
Kurzfassung

Name: Patrick Kröhnert

Thema: Entwicklung eines intermodalen Verkehrskonzepts für eine Kombination des Verkehrsträgers Schiene mit dem System eHighway auf Fernstraßen

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Manfred Boltze
M. Sc. Danny Wauri

Die Prognosen für den Güterverkehr in Deutschland zeigen ein deutliches Wachstum, insbesondere im Straßengüterverkehr. Bereits für das Jahr 2030 wird eine Zunahme der Gütertransportleistung auf der Straße von über 38 % vorhergesagt. Diese Steigerung des Güterverkehrsaufkommens ist indirekt mit unserem Gesellschaftssystem verbunden. Steigende Konsumnachfrage und die weiter voranschreitende Globalisierung sind u.a. treibende Faktoren, die sich abgeleitet auf die Verkehrsleistungsnachfrage auswirken. Wenn die Klimaziele 2050 unter diesen Umständen erreicht werden sollen, ist die Verkehrswissenschaft gefragt, um das bestehende Gesamtverkehrssystem zu optimieren und neue Lösungen zu entwickeln. Es müssen Wege gefunden werden, die vorhandenen Ressourcen besser zu verknüpfen und eine Symbiose der jeweiligen Verkehrsträger zu erreichen. Dabei gilt es, neuartige technologische Innovationen, wie den eHighway, in das System zu integrieren, um das Potenzial an der richtigen Stelle zu nutzen.

Um das Langfristziel der deutschen Bundesregierung, eine weitestgehende Klimaneutralität bis 2050, zu erreichen, wird in der Öffentlichkeit eine verstärkte Verlagerung auf die Bahn gefordert. Doch das Schienenverkehrssystem gerät an vielen Punkten an seine Grenzen. Eine sanierungsbedürftige Infrastruktur und steigende Fahrgastzahlen im Personenverkehr sorgen für zunehmende Kapazitätsengpässe im Netz. Der benötigte Ausbau und die Modernisierung von Strecken verzögern sich oftmals auf ungewisse Zeit, da komplexe Planungsverfahren und politische Entscheidungen in Kontrast zu dem Aufkommenswachstum stehen. Die bisherige Strategie einer geforderten einseitigen Verkehrsverlagerung im Güterverkehr auf den Verkehrsträger Schiene zeigt sich in dieser Arbeit als ungenügendes Mittel, um das Gesamtsystem zu verbessern. Eine zusätzliche Zunahme der Verkehrsleistung auf hochbelasteten Hauptmagistralen im Schienenverkehr würde zu einem Zusammenbruch des Systems führen und damit negative Auswirkungen auf das gesamte Verkehrssystem haben. Bereits im Jahr 2019 waren zahlreiche Bahnstrecken als überlastet eingestuft und konnten dem Verkehrsaufkommen im Schienenverkehr nicht standhalten. Um das prognostizierte Aufkommen in der Zukunft zu bewältigen, wären zahlreiche Neu- und Ausbauvorhaben notwendig. Das in dieser Thesis dargestellte Beispiel der Y-Trasse zeigt jedoch, dass die Planung und Umsetzung von Baumaßnahmen von erheblichen Widerständen in der Gesellschaft und dem komplexen Planungsrecht der Bundesrepublik dominiert wird. Ein Ausbau, der dem Tempo des prognostizierten Verkehrswachstums auf der Schiene standhalten kann, ist damit nicht zu erreichen. Des Weiteren führt die Errichtung von zusätzlichen Strecken dazu, dass die ökologischen Ziele des BVWP, wie die Vermeidung des zusätzlichen Flächenverbrauchs, nicht erreicht werden. Aus dieser Perspektive ist durch den zusätzlichen Ausbau von Strecken noch eine weitere Abkehr von den Klimazielen zu erwarten, da ohne steuernde Maßnahmen aus der Politik eine Wachstumsverstärkung des Verkehrsaufkommens zu erwarten ist.

Mit der Entwicklung eines intermodalen Verkehrskonzeptes für die Verkehrsträger Schiene mit dem eHighway-System auf Fernstraßen wird in dieser Ausarbeitung ein alternativer Lösungsansatz generiert, um das zukünftige Wachstum im Güterverkehr aufnehmen zu können. Dabei sollen die überlasteten Korridore im Schienennetz entlastet und gleichzeitig die Ziele zur Klimaneutralität verfolgt werden. Für das allgemeine Verständnis sind zunächst einige Definitionen und Grundlagen notwendig, die die Eigenschaften der einzelnen Verkehrsträger vorstellen. Mit einem kurzen

