



INSTITUT FÜR ENERGIE-  
UND UMWELTFORSCHUNG  
HEIDELBERG

## Quo vadis Elektroauto? Update der Klimabilanz



ifeu paper 01/2025

Dr.- Ing. Kirsten Biemann, Hinrich Helms,  
Claudia Kämper

Heidelberg, 2025

Dieses ifeu paper möchte Zwischenergebnisse und vorläufige Ergebnisse von Projektarbeiten, die am ifeu durchgeführt werden, der Öffentlichkeit zugänglich machen und damit den wissenschaftlichen Diskurs fördern. Der Inhalt wird von den Autor\*innen verantwortet und spiegelt deren Meinung wider. Die Autor\*innen begrüßen Rückmeldungen zu den Inhalten.

Die Erarbeitung dieses ifeu-Papers erfolgte im Rahmen des Vorhabens „Analysen und Bewertungen zur Klimaschutzwirkung von Instrumenten und Maßnahmen zur Treibhausgasminderung im Verkehr, Entwicklung von Gestaltungsoptionen“ (67KE0095) im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK).

Kontakt: [kirsten.biemann@ifeu.de](mailto:kirsten.biemann@ifeu.de)

Zitierweise: Kirsten Biemann, Hinrich Helms, Claudia Kämper, 2025: E-Auto Update: Fahrzeugeigenschaften und Klimabilanz. ifeu paper 01/2025. Heidelberg

Bildnachweis, Titelseite:

Elektroauto: [annebel146\\_stock.adobe.com](https://www.adobe.com/stock/146/annebel146_stock.adobe.com)

Markierung auf Asphalt: [mmphoto\\_stock.adobe.com](https://www.adobe.com/stock/mmphoto_stock.adobe.com)

# Inhalt

---

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>3</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>4</b>
<b>1 Vorwort</b>	<b>5</b>
<b>2 Bestands- und Segmententwicklung</b>	<b>7</b>
<b>3 Klimabilanz</b>	<b>11</b>
<b>4 Fazit</b>	<b>16</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>17</b>
<b>Ergänzende Informationen zur Bestimmung des Treibhausgasminderungsbeitrags</b>	<b>19</b>
Akku- und Fahrzeugherstellung	19
Verbrauchsdaten	22
Strom- und Kraftstoffbereitstellung	23

# Abbildungsverzeichnis

---

Abbildung 1:	Neuzulassungen der Elektro-Pkw nach Segment von 2020 bis 2024, eigene Darstellung, ifeu basierend auf (KBA 2024)	7
Abbildung 2:	Neuzulassungen der Pkw nach Segment im Jahr 2023; Quelle: eigene Darstellung, ifeu basierend auf (KBA 2024)	8
Abbildung 3:	Gewichtete Mittelwerte der Akkukapazitäten (netto) der relevantesten Segmente sowie aller Elektro-Pkw (NZL nach KBA sowie Akkukapazitäten nach (EV database 2024))	10
Abbildung 4:	THG-Emissionen der Pkw mit verschiedenen Antrieben mit Baujahr 2023	12
Abbildung 5:	Kumulierte THG-Emissionen der Pkw mit verschiedenen Antrieben und variabler Lebensfahrleistung	13
Abbildung 6:	THG-Emissionen der mittleren Pkw im Vergleich zur Kompaktklasse	14
Abbildung 7:	THG-Emissionen der Pkw mit verschiedenen Antriebsarten mit Baujahr 2030	15
Abbildung 8:	THG-Emissionen verschiedener Akkutypen im Jahr 2023 (eigene Berechnung, ifeu)	20

# Tabellenverzeichnis

---

Tabelle 1:	Leergewichte und Motorleistungen neuzugelassener Pkw in 2023	9
Tabelle 2:	Energieverbräuche und WLTP CO <sub>2</sub> -Emissionen neuzugelassener Pkw in 2023	22
Tabelle 3:	Realverbräuche der durchschnittlichen Pkw sowie Auf-/Abschlag für Segment Kompaktklasse	23

# 1 Vorwort

---

Der Pkw-Verkehr ist für mehr als die Hälfte der verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen in Deutschland verantwortlich. In diesem Bereich bildet die Einführung batterieelektrischer Antriebe (umgangssprachlich: Elektroautos) ein zentrales Element des Klimaschutzes im Verkehr. Die Bundesregierung unterstützt die Elektromobilität mit verschiedenen Maßnahmen, u.a. dem Aufbau von Ladeinfrastruktur. Voraussetzung für die Akzeptanz und Wirksamkeit dieser Maßnahmen ist einerseits ein erfolgreicher Markthochlauf und andererseits ein signifikanter und glaubwürdiger Klimavorteil von Elektroautos.

Aus diesem Grund erfolgt in diesem Papier eine aktualisierte Bewertung, die zunächst die Bestands- und Segmententwicklung bei (Elektro-)Pkw und ihre technischen Eigenschaften beleuchtet. Denn neben dem Bestand an Elektro-Pkw und Plug-In Hybriden (PHEV) beeinflussen auch die technischen Fahrzeugparameter (z.B. Akkugröße und Energieverbrauch) die Klimaschutzwirkung der Elektromobilität. So unterscheiden sich die Segmente z.T. deutlich in ihrem Energieverbrauch.

Darauf aufbauend wird dann die Klimabilanz von Elektro-Pkw und PHEV auf Basis aktueller Daten neu quantifiziert. Prinzipiell ist der (deutliche) Klimavorteil der reinen Elektro-Pkw über ihren gesamten Lebensweg gegenüber konventionellen Verbrenner-Pkw bereits in vielen Studien belegt worden, zuletzt in einer umfassenden Ökobilanzstudie des ifeu für das Umweltbundesamt (Biemann et al. 2024). Aufgrund der sehr dynamischen Entwicklungen im Bereich der Strombereitstellung in Deutschland, Veränderungen bei den Eigenschaften der Elektro-Pkw, wie z. B. deutlich höherer Reichweiten sowie Weiterentwicklungen bei den Akkutechnologien, sind jedoch laufende Aktualisierungen der Klimabilanz notwendig. Mit diesem Papier wird daher eine Klimabilanz unter Berücksichtigung aktuellster Daten (Datenstand 2024) vorgelegt.

Zentral für die Klimabilanz der (Elektro-)Pkw sind dabei weiterhin die Klimawirkungen der Nutzungsphase des Fahrzeuges, bestimmt durch den Verbrauch der Pkw und die eingesetzten Energieträger. Deswegen stehen hier sowohl die aktuellen Verbräuche von Verbrenner- und Elektro-Pkw sowie PHEV, als auch Daten für die Strom- und Kraftstoffbereitstellung in Deutschland im Vordergrund. Hier werden Daten für die heutige Situation und aktuelle Szenarien bis zum Jahr 2040 berücksichtigt um den gesamten Lebenszyklus heutiger Fahrzeuge abzubilden.

Dabei wird durch ein Fortschreiten der Energiewende in Deutschland der Fahrstrom immer emissionsärmer, mit entsprechendem Einfluss auf die Klimabilanz über das gesamte Fahrzeugleben. Auch bei Verbrenner-Pkw können durch alternative Kraftstoffe (z.B. bio- oder strombasiert) deutliche Emissionsminderungen erreicht werden. Allerdings sind diese Kraftstoffe bisher nur begrenzt (Biokraftstoffe) oder noch gar nicht verfügbar (strombasierte Kraftstoffe) und ein Hochlauf ihrer Erzeugungskapazitäten muss erst noch erfolgen. Zudem werden strombasierte Kraftstoffe im Verkehr primär vor allem im Luft- und Seeverkehr gebraucht, da hier die besonders effiziente direkte Stromnutzung kaum möglich ist.

Mit sinkenden nutzungsbedingten Emissionen von Elektroautos rücken jedoch auch deren Emissionen in der Herstellung mehr in den Fokus. Dabei ist der Akku die zentrale Komponente, deren Entwicklung und Klimabilanz ebenfalls genauer untersucht wird.

Das Papier soll mit seiner aktuellen Bewertung des Klimaschutzbeitrags von Elektro-Pkw und PHEV einen wissenschaftlichen Beitrag zur Diskussion um effizienten Klimaschutz im Straßenverkehr leisten. Hier steht zwar weiterhin die Mobilitätswende (Verkehrsvermeidung und -verlagerung) im Vordergrund. Die Antriebswende ist aber überall dort zentral, wo der motorisierte Individualverkehr weiterhin notwendig ist.

