

Zusammenfassung der Erkenntnisse aus dem Symposium „Energiewende im Schwerverkehr“ in der Österreichischen Akademie der Wissenschaften am 21. und 22. Februar 2024

Am 21. und 22. Februar veranstaltete die Österreichische Akademie der Wissenschaften gemeinsam mit dem Verein netER (new energy transition Europe Research-Association) ein Symposium zur Energiesituation im Schwerverkehr und der möglichen Wege, diesen kohlenstoffneutral zu gestalten. Zu diesem Symposium wurden Interessengruppen und Organisationen aus Wissenschaft und Industrie eingeladen. Ziel war, Möglichkeiten umfassend auszuloten, um geeignete neue und bekannte Ansätze für Lösungen zu identifizieren. Nach den Vorträgen wurden die verschiedenen Standpunkte in lebhaften Diskussionen kritisch hinterfragt. Lösungsvorschläge für den Energieeintrag (Elektronen aus Batterien, Wasserstoff, eFuels) wurden jeweils in mindestens zwei Vorträgen als **die** bevorzugte Lösung präsentiert. Es war jedoch klar erkennbar, dass die präsentierte Lösung durch spezifische Selektion von (gesetzlichen) Rahmen bedingt oder zumindest gestützt wurde. In einem Beispiel nimmt der Gesetzgeber die Verfügbarkeit von CO₂-freiem Ladestrom aus dem öffentlichen Netz an. Zusätzlich wird die Wettbewerbsfähigkeit durch ausreichende Förderungen bei den Anschaffungs- wie Betriebskosten sichergestellt. Unter diesen Rahmenbedingungen sind batterieelektrische Fahrzeuge den anderen Technologien überlegen und damit die beste Lösung. Dass derzeit CO₂-freier Ladestrom aus dem öffentlichen Netz unrealistisch ist, verzerrt Kosten- wie CO₂-Emissionsvergleich zwischen geförderten und nicht geförderten Fahrzeugtechnologien. Mit Wasserstoff betriebene Fahrzeuge können als bestgeeignete Technologie dargestellt werden, wenn die CO₂-Emissionen und die Kosten zum Aufbau und zum Betrieb der Tankstelleninfrastruktur nicht berücksichtigt und die Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff als gegeben angenommen wird.

Für keines der Energiekonzepte zur Defossilisierung des Schwerverkehrs besteht eine klare technische Präferenz, ihre Bilanz hängt von Annahmen über künftige Energiebereitstellungen ab. Diese Situation erfordert die zeitnahe und rasche Neubewertung möglicher Lösungen, wobei **explizite Technologie-Offenheit** (Elektronen aus Batterien, Wasserstoff, eFuels) unabdingbar ist. Zu einer balancierten Neubewertung dieser Konzepte ist es notwendig, deren Energiebilanz (Freisetzung von Treibhausgasen) über den gesamten Lebenszyklus mittels „Life Cycle Assessment (LCA)“ Analysen und nicht „nur“ über „Tank-to-Wheel“ (Auspuffbetrachtung) zu bewerten. Wissenschaft und Industrie sind in der Lage, Konzepte unter Nennung der technischen, kommerziellen und sozialen Kriterien (für die jeweilige Entscheidung) zu entwickeln und diese auch praktisch zu testen. **Dieser Prozess muss staatlich gefördert werden**, um die notwendigen Grundlagen für wissenschaftsbasierte Regierungsentscheidungen zur Umsetzung bereitzustellen. Es wird empfohlen, diese Entwicklungen durch techno-ökonomische Potenzial Analysen und Begleitforschung, die die Entwicklung von resilienten Wertschöpfungsnetzwerken gestalten helfen sollen, zu unterstützen, um nicht nur technisch, sondern auch sozial und ökologisch vorteilhafte nachhaltige Veränderungen zu ermöglichen. Kriterien dafür sind die Reduktion der Treibhausgase, die Versorgungssicherheit mit Energie und die finanzielle Machbarkeit der Maßnahmen. Lebensstiländerungen (Güterpräferenz, Versorgungswege) sind dabei nicht berücksichtigt.

