

---

# VOLLELEKTRISCH ODER WASSERSTOFF: Fünf Mythen in der Transportlogistik

---

Alternativ ist nicht gleich effizient. Wir klären auf.



© Designwerk Technologies AG

---

## Die fünf Mythen

1. Brennstoffzellen-LKW (FCEV) sind umweltfreundlicher als E-LKW.
2. Vollelektrische-LKW (BEV) sind nicht für den Fernverkehr geeignet.
3. Ladezeiten sind bei Brennstoffzellen-Fahrzeugen deutlich kürzer.
4. Wasserstoff betriebene Fahrzeuge sind der bessere Diesel-Ersatz.
5. Schwere Batteriesysteme der BEV erlauben nur eine geringe Zuladung.

Trotz zahlreicher wissenschaftlicher Studien halten sich diese fünf Mythen eisern.

# Warum wir jetzt handeln müssen

## Umwelt und gesetzliche Rahmen zwingen zum Wandel

Der Gütertransport auf der Strasse verbraucht jährlich zwischen 260 bis 280 Millionen Tonnen an Öl-Äquivalenten. Heavy-Duty Fahrzeuge wie Trucks und Busse sind für 25 Prozent der CO<sub>2</sub>-Emissionen des gesamten Strassenverkehrssektors in Europa verantwortlich<sup>1</sup>. In den vergangenen Jahrzehnten konnte durch die Entwicklung von effizienten, öl-basierten Kraftstoffen und Antrieben, der Durchschnittsverbrauch gesenkt werden. Durch den starken Anstieg des Güterverkehrsaufkommens wurden die positiven Effekte überkompensiert.<sup>2</sup> Es wird erwartet, dass der europäische Strassengüterverkehr bis 2030 um 40 Prozent und bis 2050 um 80 Prozent wächst.<sup>3</sup>

## Der grüne Vertrag

Um die Einhaltung der internationalen Klimaziele zu gewährleisten, hat die Europäische Union umfangreiche Massnahmen beschlossen. Ein besonderer Fokus liegt auf dem Transportsektor.

Die EU verpflichtet ihre Mitgliedstaaten bis 2050 klimaneutral zu werden (siehe Infobox). Die Dekarbonisierung steht dabei im Vordergrund und wird für alle Transportunternehmen relevant. Um die Transformation des Transportsektors zu beschleunigen, arbeitet die

### Infobox – Green Deal

#### 2019

EU-Parlament ruft Klima-Notstand aus

#### 2021

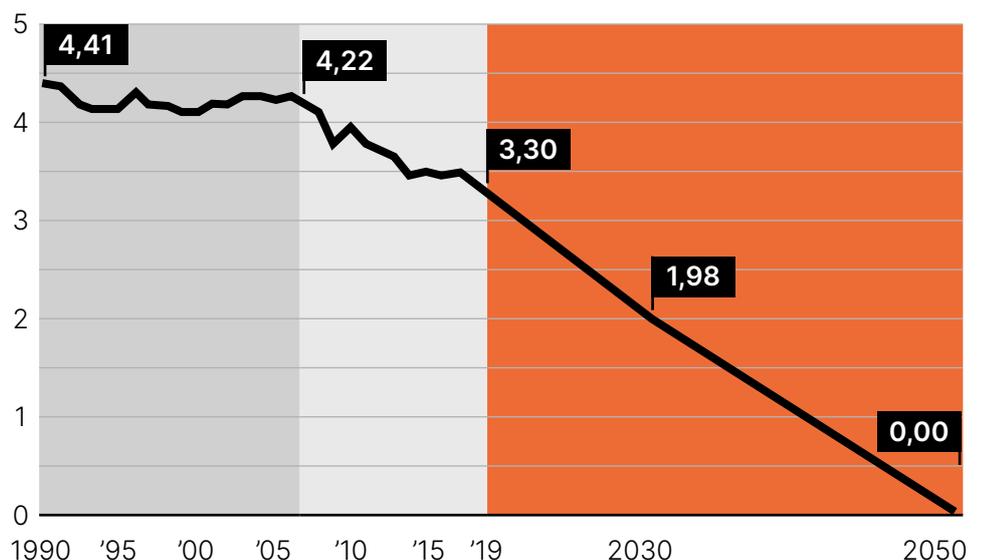
EU-Parlament verabschiedet EU-Klimagesetz mit drei Kernpunkten:

- Bis 2030 Emissionsreduktion um 55 Prozent gegenüber 1990
- Bis 2030 drei Milliarden zusätzliche Bäume
- Bis 2050 Reduktion der Treibhausgase um 90 Prozent im Transportsektor

EU mit steigenden Mautgebühren und CO<sub>2</sub>-Abgaben für fossile Kraftstoffe, sowie Förderprogrammen für alternative, nachhaltige Antriebsarten. Daraus ergibt sich ein wachsender finanzieller und politischer Druck auf Logistikunternehmen. Um wettbewerbsfähig zu bleiben orientiert sich ein Grossteil der Unternehmen um und sucht nach bezahlbaren Zero-Emission Technologien für ihren Fuhrpark.

