

CO₂-Reduktion durch alternative Antriebe in der Logistik

*Prof. Dr.-Ing. Lutz Mardorf
Technische Thermodynamik - Hochschule Osnabrück*

Abstract

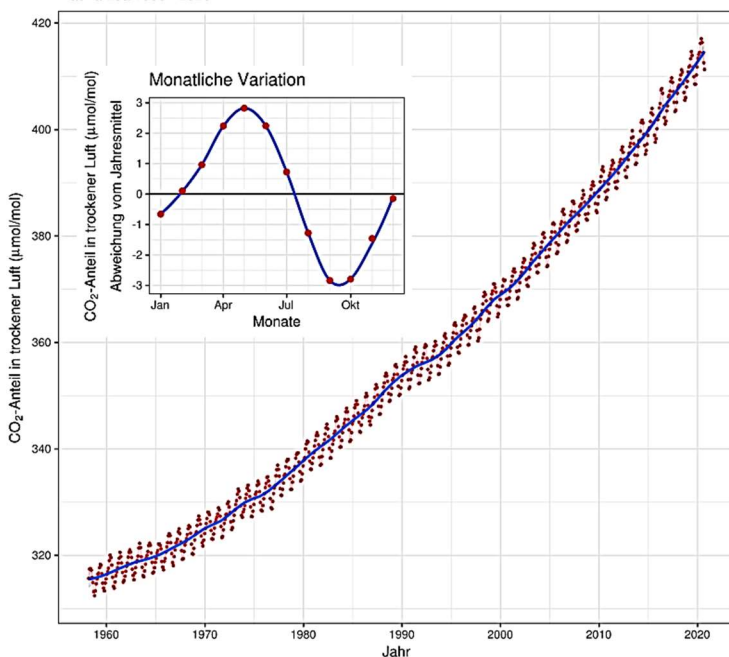
Ausgehend von der steigenden Konzentration des atmosphärischen Kohlendioxids und dem globalen Temperaturanstieg wird auf die CO₂-Steuer hingewiesen, die Teil des Klimaschutzprogramms 2030 der Bundesregierung ist. Darauf aufbauend werden verschiedene technische Lösungen für alternative Antriebe in der Logistik aufgezeigt, um die CO₂-Emission zu verringern bzw. zu vermeiden. Weiterhin wird auch die CO₂-Reduktion durch die aktuell laufende Entwicklung von modernen Diesel-LKWs angeführt.

1. Einleitung

Die gegenwärtige Konzentration von Kohlendioxid in der Atmosphäre liegt jenseits der eiszeitlichen Schwankungen und lässt sich nicht aus einer vorhergegangenen Erwärmung ableiten. Sie ist eine Folge anthropogener Emissionen, die für die aktuelle Erderwärmung verantwortlich sind. Um 1750 lag die CO₂-

Konzentration bei 278 ppm und stieg dann während des industriellen Zeitalters bis heute auf ca. 400 ppm. Da das atmosphärische Kohlendioxid und die globale Temperatur sich wechselseitig beeinflussen, hat das in den letzten Jahren zu einer gesellschaftlichen Diskussion über den Klimaschutz geführt, die den CO₂- Ausstoß senken bzw. in der Zukunft vermeiden soll.

Bild 1: Monatliche durchschnittliche CO₂-Konzentration , Mauna Loa [1]



2. Anforderungen an die Logistik

Seit Januar 2021 gilt eine CO₂-Steuer für Deutschland. Die CO₂-Steuer soll helfen, Treibhausgase zu minimieren und die Klimaziele der Bundesregierung zu erreichen. Als CO₂-Steuer bezeichnet man eine Abgabe, die für die Emission von Kohlenstoffdioxid fällig wird. Der CO₂-Preis ist Teil des so genannten Klimaschutzprogramms 2030 der Bundesregierung. Dieses sieht ab 2021 die Einführung eines nationalen Emissionshandelssystems vor, das den europäischen Emissionshandel ergänzen soll.

Tabelle 1: CO₂-Steuer in ct/Liter Kraftstoff

	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Diesel	6,60	7,90	9,20	11,90	14,50	17,20
Benzin	5,90	7,10	8,30	10,60	13,00	15,30

Die EU hat sich aktuell auf ein CO₂ basiertes Mautsystem verständigt. Nach dem geplanten Wegfall der Zeitvignetten für schwere Nutzfahrzeuge im TEN-T-Kernnetz sollen die Infrastruktur- und Benutzungsgebühren für schwere Nutzfahrzeuge EU-weit auf Grundlage der CO₂-Emissionen erhoben werden. Sie richten sich nach bestehenden CO₂-Standards. Die Regelung gilt zunächst nur für die größten

Lastkraftwagen, kann aber nach und nach auf andere schwere Nutzfahrzeuge ausgeweitet werden. Für Transporter und Kleinbusse ab 3,5 Tonnen gelten ab 2026 abweichende Maut- oder Nutzungsgebühren basierend auf den von ihnen verursachten Umweltbelastungen.