## 2 Bestands- und Segmententwicklung

Weltweit wachsen die Absatzzahlen von Autos mit Elektromotor stark an (IEA 2024): 2023 wurden etwa 14 Millionen neue Elektro-Pkw (inkl. Plug-In Hybriden) zugelassen, das ist fast jedes fünfte Fahrzeug. Der Gesamtbestand stieg damit weltweit auf etwa 40 Millionen Elektro-Pkw (inkl. PHEV) an. Der Trend ist auch in Deutschland angekommen: Von 2020 bis 2023 sind die Neuzulassungen von Elektro-Pkw (inkl. Plug-In Hybriden) jedes Jahr deutlich gestiegen<sup>1</sup>. 2023 wurden mehr als eine halbe Million reine Elektro-Pkw zugelassen, dies entspricht etwa 18 % der gesamten Neuzulassungen. Aufgrund der weggefallenen Elektro-Pkw Förderung sind die Neuzulassungen im Jahr 2024 allerdings deutlich eingebrochen. Dieser Einbruch muss jedoch überwunden werden, um die ab 2025 verschärften Pkw-Flottenzielwerte zu erreichen. Daher haben die Pkw-Hersteller bereits Preissenkungen für (reine) Elektro-Pkw sowie eine erweiterte Modellpalette mit günstigeren Pkw angekündigt (Transport & Environment 2024). Die kommenden Verschärfungen dürften dazu beitragen, dass (reine) Elektro-Pkw künftig stärker in allen Fahrzeug- und Preisklassen repräsentiert sind.

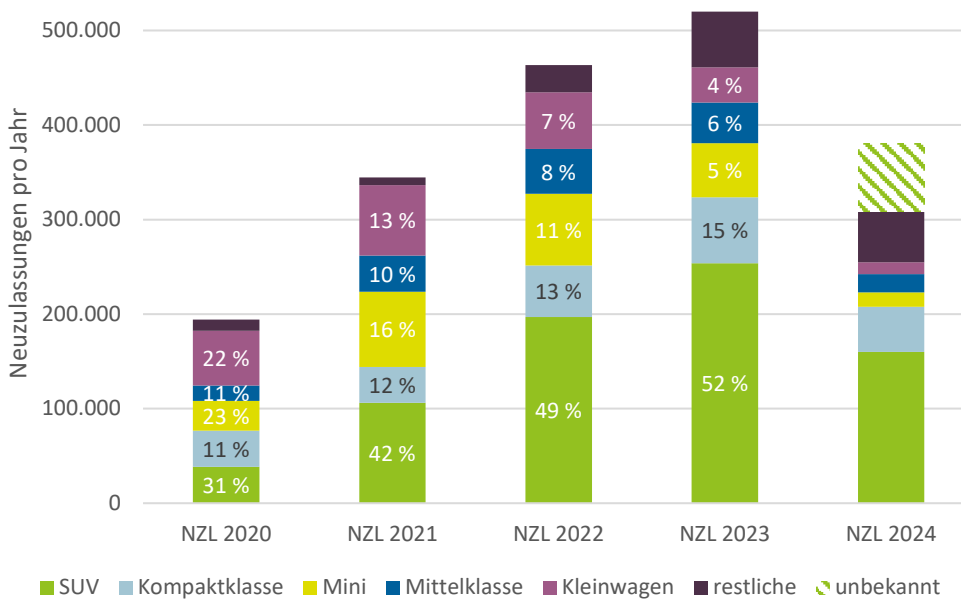


Abbildung 1: Neuzulassungen der Elektro-Pkw nach Segment von 2020 bis 2024, eigene Darstellung, ifeu basierend auf (KBA 2024)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Die Analyse in diesem Abschnitt beruht vor allem auf Daten zu den Neuzulassungen 2023 des Kraftfahrtbundesamtes (KBA 2024). Dieser Datensatz enthält jeweils die antriebsabhängigen segmentfeinen Neuzulassungszahlen der verschiedenen Pkw-Modelle sowie Angaben zu den WLTP-CO<sub>2</sub>-Emissionen. Ergänzt wurden diese Angaben durch die WLTP-Verbräuche der Elektro-Pkw sowie Angaben zu den Leergewichten und Motorleistungen.

<sup>2</sup> Anmerkung: Segmentfeine Neuzulassungszahlen für das Jahr 2024 lagen zum Zeitpunkt der Studiererstellung noch nicht vor, abgebildet sind damit die Neuzulassungen bis Oktober 2024 segmentfein sowie als schraffierter Balken die Gesamtzahlen für November/ Dezember 2024.



In der Segmentstruktur zeigt sich, dass „SUVs“ heute mit einem Anteil von 30 % an den gesamten Pkw-Neuzulassungen im Jahr 2023 das dominierende Segment sind. Bei den Elektro-Pkw war 2023 sogar fast jedes zweite neuzugelassene Elektroauto ein SUV. Das früher oft für vergleichende Klimabilanzen herangezogene Segment der Kompaktklasse („Golf-Klasse“) hat damit weiter an Bedeutung verloren und macht nur noch 16 % aller Elektroauto-Neuzulassungen aus. Die Segmente „Mini“ und „Kleinwagen“ spielen nur noch bei Benzin- und Elektro-Pkw eine Rolle. Bei Diesel und PHEV sind dagegen auch Geländewagen sowie Mittelklasse-Pkw ein starkes Verkaufssegment.

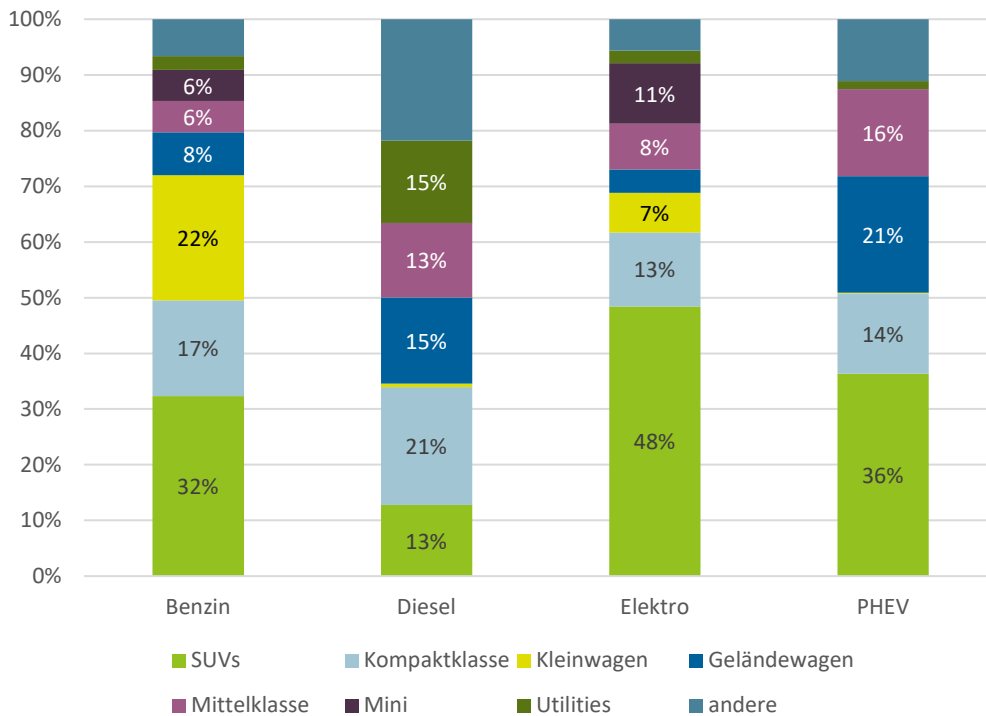


Abbildung 2: Neuzulassungen der Pkw nach Segment im Jahr 2023; Quelle: eigene Darstellung, ifeu basierend auf (KBA 2024)

Die Segmentverschiebungen wirken sich auch auf die technischen Eigenschaften der Fahrzeuge aus, die wiederum die Klimabilanz beeinflussen. Dazu gehört das Fahrzeuggewicht, die Motorleistung sowie bei Elektro-Pkw die Akkugröße und der Akkutyp. In Tabelle 1 werden die heute durchschnittlichen Parameter, die auch der Klimabilanz im folgenden Abschnitt zugrunde gelegt werden, nach Antrieben differenziert aufgeführt. Das Leergewicht der Elektroautos liegt im gleichen Segment aufgrund der Akkus zwischen 400 kg (Kompaktklasse) und 600 kg (SUV) über dem Leergewicht des vergleichbaren Benzin-Pkw. Beim Diesel-Pkw ist der Unterschied etwas geringer. Auffallend ist auch, dass der Gewichtsunterschied zwischen Kompaktklasse und SUV insbesondere bei Verbrennern klein ist. Hier zeigt sich, dass das deutsche KBA-Segment „SUV“ neben sehr großen Geländelimosinen auch eine Reihe von kleineren SUVs<sup>1</sup> umfasst.

<sup>1</sup> Die amerikanische und britische Klassifizierung differenziert stärker nach Größe innerhalb des SUV-Segementes. Die EU-Kommission und die deutschen KBA-Segmente aggregieren nur auf eine Klasse und umfassen damit auch SUV-Varianten von „kleinen“ Größenklassen.