Ein zweiter, wichtiger Aspekt, der bei den Vorträgen deutlich wurde, betrifft die aktuellen nationalen und europäischen Verordnungen und Gesetze. Viele davon verhindern die Umsetzung neuer (und innovativer) Wege zur Erreichung von Kohlenstoffneutralität. Sie erschweren, dass ein technologieoffener Markt optimale Lösungen findet. Die Kritik am gegenwärtigen Regelwerk,

das von detailreichen Verboten und Einschränkungen geprägt ist, war in nahezu allen Präsentationen klar erkennbar.

Die aktuellen gesetzlichen Regelungen sind nicht auf Ergebnisse (Erreichen von Zielen) sondern auf spezifische Lösungsansätze (Technologien) ausgerichtet. Diese Maßnahmen reichen von Verboten und Einschränkungen, die andere Lösungsansätze verunmöglichen, bis hin zu finanziellen Anreizen, politisch bevorzugte Technologien attraktiv zu machen. Diese Doppelstrategie aus Anreizen und Restriktionen verlangsamt bis verhindert die Reduktion der Treibhausgase des Verkehrs. Stattdessen ermöglicht sie Fahrzeugherstellern, ihre Verkaufserlöse zu optimieren, indem sie Fördermittel für politisch bevorzugte Technologien abschöpfen, insbesondere zur Einhaltung der CO₂-Flottengrenzwerte. Gleichmaßen sparen Verbraucherinnen und Verbraucher durch den Kauf dieser geförderten, kostengünstigeren Fahrzeuge Geld, die zudem im Betrieb von weiteren finanziellen Vorteilen profitieren. Ein Beispiel dafür ist die starke Kopplung des Kaufinteresses für Batteriefahrzeuge mit staatlichen finanziellen Unterstützungen.

Der politisch als „technologieoffen“ propagierte Weg schadet den Klimazielen womöglich, anstatt sie zu fördern. Die derzeitigen Rahmenbedingungen schaden dem Ziel einer kohlenstoffneutralen Mobilität, da die Treibhausgasemissionen der drei Ansätze¹ nicht anhand eines offenen Vergleichs mittels Lebenszyklusanalyse erfolgt. Stattdessen werden für jede der drei Technologien unterschiedliche gesetzliche Regelungen zur Bewertung der Emissionen herangezogen, die Vergleiche schwierig, wenn nicht unmöglich machen. Für problematisch erscheinende Maßnahmenpakete sind folgend drei Beispiele angeführt.

(i) Batterieelektrische Fahrzeuge (BEV) werden bevorzugt behandelt (z.B. Entfall von Parkgebühren, das Benutzen von Fahrbahn-Spuren, die für den öffentlichen Verkehr bestimmt sind) und sie erhalten in Deutschland über die Fahrzeuglebensdauer gerechnet im Mittel € 20.000,- finanzielle Förderungen² (Ende 2023 wurde in Deutschland die Kaufprämie zurückgenommen). In Österreich erhöht sich durch den Wegfall der NOVA für BEV die Förderung auf ca. € 30.000,-. Für Hybridfahrzeuge (HEV) existieren diese Förderungen auch, allerdings auf niedrigerem Niveau und manche wurden Anfang 2024 gänzlich gestrichen. Nach gesetzlicher Regelung gelten BEV als emissionsfrei, da der für das Laden verwendete Strom im „Tank-to-Wheel“-Ansatz keine CO₂-Emissionen verursacht. Dass der Ladestrom aus dem öffentlichen Netz vorwiegend von kalorischen Kraftwerken aufgebracht werden muss (Residual- oder Marginalstrommix) und damit europaweit CO₂-Emissionen von ca. 800 – 1000 gCO₂/kWh aufweist³, wird nicht berücksichtigt. Die Emissionen der BEV entstehen in Kohle- und Gaskraftwerken, die den Ladestrom liefern.

(ii) Mit kohlenstoffneutralem Wasserstoff betriebene Brennstoffzellen-Fahrzeuge emittieren kein CO₂ und werden im Betrieb gefördert. Selbst für den durch Elektrolyse aus Wasser hergestellten Wasserstoff (grün) ist aber eine zeitliche und örtliche Korrelation sowie zusätzliche **Kombination**

¹ (i) Batteriefahrzeuge, (ii) wasserstoffbetriebene Fahrzeuge und (iii) Fahrzeuge, die mit kohlenstoffneutralen Kraftstoffen betrieben werden

² Wolfgang Plank, Deutsche Bank: E-Mobilität vom Staat teuer erkaufte, 12.8.2021, <https://www.elektroauto-news.net/news/deutsche-bank-e-mobilitaet-vom-staat-teuer-erkaufte>, accessed 5.3.2024.