## Klimaziel der EU

- Stagnierend
- Sinkend
- Ziel



CO<sub>2</sub>-Emissionen der EU27 und GB seit 1990 (in Mrd. Tonnen) und Reduktionsziele (Stand 2021)<sup>4</sup>

# Welche Alternativen gibt es zu den konventionellen Antriebskonzepten?

## Im Fokus: Elektro und Wasserstoff

Die gute Nachricht: Es gibt eine Vielzahl an Alternativen zu klassischen Benzin- und Dieselmotoren (siehe Infobox). Jedoch eignen sich nicht alle Lösungen für den fordernden Einsatz in mittleren und schweren Lastkraftwagen oder werden den hohen Ansprüchen des Green Deal nicht gerecht.

Im Fokus der LKW-Hersteller liegen zwei Konzepte mobiler Energieträger, die auf dem Fahrzeug grosse Mengen Antriebsenergie mitführen können, um elektrische Motoren und damit das Fahrzeug anzutreiben: Brennstoffzellen-elektrische (FCEV) und batteriebetriebene, vollelektrische (BEV) Antriebe.

## Alternative Antriebskonzepte und ihre Abkürzungen

<b>BEV</b>	Batterie-Elektrofahrzeuge – vollelektrischer Antrieb
<b>PHEV</b>	Plug-in-Hybrid-Elektrofahrzeuge – eine Kombination aus konventionellem und E-Antrieb
<b>FCEV</b>	Brennstoffzellen-Elektrofahrzeuge – mit Wasserstoff betrieben
<b>PtL</b>	Synthetischer Kraftstoff
<b>ICE</b>	Fahrzeug mit Verbrennungsmotor



Ein vollelektrischer E-LKW im Einsatz  
© Designwerk Technologies AG

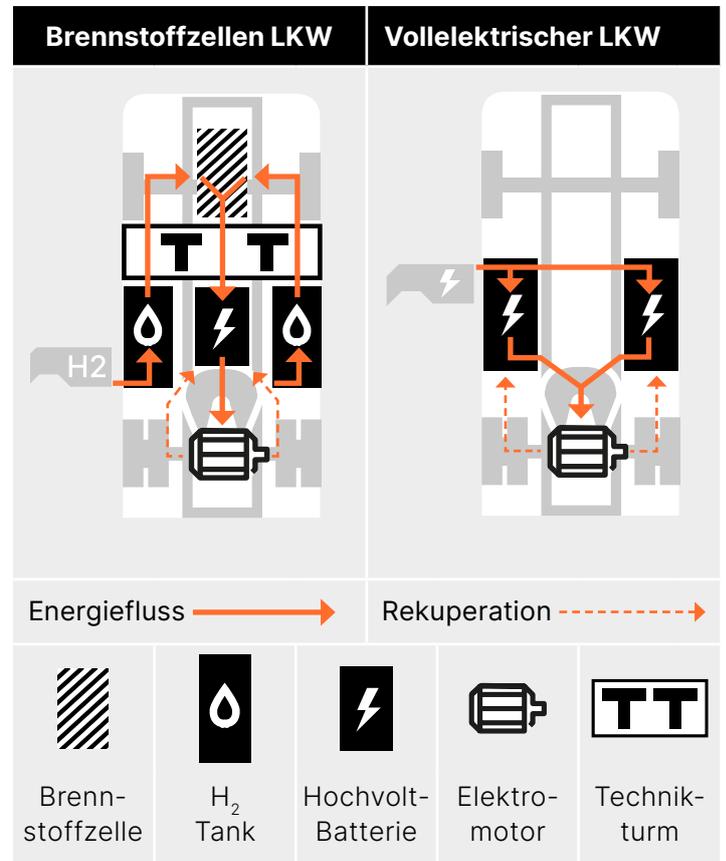
# Wie funktionieren batterieelektrische und Brennstoffzellen-Lastkraftwagen?

