



INSTITUT FÜR ENERGIE-
UND UMWELTFORSCHUNG
HEIDELBERG



Die Klimabilanz von strombasierten Antrieben und Kraftstoffen

Abschlussveranstaltung, 16. Dezember 2019 in Berlin

Horst Fehrenbach, Hinrich Helms & Dr. - Ing. Kirsten Biemann

Agenda.



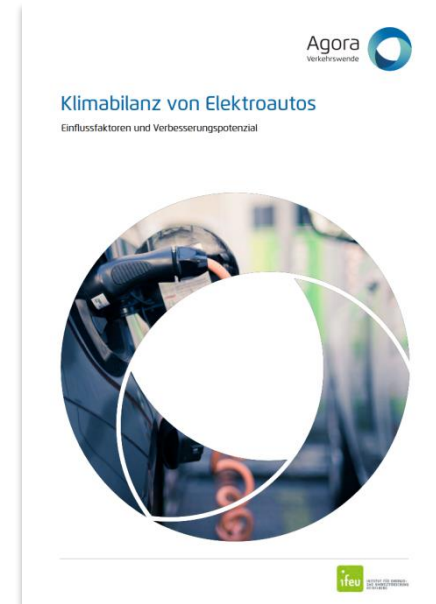
- ① Hintergrund und Rahmen Studie
- ② Einordnung alternativer Energieträger
- ③ Klimabilanz der Fallbeispiele über den Lebensweg



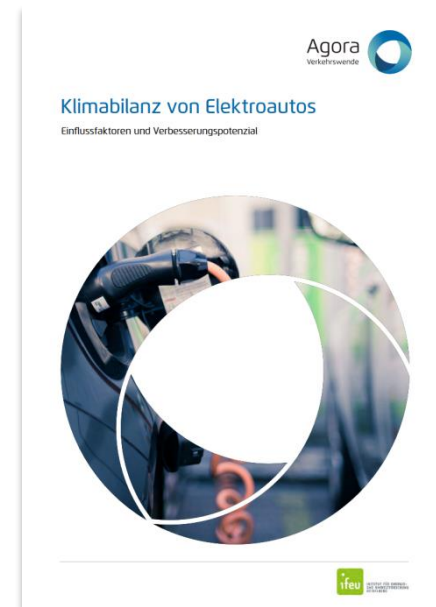
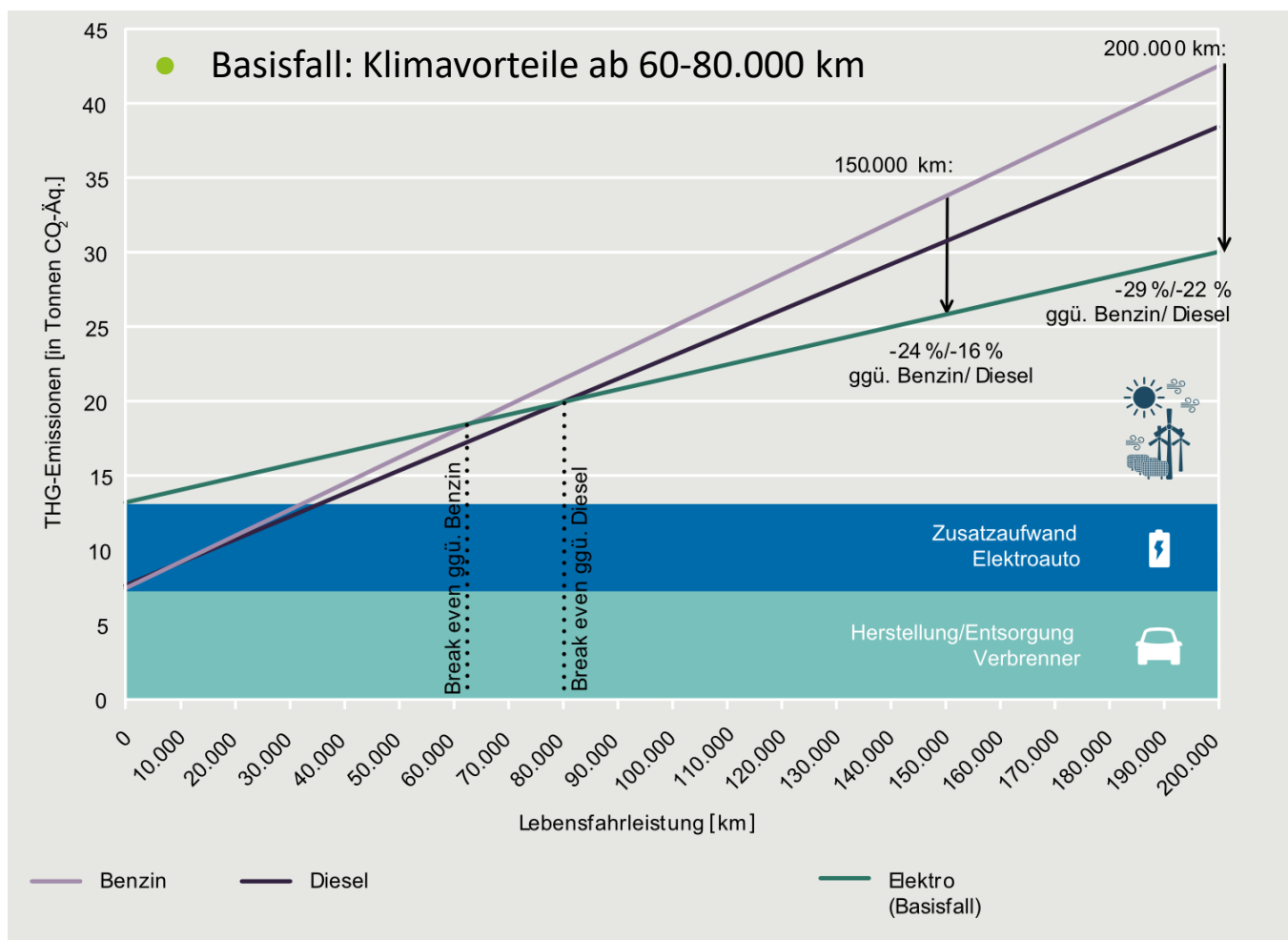
INSTITUT FÜR ENERGIE-
UND UMWELTFORSCHUNG
HEIDELBERG

Hintergrund und Rahmen Studie

- Die Studie „Klimabilanz von Elektroautos – Einflussfaktoren und Verbesserungspotential“ hat die zentralen Einflussfaktoren auf die Umweltbilanz von Elektroautos mit Fokus auf die Klimabilanz herausgearbeitet



