

# Chancen und Barrieren für Innovationen im deutschen Schienengüterverkehr:

## Eine innovationstheoretische Perspektive

Stephan Müller, Gernot Liedtke und Anika Lobig<sup>1</sup>

### Zusammenfassung

Der Schienengüterverkehr (SGV) befindet sich spätestens seit der Mitte des 20. Jahrhunderts in einer Stagnations- oder sogar Rückgangsphase. Er konnte wenig vom Wachstum des internationalen Handels und der wachsenden Bedeutung der Logistik in Wertschöpfungsketten profitieren. Als ein Mittel zur Verbesserung der Situation für den Schienengüterverkehr werden von vielen Akteuren vor allem technische Innovationen gefordert. Diese schaffen es jedoch nicht oder nur vereinzelt, in die Produktionssysteme oder den Fuhrpark des Schienengüterverkehrs implementiert zu werden. Dieser Artikel analysiert und diskutiert daher aus innovationstheoretischer Perspektive die Barrieren bisheriger Innovationsanstrengungen aber auch die Chancen von Innovationen für den Schienengüterverkehr.

Aus der Analyse können folgende, innovationshemmend wirkende Effekte im Schienengüterverkehr festgestellt werden: a) Ein Lock-In-Effekt der Akteure im SGV, was Impulse zur Veränderung etablierter Strukturen verhindert, b) die gegenseitige Pfadabhängigkeit in allen Entwicklungsanstrengungen, welche den Lösungsraum zur Problembewältigung deutlich einschränkt, c) das Innovator's Dilemma in der Logistikbranche, welche unter Marktdruck und nach getätigten Investitionsleistungen keine Experimente mit anderen Verkehrsmitteln wagen und d) eine latente technologische Stagnation aufgrund fehlender Renditen für Innovationen.

Der Artikel zeigt auf, dass unter diesen Voraussetzungen ein „Weiter wie bisher“ nicht zielführend ist. Für ein deutliches Umdenken in der Bahn- und Bahninnovationspolitik sprechen aus innovationstheoretischer Perspektive, dass a) das Logistik-Marktwachstum zukünftig vermehrt in Nischen stattfinden wird, b) der Druck zum umweltfreundlichen Güterverkehr auf die Logistik wirkt und stärker wird, c) der Druck von radikalen Innovationen aus Nischenanwendungen zunimmt und d) verschiedenste radikale Inventionen/Innovationen für etablierte Unternehmen im Güterverkehr generell verfügbar und integrierbar sind. Zur Nutzung der Chancen für Innovationen ist eine moderne Innovationspolitik notwendig, die gezielt Steuerungsmechanismen für einen technologischen Wandel einsetzt. Damit ist auch ein neuer, marktorientierter Schienengüterverkehr realistisch.

Keywords: Schienengüterverkehr; Innovationen; nachhaltiger Güterverkehr; Verkehrspolitik

---

<sup>1</sup> Anschrift der Verfasser:

Dr.-Ing. Stephan Müller  
Deutsches Zentrum für Luft- und  
Raumfahrt,  
Institut für Verkehrsforschung  
Rutherfordstraße 2, 12439 Berlin  
[stephan.mueller@dlr.de](mailto:stephan.mueller@dlr.de)

Prof. Dr. Gernot Liedtke  
Deutsches Zentrum für Luft- und  
Raumfahrt,  
Institut für Verkehrsforschung  
Rutherfordstraße 2, 12439 Berlin  
[gernot.liedtke@dlr.de](mailto:gernot.liedtke@dlr.de)

Dipl.-Ing. Anika Lobig  
Deutsches Zentrum für Luft- und  
Raumfahrt,  
Institut für Verkehrsforschung  
Rutherfordstraße 2, 12439 Berlin  
[anika.lobig@dlr.de](mailto:anika.lobig@dlr.de)

# 1. Einleitung

Auch wenn der Güterverkehr Ausdruck einer arbeitsteiligen Wirtschaft ist, so besteht aufgrund der aktuellen klimapolitischen Debatte ein immer größerer Druck zum umweltfreundlichen Umbau des Güterverkehrs. Konträr zu den erreichten CO<sub>2</sub>-Minderungen in den wichtigen Bereichen „Wohnen“ und „Energie“, ist im Verkehr seit 1990 eine Steigerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von mehr als 12% bis 2007 registriert worden (UBA 2010). Aufgrund ihrer deutlichen Vorteile bei den Primärenergieverbräuchen ist es naheliegend, CO<sub>2</sub>-Minderungen im Güterverkehr durch eine vermehrte Nutzung der Schiene zu erreichen. Damit wird ein Entwicklungspfad fortgeführt, der unter den Begriffen „Verkehrsverlagerung“, „ausgewogener Modal Split“ und „Multi- bzw. Synchronmodalität“ bereits seit Jahrzehnten in der Verkehrspolitik verfolgt wird. Hierzu wurden seit Jahrzehnten öffentliche Gelder auf nationaler und europäischer Ebene in die Förderung der Schiene investiert. Allerdings sind die Ergebnisse ernüchternd. Der Modalanteil der Schiene an der Verkehrsleistung ist heute in den EU-Mitgliedstaaten auf unter 30%, in vielen Fällen unter 10%, abgesunken. Österreich, als europäische Ausnahme, zeigte zwar in den letzten Jahren eine deutlich positive Entwicklung des Schienengüterverkehrs mit über 15% Wachstum seit 2003, liegt aber dennoch unter den Modal Split-Anteilen von 1991. Auch im deutschen Güterverkehr ist der Modalanteil der Schiene in 2013 unter dem von 1991, auch wenn sich seit 2003 eine leichte Steigerungstendenz zeigt (EUROSTAT 2015, eigene Auswertung).

EU-politische Zielsetzungen im aktuellen Weißbuch streben bis 2030 eine Verlagerung von 30% des Güterverkehrs auf Strecken über 300km an (Weißbuch Verkehrsraum 2011). Angesichts der Entwicklung seit 1991, der dahinterliegenden Verkehrspolitik und der realisierten Verkehrsleistungsentwicklung, ist es wahrscheinlich, dass dieses Ziel mit den aktuellen Technologien, Organisationskonzepten und Dienstleistungen im SGV kaum realisierbar ist. Demnach bedarf es an Innovationen im SGV.

Technische und organisatorische Innovationen bringen Dynamik in Märkte; sie sind ein wesentlicher Treiber des Wettbewerbs, sie verbessern Produkte bezüglich der Marktbedürfnisse oder sie entwickeln den Markt im Sinne des Innovators. Zahlreiche technische Innovationen werden daher aktuell als nötige Innovationen für den SGV diskutiert wie zum Beispiel neue Drehgestelle, die automatische Mittelpufferkupplung, Leichtbaumaterialien, Telematiksysteme. Diese werden jedoch nicht oder nur vereinzelt in den Produktionssystemen oder dem Fuhrpark des Schienengüterverkehrs realisiert. Vor diesem Hintergrund diskutiert der vorliegende Aufsatz aus einer innovationstheoretischen Perspektive die Barrieren für Innovationen im SGV. Der Aufsatz zeigt aber auch die Chancen von Innovationen auf und möchte damit Impulse für eine effektive Schienengüterverkehrspolitik bzw. Innovationspolitik für den Schienengüterverkehr geben.

Die Gliederung des Artikels ist wie folgt: Der Abschnitt 2 stellt laufende verkehrspolitische Maßnahmen für den SGV und den Lkw dar. Abschnitt 3 ordnet die Maßnahmensetzung und den Status des SGV gegenüber dem Lkw in den historischen Kontext ein. Für eine tiefergehende Analyse werden in Abschnitt 4 Kernaussagen der relevanten Innovationstheorien sowie deren Zusammenhang zusammenfassend dargestellt. Aufbauend darauf werden in Abschnitt 5 die Barrieren hinsichtlich der Implikationen für die Innovationstätigkeit und anschließend ein Zwischenfazit gezogen und

systemisch-strategische Optionen diskutiert. Abschnitt 6 stellt die Chancen für die zukunftsweisendste Option dar und begründet diese innovationstheoretisch. Der Aufsatz schließt mit Abschnitt 7, in der aus der Analyse resultierende Handlungsoptionen für die Innovationspolitik im Schienengüterverkehr aufgezeigt werden.

## **2. Maßnahmen im Güterverkehr zur Förderung der Schiene und Straße**

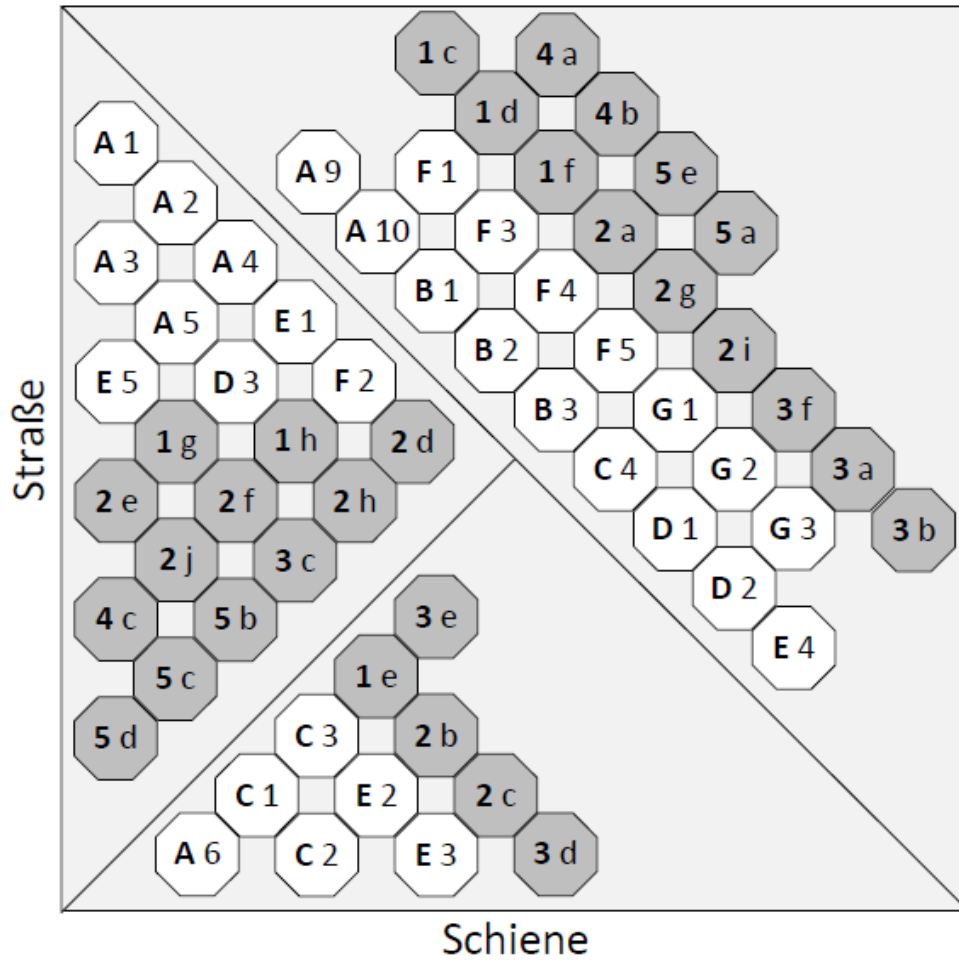
Mit dem Ziel, den Güterverkehr und die Logistik zu fördern, hat die Bundesregierung in den letzten Jahren zwei Maßnahmenprogramme vorgestellt. Derzeit gilt der „Aktionsplan Güterverkehr und Logistik – nachhaltig und effizient in die Zukunft.“ (BMVI 2015). Dieser adressiert insbesondere das Ziel, den Logistikstandort Deutschland zu stärken. Er ist der deutlicher wirtschaftspolitisch akzentuierte Nachfolger des „Masterplans Güterverkehr und Logistik“ (BMVBS 2008). In den Maßnahmen beider Pläne wird punktuell auch Bezug zu grundlegenden staatlichen Rahmen- und Förderprogrammen für die Schiene und die Straße genommen, wie beispielsweise dem Bundesverkehrswegeplan, der Förderrichtlinie zur Lärminderung an Bestandsgüterwagen, der Förderrichtlinie für den Kombinierten Verkehr, und der Gleisanschlussförderrichtlinie.

