

UMWELTAUSWIRKUNGEN VON GLEICHSTROMBASIERTEN LADEINFRASTRUKTURSISTEMEN

**Christina Kockel¹,
Benedict J. Mortimer², Rik W. De Doncker², Aaron Praktiknjo¹**

¹ Lehrstuhl für Energiesystemökonomik, ² Institute for Power Generation and Storage System

17. Symposium Energieinnovation
16.-18.02.2022
Graz/Austria

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

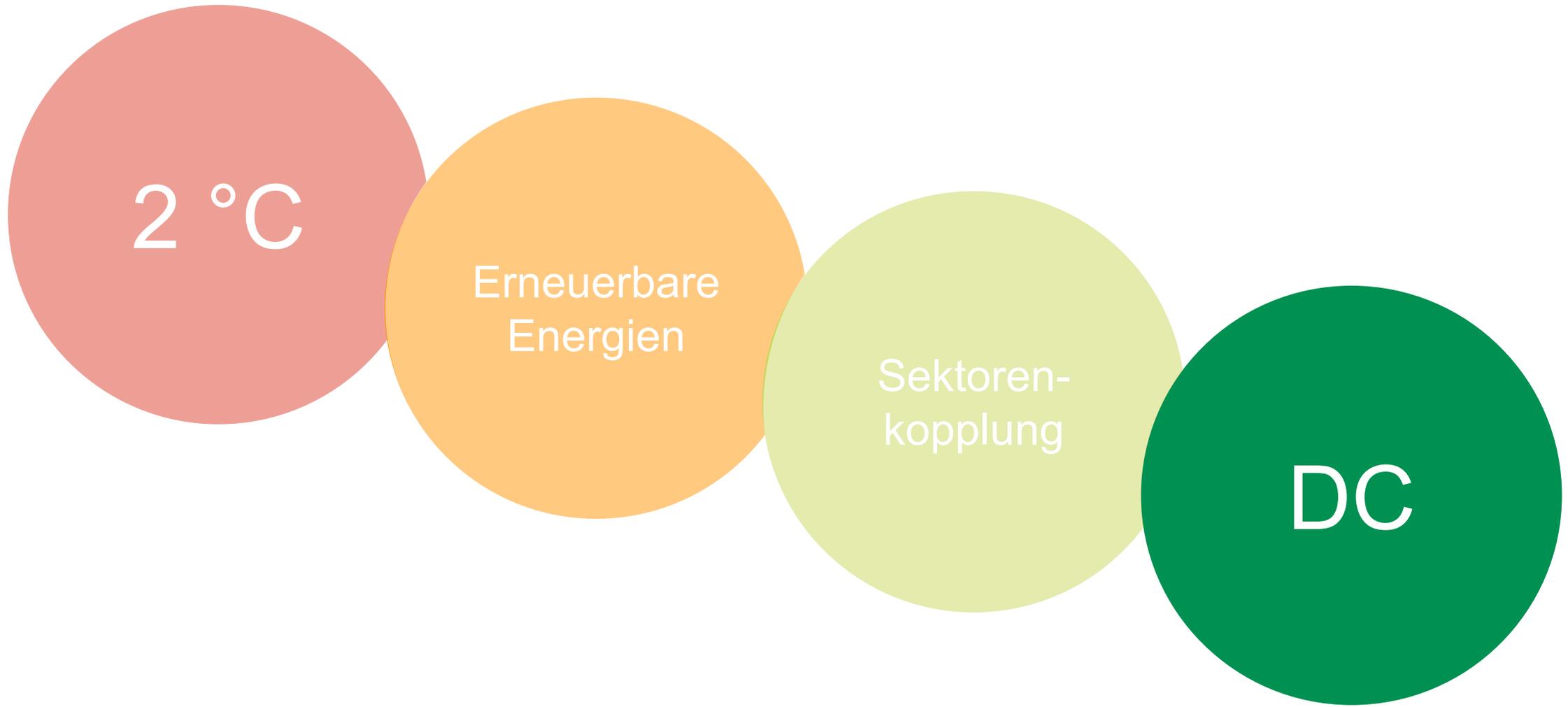
IDEAL

FCN | Future Energy Consumer
Needs and Behavior



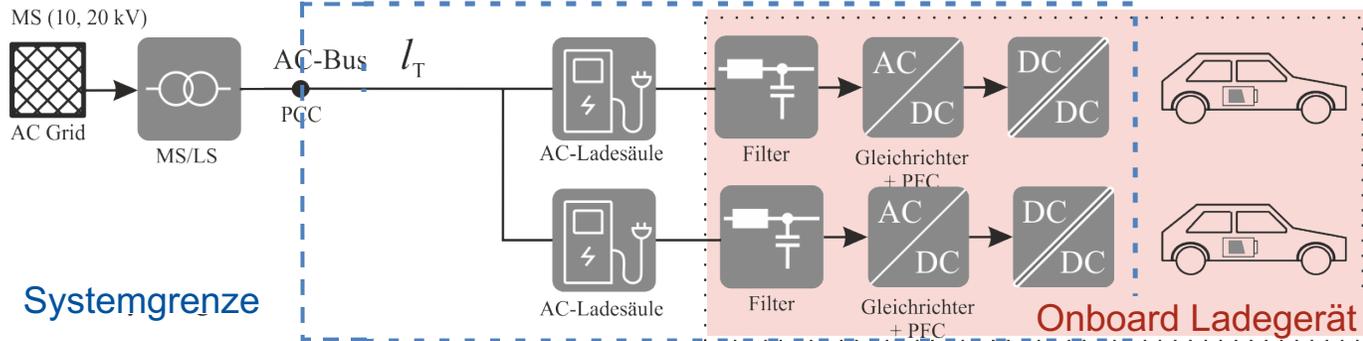
RWTHAACHEN
UNIVERSITY

Klimaziele erfordern neue Lösungen für nachhaltige Energiesysteme



Warum gleichstrombasierte Ladeinfrastruktur?

