



# Entwicklung von Technologie und Kosten: Konventionelle vs. elektrifizierte Antriebskonzepte im Straßenverkehr

---

SYSTÖK – Policy Brief

## Policy Brief

# Entwicklung von Technologie und Kosten: Konventionelle vs. elektrifizierte Antriebskonzepte im Straßenverkehr

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt  
Institut für Fahrzeugkonzepte  
Samuel Hasselwander, Özcan Deniz, Benjamin Frieske

Erstellt im Rahmen des Impulsprojektes:  
Strategische Optionen für Energieträger im Verkehr (SYSTÖK)

Die Transformation der Antriebstechnologie leistet einen integralen Beitrag für eine zukunftssichere und klimaverträgliche Wirtschaft. Das DLR-Projekt SYSTÖK analysiert diese Transformation aus techno-ökonomischer Sicht. Das DLR gibt in acht Policy Briefs einen kompakten Überblick über die aktuelle und zukünftige Rolle von wasserstoff-basierten Antrieben und geeigneter Substitute im Straßen-, Schienen-, Luft- und Schiffsverkehr. Die

Policy Briefs führen die Erkenntnisse aus zahlreichen DLR-Forschungsprojekten und weiteren wissenschaftlichen Quellen zusammen. Die Policy Briefs richten sich an die Politik, Verbände und Unternehmen. Auch der interessierten Öffentlichkeit geben sie in aller Kürze Orientierung zu aktuellen techno-ökonomischen Fragen der klimaverträglichen Mobilität von morgen.

## Inhaltsverzeichnis

Management Summary	3
1. Relevante Antriebstechnologien und Fahrzeugkomponenten	4
2. Wertschöpfungsanteile diverser Antriebsstränge	5
3. Kostenstrukturen relevanter Antriebstechnologien	6
4. Ausblick und Handlungsempfehlungen	8
Literaturverzeichnis	11

## Management Summary

Das Brief vergleicht technologische Entwicklungen und Kostenstrukturen von konventionellen und elektrifizierten Antriebskonzepten im Straßenverkehr. Konventionelle verbrennungsmotorische Fahrzeugantriebe nutzen heute weitgehend fossile Kraftstoffe. Aufgrund ihrer Auswirkungen auf den Klimawandel und immer strengerer europäischer Flottenemissionsgrenzwerte werden sie durch klimafreundliche Alternativen ersetzt. Ziel dieses Briefs ist es, die bedeutenden Veränderungen aufzuzeigen, die bei einem wachsenden Anteil elektrifizierter Antriebe entstehen.

Die zentralen Ergebnisse zeigen, dass sich die Entwicklungsumfänge und Wertschöpfungsanteile im Fahrzeugantriebsstrang mit Umstieg von verbrennungsmotorischem hin zu elektrischem Antrieb verschieben: Das Batteriesystem macht mit bis zu 73 Prozent den höchsten Wertschöpfungsanteil an einem batterieelektrischen Antriebsstrang aus. Ein batterieelektrischer Pkw der Mittelklasse ist im Basisjahr 2020 noch rund 8.500 Euro teurer als ein vergleichbarer konventioneller Verbrenner. Bis 2030 könnte sich diese Kostendifferenz nach heutigen Szenarien auf rund 700 Euro reduzieren. Grund dafür sind unter anderem sinkende Batteriepreise. Parallel dazu können die Anschaffungskosten für Verbrennerfahrzeuge bis zum Jahr 2030 um bis zu 9 Prozent steigen. Die Ursache liegt in zukünftig möglichen Mehraufwendungen zur Effizienzsteigerung des Antriebsstrangs und um Emissionsstandards einzuhalten.

Im Bereich der schweren Nutzfahrzeuge, die für ein Gesamtgewicht von 40 Tonnen ausgelegt sind, stellt der verbrennungsmotorische Antriebsstrang aktuell und zukünftig die in der Anschaffung günstigste Variante dar. Die Anschaffungskosten für eine batterieelektrische Sattelzugmaschine könnten sich auf Basis heutiger Szenarien aufgrund technologischer Entwicklungspotenziale bis zum Jahr 2030 um rund 27 Prozent reduzieren. Durch die geringeren Betriebskosten sind sie damit im Betrieb kostengünstiger als ihre verbrennungsmotorischen Pendanten.

## Handlungsempfehlungen

- Konsequente Unterstützung des Aufbaus nationaler Wertschöpfung bei Schlüsseltechnologien der Elektro- und Wasserstoffmobilität durch Industriekooperationen und geeignete politische Rahmenbedingungen
- Schaffung finanzieller Anreize über die Wiederaufnahme des nationalen Förderprogramms für Klimafreundliche Nutzfahrzeuge und Infrastruktur (KsNi) für den Güterverkehr und Ausgleich der Mehrkosten für die Anschaffung elektrifizierter Pkw über die Wiedereinführung des Umweltbonus
- Eine parallele Förderung der Brennstoffzellen- und Wasserstofftanktechnologie ist insbesondere für schwere Nutzfahrzeuge weiterhin sinnvoll, um die Anforderungen höherer Reichweiten und kürzerer Betankungszeiten im Fernverkehr zu erfüllen, die mit batterieelektrischen Alternativen nicht ausreichend abgedeckt werden können.
- Neben dem Fokus auf die Reduzierung der Fahrzeuganschaffungskosten ist der bedarfsgerechte Ausbau der Lade- und Tankinfrastruktur für Pkw und Lkw für den Hochlauf der alternativen Fahrzeugantriebe entscheidend.
- Bereits heute sind für einige Anwendungen durch geringere Betriebskosten batterieelektrische Fahrzeuge unter Gesamtkostenbetrachtungen (Total Cost of Ownership, TCO) kostengünstiger als konventionelle Fahrzeuge.
- Unter gesamtwirtschaftlichen Überlegungen sollte die Batterieentwicklung weiter unterstützt werden (zum Beispiel zur Erforschung neuer, kostengünstigerer Zellchemien), da durch erschwinglichere Elektrofahrzeuge das Verkehrssystem schneller dekarbonisiert werden kann.

