifizierten Strecken oftmals Güterzüge mit einem Dieselantrieb. Einen erheblichen Beitrag zur Lösung der Situation würden Hybridloks liefern. Diese können weite Teile der

restlichen 10 Prozent der Verkehrsleistung umweltfreundlich und kostengünstig abdecken. Gleiches gilt für Triebwagen im Regionalverkehr, welche zum Teil auf nicht elektrifizierten Strecken verkehren. Auch schwere Batteriesysteme oder andere Speichersysteme sind denkbar, da das Gewicht aufgrund der regenerativen Bremsung und des geringen Rollwiderstands des Rad-Schiene-Systems nicht so relevant ist. Eine vielversprechende Hybridlokomotive ist beispielsweise die „TRAXX Last Mile“ der Firma Bombardier. Sie verfügt, neben der konventionellen elektrischen Traktion, über ein kleines Dieselaggregat, das in Gleisanschlüssen ein Rangieren mit der identischen Lokomotive ermöglicht. Lokomotiven- und Triebwagen für gemischten Betrieb auf Dieselstrecken und unter der Fahrleitung sind bisher nur in USA, Kanada, Großbritannien und Südafrika in großen Stückzahlen im Einsatz

Lichtraumprofil

Eine weitere Möglichkeit zum Ausbau der Kapazität ist neben der Verlängerung oder Erhöhung der Anzahl der Züge eine Aufweitung des Lichtraumprofils. In Deutschland sind Wagen vor allem für die Profile G1 und G2 im Einsatz. Das Ziel muss es sein, das Internationale Profil GC vermehrt einzusetzen, auch für Doppelstockwagen. Das GC Profil zeichnet sich durch einen größeren Lichtraum in den oberen Ecken aus. Dies wird nicht nur bei Neubaustrecken verwirklicht. Auch zahlreiche Bestandsstrecken sind mit geringem Aufwand für dieses Profil freigegeben worden. Mit verlässlichen Fahrplänen und Fahrstrecken könnte mit dieser einfachen Maßnahme die Infrastruktur besser ausgenutzt und mehr Volumen und damit mehr Personen und Güter befördert werden.

Gleiszugänglichkeit

Die letzte Infrastrukturmaßnahme befasst sich mit der Zugänglichkeit der Gleise. In Deutschland ist es üblich, dass die Gleisanlagen nicht durch Zäune oder andere Absperrvorrichtungen gesichert sind. Selbst die Hochgeschwindigkeitsstrecken, auf denen die Züge mit Geschwindigkeiten von bis zu 300 km/h verkehren, sind nicht gegen ein unbefugtes Betreten gesichert. Andere Länder, wie beispielsweise Großbritannien, riegeln ihre Bahnanlagen systematisch ab. Dies hat eine deutliche Verringerung der Personenunfälle zur Folge, die immer wieder Ursache für Verspätungen und Zugausfälle sind. Daher sollte auch in Deutschland vorgesehen werden, gefährliche Teilabschnitte der Bahnanlagen einzufrieden.

4.3 Betrieb

Nachdem bisher ausführlich auf die grundlegenden und langfristigen Aspekte der Fahrplanung und Infrastruktur eingegangen wurde, behandelt das dritte Unterkapitel den Aspekt Betrieb. Der Betrieb schließt direkt an die vorherigen Kapitel an und umfasst neben den Tätigkeiten zur Koordination, Regelung und Sicherung von Eisenbahnfahrzeugen auch Schnittstellenaspekte. So werden die Vorteile einer Integration von automatischen Kupplungen im Personen- wie Güterverkehr diskutiert. Des Weiteren wird im Personenverkehr auf eine Verbesserung der Auslastungssteuerung und im Güterverkehr auf die Rolle der Rangierbahnhöfe eingegangen. Als letzten Punkt werden die Ansätze und Möglichkeiten zur energiesparenden Fahrweise durch Fahrer_innenassistenzsysteme und einer Einführung des fahrer_innenlosen Betriebs angesprochen.

Flexible Betriebskonzepte im Personenverkehr

Ein häufiges Problem, welches auch nicht durch eine Erhöhung des Angebots gelöst wird, ist die ungleichmäßige Auslastung der Züge. Ein typischer Linienvverlauf im Regionalverkehr zeigt eine Steigerung der Nachfrage, je mehr sich der Linienvverlauf dem Ballungsgebiet annähert. Auf den Außenästen und in den dünner besiedelten Gebieten nimmt die Auslastung jedoch ab. Gelingt es, die Kapazität der Züge besser an den benötigten Bedarf anzupassen, können Energie-, Trassen-, Personal-, Rollmaterial- sowie Wartungskosten eingespart werden. Heutzutage verkehren über den ganzen Tages- und Linienvverlauf identische Züge. Dies hat zur Folge, dass die Züge nur sehr geringe durchschnittliche Auslastungsgrade aufweisen und somit Ressourcen verschwenden.

Als Lösung der Problematik wird die Entwicklung flexibler Betriebskonzepte vorgeschlagen. Dies wird technisch durch die Einführung einer automatischen Kupplung realisiert. Die automatische Kupplung geht in weiten Teilen über die bisher realisierte Anwendung hinaus. So wird der Kupplungsvorgang betrieblich nicht mehr als Rangierfahrt mit Hilfe von Zugdeckungssignalen ausgeführt. Der Zug wird stattdessen als Zugfahrt auf den zu kuppelnden Zugteil eingefahren und kuppelt, ohne davor anhalten zu müssen. Dies wird in den Niederlanden und der Schweiz bereits so praktiziert. Mögliche Sicherheitsprobleme, die durch das direkte Auffahren als Zugfahrt, der dadurch resultierenden höheren Einfahrtgeschwindigkeit sowie dem fehlenden Durchrutschweg bedingt sind, werden durch die verwendeten Crashpuffer der EN 15227 abgefangen. Auch der Kupplungsvorgang selbst wird weiter automatisiert, sodass sich die Züge mithilfe einer automatischen Abstandserkennung ohne aktives Eingreifen des Triebfahrzeugführers bzw. der -führerin verbinden.