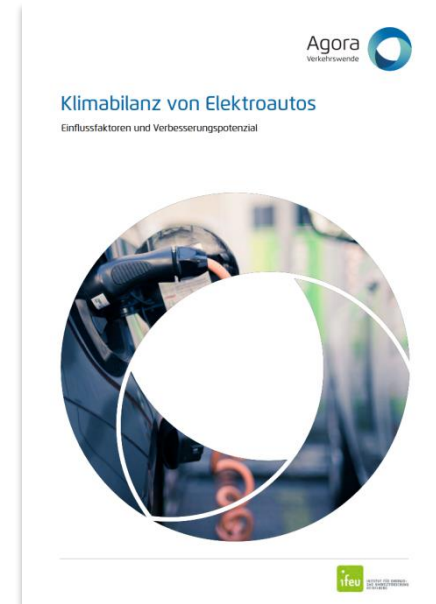
Hintergrund



Hintergrund und Ziel der Kurzstudie



- Die Studie „Klimabilanz von Elektroautos – Einflussfaktoren und Verbesserungspotential“ hat die zentralen Einflussfaktoren auf die Umweltbilanz von Elektroautos mit Fokus auf die Klimabilanz herausgearbeitet
- In der Diskussion um die Klimabilanz von Elektrofahrzeugen taucht aber immer wieder die Frage auf, wie diese nicht nur gegenüber einem Benzin- oder Dieselfahrzeug, sondern auch gegenüber anderen Antriebsarten bzw. Kraftstoffen abschneiden
- Das Ziel der Kurzstudie ist es daher, die Diskussion um die Klimabilanz von BEV im Rahmen des Fallbeispiels weiterzuführen und auszudehnen auf den Vergleich mit anderen strombasierten Antrieben und Kraftstoffen



Rahmen der Kurzstudie

- Die bisherigen Modellierungen zur Klimabilanz von BEV und Benzin-/Diesel-Pkw (ICEV) wird ergänzt um einen vergleichbaren Erdgas-Pkw und Brennstoffzellen-Pkw (FCEV)
- Weiterhin kein Anspruch auf die beste/einzig richtige Klimabilanz: Diskutiert wird ein über Fallbeispiele definierter Ausschnitt
- Neben den fossilen Referenz (Benzin-, Diesel und Erdgas-Pkw) wird für jedes Konzept eine strombasierte Alternative betrachtet:

	Fossile Referenz	Strombasierte Alternative
Benzin/Diesel-Pkw (ICEV)	Konventioneller Kraftstoff	Power-to-Liquid (PtL)
CNG-Pkw	Konventionelles Erdgas	Power-to-Gas (PtG)
Elektro-Pkw (BEV)		Strommix direkt
Brennstoffzelle (FCEV)		H ₂ -Elektrolyse

Ziel ist eine Vergleichbarkeit der energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen:

- Betrachtet wird jeweils der komplette Lebensweg heutiger Fahrzeuge (2018-2030) (Herstellung, Nutzung und Energiebereitstellung)
- Es wird jeweils der gleiche mittlere Strommix in Deutschland entsprechend der Studie „Klimabilanz von Elektroautos“ angenommen
- Ausbau erneuerbarer Energien bis 2030 ist dabei entsprechend des Basisszenario der Langfrist und Klimaszenarien des BMWi berücksichtigt
- Darüber hinaus keine quantitativen Einzelbetrachtungen für den gezielten Einsatz erneuerbarer Energien oder den Import von erneuerbarem Strom

Das Fallbeispiel kann aber keine 100%ige Vergleichbarkeit und Repräsentativität für alle Antriebskonzepte gewährleisten



INSTITUT FÜR ENERGIE-
UND UMWELTFORSCHUNG
HEIDELBERG

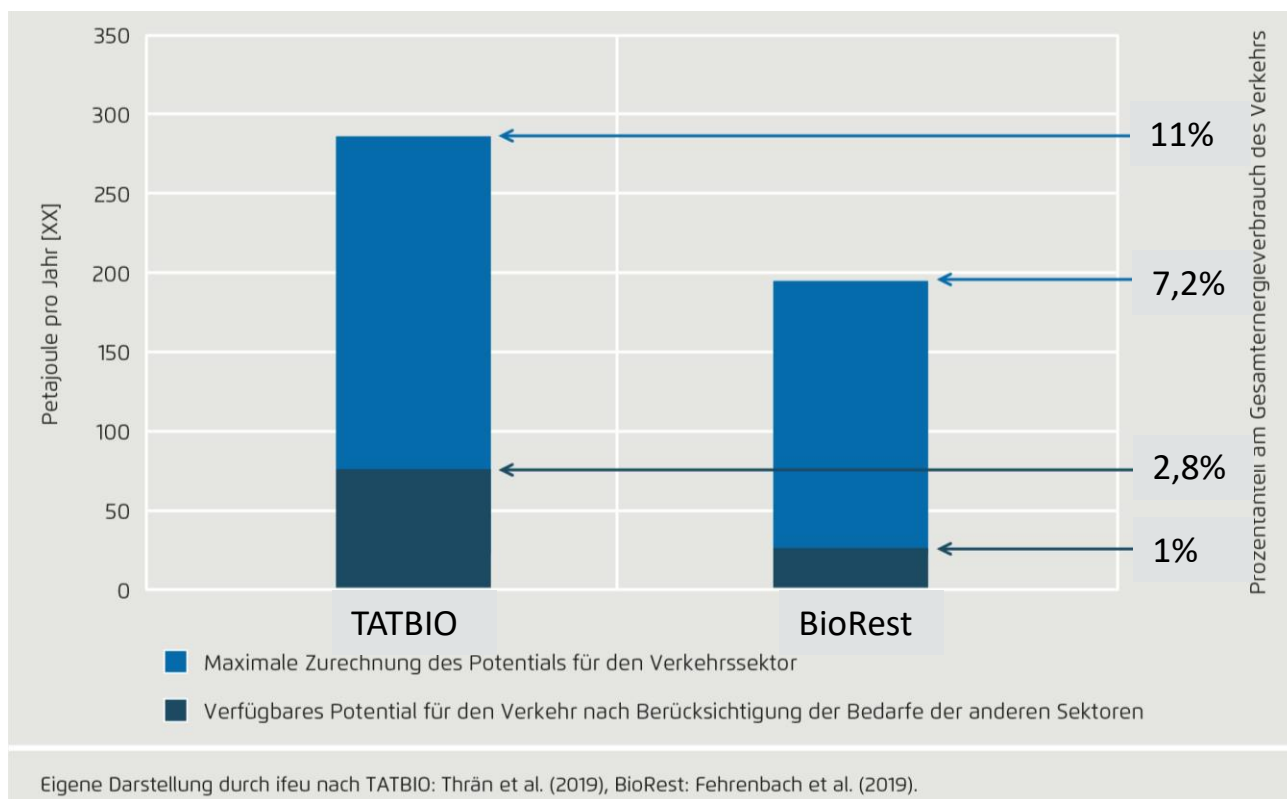
Einordnung alternativer Energieträger

- Welche alternativen Kraftstoffe mit Blick auf den Rahmen der Studie grundsätzlich in Frage?
 - Biokraftstoffe – konventionelle wie fortschrittliche – jeweils
 - flüssig als Alternative zu Benzin / Diesel
 - gasförmig (Biomethan) als Alternative zu Erdgas (CNG)
 - Strombasierte Kraftstoffe
 - Wasserstoff (PtH₂)
 - Power-to-Gas (PtG)
 - Power-to-Liquid (PtL)

- Wo bestehen mit Blick auf den Rahmen der Studie grundsätzlich große Potenziale für die Zukunft?
 - Biokraftstoffe : Potenziale gegeben, aber grundsätzlich begrenzt.
 - **Konventionelle Biokraftstoffe:**
physisch begrenzt durch Flächeninanspruchnahme (Problem Landnutzungsänderung),
Grenze auch durch RED II gesetzt
 - **Fortschrittliche Biokraftstoffe:**
Potenziale nach diversen Studien zwischen 1 bis 11% des Energieverbrauchs im Gesamtverkehr Deutschlands

Alternative Antriebe – Biokraftstoffe

Potenziale von **fortschrittlichen Biokraftstoffen** unter Berücksichtigung von Nutzungskonkurrenzen



Ein Anteil davon ist auch **Biomethan**

→ potenziell auch als alternativer Kraftstoff für Gasfahrzeug.

Begrenzte Potenziale

- Biokraftstoffe und Biomethan werden auch künftig eine Rolle im Kraftstoffbereich spielen, sie werden jedoch nicht annähernd den Gesamtbedarf decken können
- Daher werden sie in dieser Studie nicht als eigenständige Option behandelt

Einschränkungen zu diesem Kraftstofftypus

- Spezifischer Verbrauch an Energie zur Produktion sehr hoch
- Die erforderlichen Strommengen müssen erneuerbar produziert werden
- Alle relevanten Szenarien zeigen, es bedarf Importe
- Setzt Projekte in künftigen Produktionsländern voraus und die Definition und Einhaltung von Nachhaltigkeitskriterien

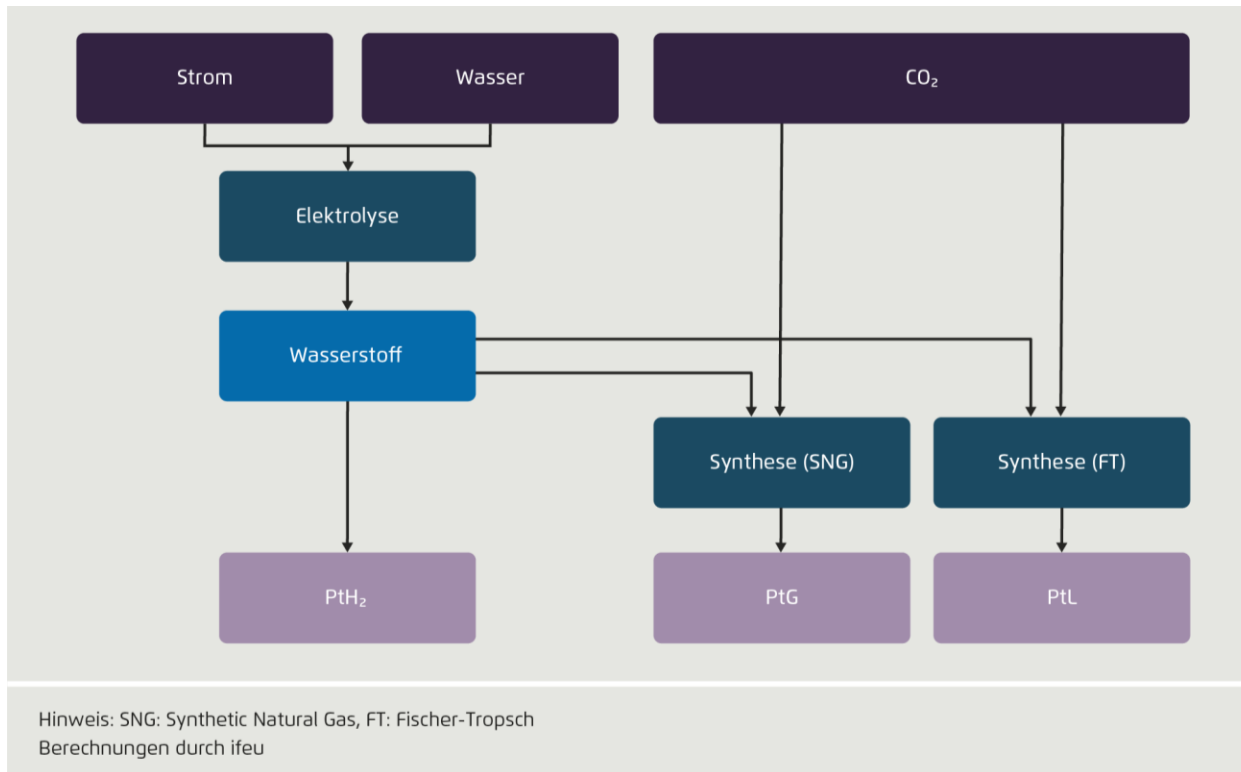
Sind diese Voraussetzungen erfüllt, ist eine vollständige Deckung des künftigen Bedarfs an flüssigen oder gasförmigen Kraftstoffen möglich.

Betrachtete Antriebs- und Kraftstoffoptionen

Fahrzeugart	Referenzkraftstoff	Alternativer Kraftstoff
 ICEV Diesel	Dieselmotorkraftstoff (6,4% Biodieselanteil)	PtL
 ICEV Benzin	Benzin (3,5% Bioethanolanteil)	PtL
 CNG	Erdgas CNG	PtG CNG
 FCEV		PtH ₂

Hinweis: Hellgrün dargestellt die Optionen, die deckungsgleich sind mit der Studie "Klimabilanz von Elektroautos".
Lila dargestellt die Optionen, die in dieser Studie zusätzlich betrachtet werden.
Berechnungen durch ifeu

Stark vereinfachtes Schema der Produktionskette strombasierter Kraftstoffe

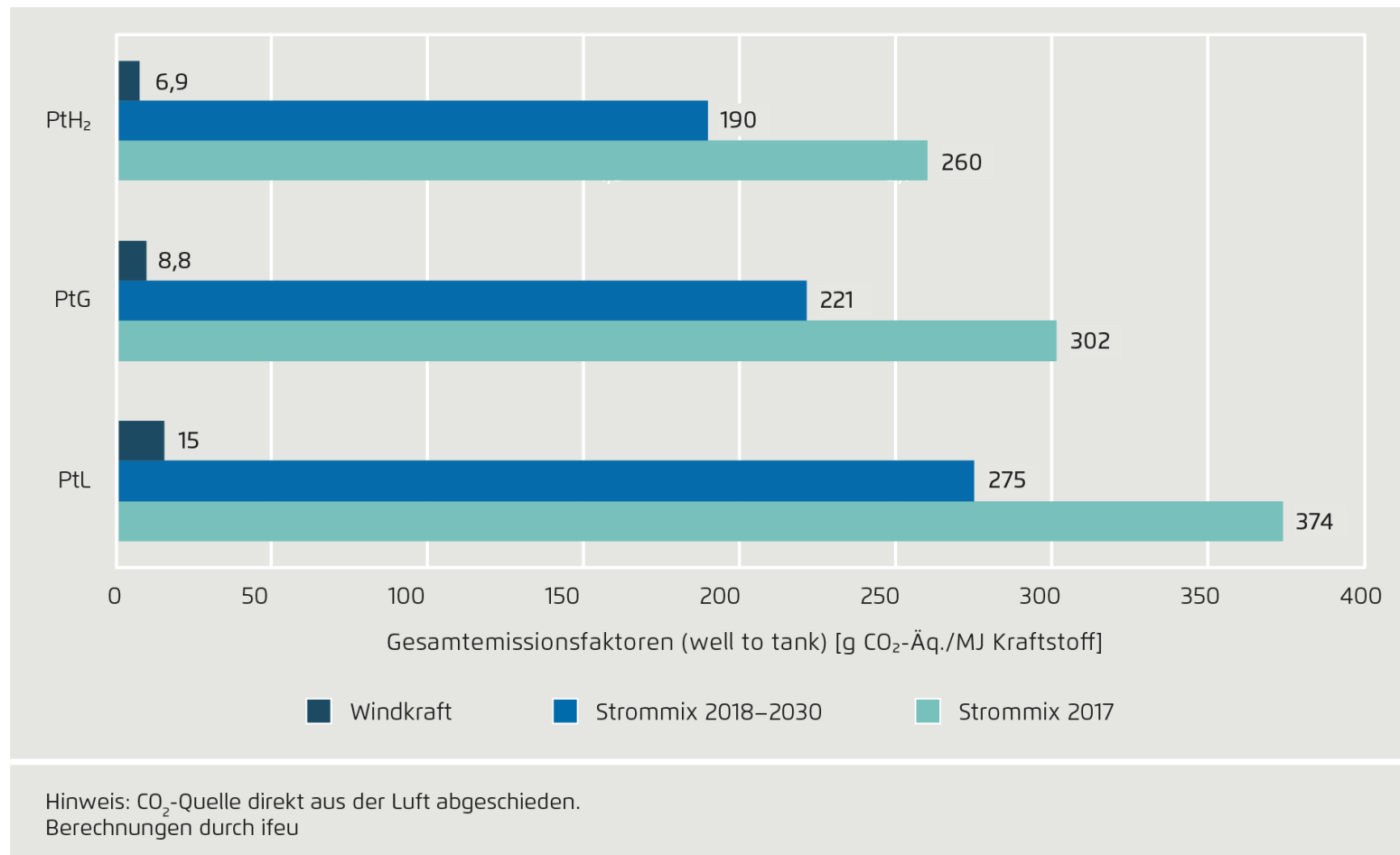


Jedes dieser Module kann stark variieren.

Hier folgende Annahme:

- Strom: Mix Deutschland 2018 -2030 Energiewende findet statt
- CO₂-Quelle: Direkt aus der Luft abgeschieden
- Alkalische Elektrolyse

Kraftstoffe – THG-Emissionen der Herstellung





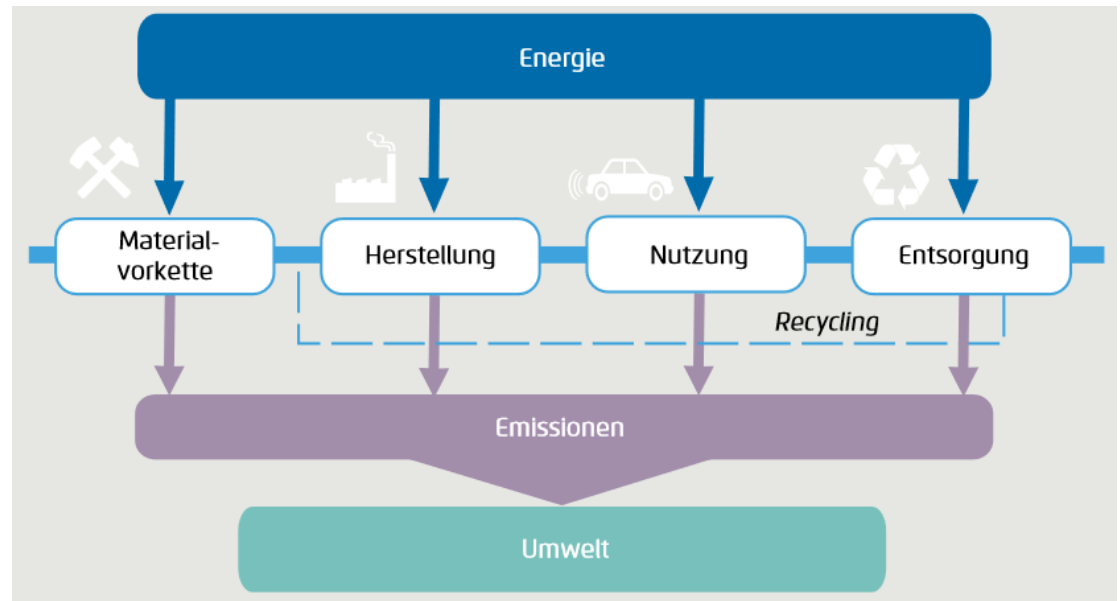
INSTITUT FÜR ENERGIE-
UND UMWELTFORSCHUNG
HEIDELBERG

Klimabilanz der Fallbeispiele über ihren gesamten Lebensweg

Vergleich von Kompaktklassefahrzeugen mit ähnlichen Eigenschaften und unterschiedlichen Antrieben

Berücksichtigt werden dabei:

- Materialvorketten, Herstellung, Nutzung und Entsorgung
- Energiebereitstellung und Emissionen in allen Lebensphasen



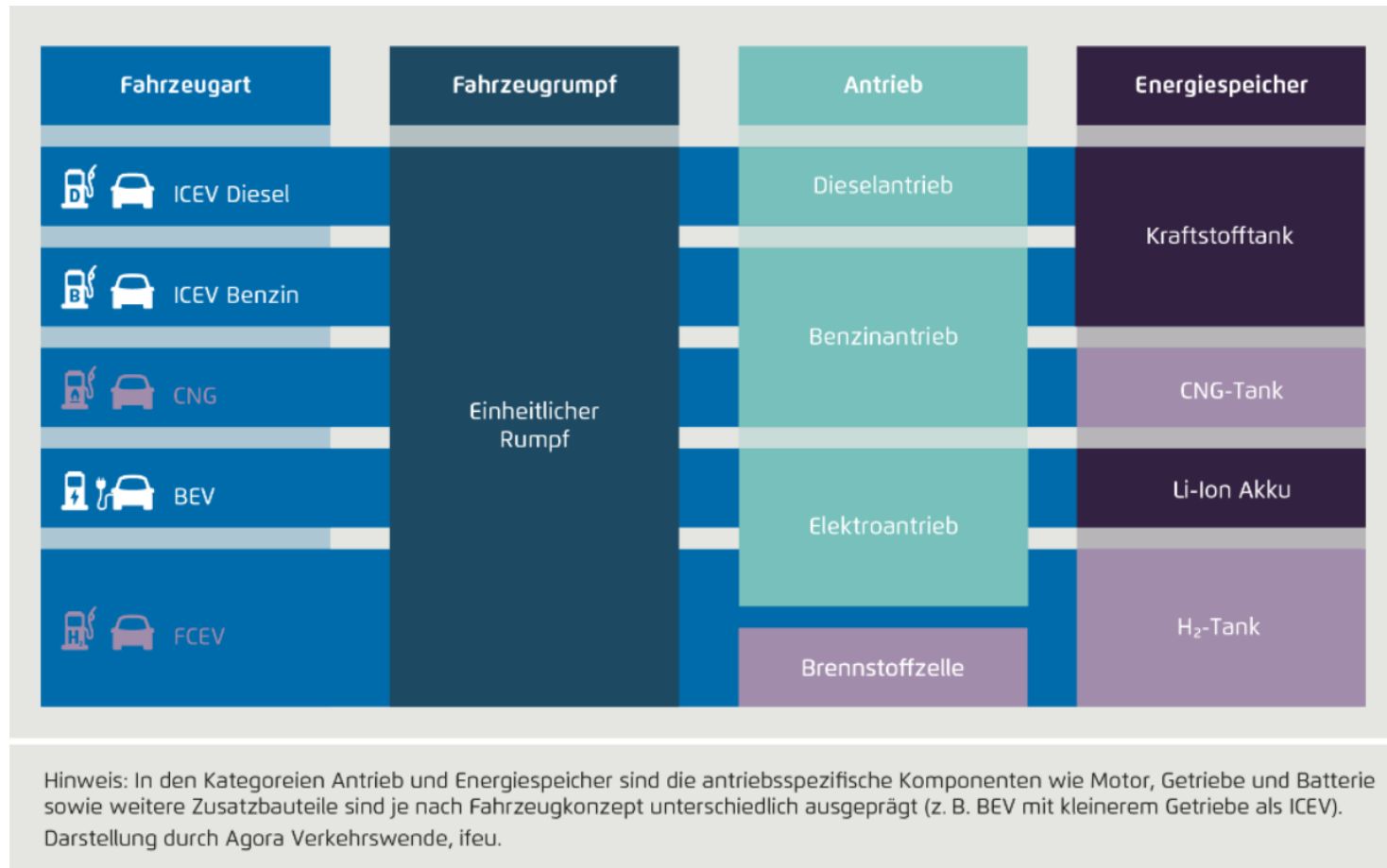
- Mittlerer Strommix in Deutschland 2018-2030 nach Basisszenario der Langfrist- und Klimaszenarien des BMWi => 421 g CO₂-Äq. pro kWh*

Definition der Beispielfahrzeuge

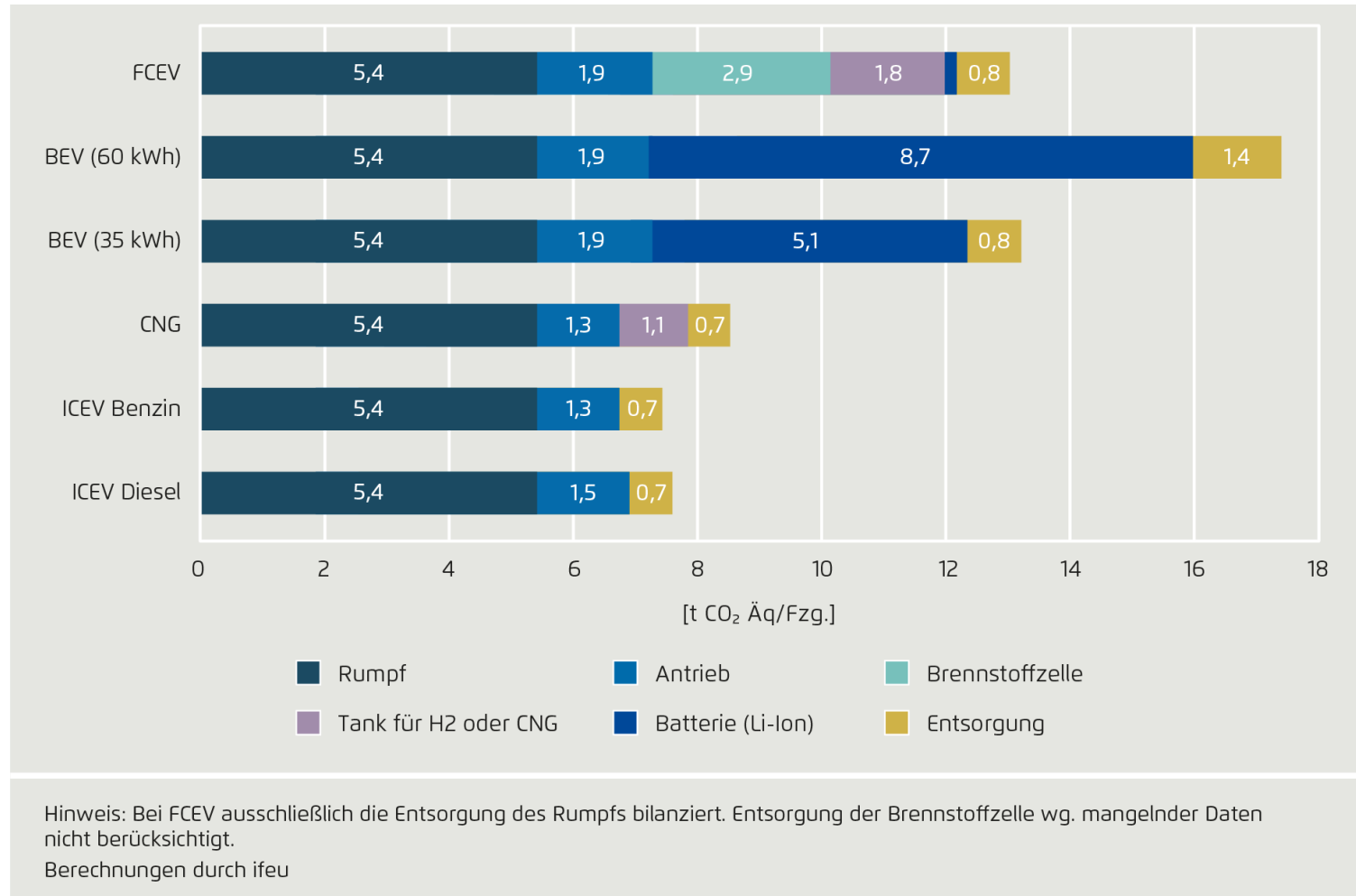
- Herstellung Benzin-, Diesel- und Elektro-Pkw entsprechend der Studie „Klimabilanz von Elektroautos“
- Neumodellierung der Brennstoffzelle und des CNG- bzw. H₂-Tanks in umberto LCA+ mit ecoinvent 3.5
- Beispielfahrzeug der Kompaktklasse (ähnlich VW Golf)
 - Leergewicht in der Benzinvariante von ca. 1,3 t mit Aluminiumanteil von etwa 7%
 - Leistung Antrieb (bzw. Brennstoffzelle): 100 kW
 - Tankgröße: CNG 17,3 kg und H₂ 5 kg
 - Batteriegröße für Elektro-Pkw (NMC 1-1-1 mit 115 Wh/kg)
 - 35 kWh gemischter Betrieb
 - 60 kWh Autobahnbetrieb

Schematischer Aufbau des Modells zur Fahrzeugherstellung

Modularer Aufbau mit einheitlichem Fahrzeugrumpf



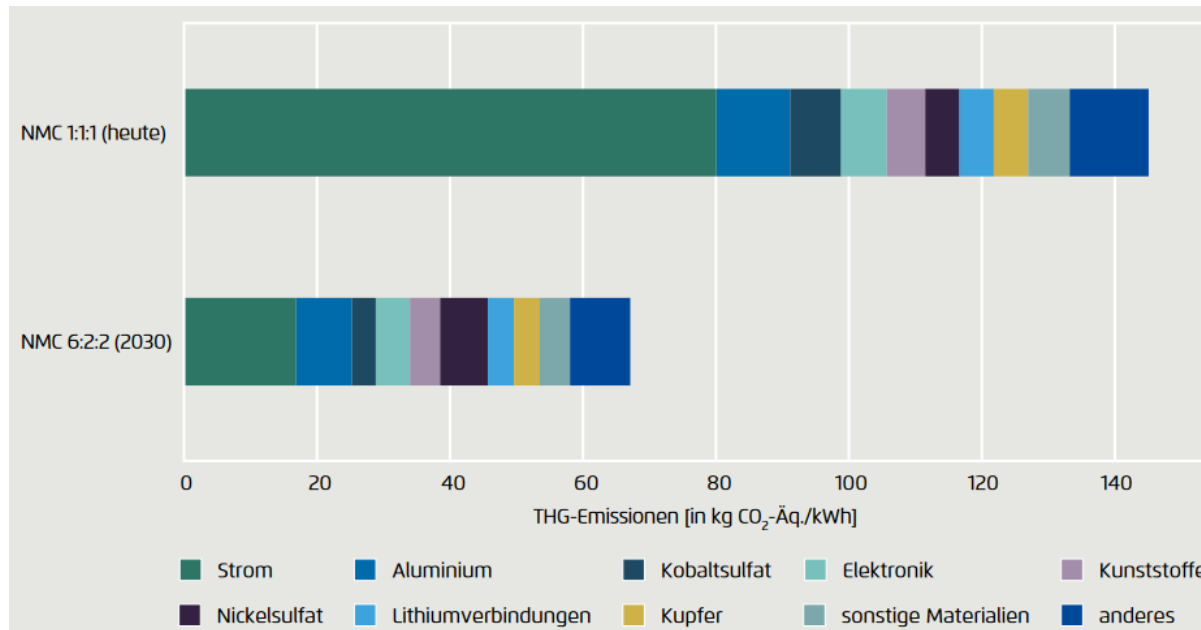
Klimawirkung der Herstellung und Entsorgung der betrachteten Fahrzeugkonzepte



Ausblick für die Batterieherstellung

Konservative Bilanz der Batterieherstellung¹:

- Heute (2018) noch hoher Energiebedarf und schlechter Strommix
- Potenzial bis 2030: Halbierung der THG-Emissionen pro kWh



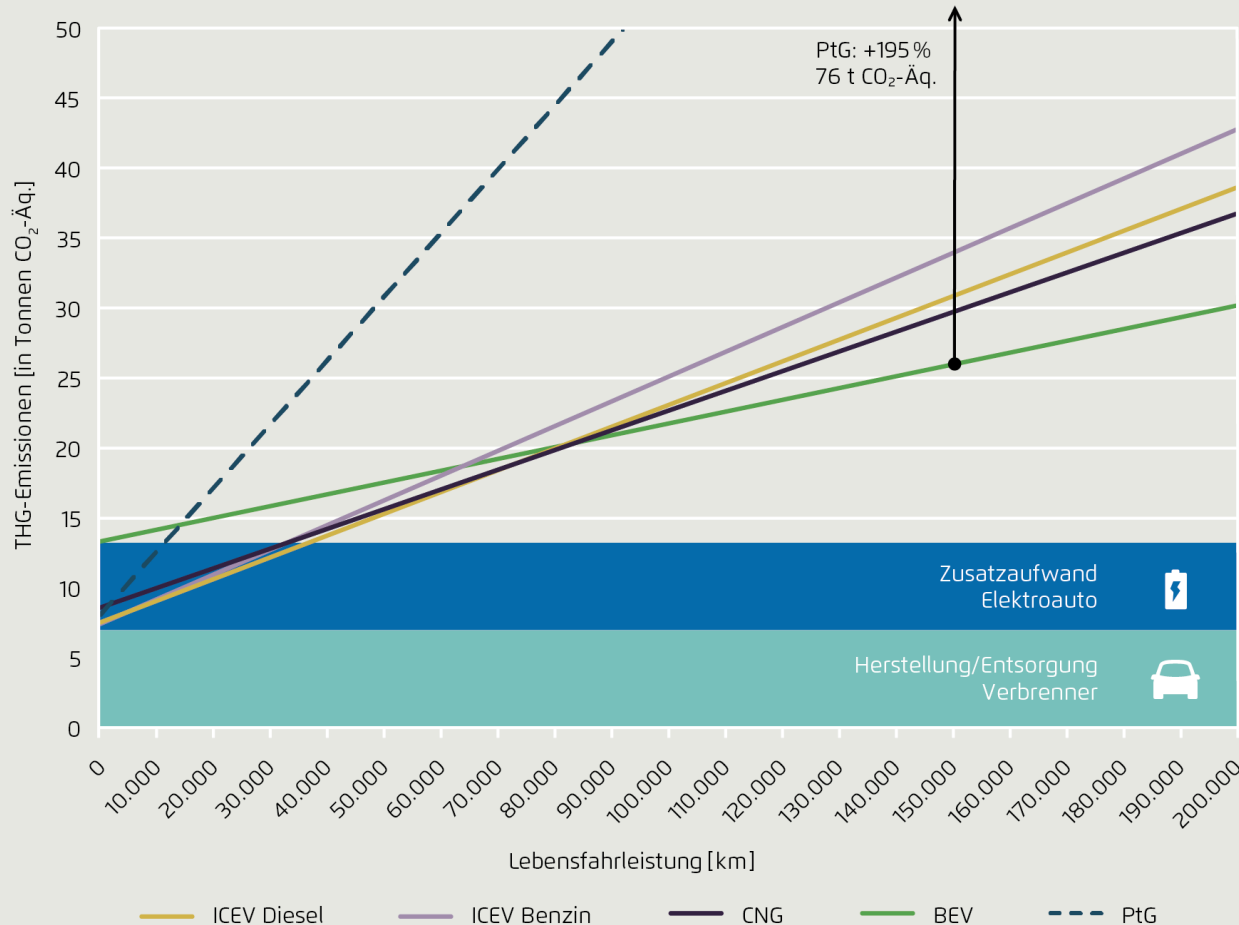
Bandbreite nach IVL (2019): 61 bis 146 kg CO₂-Äq. pro kWh

- Verbrauch Benzin-, Diesel- und Elektro-Pkw entsprechend der Studie „Klimabilanz von Elektroautos“ (Eigene Modellierung)
- Realverbrauch für CNG-Pkw auf Basis von Testwerten des ADAC-Ecotest für Modelle der Kompaktklasse
- NEFZ-Verbrauch marktgängiger FCEV bei 0,83 kg H₂/ 100 km
 - Realverbrauch marktgängiger FCEV bei 1 kg H₂/ 100 km¹ (bzw. 1,2 kg H₂/100 km auf Autobahnen)
 - Korrektur entsprechend des Leergewichtes des Fallbeispiels² auf 0,92 kg H₂/ 100 km (bzw. 1,1 kg H₂/100km auf Autobahnen)

pro 100 km	ICEV Benzin	ICEV Diesel	BEV*	FCEV	CNG
Autobahn	6,7 l	5,7 l	22,7 kWh	1,1 kg	5,1 kg
Gemischt**	5,9 l	4,7 l	16,0 kWh	0,92 kg	4,6 kg

Klimabilanz des Fallbeispiels

ICEV, BEV, CNG und PtG in gemischter Nutzung



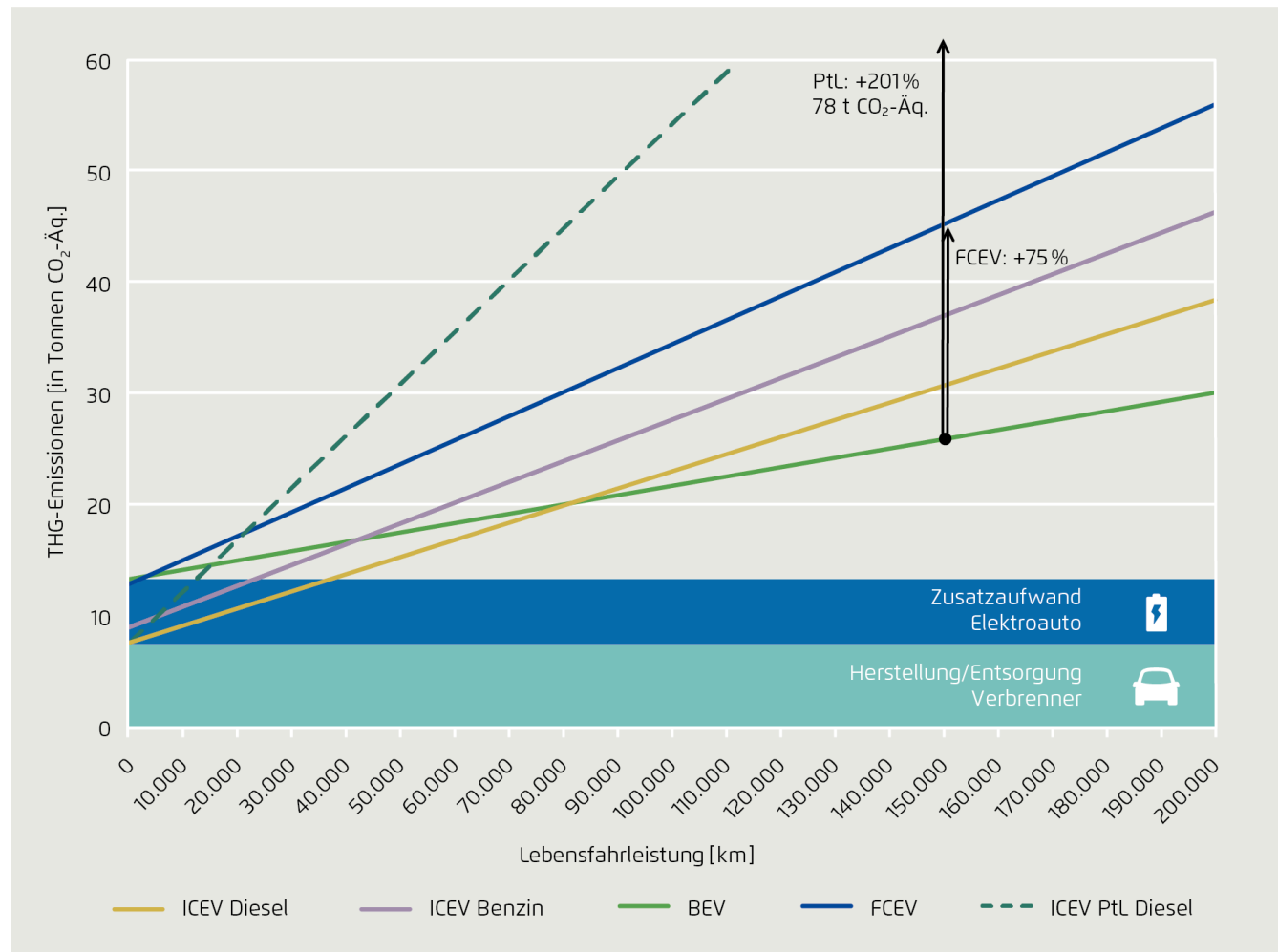
Beispielfahrzeug der
Kompaktklasse in
gemischter Nutzung

- ICEV
- BEV
- CNG (konv. & PtG)

Lebensweg 2018 -
2030 in Abhängigkeit
von der
Lebensfahrleistung

Klimabilanz des Fallbeispiels

ICEV, BEV, FCEV und PtL in gemischter Nutzung



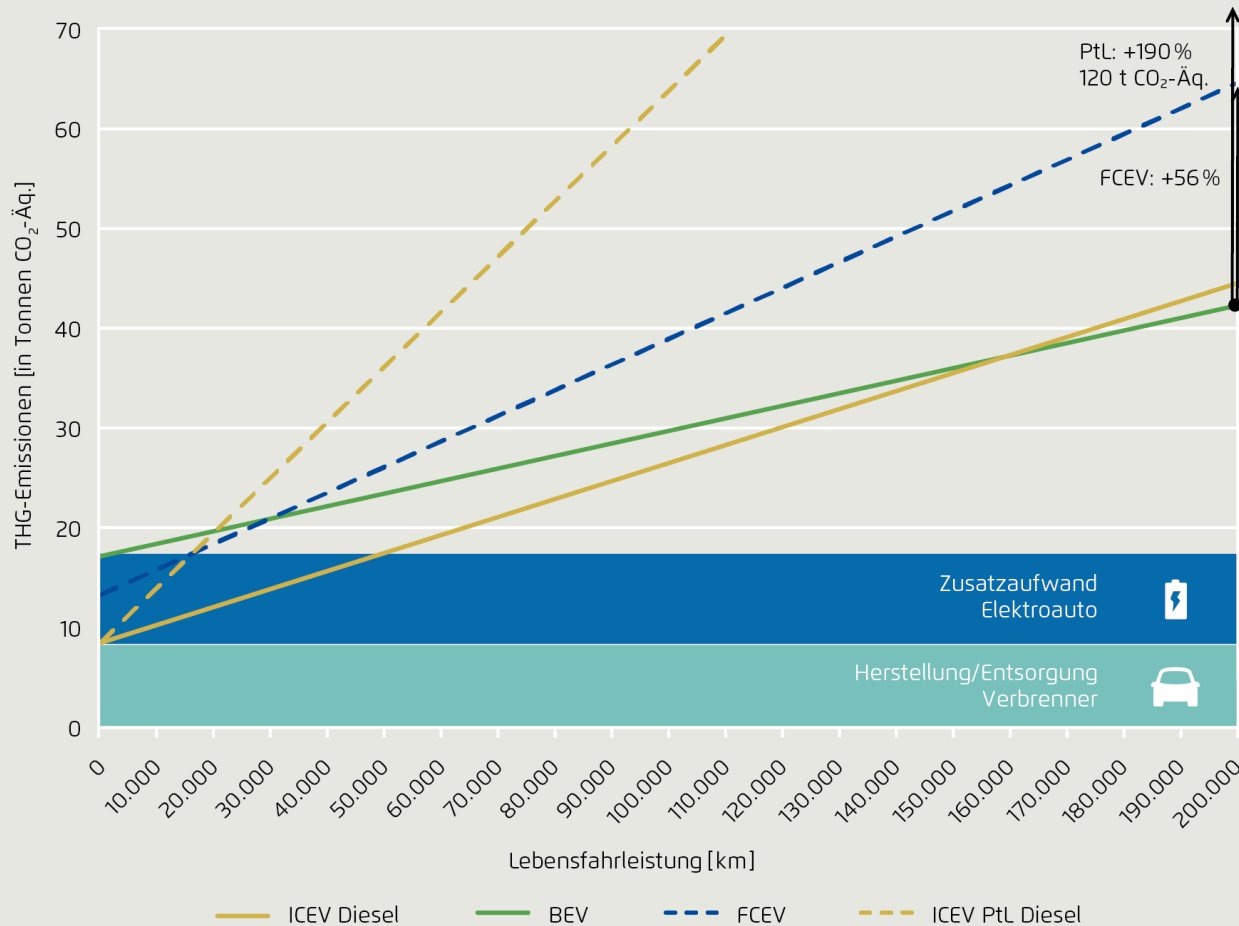
Beispielfahrzeug der Kompaktklasse in gemischter Nutzung

- ICEV (konv. & PtL)
- BEV
- FCEV

Lebensweg 2018 - 2030 in Abhängigkeit von der Lebensfahrleistung

Klimabilanz des Fallbeispiels

ICEV, BEV, FCEV und PtL in Autobahnnutzung



Beispielfahrzeug der
Kompaktklasse in
Autobahnnutzung

- ICEV (konv. & PtL)
- BEV
- FCEV

Lebensweg 2018 -
2030 in Abhängigkeit
von der
Lebensfahrleistung

- Die Studie „Klimabilanz von Elektroautos – Einflussfaktoren und Verbesserungspotential“ hatte zentrale Einflussfaktoren auf die Klimabilanz von Elektro-Pkw herausgearbeitet
- Frage diese Studie:
Wo stehen Elektro-Pkw im Vergleich mit CNG-Pkw und FCEV sowie H2, PtL und PtG als strombasierte Kraftstoffe?
- Dabei wurde jeweils der gleiche mittlere Strommix in Deutschland unter Berücksichtigung der Energiewende angenommen
- Die Ergebnisse werden damit von der Energiebereitstellung dominiert:
 - Gesamtbilanz des Einsatzes strombasierter Energieträger wird primär von deren Strommix bestimmt
 - Im Vergleich untereinander bestimmt bei gleicher Strombereitstellung vor allem die Konversionseffizienz die Bilanz



INSTITUT FÜR ENERGIE-
UND UMWELTFORSCHUNG
HEIDELBERG

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Horst Fehrenbach

horst.fehrenbach@ifeu.de

06221-4767-16



Hinrich Helms

hinrich.helms@ifeu.de

06221-4767-33



Dr.-Ing. Kirsten Biemann

kirsten.biemann@ifeu.de

06221-4767-69