

Ein emissionsfreier Multimodaler Digitaler Netzverkehr bis 2050 – Strategische Option für kurze Bahntransportstrecken?

Hans G. Unseld, Herbert Kotzab*, Paul Gerken

Siehe Autorenangaben

Abstract

Selbst bei aktuellen ökologischen Verkehrsartenvergleichen hat der Eisenbahngüterverkehr keine große Perspektive. Das Bild ändert sich allerdings, wenn langfristige klimarelevante Daten und erkenntniswissenschaftliche Kriterien einbezogen werden. Die Möglichkeiten durch Digitalisierung und die Anforderungen beim Klimaschutz eröffnen dem System Güterverkehr auf der Bahn neue Optionen und Potenziale. Dieser Artikel stellt das Konzept eines emissionsfreien Netzverkehrs für ein – auch auf Kurzstrecken – wettbewerbsfähiges logistisches Angebot mit einer Plankapazität für 340 Mrd. tkm im Jahr 2050 im deutschen Bahnnetz zur Diskussion.

Schlagwörter/Keywords:

Modal Shift, Schienengüterverkehr auf Kurzstrecken, Netzverkehr, Kostenwettbewerb

1. Einführung

„Modal Shift“ beim Güterverkehr in einem dicht besiedelten und erfolgreichen Industrieland wie Deutschland zählt zu den anspruchsvollsten Aufgaben, welche im derzeitigen Diskurs über die bestmöglichen Lösungsansätze für effektive Beiträge zum Klimaschutz vergeben werden können (Netzbeirat 2021; BMU 2021). Es geht dabei um einen mutigen Zukunftsentwurf, der den grundlegenden Wandel des gesamten Güterverkehrs unter dem Primat des Klimaschutzes einleiten und zeitgerecht durchführen kann. Im Mittelpunkt stehen die beiden Systemkonkurrenten Schiene und Straße, welche in einem gemeinsamen Ansatz eine neue systemische Geschäftsbasis für multimodale Verkehre finden müssen. In diesem werden einerseits die über Jahre entwickelten Beziehungsstrukturen des Straßentransports vor die Frage gestellt, wo und ab wann sie an welcher Stelle Verkehre „aus der Hand geben und mittel- und langfristig an die Bahn übertragen wollen“. Andererseits ist gleichzeitig der Bahn die Frage zu stellen, wie sie – nach vergleichbaren wirtschaftlichen Kriterien wie von der Straße geboten – jene Transportdienstleistungen anbieten kann, bei denen gemeinsame Kunden den Modalwechsel nicht spüren werden. Die einzigen, die bei

*Korrespondierender Autor

diesem Ansatz profitieren dürfen, sind jene Kunden und Akteure in der Wirtschaft, die sich mit ihrem Handeln zu einem radikalen Schutz der Umwelt bekennen und dies nachhaltig und kosteneffizient erreichen können. Die Verkehrsverlagerung auf emissionsfreie Transportmittel in Richtung 2050 wird durch einen solchen ersten systemischen Schritt einen deutlich höheren Stellenwert erhalten und die bisherigen Strategien einer CO₂-Reduktion über Verbesserungen des Antriebsstrangs bei Lkws ihren Platz als Brückentechnologie mittelfristig begleiten und langfristig ablösen. Nicht ausgeschlossen sind auch deutliche Reduktionen des öffentlichen Straßengüterverkehrs.

Der Bahntransport als der physikalisch energieeffizienteste Verkehrsträger für Landtransporte war bisher nicht in der Lage, attraktive Angebote für Transportstrecken im Bereich von 50 bis 500 km anzubieten (UBA 2018; Sachverständigenrat für Umweltfragen 2020). Dieses Marktsegment für ein zukünftiges emissionsfreies und energiesparendes Eisenbahngüterverkehrsangebot zu erschließen, bietet ein hohes Potenzial für eine massive CO₂-Reduktion. Voraussetzung dafür ist ein kostenmäßiges und zukunftsweisendes Angebot, welches sich auch mittel- und langfristig im Service-Wettbe-

werb mit digitalisierten Straßentransportlösungen behaupten kann. Innerhalb aktueller Prämissen gedacht, ist dies derzeit weder mit einfachen erfahrungsbasierten Lösungen möglich noch für die handelnden Akteure vorstellbar (vgl. Scheuer zitiert nach Landwehr 2021). Visionen sind gefragt: die Stunde für disruptive Optionen im Eisenbahngüterverkehr hat geschlagen, ganz nach dem Albert Einstein zugeschriebenen Zitat: „Eine wirklich gute Idee erkennt man daran, dass ihre Verwirklichung von vorneherein ausgeschlossen erschien“.

Die Autoren untersuchen das Thema nach alternativen und erkenntnisbasierten Lösungswegen (siehe die Forderung von Gudehus (2010)), skizzieren solche und stellen sich den Fragen nach der Transformierbarkeit der Bahn in ein attraktives Verkehrssystem. In diesem Beitrag wird Backcasting als Methode für das definierte Ziel 2050 angewandt, neue Ideen, Konzepte und Lösungsoptionen vorgestellt und schließlich ein Weg für eine in sich schlüssige Systemalternative skizziert. Diese alternativen Verkehrssysteme werden als Multimodale Digitale Netzverkehre, kurz MDN, bezeichnet. Dieser Zukunftsentwurf wird einen signifikanten Beitrag zur Klimawende leisten können, der als realisierbar eingestuft wird. Die vorgestellte Argumentation orientiert sich an folgenden zwei Leitfragen:

Bestehen grundsätzliche Chancen, innerhalb des ab 2028 bis 2050 schrittweise aufgerüsteten Bestandsnetzes in Deutschland, ein fahrplangesteuertes Verkehrsmittel für MDN-Verkehre zu schaffen?

Mit welchen Maßnahmen und Bausteinen ist ein Einstieg in die Planung und Realisierung vorstellbar?

2. Der Zugang des neuen Verkehrsmittels zum bestehenden Markt

MDN-Verkehre sind als ein völlig neues Verkehrsmittel mit überzeugenden Leistungsmerkmalen der Verkehrsart Eisenbahngüterverkehr konzipiert. Dieses Verkehrsmittel vereint die typischen Leistungsmerkmale des Eisenbahnverkehrs mit neuesten Technologien und Innovationen aus allen Bereichen der Digitalisierung der Transport- und Logistikindustrie und der Eisenbahnsicherungstechnik. Auf diesem Weg eröffnet es bisher noch nicht angedachte Chancen und Optionen für ein emissionsfreies und ressourcenschonendes Verkehrsmittel der Zukunft. Diesem Verkehrsmittel sind entlang seiner Fahrstrecke neuartige, automatische Bahnladezonen als Bahnserviceanlagen und als integraler Bestandteil des Transportprozesses zur unmittelbaren Leistungserbringung beigelegt. Ergänzt um diesen niederschweligen Zugang definieren solche MDN-Verkehre eine neue Qualität von Umstiegen zwischen Straßen- und Schienenverkehr und ihre Rollen im multimodalen Wettbewerb völlig neu. Bis 2050 sollen alle Transporte bereits ab 50 bis 100 km dieses Angebot nutzen und multimodal fahren, weil die so produzierten multimodalen Dienstleistungen bereits ab kurzen Transportstrecken Kostenvorteile bringen können. Folglich werden die heutigen kurz- und mittellangen Straßenverkehre primär mit der emissionsfreien Bahn fahren – ohne Nachteile für Versender und Empfänger. Im Verlauf der Schaffung von Planungsgrundlagen an geeigneten Standorten sind diesbezügliche Rahmenbedingungen erarbeitet worden (Kotzab und Unselde 2015; Echelmeyer und Unselde 2017; Kotzab und Unselde 2019) und werden durch weitere Arbeiten ergänzt.

