



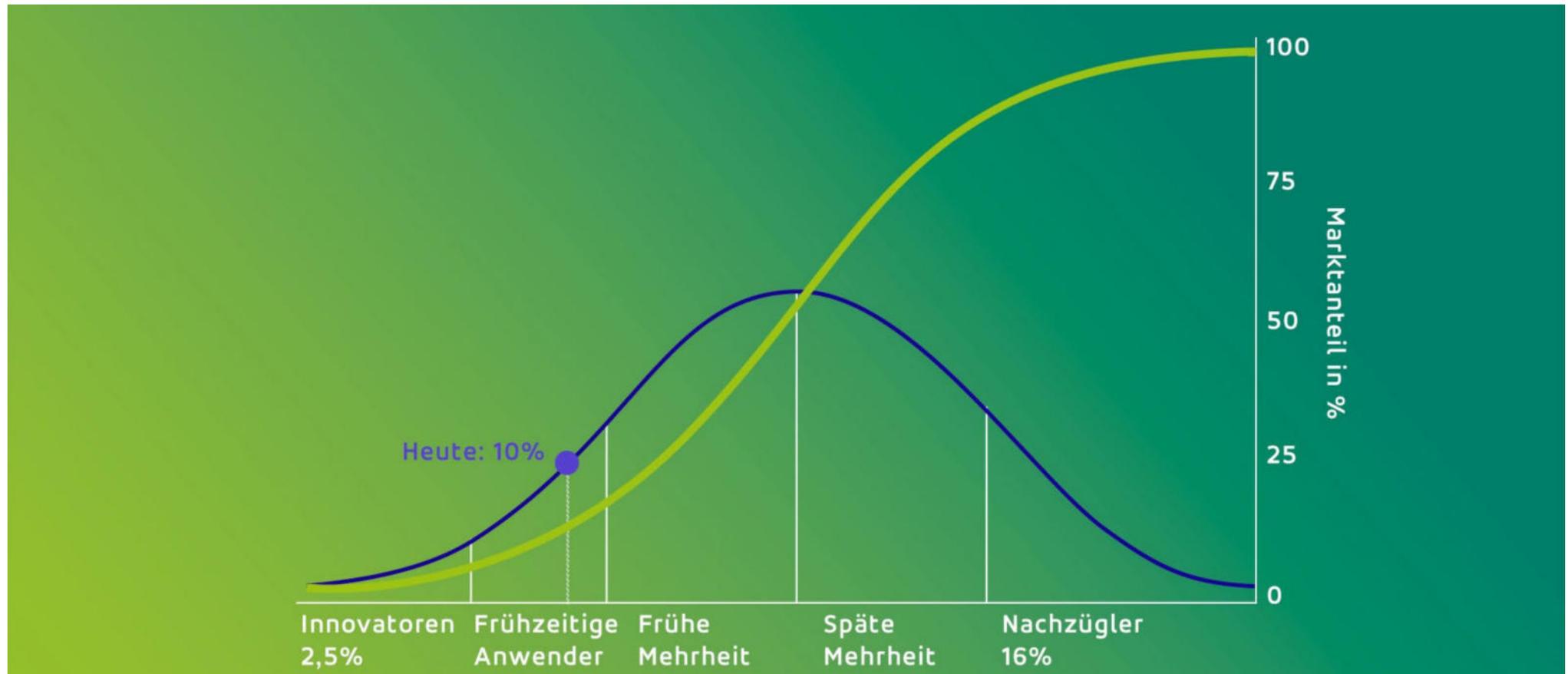
Technische Hochschule
Ingolstadt

Innovative Potenziale der Elektromobilität

*Prof. Dr.-Ing. Alexander Gelner
Technische Hochschule Ingolstadt*

27.10.2024

Die Phase der Early Adopters



Agenda



Vorstellung

Technische Grundlagen

Vor- und Nachteile batterieelektrischer Fahrzeuge

Innovative Potenziale, die dringend notwendig sind

Innovative Potenziale, die wir gerne mitnehmen

Entwicklungspotenziale: Vorstellung zweier Studien





Vorstellung

Prof. Dr.-Ing. Alexander Gelner, MBA

- Seit 2024: Technical Lead bei AVL Deutschland GmbH
- Seit 2023: Nachwuchsprofessor
Innovative Antriebssysteme und Nutzfahrzeugtechnik
- Seit 2023: Geschäftsführender Gesellschafter Protorbis GmbH
- 2022 – 2023: MBA am Collège des Ingénieurs
Praxisprojekt bei der Air Liquide in Frankfurt am Main
- 2018 – 2022: Promotion an der Technischen Universität München
in Zusammenarbeit mit MAN Truck & Bus und Yale
- 2013 – 2018: Studium des Maschinenwesens an der TUM
- 2013: Abitur am Gymnasium Beilngries



Vergleich der Antriebsarten

Li-Ionen-Batterien

Vergleich mit flüssigen Kraftstoffen



Bild erzeugt von DALL-E

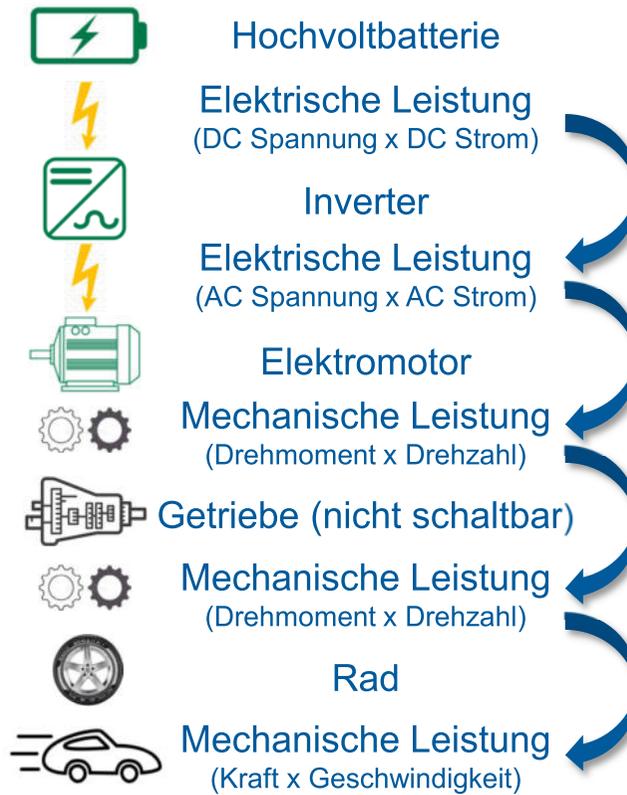
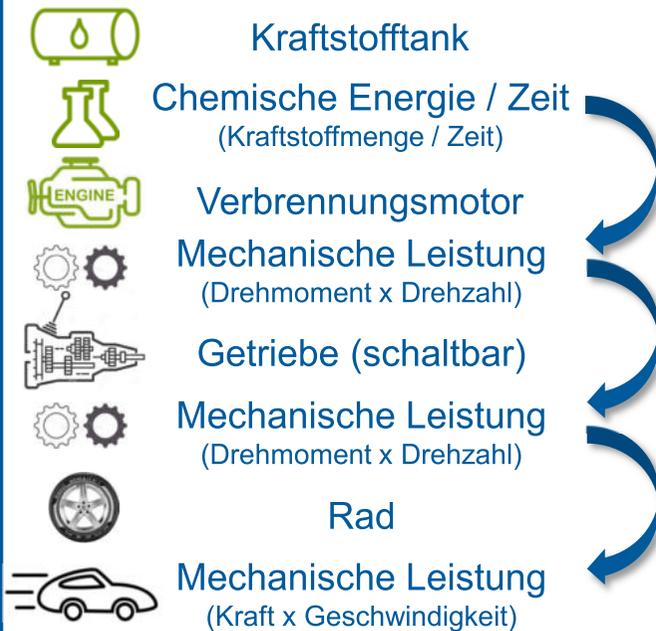
Vergleich der Antriebsarten

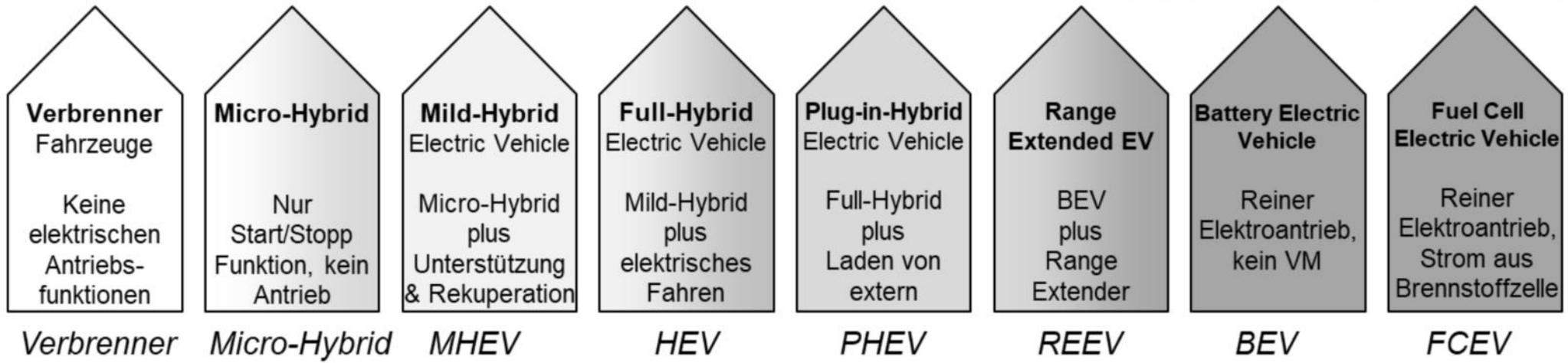
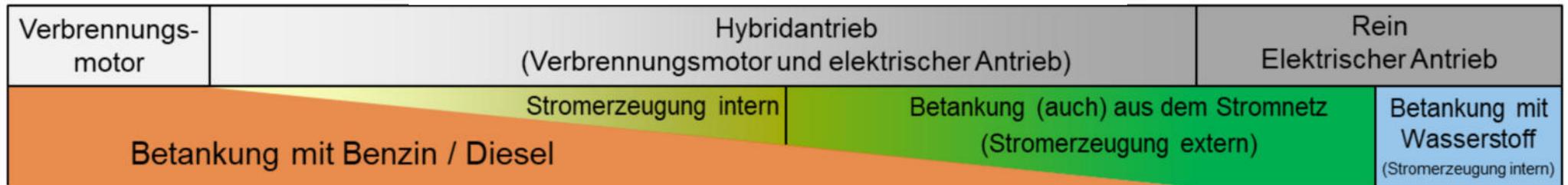


Brennstoffzellen-Antrieb

Batterieelektrischer Antrieb

Verbrenner-Antrieb





} *xEVs (alle Arten von Electric Vehicles)*

Funktionsweise Li-Ionen-Batterie



Markteinführung 1990 durch Sony

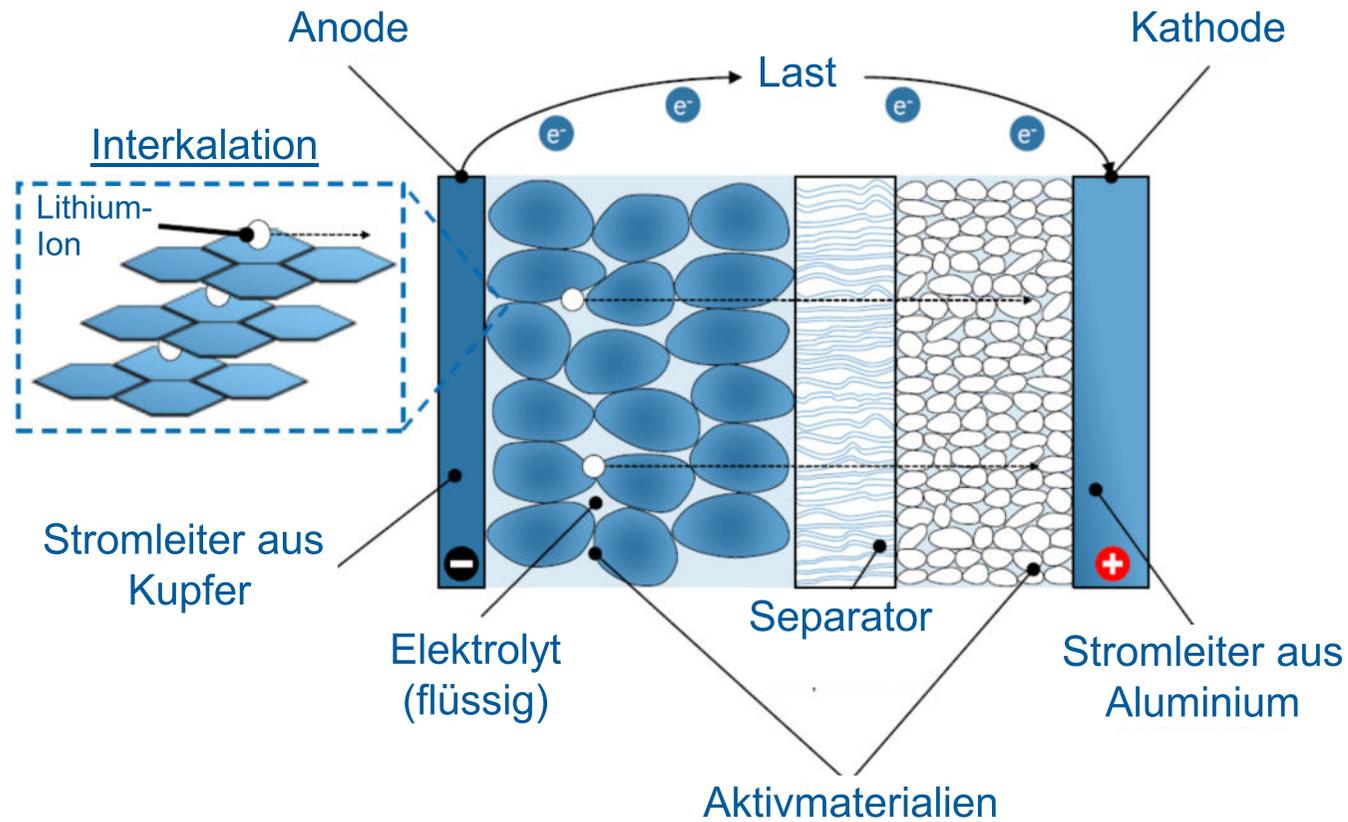
Lithium ($\rho=0,53 \text{ g/cm}^3$, $E_0=-3,04 \text{ V}$)
in Anode, Kathode und Elektrolyt

Ladungstransport durch Li-Ionen,
eingelagert in Anode und Kathode

Anode: Graphit

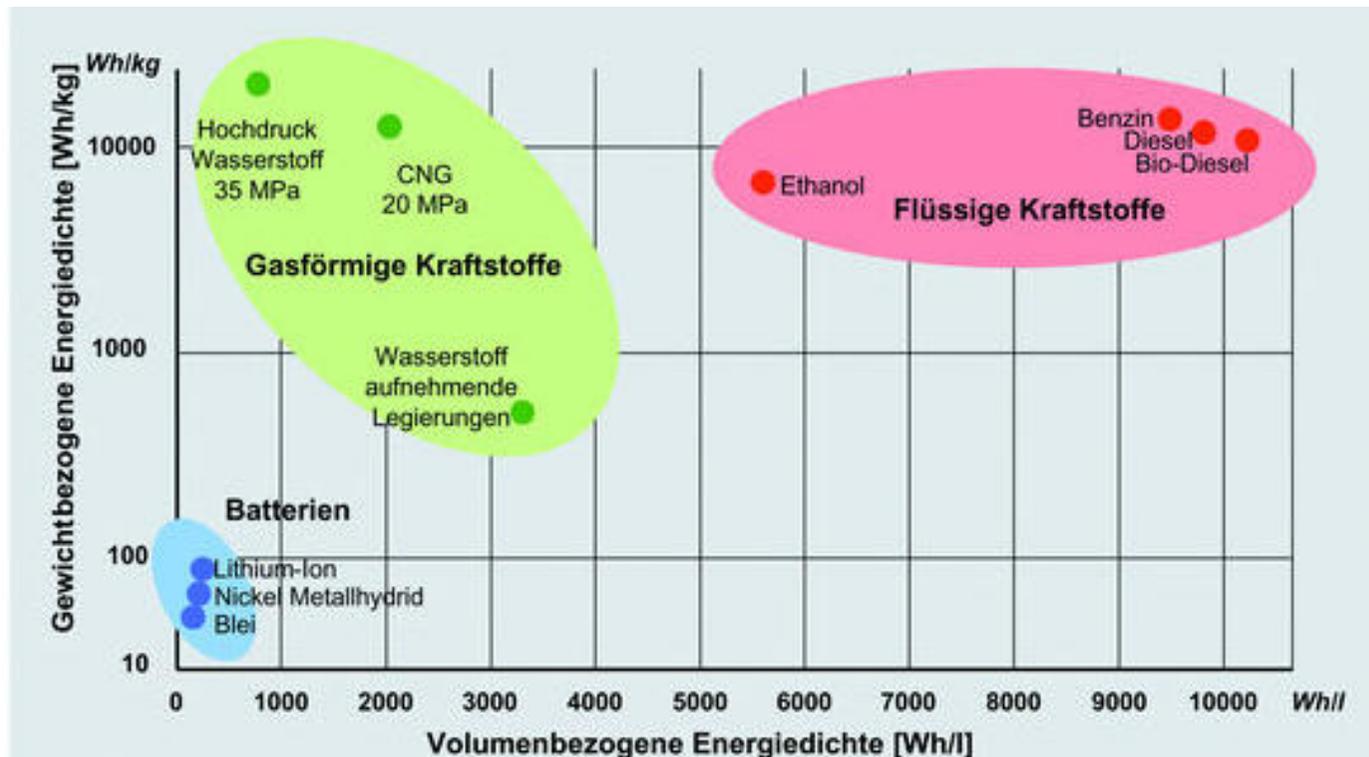
Kathode: Lithium-Metall-Oxid, z.B.

