



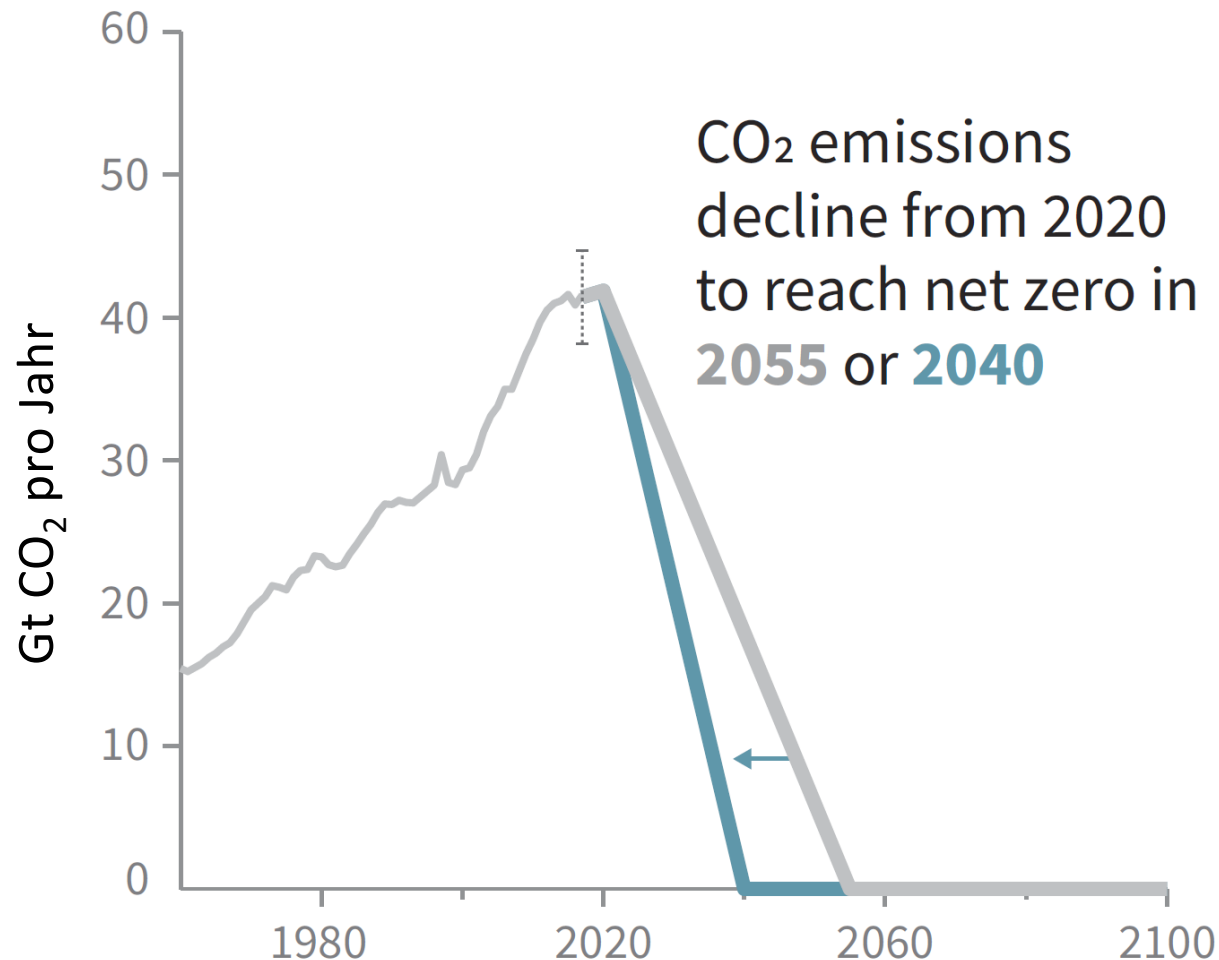
Christian Bauer :: Labor für Energiesystem-Analysen (LEA), PSI

Die Umweltauswirkungen von Personenwagen: heute und morgen

2. Mai 2019

Warum soll uns das kümmern?

Globaler Temperaturanstieg – Netto-CO₂-Emissionen: Null! als Ziel

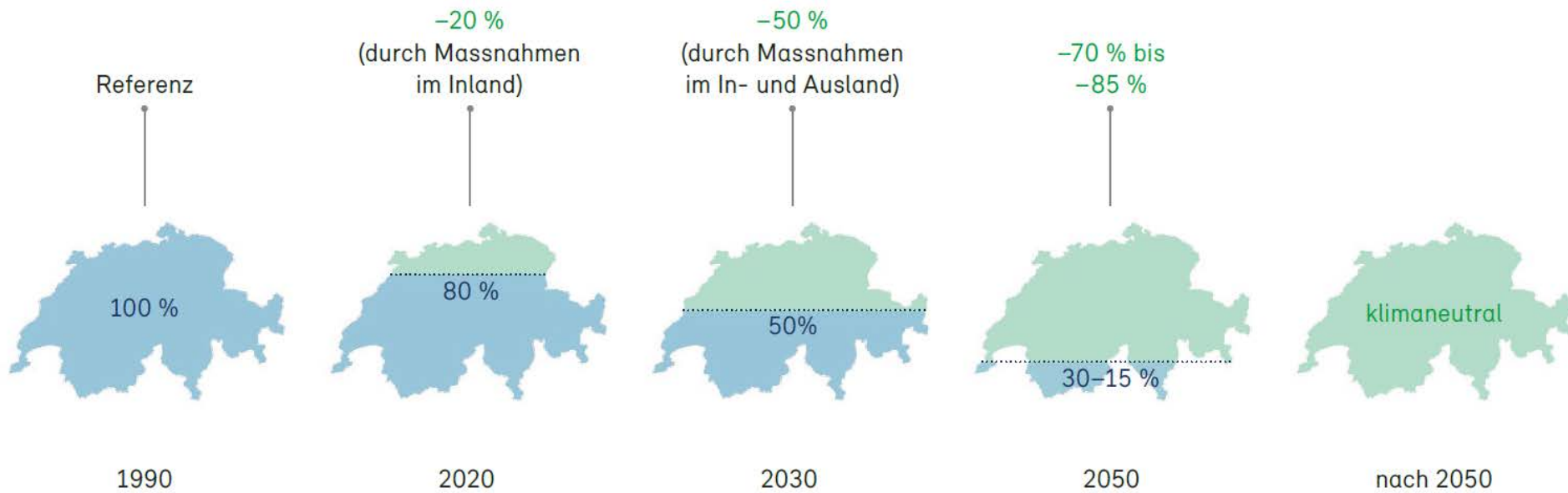
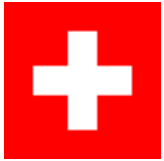


Warum soll uns das kümmern?

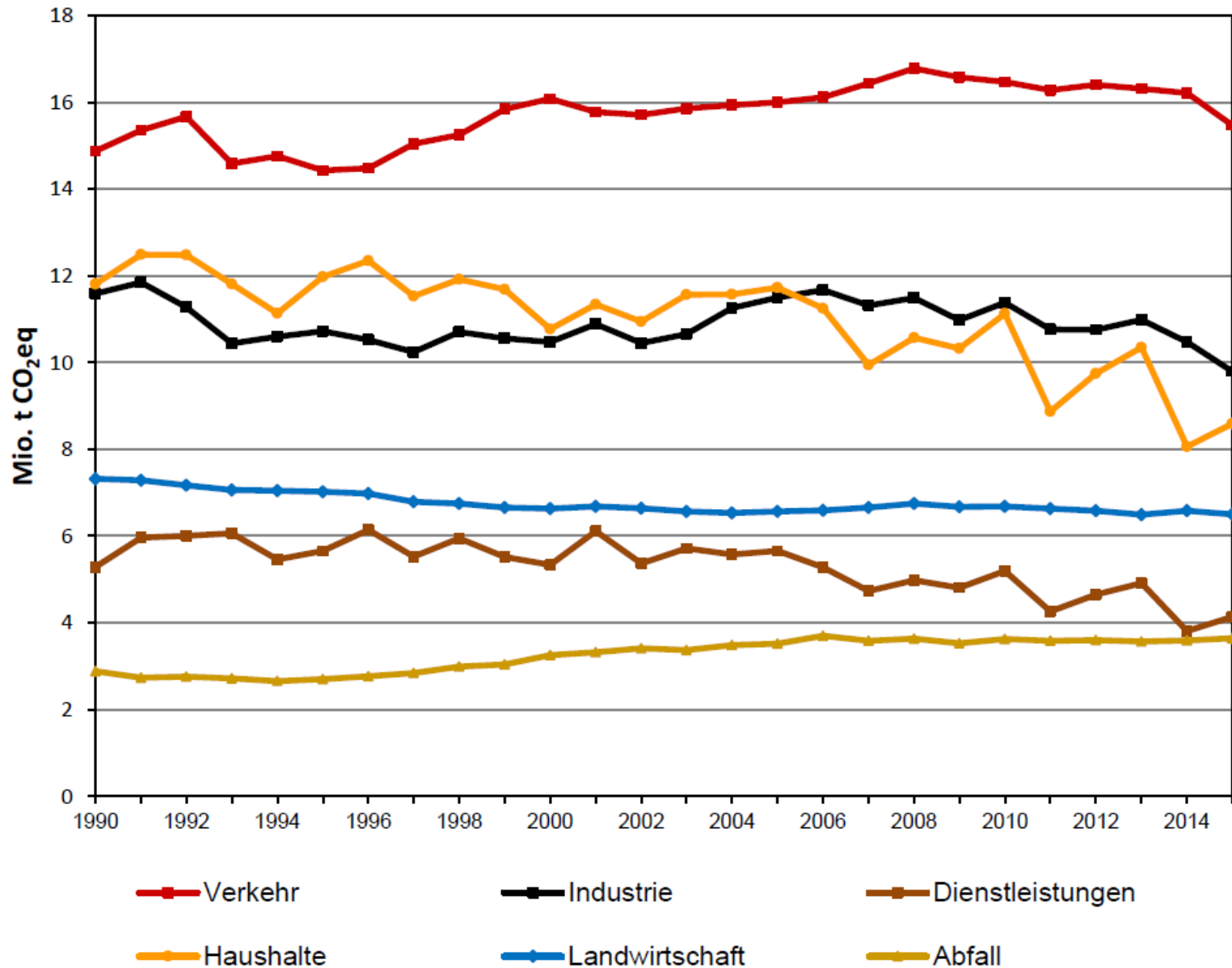
Schadstoffemissionen – Luftqualität



Schweizer Klimapolitik – Treibhausgasemissionen



Treibhausgasemissionen in der Schweiz



Ifo-Studie zu Klima-Folgen
Kölner Physiker und Hans-Werner Sinn behaupten: E-Autos sind schlimmer als Diesel
Fokus online, 2019

GREEN TRANSPORT Deutsche Welle (DW), 2017
How eco-friendly are electric cars?
Dieselgate has many people turning to electric vehicles as a more environmentally friendly option. But in some respects, e-cars can be just as bad for the environment as traditional cars. So what's the upshot?

Electric cars' green image blackens beneath the bonnet
Financial Times, 2017
Research into the lifecycle of electric vehicles is a wake-up call for an industry geared up to promote 'zero emission cars'

E-Bikes sind schlechter als ihr Ruf
Die elektrischen Flitzer sind schädlicher als Zugfahren. Auch andere E-Verkehrsmittel überraschen mit einer schwachen Ökobilanz.
Tages-Anzeiger, 2018

ENERGY & ENVIRONMENT The New York Times, 2017
France Plans to End Sales of Gas and Diesel Cars by 2040

Opinion | EDITORIAL The New York Times, 2017
A Brighter Future for Electric Cars and the Planet

Electric car growth sparks environmental concerns
Mining of raw materials and recycling of lithium-ion batteries in spotlight
FT, 2017

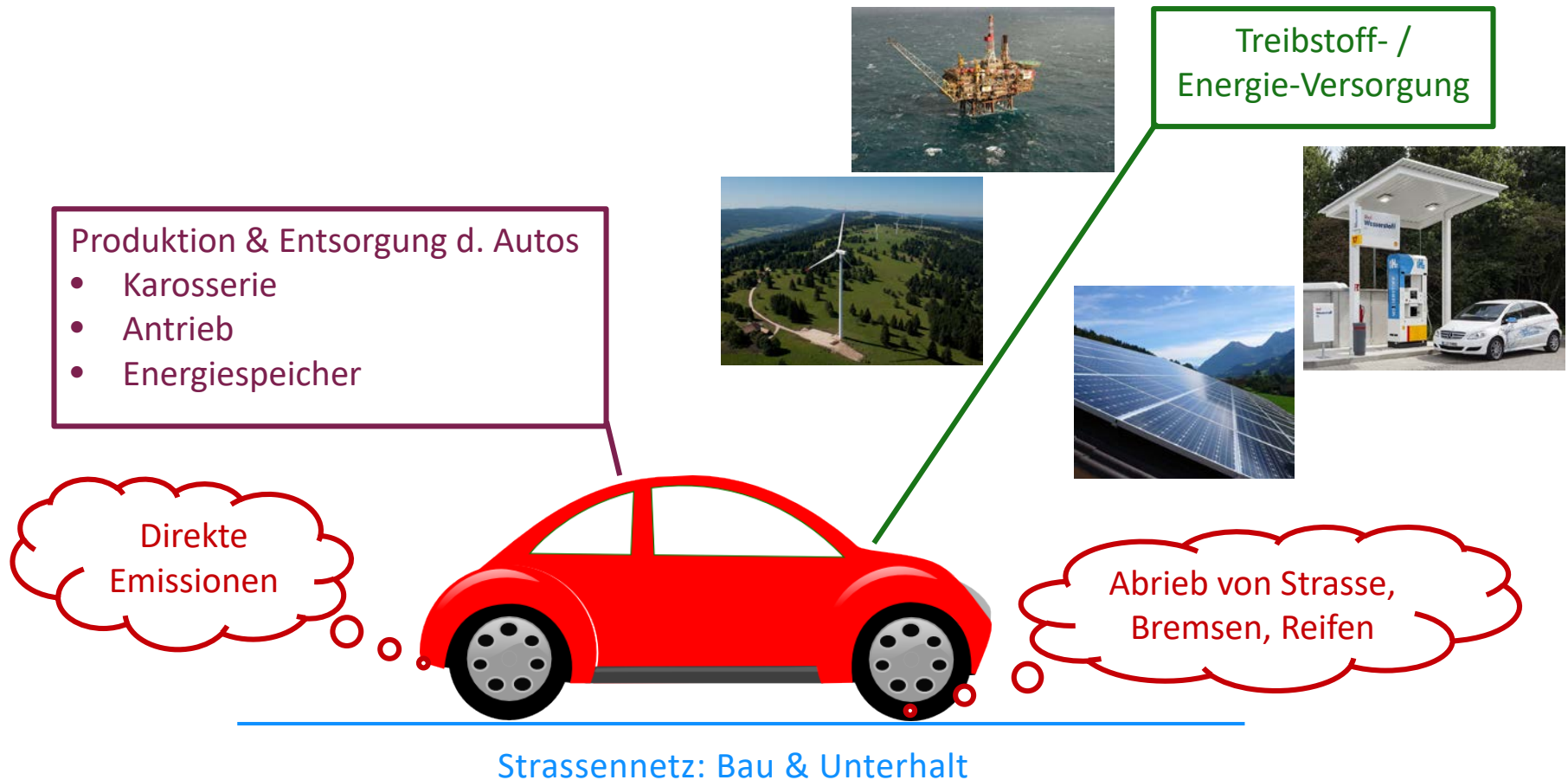
wired.com
LIZZIE WADE SCIENCE 03.31.18 12:45 PM
TESLA'S ELECTRIC CARS AREN'T AS GREEN AS YOU MIGHT THINK

Energieverschwendung der Extraklasse
Die Weltwoche, Ausgabe 33/2017
Die Elektromobilität ist alles andere als umweltfreundlich, dies belegte die Weltwoche in der letzten Ausgabe. Besonders schlecht schneiden E-Autos beim Ressourcenverbrauch ab: Wer mit Strom fährt, benötigt mehr als doppelt so viel Energie, als wenn er mit Benzin unterwegs wäre.
Von Ferruccio Ferroni* und Alex Reichmuth

Vattenfall, 2017
ELECTRIC CARS ARE A BETTER ENVIRONMENTAL CHOICE – IN SPITE OF ENVIRONMENTAL IMPACT
SWEDEN The environmental benefits of electric cars far outweigh the issue of CO₂ emissions from battery production.

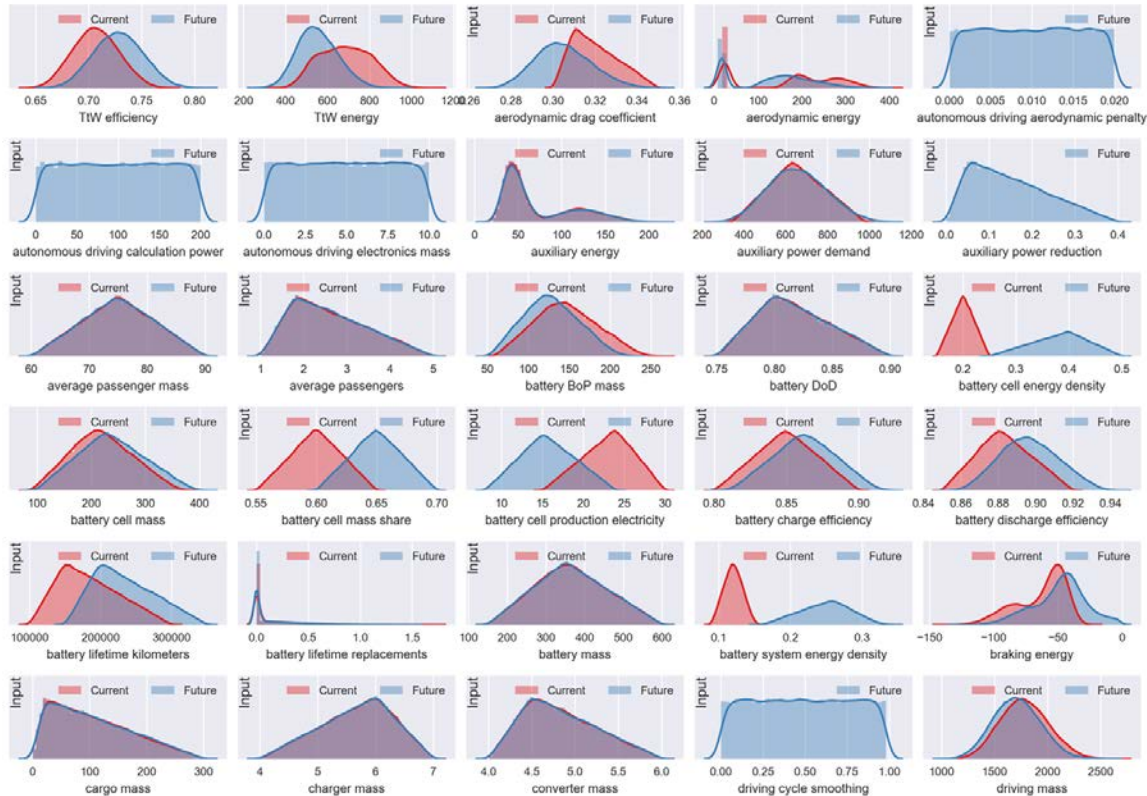
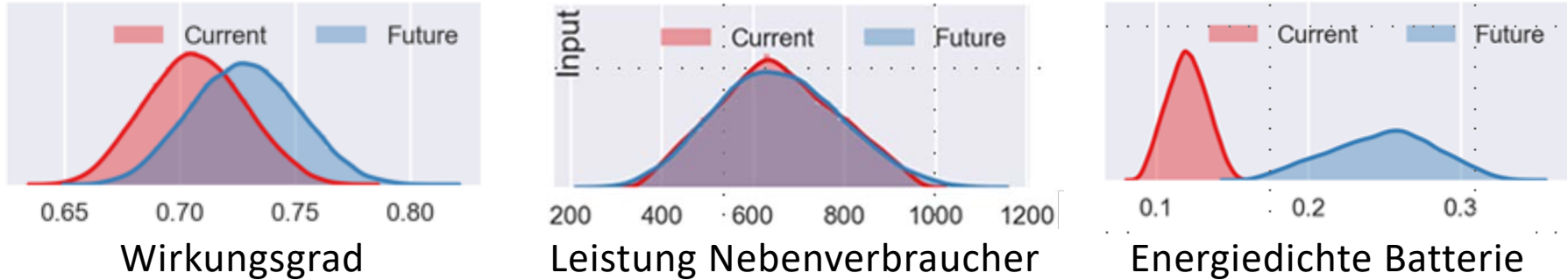
Ökobilanz – Life Cycle Assessment (LCA)

Mittels **Ökobilanz** werden die **gesamten Umweltbelastungen** (Emissionen in Luft, Wasser, Boden; Land- & Ressourcenverbrauch) entlang des Lebenswegs von Produkten gemessen: aus **Produktion, Nutzung, Entsorgung/Recycling**



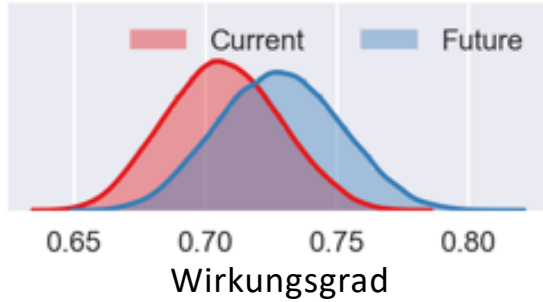
Modellierung Personenwagen

1) Bestimmung der Fahrzeug-Parameter

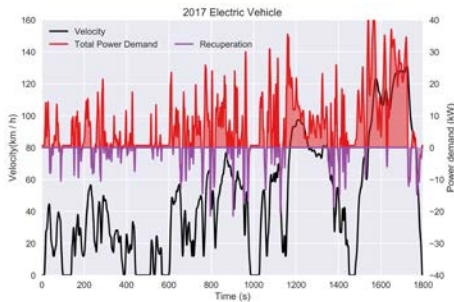


Modellierung Personenwagen

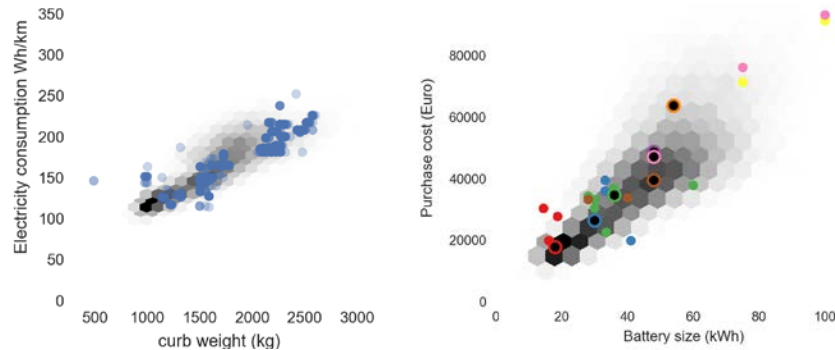
1) Bestimmung der PW-Parameter



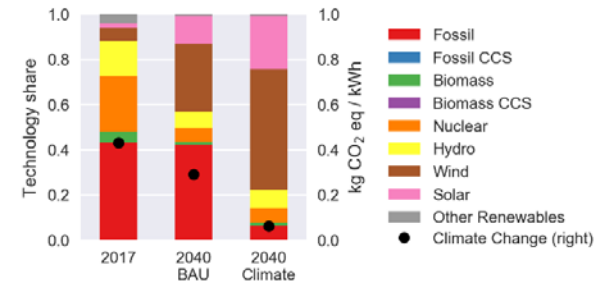
2) Berechnung des Treibstoffverbrauchs



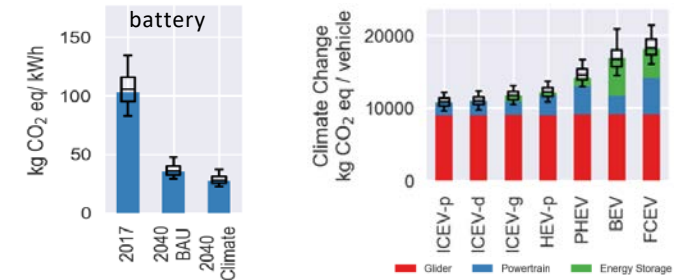
3) Kalibrierung der Modelle



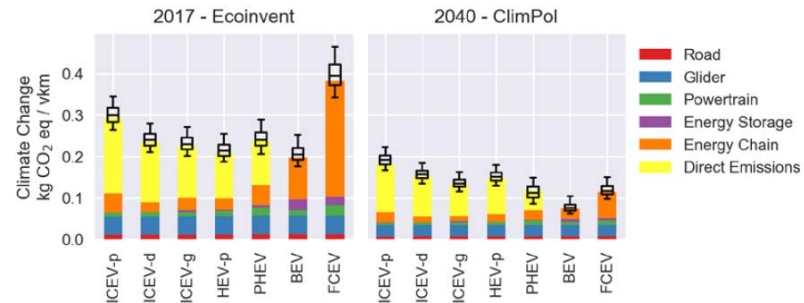
4) Zukünftige Energieszenarien



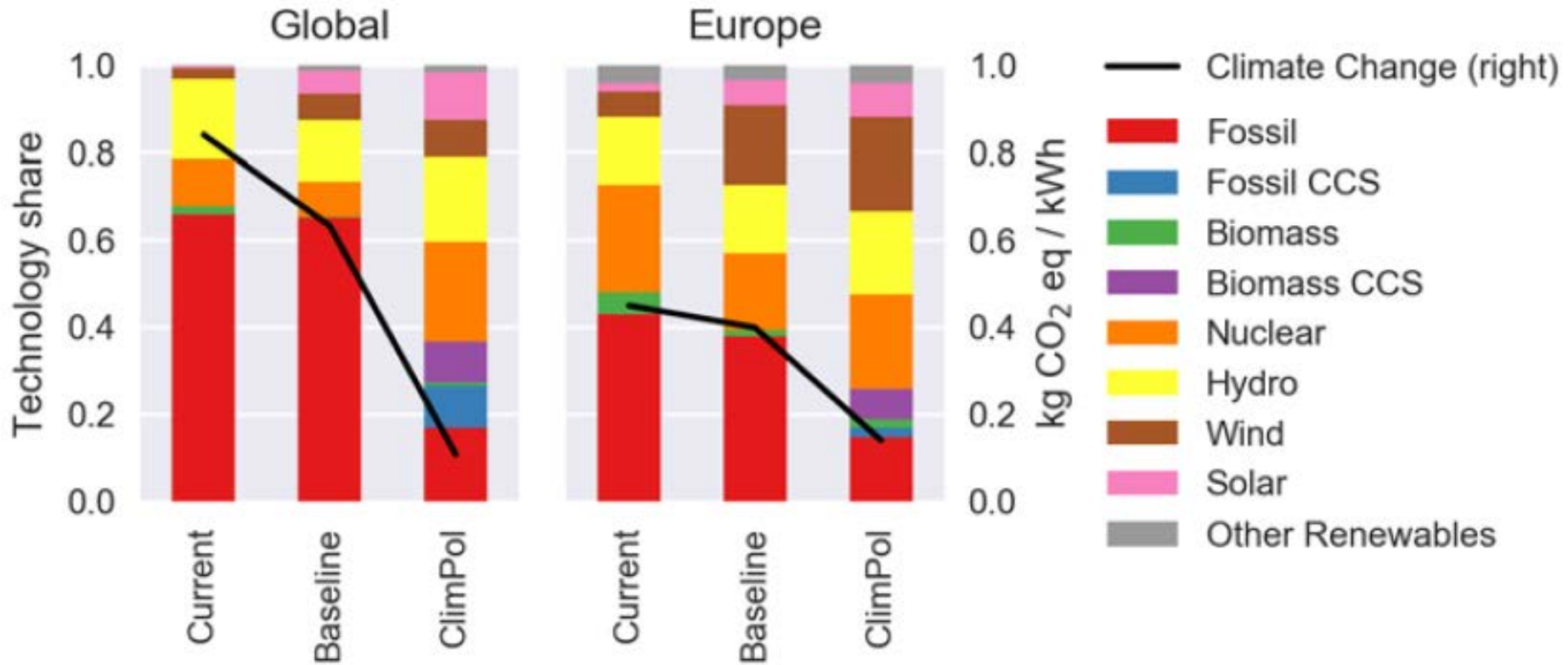
5) Inventar der Komponenten



6) Ökobilanz – Life Cycle Assessment

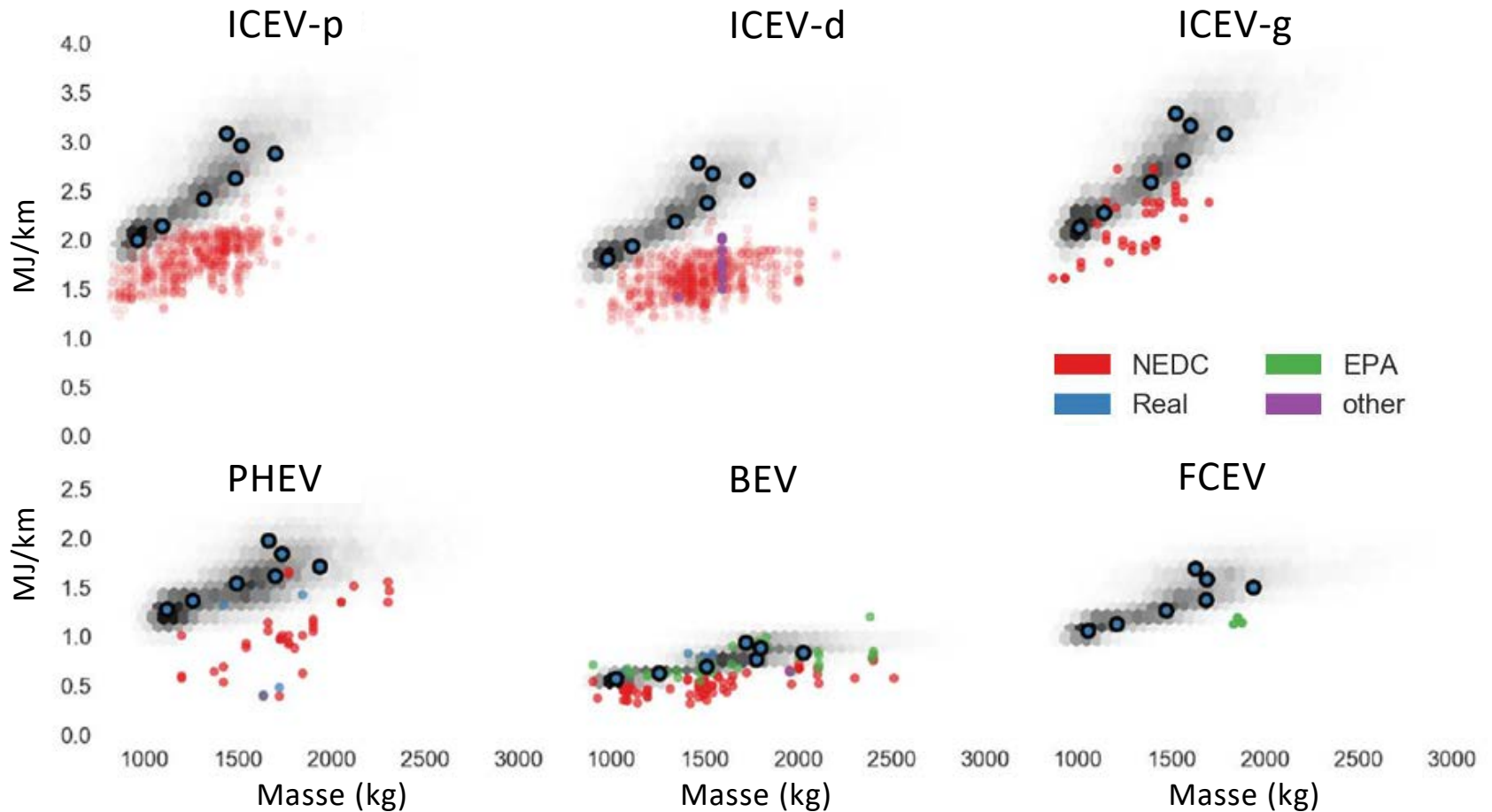


Stromversorgung 2040



Basierend auf «IMAGE» (Integrated Assessment Model)

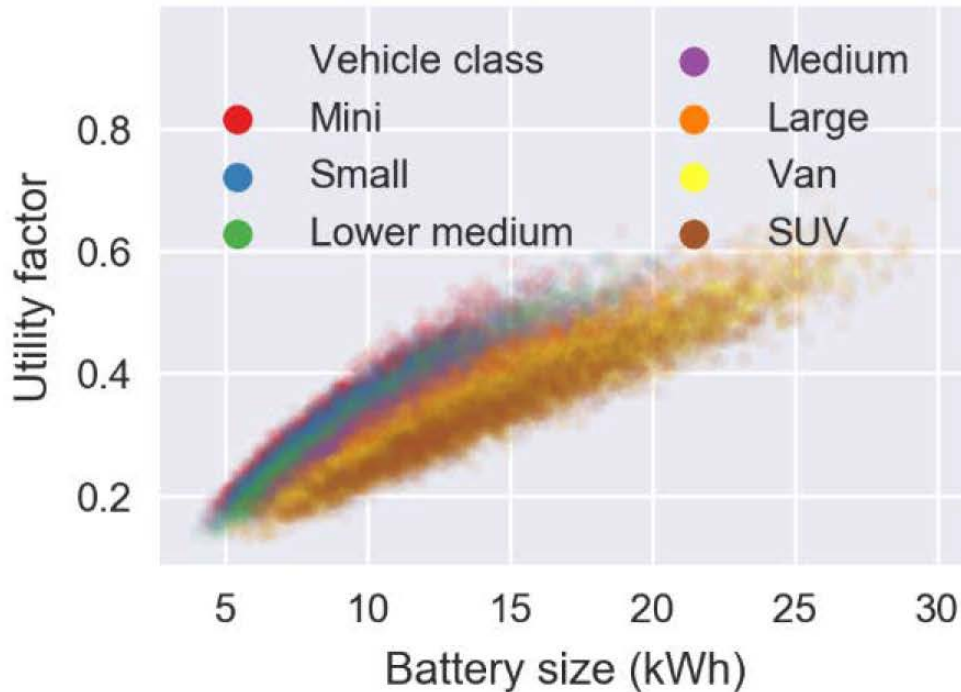
Modell-Kalibrierung: Masse vs Energieverbrauch



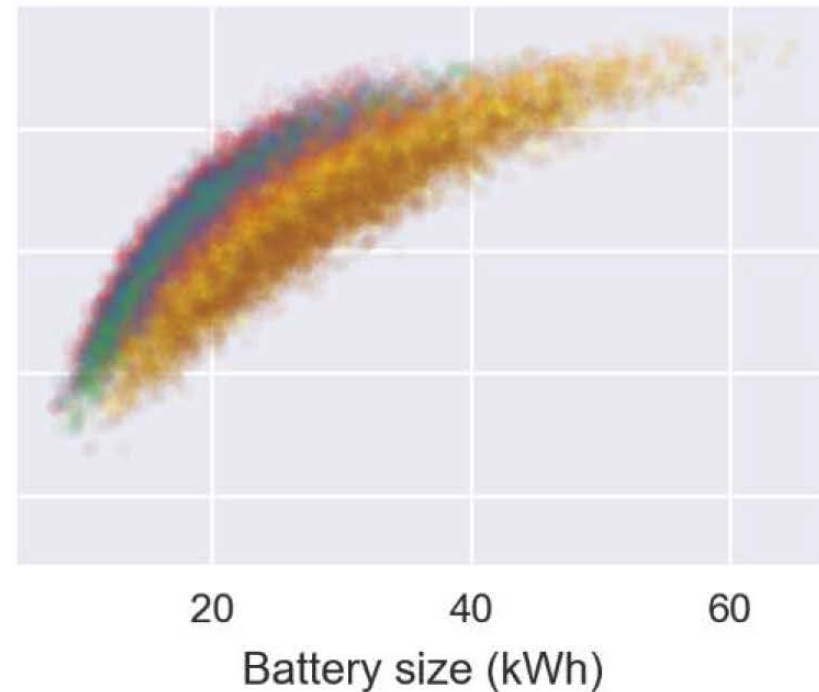
Abkürzung	Bedeutung	Abkürzung	Bedeutung
ICEV	Internal combustion engine vehicle	HEV	Hybrid electric vehicle
-p	Petrol	PHEV	Plug-in hybrid electric vehicle
-d	Diesel	BEV	Battery electric vehicle
-g	Compressed natural gas	FCEV	Fuel cell electric vehicle

PHEV: «utility factor» (Anteil elektrisch zurückgelegter Distanzen)

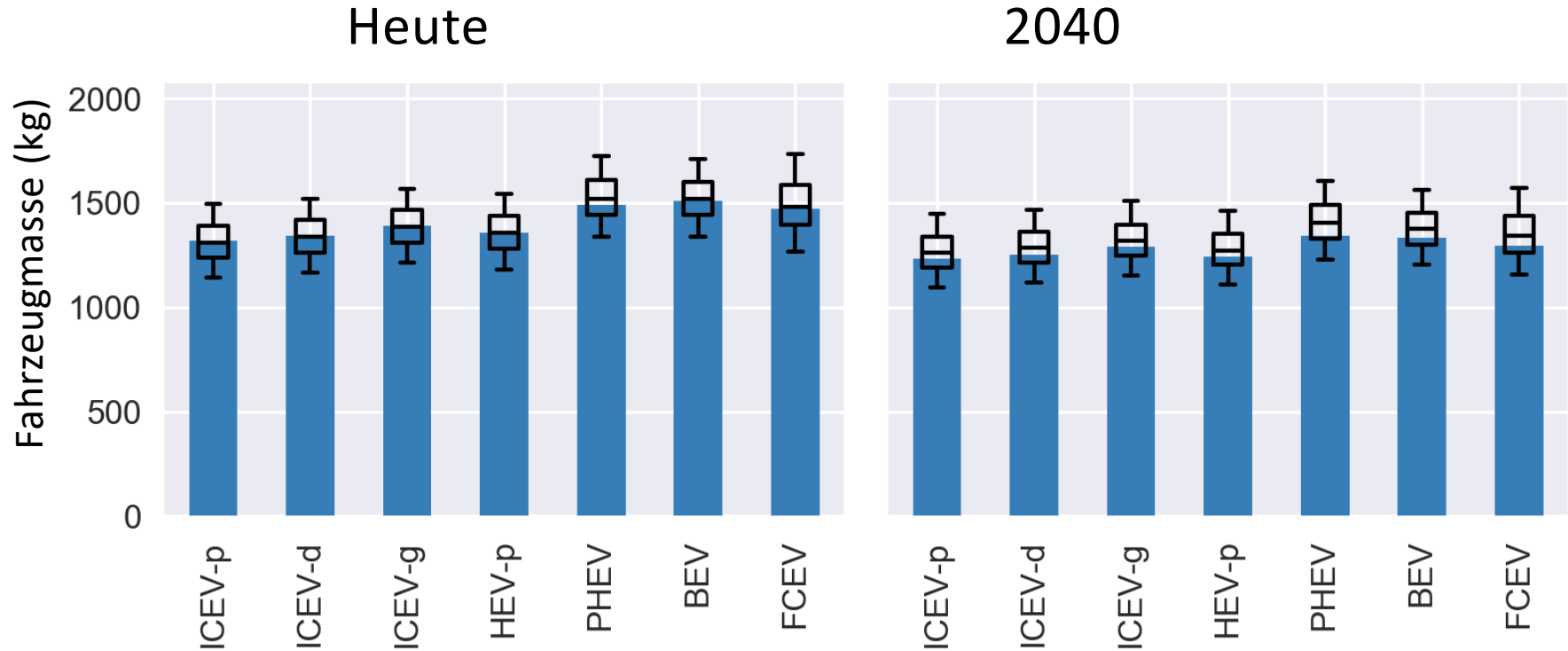
Current PHEV



Future PHEV



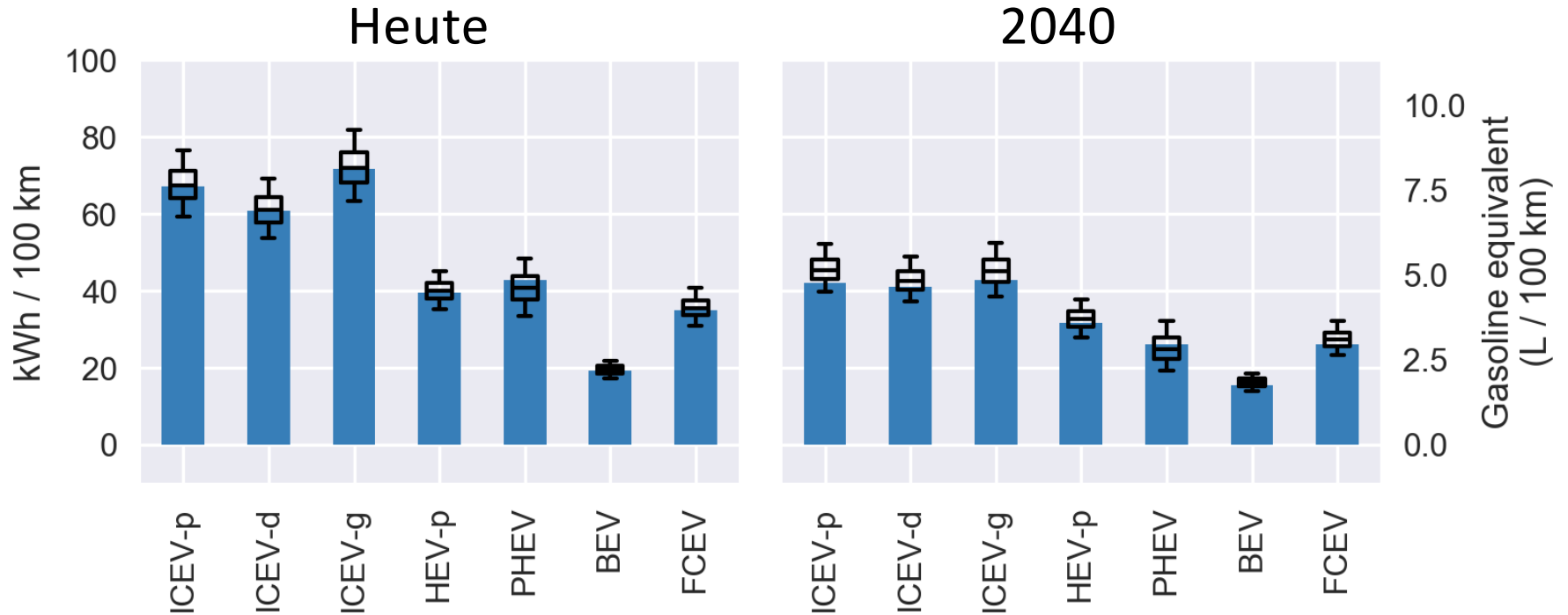
Fahrzeugmasse (untere Mittelklasse)



Boxplots: 50% d. Ergebnisse in Box, 90% in Schwankungsbereichen

Abkürzung	Bedeutung	Abkürzung	Bedeutung
ICEV	Internal combustion engine vehicle	HEV	Hybrid electric vehicle
-p	Petrol	PHEV	Plug-in hybrid electric vehicle
-d	Diesel	BEV	Battery electric vehicle
-g	Compressed natural gas	FCEV	Fuel cell electric vehicle

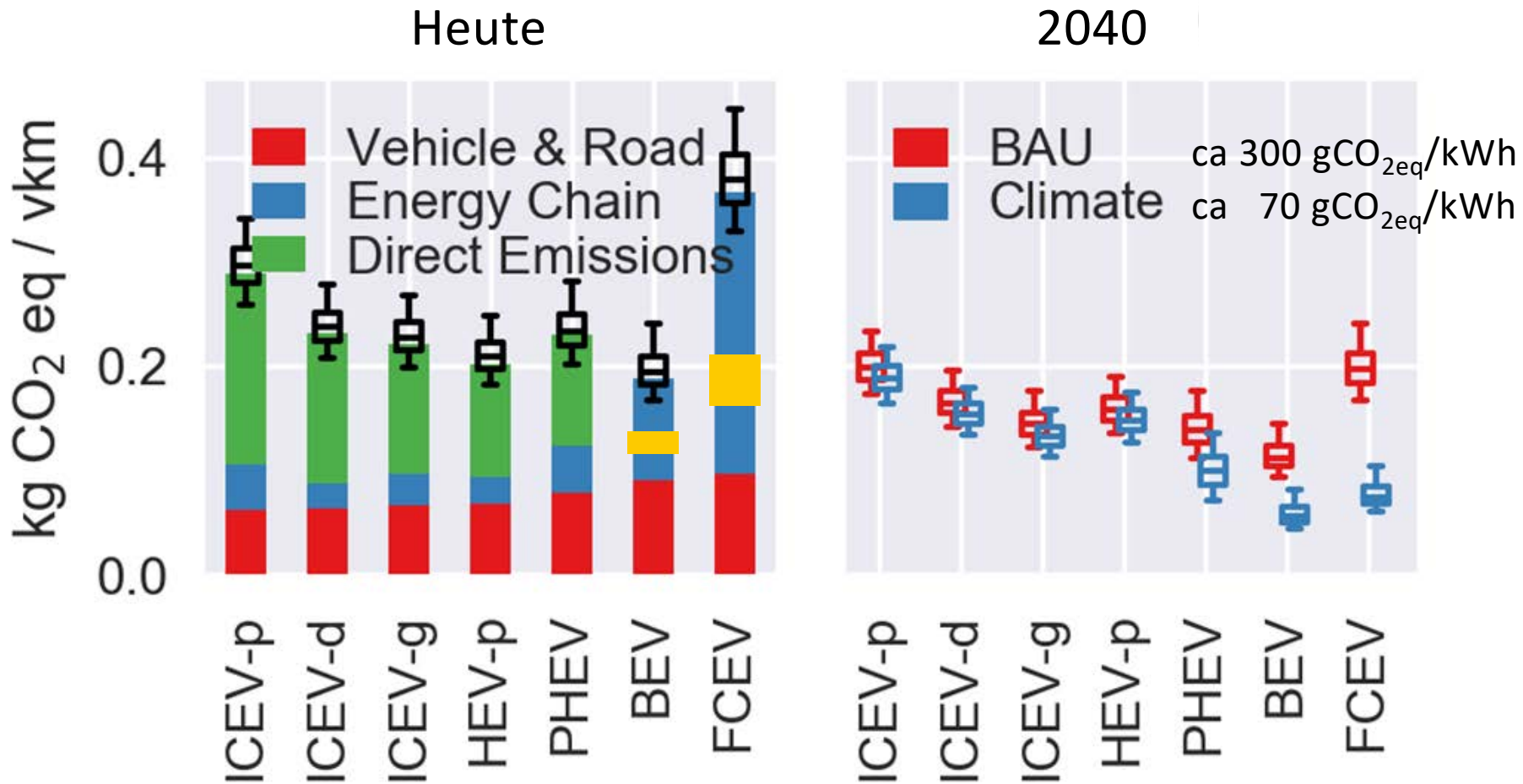
Treibstoffverbrauch (untere Mittelklasse)



Boxplots: 50% d. Ergebnisse in Box, 90% in Schwankungsbereichen

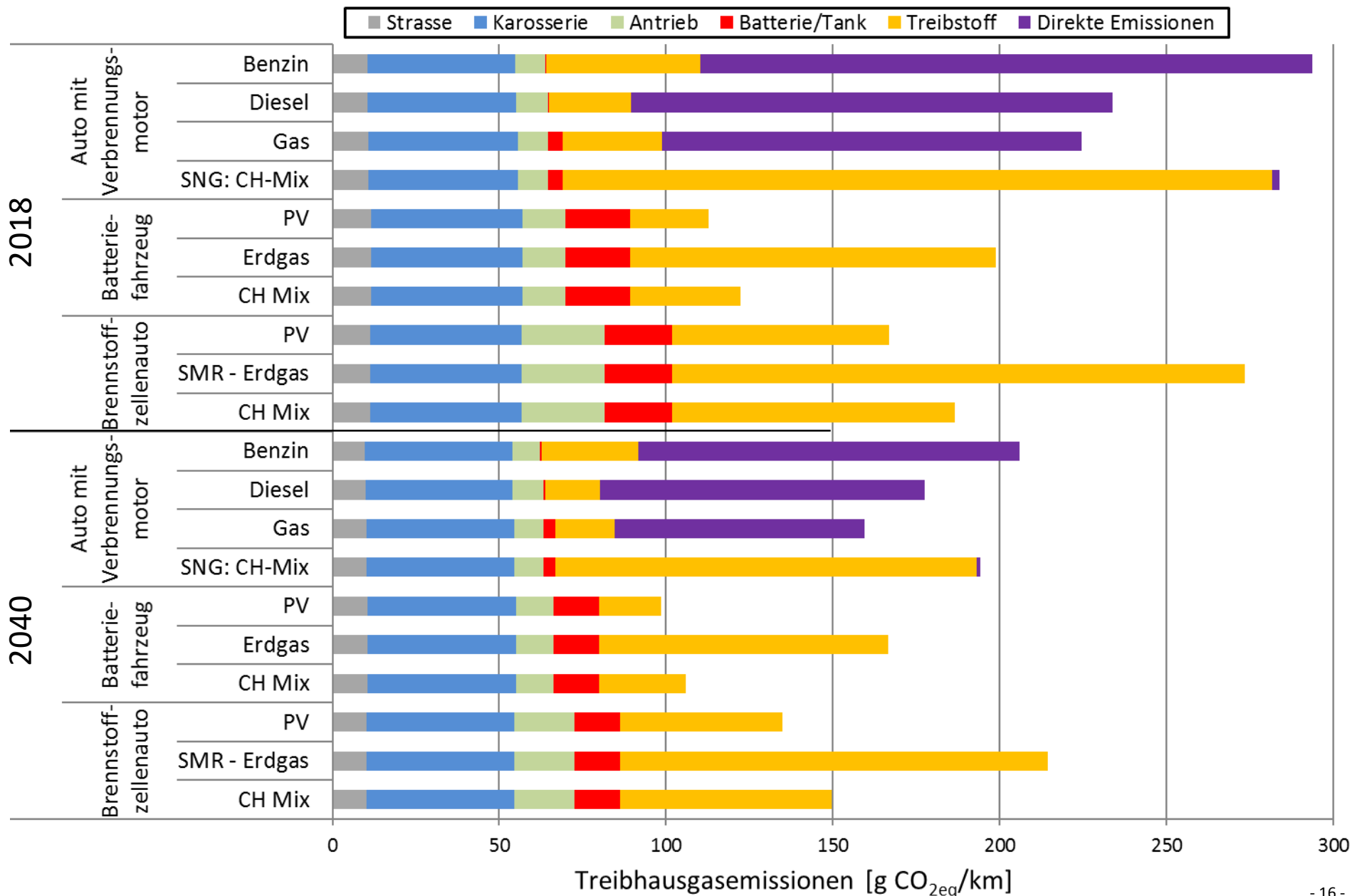
Abkürzung	Bedeutung	Abkürzung	Bedeutung
ICEV	Internal combustion engine vehicle	HEV	Hybrid electric vehicle
-p	Petrol	PHEV	Plug-in hybrid electric vehicle
-d	Diesel	BEV	Battery electric vehicle
-g	Compressed natural gas	FCEV	Fuel cell electric vehicle

LCA-Ergebnisse: Treibhausgasemissionen

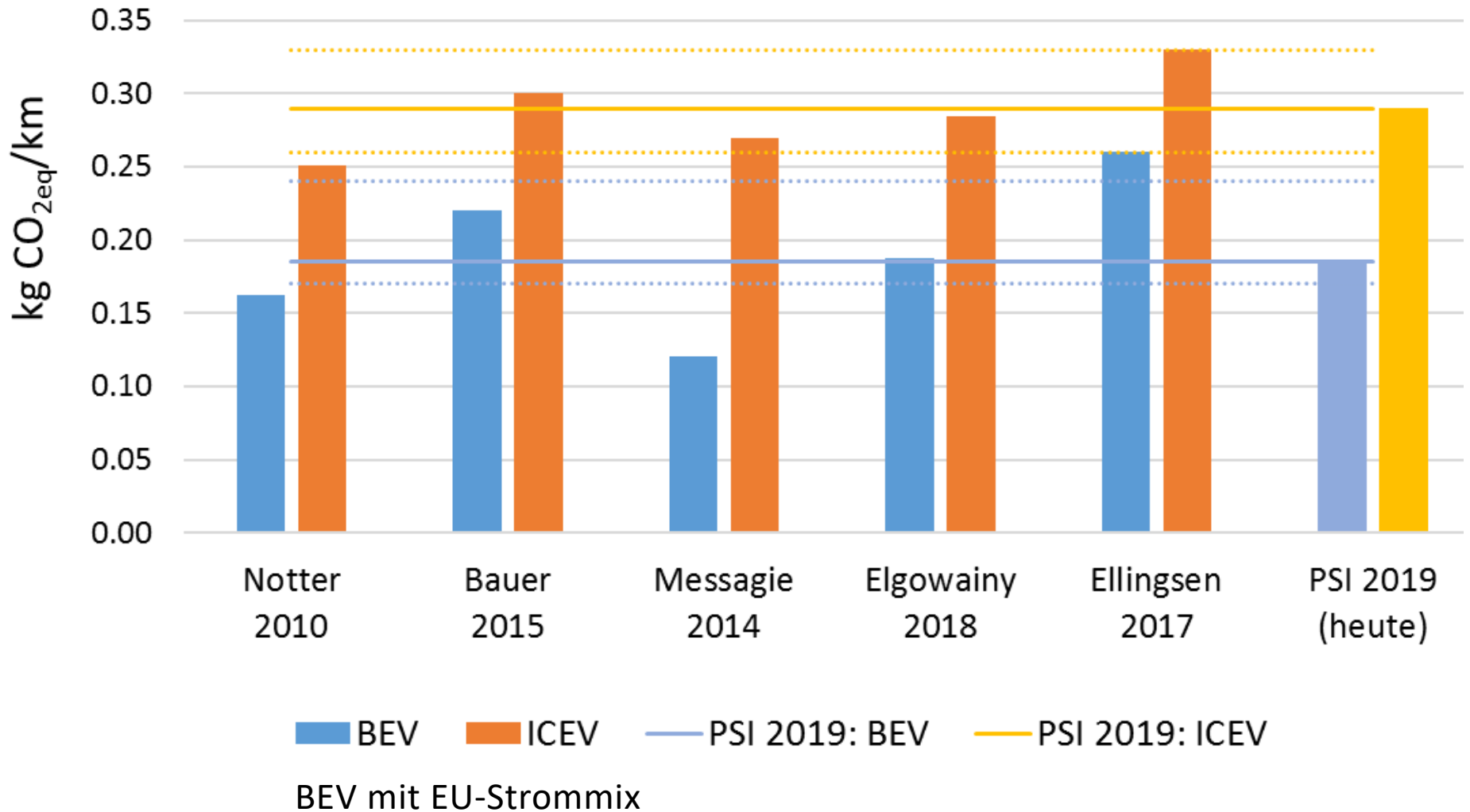


EU-Strommix zum Laden des BEV und zur Produktion von Wasserstoff (Elektrolyse)
 mit CH-Strommix heute (ca 100-150 gCO_{2eq}/kWh)

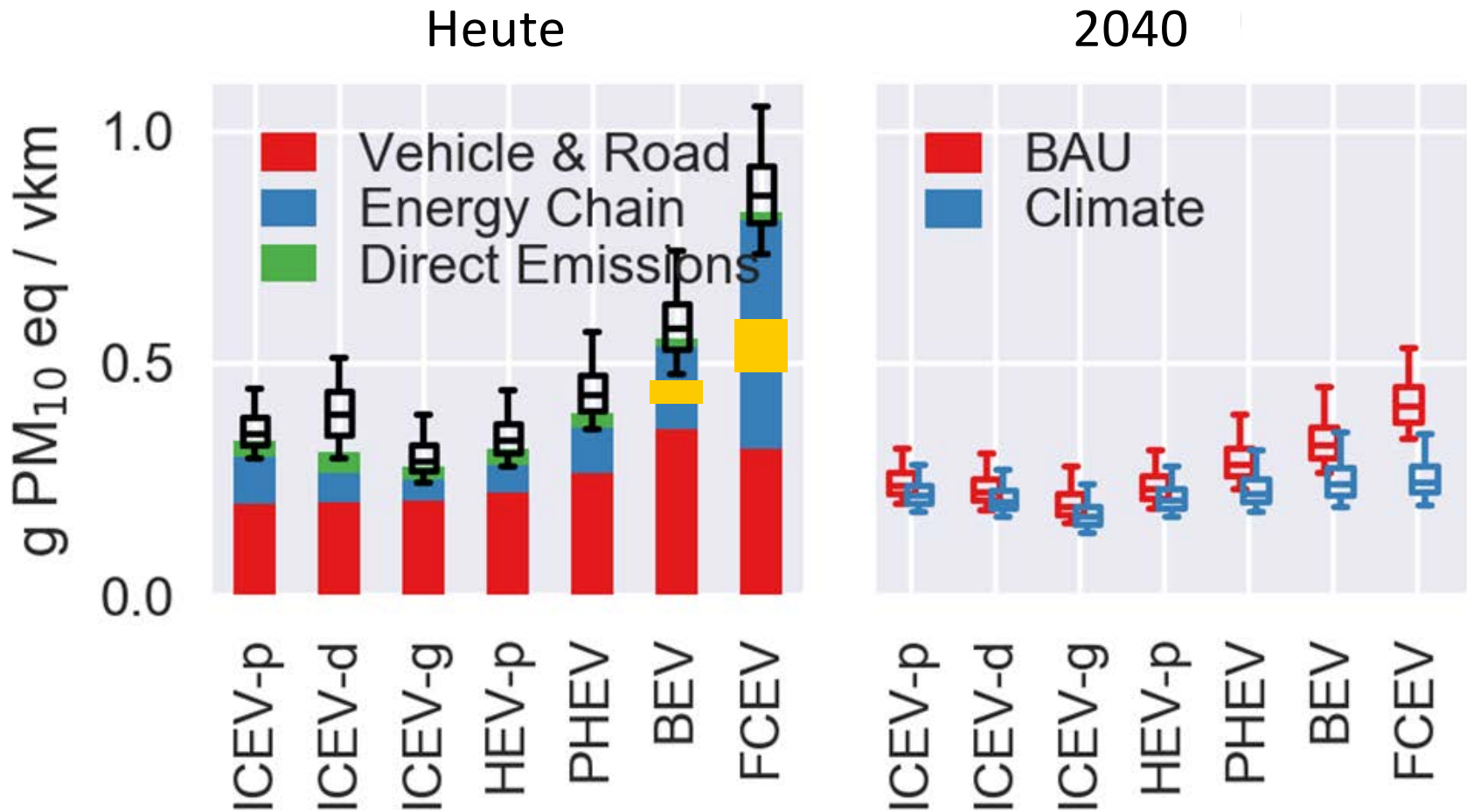
LCA-Ergebnisse: Treibhausgasemissionen



Vergleich LCA-Studien: THG-Emissionen



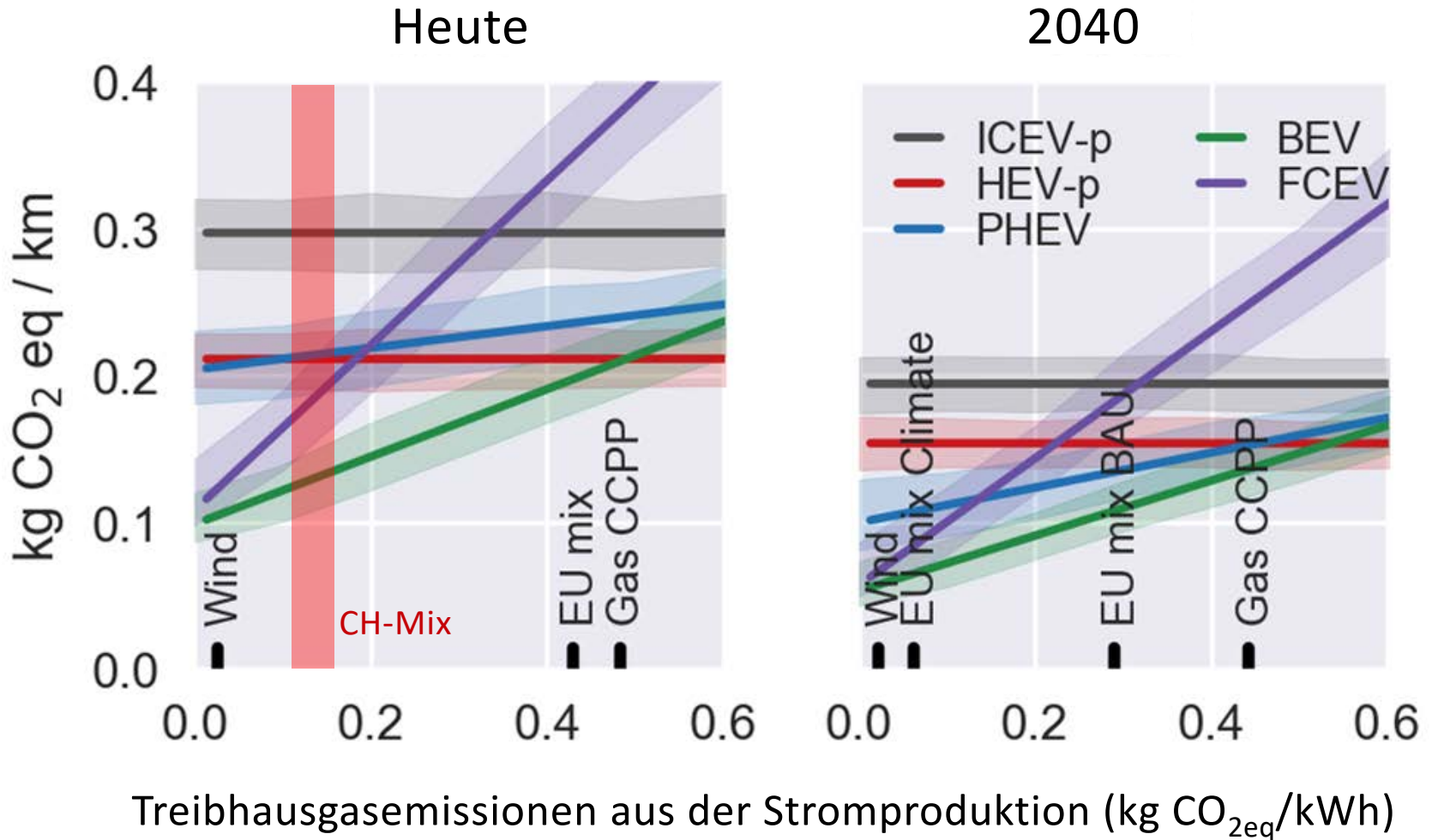
LCA-Ergebnisse: Feinstaub



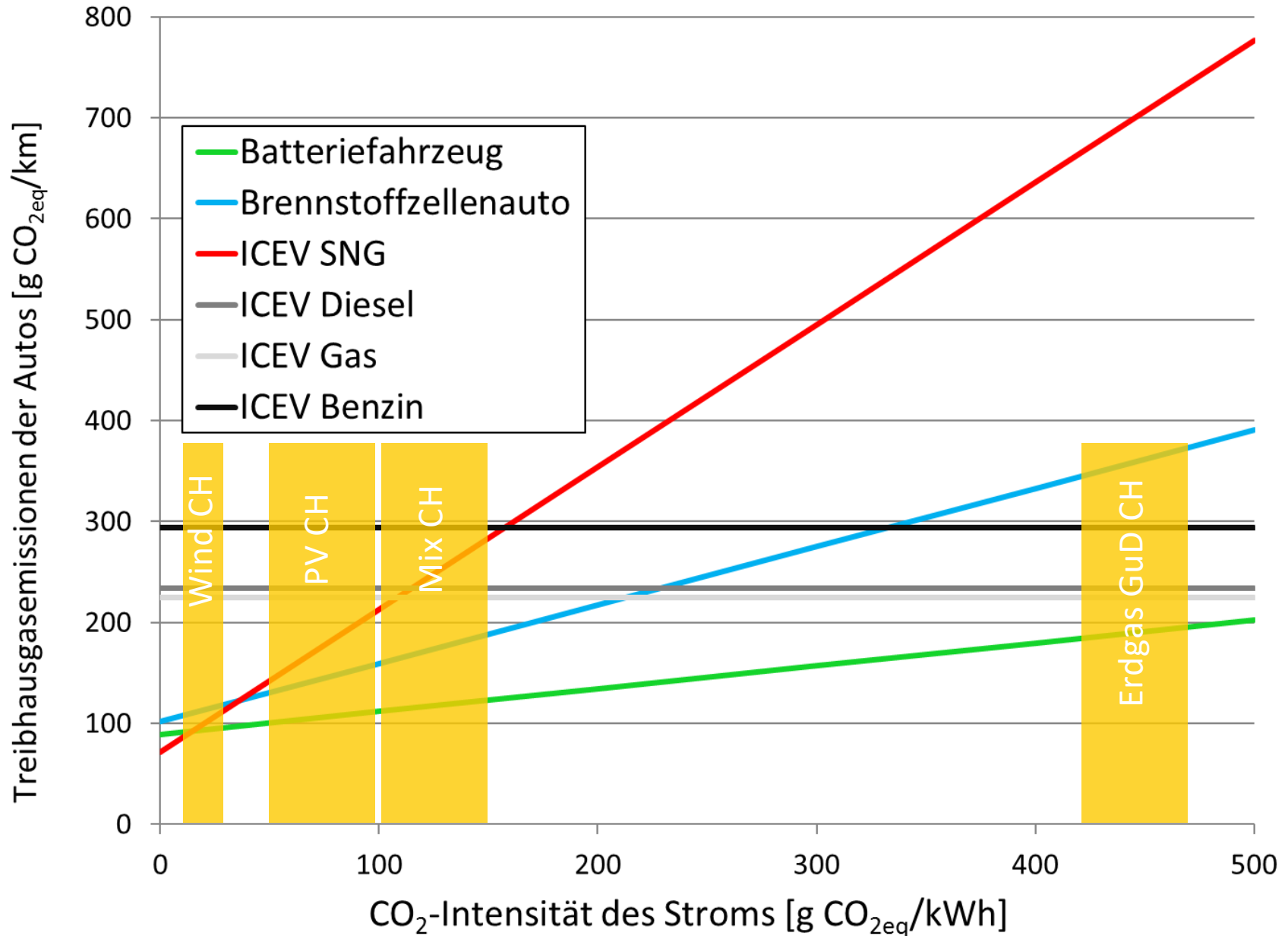
EU-Strommix zum Laden des BEV und zur Produktion von Wasserstoff (Elektrolyse)

mit CH-Strommix heute

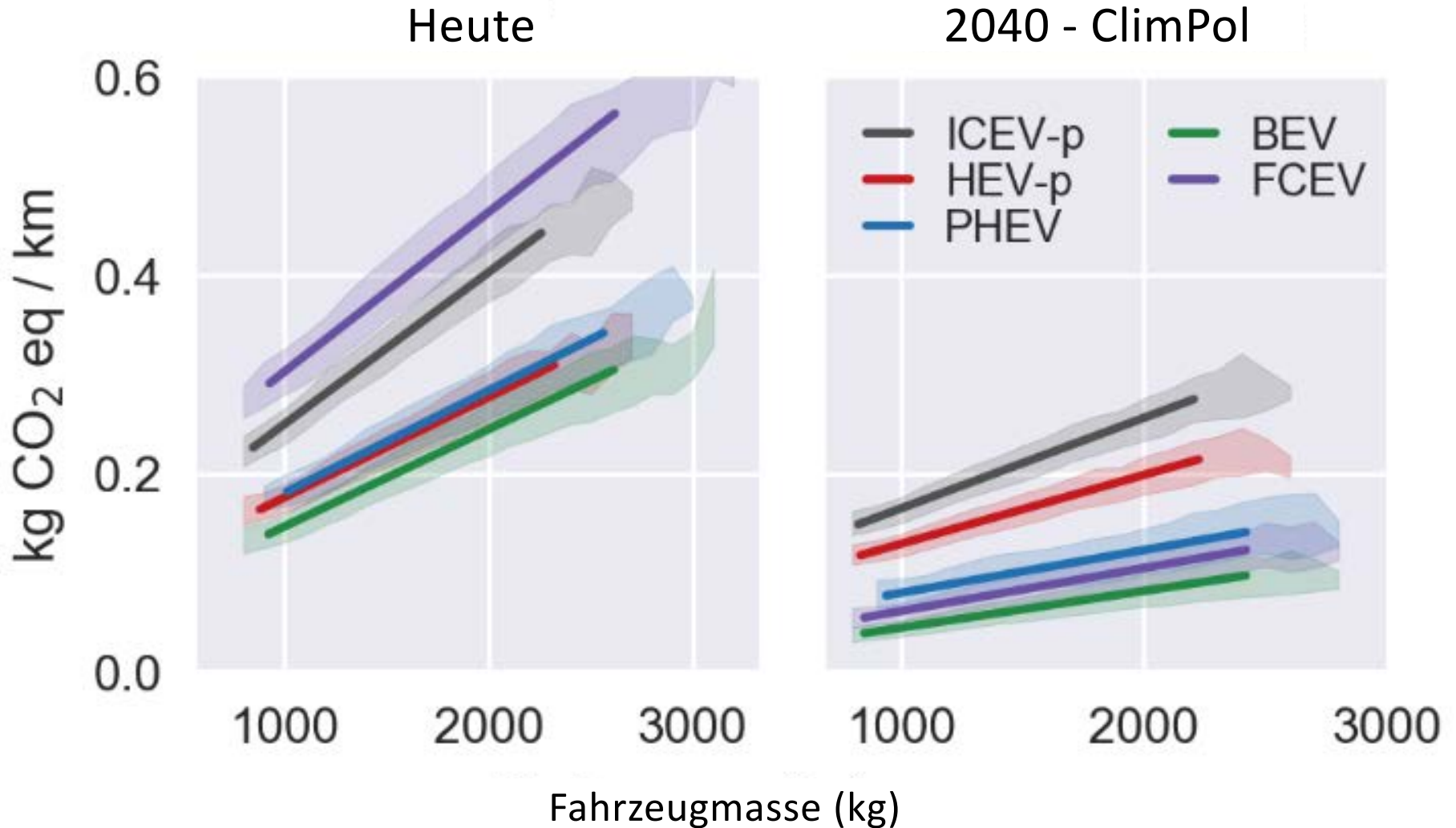
CO₂-Sensitivität bzgl Strominput



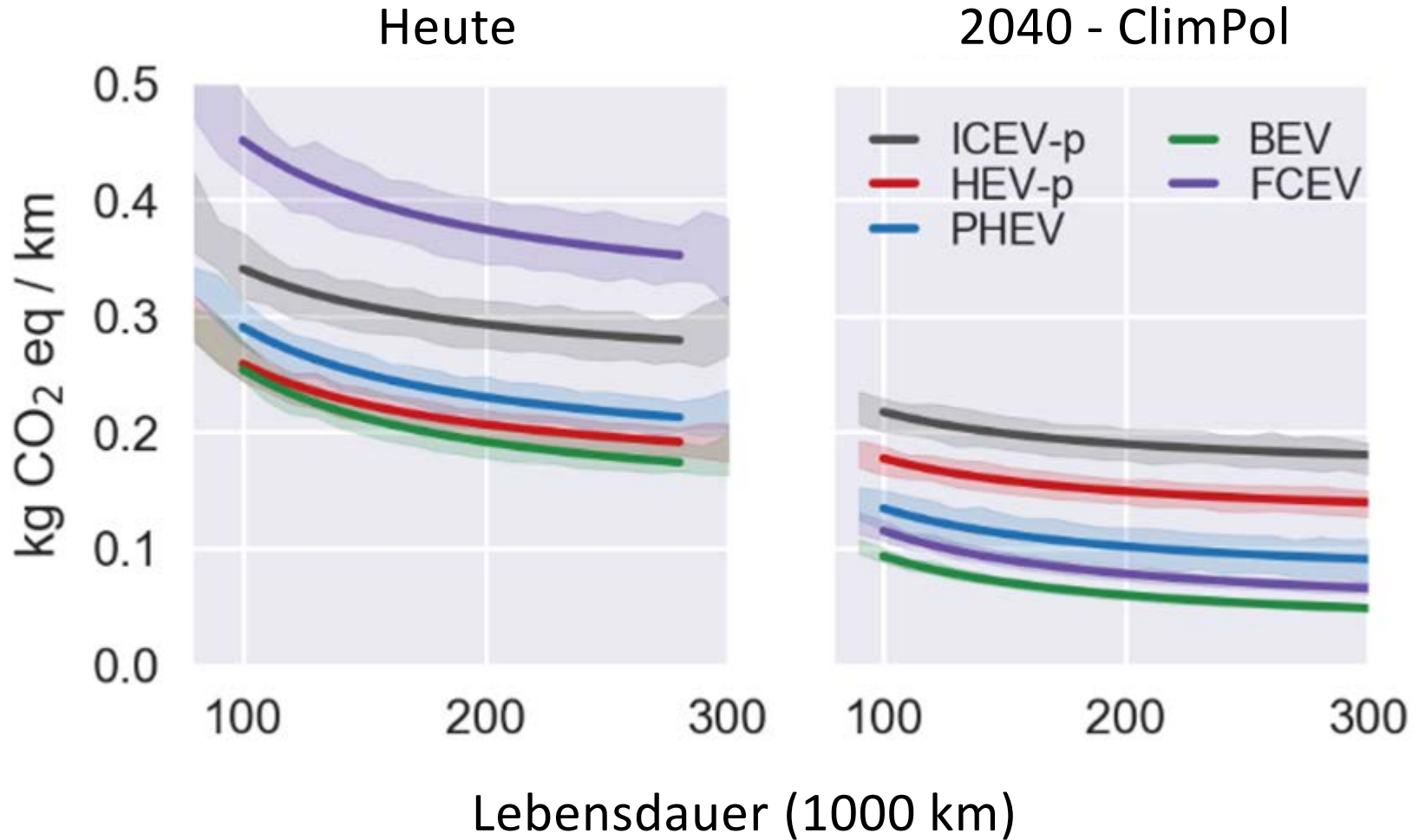
CO₂-Sensitivität bzgl. Strominput (heute)



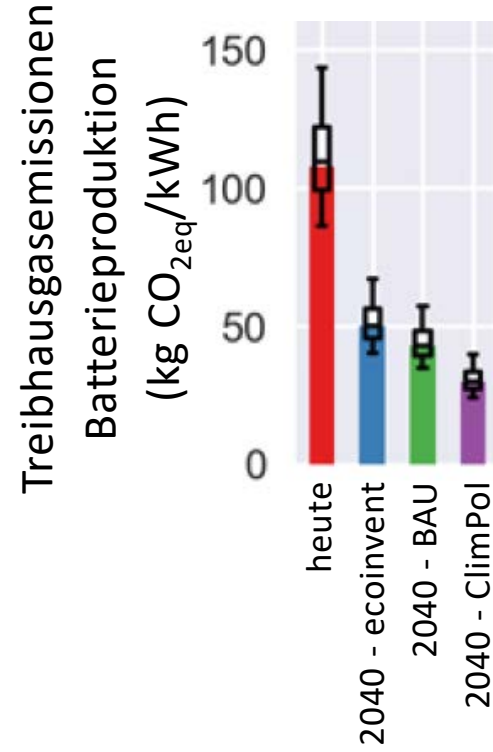
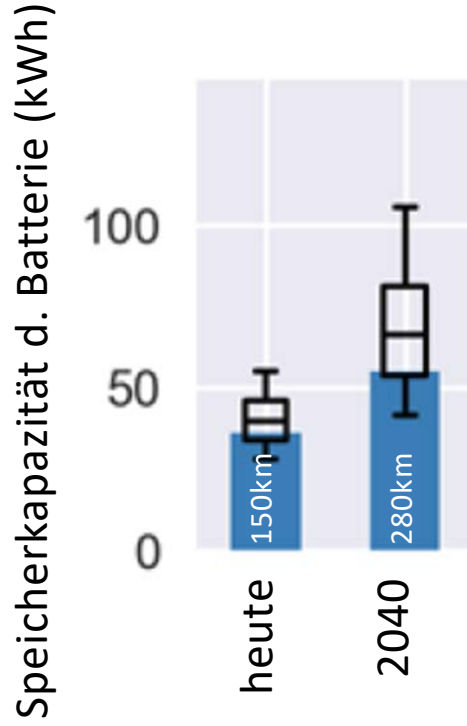
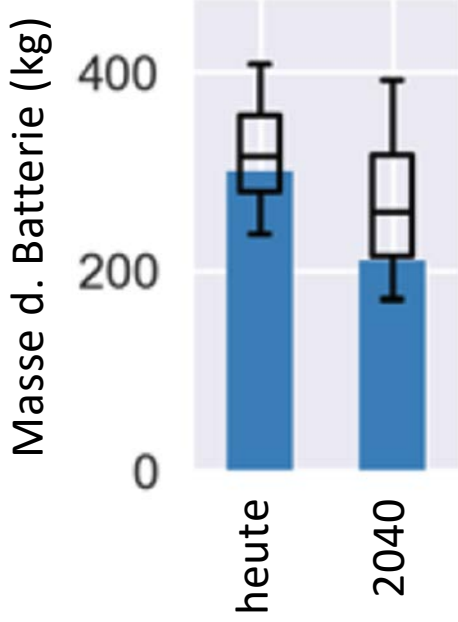
CO₂-Sensitivität bzgl Fahrzeugmasse



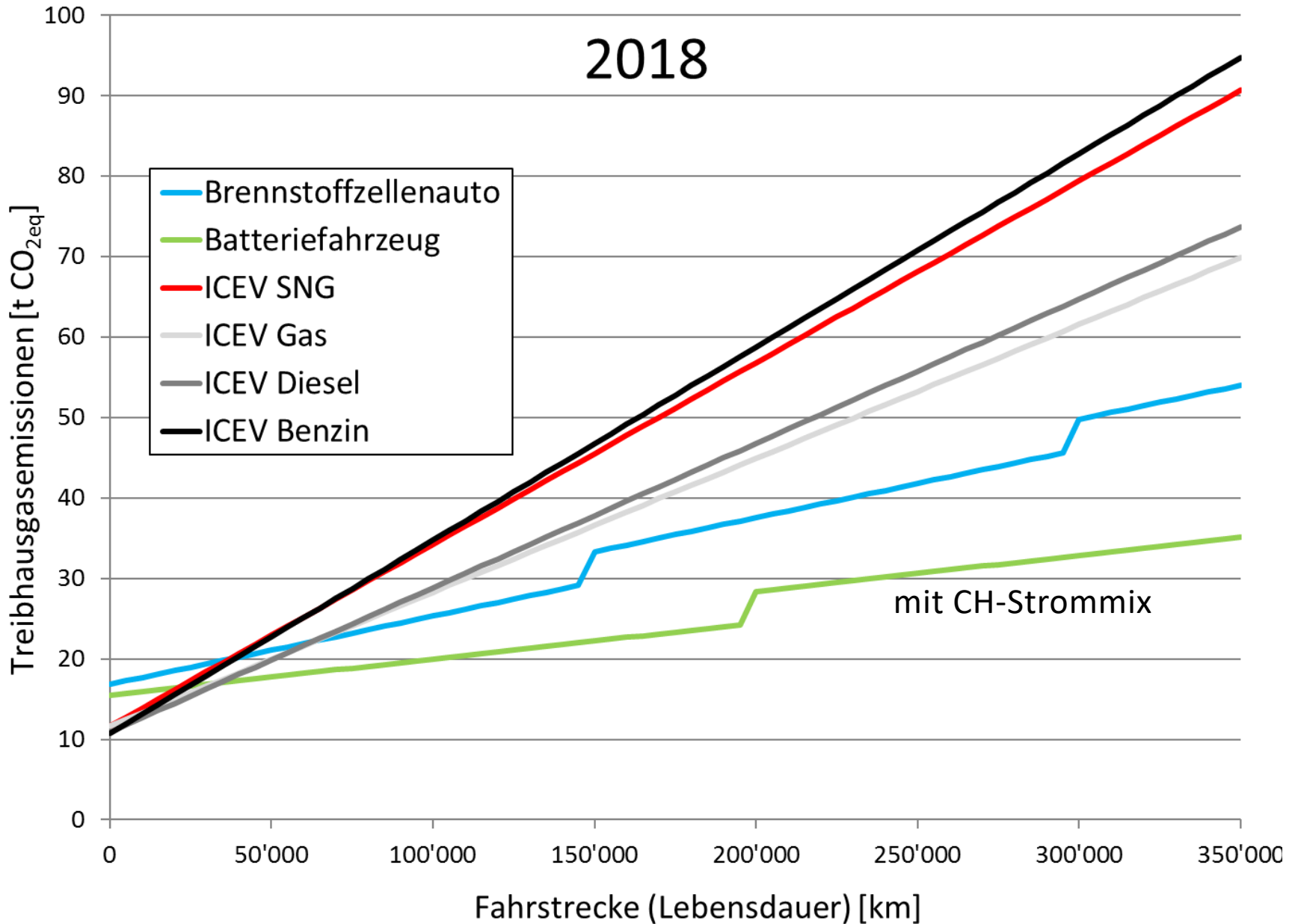
CO₂-Sensitivität bzgl Lebensdauer



Batterie der Batteriefahrzeuge

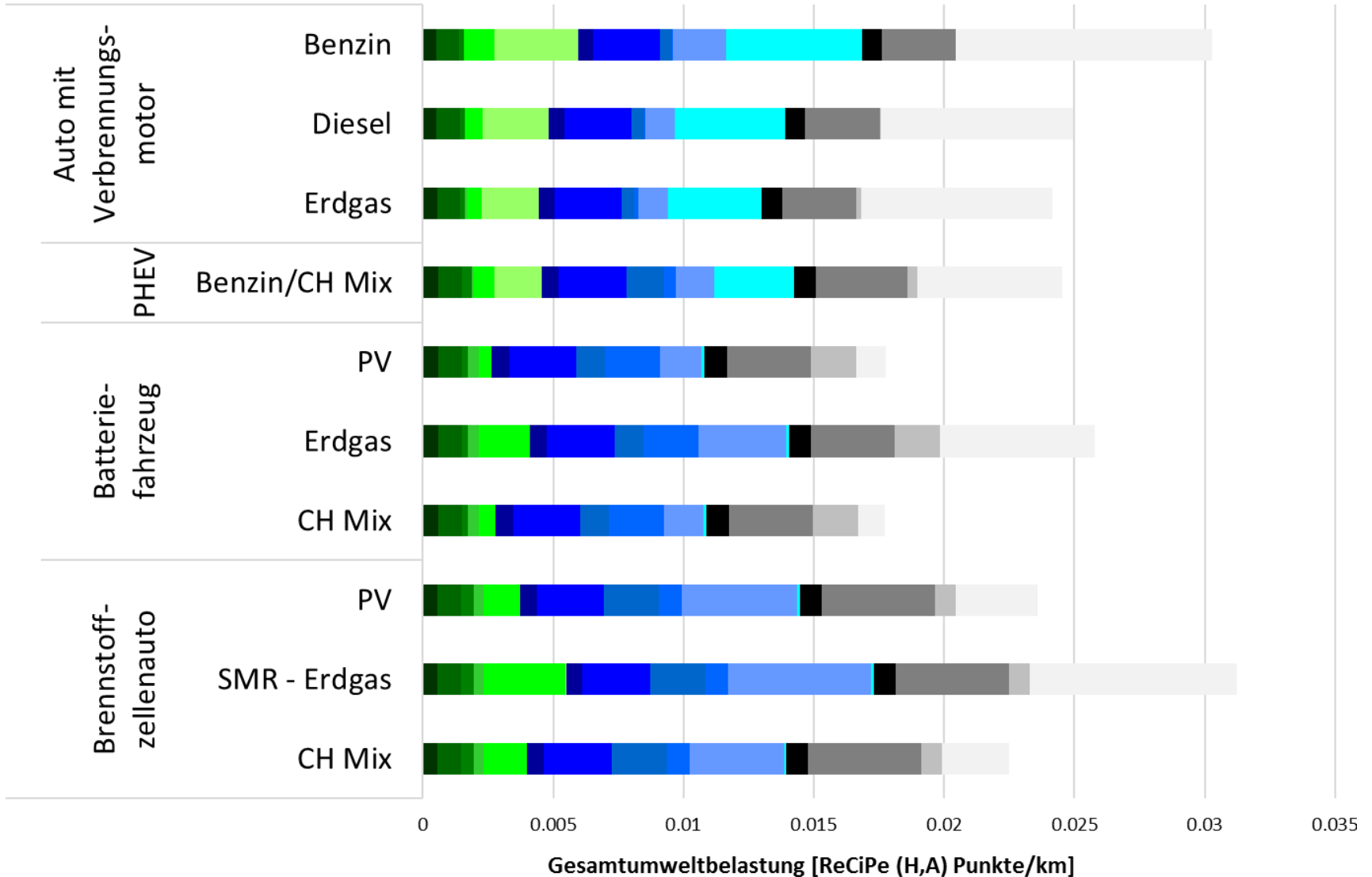


THG-Emissionen während Lebensdauer



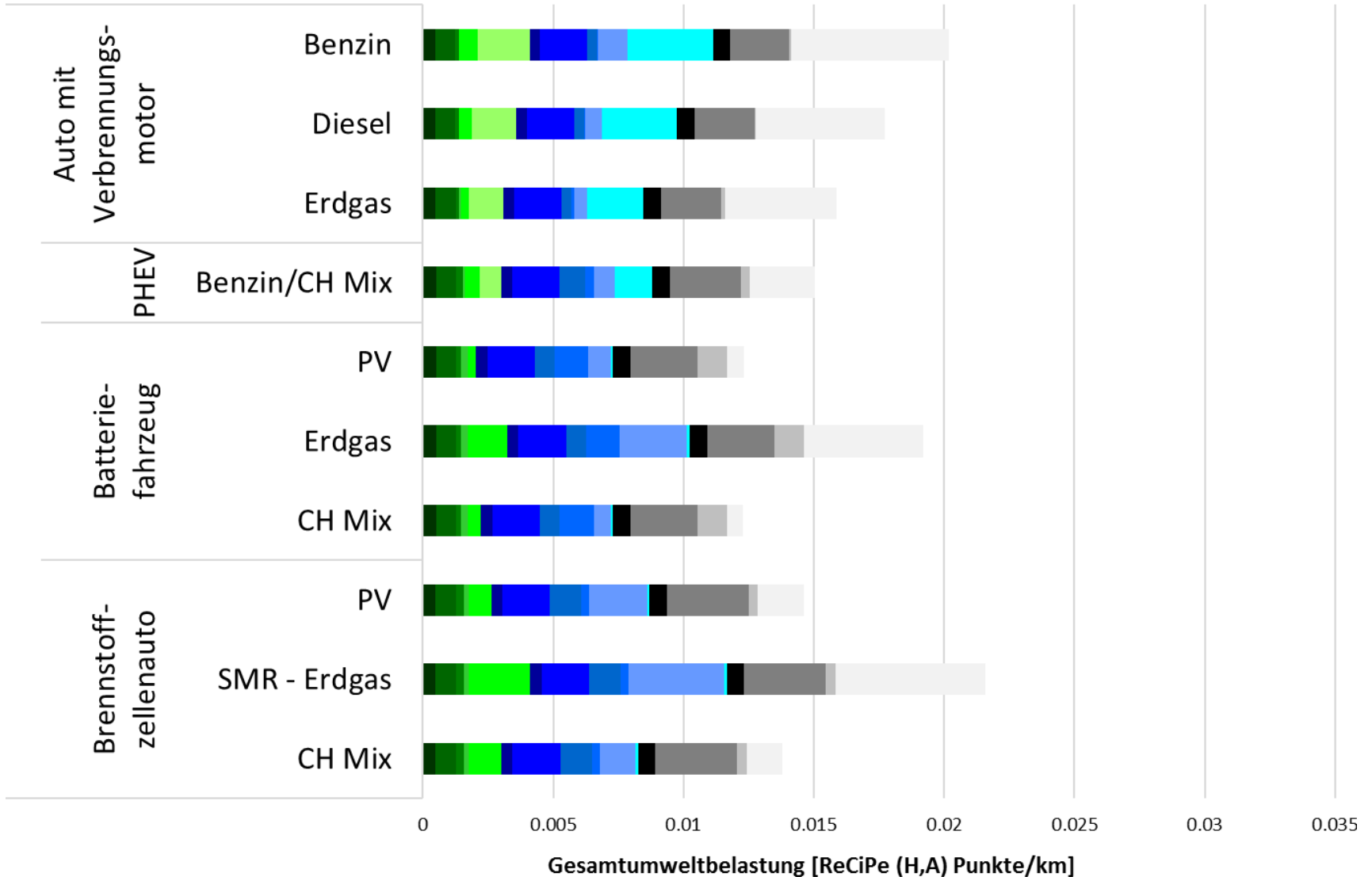
Gesamtumweltbelastung heute (ReCiPe Methode)

- | | | | | | | |
|------------|---------|------------|---------|---------------|------------|--------------------|
| Ökosysteme | Strasse | Karosserie | Antrieb | Batterie/Tank | Treibstoff | Direkte Emissionen |
| Gesundheit | Strasse | Karosserie | Antrieb | Batterie/Tank | Treibstoff | Direkte Emissionen |
| Ressourcen | Strasse | Karosserie | Antrieb | Batterie/Tank | Treibstoff | |

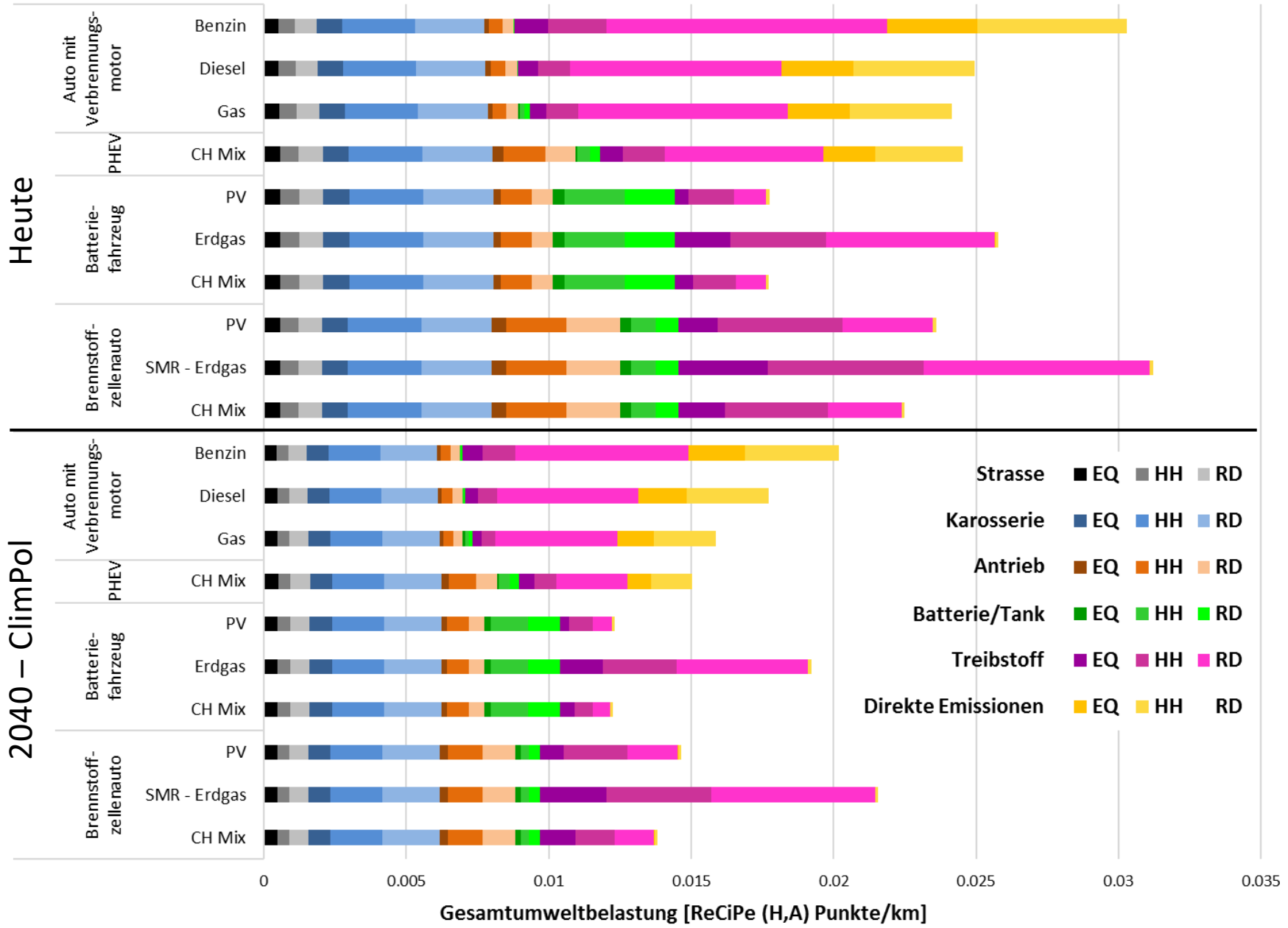


Gesamtumweltbelastung 2040 (ReCiPe Methode)

- | | | | | | | |
|------------|-----------|--------------|-----------|-----------------|--------------|----------------------|
| Ökosysteme | ■ Strasse | ■ Karosserie | ■ Antrieb | ■ Batterie/Tank | ■ Treibstoff | ■ Direkte Emissionen |
| Gesundheit | ■ Strasse | ■ Karosserie | ■ Antrieb | ■ Batterie/Tank | ■ Treibstoff | ■ Direkte Emissionen |
| Ressourcen | ■ Strasse | ■ Karosserie | ■ Antrieb | ■ Batterie/Tank | ■ Treibstoff | ■ Direkte Emissionen |

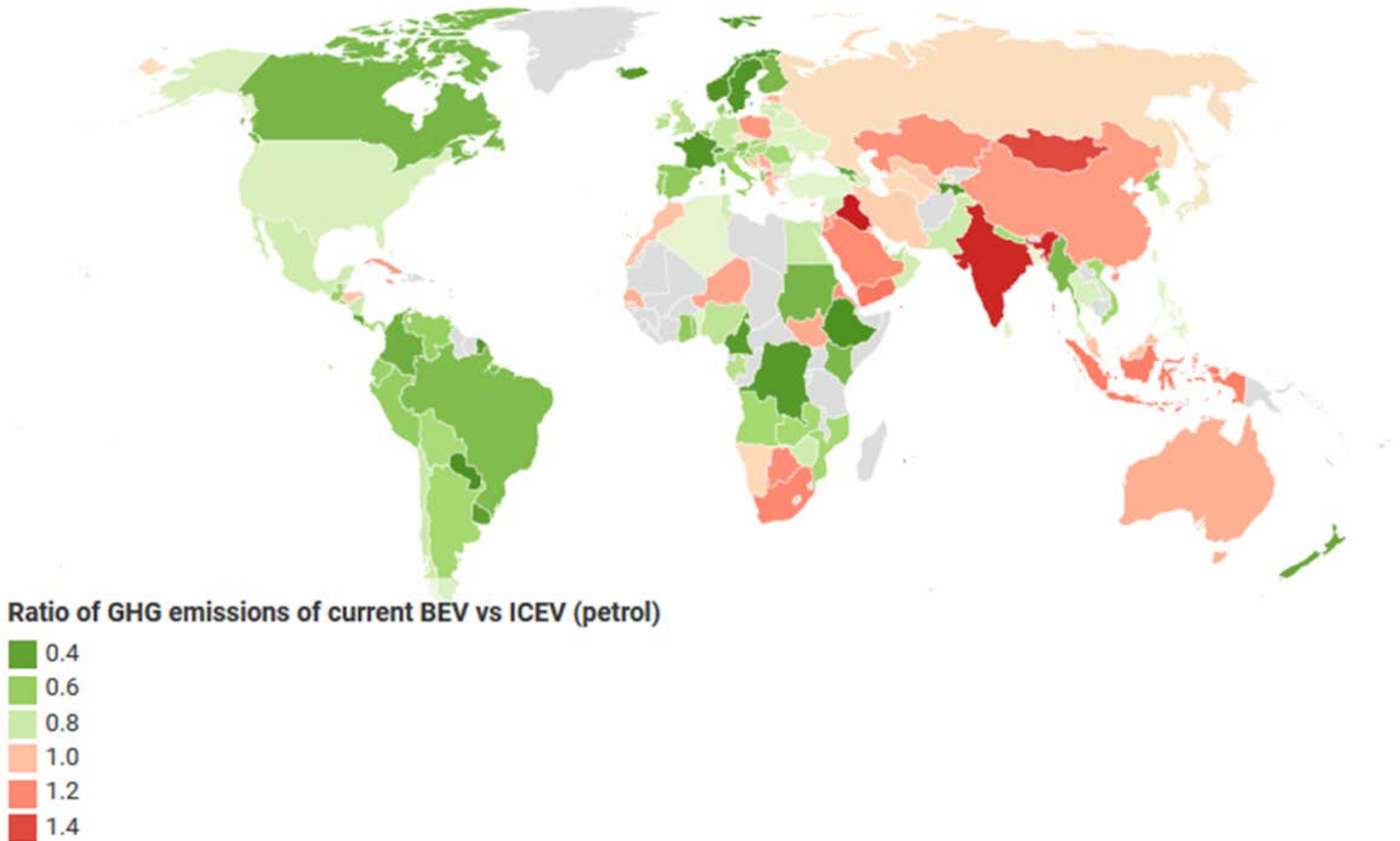


Gesamtumweltbelastung (EQ: Ecosystems; HH: Human Health; RD: Resources)



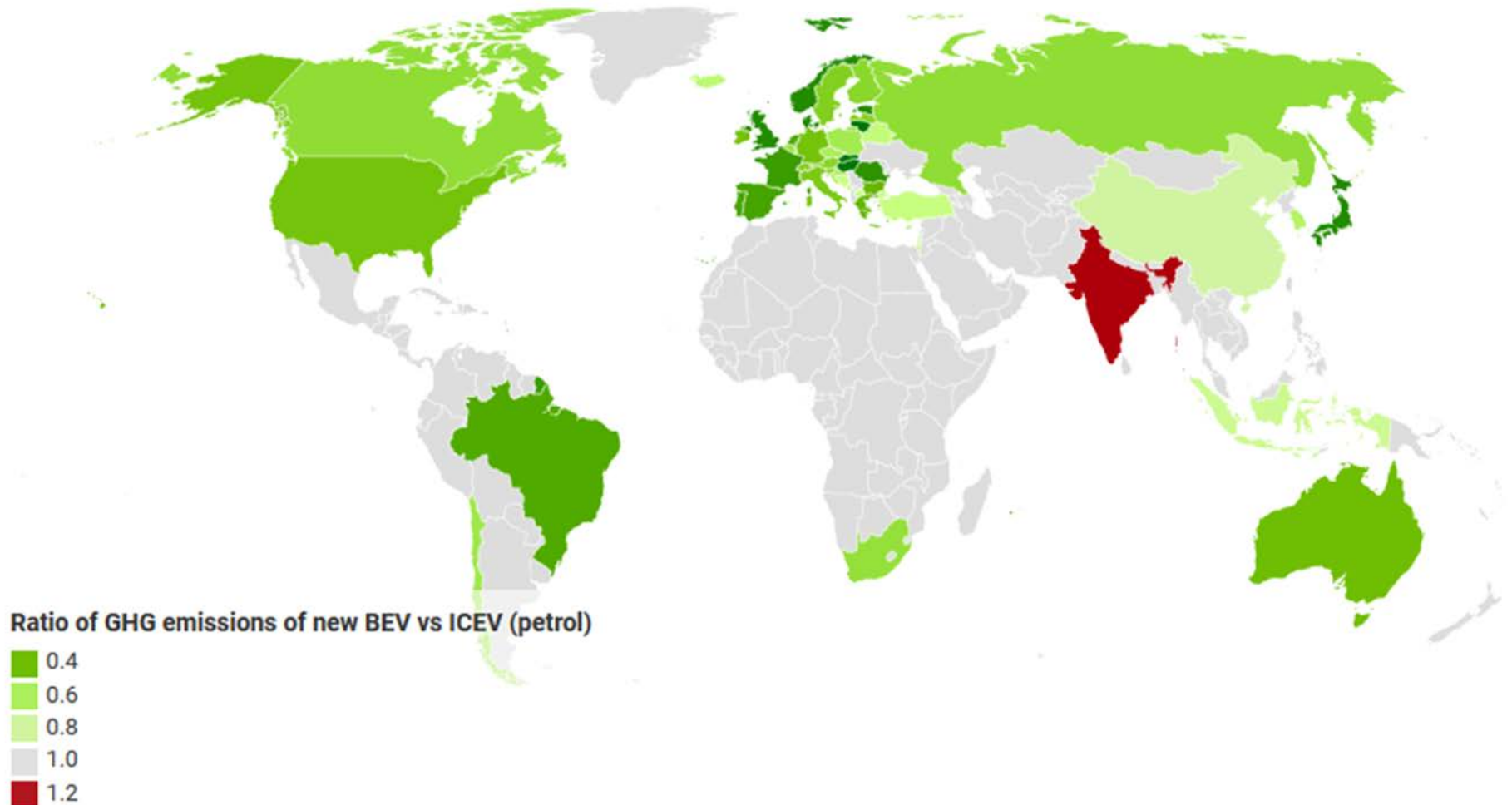
Wie sinnvoll sind heutige BEV bzgl. CO₂-Emissionen?

electricity for BEV charging: average mix, ecoinvent v3.5, allocation "cut-off"



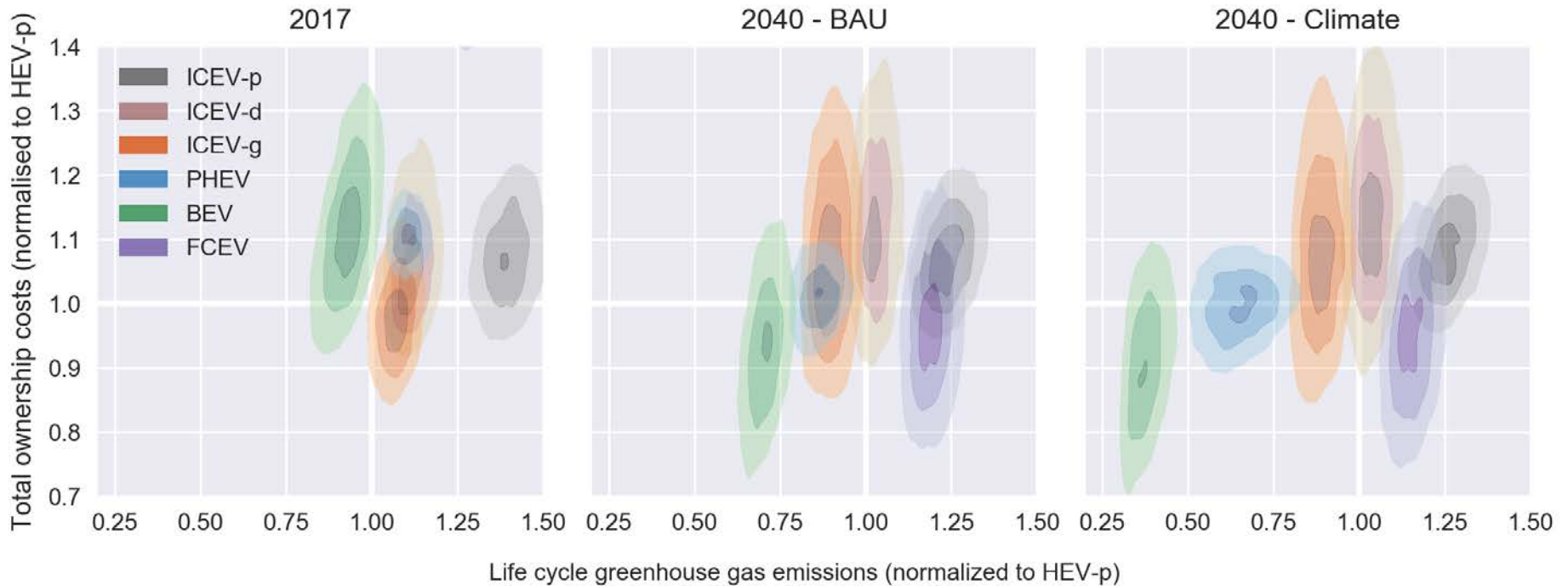
Wo machen neue BEV bzgl. CO₂-Emissionen Sinn?

electricity for BEV charging: long-term marginal mix, ecoinvent v3.5, "consequential, long-term"



Map: Christian Bauer and Brian Cox, Paul Scherrer Institut • Source: own calculation • [Get the data](#) • Created with [Datawrapper](#)

Kosten vs THG-Emissionen



EU-Strommix für BEV und H₂-Produktion

- Heute: Batteriefzg. zwar sauberer, aber noch teurer als Autos mit Verbrennungsmotor
- In Zukunft: Batteriefahrzeuge billiger (über Lebensdauer) und sauberer
- Kosten hängen stark von Preisentwicklung für Öl, Batterien & Strom sowie Steuern ab

Fazit

- BEV sind (mit sauberem Strom) schon heute klimafreundlicher als Benzin- & Dieselaautos
- Mit sauberem Strom ist auch die Gesamtumweltbelastung von BEV geringer
- Auch FCEV und SNG-Fahrzeuge können umweltfreundlicher sein – sauberen Strom vorausgesetzt
- In Zukunft werden BEV wahrscheinlich auch billiger sein als ICEV (abhängig von Besteuerung)
- Mit BEV & FCEV werden Schadstoffemissionen «ausgelagert»
-> bessere Luftqualität in verkehrsbelasteten Gebieten
- Es braucht genug Strom aus Erneuerbaren für die Elektrifizierung
- «Echte Dekarbonisierung» benötigt auch erneuerbare Energie in Industrieprozessen

Wir schaffen Wissen – heute für morgen

Dank an:

- Brian Cox
(PSI-LEA/heute Infracos)
- S. Hirschberg
- X. Zhang
- C. Mutel
(PSI-LEA)
- A. Mendoza
- D. v. Vuuren
(Leiden University)
- SCCER mobility
- BFE / energieschweiz

Kontakt:

christian.bauer@psi.ch

<https://www.psi.ch/ta/>