## Die Gemeinsamkeiten

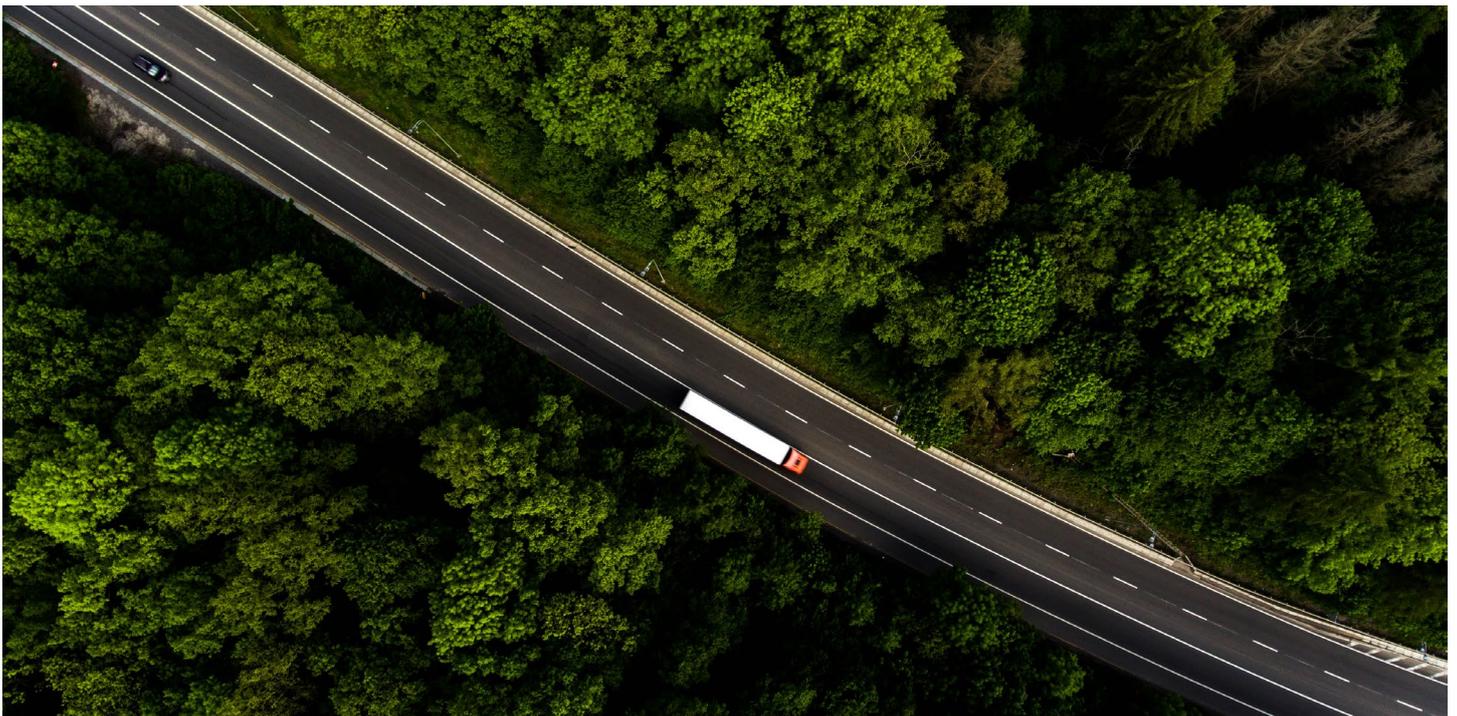
In einem herkömmlichen Heavy-Duty-Fahrzyklus speichern beide Konzepte Strom in Batteriesystemen, bevor dieser über die E-Motoren auf die Räder übertragen wird. Diese E-Motoren setzen die eingespeiste Energie drei Mal effizienter als herkömmliche Dieselmotoren in Bewegungsenergie um.

## Die Unterschiede

Bei BEVs wird Strom von einer externen Ladestation über einen Ladeport am Fahrzeug in eine Traktionsbatterie mit hoher Kapazität eingespeist. Diese stellt die Energien während der Fahrt den Motoren zur Verfügung. Bei FCEVs wird zunächst extern – meist durch Elektrolyse – Wasserstoff gewonnen und stark komprimiert oder verflüssigt, bevor er an Wasserstofftankstellen bereitgestellt wird. Dort wird er getankt und in Wasserstofftanks im Fahrzeug gespeichert. Der Wasserstoff reagiert während der Fahrt mit Sauerstoff in der Brennstoffzelle und wird zu Strom und Wasser. Um die Effizienz zu steigern wird die Brennstoffzelle möglichst dauerhaft mit derselben Leistung betrieben. Kurzfristige Leistungsspitzen (z.B. durch Beschleunigung) müssen über die Batterie abgedeckt werden. Aus diesem Grund wird die Batterie mithilfe der Brennstoffzelle geladen und treibt die Motoren an.



Schematische Funktionsweise der Antriebskonzepte BEV und FCEV



© shutterstock.com/de/g/Drummer\_vn/about

# Neun Unterschiede zwischen wasserstoff- und vollelektrisch-betriebenen Lastwagen

## Welche Vor- und Nachteile müssen vor einer Investitionsentscheidung bedacht werden?

BEV und FCEV weisen mehrere technische Gemeinsamkeiten auf und unterscheiden sich bei den Leistungskriterien.

In der Übersicht zeigen wir die wichtigsten Vor- und Nachteile.

	BEV	FCEV
<b>1. Technische Verbesserungsrate</b>	Immense Entwicklungsbudgets durch den starken Fokus von PKW-Herstellern: Schnelle Fortschritte mit höherer Energiedichte auf kleinerem Bauraum	Komplexität und vergleichsweise geringere Ressourcen führen zu langsamer Entwicklungsgeschwindigkeit
<b>2. Maximale Reichweite</b> bei Realeinsatz in 2030 <sup>5</sup>	<800 km	<1200 km bei LH <sub>2</sub> <800 km bei CH <sub>2</sub> mit 700 bar <500 km bei CH <sub>2</sub> mit 350 bar
<b>3. Nachhaltigkeit</b>	HV-Batterien können nach ihrem Fahrzeugeinsatz etwa weitere zehn Jahre als stationäre Energiespeicher betrieben und anschliessend fast vollständig recycelt werden	- Ausschliesslich mit grünem Strom nachhaltig. - Mit grauem Strom weniger nachhaltig als das Dieselfahrzeug - Hoher Platin-Bedarf
<b>4. Energie Gesamtwirkungsgrad</b> Well-to Wheel <sup>6</sup>	76,9 Prozent	17,8 Prozent
<b>5. Ladeinfrastruktur</b>	Flächendeckender Aufbau in konkreter Planung von Politik und Wirtschaft	Regionale Einzelprojekte
<b>6. Nachladedauer</b> (SoC 10-80 %) in 2024	Ca. 32 Minuten	<30 Minuten
<b>7. Produktionsskala</b>	Grossserienproduktion ist bei LKWs angelaufen	Im Prototypen-Stadium
<b>8. CO<sub>2</sub>-Emission</b> Well-to-Wheel in DE in 2030 <sup>7</sup>	400 g CO <sub>2</sub> / km	768 g CO <sub>2</sub> / km
<b>9. TCO (in DE)<sup>8</sup></b>	Ab 2025 auf Diesellevel Ab 2030 30 % günstiger als Diesel	Ab 2030 möglicherweise auf Diesellevel



Betankung eines Brennstoffzellen LKW  
© SAG Salzburger Aluminium Group

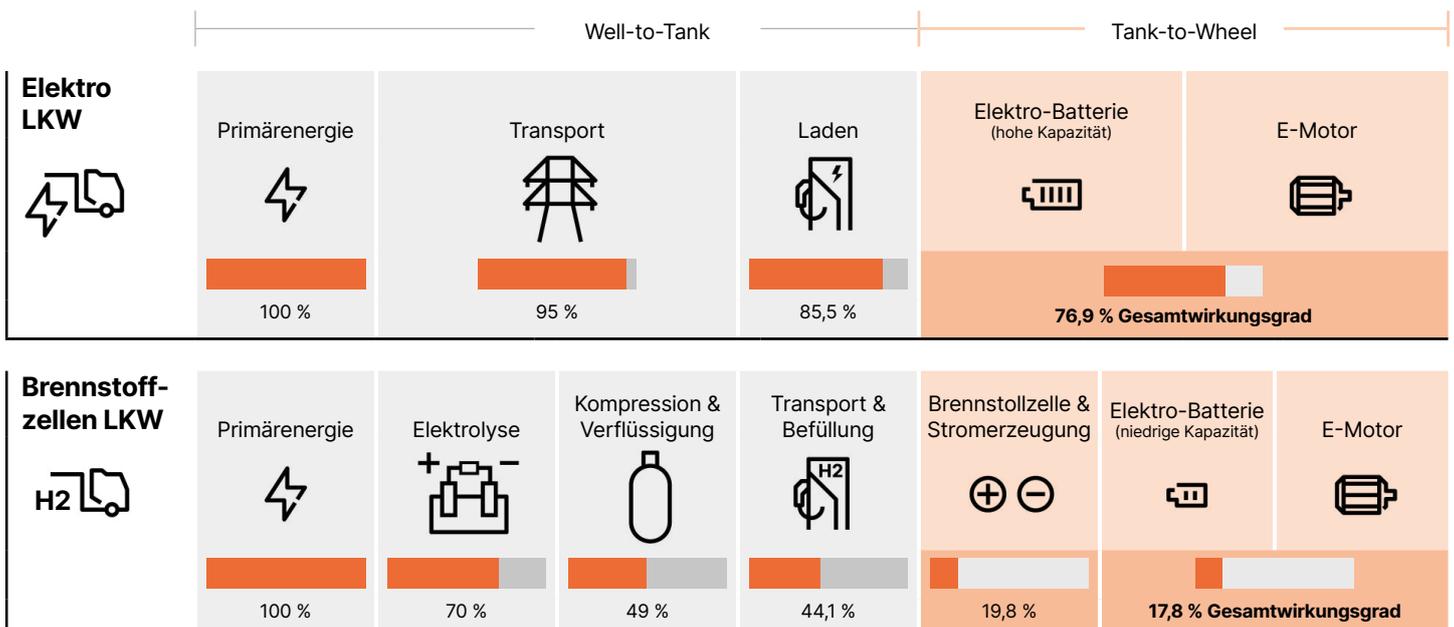
## Grosse Unterschiede im Wirkungsgrad

Auf dem Weg von der Primärenergie bis zur Umsetzung in kinetische Energie geht bei allen Treibstoffen und Antriebsarten Energie verloren. Dies durch Umwandlung, Speicherung, Transport oder Laden. In diesem Abschnitt (Well-to-Tank) zeigen BEV und FCEV im Vergleich grosse Unterschiede.

