



Begleitforschung
Oberleitungs-Lkw
in Deutschland

Erfolgsfaktoren für einen effektiven Klimaschutz im Straßengüterverkehr

Durch das neue Ziel der Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045 und den aktuell rasanten Verbrauch des verbleibenden CO₂-Budgets für die Einhaltung des Pariser Klimaziels entsteht akuter Handlungsdruck in allen Lebensbereichen. Es ist also bereits kurzfristig eine deutliche Minderung der Emissionen auch im wachsenden Güterverkehr dringend notwendig. Dies kann nur gelingen, wenn Maßnahmen in allen relevanten Handlungsfeldern zügig ergriffen werden, auch im Straßengüterverkehr.

Zusätzlich zu mobilitäts- und fahrzeugseitigen Maßnahmen der Verkehrsvermeidung, Verlagerung auf die Schiene und Effizienzverbesserung ist es daher von großer Bedeutung, den Strom aus erneuerbaren Quellen effizient einzusetzen. Denn auch in absehbarer Zukunft werden uns erneuerbare Energiequellen nicht unbegrenzt zur Verfügung stehen.

Verschiedene strombasierte Antriebskonzepte werden diskutiert, die Energieeffizienz der Konzepte unterscheidet sich jedoch deutlich.

Für das Segment der lokalen und regionalen Transporte sind batterieelektrische Lkw unter 26 Tonnen zulässiges Gesamtgewicht bereits als Serienfahrzeuge verfügbar. Schwere Last- und Sattelzüge sind mit 75 Prozent aber für einen Großteil der Treibhausgasemissionen im

Straßengüterverkehr verantwortlich, so dass alternative Antriebskonzepte vor allem hier einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele leisten müssen. Nach dem „Gesamtkonzept klimafreundliche Nutzfahrzeuge“ des Bundesverkehrsministeriums (BMDV) sollen hier verschiedene Ansätze erprobt und gefördert werden, bevor es ab 2023 zu Pfadentscheidungen kommt. Als Alternativen zur Nutzung konventionellen Diesels in Lkw mit Verbrennungsmotor werden diskutiert:

- Batterieelektrische Lkw (BEV)
- Oberleitungs-Lkw als Diesel-Hybrid (Oberleitungs-HEV) oder Batterieelektrisch (Oberleitungs-BEV)
- Brennstoffzellen-Lkw
- Nutzung synthetischer Kraftstoffe, sogenannte Power-to-Liquids (PtL) in Verbrenner-Lkw

Projektpartner

 **Fraunhofer**
ISI

 **Öko-Institut e.V.**
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology

 **ifeu** INSTITUT FÜR ENERGIE-
UND UMWELTFORSCHUNG
HEIDELBERG

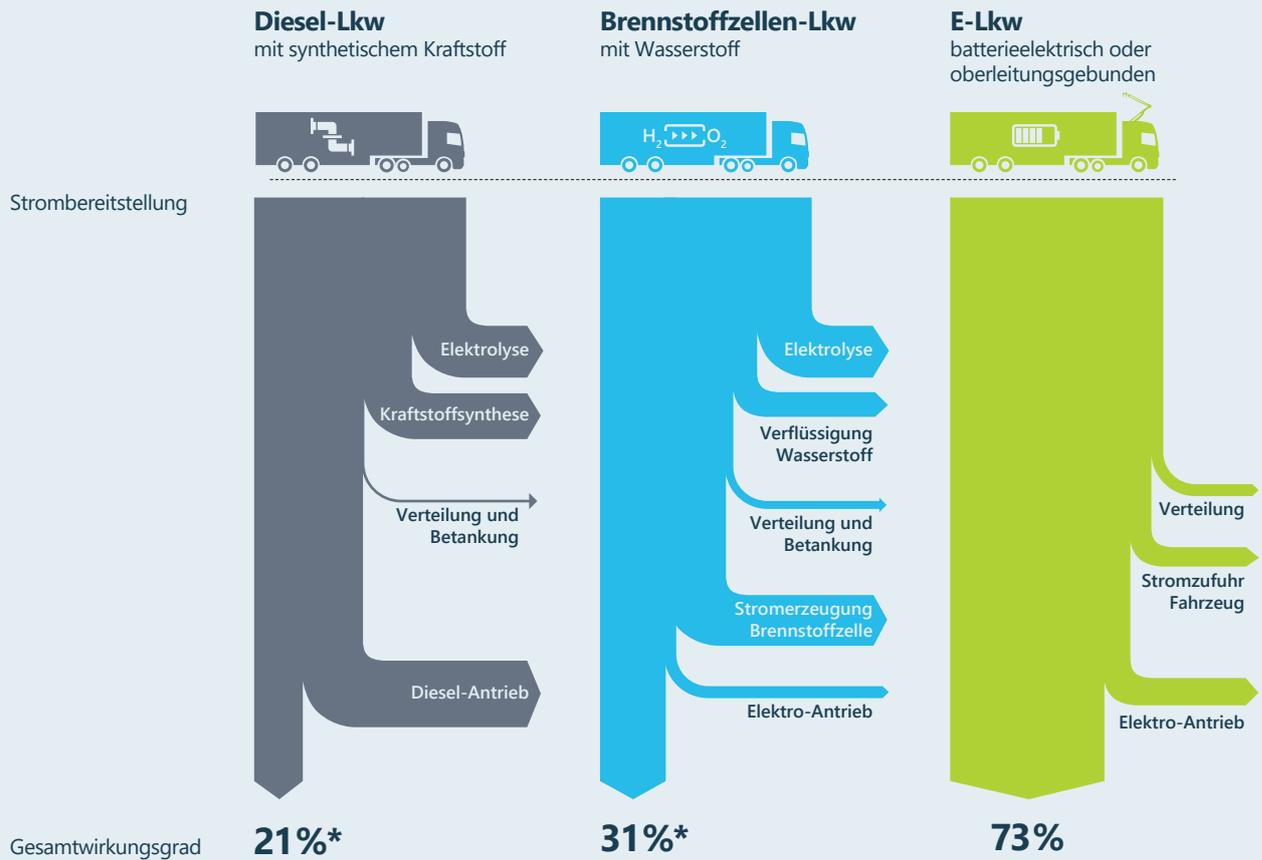


Abbildung 1: Vergleich der Wirkungsgrade verschiedener Lkw-Antriebe

* bei Erschließung von Effizienzpotenzialen bei Elektrolyse, Kraftstoffsynthese und Brennstoffzelle
 Quelle: Öko-Institut 2020, CC BY-SA 2.0, Fraunhofer ISI

Alle Konzepte machen prinzipiell erneuerbaren Strom im Straßengüterverkehr nutzbar, die Energieeffizienz unterscheidet sich dabei jedoch sehr deutlich. Bei direktelektrischen Antrieben (Oberleitungs- und Batterie-Lkw) treten nur geringe Verluste durch die Übertragung und ggf. Zwischenspeicherung in der Batterie auf. Der zusätzliche Strombedarf der Nutzung elektrolytisch hergestellter komprimierter Wasserstoffe liegt hingegen etwa 2,5-mal so hoch (siehe Abbildung 1). Bei Nutzung synthetischer Kraftstoffe wird über die gesamte Umwandlungskette sogar die 3,5-fache Menge an zusätzlichem Strom benötigt. So lange noch (teilweise) fossile Energiequellen zur Stromerzeugung herangezogen werden müssen, multipliziert sich entsprechend auch deren Klimawirkung für Brennstoffzellen-Lkw und strombasierte Kraftstoffe.

Auch wenn 2030 der Strommix noch teilweise fossil ist: Batterie- und Oberleitungs-Lkw verbessern die Klimabilanz gegenüber Diesel-Lkw bereits um 45–60 Prozent.

Zur Erreichung der Klimaziele in Deutschland wird ein ambitionierter Ausbau erneuerbarer

Energien in der Stromerzeugung angestrebt. Dennoch wird die Strombereitstellung in Deutschland mittelfristig immer noch teilweise aus fossilen Quellen erfolgen. Nach dem Szenario „Klimaneutrales Deutschland 2045“, das auch die für das Jahr 2030 formulierten Zwischenziele des Klimaschutzgesetzes einhält, halbiert sich die Klimawirkung der Strombereitstellung in Deutschland (Mix DE) zwischen 2020 und 2030 nahezu, es werden aber immer noch 215 g CO₂-Äquivalente pro Kilowattstunde ausgestoßen. Die strombasierten Lkw-Antriebe und Kraftstoffe können von diesem Ausbau erneuerbarer Energien in der Stromerzeugung profitieren, jedoch aufgrund der Effizienzunterschiede in unterschiedlichem Maße. Abbildung 2 zeigt die Treibhausgasemissionen über den gesamten Lebensweg eines in Deutschland im Jahr 2030 zugelassenen Sattelzugs mit verschiedenen Antriebskonzepten und Kraftstoffen pro gefahrenem Kilometer:

- Bei Fahrzeugen mit ausschließlich direkter Stromnutzung – also **BEV** und **Oberleitungs-BEV** – ergibt sich ein deutlicher Klimavorteil im Bereich von 50–60 Prozent gegenüber der Nutzung konventioneller Dieselfahrzeuge,

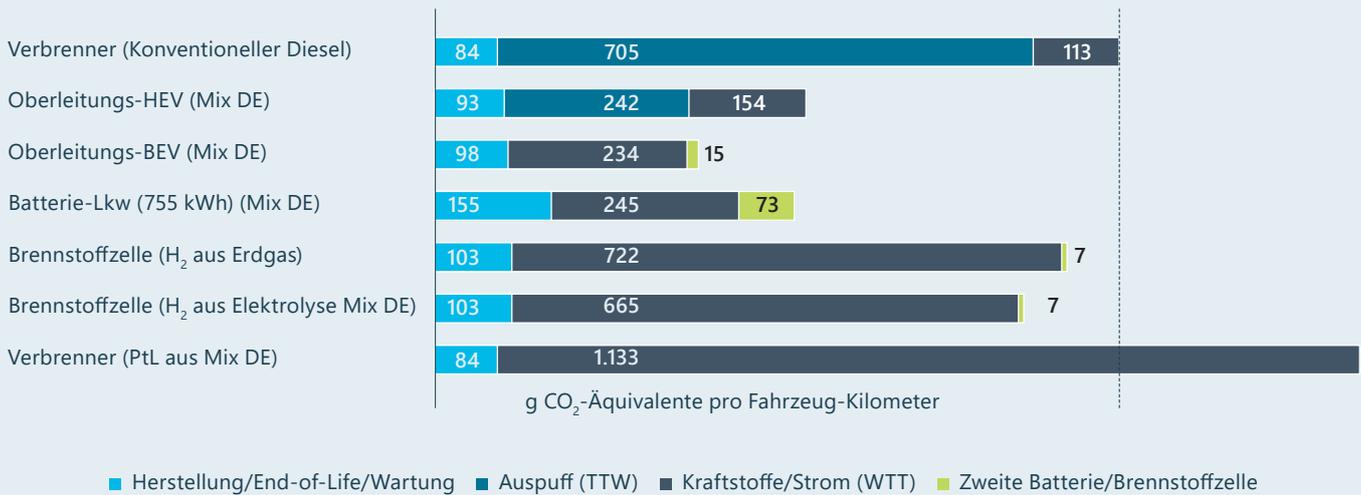


Abbildung 2: Treibhausgasemissionen 2030 zugelassener Sattelzugmaschinen (40 t zGG) mit verschiedenen Antriebskonzepten für typische Nutzungsparameter in Deutschland ¹

auch wenn sie diese in ihrem Fahrzeugleben eine zweite Batterie benötigen. Der Oberleitungs-BEV profitiert dabei in der Klimabilanz von der gegenüber reinen BEV kleineren Batterie.

- Der **Oberleitungs-HEV** zeigt ein Reduktionspotenzial von etwa 45 Prozent gegenüber einem reinen Dieselfahrzeug und ist damit vergleichbar mit einem BEV. Dabei ist bereits berücksichtigt, dass 35 Prozent der Strecke abseits der Autobahn weiterhin mit Dieselmotor bewältigt werden.
- Das Treibhausgas-Minderungspotenzial der **Brennstoffzellen-Lkw** ist demgegenüber bei Herstellung des Wasserstoffs in Deutschland für beide untersuchten Pfade gering. Es liegt im Bereich von 10–15 Prozent, da entweder noch fossile Energieträger verwendet werden (vergleiche „H₂ aus Erdgas“ in Abbildung 2) oder hohe Konversionsverluste anfallen (vergleiche „H₂ aus Elektrolyse Mix DE“ in Abbildung 2). Daher wird deutlich mehr Strom benötigt als bei den direktelektrischen Antrieben.
- Noch größere Verluste entstehen bei Nutzung von mit deutschem Strommix produzierten synthetischen Kraftstoffen, auch als **Power-to-Liquids** (vergleiche „PtL aus Mix DE“ in Abbildung 2) bezeichnet: Die Treibhausgasemissionen liegen hier selbst für 2030 zugelassene Lkw noch um 35 Prozent über dem Diesel-Lkw.

Direktelektrische Konzepte sollten im Straßenverkehr Vorrang haben, weil erneuerbare Kraftstoffe in anderen Sektoren benötigt werden.

Damit Wasserstoff und synthetische Kraftstoffe einen Klimaschutzbeitrag leisten, müssen für deren Produktion in der nächsten Dekade also zwingend zusätzliche erneuerbare Energien erschlossen werden. Aufgrund der geringen Energieeffizienz sowie der technischen, wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Herausforderungen bei der Produktion von erneuerbarem Wasserstoff und synthetischer Kraftstoffe sollten diese vorwiegend in Bereichen eingesetzt werden, in denen keine Alternativen zur Verfügung stehen, insbesondere in der Industrie und dem Luftverkehr. Im Straßengüterverkehr stehen dagegen mit den direktelektrischen Konzepten (sei es mit stationärer Ladung von Batterien oder dynamischer Versorgung per Oberleitung) Alternativen auch für weite Bereiche des schweren Straßengüterverkehrs zur Verfügung, die technisch machbar sind und deren Klimabilanz auch im nationalen Rahmen schon kurzfristig vorteilhaft ist. Direktelektrische Konzepte sollten daher vorrangig verfolgt und nur dort ergänzt werden, wo ihr Einsatz aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen eingeschränkt ist.

» [Download des Hintergrundpapiers](#)

H. Helms und J. Jöhrens (2021): Erfolgsfaktoren für einen effektiven Klimaschutz im Straßengüterverkehr. Heidelberg, Berlin, Karlsruhe: ifeu, Öko-Institut, Fraunhofer ISI

Kontakt

Hinrich Helms
Themenleiter Elektromobilität
hinrich.helms@ifeu.de

ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung
Heidelberg gGmbH
Wilckensstraße 3
69120 Heidelberg

Gefördert durch:



Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



Erneuerbar mobil

© Fraunhofer ISI
Karlsruhe 2022

¹ 800.000 km Laufleistung über 7 Jahre Betriebsdauer, 11 Tonnen durchschnittliche Zuladung, Deutscher Strommix. Quellen: siehe Hintergrundpapier. Vorläufige Zwischenergebnisse aus dem Projekt „Begleitforschung Oberleitungs-Lkw in Deutschland“ (BOLD).