Sobald dieser Vorgang zuverlässig und sicher beherrscht wird, kann darüber nachgedacht werden, dieses Potential für verschiedene Betriebskonzepte einzusetzen. *Erstens* könnte dazu übergegangen werden, Flügelkonzepte zur Erhöhung der Auslastung auf Schwach befahrenen Teilstrecken einzuführen. Dabei verkehren die Züge im Ballungsgebiet gekoppelt und teilen sich auf geeigneten Knotenbahnhöfen, um verschiedene Zieldestinationen anzufahren. Als weiterer

Vorteil erhöht sich hierdurch die Anzahl der Direktverbindungen. Der Infrastrukturbetreiber profitiert von einer geringeren Anzahl benötigter Trassen im meistens überlasteten Ballungsgebiet, da die Züge hier als eine Einheit verkehren.

Zweitens kann durch die flexiblen Kupplungsvorgänge im Tagesverlauf sowie an relevanten Punkten im Netz ein Stärken und Schwächen der Züge erfolgen. Dies ermöglicht die Anpassung der Kapazität an die Nachfrage und stellt eine Analogie zu den Flügelkonzepten dar. Dies wurde früher häufig angewendet, war jedoch sehr kosten- und personalintensiv. Können diese Vorgänge automatisch und ohne ein Eingreifen von Personal durchgeführt werden, ergeben sich enorme Energieeinsparpotentiale bei gleichzeitig maximaler Flexibilität.

Auslastungssteuerung im Personenverkehr

Ein weiterer Punkt, der die Verbesserung der Auslastung im Personenverkehr im Blick hat, ist die Auslastungssteuerung. Im Personennah- wie Personenfernverkehr sind die Züge, über den Zugverband gesehen, oftmals ungleich ausgelastet. Die Fahrgäste gelangen durch die Aufgänge in Bahnhöfen gebündelt an eine Stelle im Zug. Neben dem Problem der ungleichen Auslastung verringert sich mit der Verbesserung Steuerung zusätzlich die Fahrgastwechselzeit. Das Ziel muss es also sein, die Fahrgäste schon vor Erreichen des Zuges an die Einstiegspositionen am Bahnsteig zu bringen, an denen der Zug eine geringe Sitzplatzbelegung aufweist. Hierzu müssen sowohl die Anzahl der aus- wie auch einsteigenden Personen bekannt sein und zumindest letztere aktiv gesteuert werden. Dies kann auf verschiedene Arten umgesetzt werden. Möglich ist die Integration von Fahrgastzählsystemen, der Prognosewerte vergangener Verkehrstage sowie der Fahrgäste selbst. Der Fahrgast stellt dabei Informationen zur Fahrzeugauslastung mithilfe einer Applikation dar. Hiervon würden wiederum die Fahrgastinformationssysteme im Zug sowie auf dem Bahnhof mit Daten versorgt.

Flexible Betriebskonzepte im Güterverkehr

Nachdem bisher nur auf die flexiblen Betriebskonzepte im Personenverkehr eingegangen wurde, werden nun auch die Anwendungsmöglichkeiten im Güterverkehr erläutert. Auch hier ist es das Ziel, eine automatische Kupplung in den Betriebsablauf zu integrieren. Hierdurch eröffnet sich, ähnlich wie im Personenverkehr, eine Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten, die eine Flexibilisierung des Bahnbetriebs zulassen. Als Nebeneffekt können Abläufe kostengünstiger gestaltet und dadurch Ressourcen eingespart werden.

Da im Güterverkehr, anders als im Personenverkehr, eine Entwicklung hin zu Triebwagenkonzepten nicht sinnvoll erscheint, ist auf absehbare Zeit weiterhin mit Zugkonfigurationen nach dem Lok-Wagen Prinzip zu rechnen. Ein selbstfahrender Güterwagen wäre fünf bis zehnmal teurer als bisherige Wagen. Das Problem bei der Verwendung herkömmlicher Lok-Wagen-Kompositionen zeigt sich bei der schlechten Übertragung der Längskräfte. Da nur die Lokomotive über eine Rekuperationsbremse verfügt und damit die Bremsenergie in elektrische Energie

umwandeln kann, muss eine größtmögliche Übertragung der Längskräfte erreicht werden. Aktuell eingesetzte Puffer sind hierfür ungeeignet, da sich während der Bremsvorgänge Querkräfte freisetzen, die die Entgleisungssicherheit gefährden. Die elektrische Bremskraft ist deshalb in Europa stark begrenzt. Die Lösung stellt auch hier eine standardisierte automatische Kupplung dar. Nach einer Übergangsphase bei der Einführung der Kupplung, in welcher zwei verschiedene Kupplungsarten parallel existieren müssen, ergeben sich wesentliche Vorteile.

Erstens sorgt eine automatische Kupplung für eine Vermeidung der Querkräfte und zudem für eine bessere Übertragung der Längskräfte bei Bremsvorgängen, wodurch die elektrische Bremse wesentlich höhere Wirkungsgrade erzielt. Dabei kann bei gegebener Entgleisungssicherheit in etwa doppelt so viel Energie zurückgespeist werden, wie bisher üblich. Dadurch können in erheblichem Umfang Energie und Kosten eingespart werden. Diese Werte lassen sich zusätzlich durch die Kombination mit den nachfolgend erläuterten Fahrer_innenassistenzsystemen verbessern.

Zweitens können auch hier flexible Betriebskonzepte eingeführt werden. Die ineffizienten Rangierbahnhöfe, welche riesige Flächen in Anspruch nehmen und einen personalintensiven Betrieb aufweisen, könnten durch eine automatische Kupplung grundlegend verändert werden, da das bisher „händische Kuppeln“ automatisiert ist. So würden die bisher benötigten Ausfahrgleise entfallen. Deren Funktion könnte durch die Richtungsgruppe übernommen werden, da dann die Kupplung der Wagen automatisch erfolgen kann. Gleichwohl können auch die Bremsprobe und andere betrieblich notwendige Vorbereitungen nun besser automatisiert werden. Dies ermöglicht den Umbau der Rangierbahnhöfe, sodass längere Güterzüge zusammengestellt werden können. Hierdurch ließe sich die Leistungsfähigkeit in erheblichem Umfang steigern und die Zukunftsfähigkeit der Rangierbahnhöfe erhalten.

Einzelwagenverkehr

Die grundsätzliche Problematik der Ineffektivität der Rangierbahnhöfe kann aber auch durch eine automatische Kupplung nicht gänzlich aufgehoben werden. Die momentan in Deutschland noch existierenden sieben größeren Rangierbahnhöfe sorgen für lange Laufwege im Güterverkehr und ziehen dadurch einen hohen Energieverbrauch, unnötige Lärmbelastung und Kosten nach sich. Langfristig muss deswegen über alternative Wege nachgedacht werden. Im vorherigen Unterkapitel wurde bereits auf die Einrichtung von neuartigen Güterverkehrszentren eingegangen. Ein anderer Ansatzpunkt wäre die Verwendung der Personenbahnhöfe während der Taktpausen, also in einem Zeitfenster von zwanzig Minuten. Mithilfe der automatischen Kupplung könnten Waren weitgehend autonom auf kurzem Weg in die Städte gelangen und die Straßen dabei in erheblichem Umfang entlasten. Zur Umsetzung dieser Idee bedarf es aber weiterer Untersuchungen und Überlegungen.

Energiesparende Fahrweise und Fahrer_innenassistenzsysteme

Technisch bereits möglich und in der Schweiz im erfolgreichen Einsatz ist die adaptive Lenkung. Dieses System generiert auf Basis der Dispositionsentscheidungen der Betriebszentralen eine automatisierte Information an ein Endgerät des Triebfahrzeugführers bzw. der Triebfahrzeugführerin. Diese_r bekommt dann eine für ihn/sie passende Geschwindigkeitsempfehlung, welche unter der zulässigen Maximalgeschwindigkeit der Streckeninfrastruktur liegen kann. Hierdurch wird ein unnötiges Auffahren auf langsamere Züge, ein abruptes Abbremsen vor Halt-zeigenden Signalen sowie eine zu hohe Geschwindigkeit bei verfrühten Zügen unterbunden. Die eingebaute Geschwindigkeitsempfehlung ist dabei kein sicherheitsrelevantes Bauteil, sondern ergänzt in erster Linie den/die Triebfahrzeugführer_in bei der Wahl seiner/ihrer Fahrweise.

Die Effekte und Potentiale, die solche Fahrer_innenassistenzsysteme aufweisen, sind jedoch beachtlich. Die Eisenbahnverkehrsunternehmen im Personen- wie Güterverkehr profitieren von einer besseren Informationslage und können durch Ausrollen Energie sparen. Darüber hinaus können die Bremsvorgänge früher eingeleitet werden und deswegen ausschließlich mit der elektrischen Bremse erfolgen. Dadurch wird aktiv Energie in das System zurückgegeben. Das Ziel muss es sein, so wenig wie möglich mit der mechanischen Bremse zu arbeiten und stattdessen die elektrische Bremse einzusetzen. Natürlich muss dabei die energiesparende Fahrweise als untergeordnetes Ziel hinter der pünktlichen Einhaltung des Fahrplans verfolgt werden. Umgekehrt bedeutet dies aber auch, je pünktlicher ein Zug ist, desto mehr Energie kann gespart werden. Heutzutage werden im Regionalverkehr nur fünf Prozent der Energie zurückgespeist. Da dort, aufgrund häufiger Halte, viele Start- und Bremsvorgänge durchgeführt werden, zeigt sich besonders viel Potential.

Für den Infrastrukturbetreibenden verbessert sich durch die gleichmäßigere Fahrweise die Kapazität der Infrastruktur. Eine Harmonisierung der Geschwindigkeiten erlaubt einen flüssigeren Verkehr auf der Schiene. Insbesondere Güterzüge, die nach einer Betriebsbremsung mitunter vier Minuten zum Auffüllen der Hauptluftleitung brauchen und so lange die Strecke blockieren könnten, sparen dadurch viel Energie. Dies wirkt sich positiv auf das Gesamtnetz aus und sorgt für eine erhöhte Zuverlässigkeit. In der Schweiz wird kalkuliert, dass sich die adaptive Lenkung schon innerhalb von fünf Jahren amortisiert hat.

Grundvoraussetzung für Fahrer_innenassistenzsysteme muss dabei eine offene Kommunikation von teilweise unternehmensrelevanten Daten sein. Hierbei sollten auch private Eisenbahnverkehrsunternehmen Zugang zu den relevanten Daten erhalten. Das wäre im Sinne eines integrierten Bahnsystems.

Fahrer_innenloser Betrieb

Was eine Weiterentwicklung der Fahrer_innenassistenzsysteme betrifft, muss in Zukunft auch darüber nachgedacht werden, einen fahrer_innenlosen Betrieb zu realisieren. Dies muss einerseits durch eine rechtliche Integration in die Eisenbahnbau und -betriebsordnung, andererseits aber auch durch technologische Entwicklungen realisiert werden. Aus dem Bereich der Straßenbau-Bau- und Betriebsordnung ist so ein fahrer_innenloser Betrieb bereits bekannt und beispielsweise in der U-Bahn in Nürnberg schon Realität. Insbesondere Personenverkehre mit kurzen Laufwegen könnten erste fahrer_innenlose Betriebe realisieren. Auch im Hochgeschwindigkeitsbereich nimmt die Leit- und Sicherungstechnik ab Geschwindigkeiten von 160 km/h bereits einen Großteil der Aufgaben des Triebfahrzeugführers/der Triebfahrzeugführerin selbstständig wahr, sodass auch hier eine weitere Automatisierung denkbar wäre. Hierdurch würde neben geringeren Personalkosten insbesondere eine gleichmäßigere und energiesparendere Fahrweise der Züge umgesetzt werden können. Ein Blick nach Australien zeigt, dass dort bereits Güterzüge mit bis zu 30.000 Tonnen Last verkehren und Strecken mit einer Länge von 1.500 km ohne eine_n Triebfahrzeugführer_in zurücklegen. Auf Grund der Spurführung der Schienenfahrzeuge ist die Automatisierung hier sogar einfacher umsetzbar als im Automobilbereich.