- $\text{LiNi}_x\text{Co}_y\text{Al}_z\text{O}_2$ (NCA) (z.B. Tesla)
- LiFePO_4 (LFP) (z.B. BYD)
- $\text{LiNi}_x\text{Mn}_y\text{Co}_z\text{O}_2$ (NMC) (z.B. BMW)



Schematischer Aufbau einer Li-Ionen-Zelle (Quelle: RWTH Aachen)

Energiedichte Batterie vs. Kraftstoff



Kraftstoffe der Zukunft aus Wasser, Strom und Luft | AMS Professional (auto-motor-und-sport.de)

Vergleich der Energiespeicher



Energieinhalt: 77 kWh

[Audi Q4 55 e-tron quattro :: evkx.net](http://evkx.net)



Energieinhalt: 70 Liter Diesel = 686 kWh

[Kraftstofftank für Audi Q5 8R zum günstigen Preis in Original Qualität \(autoteiledirekt.de\)](http://autoteiledirekt.de)

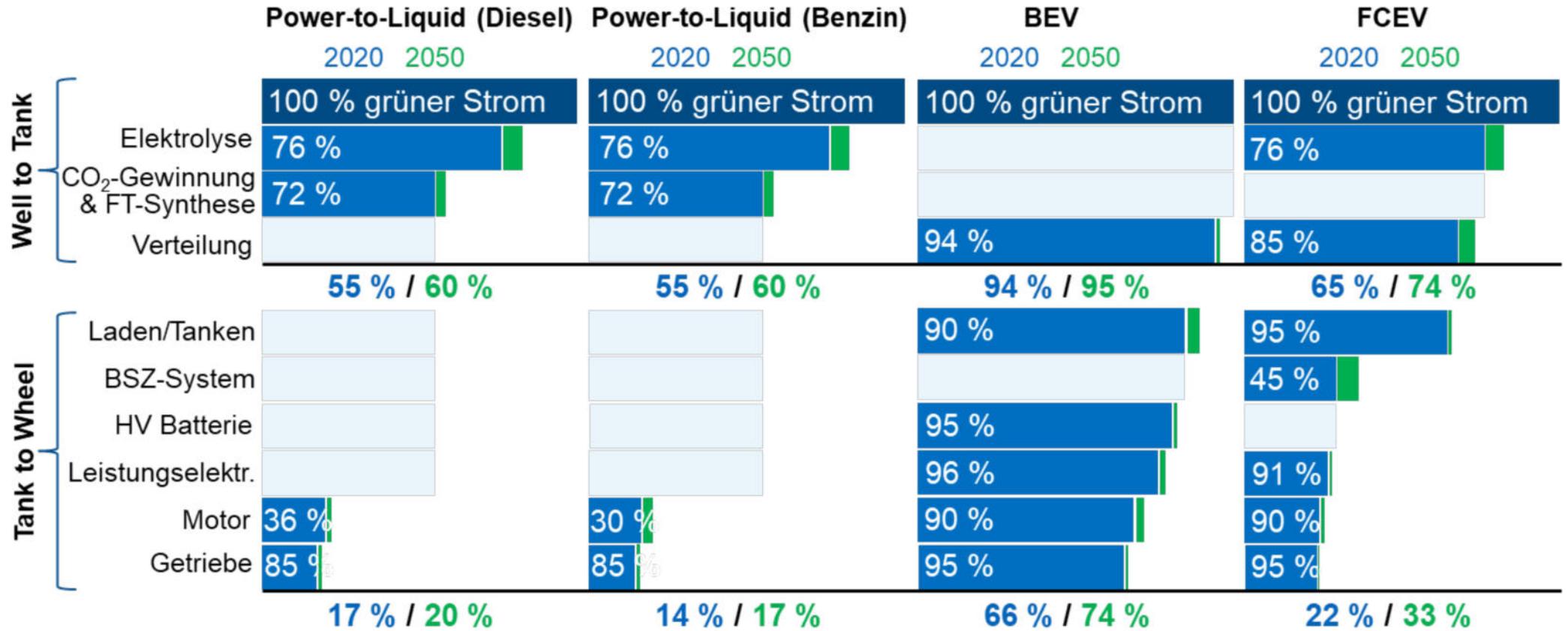
Vergleich der Wirkungsgrade



Energiequelle	Energieträger	Antrieb	Lokal emissionsfrei	Eine 3-MW-Windkraftanlage versorgt ...
 z. B. Windkraftanlage 3 MW, 2.000 h Volllast p.a.	Strom		✓	 1.600 Fahrzeuge
	H ₂		✓	 600 Fahrzeuge
	eFuel		✗	 250 Fahrzeuge

Quelle: Antriebsportfolio der Zukunft; Ein Meinungsführer/-innen-Report aus Politik und Wirtschaft; VDE; 2021

Vergleich der Wirkungsgrade



(Quellen: TUM NMA; Transport & Environment, 2020; Klett: Wasserstoff in der Fahrzeugtechnik, 2018)



PRO
KONTRA

Vorteile eines batterieelektrischen Fahrzeugs

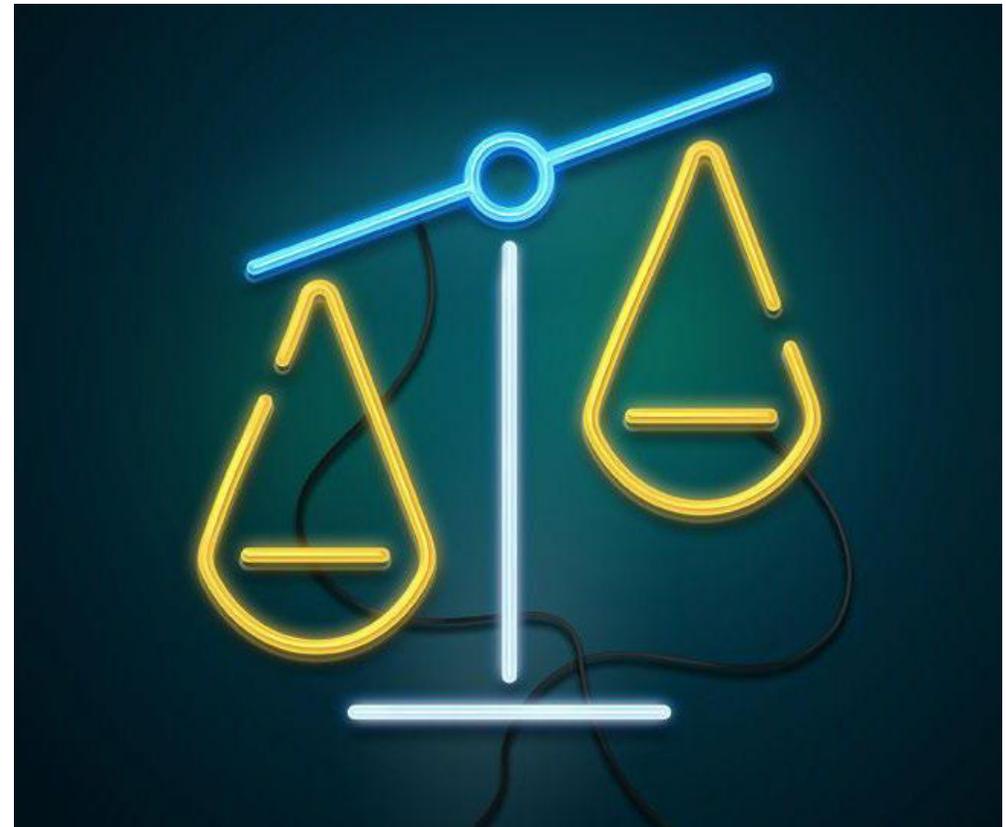
Effizienz + (Rekuperation)

Geringe/keine Geräusch- und Geruchsemissionen

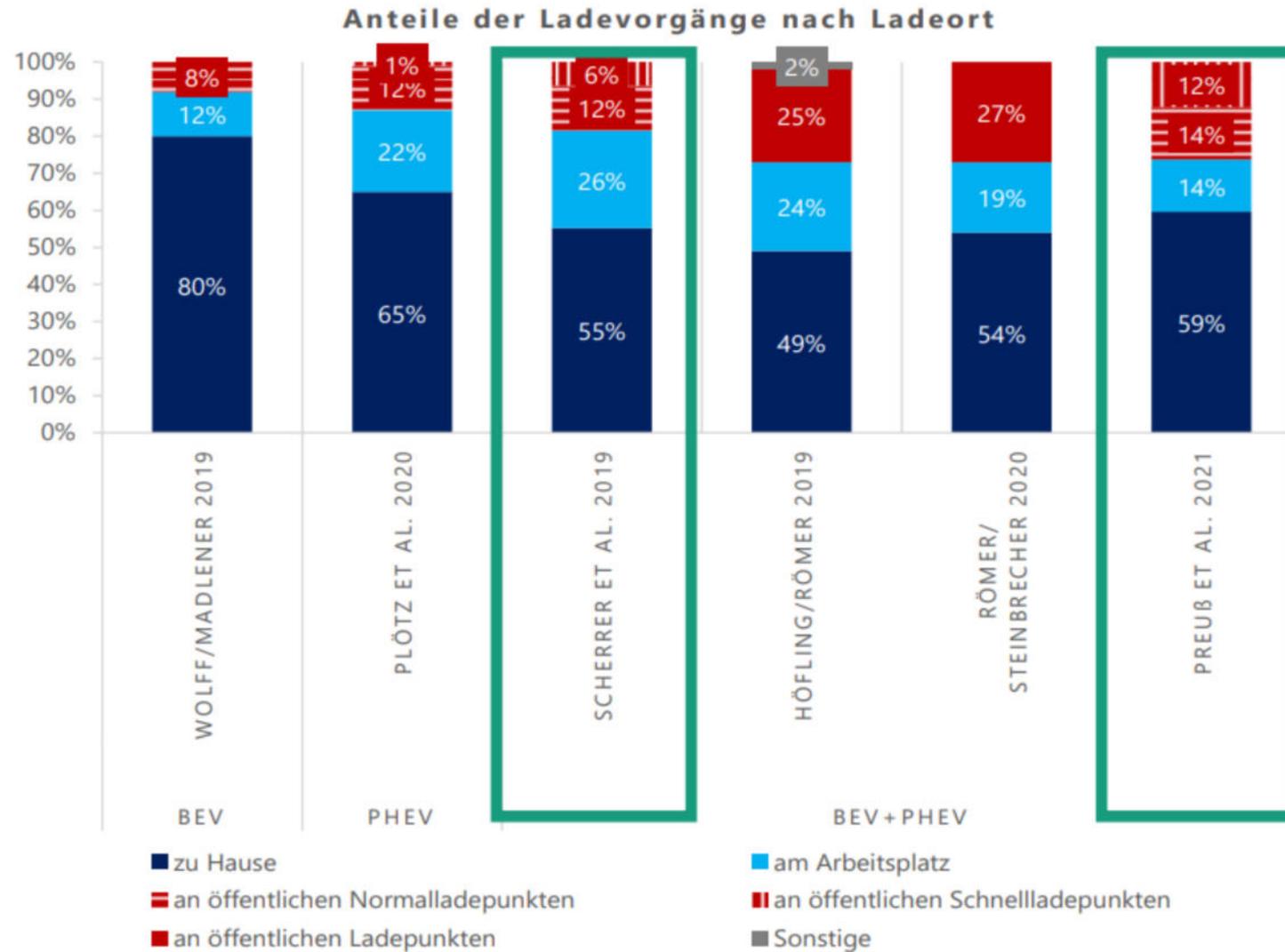
Keine lokalen Schadstoffemissionen des Antriebs
(ACHTUNG: Bremsen- und Reifenabrieb → Euro 7)

Geringe Betriebs- und Wartungskosten

(Eventuell) Tankmöglichkeit zuhause



KFZ-Steuer Elektroauto: Steuerbefreiung und Vorteile in 2024 | ENTEGA



https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.isi.fraunhofer.de%2Fcontent%2Fdam%2Fisi%2Fdokumente%2Fsustainability-innovation%2F2022%2FWP02-2022_Laden_von_Elektrofahrzeugen_in_Deutschland_mit_Oekostromvertraegen_final.pdf&psig=AOvVaw1dvqISsKxOrYbd5OtMWHpL&ust=1725788776868000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBUQjhqFwoTCODay6nGslgDFQAAAAAdAAAAABAE

Beispiel München-Neuperlach



Pkw-Bestand: 45960 (31.12.2022)

Annahme: Laden dreiphasig mit 400V 16A

Leistungsaufnahme: 509 MW

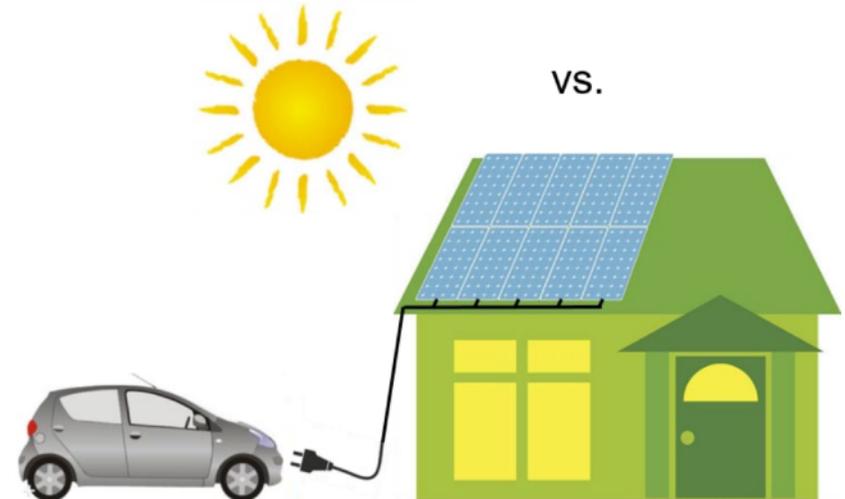
Kabelquerschnitte?

1 Fahrzeug: 3 x 2,5 mm²

2 Fahrzeuge: 3 x 5 mm²

Aber: Benötigter Kabelquerschnitt korreliert nicht linear mit Anzahl der Verbraucher und somit transportierter Leistung
(Wärmeverluste, Sicherheitsfaktoren, usw.)

Anzahl benötigter Trafostationen?



Oben: Quelle: <https://www.idowa.de/inhalt.muenchen-andreas-hild-ueber-neuperlach.f0cf0286-d50b-47e6-8fd7-54350cf9ed91.html> ; Foto: Tobias Geis, Giorgio Granatiero / Prof. Hild, TU München
Unten: eigene Abbildung

Nachteile eines batterieelektrischen Fahrzeugs



Neue Infrastruktur notwendig

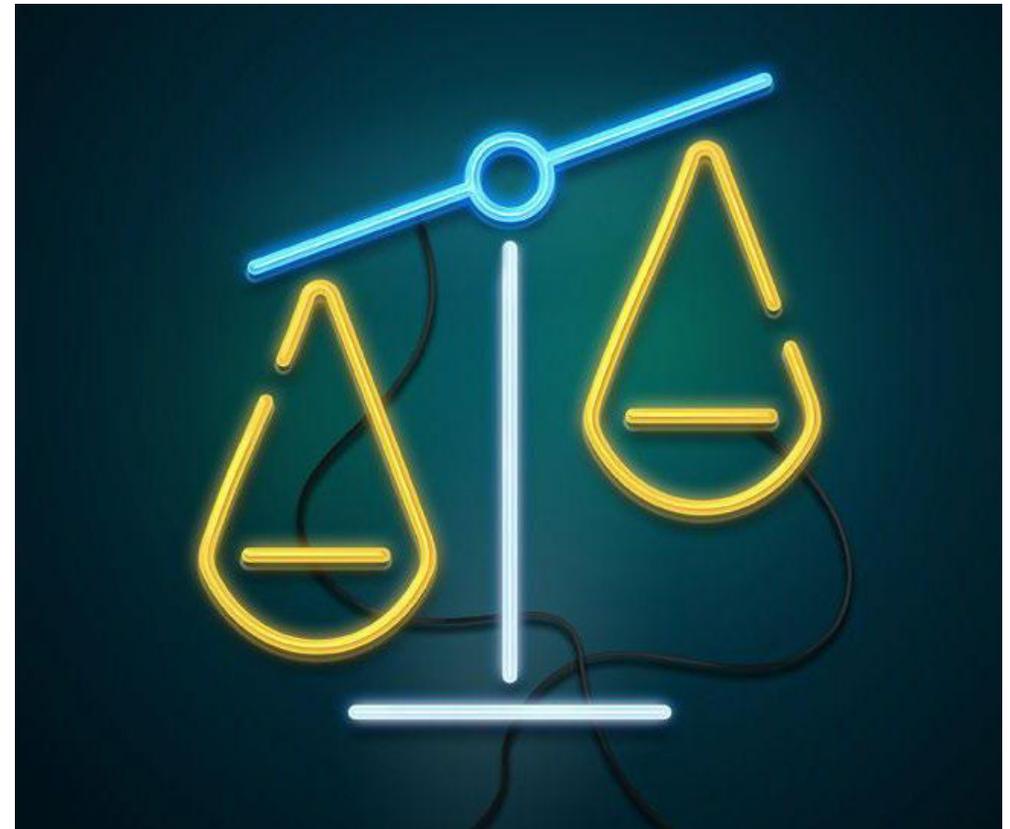
Längerer „Tankvorgang“

Umwelteinfluss abhängig von Strommix

Unfallgefahr aufgrund geringer Geräuschemissionen

Notwendige Rohstoffe

(Geringere Reichweite)



KFZ-Steuer Elektroauto: Steuerbefreiung und Vorteile in 2024 | ENTEGA

Innovative Potenziale, die wir dringend brauchen



Bessere Performance von E-Antrieben:

Gewichtsreduktion, Effizienz, Bauraum, EMV, Akustik, Lebensdauer, Rohstoffeinsatz

Kostenreduktion:

Vollautomatisierte Fertigung, Skalierbarkeit, Reduktion der Entwicklungskosten, Rohstoffeinsatz, Modularität

Batterieentwicklung:

Sicherheit, Rohstoffeinsatz, Lebensdauer, Effizienz, Energiedichte

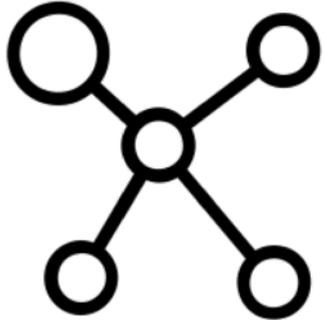
Nachhaltigkeit und Recycling:

Konzepte zur nachhaltigen Produktion und zum Recycling von Batterien und el. Komponenten

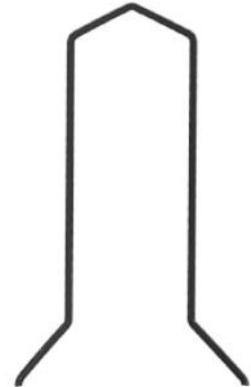


Bild erzeugt von DALL-E

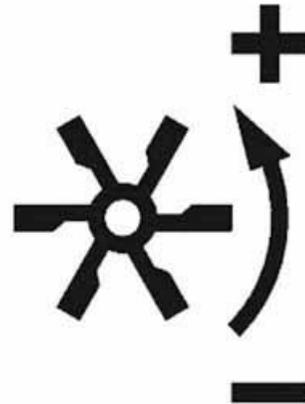
Innovative Potenziale bei E-Maschinen



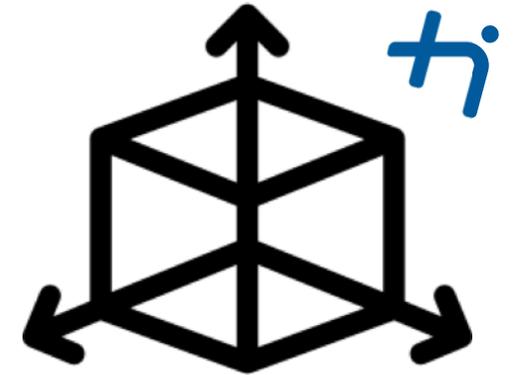
Neue
Topologien



Hairpin-Wicklung



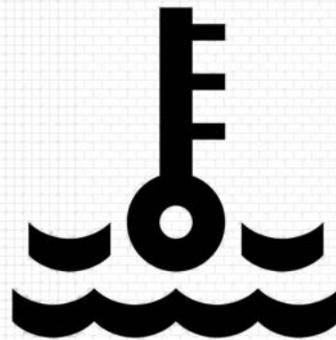
Drehzahlerhöhung



Bauraumoptimierung



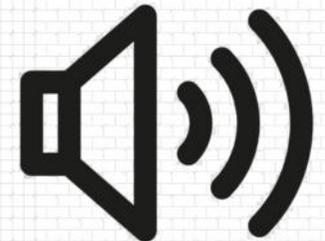
Elektromagnetische
Verträglichkeit



Direkte
Ölkühlung



Gewichtsreduktion



Verbesserte Akustik

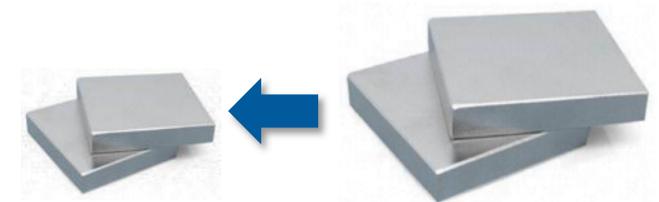
Kostenoptimierung bei E-Maschinen



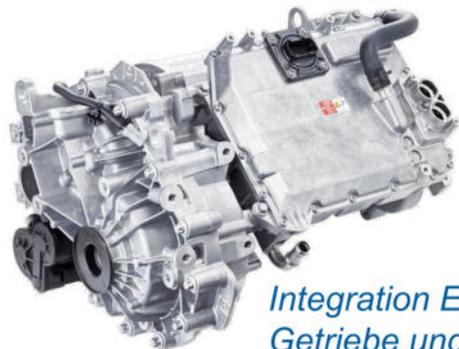
Flexible, modulare Baukästen
(Quelle: Schaeffler)



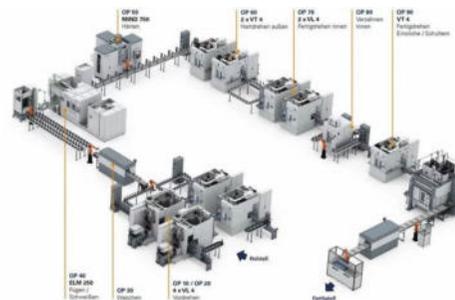
Hairpin-Wicklung
(Quelle: Additive Drives)



Reduktion Magnetmaterial
(Quelle: Porsche Engineering)



Integration E-Maschine mit Getriebe und Inverter
(Quelle: Vitesco)



Vollautomatisierte Fertigung
(Quelle: Automobil-produktion.de)



(Verzicht auf) Rotorlagegeber
(Quelle: Intertech)

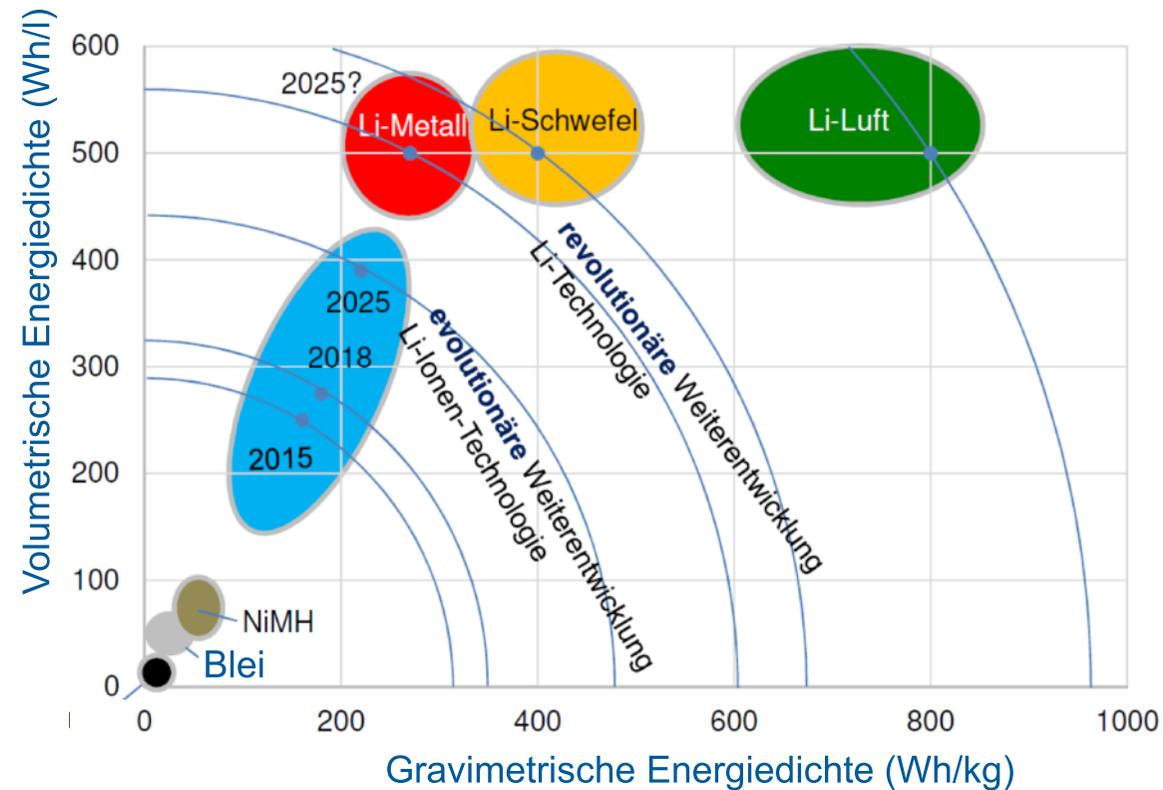
Auch zukünftige Batteriezellen werden (größtenteils) auf **Lithium** basieren da:

- Sehr leicht
- Hohes Elektrodenpotential

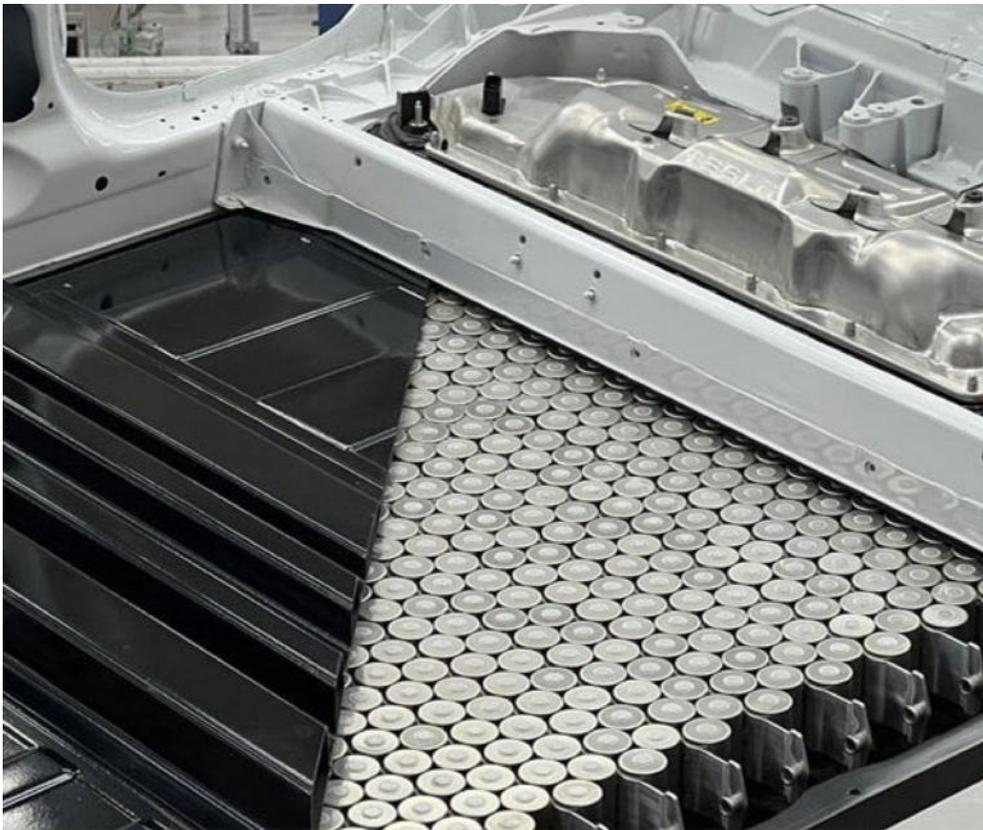
Forschungsfokus: Materialien für Anoden, Kathoden, Separatoren und Elektrolyten

Zwei Forschungsrichtungen:

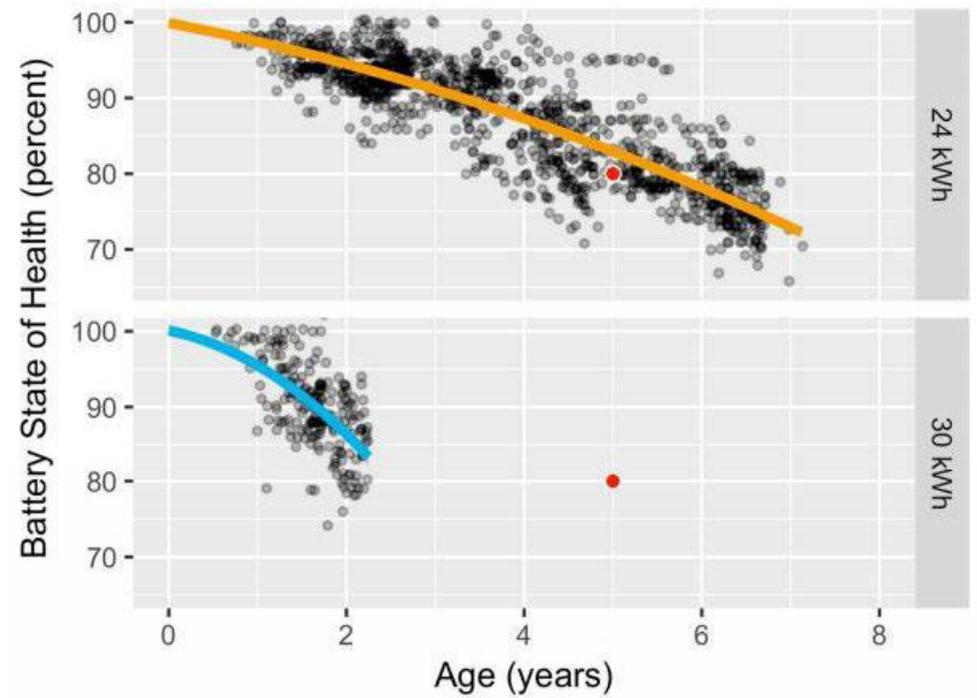
- **Evolutionäre Weiterentwicklung** bestehender Systeme
- **Revolutionäre Neuentwicklung**



Evolutionär: Cell-to-Chassis und Lebensdauererlängerung

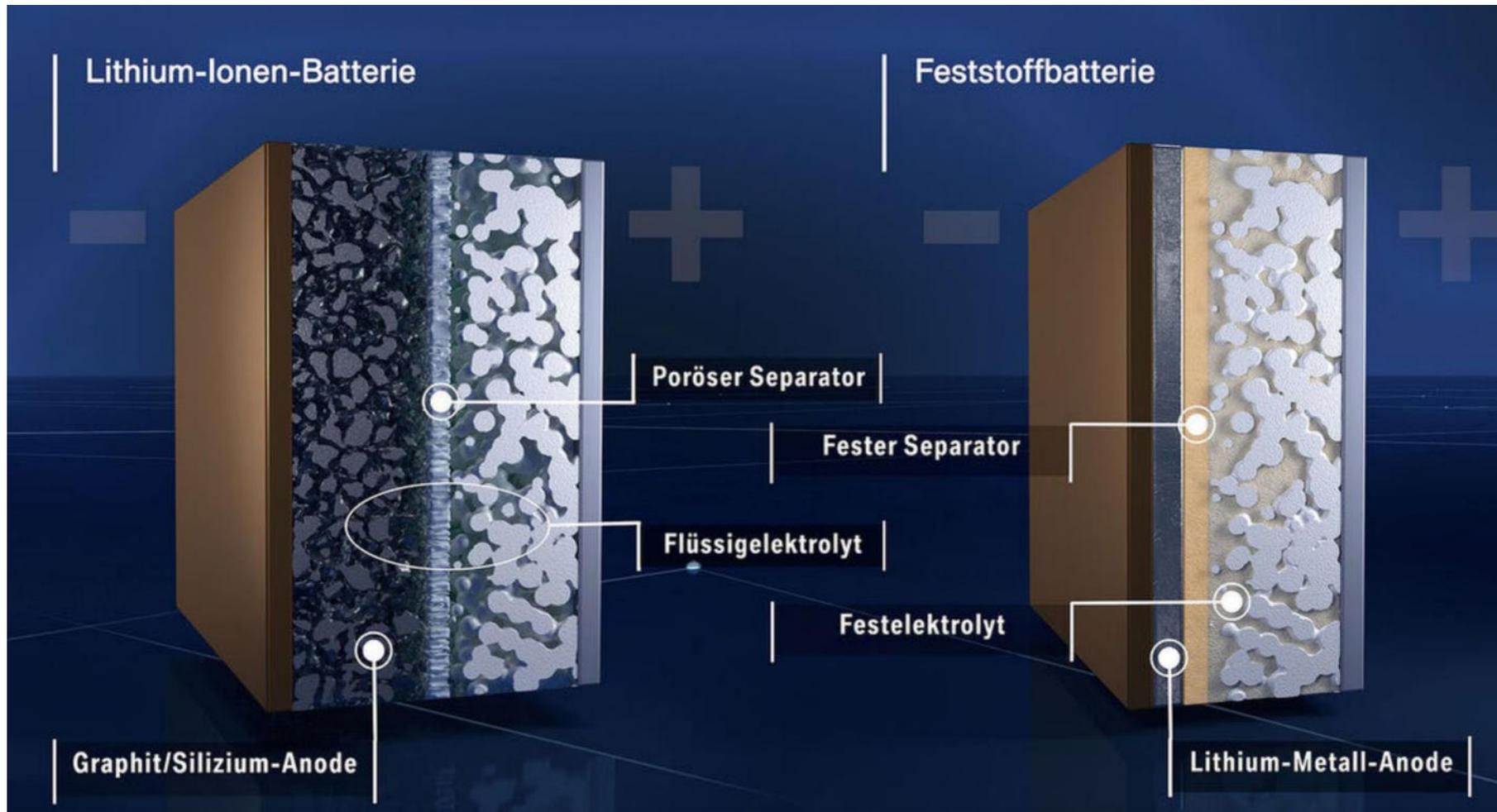


[Structural Batteries: The Cars of the Future Are Glued | Laserax](#)



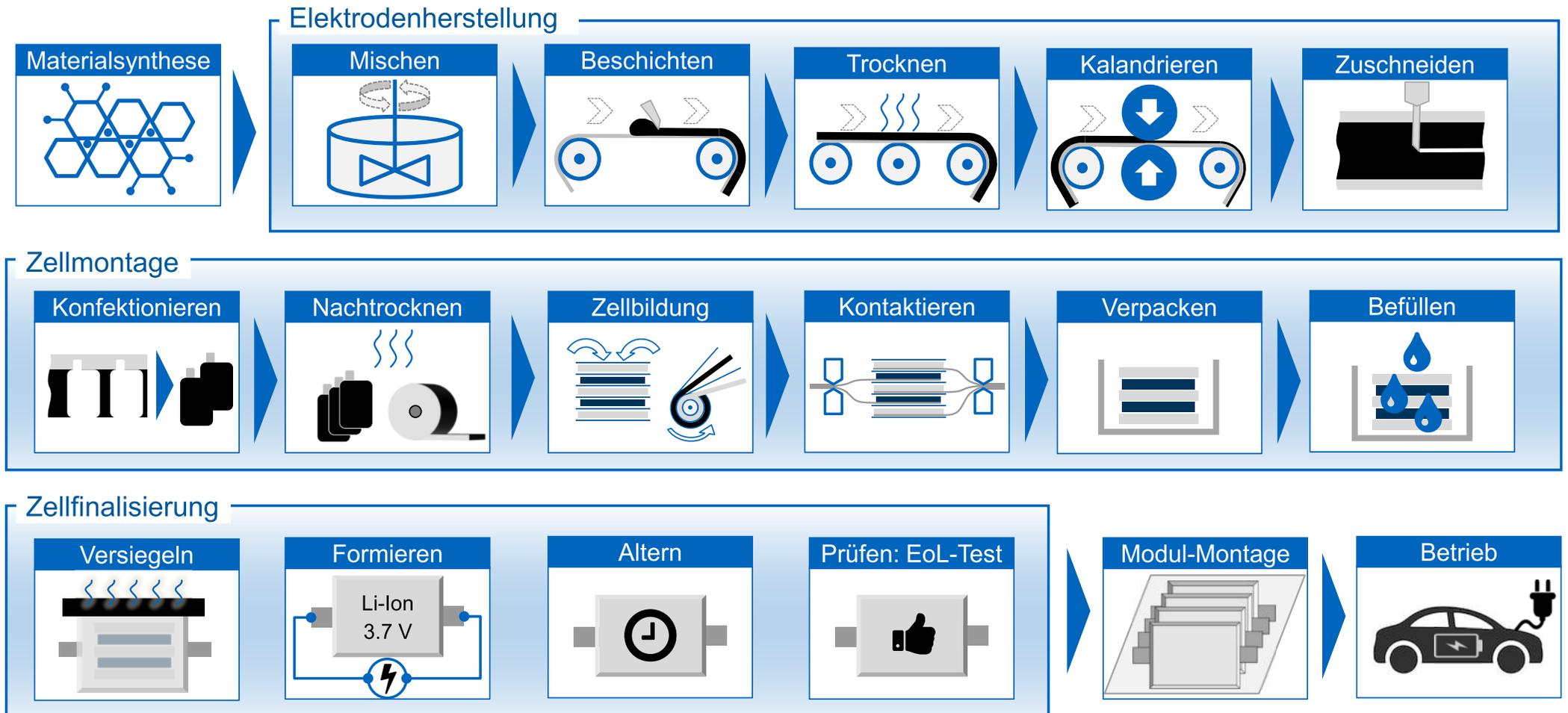
[Nissan Leaf \(24 / 30 kWh\) – Degradation der Batterie - Weitere Themen / Andere Elektroautos - TFF Forum - Tesla Fahrer & Freunde \(tff-forum.de\)](#)