Tabelle 1: Leergewichte und Motorleistungen neuzugelassener Pkw in 2023

	Durchschnittlicher Pkw	SUV	Kompaktklasse
<b>Leergewicht</b>			
<i>Benzin</i>	<b>1,4 t</b>	1,4 t	1,4 t
<i>Diesel</i>	<b>1,9 t</b>	1,6 t	1,5 t
<i>PHEV</i>	<b>2,0 t</b>	2,0 t	1,7 t
<i>Elektro (inkl. Akku)</i>	<b>1,9 t</b>	2,0 t	1,8 t
<b>Motorleistung</b>			
<i>Benzin</i>	<b>121 kW</b>	108 kW	131 kW
<i>Diesel</i>	<b>119 kW</b>	109 kW	107 kW
<i>PHEV</i>	<b>147 kW</b>	127 kW	109 kW
<i>Elektro</i>	<b>84 kW</b>	91 kW	67 kW

Quelle: eigene Analysen nach KBA.

Anmerkung: Anhand der Akkugewichte (ermittelt aus Akkukapazität und Energiedichte) lässt sich das Leergewicht der Elektro-Pkw ohne Akku berechnen.

Die Reichweite bzw. Akkugröße bei Elektro-Pkw ist in der Regel weniger eindeutig bestimmbar. In vielen Fällen gibt es Pkw-Modellvarianten mit verschiedenen Akkukapazitäten und Reichweiten. Zur Darstellung einer mittleren Akkukapazität wurde jeweils der Durchschnitt aus den Akkugrößen eines Modells herangezogen und die einzelnen Modelle wurden über ihren Anteil an den Neuzulassungen gewichtet. Die entsprechend in Abbildung 3 dargestellte Entwicklung der mittleren Akkugrößen von 2021 bis heute zeigt für die Gesamtflotte einen Anstieg von etwa 50 kWh in 2021 auf 67 kWh in 2024. Dieser Anstieg geht vor allem auf die Oberklasse zurück, während es in den Segmenten Mini und Mittelklasse sogar einen leichten Rückgang gab.

Ein mittlerer Elektro-Pkw hatte im Jahr 2023 eine nutzbare Akku-Kapazität von etwa 63 kWh bzw. von 67 kWh im Jahr 2024. Für die Bestimmung des Treibhausgasminderungsbeitrags im nächsten Abschnitt wird für den durchschnittlichen Elektro-Pkw eine Akkukapazität von 65 kWh angenommen, was einer WLTP Reichweite von über 420 Kilometern entspricht.

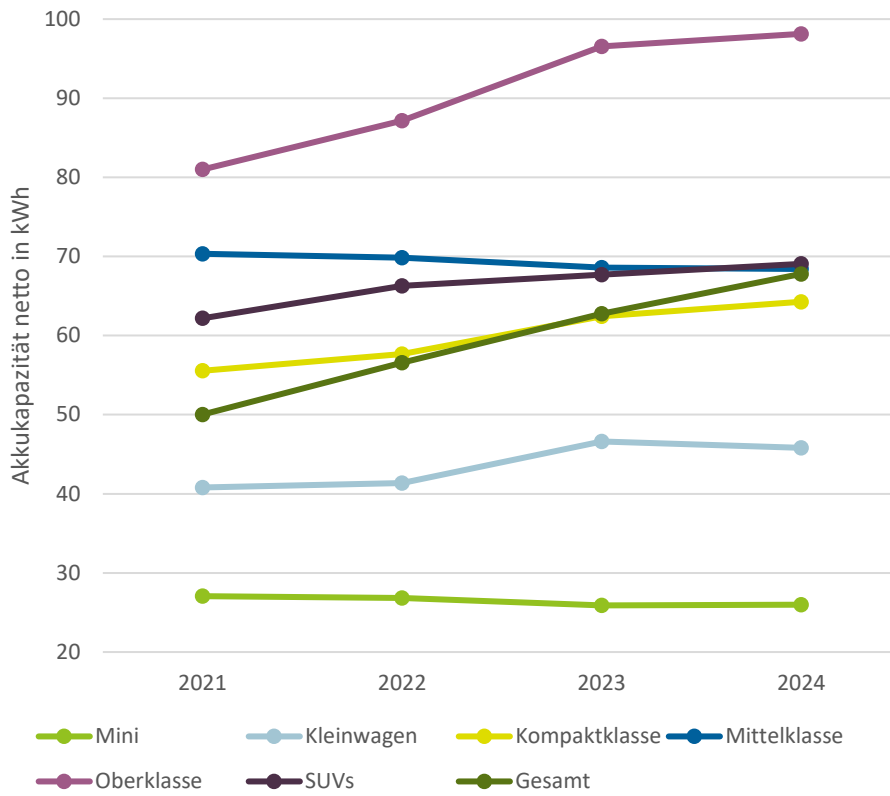


Abbildung 3: Gewichtete Mittelwerte der Akkukapazitäten (netto) der relevantesten Segmente sowie aller Elektro-Pkw (NZL nach KBA sowie Akkukapazitäten nach (EV database 2024))

## 3 Klimabilanz

---

Für die aktualisierte Klimabilanz wird aufgrund der sehr unterschiedlichen Segmentaufteilung der Antriebe zunächst das jeweils typische Fahrzeug (nach Antrieb) in seinen technischen Parametern abgebildet. Die Ergebnisse stellen damit einen durchschnittlichen neuzugelassenen Pkw des jeweiligen Antriebs in Deutschland dar. Zusätzlich wird zum Vergleich (auch mit anderen Studien) eine segmentspezifische Darstellung für die Kompaktklasse gezeigt.

Grundsätzlich umfasst der Lebensweg eines Pkw folgende zentrale Lebenswegabschnitte:

- Pkw-Herstellung (hier unterteilt in Rumpf, Antriebsstrang sowie Akku)
- Pkw-Nutzung (hier unterteilt in Auspuffemissionen (direkte Emissionen), Strom-/Kraftstoffbereitstellung sowie Wartung)
- Pkw-Lebensende (Recycling und Entsorgung)

Da Wartung und Entsorgung nur einen kleinen Einfluss auf die Treibhausgasemissionen<sup>1</sup> (THG-Emissionen) der Pkw haben, wurden diese beiden Beiträge für dieses Papier nicht umfassend aktualisiert, sondern direkt aus (Biemann et al. 2024) übernommen. Nicht berücksichtigt werden zudem die benötigte Straßeninfrastruktur, Tankstellen sowie die Ladesäulen für die Elektro-Pkw und PHEV. Auch hier ist der Beitrag zu den Gesamtemissionen eher gering (siehe (Biemann et al. 2024)). Die wichtigsten aktualisierten Datenquellen und Annahmen zur aktualisierten Bilanzierung sind als „Ergänzende Informationen zur Bestimmung des Treibhausgasemissionsbeitrags“ im Anhang dokumentiert. Die Aktualisierung betrifft vor allem die Akkuherstellung, Verbrauchsdaten und die Strom- und Kraftstoffbereitstellung. Für Elektro-Pkw ist insbesondere die Strombereitstellung relevant: Im Jahr 2023 hatte erneuerbarer Strom bereits einen Anteil von etwa 50 %. Dieser steigt nach dem Szenario des neuesten Projektionsbericht 2024 (UBA 2024) auf 76 % im Jahr 2030 und auf über 90 % ab dem Jahr 2040. Davon profitieren auch die heute zugelassenen Elektro-Pkw.

Zur Vergleichbarkeit werden die Ergebnisse der einzelnen Lebenswegabschnitte auf den gefahrenen Kilometer bezogen. Dabei wird eine Lebensfahrleistung von 220.000 km zugrunde gelegt. Abbildung 4 zeigt die THG-Emissionen der im Jahr 2023 neuzugelassenen Pkw. Dabei bestätigt die aktualisierte Bilanz die bisherigen Erkenntnisse aus (Biemann et al. 2024). Der reine Elektro-Pkw schneidet mit bis zu 59 % weniger THG-Emissionen gegenüber den reinen Verbrenner-Pkw deutlich besser ab. Das PHEV schneidet aufgrund des doppelten Antriebsstrangs und der heute in der Regel hohen verbrennungsmotorischen Fahranteile (siehe (Biemann et al. 2024)) nur wenig besser ab, als die reinen Verbrenner und liegt etwa doppelt so hoch wie der reine Elektro-Pkw. Bei den Pkw mit Verbrennungsmotor (Otto und Diesel) dominieren weiterhin die Emissionen aus der Nutzungsphase.

---

<sup>1</sup> Treibhausgasemissionen umfassen neben CO<sub>2</sub> auch andere klimawirksame Substanzen, z.B. Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O). Sie werden als CO<sub>2</sub>-Äquivalente-Emissionen (CO<sub>2</sub>e) bilanziert.