³ VDI-Studie Ökobilanz Pkw, 11-2023, <https://www.vdi.de/ueber-uns/presse/publikationen/details/vdi-oekobilanz-studie-zu-verschiedenen-antriebssystemen>, accessed 24.1.24 und D. Bothe, Th. Steinfort, LCA-Studie Mobilitätssektor, FVV, 6-2020, https://www.fvv-net.de/fileadmin/Storys/020.30_Bilanz_gezogen/FVV_LCA_Lebenszyklusanalyse_Frontier_Economics_R595_final_2020-06_DE.pdf, accessed: 15.4.2024.

zwischen der Stromgenerierung aus PV und Wind und der Elektrolyse zwingend, wenn Strom aus dem öffentlichen Netz genutzt wird. Die bisher auf europäischer Ebene erlassenen Gesetze versuchen mit diesen Regelungen zu erreichen, dass Strom nur system- und netzdienlich zur Erzeugung von grünem Wasserstoff verwendet werden darf⁴. Direkt-elektrische Verbraucher wie etwa Rechenzentren, Bahn und Beleuchtung müssen diese Vorgaben nicht einhalten.

(iii) Ein Fahrzeug, das ausschließlich mit synthetischem Kraftstoff (eFuels) betrieben wird, würde gemäß der Messung am Auspuff die identische CO₂-Emission aufweisen wie ein Fahrzeug, das mit herkömmlichen fossilen Kraftstoffen betrieben wird. Dies liegt daran, dass die chemischen Zusammensetzungen beider Kraftstoffarten – fossiler Brennstoff und eFuel – aus Kohlenwasserstoffen bestehen und bei der Bewertung der Messergebnisse nicht unterschieden wird, ob das CO₂ aus fossilen oder aus erneuerbaren Quellen stammt. Zusammen mit den ambitionierten Grenzwerten und ausgehend von heute müssen diese in 2035 beim Pkw um 100 % und beim Lkw um 90 % reduziert werden, was zu einer technologischen Vorentscheidung führt. Das hat auch Auswirkungen auf die Fahrzeugpreise. Wenn diese regulatorischen Zielwerte nicht eingehalten werden, drohen empfindliche Strafzahlungen. Beim Pkw liegen diese über dem Jahresdurchschnitt pro Fahrzeug bei 95 € pro Gramm CO₂. In der Vergangenheit kam es hier zu dreistelligen Millionenstrafen gegen bspw. Volkswagen, Jaguar und Land Rover. Andere Hersteller wie Fiat-Chrysler überwiesen im Jahr 2020 1,8 Mrd. an Mitbewerber wie Tesla, um Neufahrzeuge gemeinsam zu poolen. Wenn man die Strafzahlungen über ein Fahrzeugleben von 200.000 km berechnet, kommt man auf CO₂-Vermeidungskosten von 475 €/tCO₂. Bei den durchschnittlichen CO₂ Einsparungen von eFuels im Vergleich zu fossilen Kraftstoffen wären das ca. 1,6 €/Liter⁵. Das bedeutet, dass es für Hersteller bis zu diesem Preis ökonomisch sinnvoller wäre eFuels zu beschaffen, als Strafzahlungen in Kauf zu nehmen. Voraussetzung hierfür ist, dass eFuels regulatorisch angerechnet würden. Selbst wenn eFuels prioritär in der Luft- und Schifffahrt benötigt werden, entfällt so langfristig ein attraktiver Zielmarkt, der zu deutlich mehr Investitionen von Risikokapitalgebern – und damit zu mehr und günstigeren eFuels – führen würde.