Revolutionär: Feststoffbatterie

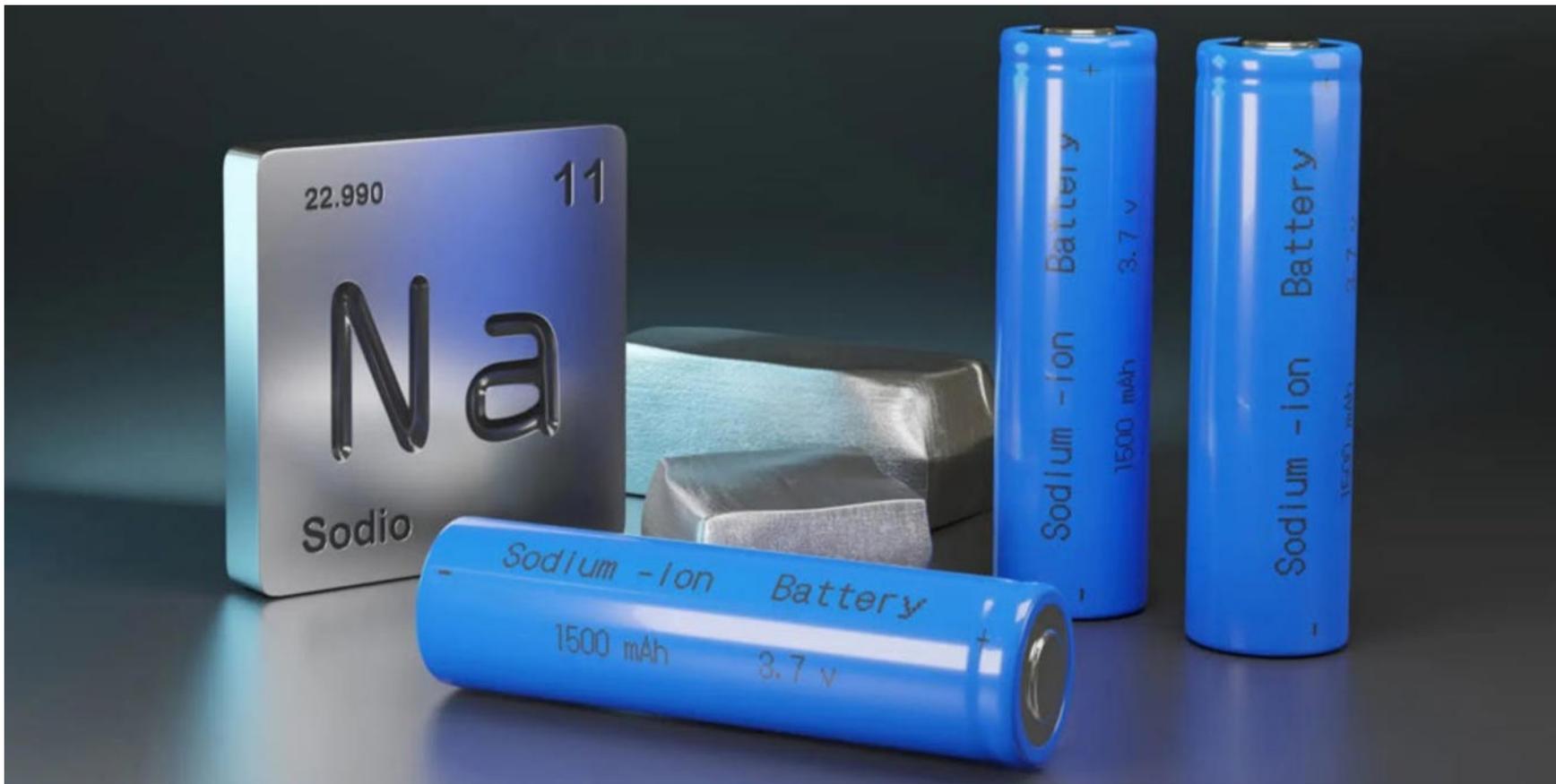


Feststoffbatterien senken den CO₂-Fußabdruck | AUTO MOTOR UND SPORT (auto-motor-und-sport.de)

Prozesskette zur Produktion von Lithium-Ionen-Batterien



Revolutionär: Natrium-Ionen-Batterie



Natrium-Ionen-Batterien sind eine Alternative" - Edison - Heimat der Generation E Energiespeicher

Innovative Potenziale, die wir gerne mitnehmen



Neue Materialien und Leichtbau:

Einsatz von neuen Materialien zur Gewichtsreduzierung und Effizienzsteigerung

Intelligente Energiemanagementsysteme:

Integration von Smart Grids, Vehicle-to-Grid (V2G) Technologien

Automatisierung und Konnektivität:

Verbindung von Elektromobilität mit autonomen Fahrsystemen und vernetzten Fahrzeugen

Nachhaltigkeit und Recycling:

Konzepte zur nachhaltigen Produktion und zum Recycling von Batterien und el. Komponenten

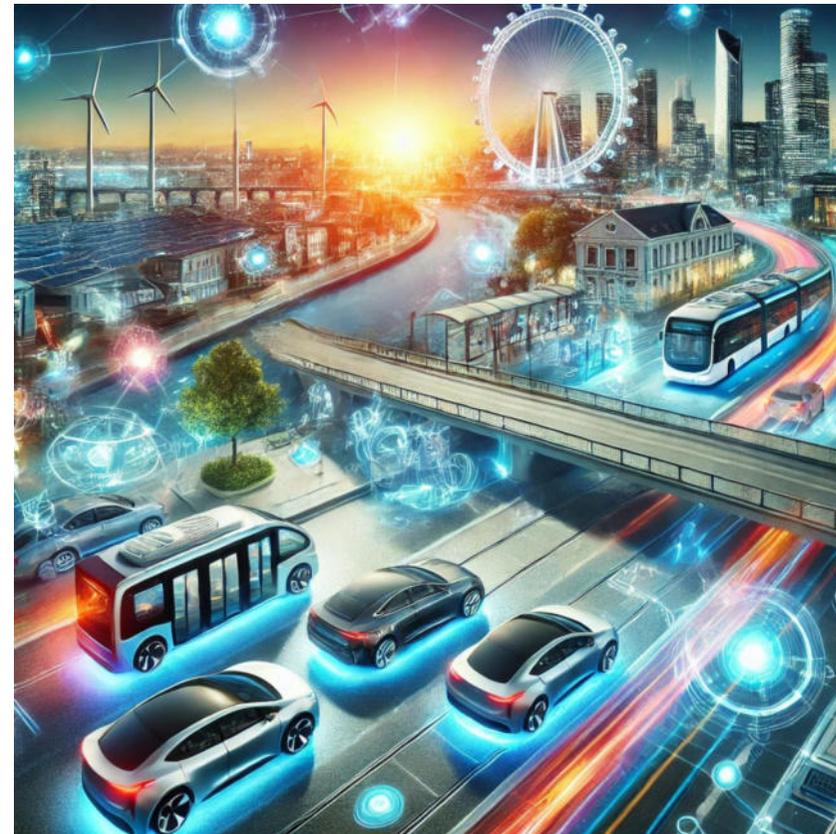


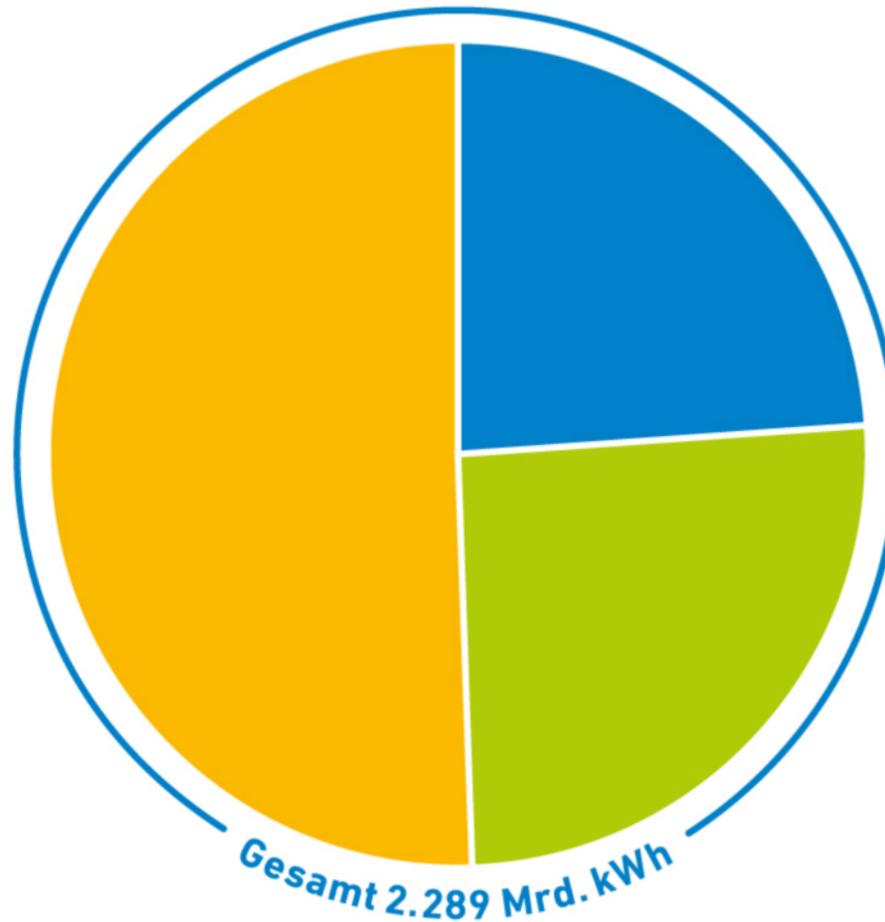
Bild erzeugt von DALL-E

Energieverbrauch in Deutschland 2022

1 Mrd. kWh = 1 TWh



Endenergieverbrauch
Wärme und Kälte
(ohne Strom):
1.155 Mrd. kWh
50,4 % ●



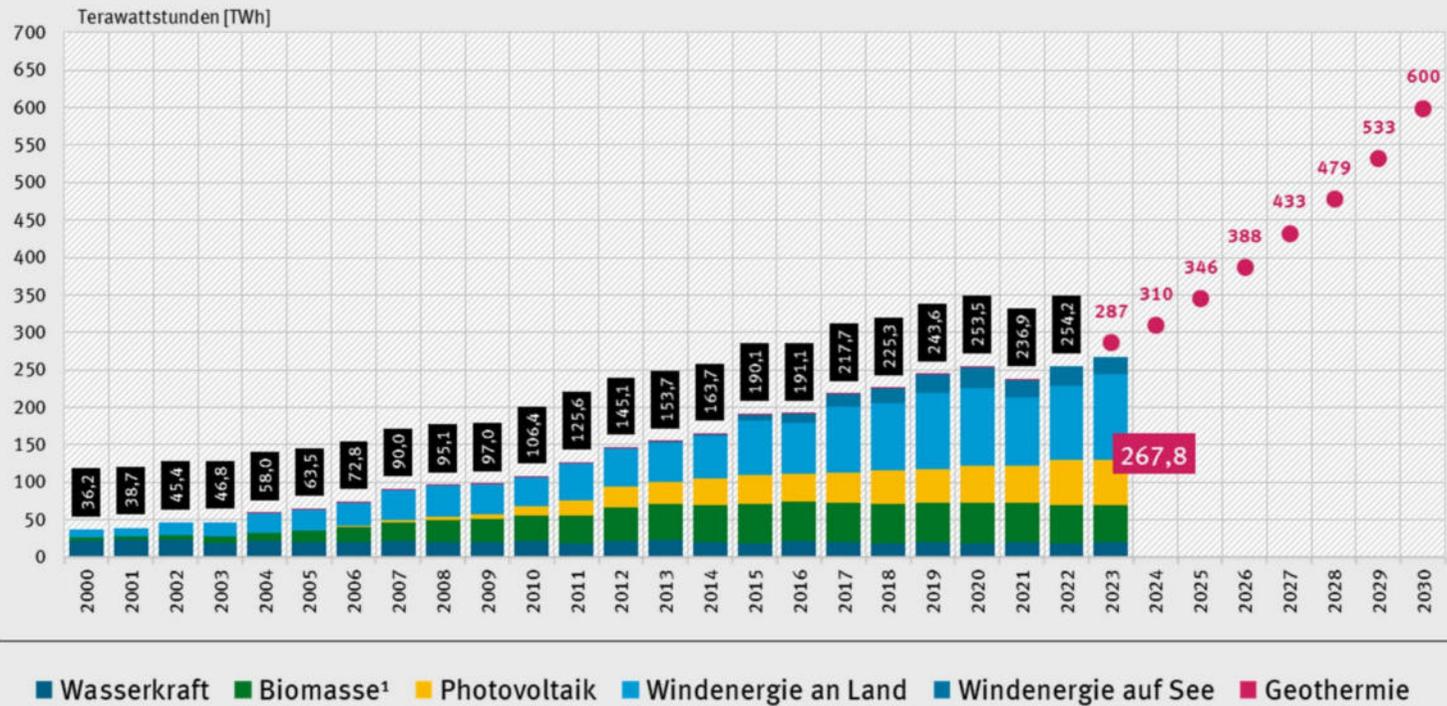
Bruttostromverbrauch:
550 Mrd. kWh
24 % ●



Endenergieverbrauch
im Verkehr
(ohne Strom und int.
Luftverkehr):
585 Mrd. kWh
25,5 % ●

Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien in Deutschland

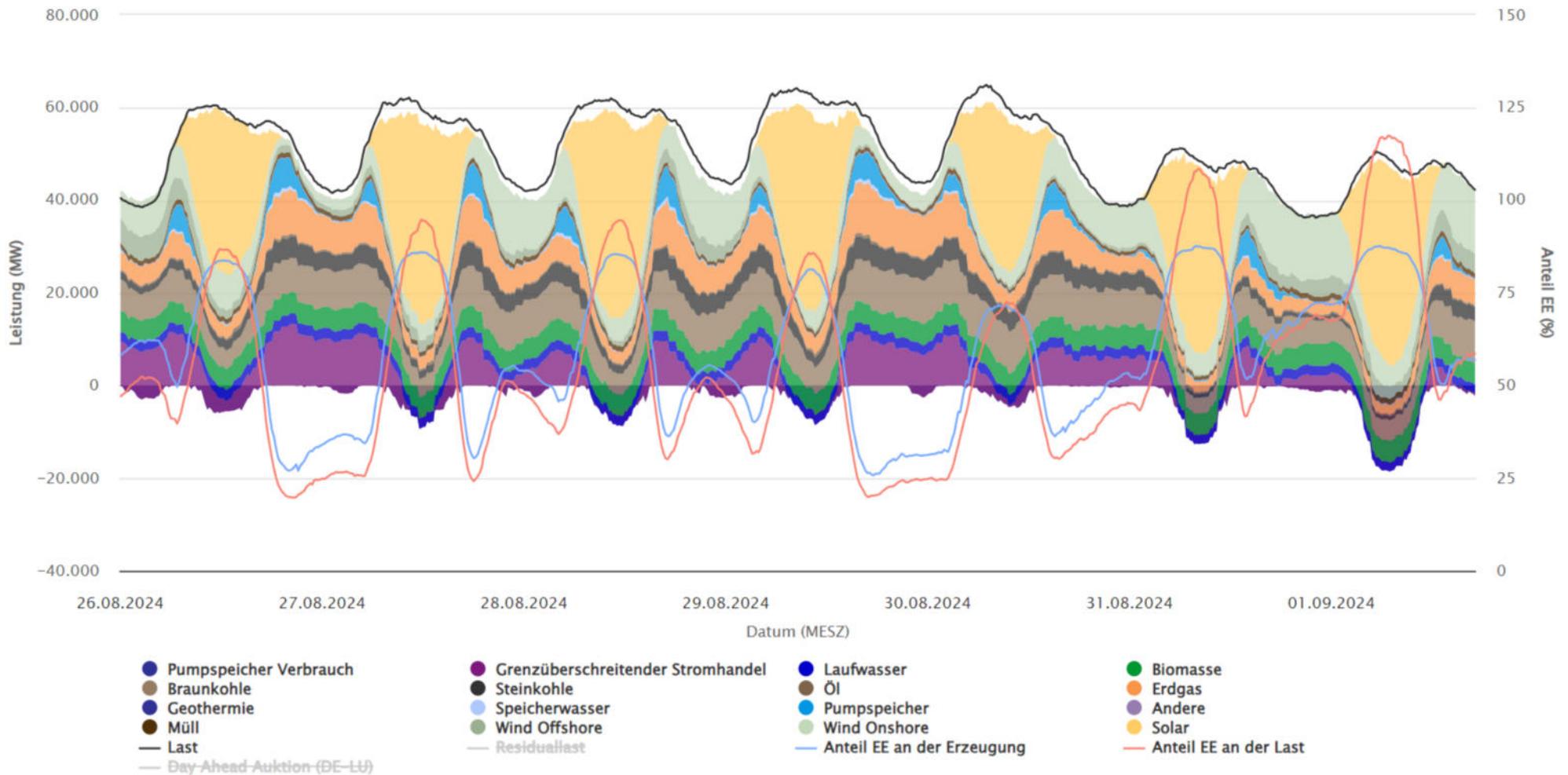
Entwicklung von 2000 bis 2023 - geplanter Entwicklungspfad bis zum Jahr 2030 nach EEG 2023