In der nachstehenden Abbildung 1 sind die Maßnahmen für den Schienen- und den Straßengüterverkehr aus dem Masterplan sowie dem Aktionsplan für Güterverkehr und Logistik aufgeführt. Die Maßnahmenschwerpunkte der Pläne sind der Straße, der Schiene oder, falls gegeben, beiden Verkehrsträgern zugeordnet. Die Maßnahmenschwerpunkte, für den Masterplan bezeichnet durch Buchstaben (weiße Oktagone) und für den Aktionsplan bezeichnet mit Nummern (graue Oktagone), sind unter der Abbildung 1 aufgeführt. Die vollständige Auflistung der einzelnen Maßnahmen in den Maßnahmenschwerpunkten ist dem Anhang beigelegt, so dass die nachstehende Bewertung nachvollzogen werden kann.

In der Abbildung ist erkennbar, dass bei der Schiene vorrangig Maßnahmen bzgl. Infrastruktur, Lärminderung, Umschlagstechnologien und ETCS adressiert werden. Bei der Straße sind es Maßnahmen zur Verkehrstelematik, zum Verkehrsmanagement, zu Kommunikationsinfrastrukturen und -diensten, Infrastrukturmaßnahmen sowie Effizienz-steigernde Maßnahmen, die umgesetzt werden sollen. Maßnahmen, die verkehrsträgerübergreifend beschrieben sind, beziehen sich in den meisten Fällen auf die Stärkung des Logistikstandortes Deutschland und der Logistikwirtschaft, auf Arbeitsbedingungen und Nachwuchskräfte im Güterverkehr sowie auf Infrastrukturfragen und der Vernetzung der Verkehrsträger. In wie weit die Belange der Schiene und der Straße dabei gleichrangig Eingang finden bzw. behandelt werden, lässt sich ohne tiefergehende Analyse nicht bewerten. Auch die monetäre Unterlegung der einzelnen Maßnahmen bedarf einer genaueren Analyse für bewertende Aussagen. Betrachtet man jedoch die reine Anzahl der Maßnahmen, die der Straße dienen sollen, so muss man einen Fokus auf die Straße (21 Maßnahmen) gegenüber der Schiene (11 Maßnahmen) in den Plänen feststellen. Man kann darüber hinaus festhalten, dass sich der quantitative Fokus auf die Straße im Aktionsplan für Güterverkehr und Logistik sogar verstärkt und die Anzahl gemeinsamer Maßnahmen abgenommen hat.

Im nächsten Abschnitt werden die dargestellten Maßnahmen in den historischen und innovationstheoretischen Kontext gesetzt. Es erklärt sich dabei, welcher strukturelle Unterschied

zwischen den Verkehrsträgern bei den Maßnahmen besteht und dass es einen Fokus auf die Straße gibt, trotz der Verlagerungsziele auf die Schiene.



**Maßnahmenswerpunkte im**

**Masterplan Güterverkehr und Logistik (2008):**

- A Verkehrswege optimal nutzen – Verkehr effizient gestalten
- B Verkehr vermeiden – Mobilität sichern
- C Mehr Verkehr auf Schiene und Binnenwasserstraße
- D Verstärkter Ausbau von Verkehrsachsen und -knoten
- E Umwelt- und klimafreundlicher, leiser und sicherer Verkehr
- F Gute Arbeit und gute Ausbildung im Transportgewerbe
- G Weitere Maßnahmen zur Stärkung des Logistikstandortes Deutschland



**Maßnahmenswerpunkte im**

**Aktionsplan Güterverkehr und Logistik (2015):**

- 1 Logistikstandort Deutschland stärken
- 2 Leistungsfähige Verkehrsinfrastruktur erhalten, modernisieren und erweitern
- 3 Bessere Vernetzung aller Verkehrsträger erreichen
- 4 Umweltfreundlichen und energieeffizienten Gütertransport fördern
- 5 Nachwuchssicherung und gute Arbeitsbedingungen unterstützen



Abbildung 1: Maßnahmen für Schiene und Straße aus dem Master- und Aktionsplan für Güterverkehr und Logistik (eigene Darstellung auf Basis von BMVBS (2008) und BMVI (2015), einzelne Maßnahmen sind im Anhang aufgeführt)

### **3. Eine makroskopische Perspektive auf die Entwicklung der Eisenbahn und weiterer Basisinnovationen**

Die häufigste Art der Innovation ist die Verbesserungsinnovation, auch inkrementelle Innovation genannt. Verbesserungsinnovationen entwickeln ein bestehendes Produkt oder einen Fertigungsprozess weiter. Sie erhöhen z.B. die Qualität, senken Kosten oder offerieren veränderte technische Funktionen. Deutlich seltener als inkrementelle Innovationen treten Basisinnovationen auf, auch radikale Innovationen genannt. Diese stellen eine massive Änderung eines Produktes oder eines Fertigungsprozesses gegenüber der bis dato üblichen Praxis dar. Dadurch, dass Basisinnovationen nicht mehr auf der bisherigen Praxis basieren, besitzen erfolgreiche Basisinnovationen das Potenzial, ganze Branchen zu transformieren, neue Märkte zu entwickeln und ggf. sogar gesellschaftliche Paradigmen zu verändern. Damit haben Basisinnovationen ebenso das Potenzial, bestehende Branchen und Märkte obsolet werden zu lassen (Mensch 1975).

Ökonomen beschäftigen sich seit dem 20. Jahrhundert intensiv mit der Bedeutung von Basisinnovationen. Insbesondere der Zusammenhang zwischen identifizierten periodischen Zyklen von Wirtschaftswachstum und -rückgang („langen Wellen“) und Basisinnovationen wurde bis in die 90er Jahre unter Ökonomen stark diskutiert (z.B. Maier (1985)). Kondratieff (1926) bringt erstmalig die langen Wellen in den Zusammenhang mit „wichtigen Erfindungen“. Joseph Schumpeter (1939) beschreibt explizit die Bedeutung und Wirkung von Basisinnovationen auf die wirtschaftliche Entwicklung: Basisinnovationen sind Träger der Aufschwungphase einer langen Welle und richten dabei das Wirtschaftssystem auf die Basisinnovation aus und erzeugen eine gesamtgesellschaftlich gestiegene Prosperität. Schumpeter war es auch, der die wirtschaftlichen langen Wellen nach Kondratieff benannte. Die Kausalität, ob die Kondratieff-Zyklen durch Basisinnovationen entstehen oder umgekehrt, ist im wissenschaftlichen Diskurs bisher noch nicht abschließend geklärt (vgl. Freeman und Louca (2001), Tinbergen (1981)). Obwohl die Existenz der Kondratieff-Zyklen unter Ökonomen unstrittig ist, gibt es keinen absoluten Konsens über deren Beschreibung. Das betrifft einmal die Zeiträume, die leicht abweichend sind, als auch die genannten Basisinnovationen, die einem Zyklus zugeordnet werden (vgl. z.B. Mensch 1975, Maier 1985, Nefiodow 1990, Nefiodow 2014). Seit der industriellen Revolution werden in der Literatur im Wesentlichen fünf der Kondratieff-Zyklen referenziert mit den nachstehenden, maßgeblich dem Zyklus dazugehörigen Basisinnovationen: 1) Dampfmaschine, Textilindustrie (ca. 1800-1850), 2) Eisenbahn, Stahl (ca. 1850-1900), 3) Elektrizität, Chemie (ca. 1900-1950), 4) Automobil, Erdöl (ca. 1950-1990), 5) Informations- und Kommunikationstechnologien (ab 1990 bis ?). Für einen sechsten Zyklus, in dem wir uns laut Nefiodow (2014) seit der großen Krise der Informationstechnologie 2000-2003 befinden sollen, werden als mögliche Träger Basisinnovationen im Informationsmarkt, Umweltschutz, in der Biotechnologie und dem Gesundheitswesen spekuliert.

Unstrittig ist, dass die Eisenbahn selbst einmal eine Basisinnovation darstellte und in ihrer Wachstumsphase, im zweiten Kondratieff-Zyklus, ein Treiber für die Reorganisation der Wirtschaft und Gesellschaft in dieser Zeit darstellte. Der Durchsetzung der Eisenbahn ging eine über Dekaden anhaltende technische und gesellschaftliche Entwicklung voraus: von der Pferdeisenbahn, der Nutzung von Eisenschienen, bis hin zur Kombination vom Wagen mit einer Dampfmaschine. In

England 1825 im dampfmaschinellen Betrieb zuerst eingesetzt, wurde die Eisenbahn in Deutschland 1835 mit zehn Jahren Verzögerung eingeführt. Die Verzögerung begründet sich u.a. aus der Unterstützung des im Güterverkehr vorherrschenden Binnenschiffs durch König Ludwig I. von Bayern, der dem Kanalbau für die Binnenschifffahrt den Vorrang gab. Auch ein generelles Misstrauen der Verantwortlichen gegenüber der neuen Technologie sowie einer Skepsis zur weiteren Steigerung der Transportnachfrage verzögerten die Einführung der Eisenbahn in Deutschland (Heinze und Kill 1988). Nach der Umsetzung der ersten Strecke in Deutschland von Nürnberg nach Fürth, einer ersten Nischenanwendung, entstand in den darauf folgenden Dekaden sukzessive ein Netz und ein Eisenbahnsystem, getragen von umfangreichen weiteren technischen und organisatorischen inkrementellen Innovationen. Daraus wurde schließlich das Rückgrat des Personen- und Güterverkehrs in ca. 1870 (siehe Heinze und Kill 1988). Das Binnenschiff wurde während der Durchsetzung der Eisenbahn sukzessive abgelöst und in Nischen gedrängt – heute vor allem dem Container- und Massenguttransport auf dem Rheinsystem. Die Elektrifizierungswelle im dritten Kondratieff-Zyklus erreichte noch flächendeckend das Schienensystem. Allerdings wurde in Deutschland nie eine vollständige Elektrifizierung realisiert, da der Automobilverkehr (vierter Kondratieff-Zyklus), das Wachstum des Bahnverkehrs zum Erliegen brachte. Auch das Auto hatte einige Dekaden an Vorlaufzeit hinter sich, bis die erste Autobahn 1921 – die Avus, in Berlin – eröffnet wurde. Der Fokus der Infrastrukturinvestitionen wurde schließlich auf das Automobil ausgerichtet. Mit der Zeit entstand ein flächendeckendes kontinentales Autobahnnetz, und eine nachfrageorientierte Rückbauphase des Schienennetzes begann und hält bis heute an. Der Lkw wurde das neue Rückgrat des Güterverkehrs, und die Bahn verlor seitdem entsprechend massiv an Marktanteilen.