4.4 Fahrzeugtechnik

Das letzte der vier Unterkapitel befasst sich mit der Schienenfahrzeugtechnik. Auch dieses Themenfeld zeigt viele Überschneidungen. Es wurde bereits im Zusammenhang mit der Fahrzeugbeschaffung von Doppelstockwagen, der Einführung einer automatischen Kupplung und dem Verwenden der elektrischen Nutzbremse gesprochen. Darüber hinaus gibt es aber noch weitere Themenfelder, die aus dem Bereich der Fahrzeugtechnik für die Gestaltung der Energiewende relevant sind.

Ein Kernproblem der Eisenbahn ist die nur langsame Integration von technischen Entwicklungen in den aktuellen Betrieb. Tragfähige Ideen existieren zwar bereits, doch werden sie aufgrund langer Abschreibungszeiträume, zu hoher Umrüstungs- oder Anschaffungskosten und unklarer Strukturen nicht umgesetzt. Die meisten Akteur_innen richten ihr Handeln auf die Maximierung der eigenen Gewinne aus und verlieren dabei das Gesamtsystem aus dem Blick.

So stammen nicht nur einige Stellwerke noch aus der Anfangszeit der Eisenbahn, sondern auch Güterwagen befinden sich zum Teil noch auf einem technischen Stand des letzten Jahrhunderts. Veraltete Fahrzeugtechnik zeigt sich auch in dem Zustand der völlig veralteten Drehgestelle, die über 60 ungeschmierte Reibstellen aufweisen und deswegen bis zu drei außerplanmäßige Werkstattaufenthalte pro Jahr durchlaufen. Dies ist völlig inakzeptabel, da die Wagen aus ihren planmäßigen Umläufen herausgenommen werden müssen und während dieser Zeit nicht mehr für die Erbringung einer Verkehrsleistung zur Verfügung stehen. Das wiederum bedeutet unnötigen Zeit- und Kapitalverlust. Die Umrüstung auf neue Drehgestelle mit geschmierten Gelenkköpfen wird aber aufgrund zu hoher Kosten nicht aktiv angegangen. Dieses Beispiel steht exemplarisch für das aktuelle Dilemma technischer Entwicklungen bei der Eisenbahn.

Nachfolgend werden relevante fahrzeugtechnische Aspekte aus dem Personen- wie Güterverkehr erläutert. So wird auf die Isolation im Personenverkehr wie auch die Doppelstockfahrzeuge eingegangen, im Güterverkehrsbereich stehen Achsbauart, Aerodynamik, Bremstechnik und Informationstechnologie im Fokus.

Isolation im Personenverkehr

Wird der Energieverbrauch einer Klimaanlage im Zug mit der benötigten Heizenergie verglichen, stellt sich schnell heraus, dass das Heizen der Züge eine viel größere Menge an Energie verbraucht. Leider wird dieser Aspekt durch die kurzfristig gewinnorientierte Sichtweise der Entscheidungsträger_innen in die falsche Richtung gelenkt. Ein gutes Beispiel für Fehlanreize in der Fahrzeugentwicklung ist der neue InterCityExpress 4 auch als ICx bekannt. Hier wurde bei der Entwicklung darauf geachtet, die Wagenteile so lang wie möglich zu gestalten, um kostenintensive Übergänge und damit Drehgestelle einzusparen. Die befahrene Infrastruktur verändert sich jedoch nicht, was in Bögen zu Einschränkungen führen kann, da der Wagenkasten zu weit nach außen reicht. Zur Lösung des Problems wird der Wagenkasten verschmälert und die Isolation somit auf ein Minimum reduziert. Dies

sorgt zwar für eine Vergünstigung der Anschaffungskosten, erhöht auf Dauer gesehen aufgrund der hohen Heizkosten aber die Betriebskosten deutlich. Dieser ökonomische Fehlanreiz muss überwunden werden, um auf lange Sicht Energie und Kosten zu sparen.

Doppelstockfahrzeuge im Personenverkehr

Wie bereits im Unterkapitel Fahrplan erwähnt, basiert die Erhöhung des Modal Split zu einen Teil auf der Vergrößerung der Zugkapazität durch den Einsatz von Doppelstockfahrzeugen im Personennah- wie Personenfernverkehr. Die Effekte, die der Einsatz von Doppelstockfahrzeugen erzielt, werden die Kapazität um ca. 50 Prozent erhöhen. Durch die Nutzung einer zweiten Ebene entfällt ein Teil der sonst genutzten Fläche auf die Einrichtung von Treppen und der Platzierung der Drehgestelle. Deswegen lässt sich die Kapazität nicht einfach verdoppeln. Dennoch lässt sich in Kombination mit der Erhöhung der Zugzahlen, einer Verlängerung der Züge und der Einrichtung flexibler Zugkonzepte sowie der Anpassung der Infrastruktur sogar eine Verdreifachung der Verkehrsleistung erreichen.

Leichtbau auf der Schiene

Ein weiterer Punkt, der zu einer Energieeinsparung auf der Schiene führen kann, ist das Anwenden von Leichtbau. Dies wird im Automobilverkehr bereits im großen Stil betrieben, ist aber auf der Schiene nicht wirklich relevant. Natürlich würde sich durch leichtere Züge und folglich kleinere Antriebe Energie einsparen lassen. Die Effekte sind jedoch eher gering, da das Anfahren der Züge der energieintensivste Teil einer Zugfahrt ist. Ist ein Zug jedoch einmal in Bewegung, spielt das Gewicht kaum noch eine Rolle. Im Gegenteil: die aufgewendete Energie kann durch den Einsatz der energetischen Bremse weitgehend zurückgewonnen werden. Ein weiteres Argument gegen den Einsatz von Leichtbau ist die nötige Längssteifigkeit der Fahrzeuge von 1500 bis 2000 kN, um bei Kollisionen für die Fahrgäste Überlebensraum zu bieten. Zusammengefasst ist die Anwendung von Leichtbau auf der Schiene nur zum Teil für Energieeinsparungseffekte von Vorteil und sollte nicht weiter fokussiert werden.

Fahrzeugachsen

Die Fahrzeugachsen im Personen- und Güterverkehr sollten nach Möglichkeit auf passiv radial einstellende Achsen umgestellt werden. Dies reduziert den Energieverbrauch und Lärm bei Bogenfahrten. Dadurch profitiert auch die Infrastruktur von einer geringeren Riffelbildung und Verschleiß der Schienen.

Aerodynamikverbesserung im Güterverkehr

Oftmals sorgen auch schon kleine Innovationen für eine erhebliche Verbesserung der Energiebilanz. So zeigen aerodynamische Versuche mit offenen Güterwagen, dass bei Schüttgutwagen ein Gitternetz die eigentlich entstehenden Verwirbelungen

erheblich reduzieren kann (vgl. Hecht/Shoeib 2013). Bisher verbraucht ein leerer oder beladener offener Güterwagen gleich viel Energie, obwohl der leere Güterwagen 65 Tonnen leichter ist.

Ein weiterer Forschungsansatz stellt die Überbrückung der Lücken in Containerzügen dar. Auch hier geht viel Energie durch die Verwirbelung der Luft verloren. Würden die Lücken geschlossen werden, so könnten Güterverkehre nach entsprechender Zulassung durch das Eisenbahnbundesamt auf Hochgeschwindigkeitsstrecken verkehren, da Verschiebungen der Ladung durch den an Tunnelportalen entstehenden Druck dann nicht mehr auftreten. Bei entsprechender Weiterentwicklung ist dann auch die Einführung eines Hochgeschwindigkeitsgüterverkehrs denkbar.

Verbesserung der Bremstechnik im Güterverkehr

Neben der Aerodynamik spielt auch die Ausgestaltung der Bremsen eine elementare Rolle, um die Fahrwiderstände und damit den Energieverbrauch wie auch Lärmemissionen zu vermindern. Die bisher verwendete Graugussbremse führt zu einer hohen Rauheit der Radoberfläche, wodurch Schwingungen erzeugt werden, die einen erhöhten Lärm im Bereich von zehn bis zwölf Dezibel erzeugen. Auch der Rollwiderstand wird durch die raue Radoberfläche vergrößert. Im Anschluss muss die Schiene häufiger als vorgesehen geschliffen werden, was für eine schnellere Abnutzung, Einschränkungen der Infrastruktur, Lärm und dadurch höhere Kosten für alle Beteiligten sorgt. Dieses Problem wurde erkannt und durch eine Integration einer Zusatzzahlung für Züge mit alten Bremssystemen in die Schienennetz-Benutzungsgebühren aufgenommen. Als Ziel muss gelten, bis zum Jahr 2020 alle Graugussbremsen durch die neuen Kunststoffbremsen zu ersetzen, denn bereits wenige alte Wagen zerstören aufgrund des logarithmischen Lärmzusammenhangs die gesamte Lärmbilanz eines vorbeifahrenden Zuges.

Informationstechnik im Güterverkehr

Die voranschreitenden Entwicklungen in der Informationstechnologie sind bisher nur in geringem Maße im Güterverkehrsbereich angekommen. Während im Personenverkehr automatisierte Diagnose- und Wartungssysteme den Werkstätten schon vor dem Eintreffen der Züge mitteilen, welche Arbeiten durchzuführen sind, bewegt sich die Instandhaltung und Wartung der Güterwagen noch im Anfangsstadium. Doch nicht nur eine verbesserte Wartung und Diagnose sondern auch eine Vielzahl anderer Systeme, wie beispielsweise eine Entgleisungsdetektion, Ortung der Güterwagen oder Temperatursensoren, können den Güterverkehr schneller und zuverlässiger machen.

5 Zusammenfassung

Auf Basis einer massiven Erhöhung des Modal Splits im Personen- und Güterverkehr wurden im vierten Kapitel die Themenfelder zur Umsetzung der Energiewende im Verkehr erläutert. So wird eine Energiewende im Verkehr einerseits durch die Verlagerung der Verkehre auf die Eisenbahn, andererseits durch weitere Effizienzsteigerungen des Bahnsystems selbst erreicht.

Die wichtigsten Maßnahmen basieren im Personenverkehr auf der Entwicklung eines langfristigen Gesamtkonzepts, das eine Erhöhung der Anzahl der verkehrenden Züge, die Vergrößerung der Kapazität durch Doppelstockwagen, die Flexibilisierung des Betriebsablaufs durch automatische Kupplungen sowie die Einrichtung eines vertakteten und verknüpften Langfristkonzepts im Schienenpersonenverkehr anstrebt. Das setzt natürlich Infrastrukturanpassungen auf der Strecke, in Knoten und Bahnhöfen voraus. Weiterhin sollte zur Verbesserung der Energiezuführung die Elektrifizierung ausgedehnt werden.

Der Güterverkehr muss durch die Einrichtung von Katalogtrassen sinnvoll in das langfristige Gesamtkonzept auf einer in weiten Teilen gemeinsam genutzten Infrastruktur eingebunden werden. Zukünftige technologische Entwicklungen werden wichtige Aspekte zur Ausdehnung der Verkehrsleistung darstellen. Um nicht in alten Strukturen verhaftet zu bleiben, muss sich insbesondere der Güterverkehr neu erfinden. So können schnelle Güterverkehre eine Verlagerung der Luftfracht erzielen, es können flexiblere Verladestellen entstehen sowie ältere Konzepte, wie eine Verladung von Waren direkt im Bahnhof, können wieder aufleben.

Für Personen- und Güterverkehr übergreifend relevant ist die Forcierung von Fahrer_innenassistenzsystemen und die Weiterentwicklung des fahrer_innenlosen Betriebs. Grundlegende Ziele der Eisenbahn müssen die Gewährleistung eines sicheren, pünktlichen und zuverlässigen Bahnbetriebs sein, möglichst ohne Geschwindigkeitseinbußen, da Geschwindigkeitseinbußen die Betriebskosten signifikant erhöhen. Die hierfür erforderlichen Gelder zum Ausbau der Infrastruktur, zur Investition in Fahrzeuge und Forschung müssen finanzierbar sein.

