



Simulation based Analysis of Car-Sharing Electrification in Lübeck

Simulationsbasierte Analyse von Car-Sharing Elektrifizierung in Lübeck

Aliyu Tanko Ali, **Andreas Schuldei**, Martin Sachenbacher, Martin Leucker
Universität zu Lübeck

Warum? Klimawandel!

Die Energiewende erfordert Umstieg auf CO₂-freier Energie.

Speicherung elektrischer Energie ist eine Schlüsselfrage.

Mobilitätswende ist ~ ein Viertel des Volumens der Energiewende.

E-Car-sharing ist ein separates und einfach zu erforschendes Teilgebiet.

Elektroautos sind die Schnittmenge von Energiespeicherung und Mobilität -
V2G Technologie



Forschungsprojekt MASIRI



Simulation von Car-Sharing Benutzung im Hinblick auf die Energiewende

- Elektroautos laden langsamer als Verbrenner tanken.
- Geringere Reichweite

Benutzerverhalten im großen Maßstab kann das Stromnetz über- oder entlasten.

Schleswig-Holstein Car-Sharing elektrifiziert

„Was wäre, wenn wir alle Car-Sharing Autos mit Verbrennungsmotor mit einem äquivalenten Elektroauto ersetzen würden?“

158k historische Buchungen Januar 2018 bis Juni 2020 (Kiel, Lübeck, Preetz, Plön)



Randbedingungen der Simulation

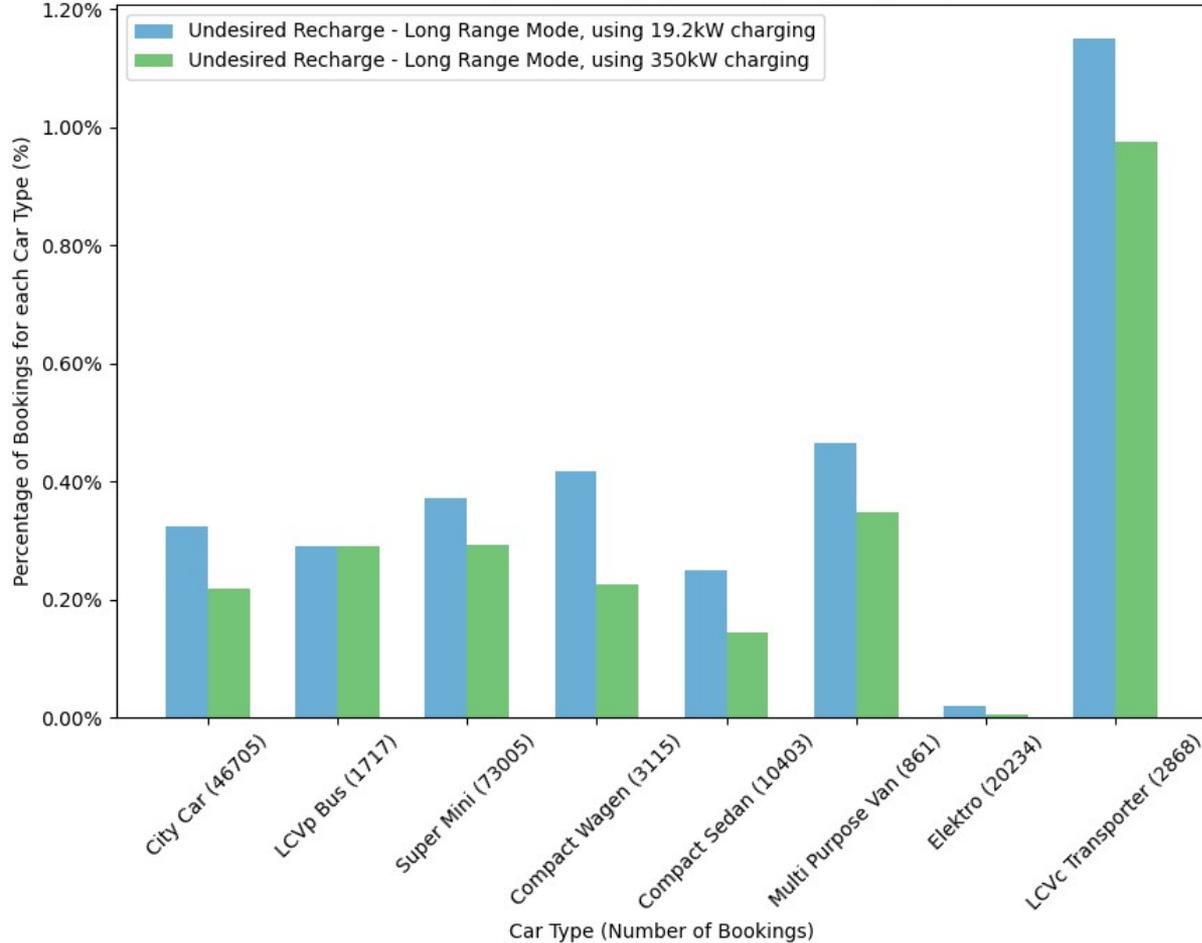
- Einfaches Laden: Bei Ende der Fahrt: Laden was die Ladestation/Batterie erlaubt, bis sie voll ist oder die nächste Fahrt beginnt.
- Langstreckenfahrten müssen mit $\frac{1}{4}$ Batterieladung zurückgegeben werden.
- Benutzer geben beim Buchen die korrekte Distanz an.
- lineares Lade- (kW/h) und Verbrauchsverhalten (kW/km)
- Buchungen werden historisch (gleicher Autotyp, gleiche Strecke, gleiche Zeiten) durchgeführt.
- Das Stromnetz kann die benötigte Energie liefern.

Autotyp	Batterie (kWh)	Reichweite (km)	Verbrauch (kWh/km)
Bus	50	120	0,43
Super Mini	36	130	0,27
City Car	36	125	0,29
Multi Purpose Van	50	150	0,34
Compact Sedan	40	125	0,32
Compact Wagen	50	100	0,5
Transporter	33	80	0,43

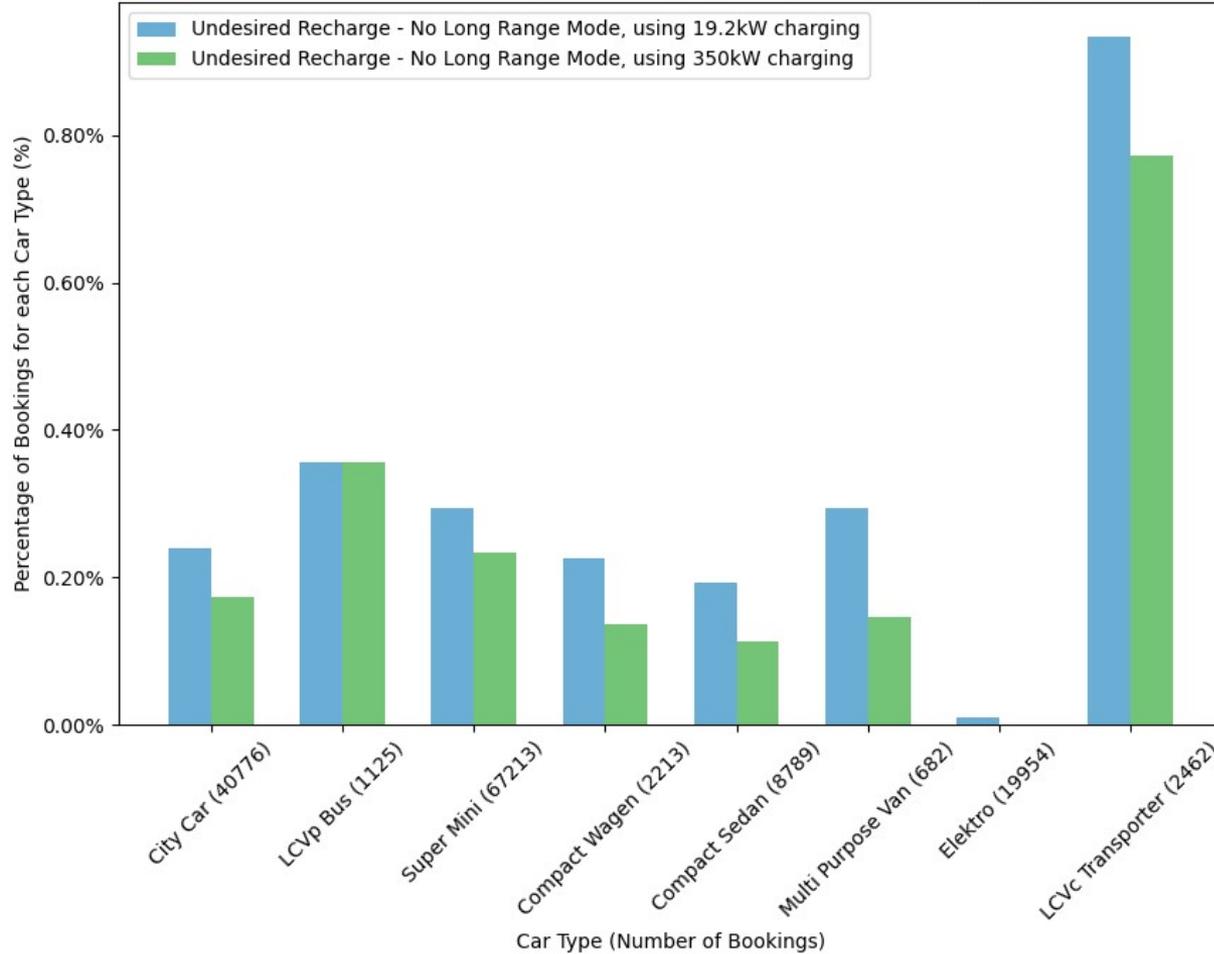
Simulationsergebnisse in Zahlen

	Ladeleistung 19.2kW	Ladeleistung 350kW
Nur Kurzstrecke möglich 158908 Buchungen	349 unerwünschte Ladevorgänge 89,9% Verfügbarkeit	265 unerwünschte Ladevorgänge 89,95% Verfügbarkeit
Ohne Langstrecken 143214 Buchungen	349 unerwünschte Ladevorgänge 99,75% Verfügbarkeit	265 unerwünschte Ladevorgänge 99,81% Verfügbarkeit
Langstrecke normal 158908 Buchungen	507 unerwünschte Ladevorgänge 99,68% Verfügbarkeit	374 unerwünschte Ladevorgänge 99,76% Verfügbarkeit

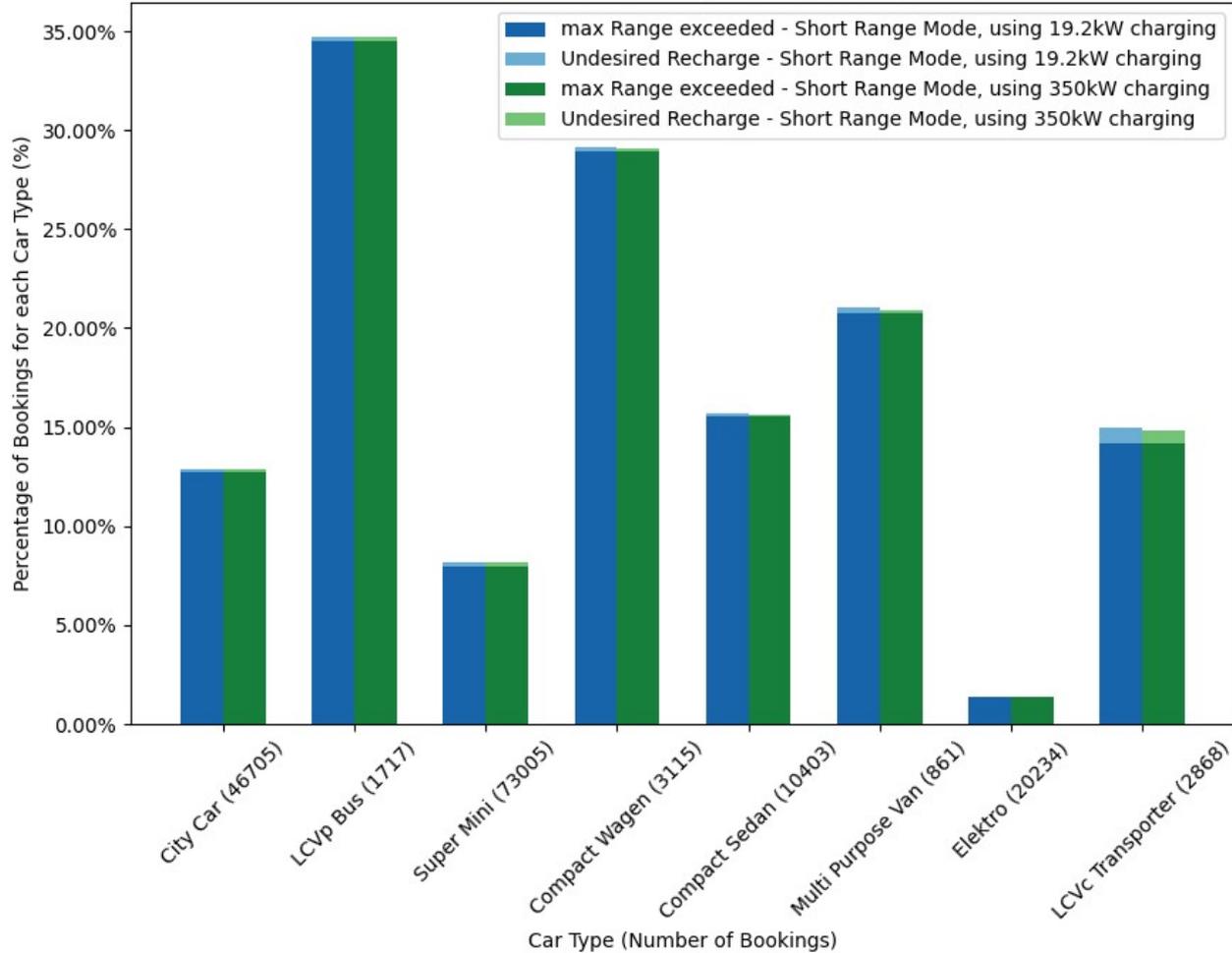
Percent of total Bookings by Car Type, treating long range trips as normal



Percent of total Bookings by Car Type, disregarding long range trips



Percent of total Bookings by Car Type, flagging long range trips

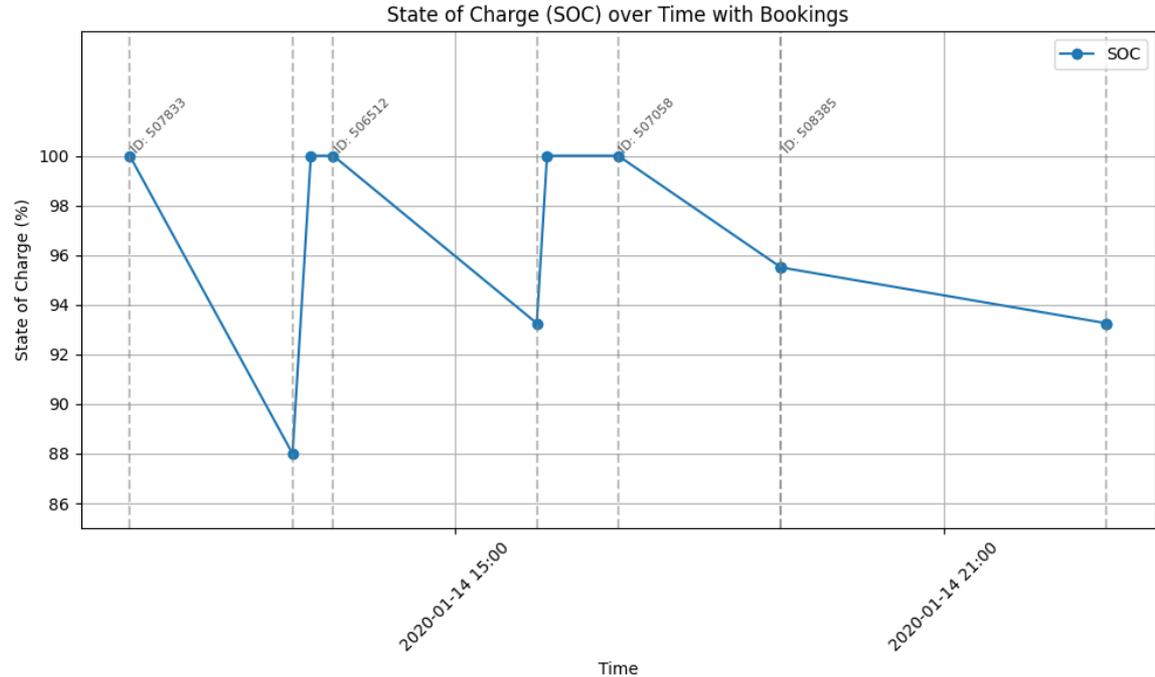


Buchungsketten

Buchungskette: „Aufeinander folgende Buchungen des selben Autos, mit Pausen kürzer als

$$T_{Pause} = \frac{C_{Batterie}}{P_{Laden}}$$

- einfach zu berechnen
- unabhängig von der Ladestrategie
- nur notwendige Bedingung



Kennwerte und Indikatoren

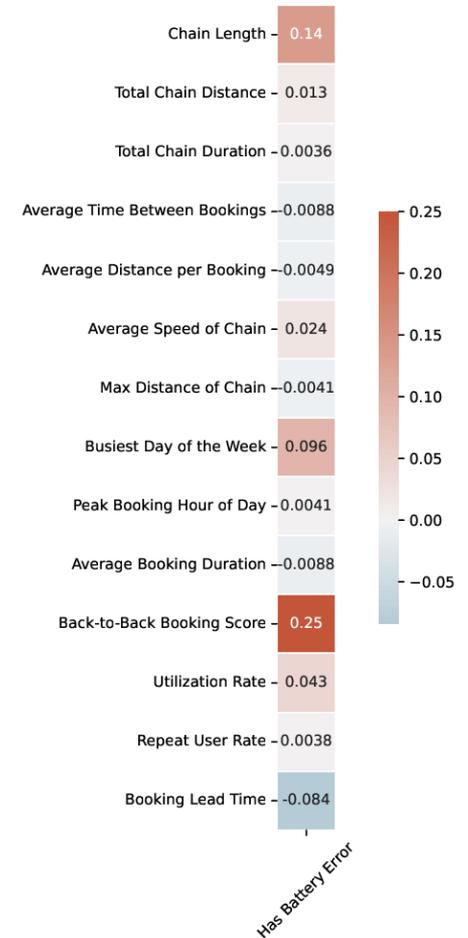
Kennwerte, die mit Buchungen mit Batterie-Kapazitäts-Überschreitungen korrelieren

“*Chain Length*”: Anzahl der Buchungen in der Kette

“*Busiest Day of the Week*”: Buchung findet am belebtesten Tag der Woche statt

“*Back-to-Back Booking Score*”: Anzahl der Buchungen ohne Pause zur nächsten Buchung/Kettenlänge

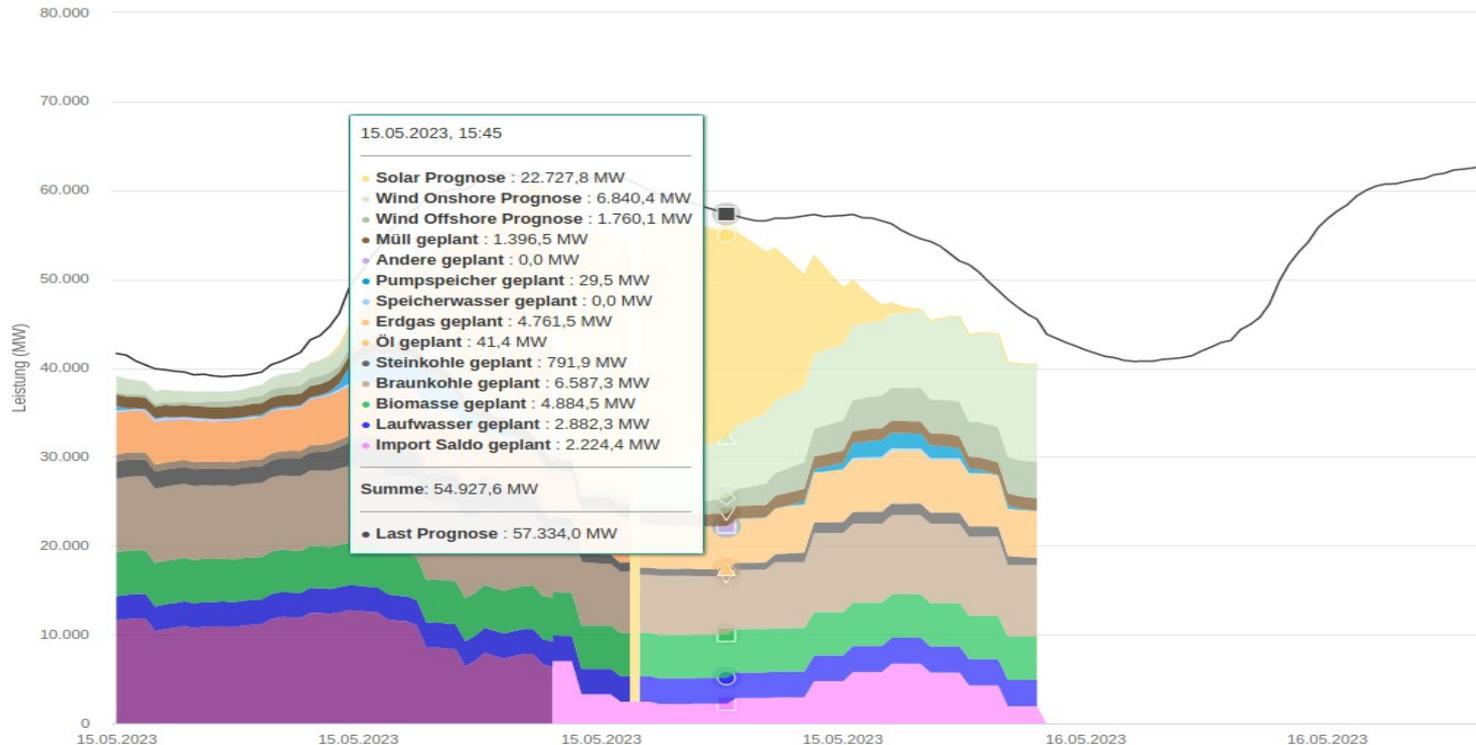
“*Booking Lead Time*”: Vorlaufzeit der Buchung



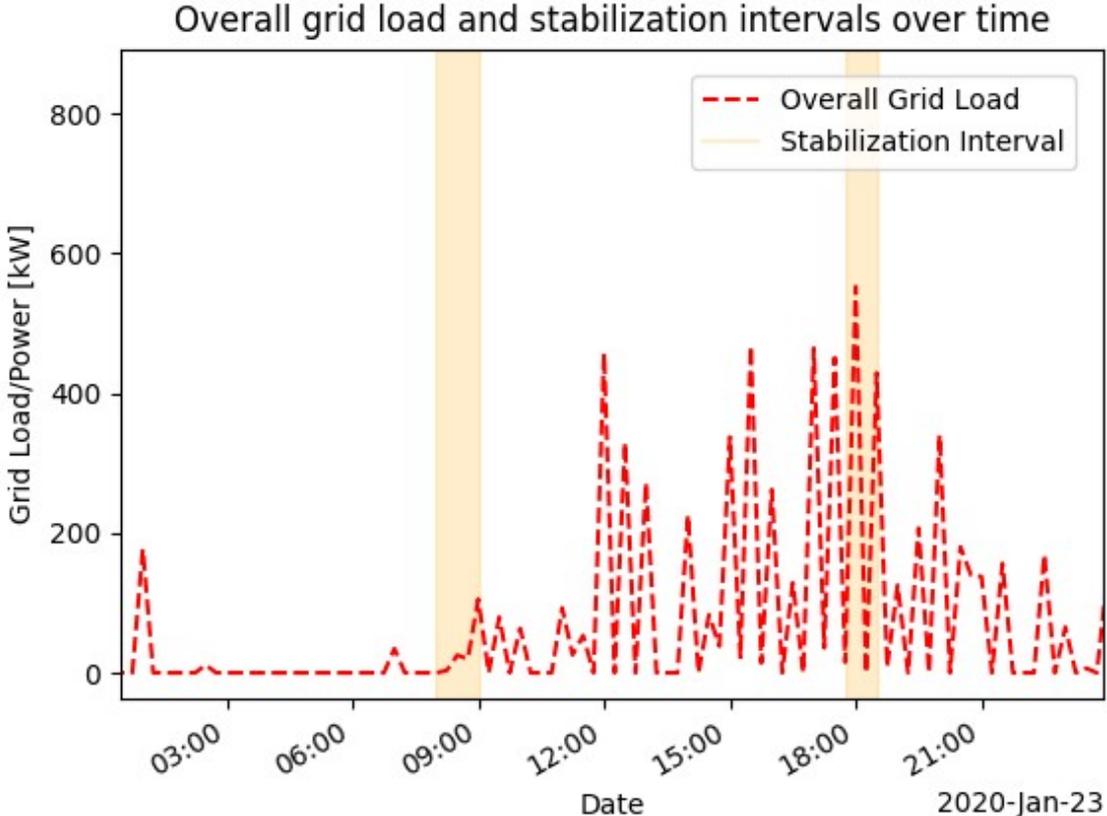
Daten zu Deutschlands Stromnetz: energy-charts.info

Öffentliche Nettostromerzeugung in Deutschland in Woche 20 2023

Energetisch korrigierte Werte



Belastung des Stromnetzes



Ausblick

Möglicherweise Zusammenarbeit mit Car-Sharing-Meta-Dienstleister zur Verfeinerung der Kennwerte

Simulation mit intelligenter Lade-Planung

- Zeitlichen Lastverschiebung, passive Berücksichtigung der Stromnetz-Stabilität
- Berücksichtigung des Strompreises
- aktive Stabilisierung des Stromnetzes (V2G, Zurückübertragung der Energie ins Stromnetz)

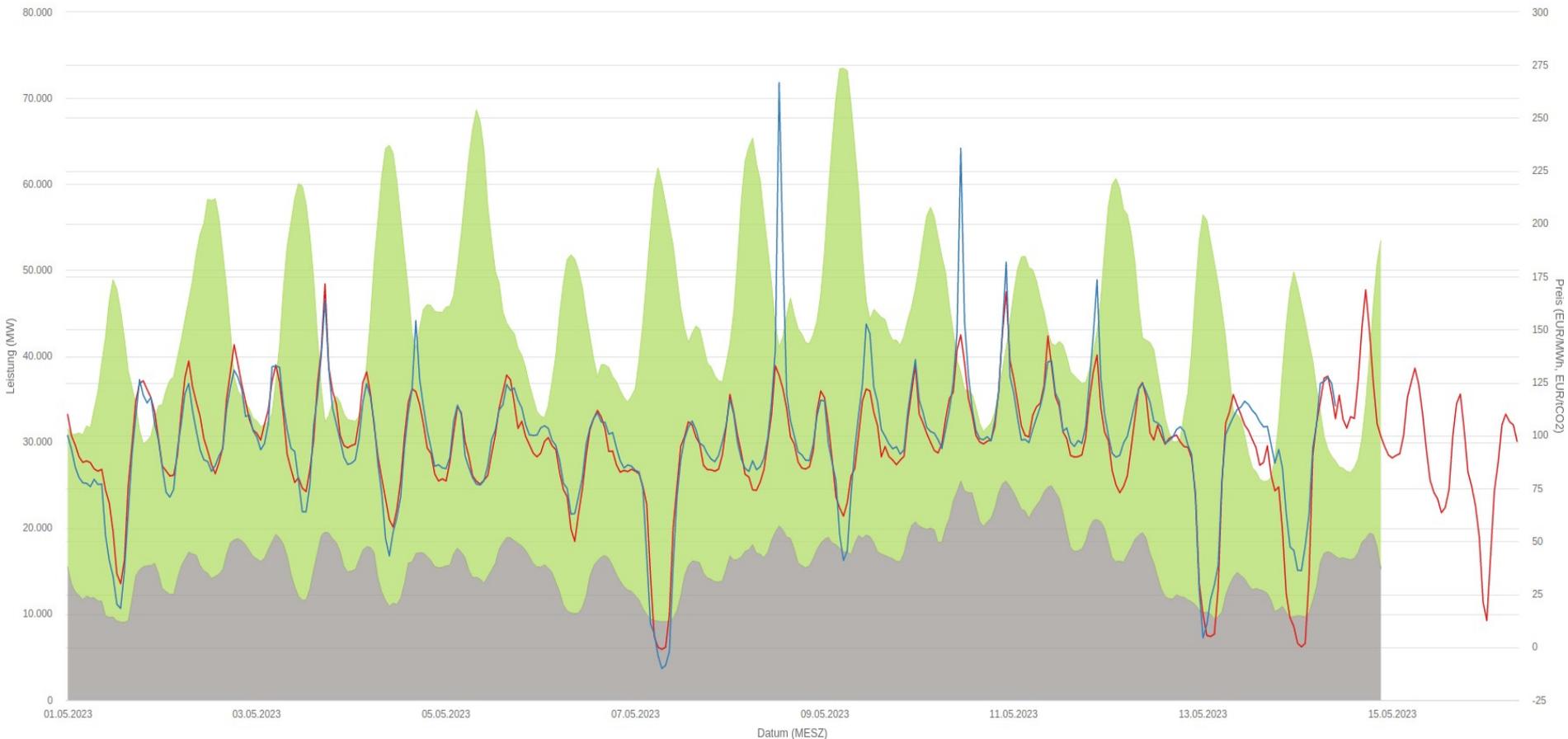
Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Zeit für Fragen!

Schlußfolgerungen

- Multi-Agenten-Simulation historischer Buchung zeigt, dass Umstieg auf Elektroautos möglich ist.
- Buchungen in zusammenhängenden Buchungsketten können problematisch sein.
- Wenige Buchungsketten ohne Pausen korrelieren mit wenig Problemen beim Umstieg.

Stromproduktion und Börsenstrompreise in Deutschland im Mai 2023



● Import Saldo
— Intraday kontinuierlich, Durchschnittspreis
— CO2 Emissionszertifikate, Auktion EU
● Nicht Erneuerbar
— Intraday kontinuierlich, Niedrigstpreis
● Erneuerbar
— Intraday kontinuierlich, Höchstpreis
— Last
— Intraday kontinuierlich, ID1-Preis
— Last Prognose
— Intraday kontinuierlich, ID3-Preis
— Day Ahead Auktion
— CO2 Emissionszertifikate, Auktion DE

Example from a practical implementation