### Gesamtwirkungsgrad Well-To-Wheel

Durch Umwandlung von Strom in Wasserstoff, danach zurück in Strom, durch Kompression, Transport und Befüllung weist das FCEV einen Gesamtwirkungsgrad von 17,8 Prozent auf - ein Energieverlust von 82,2 Prozent.

Durch Transport, Speicherung und Laden weist das BEV einen Gesamtwirkungsgrad von 76,9 Prozent auf - ein Energieverlust von 23,1 Prozent.



Energetischer Wirkungsgrad von Wasserstoff und E-Antrieb im Vergleich, bei Nutzung von Ökostrom.<sup>6</sup>

## Kurz erklärt

### LH2: Liquid H2

Verflüssigter Wasserstoff, der unter Umgebungsdruck bei tiefen Temperaturen  $-252,8\text{ °C}$  gespeichert wird. Gut geeignet für grosse Mengen. Bsp: Wasserstoff-tankstellen.

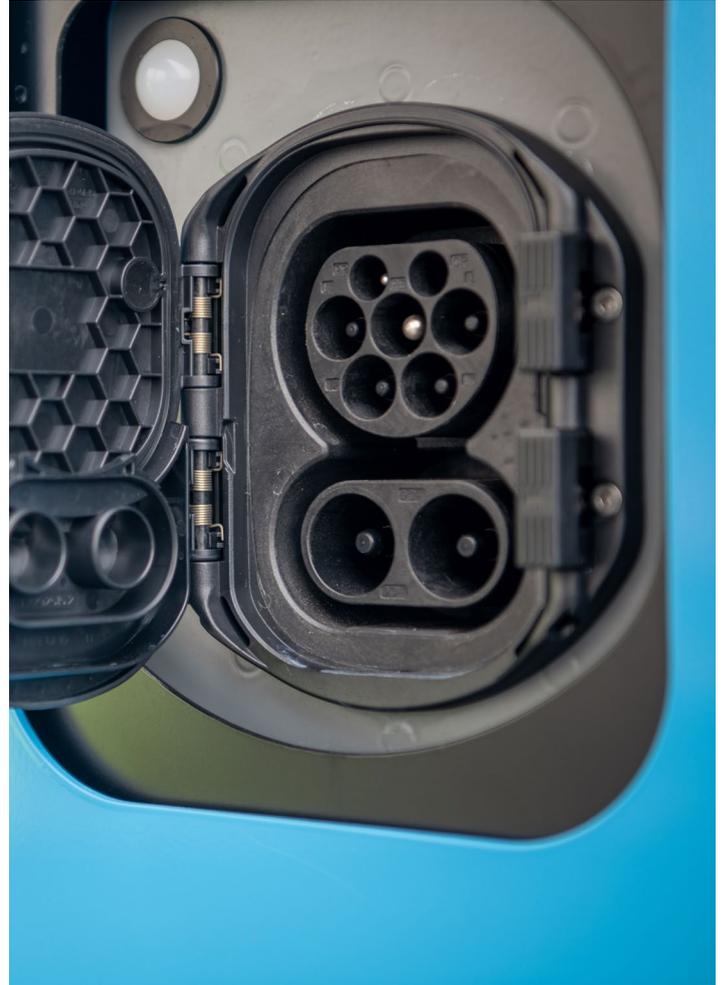
### CH2: Compressed H2

Wasserstoff, der unter hohem Druck – gängig sind 350 und 700 bar – gespeichert wird. Bsp: Fahrzeug-tanks

### Energiewirkungskette

Die folgenden Ausdrücke bezeichnen die unterschiedlichen Betrachtungsphasen der Energie-Wirkungskette von Fahrzeugen: Von der Gewinnung über den Transport und die Bereitstellung bis zur Umwandlung in Bewegungsenergie am Reifen.