Diese einseitige und limitierte Betrachtung bei Neufahrzeugen hat auch Auswirkungen auf weitere Regulierungen in vielen Mitgliedsländern der EU. Hierzu zählen:

- Kaufprämien (unterschiedliche Beträge, in der Vergangenheit teilweise bis zu € 10.000).
- Dienstwagenbesteuerung: In Deutschland muss etwa nur 0,5 % des geldwerten Vorteils beim Elektrofahrzeug besteuert werden. Beim Verbrenner – selbst mit eFuels – sind es 1 %. Je nach Kaufpreis stellt das eine hohe Förderung und Marktverzerrung dar.
- Auch die KFZ-Steuer wird nur am Auspuff gemessen und entfällt etwa in Deutschland für Elektrofahrzeuge. Das sind pro Fahrzeug mehrere Hundert Euro im Jahr.
- Die Mautgebühren sind ein entscheidender Faktor für die Wirtschaftlichkeit des Lkw-Betriebs. Mit der Reform der Eurovignette-Richtlinie hat die EU beschlossen, Elektro- und Wasserstoff-Lkws von Mautgebühren vollständig zu befreien. Die Mautsätze variieren je nach Mitgliedsstaat und können über die Nutzungsdauer eines Lkws mehrere hunderttausend Euro ausmachen.

⁴ Energypost-eu, Strict rules stop Green Hydrogen production diverting clean power from the grid. What are they?, <https://energypost.eu/strict-rules-stop-green-hydrogen-production-diverting-clean-power-from-the-grid-what-are-they/>.

⁵ <https://www.efuel-alliance.eu/fileadmin/Downloads/crediting-system-for-renewable-fuels.pdf>, accessed 30.3.24

Diese Regelung ermöglicht es, die höheren Anschaffungskosten für Elektro- und Wasserstoff-Lkws auszugleichen, und stellt somit eine Quersubventionierung von Verbrenner-Lkws, die weiterhin Maut zahlen, zu Elektro- und Wasserstoff-Lkws dar. Bei Lkws mit Verbrennungsmotor wird der Anteil erneuerbarer Kraftstoffe bei der Mautberechnung jedoch nicht berücksichtigt. Zudem führt die Mautbefreiung für Elektro- und Wasserstoff-Lkws zu einem Finanzierungsdefizit für andere notwendige Investitionen wie die Instandhaltung der Straßeninfrastruktur.

- Hinzu kommen Förderungen der Lade- und Wasserstoffinfrastruktur, die in vielen Ländern in die Millionen gehen.
- Eine weitere Benachteiligung von eFuels besteht in der aktuellen Regelung der Energiesteuer, die für fossile Kraftstoffe und eFuels identische Steuersätze vorsieht, während Strom von deutlich niedrigeren Sätzen profitiert und Wasserstoff vom Energiesteuersatz gänzlich ausgenommen ist. Obwohl die EU-Kommission vorgeschlagen hat, erneuerbare Energieträger gleichzustellen, kommt die Überarbeitung der Energiesteuerrichtlinie im EU-Rat nicht voran, da hierfür Einstimmigkeit erforderlich ist.

Ansätze zu einer Lösung. Der Klimawandel ist eine große Herausforderung und die Zeit drängt - das verbleibende globale Emissionsbudget zur Begrenzung des Temperaturanstiegs auf 1,5°C wird in der Wissenschaft kontroversiell diskutiert und könnte laut IPCC⁶ in wenigen Jahren erschöpft sein, wenn weltweit die Emissionen nicht drastisch reduziert werden. Technologien (wie Verbrennungsmotoren mit erneuerbaren Kraftstoffen) auszuschließen und alles auf eine Karte zu setzen, ist eine riskante Strategie. Damit riskieren wir, die Klimaziele zu verfehlen, was langfristig irreversible Schäden zur Folge haben kann. Stattdessen braucht es EU-weit Regelungen, die gleiche Wettbewerbsbedingungen für ein breites Spektrum von Technologien schaffen (Elektronen aus Batterien, Wasserstoff, eFuels).

Ein wirksamer und glaubwürdiger Klimaschutz verlangt nach einer umfassenden Betrachtung der Klimafolgen verschiedener Mobilitätsoptionen, also einer Lebenszyklusperspektive. Diese sollte die realen Emissionen entlang der gesamten Wertschöpfungskette – von der Produktion von Batterien und Fahrzeugen über den Energie- und Kraftstoffmix bis hin zum Recycling – einschließen. Ein Gutschriftensystem (crediting system⁷), das auch die Herstellung des Treibstoffs einschließt („Well-to-Tank“-Phase) und die "Tank-to-Wheel"-Ausrichtung ergänzt, wäre ein wichtiger Schritt hin zu einem integrierten System. Dies würde die Klimaschutzanstrengungen von Kraftstofflieferanten und Fahrzeugherstellern besser miteinander verknüpfen und koordinieren. Die Schweiz hat eine Anrechnung von eFuels für die Autohersteller vor kurzem parlamentarisch beschlossen⁸.

