

Working Paper Sustainability and Innovation
No. S 03/2020



Martin Wietschel
Uta Burghard
Patrick Plötz

Schnittstellen zum angrenzenden Ausland –
Analyse der Chancen und Herausforderungen
von Oberleitungs-Lkw für den Gütertransport in
angrenzenden Regionen von Baden-
Württemberg

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Ziel	1
2	Design und Zielsetzung des Expertenworkshops.....	1
3	Ergebnisse des Expertenworkshops	2
3.1	Erfolgsfaktoren und Barrieren für die Oberleitungstechnologie in Europa.....	2
3.2	Einschätzungen zu Potentialen in angrenzenden Ländern.....	4
3.3	Implikationen für Teststrecken in topografisch anspruchsvollen Gebieten	6
4	Quellen	8
	Acknowledgements.....	9

1 Einleitung und Ziel

Nennenswerte Teile des schweren Güterverkehrs auf baden-württembergischen Straßen sind grenzüberschreitend. Gegenstand dieses Workingpapers ist daher eine Diskussion der Schnittstellen zum angrenzenden Ausland (insbesondere Frankreich, Schweiz, Österreich) in Bezug auf Oberleitungs-Lkw und weitere alternative Antriebe im schweren Straßengüterverkehr. Dies umfasst einen eintägigen Workshop mit Experten der Energieversorgung, des Güterverkehrs und der Verkehrsinfrastruktur aus Baden-Württemberg und den angrenzenden Staaten, welcher Anfang 2020 stattgefunden hat. Die Ziele des Workshops waren es, praktische Erfahrungen zu diskutieren und an bisher noch nicht aktive Länder weiterzugeben.¹

Dieses Papier entstand im Rahmen des Projektes *eWayBW – Feldversuch zur Erprobung elektrischer Antriebe bei schweren Nutzfahrzeugen auf Bundesfernstraßen in Baden-Württemberg*.

2 Design und Zielsetzung des Expertenworkshops

Am 16.01.2020 wurde der Expertenworkshop in München erfolgreich durchgeführt. 24 Personen aus Deutschland, Frankreich, der Schweiz, Österreich, Italien und Ungarn haben an der Eintagesveranstaltung teilgenommen. Die Beteiligten kamen u.a. aus der Forschung, der Politik und der Industrie. Die Zielsetzungen des Workshops waren:

- Erfahrungen aus den Pilotprojekten in Deutschland vorzustellen und auszutauschen,
- eine mögliche Nutzung dieser Technologie in Nachbarländern wie Frankreich, Österreich und der Schweiz zu diskutieren,
- und die Identifizierung von Treibern und Barrieren sowie von offenen Forschungsfragen

Die wesentlichen Erkenntnisse werden im Folgenden dargestellt, ergänzt um Zahlen und Auswertungen, die im Vor- und Nachgang des Workshops erhoben wurden. Da die an Baden-Württemberg angrenzenden Länder Österreich, Schweiz und Frankreich sogenannte Alpenländer sind, wurden auch spezielle Aspekte von Oberleitungs-Lkw-Korridoren durch die Alpen beleuchtet. Da die

¹ In Europa werden bisher nur in Schweden und in Deutschland Feldversuche mit Oberleitungs-Lkw gefördert.

Teststrecke in Baden-Württemberg in einigen Punkten, wie bspw. hinsichtlich Topographie, bestimmte Eigenschaften hat, die teilweise auch in den Alpen zu finden sind, sind gerade die Ergebnisse dieser deutschen Teststrecke für die Alpenländer von besonderem Interesse.

