ECONSTOR
Make Your Publications Visible.

A Service of

ZBW Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft
Leibniz Information Centre for Economics

Wietschel, Martin

Working Paper

Ein Update zur Klimabilanz von Elektrofahrzeugen

Working Paper Sustainability and Innovation, No. S01/2020

Provided in Cooperation with:
Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI

Suggested Citation: Wietschel, Martin (2020) : Ein Update zur Klimabilanz von Elektrofahrzeugen, Working Paper Sustainability and Innovation, No. S01/2020, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe

This Version is available at:
https://hdl.handle.net/10419/213305

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

WWW.ECONSTOR.EU

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Working Paper Sustainability and Innovation
No. S 01/2020

Martin Wietschel

Ein Update zur Klimabilanz von Elektrofahrzeugen

Fraunhofer ISI

Fördervermerk

Diese Veröffentlichung ist entstanden im Rahmen der Profilregion Mobilitätssysteme Karlsruhe, gefördert aus Mitteln des Ministeriums für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg und als nationales Leistungszentrum aus Mitteln der Fraunhofer-Gesellschaft.

Inhaltsverzeichnis

Seite

1 Einführung 1

2 Datengrundlage 3

3 Ergebnisse: Die Break Even Points von Batteriefahrzeugen gegenüber konventionellen Fahrzeugen 6

4 Zusammenfassung 13

5 Literatur 14

1 Einführung

Elektrofahrzeuge verursachen bei der Herstellung i.d.R. mehr Treibhausgasemissionen als konventionelle Pkw, die mit Diesel oder Benzin betrieben werden. In der Nutzungsphase wiederum können sie in Abhängigkeit der Stromherkunft dann Treibhausgasemissionen einsparen. Eine Reihe an Studien hat sich in der letzten Zeit intensiv mit dem Thema beschäftigt (ICCT 2018, Joanneum Research 2019, Regett et al. 2019, Agora Verkehrswende 2019a, Agora Verkehrswende 2019b, Sternberg et al. 2019). Auch das Fraunhofer ISI hat in 2019 zwei Studien zur Klimabilanz von Elektrofahrzeugen herausgebracht (Wietschel et al. 2019a und Wietschel et al. 2019b).

Die Datengrundlage hat sich in den letzten Monaten bezüglich zweier Aspekte geändert: der Treibhausgasbelastung der Batterieproduktion sowie der Batteriegröße von neuen angekündigten Pkw-Modellen. Das IVL-Institut hat seine vielbeachtete Metastudie von 2017, die verschiedenste Studien zu der Treibhausgasbelastung aus der Batterieproduktion ausgewertet hat (Romare et al. 2017), 2019 aktualisiert (Emilsson et al. 2019). Die spezifischen Treibhausgasemissionen pro hergestellter kWh Batteriekapazität sind dabei gegenüber der älteren Metastudie im Schnitt deutlich gesunken. Auf der anderen Seite haben verschiedene Hersteller Pkw mit größeren Batteriekapazitäten auf den Markt gebracht bzw. dies angekündigt, wodurch die Treibhausgasemissionen steigen.

Ziel dieses Updates der beiden Fraunhofer ISI-Studien ist es, diese beiden gegenläufigen Aspekte näher zu beleuchten und dabei aufzuzeigen, wie sich die Bandbreite an unterschiedlichen Annahmen auf die Klimabilanz von Pkw in Deutschland auswirkt. Neben spezifischen Treibhausgasemissionen bei der Herstellung der Batterien sowie der Größe der Batteriekapazität wird noch zwischen laden mit dem Strommix und laden mit erneuerbarem Strom differenziert.

Die Methodik ist in Wietschel et al. (2019a) ausführlich dargestellt. Neben der Herstellung und der Nutzungsphase wird auch die Verwertungsphase bezüglich der Klimagase bilanziert. Die Verwertungsphase spielt allerdings nur eine sehr untergeordnete Rolle (ICCT 2018, Agora Verkehrswende 2019a, Emilsson et al. 2019). Nicht in dieser Studie eingeschlossen sind mögliche Zweitnutzungskonzepte für die Batterien, die nach Aussage von anderen Studien durchaus die Klimabilanz von Elektrofahrzeugen weiter verbessern können (ICCT 2018, Joanneum 2019).

In den Ergebnissen in dieser Studie wird einmal der Break Even Point in Form an gefahrenen Kilometern, bei denen die Klimabilanz von Elektrofahrzeugen gegenüber von Diesel- bzw. Benzinfahrzeugen besser wird, ausgewiesen. Zum anderen wird die gesamte Treibhausgaseinsparung über die Nutzungsdauer der Fahrzeuge ausgewertet.

Im folgenden Kapitel wird die aktualisierte Datenbasis dargestellt. Im anschließenden Kapitel werden dann die Ergebnisse angeführt und diskutiert. Im abschließenden Kapitel folgt dann eine Zusammenfassung.

An dieser Stelle sollte noch erwähnt werden, dass sich die unterschiedlichen Antriebssysteme nicht nur in der Klimabilanz, sondern auch hinsichtlich einer Reihe an anderen Aspekten wie Auswirkungen auf andere Umweltkategorien, Rohstofffragen oder Wirtschaftlichkeit unterscheiden. Eine aktuelle Diskussion über diese verschiedenen Aspekte findet sich in Thielmann et al. (2020).

2 Datengrundlage

In dieser Studie werden Mittelklasse- und Oberklasse-Pkw in Deutschland über ihre Nutzungsdauer bewertet. Bis auf die beiden Größen Batteriekapazität und Treibhausgasemissionsbelastung aus der Batterieproduktion werden alle anderen Werte aus der Studie Wietschel et al. (2019b) genommen. Es werden dabei batterieelektrische Fahrzeuge (BEV) mit entsprechenden konventionellen Fahrzeugen verglichen, wobei moderne, effiziente Fahrzeuge unterstellt werden. Ein weiteres Voranschreiten der Energiewende ist eine zusätzlich relevante Annahme.

Für die Batteriegrößen werden in der hier vorliegenden Studie vier verschiedene Werte gewählt (siehe Tabelle 1), zwei für Mittelklasse-Pkw und zwei für Oberklasse-Pkw.