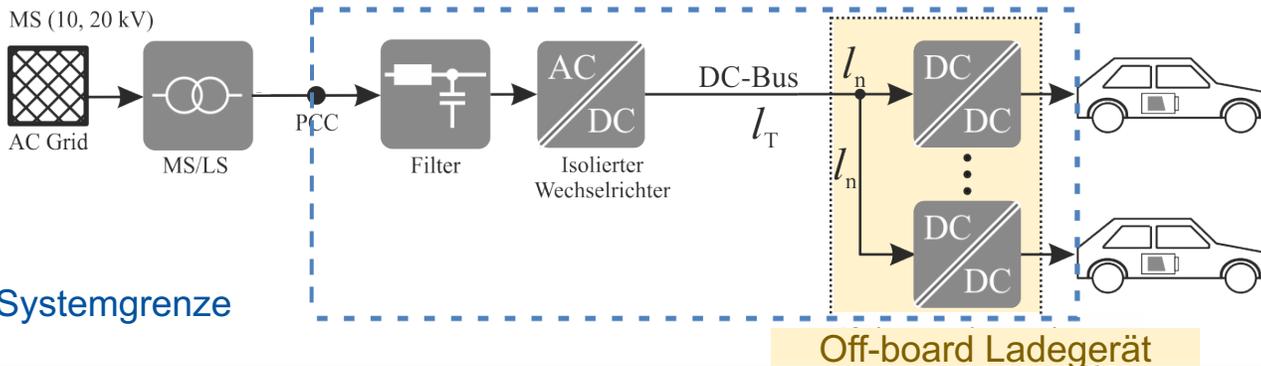
AC-System



Systemgrenze

- **Onboard** Ladegeräte im Fahrzeug
- Laden aus konventionellem **Niederspannungsnetz (400 V)**
- Momentan bis **22 kW Ladeleistung**

DC-System



Systemgrenze

- **Off-board** Ladegeräte in Ladestation
- Höher realisierbare **Spannungen (700 V)**
- Vereinfachte **Systemreglung**
- **Wegfall** einer **Wandlerstufe**
- **Zusätzlicher** Wechselrichter für DC-Bus

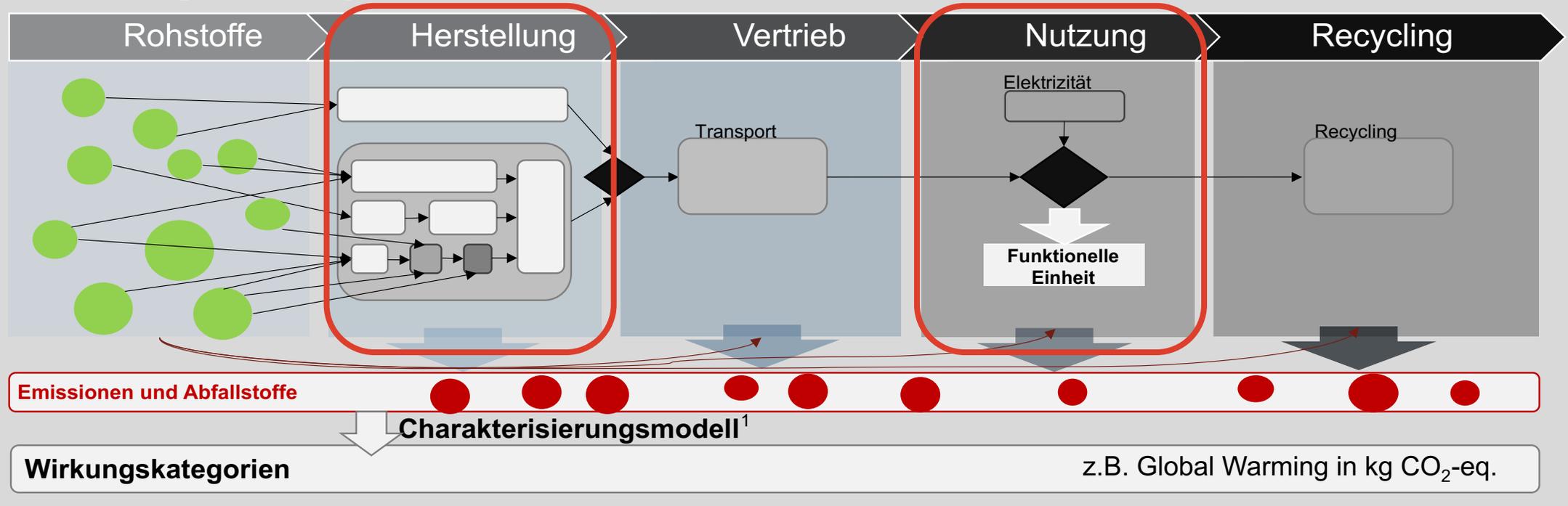
Welche **Umweltauswirkungen** haben gleichstrombasierten Ladeinfrastruktursysteme aus **gesamtsystemischer Sicht** im Vergleich zu wechselstrombasierten Systemen?