historischen Rückblick wird der Ursprung der heutigen Problematik insbesondere im Schienenverkehr deutlich, die in der Problemanalyse detailliert aufgearbeitet wird. Neue Technologien im Straßenverkehr gelten als Lösungsalternative, um die Fortschritte im Klimaschutz voranzutreiben. Insbesondere der eHighway zeigt sich im Vergleich der alternativen Antriebstechnologien als wirksames System für den Einsatz im intermodalen Verkehrskonzept. Dabei hat das System spezifische Stärken und Potenziale hinsichtlich des Einsatzgebietes und der transportierten Güterarten. Strecken mit hohem Schwerverkehrsanteil und einem hohen Aufkommen an Halb- und Fertigerzeugnissen haben das größte Potenzial für eine hohe Nutzung des eHighways. Für den Aufbau des Verkehrskonzepts wird zunächst der Planungsprozess nach FGSV als Leitfaden genutzt, um entsprechende Maßnahmen für eine erfolgreiche Umsetzung zu selektieren und zu bewerten. Die Bewertung hinsichtlich der Zielerreichung des Bundesverkehrswegeplans (BVWP) offenbart Diskrepanzen zwischen Maßnahmen und Zielen der Bundesregierung. Die horizontale und vertikale Auswertung dieser Maßnahmen auf die Zielerreichung des BVWP 2030 offenbart hierbei nur einen begrenzten Erfolg. Bei der vertikalen Analyse zeigt sich, dass die einzelne Umsetzung vieler Maßnahmen nur in geringen Teilen zu den ökologischen Zielen des BVWP beiträgt. Die vertikale Auswertung zeigt hingegen Kannibalisierungseffekte und Widersprüche zwischen den einzelnen Zielen, sodass auch hier nur geringe Erfolge zur Lösung der dargestellten Probleme im Verkehr zu erwarten sind. Als Ergänzung werden somit eigene Maßnahmen gebildet, die als Bündel und Szenarien zusammengefasst werden. Mit Hilfe der Bewertungsmethode des verkehrslogistischen Vergleichsindikators (VLVI) werden die Szenarien hinsichtlich ihrer Wirksamkeit im Gesamtverkehrssystem bewertet.

Als Ergebnis zeigt sich eine deutlich positivere Bilanz bei verkehrsträgerübergreifenden Szenarien als bei der isolierten Umsetzung einzelner Maßnahmen. Mit dem Stichwort „Co-Modalität“ wird die Optimierung der effizienten Nutzung der verschiedenen Verkehrsträger beschrieben. Bei den VLVI-Ergebnissen erweist sich diese Strategie als erfolgreichste Maßnahmenbündelung, da so sowohl der Straßenverkehr, der Schienenverkehr und der kombinierte Verkehr im Hinblick auf ein positives Gesamtergebnis optimiert werden. Mit dem Szenario „Multimodalität mit eHighway und Platooning“ wird der höchste VLVI-Faktor erzielt, sodass die Maßnahmen in einer praxisnahen Wirksamkeitsprüfung umgesetzt werden. Mit einer verkehrsträgerübergreifenden Steuerung kann die vorhandene Infrastruktur effizient genutzt und das System zu einem Gesamtoptimum geführt werden. Dabei können Instrumente aus anderen Dienstleistungsbranchen auf den Güterverkehr und die Infrastruktur adaptiert werden, um das System von festen Frachtraten, Trassenpreisen und Mautsätzen flexibler und verursachergerechter zu gestalten. Als organisatorisches Instrument wird in dieser Ausarbeitung das verkehrsträgerübergreifende Yield-Management vorgestellt. Die Methode, die ursprünglich zur Renditesteigerung durch Kapazitätsoptimierungen entwickelt wurde, lässt sich ebenso nutzen, um externe Kosten zu senken und Kapazitäten auf Straße und Schiene „gewinnbringend“ zu verteilen. Für eine erfolgreiche Umsetzung ist eine uneingeschränkte Vernetzung und Kooperation aller Beteiligten im Transportprozess von hoher Relevanz. Die fortschreitende Digitalisierung bietet in diesem Fall eine Chance für neuartige Verkehrskonzepte, die über die klassische Aufteilung der Akteure hinausgehen. Als besonders positive Maßnahme in dem entwickelten intermodalen Verkehrskonzept stellt sich der Einsatz des eHighway dar. Bei der Auswertung des aktuellen Stands der Technik erwies sich das Antriebssystem des vollelektrischen OH-LKW als optimale Kombination für den Einsatz in einem intermodalen Verkehrssystem. Der eHighway bietet insbesondere mit den kürzeren Planungs- und Realisierungszeiten einen Vorteil gegenüber dem Schienengüterverkehr, wenn es um den schnellen Systemaufbau und die Erreichung der Klimaziele geht. Die negativen Effekte auf die ökologischen Ziele des BVWP (wie z.B. den Flächenverbrauch) sind geringer als bei der Errichtung von Aus- und Neubaustrecken, sodass ein beschleunigter Ausbau bei entsprechender politischer Förderung möglich ist. Sowohl bei der Berechnung des VLVI als auch bei der konkreten Überprüfung im Untersuchungskorridor zeigt sich ein großes Einsparpotenzial im Bereich der externen Kosten, insbesondere beim CO₂-Ausstoß. Gleichzeitig bleiben die systembedingten flexiblen Vorteile des LKW durch das Batterie-Hybrid-System erhalten und bieten eine sinnvolle Ergänzung in einem klimafreundlichen Verkehrssystem. Dabei sollte die Politik den Einsatz von ökologischen

Ergänzungssystemen im kombinierten Verkehr privilegieren. Eine Nutzerumfrage hat gezeigt, dass die Umweltfreundlichkeit von den Nutzern des KV geschätzt wird, sofern daraus keine Nachteile im Bereich der Kosten resultieren. An dieser Stelle wäre somit eine Entlastung bei Steuern, Sonntagsfahrverboten und dem zulässigen Gesamtgewicht denkbar, um die Attraktivität des eHighways zu erhöhen.

Darüber hinaus ist eine gezielte Auswahl der zu elektrifizierenden Streckenabschnitte von großer Bedeutung. Der Handlungsleitfaden zur Korridorwahl in dieser Thesis zeigt ein mehrstufiges Verfahren, um die größtmögliche Nutzeranzahl und Entlastungswirkung für das Gesamtverkehrssystem zu erreichen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf den transportierten Gütergruppen, die sowohl eine hohe OH- als auch KV-Affinität aufweisen sollten. Dabei soll durch den eHighway keine Kannibalisierung der übrigen Verkehrsträger erfolgen, sondern eine gezielte Unterstützung und Entlastung die Co-Modalität stärken. Für das Verkehrskonzept werden daher Autobahnabschnitte selektiert, die sich im TEN-Korridor mit einer überlasteten Bahnstrecke befinden und keine weitere Verlagerung von der Straße aufnehmen können. Als idealer Korridor stellt sich nach den zuvor ermittelten Kriterien die Region zwischen Ostwestfalen (Bielefeld) und Hannover heraus. Ein hohes Aufkommen an Gütern mit einer Eignung für den eHighway und den kombinierten Verkehr treffen hier auf eine überlastete Bahnstrecke und eine Autobahn mit hohem Schwerverkehrsanteil und freier Kapazität. Die Umsetzung des Konzeptes sieht die Ausstattung von zwei Terminals im Korridor mit moderner Umschlagstechnik vor sowie die übergreifende Einführung der Maßnahmen Yield-Management und Platooning. Durch den Ersatz von konventionellen LKW-Fahrten mit dem intermodalen Verkehrssystem können große CO₂-Einsparungen von bis zu 50 % pro Fahrt erreicht werden. Auch die externen- und Transportkosten können durch die konsequente Umsetzung der Maßnahmen aus dem Szenario gesenkt werden. Aufgrund der vereinfachten Planung gegenüber einem Streckenausbau bietet der eHighway damit auch Vorteile für den Schienenverkehr, da er als Ergänzungs- und Übergangstechnologie für überlastete Bahnstreckenabschnitte genutzt werden kann.

Diese Arbeit dient als übergeordnete Machbarkeitsstudie und konzeptionelles Grundlagenwerk. Die VLVI-Methodik ist dabei ein gutes Instrument, um die komplexen Zusammenhänge zwischen den Verkehrsträgern zu verdeutlichen und eine theoretische Wirksamkeitsabschätzung verschiedener Maßnahmen zu treffen. Die Anwendung ist sinnvoll, da in der Literatur bislang vordergründig die isolierte Einzelbetrachtung von Maßnahmen im Vordergrund steht und die intermodalen Wechselwirkungen oftmals nicht beachtet werden. Mit der Anwendung der VLVI-Methodik kann die Fehlleitung mancher verkehrswissenschaftlichen Ansätze verdeutlicht und mit Zahlen belegt werden. Kritisch zu beurteilen ist der große Interpretationsspielraum der dimensionslosen Ergebnisse und subjektive Festlegung der Beeinflussungsfaktoren. Für weitere Forschungen wäre die Umsetzung der VLVI-Logik in einem Simulationsprogramm mit erhöhter Rechenleistung sinnvoll. Eine Verknüpfung mit den Forschungen der eHighway-Teststrecke in Los Angeles und den dort erlangten Ergebnissen zum Einsatz im Seehafen-Hinterland-Verkehr ist anzustreben. Der Fokus liegt dabei auf der Erarbeitung einer gemeinsamen Datenschnittstelle und der kooperativen Zusammenarbeit. Anschließend muss in einer Testphase das System unter realen Bedingungen getestet werden. Neuartigen Maßnahmen, wie z.B. das verkehrsträgerübergreifende Yield-Management, sind ebenfalls zusammen mit den potenziellen Akteuren konzeptionell zu erarbeiten und zu prüfen. Die Wirksamkeit weiterer Maßnahmen und Systeme kann mit dem VLVI-Tool errechnet werden. So wäre beispielweise eine Kombination aus Lang-LKW, eHighway und Platooning denkbar, um eine höhere Massenleistungsfähigkeit auf der Straße zu ermöglichen. Eine weitere Möglichkeit wäre ein verstärkter Fokus auf die technischen Entwicklungen und die Prüfung weiterer Szenarien, die nicht den Zielen des BVWP 2030 dienen. So wäre z.B. ein Einsatz des eHighway an starken Steigungsabschnitten denkbar, um eine überproportionale Akkuentladung zu vermeiden und eine konstante Fahrgeschwindigkeit zu ermöglichen.