Zur Beschleunigung der Energiewende sind zeitlich begrenzte staatliche Förderungen notwendig. Neue Technologien benötigen diese, um von Beginn an wettbewerbsfähig zu sein. Diese Förderungen zur Realisierung der **Energiewende** sollen nur **für die Erreichung von Zielen**⁹ vergeben werden, die grundsätzlich auf der Basis von Lebenszyklusanalysen ermittelt worden sind.

⁶ <https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/chapter-2/>, siehe Figure 2.3., accessed 30.3.24.

⁷ <https://www.crediting-system-for-renewable-fuels.eu/>.

⁸ <https://transport-online.de/news/strassengueterverkehr-schweiz-beschliesst-anrechnung-von-efuels-159257.html>.

⁹ wie z.B. für die Grenzwertunterschreitung bestimmter Treibhausgase, bspw. emittiertes fossiles CO₂ pro generierter kWh Strom, oder pro Tonnenkilometer Transportleistung oder pro km Fahrstrecke

Förderungen sollen nicht für den Einsatz bestimmter Technologien vergeben werden¹⁰, da der Mix aus allen Technologien für eine erfolgreiche Energiewende notwendig ist.

Die Diskussion verdeutlicht die Notwendigkeit eines Dialogs mit politischen Entscheidungsträgern. Bestehende Regelungen, die eine Technologieoffenheit behindern, sollten gemeinsam aufgehoben und die gesetzlichen Rahmenbedingungen für staatliche Technologieförderung an die Ziele der Energiewende angepasst werden. Dieser Konsens aus dem Symposium kann helfen, eine neue, offenere Politik für die Energiewende im Schwerverkehr zu beginnen.

Informationen zu den Vortragenden beim Symposium „Energiewende im Schwerverkehr“ am 21. und 22.1.2024 an der Österreichischen Akademie der Wissenschaften in Wien

Tobias Block, eFuel Alliance e.V., Brüssel, *„eFuels – politische Rahmenbedingungen im Schwerverkehr in der EU“*

Martin Fellendorf, TU Graz, *„Güterverkehr in Österreich – Zahlen und Handlungsoptionen“*

Alexander Klacska, Bundessparte Transport Verkehr WKÖ, *„Die neuen Kraftstoffe – Verfügbarkeit, Infrastruktur, Wettbewerbsfähigkeit“*

Roger Cracknell, Shell London, *„Fuels and Energy Carriers for Decarbonization of Heavy Duty Transport“*

Markus Bachmeier, Linde GmbH, Germany, *„Clean hydrogen and its relevance for mobility“*

Andreas Kopf, International Transport Forum, Paris, *„System perspective & possible strategies for the decarbonization of the heavy-duty mobility sector“*

Stefan Hausberger, TU Graz, *„Kohlenstoff-Fußabdruck von Schwerverkehr-Antriebssystemen basierend auf einer Lebenszyklusbewertung“*

André Bardow, ETH Zürich, *„Driving in (carbon) circles: An environmental perspective on sustainable transport“*

Manfred Gronalt und **Martin Posset**, Boku Wien, *„Daten vs. Strategien: Grundlagen für Umsetzungspfade der Dekarbonisierung im Güterverkehr“*

Sonja Wogrin, TU Graz, *„Die Zukunft des österreichischen Elektrizitätssystems“*

Leonhard Schitter, energieAG Oberösterreich, *„Wasserstoff als Zukunftstreiber: Neue Perspektiven in der Energie- und Mobilitätswende“*

Vanja Subotic, TU Graz, *„eFuels – klimaneutrale Kraftstoffe der Zukunft“*

Siegfried Kiss, rag Austria AG, *„Gasförmige Energieträger: CH₄ und H₂ – bewährt, speicherbar und aussichtsreich“*

¹⁰ z.B. für batterieelektrische Fahrzeuge oder für Fahrzeuge mit Brennstoffzellen oder Verbrennungskraftmotoren, die mit Wasserstoff- oder eFuels betrieben werden