KreislaufAkkus - Abschlusswebinar

Vergleichende Analyse von vollintegrierten & Wechselakkusystemen

ISEA Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe | RWTH AACHEN UNIVERSITY

i | ö | w
INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE WIRTSCHAFTSFORSCHUNG

Agenda

1. Auswirkungen des Batteriewechselkonzepts auf Batterie, Fahrzeugbau und Infrastruktur (ca. 30 min)
2. Akzeptanz von Batteriewechselstationen in Deutschland (ca. 35 min)

Pause

3. Sind Batteriewechselstationen rentabler? (ca. 35 min)
4. Sind Batteriewechselstationen umweltfreundlicher? (ca. 20 min)

KreislaufAkkus - Effizienz- und Kreislaufpotenziale von Akkusystemen in der E-Mobilität

- Vergleichende Analyse von vollintegrierten und Wechselakkusystemen
- Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Berlin
- Projektzeitraum: April 2022 – Juni 2024
- Assoziierte Partner:

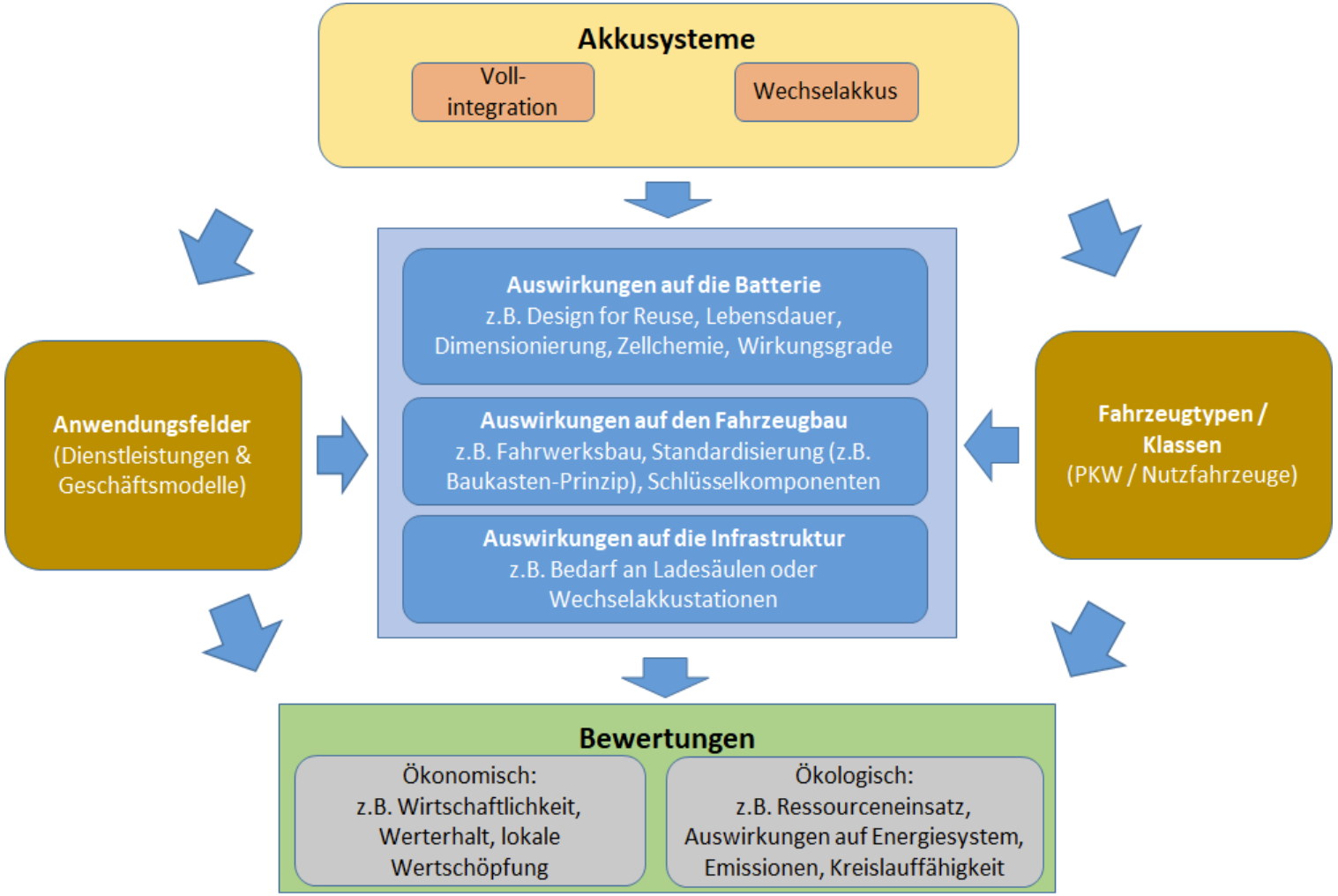
Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

ISEA Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe | RWTH AACHEN UNIVERSITY | i ö w

Projektübersicht



Vielen Dank!

Stromrichter-
technik und
Elektrische
Antriebe

RWTH AACHEN UNIVERSITY

i | ö | w
INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE
WIRTSCHAFTSFORSCHUNG

KreislaufAkkus

Akzeptanzanalyse

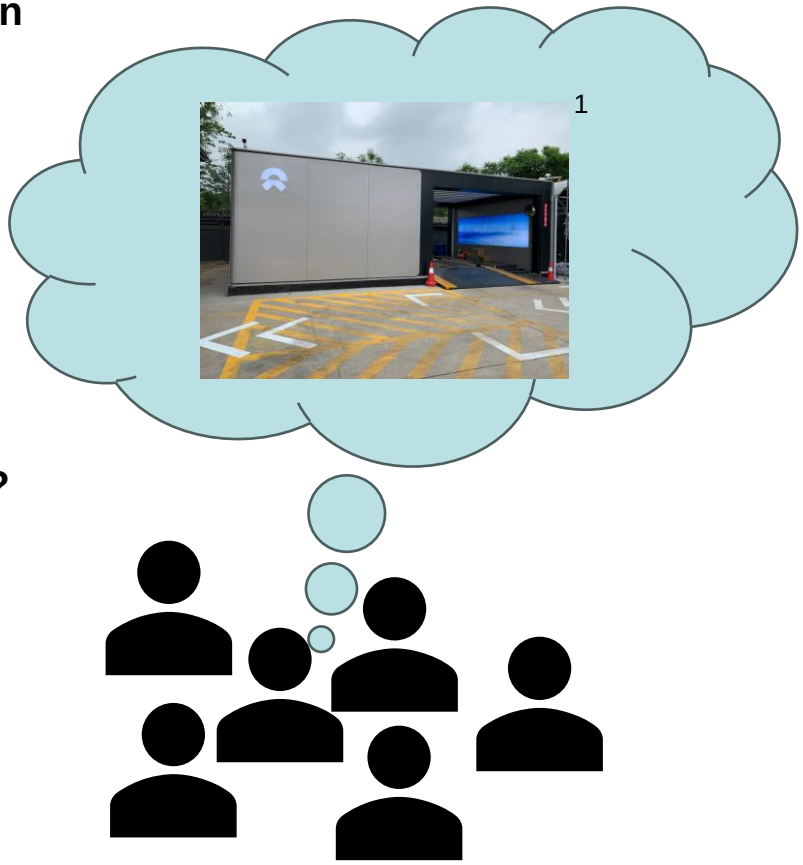
Ergebnisse einer repräsentativen Nutzendenbefragung

Jan Kegel
IÖW – Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, Berlin

i | ö | w

Motivation

Könnte Batteriewechseln zu einer höheren Adaption von E-Autos führen?



Kann Batteriewechseln die Hemmnisse ggü. E-Mobilität verringern?

Wie steht es um die Akzeptanz des Batteriewechselns selbst?

Welche Gruppen stehen Batteriewechseln positiv/negativ gegenüber?

Ist Batteriewechseln ein Konzept für die breite Öffentlichkeit in Deutschland?

[1] Copyright by bfishadow under Creative Commons 2.0 license. Available under Public license at https://www.flickr.com/photos/bfishadow/51359063710/

Methodik

Allgemeiner Aufbau

Sample

- Online Umfrage; durchgeführt von Marktforschungsinstitut
- 2-Phasen-Prozess: Okt. 2023 → Pre-Test; Nov. 2023 → Hauptstudie
- Ca. 1900 Fälle in bereinigtem Sample der Hauptstudie
- Quotenbeschränkungen
  - Repräsentativ für Alter, Geschlecht, Einkommen und Bildung (einzig wesentl. Abw.)
  - Personen, die sich vorstellen könnten, in Zukunft ein Auto zu kaufen

- 4 Hauptgruppen, eingeteilt zu Beginn der Umfrage:
  - E-Auto[1]-Besitzende/Fahrer (ca. 16 % des finalen Samples)
  - E-Auto-Interessierte (ca. 40 % des finalen Samples)
  - Verbrenner[2]-Interessierte (ca. 31 % des finalen Samples)
  - E-Auto-Ablehner (ca. 13 % des finalen Samples – Untergruppe der ICE-Interessierten)

1 Folgend auch abgekürzt als BEV – Battery Electric Vehicle
2 Folgend auch abgekürzt als ICE – Internal Combustion Engine

Methodik

Allgemeiner Aufbau

Struktur der Umfrage

- WAS = neues Thema → angemessene Struktur und Information benötigt
- Likert-Skalen für die meisten Fragen → Tendenzen. Beispiel siehe unten: Barrieren E-Mob.

Frage: Wie sehr stimmen Sie den folgenden Bedenken gegenüber heutige E-Autos zu?

Stimme voll und ganz zu= 6

Stimme überhaupt nicht zu = 1

	Preis	Reich-weite	Ressou rcen	Frei LS finden	Zu wenig LS	Sicher heit	**Tendenz (Ø)**
Indiv. 1	5	5	4	3	4	3	**4,67**

- Teil der Umfrage: Discrete-Choice-Experiment
  → Information darüber, was Menschen adaptieren würden, wenn sie zwischen zwei Optionen entscheiden sollen.

Ergebnisse

Wer sind die Gruppen?

Charakteristika

- Allgemeiner Trend zwischen den Gruppen
- Gruppen zeigen verschiedene sozioökonomische Charakteristika
- Im Allgemeinen besonders extrem/verschieden: E-Auto Befürworter und E-Auto Ablehner

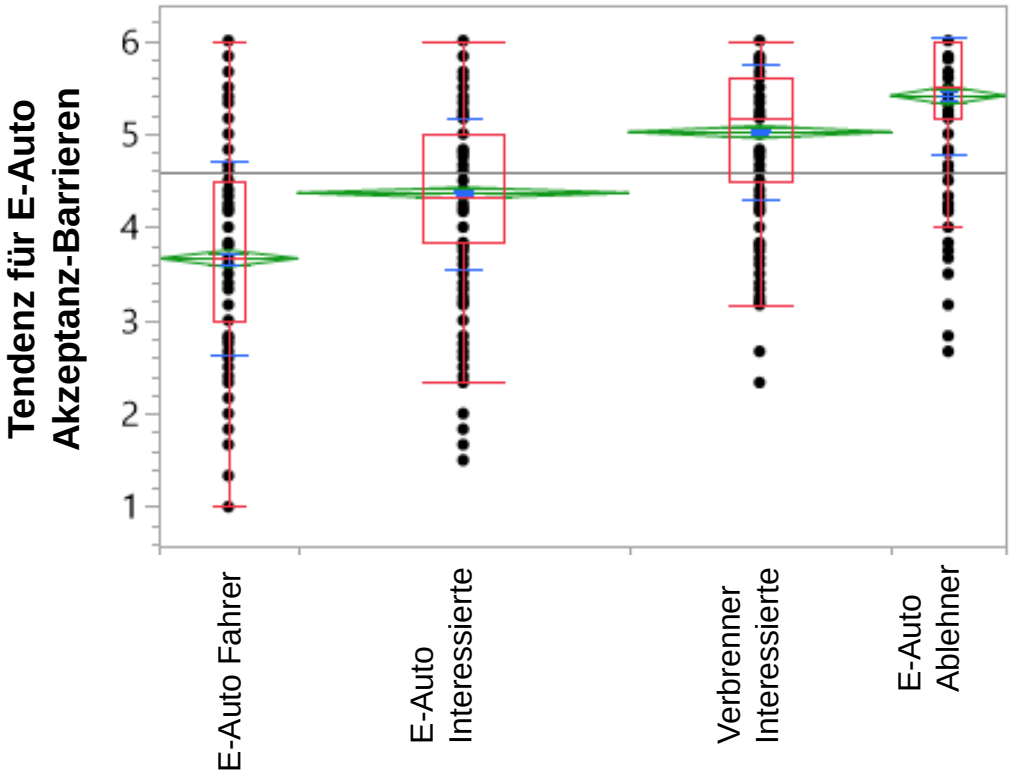
	E-Auto Besitzende	E-Auto Interessierte	Verbrenner Interessierte	E-Auto Ablehner	Trend
Alter	Jünger	Jünger	Älter	Älter	→ ↑
Einkommen	Hoch	Mittel	Mittel	Gering	→ ↓
Geschlecht	Männlich	Männlich	Weiblich	Weiblich	→ ♀
Gebietsart	Eher städtisch	Eher städtisch	Eher ländlich	Eher ländlich	→
Bildung	Hoch	Hoch/mittel	Mittel/hoch	Mittel/gering	→ ↓
Laden zuhause?	(Bereits) möglich	Eher (bereits) möglich	Eher nicht möglich	Eher nicht möglich	→ Nein
Eigentümer / Mieter	Eigentümer	Kein Trend	Kein Trend	Kein Trend	

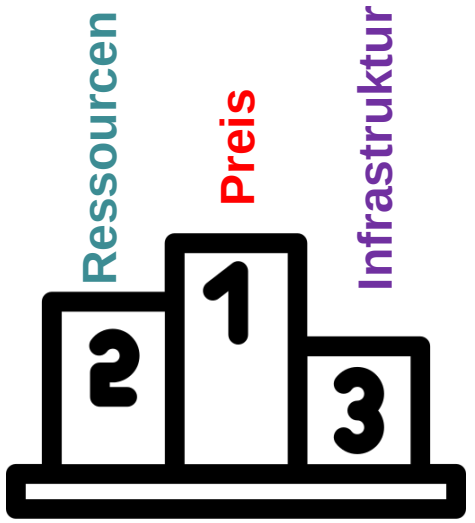
Ergebnisse

Wie stark sind heutige Akzeptanz-Barrieren der E-Mob.?