Der Transport von Waren per Lkw, sowie später folgende Basisinnovationen in den Informations- und Kommunikationstechnologien, trugen auch dazu bei, die Logistik zu revolutionieren. Baumgarten (2010) zeigt die Entwicklung der Logistik auf. Aus einer separierten Unternehmensfunktion für den Wareneingang, Warentransport und Warenausgang entwickelte sich die Logistik zum dienstleistungsorientierten Organisator komplexer Lieferketten und schließlich bis hin zu einem Integrator unternehmensübergreifender Wertschöpfungsaktivitäten.

Informations- und Kommunikationstechnologien (fünfter Kondratieff-Zyklus) wurden in die Logistik und insbesondere in die Lkw-basierten Transportsysteme integriert. Wie in Abbildung 1 ersichtlich, wird diese Entwicklung aktiv von der Verkehrs- und Wirtschaftspolitik begleitet: Die heute erreichte Komplexität der Logistikunterstützung mittels IKT (in Zukunft ggf. auch des autonomen Fahrens) wurde mittels öffentlich finanzierter Projekte im Lkw-Bereich (siehe Projekte KONVOI, CHAUFFEUR I und II, Vorbereitende Maßnahmen für den praktischen Einsatz von Fahrerassistenzsystemen im Güterverkehr, C2X Kommunikation und Andere im späten 19. und frühen 20. Jahrhundert) unterstützt. Auch in den aktuellen Plänen sind Maßnahmen zur Integration von IKT im Wesentlichen für den Lkw vorbehalten. Maßnahmen, diese Innovationen im SGV zu verankern, wie die Elektrifizierung Ende des 19. Jahrhunderts, fehlen derzeit: Höft (2016) spricht von einer „Digitalisierung 0.0 im SGV“.

Mit der kurzen geschichtlichen Darstellung zu den Transportsystemen wird eines verdeutlicht: Bisher lösten neue Verkehrssysteme als Träger eines Kondratieff-Zyklus' die alten derart ab, so dass diese in der Folge massiv an Bedeutung im Güterverkehr verloren (die Eisenbahn das Binnenschiff und das Automobil die Eisenbahn). Auch wurde der nachfolgende Träger des Kondratieff-Zyklus' noch

umfangreich in den Vorgänger integriert. Der Fokus der Maßnahmen heute (siehe Abbildung 1) richtet damit auf das Lkw-basierte Transportsystem und IKT, nicht mehr auf die Eisenbahn und IKT.

Das Portfolio in den Maßnahmenprogrammen für den SGV ist als Versuch zu werten, das Aufholen von Versäumnissen der vorausgegangenen Verkehrspolitik nachzuholen. Das wesentliche Versäumnis dieser Politik bestand darin, das System „Schiene“ nicht an die sich verändernden Marktanforderungen im Güterverkehr dauerhaft und kontinuierlich anzupassen: die Durchsetzung der IKT in Industrie und Handel (zukünftig „Internet of the Things“ und „Industrie 4.0“). Das System „Lkw“ wiederum wird aktuell von Maßnahmen gefördert, die genau das zum Ziel haben, was bei der Schiene versäumt wurde. Somit läuft bisher die Entwicklung des „Lkw“ der der „Schiene“ immer voraus.

Betrachtet man den Produktlebenszyklus des Güterverkehrssystems „Schiene“ im zeitlichen Ablauf, so befindet sie sich irgendwo in einer bereits lange anhaltenden Degenerationsphase. In dieser Phase gibt es prinzipiell vier Optionen für das Produkt selbst:

- 1) Das Produkt den Marktkräften aussetzen bzw. aktiv vom Markt nehmen (wie z.B. das Hochrad oder die Pferdekutsche),
- 2) das Produkt mit inkrementellen Innovationen verbessern und auf dem Markt anbieten (Relaunch, wie z.B. der ICE 3 gegenüber der Vorgängergeneration),
- 3) einen älteren Systemzustand mit inkrementellen Innovationen auf den aktuellen Stand der Technik bringen und ein Produkt damit reaktivieren (Revival, wie z.B. der VW-Beetle) und
- 4) einen technologischen Wandel mit einer radikal neuen Innovation (Basisinnovation) anstoßen und sukzessive die alte Technologie ablösen (technology transition, wie z.B. die Dampfschiffahrt die Segelschiffahrt im Güterverkehr ablöste).

Ohne Innovation im SGV ist ein weiterer Rückgang der Relevanz für den Gütertransport unausweichlich, denn ohne Innovation kann keine positiv gerichtete Dynamik im Markt initiiert werden. Die Historie zeigt, dass Innovationen – und vor allem radikale Innovationen – im Schienengüterverkehr keine Selbstläufer sind, denn sonst wären sie bereits implementiert. Um die heutigen grundsätzlichen Hemmnisse für Innovationen im SGV zu verstehen, werden im nächsten Abschnitt verfeinerte Innovationstheorien und -konzepte vorgestellt.

#### **4. Ausgewählte Kernaussagen innovationstheoretischer Grundlagen zur Analyse von Hemmnissen und Treibern von Innovationen**

Neuere Theorien und Konzepte der Innovationsökonomie beschäftigen sich unter anderem mit dem Verständnis zu den Durchsetzungsmechanismen sowie den Treibern und Barrieren von Innovationen. Auf diese Weise ermöglichen sie die Erarbeitung zukunftsgerichteter Handlungsoptionen. Nachstehend sind ausgewählte Kernaussagen von Theorien dargestellt und eine inhaltliche Verbindung der Theorien geschaffen, so dass zuerst relevante Theorien zur Analyse von Barrieren,

anschließend zu Chancen für Innovationen und bei den letzten Theorien die Handlungsoptionen thematisiert werden.

#### **4.1. Der Lock-In Effekt, Pfadabhängigkeit und gegenseitige Pfadabhängigkeit**

Der Lock-In-Effekt beschreibt, dass nach einer Phase des Experimentierens eine (technische) Lösung gegenüber den Alternativen überlegen wird. Andere Lösungen werden von den Akteuren nicht mehr verfolgt, sie sind irrelevant. Die Pfadabhängigkeit ist eine zeitliche Perspektive des Lock-In und bedeutet, dass jegliche Entwicklungsschritte durch die vorangegangenen Entwicklungsschritte beeinflusst werden. Lerneffekte bezüglich Produktionsverfahren, Produktbedienung und funktionierender Geschäftsmodelle schränken die Akteure im Zeitverlauf immer mehr auf eine Lösung ein. Dadurch wird der Raum für neue Lösungen als Basis alternativer technologischer Entwicklungspfade immer begrenzter. Durch das formale Setzen von Standards wird der technologische Pfad stabilisiert. Dazu kommen Netzwerkeffekte, d.h. direkte und indirekte Abhängigkeiten von Nutzern und Anbietern sowie von Produkten und Vorprodukten – die sogenannte gegenseitige Pfadabhängigkeit entsteht. Sie beschreibt in diesem Zusammenhang, dass auch andere gesellschaftliche Akteure, nach einem gewissen Zeitverlauf nahezu alle, ihre Weiterentwicklungsschritte in den gleichen technologischen Raum einpassen und darauf ausrichten (vgl. Sydow et al. (2009), Unruh (2000), Pierson (2000)). Es entsteht ein sozio-technisches System, ein sogenanntes „Regime“ (zum Begriff Regime siehe unten im Kapitel 4.4 zur Multi-Level Perspektive).

#### **4.2. Das Innovator's Dilemma**

Unternehmen, die sich innerhalb eines Regimes auf einem Markt etabliert haben, besitzen wenig Anreiz, radikal neue Technologien abseits von Ihrem bestehenden Technologiepfad zu entwickeln und in den Markt einzuführen. Der entscheidende Grund dafür ist, dass sie ihr eigenes Marktumfeld durch das Verlassen etablierter Strukturen destabilisieren und damit für neue Akteure öffnen würden. Diese könnten gegebenenfalls den eigenen Markt durch neue Produkte schwächen und sogar zerstören. Durch eine radikal neue technologische Linie werden auch das aufgebaute Know-How, bisherige Entwicklungsanstrengungen, Patente etc. der etablierten Unternehmen wertlos. Etablierte Unternehmen haben daher kein ökonomisches Interesse, in einem ungewissen neuen Markt aktiv zu werden, auf dem sich Profite kaum prognostizieren lassen und neue Machtverhältnisse entstehen könnten (Christensen (1997)) – man überwindet aus diesem Dilemma heraus die (gegenseitige) Pfadabhängigkeit „bewusst“ nicht und verfolgt die eigene Produktentwicklungslinie.

#### **4.3. Das technologische Patt und Kondratieff-Zyklen**

Innovationen brauchen Wachstumsmärkte. In Wachstumsmärkten ist die Investitionsbereitschaft in Innovationen deshalb gegeben, weil sich bei überschaubarerem Risiko nach kurzer Zeit eine positive Rendite für Investitionen einstellen kann („Return on Investment“, RoI). Fehlt die Aussicht auf RoI, stellt sich keine Investitionsbereitschaft und in der Folge keine Innovationstätigkeit ein mit der Konsequenz, dass die wirtschaftliche Entwicklung immer mehr an Dynamik verliert. Am Endpunkt dieser Entwicklung befindet sich ein Sektor (ggf. auch eine gesamte Wirtschaft) in einem



technologischen Patt: Ohne Wachstum keine Innovation; ohne Innovation kein Wachstum (Mensch 1975). In Abschnitt 2 wurden bereits Erläuterungen zu den Kondratieff-Zyklen gemacht. Demzufolge entstand alle 40-60 Jahre ein technologisches Patt im gesamtgesellschaftlichen Ausmaß – mit tiefgreifender wirtschaftlicher Rezession am Tiefpunkt der Wellen. Laut Mensch führte bisher immer eine neue Basistechnologie aus dem Patt heraus, weil sie neue Investitionsbereitschaft anzog, indem sie eine technische Lösung mit Wachstumsaussichten bot und damit eine Rendite. Die Basistechnologie zerstörte jedoch auch obsolet gewordene Märkte, Institutionen, Paradigmen etc. des Wirtschaftssystems (z.B. bestimmte Großunternehmen in Bezug auf die sich im Patt befindende Technologie) und schuf aber gleichzeitig produktivere Unternehmen, neue Märkte und neue Paradigmen in der Gesellschaft. Dies hatte bisher auch immer eine gestiegene Prosperität im Vergleich zum vorangegangenen Kondratieff-Zyklus zur Folge (vgl. Schumpeter 1939, Mensch 1975). Dieses Zerstören und gleichzeitiges Schaffen durch Basisinnovationen wurde von Schumpeter als „schöpferische Zerstörung“ bezeichnet.

#### **4.4. Die Multi-Level Perspektive für den Technologiewandel**

Die Theorie Multi-Level Perspektive (MLP) beschreibt den Übergang von einer bestehenden Technologie zu einer radikal neuen Technologie (Technologiewandel (TW)) und fokussiert dabei auf die sozio-technischen Prozesse im TW. Sie unterscheidet drei analytische Ebenen: Regime, Nischen und sozio-technische Landschaft.