Das Marktsegment der Güterverkehre ab 50 bis 100 km und weiter bis 500 km wurde bisher praktisch vollständig von Straßenfahrzeugen bedient (Kraftfahrt-Bundesamt 2018). Dieser Markt ist logistisch anspruchsvoll und kommerziell attraktiv (Bundesverband Materialwirtschaft, Einkauf und Lo-

Landgebundene Verkehre 2018 (Straßen- und Eisenbahngüterverkehr)

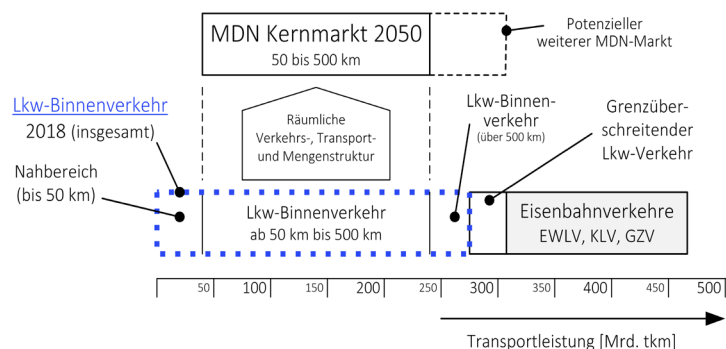


Abbildung 1: Marktmodell für Modal Shift mit MDN-Verkehren als zentrales Verkehrsmittel 2050

Quelle: Eigene Darstellung nach Daten von Kraftfahrt-Bundesamt 2018

gistik 2019). Unser Lösungsansatz für MDN-Verkehre besitzt das Potenzial, diesen Markt ebenfalls zu bedienen. Folglich liegen seine Zieldaten als ein Referenzszenario nach Abbildung 1 zugrunde.

Als Datenbasis für die Verteilungsstruktur dieses zentralen Transportverkehrsgeschehens nach Fahrzeugen, Fahrstrecken und Transportgewichten dienen Daten für Binnenverkehre im Jahr 2018 (Kraftfahrt-Bundesamt 2018). Als vorläufiger MDN-Kernmarkt und zu Planungszwecken werden die Verkehre zwischen 50 km und 500 km betrachtet; längere Strecken und grenzüberschreitende Verkehre kommen als weitere Marktoptionen in Betracht. Die Grundlagenarbeiten konzentrieren sich jedoch darauf, eine komplett neue Grundlage für Modal Split im Kernmarkt zu schaffen. Das potenzielle Marktvolumen für diesen MDN-Kernmarkt 2050 wird auf der Grundlage der Daten aus dem Lkw-Binnenverkehr 2018 und aktuellen Preisdaten auf ein Gesamtvolumen von etwa € 35 Mrd. pro Jahr geschätzt (Kraftfahrt-Bundesamt 2018; Bundesverband Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik 2019). Das einzusetzende Transportkonzept besteht aus langlaufenden und hoch ausgelasteten Zügen mit täglich bis zu 20 Ladestops an Bahnladezonen. Über den Netztransportansatz lassen sich modellhaft die weiteren Daten zur alternativen Bedienung der Binnenverkehre durch Eisenbahnverkehre abschätzen. Nach unseren Analysen sind MDN-Verkehre konzeptionell geeignet, diese Verkehre zu weitgehend attraktiven Konditionen zu übernehmen – emissionsfrei und mit allen Vorteilen eines fahrplangerechten und engmaschigen Verkehrsangebotes. Das hier vorgestellte Konzept eines MDN-Verkehres besitzt eine Plankapazität für eine Verkehrsleistung in Höhe von 340 Mrd. tkm ab 2050. Die wirtschaftlichen Entwicklungen der kommenden 30 Jahre werden zeigen, welcher reale Gesamtmarkt gegeben ist und welcher Marktanteil davon auf ein multimodales Transportsystem nach MDN-Verfahren mit der genannten Plankapazität entfallen kann. Für die Schätzungen zur Wirtschaftlichkeit wird ein Marktanteil von 60% angenommen.

Im Mittelpunkt des neuen Verkehrsmittels steht der potenzielle Kunde im Jahr 2050. Dieser ist derzeit noch nicht bekannt, aber Prognosen zur sozioökonomischen Entwicklung ermöglichen es, solche Musterkunden und ihre Bedürfnisse aus jenen Daten zu definieren, die heute bereits mit hoher Wahrscheinlichkeit vorausgesagt werden können. Die neueste Entscheidung des BVerfG zum Klimaschutz im Jahr 2050 und die damit ausgelöste aktuelle Klimadiskussion geben hier einen perfekten Rahmen ab (Bundesverfassungsgericht 29.04.2021). Die heute 20- bis 30-Jährigen werden in 30 Jahren gemeinsam mit ihren Kindern den Nutzen ernten oder die Folgen dafür ertragen, was derzeit diskutiert, entschieden, beschlossen und bis dahin realisiert oder nicht realisiert worden ist. Es kann daher angenommen werden, dass alles Handeln, welches mit dem Erhalt einer lebenswerten Welt zusammenhängt, begrüßt werden wird. Jene Kompromisse,

die aktuell mit Kostenargumenten begründet werden, werden nicht mehr verstanden werden. Diese Einsicht selbst trägt bereits den Impuls der schöpferischen Zerstörung in sich (vgl. Schumpeter 1912, Neuauflage 2006). Nicht die Erfahrungen der Experten in ihrer Tradition sind in den kommenden Jahren relevant, sondern jene radikalen Gedanken, die nach den Grenzen des Machbaren fragen und relevante Antworten suchen (Gudehus 2010). Diese Radikalität liegt auch dem Konzept der neuen Verkehrsart MDN-Verkehre in mehreren Dimensionen zugrunde.

Der Zugang zum Transport- und Logistikmarkt im Jahr 2050 in dicht bevölkerten Industrieländern und Metropolregionen wird mit hoher Wahrscheinlichkeit weitgehend von Automatisierung, Digitalisierung und autonomen Systemen geprägt. Zurzeit sind die Schnittstellen in logistischen Prozessen für hohe Kosten und Ressourcenverbräuche bei allen technischen Systemen verantwortlich. Bis 2050 werden, durch das Interagieren wirtschaftlicher und ökologischer Systeme mit den Bedürfnissen der Bevölkerung, diese Schnittstellensysteme neu gedacht und realisiert werden. In der Arbeitswelt werden nicht-kommerzielle Werte eine hohe Relevanz erhalten. Das Konzept des MDN-Verkehrs versucht, das „System MDN-Verkehr“ als etwas grundlegend Neues und Offenes zu gestalten und neuesten Erkenntnissen aus den Bereichen Innovationen und Marktveränderungen kontinuierlichen Zugang zu gewähren, wozu existierende Systeme strukturell nicht fähig sind. Bisherige Ergebnisse aus internen Projektarbeiten unterstützen diese Feststellung.

3. MDN-Verkehre als emissionsfreies Verkehrsmittel für sehr hohe Verkehrsleistungen

Aktuell kennen wir im Eisenbahngüterverkehr die Produktionsmethoden Ganzzugverkehre, Kombierter Ladungsverkehr (KLV) als A-B-Verkehre und den Einzelwagenladungsverkehr (EWLV) als Sammel- und Verteilverkehre (Kummer 2010). Diese Methoden bilden die Kernstruktur des derzeit weltweit gebräuchlichen schienengebundenen Gütertransports. Ihre Stärken sind die überzeugende Wettbewerbsfähigkeit auf langlaufenden Strecken und ausgewählten Güter-/Standortrelationen mit ortsfest bündelungsfähigen Aufkommensstrukturen an beiden Enden (Kummer 2010). Anders ausgedrückt: auf Transportrelationen, wo Straßenverkehre mit ihrer Fähigkeit, sich in Netzen zu organisieren, zu hohen Belastungen der regionalen und überregionalen Straßennetze führen würden.

Die zwei Schwachstellen des Eisenbahngüterverkehrs sind systemischer Natur: einerseits bei der geringen Produktions- und Kosteneffizienz auf kürzeren Transportstrecken und andererseits beim Fehlen einer umfassenden Bewusstseinsbildung über potenziell neue und radikale Optionen des Systems Eisenbahn in Sachen Klimawandel.

Allem voran fehlt eine in sich konsistente nachhaltige Langzeitstrategie, die die Erfüllung von logistikaffinen Dienstleistungen in einer Zukunft des Klimawandels sicherstellt. Die bestehenden Zielsetzungen fokussieren sich hier leider nur auf schrittweise Verbesserungen des Bestandssystems (siehe UIC 2017 für C4R). Bei aktuellen Fragestellungen zu einem potenziell bedeutenderen Beitrag der Bahn zur Minimierung des CO₂-Fußabdrucks spielen Investitionen zur Verteidigung von Marktanteilen bei Bahnunternehmen in einem ungefährdeten Marktsegment eine wichtigere Rolle. Auch Wählerstimmen schienen eine höhere Priorität zu haben als die verantwortungsvolle systematische Verlagerung der Straßen- auf Bahnverkehre. Die gesamte Bahnbranche scheint aktuell ausschließlich auf den intramodalen Wettbewerb und die Stabilisierung ihres Bestandssystems ausgerichtet zu sein (Eisenbahn-Bundesamt 2021). Das setzt sich fort beim wichtigsten politischen Verkehrsinstrument in Deutschland, dem Bundesverkehrswegeplan (siehe BMVI 2016). In diesem wird von Ausgabe zu Ausgabe das Verfahren „Modal shift von der Straße auf die Bahn“ dem Kombinierten Ladungsverkehr nach festgelegten Kriterien mit Pauschalzuwendungen zu- und fortgeschrieben; seit mehr als 30 Jahren mit einem unveränderten technologischen Ansatz. Das endet mit den aktuellen, unzureichenden Angeboten für Bahnserviceanlagen und Fahrzeugangeboten, welche sich lediglich für ausgewählte marginale Verlagerungsoptionen im Bestandssystem eignen. Dieses kommerziell fragwürdige und technologisch in die Jahre gekommene Verfahren wird durch das Ausblenden von jenen Fragen gestützt, auf welche die MDN-Verkehre Antworten bereithalten.

Wir schlagen vor, die Verkehrsart Eisenbahngüterverkehr grundsätzlich zu ergänzen und ein flexibel und agil organisiertes, digital gesteuertes Transportnetz zu schaffen. Ein solches kosteneffizientes Verkehrsmittel für sehr hohe Verkehrsleistungen mit hohem logistischen und höchstem ökologischen Qualitätsanspruch innerhalb einer Netzstruktur ist dringend

erforderlich. Eine enge Kooperation mit den passenden Straßenverkehrsmitteln auf Augenhöhe gehört dazu. Unter der Bezeichnung MDN-Verkehre sollen diese neuen Verkehre die „Modal Shift auf Augenhöhe“ mit einem Lkw-geführten Straßenverkehr ab 50 km Transportstrecke anbieten können. Seitens des Bahnsystems sind dafür eine Reihe von Maßnahmen erforderlich. Sie bedürfen des Einsatzes grundlegender Innovationen und umfangreicher Anpassungen insbesondere in zwei Bereichen: (a) Transportkostensenkungen, und (b) Schaffung eines stabilen logistischen Serviceangebotes. Wir schlagen vor, die hier präsentierten Ideen, Potenziale und das Maßnahmenbündel auch schrittweise in die bestehenden Produktionsverfahren zu übertragen, bzw. in das Bestandsnetz zu migrieren. Primär steht das Neue im Vordergrund und das Ziel, eine systematische Verkehrsverlagerung auf emissionsfreie MDN-Verkehre einzuleiten. Im Verlauf der kommenden 30 Jahre sollen die MDN-Verkehre schrittweise bis zu einer Transportleistung von jährlich 340 Mrd. tkm ausgebaut werden.

4. Potenziale und Nutzen für die Kunden dieses neuen Verkehrsmittels

Als übergreifendes Ziel für eine erfolgreiche und volumenstarke Verkehrsverlagerung ab dem Jahr 2050 wird eine Kombination aus Kriterien vorgeschlagen, die sich als Gruppe für eine qualitative Nutzensaussage zu dem behandelten Thema eignen. Abbildung 2 zeigt einen ersten Entwurf für eine Potenzial- und Nutzenhierarchie des neuen Verkehrsmittels für sehr hohe Aufkommen auf der Schiene, wie sie bei einer erfolgreichen Einführung einer Verkehrsverlagerung für 2050 zu erwarten sind. Sie sind Teil eines Modells, das dieser Arbeit zugrunde liegt.

Die Grundidee besteht in der Annahme, dass die durch Modal Shift im Jahr 2050 induzierten MDN-Verkehre das Verkehrs-

Logistisches Leistungsangebot		
Multimodale Bahnverkehre mit >50% Marktanteil bei 50 bis 500 km langen Lkw-Transportstrecken	Bahn-Linienerverkehr mit hoher Bedienfrequenz nach Fahrplan zwischen neuen Bahnladezonen	Höchstleistung bei Transportleistung, Service und Kosteneffizienz mit Multimodalem Netzwerkverkehr
Beiträge zum Klimaschutz		
Steigerung der Akzeptanz des Systems Bahn durch systematische Lärmreduktion an seiner Quelle	Höchstmögliche Senkung der verkehrsinduzierten Umweltschäden durch Maßnahme „Modal Shift“	Reduktion beim Flächenverbrauch ohne wirtschaftliche Kompromisse durch „Modal Shift“
Politische Rahmenbedingungen		
Sicherung bestehender zukunftsgerichteter Unternehmen durch klimagerechte Bilanzierung	Partizipation von Unterstützern am Green Deal der EU und ähnlicher kommender Investitionen	Neufassung des BVWP durch kluge Anpassung an den Klimawandel und einer Perspektive 2050
Wirtschaftlichkeit		
Transportkostenniveau der MDN-Bahn kann Wirtschaft und Klimaschutz symbiotisch verbinden	Transparente Investitionskostenrechnung wird den Klimaschutz unterstützen	Integration von nicht-materiellem und kooperativem Nutzen in neue Geschäftsmodelle

Abbildung 2: Potenziale und Nutzen durch MDN-Verkehren 2050 für sehr hohe Aufkommen auf der Schiene

aufkommen und die erforderliche Verkehrsleistung der Binnenverkehre in Deutschland dem Umfang und der Transportstruktur aus dem Jahr 2018 nach zu einem Grad von mehr als 60% übernehmen können. Für dieses Aufkommen werden in der Folge Angebote antizipiert, welche die Charakteristika übernehmen, die derzeit von leistungsfähigen Logistikunternehmen in ihren Lieferketten erfüllt werden können. Zukünftige Ergänzungen können auch stets in einen emissionsfreien Bahntransport, ganz nach Kundenforderung, übernommen werden. Die bisher straßenbasierten Lieferbeziehungen von der ersten und zur letzten Meile werden auch im MDN-Modell stets über meist regionale straßengängige Fahrzeuge und lokale Dienstleister bedient. Die restliche Lieferkette obliegt einem kooperativen Modell eines MDN-Transports, dessen Ausführung und Leistungsangebote noch Aufgabe weiterer Arbeiten sein wird.

Logistisches Leistungsangebot

- Multimodale Bahnverkehre mit >50% Markt-Anteil bei 50 bis 500 km langen Lkw-Transportstrecken
- Bahn-Linienverkehr mit hoher Bedienfrequenz nach Fahrplan zwischen neuen Bahnladezonen
- Höchstleistung bei Transportleistung, Service und Kosteneffizienz mit Multimodalem Netzverkehr

In dem hier beschriebenen Szenario wird schrittweise ab 2028 und vollständig ab 2050 ein neu definiertes, logistisches Leistungsangebot ab einer Transportentfernung von 50 km von einem digitalisierten Linientransportsystem mit völlig emissionsfreien Verkehrsmitteln produziert. Ab 2050 werden bedarfsplangesteuerte Transporte nach Fahrplan zwischen jeder der mehr als 1.000 MDN-Destinationen innerhalb Deutschlands angeboten. Die etwa 2.000 dafür erforderlichen MDN-Züge mit den erforderlichen Leistungskenn- und Lebensdauerdaten sind bis dann völlig neu entwickelt. Sie verkehren besonders leise und bedienen auf ihren täglichen Fahrten von etwa 1.000 km im Durchschnitt bis zu 20 MDN-Destinationen mit kurzen Ladehalten. Die Logistikprozesse sind nach logistischen Kriterien optimiert und werden fern und autonom gesteuert. Das Transportsystem, bestehend aus MDN-Zug, MDN-Destinationen und Ladegefäßen, durchläuft bis 2050 eine Roadmap mit einigen Fahrzeuggenerationen, neuen Bauformen und sonstigen Innovationen. Das System wird schrittweise mit weiteren Innovationen, z.B. neuartigen Ladeverfahren und energieeffizienten Automated Train Operation (ATO)-Systemen ausgestattet. Diese Züge verkehren nach einem eigenen Fahrplan in einem virtuellen Fahrnetz, welches in das bestehende, zukünftig jedoch mit dem European Train Control System (ETCS) und anderen Systemen hoch aufgerüsteten Eisenbahnnetz integriert wird. In diesem folgen sowohl die Ladegutlogistik als auch die Transportwege der Ladegefäße und die Fahrwege der Züge in allen Aspekten ihren durch Algorithmen gesteuerten Prozessen. Diese Strukturen bieten hohe Bedienraten, können bedarfsbedingten Aufkommensschwankungen eng folgen und damit die Agili-

tät des hochverfügbaren Transportangebotes sichern. Über einen eigenen Entwicklungspfad werden die sich wandelnden Anforderungen des Marktes in neuartige niederschwellige Ladungsmanagementverfahren umgesetzt, um durch diese Anbindung an den Markt stets die neuesten Wünsche und Erkenntnisse der Kunden durch neue Innovationen in wettbewerbsfähige und völlig automatisierte Bahnprozesse umzusetzen. Dieser Prozess wird generell neue Standards im Güterverkehr setzen.

Beiträge zum Klimaschutz

- Steigerung der Akzeptanz des Systems Bahn durch systematische Lärmreduktion an seiner Quelle
- Höchstmögliche Senkung der verkehrsinduzierten Umweltschäden durch Maßnahme „Modal Shift“
- Reduktion beim Flächenverbrauch ohne wirtschaftliche Kompromisse durch „Modal Shift“

Die Beiträge zum Klimaschutz entstehen unmittelbar durch den vom MDN-Verfahren induzierten Modal Shift. Die Angebote der neuen Züge haben das Potenzial, bis 2050 das Bild des Schienengüterverkehrs in der Gesellschaft komplett zu verändern. Dieses Transportmittel wird all jene Innovationen und technologischen Highlights in sich vereinen, welche für einen direkt sichtbaren und emissionsfreien Null-Emissionsverkehr notwendig sind, ohne die regionale Umwelt durch exzessive andere klimaschädliche Eingriffe weiter zu belasten. Es eignet sich als ein Synonym für konsequenten Klimaschutz und stellt einen wichtigen Baustein in der Kommunikation eines regional verortbaren Ablaufs dar. MDN-Züge werden gezielt auf eine höchst effiziente Betriebsform für einen leisen Linienverkehr entwickelt. Erste Energiebedarfsanalysen zeigen eine deutliche Minderung des Energiebedarfs durch dieses Verkehrsmittel, was von keinem anderen Landtransportmittel auch nur annähernd erreicht werden kann (DB Netz AG 2020). Der ständig über die Empfehlungen steigende Landverbrauch für Verkehrswege ist ein großes Sorgenkind der Regional- und Landschaftsplanung. Die bei MDN vorgeschlagenen Bahnladezonen nutzen ein besonders Verfahren und bieten damit eine deutlich höhere Flächenproduktivität als Bahnzugangsstelle im Vergleich zu jedem anderen bisher eingesetzten Verfahren (z.B. für KV-Terminals, Railports und sonstige Industriegleise); ein Großteil des Flächenbedarfs für MDN kann nach vorläufigen Erhebungen aus Bestandsanlagen der DB gedeckt werden (Kotzab und Unselde 2015; Unselde und Kotzab 2019). Darüber hinaus wird Modal Shift auf MDN-Verkehre auch zu einer nicht unerheblichen Reduktion des Landbedarfs für weiter steigende Lkw-Verkehre führen. Ebenso wird Modal Shift zu geringeren Transportaufkommen bei der Verkehrsart Straße führen. Diese Reduktion wird einerseits zu Einsparungen bei der Infrastruktur Straße führen, und andererseits den Mehrbedarf abdecken, welcher durch die neu zu schaffenden leistungsstarken Bahnzugänge an den MDN-Destinationen entsteht.

Politische Rahmenbedingungen

- Sicherung bestehender zukunftsgerichteter Unternehmen durch klimagerechte Bilanzierung
- Partizipation von Unterstützern am Green Deal der EU und ähnlicher kommender Investitionen
- Neufassung des BVWP durch kluge Anpassung an den Klimawandel und einer Perspektive 2050

Die Gestaltung der politischen Rahmenbedingungen ist der Schlüssel zu mehr Modal Shift. Das gilt auch für das vorgeschlagene neue Transportmittel. Grundsätzlich führt Modal Shift zu einer Verschiebung der bisherigen Produktionsformen der Logistikdienstleister und ihrer Transportbetriebe weg vom Straßen- und hin zum Schienengüterverkehr. Die häufig traditionell gewachsenen Beziehungen zwischen Anbietern und Kunden sind für die Akteure im Straßengüterverkehr ihr höchstes Kapital: Vertrauen und Können bilden die Geschäftsgrundlagen in der Logistik, worauf auch der Modal Shift nicht verzichten kann. Insofern fällt den Logistikdienstleistern die Rolle zu, den Modal Shift aktiv zu ermöglichen und zu ihrem eigenen Nutzen zu optimieren. Folglich besteht in den kommenden 10 bis 15 Jahre eine besondere Aufgabe für diese Betriebe darin, die Transformation der Branche insgesamt zu begleiten und damit auch die Zukunft ihres eigenen Betriebes abzusichern. Durch geeignete Rahmenbedingungen (z.B. bei der Bilanzierung von nicht-monetären Wertschöpfungsaufgaben (siehe z.B. QuartaVista)) sollte jedem einzelnen Betrieb die Chance geboten werden, seinen eigenen Beitrag für diese – an sich gesellschaftliche Aufgabe – in seiner eigenen transportspezifischen Klimabilanz umfassend auszuweisen und honoriert zu bekommen. Wir regen darüber hinaus auch an, weitere Rahmenbedingungen für mehr Modal Split in Richtung eines modernen Eisenbahnverkehrs anzupassen. Der Aufbau von MDN-Verkehren bis 2050 erfordert Investitionen in Höhe von mehr als 200 Mrd. Euro bis 2050, von welchen ein Großteil auf lokale und regionale Vorhaben entfallen wird. Eine Vielzahl von Organisationen mit regionalen und infrastrukturellen Aufgaben, wie z.B. Stadtwerke, können davon profitieren. Hierbei stehen aus aktueller Sicht wesentliche ungelöste Fragen im Raum: (i) Wie wird eine den Klimaschutz mit seinen divergierenden Interessen umfassende Fachkompetenz geschaffen, welche z.B. nach Methoden wie der Value-Case-Methodik (vgl. Dittrich und Wolfje Van Dijk 2013) finanzielle und nicht-finanzielle Kriterien, insbesondere bei allen baulichen Vorhaben, in geeigneter und transparenter Form für langfristig bilanzierbare Bewertungen aufbereitet und zusammengeführt? (ii) Wie kann eine langfristige Bevorratung von Grund und Boden innerhalb ausgewiesener Flächenbereiche, z.B. für die Schließung von Lücken bei bahnaffinen Vorhaben, auf lokaler und regionaler Ebene erfolgen? Wie könnte hier eine kurzfristige und eine langfristige Strategie aussehen?

Das zentrale Instrument zur längerfristigen Steuerung des Verkehrsgeschehens in Deutschland ist der Bundesverkehrswegeplan (BVWP) (siehe BMVI 2016). Der aktuell gültige

Plan bis 2030 bildet zwar die derzeitigen Vorhaben in ihren verschiedenen Bearbeitungsstadien und nach aktueller Beschlusslage ab, bietet aber nach seinem Aufbau und den angewandten Kriterien weder für Eingriffe in den Bestand beim Klimaschutz bis 2030 eine Orientierung, noch für die klimarelevanten Fragestellungen für 2040 und 2050. Die derzeit laufende Bedarfsplanüberprüfung bietet eine hervorragende Chance zu einer grundlegenden Korrektur (BMVI 2020d). Auch für einen Einstieg in ein Szenario mit MDN-Verkehren als Schlüssel für eine strategisch motivierte und wesentliche Steigerung des Marktanteiles für leise und emissionsfreie Bahnverkehre und einen von der Gesellschaft wahrgenommenen Modal Shift bietet sich hier an. Zugute kommt, dass MDN-Verkehre als fahrplangesteuerte Güterverkehre im Bestandsnetz verkehren können, ohne wesentliche Geschwindigkeitsdifferenzen mit anderen regionalen Verkehrsmitteln. Sie folgen damit einem Konzept, welches sich in der Schweiz bewährt hat (BMVI 2018). Die Verfasser regen an, den Planungsprozess bereits während der derzeitigen BPÜ auf den Prüfstand stellen und ihn in der kommenden Legislaturperiode schnellstmöglich mit medienwirksamen Klimaschutz-Szenarien von 2023 bis 2050 schrittweise umzusetzen.

Wirtschaftlichkeit

- Transportkostenniveau der MDN-Bahn kann Wirtschaft und Klimaschutz symbiotisch verbinden Investitionskostenrechnung wird den Klimaschutz unterstützen
- Integration von nicht-materiellem und kooperativem Nutzen in neue Geschäftsmodelle
- Transparente Investitionskostenrechnung wird den Klimaschutz unterstützen

Die Wirtschaftlichkeit von MDN-Verkehren wird durch die Nutzung von automatisierten Produktionsformen bestimmt. Dieser Nutzen ist prozesstechnisch fundiert und wird daher einerseits zu einer umfassend neuen Qualität der Verkehrsangebote und andererseits zur uneingeschränkten Eignung für niedrige bis zu sehr hohen Verkehrsleistungen führen. MDN-Verkehre unterscheiden sich von derzeitigen Verfahren in drei Dimensionen: (i) die Transportkosten der Verkehre werden insgesamt niedriger sein, (ii) die Servicequalität wird durch das Verfahren definiert und der eines fahrplangesteuerten Schienenpersonennahverkehrs gleichen, (iii) die Energiebilanz wird durch den Eisenbahntransport bestimmt und ist folglich – systemisch bedingt – um Faktoren geringer als mit Lkw, unabhängig von dessen Antriebsverfahren (vgl. UBA 2018). Zusammenfassend haben MDN-Verkehre das Potenzial, intermodale Verkehre als Teil von multimodalen Verkehren kostenmäßig, in ihrer Servicequalität und als zentrales Verkehrsmittel der Klimawende in eine neue Liga zu führen. Wenn es gelingt, die hier skizzierten infrastrukturellen, technischen und organisatorischen Voraussetzungen zu schaffen, dann entsteht auf dieser Basis ein robustes und nachhaltiges Transportmittel mit den besten Kenndaten weltweit. Diese Eigenschaften müssen auch wegen ihrer weitreichenden

Wirksamkeit als Kriterien für strategische und praktische Entscheidungen bei Investitionsvorhaben bei Bahn und Bundesstraßen Berücksichtigung finden. Es erscheint daher sinnvoll, die Bewertungskriterien des bestehenden BVWP 2030 (BVU und TNS Infratest 2016) in geeigneter Form zu überarbeiten und neue Grundlagen für die Netzkonzeption 2040 und 2050 zu schaffen (Rompf 2018). Bei MDN gehen die Verfasser davon aus, dass das Produktionssystem niedrigere Produktionskosten ausweisen kann als Verkehrsmittel mit bestehenden Technologien. Somit kann das neue Verfahren von allen betriebswirtschaftlichen Vergünstigungen durch Klimaschutzmaßnahmen profitieren. Die Investitionskosten zum Aufbau eines Linienverkehrssystems als Fahrwegenetz nach MDN-Verfahren bis 2050 innerhalb des jeweiligen Bestandes fallen schrittweise als relativ risikofreie, planbare und abgrenzbare zusätzliche Investition an. Deren Kalkulation kann unter Einbezug moderner Nachhaltigkeitsrechnungen nachvollziehbar und als Geschäftsmodell sowohl kurz- als auch langfristig überzeugend gestaltet werden. Es wird daher angeregt, eigene neue Gesellschaftsformen zum Bau und Betrieb zu nutzen, und das Vorhaben vorwiegend aus Mitteln aus dem EU-Programm „Green Deal“ zu finanzieren (vgl. Europäische Kommission 2019). Die vorgelagerten Arbeiten, wie Entwicklung, Planung und Pilotierung im Zusammenhang mit MDN-Verkehren eignen sich zur Bilanzierung als nicht-monetäre Wertschöpfung zur Sicherung von nachhaltigen Klimaschutzbeiträgen (siehe QuartaVista).

5. Wesentliche Bausteine zum Einstieg in die Realisierung von MDN-Verkehren

Zur Errichtung eines leistungsfähigen MDN-Verkehrsnetzes sind die folgenden Bausteine konzeptionell entworfen und in ihrem Zusammenwirken abgestimmt. Notwendige Planungsgrundlagen für einen Einstieg liegen teilweise vor.

MDN – Destinationen mit Zugang zum Streckennetz der Bahn und Bundesfernstraßen

Ein Einstieg in die Planung und die schrittweise Realisierung von MDN-Verkehren sind als Beginn einer Reise zu verstehen, an deren Ende ein modernes Transportsystem für hohes Aufkommen stehen wird. Es wird aus effizienten, in die Umgebung eingebundene MDN-Destinationen in einem mittleren Fahrstreckenabstand von 40 bis 100 km bestehen; die Abstände werden durch die Frachtaufkommen der örtlichen Wirtschaft und Dichte der Bevölkerung bestimmt. Logistikdienstleister werden in deren Nähe angesiedelt sein und die umliegenden Verbraucher und Betriebe werden mit geeigneten emissionsfreien, autonomen und leisen Straßenfahrzeugen (ohne Groß-Lkws) angebunden. Die Anlage besitzt nach derzeitigem Konzept drei Schnittstellen und einen Logistikbereich: (i) zur Bahn über eine Bahnladezone, (ii) zum öffentlichen Straßenverkehr, ggf. zu Bundesfernstraßen, (iii) zu einem autonomen und nicht-öffentlichen Frachtverkehr ohne

Personenzugang sowie einen Bereich für logistische Dienstleistungen an Ladeeinheiten für Bahn- und Straßentransport. Die Anlage übernimmt im Verlauf des MDN-Netzaufbaues auch Fahrstrecken-Bündelungsfunktionen für MDN-Züge. Täglich können bis zu 20 Züge nach Fahrplan abgefertigt werden, welche innerhalb von 10 bis maximal 60 Minuten Frachten aufnehmen und abliefern können. Die Abfertigung erfolgt ab 2030 online und wird sich den Entwicklungen der Logistikbranche angepasst weiterentwickeln. Weitere MDN-Destinationen werden bis 2050 im Rahmen weiterer Standortanalysen in den kommenden Jahren das Netz schrittweise ergänzen. Auch bestehende Anlagen und Anschlussgleise können entsprechend adaptiert werden.

Die Anbindung der MDN-Anlagen an das Schienennetz soll durch neuartige Bahnladezonen (Blz) erfolgen. Diese Bahnserviceanlagen werden bahnseitig direkt und rangierfrei von der Hauptstrecke aus ein- und ausfahrbar sein und sind sicherheitstechnisch Haltestellen gleichgestellt. Die dafür erforderlichen bahnrechtlich gesicherten Betriebsflächen sind deutlich geringer als bei herkömmlichen Terminalanlagen. Oberste Prämisse ist die Sicherung eines Betriebs nach Fahrplan, dem sich der Betrieb der Blz unterordnen wird. Die Blz verfügt über effiziente automatische Abfertigungs- und Verladeeinrichtungen für Ladeeinheiten an Containertragwagen; beginnend mit Verladeanlagen für standardisierte Container, wird diese marktbedarfsabhängig nach einer Entwicklungs-Roadmap für andere Ladeeinheiten und Gutarten weiterentwickelt. Eine Dopplung zur Abfertigung von 740 Meter langen Zügen ist konzeptionell angedacht. Die Beistellung und Entsorgung der Ladeeinheiten zwischen Logistikanlage und den Gleisen wird von automatisierten Systemen durchgeführt. Für einen leistungsfähigen Modal Shift von Straßenverkehren zwischen Bundesfernstraßen und der Bahn wird vorgeschlagen, in der Nähe von geeigneten Kreuzungsstandorten eine hoch leistungsfähige Verlademöglichkeit mit einer MDN-Anlage zu kombinieren und diese i.S. einer Nebenanlage nach §15 FStrG zu errichten. Alle baulichen Maßnahmen sollen BIM-kompatibel (vgl. BMVI 2015) gestaltet werden. Die Superstrukturen, als Digital Twin geplant, können innerhalb des Bundesprogramms Z-SGV (Eisenbahn-Bundesamt 2021) pilotiert werden.

Fahrnetz zur Produktion von MDN-Verkehren zwischen MDN-Destinationen

MDN-Verkehre fahren bahnseitig auf Fahrstrecken innerhalb des Bestandsnetzes von deutschen Eisenbahninfrastrukturunternehmen. Das MDN-Fahrnetz wird darin durch markierte Streckenabschnitte gebildet. Straßenseitig bestehen Fahrstrecken aus Zulaufstrecken der Bundesfernstraßen zu MDN-Destinationen. Beide Netze sind ab 2035 technologisch für multimodales autonomes und sicheres Fahren nach ATO bei Bahn und Lkw ausgerüstet. Die Auswahl und Errichtungsdaten der Blz-Standorte bestimmen die Aufbaustrategie der MDN-Verkehre. Ab einer bestimmten Dichte – aus derzeiti-

ger Sicht etwa ab den frühen 2030er Jahren – werden Linienerverkehre oder logistische Systemverkehre flexibel fahrbar, wodurch ein starker Schub in Richtung Modal Shift zu erwarten ist. Sämtliche Fahrstrecken werden zugspezifisch gebildet und bilden in Summe ein gefahrenes Netzwerk, welches marktbedarfskonform durch Algorithmen konfiguriert und gesteuert werden kann. Diese Transportnetzform ist grundsätzlich neu und steht für den Hauptnutzen des neuen Transportsystems: kosteneffizient, schnell und zeitpräzise.

Bundesverkehrswegeplan als politisches Steuerungsfeld für -1,5°-Klimaziel

Vor dem Hintergrund des -1,5°-Zieles (vgl. IPCC 2018b, 2018a) erscheint es zwingend, den Bundesverkehrswegeplan und die zugeordneten weiteren Pläne zur Steuerung und Finanzierung von Investitionsvorhaben im Verkehr zu hinterfragen und auf schnellstem Wege seine erkannten Mängel zu beseitigen (vgl. Nagel 2021). Zu diesen zählen beim aktuellen Plan insbesondere die fehlenden Bemessungsdaten für klimaspezifische Kriterien (Bundesregierung 2020; NetzBeirat 2021). Die folgenden Fragen stehen im Raum: (i) Wie werden die Auswirkungen der geplanten Maßnahmen auf die verkehrliche Klimabilanz von Bahn und Straße in den räumlichen Dimensionen und ihren Facetten nach während Planung und Bau oder nach bestimmten betrieblichen Zeitperioden und in ihrem modalen Vergleich bewertet? (ii) Welche Maßnahmen erbringen Maßnahmen, welche sich an internationalen Kriterien orientieren sollten (z.B. ASI, SDG u.a.)? (iii) Wie können vertrauensbildende Ausgleichsmechanismen für Modal Shift im Güterverkehr über die kommenden Jahre entwickelt und umgesetzt werden? (iv) Die Planungsmethodik bei Maßnahmen im Straßenverkehr und jene im Eisenbahnverkehr folgen derzeit in ihrem Ablauf und bei der Finanzierung unterschiedlichen Pfaden (BMVI 2020a). Durch welche Maßnahmen kann der Lösungsfindungsprozess für die kosten- und klimateffizienteste Lösung für Modal Shift unter Einbezug von nicht-materiellen Wertschöpfungsprozess geändert, bzw. ergänzt werden? Die Netzkonzeption 2040 (Rompf 2018) sollte um das hier dargestellte Verkehrsmittel als Teil des Schienengüterverkehrs beim Deutschlandtakt (vgl. BMVI 2020c) ergänzt werden, weil nur durch dessen massiven Ausbau die erforderliche dramatische Reduktion der Klimaschäden bis 2050 erreicht werden kann. Vorschläge und Ideen, wie in einem Bundesmobilitätsgesetz (VCD 2021) formuliert, können einen strategischen Rahmen dafür bilden.

Basistechnologien für eine Transformation von bestehenden in resiliente Verkehrsinfrastrukturen

Aktuell werden die Rahmenbedingungen für kommende Kommunikationstechnologien diskutiert und festgelegt (vgl. BMVI 2020b). Für MDN-Verkehre ist eine bahnsicherheitskonforme Ausstattung über das gesamte Fahrnetz und auf den Zufahrtsstrecken zum Bundesfernstraßennetz im jeweiligen technologischen Letztstand auf allen Fahrwegen Voraussetzung. Derzeit werden diese Entwicklungen im

Straßenverkehr stark aus Sicht des Autonomen Fahrens und bei der Bahn von der Einführung von ECTS bestimmt. Diese Sichtweise muss im Sinne von MDN-Verkehren auf den gesamten multimodalen Netzverkehrsbereich abgestimmt und angewandt werden. Die durch Digitalisierung getriebenen Trends bestimmen die Strategien der Geschäftswelt in den kommenden Jahren. Insbesondere bei Transport und Logistik und ihren Schnittstellen zwischen den unterschiedlichen logistischen Aufgaben und Funktionen suchen Schwerpunkthemen, wie die Silicon Economy (siehe Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML 2021) und andere breit angelegte Forschungsthemen, wie Shift2Rail (2021) nach Lösungen, welche Leistung und Verfügbarkeit von Verkehrsinfrastrukturen entscheidend fördern können.

Transport System für verschiedene Märkte, bestehend aus Wagen, Ladesystem und Ladeinheit

Um die verschiedenen Märkte auch einem Modal Shift zu unterziehen, haben wir Konzepte für einen flexiblen Neuansatz in der technischen Ausführung des gesamten Systems von Wagen, Ladung und Ladeinheit konzipiert. Anhand einer Entwicklungs-Roadmap für MDN-Verkehre soll das gesamte System in Richtung Automatisierung und Digitalisierung optimiert werden. Beginnend mit einer Zuglänge von 370 Metern und aufgerüsteten leisen Containertragwagen aus dem Bestand sind ab 2030 nach Gutart und Kubatur anpassbare neue Wagentypen mit optimierten Verladesystemen und Fahreigenschaften geplant. Diese zukunftsgerichteten Systeme werden gemeinsam mit Branchenvertretern nach ihren spezifischen Bedürfnissen und Anforderungen konzipiert und den Märkten vorgestellt. Der komplette Entwurfs-, Entwicklungs-, Bau-, Test-, Produktions-, Inbetriebnahme- und Betriebsprozess wird als eine MDN-spezifische, ganzheitliche Projektarbeit über Digital Twins geführt. Der Zugbetrieb wird generell auf höchste Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit sowie den geringstmöglichen Energiebedarf optimiert. Für den flächendeckenden autonomen Einsatz im MDN-Fahrnetz vorbereitete Wagengruppen und Züge werden voraussichtlich ab den 2030er Jahren zum Einsatz kommen.

Geschäftsmodelle für MDN-Verkehre

Geschäftsmodelle für MDN-Verkehre sind fester Bestandteil jeder Aktivität bei diesem Konzept. Sie verfolgen primär das Ziel, betriebswirtschaftliche Abwägungen und potenzielle Risiken frühzeitig in Einklang zu bringen. Darüber hinaus schaffen sie noch weitgehend unbekanntes Knowhow und schärfen gleichzeitig die Argumente für und gegen MDN-Verkehre in der Auseinandersetzung mit allseits bekannten Gegnern von radikalen Maßnahmen zum Klimaschutz. Im Grunde zwingt diese Vorgehensweise dazu, aktuelle finanzielle Ansätze auf in der Zukunft liegende Ziele, Kosten und Erlöse mit einem hohen Anteil von nicht-kommerziellen Werten unter aktuell quantitativ kaum fassbaren Rahmenbedingungen zu bewerten. Risiken werden eine große Rolle spielen. Ihnen werden kluge risikominimierende Lösungen

gegenüberstehen müssen und somit eine neue Qualität der Beurteilungsmöglichkeiten schaffen. Der Eintritt nicht-kommerzieller Wertschöpfungen in bislang rein kommerzielle Geschäfts- und Bilanzierungsmodelle eröffnet neue Wege für die Hereinnahme klimarelevanter Kriterien und ihre Bewertbarkeit für zukünftig wirkende Innovationen, wie heute noch nicht praktizierte Verfahren und Methoden in Verkehr und Logistik. Es wird angeregt, an diesem Beispiel weitere grundsätzlichen Aspekte zu erforschen, vergleichbar dem Projekt QuartaVista des BMAS seit 2019. Prinzipiell kann der Einstieg in diese Methoden an jedem beliebigen Standort erfolgen, an welchem günstige strategische Voraussetzungen für Investitionen in einen Anschluss an leistungsfähige Schienengüterverkehre mit einem klimagestützten Wertschöpfungsanteil gegeben sind.

Wissenschaftliche Begleitung der Transformation des heutigen in ein emissionsfreies Transportsystem

Der Aufbau des neuen Verkehrsmittels mit einem möglichen Investitionsvolumen von bis zu € 200 Mrd. mit hohen innovativen Anteilen erfordert auch den Aufbau eines breit angelegten Portfolios von wissenschaftlichen Kompetenzen und Strukturen für Forschung und Entwicklung, insbesondere Innovation und IP-Management. Die Transformation der Bahn von einer politischen und produktionsorientierten Organisation hin zu einem hoch professionellen und auf Umweltziele ausgerichteten Netzwerk für die Mobilitätsbedürfnisse ab 2050 ist nach unserer Wahrnehmung mit dem derzeit bemerkbaren Einsatz nicht zu stemmen. Die unkonventionelle Lage durch den Klimawandel erfordert unkonventionelles Handeln. Ein generisch neu definierter Bahntransport muss eine wesentliche Rolle dabei spielen.

Mittel- und langfristige Transformation des Warentransports als Ganzes in eine klimagerechte Zukunft

Eine klimagerechte Zukunft wird auch einen intensiven Warenhandel zur Versorgung der Bevölkerung und einen deutlich effizienteren Warenaustausch zwischen den dispers verteilten wertschöpfenden Unternehmen erfordern. Insofern wird eine Transformation des heutigen Warentransports als permanente Aufgabe zu verstehen sein, welche jede Möglichkeit nutzen muss, um die Beeinträchtigungen des Lebens auf das technologisch mögliche Minimum zu reduzieren. So wie alle Innovationsprozesse jede nur erdenkliche Chance zur Erreichung von Lösungen nutzen, welche einen wirtschaftlichen Vorteil erbringen, genauso werden die Bemühungen um noch bessere Lösung für den Warentransport genutzt werden müssen. Insofern wird früher oder später der Zeitpunkt kommen, an dem sich die Frage stellt: welches Transportmittel ist das beste: Lkw, Hyperloop, Rad-Schiene-Bahn oder eine völlig andere Technologie? Aus derzeitiger Perspektive und nach physikalischen, sowie klimatischen Gesetzmäßigkeiten wird die Bahn letztlich Sieger im Gesamtmarkt sein. Gefordert werden Klarheit, Seriosität, Kreativität und Mut.

6. Aktueller Stand und Ausblick

Die Umsetzung der Aktionen zur Erreichung des -1,5°-Klimazieles sind die Aufgabe einer Generation von Experten, Wissenschaftlern, Unternehmern und Investoren in bestehenden und neuen Organisationen. Es erfordert ein abgestimmtes und konzentriertes Vorgehen um mit den besten Lösungsoptionen das nicht mehr diskutierbare Ziel eines komplett emissionsfreien Güterverkehrs mit dem niedrigsten möglichen Energieeinsatz in Deutschland ab dem Jahr 2050 zu meistern. Mit MDN-Verkehren – einer Neuformulierung des Eisenbahngüterverkehrs durch Digitalisierung – eröffnet sich ein besonders attraktiver Pfad für Innovation und Digitalisierung als wesentlicher Schritt in Richtung Modal Shift. Anders als die bisher prioritär vorgetragenen Vorschläge und Strategien, z.B. mit kurzfristig wirksamen, aber langfristig nicht nebenwirkungsfreien Änderungen beim Lkw, schlagen wir eine systemische Lösung vor. Die Energieeffizienz mit schienengeführten Transporten ist Faktoren höher als mit Straßenfahrzeugen; es erscheint schlüssig, dass ein optimierter Eisenbahnbetrieb auch auf Kurzstrecken ab 50 km wesentlich energie- und ressourceneffizienter als Straßenverkehre betreibbar ist. Darauf aufbauend, schlagen wir eine Systementwicklung zur grundlegenden und kompromisslosen Nutzung aller Optionen vor, um die Leistungsdaten dieser Transportart deutlich anzuheben und langfristig systemisch zu sichern.

Diese vorliegende Arbeit skizziert die Philosophie und erste markante Schritte als Diskussionsgrundlage für weitere Arbeiten. Davon ausgehend, befinden sich bereits erste Ansätze zur Planung und Realisierung erster Standorte und die Entwicklung der wesentlichen Forschungs-, Entwicklungs- und Innovationsvorhaben in Vorbereitung. Auf der Grundlage dieser Arbeit wird daher angeregt, in mehreren Entwicklungssträngen und der Anwendung neuester Technologien und Entwicklungsverfahren, wie BIM und Digitalen Zwillingen ein breites Portfolio zügig zu entwickeln, um bereits für 2030 sicher funktionsfähige Systeme einsetzen zu können. Eine kluge Balance von Förderungen dieser Arbeiten und der Realisierung einer hohen CO₂-Reduktion können die finanzielle Basis dazu schaffen.

Literaturverzeichnis

BMU (12.05.2021): Novelle des Klimaschutzgesetzes beschreibt verbindlichen Pfad zur Klimaneutralität 2045. BMU-Pressemitteilung Nr. 098/21. Online verfügbar unter <https://www.bmu.de/pressemitteilung/9586/>, zuletzt geprüft am 14.05.2021., zuletzt geprüft am 14.05.2021.

BMVI (2015): BIM - Digitales Planen und Bauen. Stufenplan zur Einführung von Building Information Modeling (BIM). Hg. v. BMVI. Online verfügbar unter <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/digitales-bauen.html/>, zuletzt aktualisiert am 11.05.2021, zuletzt geprüft am 11.05.2021.

BMVI (2016): Bundesverkehrswegeplan 2030. Hg. v. BMVI. Online verfügbar unter https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/bundesverkehrswegeplan-2030-gesamtplan.pdf?__blob=publicationFile.

BMVI (2018): Auswirkungen der Digitalisierung und Automatisierung der Eisenbahn-Sicherungstechnik. Fachworkshop im Rahmen der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie der Bundesregierung (MKS). Hg. v. BMVI. Online verfügbar unter https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/MKS/fachworkshop-auswirkungen-digitalisierung-automatisierung-eisenbahnsicherungstechnik.pdf?__blob=publicationFile.

BMVI (2020a): Ausbaugesetze und nachgeordnete Planungsverfahren. Hg. v. BMVI. Online verfügbar unter <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/BVWP/bundesverkehrswegeplanung-ausbaugesetze-und-nachgelagerte-planungsverfahren.html?nn=35602>, zuletzt aktualisiert am 11.05.2021, zuletzt geprüft am 11.05.2021.

BMVI (2020b): Bahnsystem soll digitalisiert werden. Hg. v. BMVI. Online verfügbar unter <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/E/digitalisierung-bahnsystem.html>, zuletzt aktualisiert am 12.05.2021, zuletzt geprüft am 12.05.2021.

BMVI (2020c): Deutschlandtakt: die erste große Etappe bis Mitte der 2020er-Jahre. Potentialkonzept. Hg. v. BMVI. Online verfügbar unter https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/E/deutschlandtakt-die-etappe-bis-mitte-2020er-jahre.pdf?__blob=publicationFile.

BMVI (2020d): Überprüfung der Bedarfspläne (BPÜ) der Verkehrsträger Schiene, Straße und Wasserstraße. Hg. v. BMVI. Online verfügbar unter <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/BVWP/bundesverkehrswegeplanung-ueberpruefung-bedarfsplaene.html>, zuletzt aktualisiert am 11.05.2021, zuletzt geprüft am 11.05.2021.

Bundesregierung (2020): Anpassungen des Bundesverkehrswegeplans bzw. Bundesschienenwegeausbaugesetzes an die aktuellen Gegebenheiten. Antwort der Bundesregie-

rung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Sabine Leidig, Dr. Gesine Löttsch, Lorenz Gösta Beutin, weiterer Abgeordneter und der Fraktion DIE LINKE. Drucksache 19/23823. Hg. v. Bundesregierung. Online verfügbar unter <https://dip21.bundestag.de/dip21/btd/19/238/1923823.pdf>.

Bundesverband Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik (2019): BME-Marktinformationen Frachten 3/2019. Straßengüterverkehr national und international. Hg. v. BME-net GmbH. Bundesverband Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik (BME-Marktinformationen Frachten, 3). Online verfügbar unter <https://shop.bme.de/products/bme-marktinformationen-frachten>.

Bundesverfassungsgericht (29.04.2021): Verfassungsbeschwerden gegen das Klimaschutzgesetz teilweise erfolgreich. Pressemitteilung Nr. 31/2021. Online verfügbar unter <https://www.bundesverfassungsgericht.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2021/bvg21-031.html>, zuletzt geprüft am 11.05.2021.

BVU; TNS Infratest (2016): Entwicklung eines Modells zur Berechnung von modalen Verlagerungen im Güterverkehr für die Ableitung konsistenter Bewertungsansätze für die Bundesverkehrswegeplanung. i.A. des BMVI. Hg. v. BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt GmbH und TNS Infratest GmbH. Online verfügbar unter https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/BVWP/bvwp-2015-modalwahl-zeit-zuverlaessigkeit-gueterverkehr.pdf?__blob=publicationFile.

DB Netz AG (2020): Produktbeschreibung Energiebedarfsprognose. Ermittlung des Energiebedarfs im Voraus. Version 2.1. Unter Mitarbeit von Georg Gügel und Frank Buchmann. Hg. v. DB Netz AG. Online verfügbar unter https://fahrweg.dbnetze.com/resource/blob/3796012/74604bbdd301ca-970caf560a72fb4386/produktbeschreibung_energiebedarfsprognose-data.pdf.

Dittrich, Koen; Wolfje Van Dijk (2013): The Value Case Methodology. A Methodology Aligning Financial and Non-Financial Values in Large Multi-Stakeholder Innovation Projects.

Echelmeyer, Wolfgang; Unselde, Hans G. (2017): High Performance Terminals for Zero Emission Transport and Logistics Services in mid-size Cities. 3rd Interdisciplinary Conference on Production, Logistics and Traffic (ICPLT). ICPLT. Darmstadt, 26.09.2017. Online verfügbar unter https://www.log.tu-darmstadt.de/media/bwl2_ul/icplt/beitraege_1/s10/High_Performance_Terminals_for_Zero_Emission_Transport.pdf.

Eisenbahn-Bundesamt (2021): Bundesprogramm „Zukunft Schienengüterverkehr“. Hg. v. Eisenbahn-Bundesamt. Online verfügbar unter https://www.eba.bund.de/Z-SGV/home_node.html, zuletzt aktualisiert am 12.05.2021, zuletzt

geprüft am 12.05.2021.

Europäische Kommission (2019): Der europäische Grüne Deal. COM(2019) 640 final. Hg. v. Europäische Kommission. Brüssel. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/european-green-deal-communication_de.pdf.

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML (2021): Silicon Economy. Hg. v. Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML. Online verfügbar unter <https://www.silicon-economy.com/>, zuletzt aktualisiert am 25.02.2021, zuletzt geprüft am 11.05.2021.

Gudehus, Timm (2010): Logistik: Grundlagen-Strategien-Anwendungen: Springer-Verlag. Online verfügbar unter <https://books.google.de/books?hl=de&lr=&id=Kt4iBgAAQ-BAJ&oi=fnd&pg=PA2&dq=Logistik:+Grundlagen,+Strategien,+Anwendungen&ots=A0ZPUFWlvT&sig=TGP29kHMj-3G92hp02B-QK21lBc>.

IPCC (2018a): Global warming of 1.5°C. Unter Mitarbeit von Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield. Hg. v. IPCC. Online verfügbar unter https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_High_Res.pdf.

IPCC (2018b): Summary for Policymakers of IPCC Special Report on Global Warming of 1.5°C approved by governments. IPCC PRESS RELEASE. Hg. v. IPCC. Genf. Online verfügbar unter https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/11/pr_181008_P48_spm_en.pdf.

Kotzab, Herbert; Unseld, Hans G. (2015): Ein getakteter kombinierter Ladungsverkehr? In: Disruptive Innovationen für ein zeitpräzises Anlieferkonzept für Unternehmen mit robuster Produktion über ein multimodales Logistiknetzwerk. *Industriemanagement* 31, S. 41–44. Online verfügbar unter [http://gito.info/homepage/im/imhp.nsf/0/53CB3D316D88E-F3AC1257E1F0046057B/\\$FILE/kotzab_Ein-getakteter-kombinierter-Ladungsverkehr_IM-2015_2.pdf](http://gito.info/homepage/im/imhp.nsf/0/53CB3D316D88E-F3AC1257E1F0046057B/$FILE/kotzab_Ein-getakteter-kombinierter-Ladungsverkehr_IM-2015_2.pdf).

Kraftfahrt-Bundesamt (2018): Verkehr deutscher Lastkraftfahrzeuge VD1. Verkehrsaufkommen Jahr 2018. Hg. v. Kraftfahrt-Bundesamt. Online verfügbar unter https://www.kba.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Statistik/Kraftverkehr/VD/2018/vd1_2018_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=5.

Kummer, Sebastian (2010): Einführung in die Verkehrswirtschaft. 2. Aufl. Wien: Facultas Verl. (UTB Betriebs-wirtschaftslehre, 8336).

Landwehr, Susanne (2021): Scheuer läutet Ende für fossilen Verbrenner ein. Rede zur Eröffnung der Messe transport logistic. In: DVZ 2021, 05.05.2021 (18/75). Online verfügbar unter <https://www.dvz.de/rubriken/politik/detail/news/scheuer-2035-verschwindet-der-fossile-verbrenner.html>.

Nagel, Kai (2021): Die Zukunft des Bundesverkehrswegeplans. Bundesverkehrswegeplanung klimaverträglich gestalten. Bündnis 90 / Die Grünen Bundestagsfraktion, 12.04.2021. Online verfügbar unter https://www.youtube.com/watch?v=A8V_IYOT9o.

NetzBeirat (2021): Presseinformation des Netzbeirats zum Geschäftsplan 2019 der DB Netz AG. Netzbeirat fordert massiven Ausbau und Modernisierung der Infrastruktur. Frankfurt/M. Online verfügbar unter https://www.netzbeirat.de/SharedDocs/Downloads/NB/Schwerpunktthemen/11_PM_Stellungnahme_Geschaeftsplan_2019.pdf?__blob=publicationFile&v=2, zuletzt geprüft am 11.05.2021.

QuartaVista (2021): QuartaVista. Online verfügbar unter <https://www.quartavista.de/>, zuletzt aktualisiert am 11.05.2021, zuletzt geprüft am 11.05.2021.

Rompf, Dirk (2018): Schieneninfrastrukturentwicklung in Deutschland einschließlich „i2030“ für Berlin/Brandenburg - Konzepte für die Zukunft. Eisenbahnwesen-Seminar im Wintersemester 2018/2019. Institut für Land- und Seeverkehr (ILS). Berlin, 22.10.2018. Online verfügbar unter https://www.ews.tu-berlin.de/fileadmin/fg98/aushaenge/2018-wi-se/20181022_EWS_Vortrag_Rompf_Schieneninfrastruktur_Entwicklung_in_Deutschland_Konzepte_f%C3%BCr_die_Zukunft.pdf.

Sachverständigenrat für Umweltfragen (2020): Nachhaltigkeit als Aufgabe historischer Dimension. Deutschland jetzt auf einen ökologisch zukunftsfähigen Pfad bringen. Unter Mitarbeit von Claudia Hornberg, Claudia Kemfert, Christina Dornack, Wolfgang Köck, Wolfgang Lucht, Josef Settele und Annette Elisabeth Töller. Hg. v. Sachverständigenrat für Umweltfragen. Sachverständigenrat für Umweltfragen (Impulspapier 2020). Online verfügbar unter https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2020_2024/2020_12_impulspapier_nachhaltigkeit.html.

Scheuer, Andreas (2021): Rede zur Eröffnung der Messe transport logistic. transport logistic 2021. transport logistic, 04.05.2021.

Schumpeter, Joseph A. (2006): Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung. Nachdruck der 1. Auflage von 1912. Hg. v. Jochen Röpke und Olaf Stiller. Berlin: Duncker & Humblot.

Shift2Rail (2021): Shift2Rail. Online verfügbar unter <https://>

shift2rail.org/, zuletzt aktualisiert am 10.09.2018, zuletzt geprüft am 11.05.2021.

UBA (2018): Daten und Rechenmodell TREMOD 5.81. Hg. v. Umweltbundesamt, zuletzt geprüft am 17.01.2019.

UIC (2017): Guidelines for further research and development activities. Deliverable 56.2. Hg. v. C4R.

Unselde, Hans G.; Kotzab, Herbert (2019): Zero-Emission Hinterland Supply Chains – Ein Plädoyer für einen Strategiewandel im Schienengüterverkehr. In: Meike Schröder und Kirsten Wegner (Hg.): Logistik im Wandel der Zeit – Von der Produktionssteuerung zu vernetzten Supply Chains. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 689–707.

VCD (2021): Wir brauchen ein Bundesmobilitätsgesetz. Hg. v. VCD. Online verfügbar unter <https://www.vcd.org/bundesmobilitaetsgesetz/>, zuletzt aktualisiert am 14.05.2021, zuletzt geprüft am 14.05.2021.

Autorenangaben

Hans G. Unselde

CargoResearch e.U., Lerchenfelder Straße 44/1, 1080 Wien, Österreich
unseld@cargoresearch.eu

Herbert Kotzab

Universität Bremen, Lehrstuhl für ABWL und Logistikmanagement, Max-von-Laue-Straße 1, 28359 Bremen, Deutschland

Othman Yeop Abdullan Graduate School of Business (OY-AGSB), Universiti Utara Malaysia, Sintok, Malaysia
kotzab@uni-bremen.de

Paul Gerken

Universität Bremen, Lehrstuhl für ABWL und Logistikmanagement, Max-von-Laue-Straße 1, 28359 Bremen, Deutschland

Othman Yeop Abdullan Graduate School of Business (OY-AGSB), Universiti Utara Malaysia, Sintok, Malaysia
p.gerken@uni-bremen.de