Vorausgesetzt, die Eisenbahn soll auch in Zukunft bestehen und kein Relikt vergangener Zeiten darstellen, ist es jetzt erforderlich, die skizzierten Ziele umzusetzen und durch eine politisch und gesellschaftlich getragene Entscheidung zu legitimieren. Denn nur so können die von der Bundesregierung angesetzten Umwelt- und Klimaziele erreicht werden. Deutlich wurde auch die enge Verzahnung der Themenbereiche zur Gestaltung der Energiewende im Verkehr, wodurch ein kurzfristiges gewinnorientiertes Denken einzelner Unternehmen auszuschließen ist. So sollten die momentanen Organisationsstrukturen überdacht und der politisch und rechtlich mögliche Einfluss wahrgenommen werden sonst besteht die Gefahr, dass sich die Etablierung von Innovationen im Bahnsystem über einen jahrzehntelangen Zeitraum hinzieht oder die Bahn weiter an Einfluss verliert. Mit einer integrierten verkehrspolitischen Strategie hingegen, die klare Ziele verfolgt, kann die Eisenbahn einen substantiellen Beitrag zur Gestaltung der Energiewende im Verkehr leisten.

6 Resümee

Wie eingangs gezeigt, ist die deutsche Verkehrspolitik, gemessen an den eigenen Ansprüchen, gescheitert. Entgegen dem ursprünglichen Ziel, die CO₂-Emissionen bis 2020 um 10 Prozent gegenüber 1990 zu senken, nehmen sie bis heute zu (vgl. UBA 2015). Aktuelle Studien zeigen, dass sich diese Entwicklung unter den gegebenen politischen Rahmenbedingungen fortsetzt und die verkehrsbedingten CO₂-Emissionen bis 2040 weiter ansteigen werden (vgl. Bukold 2015).

Vor diesem Hintergrund muss die einseitig marktorientierte Verkehrspolitik der letzten Jahrzehnte grundsätzlich neu überdacht werden. Das gilt insbesondere für die seit den 1990er Jahren weltweit praktizierte Reformpolitik im Eisenbahnsektor. Dabei zeigt der Blick auf Europa, dass bei einem generellen Trend staatlichen Rückzugs teilweise sehr unterschiedliche nationalstaatliche Entwicklungspfade auszumachen sind (vgl. zum Folgenden Schwedes 2010). Während Großbritannien kurzfristig und weitgehend ungeplant das gesamte Eisenbahnsystem privatisiert hat, vollzog sich die Bahnreform in Schweden seit den 1970er Jahren schrittweise und bis zuletzt staatlich moderiert. Zwischen diesen beiden extremen Polen – der Marktintegration auf der einen und der Staatsintegration auf der anderen Seite – verfolgte Deutschland einen seinem korporatistischen Gesellschaftsmodell entsprechenden Entwicklungspfad, der die Aushandlung der Interessen von Wirtschaft, Gewerkschaften und dem Staat anstrebt. Wie im Falle von Großbritannien und Schweden stand auch in Deutschland am Anfang der Bahnreform das Ziel, das staatliche Eisenbahnsystem in ein börsennotiertes Privatunternehmen zu überführen. Während das Ziel in Großbritannien vollständig umgesetzt wurde, hat die Politik in Schweden bewusst auf den Börsengang verzichtet, um nicht den politischen Einfluss auf die Entwicklung des Eisenbahnsystems zu verlieren. In Deutschland wiederum haben die langwierigen gesellschaftlichen Aushandlungsprozesse dazu beigetragen, dass die negativen Erfahrungen mit der Eisenbahnprivatisierung, insbesondere in Großbritannien, zum Verzicht auf den Börsengang und die materielle Privatisierung geführt haben. Stattdessen entstand mit der formellen Privatisierung der Deutschen Bundesbahn ein Zwitterkonzern, der einerseits als privatwirtschaftliches Unternehmen am Markt agieren soll, während andererseits der Staat hundert Prozent der Unternehmensanteile besitzt und den Konzern immer wieder mit politischen Forderungen im Sinne des Gemeinwohls konfrontiert. Hat man bezüglich der Bahnreform sowohl in Großbritannien wie auch in Schweden eine bewusste politische Entscheidung getroffen, handelt es sich im Falle von Deutschland um einen faulen Kompromiss. Der Unternehmenskonzern Deutsche Bahn unternimmt seitdem den aussichtslosen Versuch, einen Spagat zwischen betriebswirtschaftlichem Kalkül und am Gemeinwohl orientierten Anforderungen zu leisten.³

³ Bis heute ist der DB Vorstand bestrebt, diese unbefriedigende Situation in Richtung Privatisierung aufzulösen, ohne eine Vorstellung davon zu entwickeln, welche Rolle die Bahn im Rahmen einer nachhaltigen Verkehrsentwicklungsstrategie einnehmen soll (vgl. Doll 2015).

Das Beispiel der Bahnreform im europäischen Ländervergleich zeigt, wie sehr die jeweils eingeschlagenen Entwicklungspfade durch die spezifischen nationalstaatlichen Rahmenbedingungen geprägt sind. Jeder Markt, auch der Eisenbahnmarkt, entsteht im Kontext spezifischer sozialer Strukturen und wird durch politische Entscheidungen geformt (vgl. Beckert et al. 2007). Dabei können grundsätzlich drei Entwicklungsschritte unterschieden werden, die den Grad der Marktlogik bestimmen: Der erste Schritt ist die *Deregulierung*, das heißt der Staat nimmt bestimmte Vorgaben und Auflagen zurück, zu denen er öffentliche Betriebe wie die Bundesbahn seinerzeit verpflichtet hatte. Dadurch, dass z. B. nicht mehr bis ins Detail geregelt ist, wie der Eisenbahnbetrieb die Verköstigung der Fahrgäste zu organisieren hat, sollen Freiräume geschaffen werden, innerhalb derer sich die Verantwortlichen frei bewegen können, um verschiedene Angebotsvarianten zu entwickeln und auszuprobieren. Der zweite Schritt zu mehr Marktlogik ist die *Liberalisierung*, womit die Öffnung des bis dahin ausschließlich von einem öffentlichen Unternehmen beherrschten Marktes für private Anbieter_innen bezeichnet wird. Während bei der Deregulierung unternehmerische Entscheidungsspielräume eröffnet werden, zielt die Liberalisierung durch die Marktöffnung für andere Anbieter_innen auf die Innovationsförderung durch Wettbewerb. Der dritte Schritt schließlich ist die *Privatisierung*, also die Umwandlung von bis dahin noch am Markt existierenden öffentlichen Betrieben zu privaten Unternehmen. Dieser letzte Schritt unterscheidet sich grundlegend von den beiden vorangegangenen, indem er öffentlichen Unternehmen die Existenzberechtigung abspricht. Im Gegensatz zu deregulierten und liberalisierten Märkten, in denen eigenständig handelnde öffentliche Unternehmen gleichberechtigt mit privaten konkurrieren, begreifen privatisierte Märkte öffentliche Unternehmen als Fremdkörper.

Die Reformdebatten der letzten zwanzig Jahre waren dominiert von der Überzeugung, dass der Staat grundsätzlich nicht in der Lage sei, wirtschaftlich zu handeln (vgl. Prasad 2006). Vielmehr sollte die Politik sich darauf beschränken, Rahmenbedingungen zu schaffen, innerhalb derer sich Märkte etablieren können, in denen private Anbieter_innen um das beste Produkt konkurrieren. Eine gestaltende Rolle im Sinne einer/s aktiven Marktakteurs/-akteurin, war für den Staat nicht denkbar. Demgegenüber wird bis heute immer wieder auf die besondere Bedeutung des Staates als Unternehmer_in verwiesen, der insbesondere im Verkehrssektor durch die erfolgreiche Organisation öffentlicher Verkehre wichtige Gemeinwohlinteressen verfolgt (vgl. Ambrosius 2016). Das besondere Kapital des Staates besteht darin, Innovationen über lange Zeiträume zu finanzieren, noch bevor private Investor_innen das Risiko eingehen, am Markt zu scheitern (vgl. Mazzucato 2013). Durch die aktive und langfristige Unterstützung des Staates sind einige der bedeutendsten Innovationen der Gegenwart entstanden, wie das Internet, der Touchscreen oder die Spracherkennung, lange bevor private Unternehmer_innen sie aufgenommen und zu iPhone, iPod Touch und iPad weiterentwickelt haben (ebd.: 87 ff.). Der internationale historische Vergleich zeigt, dass es immer staatliche Institutionen sind, die darüber entscheiden, ob eine Gesellschaft zu sozialer Gerechtigkeit und ökonomischen Wohlstand gelangt (vgl. Acemoglu/Robinson 2012). Wenn wir heute die ökologische Frage als ernst zu nehmende, neue

Herausforderung begreifen, werden wir sie nur dann bewältigen, wenn es gelingt, entsprechende gesellschaftliche Institutionen zu schaffen, die eine politische Gestaltung erlauben.

Die einseitig auf Marktintegration gerichtete Verkehrspolitik der Vergangenheit ist gescheitert und eine Verkehrswende im Sinne einer nachhaltigen Verkehrsentwicklung kann nur mithilfe umfangreicher staatlicher Eingriffe erfolgreich umgesetzt werden (vgl. Bracher et al. 2014). Sie wird sich für bestimmte gesellschaftliche Interessen entscheiden müssen und zugleich bewusst gegen andere gerichtet sein, die sich den politischen Zielen entgegen stellen. Eine Verkehrspolitik, die das Ziel einer nachhaltigen Verkehrsentwicklung ernst nimmt, muss auf eine Akzentverschiebung zugunsten des Schienenverkehrs gerichtet sein. Erforderlich ist eine verkehrspolitische Strategie, die nicht nur auf positive Anreize setzt sondern diese mit negativen regulatorischen Maßnahmen kombiniert, die sich bewusst gegen den Straßenverkehr richten.

Wir haben die verkehrspolitische Gestaltungsmacht vorausgesetzt, die notwendig ist, um die hier vorgeschlagene Bahnreform umzusetzen. Erfahrungsgemäß braucht es jetzt eine politische Persönlichkeit, die sich das Ziel einer nachhaltigen Verkehrsentwicklung zu eigen macht und die Etablierung entsprechender staatlicher Institutionen auf die Agenda setzt.

7 Literaturverzeichnis

- Acemoglu, Daron/James A. Robinson (2012): *Why Nations Fail. The Origins of Power, Prosperity, and Poverty*. New York.
- Ambrosius, Gerold (2016): *Öffentlicher Verkehr und Gemeinwirtschaftlichkeit: Im Spannungsfeld von Eigenwirtschaftlichkeit, Wettbewerb und Regulierung*. In: Oliver Schwedes/Weert Canzler/Andreas Knie (Hrsg.): *Handbuch Verkehrspolitik*, zweite Auflage. Wiesbaden: Springer, S. 449–471.
- Beckert, Jens/Rainer Diaz-Bone/Heiner Ganßmann/Richard Swedberg (2007): *Märkte als soziale Strukturen*. Frankfurt M./New York: Campus Verlag.
- Bracher, Tilman/Jürgen Gies,/Jörg Thiemann-Linden/Klaus J. Beckmann (2014): *Umweltverträglicher Verkehr 2050: Argumente für eine Mobilitätsstrategie für Deutschland*. Schriftenreihe des Umweltbundesamtes, Text 59. Dessau-Roßlau.
- Brenck, Andreas/Kay Mitusch (2008): *Verbrauchererwartungen an Dienstleistungsqualität im Bahnverkehr*. Studie im Auftrag der Verbraucherzentrale Bundesverband e. V. http://www.iges.com/e6/e34/e10216/e6251/e9716/e9718/attr_objs9724/IGES_VerbrauchererwartungenanDienstleistungsqualitaetimBahnverkehr_Studiefuerdenvzbv_Endfassung_ger.pdf (01.01.2016).
- Bukold, Steffen (2015): *Ölpreiskollaps, Verkehr & Klima. Daten und Strategien für den Klimagipfel in Paris*. Zweiter Teil der Kurzstudie im Auftrag der Bundestagsfraktion Bündnis 90/Die Grünen. <http://www.energycomment.de/cop21-neue-studie-verkehrswende-nicht-in-sicht/> (01.01.2016).
- Bundesamt für Statistik (2015a): *Mobilität und Transport – Modalsplit im Personenverkehr*. <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/21/02/ind32.indicator.71702.3210.html> (01.01.2016)
- Bundesamt für Statistik (2015b): *Mobilität und Transport – Modalsplit im Güterverkehr*. <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/21/02/ind32.indicator.71704.3210.html> (01.01.2016).
- Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (2015): *Marktuntersuchung Eisenbahnen 2014*. Bonn, S. 16. http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Eisenbahn/Unternehmen_Institutionen/Veroeffentlichungen/Marktuntersuchungen/MarktuntersuchungEisenbahnen/MarktuntersuchungEisenbahn2014.pdf?__blob=publicationFile&v=2 (01.01.2016).
- Bundesregierung (2013): *Deutschlands Zukunft gestalten. Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD, 18. Legislaturperiode*. http://www.bundesregierung.de/Content/DE/_Anlagen/2013/2013-12-17-koalitionsvertrag.pdf;jsessionid=D598911FFE128E9B197C6B1C7D1B4783.s3t1?__blob=publicationFile&v=2 (01.01.2016).
- Deutsche Bahn AG (2013): *20 Jahre Bahnreform und Deutsche Bahn AG. Erfolge und künftige Herausforderungen*. http://www.deutschebahn.com/file/de/2192370/bTr5Fb2p7elSytLM_kq845yj6tY/5967484/data/bahnreform.pdf (01.01.2016).
- Deutsche Bahn AG (2014): *Wettbewerbsbericht*. http://www.deutschebahn.com/file/de/2238618/gtlgx2GoaPjb0G85bhJM2R5IsI/7020240/data/wettbewerbsbericht__2014.pdf (26.10.2015).

- Deutsche Bahn AG (2015): Fragen und Antworten zur DB-Pünktlichkeitsstatistik. http://www.bahn.de/p/view/mdb/bahnintern/fahrplan_und_buchung/reiseauskunft/p_nktlichkeitskommunikation/MDB101020-FAQ_Puenktlichkeit_2012.pdf (01.01.2016).
- Deutsche Bahn Netz AG (2015): Schienennetz-Benutzungsbedingungen 2016. http://fahrweg.dbnetze.com/fahrweg-de/nutzungsbedingungen/snb/snb_2016.html (01.01.2016).
- Doll, Nikolaus (2015): Rüdiger Grube plant Verkauf von Teilen der Bahn. In: Die Welt, 17.07.2015. <http://www.welt.de/wirtschaft/article144133677/Ruediger-Grube-plant-Verkauf-von-Teilen-der-Bahn.html> (13.01.2016).
- Engartner, Tim (2008): Die Privatisierung der Deutschen Bahn: Über die Implementierung Marktorientierter Verkehrspolitik. Wiesbaden: VS Verlag.
- Hecht, Markus/Ramy Shoeib (2013): Energieeinsparung durch aerodynamische Optimierung von Schüttgutwagen. In: ZEVrail 137, Heft 6/7, S. 246–256.
- Knierim, Bernhard/Winfried Wolf (2014): Bitte umsteigen. 20 Jahre Bahnreform. Stuttgart: Schmetterling.
- KOM – Kommission der Europäischen Gemeinschaften (2011): Weißbuch. Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum – Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem. Brüssel. [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/de/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0144_\(01.01.2016\)](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/de/TXT/PDF/?uri=CELEX:52011DC0144_(01.01.2016)).
- Mazzucato, Mariana (2013): The Entrepreneurial State: Debunking Public vs. Private Sector Myths. London: Anthem Press.
- Öchsner, Thomas (2015): Züge sollen die besseren Fernbusse werden. In: Süddeutsche Zeitung Online: <http://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/plaene-der-deutschen-bahn-zuege-sollen-die-besseren-fernbusse-werden-1.2762653> (01.01.2016).
- Plehwe, Dieter (2016): Güterverkehr und Logistik: Zielkonflikte nachhaltigen Wachstums im Straßen- und Schienenverkehr. In: Oliver Schwedes/Weert Canzler/Andreas Knie (Hrsg.): Handbuch Verkehrspolitik, zweite Auflage. Wiesbaden: Springer, S. 323–349.
- Prasad, Monica (2006): The Politics of Free Markets. The Rise of Neoliberal Economic Policies in Britain, France, Germany and the United States. Chicago/London.
- Schwedes, Oliver/Weert Canzler/Andreas Knie (Hrsg.) (2016): Handbuch Verkehrspolitik, zweite Auflage, Wiesbaden: Springer.
- Schwedes, Oliver (2010): Privatisierung im Verkehrssektor – Eine Bestandsaufnahme im europäischen Wohlfahrtsstaatsvergleich. In: Thomas J. Mager (Hrsg.): „Quo Vadis Privatisierung?“ Rekommunalisierung kommunaler Leistungen – Königsweg oder Sackgasse? Köln: ksv-verlag, S. 37–56.
- Schweizerische Bundesbahn (2015): Kundenpünktlichkeit. <https://www.sbb.ch/sbb-konzern/medien/dossier-medienschaffende/kundenpuenktlichkeit.html> (01.01.2016).
- Steen, Claudia (2014): Fahrwegabhängige Mautsysteme und Erfahrungen aus der Deutschen LKW-Maut. Vortrag Eisenbahnwesenseminar am 17. November 2014, TU Berlin.
- Sturm, Peter (2015): Integrale Taktfahrpläne des Öffentlichen Nahverkehrs. In: Handbuch der kommunalen Verkehrsplanung, Loseblattsammlung, Ordnungsnummer 2.1.6.1.

UBA – Umweltbundesamt (2015): Umwelttrends in Deutschland. Daten zur Umwelt 2015, Dessau-Roßlau. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/daten_zur_umwelt_2015_1.pdf (01.01.2016).

UBA – Umweltbundesamt (2012): Daten zum Verkehr, Ausgabe 2012. <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4364.pdf> (01.01.2016).