- Das Regime ist kein negativ geprägter Begriff innerhalb der Theorie, sondern er beschreibt ein Netzwerk von Akteuren, deren Handeln, Organisationsformen, und dezentrale Abstimmung, etc. das für eine stabile sozio-technische Entwicklung sorgt. Das „sozio-technische Regime“ ist ein abstrakter Begriff für das Zusammenhalten und Zusammenwirken von Akteuren, Technologien, Institutionen und Produkten (der gegenseitigen Pfadabhängigkeit).
- Nischen beschreiben gedachte Orte in Märkten, an denen radikale Innovationen eingesetzt werden können. Es sind kleine Einsatzfelder neuer Technologien. Diese werden – im Unterschied zum Massenmarkt – typischerweise nicht vom Regime bedient.
- Die exogene sozio-technische Landschaft ist die allumfassende, dem Regime und den Nischen, übergeordnete Analyseebene. Sie umfasst geltende Gesetze, Institutionen und gesamtgesellschaftliche Paradigmen. Aber nicht nur die sozio-technische Landschaft prägt die Entwicklung des Regimes und der Nischen, das Regime prägt auch die Landschaft, indem es passiv oder aktiv Einfluss auf Regulierung, Politik und Meinungen ausübt.

Das MLP-Konzept sieht vor, dass technologische Übergänge durch die Destabilisierung des Regimes stattfinden. TWs entstehen allerdings selten spontan, da das bestehende Regime, durch Lock-in und Pfadabhängigkeit gekennzeichnet, sich mit inkrementellen Innovationen entlang „geplanter“ Pfade orientiert und dabei Netzwerke und Machtstrukturen nutzt, um sich so langsam verändernden Rahmenbedingungen anzupassen oder diese zu beeinflussen. Aus dem Innovator's Dilemma heraus verschließt sich das Regime jedoch massiveren Veränderungen gegenüber.

Radikale Innovationen entstehen daher in der Regel zunächst in Nischen, in denen Inventoren und risikobereite Unternehmer, die nicht dem Regime angehören, technisch-organisatorische Innovationen entwickeln und von dort aus langsam in den gesamten Markt drängen. Nischen besitzen eine

destabilisierende Wirkung auf das bestehende Regime. Die Destabilisierung des Regimes erfolgt typischerweise auf zweierlei Weise: Nischen können entweder im Laufe der Zeit wachsen und mit ihren eigenen Netzwerken und Machtstrukturen die alten Strukturen sukzessive ablösen. Oder es treten massive Änderungen in der sozio-technischen Landschaft ein, z.B. durch eine Katastrophe (Systemschock), neue gesellschaftliche Rahmenbedingungen (gravierend deutliche Maßnahmensetzung) oder einer Ressourcenbeschränkung (natürliche Wachstumsgrenze). Dann wird eine Nischenoption plötzlich für die Politik relevant. Eine dritte Option ist vergleichsweise selten zu beobachten – die Aufnahme/Integration einer in Nischen entwickelten radikalen Innovation in das Regime und damit eine selbstgewählte Neuausrichtung (Foster 1985, Geels 2002, Smith et al. 2005, Geels und Schot 2007, Geels 2010). Dies würde nämlich bedeuten, dass es die wirtschaftlichen Akteure in Kauf nehmen, ihre eigenen Märkte zu destabilisieren und ihre bisherigen Entwicklungen zu entwerten (vgl. Innovator's Dilemma).

#### **4.5. Nischenorganisation und Steuerung des Technologiewandels**

Ein Technologiewandel lässt sich gezielt herbeiführen und zum Teil steuern. Es können dazu die Nischen systematisch organisiert werden (Hoogma et al. 2002) oder die Ausrichtung des Regimes durch die Setzung von Rahmenbedingungen (sozio-technische Landschaft) beeinflusst werden (Kemp et al. 2001, Smith et al. 2005). Für die Steuerung eines TWs schlägt Loorbach (2007) Aktionen auf drei Ebenen vor: 1) Strategische Ebene: Prozesse der Visionsbildung, strategischer Diskussionen, langfristiger Zielformulierung 2) Taktische Ebene: Prozesse der Agendaformulierung, Verhandeln/Vernetzung/Koalitionsbildung mit und zwischen Akteuren und 3) Operative Ebene: Prozesse des Experimentierens, Projekte, Implementierung von Lösungen. Die Vernetzung von relevanten (richtigen) Akteuren auf den drei Aktions-Ebenen ist der Schlüssel für einen erfolgreichen Technologiewandel.

#### **4.6. Triple Helix**

Das Zusammenhalten bzw. auch die Konkurrenz zwischen Akteuren, Technologien, Nischen, etc. ist in der Multi-Level-Perspektive dargestellt. Man kann die Interaktion von Akteuren auch aggregierter betrachten und als Formen der Kommunikation, Interessensbildung, Interessensverfolgung darstellen. Dies hat das Konzept Triple Helix zum Gegenstand. Es beschreibt die Funktionen und das Zusammenspiel von Akteuren aus Forschung, Politik und Wirtschaft im Innovationsprozess auf institutioneller Ebene. Die Beziehung der drei Akteursgruppen besteht in ihrer Anordnung, ihrer Kommunikation, dem Lernen und ihrem jeweilig möglichen Beitrag in Innovationsprozessen.

Das Zusammenspiel kann auf drei Arten („Modi“) geschehen (Etzkowitz und Leydesdorff (2000):

- Modus I) der Staat ist der zentrale Organisator von Innovationen; er macht diktatorische Vorgaben bzgl. einer Technologie oder gar einem Produkt (ähnlich einer Zentralwirtschaft; geprägt in der (Nach)kriegswirtschaft).
- Modus II) bedeutet getrennte institutionelle Sphären (Wirkungsbereiche) mit starken, formalisierten Grenzen zwischen ihnen. Teilweise arbeiten die Akteure gegeneinander, wenn keine harmonisierten Interessen die Grundlage bilden und damit auch keine aufeinander

abgestimmte Handlung entsteht (insbesondere seit 1990ern ein dominierender Modus, vgl. z.B. Loorbach 2007).

- Modus III) sind institutionell überlappende Sphären mit einer gemeinsamen Wissensinfrastruktur, einem Rollenübergang der drei Akteure und somit einem fast gleichberechtigten Streben nach der Entwicklung der Innovation für einen gemeinsamen (Innovations-)Erfolg). Dieser Modus wird bereits in Ansätzen beispielsweise bei der Erarbeitung von zukunftsfähigen Kraftstoffen in Deutschland umgesetzt.

## **5. Bewertung von Innovationen im SGV: Die entscheidenden Barrieren für Innovationstätigkeiten**

Im Folgenden werden die Theorien/ Erklärungskonzepte für Innovation in Bezug auf den SGV dargestellt und daraus entscheidende Barrieren für eine Weiterentwicklung des Verkehrssystems begründet.

### **5.1. Barriere 1: Die Wirkung des sozio-technischen Lock-Ins und der gegenseitigen Pfadabhängigkeit im SGV**

Die Ausführungen zu den Maßnahmen für den SGV und die historische Betrachtung zum SGV (Kapitel 2-3) verdeutlichen den Status des Verkehrssystems heute. Alle Akteure im SGV (Wagenhalter, Eisenbahnverkehrsunternehmen, Eisenbahninfrastrukturunternehmen, Verloader, etc.), haben ihre technischen und organisatorischen Einrichtungen zur Leistungserbringung über die vergangenen 150 Jahre aufeinander abgestimmt. Bei der Schiene handelt es sich um ein Regime - ein System aus Technik, Organisation, Akteuren, Infrastruktur. Diese systematische Anhängigkeit voneinander sowie eingerichtete Kontrollinstanzen, wie auf nationaler Ebene das Eisenbahnbundesamt, konditionieren das System mit Verfahrensregeln und Standards. Ein Abweichen ist immer beschwerlich. Der SGV befindet sich damit in einem sozio-technischen Lock-In: Technik, Organisation, etc. sind festgelegt; das System handelt in sich geschlossen. Einflüsse von außen haben keinen/einen extrem erschwerten Zugang (z.B. völlig neue Wagenkonzepte). Das schränkt den Lösungsraum beim Angehen von Herausforderungen zwangsläufig ein. In diesem Lock-In gibt es Innovationsanstrengungen von Akteuren, die verschiedene technische Elemente weiterentwickelt haben, welche z.B. die Komponenten am Güterwaggon (Drehgestelle, Kupplungssysteme, innovative Verbundmaterialien im Wagenbau u.a.) oder den Güterwaggon selbst innerhalb der Standards überdacht haben (Trennung von Fahrgestell und Aufbau, neue Aufbauformen, u.A.) (Höft 2016). Möglicherweise bringen diese Techniken Verbesserungen an ihrer Einsatzstelle. Sie kommen allerdings aus dem Regime selbst und beschreiben den für die Akteure des Regimes akzeptierten Innovationspfad für die Zukunft (siehe gegenseitige Pfadabhängigkeit), der jedoch die wesentlichen Konditionen des Systems „SGV“ für sein Marktangebot wenig bis gar nicht ändert. Keine der vorgeschlagenen Innovationen beeinflusst das Produktionsniveau im Schienengüterverkehr spürbar für Kunden. Man wird weiterhin homogene Ladungsstrukturen in großen Mengen, regelmäßige und paarige Transportaufkommen sowie lange Planungszeiten für Trassen benötigen.

Um diese Parameter an die Marktbedürfnisse anzupassen, wären in erster Linie organisatorische Innovationen gefragt, die von geeigneten technischen Innovationen flankiert werden. Nach 150 Jahren Pfadabhängigkeit bedarf das System „SGV“ primär der organisatorischen Innovation und erst nachgelagert neuer technischer Komponenten. Das Logistiksystem auf Basis des Lkw ist dadurch gewachsen, indem es seine System-Organisation an Marktbedürfnisse angepasst hat (siehe dazu auch Barriere 2). Die Technik, die zur Organisation benötigt wurde, ist implementiert.

Die Fixierung auf inkrementelle Technikinnovationen des Regimes greift damit deutlich zu kurz für einen auf Marktbedürfnisse ausgerichteten SGV jenseits der im Wesentlichen aktuell bedienten Märkte von Massengut und (maritimen) KV. Es gilt, die Organisation der Leistungserbringung und das Service-Angebot zu überdenken und auf die Marktbedürfnisse auszurichten. Technische Innovationen folgen aus den daraus entstehenden Anforderungen, und möglicherweise ist dazu der inkrementelle Technologieinnovationspfad des Regimes zu verlassen.