ANOVA

- Reminder: 6 = allen sechs Barrieren wurde stark zugestimmt
- Insbesondere für Verbrenner-Interessierte sind heutige Barrieren immer noch stark
- Je höher die Erfahrung mit E-Autos, desto geringer die Barrieren





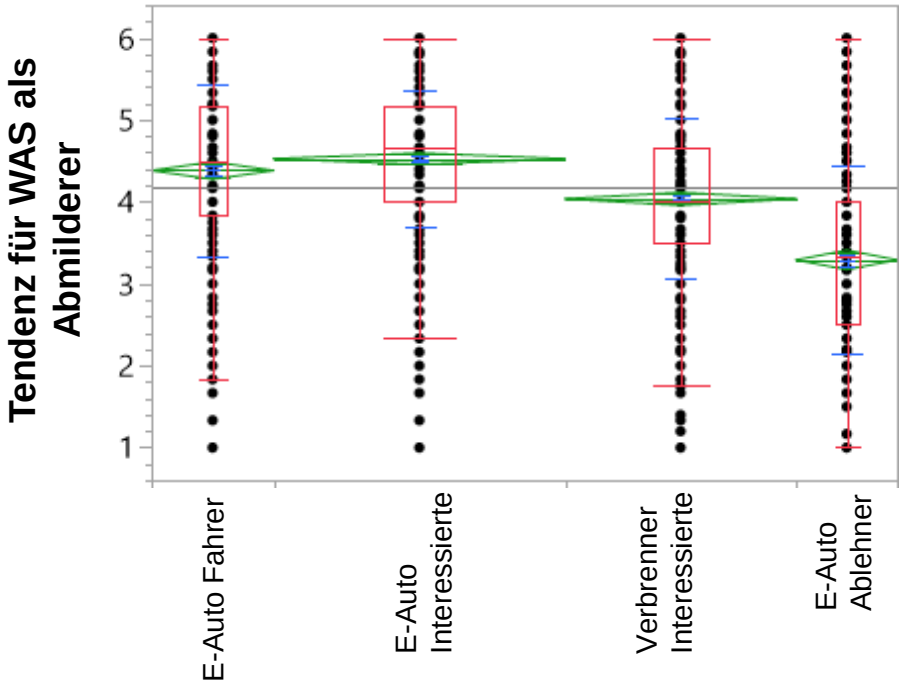
Alle Gruppen zeigen ähnliche Tendenzen in Bezug auf die Reihenfolge der Barrieren

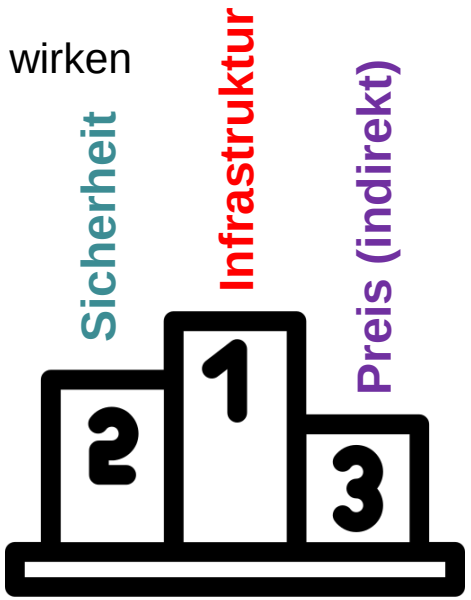
Ergebnisse

Kann das Wechseln heutige Akzeptanz-Barrieren verringern?

ANOVA

- Jede Barriere wurde von einem USP der WAS adressiert. Z. B. Sicherheit – regelmäßige Batterie-Check-ups
- Gesamtsample: > 4 zeigen generelle Zustimmung, dass WAS verringernd wirken
- Insbesondere für E-Auto-Interessierte sind WAS attraktiv
- Verbr.-Interessierte – insbesondere Ablehner – sind schwer zu erreichen





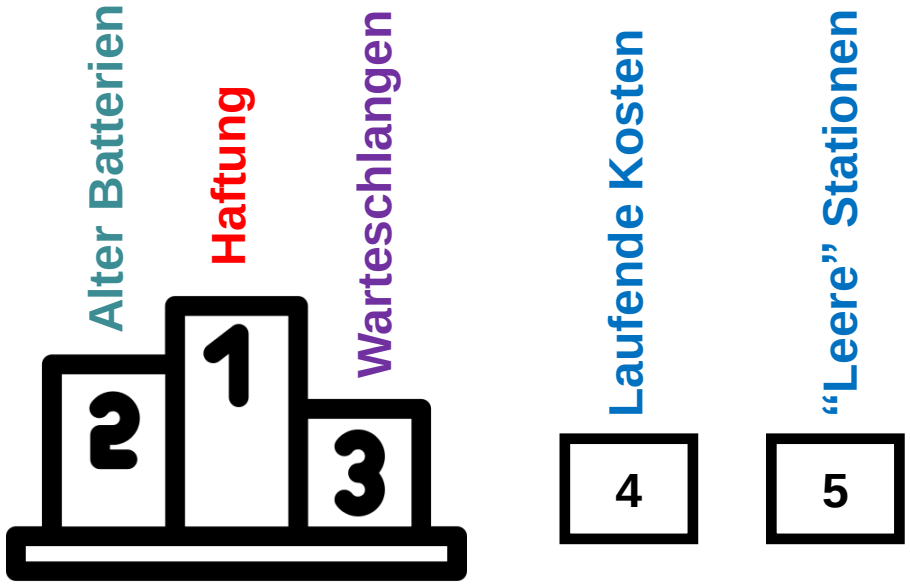
Alle Gruppen zeigen ähnliche Tendenzen in Bezug auf die Reihenfolge der Barrieren

Ergebnisse

Was sind die Hemmnisse, die mit WAS assoziiert werden?

Indikation

- 12 mögliche Hemmnisse wurden abgefragt
- Neue Technologie → keine eindeutigen Unterschiede zwischen Gruppen (außer Ablehner)
- Durchschnitt von 3.8 → “Höhe” der Hemmnisse ist nicht zu hoch
- Alle Gruppen zeigen ähnliche Tendenzen in Bezug auf die Reihenfolge der Barrieren



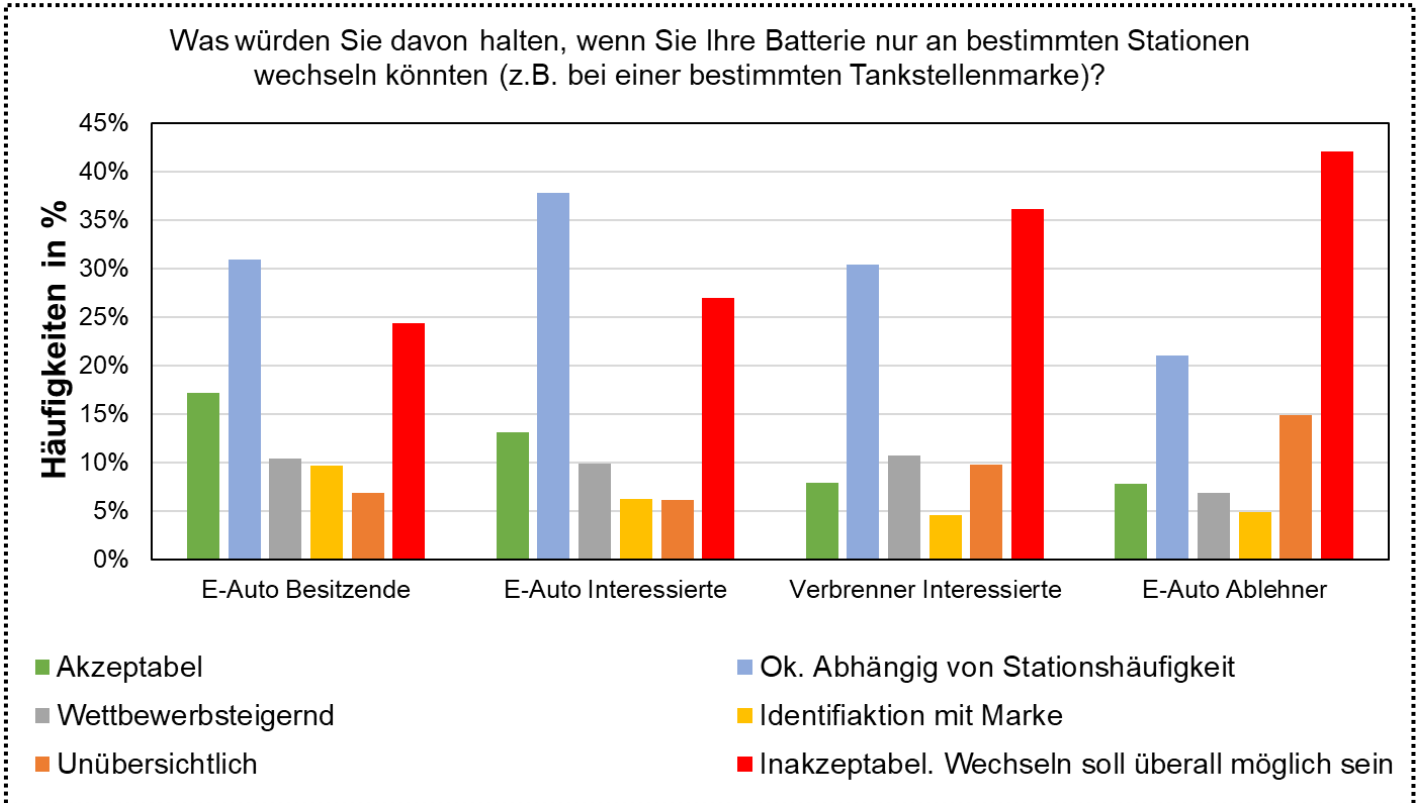
Viele der Hürden können mit Transparenz und Wissensbildung addresiert werden!

Ergebnisse

Welche Aspekte sind noch relevant?

Nutzung von WAS

- Markenabhängiges Wechseln nur wenn genügend Stationen verfügbar
- Signifikanter Teil hält markenabh. Wechseln für inakzeptabel → offenes System präferiert
- (Hohe) Bereitschaft zur Organisation des Wechselns vorhanden (z.B. per App)

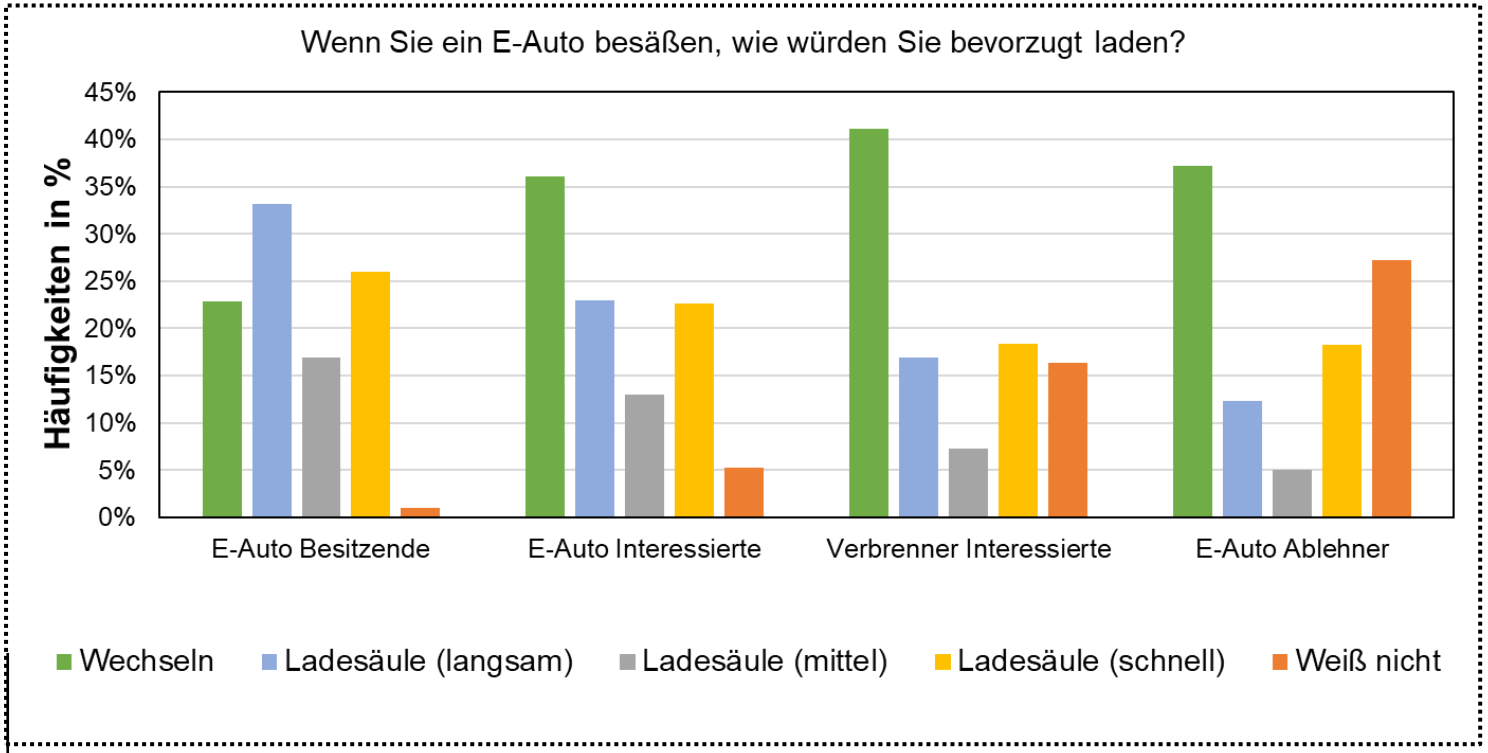


Ergebnisse

Welche Aspekte sind noch relevant?

Wahl der bevorzugten Lademöglichkeit

- Wechseln findet hohen Zuspruch (von 50 % alle Befragten gewählt)
- Schnelles Laden & Laden zuhause favorisierte Ladesäulenkonzepte
- Laden zuhause stark Gruppen abhängig (Korreliert u.a. mit Möglichkeit zuhause laden)



Mehrfachauswahl aus:

- Wechseln (5 min)
- Ladesäule langsam (> 4 h, zuhause)
- Ladesäule mittel (1- 4 h, Parkplatz)
- Ladesäule schnell (<= 1 h, Ladehub)

Ergebnisse

Discrete-Choice-Experiment (Szenario)

- Firmenwagen (entweder ladend oder tauschend) für privaten Gebrauch – Service-Gebühr
- Wartung, laden/tauschen sind kostenlos
- Fahrzeugmodelle sind exakt gleich bis auf tauschend/ladend

Für welches E-Auto (Dienstfahrzeug) zur privaten Nutzung würden Sie sich entscheiden?

Entscheiden Sie bei jeder Situation neu, unabhängig von den früheren Situationen. Bitte wählen Sie eine Variante nur, wenn Sie bereit wären die Kosten für Nutzungsgebühr zu tragen.

	1 Variante 1: festverbaute Batterie, laden an Ladesäulen	2 Variante 2: wechselbare Batterie, laden an Batteriewechselstationen
Monatliche Gebühr	90 €	90 €
Reichweite	300 km	300 km
Erreichbarkeit nächstgelegene öffentliche Schnellladesäule/Wechselstation	2 min	15 min
Dauer Vollladung an öffentlicher Schnellladesäule/des Wechsels	45 min	3 min
	○	○

- 8 Entscheidungen pro Person
- Veränderte Rahmenbedingungen:
  - Service-Gebühr
  - Reichweite
  - Erreichbarkeit der Lade-/Wechselmöglichkeit
  - Dauer des Wechselns/Ladens

1 Image by A. Krebs from Pixabay; 2 Copyright by bfishadow under Creative Commons 2.0 license. Available under Public license at https://www.flickr.com/photos/bfishadow/51359063710/

Ergebnisse

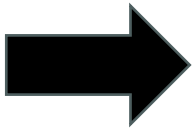
Würden Menschen das Wechseln adaptieren / dafür bezahlen?

DCE Ergebnisse des gesamten Samples

- Alle Attribute wurden gewählt basierend auf realen Beispielen
- Auswahlsets: nur angemessene Kombination der Attribute (DoE)
- Auf Grundlage der Entscheidungen:
  → mathematisches Modell, um Entscheidungen vorherzusagen und jedem Attribut eine Zahlungsbereitschaft zuzuordnen (WTP – Willingness to pay)

Beispiel-Auto

Reichweite	400 km
Distanz zur nächsten Lade-/Wechselstation	10 min
Ladedauer	60 min
Wechseldauer	5 min
Nutzungsgebühr	30 €/Monat



Stärkster Einfluss auf WTP

- Technologie (LS – 20 €/Monat; WAS – 65 €/Monat)
- Reichweite (12 € per 100 km)
- Distanz (-12 € per 10 Min)

Zahlungsbereitschaft

Laden: 50 €/Monat
Wechseln: 100 €/Monat

Ergebnisse

Würden Menschen das Wechseln adaptieren / dafür bezahlen?

DCE Ergebnisse der Gruppen

- Die Entscheidungen jeder Gruppe wurden mathematisch modelliert / gefittet
- In jeder Gruppe sind signifikant mehr bereit für das Wechseln zu bezahlen / es zu adaptieren
- Starke Abnahme der Zahlungsbereitschaft von Befürwortern zu Ablehnern

Beispiel-Auto

Reichweite	400 km
Distanz zur nächsten Lade-/Wechselstation	10 min
Ladedauer	60 min
Wechseldauer	5 min
Nutzungsgebühr	30 €/Monat

	E-Auto Besitzende	E-Auto-Interessierte	Verbrenner-Interessierte	Verbrenner-Interess. (E-Auto Ablehner)
WTP für Laden [€/Monat]	101	59	- 16	- 50
WTP für Wechseln [€/Monat]	135	96	41	18

Fazit

Akzeptanz E-Mobilität allgemein

- Immer noch hohe Akzeptanz-Barrieren
- Wechseln kann als Abschwächer der Barrieren wirken

Technologieadaption

- Menschen würden sich eher für die Wechseltechnologie entscheiden / wären bereit dafür mehr zu zahlen.
- Aber: Personen mit negativen Einstellungen gegenüber E-Mob. sind nicht überzeugt / schwer zu erreichen
- Wechseln: besonders bei E-Auto Interessierten / tlw. Verbrenner-Interessierte verfänglich

Implementierung

- WAS-spezifische Hemmnisse vorhanden → Transparenz & Wissensbildung
- Eher offenes Betreibermodelle gewünscht → Standardisierung
- Mit höherer Marktdurchdringung (Erfahrung) von ladesäulenbasierter E-Mob. → Verfänglichkeit des Wechseln kann abnehmen (Zeitfenster!)

Vielen Dank.

Jan Kegel
IÖW – Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, Berlin
Jan.kegel@ioew.de

24.06.2024

Batteriealterung • Batteriemodelle • Batteriediagnostik • Batteriepackdesign • Elektromobilität • Stationäre Energiespeicher • Energiesystemanalyse

KreislaufAkkus -

Wirkungsanalyse von Batteriewechselstationen

Webinar

22.08.2024

Aniket Kapse, Melanie Golomb, Mark Junker (ISEA)
Jan Wiesenthal, Jan Kegel, Steven Salecki (IÖW)

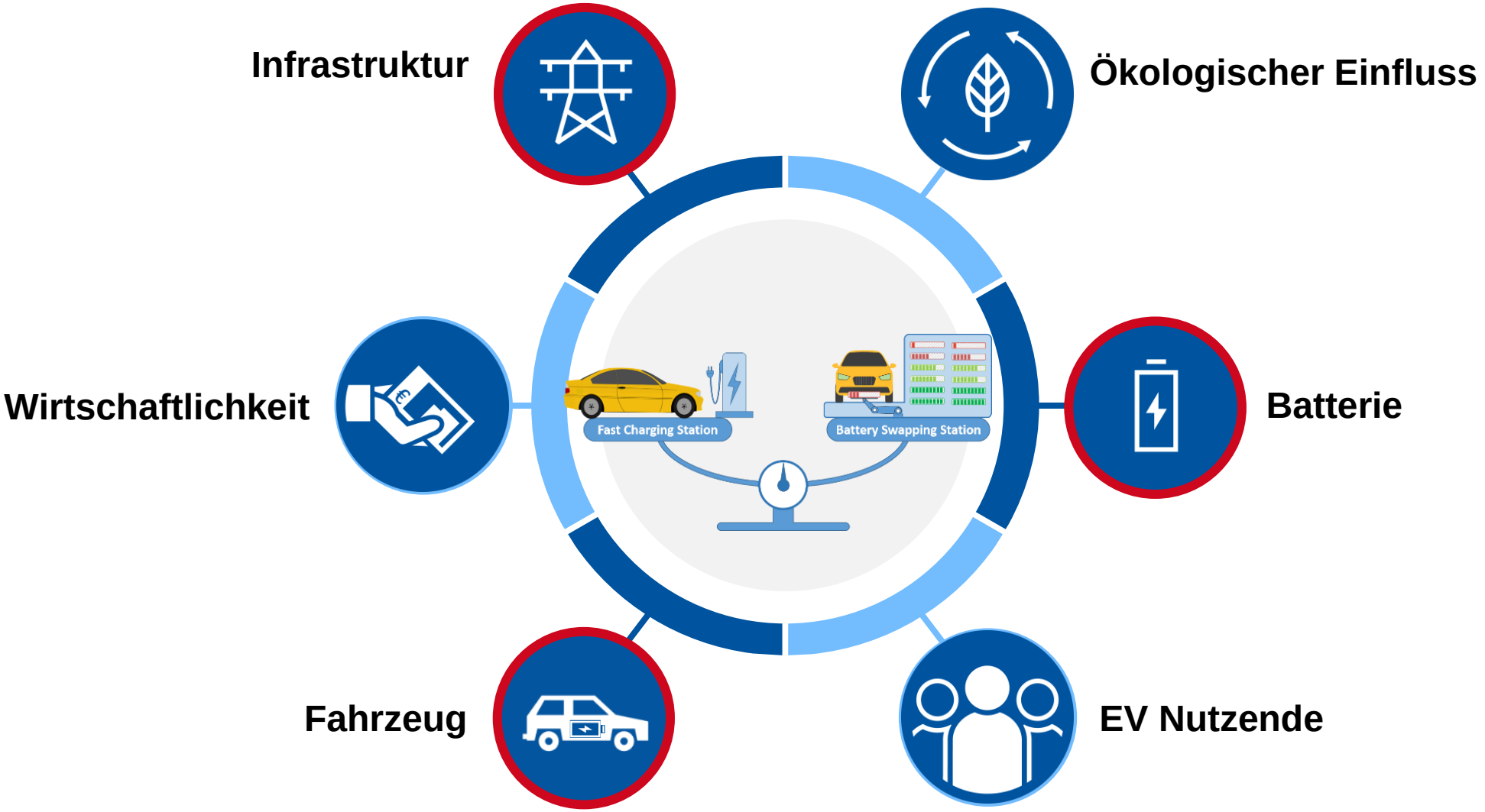
Lehrstuhl für Elektrochemische Energiewandlung und Speichersystemtechnik

Gefördert durch
Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

i | ö | w
INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE WIRTSCHAFTSFORSCHUNG

ISEA Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe | RWTH AACHEN UNIVERSITY

Betrachtete Aspekte



Agenda

1 Überblick

2 **Auswirkungen auf das Batteriedesign**

3 Auswirkungen auf das Fahrzeugdesign

4 Auswirkungen auf die Infrastruktur

Auswahl der Use Cases

Relevante Anwendungsfelder

Use cases

Fahrzeugklassen

FIAT 500e

42 kWh

VW ID.3 Pro Performance

62 kWh

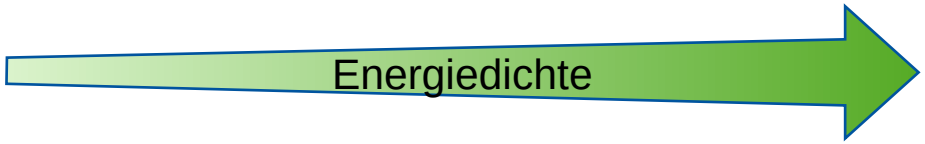
Tesla Model Y Performance

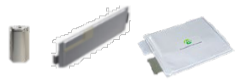
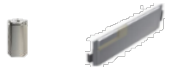
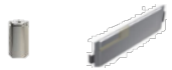
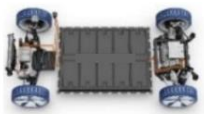
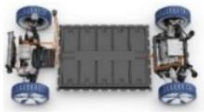
80.5 kWh

Opel Vivaro-e Cargo M

75 kWh

Auswirkungen auf das Batteriedesign



	Cell to Module	Cell to Pack	Cell to Chassis/Body
Zelle			
Modul			
Pack			
Gestell			

- Variables Zelldesign und Chemie
  - NMC, LFP, sowie Hybride überwiegen
- Temperaturmanagement als Herausforderung
  - Flüssigkühlung (aktiv)
  - Luftkühlung (aktiv oder passiv)
- Zyklische Batteriealterung abhängig von
  - Zellchemie
  - DOD
  - C-Rate
  - Temperatur

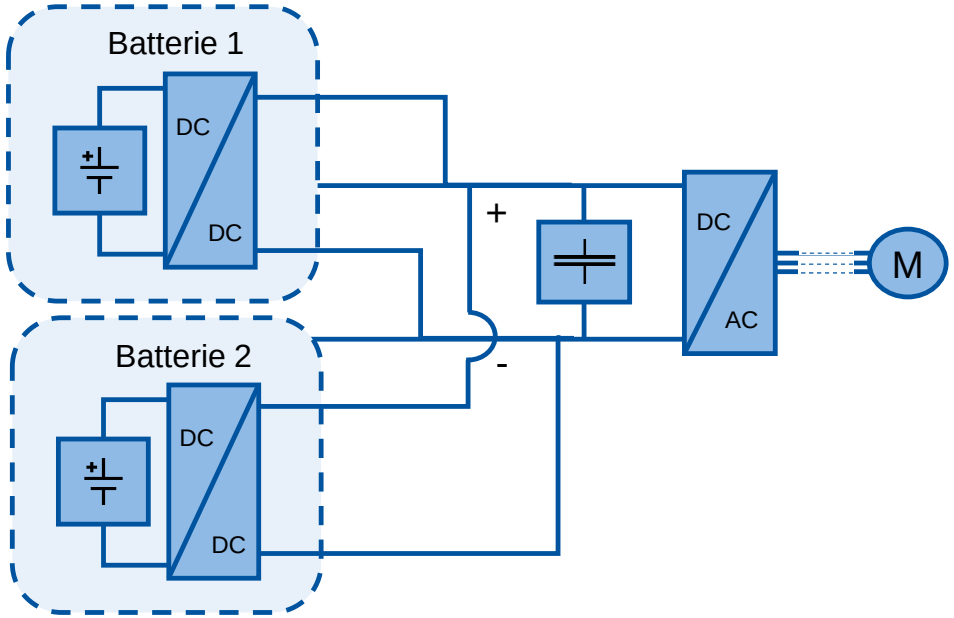
Im höheren Maße variabel in Wechselstationen

Quelle: Caricos

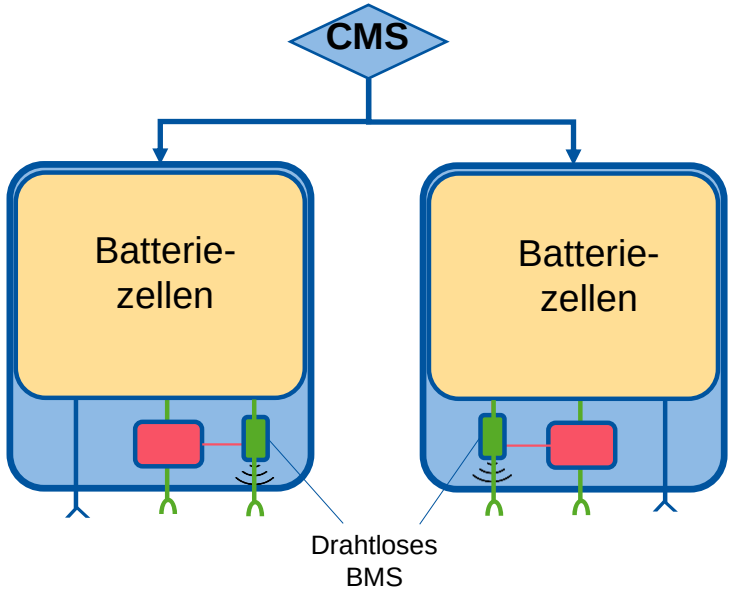
Auswirkungen auf das Batteriedesign

Modulares Batteriedesign

- Große Flexibilität in der Zellspannung durch Parallelschaltung



- Neben Battery Management System (BMS) auch Cluster Management System (CMS) benötigt



Quelle: Schmidt 2021 , Gabbar et al. 2019, EVCIPA, 2021, Yulong Zhu

Agenda

1 **Überblick**

2 **Auswirkungen auf das Batteriedesign**

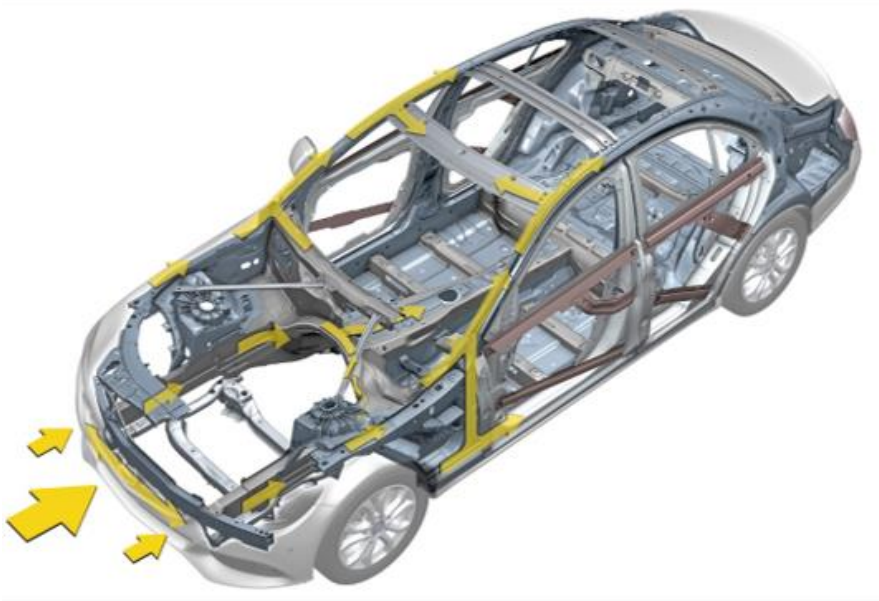
3 Auswirkungen auf das Fahrzeugdesign

4 **Auswirkungen auf die Infrastruktur**

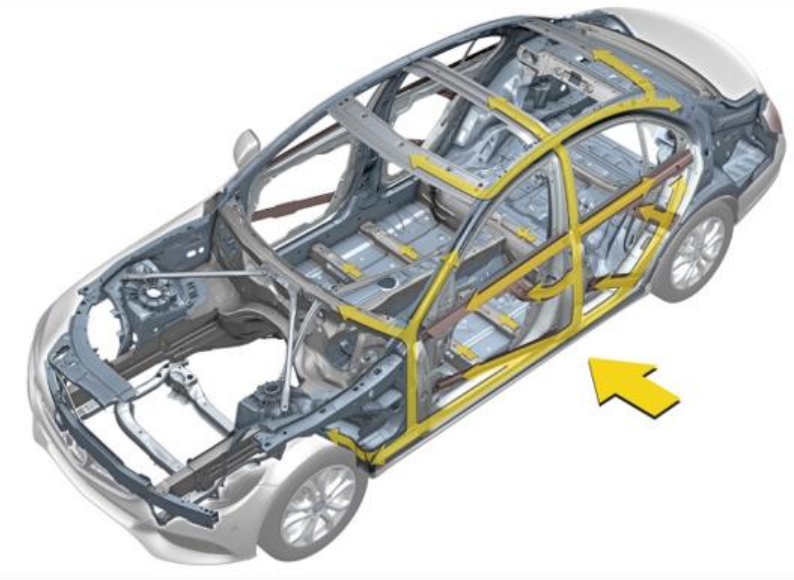
Auswirkungen auf das Fahrzeugdesign

Betrachtete Funktionen im Rahmen des Projekts

- Fahrzeug
  - Seitlicher und frontaler Schutz der Batterie
  - Lastübertragung während des Tauschvorgangs



- Batterie
  - Seitlicher und frontaler Schutz
  - Montage und Demontage vom Fahrzeug

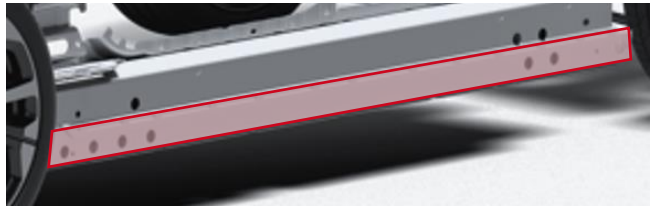


Quelle: Caricos

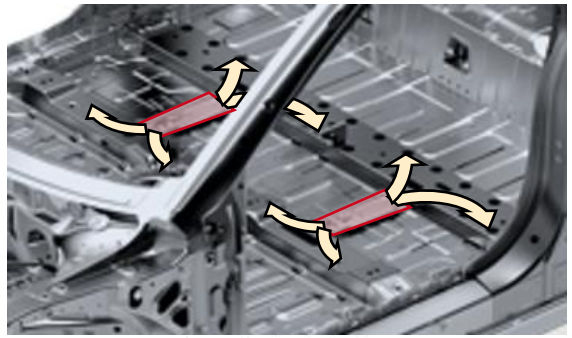
Auswirkungen auf das Fahrzeugdesign

Zusätzliche Masse des Fahrzeugs

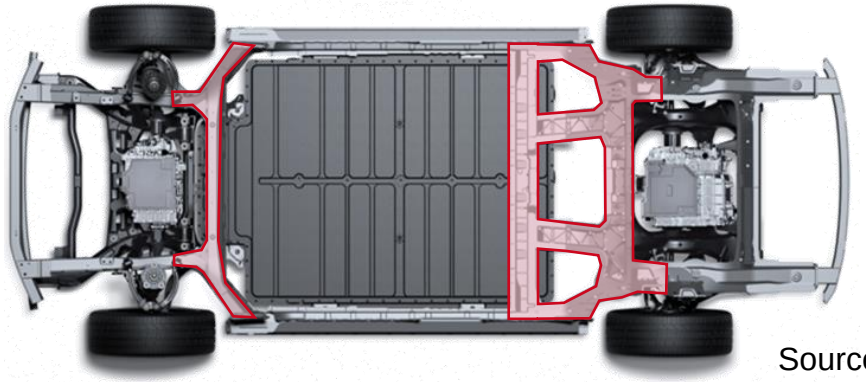
- Seitliche Verlängerung des Einstiegsbleches
  - Gewährleistet Torsions- und Beugebeständigkeit
  - Seitlicher Schutz der Batterie



- Querverbindungen
  - Lastübertragung der Batterie auf Quertäger



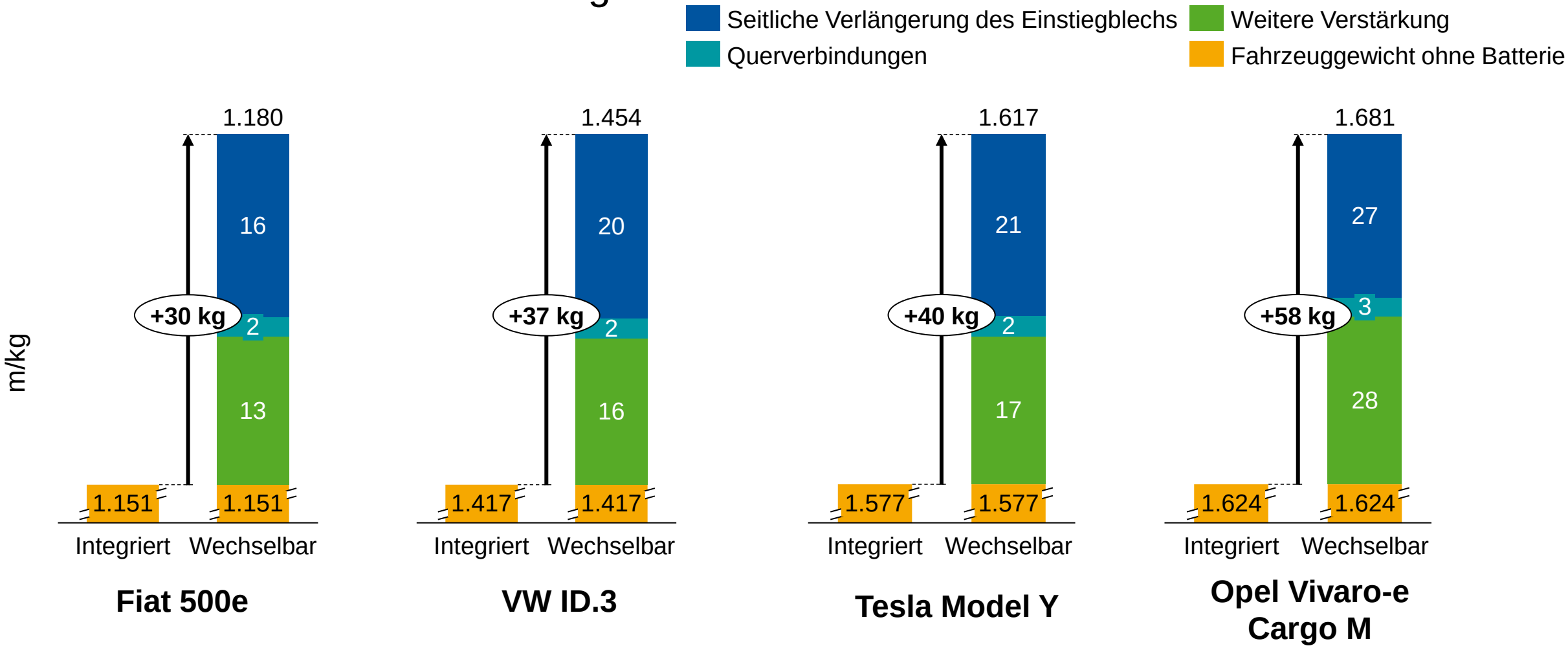
- Vordere und hintere Trennwand
  - Verstärkende Querträger
  - Gewährleisten Torsionsbeständigkeit



Source: NIO Inc., Yiche 2022

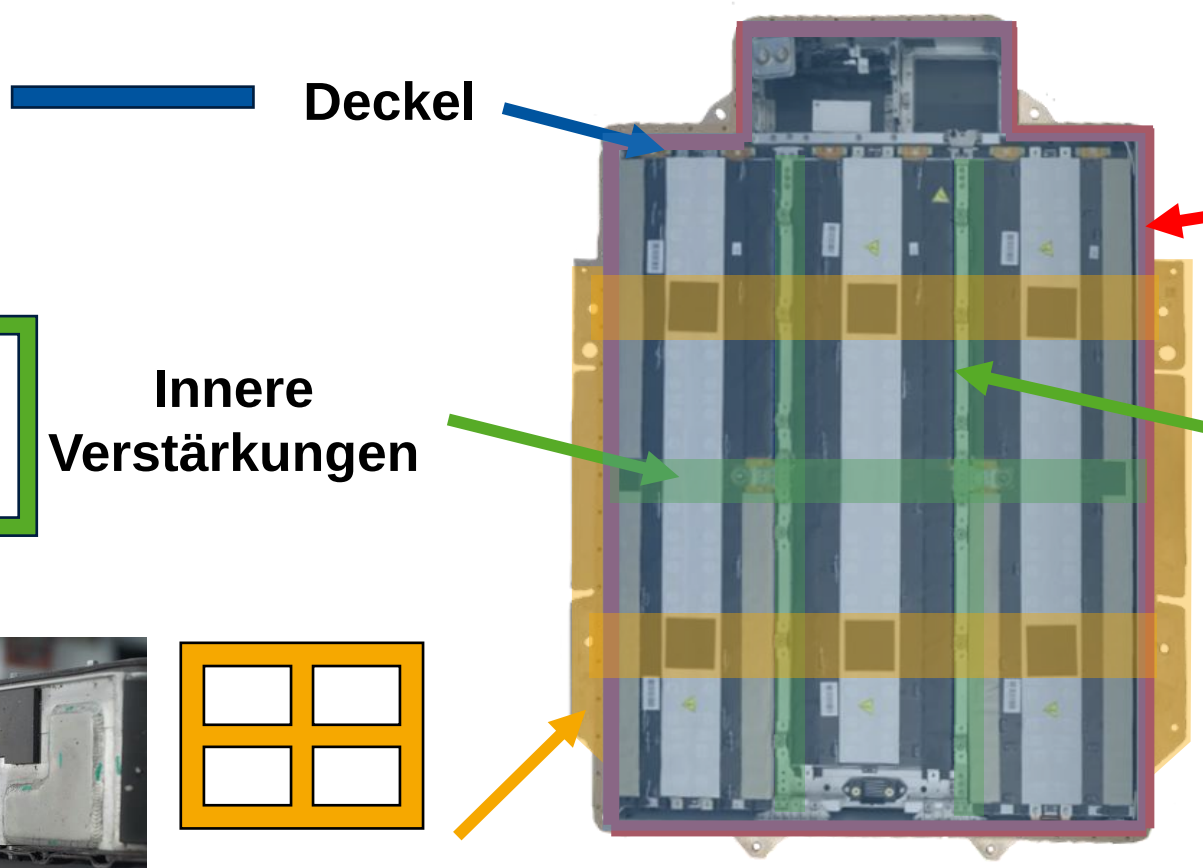
Auswirkungen auf das Fahrzeugdesign

Zusätzliche Masse des Fahrzeugs



Auswirkungen auf das Fahrzeugdesign

- Zusätzliche Masse der Batterie

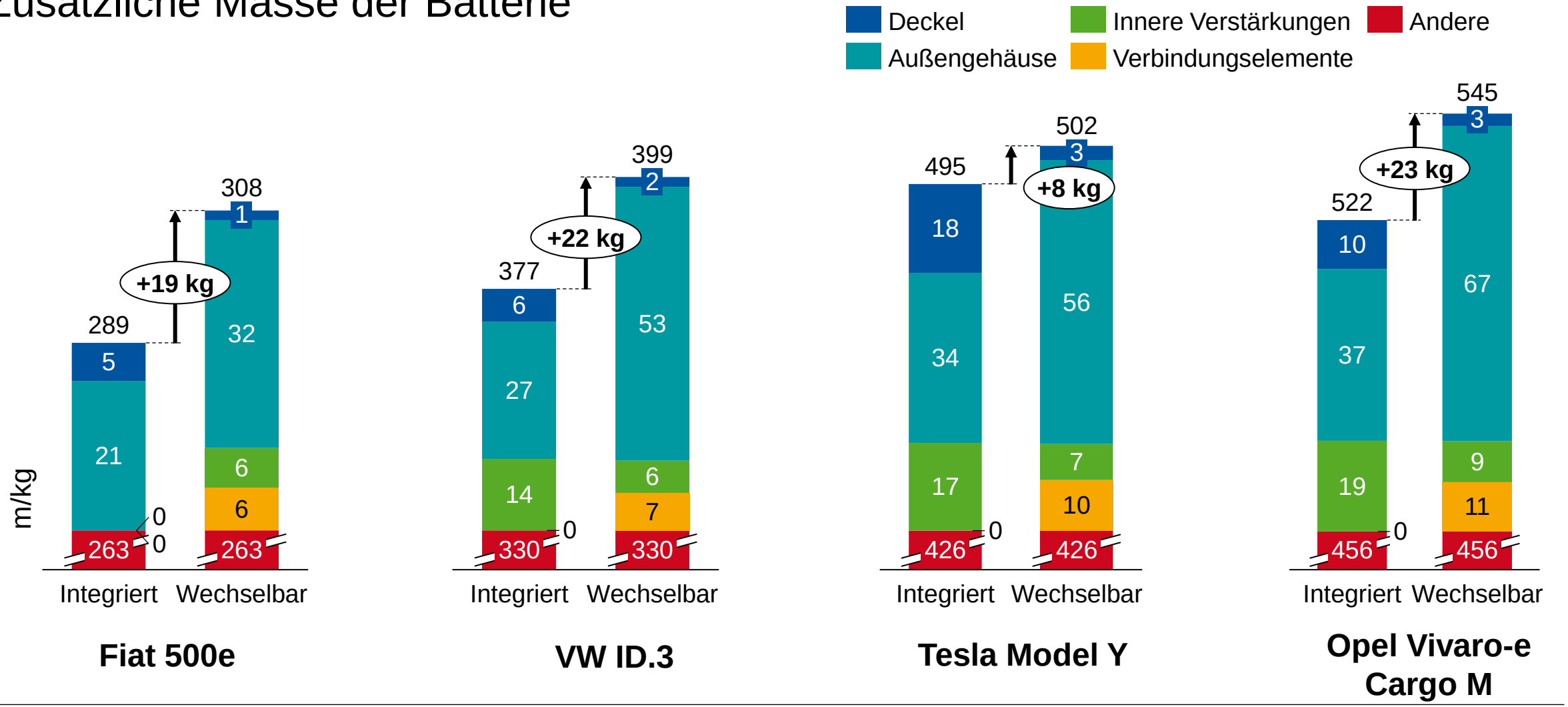


- Standardisierung in progress

Quelle: Yiche 2022

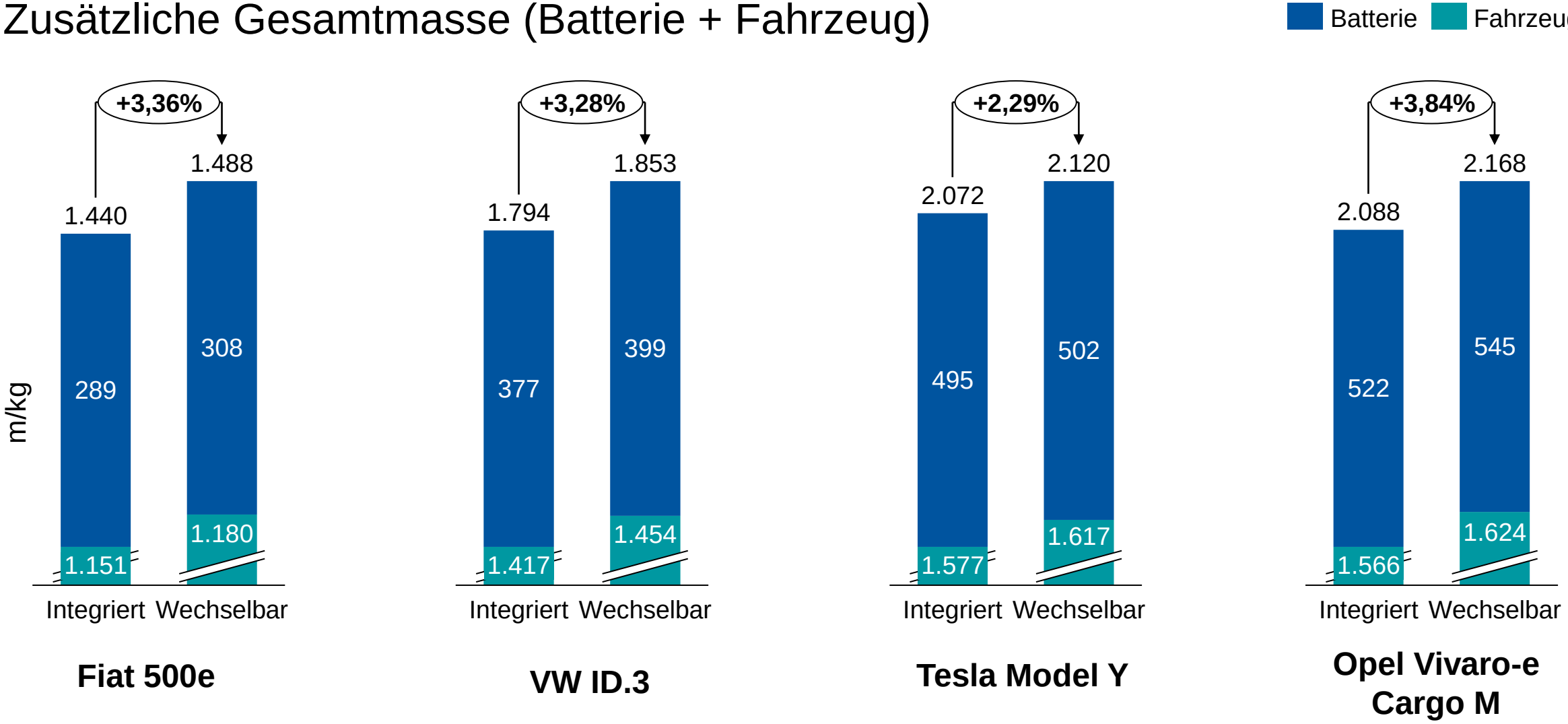
Auswirkungen auf das Fahrzeugdesign

Zusätzliche Masse der Batterie



Auswirkungen auf das Fahrzeugdesign

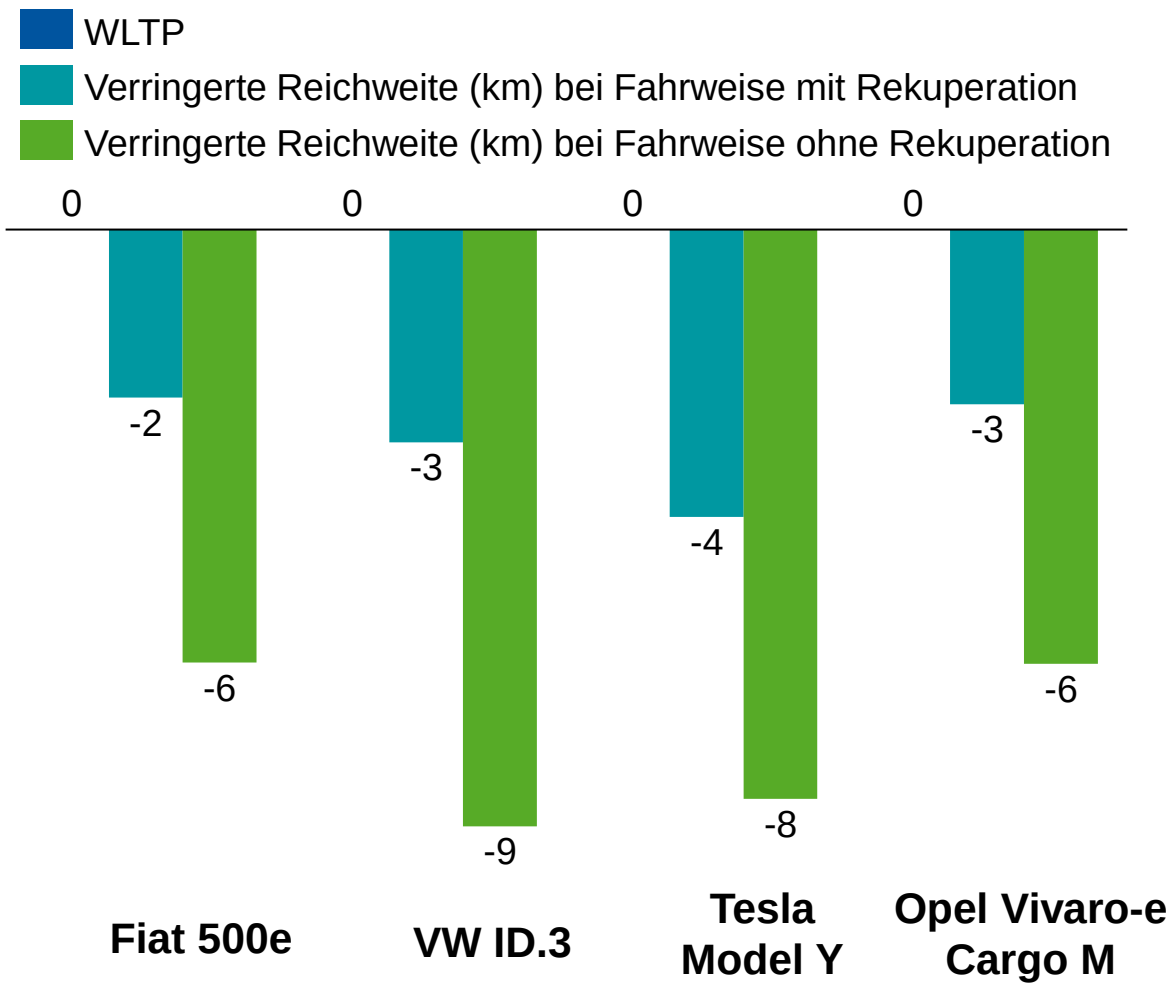
Zusätzliche Gesamtmasse (Batterie + Fahrzeug)



Auswirkungen auf das Fahrzeugdesign

- Auswirkungen des höheren Gewichts auf den Energieverbrauch pro 100 km

Energieverbrauch pro 100 km (kWh)	Fiat 500e	VW ID.3	Tesla Model Y	Opel Vivaro-e
WLTP-Energieverbrauch	14	16.1	17.3	24.4
Wechselbare Batterie Energieverbrauch mit Rekuperation	14.11	16.22	17.44	24.59
Wechselbare Batterie Energieverbrauch ohne Rekuperation	14.29	16.45	17.59	24.88



Agenda

1 Überblick

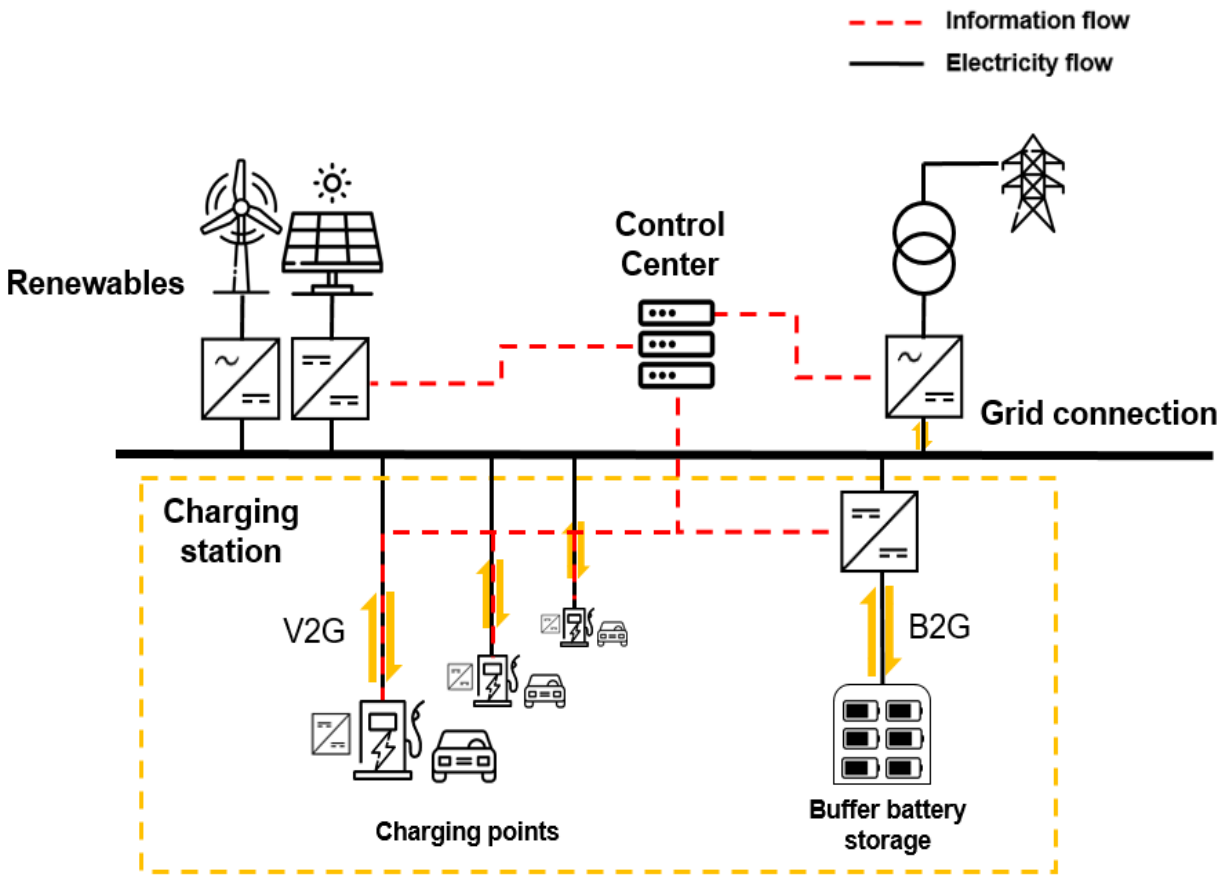
2 Auswirkungen auf das Batteriedesign

3 Auswirkungen auf das Fahrzeugdesign

4 **Auswirkungen auf die Infrastruktur**

Auswirkungen auf die Infrastruktur

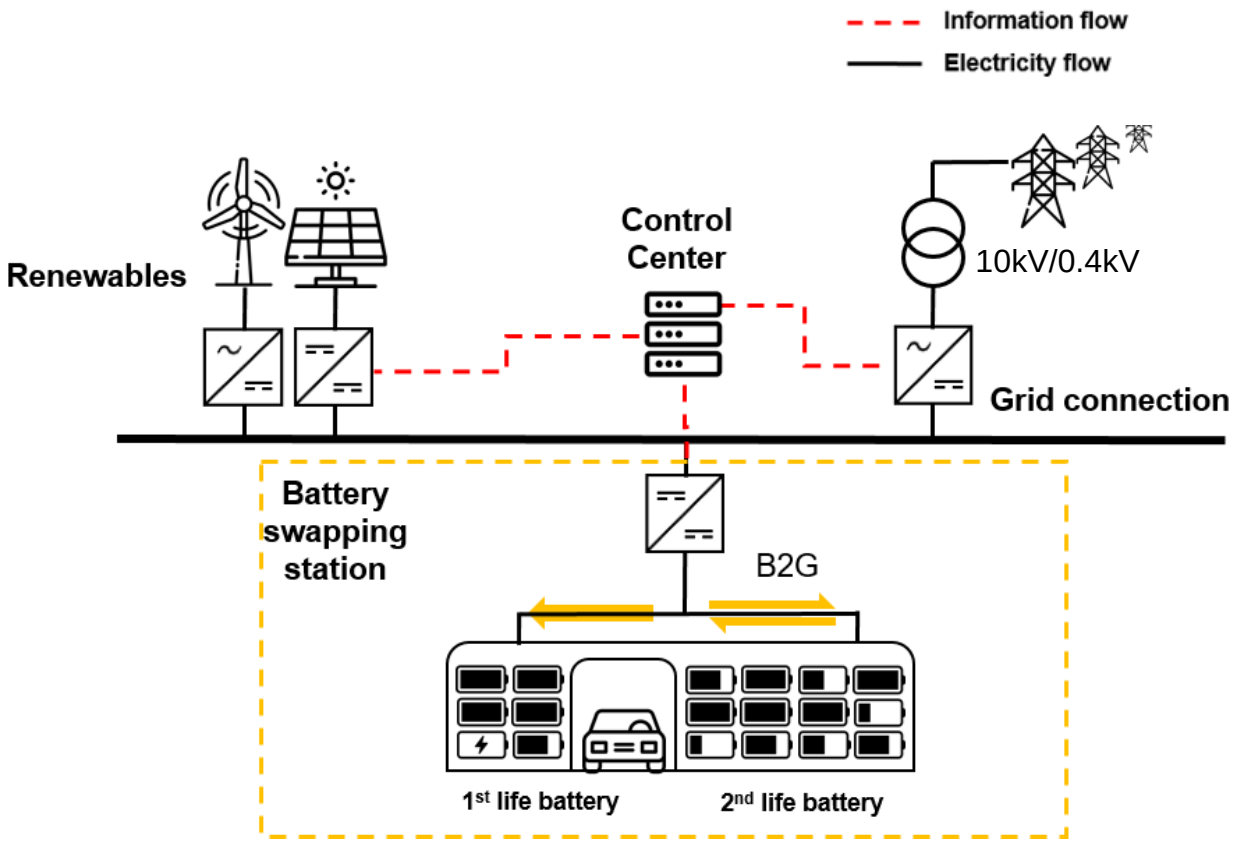
Ladesäulen



- Mittelspannungsnetz
- Integration erneuerbarer Energien
- Pufferbatterie zur Lastspitzenkappung
- Smarte Ladestrategien möglich
  - Organisation von Fahrzeugflotten
  - Kosten- und Emissionsminimierung

Auswirkungen auf die Infrastruktur

- Wechselstationen



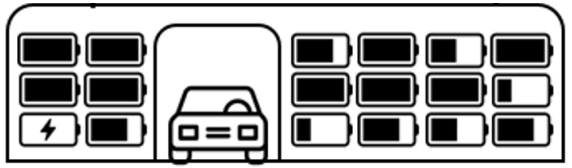
- Mittelspannungsnetz
- Integration erneuerbarer Energien
- 2nd – Life Batterien zur Lastspitzenkappung (alternativ auch mit regular gelagerten Batterien möglich)
- Smarte Betriebsstrategien
  - Geringere Wartezeiten
  - Kosten- und Emissionsminimierung
- Zusätzliche Parkplätze und Baugenehmigung notwendig

Auswirkungen auf die Infrastruktur

- Schnellladesäulen

  - Lastanforderungen können stark variieren
  - Ggf. längere Wartezeiten zu Peakzeiten
  - Pufferbatterien können Spitzenlast senken
  - Hohe Dynamik bei der V2G-Implementierung mit neuen Standardisierungen

- Wechselstationen



  - Standardisierung der Batterien notwendig um Komplexität der Infrastruktur gering zu halten
  - Insgesamt größere Anzahl an Batterien benötigt
    - Mehr Flexibilität im Energiebedarf und der Energiespeicherung
  - Weniger Wechselstationen benötigt um die gleiche Anzahl EVs zu bedienen
    - Ggf. längere Wege zum nächsten Ladepunkt

Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit

Kontakt

KreislaufAkkus Team
Tel.: +49 241 80-49423
Melanie.golomb@isea.rwth-aachen.de
batteries@isea.rwth-aachen.de

Lehrstuhl für Elektrochemische Energiewandlung
und Speichersystemtechnik
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Dirk Uwe Sauer
RWTH Aachen University

Mathiuestraße 10
52074 Aachen
GERMANY

www.isea.rwth-aachen.de

Wir danken

Federal Ministry
for Economic Affairs
and Climate Action

Batteriealterung • Batteriemodelle • Batteriediagnostik • Batteriepackdesign • Elektromobilität • Stationäre Energiespeicher • Energiesystemanalyse

KreislaufAkkus -

Wirkungsanalyse von Batteriewechselstationen

Webinar

22.08.2024

Aniket Kapse, Melanie Golomb, Mark Junker (ISEA)
Jan Wiesenthal, Jan Kegel, Steven Salecki (IÖW)

Lehrstuhl für Elektrochemische Energiewandlung und Speichersystemtechnik

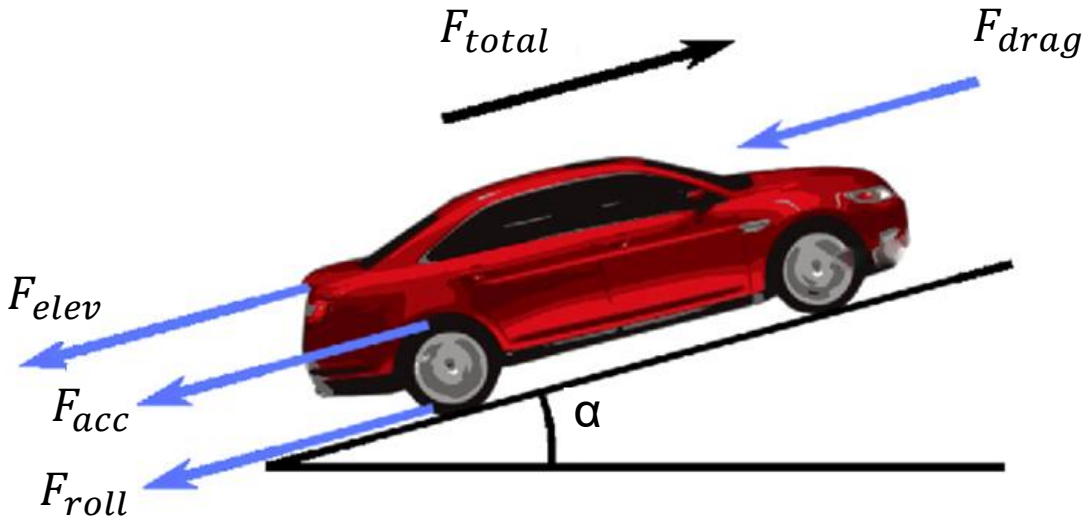
Gefördert durch
Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

i | ö | w
INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE WIRTSCHAFTSFORSCHUNG

ISEA Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe | RWTH AACHEN UNIVERSITY

Effect on range

- Additional energy required per additional kg per kilometer using WLTP cycle



$$W_{Total} = \frac{\int F_{Trac} \cdot ds}{\eta_{Drivetrain}}$$

$$F_{Total} = F_{drag} + F_{roll} + F_{acc} + F_{elev}$$

$$F_{drag} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A_f \cdot C_d \cdot v^2$$

$$F_{roll} = C_r \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha$$

$$F_{acc} = m \cdot a$$

$$F_{elev} = m \cdot g \cdot \sin \alpha$$

Selected use cases & scenarios

	Segment	Car Model	Battery Pack	WLTP Range	Battery Chemistry	AC Charging		DC Charging	
						Power	Charging Time	Max Power	Charging Time
[Link]	Small	FIAT 500e (42 kWh) (ab 08/22)	42.0 kWh	312 km	Lithium-ion	11 kW	4 hours	85 kW	25 min
[Link]	Mid size	VW ID.3 Pro Performance	62.0 kWh	408 km	Lithium-ion (NCM712)	11 kW	6 hours 15 mins	124 kW	31 min
[Link]	Upper mid-size/SUV	Tesla Model Y Performance (07/20 - 11/21)	80.5 kWh	514 km	Lithium-ion	11 kW	7 hours 45 mins	250 kW	25 min
[Link]	Vans	Opel Vivaro-e Cargo M (10/20 - 03/22)	75 kWh	329 km	Lithium-ion	11 kW	7 hours	100 kW	55 min

[Source : ADAC Autokatalog]

Batteriealterung • Batteriemodelle • Batteriediagnostik • Batteriepackdesign • Elektromobilität • Stationäre Energiespeicher • Energiesystemanalyse

KreislaufAkkus -

Wirtschaftliche und Regionalökonomische Analyse

Webinar

26.06.2024

Jan Wiesenthal, Jan Kegel, Steven Salecki (IÖW)
Aniket Kapse, Melanie Golomb, Mark Junker (ISEA)

Lehrstuhl für Elektrochemische Energiewandlung und Speichersystemtechnik

Gefördert durch
Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

i | ö | w INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE WIRTSCHAFTSFORSCHUNG

ISEA Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe | RWTH AACHEN UNIVERSITY

Agenda

1 **Energiekosten für Elektrofahrzeug-Nutzende**

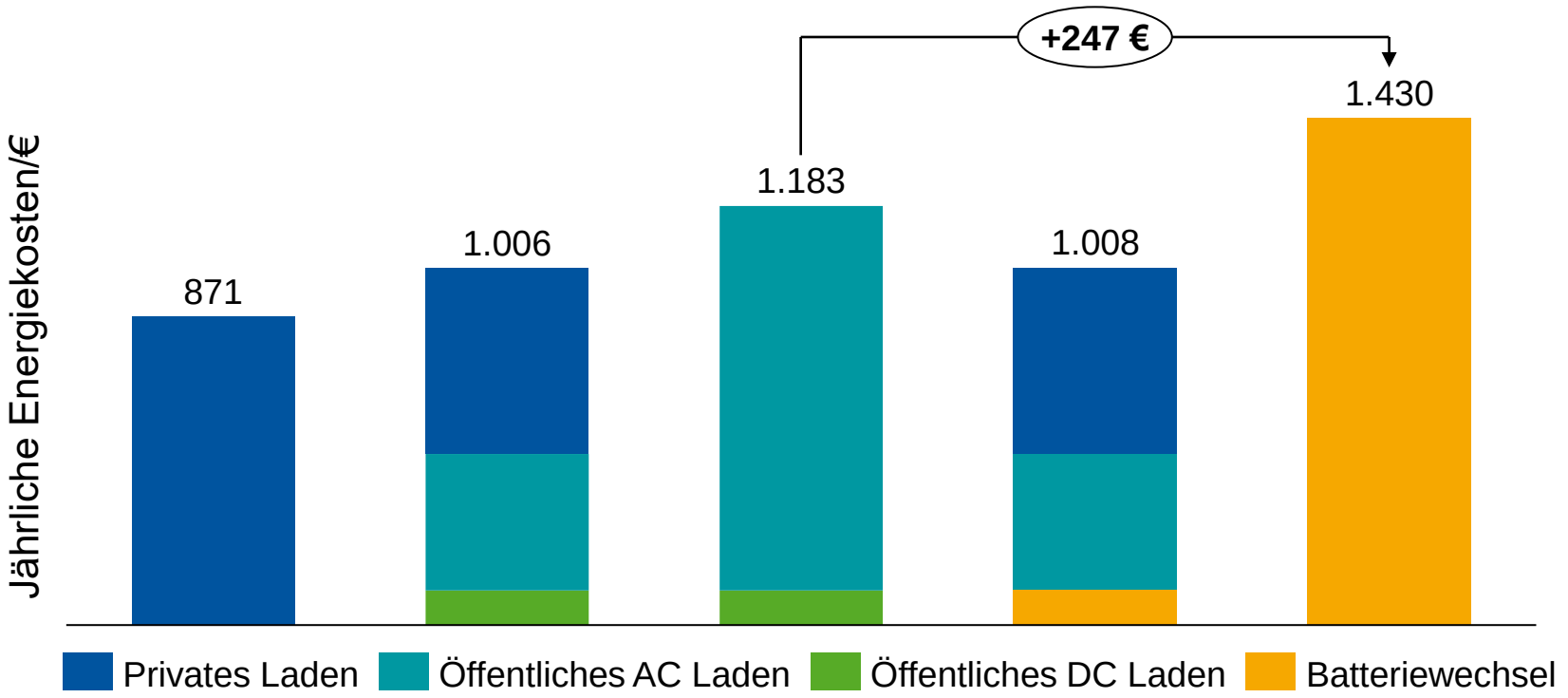
1 **Versorgungsszenarios**

3 **Gesamtkosten**

4 **Methodenexkurs Wertschöpfung**

5 **Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte**

Entstehende Energiekosten für EV-Nutzende



	Energiepreis in €/kWh	Grundgebühr in €
Privates Laden	0,4	
Öffentliches Laden AC	0,5	0,4 - 0,9
Öffentliches Laden DC	0,6	
Batteriewechsel	0,4	10

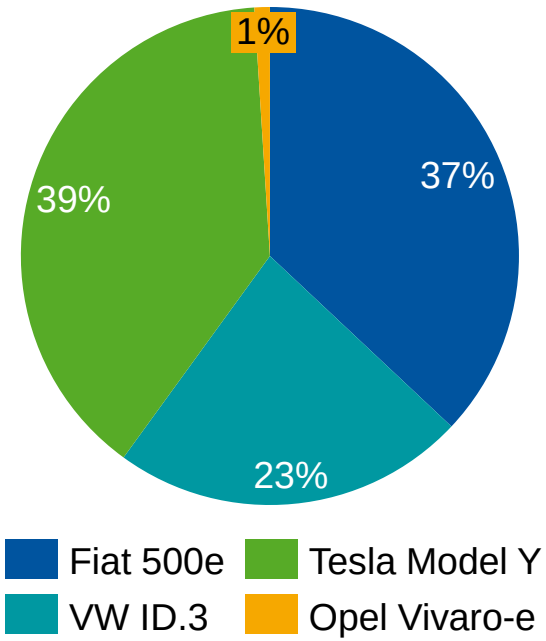
Mittlerer Verbrauch	Mittlere Batteriekapazität (netto)	Jährliche Fahrleistung	Davon Arbeitsweg	Möglichkeit zum kostenlosen Laden am Arbeitsplatz	Langstrecken (>50) km pro Jahr	Batterietausch
16 kWh/100 km	59 kWh	14700 km	982 km	15%	26	20 % SOC

Betrachtete Versorgungsszenarien

	Nur Ladesäulen	Mix (Ladesäulen und Wechselakkustation)	Nur Wechselakku-stationen (je 30 Batterien)
Wechselakkustationen	**0**	**1**	**2**
Ladesäulen gesamt	**765**	**589**	**0**
11 kW (AC, privat)	689	552	0
11 kW (AC, öffentlich)	16	8	0
22 kW (AC)	53	27	0
150 kW (DC)	3	1	0
350 kW (DC)	4	1	0

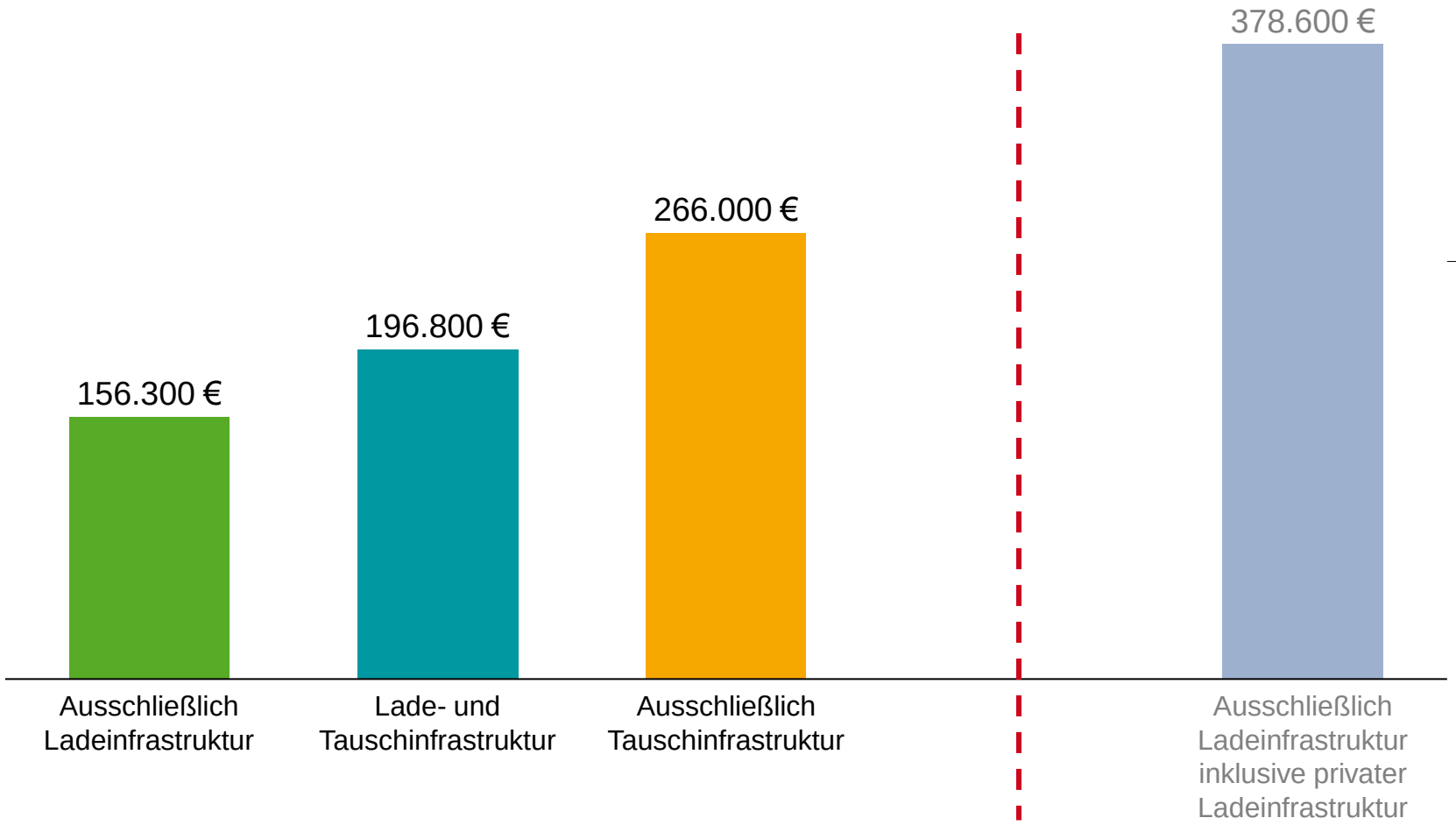
Angenommene Ladeinfrastruktur (Anzahl je Ladepunkt) für ein Szenario von 1000 Elektrofahrzeugen

Berücksichtigte Verteilung der Fahrzeugklassen



Gesamtinvestitionskosten

- Jährliche Investitionskosten (Annuität) der öffentlichen Ladeinfrastruktur für 1000 Elektrofahrzeuge im Nutzungszeitraum von 12 Jahren



	Investitionskosten in €
Ladepunkt 11 kW	3250
Ladepunkt 22 kW	15900
Ladepunkt 150 kW	67500
Ladepunkt 350 kW	119400
Wechselstation mit 30 Batterien	1340000

KreislaufAkkus - Abschlusswebinar

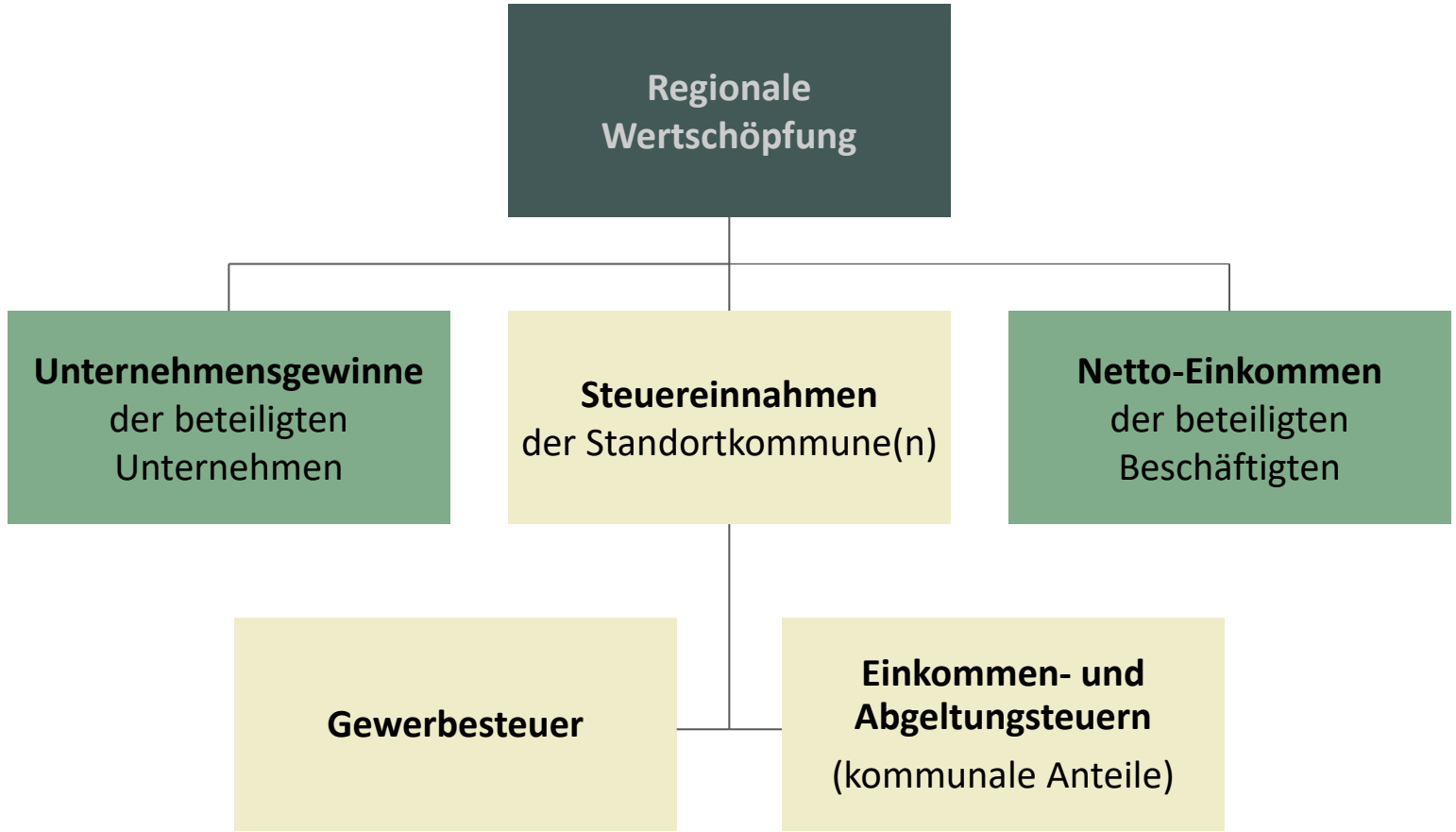
Regionalökonomische Analyse: Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte

24. Juni 2024 - online

Dr. Steven Salecki
IÖW – Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, Berlin

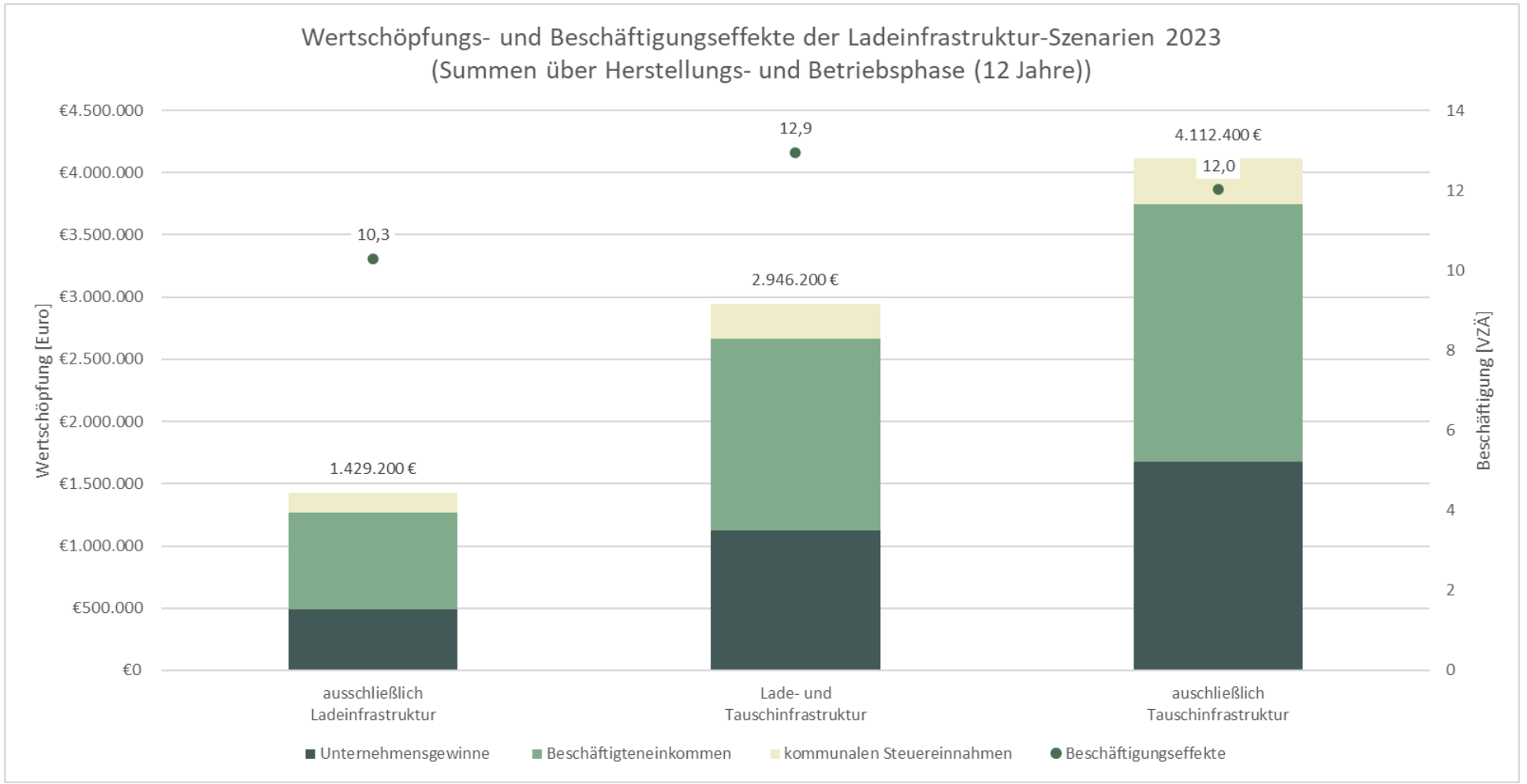
ISEA Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe | RWTH AACHEN UNIVERSITY | i ö w

Methodenexkurs: Wertschöpfung



Bestandteile der Nettowertschöpfung
Quelle: eigene Darstellung IÖW

Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte



Wertschöpfungseffekte der Infrastrukturszenarien
Quelle: eigene Berechnungen IÖW

Batteriealterung • Batteriemodelle • Batteriediagnostik • Batteriepackdesign • Elektromobilität • Stationäre Energiespeicher • Energiesystemanalyse

KreislaufAkkus -

Wirtschaftliche und Regionalökonomische Analyse

Webinar

26.06.2024

Jan Wiesenthal, Jan Kegel, Steven Salecki (IÖW)
Aniket Kapse, Melanie Golomb, Mark Junker (ISEA)

Lehrstuhl für Elektrochemische Energiewandlung und Speichersystemtechnik

Gefördert durch
Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz

i | ö | w INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE WIRTSCHAFTSFORSCHUNG

ISEA Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe | RWTH AACHEN UNIVERSITY

KreislaufAkkus

Ökologische Bewertung

Jan Kegel
IÖW – Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, Berlin

i | ö | w

Motivation

1

2

Eine zukunftsfähige Ergänzung für das Mobilitätssystem?

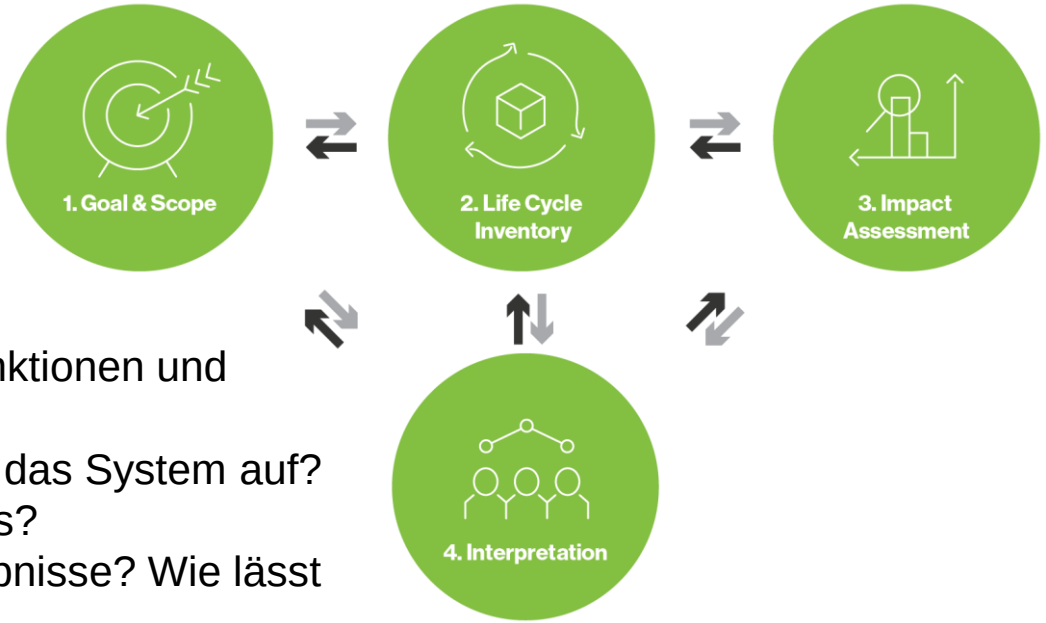
Welche Auswirkungen hat das Wechseln im Vergleich zum Laden auf die CO_2-Emissionen?

Was sind Treiber der Emissionen: Ladeinfrastruktur, Batterien, Strom für den Fuhrpark usw.?

1 Image by A. Krebs from Pixabay; 2 Copyright by bfishadow under Creative Commons 2.0 license. Available under Public license at https://www.flickr.com/photos/bfishadow/51359063710/

Methodik

Lebenszyklusanalyse



4 Schritte – iteratives Vorgehen

1. Was ist das Ziel der Studie? Welche Funktionen und Grenzen sind zu berücksichtigen?
2. Welche Ströme in/aus der Umwelt weist das System auf?
3. Was sind die Auswirkungen des Systems?
4. Welche Implikationen haben diese Ergebnisse? Wie lässt sich die Ökobilanz verbessern?

Ziel und System:

Vergleichende Bewertung der THG-Emissionen von:

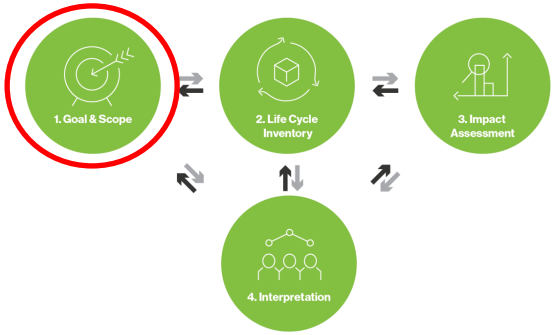
- 1000 vollelektrische Personenkraftfahrzeuge (PKW) in Deutschland
- Aufladen an Batteriewechselstationen oder/und an Ladepunkten
- Berücksichtigung von Sekundäreffekten (z.B. Einfluss Gewicht - Verbrauch)

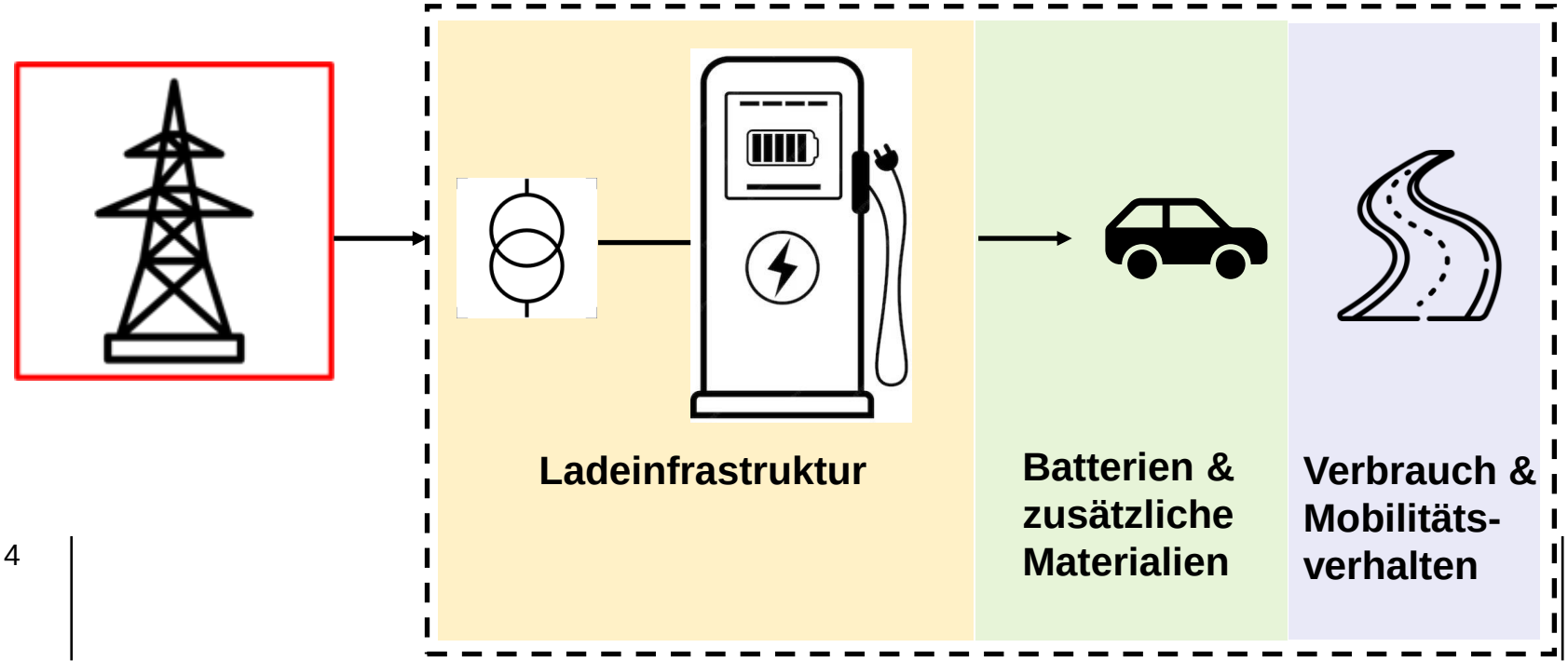
Quelle: Golisano Institute for Sustainability

Ziel & Untersuchungsrahmen

Übersicht System:

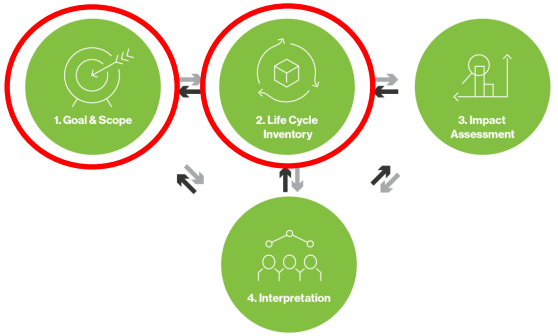
- Von der Kompakt-Trafostation zum Mobilitätsverhalten
- Fokus: Herstellungsbezogene Emissionen & Emissionen der Nutzungsphase





i | ö | w

Untersuchungsrahmen & Inventar

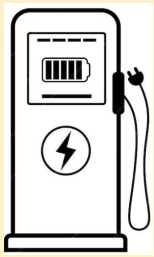


Übersicht der Szenarien:

Zu bewertende Einflüsse:

- Infrastruktur
- Zusätzliche Materialien und Batterien
- Einfluss der Nutzungsphase (durchschnittliche Emissionsfaktoren für Fahrzeugflotte)

- 4 Ladesäulen (11 kW, 22 kW, 150 kW, 350 kW)
- 1 WAS-Typ zum Vergleich
- Trafostation über anteilige Leistung betrachtet

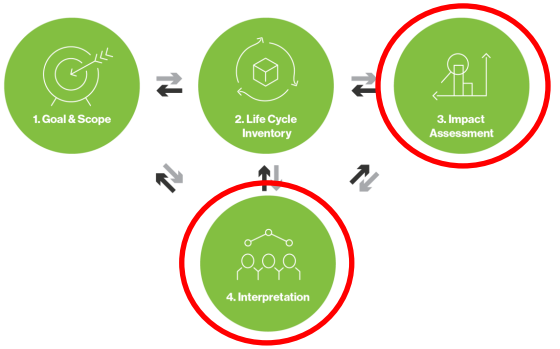


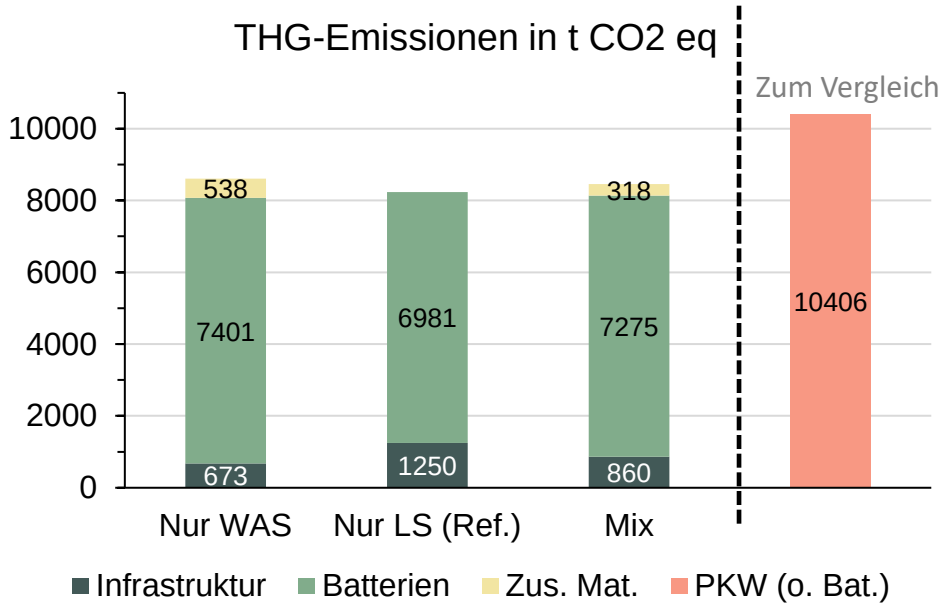
- 1000 Autos
- 4 meist verbreitete E-Auto-Modelle: Batteriekapazität, Verbrauch, etc.
- 2 LIB-Typen (LFP, NMC)
- Zusätzliches Material & Batterien zum Auswechseln

- Jährliche Fahrleistung ca. 14700 km
- Verbrauch inkl. zusätzl. Material
- Effizienz des Lade-Equipment

Folgenabschätzung & Interpretation

Herstellungsbezogene THG-Emissionen





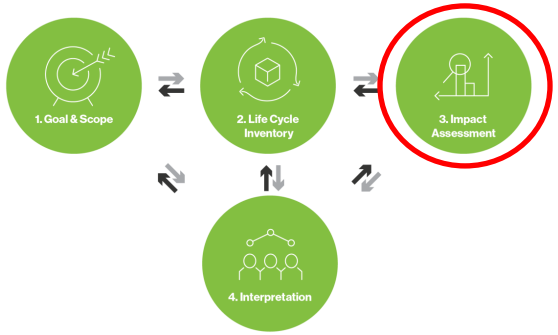
Auswirkungen

- Infrastruktur: geringe Anzahl an WAS führt zu geringeren THG-Emissionen.
- Überkompensation der Einsparungen durch zus. Materialien und Batterien.
- Signifikanter Einfluss durch zusätzliche Materialien.
- Größter Treiber der herstellungsbezogenen Emissionen sind die Batterien bzw. PKW der Flotte.

→ Alternative bei WAS möglich: Modulare Batteriekonzepte - Reduktion des Flottengewichts und der Gesamtbatteriekapazität

* Quelle: Ecoinvent-Datensatz 3.10; market for passenger car, electric, without battery; angenommene Masse pro PKW 1500 kg

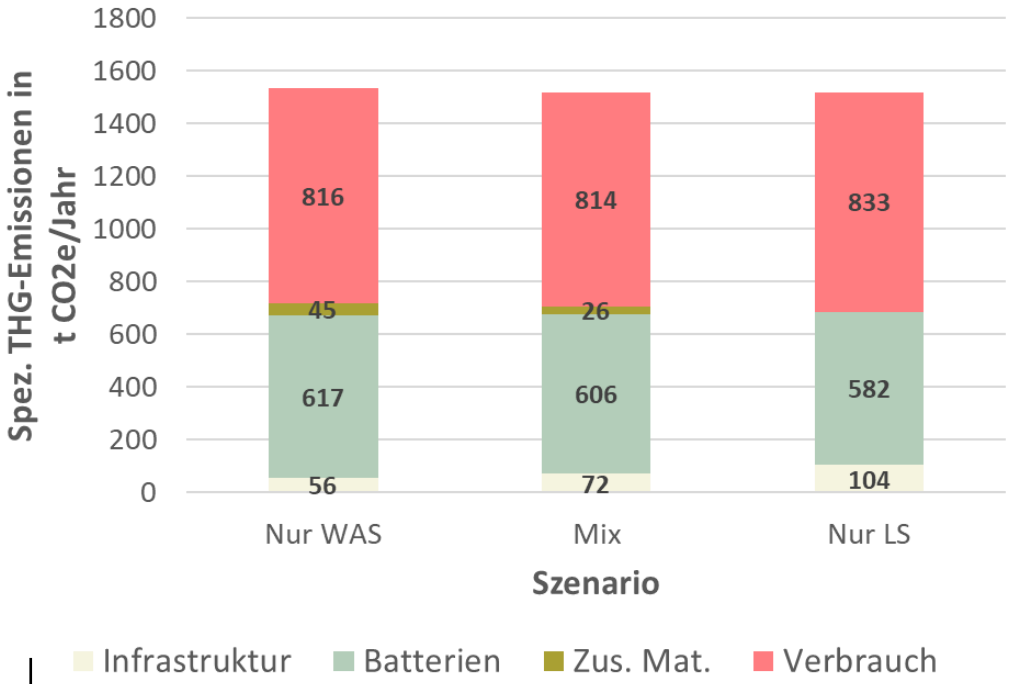
Folgenabschätzung



Spezifische THG-Emissionen (1. Jahr)

Annahmen: Lebensdauer 12 Jahre; 14700 km Fahrleistung;

Ø Emissionsfaktor Strom Deutschland (2023): 0,380 kg CO_{2e}/kWh[1] (jährl. Durchschnitt)

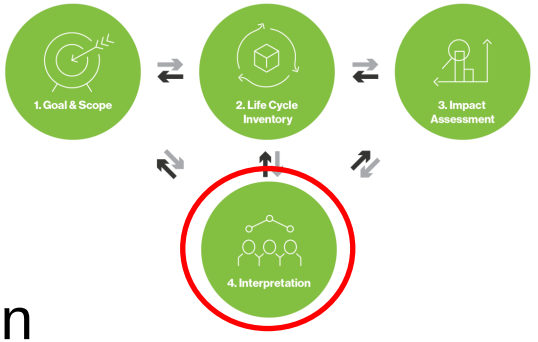


Auswirkungen

- Größter Einfluss: Nutzungsphase → je sauberer der Strom desto größer der Einfluss der anderen Anteile
- Vergleich Verbrauch Verbrenner (Benzin)[2]: ca. 1690 t CO_{2e} / Jahr

[1] UBA, Entwicklung der spezifischen Treibhausgas-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren, 2023
[2] Emissionen Verbrenner (Benzin) nach WLTP: 115 g CO_{2e}/km – Quelle: FÖS, CO2-Flottengrenzwerte auf dem Prüfstand, 2022

Zusammenfassung



Ergebnisse

- Infrastruktur: WAS ressourcenschonende Option
- Zus. Materialien und Batterien: Überkompensation der Vorteile → Reduktion des Wirkung durch konstruktive Lösungen
- Nutzungsphase dominiert Emissionen → gezieltes Laden zu Zeiten mit niedrigem EMF als Strategie (Kopplung CO_2 – Preis)

Vielen Dank.

Jan Kegel
IÖW – Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, Berlin
Jan.kegel@ioew.de

24.06.2024

Ergänzungen zum Webinar am 24.6.2024

Erläuterung zum Dokument

Dieses Dokument dient als Ergänzung zu den Präsentationen des Abschlusswebinars. Es werden die gestellten Rückfragen und Diskussionen dargestellt. Dabei besteht allerdings nicht der Anspruch auf Vollständigkeit.

Veranstalter

- Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe (ISEA) der RWTH Aachen: Melanie Golomb und Mark Junker
- Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW): Dr. Steven Salecki, Dr. Jan Kegel und Jan Wiesenthal, Bernd Hirschl

Teilnehmer*innen

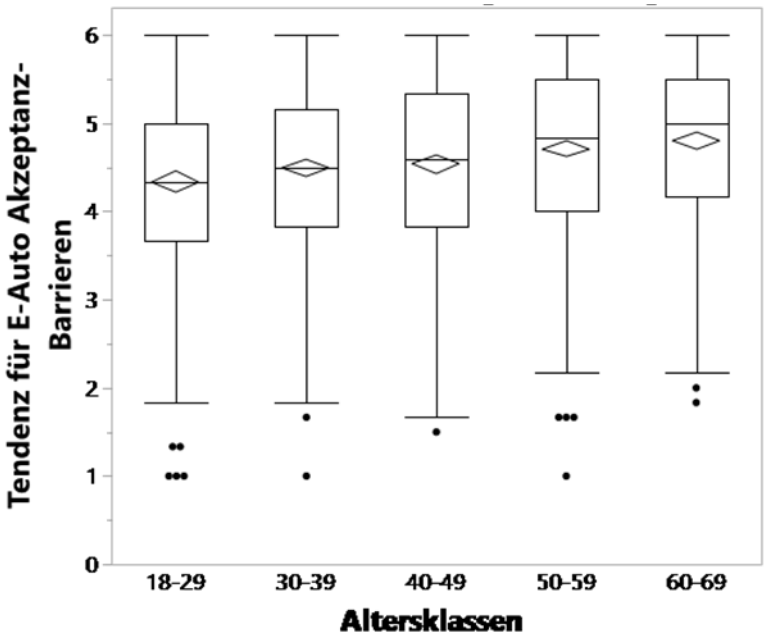
- Anmeldungen: 30
- Teilnehmende: rd. 20

Überblick Webinar

Was	Wann
Überblick über Projekt KreislaufAkkus	10:00-10:10
Akzeptanz von Batteriewechselstationen in Deutschland	10:10-10:55
Auswirkungen des Batteriewechselkonzepts auf Batterie, Fahrzeugbau und Infrastruktur	10:55-11:25
Pause	11:25-11:35
Sind Batteriewechselstationen rentabler?	11:35-12:00
Sind Batteriewechselstationen umweltfreundlicher?	12:00-12:20
Ausblick	12:20-12:30

Akzeptanz von Batteriewechselstationen in Deutschland

- Die politische Einstellung als Nutzer-Charakteristikum wurde nicht abgefragt? Es gab aber mit der Motivation für ökologische Veränderungen eine Proxy-Variable, die man heranziehen könnte. Hier waren die Werte bei E-Auto-Fahrenden und –Interessierten höher als bei E-Auto-Ablehnenden
- Die Infrastruktur wurde als wichtigstes Argument pro Battery Swapping geranked . Nachladen ohne Planung von Wartzeiten kann damit als sehr wichtiges Argumjent für Swapping angesehen werden.
- Welchen Einfluss hat das Alter auf die Nutzerakzeptanz?
    - Tendenz je älter umso weniger Zustimmung, aber ohne direkt sichtbaren Grenzpunkt
    - Letztlich sind viele andere Nutzer-Charakteristika mit hohem Einfluss vorhanden
    - Mittelwerte (Alter) der Nutzendengruppen: statistisch keine Unterschiede zwischen E-Auto Besitzenden/Fahrenden und E-Auto Interessierten (ca. 44,5 Jahre). Jedoch statistisch signifikanter Unterschied zu den beiden anderen Gruppen Verbrenner Interessierte und Verbrenner Interessierte (E-Auto Ablehner) mit jeweils ca. 48 Jahren im Mittel.



- Könnten Wechselakkus überflüssig werden, wenn die Batterietechnologie weiter voran schreitet? Bei Feststoffakkus könnte z.B: die Ladezeit geringer als 10 min sein.
    - Die Akzeptanz für schnelles Laden war bei den Nutzenden hoch.
    - Schonendes Laden der Batterie bleibt aber aus technischer Sicht auch weiterhin ein Argument für Wechselbatterien.
    - Eine Aussage über die maximale Ladezeit, die Menschen noch akzeptieren würden, ist aus den Daten ermittelbar, wurde bislang aber noch nicht errechnet.

Auswirkungen des Batteriewechselkonzepts auf Batterie, Fahrzeugbau und Infrastruktur

- Standardisierung wird als wichtiger Schritt gesehen
    - In anderen Bereichen (z.B. bei Motorrädern) gibt es hier schon gute Ansätze
    - Bei Verbindungen an Anschlüssen und beim Baas gibt es hier auch schon erste Standardisierungen
    - Herr Li von InfraDianba erläutert, dass sie als Anreiz für die E-Auto-Hersteller nur die Batteriebreite als Standard definieren und darüber hinaus die Form und Größe weiterhin USP bleiben kann, da das den Herstellern tatsächlich sehr wichtig ist

Sind Batteriewechselstationen rentabler?

- Der angenommene Preis für Wallboxen wird hinterfragt. Als Erläuterung für den agenommenen Preis:
    - eine der aktuellsten Untersuchungen des ADAC zeigt auf, dass die Bandbreite zwischen 1.000€ und 5.200€ inkl. Installationstätigkeiten sehr groß ist. In Ein- und Zweifamilienhäusern mag das günstiger sein, als Mittelwert liegt man eher bei 3.000€

Sind Batteriewechselstationen umweltfreundlicher?

- Für die ökologische Berechnung wurde der Strommix Deutschland von 2023 angenommen. Wenn sich die THG Emissionen des Strommixes verringern, sinken auch die Emissionen in der Betriebsphase