Tabelle 1: Batteriegrößen sowie Zuordnung zur Fahrzeugklasse

Batteriegrößen [kWh]	**Klasse**
40	Mittelklasse
58	Mittelklasse
95	Oberklasse
120	Oberklasse

Für die in Tabelle 1 genannten Batteriegrößen, gibt es bereits Fahrzeuge auf dem Markt (ADAC 2019a, ADAC 2019c) oder sie befinden sich in der Produktion (ADAC 2018, ADAC 2019b).

Nach der aktuellen Studie von Emilsson et al. (2019) werden zwischen 61 und 106 kg CO_2-äq./kWh Batteriekapazität an Treibhausgasen bei der Produktion der Batterie freigesetzt (Varianz zwischen den ausgewerteten Studien). Der CO_2-Wert hängt u. a. von dem zugrunde gelegten Strommix ab. Der Strommix wurde dabei aus erneuerbarem Strom bis hin zu einem Strommix aus fossilen Energien variiert. Wenn die Daten zur Batterieherstellung nicht transparent genug sind, steigt der Wert in der aktuellen Studie (Emilsson et al. 2019) auf bis zu 146 kg CO_2-äq./kWh Batteriekapazität an. Im Vergleich zur Studie aus dem Jahr 2017 (Romare et al. 2017), bei der die Treibhausgasemissionen der Batterieproduktion noch bei 150 bis 200 kg CO_2-äq./kWh Batteriekapazität lagen, sind die aktuellen Werte damit deutlich geringer. Dies liegt u. a. daran, dass in der aktuellen Studie (Emilsson et al. 2019) davon ausgegangen wird, dass bei der Batterieproduktion ein deutlich höherer Anteil an erneuerbaren Energien

genutzt wird. Ein weiterer Grund für den verbesserten Wert der Treibhausgasemissionen der Batterieproduktion sind die aktualisierten Daten zu den Prozessen bei der Batterieherstellung und die gestiegene Effizienz bei der Herstellung der Batterie.

In der Studie aus dem Jahr 2017 (Romare et al. 2017) wurden die Treibhausgasemissionen (THG) vom Recyceln von 15 kg CO_2-äq./kWh Batteriekapazität berücksichtigt. Das Recycling beeinflusst die Ökobilanz nur in geringem Maße (Emilsson et al. 2019). Dem für das Recycling benötigten Energieaufwand stehen Energieeinsparungen durch die Wiederverwendung des recycelten Materials gegenüber. Aus diesem Grund sind die 15 kg CO_2-äq./kWh Batteriekapazität in den neueren Angaben nicht mehr berücksichtigt. Die oben genannten CO_2-Werte für die Batterieproduktion wurden für eine NMC-Zelle berechnet (Emilsson et al. 2019).

Der Break Even Point wird für die in Tabelle 2 genannten Pkw-Varianten berechnet, jeweils für einen typischen Mittelkasse-Pkw und einen typischen Oberklasse-Pkw.

Tabelle 2: Betrachtete Pkw-Varianten (jeweils für Ober- und Mittelklasse-Pkw)

Pkw-Varianten
Diesel vs. BEV Strommix
Diesel vs. BEV Erneuerbare
Benzin vs. BEV Strommix
Benzin vs. BEV Erneuerbare

Der Break Even Point wird für ein Fahrzeug, das in 2019 gekauft wurde, und für ein Fahrzeug, das im Jahr 2030 gekauft wird, kalkuliert. Dabei wird für jeden der in Tabelle 2 genannten Fälle, die Treibhausgaswerte von 61, 106 und 146 kg CO_2-äq./kWh Batteriekapazität verwendet. Dafür werden die Treibhausgasemissionen der Batterieproduktion entsprechend den oben dargestellten Treibhausgaswerten verändert. Für jede Batteriegröße werden somit drei Break Even Points berechnet, die sich nur in den Treibhausgasemissionen der Batterieproduktion unterscheiden. Alle anderen Fahrzeugparameter wie Verbrauch und Fahrleistung bleiben unverändert (siehe zu den Daten Wietschel et al. (2019b)). für die Stromproduktion wird einmal angenommen, dass zum Laden der Mix des deutschen Kraftwerkparks genommen wird. Zum anderen wird un-

terstellt, dass ausschließlich mit erneuerbarem Strom geladen wird. Die Begründung für beide Fälle wird in Wietschel et al. (2019a) ausführlich diskutiert.

Um den Break Even Point zu bestimmen werden die pro Jahr gefahrenen Kilometer solange addiert, bis die THG-Emissionen des Diesels beziehungsweise des Benziners die THG-Emissionen des Elektrofahrzeugs überschreiten. Die Summe der Kilometer gibt die Fahrleistung an, bei der die THG-Emissionen des Diesels/Benziners gleich den THG-Emissionen des Elektrofahrzeugs sind. Weiterhin werden alle Treibhausgasemissionen über die unterstellte Nutzungszeit (13 Jahre) kumuliert und so die gesamten Treibhausgasemissionen für alle untersuchten Fahrzeuge kalkuliert.

3 Ergebnisse: Die Break Even Points von Batteriefahrzeugen gegenüber konventionellen Fahrzeugen

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse zu den Berechnungen der Break Even Points von gefahrenen Kilometern, bei denen die Treibhausgaseinsparungen eines Elektrofahrzeugs geringer sind, im Vergleich zum entsprechenden konventionellen Fahrzeug, präsentiert.

In den folgenden drei Abbildungen 1 bis 3 sind die Break Even Points in Kilometern für ein Mittelklasse BEV mit einer Batteriekapazität von 40 kWh und 58 kWh sowie den verschiedenen THG-Werten dargestellt.

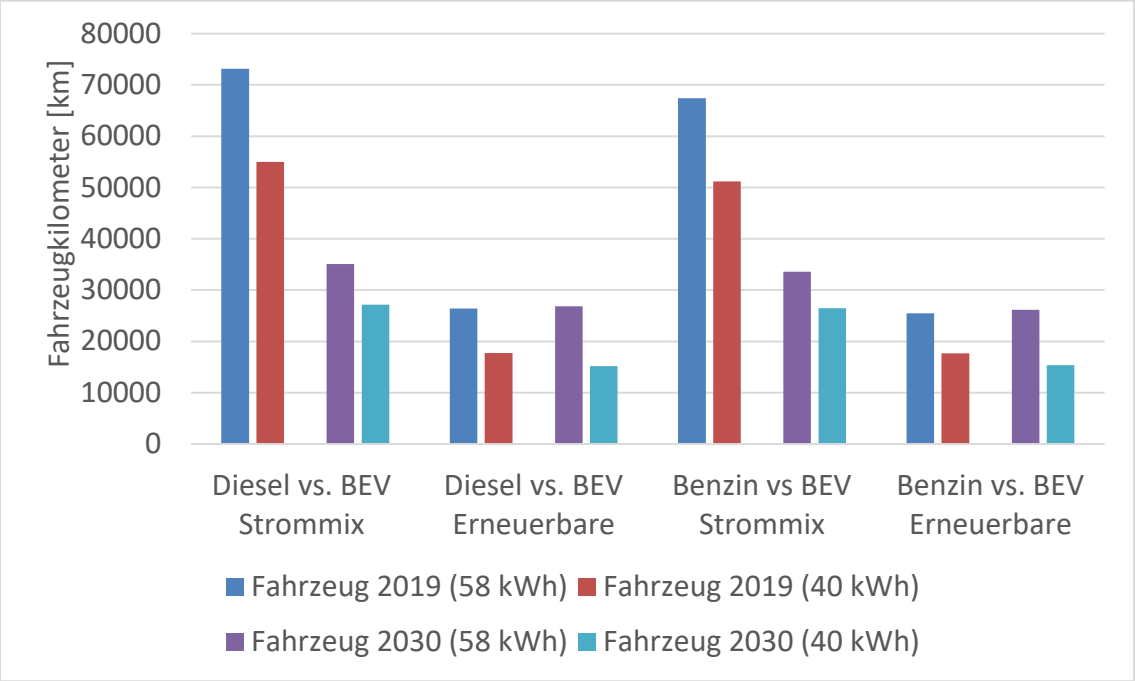

Abbildung 1: Break Even Point für ein Mittelklasse-BEV mit einer Batteriekapazität von 40 bzw. 58 kWh mit den THG-Emissionen bei der Batterieproduktion von 61 kg CO_2-äq./kWh Batteriekapazität

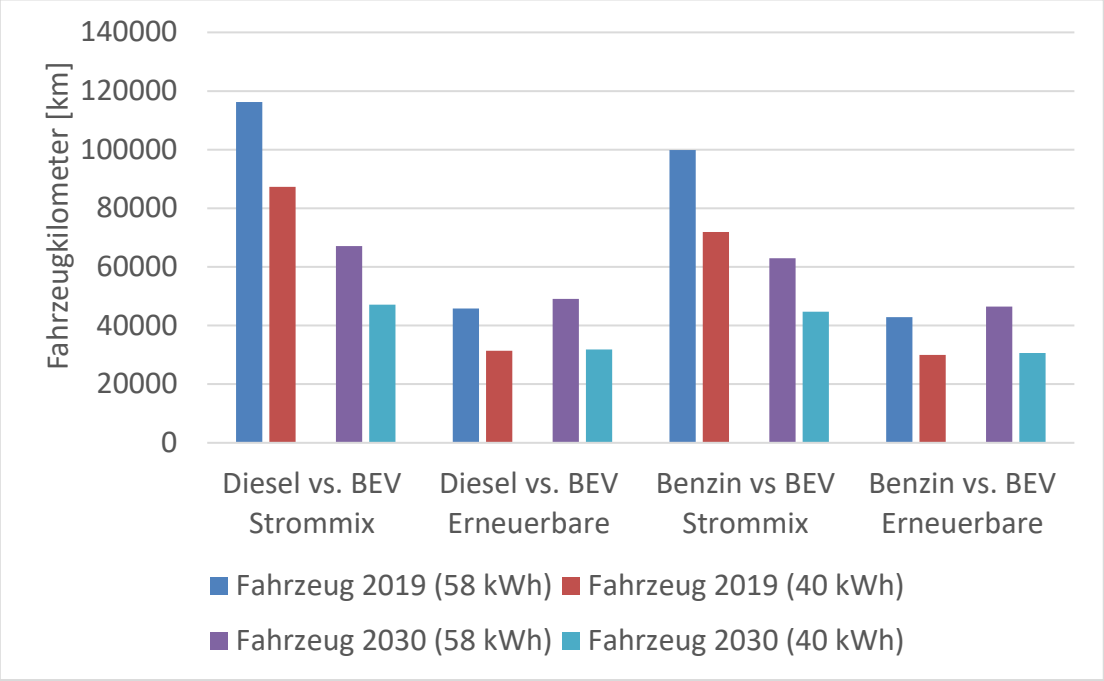

Abbildung 2: Break Even Point für ein Mittelklasse-BEV mit einer Batteriekapazität von 40 bzw. 58 kWh mit den THG-Emissionen bei der Batterieproduktion von 106 kg CO_2-äq./kWh Batteriekapazität

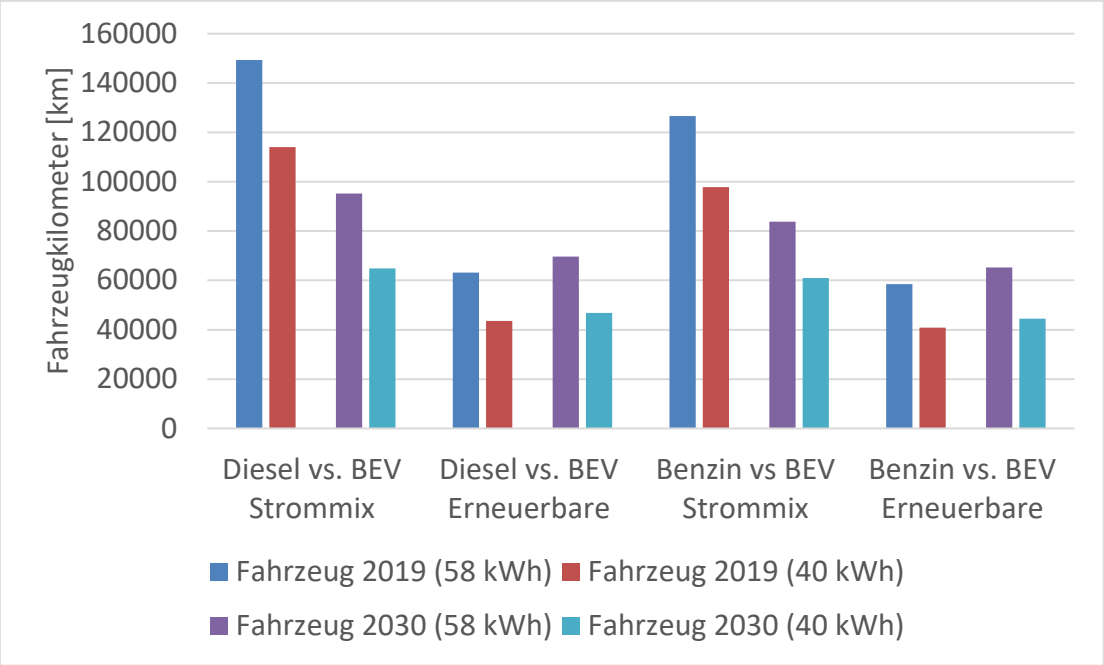

Abbildung 3: Break Even Point für ein Mittelklasse-BEV mit einer Batteriekapazität von 40 bzw. 58 kWh mit den THG-Emissionen bei der Batterieproduktion von 146 kg CO_2-äq./kWh Batteriekapazität

Die Ergebnisse zeigen, dass die Höhe der THG-Emissionen der Batterieproduktion einen deutlichen Einfluss darauf hat, wie lange ein Fahrzeug fahren muss, um den Break Even Point im Vergleich zum konventionellen Fahrzeug (Mittelklasse-Pkw) zu erreichen. Bei einer Batteriekapazität von 40 kWh, bei einem THG-Wert von 61 kg CO_2-äq./kWh für die Batterieproduktion und dem deutschen Strommix wird der Break Even Point für ein Fahrzeug, das 2019 gekauft wurde, im Vergleich zum Diesel schon bei rund 55.000 km erreicht. Gegenüber einem vergleichbaren Benziner wird er nach 51.000 km erreicht. Wenn bei der Batterieherstellung nun der CO_2-Wert von 146 kg CO_2-äq./kWh für die Batterie statt 61 kg CO_2-äq./kWh Batteriekapazität angenommen wird, wird der Break Even Point gegenüber einem Diesel erst bei 114.000 km erreicht.

Für ein Elektrofahrzeug, welches 2030 gekauft wird, wird der Break Even Point deutlich früher erreicht als für ein Fahrzeug, das 2019 angeschafft wurde. Dies liegt daran, dass die durchschnittlichen THG-Emissionen des deutschen Strommixes über die Jahre als weiter sinkend unterstellt werden (siehe zur Begründung und den Zahlen Wietschel et al. (2019b)).

Die Verwendung von ausschließlich erneuerbarem Strom zum Laden von Elektrofahrzeugen hat ebenfalls einen sehr hohen Einfluss. Im Falle der Batteriekapazität von 40 kWh und des niedrigen THG-Wertes bei der Batterieproduktion liegt der Wert dann unter 20.000 km (für 2019). Bei einer 58 kWh Batterie und des hohen THG-Wertes für die Batterieherstellung sind es dann etwas mehr als 60.000 km (für 2019).

In den Abbildungen 4 bis 6 sind die Ergebnisse für die Oberklasse dargestellt. Die Ergebnisse sind in der Tendenz vergleichbar mit denen der Mittelklasse-Pkw. Allerdings müssen wegen der hohen Batteriekapazität deutlich mehr Kilometer gefahren werden, bis die Treibhausgasbilanz eines BEV positiv wird. Allerdings ist die Fahrleistung pro Monat bzw. über die gesamte Nutzungsdauer eines Oberklasse-Pkws im Durchschnitt auch deutlich höher im Vergleich zu einem Mittelklasse-Pkw. Wird ausschließlich erneuerbarer Strom zum Laden genutzt, dann wird der Break Even Point allerdings auch bei Oberklasse-Pkw recht schnell erreicht.

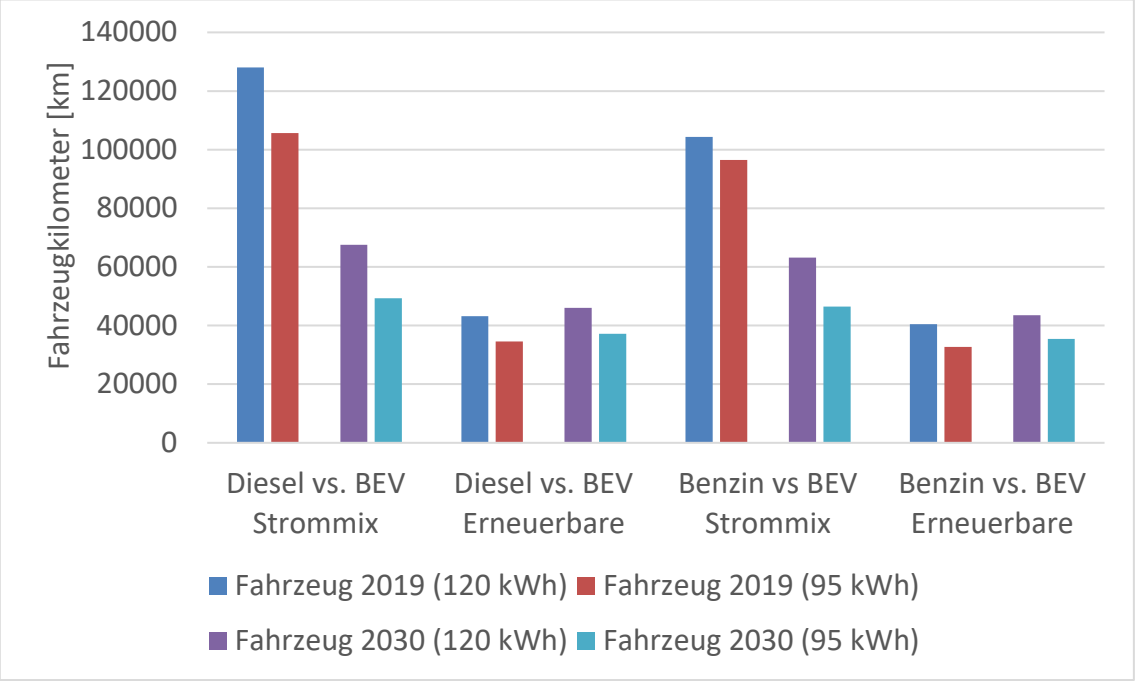

Abbildung 4: Break Even Point für ein Oberklasse-BEV mit einer Batteriekapazität von 95/120 kWh mit den THG-Emissionen bei der Batterieproduktion von 61 kg CO_2-äq./kWh Batteriekapazität

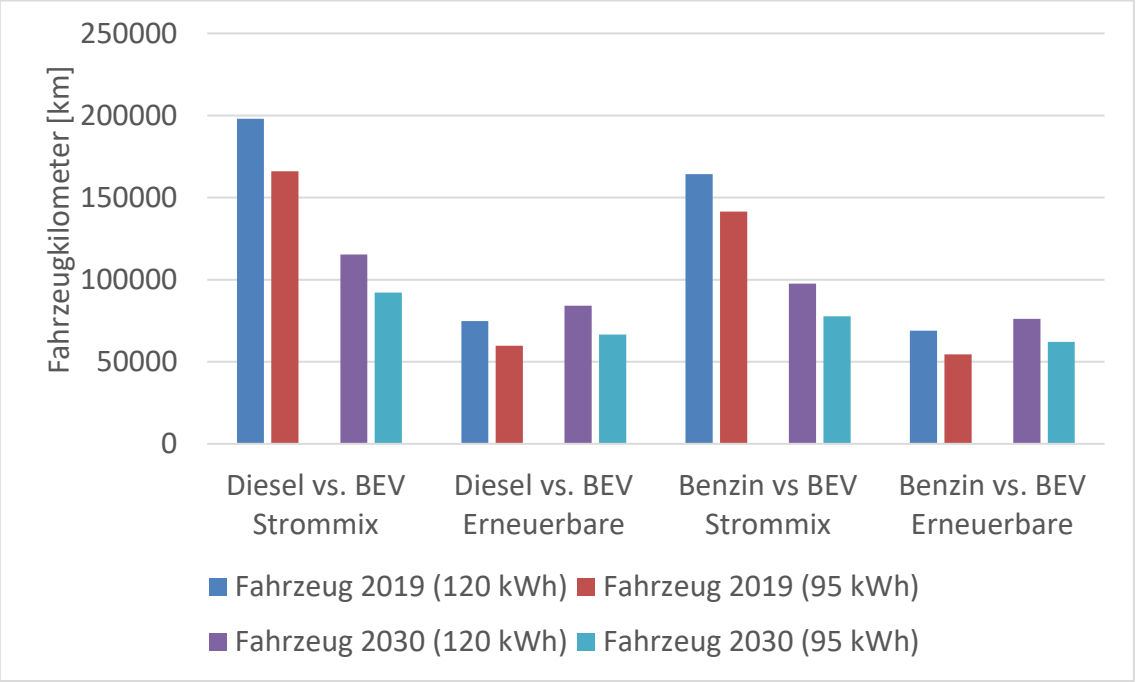

Abbildung 5: Break Even Point für ein Oberklasse-BEV mit einer Batteriekapazität von 95/120 kWh mit den THG-Emissionen bei der Batterieproduktion von 106 kg CO_2-äq./kWh Batteriekapazität

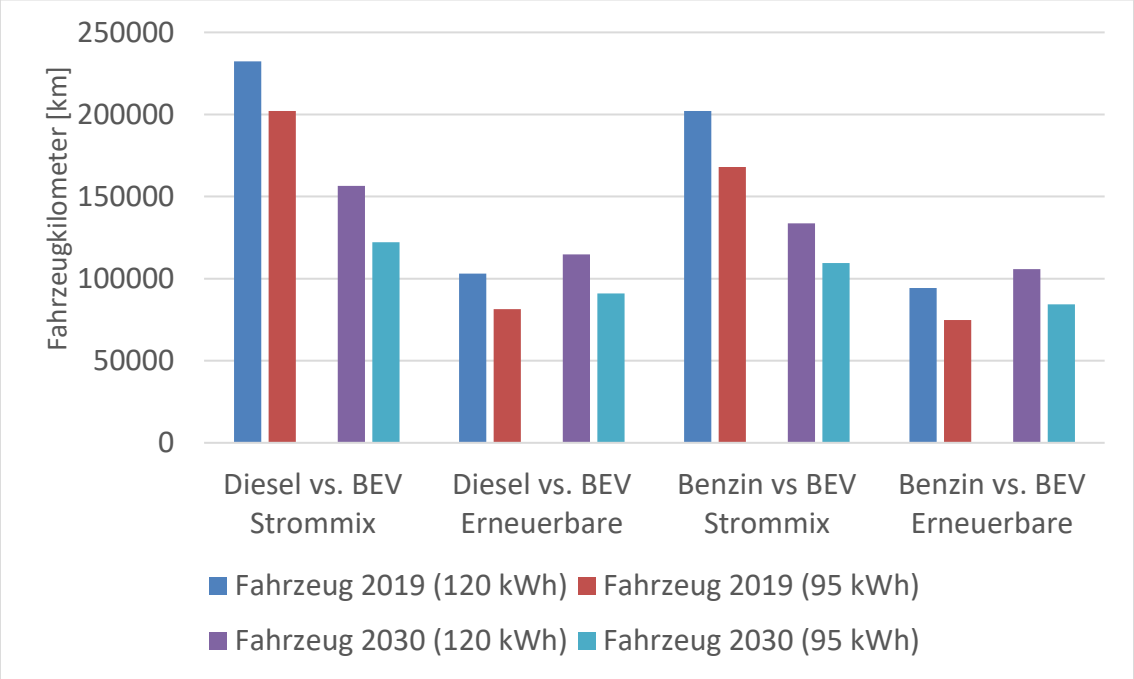

Abbildung 6: Break Even Point für ein Oberklasse-BEV mit einer Batteriekapazität von 95/120 kWh mit den THG-Emissionen bei der Batterieproduktion von 146 kg CO_2-äq./kWh Batteriekapazität

In den vier Abbildungen 7 bis 10 sind die eingesparten THG-Emissionen über die ganze Nutzungszeit in Abhängigkeit der verschiedenen CO_2-Werte der Batterieproduktion für ein BEV dargestellt.

Sie fallen in allen untersuchten Fällen positiv für BEV aus. Für den schlechtesten Fall, einem Oberklasse-Pkw mit einer sehr hohen Batteriekapazität (120 kWh) und hohen THG-Werten der Batterieproduktion, der mit deutschem Strommix lädt und 2019 angeschafft wurde, sind es nur 2 t CO_2-äq gegenüber einem Diesel-Pkw an Einsparungen über die gesamte Nutzungsdauer. Damit werden 4 % der THG-Emissionen eingespart. Im besten Fall (Oberklasse-Pkw mit 95 kWh Batteriekapazität, 61 kg CO_2-äq./kWh THG-Werten bei der Batterieproduktion und laden mit erneuerbarem Strom) betragen die Einsparungen 43 t CO_2-äq gegenüber einem Benzin-Pkw. Dies bedeutet eine 70%ige THG-Einsparung.

Wenn man alle Fälle miteinander vergleicht ohne die Extremwerte, so ergeben sich für ein in 2019 angeschafftes Fahrzeug durch ein BEV THG-Einsparungen zwischen 10 bis 25 % gegenüber den konventionellen Fahrzeugen bei Verwendung des deutschen Strommixes für Fahrzeuge, die 2019 angeschafft wurden. Für Fahrzeuge, die in 2030 angeschafft werden, sind es zwischen 25 bis 50 %.

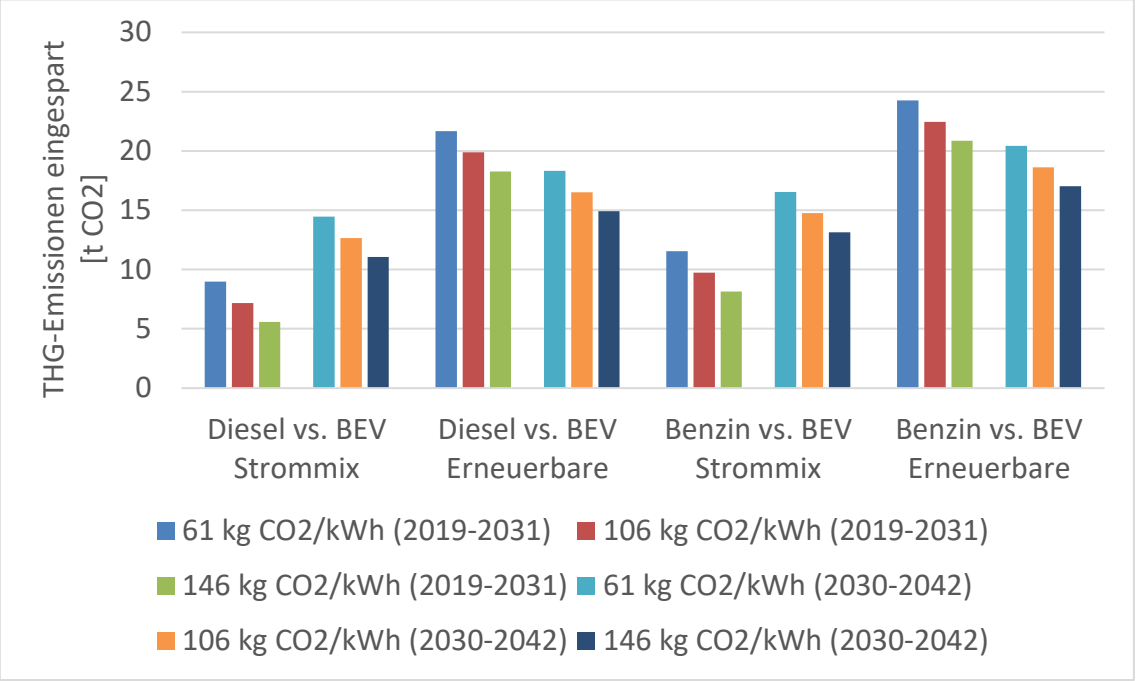

Abbildung 7: Eingesparte THG-Emissionen in Abhängigkeit der verschiedenen THG-Werte der Batterieproduktion für ein Mittelklasse-BEV mit einer Batteriekapazität von 40 kWh

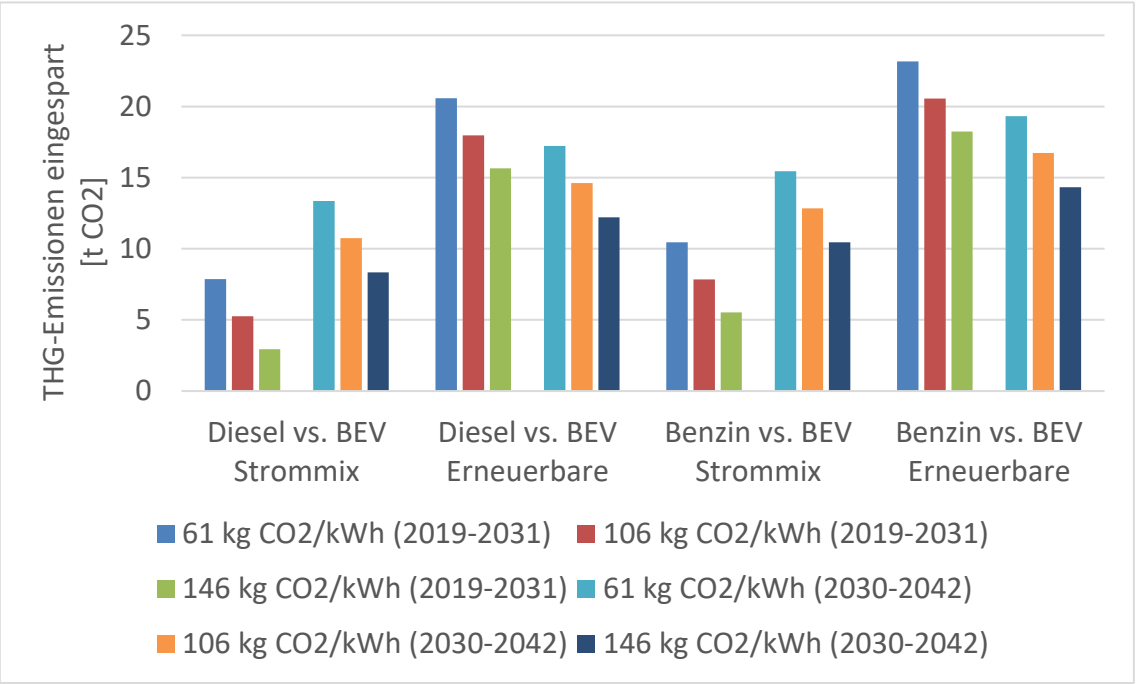

Abbildung 8: Eingesparte THG-Emissionen in Abhängigkeit der verschiedenen THG-Werte der Batterieproduktion für ein Mittelklasse-BEV mit einer Batteriekapazität von 58 kWh

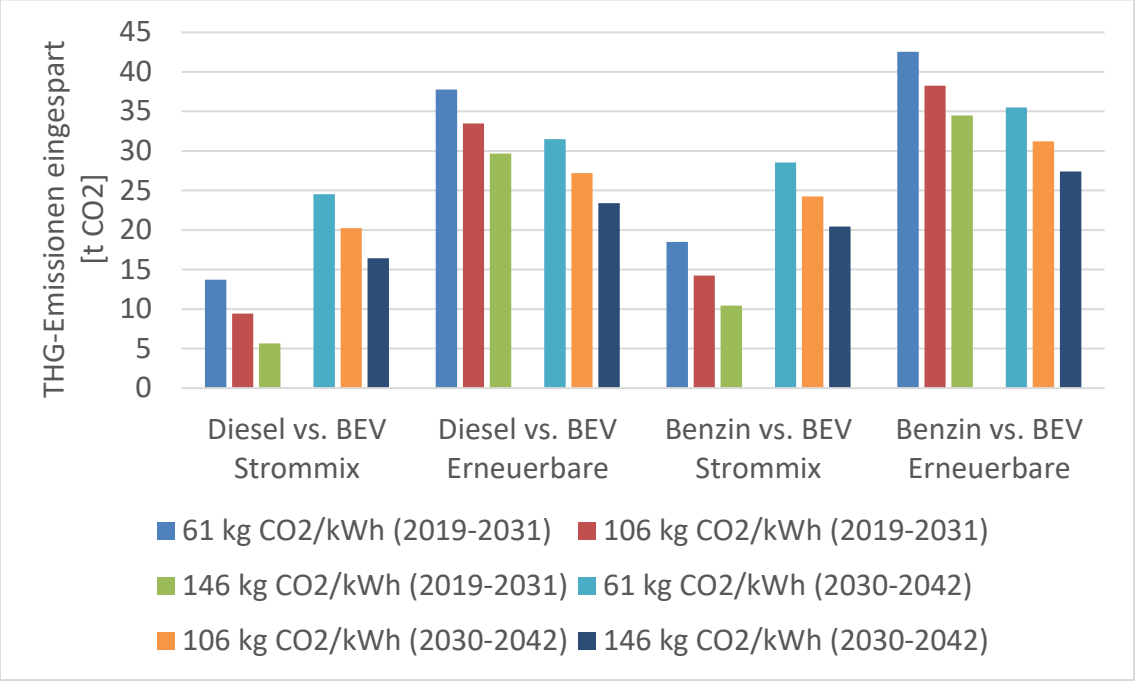

Abbildung 9: Eingesparte THG-Emissionen in Abhängigkeit der verschiedenen THG-Werte der Batterieproduktion für ein Oberklasse-BEV mit einer Batteriekapazität von 95 kWh.

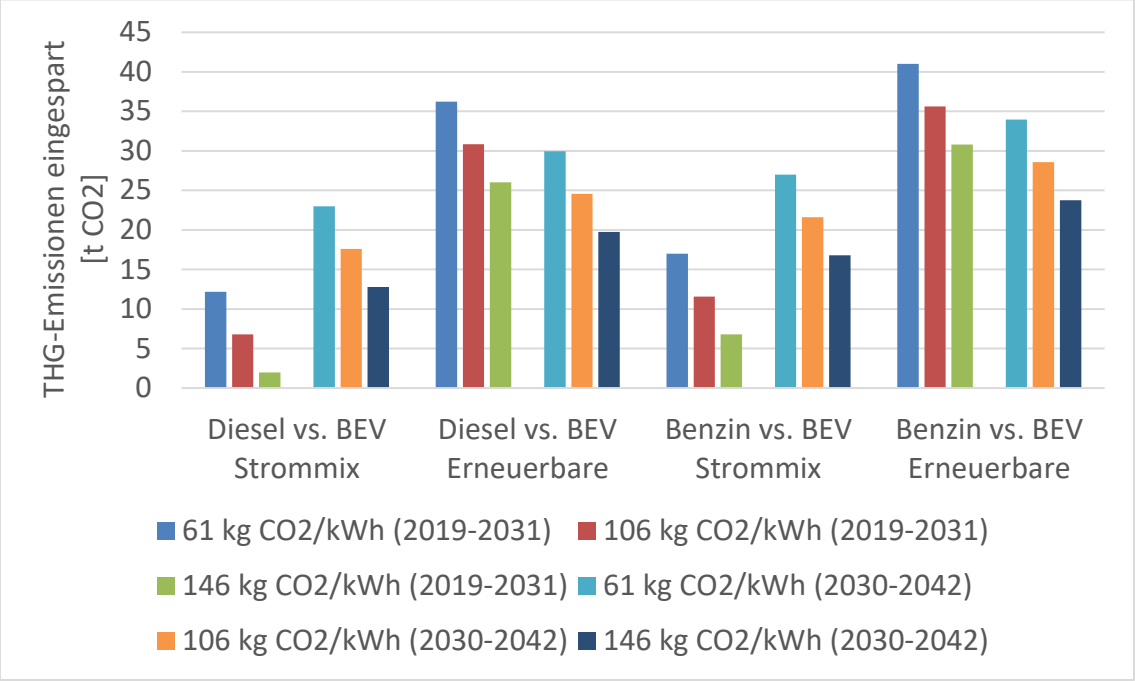

Abbildung 10: Eingesparte THG-Emissionen in Abhängigkeit der verschiedenen THG-Werte der Batterieproduktion für ein Oberklasse-BEV mit einer Batteriekapazität von 120 kWh

4 Zusammenfassung

Die Analysen zur Klimabilanz von in Deutschland genutzten Elektrofahrzeugen (BEV) gegenüber konventionellen Fahrzeugen zeigen, dass diese von verschiedenen Faktoren stark beeinflusst werden. Auf der einen Seite erhöht die derzeitige Tendenz zu Fahrzeugen mit höheren Batteriekapazitäten die Treibhausgasemissionen. Auf der anderen Seite zeigen die neuesten Studienergebnisse, dass die Batterieproduktion mit immer geringeren spezifischen Treibhausgasemissionen verbunden ist. Zusammen mit dem angestrebten Wandel im Stromsektor zu mehr Erneuerbarem Strom werden hierdurch die Emissionen an Klimagasen gesenkt. Wie sich die Effekte in der Summe auswirken, wurde in der vorliegenden Studie analysiert.

In allen untersuchten Fällen weisen die BEV gegenüber den Diesel- und Benzin-Pkw eine positive Treibhausgasbilanz auf. Sie variiert allerdings sehr stark. Wird die Fahrzeugbatterie eines Mittelklasse-Pkw eher etwas kleiner gewählt (40 kWh) und liegen die spezifischen Treibhausgasemissionen bei der Batterieherstellung eher am unteren Ende der bekannten Studienwerte, dann muss ein in 2019 gekauftes BEV rund 52.000 km fahren, damit seine Treibhausgasbilanz gegenüber einem vergleichbaren Benzin-Pkw positiv wird. Dies gilt für die Nutzung des deutschen Strommixes beim Laden der Elektrofahrzeuge. Über die gesamte Fahrzeugnutzungsdauer werden die Treibhausgase in diesem Fall um 32 % reduziert.

Wenn man auf der anderen Seite die Batteriekapazität sehr groß wählt (120 kWh bei einem Oberklassefahrzeug) und die höheren aus Studien bekannten Treibhausgaswerte der Batterieherstellung wählt, dann müssen schon rund 230.000 km zurückgelegt werden für eine positive Bilanz gegenüber einem vergleichbaren Diesel-Pkw (deutscher Strommix beim Fahrzeugladen, 2019 angeschafftes Fahrzeug). Die Einsparung an Klimagasen beträgt dann nur 4 % für die gesamte Nutzungszeit.

Die Nutzung von nur Erneuerbarem Strom zum Laden der BEV hat einen sehr großen positiven Einfluss. Selbst hohe Batteriekapazitäten und hohe Treibhausgasemissionen während der Herstellung der BEV können damit vergleichsweise schnell kompensiert werden. Im Fall des Oberklasse-Pkw mit 120 kWh Batteriekapazität sind es dann ca. noch 100.000 km (66%ige THG-Einsparung über die Gesamtnutzung). Im Fall des Mittelklasse-Pkw (40 kWh Batteriekapazität) sind es unter 20.000 km (68%ige THG-Einsparung über die Gesamtnutzung).

5 Literatur

ADAC (2018): BMW iNext: Ein Blick in die Zukunft. Online verfügbar unter https://www.adac.de/der-adac/motorwelt/reportagen-berichte/auto-innovation/bmw-inext/, zuletzt geprüft am 20.12.2019.

ADAC (2019a): Renault Zoe im ADAC Dauertest: Wie alltagstauglich ist der Elektro-Kleinwagen. Online verfügbar unter https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/autokatalog/marken-modelle/renault/renault-zoe-dauertest/, zuletzt geprüft am 20.12.2019.

ADAC (2019b): VW ID.3: So kommt das neue Volks-Elektroauto. Online verfügbar unter https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/autokatalog/marken-modelle/vw/vw-id-3/, zuletzt geprüft am 20.12.2019.

ADAC (2019c): Audi e-tron quattro: So gut ist der Elektro-SUV. Online verfügbar unter https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/autokatalog/marken-modelle/audi/audi-e-tron-quattro/, zuletzt geprüft am 20.12.2019.

Agora Verkehrswende (2019a): Klimabilanz von Elektroautos. Einflussfaktoren und Verbesserungspotenzial. Studie im Auftrag der Agora Verkehrswende. Agora Verkehrswende: Berlin.

Agora Verkehrswende (2019b): Klimabilanz von strombasierten Antrieben und Kraftstoffen. Studie im Auftrag der Agora Verkehrswende. Agora Verkehrswende: Berlin.

Emilsson E.; Dahllöf L. (2019): Lithium-Ion Vehicle Battery Production - Status 2019 on Energy Use, CO_2 Emissions, Use of Metals, Products Environmental Foootprint, and Recycling. IVL Swedish Environmental Research Institute. IVL: Stockholm.

ICCT (2018): Effects of battery manufacturing on electric vehicle life-cycle greenhouse gas emissions. Briefing. The International Council on Clean Transportation (ICCT).

Joanneum Research (2019): Geschätzte Treibhausgasemissionen und Primärenergieverbrauch in der Lebenszyklusanalyse von Pkw-basierten Verkehrssystemen. Studie im Auftrag von Österreichischer Automobil-, Motorrad- und Touring Club, Fédération Internationale de l'Automobile, Allgemeiner Deutscher Automobil-Club. Joanneum Research: Graz.

Regett, A.; Mauch, W.; Wagner, U. (2019): Klimabilanz von Elektrofahrzeugen – Ein Plädoyer für mehr Sachlichkeit. Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FfE) e.V.: München.

Romare, M.; Dahllöf, L. (2017): The Life Cycle Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions from Lithium-Ion Batteries - A Study with Focus on Current Technology and Batteries for light-duty vehicles. Studie im Auftrag der Swedish Energy Agency, Durchgeführt von IVL Swedish Environmental Research Institute. IVL: Stockholm.

Sternberg, A.; Hank, Ch.; Hebling, Ch. (2019): Treibhausgasemissionen für batterie- und Brennstoffzellenfahrzeuge mit einer Reichweite von über 300 km. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Studie im Auftrag der H2 Mobility. Fraunhofer ISE: Freiburg.

Thielmann, A.; Wietschel, M. et al. (2020): Batterien für Elektroautos: Faktencheck und Handlungsbedarf – Sind Batterien für Elektroautos der Schlüssel für eine nachhaltige Mobilität der Zukunft? Fraunhofer ISI: Karlsruhe.

Wietschel, M.; Kühnbach, M.; Rüdiger, D. (2019a): Die aktuelle Treibhausgasemissionsbilanz von Elektrofahrzeugen in Deutschland. Working Paper Sustainability and Innovation, No. S 02/2019. Fraunhofer ISI: Karlsruhe.

Wietschel, M.; Moll, C; Oberle, S.; Timmerberg, S.; Neuling, U.; Kaltschmitt, M.; Ashley-Belbin, N. (2019b): Klimabilanz, Kosten und Potenziale verschiedener Kraftstoffarten und Antriebssysteme für Pkw und Lkw. Endbericht einer Studie gefördert vom Biogasrat. Fraunhofer ISI, Karlsruhe, Technische Universität Hamburg (TUHH), Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft (IUE), Hamburg, IREES GmbH – Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien, Karlsruhe. Fraunhofer ISI: Karlsruhe.

Autor

Martin Wietschel

Fraunhofer ISI
Competence Center Energietechnologien und Energiesysteme

Kontakt

Martin Wietschel
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI
Karlsruhe
E-Mail: martin.wietschel@isi.fraunhofer.de
www.isi.fraunhofer.de

Karlsruhe, Januar 2020