## 1. Relevante Antriebstechnologien und Fahrzeugkomponenten

Die Automobilindustrie durchläuft gegenwärtig einen grundlegenden Wandel, der sowohl den Bereich der Personenkraftwagen (Pkw) als auch den der Lastkraftwagen (Lkw) betrifft. Klassische verbrennungsmotorische Fahrzeugantriebe, die heute weitestgehend auf der Nutzung fossiler Kraftstoffe basieren, müssen aufgrund ihrer Auswirkungen auf den Klimawandel und der immer strengeren europäischen Flottenemissionsgrenzwerte mittelfristig durch klimaneutrale Lösungen ersetzt werden (Europäischer Rat, 2022). Dies hat eine Elektrifizierung des Antriebsstrangs zufolge, so dass heute vom Hybrid- oder Plug-In-Hybrid- bis hin zum reinen Elektro- oder Brennstoffzellenfahrzeug eine Vielzahl unterschiedlicher Modelle mit unterschiedlichen Antriebstechnologien und Komponenten auf dem deutschen Fahrzeugmarkt verfügbar sind. Mit Blick auf die Strategien der

Fahrzeughersteller wird derzeit eine klare Ausrichtung auf batterieelektrische Antriebe deutlich (e-mobil BW, 2024): Es zeigt sich eine Veränderung in den Entwicklungsumfängen und Fahrzeugvarianten, wobei klassische verbrennungsmotorische Komponenten zugunsten neuer Komponenten im elektrischen Antriebsstrang, wie Batterie, Elektromotor und Leistungselektronik, reduziert werden. Abbildung 1 stellt die Komponenten dar, die im Zuge des Technologiewandels hin zur Elektromobilität neu entwickelt beziehungsweise modifiziert werden oder gar gänzlich entfallen.

Diese Entwicklungen haben nicht nur Auswirkungen auf die Technologie der Fahrzeuge selbst, sondern verändern auch die Wertschöpfungsanteile am Fahrzeug grundlegend. Der Fokus verschiebt sich zunehmend von der Mechanik hin zur Elektrik/Elektronik, verbunden mit einem signifikanten Risiko sich verlagernder Wertschöpfung

Antriebskonzepte	ICEV	HEV	PHEV	REEV	BEV	FCEV
Komponenten	Veränderungen der Systeme bis 2030					
Verbrennungsmotor	Modifiziert	Modifiziert	Modifiziert	Modifiziert	Entfällt	Entfällt
Starter & Lichtmaschine	Modifiziert	Modifiziert	Modifiziert	Modifiziert	Entfällt	Entfällt
Abgasanlage / Luftsystem	Modifiziert	Modifiziert	Modifiziert	Modifiziert	Entfällt	Modifiziert
Kraftstoffversorgung	Modifiziert	Modifiziert	Modifiziert	Modifiziert	Entfällt	Modifiziert
Getriebe	Modifiziert	Modifiziert	Modifiziert	Modifiziert/ Entfällt	Modifiziert/ Entfällt	Modifiziert/ Entfällt
Elektrische Antriebsmaschine	n.V.	Neu	Neu	Neu	Neu	Neu
Batterie-System für Antrieb	n.V.	Neu	Neu	Neu	Neu	Neu
Leistungselektronik	n.V.	Neu	Neu	Neu	Neu	Neu
Onboard-Ladegerät	n.V.	n.V.	Neu	Neu	Neu	n.V.
Brennstoffzellen-System	n.V.	n.V.	n.V.	n.V.	n.V.	Neu

**ICEV:** verbrennungsmotorisches Fahrzeug (Internal Combustion Engine Vehicle), **HEV:** Hybridfahrzeug (Hybrid Electric Vehicle), **PHEV:** Hybridfahrzeug mit Lademöglichkeit (Plug-in Hybrid Electric Vehicle), **REEV:** Elektrofahrzeug mit Reichweitenverlängerung (Range-extended Electric Vehicle), **BEV:** Batterieelektrisches Fahrzeug (Battery Electric Vehicle), **FCEV:** Brennstoffzellenfahrzeug (Fuel Cell Electric Vehicle)

Abbildung 1: Neue, modifizierte und entfallende Antriebskomponenten im Zuge des Technologiewandels zur Elektromobilität im Hinblick auf verschiedene Antriebskonzepte (e-mobil BW, 2023)

und Beschäftigung für die deutsche Automobilindustrie. Zudem sind weitere signifikante Wertschöpfungsanteile durch neue Komponenten zur (Hoch-)Automatisierung beziehungsweise zum autonomen Betrieb der Fahrzeuge und notwendiger Software zu erwarten. Diese werden im Rahmen dieses Briefs jedoch nicht weiter vertieft.