¹ inkl. feste und flüssige Biomasse, Biogas, Biomethan, Deponie- und Klärgas, Klärschlamm und dem biogenen Anteil des Abfalls
 Quelle: Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat), Stand: Dezember 2023

Öffentliche Nettostromerzeugung in Deutschland in Woche 35 2024

Energetisch korrigierte Werte



[Stromproduktion | Energy-Charts](https://www.energy-charts.info)

Energy-Charts.info - letztes Update: 07.09.2024, 12:39 MESZ

V2G – Vehicle to Grid



Bild erzeugt von DALL-E

V2G – Vehicle to Grid

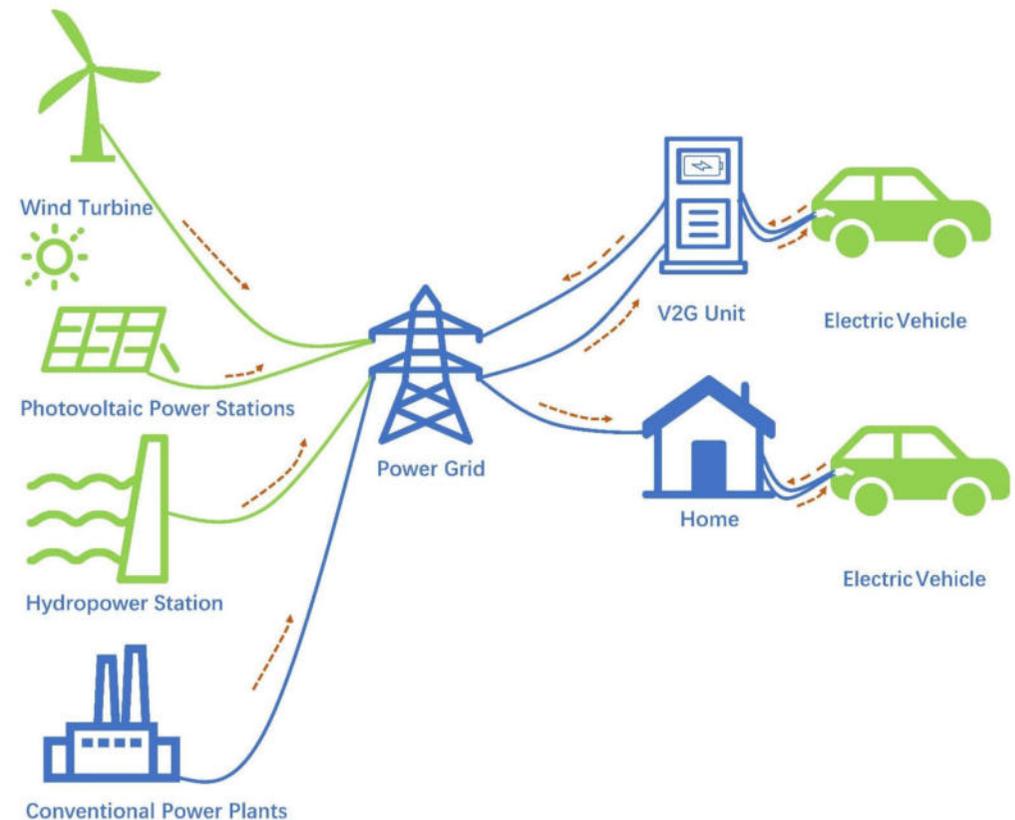


Bei Überschuss an EE oder Ladebedarf:
Auto wird mit Strom aus dem Netz geladen

Bei hoher Nachfrage aus dem Stromnetz:
Auto gibt Strom in das (Haus-)Netz zurück

→ Längere Standzeiten werden so effektiv zur
Netzstabilisierung eingesetzt.

→ Somit kann die Volatilität der erneuerbaren
Energien (teilweise) ausgeglichen werden.



[WEVJ | Free Full-Text | Annotated Survey on the Research Progress within Vehicle-to-Grid Techniques Based on CiteSpace Statistical Result \(mdpi.com\)](#)

Gedankenexperiment



Durchschnittliche Batteriekapazität: 70 kWh

70 Mio. Pkw in Deutschland zugelassen

→ Speicherkapazität von 4,9 TWh



Energieinhalt: 82 kWh

Gedankenexperiment



Durchschnittliche Batteriekapazität: 400 kWh

4 Mio. Lkw in Deutschland zugelassen + 400 T aus dem Ausland

→ Speicherkapazität von 1,8 TWh







Einordnung der Ladeleistung

Tanken an der Zapfsäule:

Förderleistung: ca. 35 l/min

Äquivalente Leistung: ca. **18.000 kW**

Tankzeit: 1 – 2 Minuten

„Tankgeschwindigkeit“:

ca. 500 km Reichw. / min.

Laden an der Ladesäule:

Aktuell maximale Leistung bis 350 kW

Ladeleistung P_L für 500 km Reichweite / min:

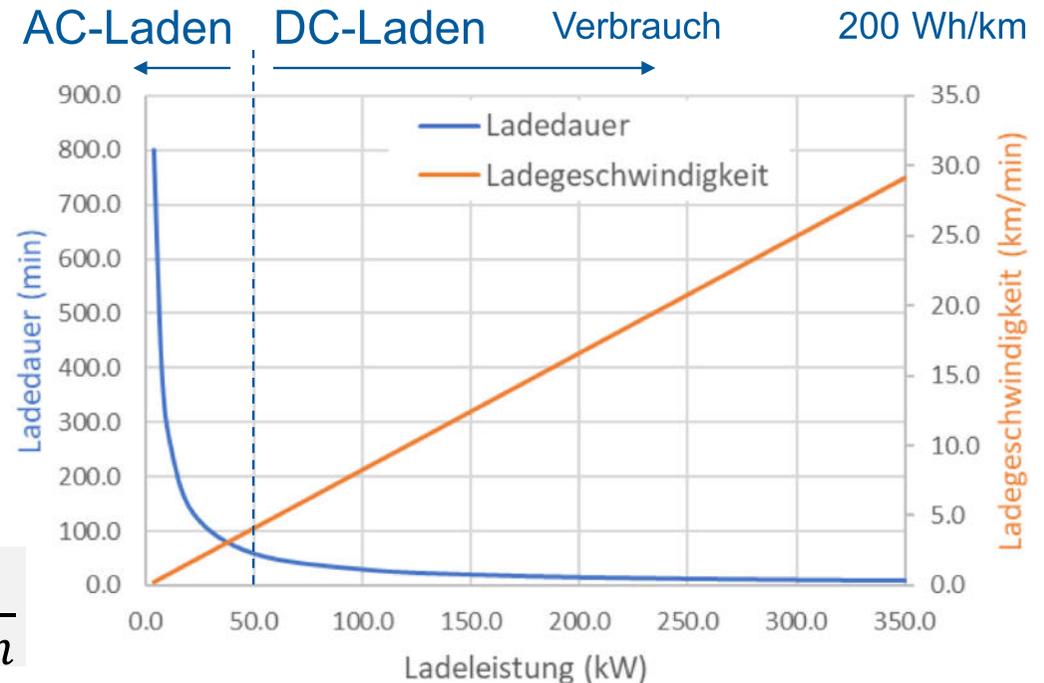
$$P_L = 500 \text{ km} \cdot 200 \frac{\text{Wh}}{\text{km}} \cdot \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}} \cdot 60 \frac{\text{min}}{\text{h}} \cdot \frac{1}{\text{min}}$$

$$P_L = \mathbf{6000 \text{ kW}}$$

Batteriekapazität 60 kWh

DoD 80 %

Verbrauch 200 Wh/km



Auswirkung Ladeleistung auf Ladedauer und Ladegeschwindigkeit
(Vereinfachende Annahme: Laden mit voller Leistung über vollen DoD)

Vergleich Laden/Tanken an der Autobahn (grobe Abschätzung)

Tankstelle

600 km Reichweite in 5 min
(1 Minuten tanken + bezahlen)

10 Zapfsäulen

Spitzenleistung: 36 MW
(18 MW x 20 % Nutzung x 10 Säulen)

Ladepark

400 km Reichweite in 30 min
(60 kWh @ 150 kW)

90 Ladepunkte
(1,5 x öfter laden + 6 x länger laden)

Spitzenleistung: 12,1 MW
(150 kW x 90 % Nutzung x 90 Säulen)

➔ **Hoher Flächenbedarf** durch Vielfaches an Ladepunkten

➔ **Hoher Spitzenleistungsbedarf** durch hohe Anzahl an Ladepunkten und hohe Ausnutzung



Autobahntankstelle Wonnegau West
(Quelle: gemeinfrei)



Schnellladepark Kamener Kreuz mit 52 Ladepunkten
(Quelle: EnBW)

Entwicklungspotenziale: Vorstellung zweier Studien CO₂-Rucksack und geopolitische Abhängigkeiten



Bild erzeugt von DALL-E

Studie 1: Ökobilanz von schweren LKW

Masterarbeit an der Technischen Hochschule Ingolstadt und Quantron AG



„Development of an Energy Management System for a Fuel Cell Powered Tractor Unit“



Technische Hochschule
Ingolstadt

+ begleitende Ökobilanz



Quantron QHM FCEV und BEV – Upcycling vom MAN TGX Diesel



<https://www.quantron.net/q-truck/q-heavy/qhm-fcev/>

- Basis: MAN TGX
- Brennstoffzelle: 240 kW
- Leistung E-Achse. Dauer / Peak: 420 / 550 kW
- HV-Batterie: 124 kWh
- Leergewicht: 8.5 t
- 54 kg H₂ bei 700 bar
- 700 km Reichweite mit 44 t



<https://www.quantron.net/q-truck/q-heavy/qhm-bev/>

- Basis: MAN TGX
- Leistung E-Achse Dauer / Peak: 427 / 577 kW
- HV-Batterie: 450 kWh
- Leergewicht: 10,5 t
- 675 km Reichweite mit 44 t

Was ist der Umwelteinfluss dieser Aufrüstung?



[The impact of newly-proposed emissions standards on commercial vehicles \(fleetequipmentmag.com\)](http://fleetequipmentmag.com)

Methodik

Ökobilanz in Anlehnung an die ISO 14040 & ISO 14044



Phase 1: Ziel und Umfang

→ Definition Forschungsfrage und Randbedingungen

Phase 2: Bestandsaufnahme und Analyse

→ Nutzung der *ecoinvent*-Datenbank und Literatur

→ Generische Fahrzeugdaten

Phase 3: Einflussbewertung

→ Nutzung des *Activity Browser* für die Berechnung der Treibhausgasemissionen (THG)

Phase 4: Interpretation

(+ Phase 5: Review durch die TUM)



Source: *LCA (Life Cycle Assessment) | Fassa Bortolo*

Methodik

Umfang



Unsere Ökobilanz berücksichtigt:

- Produktion des Lkw und der Komponenten
- Nutzung des Lkw für Frachttransport:
 - Kraftstoff (Well-to-Wheel)
 - Wartung / Reparatur
 - Bremsen-, Reifen- und Straßenabrieb
 - Straßeninstandhaltung
- Entsorgung / Recycling des Lkw

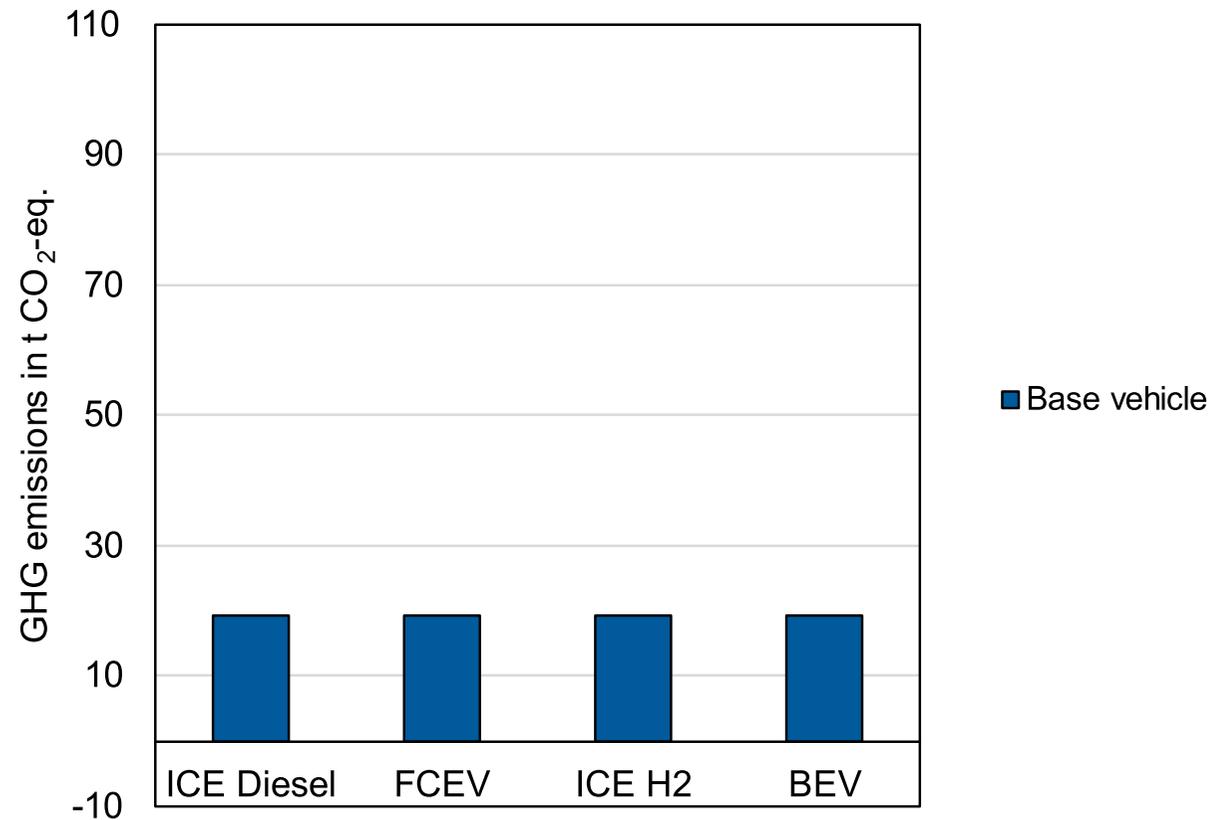


THG-Emissionen der LKW-Herstellung und -Entsorgung

Grundfahrzeug

Hinweis: Produktion beinhaltet
Entsorgung/Recycling zum Lebensende.

Kategorie	Haupttreiber
Grundfahrzeug	Stahl



THG-Emissionen der LKW-Herstellung und -Entsorgung

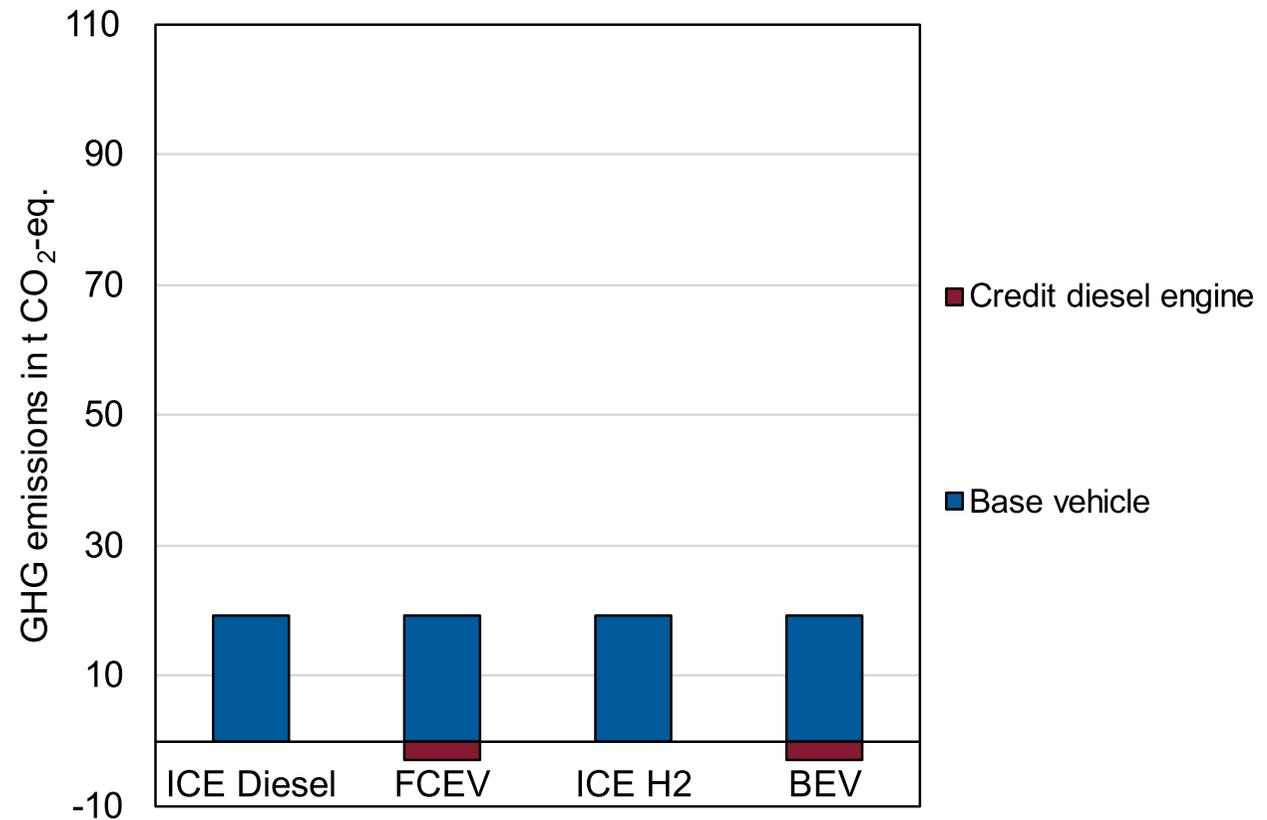
Grundfahrzeug



Hinweis: Produktion beinhaltet
Entsorgung/Recycling zum Lebensende.

Kategorie **Haupttreiber**

Grundfahrzeug Stahl



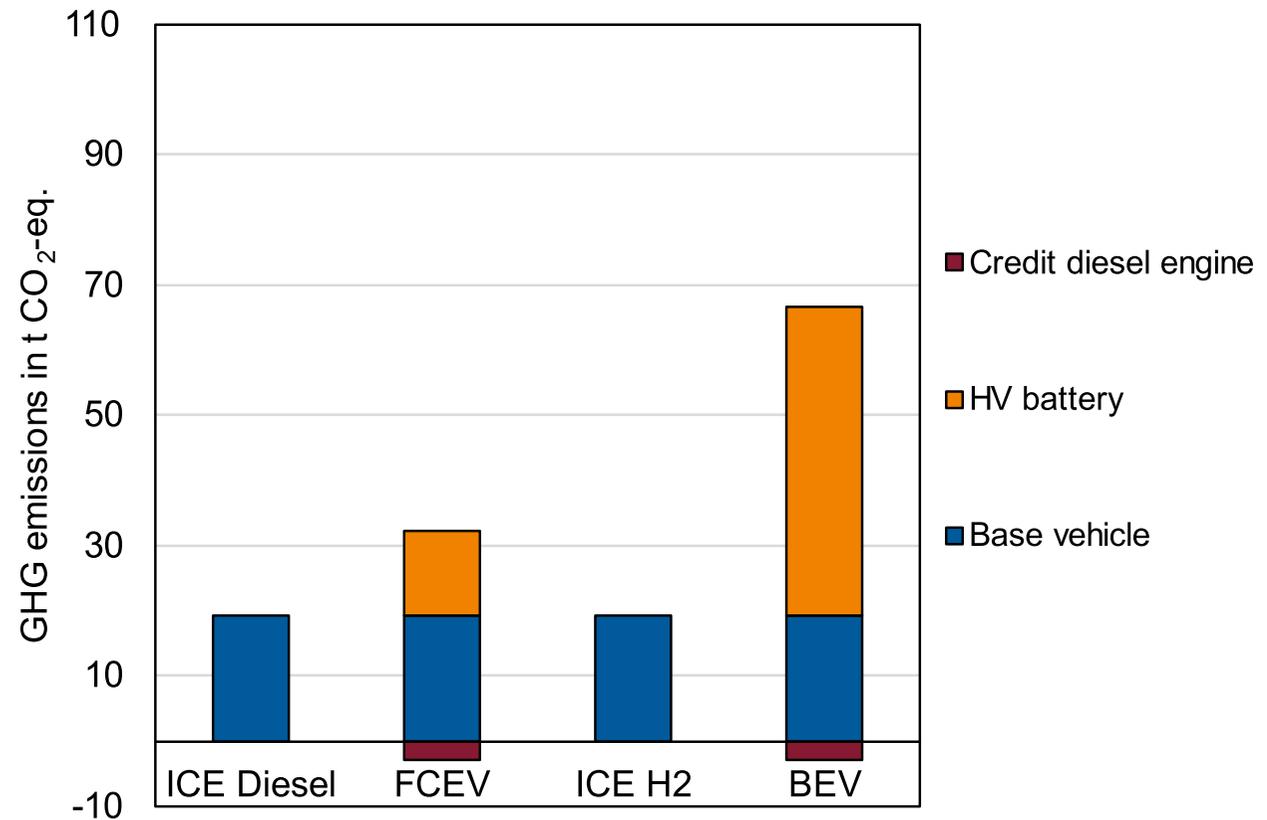
THG-Emissionen der LKW-Herstellung und -Entsorgung

Einfluss HV-Batterie: Batteriezellen aus chinesischer Produktion

Hinweis: Produktion beinhaltet

Entsorgung/Recycling zum Lebensende.

Kategorie	Haupttreiber
Grundfahrzeug	Stahl
HV-Batterie	Kathodenmaterial



THG-Emissionen der LKW-Herstellung und -Entsorgung

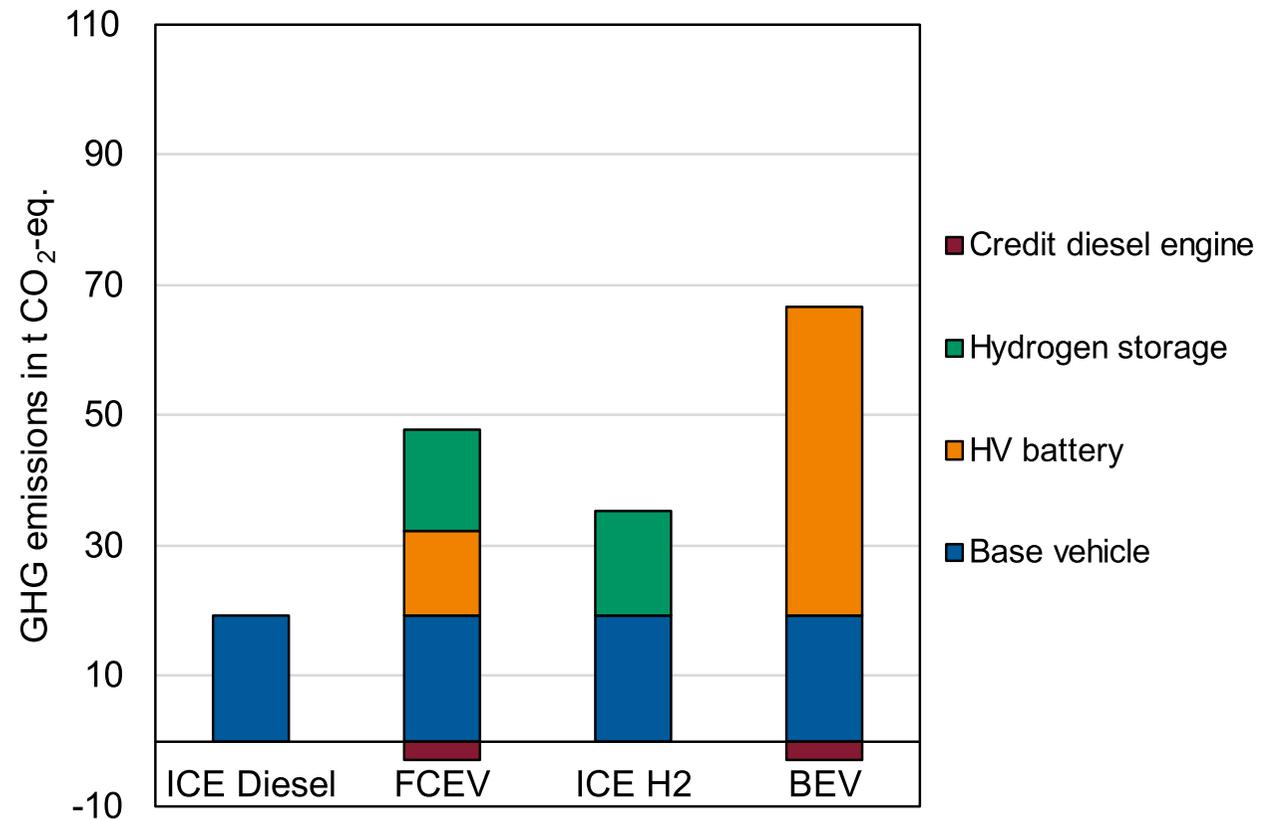
Einfluss Wasserstofftank



Hinweis: Produktion beinhaltet

Entsorgung/Recycling zum Lebensende

Kategorie	Haupttreiber
Grundfahrzeug	Stahl
HV-Batterie	Kathodenmaterial
Wasserstofftank	Karbonfasern



THG-Emissionen der LKW-Herstellung und -Entsorgung

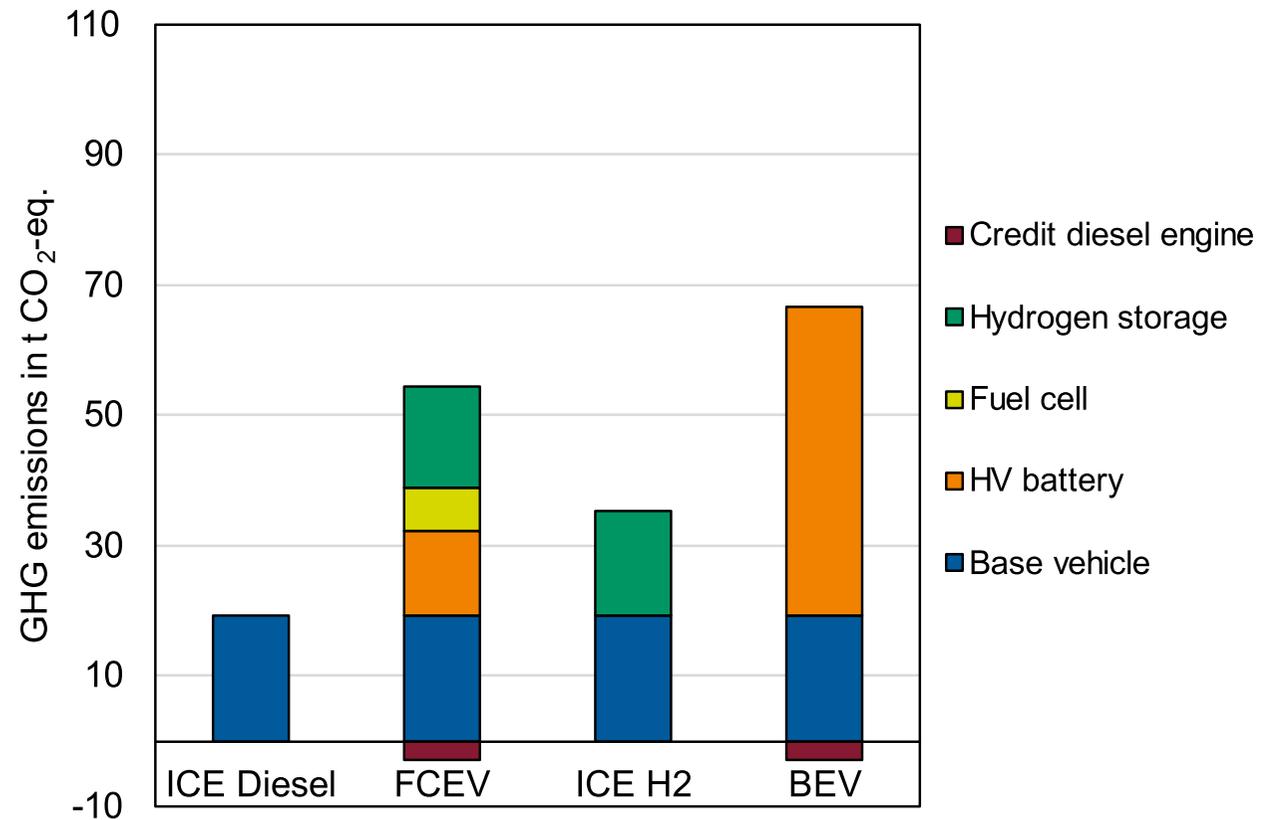
Einfluss Brennstoffzelle



Hinweis: Produktion beinhaltet

Entsorgung/Recycling zum Lebensende.

Kategorie	Haupttreiber
Grundfahrzeug	Stahl
HV-Batterie	Kathodenmaterial
Wasserstofftank	Karbonfasern
Brennstoffzelle	Platin, Kunststoffe



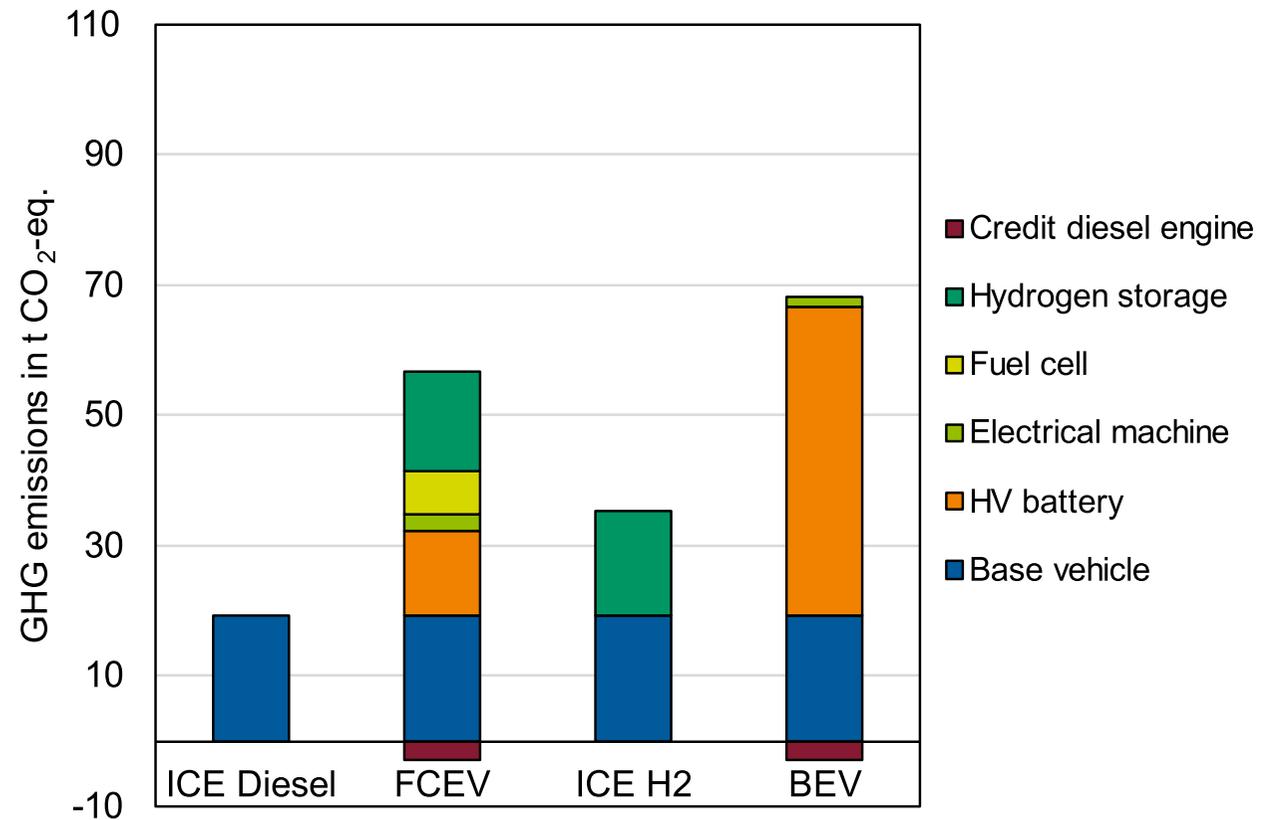
THG-Emissionen der LKW-Herstellung und -Entsorgung

Einfluss E-Maschine



Hinweis: Produktion beinhaltet
Entsorgung/Recycling zum Lebensende.

Kategorie	Haupttreiber
Grundfahrzeug	Stahl
HV-Batterie	Kathodenmaterial
Wasserstofftank	Karbonfasern
Brennstoffzelle	Platin, Kunststoffe
E-Maschine	Aluminium



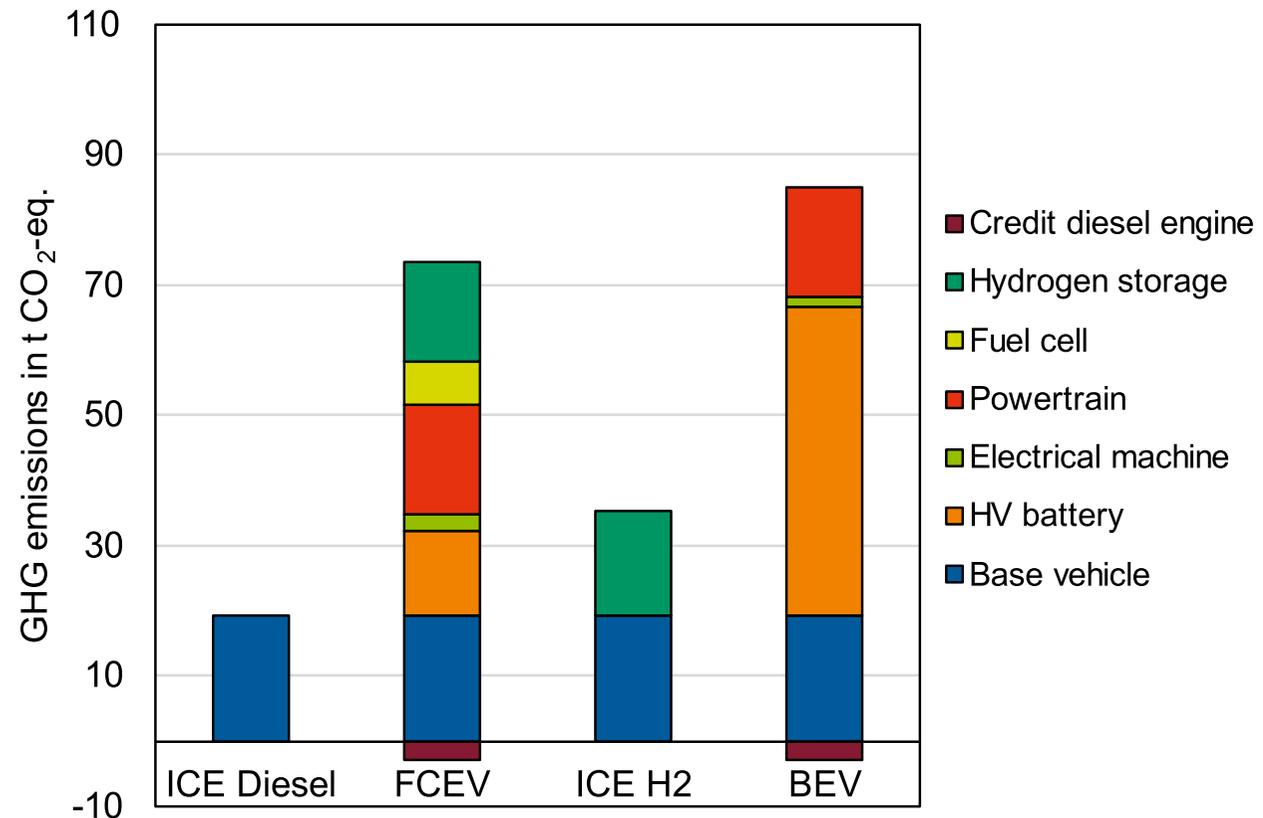
THG-Emissionen der LKW-Herstellung und -Entsorgung

Einfluss el. Antriebsstrang



Hinweis: Produktion beinhaltet Entsorgung/Recycling zum Lebensende.