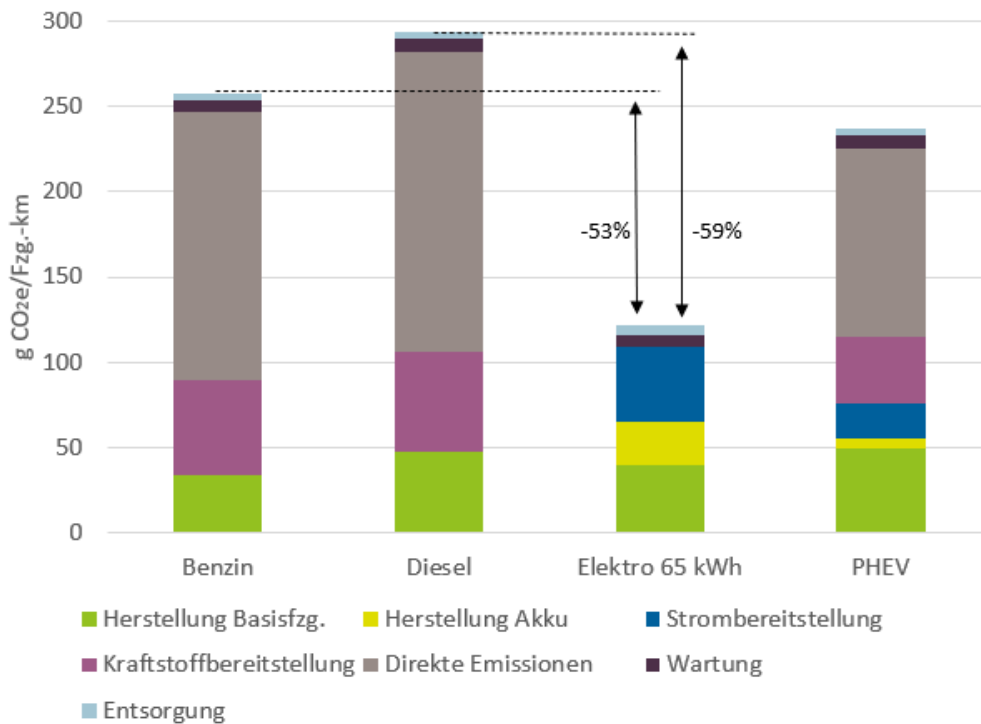


Abbildung 4: THG-Emissionen der Pkw mit verschiedenen Antrieben mit Baujahr 2023

Da die Nutzungsintensität von Fahrzeugen stark differieren kann, wird in Abbildung 5 die Klimabilanz 2023 neuzugelassener Fahrzeuge mit verschiedenen Antrieben zusätzlich in Abhängigkeit von der Lebensfahrleistung dargestellt. Damit werden auch über- und unterdurchschnittliche Lebensfahrleistungen abgebildet. Dabei zeigt sich, dass der 2023 zugelassene Elektro-Pkw gegenüber dem Benzin-Pkw spätestens nach 45.000 Kilometern besser abschneidet (break-even-point). Gegenüber dem Diesel-Pkw sowie dem PHEV erreicht der reine Elektro-Pkw diesen Punkt sogar bereits nach 25.000 Kilometern. Selbst bei niedrigen Lebensfahrleistungen ist das Elektroauto also klar im Vorteil.

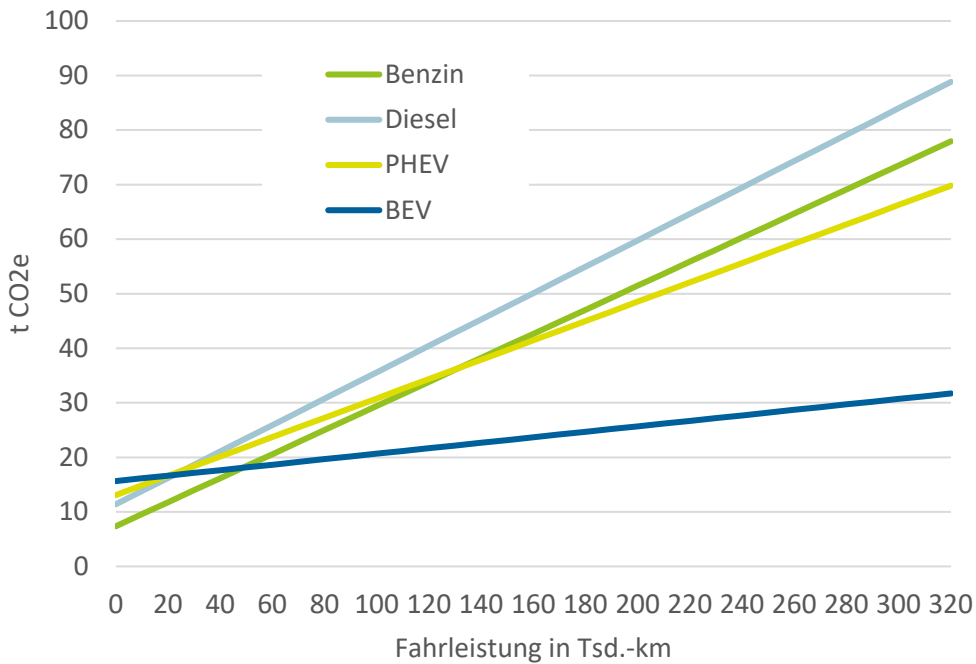


Abbildung 5: Kumulierte THG-Emissionen der Pkw mit verschiedenen Antrieben und variabler Lebensfahrleistung

Um die Anschlussfähigkeit zu früheren Studien herzustellen, zeigt Abbildung 6 die Unterschiede in der Klimabilanz zwischen dem durchschnittlichen Pkw des jeweiligen Antriebs und dem durchschnittlichen Kompaktklasse-Pkw. Hier zeigt sich für Diesel-Pkw, dass die durchschnittliche Kompaktklasse deutlich besser als das durchschnittliche Fahrzeug abschneidet. Das liegt daran, dass die Diesel-Flotte sich aus tendenziell größeren Segmenten zusammensetzt. Bei den anderen Antriebsarten sind die Unterschiede zur Kompaktklasse dagegen gering. Dadurch kommt es zu einer Umkehr der Reihenfolge zwischen Benzin- und Diesel-Pkw: während der durchschnittliche Diesel-Pkw höhere THG-Emissionen als der durchschnittliche Benzin-Pkw hat, dreht sich dieses Verhältnis bei der Betrachtung der Kompaktklasse um. Allgemein zeigt sich jedoch, dass der deutliche Vorsprung des Elektro-Pkw auch beim Kompaktklasse-Pkw erhalten bleibt.

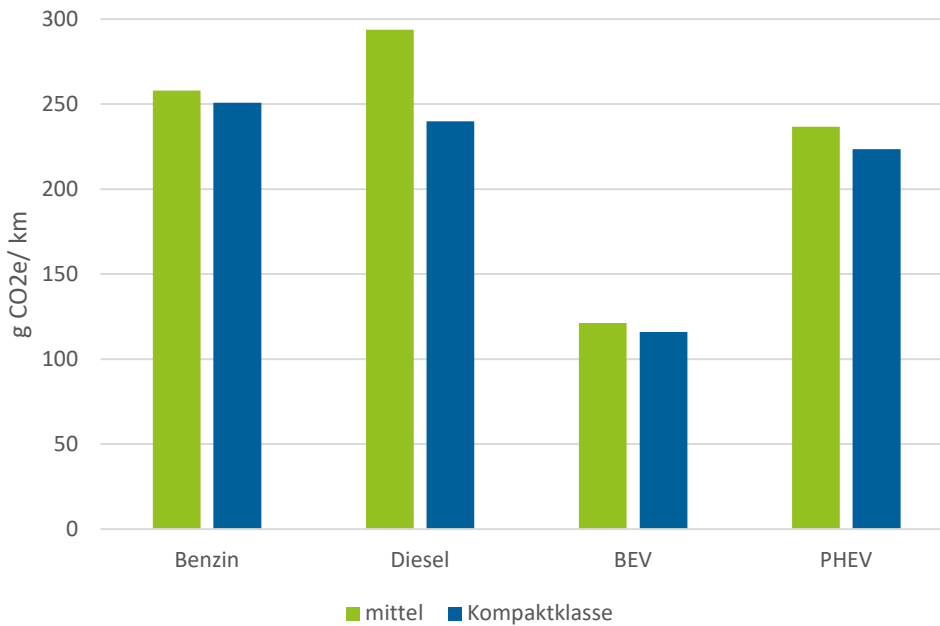


Abbildung 6: THG-Emissionen der mittleren Pkw im Vergleich zur Kompaktklasse

In einer prospektiven Bilanz für das zukünftige Baujahr 2030 zeigt sich ein ähnliches Bild wie für die heutige Situation (siehe Abbildung 7). Die Klimawirkung der Herstellung des Elektro-Pkw bleibt auf gleichem Niveau. Es gleicht sich der Trend zu immer größeren Akkus und Verbesserungen in der Akkuherstellung aus (siehe Akku- und Fahrzeugherstellung im Anhang). Die Herstellung von Benzin- und Diesel-Pkw wird durch die zunehmende Hybridisierung gleichzeitig etwas aufwändiger. Die Nutzungsphase der Verbrenner-Pkw verbessert sich etwas durch einen reduzierten Verbrauch und eine zukünftig angenommene Beimischung von synthetischen Kraftstoffen (im Mittel etwa 14 %). Das PHEV-Pkw verbessert seine Bilanz dagegen deutlich. Dies geht vor allem auf die angenommene Erhöhung des elektrischen Fahranteils von heute 35 % auf 67 % zurück, bedingt durch eine Vergrößerung der elektrischen Reichweite und mehr Lademöglichkeiten. Die größten Änderungen werden jedoch in der Strombereitstellung erwartet, von der die Elektro-Pkw profitieren. Durch den weiteren Ausbau erneuerbarer Stromerzeugung kann der Elektro-Pkw seinen Vorsprung gegenüber den Benzin- und Diesel-Pkw weiter ausbauen.

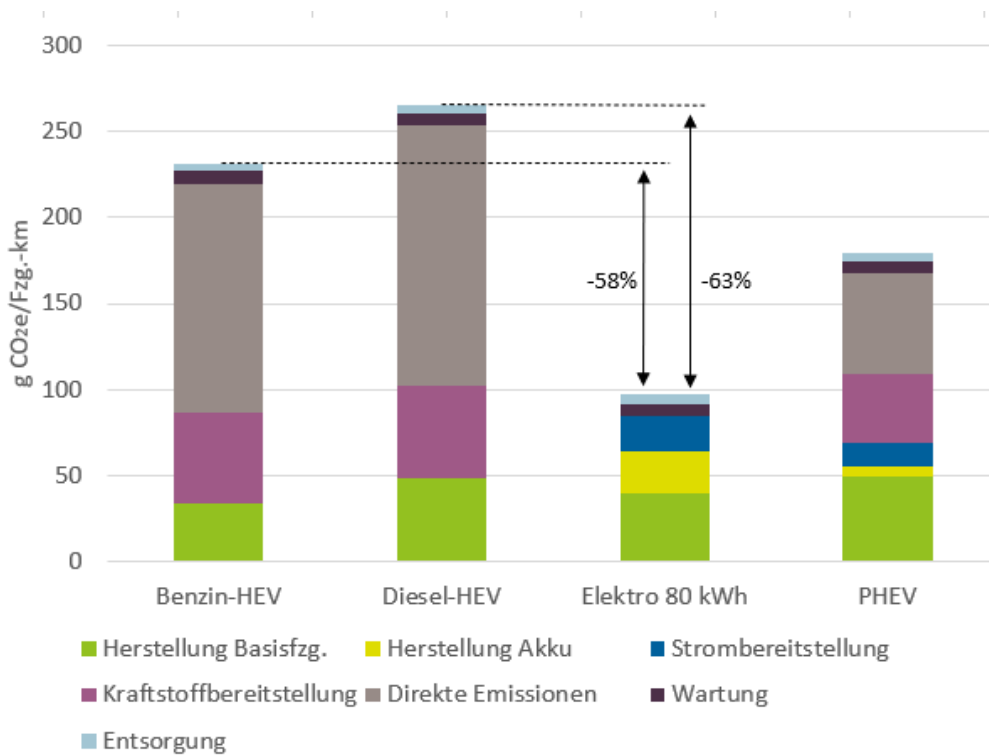


Abbildung 7: THG-Emissionen der Pkw mit verschiedenen Antriebsarten mit Baujahr 2030

#### Exkurs: Auswirkungen eines vorzeitigen Austausches eines Verbrenner-Pkw durch einen neuen Elektro-Pkw (aus Einzelfahrzeugsicht)

Immer wieder wird die Frage gestellt, ob es vorteilhaft ist einen Verbrenner-Pkw vor seinem Lebensende bereits durch einen neuen Elektro-Pkw zu ersetzen. Eine ausführliche Analyse dazu enthält (Helms et al. 2023).

Die Autor\*innen ziehen die Schlussfolgerung, dass der (auch vorzeitige) Umstieg auf einen Elektro-Pkw aus Klimasicht fast immer sinnvoller ist als eine Weiternutzung des Verbrenner-Pkw. Der Grund dafür ist, dass zusätzliche Herstellungsemissionen des Elektro-Pkw relativ schnell von den Einsparungen in der Nutzungsphase kompensiert werden. Die aktualisierte Bilanz bestätigt diese Schlussfolgerung. Nur für ausgeprägte „Garagenwagen“, mit einer Jahresfahrleistung von weniger als 3.000 Kilometer ist es wirklich sinnvoller beim Verbrenner zu bleiben.



## 4 Fazit

---

Der mittlerweile deutliche Klimavorteil von Elektro-Pkw über ihren gesamten Lebensweg gegenüber Verbrenner-Pkw ist bereits in vielen Studien belegt worden, zuletzt in einer umfassenden Ökobilanzstudie des ifeu für das Umweltbundesamt (Biemann et al. 2024). Für dieses Papier wurden einige zentrale Parameter der Klimabilanz auf Basis aktueller Daten aufdatiert, um der dynamischen Entwicklung am Fahrzeugmarkt, sowie im Bereich der Strombereitstellung in Deutschland gerecht zu werden.

Der Anteil von Elektrofahrzeugen in der Flotte ist dabei von 2020 bis 2023 deutlich gewachsen, die Bedeutung der Klimabilanz von Elektro-Pkw in Deutschland steigt damit. Aufgrund der 2023 weggefallenen Elektro-Pkw Förderung sind die Neuzulassungen zwar 2024 vorläufig eingebrochen. Eine Erholung 2025 ist jedoch wahrscheinlich, da dann eine Verschärfung der Pkw-Flottenzielwerte greift. Dafür haben die Pkw-Hersteller bereits Preissenkungen für Elektro-Pkw sowie eine erweiterte Modellpalette mit günstigeren Pkw angekündigt.

Die Untersuchung des Fahrzeugmarktes zeigt dabei, dass „SUVs“ mittlerweile, mit einem Anteil von 30 % an den gesamten Pkw-Neuzulassungen im Jahr 2023, das dominierende Segment sind. Bei den Elektro-Pkw war 2023 sogar fast jedes zweite neuzugelassene Fahrzeug ein SUV. Das früher oft für Vergleiche herangezogene Segment der Kompaktklasse-Pkw hat damit an Bedeutung verloren und macht nur noch 16 % aller Neuzulassungen aus. Über den Untersuchungszeitraum ist parallel die Akkukapazität der Elektro-Pkw von 50 kWh (2020) auf mittlerweile 68 kWh (2024) gestiegen. In der Klimabilanz wird dieser Anstieg jedoch durch Fortschritte bei der Akkutechnologie weitgehend kompensiert.

Einen deutlich positiven Einfluss auf die Klimabilanz hat der in den letzten Jahren verstärkte Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung. Im Jahr 2023 hatte erneuerbarer Strom einen Anteil von etwa 50 %. Dieser steigt nach dem Szenario des neuesten Projektionsbericht 2024 (UBA 2024) auf 76 % im Jahr 2030 und auf über 90 % ab dem Jahr 2040. Bei Verbrennern können dagegen erst ab dem Jahr 2035 überhaupt relevante Mengen an strombasierten Kraftstoffen erwartet werden. Das 2023 zugelassene Elektroauto weist daher über den Lebensweg mittlerweile bis zu 60 % geringere THG-Emissionen auf als ein Verbrenner. Die Mehremissionen auf der Herstellungsseite durch den Akku werden damit nun bereits bei Lebensfahrleistungen von 25.000 km (gegenüber Diesel-Pkw) bis 45.000 km (gegenüber Benzin-Pkw) ausgeglichen.

Die aktualisierte Bilanz bestätigt damit einerseits die bisherigen Erkenntnisse zum deutlichen Klimavorteil von Elektroautos (siehe u.a. (Biemann et al. 2024)) und zeigt andererseits, dass sich zentrale Parameter wie der deutsche Strommix in die richtige Richtung entwickeln. Der Klimavorteil von Elektro-Pkw ist also robust und steigt weiter an. Dies zeigt das Szenario für das zukünftige Baujahr 2030: Durch den voraussichtlich weiteren Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung verbessert sich die Klimabilanz von Elektroautos noch weiter gegenüber den Verbrenner-Pkw.

# Literaturverzeichnis

---

- Allekotte, M.; Biemann, K.; Colson, M.; Knörr, W.; Heidt, C.; Kräck, J. (2024): Aktualisierung TREMOD/TREMOD-MM und Ermittlung der Emissionsdaten des Verkehrs nach KSG im Jahr 2023. Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/aktualisierung-tremodtremod-mm-ermittlung-der> (12.09.2024).
- Biemann, K.; Helms, H.; Münter, D.; Liebich, A.; Pelzeter, J.; Kämper, C. (2024): Analyse der Umweltbilanz von Kraftfahrzeugen mit alternativen Antrieben oder Kraftstoffen auf dem Weg zu einem treibhausgasneutralen Verkehr. UBA TEXTE ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung, Dessau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/analyse-der-umweltbilanz-von-kraftfahrzeugen> (13.02.2024).
- Dornoff, J.; Morales Valvende, V.; Tietge, U. (2024): On the way to 'real-world' CO2 values? The European passenger car market after 5 years of WLTP. White Paper ICCT. [https://theicct.org/wp-content/uploads/2024/01/ID-76-%E2%80%93-EU-WLTP\\_final.pdf](https://theicct.org/wp-content/uploads/2024/01/ID-76-%E2%80%93-EU-WLTP_final.pdf) (29.11.2024).
- Ellingsen, L. A.-W.; Majeau-Bettez, G.; Singh, B.; Srivastava, A. K.; Valøen, L. O.; Strømman, A. H. (2014): Life Cycle Assessment of a Lithium-Ion Battery Vehicle Pack. In: *Journal of Industrial Ecology*. Vol. 18, No. 1, S. 113–124. DOI: 10.1111/jiec.12072.
- EV database (2024): Electric vehicle database. <https://ev-database.org/de/> (25.03.2024).
- Helms, H.; Kämper, C.; Lambrecht, U. (2023): Neukauf eines Elektro-Pkw oder Weiternutzung des alten Verbrenners? Ein Vergleich der Klimawirkung aus verschiedenen Bilanzierungsperspektiven. [https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/ifeu\\_paper/ifeu\\_paper\\_02-2023\\_-\\_Umstieg\\_auf\\_Elektro-Pkw\\_01.pdf](https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/ifeu_paper/ifeu_paper_02-2023_-_Umstieg_auf_Elektro-Pkw_01.pdf) (29.11.2024).
- Helms, H.; Kräck, J. (2016): Energy Savings by Light-Weighting IFEU – 2016 Update - International Aluminium Institute.
- Hill, N.; Amaral, S.; Morgan-Price, S.; Nokes, T.; Bates, J.; Helms, H.; Fehrenbach, H.; Biemann, K.; Abdalla, N.; Jöhrens, J.; Cotton, E.; German, L.; Harris, A.; Ziem-Milojevic, S.; Haye, S.; Sim, C.; Bauen, A. (2020): Determining the environmental impacts of conventional and alternatively fuelled vehicles through LCA. Final Report for the European Commission, DG Climate Action Ricardo Energy & Environment, ifeu - Institut für Energie und Umweltforschung, E4tech, Didcot. [https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/transport/vehicles/docs/2020\\_study\\_main\\_report\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/transport/vehicles/docs/2020_study_main_report_en.pdf) (16.10.2020).
- IEA (2024): Global EV Outlook 2024. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024/trends-in-electric-cars>.
- KBA (2024): Neuzulassungen nach Umwelt-Merkmalen (FZ 14). [https://www.kba.de/DE/Statistik/Produktkatalog/produkte/Fahrzeuge/fz14\\_n\\_uebersicht.html](https://www.kba.de/DE/Statistik/Produktkatalog/produkte/Fahrzeuge/fz14_n_uebersicht.html) (25.03.2024).
- Köllner, C. (2024): Warum sind LFP-Zellen so attraktiv? <https://www.springerprofessional.de/batterie/energiespeicher/warum-sind-lfp-zellen-so-attraktiv-/26838930> (29.11.2024).
- Notter et al. (2022): HBEFA 4.2 - Documentation of updates. INFRAS, Bern/Graz/Heidelberg/Lyon/Göteborg. [https://www.hbefa.net/d/documents/HBEFA42\\_Update\\_Documentation.pdf](https://www.hbefa.net/d/documents/HBEFA42_Update_Documentation.pdf) (26.04.2023).
- Peters, J. F.; Baumann, M.; Binder, J. R.; Weil, M. (2021): On the environmental competitiveness of sodium-ion batteries under a full life cycle perspective – a cell-chemistry

specific modelling approach. In: *Sustainable Energy & Fuels*. Vol. 5, No. 24, S. 6414–6429. DOI: [10.1039/D1SE01292D](https://doi.org/10.1039/D1SE01292D).

Transport & Environment (2024): The drive to 2025 Carmakers' progress towards their EU CO2 target in H1 2024. [https://www.transportenvironment.org/uploads/files/202409\\_Car\\_CO2\\_analysis.pdf](https://www.transportenvironment.org/uploads/files/202409_Car_CO2_analysis.pdf) (02.12.2024).

UBA (2024): Technischer Anhang der Treibhausgas-Projektionen 2024 für Deutschland (Projektionsbericht 2024). Umweltbundesamt.

# Ergänzende Informationen zur Bestimmung des Treibhausgasmininderungsbeitrags

---

## Akku- und Fahrzeugherstellung

Für die Pkw-Herstellung wurde ein Ökobilanzmodell für Pkw verwendet, das in (Biemann et al. 2024) näher beschrieben ist. Hier wird nur auf Anpassungen gegenüber der Bilanzierung in (Biemann et al. 2024) eingegangen, die die aktuellsten Entwicklungen bei den Pkw-Eigenschaften sowie vor allem neue Entwicklungen bei den Akkutechnologien abbilden. Zudem werden in diesem Papier anstelle von durchschnittlichen Kompaktklasse-Pkw durchschnittliche, über alle Pkw-Segmente gemittelte Pkw abgebildet.

Die Bilanzierung der Akkuherstellung basiert auf (Biemann et al. 2024), angepasst wird für die Aktualisierung jedoch der Ort der Zellfertigung. Trotz vielfältiger Bemühungen verstärkt eine europäische Zellfertigung zu etablieren, gab es hier in der letzten Zeit einige Rückschläge. Infolgedessen erscheint eine Deckung der europäischen Zellbedarfe bis 2030 rein aus europäischer Herstellung – wie in (Biemann et al. 2024) angenommen – als nicht mehr realistisch. Stattdessen wird nun ein Mix global dominierender Zellherstellungsländer angenommen<sup>1</sup>.

Neuere Entwicklungen gibt es auch bei den im Pkw genutzten Zelltypen. Während in den Jahren 2020/ 2021 vor allem NMC-Akkus (NMC622 sowie teilweise NMC111) am Markt waren, gibt es in der Zwischenzeit auch viele Pkw-Modelle mit LFP-Akku oder mit einem weiterentwickelten NMC811 Akku. Da nicht alle Hersteller (vollständige) Angaben zur verwendeten Zellchemie machen, mussten Annahmen bezüglich des aktuellen Mixes an Zelltechnologien getroffen werden. Im Jahr 2023 wird auf Basis von verfügbaren Marktdaten von folgender Zusammensetzung der Zellchemie ausgegangen: 15 % LFP, 40 % NMC811 und 45 % NMC622. Vernachlässigt werden die ebenfalls erhältlichen, aber im Gesamtmarkt deutlich weniger relevanten NCA-Zellen oder andere NMC-Zellchemien.

Weiterhin gab es in der letzten Zeit deutliche Weiterentwicklungen bei den Energiedichten der LFP-Akkus. Diese haben zwar weiterhin auf Zellebene eine etwa 20 % geringere Energiedichte als vergleichbare NMC622-Akkus, erreichen aber bereits Energiedichten von bis zu 200 Wh/kg auf Zellebene (Köllner 2024). Während die NMC-Zellen üblicherweise einen 60 %-Anteil an der gesamten Akkumasse haben (Ellingsen et al. 2014), sind bei LFP-Akkus Einsparungen beim Gehäuse möglich, so dass der Massenanteil der LFP-Zelle an der gesamten Akkumasse bei etwa 70 % liegt (Peters et al. 2021). Damit werden für die aktualisierte Klimabilanz die folgenden Energiedichten auf Systemebene für die heutige Situation verwendet: NMC622 mit 150 Wh/kg, NMC811 mit 200 Wh/kg sowie LFP mit 140 Wh/kg. Die resultierenden THG-Emissionen der Akkuherstellung im Jahr 2023 zeigt Abbildung 8. Während der heutige NMC622 Akku THG-Emissionen von 84 kg CO<sub>2</sub>e/ kWh aufweist, liegen der

---

<sup>1</sup> Die Zellfertigung erfolgt in: China (20 % heute und 23 % in 2030), USA (42 % heute und 34 % in 2030), Südkorea (7 % heute und 5 % in 2030), Japan (13 % heute und 10 % in 2030), der EU27 (6 % heute und 25 % in 2030) sowie dem Rest der Welt (3 %). (nach (Hill et al. 2020))

LFP-Akku mit 80 kg CO<sub>2</sub>e/ kWh sowie der NMC811 Akku mit 69 kg CO<sub>2</sub>e/ kWh etwas niedriger.

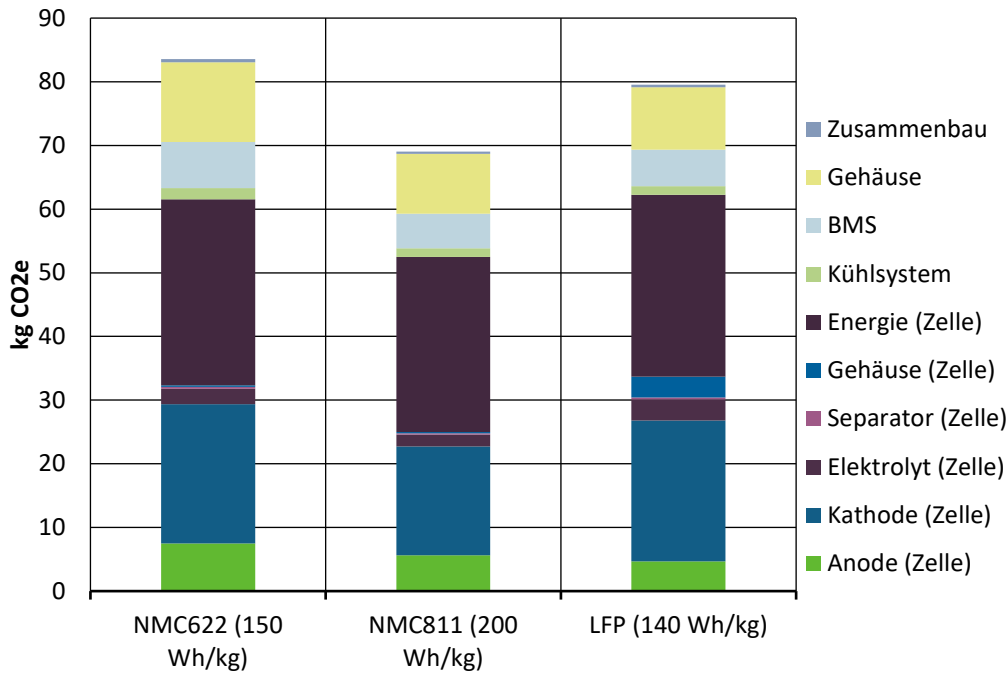


Abbildung 8: THG-Emissionen verschiedener Akkutypen im Jahr 2023 (eigene Berechnung, ifeu)

Gegenwärtig durchläuft die Akkutechnologie eine äußerst dynamische Entwicklungsphase. Neben Weiterentwicklungen bereits vorhandener Zelltechnologien werden auch verschiedene neuartige Zellchemien entwickelt (z.B. solid-state NMC-Akkus mit höheren Energiedichten sowie Natrium-Ionen Akkus ,die bisher nicht im mobilen Bereich eingesetzt wurden).

Aber auch bei den bestehenden Akkutechnologien dürfte es in Zukunft zu weiterhin sinkenden THG-Emissionen pro Kilowattstunde Akkukapazität kommen. Das ist vor allem zurückzuführen auf Verbesserungen beim Energieverbrauch in der Zellfertigung, weiterhin steigenden Energiedichten sowie Verbesserungen des Emissionsfaktors für die Energie in der Zellfertigung. Zudem werden langfristig voraussichtlich auch die benötigten Rohmaterialien durch die fortschreitende Dekarbonisierung der Fertigungsprozesse weniger THG-intensiv (Biemann et al. 2024). Weiterhin sollen nach Vorgaben der EU-Batterie Verordnung<sup>1</sup> die Anteile an Sekundärmaterialien in der Zellfertigung deutlich ansteigen (siehe Exkurs).

Für das Baujahr 2030 werden mit diesen Annahmen etwas geringere THG-Emissionen von nur noch 57 kg CO<sub>2</sub>e/kWh für den NMC811 (200 Wh/kg) und 70 kg CO<sub>2</sub>e/ kWh für den LFP-Akku (140 Wh/kg) errechnet, ohne, dass hier mögliche weitere Verbesserungen in der Energiedichte angesetzt werden. Diese Verbesserungen bei der Akkuherstellung kompensieren damit die Mehremissionen durch weiterhin steigende Reichweiten (und damit größere Akkus) bei den Pkw.

<sup>1</sup> Regulation (EU) 2023/1542 of the European Parliament and of the Council of 12 July 2023 concerning batteries and waste batteries, amending Directive 2008/98/EC and Regulation (EU) 2019/1020 and repealing Directive 2006/66/EC.

### **Exkurs: Auswirkung der Vorgaben der EU-Batterie-Verordnung auf die Akkuherstellung**

Die EU-Batterieverordnung wurde im Juli 2023 verabschiedet (Verordnung (EU) 2023/1542) und war eine der ersten Initiativen, die im Rahmen des europäischen Aktionsplans für die Kreislaufwirtschaft ins Leben gerufen wurde, um die Ziele des Europäischen Green Deal zu erreichen. Die Verordnung befasst sich mit den sozialen, wirtschaftlichen und ökologischen Fragen im Zusammenhang mit allen Arten von Batterien und Akkus. Sie deckt dabei den gesamten Lebenszyklus von der Herstellung bis zur Entsorgung ab. Neben einer neuen Differenzierung der Akkutypen (wie z.B. die besondere Betonung von Traktionsbatterien für Elektrofahrzeuge) regelt das Gesetz verbindliche Anforderungen in Bezug auf: Nachhaltigkeit, Sicherheit und Kennzeichnung, Wiederverwendung von Akkus, Definitionen und Rolle der Wirtschaftsakteure, Behandlung von Altakkus, Sorgfaltspflichten bei der Beschaffung von Rohstoffen und Vorschriften für den Batteriepass.

Altakkus dürfen nicht beseitigt oder zur Energierückgewinnung verwendet werden (Art. 70), so dass nur die Wiederverwendung oder das Recycling in Frage kommt. Die Anlagen für das Recycling müssen der besten verfügbaren Technologie entsprechen. Bis Ende 2025 muss die Gesamteffizienz des Recyclings von Lithium-Akkus 65 % der Gesamtmasse erreichen. Nach 2030 soll dieser Wirkungsgrad auf 70 % steigen. Die materialspezifischen Recyclingziele für Kobalt, Nickel und Kupfer liegen bei 90 % (50 % Lithium) bis 2027 und 95 % (80 % Lithium) bis 2031. Zusätzlich zu den Recyclingeffizienzzielen legt die Verordnung auch Ziele für die Sekundärquoten ausgewählter Aktivmaterialien in neuen Akkus fest. Diese liegen für Kobalt bei 16 % sowie für Nickel und Lithium bei 6 % im Jahr 2031 und steigen danach weiter an.

## Verbrauchsdaten

Zur Ableitung von aktuellen Verbrauchswerten von Pkw wurden die Daten des Kraftfahrtbundesamtes zu den WLTP-CO<sub>2</sub>-Emissionen der Verbrenner sowie der Energieverbräuche von Elektro-Pkw (gezeigt in Tabelle 2) ausgewertet. Neben den Werten für die durchschnittlichen Pkw werden in der Tabelle auch die Bandbreiten für die Segmente „SUV“ und „Kompaktklasse“ aufgezeigt. Dabei wurden jedoch nur Fahrzeuge mit einem Anteil von mindestens 0,5 % an den antriebsspezifischen Neuzulassungen je Segment ausgewertet um wenig genutzte Modelle mit teilweise extremen Werten herauszufiltern.

Tabelle 2: Energieverbräuche und WLTP CO<sub>2</sub>-Emissionen neuzugelassener Pkw in 2023

	Durchschnittlicher Pkw	Bandbreite SUV	Bandbreite Kompaktklasse
<b>Benzin</b>	149,5 g CO <sub>2</sub> /km 6,4 l / 100 km	128 bis 175 g CO <sub>2</sub> /km 5,5 bis 7,5 l / 100 km	128 bis 173 g CO <sub>2</sub> /km 5,5 bis 7,5 l / 100 km
<b>Diesel</b>	163,3 g CO <sub>2</sub> /km 6,2 l / 100 km	118 bis 175 g CO <sub>2</sub> /km 4,4 bis 6,7 l / 100 km	123 bis 133 g CO <sub>2</sub> /km 4,6 bis 5,0 l / 100 km
<b>Elektro</b>	17,1 kWh / 100 km	13,0 bis 19,5 kWh / 100 km	12,4 bis 14,8 kWh / 100 km

Quelle: eigene Analysen nach KBA (KBA 2024) sowie der EV database (EV database 2024)

Anmerkung: Die WLTP-Emissionen decken nur die CO<sub>2</sub>-Auspuffemission im Prüfzyklus WLTP ab, sie entsprechen daher nicht den realen Gesamtemissionen aus dem Fahrzeugbetrieb.

Die Realverbräuche auf der Straße liegen in der Regel jedoch höher als die im Rahmen des WLTP gemessenen Verbräuche. Laut (Dornoff et al. 2024) hatten in Deutschland im Jahr 2022 neuzugelassene Benzin- und Diesel-Pkw etwa 14 % höhere reale Kraftstoffverbräuche als deren angegebene WLTP Verbräuche. Damit ergibt sich für den durchschnittlichen Benzin-Pkw ein Verbrauch von 7,3 l / 100 km und für den durchschnittlichen Diesel-Pkw ein Verbrauch von 7,1 l / 100 km. Leider gibt es bisher keine Untersuchungen für den Unterschied zwischen WLTP- und Realverbrauch bei reinen Elektro-Pkw, daher wird hier vereinfachend mit demselben Aufschlagsfaktor wie für die Verbrenner-Pkw gearbeitet. Diese Annahme ergibt einen durchschnittlichen ein Verbrauch von 19,5 kWh / 100 km und beinhaltet bereits die Ladeverluste, welche nach (Notter et al. 2022) mit 14 % angesetzt werden.

Bei den PHEV-Pkw kommt es neben den Verbräuchen im Benzin- und im Elektrobetrieb auch auf den elektrischen Fahranteil an, welcher je nach Nutzergruppe sehr unterschiedlich ausfällt. Während im WLTP sehr hohe elektrische Fahranteile erreicht werden, liegen diese in der Praxis heute nur bei 35 % (Biemann et al. 2024). Grundsätzlich ist der mittlere PHEV-Pkw gut 100 kg schwerer als der mittlere Elektro-Pkw, was laut (Helms und Kräck 2016) einem Verbrauchsaufschlag von + 0,64 kWh / 100 km im Strombetrieb entspricht. Daher werden für den PHEV-Pkw im elektrischen Betrieb 20,3 kWh / 100 km zugrunde gelegt. Da ein mittlerer PHEV-Pkw sogar gut 600 kg schwerer als ein mittlerer Benzin-Pkw ist, fällt hier der Verbrauchsunterschied im Benzin-Betrieb noch höher aus (+ 3,18 MJ / 100 kg und 100 km nach (Helms und Kräck 2016)). Der bilanzierte PHEV-Pkw hat daher im Benzinbetrieb einen Verbrauch von 2,51 MJ /km (bzw. 7,9 l / 100 km). Die für die Klimabilanz angenommenen Verbräuche sind in Tabelle 3 noch einmal zusammengefasst. Der segmentspezifische Auf- bzw. Abschlag wird durch einen Vergleich der durchschnittlichen WLTP-CO<sub>2</sub>-Emissionen im Segment mit den gesamten WLTP-CO<sub>2</sub>-Emissionen jeweils antriebsspezifisch berechnet.

Tabelle 3: Realverbräuche der durchschnittlichen Pkw sowie Auf-/Abschlag für Segment Kompaktklasse

	Durchschnittlicher Pkw	Auf-/Abschlag Kompaktklasse
Benzin	2,32 MJ/km	-3 %
Diesel	2,50 MJ/km	-23 %
PHEV kombiniert	1,63 (Benzin) + 0,25 (Strom) MJ/km	-4 % (Benzin) und -10 % (Strom)
Elektro	0,70 MJ/km	-4 %

Quelle: eigene Berechnungen, ifeu-Institut

Auswertungen zur Entwicklungen der CO<sub>2</sub>-Emissionen von Benzin- und Diesel-Pkw für das ifeu Emissionsinventar TREMOD (Allekotte et al. 2024) zeigen, dass für diese in Zukunft nur noch sehr geringe Effizienzgewinne zu erwarten sind. Weitere Verbesserung sind vor allem auf die verstärkte Nutzung von Hybridfahrzeugen zurückzuführen. Im Mittel liegen die Verbräuche der Hybrid-Pkw etwa 4 % bis 7 % unter denen der reinen Verbrenner-Pkw. Für die Analysen in diese Aktualisierung wird vereinfachend davon ausgegangen, dass jeder im Jahr 2030 neuzugelassene Verbrenner-Pkw ein Hybrid-Pkw ist, der 5 % weniger verbraucht als ein aktueller, durchschnittlicher neuzugelassener Verbrenner-Pkw. Ein möglicherweise weiteres Größenwachstum bei den Verbrenner-Pkw wird dabei nicht angenommen. Dieses könnte die Effizienzgewinne ganz oder teilweise kompensieren. Für die Elektro-Pkw werden gleichbleibende Verbräuche unterstellt, aufgrund von konstanten Fahrzeuggewichten und -größen bei den PHEV und Elektro-Pkw.

## Strom- und Kraftstoffbereitstellung

Neben den bereits ermittelten Fahrzeugverbräuchen sind vor allem die Well-to-Wheel-THG-Emissionen der genutzten Energieträger (Benzin, Diesel und Strom) entscheidend für die Gesamt-THG-Bilanz. Dabei bleibt der Kraftstoff- bzw. Strommix über die erwartete Lebenszeit der Pkw nicht konstant. Ein im Jahr 2023 neuzugelassener Pkw wird im Mittel erst im Jahr 2038 (also nach 16 Jahren Betriebszeit) stillgelegt und kann damit noch von einem weiteren Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung in Deutschland profitieren bzw. wird möglicherweise steigende Anteile alternativer Kraftstoffe tanken.

Bisherige Klimabilanzen (u. a. (Biemann et al. 2024)) haben für die Ableitung der zukünftigen Entwicklungen Zielszenarien genutzt, bei denen Deutschland (bzw. die Welt) bis zum Zieljahr 2050 komplett treibhausgasneutral ist. Robuster ist jedoch die Verwendung einer Projektion für die zukünftigen Entwicklungen. Dieses Papier setzt deshalb auf den Ergebnissen des Projektionsberichtes 2024 (UBA 2024) auf. Dabei konnten für das „Mit-Maßnahmen-Szenario“ (MMS) sowohl Anteile an strombasierten Kraftstoffen als auch die Zusammensetzung des künftigen deutschen Strommixes entnommen werden.

Laut Projektionsbericht geht die Entwicklung im Pkw-Bereich in Zukunft vor allem in Richtung reine Elektro-Pkw. Bereits 2030 ist die Mehrzahl der neuzugelassenen Pkw rein elektrisch und ab 2035 werden entsprechend der EU-Flottenzielwerte keine Verbrenner-Pkw mehr neuzugelassen. Da strombasierte Kraftstoffe auf absehbare Zeit ein knappes Gut bleiben, werden die verfügbaren Kapazitäten vermutlich zunächst vor allem im Bereich Luft-/Seeverkehr und teilweise im Straßengüterverkehr eingesetzt. Damit stehen für den Pkw-



Verkehr vermutlich nur geringe PtL<sup>1</sup>-Kraftstoffmengen zu Verfügung, die zudem größtenteils importiert werden müssen.

Selbst im Jahr 2050 können über strombasierte Kraftstoffe demzufolge nur 30 % des Energiebedarfes im Verkehrsbereich gedeckt werden. Erst ab dem Jahr 2035 werden überhaupt relevante Mengen an strombasierten Kraftstoffen erwartet (ca. 7% Anteil energetisch am Energieverbrauch des Verkehrs). Damit hat ein im Jahr 2023 neuzugelassener Pkw über seinen Lebensweg nur eine PtL-Beimischung von knapp 4% zu erwarten und wird hauptsächlich mit fossilen Kraftstoffen betrieben.

Anders sieht es beim deutschen Strommix aus: Bereits im Jahr 2023 hatte erneuerbarer Strom einen Anteil von etwa 50 %. Dieser steigt im MMS Szenario des Projektionsbericht 2024 auf 76% im Jahr 2030 und auf über 90% ab dem Jahr 2040. Anhand der Strommixzusammensetzung aus dem MMS des Projektionsbericht konnte ausgehend von der Situation 2023 eine Fortschreibung der THG-Emissionen des deutschen Strommixes vorgenommen werden. Diese enthalten die gesamte Energievorkette inklusive Brennstoffbereitstellung, Anlagenherstellung, Kraftwerksemissionen sowie auftretende Verluste. Als Stützjahre wurden dabei 2023, 2030, 2035 sowie 2040 gewählt. Zwischen den Stützjahren erfolgt eine lineare Interpolation. Nach 2040 verändert sich der Strommix kaum noch, daher stagnieren hier die THG-Emissionen.

Im Mittel liegt damit für einen im Jahr 2023 neuzugelassenen Pkw die CO<sub>2</sub>-Intensität des geladenen Stroms bei etwa 225 g CO<sub>2</sub>e/kWh. Erfolgt die Neuzulassung erst im Jahr 2030, verringert sich dieser Wert weiter auf 107 g CO<sub>2</sub>e/kWh.

Für die THG-Emissionen von Benzin und Diesel werden Daten für die fossilen Kraftstoffvorketten aus TREMOD 6.53 genutzt (Allekotte et al. 2024) - diese berücksichtigen neuere Erkenntnisse zu den erhöhten Methanemissionen aus der Rohölvorkette und liegen damit etwas höher als die in (Biemann et al. 2024) genutzten Werte. Für die Beimischung von Biokraftstoffen und PtL (aus rein erneuerbarem Strom hergestellt und importiert) werden die Vorkettendaten aus (Biemann et al. 2024) direkt verwendet.

---

<sup>1</sup> PtL = Power-to-liquid