## 2. Wertschöpfungsanteile diverser Antriebsstränge

Ungefähr ein Viertel der Wertschöpfung eines konventionellen, verbrennungsmotorisch betriebenen Pkw entfällt auf den Antriebsstrang (e-mobil BW, 2022). Dabei umfasst die Wertschöpfung alle Aktivitäten, die zur Entwicklung, Produktion und Montage des Fahrzeuges beitragen und so aus vorhandenen Gütern ein Produkt mit höherem monetärem Wert schaffen. Bei den aktuellen hocheffizienten direkt einspritzenden Turbomotoren liegt die Wertschöpfung überwiegend innerhalb der Herstellung von mechanischen Bauteilen wie dem Verbrennungsmotor, dem Getriebe und der Peripherie (Kühlkreisläufe, Lichtmaschine, Klimakompressor). Dabei liegt mit über 35 Prozent das größte Wertschöpfungspotenzial beim Verbrennungsmotor (UBS Limited, 2017). Mit Erweiterung des verbrennungsmotorischen Antriebsstrangs um Start-Stopp-Funktionalitäten oder Mild-Hybridisierung sowie dem zunehmenden Einsatz von Automatisierungsfunktionen steigt ebenfalls der Wertschöpfungsanteil der Steuergeräte

(zum Beispiel der Engine Control Unit, ECU) sowie entsprechender Sensorik (e-mobil BW, 2023). Abbildung 2 vergleicht die Wertschöpfungsanteile verbrennungsmotorischer und batterieelektrischer Antriebsstränge sowie den der Wasserstoff-Brennstoffzelle. Dabei wird deutlich, dass bei einem batterieelektrischen Fahrzeug aufgrund der steigenden verbauten Batteriekapazitäten und der hohen Materialkosten der Batteriezellen die größten Wertschöpfungsanteile mit bis zu 73 Prozent aus der Batterie resultieren (DLR, 2023). Die restlichen Kosten ergeben sich aus dem Elektromotor, der Leistungselektronik sowie dem Bordnetz- und Thermomanagement, wobei der Elektromotor, je nach Typ und Anzahl, auch mehr als 10 Prozent Wertschöpfungsanteil ausmachen kann. Beim Brennstoffzellenantrieb liegt der Hauptanteil der Wertschöpfung im Brennstoffzellensystem sowie dem Wasserstofftank. Für die Brennstoffzelle ergeben sich Wertschöpfungsanteile von rund 60 Prozent vor allem aus den aktuell noch sehr hohen Kosten für Bipolarplatten und Membran-Elektroden-Einheiten bei gleichzeitig sehr geringen Produktionsstückzahlen automotiver Brennstoffzellensysteme (James et al., 2018). Letztere tragen wie auch die aufwändigen Produktionsverfahren der Wasserstoff-Drucktanks aus Kohlefaser zum hohen Wertschöpfungsanteil der Wasserstoffspeicher von rund 32 Prozent bei (Houchins et al., 2017).

Szenarioanalysen verdeutlichen, dass die Marktanteile elektrifizierter Antriebsstränge auch im

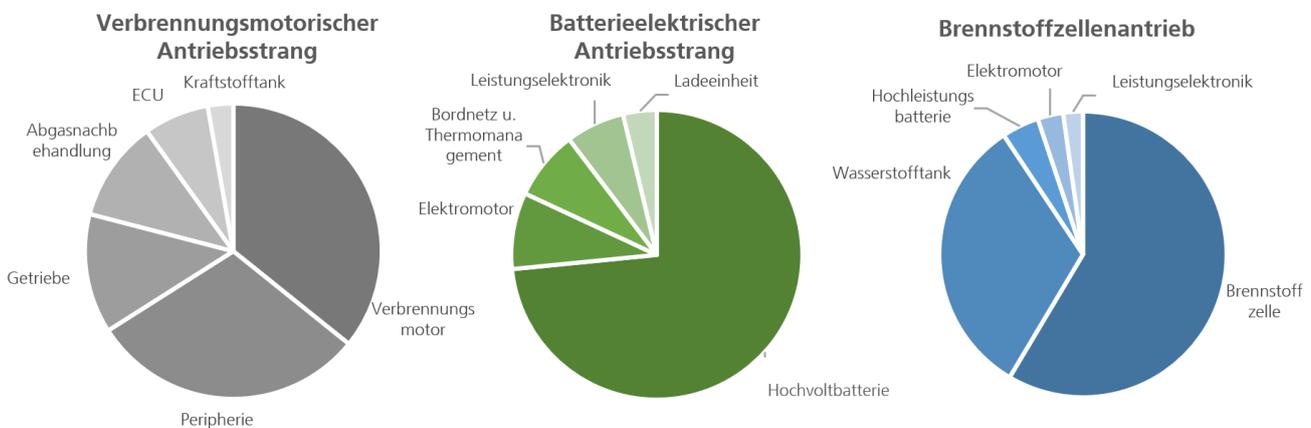


Abbildung 2: Wertschöpfungsanteile unterschiedlicher Fahrzeugantriebsstränge (DLR, 2023; e-mobil BW, 2023)

Volumensegment in absehbarer Zeit signifikant steigen werden (e-mobil BW, 2023). Gegenwärtig stellen Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren und Start-Stopp-Systemen bereits den aktuellen Stand der Technik dar. Zugleich nimmt der Anteil von Mild-Hybridfahrzeugen zu, die durch zusätzliche Rekuperations- und Boost-Funktionen sowie elektrifizierte Nebenaggregate im Vergleich zu Mikro-Hybridfahrzeugen weiteres Effizienzpotenzial aufweisen (McKinsey & Company, 2020). Es wird erwartet, dass ab 2030 verbrennungsmotorische Fahrzeuge ausschließlich in Form von Mild-Hybriden verfügbar sein werden, vor allem getrieben durch weiter notwendige Verbrauchsoptimierungen und die Erfüllung der Euro-7-Abgasnorm. Infolgedessen wird die Anzahl von Fahrzeugen mit elektrifizierten Antriebskomponenten bis 2030 kontinuierlich steigen, auch durch das zunehmende Marktpotenzial von Voll- und Plug-in-Hybriden. Bis zu diesem Zeitpunkt werden voraussichtlich alle Neuzulassungen von Pkw zumindest teilweise elektrifiziert sein, und im progressiven Szenario könnte im Jahr 2030 der Anteil neu zugelassener Pkw gänzlich ohne Verbrennungsmotor bereits etwa 57 Prozent betragen (e-mobil BW, 2023).