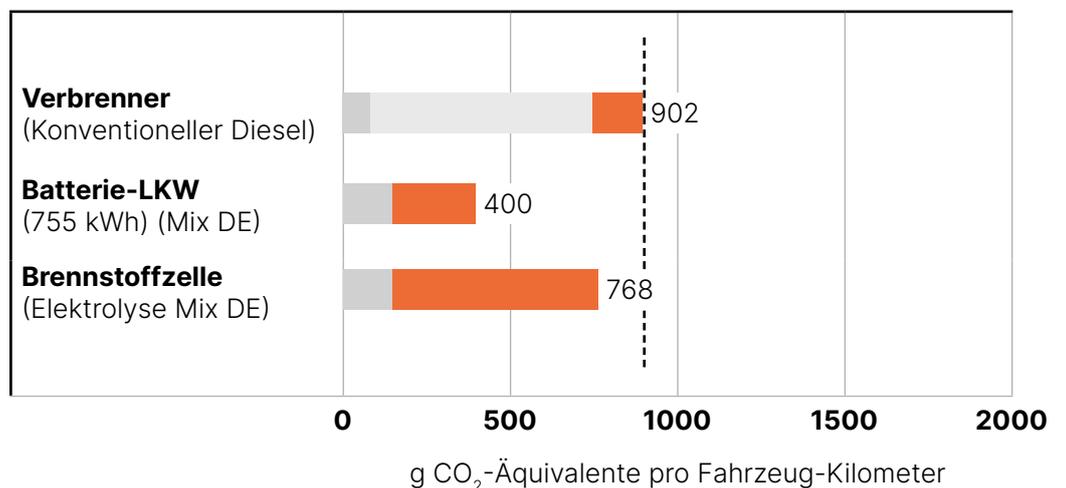
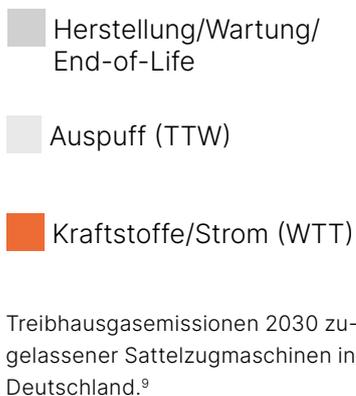
- Well-to-Tank (WTT): Gewinnung des Treibstoffs, Transport, Lagerung, bis zur Bereitstellung am Fahrzeug
- Tank-to-Wheel (TTW): Vom Energiespeicher des Fahrzeugs bis zum angetriebenen Rad
- Well-to-Wheel (WTW): Von der Primärenergiequelle bis zum angetriebenen Rad



BEV CSS Typ2 Ladeport  
© Gemeindeverband REAL

## CO<sub>2</sub>-Emissionen im Vergleich

**92 Prozent mehr CO<sub>2</sub>-Emissionen bei FCEV-Sattelzumaschinen als bei BEV-Sattelzugmaschinen über Fahrzeug-Lebensdauer für 2030 prognostiziert.**



# Mythos und Realität auf der Strasse

## Mythos 1: Brennstoffzellen-LKW sind umweltfreundlicher als E-LKW.

Klartext:  
**Deutlich höhere  
Energieeffizienz bei BEV**

Fakt – Bei FCEV kommt weniger als ein Fünftel der Primärenergie am Antrieb an: Gesamtwirkungsgrad 17,8 Prozent WTW

Fakt – Das BEV punktet mit einem mehr als vierfach-besseren Gesamtwirkungsgrad von 76,9 Prozent WTW.

Klartext:  
**FCEV CO<sub>2</sub>-Emissionen  
fast auf Diesel-Niveau**

Fakt – Bei der cradle-to-grave Betrachtung auf Basis des aktuellen DE-Strommixes schneidet das vollelektrische Fahrzeug mit 400 Gramm CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro Fahrzeug-Kilometer ab. Das FCEV erzeugt 768 Gramm CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro Fahrzeug, also 92 Prozent mehr.

Fakt – Ein ausschliesslich mit grünem Wasserstoff betriebenes FCEV verursacht über seine Lebenszeit ähnlich wenige Emissionen wie ein BEV. Aktuell werden weniger als 0,03% des Wasserstoffs in der EU mit erneuerbaren Energien erzeugt.

Fakt – Branchen wie die Stahlindustrie oder Aviatik sind mangels Alternativen auf grünen Wasserstoff als Energiequelle angewiesen. Die dadurch resultierende geringe Verfügbarkeit hemmt die Entwicklung der FCEVs. BEVs hingegen funktionieren mit dem aktuellen Strommix und werden durch den Ausbau von Solar und Windkraft noch sauberer.

## Mythos 2: Vollelektrische-LKW (BEV) sind nicht für den Fernverkehr geeignet.

Klartext:  
**In der Praxis bewährt  
sich der E-LKW in Europa  
auf grossen Distanzen**

Fakt – Designwerk E-LKW fahren heute schon über 500 Kilometer vollbeladen ohne Zwischenladung. Einige Kundenfahrzeuge sind mehr als 800 Kilometer im Tageseinsatz unterwegs.

Fakt – Wasserstoff-Fahrzeuge sind bislang im Pilotbetrieb auf der Strasse unterwegs.

Fakt – Batteriesysteme mit hohen Kapazitäten von 1000 kWh bei BEVs führen zu grösseren Reichweiten ohne Zwischenladung.

## Mythos 3: Brennstoffzellen-Fahrzeugen laden schneller

Klartext:  
**Batterie- und Ladetechnik  
holen auf**

Fakt – Aktuell maximale Ladeleistungen bis 350 kW bei BEVs. Ab 2024 lässt Megawatt-Charging mit Leistungen bis ca. 1400 kW Nachladezeiten (SoC 10-80%) auf deutlich unter 30 Minuten sinken. Die Standzeiten bei BEV und FCEV gleichen sich an. Hinzu kommt: Während MW-Charger ohne Pause mehrere Fahrzeuge bedienen können, benötigen H<sub>2</sub>-Tankstellen etwa eine halbe Stunde Regenerationszeit zwischen zwei Betankungen.

## Mythos 4: Wasserstoff betriebene Fahrzeuge sind der bessere Diesel-Ersatz

### Klartext: Höhere Markt- und Technologie Verfügbarkeit des BEV

Fakt – Die flächendeckende Ladeinfrastruktur für E-LKW nimmt konkrete Formen an. In den meisten europäischen Ländern sind die ersten E-LKW Ladekorridore im Einsatz. Teils öffentlich, teils privat wird die Ladeinfrastruktur für LKW und Busse vorangetrieben. Zum Beispiel «Milence» – eine Initiative von Daimler, Volvo und Traton zum Aufbau einer transeuropäischen Megawatt-Ladeinfrastruktur.

Fakt – Die LKW OEMs erweitern aktuell ihre E-LKW Portfolios um die ersten elektrischen Spezialfahrzeuge und damit das Anwendungsspektrum.

Fakt – Ein grosser Teil der Spediteure hat sich entschieden. Beispiel Schweiz: Im Jahr 2022 wurden 30-mal mehr Elektro-LKW zugelassen als Wasserstofffahrzeuge.

Fakt – Benötigte Investitionskosten für Ladeinfrastruktur in der EU  
– 15 Mrd. Euro für eine komplett elektrifizierte BEV-Flotte mit Megawatt- und Overnight Charging Infrastruktur  
– 21 Mrd. Euro für eine komplett elektrifizierte FCEV-Flotte.

Bezieht man die notwendigen Energiespeicher, Produktionsstätten und Distributionsinfrastruktur ein, benötigt die Infrastruktur für FCEV etwa 81 Mrd. Euro mehr Investment als das gleiche Szenario für BEVs.

### Klartext: Geringere Kosten

Fakt - Die Gesamtkosten fallen beim BEV niedriger als beim FCEV aus. Selbst mit Wasserstoffpreisen von etwa 3,1 €/kg bleibt der FCEV im Jahr 2030 teurer als der BEV im ungünstigsten Szenario (Long Haul Trucking). In jedem Szenario ist der BEV günstiger als ein vergleichbarer Verbrenner und sein FCEV-Äquivalent. Es wird davon ausgegangen, dass in Grossserie die Total-cost-of-ownership beim BEV um 50 Prozent günstiger gegenüber dem FCEV ausfällt.<sup>8</sup>

## Mythos 5: Die Nutzlast bei BEV ist aufgrund der schweren Batterien stark begrenzt.

### Klartext: Ähnliche Nutzlast bei 4x2 BEV-Sattelzugmaschinen wie ICE und FCEV

Fakt – In Europa und der Schweiz dürfen E-Fahrzeuge zwei Tonnen zusätzlich auf-lasten. Je nach Batterie-Setup wird das Batteriegewicht komplett oder zu einem grossen Teil kompensiert.

Fakt – Bis zu einer Batteriekapazität von 500 kWh beträgt der Netto-Nutzlastverlust beim BEV ca. 200 kg.

Fakt – Technikurm hinter der Kabine für Wasserstoffspeicher oder Peripheriekompo-nenten bei FCEV verschiebt die Sattelkupplung bei 4x2 Fahrzeugen nach hinten. Die Hinterachse wird überproportional belastet. Bei Einhaltung der gesetzlichen Achslasten ergeben sich bei BEVs mit Reichweiten bis ca. 700 km – trotz eines höheren Fahrzeuggewichts – keine Nutzlastverluste gegenüber FCEVs.<sup>10</sup>

---

## In a Nutshell

Die niedrigeren Gesamtkosten und der hohe Wirkungsgrad, im Vergleich zum FCEV, sprechen für den batterieelektrischen Lastkraftwagen.

Viele Transportunternehmen und mehrere LKW-Hersteller haben ihre Entscheidung getroffen. Der fortgeschrittene Entwicklungsgrad der batterieelektrischen Mobilität und die geringe Verfügbarkeit von Wasserstoff führen zur klaren Marktdominanz von BEVs. Die – im Vergleich zum FCEV – hohe Zulassungsquote von schweren E-Nutzfahrzeugen macht diesen Trend sichtbar.

Etliche hochkarätige Studien (ICCT, Transport & Environment, IFEU, PwC) kommen zu ähnlichen Ergebnissen: Der LKW-Massenmarkt wird sehr wahrscheinlich, aufgrund der besseren Effizienz, der günstigeren Infrastruktur und der niedrigeren Total-cost-of-ownership, durch BEVs bedient werden. Es ist wichtig zu erwähnen, dass auch in Zukunft nicht alle Anwendungen batterieelektrisch abgedeckt werden können. Beispielsweise bei Reisebussen ist davon auszugehen, dass FCEVs auch weiterhin die sinnvollere Lösung sein werden. Jedoch werden FCEVs mit hoher Wahrscheinlichkeit ein Nischendasein fristen und nicht - wie noch Ende der letzten Dekade prophezeit - die meisten LKW der Zukunft antreiben.



Vollelektrischer E-LKW mit 900 kWh Batteriekapazität  
© Designwerk Technologies AG

## Quellen

- 1 Questions and Answers: Revision of the CO2 emission standards for Heavy-Duty Vehicles, 2023, Strassburg, [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda\\_23\\_763](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_23_763), abgerufen am 20.02.2023
- 2 «Die absoluten CO2-Emissionen im Betrieb des Straßengüterverkehrs erhöhten sich zwischen 1995 und 2020 trotz technischer Verbesserungen von 39,3 auf 45,9 Millionen Tonnen, also um 17 %.» <https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/emissionen-des-verkehrs#pkw-fahren-heute-klima-und-umweltvertraglicher> abgerufen am 31.01.2023
- 3 European Commission [https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/logistics-and-multimodal-transport/multimodal-and-combined-transport\\_en](https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/logistics-and-multimodal-transport/multimodal-and-combined-transport_en) abgerufen am 27.01.2023
- 4 Edgar, Statista Berechnung, <https://de.statista.com/infografik/25351/co2-emissionen-der-eu-seit-1990-und-reduktionsziele>, abgerufen am 08.02.2023
- 5 Comparison of hydrogen and battery electric trucks, Fedor unterlohner, 2020; [https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/07/2020\\_06\\_TE\\_comparison\\_hydrogen\\_battery\\_electric\\_trucks\\_methodology.pdf](https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/07/2020_06_TE_comparison_hydrogen_battery_electric_trucks_methodology.pdf) abgerufen am 30.01.2023
- 6 Warum die Zukunft dem E-Lkw gehört, Matthias Gründler und Andreas Kammel, <https://traton.com/de/newsroom/aktuelle-themen/zukunft-transportsektor-e-lkw.html>, abgerufen am 08.02.2023
- 7 1. Helms, H.; Biemann, K.; Allekotte, M.; Jöhrens, Julius, J.; Münter, D.; Liebich, A.; Fehrenbach, H.; Lambrecht, U. (2021): Defossilisation in Road Goods Transport: Life-Cycle Climate Impacts of Alternative Truck Technologies and Fuels. Wien.  
2. Felderhoff et al., Physical Chemistry Chemical Physics, vol. 9, issue 21, p. 2643, 2007, 3. Wasserstoff und E-antrieb, Die Wirkungsgrade im Vergleich bei Nutzung von Öko-Strom, [https://www.store-charge.com/media/image/f7/7f/5b/Website\\_Wasserstoff\\_vs\\_Batterie\\_Vergleich\\_DE\\_1163.png](https://www.store-charge.com/media/image/f7/7f/5b/Website_Wasserstoff_vs_Batterie_Vergleich_DE_1163.png), abgerufen am 08.02.2023
- 8 The Dawn of Electrified Trucking, Truck Study 2022: Routes to decarbonizing commercial vehicles, Oktober 2022, strateg&, <https://www.strategyand.pwc.com/de/en/industries/transport/the-dawn-of-electrified-trucking/strategyand-the-dawn-of-electrified-trucking.pdf> abgerufen am 01.02.2023
- 9 Treibhausgasemissionen 2030 zugelassener Sattelzugmaschinen (40 t zGG) mit verschiedenen Antriebskonzepten für typische Nutzungsparameter in Deutschland<sup>6</sup> (800.000 km Laufleistung über 7 Jahre Betriebsdauer, 11 t durchschnittliche Zuladung, Deutscher Strommix). Eigene Darstellung basierend auf (Helms et al. 2021) mit Aktualisierung der Strombereitstellung nach (Prognos AG et al. 2021) und (Hill et al. 2020). TTW = Tank-to-Wheel, WTT = Well-to-Tank.
- 10 ICCT working paper, Fuel cell electric tractor-trailers: Technology overview and fuel economy, Hussein Basma & Felipe Rodríguez, 2022-23, <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/07/fuel-celltractor-trailer-tech-fuel-1-jul22.pdf>, abgerufen am 28.02.2023



Vollelektrische E-LKW für die Recyclingbranche  
© Schneider Umweltservice AG

## Kontaktieren Sie uns

Markus Erdmann  
Leiter Produktmanagement E-LKW  
044 956 55 71  
markus.erdmann@designwerk.com

Christian Mascarenhas  
Leiter Marketing und Kommunikation  
044 956 21 00  
christian.mascarenhas@designwerk.com

©Designwerk Technologies AG, 2023