3 Ergebnisse des Expertenworkshops

Derzeit wird eine Konkurrenz der verschiedenen alternativen Antriebe und Kraftstofftechnologien für den schweren Straßengüterverkehr gesehen, von Oberleitungs-Lkw über Wasserstoff-Lkw und Batterie-Lkw bis hin zu Lkw mit synthetischen Kraftstoffen. Aufgrund

- der begrenzten Stückzahl an schweren Lkw (in Deutschland sind es derzeit rund 200.000 im Bestand),
- der begrenzten Anzahl der Lkw-Anbieter und
- der hohen Investitionen in F&E sowie im Aufbau von Produktionsstätten und Infrastrukturen

wird überwiegend angenommen, dass sich eher eine der neuen Technologien durchsetzen wird. Weniger wird ein Pluralismus an alternativen Kraftstoffen und Antrieben gesehen, allerdings wäre eine Mischung elektrischer Varianten wie Batterie-Lkw und Batterie-Oberleitungs-Lkw denkbar. Eine Entscheidung, welche der neuen Technologien es werden soll, steht in den nächsten zwei bis vier Jahren an². Lösungen im schweren Straßengüterverkehr werden zeitnah benötigt, damit die Klimaschutzziele im Straßenverkehr der EU und in Deutschland erreicht werden können und da der Aufbau der notwendigen Infrastruktur Zeit braucht.

3.1 Erfolgsfaktoren und Barrieren für die Oberleitungstechnologie in Europa

Auf dem Workshop herrschte weitgehende Einigkeit bei dem Thema, dass ein Erfolg der Oberleitungstechnologie nur durch ein gemeinsames Handeln vieler europäischer Staaten in Europa, am besten abgestimmt durch die EU, erreicht werden kann. Aufgrund des hohen Anteils an Transitverkehr in der Schweiz und Österreich³ ist ein Erfolg der Oberleitungsinfrastruktur direkt und in hohem Ausmaß auch vor diesem Aspekt von europaweiten Aktivitäten abhängig.

² Siehe zu dieser Diskussion auch Plötz et al. 2018, in der der Handlungsdruck aufgezeigt wird.

³ Z. B. beträgt dieser in Alpenkorridoren über den Gotthard in der Schweiz mehr als 73 % (siehe UVEK 2014) und in Österreich über den Brenner mehr als 85 % (siehe Tirol 2016).

Für einen Erfolg ist es dabei wichtig, dass frühzeitig eine Standardisierung und Harmonisierung erfolgt. Die Effizienz und Leistungsfähigkeit des europäischen Schienengüterverkehrs wird dabei durch zu langsame Fortschritte bei der Standardisierung des europäischen Zugleitsystems ETCS und bei Längen und Lichtraumprofilen des Rollmaterials, sowie durch heterogene Zulassungsbestimmungen für Lokomotiven und Ausbildungsanforderungen an die Zugführer ausgebremst. Die Bemühungen der EU-Kommission und der europäischen Eisenbahnbehörde (ERA) hin zu einem harmonisierten europäischen Eisenbahnraum stoßen dabei auf gewachsenen nationalen Protektionismus und auf hohe Sicherheitsstandards im Bahnsystem⁴.

In diesem Kontext diskutierten die Experten verschiedene Spannungsniveaus und Leiterquerschnitte für die Oberleitung, wobei eine Erhöhung der Spannung auf ca. 1.250 oder 1.500 Volt von einigen Vertretern favorisiert wurde. Letztendlich sollte die Standardisierung und Regulierung dazu führen, dass Oberleitungs-Lkw ohne Einschränkungen in allen EU-Ländern fahren können. An diesen Fragestellungen wird momentan gearbeitet; ein Vorschlag zur Standardisierung der Oberleitungs-Infrastruktur ist derzeit in Arbeit und ein gültiger Standard wird in wenigen Jahren erwartet. In den derzeitigen realisierten bzw. im Aufbau befindlichen Pilotstrecken in Deutschland sowie der Oberleitungsstrecke in Schweden ist ein übergreifender Betrieb der Fahrzeuge möglich, da diese zurzeit noch alle von einem Hersteller stammen. Ein Vertreter der Automobilindustrie kündigte zudem an, sowohl Diesel-Hybrid- als auch Batterie-Oberleitungs-Lkw anbieten zu werden.

Die uneinheitlichen Besitz- und Betreibermodelle von Autobahnen in Europa könnten ein zusätzliches Hemmnis für den Ausbau von Oberleitungsinfrastruktur sein.

Gerade vor der großen Bedeutung einer europäisch harmonisierten Lösung wurde der Vorschlag entwickelt, eine europaweite Machbarkeitsstudie für die Oberleitungstechnologie durchzuführen.

Das Thema Platooning und die Möglichkeiten, dieses mit dem Thema der Oberleitungs-Lkw zu verbinden, wurde als ein weiterer Forschungsbedarf gesehen. Auch die soziale Akzeptanz der Technologie stellt ein wichtiger Faktor für die weitere Diffusion dar, was sich bereits in den Feldversuchen in Deutschland zeigt. Es ist wichtig, die Anwohnerinnen und Anwohner einer Teststrecke frühzeitig einzubeziehen, wobei Erfahrungen und Best-practice-Beispiele aus Schweden her-

⁴ Vgl. Doll et al. (2019), Europäische Kommission (2019).

angezogen werden können. Gesamtgesellschaftlich gilt es zudem, die Bevölkerung von den Vorteilen der Technologie zu überzeugen und Wissenslücken zu schließen, die zu einer mangelnden Akzeptanz führen können (wie etwa der Verweis auf die Schiene). Auch die Akzeptanz der Autobahn- und Straßenbetreiber könnten eine wichtige Rolle für die weitere Verbreitung der Technologie spielen – sofern es um Länder geht, in denen der Straßenbetrieb weitgehend in privater Hand ist.

Die Experten merkten des Weiteren an, dass bei der Untersuchung der Machbarkeit zwischen Nah-, Regional- und Fernbereich unterschieden werden muss. Möglicherweise sind im lokalen Verkehr mehr verschiedene Lösungen denkbar als im Fernverkehr.

Eine weitere von den Experten genannte Barriere für die Durchsetzung der Technologie ist schließlich das derzeit noch sehr beschränkte Fahrzeugangebot.

3.2 Einschätzungen zu Potentialen in angrenzenden Ländern

Der Schienenverkehr besitzt in manchen an Baden-Württemberg angrenzenden Ländern eine sehr hohe Bedeutung, mit Güterverkehrsanteilen, die insbesondere am St. Gotthard deutlich über den Anteilen in Deutschland liegen (vgl. Abbildung 1).

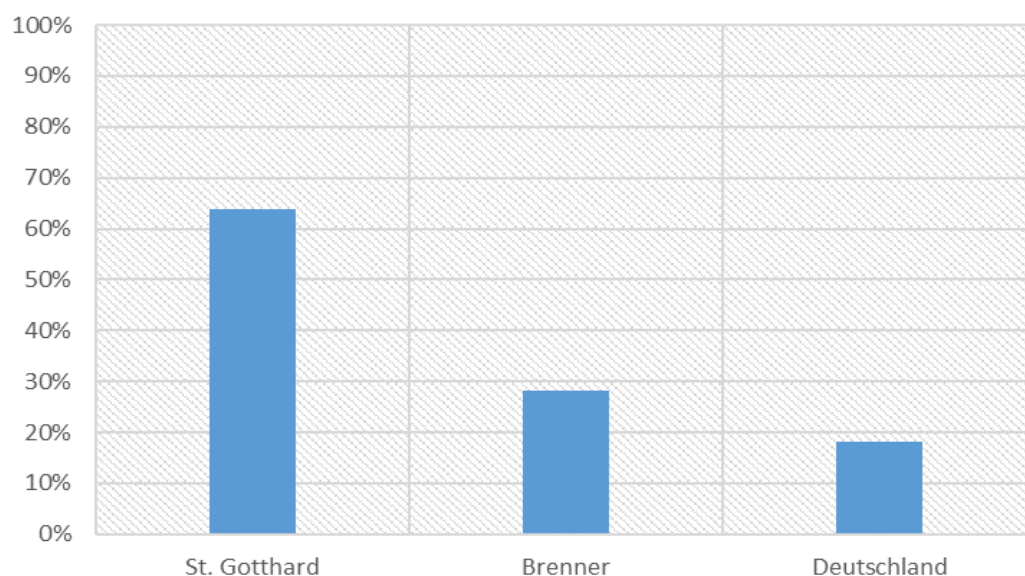


Abbildung 1: Anteil des Schienengüterverkehrs an der gesamten Güterbeförderungsleistung [Mio. t] 2015 (Datenquellen: EC 2017, Statista 2018)

Ein weiterer Ausbau der Schieneninfrastruktur in Österreich und insbesondere der Schweiz zielt darauf ab, zur Verlagerung des Güterverkehrs auf die Schiene beizutragen⁵.

Die Schweizer Experten auf dem Workshop schätzten deshalb auch, dass aufgrund der Konkurrenzsituation zur Schiene (Priorität des Schienengüterverkehrs ist gesetzlich verankert) Oberleitungs-Lkw in der Schweiz relevante Akzeptanzprobleme haben könnten. Generell wurde von den Experten aus der Schweiz angemerkt, dass das Thema Oberleitungs-Lkw keine besondere Relevanz in der Schweiz besitzt und diese Technologie allenfalls für den Nah- und Regionalbereich genutzt werden könnte. Allerdings ist die Schweiz als Transitland mit erheblichem Transitverkehr konfrontiert und muss mit gesamteuropäischen Technologien umgehen. In der Schweiz selbst finden derzeit keine Feldversuche statt und es sind auch keine geplant.

In Österreich ist der Bau des Brennerbasistunnels für den Güter- und Personenverkehr ein wichtiges Infrastrukturprojekt zur Stärkung des Schienenverkehrs. Der Tunnel soll bis 2022 fertig gestellt sein. Die Güterkapazität der Bahn soll dadurch „von 600.000 auf 1,8 Millionen Lkw-Ladungen“ verdreifacht werden⁶. Das heißt, statt ca. 270 sollen 400 Züge den Brenner bei deutlich reduzierter Fahrzeit (Fahrzeit 50 Minuten statt zwei Stunden von Innsbruck nach Bozen) passieren können⁷.

Die Experten aus Österreich haben die Situation im Land so eingeschätzt, dass nach Lösungen für den schweren Straßengüterverkehr gesucht wird und dabei u. a. auch die Diskussion um Oberleitungs-Lkw eine gewisse Rolle spielt (die Technologie wird in der Roadmap für die nächsten 20 Jahre erwähnt). Man befindet sich derzeit eher in einer Orientierungsphase bei der Neuausrichtung des schweren Straßengüterverkehrs und Studien über Vor- und Nachteile der Alternativen werden benötigt. Zudem wird abgewartet, in welche Richtung sich die EU-Politik ausrichten wird. Generell wurde allerdings eine gewisse Skepsis geäußert gegenüber Technologien, die den Aufbau einer neuen Infrastruktur erforderlich machen und/oder eine Konkurrenz zur Schiene darstellen. Dass Vertreter

5 So ist im Rahmen des Bauprojekts Neue Eisenbahn-Alpentransversale (NEAT) 2016 der neue Gotthard-Basistunnel eröffnet worden und eine weitere Ausweitung der Kapazitäten ist nach Fertigstellung des Ceneri-Basistunnels und des 4-Meter-Korridors zu erwarten (NEAT Gotthard-Achse: 252 Züge in beide Richtungen) (UVEK 2017).

6 <https://www.tagesspiegel.de/koooperationsabkommen-brenner-tunnel-wird-gebaut/982282.html> (abgerufen am 23.08.2018)

7 <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/neuer-brenner-tunnel-mit-tempo-250-durch-die-alpen-13671819.html> (abgerufen am 23.08.2018)

aus Österreich recht zahlreich zum Workshop erschienen sind, deutet jedoch auf ein grundsätzliches Interesse an der Technologie hin.

Auch von den Vertretern aus Frankreich wurde erwähnt, dass man sich derzeit ebenfalls noch in einer Orientierungsphase befindet. Die niedrigen CO₂-Emissionen des französischen Kraftwerksparkes werden allerdings als vorteilhaft für elektrifizierte Lösungen gesehen. Die Firma Alstom etwa arbeitet an electric road systems, bei der die Stromversorgung über Schienen in der Straße gewährleistet wird; es wird aber auch an induktiven Lösungen gearbeitet, unter anderem von der Firma VEDECOM.

Die ungarischen Vertreter auf dem Workshop betonen ein starkes Interesse in Ungarn an dieser Technologie und berichteten von Vorbereitungen zur Einrichtung eigener Teststrecken in Ungarn; zum einen auf der Autobahn, zum anderen für lokalen Verteilerverkehr. Die ungarische Regierung, insbesondere das Ministerium für Innovation und Technologie, prüft jedoch auch weitere Alternativen zur Dekarbonisierung des Straßengüterverkehrs, wie etwa Brennstoffzellen-Lkw.

Auch in Italien ist bereits ein gewisses Interesse an der Technologie zu verzeichnen, insbesondere in der Lombardei, wo ein Feldversuch auf einer Autobahn (A35 "Brebemi") geplant wird. Als Haupttreiber in der Lombardei werden Fragen der Luftreinhaltung gesehen.

3.3 Implikationen für Teststrecken in topografisch anspruchsvollen Gebieten

Ein weiteres wichtiges Thema auf dem Workshop war die Auslegung und der Bau der Oberleitungsinfrastruktur durch die Alpen, auf die in den folgenden Ausführungen eingegangen wird.

Beengte Platzverhältnisse, bauliche Anforderungen aufgrund des Untergrunds und besondere Anforderungen durch den Naturschutz könnten hier eine Herausforderung sein, die eine Barriere darstellen bzw. die Baukosten erhöhen könnte. Bei einem Vergleich der drei derzeit in der Umsetzung befindlichen Teststrecken in Deutschland hat sich gezeigt, dass die Strecke auf der Bundesstraße im Murgtal (Schwarzwald) aktuell größere Herausforderungen aufweist als die beiden anderen Teststrecken auf Autobahnen im Flachland. Der teilweise steinige Boden und Brücken entlang der Teststrecke im Schwarzwald werden als interessant für eine mögliche Umsetzung in den Alpen betrachtet. Bspw. wurde darauf hingewiesen, dass die Statik von Brücken anhand von Beton-Bohr-Proben teilweise Neuberechnet werden musste, um die notwendige Stabilität auch bei Ergänzung von Masten für die Oberleitung an den Brückenpfeilern zu garantieren.

Weiterhin ist die Auslegung der Energieversorgungsinfrastruktur auf die Steigungen in den Alpen auszurichten. Gerade der erhöhte Energiebedarf an Steigungsstrecken bei der Bergauffahrt, der nur teilweise kompensiert durch Rekuperation der hinabfahrenden Lkw wird, ist dabei zu beachten.

Bei der Betrachtung von lokalen Schadstoffemissionen und der Lärmbelastung durch den Verkehr ist auf den untersuchten Achsen der sogenannte Alpenfaktor zu berücksichtigen. Die engen Raumverhältnisse, die topographischen sowie meteorologischen Gegebenheiten verstärken die Wirkung von Lärm- und Schadstoffemissionsquellen, sodass ein Fahrzeug im Alpenraum eine bis zu dreimal höhere Schadstoffkonzentration verursachen kann wie im Schweizer Mittelland (UVEK 2017). Jedoch haben die lokalen Schadstoffemissionen in den letzten Jahren abgenommen⁸.

Die potenziellen CO₂-Einsparungen von HO-Lkw sind in der Schweiz und in Österreich deutlich höher verglichen mit Deutschland und auch mit vielen anderen Staaten. Dies liegt an dem hohen Anteil von Wasserkraft in beiden Ländern sowie in der Schweiz noch hohen Anteilen an Kernkraftwerken bei der Stromproduktion (BFE 2012, Österreichs Energie 2017). Nach *wiesoeigentlich.de* (2018) betragen die CO₂-Emissionen in Österreich bei Berücksichtigung der heimischen Stromproduktion unter Berücksichtigung der Stromimporte 279 g/kWh und in der Schweiz 169 g/kWh. Zum Vergleich lag in 2017 in Deutschland der CO₂-Emissionsfaktor für Strom für den Inlandsverbrauch bei 537 g/kWh (UBA 2018).

Aufgrund der großen Anzahl an Pump- und Speicherkraftwerken in beiden Ländern haben diese ein hohes Potenzial, flexibel auf die Stromnachfrage zu reagieren. Damit fällt die Herausforderung der fehlenden Flexibilität der Steuerung der Stromnachfrage bei den HO-Lkw in diesen beiden Ländern weniger ins Gewicht.


⁸ 2016 verursachten Fahrzeuge des schweren Straßengüterverkehrs (SGF) 24 % aller NO_x-Emissionen und 20 % aller PM₁₀-Emissionen. CO₂-Emissionen blieben in den letzten Jahren annähernd konstant mit einem Anteil des SGF von ca. 26 % im Jahr 2016 (UVEK 2017)

4 Quellen

- Bundesamt für Energie (BFE) (2012): Die Energieperspektiven für die Schweiz bis 2050. Auftraggeber Bundesamt für Energie. Durchgeführt von Prognos.
- Doll, C., J. Köhler, D. Horvat et al. (2019): Policy and business—how rail can contribute to meet transport climate targets in the freight sector. Summary Report 3 of the study LowCarb-RFC – European Rail Freight Corridors going Carbon Neutral, supported by Stiftung Mercator and the European Climate Foundation. Fraunhofer ISI, Fraunhofer IML, TPR / University of Antwerp, M-Five. Karlsruhe.
- Europäische Kommission (2019): Sixth report on monitoring development of the rail market SWD(2019). Bericht der Kommission an das Europäische Parlament. Brüssel.
- Plötz et al. (2018): Alternative Antriebe und Kraftstoffe im Straßengüterverkehr – Handlungsempfehlungen für Deutschland. Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Öko-Institut, ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung. Fraunhofer ISI: Karlsruhe
- Statista (2018): Anteil des Schienengüterverkehrs an der gesamten Güterbeförderungsleistung in Deutschland von 2008 bis 2015. Online verfügbar unter <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/3539/umfrage/anteil-vom-schieneverkehr-am-guetertransport-in-deutschland/>, zuletzt geprüft am 18.10.2018.
- Tirol (2016): Verkehr in Tirol – Bericht 2016 – Alpenquerender Güterverkehr. Herausgeber: Amt der Tiroler Landesregierung, Innsbruck, Österreich.
- Umweltbundesamt (UBA) (2018): Strom- und Wärmeversorgung in Zahlen. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/energieversorgung/strom-waermeversorgung-in-zahlen>, zuletzt geprüft am 19.10.2018.
- UVEK (Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation) (2014): Güterverkehr auf Strasse und Schiene durch die Schweizer Alpen 2014. Schlussbericht.
- UVEK (Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation) (2017): Bericht über die Verkehrsverlagerung vom November 2017. Verlagerungsbericht Juli 2015 – Juni 2017.
- wiesoeigentlich.de (2018): Aber sind Elektroautos nicht letztlich schlechter fürs Klima? Online verfügbar unter <https://wiesoeigentlich.de/co2-emissionen/>, zuletzt geprüft am 19.10.2018.
- European Commission (EC) (2017): Statistical pocketbook 2017, EU transport in figures. doi:10.2832/041248 MI-AA-16-002-EN-N.

Acknowledgements

Dieses Papier entstand im Rahmen des Projektes *eWayBW – Feldversuch zur Erprobung elektrischer Antriebe bei schweren Nutzfahrzeugen auf Bundesfernstraßen in Baden-Württemberg*. Vorhabenträger: Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg. Gefördert durch Mittel des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.



Authors' affiliations

Prof. Dr. Martin Wietschel, Dr. Uta Burghard, Dr. Patrick Plötz

Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research (Fraunhofer ISI)
Competence Center Energy Technology and Energy Systems

Contact: Martin Wietschel

Fraunhofer Institute for Systems
and Innovation Research (Fraunhofer ISI)
Breslauer Strasse 48
76139 Karlsruhe
Germany
Phone: +49 721 6809-254
E-Mail: martin.wietschel@isi.fraunhofer.de
www.isi.fraunhofer.de

Karlsruhe, April 2020