Mit dem fortschreitenden Technologiewandel im Antriebsbereich verändern sich ebenfalls die Wertschöpfungsanteile am Fahrzeug, wobei sich diese zunehmend in Richtung der elektrifizierten Komponenten verschieben. Durch die Veränderung der Schlüsselkomponenten eines zukünftig stärker elektrifizierten und digitalisierten Fahrzeuges ergeben sich neue Anforderungen für Fahrzeug- und Komponentenhersteller sowie zudem auch neue strategische Abhängigkeiten in den Produktionsnetzwerken und Lieferketten.

### 3. Kostenstrukturen relevanter Antriebstechnologien

Mit einem Anteil von 62 Prozent aller neu zugelassenen Fahrzeuge ist das mittlere Fahrzeugsegment das derzeit volumenstärkste im deutschen Pkw-Markt. Dieses umfasst Fahrzeugmodelle wie zum Beispiel den VW Golf, den BMW 3er, die Mercedes C-Klasse sowie das Tesla Model Y. Entsprechende Fahrzeuge weisen je Antriebsstrang typischerweise eine Nennleistung von 120 bis 180 Kilowatt auf und haben einen Listenpreis im Bereich von 30.000 bis 50.000 Euro. Die durchschnittliche Brutto-Batteriekapazität eines batterie-

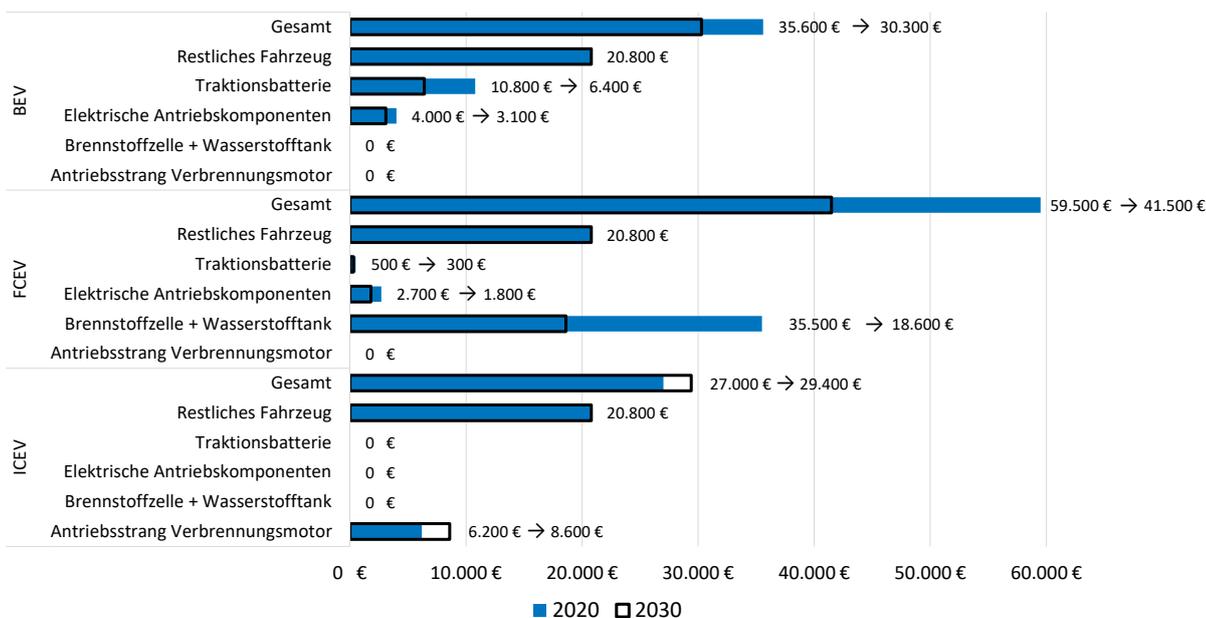


Abbildung 3: Exemplarische Entwicklung der Anschaffungskosten verschiedener Mittelklasse Antriebstechnologien für Pkw bis 2030 in Euro<sub>2020</sub> auf Basis von DLR VECTOR21-Simulationen (inklusive Margen, exklusiv MwSt. und Kaufprämien).

elektrischen Fahrzeugs (Battery Electric Vehicle, BEV) in diesem mittleren Fahrzeugsegment liegt bei circa 60 Kilowattstunden, die eines Plug-In Hybridfahrzeuges (Plug-In Electric Vehicle, PHEV) liegt bei circa 13 Kilowattstunden.

Abbildung 3 stellt die Netto-Kostenentwicklungen unterschiedlicher Antriebskomponenten von Mittelklassefahrzeugen mit verbrennungsmotorischem, brennstoffzellenelektrischem und batterieelektrischem Antriebsstrang dar. Dabei wird gegenwärtig von Kosten für ein Lithium-Ionen-Batteriepack von etwa 137 Euro pro Kilowattstunde ausgegangen. Zusätzlich wird im Bereich der schweren Nutzfahrzeuge angenommen, dass die Traktionsbatterie aufgrund der anspruchsvolleren Batterieintegration im Nutzfahrzeugsegment mit einem Aufschlag eines Faktors 1,2 kalkuliert werden sollte (IEA, 2022). Hinsichtlich der Entwicklungen der Batteriekosten wird auf das progressive DLR VECTOR21-Szenario der „Strukturstudie BW 2023“ zurückgegriffen (e-mobil BW, 2023). Darin wird durch Skalen- und Lernkurveneffekte aufgrund steigender Produktionsvolumina sowie Investitionen in effizientere Produktions-

techniken davon ausgegangen, dass die Kostenschwelle von 100 Euro pro Kilowattstunde im Jahr 2025 unterschritten wird und die Batteriekosten im Jahr 2030 bei etwa 81 Euro pro Kilowattstunde liegen. Mit den entsprechend berücksichtigten Margen und Deckungsbeiträgen ergeben sich so Batteriekosten für ein Mittelklasse-BEV von rund 10.800 Euro im Jahr 2020 und 6.370 Euro im Jahr 2030. Im Jahr 2020 liegen die Differenzkosten zwischen ICE und BEV damit bei etwa 8.500 Euro (exklusive Mehrwertsteuer und Kaufprämien). Diese reduzieren sich unter den getroffenen progressiven Annahmen des Szenarios bis zum Jahr 2030 auf etwa 700 Euro – mit signifikanten Effekten auf die Geschwindigkeit des Markthochlaufs elektrifizierter Pkw für relevante Kundensegmente. Im Detail sind diese Ergebnisse im Rahmen der Strukturstudie BW 2023 beschrieben (e-mobil BW, 2023). Neben den sinkenden Batteriekosten ist die

Entwicklung auch auf Kostenreduktionen bei der Leistungselektronik und dem Elektromotor (in Abbildung 3 unter elektrische Antriebskomponenten zusammengefasst) und auf steigende Kosten für

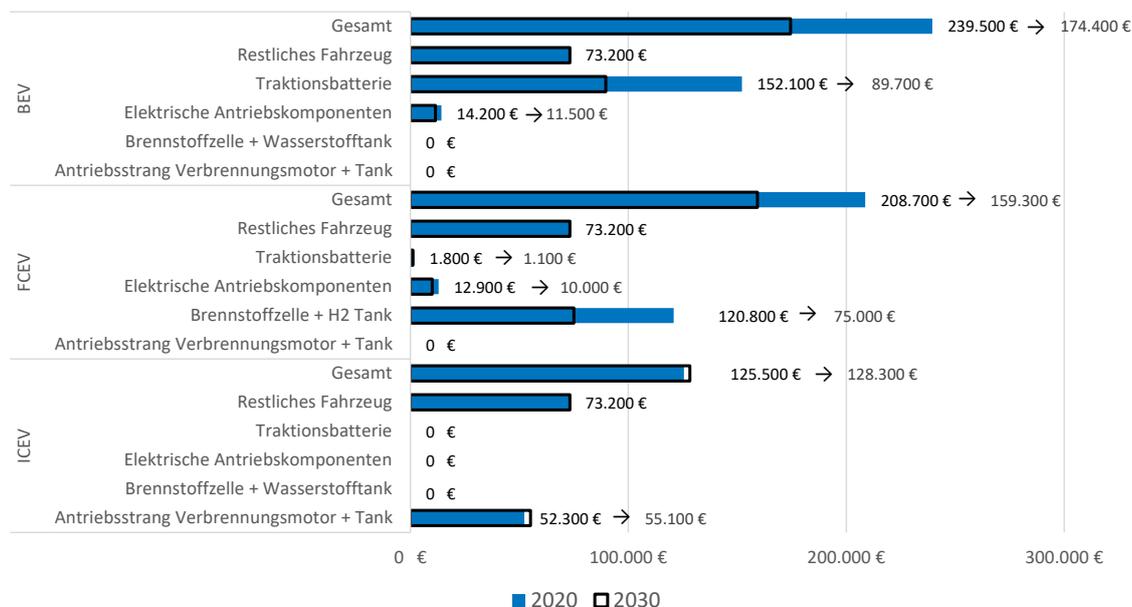


Abbildung 4: Exemplarische Entwicklung der Anschaffungskosten verschiedener Antriebstechnologien für Lkw bei 40 t-Sattelzugmaschinen ohne Sattelanhänger bis 2030 in Euro<sub>2020</sub> auf Basis von DLR VECTOR21-Simulationen (inklusive Margen, exklusiv MwSt. und Kaufprämien).

verbrennungsmotorische Effizienztechnologien, wie zum Beispiel eine 48V-Mild-Hybridisierung des Antriebsstrangs, zurückzuführen, die sowohl zur Einhaltung gesetzlicher Emissionsgrenzwerte als auch zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs notwendig sind.

Da die Stückzahlen im Bereich der Brennstoffzellenherstellung gegenwärtig noch sehr niedrig sind, wird auf Basis der Studie von Strategic Analysis für das U.S. Department of Energy davon ausgegangen, dass die Kosten für Pkw-Brennstoffzellen aktuell bei etwa 178 Euro pro Kilowatt Elektrolyseleistung liegen (James et al., 2018). In der Szenario-Analyse führt eine angenommene Steigerung der Produktionsmenge aufgrund von Skaleneffekten zu Zielkosten von 76 Euro pro Kilowatt. Trotz dieser eher ambitioniert angenommenen Kostendegression werden FCEV im Jahr 2030 noch deutlich teurer sein als vergleichbare BEV.

Abbildung 4 zeigt die Veränderungen der Netto-Anschaffungskosten für eine Sattelzugmaschine, die auf den Betrieb mit einem Sattelanhänger und ein maximales Gesamtgewicht von 40 Tonnen ausgelegt ist. Dabei werden verbrennungsmotorische, brennstoffzellenelektrische und batterieelektrische Antriebsstränge im Rahmen des Progressiv-Szenarios der Strukturstudie BW 2023 (emobil BW, 2023) für die Jahre 2020 und 2030 verglichen. Im beobachteten Zeitfenster verzeichnen die Kosten für das batterieelektrische Fahrzeug einen Rückgang um 27 Prozent, während die des brennstoffzellenelektrischen Fahrzeugs um 24 Prozent sinken. Der deutlichste Kostentreiber bei rein elektrischen Fahrzeugen ist der Preisrückgang bei Hochenergiebatterien um über 40 Prozent im besagten Zeitraum. Bei Brennstoffzellenfahrzeugen sind die Produktionskosten für das Brennstoffzellensystem und die Wasserstofftanksysteme, die annahmegemäß bis 2030 um etwa 35 Prozent sinken, ausschlaggebende Faktoren für die Kostenreduktion.

Im Gegensatz dazu erhöhen sich die Kosten für die verbrennungsmotorisch-betriebene Sattelzugmaschine in der gleichen Zeitspanne um circa

5 Prozent, hauptsächlich aufgrund zusätzlicher Aufwände zur Effizienzsteigerung, um zur Einhaltung von Emissionsstandards beizutragen. Bei einem direkten Vergleich der drei Antriebsarten ist festzustellen, dass im Jahr 2020 die Fertigungskosten der elektrischen Alternativen über jenen der Dieselvariante liegen, bis zum Jahr 2030 aber die Kostenunterschiede um etwa ein Drittel reduziert werden. Trotzdem wird erwartet, dass über den beobachteten Zeitraum elektrische Antriebsoptionen in Bezug auf die Anschaffungskosten nicht günstiger als Dieselvarianten sein werden.

Im Rahmen des Förderprogramms für klimafreundliche Nutzfahrzeuge werden derzeit 80 Prozent der Mehrkosten für elektrische Fahrzeuge vom Staat getragen (BALM, 2023). Nach dieser Kostenschätzung würde eine batterieelektrische Sattelzugmaschine im Jahr 2020 mit etwa 91.000 Euro und im Jahr 2030 mit rund 37.000 Euro gefördert. Ein Brennstoffzellenfahrzeug könnte im Jahr 2020 mit 67.000 Euro und 2030 mit etwa 25.000 Euro bezuschusst werden – eine Weiterführung des Förderprogramms vorausgesetzt.

#### 4. Ausblick und Handlungsempfehlungen

Der Wandel der Automobilindustrie hin zu klimaneutralen Fahrzeugantrieben führt zu einer vermehrten Elektrifizierung des Antriebsstrangs und reduziert damit zunehmend die Bedeutung verbrennungsmotorischer Komponenten. Bei hybriden Fahrzeugkonzepten führen neue Komponenten wie die elektrische Maschine, die zugehörige Leistungselektronik und die Traktionsbatterie zu erweiterten Entwicklungsumfängen. Bei rein batterieelektrischen Fahrzeugen entfallen hingegen alle verbrennungsmotorischen Komponenten vollständig.

Die Szenarioanalysen zeigen, dass die Marktanteile elektrifizierter Antriebsstränge auch im Volumensegment in naher Zukunft erheblich zunehmen werden. Dies führt dazu, dass sich der Entwicklungsschwerpunkt zunehmend von der

Mechanik hin zur Elektrik/Elektronik verschiebt. Was ein Risiko für die Verlagerung von Wertschöpfung und Arbeitsplätzen in der traditionell stark auf Verbrennungsmotoren fokussierten deutschen Automobilindustrie darstellt.

### **Handlungsempfehlung 1: Unterstützung des Aufbaus nationaler Wertschöpfung bei Schlüsseltechnologien der Elektromobilität**

Die Verschiebung von Wertschöpfungsanteilen im Zuge des Technologiewandels verändert die deutsche Automobilindustrie grundlegend, da bestehende Geschäftsmodelle, Wertschöpfungsprozesse und -strukturen in der Fahrzeugentwicklung sowie in der Fahrzeugproduktion angepasst oder gänzlich neu gestaltet und an die sich ändernden Anforderungen angepasst werden müssen. Gerade im Bereich der Entwicklung hoch-effizienter Verbrennungsmotoren besitzen deutsche Fahrzeughersteller im Verbund mit den Zulieferern ausgeprägtes Know-how, das zu hoher Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit im internationalen Vergleich führt. Diese Wettbewerbsfähigkeit ist insbesondere bei den Zulieferern in Gefahr, da diese zu großen Teilen auf den Antriebsstrang und verbrennungsmotorische Komponenten spezialisiert sind. In Baden-Württemberg beispielsweise sind dies über 40 Prozent der bestehenden Zuliefererunternehmen (e-mobil BW, 2023). Handlungsempfehlungen zielen deshalb auf die Unterstützung der Transformation entsprechender Unternehmen ab, um diese für den Technologiewandel zu befähigen (Beratung zu neuen Produkten, Technologien, Kompetenzen; Unterstützung von Qualifizierung und Weiterbildungsmaßnahmen) und die Wettbewerbsfähigkeit bei Forschung, Entwicklung und Produktion zu stärken. Zum Beispiel durch Intensivierung der Forschungsförderung bei Schlüsseltechnologien der Elektromobilität, Unterstützung des Aufbaus von Forschungs- und Innovationsverbänden, Unterstützung im Transfer zur Anwendung und der Hochskalierung in Produktionsverbänden und -netzwerken, Verbesserung der unternehmerischen Rahmenbedingungen sowie Schaffung von im internationalen Vergleich wettbewerbsfähigen Standortbedingungen.

Mit der Verschiebung von Wertschöpfungsanteilen ist zusätzlich auch eine geografische Verlagerung der Wertschöpfung weg aus dem deutschen und europäischen Raum hin zu asiatischen Regionen verbunden. Insbesondere China nimmt bei der für die Wertschöpfung und Wettbewerbsfähigkeit zukünftiger elektrifizierter Fahrzeugmodelle relevantesten Komponente, dem Batteriesystem, sowohl in Forschung und Entwicklung als auch in der Produktion eine herausragende Stellung ein. Große Risiken entstehen dadurch nicht nur für die Beschäftigung an den bestehenden Produktionsstandorten in Deutschland, sondern zusätzlich auch durch neue strategische Abhängigkeiten in den Produktions- und Lieferketten. Handlungsempfehlungen zielen deshalb darauf ab durch die Bereitstellung von Flächen, die Optimierung von Genehmigungsverfahren und die Gestaltung von Investitionsanreizen den Aufbau lokaler Produktionskapazitäten zielorientiert zu unterstützen. Weiterhin ist es notwendig resiliente Wertschöpfungsstrukturen und Lieferketten zu schaffen. Zum Beispiel durch die Förderung der Entwicklung neu-artiger Technologien mit geringeren strategischen Abhängigkeiten, Unterstützung des Aufbaus von Ökosystemen bei Schlüsseltechnologien, unter anderem durch die Förderung des Abbaus lokaler (europäischer) Rohstoffe, des Aufbaus von Recycling-Anlagen sowie von Konzepten der Kreislaufwirtschaft.

### **Handlungsempfehlung 2: Finanzielle Anreize zur Fahrzeuganschaffung**

Aufgrund der durch Skaleneffekte sinkender Batteriepreise und Mehraufwendungen für Effizienzsteigerungen verbrennungsmotorischer Antriebsstränge zum Beispiel durch (Mild-) Hybridisierung reduziert sich die Kostendifferenz zwischen einem batterieelektrischem und einem verbrennungsmotorischem Pkw der Mittelklasse im Jahr 2030 auf nur noch rund 700 Euro. Um im Zuge des Wandels hin zur Elektromobilität Kostenparität zwischen den Antriebstechnologien zu erreichen, ist weiterhin eine gezielte Förderung von Batterietechnologien erforderlich. Dies umfasst die Erforschung neuer, kostengünstigerer Zellchemien, die Optimierung der Zellproduktion sowie die Ent-

wicklung innovativer Packaging-Technologien um die Energiedichte auf Fahrzeugebene auch bei preisgünstigen Batteriezellen zu erhöhen. Zudem könnte die Kostendifferenz durch die Wiederaufnahme des Umweltbonus auch bereits kurzfristig ausgeglichen werden. Denkbar wäre weiterhin auch die Entwicklung neuer, sozial verträglicher Leasingkonzepte um gezielt auch Geringverdienende bei der Anschaffung eines batterieelektrischen Fahrzeuges zu unterstützen. Zusätzlich zur Senkung der Fahrzeuganschaffungskosten ist der gezielte Ausbau der Lade- und Tankinfrastruktur für Pkw und Lkw entscheidend, um die Einführung alternativer Fahrzeugantriebe zu beschleunigen.

Die Kostenuntersuchungen für Nutzfahrzeuge zeigen, dass unter den getroffenen Annahmen die Anschaffungskosten bis 2030 um 27 Prozent für batterieelektrische und um 24 Prozent für brennstoffzellenelektrische Sattelzugmaschinen sinken werden. Trotzdem wird erwartet, dass elektrische Antriebsoptionen hinsichtlich der Anschaffungskosten über den beobachteten Zeitraum nicht günstiger als Dieselvarianten werden. Hinsichtlich der Gesamtkosten sind batterieelektrische Lkw aber bereits heute für viele Anwendungen kostengünstiger. Daher ist die Wiederaufnahme des staatlichen Förderprogramms „Klimaschonende Nutzfahrzeuge und Infrastruktur“ mittelfristig von großer Relevanz, um die Anschaffungskosten weiter zu senken und die Marktakzeptanz für elektrische Nutzfahrzeuge zu erhöhen. Mittelfristig werden sich batterieelektrische Lkw bei ausreichender Ladeinfrastruktur aufgrund der geringeren TCO wahrscheinlich auch ohne Förderung durchsetzen, sodass diese zeitnah wieder reduziert und abgeschafft werden kann. Für die Transportbranche und die Nutzfahrzeugindustrie bietet das Förderprogramm heute Investitionssicherheit und reduziert durch Zuschüsse das finanzielle Risiko.

### **Handlungsempfehlung 3: Förderung der Forschung und Entwicklung von Batterietechnologien und Brennstoffzellensystemen**

Insbesondere sollten Anreize zur gezielten Investition in die Forschung und Entwicklung von Batterietechnologien und Brennstoffzellensystemen

intensiviert werden. Ebenso ist die Ausweitung der Investitionen in den Aufbau von Produktionsanlagen für Batteriesysteme und Brennstoffzellen notwendig, um auf eine Marktnachfrage frühzeitig reagieren zu können. Dabei ist die parallele Förderung der Brennstoffzellen- und Wasserstofftanktechnologie insbesondere für schwere Nutzfahrzeuge unverzichtbar, um die Anforderungen höherer Reichweiten und kürzerer Betankungszeiten im Fernverkehr zu erfüllen, die mit batterieelektrischen Alternativen nicht ausreichend abgedeckt werden können. Diese Maßnahmen sind besonders herausfordernd für die Nutzfahrzeugindustrie, die im Vergleich zur Pkw-Industrie mit geringeren Produktionszahlen konfrontiert ist. Die technologische Kostenreduktion ist aus staatlicher Perspektive zusätzlich vorteilhaft, da sie die subventionswürdigen Mehrkosten senkt. Neben dem Fokus auf die Reduzierung der Fahrzeuganschaffungskosten ist der bedarfsgerechte Ausbau der Lade- und Tankinfrastruktur entscheidend für den Hochlauf der alternativen Fahrzeugantriebe.

## Literaturverzeichnis

BALM (2023): Förderprogramm Klimaschonende Nutzfahrzeuge und Infrastruktur (KsNI). 2. Förderaufruf. Online verfügbar unter [https://www.balm.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Foerderprogramme/KsNI/2\\_Foerderaufruf/KsNI\\_FAQ\\_Foedergegenstand\\_KsN.html;jsessionid=5DDB64B02A1F9307D1C3A15F4203B2BD.live11313?nn=3688112](https://www.balm.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Foerderprogramme/KsNI/2_Foerderaufruf/KsNI_FAQ_Foedergegenstand_KsN.html;jsessionid=5DDB64B02A1F9307D1C3A15F4203B2BD.live11313?nn=3688112), zuletzt geprüft am 19. Dezember 2023.

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (2023): VECTOR21: scenario and market analysis software for simulating future vehicle markets. Online verfügbar unter <https://verkehrsforschung.dlr.de/en/projects/vector21>, zuletzt geprüft am 25. Oktober 2023.

e-mobil BW (Hrsg.) (2022): Zukunftsfähige Lieferketten und neue Wertschöpfungsstrukturen in der Automobilindustrie. Online verfügbar unter [https://www.e-mobilbw.de/fileadmin/media/e-mobilbw/Publikationen/Studien/Studie\\_Zukunftsfahige\\_Lieferketten\\_und\\_neue\\_Wertschoepfungsstrukturen\\_in\\_der\\_Automobilindustrie.pdf](https://www.e-mobilbw.de/fileadmin/media/e-mobilbw/Publikationen/Studien/Studie_Zukunftsfahige_Lieferketten_und_neue_Wertschoepfungsstrukturen_in_der_Automobilindustrie.pdf), zuletzt geprüft am 4. Juli 2023.

e-mobil BW (Hrsg.) (2023): Strukturstudie BWe mobil 2023. Transformation der Automobil- und Nutzfahrzeugindustrie in Baden-Württemberg durch Elektrifizierung, Digitalisierung und Automatisierung. Stuttgart. Online verfügbar unter [https://www.e-mobilbw.de/fileadmin/media/e-mobilbw/Publikationen/Studien/e-mobil\\_BW\\_Struktur%20studie\\_BW\\_2023.pdf](https://www.e-mobilbw.de/fileadmin/media/e-mobilbw/Publikationen/Studien/e-mobil_BW_Struktur%20studie_BW_2023.pdf), zuletzt geprüft am 13. November 2023.

e-mobil BW (Hrsg.) (2024): Factsheet "Transformationsstrategien der Automobilhersteller". (Veröffentlichung in Q1 2024).

Europäischer Rat (2022): Erste Maßnahme zu „Fit für 55“ beschlossen: EU verschärft CO<sub>2</sub>-Emissionsziele für neue Personenkraftwagen und leichte Nutzfahrzeuge. Online verfügbar unter <https://www.consilium.europa.eu/de/press/press-releases/2022/10/27/first-fit-for-55-proposal-agreed-the-eu-strengthens-targets-for-co2-emissions->

[for-new-cars-and-vans/](#), zuletzt geprüft am 9. März 2023.

Houchins, C.; James, B. (2017): Hydrogen Storage System Cost Analysis: Summary of FY 2017 Activities.

International Energy Agency (2022): HEV Final Report of Taskforce 41 "Electric Freight Vehicles". Online verfügbar unter [https://ieahev.org/wp-content/uploads/2022/08/TASK41\\_Final\\_Report.pdf](https://ieahev.org/wp-content/uploads/2022/08/TASK41_Final_Report.pdf), zuletzt geprüft am 25. Januar 2023.

James, B.; Huya-Kouadio, J.; Houchins, C.; DeSantis, D. (2018): Mass Production Cost Estimation of Direct H<sub>2</sub> PEM Fuel Cell Systems for Transportation Applications: 2018 Update.

McKinsey & Company (Hrsg.) (2020): Mild hybrids – a multi-billion euro growth opportunity alongside e-mobility? Online verfügbar unter <https://www.automotiveworld.com/articles/mild-hybrids-a-multi-billion-euro-growth-opportunity-alongside-e-mobility/>, zuletzt geprüft am 8. März 2023.

UBS Limited (Hrsg.) (2017): Q-Series: UBS Evidence Lab Electric Car Teardown – Disruption Ahead? Global Research.

## Das DLR im Überblick

Das DLR ist das deutsche Forschungs- und Technologiezentrum für Luft- und Raumfahrt. In seinen Kerngebieten entwickelt das DLR Technologien für Luft- und Raumfahrt, Energie und Verkehr, sowie Sicherheits- und Verteidigungsforschung. Ein breites Spektrum an Ergebnissen und Innovationen bringen Nutzen für Industrie und Wirtschaft, Behörden und Verwaltung sowie für öffentliche Stakeholder. Durch einen intensiven Wissensaustausch und gezielten Technologietransfer stellt sich das DLR seiner Verantwortung gegenüber der Gesellschaft. Dazu wird es mit Mitteln des Bundes gefördert. Die Deutsche Raumfahrtagentur im DLR ist im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig. Zwei DLR Projektträger arbeiten als Managementeinrichtungen für Forschungs- und Industrieförderung.

Global wandeln sich Klima, Mobilität und Technologie. Das DLR nutzt das Know-how seiner 51 Institute und Einrichtungen, um Lösungen für die daraus resultierenden Herausforderungen zu entwickeln. Unsere 11.000 Mitarbeitenden haben eine gemeinsame Mission: Wir erforschen Erde und Weltall. Wir entwickeln Technologien für eine nachhaltige Zukunft und tragen durch den Technologietransfer dazu bei, den Wissens- und Wirtschaftsstandort Deutschland zu stärken.

## Impressum

Herausgeber:

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.  
Institut für Verkehrsforschung  
Rutherfordstraße 2, 12489 Berlin  
[www.dlr.de/vf](http://www.dlr.de/vf)

Autoren:

Samuel Hasselwander  
Özcan Deniz  
Benjamin Frieske

Institut für Fahrzeugkonzepte  
Pfaffenwaldring 38-40, 70569 Stuttgart

Stand: Mai 2024

Veröffentlicht: 2025

## DLR.de

Bilder DLR (CC-BY 3.0),  
sofern nicht anders angegeben

<https://elib.dlr.de/215866/>



Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt