



INSTITUT FÜR ENERGIE-  
UND UMWELTFORSCHUNG  
HEIDELBERG

---

# Klimabilanz von Elektrofahrzeugen

## Aktueller Ergebnisstand und Einflussfaktoren

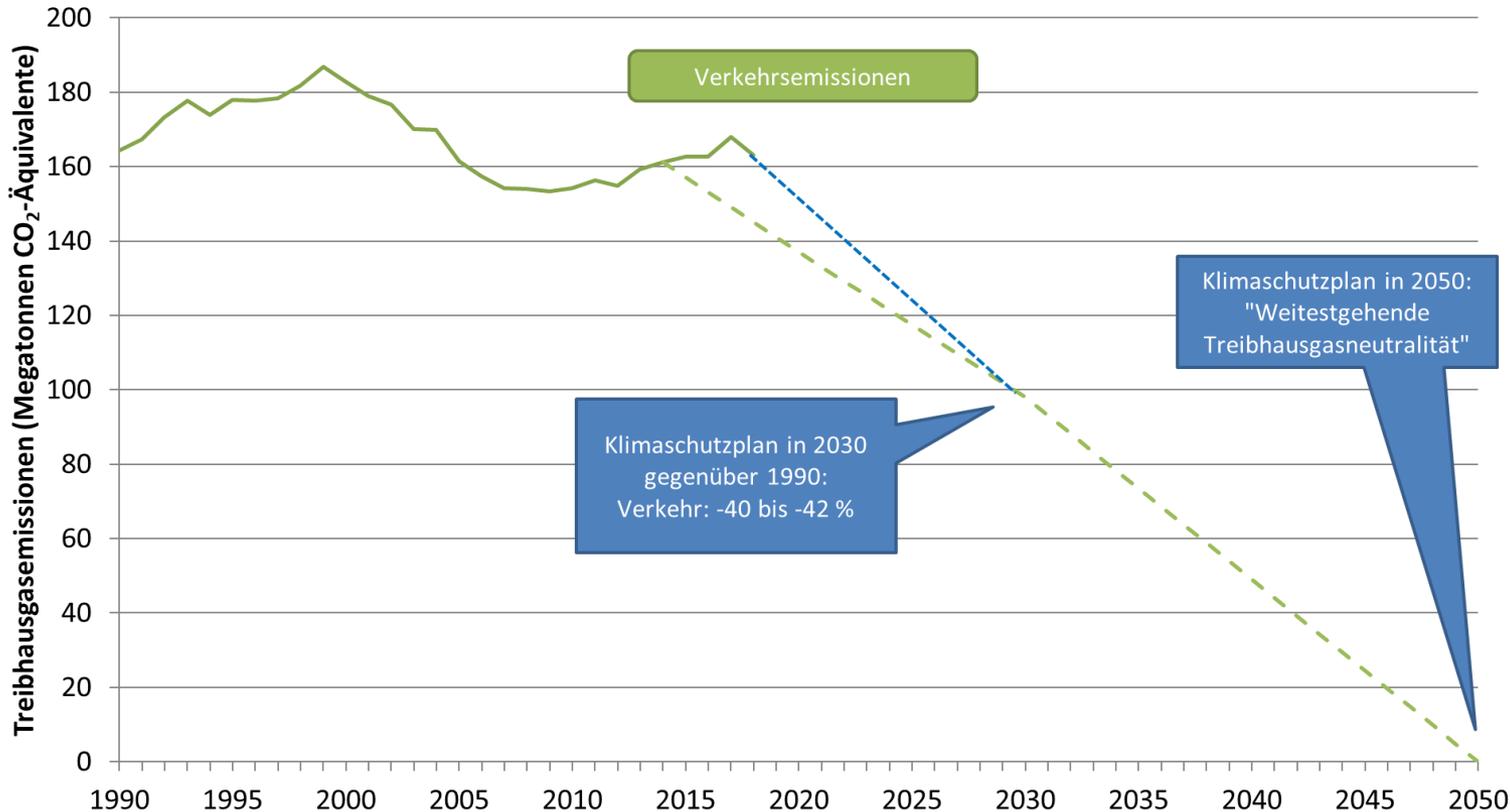
Grüner Bayrischer Energiekongress 2019

Claudia Kämper, M.A.



- 1 Einführung: Warum diskutieren wir Elektrofahrzeuge
- 2 Bandbreite der Ergebnisse
- 3 Klimabilanz Elektrofahrzeug
- 4 Sensitivitätsbetrachtungen
- 5 Fazit

# THG-Emissionen und Ziele im Verkehrssektor

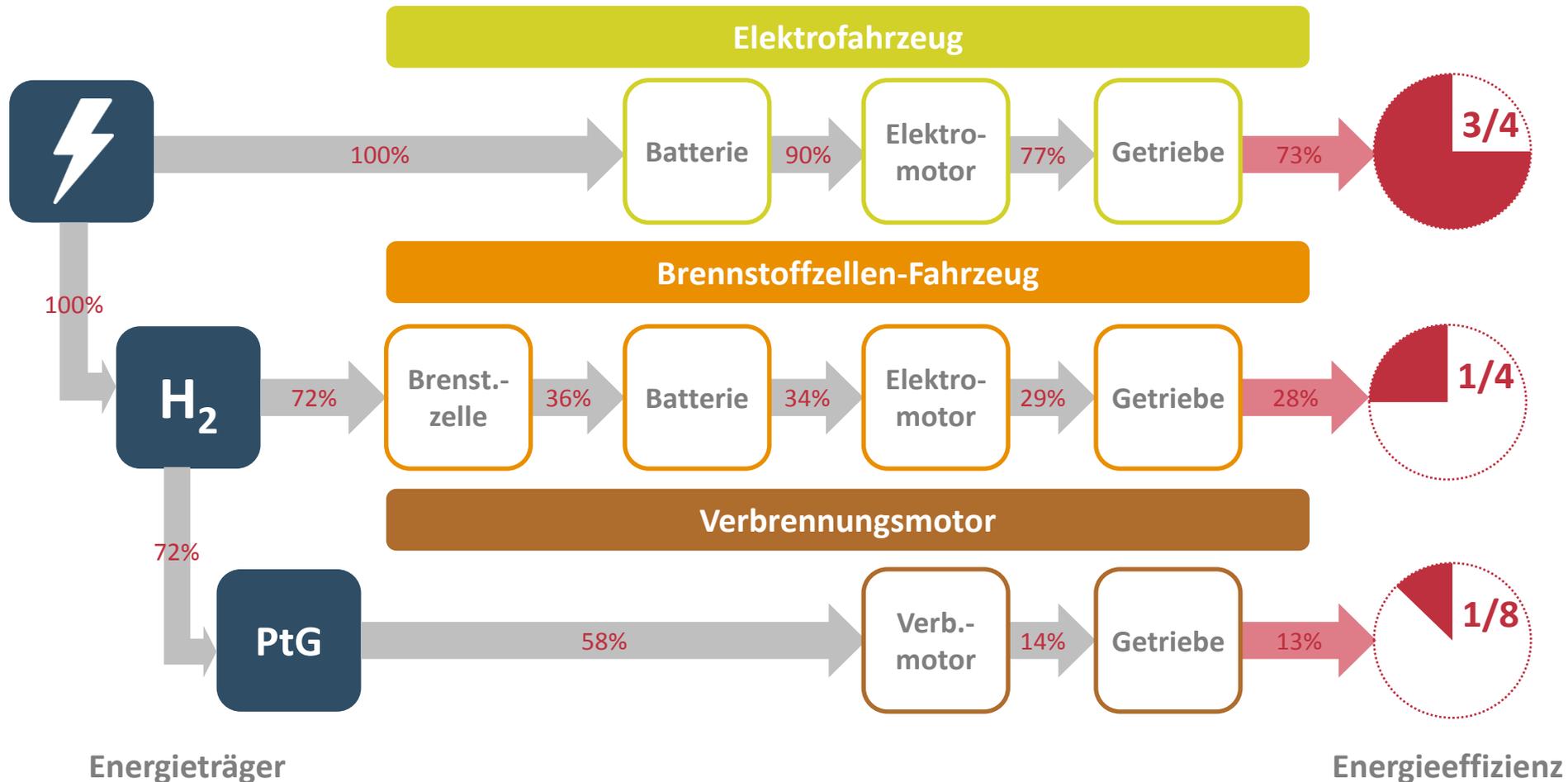


Fast ausschließlich fossile Energie im Verkehr

Größten Anteil haben die Pkw

**Kaum Fortschritte im Verkehr!**

# Nutzung von EE-Strom in Pkw



# Presseschau: Elektroauto und Umwelt

Forscher über Gesamtbilanz von Fahrzeugen

"Elektroauto ist ähnlich schädlich wie ein Diesel"

Dieter Teufel im Gespräch mit Dieter Kassel



ÖKOBILANZ

## Ein kritischer Blick

Sind E-Autos ein großer ökologischer Fortschritt? Oder verschärfen sie das Klimaproblem nur? Unser Autor hat sich auf eine ausführliche Spurensuche begeben - und erklärt, wieso das Thema zu komplex ist für einfache Antworten.



Energiebilanz

## So sauber ist das Elektroauto

Elektroautos werden mit dem Versprechen verkauft, ökologisch zu sein. Doch der Energieaufwand bei der Herstellung ist enorm. Wie groß kann da der Umweltvorsprung sein?

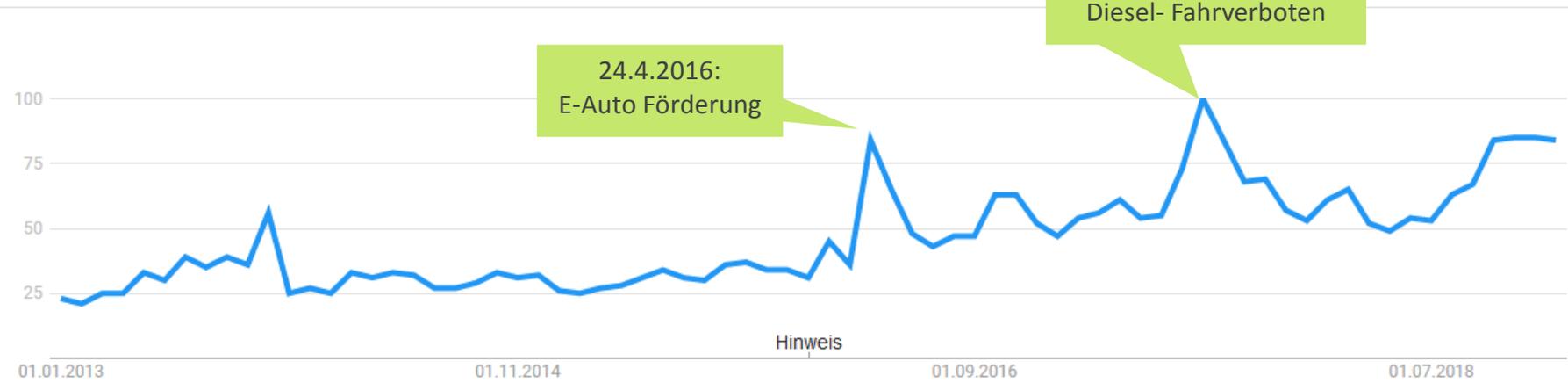
Von Christoph M. Schwarzer

## Studie: Elektroautos sind doppelt so umweltfreundlich



Interesse im zeitlichen Verlauf

## Google-Suchanfrage: „Elektroauto“



# Presseschau: Elektroauto und Umwelt

Startseite > Mobilität > Elektroautos bereits klimafreundlicher als Verbrenner

Mobilität

## Elektroautos bereits klimafreundlicher als Verbrenner

Studie der Agora Verkehrswende

5. April 2019

IST DAS E-AUTO EIN RÜCKSCHRITT?  
**So verteidigen die Autoren ihre umstrittene Studie zur Klimabilanz von E-Autos**  
Gastbeitrag von **Christoph Buchal, Hans-Dieter Karl, Hans-Werner Sinn**  
26. April 2019, aktualisiert 26. April 2019, 17:01 Uhr

**SPIEGEL ONLINE** SPIEGEL

Menü | Politik | Meinung | Wirtschaft | Panorama | Sport | Kultur | Netzwelt | Wissenschaft | mehr ▼

Schlagzeilen | DAX 12.285,82 | Abo

MOBILITÄT

Nachrichten > Mobilität > Aktuell > Elektroautos > E-Auto schlechterechnet: Die Ifo-Studie zur CO2-Bilanz

**Ifo-Studie zur Klimabilanz**  
**Wie das Elektroauto schlechterechnet wird**  
Laut dem Ifo-Institut hat ein Elektroauto in Deutschland eine miesere CO2-Bilanz als ein Diesel. Doch wer ein paar fragwürdige Annahmen in der Kalkulation ändert, bekommt ein ganz anderes Ergebnis.  
Von **Holger Dambeck** und **Emil Nefzger**

Anmelden

REAKTION AUF SINN UND BUCHAL

## E-Autos sind gar nicht so umweltfreundlich? VW kontert

VON CHRISTIAN MÜSSGENS, HAMBURG - AKTUALISIERT AM 24.04.2019 - 13:08

Elektroautos sind wichtiger Teil der Energiewende im Verkehr

Klimawirkung der Elektroautos steht aber in der Kritik:

- Hohe fossile Anteile bei Stromerzeugung
- Energieaufwändige Produktion der Batterie

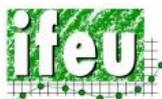
Das erzeugt Unsicherheit bei Politik und Verbrauchern

- Unterschiedliche Klimabilanzierungen müssen näher betrachtet werden (Nicht nur auf das Ergebnis schauen!)
- Einflussfaktoren und Verbesserungspotential muss differenziert aufgezeigt werden



INSTITUT FÜR ENERGIE-  
UND UMWELTFORSCHUNG  
HEIDELBERG

# Klimabilanz Elektrofahrzeuge - Aktueller Ergebnisstand -



ifeu -  
Institut für Energie-  
und Umweltforschung  
Heidelberg GmbH

TEXTE

27/2016

# Weiterentwicklung und vertiefte Analyse der Umweltbilanz von Elektrofahrzeugen

Umwelt  
Bundesamt

Für Mensch & Umwelt

## Klimabilanz von Elektroautos

Einflussfaktoren und Verbesserungspotenzial



2019



2011



### Wissenschaftlicher Grundlagenbericht

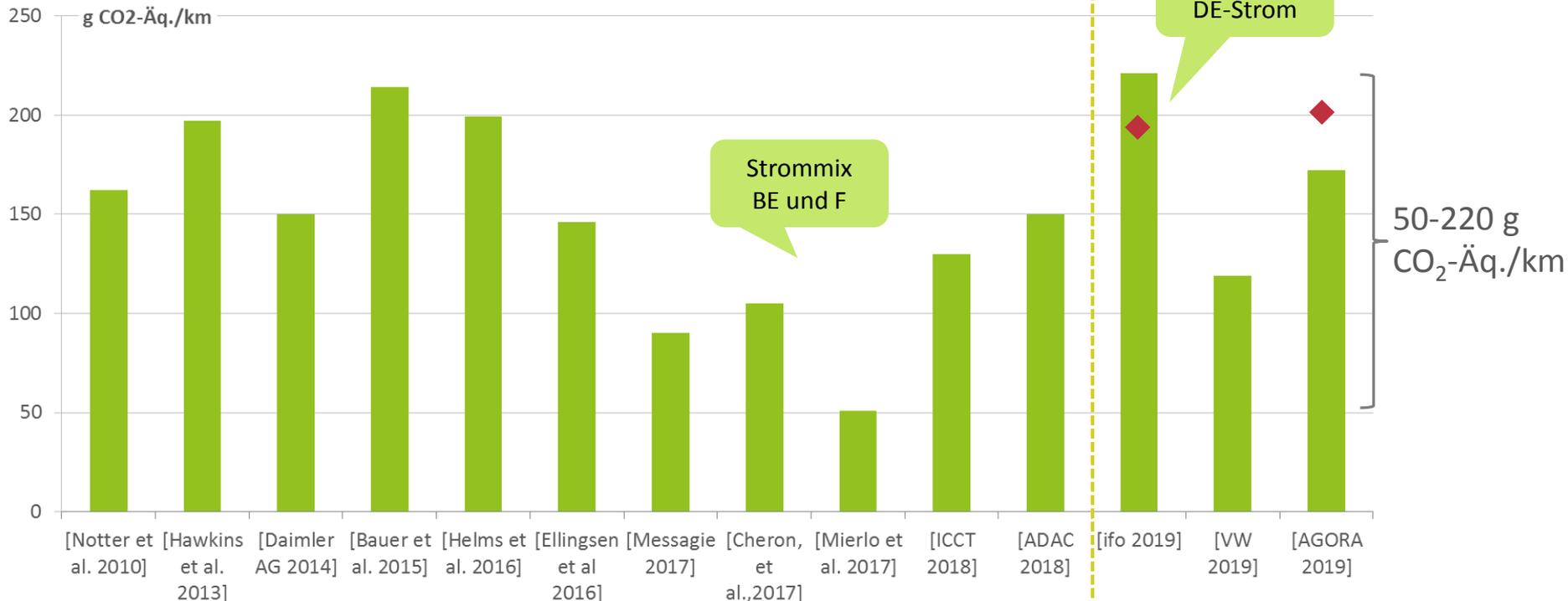
gefördert durch das Bundesministerium für  
Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)

# Bandbreite der Ergebnisse

## Metastudie



### THG Emissionen Elektrofahrzeug



- Normierte Ergebnisse zeigen große Bandbreite
- Rahmenbedingungen und Annahmen der Studien müssen dabei jedoch beachtet werden

# Bandbreite der Ergebnisse

## Welche Parameter haben einen Einfluss?



	[Notter et al. 2010]	[Hawkins et al. 2010]	[Daimler 2014]	[Bauer et al. 2015]	[Helms et al. 2016]	[Ellingsen et al. 2016]	[Mierlo et al. 2017]	[Cheron et al. 2017]	[Messaggio 2017]	[ICCT 2018]	[ADAC 2018]
Treibhausgasemissionen (g CO <sub>2</sub> e/km)	162	197	150	210	199	146	51	105	90	130	150
Fahrzeugklasse	Hohe Fahrleistung sorgen für eine besonders gute „Abschreibung“ der Batterieherstellung Realitätsnahe Verbräuche liegen in der Regel höher als Werte aus dem Testzyklus NEFZ										
Lebensfahrleistung (km)											
Verbrauch (kWh/100 km)	17	17,3	16,6–17,9	21,4	21,9	17	–	21,1	20	20,5	14,7
Fahrzyklus	NEFZ	NEFZ	NEFZ	Real*	Real*	NEFZ	–	Real*	Real*	Real*	EcoTest
Strommix	CH	EU	EU	CH/EU	DE-2013	EU	BE	FR-2015	EU-2015	EU	DE-2013

11 Anmerkung: Türkis markiert sind besondere Treiber für die gesamte Bilanz.

\* Es werden Fahrzyklen angesetzt, die weitgehend realistisches Fahrverhalten abbilden.

# Bandbreite der Ergebnisse

## Welche Parameter haben einen Einfluss?

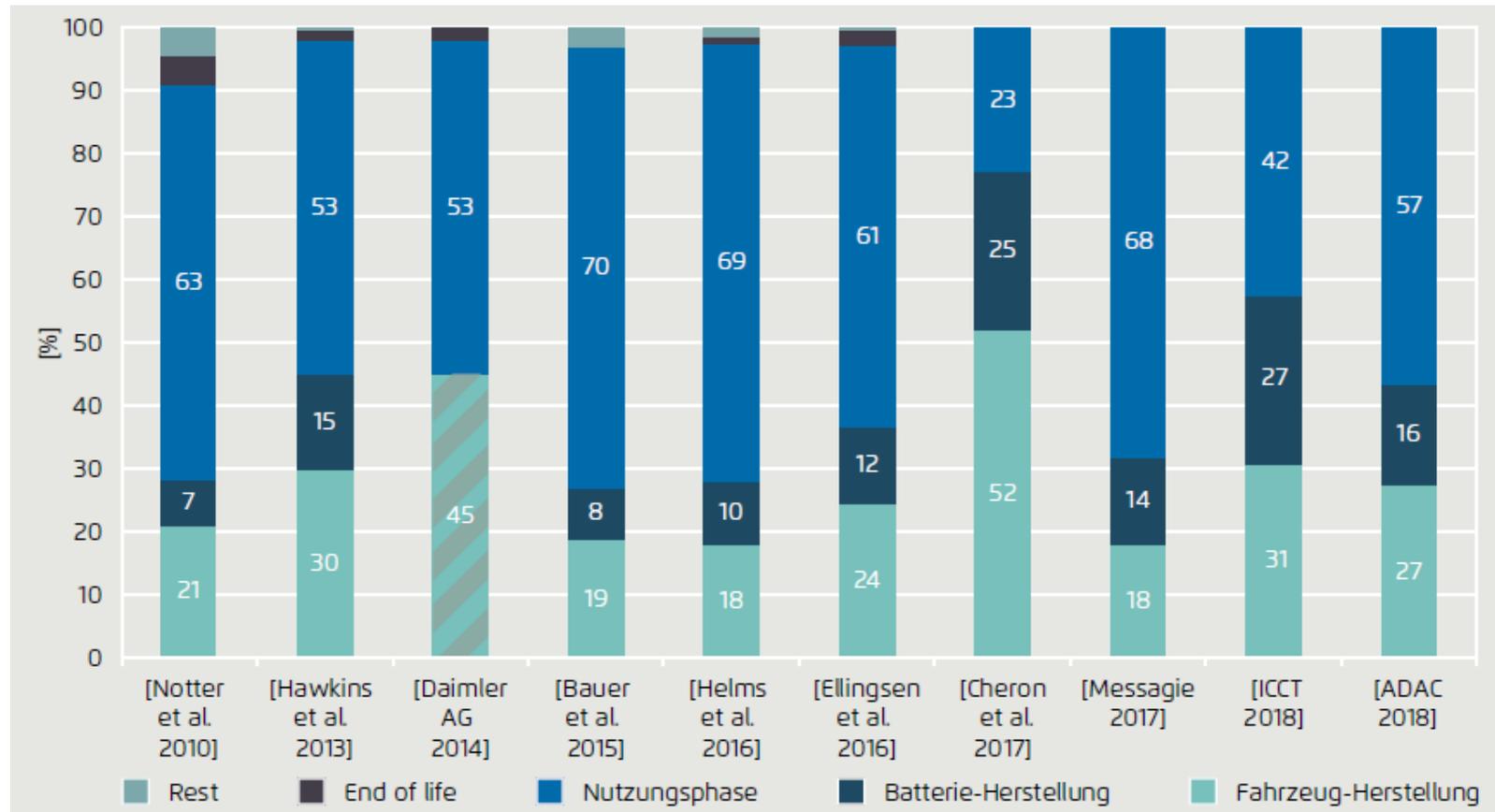


	[Notter et al. 2010]	[Hawkins et al. 2010]	[Daimler 2014]	[Bauer et al. 2015]	[Helms et al. 2016]	[Ellingsen et al. 2016]	[Mierlo et al. 2017]	[Cheron et al. 2017]	[Messaggio 2017]	[ICCT 2018]	[ADAC 2018]
Herstellung (Batterie)											
Zellchemie	LMO	NMC	NCA	LMO	Mix: LFP, NCA, NMC	NMC	LMO, LFP	NMC	LMO	Li-Ion	Mix: LFP, NCA, NMC
Kapazität (kWh)	34	24	-	25	27,3	26,6	-	-	45	30	28
Energiedichte (Wh/kg)	113	112	115	105	81,6	105	-	-	118	100	-
Treibhausgasemissionen Batterie (kg CO <sub>2</sub> e/kWh)											

Batterietyp, -größe und Energiedichte sind oft unterschiedlich

# Bandbreite der Ergebnisse

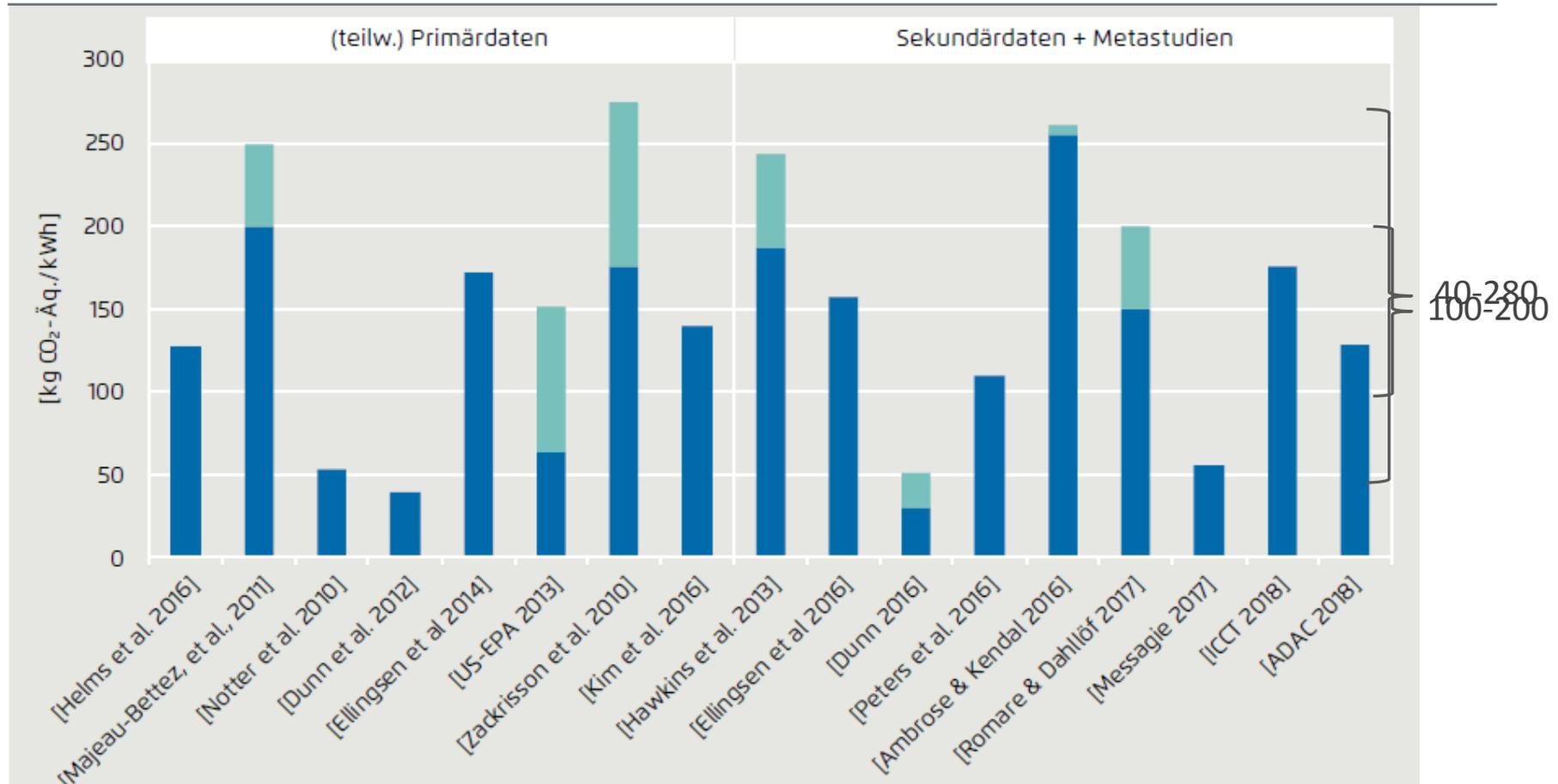
## Beitrag der Lebensphasen



**Nutzungsphase dominiert, weil heutige Stromerzeugung stark fossil geprägt ist.**

# Bandbreite der Ergebnisse

## Beitrag der Batteriebilanz



Bei den Ergebnissen zur Batterie besonders große Bandbreiten

# Bandbreite der Ergebnisse

## Die zentralen Einflussparameter der Klimabilanz



Nutzungsphase

Ladestrommix in der Nutzungsphase

Spezifischer Stromverbrauch

Nutzungsintensität (Lebensfahrleistung)

Herstellungsphase

Batteriegröße

Energiedichte/Zellchemie

Energieeinsatz in der Fertigung

Energiemix in der Fertigung

→ Kein Anspruch auf beste oder einzig richtige Klimabilanz!

→ Die Modellierung soll Einfluss zentraler Parameter unter sonst gleichen Randbedingungen aufzeigen.

**Berücksichtigt werden dabei:**

- Fahrzeug- und Batterieherstellung (inkl. Rohstoffgewinnung)
- Auspuffemissionen bei Verbrennungsfahrzeugen
- Stromverbrauch der Elektroautos inkl. Ladeverlusten
- Energiebereitstellung (Kraftstoffe und Strom)
- Wartung der Fahrzeuge
- Lebensende der Fahrzeuge (Cut-Off-Ansatz)

### Für den Basisfall:

#### Beispielfahrzeug der Kompaktklasse (ähnlich VW Golf)

- Gemischte Nutzung: 16,0 kWh/100 km (+ 15% Ladeverluste); Benzin: 5,9 l/100 km; Diesel 4,7 l/100 km)\*
- Ladestrom: Durchschnitt 2018-2030\*\* : 421 g CO<sub>2</sub>-Äq./ kWh

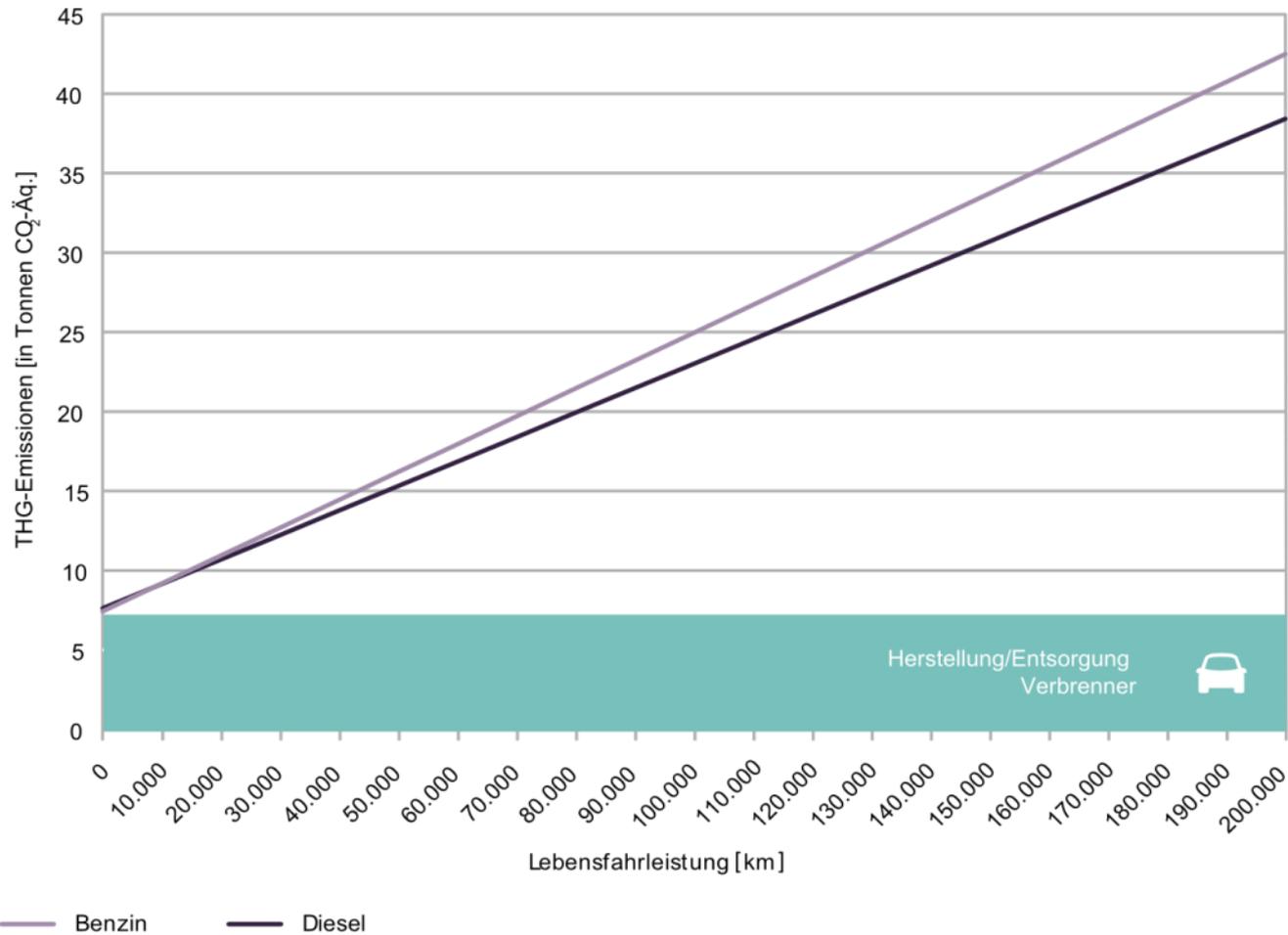
#### Batterie

- 1x 35 kWh Li-Ionen Batterie über das gesamte Fahrzeugleben
- NMC Zelle (1-1-1) mit 115 Wh/kg (Systemebene)
- Fertigung im Mix heutiger Produktionsländer (CN, JP, KR, US)

→ Software UMBERTO LCA+; Datenbank ecoinvent 3.4

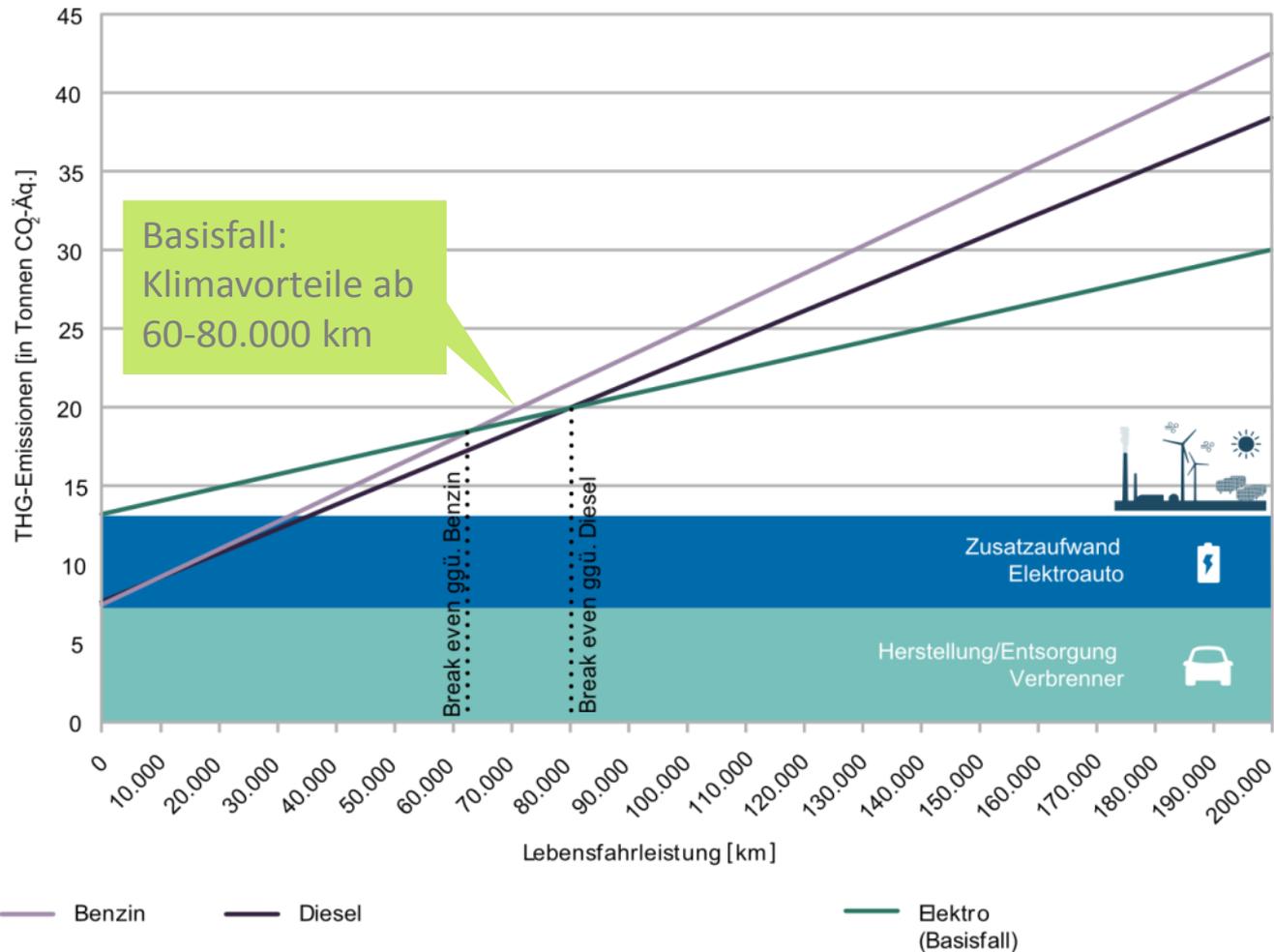
# Klimabilanz

## Vergleich der Basisfälle



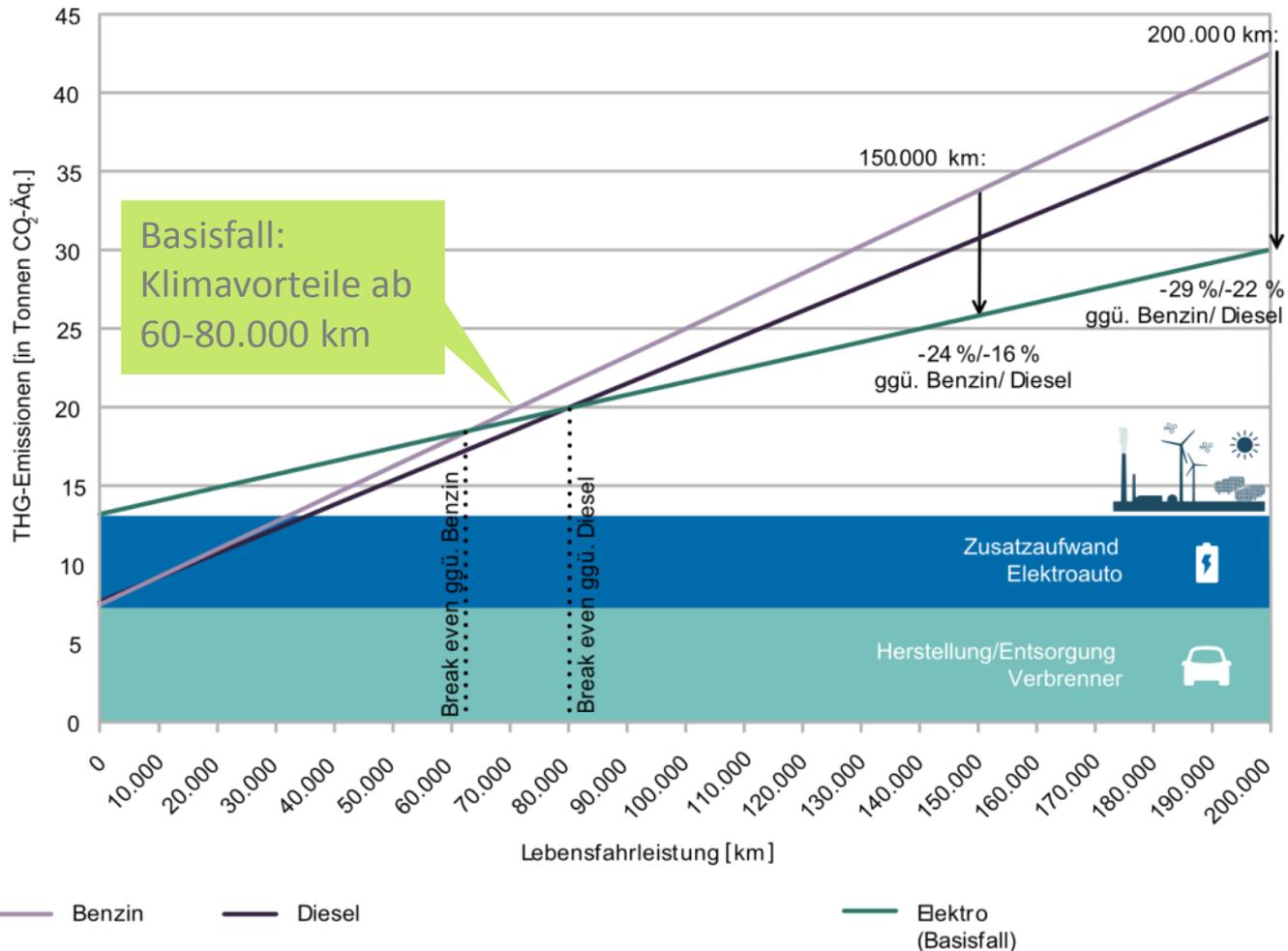
# Klimabilanz

## Vergleich der Basisfälle



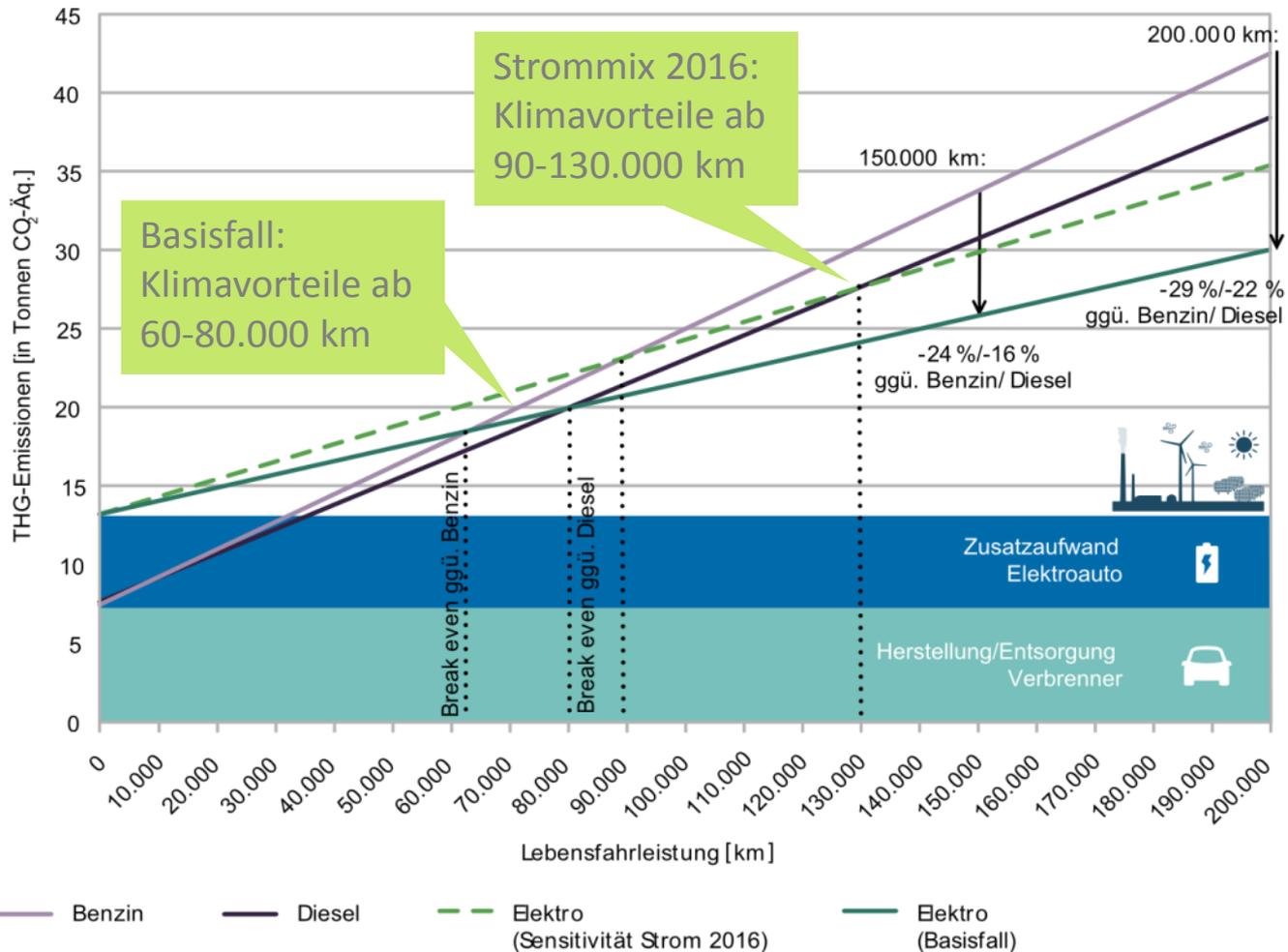
# Klimabilanz

## Vergleich der Basisfälle



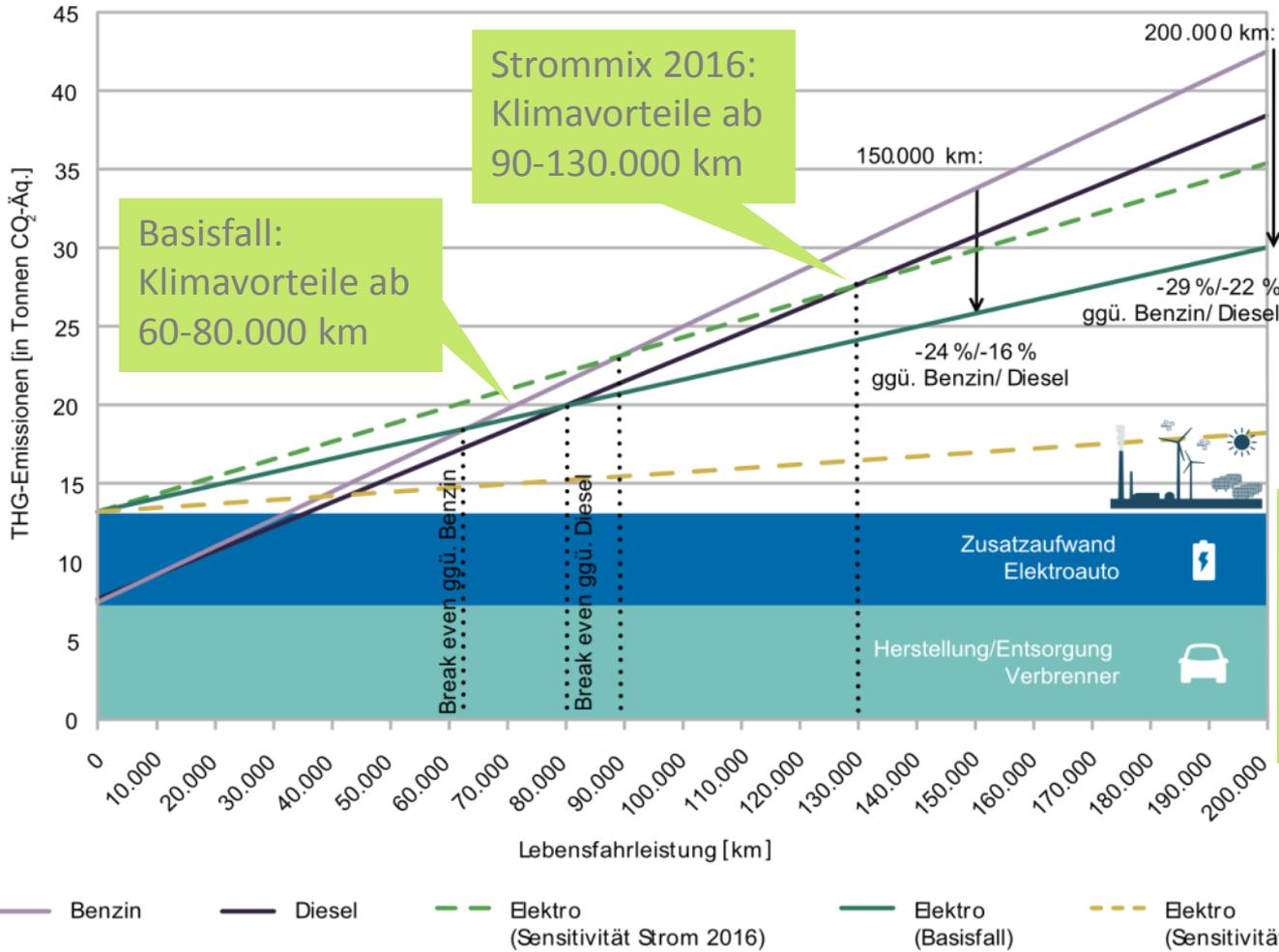
# Klimabilanz

## Vergleich der Basisfälle



# Klimabilanz

## Vergleich der Basisfälle



Mit PV-Strom schon heute nach wenigen Jahren vorteilhaft

Durchschnittsbetrachtung unzureichend, denn häufig werden Elektroautos als Zweitwagen oder Stadtfahrzeuge diskutiert

Abhängig vom Nutzungsmuster können sich Parameter ändern

- **Batteriekapazität:** Im Stadtverkehr geringere Reichweiten (= Batteriekapazität) benötigt als im Fernverkehr
- **Lebensfahrleistung:** Lebensfahrleistungen sind im Stadtverkehr in der Regel jedoch auch geringer (= schlechtere „Abschreibung“)
- **Fahrmuster:** Im Stadtverkehr besonders großer Effizienzvorteil von Elektrofahrzeugen ggü. Verbrennern

„Sensitivität Stadt“ mit 25 kWh-Batterie

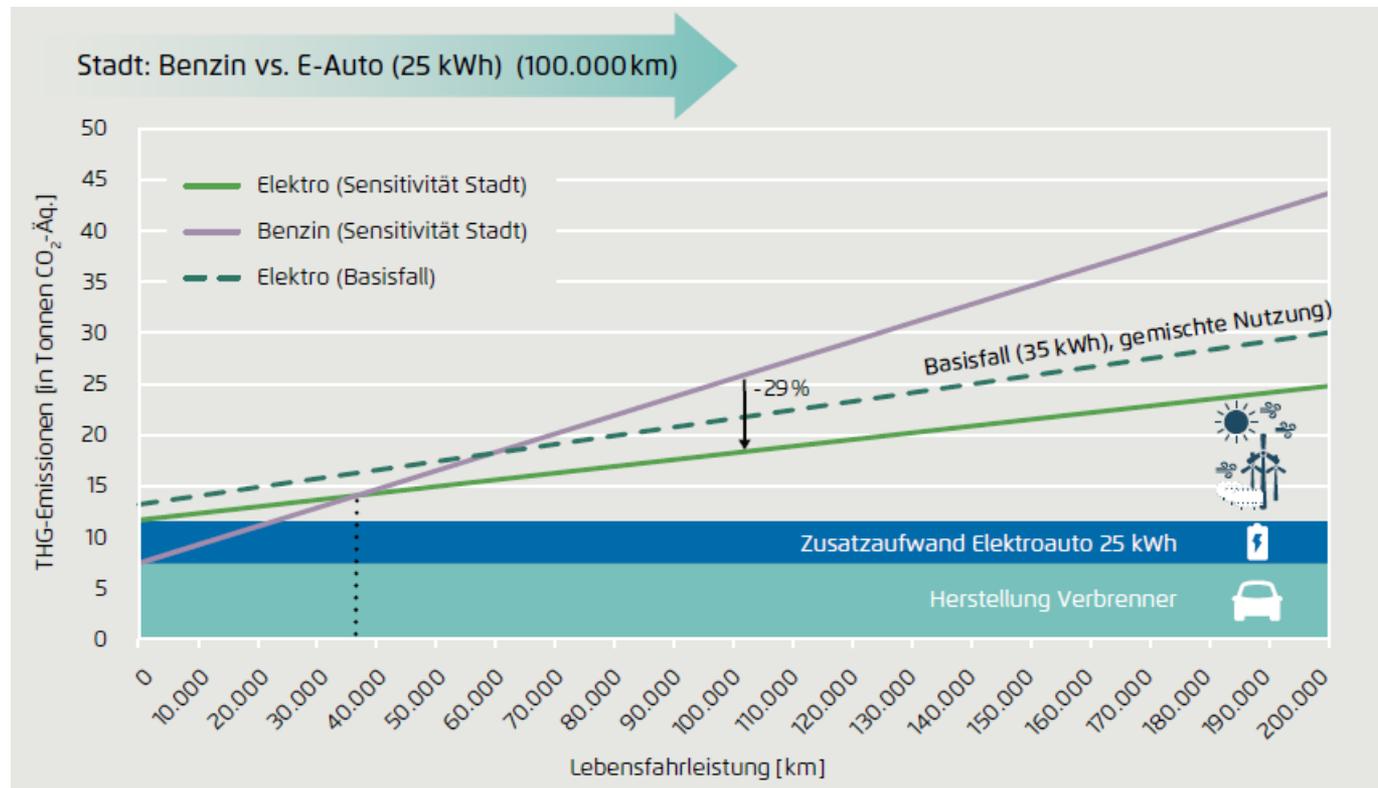
- Durch geringeres Gewicht und Stadtprofil nur 12 kWh/100 km\*
- Lebensfahrleistung wird aber nur mit 100.000 km angenommen

# Sensitivitätsanalyse

## Einfluss des Nutzungsmusters



### Klimavorteile für angepasste Stadtfahrzeuge deutlich früher Damit auch bei niedrigen Lebensfahrleistungen sinnvoll



- Klimavorteil bereits ab 40.000 km
- Nach 100.000 km bereits fast 30% THG-Reduktion

### Verbesserungen in der Nutzungsphase

- Ladestrom: Integral für Szenario 2030-2042\* (296 g CO<sub>2</sub>-Äq./kWh)
- Verbrauchsentwicklung bis 2030 nach TREMOD:  
-12% für BEV und ICEV
- Verringerung der Ladeverluste von 15% auf 10%

### Verbesserungspotenzial bei der Batterieherstellung 2030

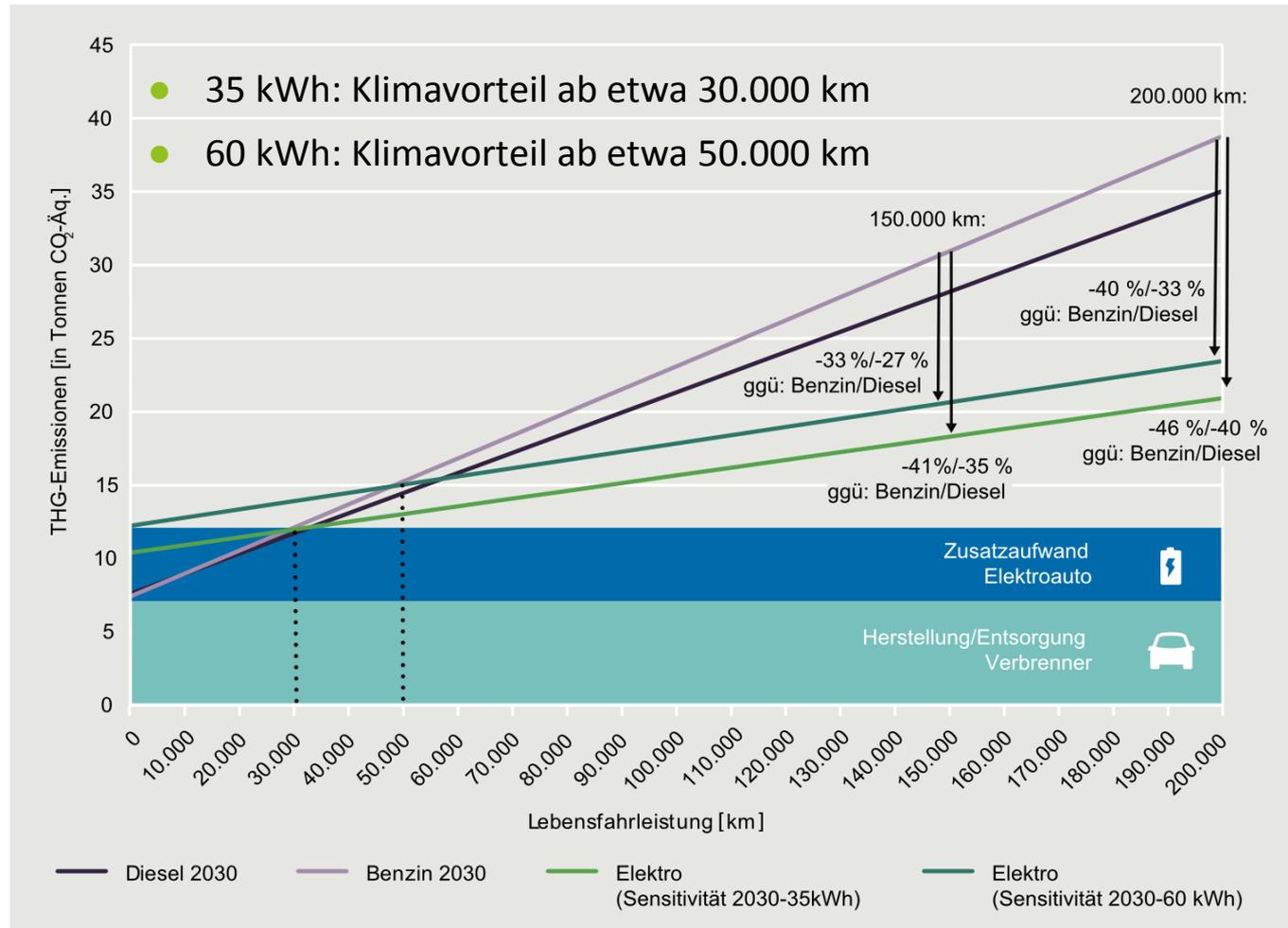
- Energieeffiziente Produktion (50 kWh<sub>el</sub> pro kWh<sub>Batterie</sub>)
  - Fertigung mit EU Strommix 2030
  - Zellchemie (NMC 6-2-2-Zellen) mit 150 Wh/kg auf Systemebene
- Damit ist mittelfristig eine Halbierung der Batteriebilanz von heute 145 kg auf 67 kg möglich

### Steigende Reichweiten könnten Verbesserungen kompensieren

- Sowohl 35 kWh und 60 kWh Batteriekapazität betrachtet

# Sensitivitätsanalyse

## Szenario für 2030



### Vertiefung:

- Jeder relevante Bereich des Lebensweges bedarf einer tiefergehenden Analyse und Diskussion
- **Breite Diskussion mit Stakeholdern sinnvoll**

### Aktualisierung:

- Die Entwicklung (technisch, Rahmenbedingungen und Datenverfügbarkeit) schreitet sehr schnell voran
- Kriterien der ökologischen Verfügbarkeit von Rohstoffen
- **Monitoring der Klimabilanz**

# Fazit zum Elektro-Pkw

---

- Elektromobilität ist die **effizienteste Technologie**, um im Verkehrssektor die Treibhausgasemissionen zu mindern (→ Dekarbonisierung)
- ...aber nur dann, wenn die **Energiewende** weiter geht!
- **Fahrzeugherstellung** gewinnt für die Umweltbilanz an Bedeutung
  - Reichweite (und damit Batterien) auf das notwendige Maß begrenzen
  - Ladeinfrastruktur ausbauen, dann weniger Reichweite erforderlich
  - Fernstrecken auf andere Mobilitätsoptionen verlagern
- Mit der Elektromobilität **alleine** schaffen wir nicht unsere Klimaziele
  - Wir brauchen eine umfassende Verkehrswende!

# Fazit zum Elektro-Pkw

Wir brauchen mehr als nur einen neuen Antrieb!



**Innenstadt  
konventionelle Antriebe**



**Innenstadt  
Elektro-Antriebe**

# Fazit zum Elektro-Pkw

Nicht jedes Elektrofahrzeug muss ein Pkw sein!





INSTITUT FÜR ENERGIE-  
UND UMWELTFORSCHUNG  
HEIDELBERG



Claudia Kämper

[claudia.keamper@ifeu.de](mailto:claudia.keamper@ifeu.de)



Hinrich Helms

[hinrich.helms@ifeu.de](mailto:hinrich.helms@ifeu.de)



Dr.-Ing. Kirsten Biemann

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

---

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

---