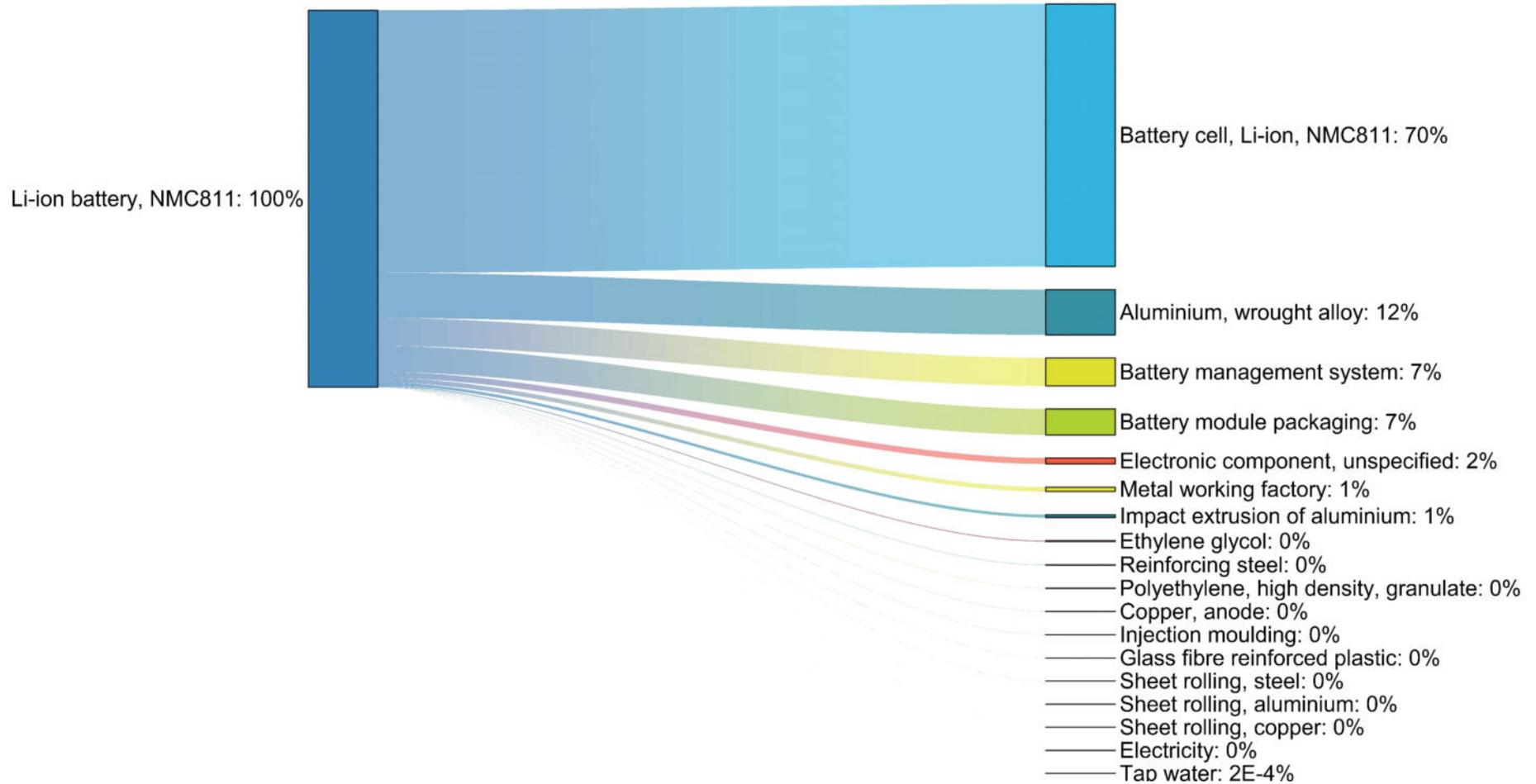
Kategorie	Haupttreiber
Grundfahrzeug	Stahl
HV-Batterie	Kathodenmaterial
Wasserstofftank	Karbonfasern
Brennstoffzelle	Platin, Kunststoffe
E-Maschine	Aluminium
El. Antriebsstrang*	Gold



* Powertrain components w/o battery and e-machine, e.g. inverter, converter, on-board-charger, wiring, power distribution unit

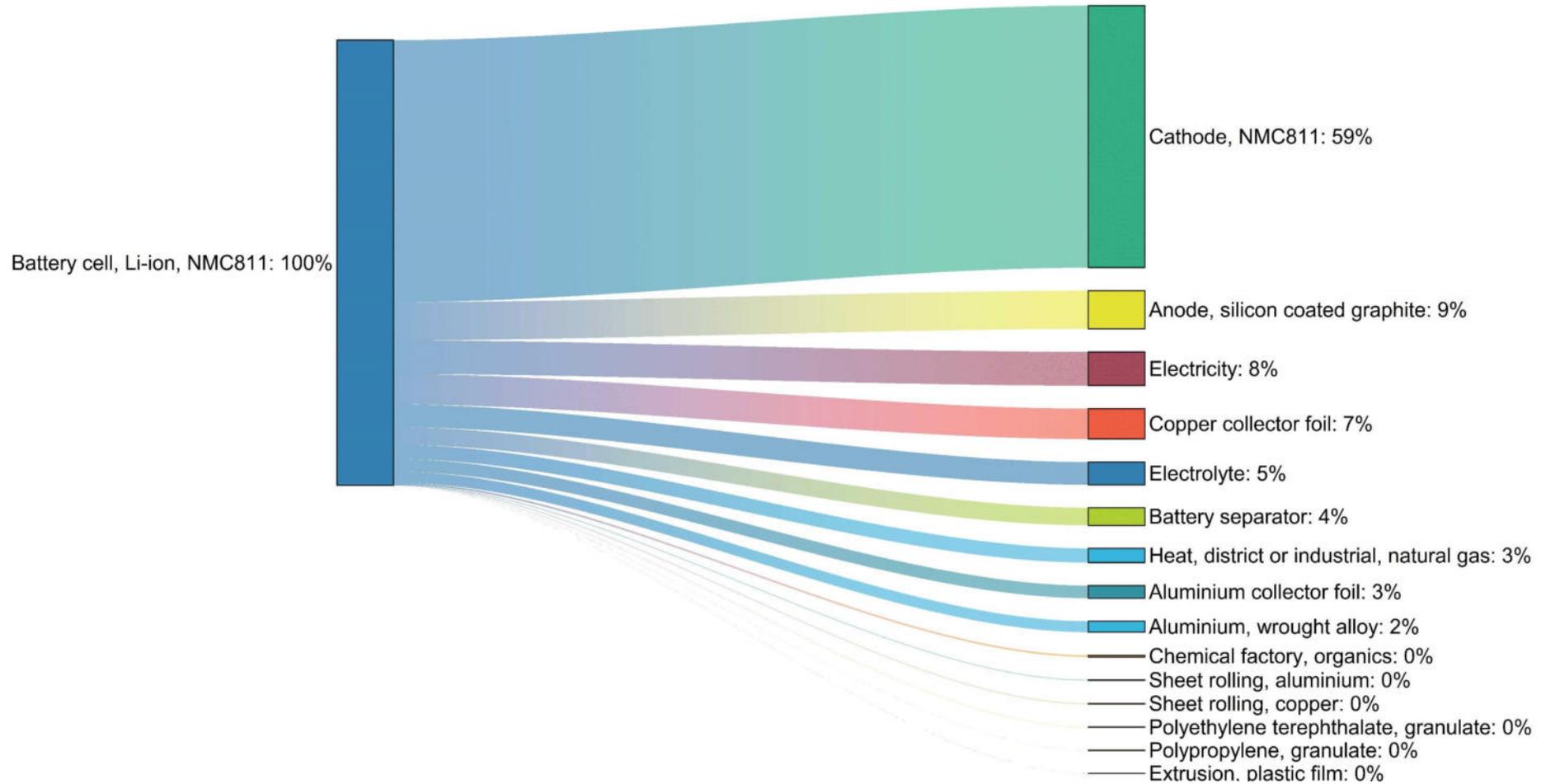
THG-Emissionen der Batterieproduktion

Sankey-Diagramm einer prismatischen Li-Ion-Batterie



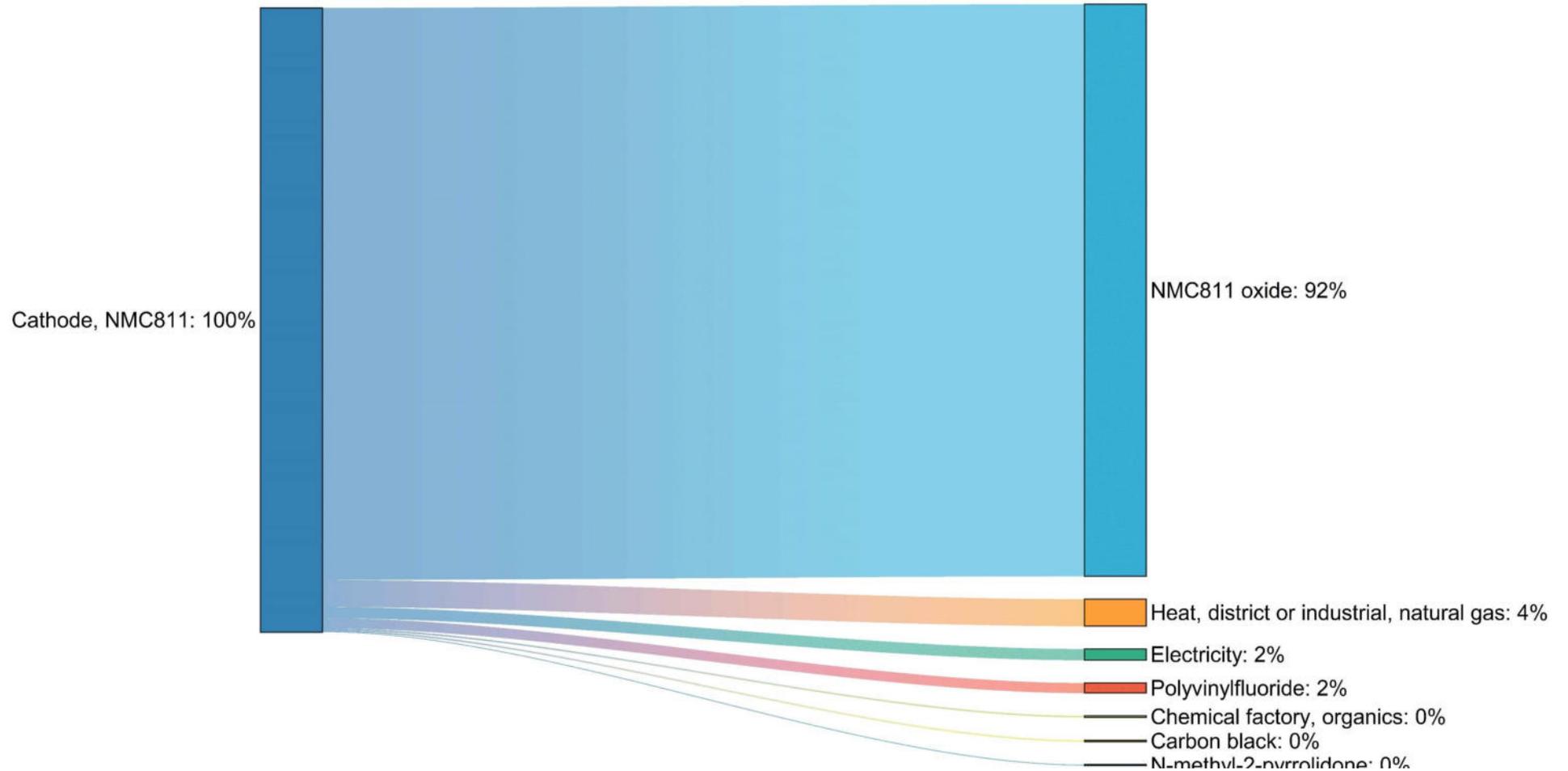
THG-Emissionen der Batterieproduktion

Sankey-Diagramm einer prismatischen Li-Ion-Batterie zelle



THG-Emissionen der Batterieproduktion

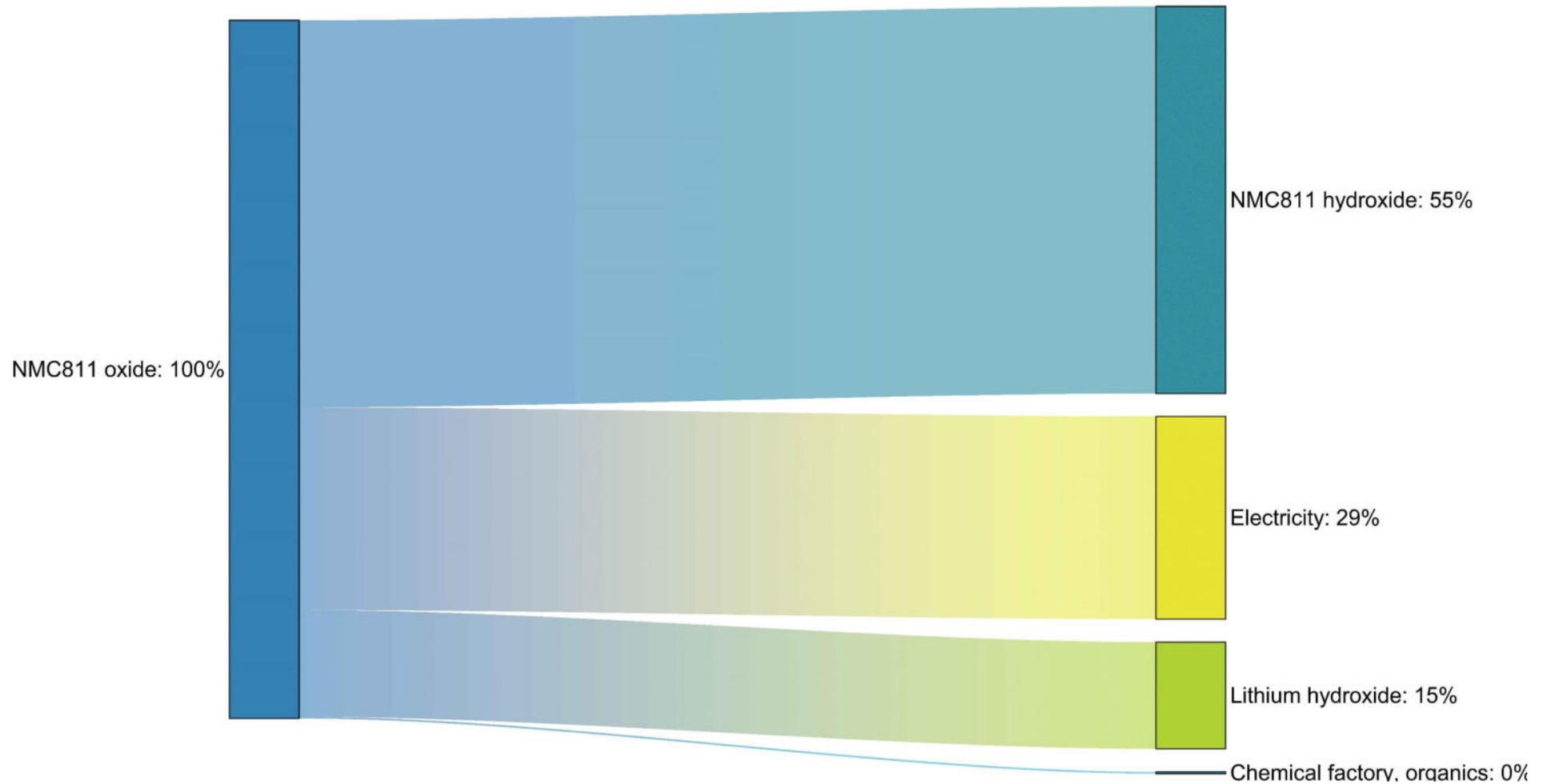
Sankey-Diagramm einer prismatischen Li-Ion-Batteriezellenkathode





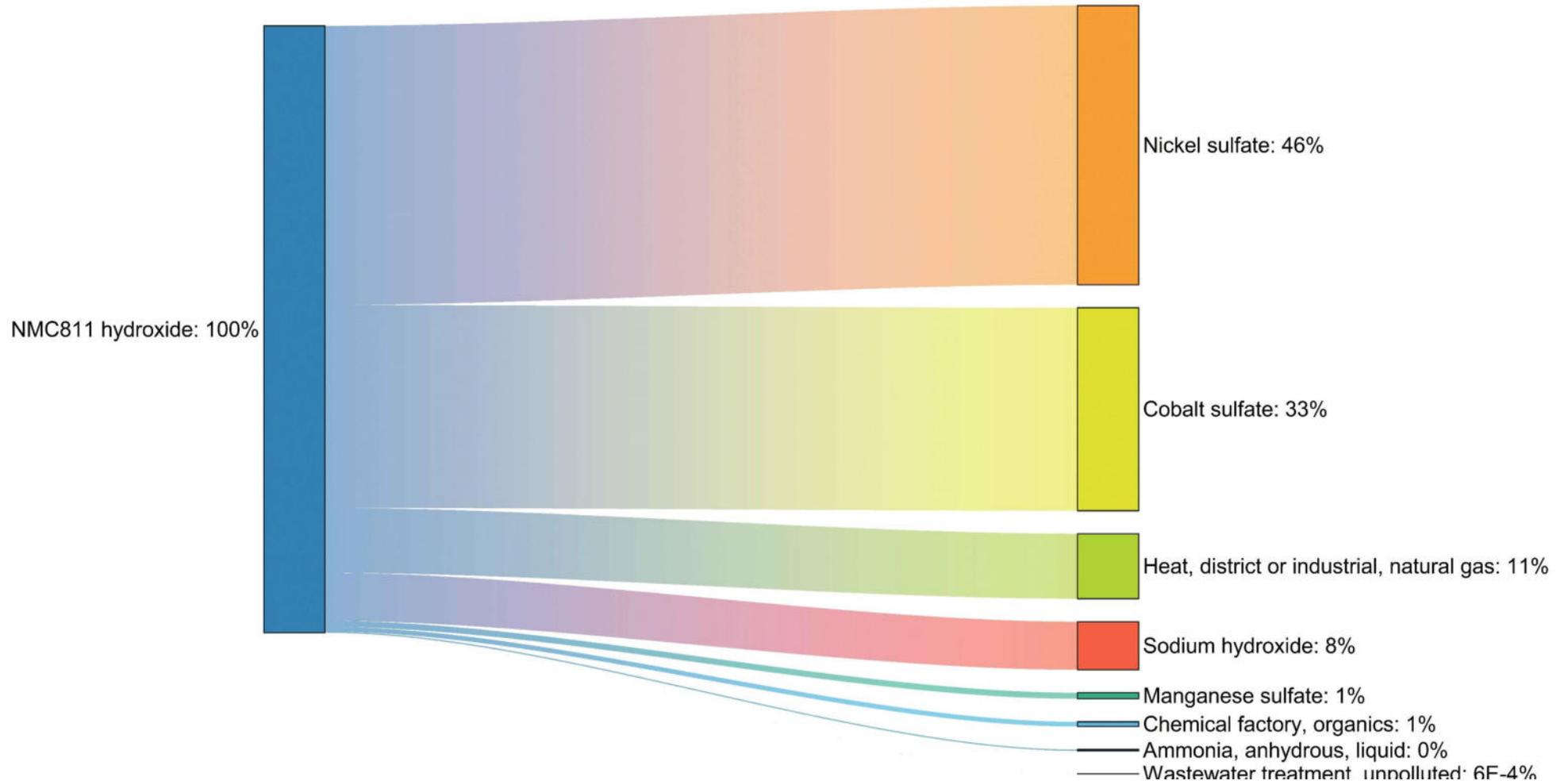
THG-Emissionen der Batterieproduktion

Sankey-Diagramm einer prismatischen Li-Ion-Batteriezellenkathode: NMC811-Oxid



THG-Emissionen der Batterieproduktion

Sankey-Diagramm einer prismatischen Li-Ion-Batteriezellenkathode: NMC811-Hydroxid





THG-Emissionen der LKW-Nutzung

Annahmen für LCA

Hauptparameter	Wert	Quelle
Durchschnittliche Beladung	19,3 t	VECTO ¹
Dieserverbrauch	26,3 l / 100 km	ETC 2021 ²
WTW Diesel	3,07 kg CO ₂ -eq. / l	[Gu21] ³
H ₂ -Verbrauch (FCEV)	7,71 kg / 100 km	Derived from range
H ₂ -Verbrauch (ICE)	9,33 kg / 100 km	
WTT H ₂ -Mix Deutschland	9,21 kg CO ₂ -eq. / kg	ISE ⁴
Stromverbrauch (BEV)	1,53 kWh / km	[Gu21] ³ & derived from range
WTT Strommix (Deutschland)	0,381 kg / kWh	OurWorldinData ⁵
Indirekte Emissionen*	1,89·10 ⁻⁵ kg CO ₂ -eq. / tkm	ecoinvent

¹ [Vehicle Energy Consumption calculation Tool - VECTO - European Commission \(europa.eu\)](#)

² [European Truck Challenge 2021](#)

³ <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102757>

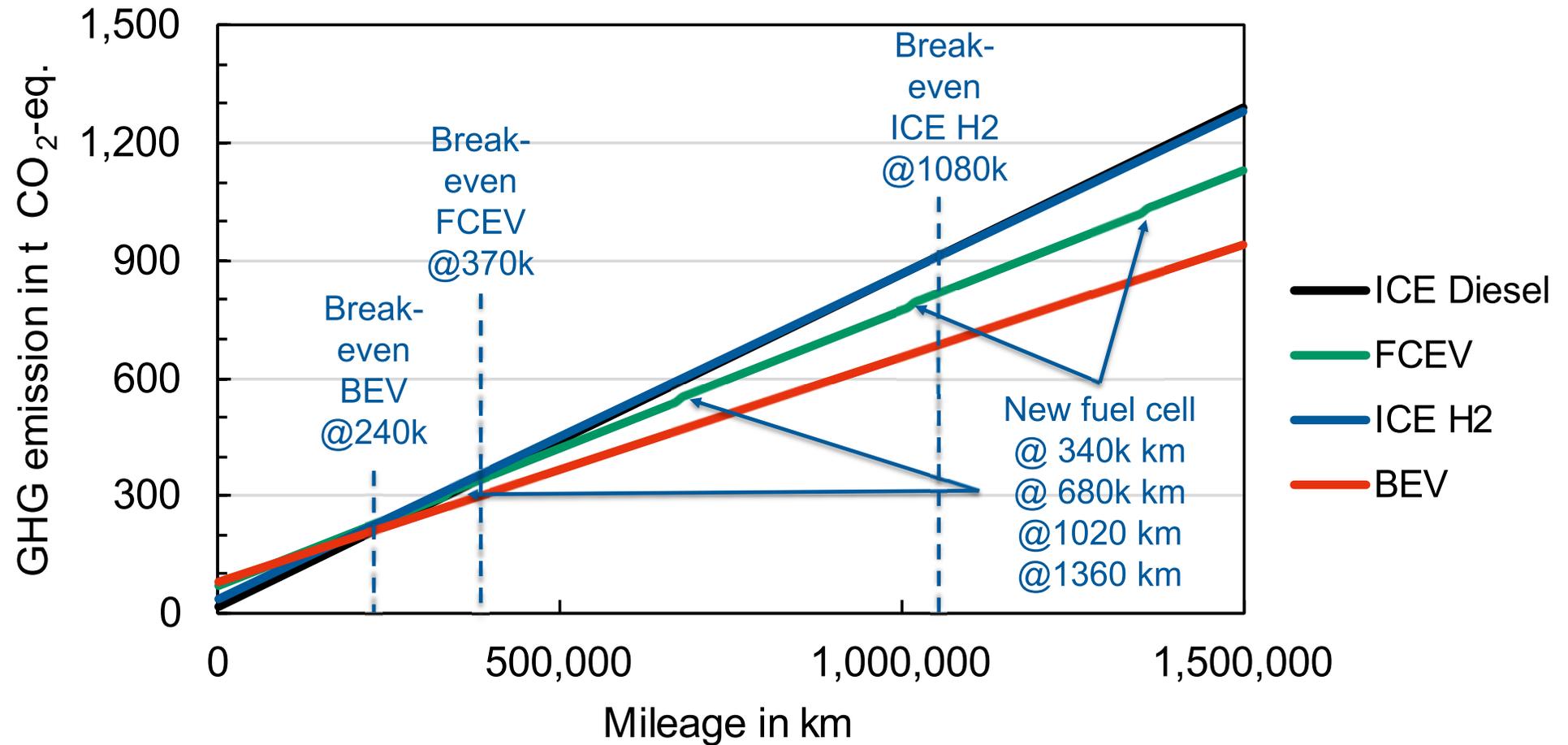
⁴ [Treibhausgas-Emissionen für Batterie- und Brennstoffzellenfahrzeuge mit Reichweiten über 300 km \(fraunhofer.de\)](#)

⁵ [Carbon intensity of electricity generation, 1990 to 2023 \(ourworldindata.org\)](#)

* maintenance; road; brake/road/tyre wear

THG-Emissionen der LKW-Nutzung

Break-Even-Punkte mit Diesel-Lkw in Deutschland





THG-Emissionen der LKW-Nutzung

Reden wir über die Auswirkungen des Strommixes und des grünen Wasserstoffs!

Hauptparameter	Wert	Quelle
Durchschnittliche Beladung	19,3 t	VECTO ¹
Dieserverbrauch	26,3 l / 100 km	ETC 2021 ²
WTW Diesel	3,07 kg CO ₂ -eq. / l	[Gu21] ³
H ₂ -Verbrauch (FCEV)	7,71 kg / 100 km	Aus Reichweite
H ₂ -Verbrauch (ICE)	9,33 kg / 100 km	Aus Reichweite
WTT Grüner H ₂ (EU RED II)	3,38 kg CO₂-eq. / kg	RED II ⁴
Stromverbrauch (BEV)	1,53 kWh / km	Aus Reichweite
Lebensdauer	1.500.000 km	Schätzwert
Indirekte Emissionen*	1,89·10 ⁻⁵ kg CO ₂ -eq. / tkm	ecoinvent

¹ [Vehicle Energy Consumption calculation Tool - VECTO - European Commission \(europa.eu\)](#)

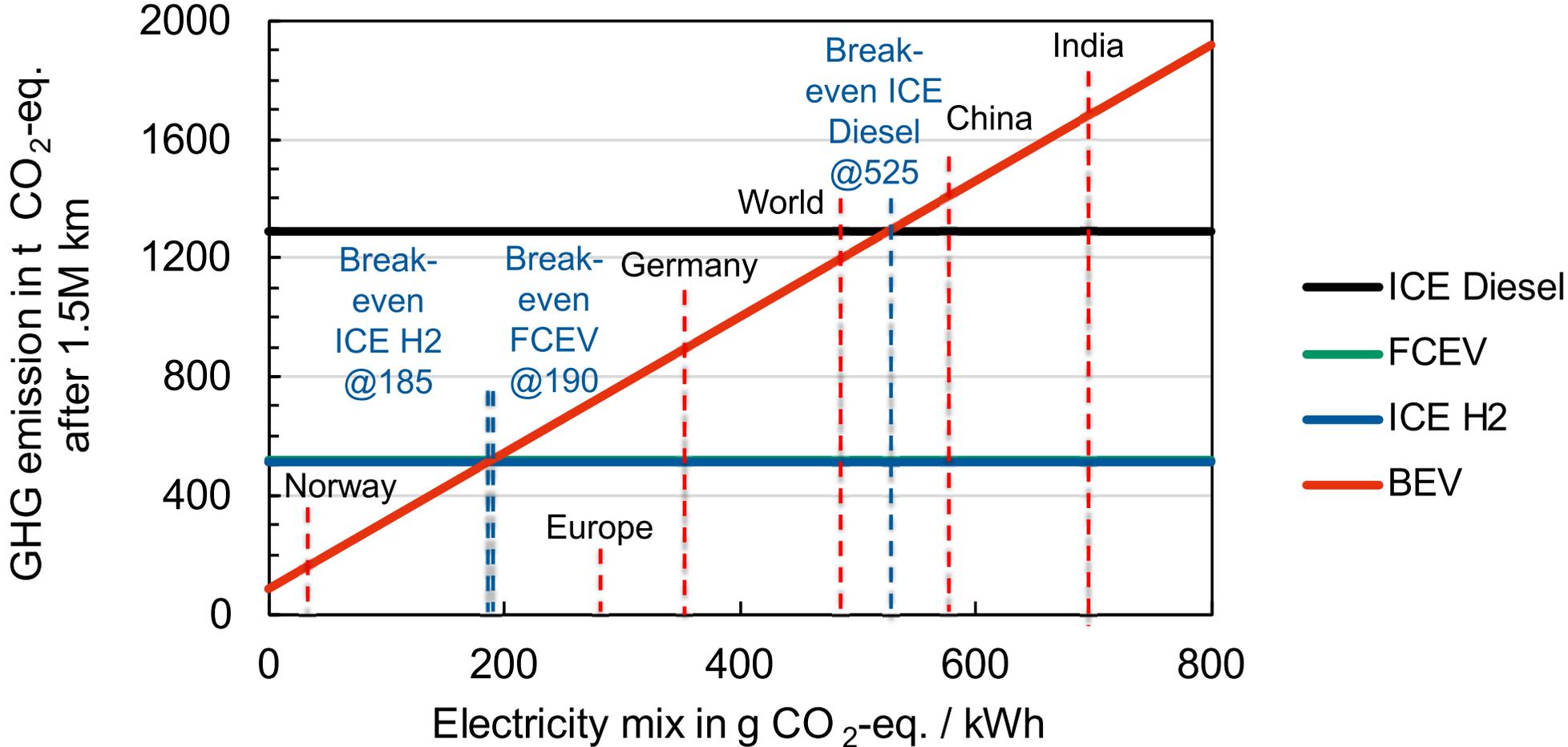
² [European Truck Challenge 2021](#)

³ <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102757>

⁴ [EU rules for renewable hydrogen \(europa.eu\)](#)

* maintenance; road; brake/road/tyre wear

Gesamtemissionen von BEV in Abhängigkeit vom Strommix - Vergleich mit grünem H₂



Zusammenfassung und Ausblick



LCA durchgeführt angelehnt an
ISO 14040 & ISO 14044:

Die kraftstoffbedingten Emissionen haben den größten
Einfluss auf die Lebenszyklusemissionen.

Beim derzeitigen Strommix in Deutschland weist der
BEV-Lkw die geringsten Lebenszyklusemissionen auf.

Im Vergleich zu grünen Wasserstoffantrieben muss
der Strommix deutlich unter 200 g CO₂-eq. / kWh
liegen, um den Break-Even-Point zu erreichen.

→ **Hebelwirkung des Strommixes bei lokaler
Produktion**



Studie 2: Geopolitisches Risiko notwendiger Rohstoffe
Fermi-Problem des Innovation Campus Frankfurt der Air Liquide



„Die Geopolitik kritischer Elemente“



Dr. Martin Rothämel





Wir brauchen Lösungen!



Ausbau erneuerbarer Energien



Innovative Energiespeicher



Intelligente Energienetze

Bilder erzeugt mit Leonardo AI

Notwendige Trends:

Skalierung Herstellung

Erhöhung Ressourceneffizienz

Effizienz Antriebssystem

Haltbarkeit der Batterien

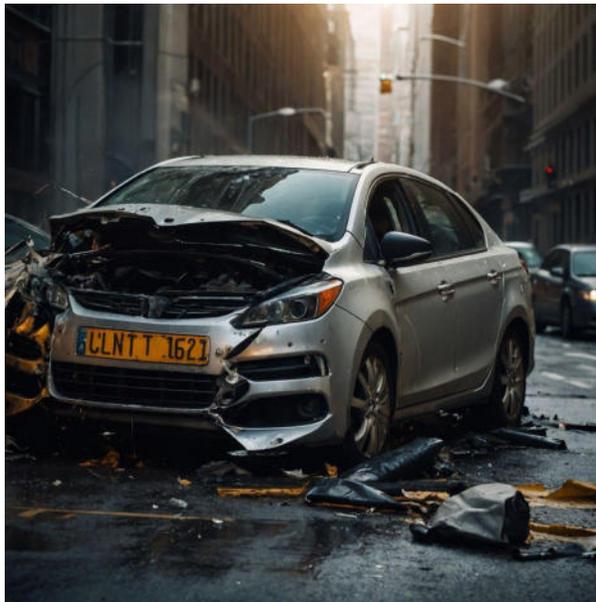
Wirtschaftlichkeit

„Kalter Maschinenbau“
(Kühlung, Drehzahlfestigkeit, Isolation, etc.)

USW.



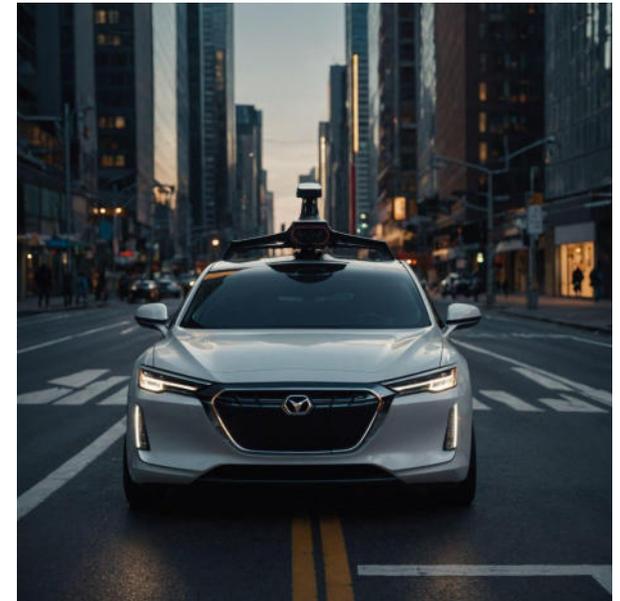
Bild erzeugt mit Leonardo AI



Fahrzeugsicherheit
(auch Cybersecurity)



Nachhaltigkeit
(Energie- und Ressourceneffizienz)



Autonomes Fahren

Bilder erzeugt mit Leonardo AI

Was machen wir in meiner Forschungsgruppe noch so den ganzen Tag?

Projekt „BALSAM“ - Brandverhalten und die Schadgaswirkung von Batterien



Was machen wir in meiner Forschungsgruppe noch so den ganzen Tag?

Projekt „COBRA“ – Entwicklung kobaltfreier Li-Ionen-Batterien für die Automobilindustrie



Was machen wir in meiner Forschungsgruppe noch so den ganzen Tag?

Projekt „extended“ – Modulare Feststoffbatterien für die Automobilindustrie



Und viele weitere...



Technische Hochschule
Ingolstadt

Campus für
Weiterbildung

*Interesse geweckt?
Werde ein Teil der THI!*

Hochschulische Weiterbildung

*Weiterbildung.
Weiter gedacht.*

Interesse geweckt? – Werde ein Teil der THI!



*Berufsbegleitende
Bachelorstudiengänge*



*Berufsbegleitende Master-/MBA-
Studiengänge*



Seminare, Modulstudium & Zertifikate

Elektromobilität und Fahrzeugelektrifizierung (M. Eng.)



Spezialisten für die Mobilität der Zukunft

Portfolio



Bachelor	Master: M. Sc. und M. Eng.	Master: MBA	Master: International	Zertifikate (Bachelor und Master)	Offene Seminare
B.A. Betriebswirtschaft	M. Sc. Angewandte Künstliche Intelligenz	MBA Beschaffungsmanagement	M. Sc. Global Engineering and Management 	Technisches Produktmanagement	Global Foresight Specialist
B.A. Digital Business	M. Sc. Wirtschaftsingenieurwesen - Digitalisierung	MBA Digital Business Management	MBA Global Management 	Unternehmerisches Nachhaltigkeitsmanagement	SCRUM Master
B. Eng. Fahrzeugtechnik	M. Sc. Cyber Security Engineer	MBA HR Social Media and Active Sourcing Manager	MBA Strategy, Global Risk & Security Management 	Strategisches und operatives Management	
B. Eng. Wirtschaftsingenieurwesen-Management	M. Eng. Elektromobilität & Fahrzeugelektrifizierung	MBA International Business	M. Eng. Automotive Production Engineering & Artificial Intelligence 	International Business	Unternehmensseminare
B. Eng. Nachhaltiges Produktionsmanagement	M. Eng. Green Engineering	MBA IT-Management		Mobilitäts- und Innovationsmanagement	In den Bereichen IT, Automotive und Gesundheit
B. A. Management in Gesundheitsberufen	M. Eng. Simulation Based Engineering	MBA Mobilitäts- und Innovationsmanagement		Hydrogen Technology Automotive Systems Engineering Autonomes Fahren Moderne Antriebstechnologien	
B. A. Management in Sozialberufen	M. Eng. Renewable Energies & Hydrogen Technology 	MBA Finance		Beschaffung	
	M. Eng. Automotive Engineering & Technology			Cyber Security	

Lasst uns in Kontakt bleiben!



Prof. Dr.-Ing. Alexander Gelner, MBA

Professur für Innovative Antriebssysteme und
Nutzfahrzeugtechnik

Fakultät Maschinenbau & C-ECOS

Technische Hochschule Ingolstadt

Alexander.Gelner@thi.de

+49 841 9348 2403



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit! Verbleiben noch Fragen?