## **5.2. Barriere 2: Das Innovator`s Dilemma in der Transportlogistik**

Die Märkte für den SGV sind im Wesentlichen der für Massenguttransporte und den Kombinierten Verkehr (insbesondere der maritime KV). Die Schiene ist in die Stückguttransporte der Güterproduzenten und -händler schlecht bis gar nicht mehr integriert (Schwemmer et al. 2015). Auch im Kontraktlogistikmarkt, der in der vergangenen Dekade die Logistikbranche wirtschaftlich so bedeutsam werden und wachsen ließ, ist der SGV ebenfalls nicht bis schlecht integriert. Die Logistiksysteme sind auf den Lkw ausgerichtet. In der Wachstumsphase des Kontraktlogistikmarktes sind zahlreiche Innovationsinvestitionen getätigt worden (Hub and Spoke Systeme, Cross Docks, Hochregallager, zahlreiche IKT-Anwendungen), um die Logistik den Marktanforderungen entsprechend sukzessive anzupassen (z.B. Just in Time, Eventmanagement) und zur Erweiterung der Servicedienstleistungen (z.B. Sendungsverfolgung, Temperaturüberwachung). Entstanden sind hocheffiziente, vernetzte und komplexe Logistiksysteme auf Basis des Transportsystems „Lkw“. Aktuell weist die Kontraktlogistik erstmals sinkendes Wachstum und sinkende Margen auf (Buck und Wrobel 2015). Das sind Anzeichen für eine Sättigung dieses Marktes. Es dürften somit die Investitionsleistungen für Innovationen für diesen Markt in Zukunft abnehmen, ggf. lediglich noch punktuell erfolgen, denn in nicht wachsenden Märkten lohnen sich Innovationsinvestitionen nicht (siehe Erläuterungen zum Technologisches Patt).

Für den SGV bedeutet das: ein Experimentieren der Logistik-Branche mit anderen Verkehrsmitteln ist in den dargestellten Marktkonditionen zu riskant. Das „Logistikregime“ bleibt geschlossen gegenüber größeren Veränderungen. Das ist die Logik des Innovator`s Dilemma. Demnach hat der SGV keine große Chance, in seiner jetzigen Konstitution in den Stückgutmarkt oder die Kontraktlogistik integriert zu werden. Zu gering sind potenzielle Vorteile, zu groß das Risiko. Wenn man nicht integriert werden kann, bleibt nur der Weg eines konkurrierenden Entwicklungspfades. Dies bedeutet, ein vollkommen neues Angebot zu entwickeln und die Kunden (die produzierenden und handelnden Unternehmen) zu überzeugen.

### **5.3. Barriere 3: Das massive technologische Patt im Schienengüterverkehr**

Die Technologie des Güterwagens hat sich seit Jahrzehnten nicht weiterentwickelt (Höft 2016). Dabei sind Technologien verfügbar, die Verbesserungen an verschiedensten Stellen im System Bahn erreichen könnten und vom Regime vorgeschlagen werden. Warum schaffen es selbst diese Innovationen nicht in den Markt?

Ein Beispiel stellt die Innovation von oberbauschonenden Drehgestellen dar. In Europa ist das Drehgestell Y25 weit verbreitet. Aufgrund starrer Radsatzführungen bedingen diese Drehgestelle jedoch einen hohen Verschleiß am Oberbau (Jahncke 2016). Dies ist wiederum mit einem erhöhten Wartungsaufwand der Infrastruktur auf Seiten der Eisenbahninfrastrukturbetreiber (EIU) verbunden. Der Einsatz moderner Drehgestelle, wie zum Beispiel dem Leila-Drehgestell, kann den Verschleiß am Oberbau reduzieren, so dass bei den EIU ein Nutzen in Form von reduzierten Wartungskosten entstünde. Die Investitionskosten für moderne Drehgestelle fallen jedoch bei den Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) oder den Wagenhaltern an, denjenigen die die Wagen besitzen. Eine Kompensation der Investitionskosten bei den Wagenbesitzern durch die EIU, zum Beispiel über das Trassenpreissystem, erfolgt bislang nicht. Für den Wagenbesitzer entsteht folglich kein Nutzen durch die Investition. Für die Kunden des SGV (Spediteure, Verloader) entstünde auch kein Nutzen mit Zahlungsbereitschaft. In der Konsequenz unterbleiben die Investitionen für die Innovation durch den Wagenhersteller. Weitere Beispiele in Kurzdarstellung wären Innovationen zur Steigerung der Energieeffizienz oder zur Lärmreduktion: der Nutzen entstünde bei den EVU, die Wagenhersteller und -halter müssten investieren. Auch hier würde die Investition nicht durch die EVU kompensiert werden und der Kunde hätte ebenfalls keinen Nutzen mit Zahlungsbereitschaft.

Man kann diese Analyse für viele bestehende technische Innovationsvorschläge für den SGV wiederholen: Es gibt systematische Lücken im Zahlungsstrom zwischen den Akteuren, so dass diejenigen, die die Investitionsleistung für Innovationen erbringen, mit denjenigen, die den Nutzen der Innovation haben, schlecht oder gar nicht monetär gekoppelt sind. Es fehlt somit die Rendite für Innovationsleistungen. Zwei weitere Eigenschaften verstärken die verringerten Aussichten auf die Rendite für Investoren, die bereits vielfach in der Literatur benannt wurden (z.B. Höft 2016): a) die langen Lebensdauern des Rollmaterials, so dass Ersatzinvestitionen in Perioden von mehr als 40 Jahren erfolgen und b) das Argument, dass für spürbare Effekte der Innovationen eine Umrüstung im gesamten Fuhrpark nötig würde (sogenannte Systeminnovationen). Es bringt z.B. relativ wenig, einige Güterwagen leiser zu machen; der gewünschte Effekt entsteht erst, wenn der Fuhrpark umgerüstet ist. Neben der Problematik der mangelnden individuellen Rentabilität für Investitionen gibt es die bereits lang anhaltende Degeneration des SGV-Marktes, der keine Anzeichen für ein Wachstum aufweist. Damit muss man ein massives Technologisches Patt diagnostizieren: Kaum eine Chance für einen Return on Investment bedeuten keine Innovationsleistungen, keine Innovationsleistungen bedeuten kein weiteres Marktwachstum. Das bedeutet technologischen Stillstand und Rezession in diesem Markt. Zur Verdeutlichung: Auch wenn Zahlungsströme für heute notwendig erscheinende Innovationen „erzwungen“ würden (z.B. über ein angepasstes Trassenpreissystem), es würde Dekaden andauern bis diese diffundiert wären, aber das Marktumfeld hätte sich wieder um Dekaden weiterentwickelt und das Serviceangebot an den Markt bliebe aber auf dem heutigen Stand. Ein

Marktwachstum kann damit durch die Innovationsvorschläge nicht induziert werden. Das technologische Patt ist explizit da.

Aus dieser Spirale nach unten ist ein Ausweg über den bisher verfolgten Pfad nicht realistisch – so die Erfahrungen aus der Vergangenheit und die Theorie. Laut Mensch (1975) führten bisher nur radikale Innovationen aus dem technologischen Patt heraus.

#### **5.4. Zwischenfazit und Begründung für den Vorschlag zum Umdenken**

Nachdem die wesentlichen Barrieren für Innovationen im SGV innovationstheoretisch herausgearbeitet wurden, müssen die Optionen diskutiert werden, die zur Überwindung der Barrieren bestehen. Die innovationshemmend wirkenden Effekte im SGV lauten:

- Ein sozio-technisches Lock-In der Akteure im SGV verhindert Weiterentwicklungsimpulse von außerhalb des Regimes.
- Die gegenseitige Pfadabhängigkeit in allen Entwicklungsanstrengungen, schränkt trotz einer festzustellenden Entkopplung des Angebots von den Marktanforderungen jenseits von den Transportmärkten Massengut und KV, den Lösungsraum deutlich ein.
- Das Innovator's Dilemma der Konzerne in der Logistikbranche impliziert, dass diese unter Marktdruck und getätigten Investitionsleistungen die Schiene nach ökonomischem Kalkül nicht in die erschlossenen Transportmärkte Stückgut und Kontraktlogistik integrieren werden.
- Es existiert ein massives technologisches Patt im SGV, denn es gibt keine Rendite für Innovationen, damit keine Innovationsleistungen und dies impliziert, dass sich der Markt seit Jahren im Rückgang befindet und auch weiter befinden wird.

Vor diesem Hintergrund ist kaum zu erwarten, dass das System aus sich selbst heraus zur Innovation fähig ist. Worin sollte öffentliches Geld von der Politik investiert werden: In eine Intensivierung des bestehenden technologischen Pfades mit inkrementellen Innovationen (relaunch, revival) oder in einen neuen technologischen Pfad (Technologiewandel)?

Bisher führten nur Basisinnovationen aus dem technologischen Patt heraus. Mit inkrementellen Verbesserungen ist bereits das Limit der (Markt-)Entwicklung ausgeschöpft. Am Ende dieser Entwicklung ist das Ergebnis das technologische Patt (Mensch 1975). Damit wäre die Intensivierung des inkrementellen Innovationspfades mittel- und langfristig keine Option mehr, sondern dienen im Idealfall zur weiteren Erhaltung des Status'. Der Technologiewandel, der sukzessive Übergang mit einer Basisinnovation vom etablierten SGV zu einem „neuen SGV“, bietet sich als zukunftsfähige Lösung an. Wir betrachten daher diese Option im nächsten Kapitel detaillierter.

## **6. Aktuelle Chancen von Innovationen für einen neuen SGV bzw. einen umweltfreundlichen Güterverkehr**

Wie aus den dargestellten Theorien, insbesondere der Multi-Level Perspektive und dem Innovator's Dilemma, ersichtlich wird, sind Treiber zur Weiterentwicklung des SGV weniger innerhalb des Regimes „SGV“ als außerhalb des Regimes zu suchen. Daher werden die Chancen, die nachstehend dargestellt sind, ggf. als „Bedrohung“ für die etablierte Praxis durch das Regime bewertet. Tatsächlich wird mit den Chancen auch die etablierte Praxis im SGV hinterfragt, allerdings mit dem Ziel, Möglichkeiten positiver Impulse durch Innovationen für den schienengebundenen Güterverkehr zu zeigen. Dazu sollten die Chancen als Möglichkeiten für eine Neuausrichtung des SGV mit Aussicht auf Marktwachstum gelesen werden. Die Chancen zur Innovation im SGV betreffen die Analysebereiche: 1) die Vorbedingung zur Innovationsleistung, das Marktwachstum, sowie die beiden exogenen Treiber zur Ablösung des Regimes aus der Multi-Level Perspektive, 2) die sozio-technische Landschaft als übergeordnete Rahmenbedingungen sowie 3) die Entwicklung von Innovationen in Nischen.

### **6.1. Chance 1: Der Logistikeffekt bedeutet weiteres Marktwachstum**

Innovationen brauchen Wachstumsmärkte und eine Aussicht auf positives ROI. Das Marktumfeld des SGV, die Logistik, ist in den vergangenen Dekaden stark gewachsen. Es wurden in der Barriere 2 zwar Anzeichen für eine Marktsättigung in der Kontraktlogistik „diagnostiziert“, aber grundsätzlich dürfte der Logistikeffekt anhalten. Der Logistikeffekt bedeutet, dass sich Produktions- und Handelsunternehmen auf ihre Kernkompetenzen konzentrieren und damit andere Aktivitäten, wie der Warenlogistik, Spezialisten überlassen. Die Logistikbranche treibt diese Entwicklung mit Serviceangeboten, die im Kern zwar dem Warentransport dienen, aber zusätzlich Dienstleistungen wie Supply Chain Management, Lagermanagement, Hängende Kleiderlogistik, Return Logistics, etc. umfassen. Die als Netzwerk fungierende Logistikbranche realisiert Skalen- und Verbundvorteile und kann diese Vorteile an seine Kunden weiterreichen, z.B. in Form von geringeren Transportkosten. Der Logistikeffekt macht also ökonomisch Sinn, und insbesondere in einer immer mehr vernetzten Welt („Industrie 4.0“).

Die Logistikbranche wird nach weiteren Möglichkeiten zur Marktausweitung suchen. Theoretisch begründet sich das, weil das Regime um die Logistik, stark und stabilisierend, seinen Innovationspfad fortsetzen wird (Serviceleistungen rund um die Transportaufgabe). Die Branche wird das erreichte Marktvolumen weiterentwickeln und sich neue Märkte erschließen. Räumlich geht es um internationale Relationen, weiterhin aber auch um die Spezialisierung auf Branchen mit neuen Serviceangeboten (Buck und Wrobel (2015)).

Die Chance für die Schiene liegt nun darin, bei der Markterschließung der Logistikbranche einige Nischen zu besetzen (zuerst besetzen oder ggf. auch in Kooperation) und organisatorische sowie geeignete technische Innovationen zu realisieren, die den Marktanforderungen perfekt entsprechen. Das sind sinnvollerweise Bereiche, in denen auch im aufgebauten Lkw-System weitere Innovationen oder Anpassungen notwendig würden. Der entscheidende Punkt ist: Vom Marktbedürfnis her die

notwendigen organisatorischen Innovationen, den Service, entwickeln und dann die dazu notwendige Technik aufsetzen. Und dies zunächst in einer Nischenanwendung, nicht im Massenmarkt. Die Idee muss sein, von der Nische aus den bestehenden Massenmarkt sukzessive zu destabilisieren und in eine neue Richtung zu drängen (siehe Ausführungen zur MLP).

## **6.2. Chance 2: Druck aus den Rahmenbedingungen auf „Straße“ (und „Schiene“)**

In zahlreichen Publikationen, von politischen Weißbüchern bis hin zu wissenschaftlichen Abhandlungen, ist dokumentiert, dass der Verkehrssektor seine CO<sub>2</sub> Einsparungsziele nicht nur nicht erreichen wird, sondern dass es auch seit Jahren eine Verschlechterung der CO<sub>2</sub> Bilanz gab. Die Anforderung, genau das zu erreichen, ist jedoch politisch und gesellschaftlich explizit vorhanden (z.B. Weißbuch Verkehrsraum 2011, Energiekonzept 2010, BMVI 2013, DB Technik 2015, UBA 2010).

Die entscheidende Frage für die Akteure im Regime „Lkw“ ist, wie ein CO<sub>2</sub>-neutraler Betrieb von Lkw realisiert werden kann. Anstrengungen der Elektrifizierung (Wasserstoff, batterieelektrisch oder hybride Antriebe) von in Logistiknetzen eingesetzten schweren Lkw und Sattelzugmaschinen scheitern bisher. Diese Option eignet sich mit aktuell verfügbarer Technik maximal für leichte Nutzfahrzeuge im regionalen und urbanen Einsatzbereich. Andere Nutzeranforderungen in Bezug auf Reichweite oder Kosteneffizienz werden nicht oder nicht hinreichend erfüllt. Erdgas besitzt kaum Vorteile hinsichtlich der CO<sub>2</sub> Effizienz sowie der Kosten und so ist die beste ökonomische Option für den Lkw im überregionalen Einsatz nach wie vor und auch mittelfristig der Diesel. Dies kann von weiteren Effizienzsteigerungen bei der Dieselherstellung, in der Motorentechnik und in der Karosserie forciert werden (Shell (2016)). Alternativ denken Akteure über die Anpassung der Infrastruktur nach, konkret über Oberleitungen an Autobahnen, um die Emissionen zu reduzieren. Gigaliner bringen fallweise auch zweistellige Einsparungen an CO<sub>2</sub>, sind aber nur für ca. 20% des Transportvolumens eine Option. Es gibt demnach im bestehenden Logistiksystem aktuell keine realistische Lösungsoption für eine grüne Logistik auf Basis des Lkw. Weitere bekannte Herausforderungen wie der Fahrermangel, die Bewältigung des Wachstums des Güterverkehrs auf der Infrastruktur, etc. kommen hinzu. Aus der Theorie MLP heraus argumentiert, nimmt der Druck auf das vorherrschende Regime aus den Rahmenbedingungen (der sozio-technischen Landschaft) zu. Steigt der Druck weiter, ohne dass eine Lösung innerhalb des Regimes gefunden wird, ist eine Destabilisierung des Regimes laut der Theorie wahrscheinlich. Genau darin besteht eine Chance des SGV: Eine grüne Logistik entwickeln, mit Service und Technik, und die Destabilisierung des bestehenden Regime zu nutzen und sogar aktiv zu gestalten.

In vielen Herausforderungen weist das System „Schiene“ bereits heute Vorteile gegenüber dem System „Lkw“ auf. In einigen Punkten besteht Verbesserungspotenzial, wie z.B. weiterer Elektrifizierung (auch mittels Wasserstoff möglich), 100%ige Nutzung von regenerativ erzeugtem Strom, Lärm (insbesondere in dicht besiedelten Räumen), Arbeitsbedingungen für Lokführer u.a. Die entscheidende Frage zur Nutzung der Chance wäre: In welcher Nische kann eine „grüne Logistik“ auf Basis der Schiene angeboten werden, die Zahlungsbereitschaft für nötige Innovationen aufweist und von der aus man das Angebot ausweiten kann? Nimmt man den Druck aus den Rahmenbedingungen „Grüne Logistik“ als primären Druck auf das Güterverkehrssystem, so müsste also analysiert werden, welche Transporte und welche Unternehmen den größten Bedarf für eine grüne Logistik besitzen



(z.B. Unternehmen mit strengen Auflagen, öffentlich kontrollierte Unternehmen, Konzerne mit öffentlichem Handlungsdruck) – dort sind mögliche Nischen verborgen.

### **6.3. Chance 3: Druck aus den Nischen für einen neuen Güterverkehr**

Es sind eine Reihe von technologischen Entwicklungen bekannt, die das Potenzial besitzen, die Art und Weise von Bahntransporten radikal zu verändern. Diese Entwicklungen wurden noch zum Teil von den Staatsbahnen und Forschungsinstituten in den 1980er Jahren initiiert und waren damit Objekt staatlicher Forschungsförderung. Andere sind das Ergebnis privatwirtschaftlicher Innovationsanstrengungen. Beispiele der angesprochenen Innovationen sind:

- Automatisierter Zugbetrieb: CargoMover, Synchrotrain, u.a.
- Neue Umschlagkonzepte: CargoBeamer, LogXXNet, ModaLohr, RailRunner u.a.
- Neue Zubringersysteme im SGV: CargoSprinter, NGT Cargo, NGT Cargo Link u.a.
- Alternative schienengebundene Verkehrssysteme: CargoCap, Cargo Sous Terrain, Hyperloop One, CargoRapid u.a.

Die Forschungsförderung solcher Ideen wurde in den letzten beiden Dekaden nahezu auf null zurückgefahren. Eine häufig vorzufindende Argumentationslinie lautet wie folgt: „Die Technologie sei ja vorhanden, aber trotz Förderung sei die Technologie nicht in den Markt eingeführt worden“. Es wird auch argumentiert: „die Technologie sei zu teuer, zu umständlich, nicht netzwerkfähig, entspricht nicht den Normen oder könnte existierende Technologien schwächen“.

Nicht alle Argumente sind – bezogen auf jeweilige Innovationen – falsch. Aber das generelle und systematische Ablehnen einer substanziellen Veränderung lässt sich mit dem Innovator's Dilemma des Regimes erklären. Dennoch haben es einige Anwendungen geschafft, in Nischen implementiert zu werden, z.B. hat CargoBeamer ein erstes Transportnetzwerk aufgebaut und implementiert darüber hinaus eine Pilotanwendung für den Volkswagen-Konzern. Auch ModaLohr bedient, als weiteres Beispiel, erste Linien z.B. zwischen Frankreich und Italien. Als drittes Beispiel sei Cargo Sous Terrain genannt, das als mögliche Lösung für die Güterversorgung zwischen und in Schweizer Großstädten diskutiert wird.

Es baut sich langsam eine Konkurrenz zum etablierten Güterverkehr auf, in Nischenanwendungen, so wie es in der Theorie Multi-Level Perspektive als Beginn eines Technologiewandels beschrieben wird. Die Theorie besagt auch, dass wenn der Druck aus der Nische auf das Regime weiter und verstärkend ausgeübt wird, sich das Regime destabilisiert. Es wird sich öffnen, und der Technologiewandel beginnt sich zu beschleunigen bis ein Durchbruch erreicht ist. Dann entwickelt sich ein neues Regime um die neue Technologie und das alte Regime wird abgelöst (Geels 2002, Loorbach 2007). Der Druck durch die Nischen wird allerdings auf alle Regime im Güterverkehr ausgeübt: auf das Regime „Lkw“ sowie auf die Regime „SGV“ und „Binnenschiff“.

Man kann feststellen, dass es bereits erste Anzeichen eines Technologiewandels gibt. Vorerst noch nicht oder kaum für die etablierten Akteure spürbar, aber einzelne Nischen werden dynamisch – die Innovatoren nutzen bereits die ersten beiden dargestellten Chancen.

Der Druck aus der Nische ist deshalb eine Chance, weil der SGV die entwickelten Inventionen/Innovationen für sich nutzbar machen kann, indem zu den organisatorischen Innovationen für eine Nische, technologieoffen, auch radikale Inventionen/Innovationen mitgedacht werden. Aber der Weg zur Implementierung ist ebenfalls der Weg in einer Nischenanwendung zu beginnen und einem Wachstum aus der Nische heraus – kein Versuch, initial den Massenmarkt anzusprechen. Es ist demnach auch eine Frage, welches Regime (Straße, Schiene, Binnenschiff) „intelligenter“ mit dem Druck aus den Nischen umgeht und den eigenen Lock-In, die Pfadabhängigkeit und das Innovator's Dilemma überwindet.

Im nachstehenden Kapitel wird das Fazit aus den Barrieren und den Chancen von Innovationen im SGV gezogen und Denkanstöße für eine geeignete Innovationspolitik gegeben. Als grundlegendste Handlungsausrichtung für Innovationsaktivitäten werden Implikationen aus dem Nischenmanagement und dem Management eines Technologiewandels sowie dem Konzept Triple Helix diskutiert.

## **7. Denkanstöße zur Innovationspolitik im SGV**

Im vorangegangenen Kapitel wurden drei Chancen für Innovationen im SGV aufgezeigt und theoretisch begründet:

- Chance 1: Anstehendes Logistik-Marktwachstum durch die Erschließung von Nischen
- Chance 2: Der Druck zur grünen Logistik aus den Rahmenbedingungen
- Chance 3: Der Druck auf den Markt von Innovationen aus Nischenanwendungen sowie die generelle Verfügbarkeit verschiedenster radikaler Inventionen/Innovationen

Wie in den Darstellungen zu den Barrieren und Chancen von Innovationen im SGV herausgearbeitet wurde, ist ein zukunftsfähiger Innovationspfad: *Eine „grüne Logistik“ mittels marktorientierten Services und unterstützender Technik, eingesetzt in einem zahlungsbereiten Nischenmarkt mit Marktwachstumspotenzial.*

Für die Verbesserung der Situation im Schienengüterverkehr und die Entwicklung des vorgeschlagenen Innovationspfades eignet sich das Triple Helix-Modell, der Modus III, als übergeordneter Ansatz: auf gemeinsame Ziele ausgerichtete Aktivitäten der Akteure aus Politik, Wissenschaft und Industrie. Das bedeutet, dass weder der Staat die Technik vorgeben sollte (Modus I), noch dass voneinander separierte Akteursgruppen, auf Eigennutz ausgerichtete Interessen durchsetzen, die im Falle des SGV von bestehenden Konzernen oder Kontrollinstanzen mit Hilfe von politischen Netzwerken forciert würden (Modus II). Die Akteure müssen das Entwicklungsinteresse aufeinander abstimmen, Wissen austauschen, Innovationen zu Innovationen anbieten, interaktiv eine Idee vorantreiben. Konkret bedeutet das, dass für ein regionales Anwendungsfeld einer Innovation (einer Nische), im Kern Akteure aus der Industrie das Geschäftsmodell mit Service und Technik auf die Kunden abgestimmt entwickeln, Zulieferer finden, etc. Regionale Universitäten müssten neue Kurse einrichten um Studierende entsprechend auszubilden, Wissen kreieren, Labore bereitstellen, technische Details in Forschungsarbeiten ausarbeiten, etc. Die regionale Politik könnte, neben dem politischen Schutz der Nische vor Marktbeeinflussungsstrategien der Konzerne, auch als Risikokapitalgeber auftreten oder Gelder für angepasste Labore an Universitäten bereitstellen. Jeder Akteur müsste zur Innovation eines Akteurs ergänzende Innovationen einbringen (Etzkowitz 2003).

Als Beispiel zur ergänzenden politischen Innovation für die Innovation wäre das Ermöglichen eines, dem Standard widersprechenden Testfeldes. In einer solchen skizzierten Innovationsumgebung entstünde ein Innovationssystem, welches eine Revolution der „Art und Weise des Güterverkehrs“ hervorbringen kann.

Will man politisch ernsthaft die Situation des Schienengüterverkehrs verbessern und das mit Maßnahmen jenseits von ETCS (auf Level 2), Infrastrukturinvestitionen oder Lärminderungsmaßnahmen, bei gleichzeitiger Unterstützung des Lang-Lkw, des automatischen Fahrens im Straßengüterverkehr und dem Schaffen einer digitalen Kommunikationsinfrastruktur an Autobahnen, erreichen, so muss eine aktive Lösungssuche beginnen: ein Experimentieren mit neuen Services, mit neuen Technologien, ein Denken in Nischenanwendungen und einem Denken das ein Abweichen von gesetzten Standards zulässt. Der Technologiewandel des Systems Schienengüterverkehr müsste politisch gewollt, ermöglicht und unterstützt werden.

Aufgrund von in der Literatur dokumentierten Best-Practices aber auch basierend auf typischen Fehlern im Management des Technologiewandels (z.B. Loorbach 2007, Kemp et al. 2001, Smith 2005, Etzkowitz und Leydesdorff 2000) werden im Folgenden einige Denkanstöße gezeigt.

Auf strategischer Ebene ist beispielsweise ein Ziel im Weißbuch Verkehrsraum (2011) bereits benannt: Güterverkehre über 300km auf die Schiene zu verlagern. Dazu wären Gespräche zu führen, die eine konkrete Vision dazu kreieren, wie das in Deutschland aussehen könnte. Unterschiedlichste Akteure werden unterschiedlichste Vorstellungen zu dem eigentlichen Problem im aktuellen SGV und zu den Lösungsoptionen haben, um das Ziel zu erreichen. Es macht also Sinn, mehrere Iterationen in unterschiedlichster Akteurskonstellation (Kombinationen aus Industrie, Politik, Wissenschaft, Regimezugehörigkeit, Querdenker, etc.) politisch zu moderieren, zur Definition des Problems und zu Lösungsansätzen. Erst wenn sich eine Akteurskonstellation mit gleicher Problemdefinition und einer Vision der Lösung (ohne die Technik vorzugeben) zusammengefunden hat, lohnt sich der gemeinsame Innovationsprozess auf taktischer Ebene. Es müssten dann Prozesse der Agendaformulierung entstehen, Verhandeln, Vernetzung, bilden von Koalitionen mit und zwischen geeigneten Akteuren mit gleicher Interessenslage und Vision. Es folgt die operative Ebene in der konkrete Projekte eingerichtet werden. Die Implementierung von Lösungen erfolgt, Sonderregelungen ermöglichen die Demonstration von Konzepten, gemachte Erfahrungen werden evaluiert und die Erfahrungen wieder in die strategische Ebene eingebracht, um eine Evolution des Prozesses zu erreichen.

Ein Arbeiten in Iterationen zwischen den in der Theorie vorgestellten Instrumenten (Kapitel 4.5) auf strategischer, taktischer und operativer Ebene ist unabdinglich. Die entscheidende Lösung ergibt sich im Prozess! Dieser Prozess darf nicht vorzeitig blockiert werden, sondern jeder Lösungsansatz muss ähnliche Startbedingungen haben. Sonst besteht die Gefahr, dass man sich „festfährt“ in einem Pfad, ohne jedoch eine gute Lösung entwickelt zu haben (zu früher Lock-In). Die Frage, welche organisatorisch-technische Nischeninnovation sich als leistungsfähige Lösung für den Güterverkehr der Zukunft erweist, kann noch nicht beantwortet werden. Gegebenenfalls kommt die entscheidende Basisinnovation erst noch mit dem Erfahrungszuwachs und der Innovation zur Innovation.

Ein Technologiewandel ist ein lange andauernder Prozess, damit Marktselektionsprozesse entsprechend Zeit haben, Geschäftsmodelle, Technologien, Lerneffekte, Unternehmenskulturen, etc.

zu evaluieren, und in das Regime zu integrieren bzw. um es abzulösen. Damit ist eine stabile politische Unterstützung über Legislaturperioden hinweg nötig. Es muss noch betont werden, dass auch in der Theorie beschrieben wurde, dass es neben der Option Nischen zu entwickeln, auch die Möglichkeit gibt, dass das Regime seine Pfadabhängigkeit verlässt. Es könnten beispielsweise politisch die Rahmenbedingungen so gesetzt werden (ändern der Spielregeln), dass sich die bestehende Industrie umstellen kann und Experimente wagt bzw. wagen muss.

Neben der Förderung von Basisinnovationen in Nischenanwendung oder deren Integration ins Regime, können Systemschocks auftreten, spontane gravierende Ereignisse, die einen Technologiewandel beeinflussen. Ein Schock im System kann einen Technologiewandel a) in kurzer Zeit äußerst beschleunigen und b) in unerwartete Richtungen lenken. Beispiele wie Fukushima (in der Energiewende), oder der Unfall im Mont-Blanc-Tunnel in Frankreich (und der darauffolgenden politischen Unterstützung von Modalohr) sind bedauernswerte Beispiele für Systemschocks. Ein Schock ist aber nicht nur ein bedauerliches Ereignis, sondern er kann auch suboptimale Lösungen frühzeitig festlegen (siehe Lock-In), die in einem geordneten Technologiemanagement und nach einer Reihe von Marktselektionsprozessen gar nicht die Gewinner gewesen wären. Daher ist das „Warten auf Schocks“ keine wünschenswerte oder sinnvolle Option. Ein intelligent angegangener Technologiewandel scheint ein erstrebenswerter verkehrspolitischer Pfad.

## 8. Literatur

1. Baumgarten H. (2010): Das Beste der Logistik. Springer; Auflage: 2008. ISBN-10: 3540784047
2. BMVBS (2008): Masterplan Güterverkehr und Logistik. Die Bundesregierung vertreten durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.). Berlin. September 2008
3. BMVI (2013): Die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie der Bundesregierung (MKS). BMVI (Hrsg.) URL: [https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/UI-MKS/mks-strategie-final.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/UI-MKS/mks-strategie-final.pdf?__blob=publicationFile)
4. BMVI (2015): Aktionsplan Güterverkehr und Logistik – nachhaltig und effizient in die Zukunft. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.). Berlin. November 2015
5. Buck M. und Wrobel H. (2015): Branchenanalyse Kontraktlogistik – Eine Markt- und Beschäftigungsanalyse in Deutschland. Working Paper Forschungsförderung. Nummer 003. Hans Böckler Stiftung (Hrsg.). Dezember 2015
6. Christensen, C. M. (1997): The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail. Boston, MA: Harvard Business School Press, 1997.
7. DB AG (2014): Daten und Fakten 2013, Deutsche Bahn AG URL: [http://www1.deutschebahn.com/file/ecm2-db-de/1500396/y9c-Pp6py2Lz17-2cBPFKckDOGs/6629592/data/2013\\_duf.pdf](http://www1.deutschebahn.com/file/ecm2-db-de/1500396/y9c-Pp6py2Lz17-2cBPFKckDOGs/6629592/data/2013_duf.pdf)
8. DB Technik (2015): Technikstrategie, Deutsche Bahn AG, URL: [http://www.deutschebahn.com/file/de/2191708/iKLPxGwozvrf49wIBIG6pnqzpdo/9696340/data/Neuer\\_Inhalt.pdf](http://www.deutschebahn.com/file/de/2191708/iKLPxGwozvrf49wIBIG6pnqzpdo/9696340/data/Neuer_Inhalt.pdf)

9. Energiekonzept (2010): Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung  
[https://www.bundesregierung.de/ContentArchiv/DE/Archiv17/\\_Anlagen/2012/02/energiekonzept-final.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](https://www.bundesregierung.de/ContentArchiv/DE/Archiv17/_Anlagen/2012/02/energiekonzept-final.pdf?__blob=publicationFile&v=5)
10. Etzkowitz H. (2003): Innovation in Innovation: The Triple Helix of University-Industry-Government Relations. In: Social Science Information Vol. 42, pp. 293-337
11. Etzkowitz H. und Leydesdorff L. (2000): The dynamics of innovation: from National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university-industry-government relations. In: Research Policy Vol. 29 , pp. 109-123
12. EUROSTAT (2015): Daten vom EUROSTAT Datenserver (Datencode: tsdtr220), <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&plugin=1&language=de&pcode=tsdtr220> (Update vom 30.07.2015)
13. Foster R. N. (1985): Timing Technological Transitions In: Technology in Society, Vol 7, pp. 127-141
14. Freeman C. und Louca F. (2001): As time goes by: From the Industrial Revolution to the Information Revolution. Oxford University Press. ISBN 0-19-9241107-4. New York
15. Freeman C. und Perez C. (1988): Structural crises of adjustment, business cycles and investment behaviour In: Technical Change and Economic Theory (Dosi et al. Hrg.). pp. 38-66. Pinter Publishers, London/New York. 1988
16. Geels F. W. (2002): Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study. In: Research Policy. Vol. 31. pp 1257-1274
17. Geels F. W. (2010): Ontologies, socio-technical transitions (to sustainability), and the multi-level perspective. In: Research Policy. Vol 39. pp 495-510
18. Geels F. W. und Schot J. (2007): Typology of sociotechnical transition pathways. In: Research Policy Vol. 36. pp 399-417
19. Heinze G.W. und Kill H.H. (1988): The development of the German railroad system, in: The development of large technical systems, Publications of the Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung, Köln, Vol. 2, Ed. by Renate Mayntz, Thomas P. Hughes, Campus, Westview Press, Frankfurt am Main, Boulder (Colorado), 1988, S. 105-134
20. Höft U. (2016): Mehr Güter auf die Schiene! Aber wie?. Gutachten für die Fraktion Bündnis 90/Die Grünen im Deutschen Bundestag. Berlin, Mai 2016
21. Hoogma, R., Kemp R., Schot J. und Truffer B. (2002). Experimenting for Sustainable Transport: The Approach of Strategic Niche Management. Spon Press, London.
22. Jahncke R. (2016): Der innovative Güterwagen. In: IFV Bahntechnik (Hrsg.): Bahntechnik-Symposium, Berlin, 2016
23. Kemp R., Rip A. und Schot J. (2001): Constructing transition paths through the management of niches. In: Path dependence and creation. Garud R and Karnoe P (Hrsg.) Lawrence Erlbaum. London, 2001. ISBN 0-8058-3272-6
24. Kondratieff N. D. (1926): Die langen Wellen der Konjunktur. Aus: Archiv für Sozialwissenschaft und Sozialpolitik, 1926 , Heft 56, Seite: 573-609
25. Loorbach D. A. (2007): Transition Management - New mode of governance for sustainable development. Dissertation. Erasmus Universiteit Rotterdam

26. Maier H. (1985): Basic innovations and the Next Long Wave of Productivity Growth: Socioeconomic Implications and Consequences. In: The Long-Wave Debate (T vasko (Hrsg). Springer Verlag. ISBN 3-540-18164-4
27. Mensch G. (1975): Das technologische Patt: Innovationen überwinden die Depression. Umschau Verlag Breidenstein KG. ISBN 3-524-00643-4
28. Nefiodow L. A. (1990): Der fünfte Kondratieff. Strategien zum Strukturwandel in Wirtschaft und Gesellschaft. ISBN 3-4091392-7-3. Wiesbaden
29. Nefiodow L. A. und Nefiodow S. (2014): Der sechste Kondratieff. Die neue, lange Welle der Weltwirtschaft. 7. Auflage. ISBN 3-9805144-6-3. St. Augustin
30. Pierson P. (2000): Increasing Returns, Path Dependence and the Study of Politics. In The American Political Science Review, Vol. 94, No. 2. Pp. 251-267
31. Schumpeter J. A. (1939): Business Cycles. A theoretical, historical, and statistical analysis of the capitalist process. (Vol. I und II). McGraw-Hill Book Company, Inc. New York and London 1939
32. Schwemmer M. (2014): Die Top 100 der Logistik 2014/2015 (Executive Summary). Fraunhofer Arbeitsgruppe für Supply Chain Services (SCS).
33. Schwemmer M., Kille C. und Reichenauer C. (2015): Less Than Truckload Networks – The European market for Network based cross border goods flows (Excerpt from the Study). Fraunhofer Institute for Integrated Circuits IIS (Hrsg.). Stuttgart 2015
34. Shell (2016): Shell Nutzfahrzeug-Studie: Diesel oder alternative Antriebe – womit fahren wir Morgen? Fakten, Trends und Perspektiven bis 2040. Shell Deutschland Oil GmbH (Hrsg.). Hamburg
35. Smith A., Stirling A. und Berkhout F. (2005): The governance of sustainable socio-technical transitions. In: Research Policy. Vol 34. pp 1491–1510
36. Sydow J., Schreyögg G. und Koch J. (2009): ORGANIZATIONAL PATH DEPENDENCE: OPENING THE BLACK BOX. In: Academy of Management Review. Vol. 34, No. 4, pp. 689–709
37. Tinbergen J. (1981): Kondratiev cycles and so-called long waves: The early research. In: Futures Vol 13 (4). pp. 258-263. August 1981
38. UBA (2010): CO2-Emissionsminderung im Verkehr in Deutschland. Texte 05/2010. Umweltbundesamt (Hrsg.). ISSN 1862-4804
39. Unruh G. (2000): Understanding carbon lock-in. In: Energy Policy 28 (2000) pp. 817-830
40. Weißbuch Verkehrsraum (2011): Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum – Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem. Europäische Kommission, Brüssel 2011

**Anhang: Liste der Maßnahmen für Schiene und Straße aus dem Master- und Aktionsplan für Güterverkehr und Logistik**

<b>Masterplan Güterverkehr und Logistik (2008):</b>	<b>Aktionsplan Güterverkehr und Logistik (2015):</b>
<b>A Verkehrswege optimal nutzen – Verkehr effizient gestalten</b>	<b>1 Logistikstandort Deutschland stärken</b>
A 1 Ausbau und Verstärkung der Verkehrsmanagementsysteme auf hoch belasteten Strecken der Bundesautobahnen	1 c Netzwerk Güterverkehr und Logistik weiter festigen
A 2 Bundesweite Vereinheitlichung und Vernetzung der Verkehrsmanagementsysteme auf Bundesautobahnen	1 d Vermarktung des Logistikstandortes Deutschland gemeinsam mit der Logistikwirtschaft unter Beteiligung der Länder fortentwickeln
A 3 Beschleunigte Umsetzung des „Ausbauprogramms zur Verbesserung des Parkflächenangebots an Tank- und Rastanlagen der Bundesautobahnen“	1 e Chancen der neuen europäischen Schienenverkehrskorridore nutzen
A 4 Weiterführung und Intensivierung der Maßnahmen zur Stauvermeidung durch Optimierung des Baustellenmanagements	1 f Sicherheitsstrategie für die Güter- und Logistikwirtschaft umsetzen
A 5 Verkehrsinformations- und Kommunikationsdienste für den Lkw auf dem Autobahnnetz durch Nutzung der Mautinformationen (Mautmehrwertdienste)	1 g Diebstählen im Transportbereich im öffentlichen Verkehrsraum entgegenwirken
A 6 Erarbeitung eines Konzeptes für die beschleunigte Einführung des europäischen Standards European Train Control System (ETCS) auf den Frachtkorridoren Deutschlands	1 h Feldversuch mit Lang-Lkw weiterentwickeln
A 9 Konzertierte Aktion mit Verladern und Transportwirtschaft zur zeitlichen Entzerrung des Güterverkehrs (Ausweitung der Rampenzeiten)	
A 10 Schaffung einer Ansprechstelle: Beauftragter der Bundesregierung für Güterverkehr und Logistik	<b>2 Leistungsfähige Verkehrsinfrastruktur erhalten, modernisieren und erweitern</b>
	2 a Netzorientierten Bundesverkehrswegeplan 2015 aufstellen
<b>B Verkehr vermeiden – Mobilität sichern</b>	2 b Engpässe im Bereich Schiene gezielt auflösen
B 1 Initiative für Logistik im städtischen Raum (Urban Logistics)	2 c Längere Güterzüge ermöglichen
B 2 Verstärkte Investitionen der Unternehmen in innovative und kapazitätssteigernde Technologien	2 d Verkehrstauglichkeit von Straßenbrücken, Eisenbahnüberführungen und Schleusen sichern
B 3 Transitverkehre optimieren	2 e Projektplan Straßenverkehrstelematik 2015 umsetzen
	2 f Zusätzliche Parkflächen an Bundesautobahnen schaffen
<b>C Mehr Verkehr auf Schiene und Binnenwasserstraße</b>	2 g Verlässliche Finanzierungsgrundlagen für Infrastruktur des Bundes sichern
C 1 Überprüfung der ordnungspolitischen Rahmenbedingungen für den Güterverkehr im intermodalen Wettbewerb	2 h ÖPP-Projekte im Bereich der Bundesfernstraßen fortentwickeln
C 2 Aufstockung der Mittel für den Kombinierten Verkehr	2 i Mehr Akzeptanz in der Bevölkerung für notwendige Infrastrukturmaßnahmen schaffen
C 3 Weiterentwicklung von Umschlagstechniken und Organisation im Kombinierten Verkehr	2 j Baustellenmanagement auf Bundesautobahnen weiter optimieren
C 4 Einbeziehung externer Kosten	

Fortführung Anhang	
<b>D Verstärkter Ausbau von Verkehrsachsen und -knoten</b>	<b>3 Bessere Vernetzung aller Verkehrsträger erreichen</b>
D 1 Entmischung von Güter- und Personenverkehr	3 a Leistungsfähige digitale Infrastruktur für Güterverkehr und Logistik sicherstellen
D 2 Überprüfung der Bedarfspläne	3 b Konzept zur besseren Vernetzung und Verzahnung der Verkehrsträger erarbeiten
D 3 Forcierte Umsetzung von PPP-Lösungen zur zügigen und effizienten Realisierung von Autobahnausbau und Autobahnerhaltungsmaßnahmen	3 c Informationsstruktur im Straßengüterverkehr optimieren
	3 d Hohes Förderniveau für Anlagen nichtbundeseigener Unternehmen des Kombinierten Verkehrs sichern
<b>E Umwelt- und klimafreundlicher, leiser und sicherer Verkehr</b>	3 e Interoperabilität auf der Schiene verbessern
E 1 Erarbeitung eines Konzepts zur Differenzierung der Mautsätze nach Strecken und Zeitklassen	3 f Digitale verkehrsträgerübergreifende Geo- und Verkehrsdaten zur Entwicklung von digitalen Diensten im Rahmen der Initiative Modernitätsfonds bereitstellen
E 2 Lärminderung bei der Schiene	
E 3 Einrichtung eines Förderprogramms zum Einsatz moderner Technologien zur Lärminderung bei Schienenfahrzeugen	<b>4 Umweltfreundlichen und energieeffizienten Gütertransport fördern</b>
E 4 Prozessoptimierung der Logistikkette unter stärkerer Berücksichtigung der Umweltbelange	4 a Schutz der Bevölkerung vor Verkehrslärm verbessern
E 5 Weitere Erhöhung der Umwelt- und Sicherheitsstandards (Emissionsreduzierung, Lärminderung, Sicherheitstechnik)	4 b Alternative Antriebstechnologien fördern
	4 c Maßnahmen zur Stärkung der städtischen Logistik entwickeln
<b>F Gute Arbeit und gute Ausbildung im Transportgewerbe</b>	
F 1 Verstärkte Durchsetzung von Sozialvorschriften im Straßengüterverkehr zur Erhöhung der Verkehrssicherheit	<b>5 Nachwuchssicherung und gute Arbeitsbedingungen unterstützen</b>
F 2 Start einer Aus- und Weiterbildungsinitiative	5 a Aufwertung der Güterverkehrs- und Logistikberufe unterstützen
F 3 Regelmäßiges Gipfeltreffen zum Thema Arbeit und Ausbildung in Güterverkehr und Logistik	5 b Dem Nachwuchsmangel beim Beruf des Kraftfahrers entgegenwirken
F 4 Initiierung eines Leuchtturmprojekts zur internationalen Profilierung der Hochschulausbildung in der Logistik	5 c Soziale Bedingungen für Berufskraftfahrer verbessern
F 5 Monitoring der Arbeitsbedingungen in Güterverkehr und Logistik durch das Bundesamt für Güterverkehr (BAG) im Rahmen der Marktbeobachtung	5 d Abläufe an Laderampen verbessern
	5 e Arbeitsbedingungen in Güterverkehr und Logistik regelmäßig erheben
<b>G Weitere Maßnahmen zur Stärkung des Logistikstandortes Deutschland</b>	
G 1 Errichtung eines Netzwerkes Güterverkehr und Logistik	
G 2 Umsetzung eines Vermarktungskonzepts für den Logistikstandort Deutschland	
G 3 Sicherheitsstrategie für die Güterverkehrs- und Logistikwirtschaft	