Methodisches Vorgehen zur Abschätzung der gesamtsystemischen Umweltauswirkungen

Vergleichende Ökobilanz (Life Cycle Assessment – LCA)

Systemgrenzen und Szenariorahmen

Betrachtung Lebenszyklus



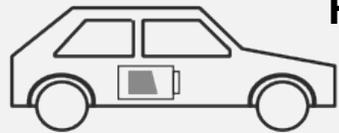
¹(hier verwendete Methode: ReCiPe 2016 Midpoint (H))

Betrachtete Komponenten im systemischen Vergleich

Szenariorahmen

Deutscher Koalitionsvertrag 2021: 15 Millionen vollelektrische PKW und 1 Million Ladestationen bis 2030

AC-System



Fahrzeug

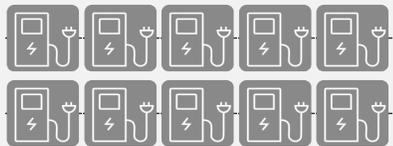
Onboard Ladegerät 22 kW¹

Ladestation



Gehäuse Ladestation¹
AC-Verteilkabel 400 V⁴

Ladepark



AC-Verteilkabel 400 V⁴

DC-System



Fahrzeug

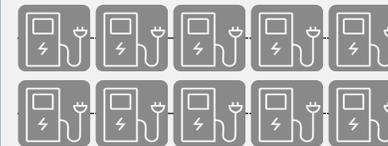
Onboard Ladegerät 3,7 kW¹

Ladestation



Off-board Ladegerät 22 kW¹
Gehäuse Ladestation¹
DC-Verteilkabel 700 V⁴

Ladepark

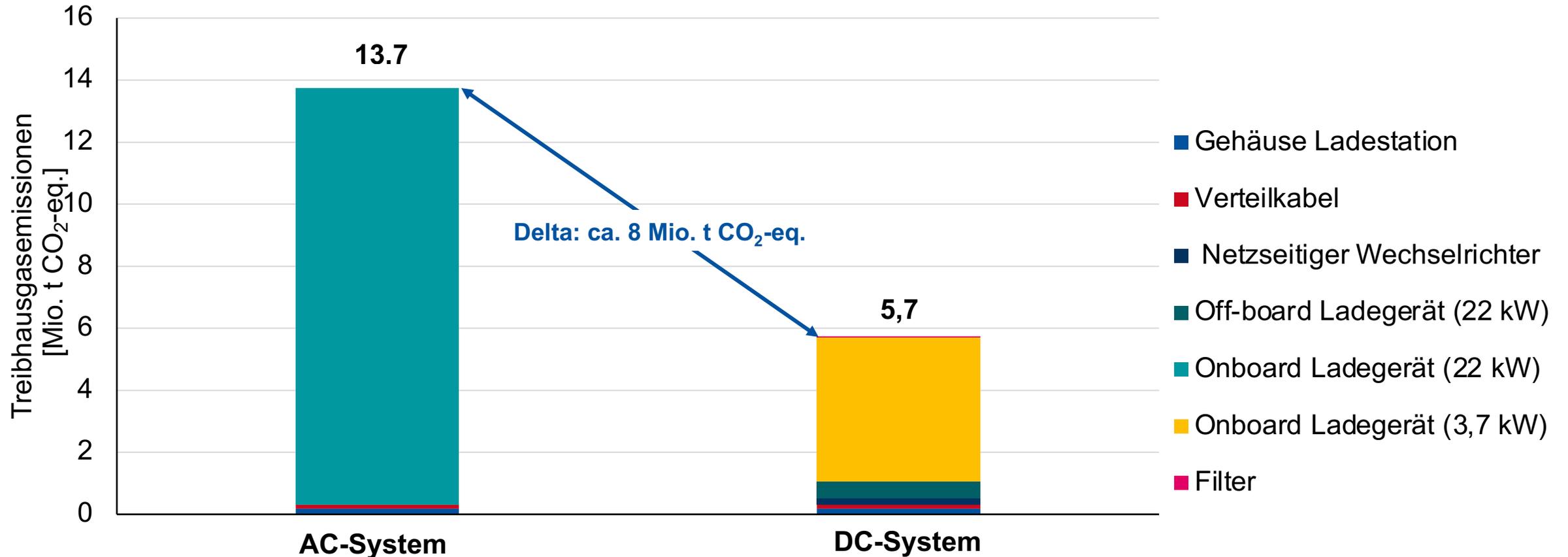


Isolierter netzseitiger
Wechselrichter^{2,3}
DC-Verteilkabel 700 V⁴

Quellen für Sachbilanz: ¹ Kabus et al. (2020); ² Kockel et al. (2022); ³ Nordelöf (2018) und Nordelöf et al. (2019); ⁴ ecoinvent v.3.7.1 Wernet et al. (2016)

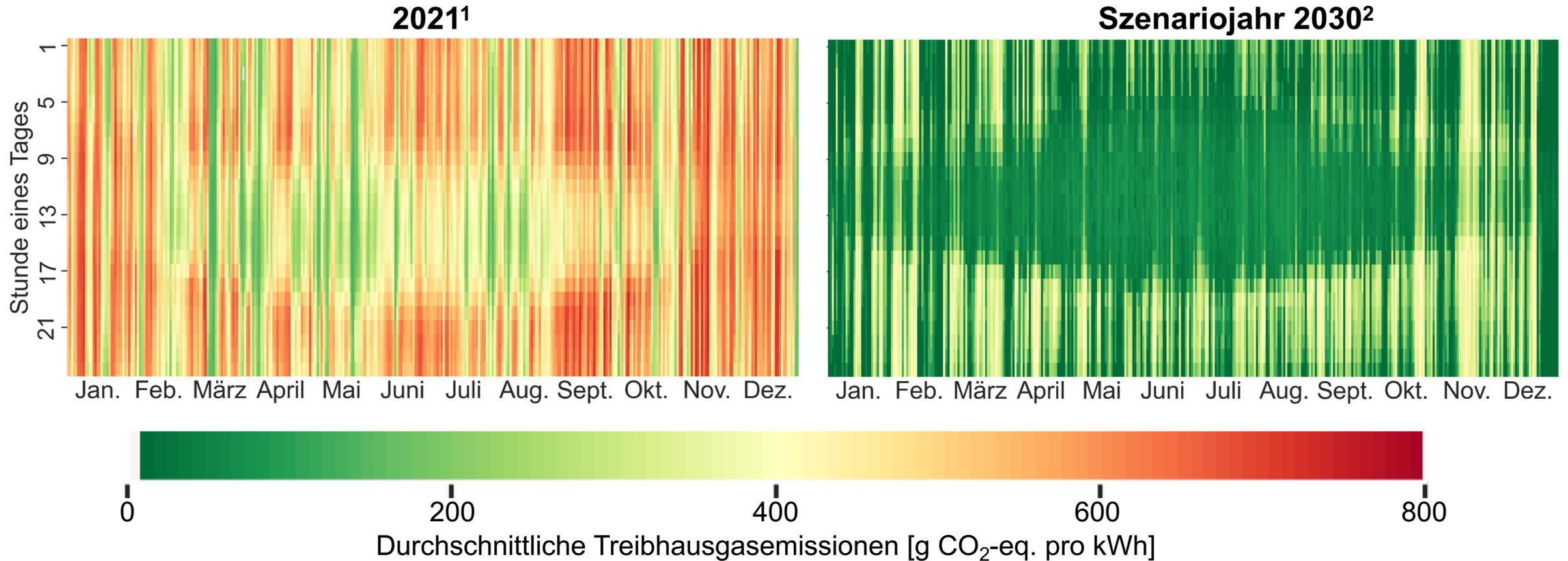
Produktionsphase: Haupttreiber für Treibhausgasemissionen sind Komponenten im Fahrzeug

Treibhausgasemissionen in der Produktion für eine flächendeckenden Ausbreitung eines Systems



Nutzungsphase:

Deutliche Unterschiede innerhalb eines Jahres für stündliche Treibhausgasemissionen

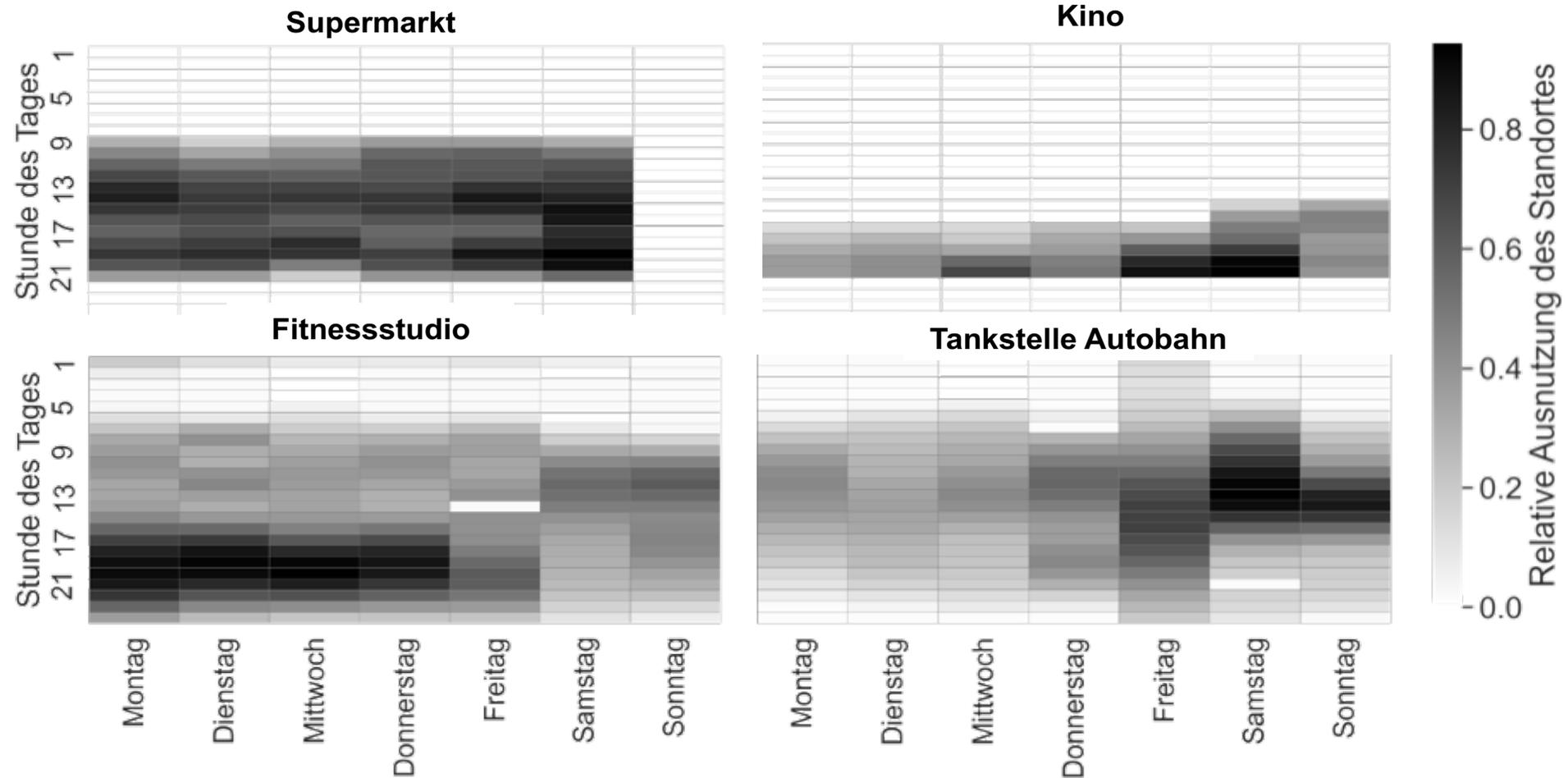


Quellen für den stündlichen Strommix:

¹ Bundesnetzagentur (2022);

² JERICHO-Strommarktmodell (Priesmann et al., 2019) basierend auf dem Netzentwicklungsplan Sz. B, 2035 (NEP, 2021)

Nutzungsphase: Auslastungsprofile von verschiedenen Standorten für erste Analyse



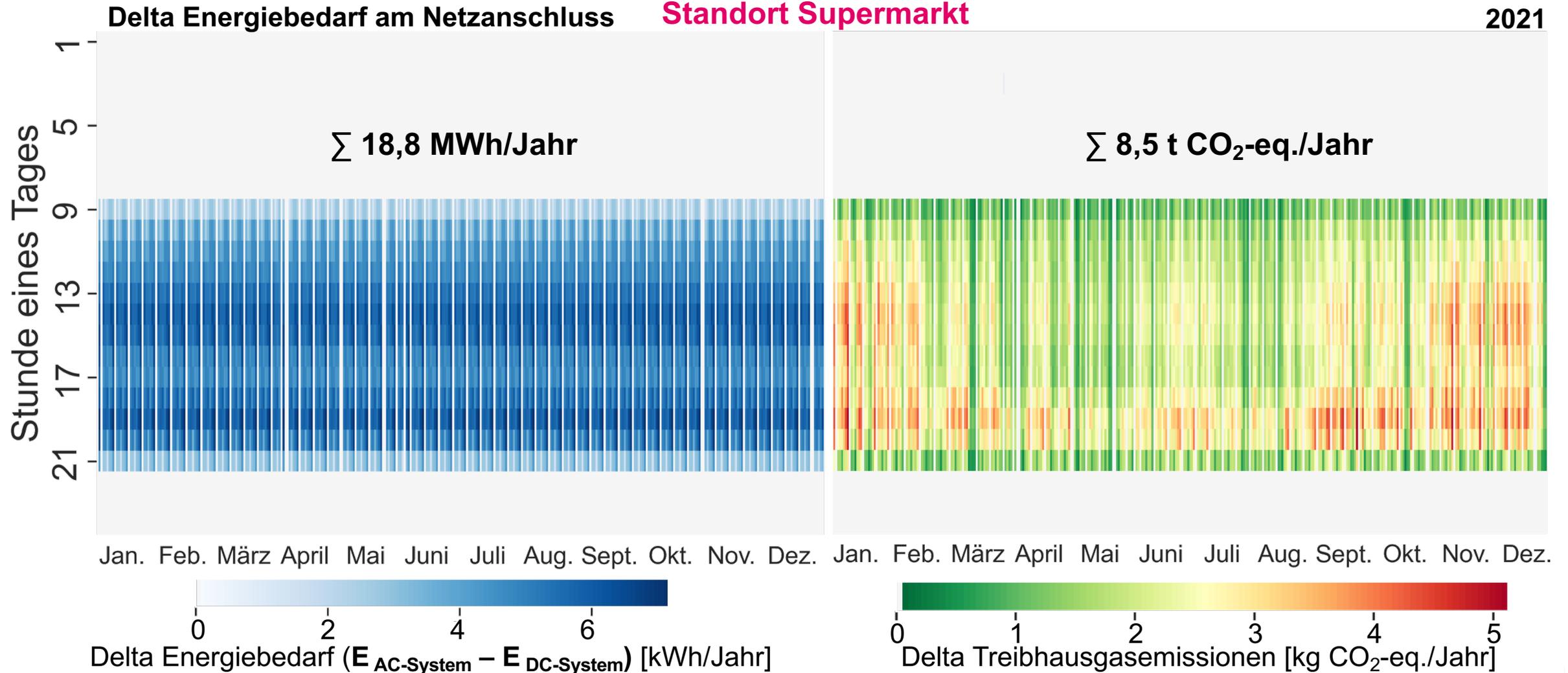
Basierend auf Google Maps Daten von Standorten in Aachen und Umgebung

THGE-Einsparung durch DC-System insbesondere in Abendstunden und Wintermonaten

Ergebnisse für einen Ladepark am Standort Supermarkt

THGE – Treibhausgasemissionen

2021

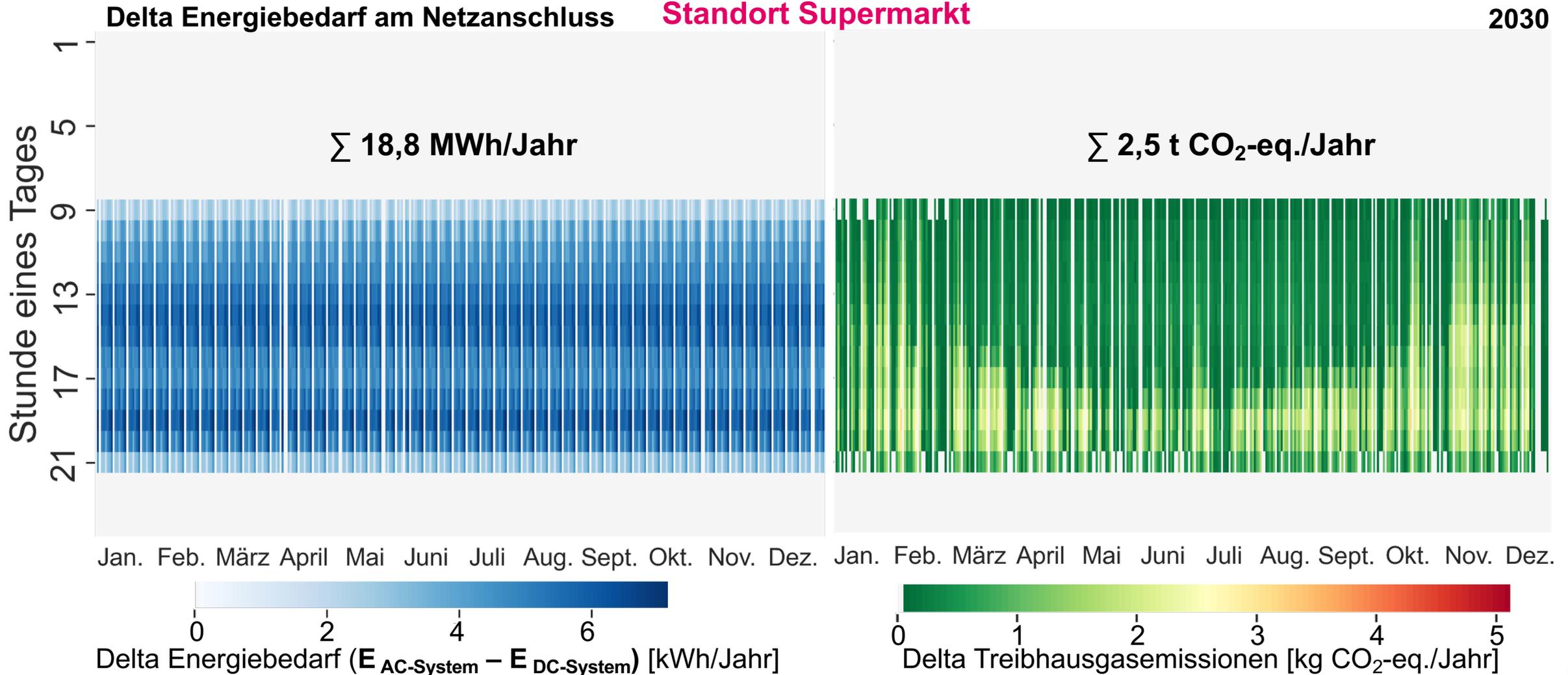


Verringertes THGE-Einsparpotential bei größerem Anteil an erneuerbaren Energien

Ergebnisse für einen Ladepark am Standort Supermarkt

THGE – Treibhausgasemissionen

2030

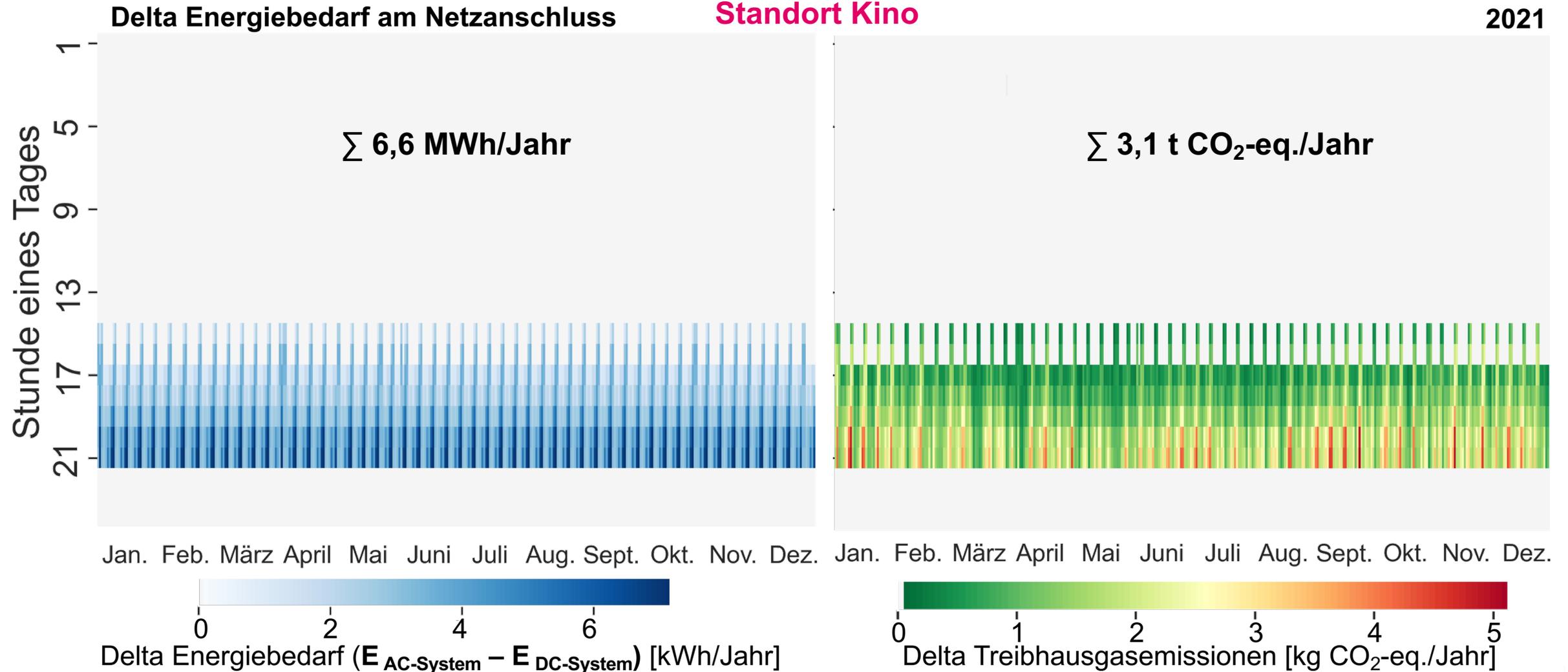


Standorte mit überwiegend Abendnutzungen mit insgesamt mehr THGE beim Laden

Ergebnisse für einen Ladepark am Standort Kino

THGE – Treibhausgasemissionen

2021

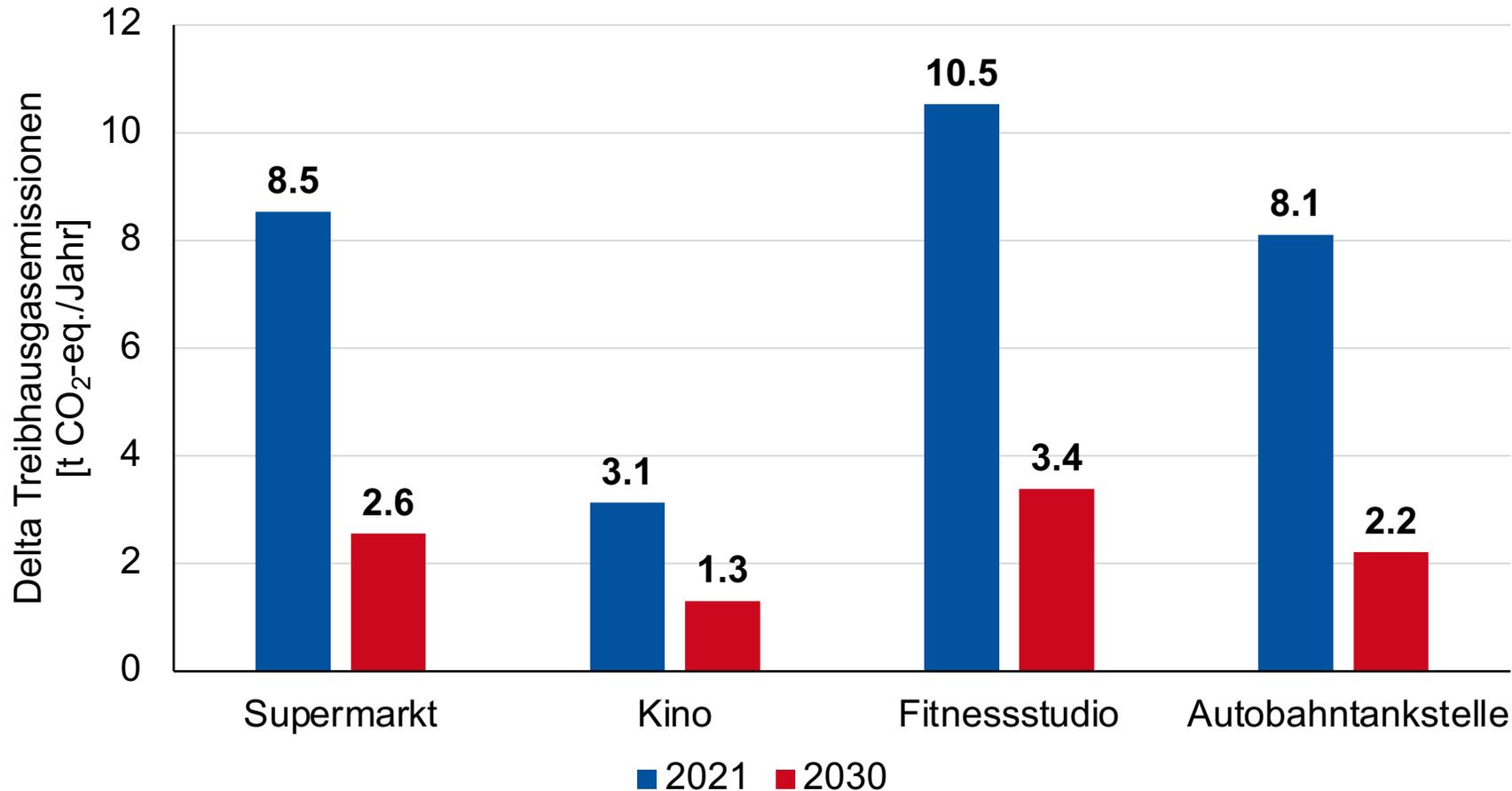


Mehr THGE-Einsparpotential bei Standorten mit hoher Besucherauslastung

Einsparung Treibhausgasemissionen DC-System

THGE – Treibhausgasemissionen

Einsparungen eines Ladesparks für ein Jahr



- **THGE-Einsparung bei Ausführung als DC- statt AC-System**
- **DC-System mit weniger THGE** in allen Betrachtungen
- Mehr **Einsparpotential** und weniger Lebenszyklusemissionen bei **mehr ausgelasteten Standorten**

DC-System mit weniger Umweltauswirkungen bei Produktions- und Nutzungsphase

Zusammenfassung und **Handlungsempfehlungen**

Produktionsphase

- Haupttreiber für Treibhausgasemissionen sind im **Fahrzeug verbaute Komponenten**

▶ **DC-basierte Offboard-Ladekonzepten** für zukünftigen Ladeinfrastrukturausbau auch im 22 kW Leistungsbereichen

Nutzungsphase

- **Strommix** als Haupttreiber für Treibhausgasemissionen
- **DC-System effizienter** in allen Betrachtungen
- **Tagsüber** und in **Sommermonate** weniger Emissionen

▶ Einsatz von **DC-Systemen** an Standorten mit **hohen Auslastungen** insbesondere tagsüber

Weiterer Forschungsbedarf und Umsetzung in Projekt IDEAL geplant

Erste Analyse erweitern um:

- Betrachtung über den **gesamten Lebenszyklus**
 - **Markthochlaufszzenarien** für Elektrofahrzeuge und Ladestationen
 - Energiesystemische **Rückkopplungseffekte**
 - Realistischere **Lastprofile** inkl. **saisonaler Effekte**
- Untersuchung weiterer **Konzepte**
 - Integration von PV-Anlagen
 - **Hochleistungsladen** für **LKWs**
- **Ressourcennutzung**

Forschungsprojekt

IDEAL

Laufzeit: 06/2021 – 05/2024

Innovative DC-Technologie zur nachhaltigen Integration moderner Ladeinfrastruktur für die Elektromobilität (FKZ: 01MV21008A)

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Referenzen

- Bundesnetzagentur, 2022b. SMARD.de – Marktdaten realisierte Erzeugung 2021 [WWW Document]. URL <https://www.smard.de/> (accessed 8.2.22).
- Kabus, M., Nolting, L., Mortimer, B.J., Koj, J.C., Kuckshinrichs, W., De Doncker, R.W., Praktiknjo, A., 2020. Environmental Impacts of Charging Concepts for Battery Electric Vehicles: A Comparison of On-Board and Off-Board Charging Systems Based on a Life Cycle Assessment. *Energies* 13, 6508. <https://doi.org/10.3390/en13246508>
- Kockel, C., Nolting, L., Goldbeck, R., Wulf, C., De Doncker, R.W., Praktiknjo, A., 2022. A scalable life cycle assessment of alternating and direct current microgrids in office
- NEP, 2021. Netzentwicklungsplan Strom 2035. Zweiter Entwurf. Online verfügbar unter https://www.netzentwicklungsplan.de/sites/default/files/paragraphs-files/NEP_2035_V2021_2_Entwurf_Teil1.pdf. Zuletzt abgerufen am 04.10.2021
- Nordelöf, A., 2018. A scalable life cycle inventory of an automotive power electronic inverter unit—part II: manufacturing processes. *Int. J. Life Cycle Assess.* <https://doi.org/10.1007/s11367-018-1491-3>
- Nordelöf, A., Alatalo, M., Söderman, M.L., 2019. A scalable life cycle inventory of an automotive power electronic inverter unit—part I: design and composition. *Int. J. Life Cycle Assess.* 24, 78–92. <https://doi.org/10.1007/s11367-018-1503-3>
- Priesmann, J., Nolting, L., Praktiknjo, A., 2019. Are complex energy system models more accurate? An intra-model comparison of power system optimization models. *Appl. Energy* 255, 113783. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113783>
- Wernet, G., Bauer, C., Steubing, B., Reinhard, J., Moreno-Ruiz, E., Weidema, B., 2016. The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. *Int. J. Life Cycle Assess.* 21, 1218–1230. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1087-8>

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

UMWELTAUSWIRKUNGEN VON GLEICHSTROMBASIERTEN LADEINFRASTRUKTURSISTEMEN

Christina Kockel, Benedict J. Mortimer, Rik W. De Doncker, Aaron Praktiknjo
RWTH Aachen

17. Symposium Energieinnovation
16.-18.02.2022
Graz/Austria

IDEAL

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages