

Netzdienlicher Betrieb von Elektrofahrzeugen: Anforderungen an die Technologie und Mehrwert des bidirektionalen Ladens

Mobilitätsgespräche 2022

Hochschule Luzern, Campus Horw
16. November 2022

Dr. Severin Nowak

Senior Wissenschaftlicher Mitarbeiter, IET
Hochschule Luzern, Technik & Architektur

severin.nowak@hslu.ch

Technik und Architektur, Campus Horw

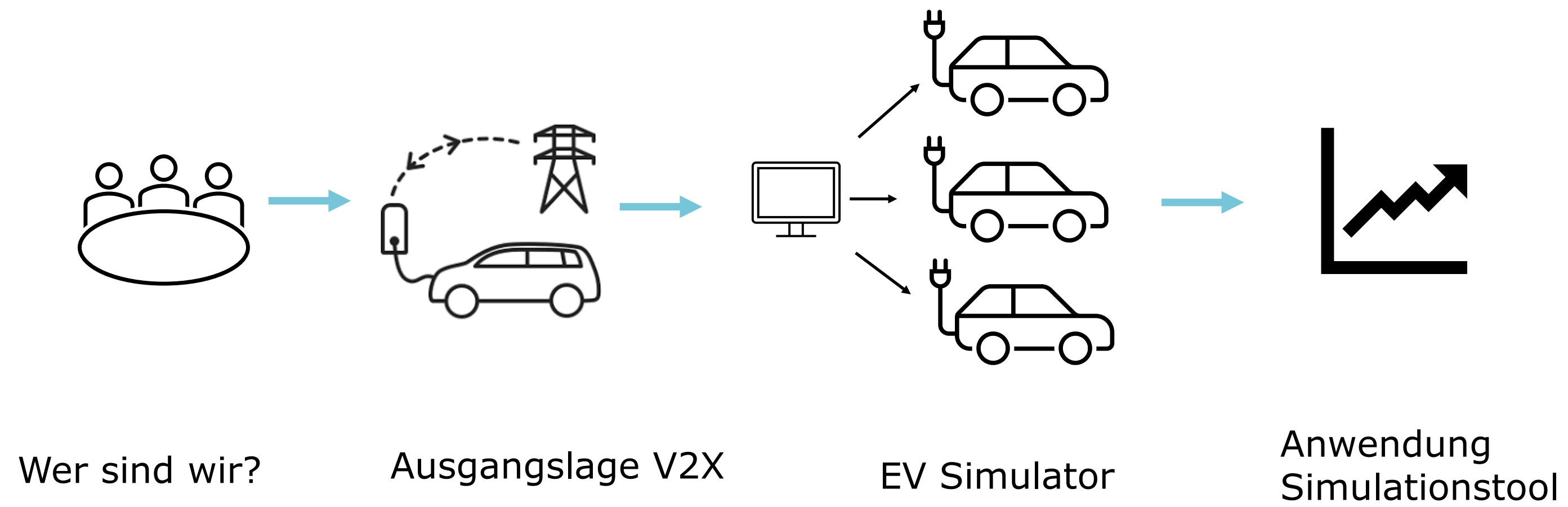
November 18, 2022



Projekt Team (HSLU):

Severin Nowak
Braulio Barahona Garzon
Martin Friedli
Ben Bowler
Antonis Papaemmanouil

Übersicht



Wer sind wir?

CC DEEP (Digital Energy and Electric Power)

Angewandte Forschung

- Digitalisierung von Planung, Betrieb und Instandhaltung von Stromnetzen
 - Smart Meter Datenverarbeitung
 - Integration Elektromobilität, Erneuerbare etc.
 - Verbrauchsanalysen/-prognosen, Netzanalysen
- Lokale Energiemärkte
- Edge-computation/Edge-intelligence
- Daten Management, Wertschöpfung und Privacy
- Cybersecurity und Systemresilienz
- Antriebe und elektrische Maschinen

Erfahrung

- Energiesysteme
- Datenanalyse (AI, ML)
- Dezentrale Datenverarbeitung (incl. ML)
- Systemintegration
- Kommunikationsschnittstellen

«Living Lab»



Smart meter	Roof-PV	Component validation
IoT	V2X	BACNET test facility
EV charging stations	Analytics sandboxes	Market sandboxes

Vorhandene Infrastruktur

- IoT Infrastruktur
- 8 EV Ladestationen (2 bidirectional)
- 11kWp + 10kWp Onsite PV
- Datenanalyse Tools & AI Sandboxes
- Smart Meter Lab
- Komponenten Validierung and BACNET Testlabor

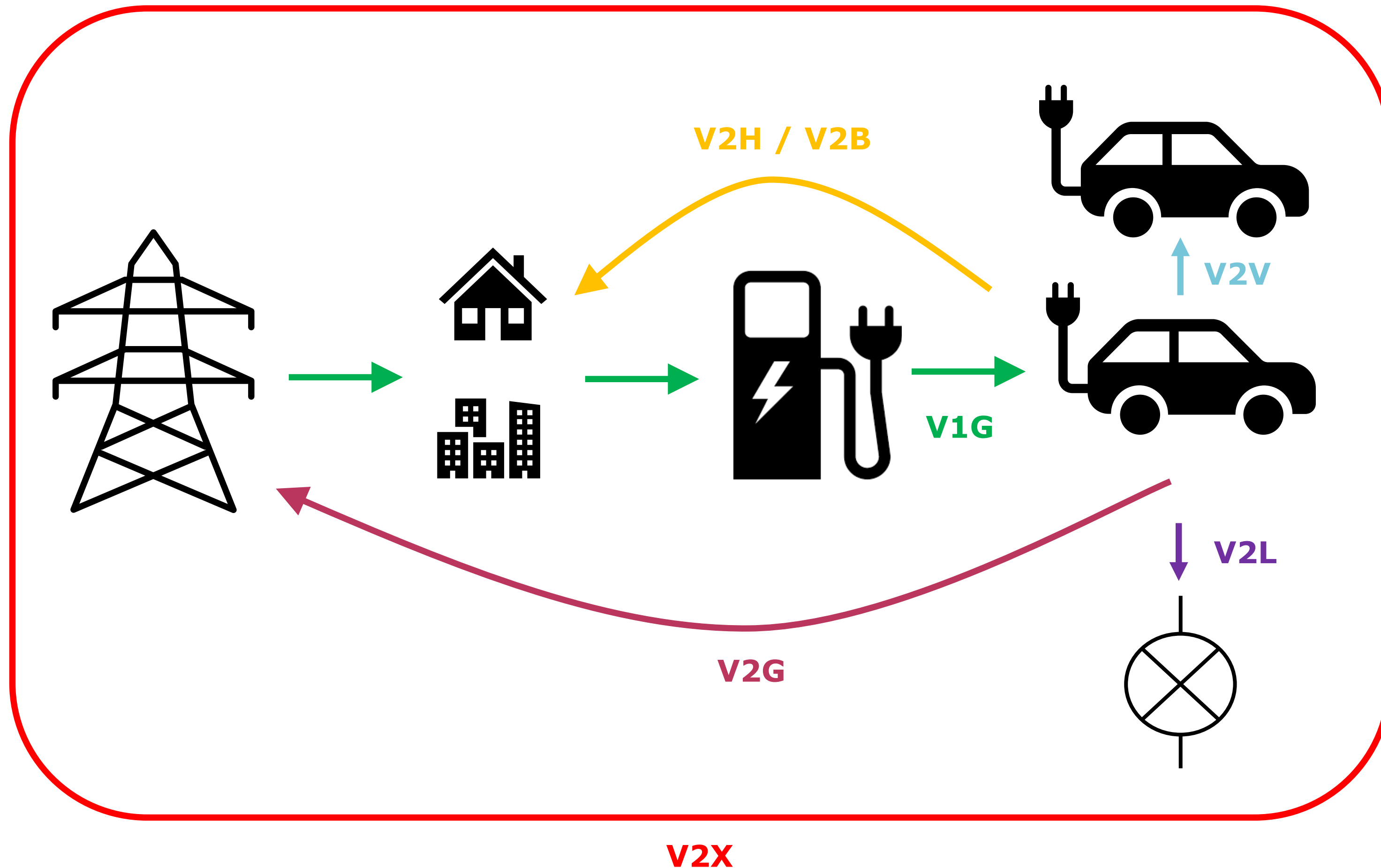
Ausgangslage V2X (1/2) - Verschiedene Technologien zur Kurzzeit-Speicherung

Storage Technology	Cost of Storage		Response Time	Roundtrip Efficiency	Cost to Match U.S. V2G Capacity (\$bn)
	\$/kW	\$/kWh			
V2G	N/A	1–40	A few seconds	70–85%	N/A
<i>Hydrogen</i>	1500–3200	260–540	Seconds to minutes	40%	\$6200
<i>Purpose-built Batteries</i>	1100–2500	500–800	A few seconds	70–90%	\$7020
<i>Flywheels</i>	870	4800	A few seconds	94%	\$41,200
<i>Power-to-Gas</i>	850	N/A	Seconds to minutes	50%	\$2300
<i>Compressed Air Energy Storage</i>	900-1300	40–109	9–12 min	70–90%	\$2800
<i>Pumped Hydroelectric</i>	1400	68	A few seconds to minutes	70–82%	\$4300

V2X / V2G ist attraktivste Technologie für Kurzzeit-Speicher

- Geringe Kosten, kurze Reaktionszeiten, hoher round-trip Wirkungsgrad

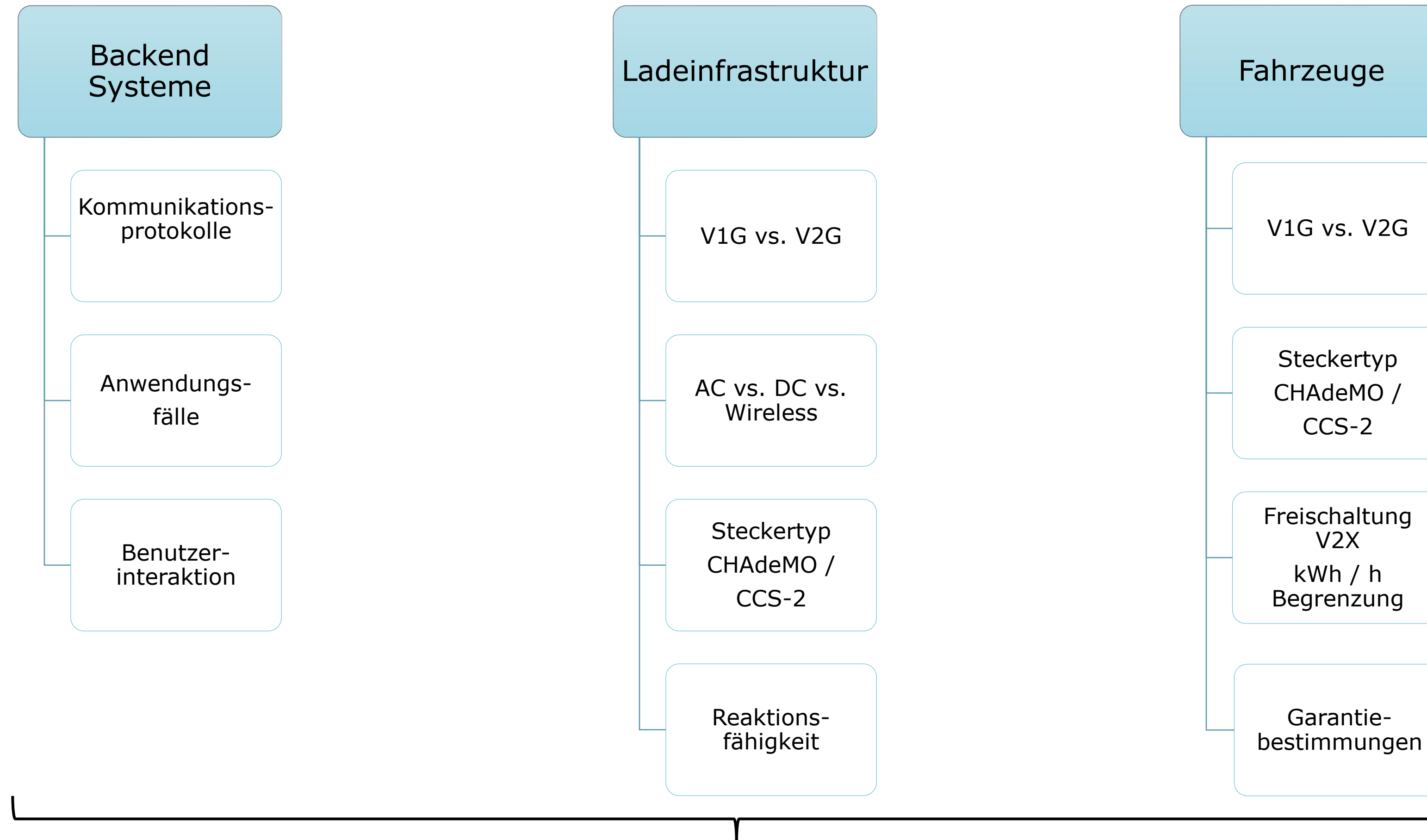
Ausgangslage V2X (1/2) – Verschiedene Anwendungsfälle



Anwendung	Zweck	Beispiel
Normales Laden	-	-
Smart Charging V1G	Zeitlich optimiert	Peak shaving
V2H / V2B	Lokale Einspeisung	Eigenverbrauchs-optimierung
V2G	Netzurückspeisung	Netzdienste z.B. Regelleistung
V2V	Anderes Fahrzeug laden	2. Fahrzeug laden
V2L	Verbraucher netzentkoppelt,	Notstromversorgung
V2X	Sammelbegriff, Kombination	Everything!

Netzdienlich kann auch unidirektional sein, darum V1G.

Ausgangslage V2X (2/2) – Anforderungen an Technologie



Zusätzliche Herausforderungen:

- Regulatorische
- Wirtschaftlich
- Geschäftsmodelle
- Soziale Aspekte

Interoperabilität/Integration erforderlich
Stand heute keine «One Solution fits all»

EV Simulator

Idee:

- Komplexe Szenarien mittels Simulationsumgebung abbilden
- Parameter
 - Strompreise (Laden/Entladen)
 - Fahrzeugkonfiguration (Anzahl Fahrzeuge, Ladeleistungen, Batteriekapazität,...)
 - Fahrzeugnutzung (verschiedene Fahrprofile)

Outputs:

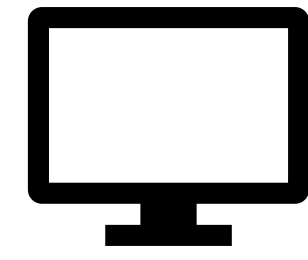
- Stromkosten
- Einnahme durch «Flexibilitätsbereitstellung»
- Pro Fahrzeug: Anzahl Ladezyklen, Verbrauch, Einspeisung,...

EV Simulator

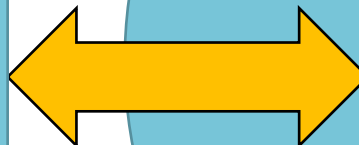
- Idee:**
- Komplexe Szenarien mittels Simulationsumgebung abbilden
 - Komplett parametrierbar:
 - Strompreise/Fahrzeugkonfiguration

Simulator Konfiguration

```
POST /simulation/config/ Post Simulation Config
{
  "start_date": "2021-04-01T00:00:00",
  "end_date": "2021-04-30T00:00:00",
  "timestep_s": 1800,
  "bid_kw": 1000,
  "n_ev": 4,
  "n_evse": 3,
  "capacity": 40,
  "eta": 0.9,
  "power_limits_ev":
  { "max_setpoint": 10,
    "min_setpoint": -10 },
  "power_limits_evse":
  { "max_setpoint": 10,
    "min_setpoint": -10 },
  "driving_profile": "CarSharingDrivingProfile",
  "mean_driven_distance_km_night": 10,
  "mean_driven_distance_km_day": 30,
  "prob_leaving_night": 0.05,
  "prob_leaving_day": 0.5,
  "frequency_file_id": 1,
  "frequency_file_offset_seconds": 0,
  "trips_file_id": 0,
  "trips_file_offset_seconds": 0,
  "fcr_clearing_prices_file_id": 2,
  "fcr_clearing_prices_file_offset_seconds": 0,
  "setpoint_deadband": 1.4,
  "setpoint_quantization": 0.1,
  "energy_feed_in_tariff": 0.08,
  "energy_tariff": 0.25
}
```



RestAPI



Cloud-basierter – EV Simulator



Laden/Speichern vorkonfigurierte Simulation
Laden/Speichern Flottenkonfiguration

Client

Server

EV Simulator

Simulator Resultate

GET /simulation/metrics/

```
{  
  "number_of_setpoint_accuracy_violations": 0,  
  "cumulated_charge_expenses": 0,  
  "cumulated_feedin_income": 0,  
  "cuulated_fcr_income": 0,  
  "number_of_changed_setpoints": 0  
}
```

Abfrage Fahrzeugstatus

GET /fcr_pool/ev-status/{asset_id}

```
{  
  "id": 0,  
  "max_setpoint": 0,  
  "min_setpoint": 0,  
  "setpoint": 0,  
  "setpoint_deadband": 1.4,  
  "setpoint_quantization": 0.,  
  "soc_kwh": 17.5,  
  "capacity": 35,  
  "plugged": true  
}
```

Client

RestAPI

Cloud-basierter – EV Simulator

EV / EVSE Parameter

Batterie Kapazität

Ladeleistung

Sollwert Limiten

V1G vs. V2G

Fahrverhalten

Ø km/Zeit
Wahrscheinlichkeit

Nutzerprofile
Car sharing
Home / Work

Import reale
Buchungen/
Verfügbarkeiten

Netz/Flotten Parameter

Flotten-
konfiguration
Flottengrösse

Dispatching
Algorithmen

Netztopologie*

Markt- konfiguration

Stromkosten,
Einspeise-
vergütung,
Clearingpreis

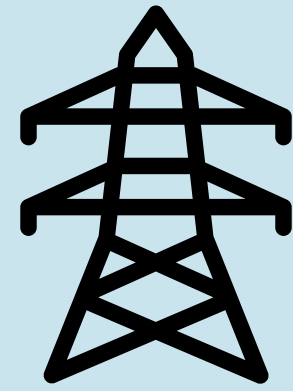
Benutzer-
definierte
Kosten-
szenarios



Laden/Speichern vorkonfigurierte Simulation
Laden/Speichern Flottenkonfiguration

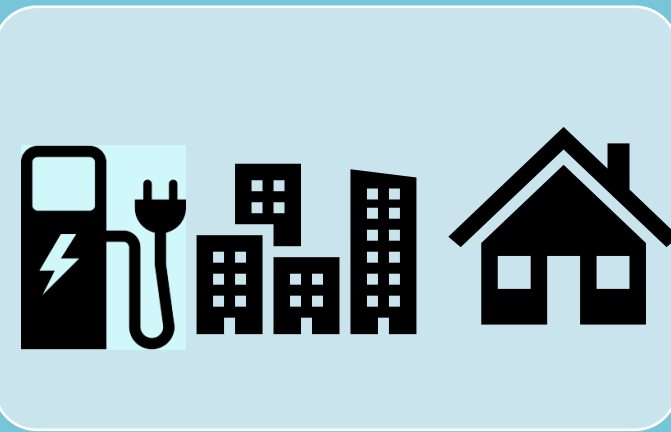
Server

EV Simulator – User Stories



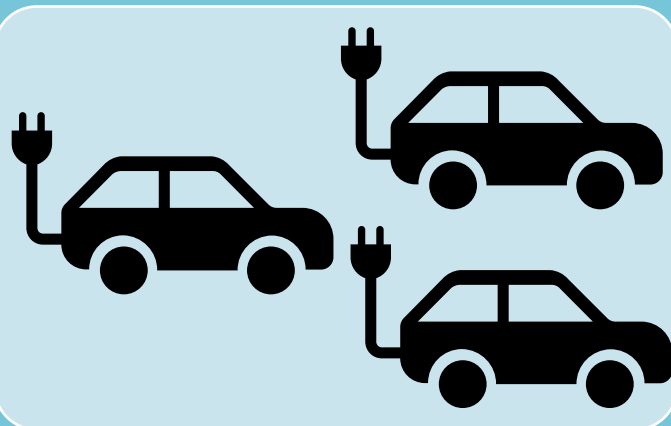
Netzdienst Anbieter

- Simulationplattform für "virtuelles Kraftwerk"
- Flexibilitätpotenzial
- Analyse Dispatching nach Richtlinien (Swissgrid)



CPO (Ladestationbetreiber) & Gewerbe/Wohnareal Verwaltung

- Berechnung Strombedarf je nach Fahrverhalten/Fahrzeugkonfiguration
- Flexibilitätpotenzial
- Test von Lastmanagement/Steuerungsalgorithmen
- Dimensionierung Zuleitung



Flottenbetreiberin /Car-sharing Anbieter

- Berechnung Mehrwert verschiedene Anwendungsfälle
- State-of-Charge Optimierung um Fahren und V2X Anwendungsfälle zu bedienen



Verteilnetz Betreiber

- Flexibilitätpotenzial
- Simulationsplattform für Flexibilitätsbewirtschaftung
- Unterstützung NOVA Prinzip

EV Simulator – Beispiel Dashboard



EV Fleet Simulator for FCR

Connect to API

E-mail or user name	API url
<input type="text"/>	<input type="text" value="http://127.0.0.1"/>
Password	API port number
<input type="password"/>	<input type="text" value="8000"/>
<input type="button" value="Authenticate and connect"/>	

Resolution: 30 minutes | Start date: 2021/04/01 | End date: 2021/04/30

EV and EVSE settings

Charger type

V1G (smart charging only)
 V2G (bidirectional)

Number of EVs: (10 to 3000)

Number of charging stations: (10 to 3000)

Battery capacity [kWh]: (30 to 120)

Max EV charging / discharging power [kW]: (10 to 100)

Max charging station charging / discharging power [kW]: (10 to 100)

Charging / discharging efficiency: (0.80 to 1.00)

Setpoint quantization (0 for none) [kW]: (0.00 to 1.00)

Grid settings

Bid capacity [MW]: (1 to 10)

EV usage settings

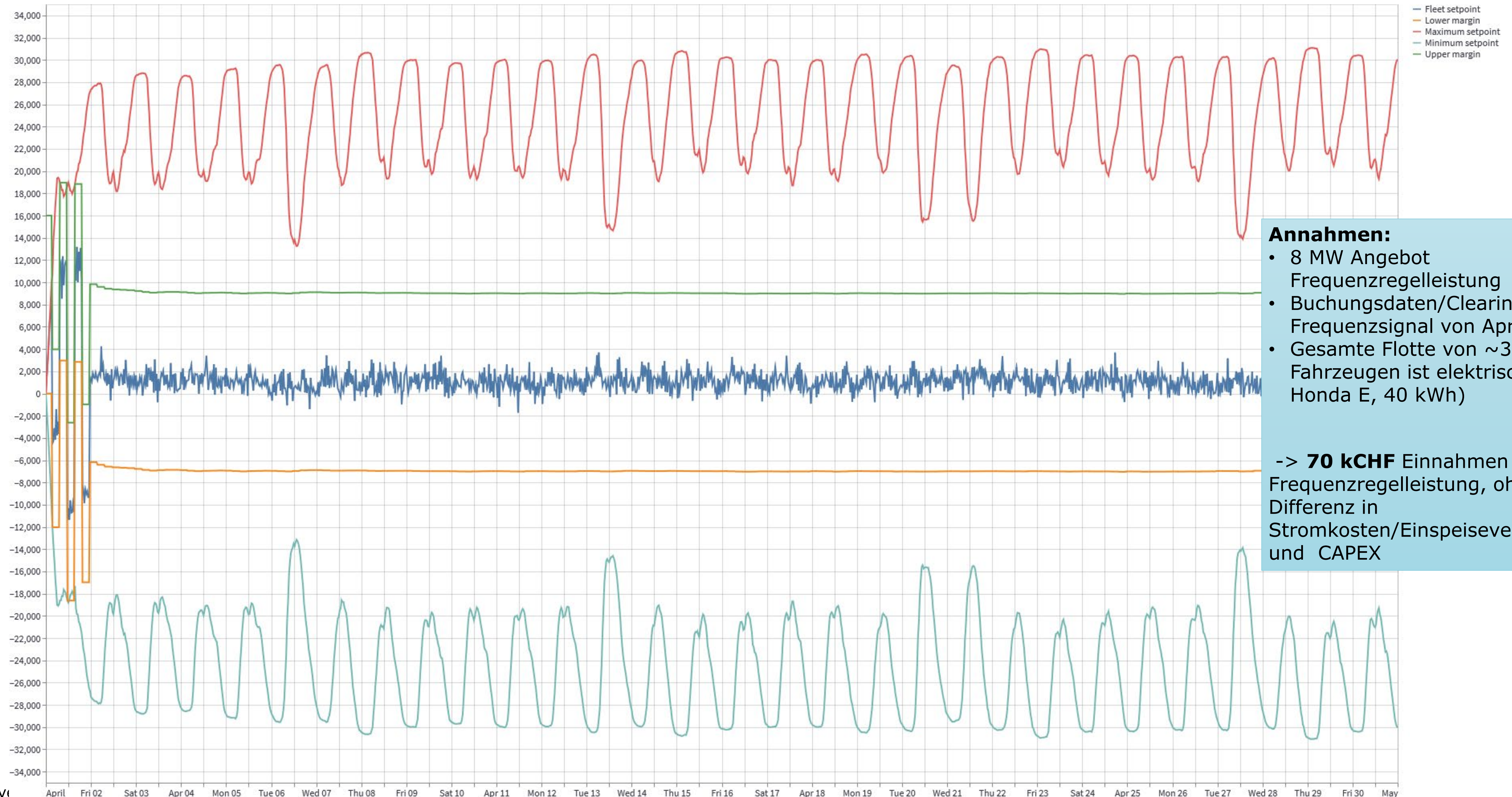
Average driven distance night [km]: (1 to 100)

Average driven distance day [km]: (10 to 100)

Trip probability night [%]: (0 to 99)

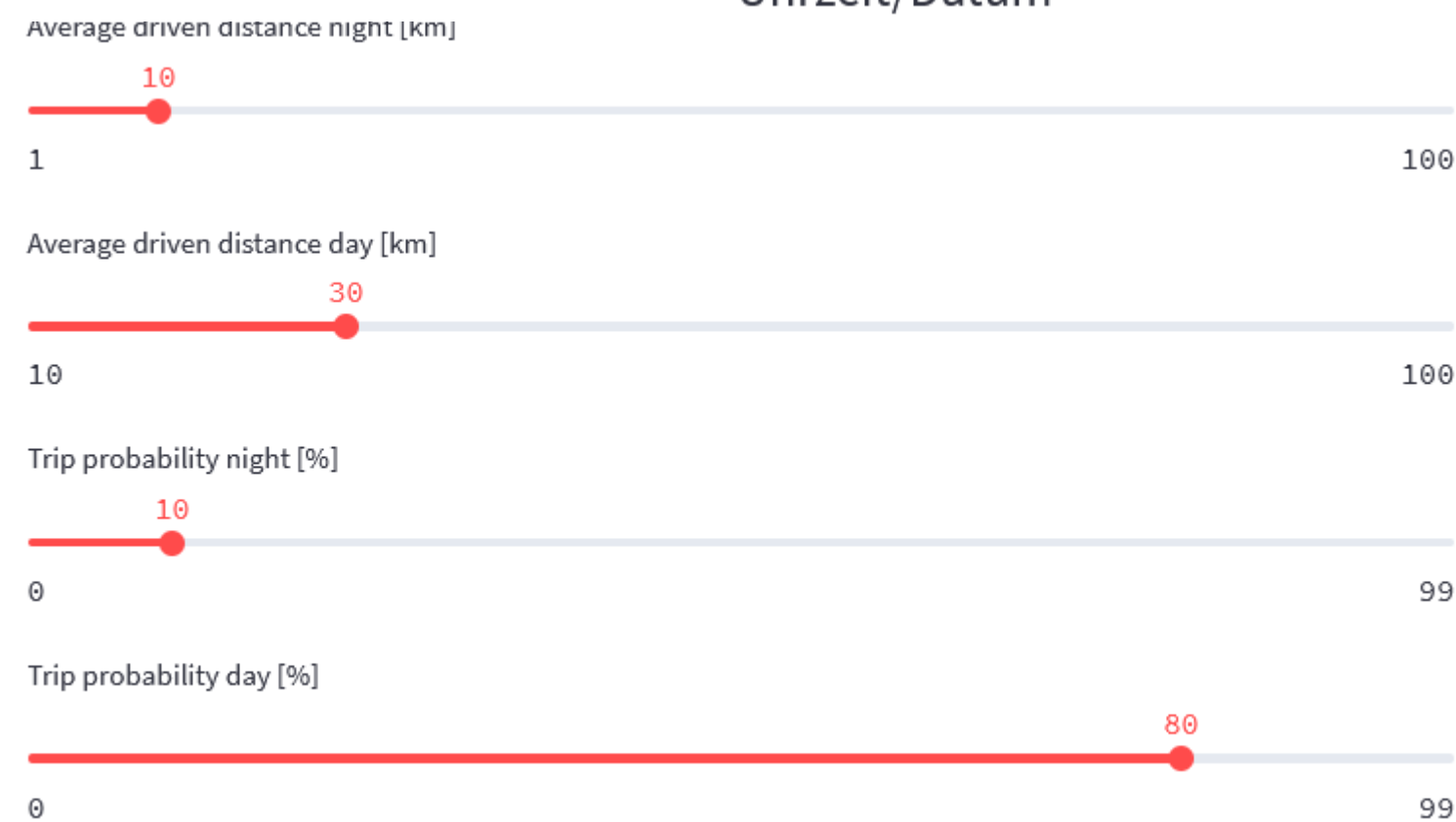
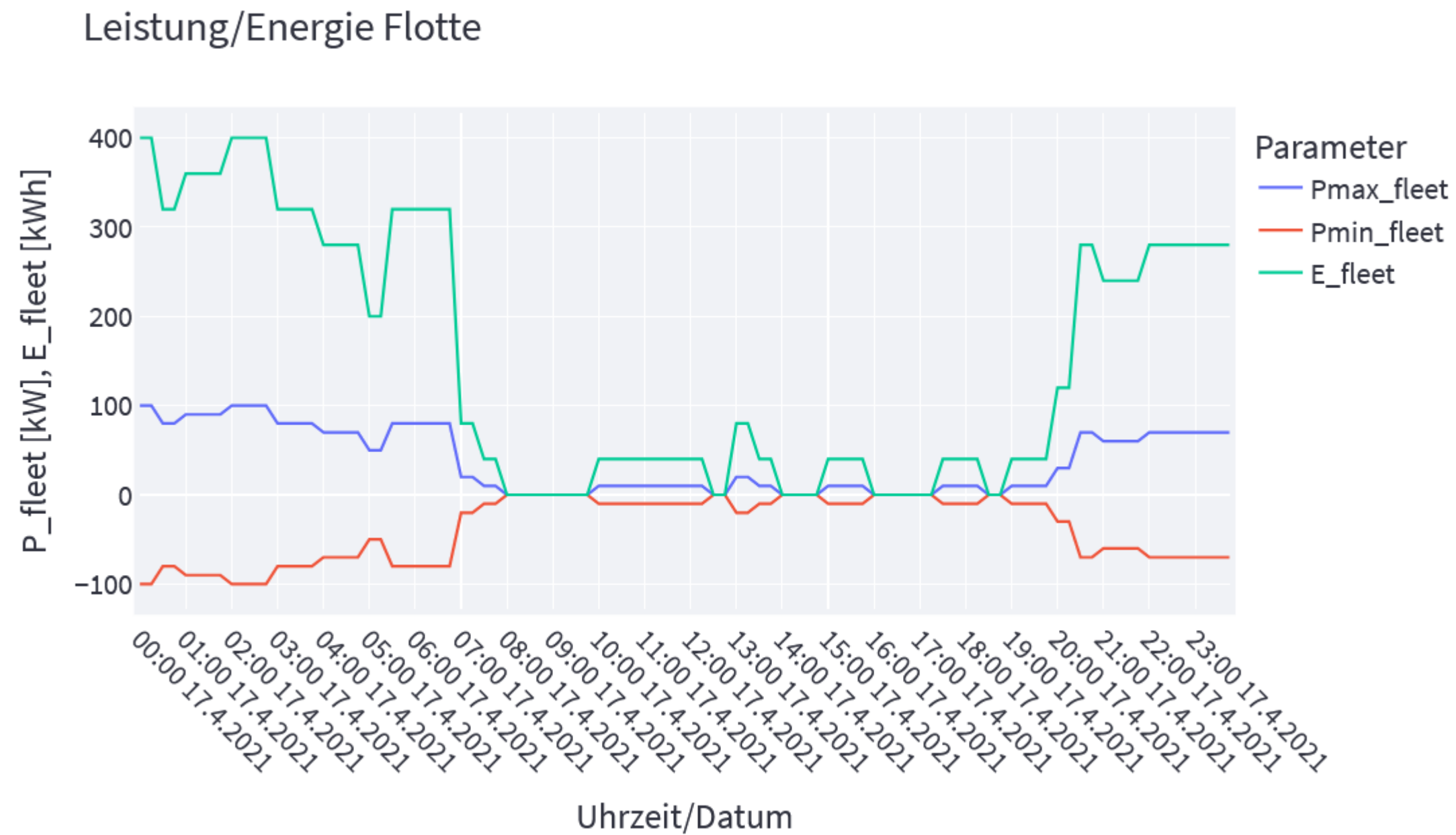
Trip probability day [%]: (0 to 99)

Beispiel 1: Primäre Frequenzregelleistung mit der Mobility Flotte: 3000 Fahrzeuge



Beispiel 2: Flexibilitätspotenzial

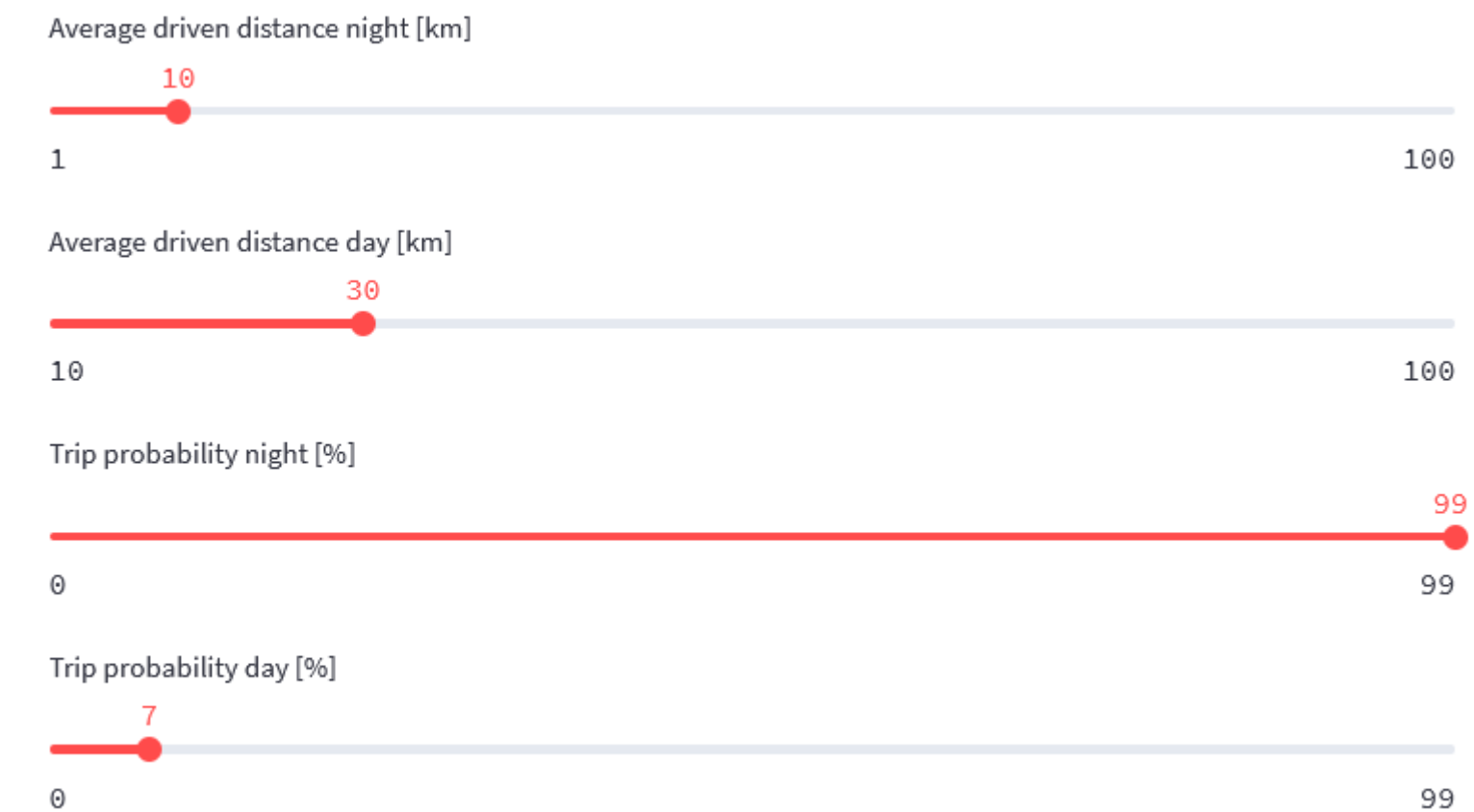
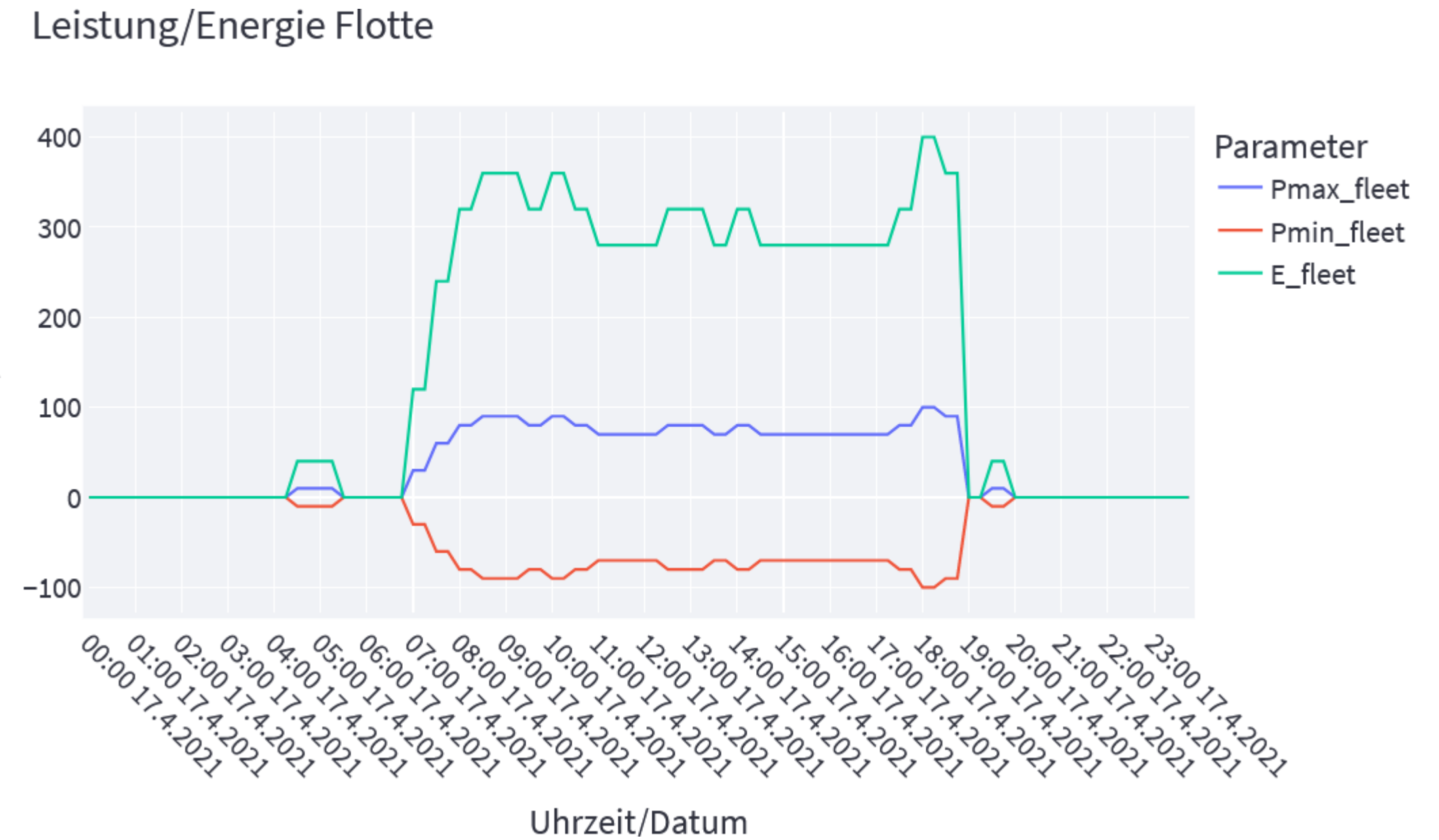
Charge@home Profil



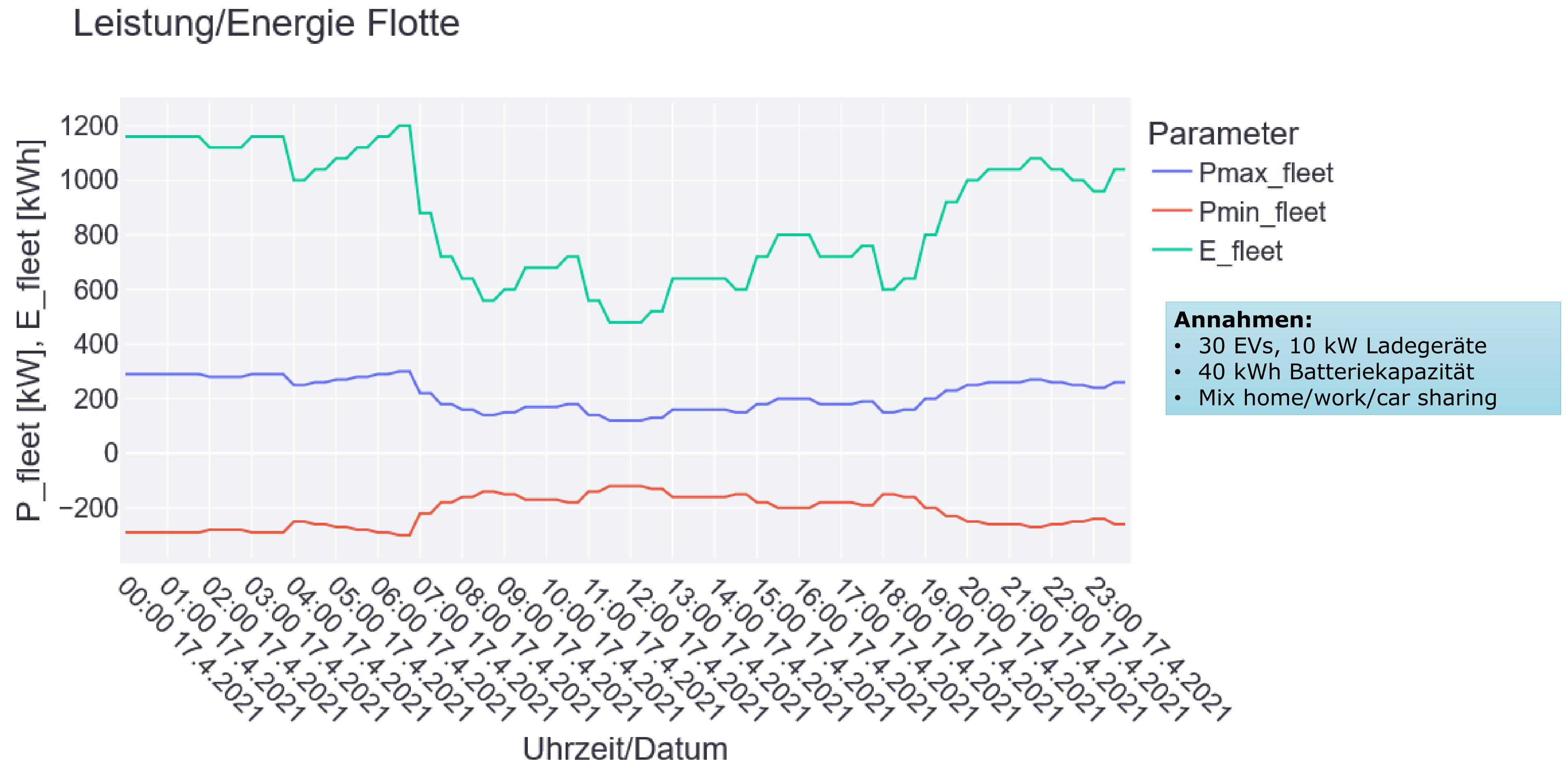
Annahmen:

- 10 EVs, 10 kW Ladegeräte
- 40 kWh Batteriekapazität

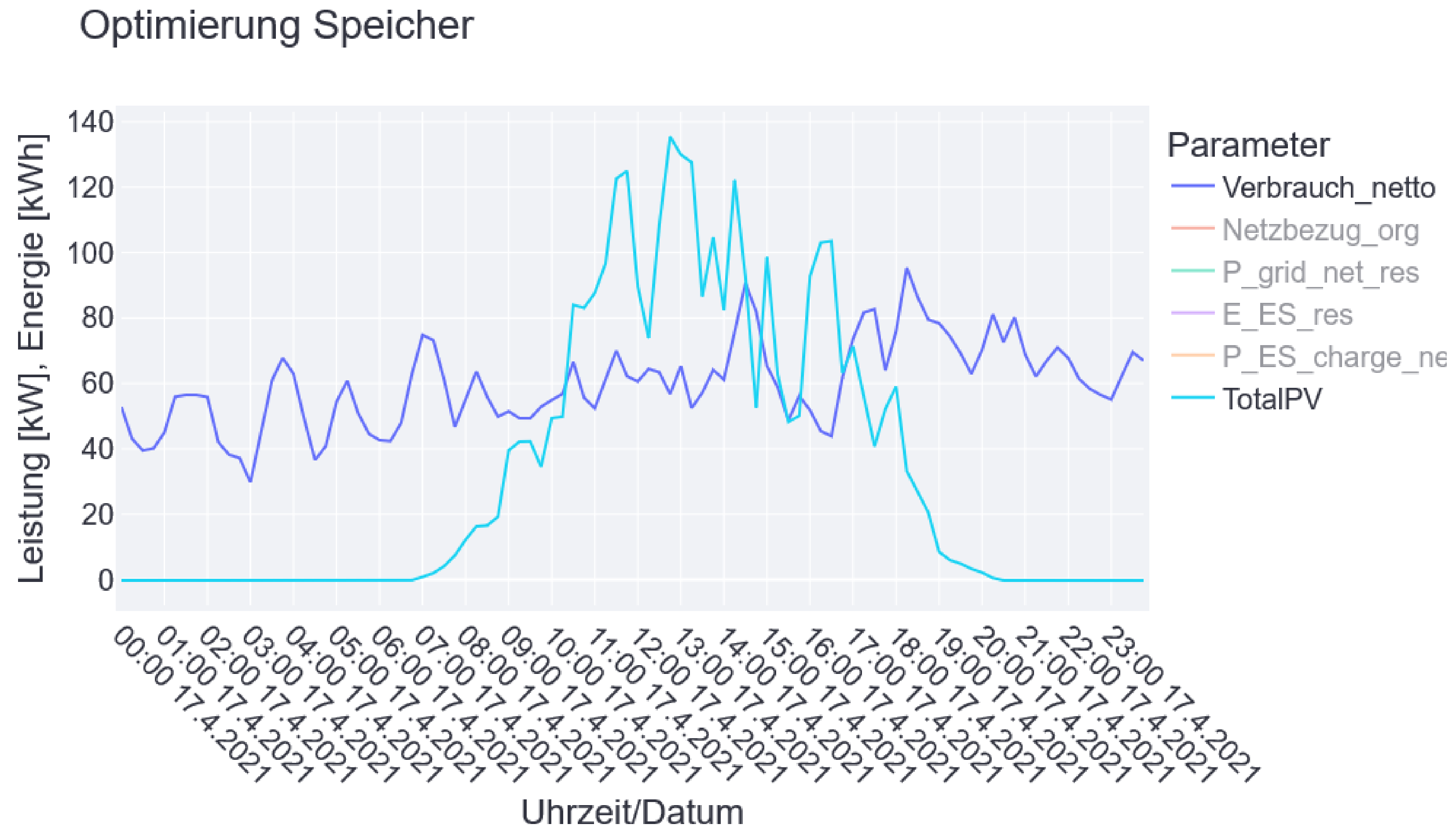
Charge@work Profil



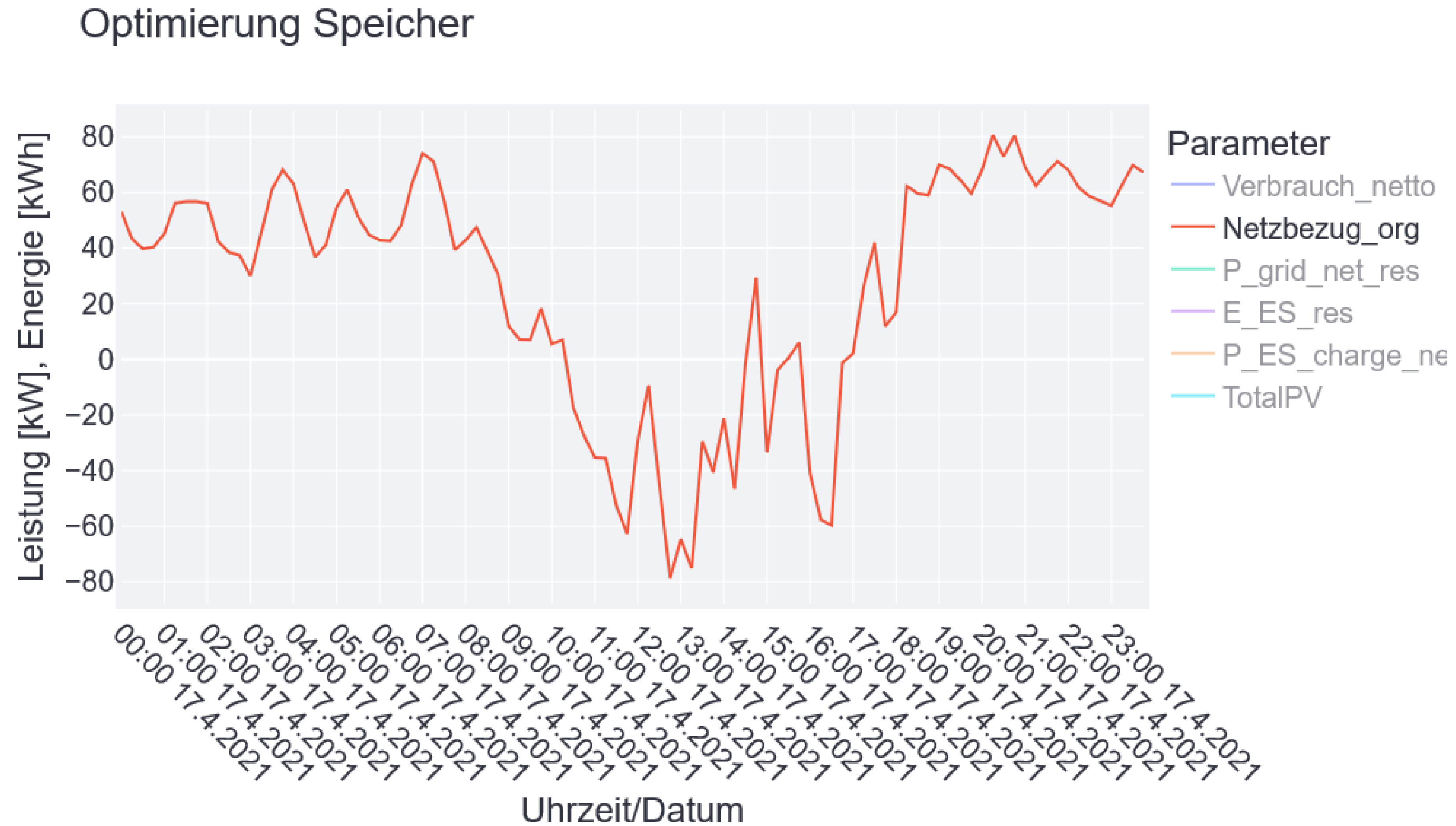
Beispiel 3: Optimale V2X Anwendung für Eigenverbrauchsoptimierung



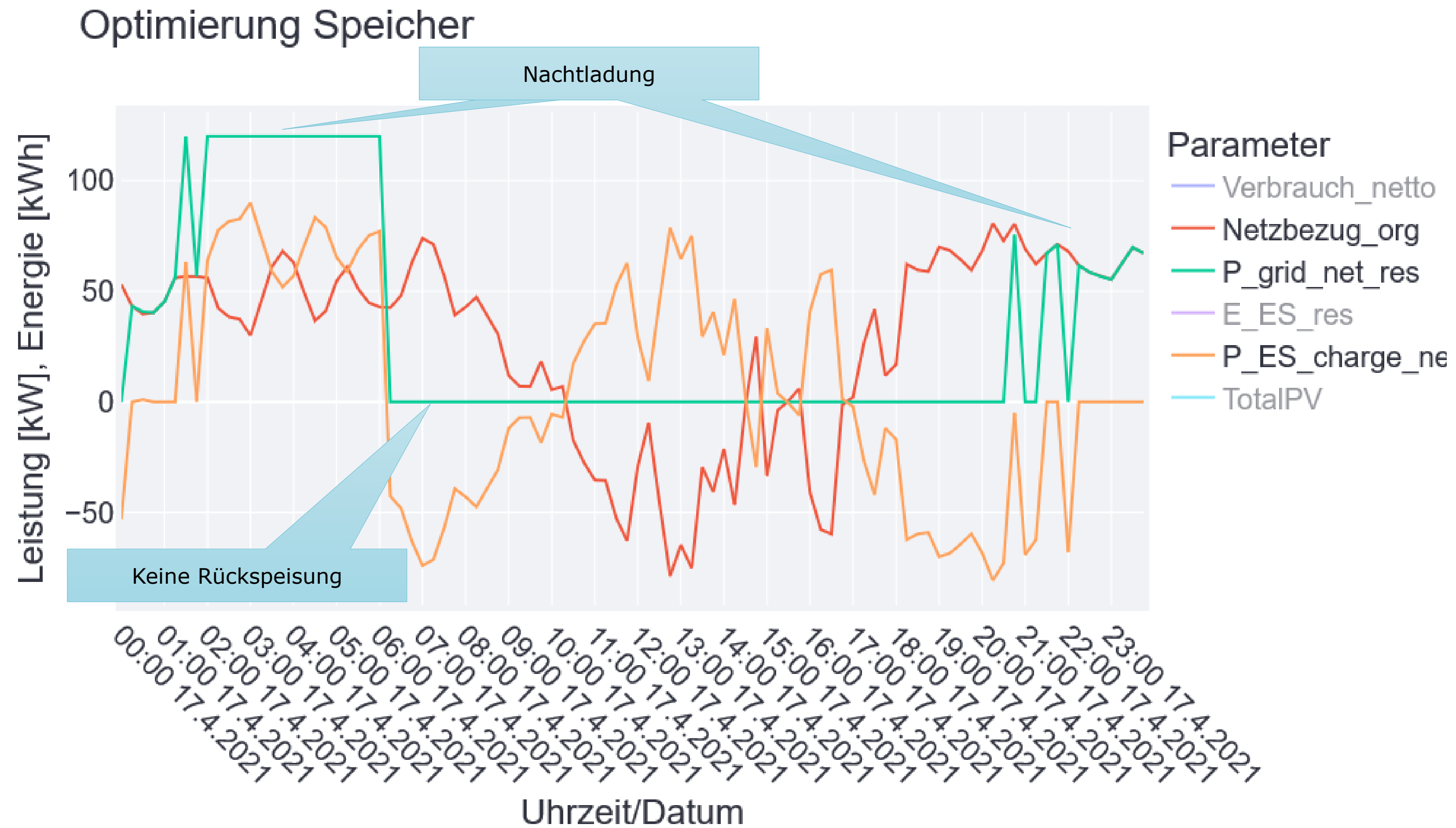
Beispiel 3: Optimale V2X Anwendung für Eigenverbrauchsoptimierung



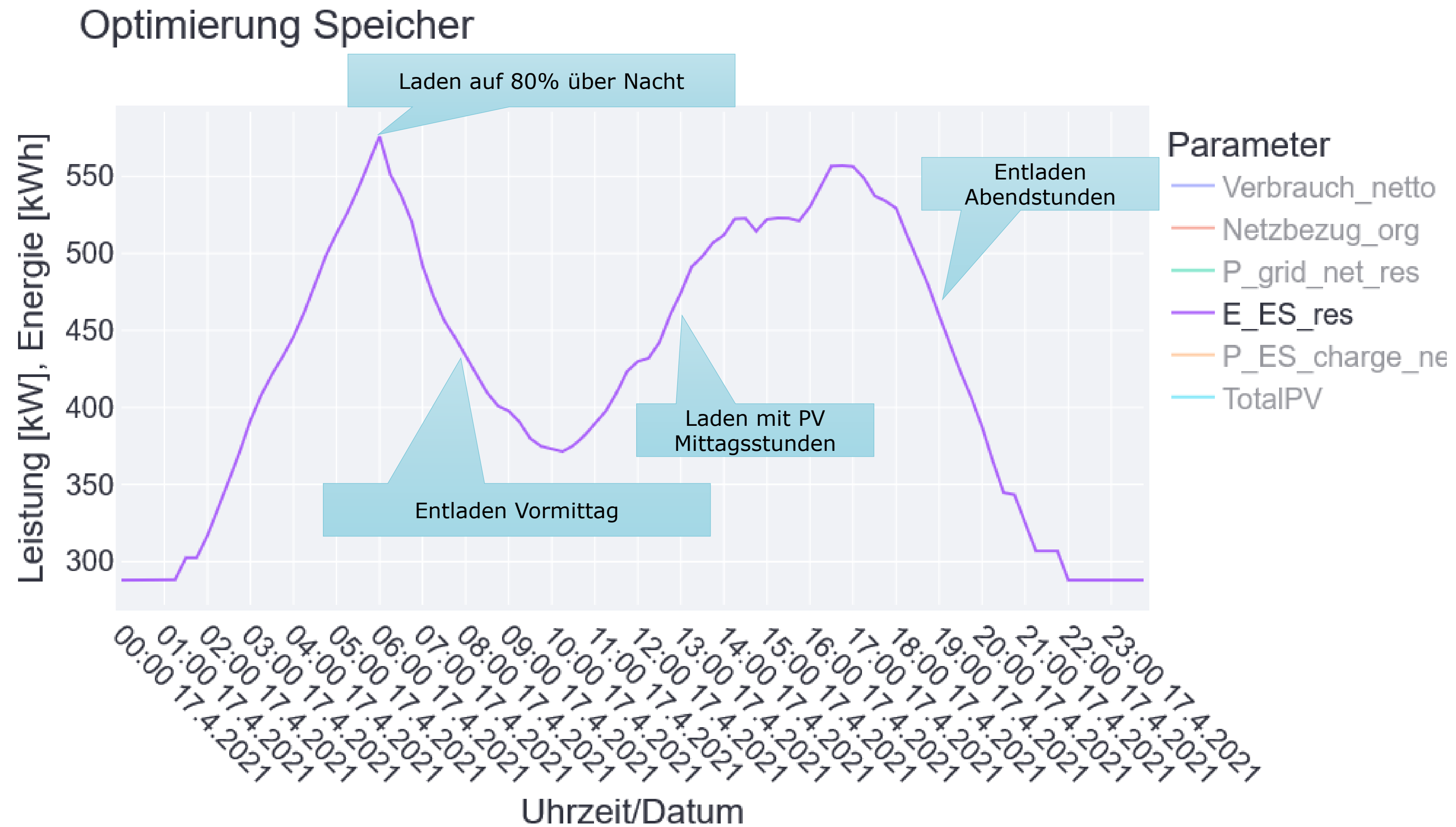
Beispiel 3: Optimale V2X Anwendung für Eigenverbrauchsoptimierung



Beispiel 3: Optimale V2X Anwendung für Eigenverbrauchsoptimierung



Beispiel 3: Optimale V2X Anwendung für Eigenverbrauchsoptimierung



Danke für die Aufmerksamkeit

Take aways:

- V2X Umsetzung komplex aber machbar
 - Diverse Anwendungsfälle / Abnehmer von Flexibilitäten
 - Potenzial/Mehrwert durch Szenario-basierte Simulation analysieren
- **Mehrwert definitiv vorhanden**

Lucerne School of Engineering and Architecture

Institute of Electrical Engineering IET

Severin Nowak

Senior Research Associate

severin.nowak@hslu.ch