Unternehmen der Transport- und Logistikbranche müssen also möglichst schnell eine ganzheitliche Klimastrategie festlegen. Diese sollte zwei Perspektiven umfassen: Transport- und Logistikunternehmen stehen einerseits vor der Aufgabe, ihre Wirkung auf den Klimawandel darzustellen und zur Reduktion der Treibhausgas-Emissionen beizutragen. Andererseits müssen sie analysieren, welche finanziellen Auswirkungen der Klimawandel möglicherweise auf die Logistikbranche und ihr Unternehmen hat [2]. Die Anforderungen an die Logistik ist u.a. geprägt durch immer größer werdende Warenmengen der Logistikbranche bei Online-Handel und Paketdiensten und durch den Hub-to-Hub-Transport vom Logistikzentrum zu Logistikzentrum. Ab 150 km Umkreis werden Gütertransporte als Fernverkehr eingestuft. Die rasante Entwicklung im Internetbereich hat auch dem Fernverkehr ungeahnte Leistungsschübe durch logistische Systeme beschert. Aktuell werden vor allem zwei Technologien diskutiert: im schweren

Nutzfahrzeugverkehr Batterieelektrische Fahrzeuge für kurze und mittlere Strecken und Brennstoffzellen-Elektrofahrzeuge für Langstrecken sowie nutzlast-sensible Anwendungen. Aber auch E-Fuels werden als eine geeignete und effiziente Lösung angesehen.

3. Ziele für LKWs mit reinem Elektro-Antrieb

Bei der Logistik auf der letzten Meile hat die zukünftige E-Mobilität in der Logistik den Vorrang. Akkus können über Nacht oder in kleinen Ladungsmengen im täglichen Betrieb geladen werden. ChargePoint Stationen bieten einen Fahrersupport rund um die Uhr und Cloud-basierte Software mit speziellen Funktionen für bestimmte Branchen wie für Logistik sowie Service und Fernwartung an. Hier sind vorgesehen:

- Ladeleistung bis zu 500 kW (Gleichstrom-Ultraschnellladung, DC Ultra-Fast)
- Reichweite mit einer Ladung: bis zu 400 km, Reichweite in unter 10 Minuten Ultraschnellladung an großen Straßen und in Innenstädten [3].
- Ladung mit hoher Stromstärke für große Nutzfahrzeuge.

Lkw-Fahrer müssen in der EU nach spätestens 4,5 Stunden Lenkzeit mindestens 45 Minuten Pause einlegen. In dieser Zeit kann dank der modernen Lade-

technik ein großer Teil der Energie für die Weiterfahrt nachgeladen werden.

4. Ziele für LKWs mit sog. E-Fuels bzw. synthetischen Kraftstoffen

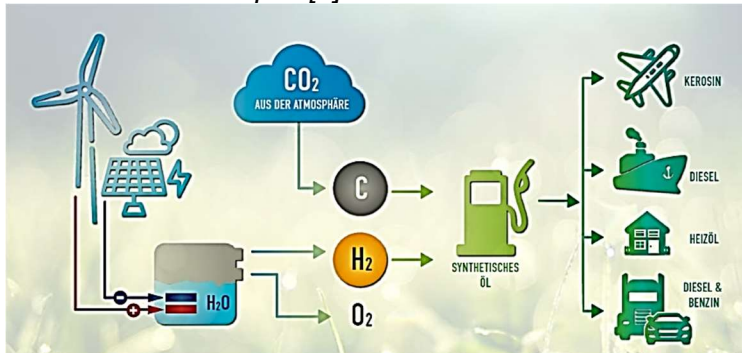
Es ist zu erwarten, dass zukünftige Mobilität eine Vielzahl unterschiedlicher Kraftstoffe benötigt, von denen einige weiterhin auf Kohlenwasserstoffen basieren werden. Allerdings müssen alle diese Kraftstoffe klimaneutral hergestellt und eingesetzt werden.

Für Nutzfahrzeuge wo keine Ladestationen zur Verfügung stehen, bietet sich als nachhaltige Antriebsform der Einsatz von sog. E-Fuels an. Die Herstellung soll in den kommenden zwei Jahren zur Marktreife gebracht werden. Hierzu haben sich sieben Projektpartner zum Projekt "InnoSynfuels" zusammengeschlossen.

Diese synthetischen Kraftstoffe werden dann in den bekannten technisch ausgereiften Verbrennungsmotoren angewendet. Synthetische Kraftstoffe sind bei der Tank-to-Wheel-Betrachtung weniger energieeffizient als die direkte Nutzung von Strom, weil sie einen Teil des Stroms zur Umwandlung benötigen. Aber durch synthetische Kraftstoffe könnten bestehende Infrastrukturen wie Tankstellen, Tanklager und Aufbereitung, aber auch

Produktions-Know-how bei Herstellern und Zulieferern weiter genutzt werden.

Bild 2: Power-to-Liquid [4]



Langfristig sind E-Fuels außerdem auch dort geeignet, wo der Umstieg auf die E-Mobilität zum Beispiel bei Spezialfahrzeugen nicht bewältigt werden kann.

5. Ziele für LKWs mit Wasserstoff-Brennstoffzellen

5.1 Tankinfrastruktur und Wirtschaftlichkeit

Beim Hub-to-Hub-Transport vom Logistikzentrum zu Logistikzentrum z.B. eines Einzelhändlers sind die Strecken i.d.R. bekannt. Da die Distanzen sich kaum verändern kann, eine Tankinfrastruktur für Wasserstoff dadurch wirtschaftlich betrieben werden. Somit ist die Brennstoffzelle für diese Transportart mit Fokussierung auf sog. grünen Wasserstoff eine gute Antriebsform für große Nutzfahrzeuge wie 34 Tonnen-LKW.

Nötig sind nicht nur die Fahrzeugtechnik und die ausreichende Anzahl von Tankstellen mit erneuerbarem Wasserstoff, sondern auch die Berücksichtigung der Skaleneffekte. Letztlich müssten genügend Firmen die H₂-Fahrzeuge einsetzen, damit eine ausreichende Tankinfrastruktur für Wasserstoff aufgebaut wird.

Für die Logistikunternehmen müsste sich das Gesamtkonzept auf acht Jahre und 80 000 Kilometer pro Jahr auch wirtschaftlich rechnen. Eine politische Entscheidung zur Mautbefreiung würde die Wirtschaftlichkeit unterstützen.

5.2 Entwicklung und Hersteller

Der Autozulieferer Bosch in Kooperation arbeitet mit Powercell Sweden AB an der Entwicklung und Produktion für die Brennstoffzellen-Technik, die in wasserstoffbetriebenen Fahrzeugen eingesetzt wird. In der Brennstoffzelle entsteht Gleichstrom aus den Wasserstoff-Elektronen, die von der Anode über den außerhalb der Brennstoffzelle gelegenen Verbraucher zur Kathode fließen. Von einem Inverter wird er in Wechselstrom umgewandelt, der dann den Elektromotor antreibt. Schon ab 2022 sollen die Brennstoffzellen-Stacks im Bosch-Werk in Bamberg vom Band laufen.

Bild 3: Brennstoffzellen-Stack [5]



Mit einem 700-bar-Druckgasspeicher könnte ein Wasserstoff-LKW der 34-Tonnen-Klasse zum Beispiel auf Basis eines MAN TGS mit einem Tankvolumen von 55 kg Wasserstoff ca. 640 km fahren.

Die Daimler Truck AG präferiert dagegen flüssigen Wasserstoff, da der Energieträger in diesem Aggregatzustand im Gegensatz zu gasförmigem Wasserstoff eine deutlich höhere Energiedichte in Bezug auf das Volumen aufweist. Dadurch kommt ein mit Flüssigwasserstoff betankter Brennstoffzellen-Lkw mit wesentlich kleineren und aufgrund des geringeren Drucks auch erheblich leichteren Tanks aus. Dies lässt einen größeren Laderaum und ein höheres Zuladungsgewicht der Lkw zu. Gleichzeitig kann mehr Wasserstoff getankt werden, was die Reichweite deutlich vergrößert [6].

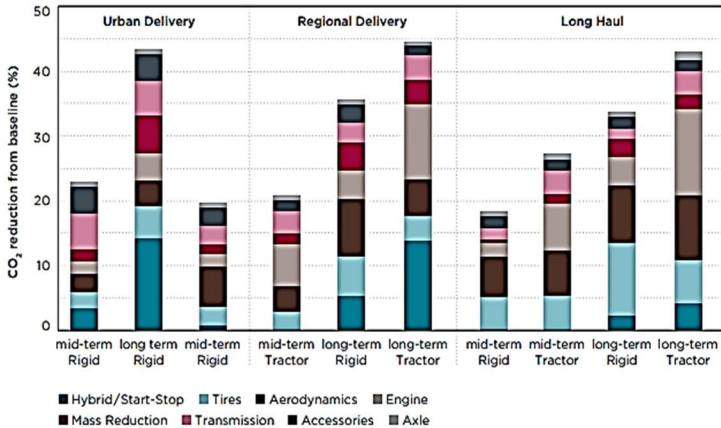
Weil "grüner" Wasserstoff größtenteils importiert werden muss, ist die Verflüssigung auf -253 Grad Celsius für den Transport ohnehin sinnvoll. Der flüssige Wasserstoff ließe sich dann auch relativ einfach in größeren Mengen per Tanklasten an die Zapfstellen transportieren. Bereits 2023 sollen erste Vorserienfahrzeuge in die Kundenerprobung gehen. Ab 2026 soll die Serienproduktion beginnen.

6. Ziele bei der laufenden Entwicklung von modernen Diesel-LKWs

Der International Council on Clean Transportation Europe ICCT kommt 2017 zum Ergebnis, dass der Diesel-Kraftstoffverbrauch mittelfristig im Betrieb auf der Langstrecke um insgesamt 27 Prozent gesenkt werden kann. Dies entspricht einer Reduktion des Kraftstoffverbrauchs von knapp 33 Litern auf 24 Liter pro 100 Kilometer.

Die Analyse konzentriert sich hierfür auf zwei Fahrzeugsegmente des Einsatzspektrums im Güterverkehr: Sattelschlepper-Lkw für den Einsatz auf der Langstrecke sowie kleinere Lkw für den städtischen Verteilerverkehr. Beide Segmente zusammen sind für etwa 85% der CO₂-Emissionen von Lkw und Bussen verantwortlich.

Bild 4: Mittelfristiges (bis 2025) und langfristiges (bis 2030) Potenzial zur Verringerung des Kraftstoffverbrauchs und der CO₂-Emission bei LKW in der EU [7]



7. Fazit

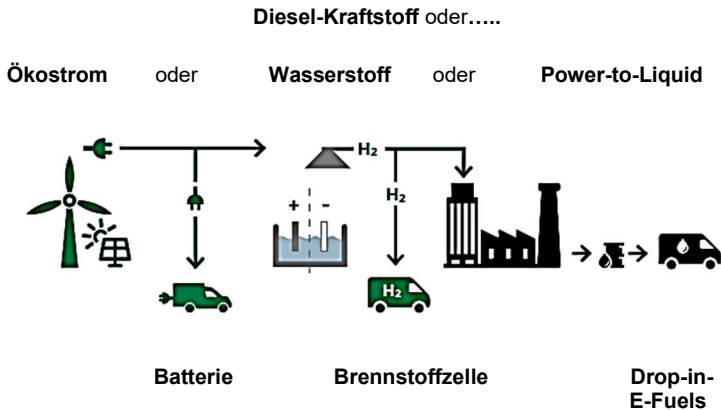


Bild 5: Alternativen für nachhaltigen Antrieb [8]

Die Durchsetzbarkeit scheint eher eine Frage der zeitnahen wirtschaftlichen Rentabilität für die verschiedenen Logistik-Anwendungen als eine Frage der Technologie zu sein.

8. Literaturverzeichnis

[1] P.Trans, R.Keeling, Institution of Ocean-ography, 2020, San Diego

[2] N.N PricewaterhouseCoopers GmbH, Transport und Logistik für den Klimawandel fit machen, Oktober 2020

[3] N.N. ChargePoint Germany GmbH, 2021, München

[4] N.N. Forschung für CO₂-neutrale Kraftstoffe Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS, 2021, Halle (Saale)

[5] A.Moritz Robert Bosch GmbH, Gerlingen, Per Wassén, PowerCell Sweden, 2021

[6] N.N. Daimler AG, 2021, Stuttgart

[7] N.N. Technologie zur Reduktion des Kraftstoffverbrauchs von LKW, ICCT - International Council on Clean Transportation Europe gemeinnützige GmbH, 2017, Berlin

[8] N.N.: Nachhaltige Kraftstoffe für die Logistik, Deutsche Post DHL Group, 2019, Bonn