

EMOSYN

Elektromobilität, Smart Grid und Eigenerzeugung

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur

Projektträger:



Koordiniert durch:



Prof. Dr.-Ing. Klaus Lebert

Dr. Thomas Becker

Forum Elektromobilität Schleswig-Holstein

20. November 2024 – Kiel

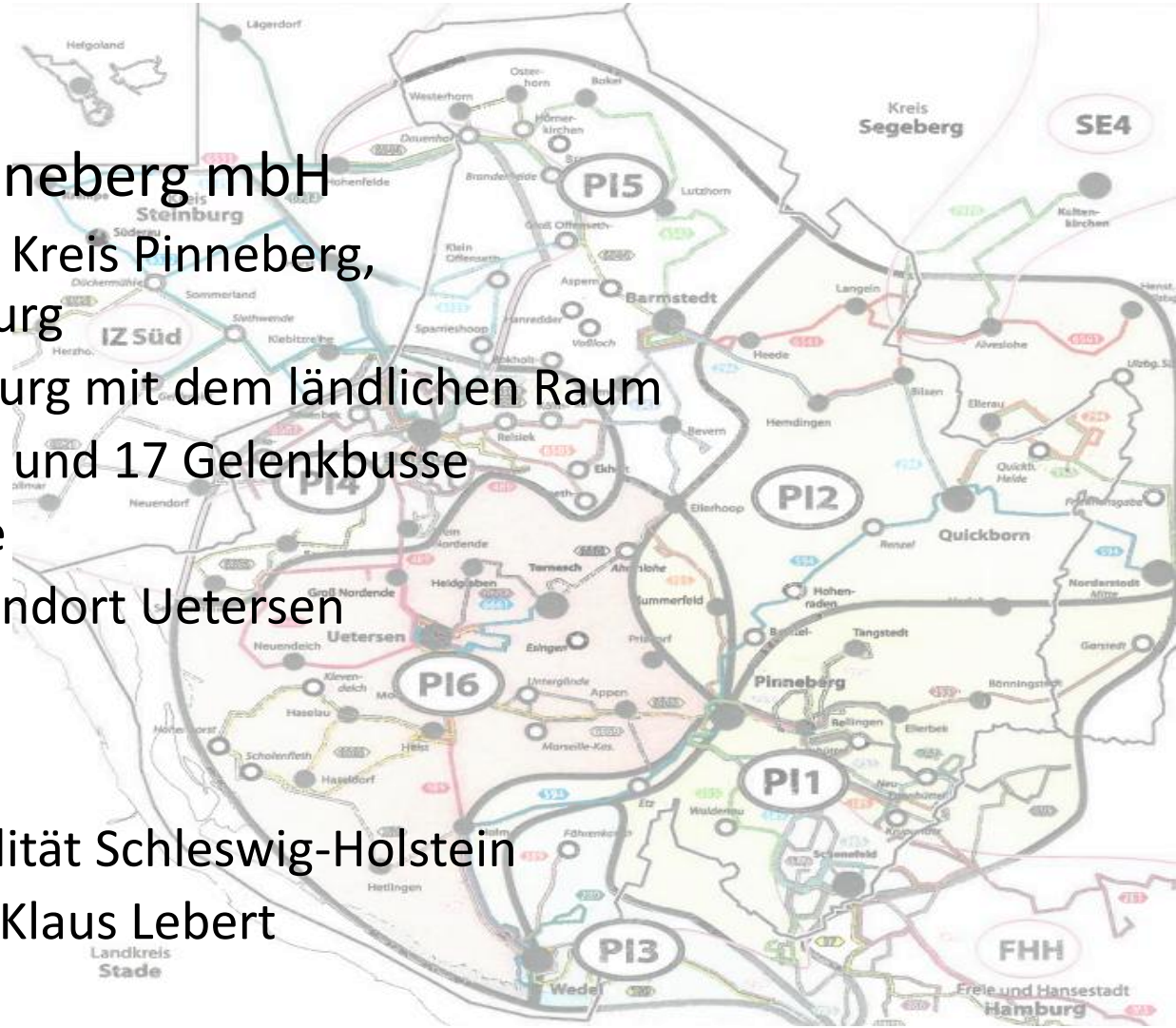
Was möchten wir Ihnen erzählen?

- Projektpartner
- Projektidee EMOSYN
- Vorgehen
- Ergebnisse
- Potenziale und Herausforderungen
- Zusammenfassung



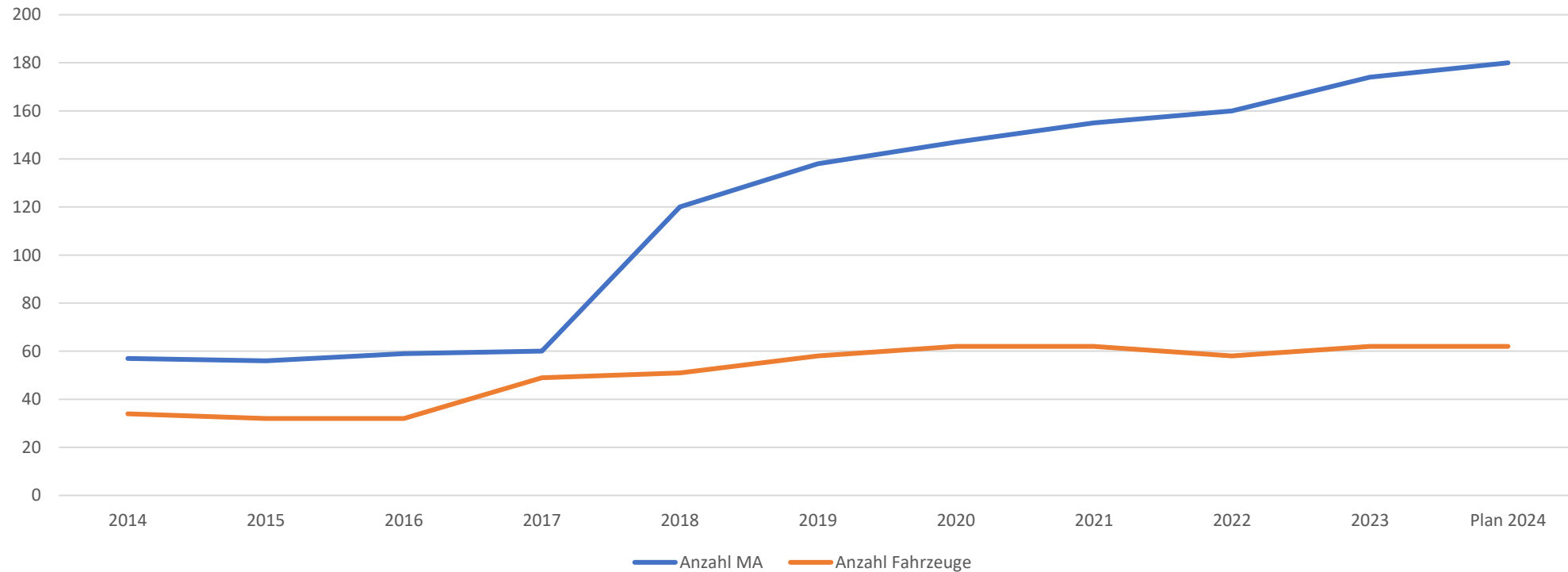
Projektpartner

- Kreisverkehrsgesellschaft in Pinneberg mbH
 - Kommunaler ÖPNV-Betreiber im Kreis Pinneberg, also im „Speckgürtel“ von Hamburg
 - Verbindung der Großstadt Hamburg mit dem ländlichen Raum
 - Standort Uetersen: 24 Solobusse und 17 Gelenkbusse
 - Standort Elmshorn: 17 Solobusse
 - Elektrifizierung der Flotte am Standort Uetersen
- Fachhochschule Kiel
 - Kompetenzzentrum Elektromobilität Schleswig-Holstein
 - Gründungsmitglied Prof. Dr.-Ing. Klaus Lebert



Entwicklung 2014-2024

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	PLAN 2024
Anzahl MA	57	56	59	60	120	138	147	155	160	174	180
Anzahl Fahrzeuge	34	32	32	49	51	58	62	62	58	62	62

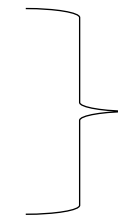


Rahmenbedingungen für Elektrifizierung bei der KViP

- Politische Vorgabe des Gesellschafters Kreis Pinneberg
- aber ohne verbindliche Zeitvorgabe, pragmatische Herangehensweise in Abhängigkeit von verfügbarer Technik
 - z.B. fossile Zusatzheizung
 - Reichweitendiskussion / Umläufe
- Regenerative Eigenenergieerzeugung / Sektorenkopplung

Elektromobilität

- 1Bus1LIS (2019/2020)
Beschaffung eines E-Busses inkl. Ladesäule: erfolgreicher und regelmäßiger Linieneinsatz
- Emosyn (2020/2021)
F+E-Projekt (FH Kiel): Photovoltaik und Speicherbatterie zur sinnhaften Einbindung von regenerativer Eigenerzeugung
- Emo6 (2020/2021)
Beschaffung weiterer 6 E-Busse
- LIS BHU (2024/2025)
Umbau aus Ausrüstung des Betriebshofes in Uetersen mit Ladetechnik
- Emo 27 (2024/2025)
Beschaffung weiterer 27 E-Busse



Gesamtinvestition
ca. 23,3 Mio. €

Projektidee EMOSYN



- Elektrifizierung des ÖPNV erfordert hohe Investitionen in die Infrastruktur
- Für einen kleinen Betreiber müssen diese Investitionen sofort tragen

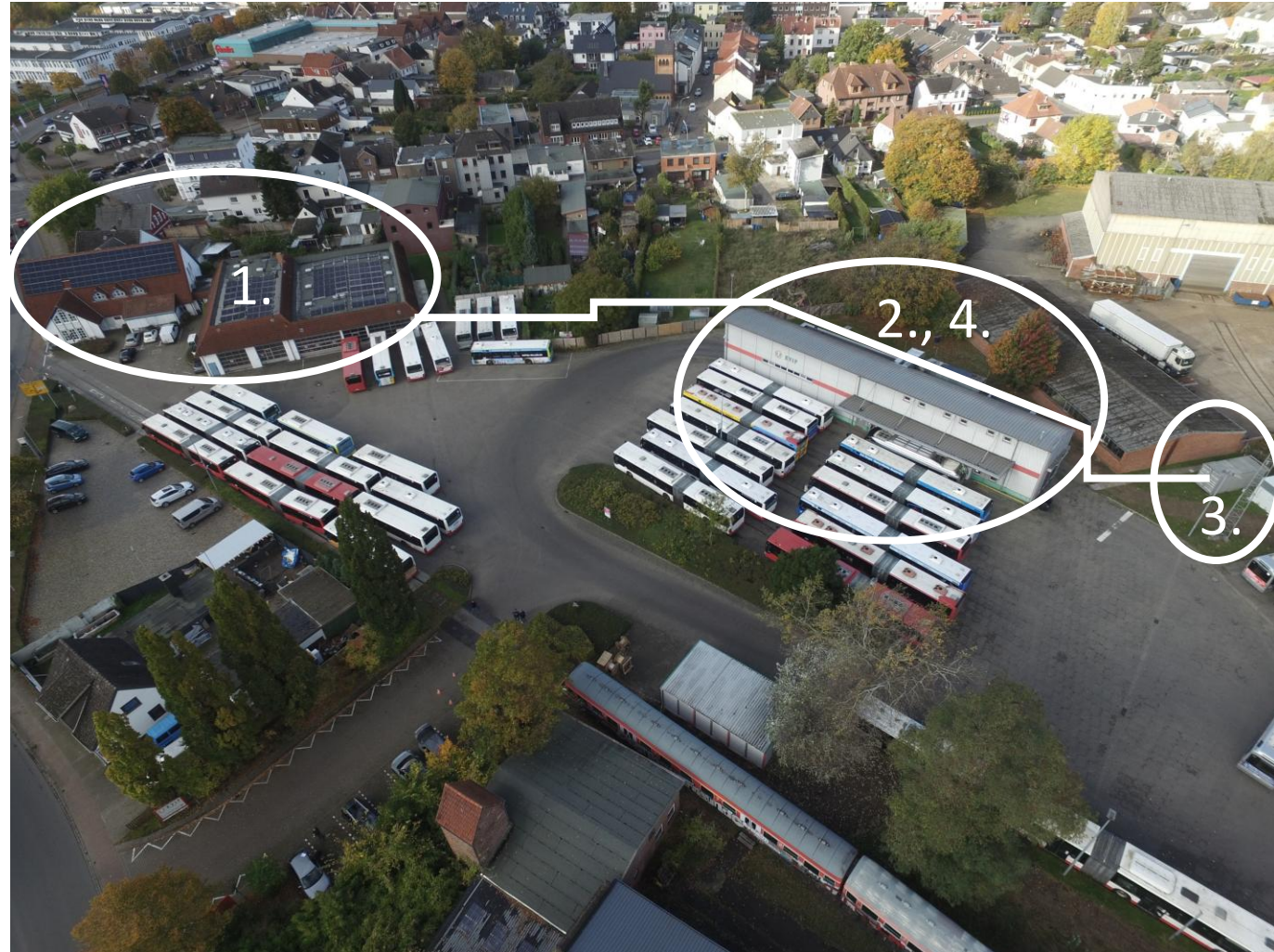


- Modellgestützte Planung von Infrastruktur für die Elektromobilität
- Modell- und datengestützte Auswertungen zur Technologie- und Wirtschaftlichkeitsbewertung



Pilotanlage EMOSYN in Uetersen

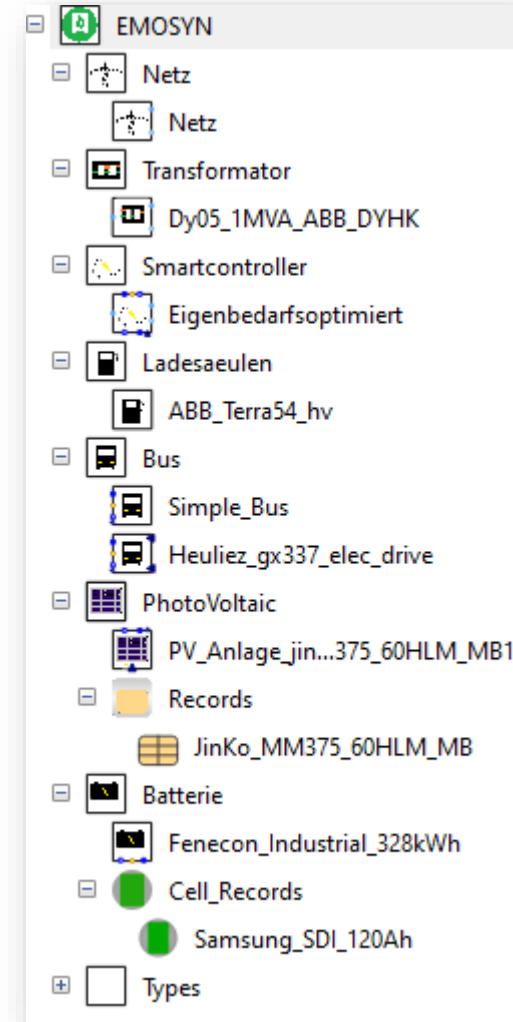
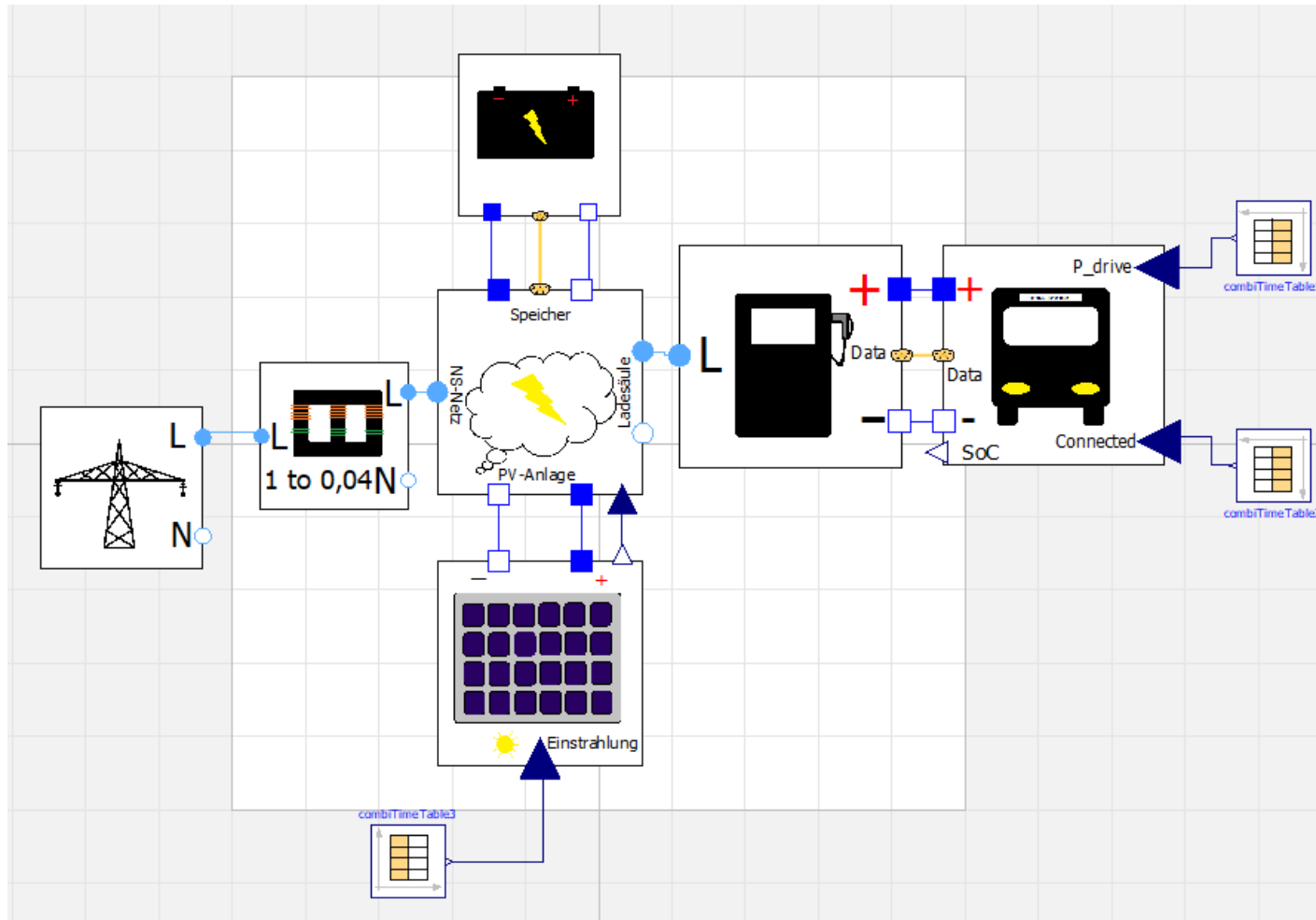
1. Photovoltaikanlage mit 100kWp und Wechselrichter
2. Ladeinfrastruktur, Datenlogger und Lastmanagement
3. Batteriespeicher 328kWh
4. Eine, später zwei Ladesäulen mit Verbindung zum Speicher



Forschungsfragen EMOSYN

1. Wie kann die Auslegung über Simulationen unterstützt und abgesichert werden?
2. Wie sehen Lademanagementstrategien unter Berücksichtigung realer Umläufe und dem Verwerten der erneuerbaren Energien aus?
3. Wie lassen sich die gewonnenen Daten auf einen geplanten Endausbau von 30 bis 50 Fahrzeuge skalieren?
4. Was sind Optimierungskriterien für den wirtschaftlichen Betrieb?
5. Welche Kriterien sollten bei der Fahrzeugeinsatzplanung berücksichtigt werden?

Vereinfachtes virtuelles Abbild der realen Anlage



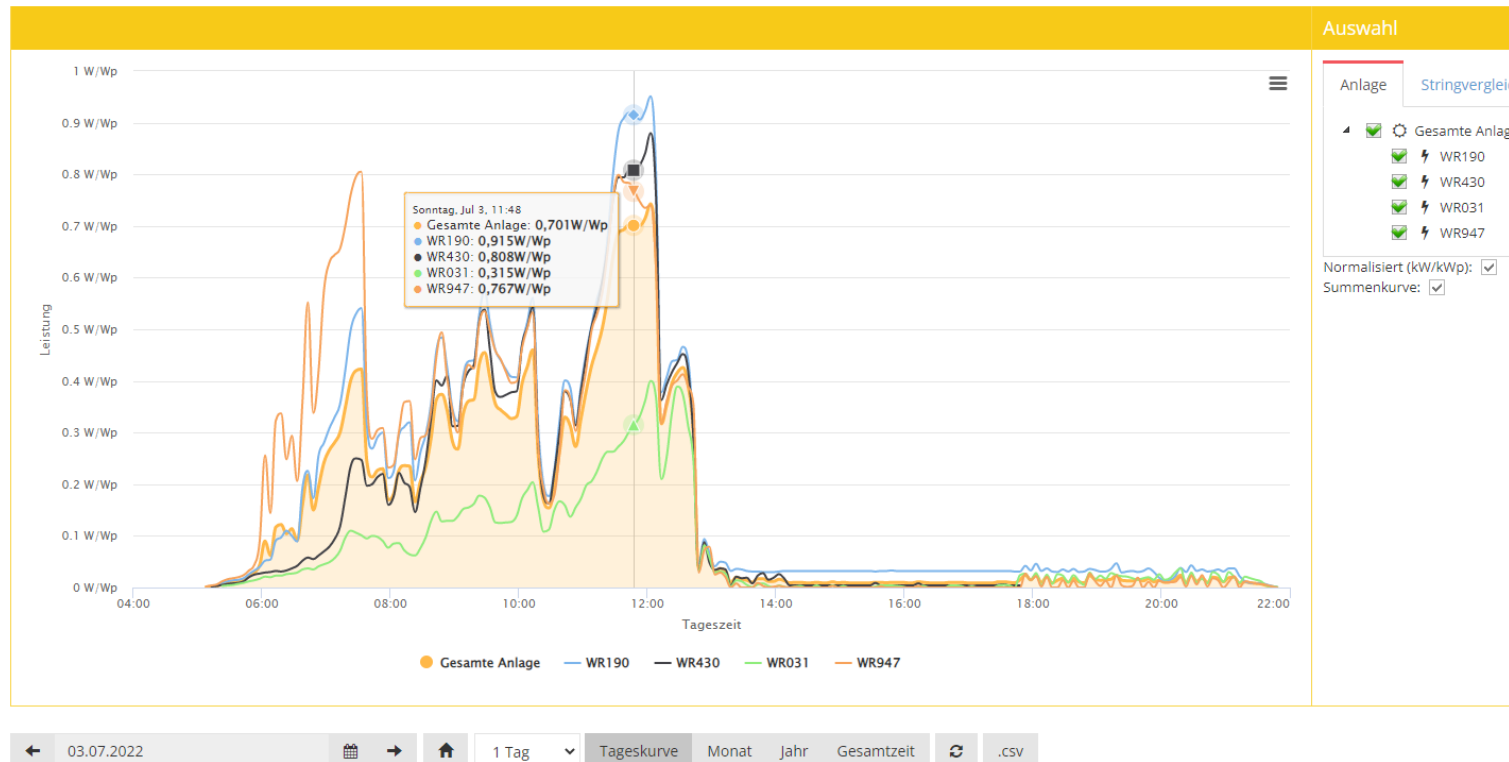
EMOSYN library

Quelle: Eigene Screenshots aus OpenModelica

Echtzeitdatenerhebung

Datenauswertung

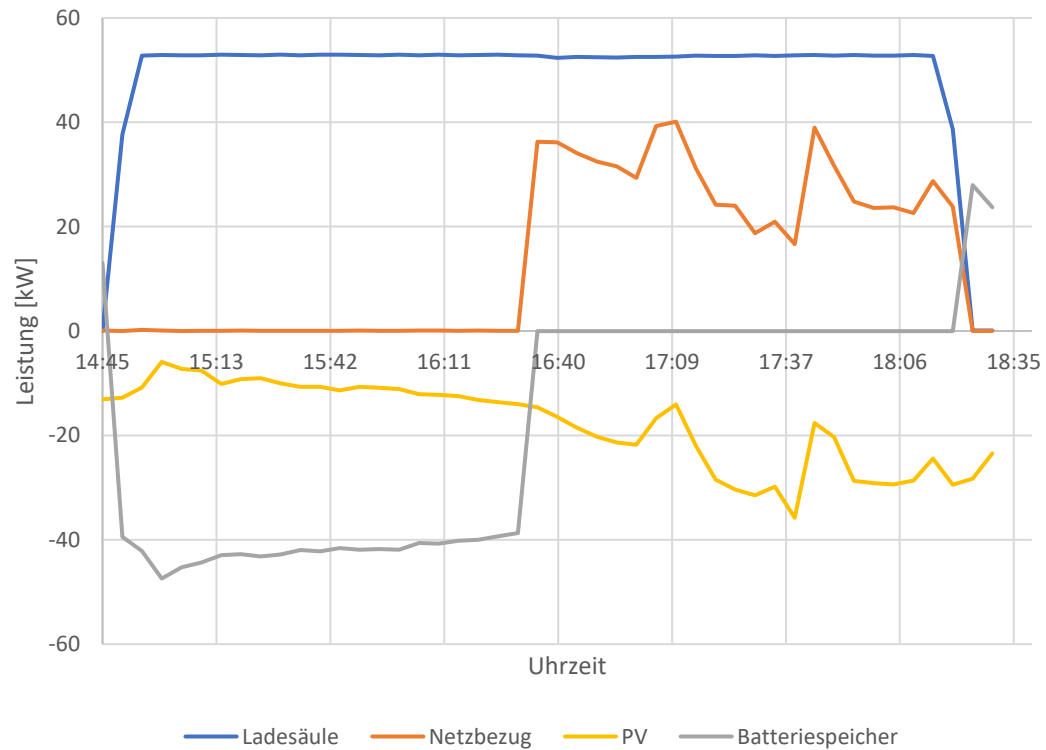
Zähler / Sensoren / Regelungen **Photovoltaik**



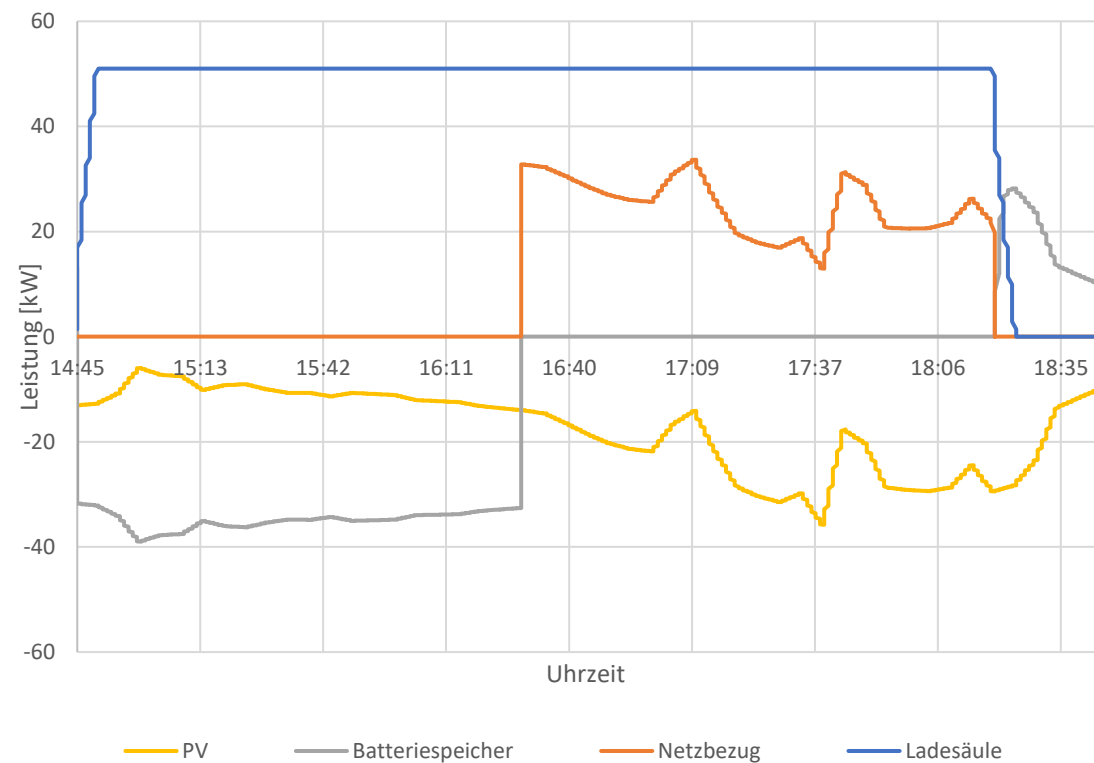
- Energiebilanz
 - Erzeugung Photovoltaik
 - Laden / Entladen Batteriespeicher
 - Netzbezug

Messdaten im Vergleich zur Simulation

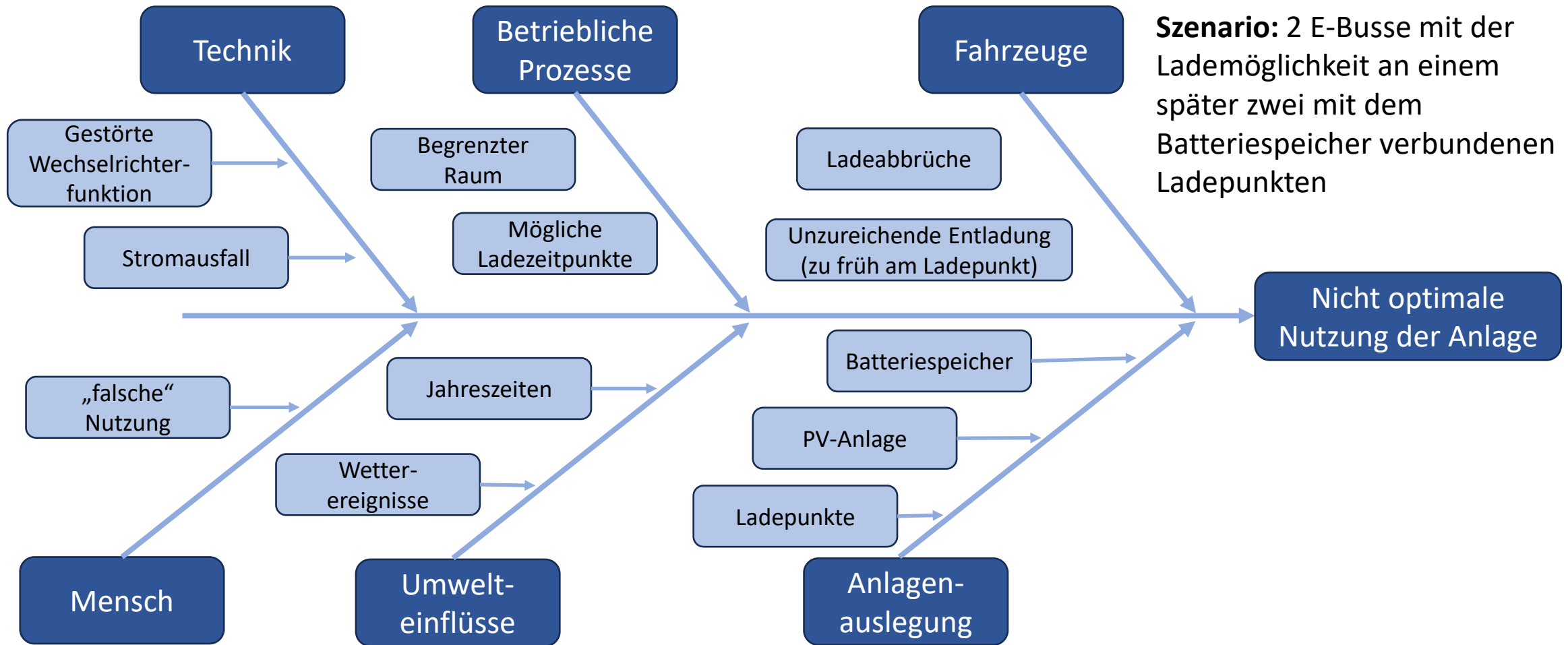
Aufzeichnung des Ladevorgangs am 08.07.22



Simulation des Ladevorgangs am 08.07.22



Ursachen für eine nicht optimale Nutzung

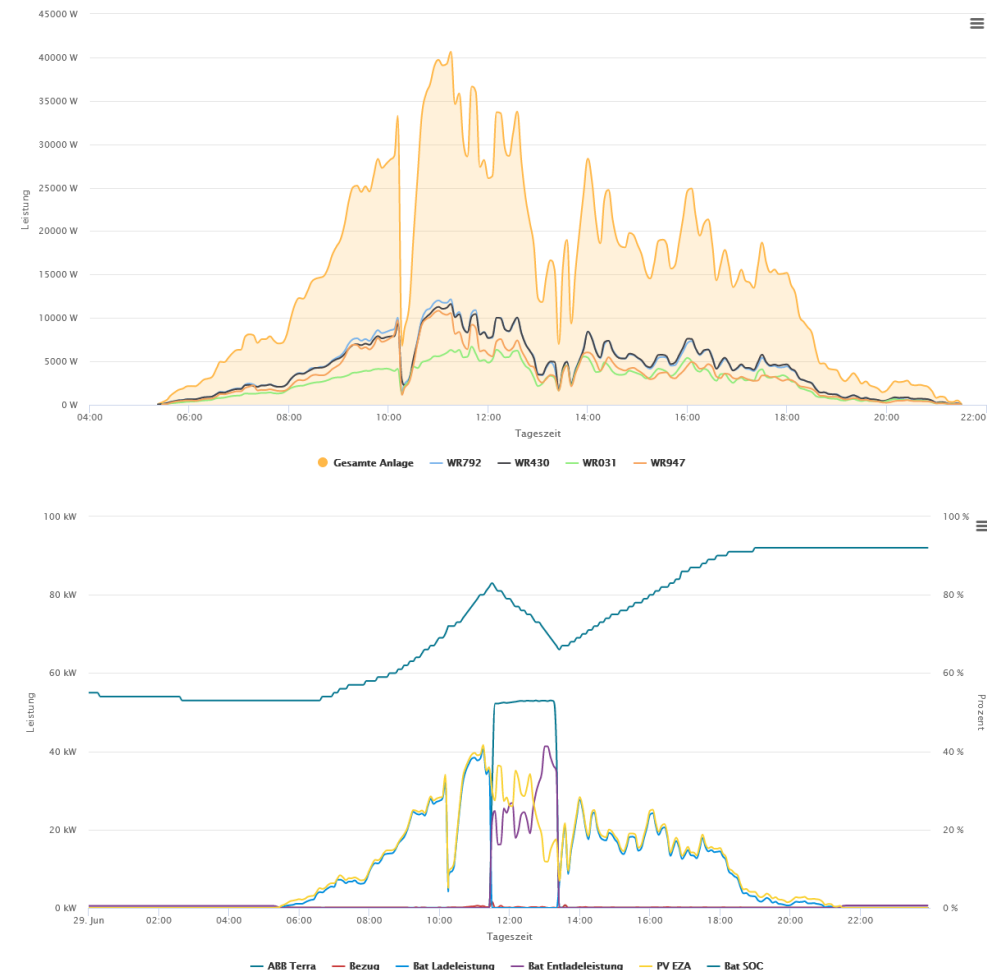


Szenario: 2 E-Busse mit der Lademöglichkeit an einem später zwei mit dem Batteriespeicher verbundenen Ladepunkten

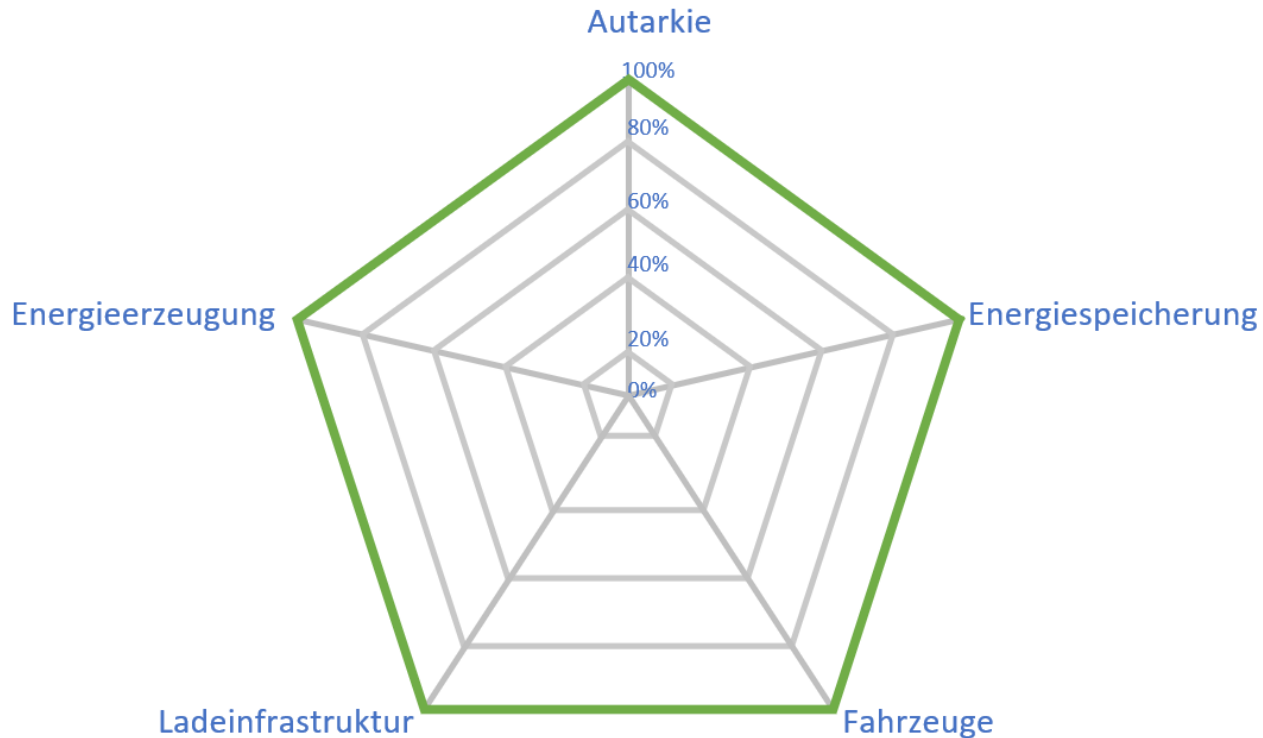


Beispiel Best Case 29.06.2023

- Keine technischen Probleme
- Es wird kein Wechselrichter der Photovoltaikanlage heruntergeregelt
- Die gesamte regenerativ erzeugte Energie kann gespeichert oder zum Laden genutzt werden
- Es gibt nur einen minimalen Netzbezug



Beispiel Best Case 29.06.2023

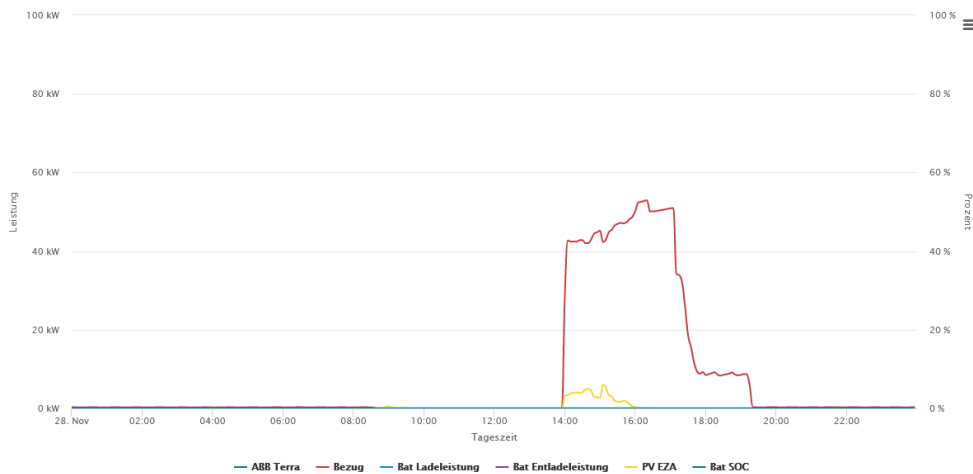
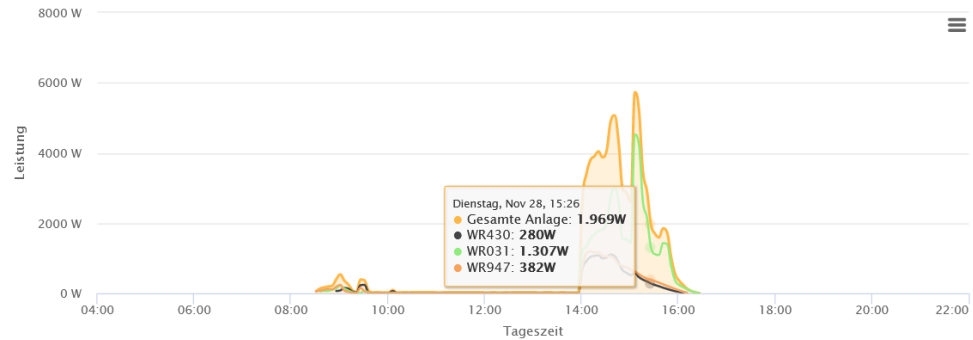


- Maximale Ausprägung aller Merkmale
- Größtmögliche Fläche

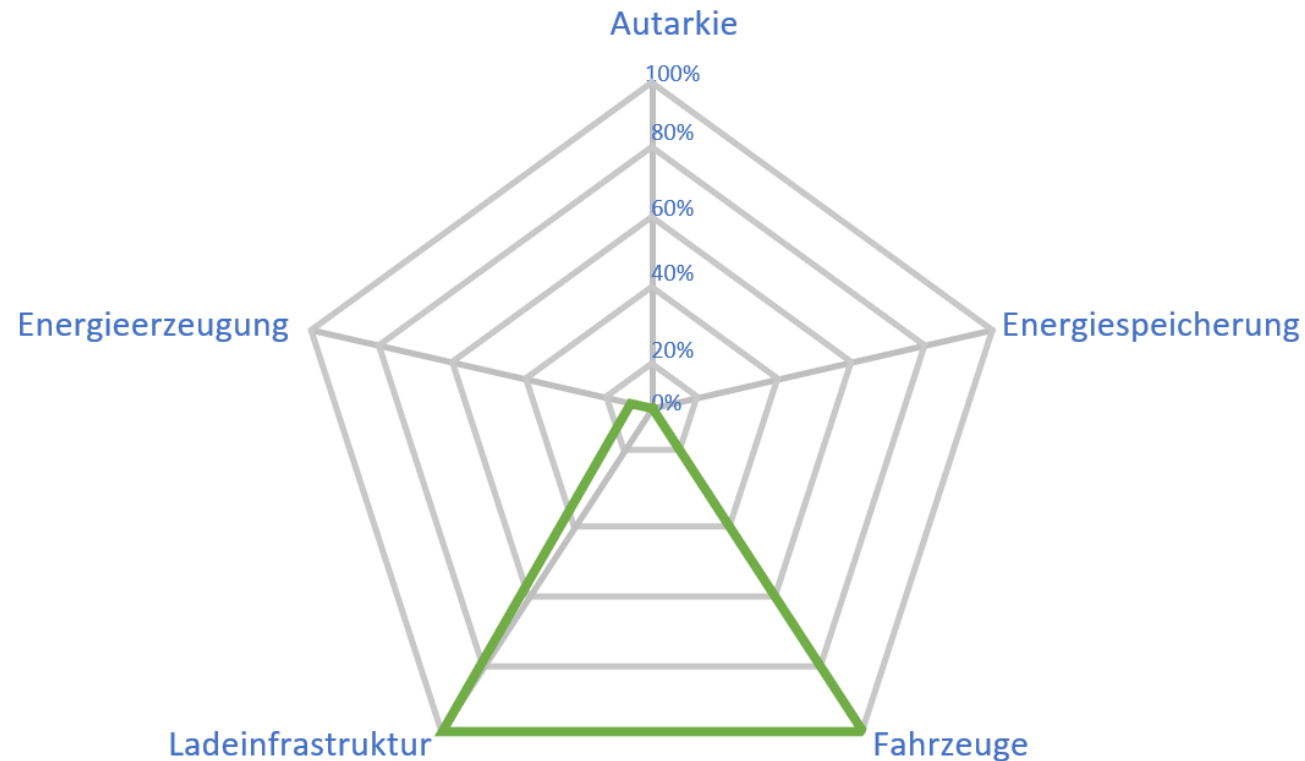
Autarkie: Verhältnis zwischen Eigenerzeugung und Bezug von Energie (100% entspricht ausschließlich selbsterzeugte Energie)
Energieerzeugung: mögliche von PV-Anlage erzeugte Leistung
Energiespeicherung: mögliche Speicherbare Energie
Ladeinfrastruktur: mögliche verfügbare Lademöglichkeiten
Fahrzeuge: optimale Fahrzeugausnutzung

Beispiel 28.11.2023

- Ausfall Batteriespeicher (vermutlich Kondenswasserbildung)
- Defekter Wechselrichter
- Winter und geringer Einstrahlwinkel der Sonne
- Energie wird weitestgehend aus dem Netz bezogen



Beispiel Best Case 29.06.2023



- Nur Fahrzeuge und Ladeinfrastruktur waren verfügbar
- Geringe Fläche

Autarkie: Verhältnis zwischen Eigenerzeugung und Bezug von Energie (100% entspricht ausschließlich selbsterzeugte Energie)
Energieerzeugung: mögliche von PV-Anlage erzeugte Leistung
Energiespeicherung: mögliche Speicherbare Energie
Ladeinfrastruktur: mögliche verfügbare Lademöglichkeiten
Fahrzeuge: optimale Fahrzeugausnutzung

Aggregation in Monatsberichten

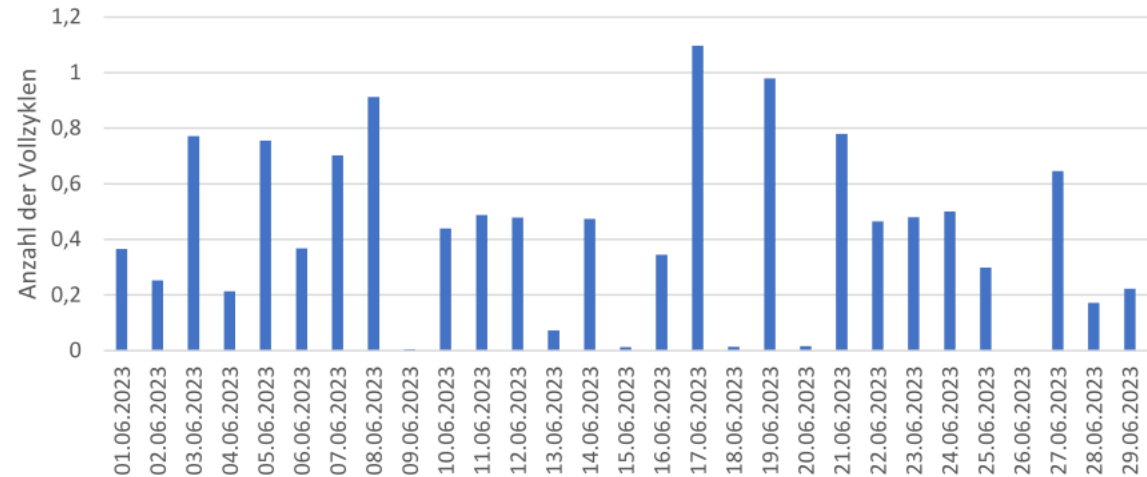
Einstellbarer Strompreis für den Netzbezug

Monatsbericht Juni 2023

Strompreis pro kWh: 0,12 €

	erste Monatshälfte	zweite Monatshälfte	gesammt
∅ Autarkie (in %)	91,00%	99,16%	95,05%
∅ Entladene Vollzyklen pro Tag	0,39	0,43	0,41
Erzeugte PV-Energie (kWh)	2894,31	3109,08	6003,39
Bezogene Energie (kWh)	286,105	26,44	312,54
Genutzte Energie (kWh)	3180,42	3135,51	6315,93
Stromkosten	34,33 €	3,17 €	37,50 €
Einsparung durch Eigenerzeugung	347,32 €	373,09 €	720,41 €

Speichernutzung Juni



Grundlage für Gesamtwirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Herausforderung: Planung und Integration in die betrieblichen Abläufe

7 E-Busse mit unterschiedlichem Ladebedarf für den nächsten Umlauf

E-Bus-Nummer	Batteriekapazität in [kWh]	Maximale Ladeleistung in [kW]
1	368	120
2	345	120
3	322	120
4	299	120
5	384	120
6	352	120
7	180	120

Tabelle 18: Auflistung der E-Busse der „KViP“



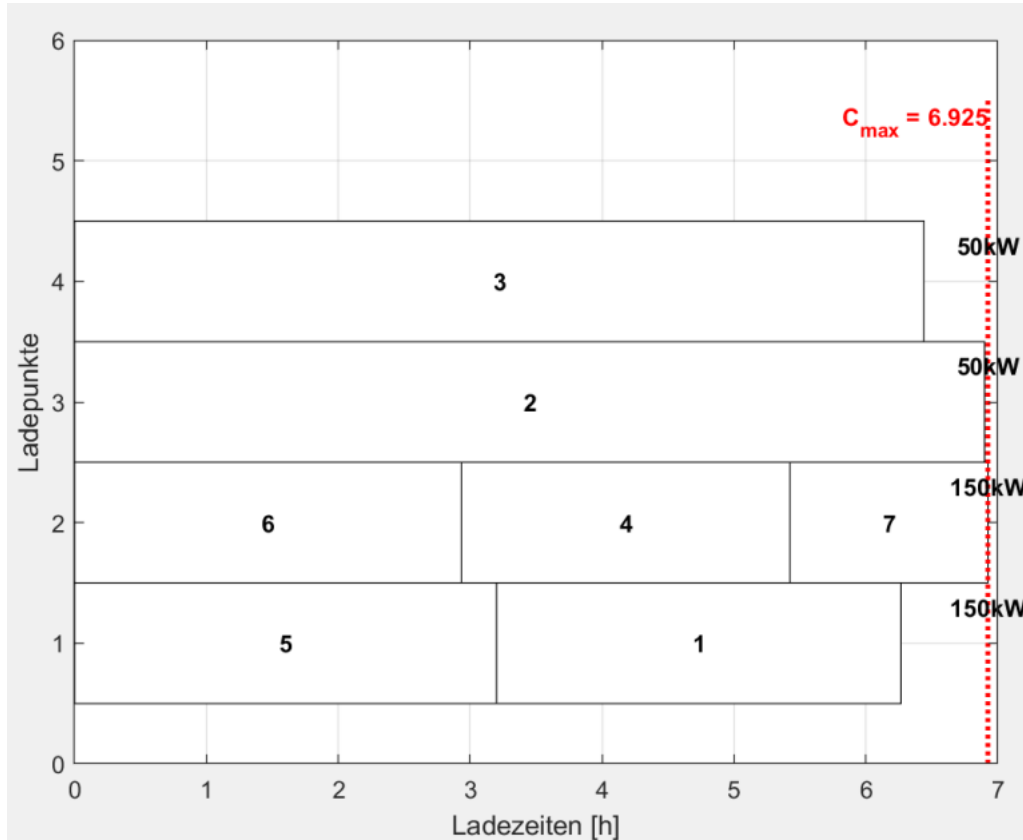
4 Ladepunkte mit unterschiedlichen Ladeleistungen

Ladepunktnummer	Maximale Ladeleistung in [kW]
1	150
2	150
3	50
4	50

Tabelle 19: Ladepunkte für Untersuchung der KViP

- Reihenfolge?
- Optimierung des Bezugs regenerativer Energien

Optimale Ladestrategie für minimale Zeit



Optimierungsalgorithmen ergeben optimale Ladestrategien

Überplanung bei Ausfall von Ladepunkten

Ladepunkt 50 kW fällt aus

Ladepunkt 150 kW fällt aus

	Alle	Fall 1	Fall 2
	6,93 h	8,05 h	10,98 h
Verschlechterung:		16,16 %	58,44 %

Tabelle 22: Prozentuale Veränderung der Ladezeit bei Ausfall eines Ladepunktes

Potenzial: Infrastrukturoptimierung

Optimale Anzahl an Ladepunkten
für eine bestimmte Anzahl von E-Bussen

Anzahl Busse	4 Ladepunkte	3 Ladepunkte	2 Ladepunkte	1 Ladepunkt
7	6,93 h	8,05 h	9,55 h	18,75 h
6	6,44 h	8,05 h	8,63 h	17,25 h
5	6,44 h	6,44 h	8,49 h	14,76 h
4	6,08 h	6,08 h	6,08 h	12,08 h
3	6,0 h	6,0 h	6,0 h	9,2 h
2	3,2 h	3,2 h	3,2 h	6,27 h
1	3,2 h	3,2 h	3,2 h	3,2 h

Tabelle 26: Benötigte Zeit für Zuordnung Ladepunkte mit unterschiedlichen E-Bussen

Wirtschaftliche Gesichtspunkte der KViP

- Investitionskosten: Abschreibungen / Zinsen
- Projektkosten: Vergaben, Projektmanagement
- Förderung
- Laufende Anlagenbetreuung
 - Solaranlage
 - Batterie
- Instandhaltung / Überwachung / Ausfallhäufigkeit
- Effektive Anlagennutzung, z.B. regelmäßige Entnahme aus Batteriespeicher sichern
- Reduzierung Netzbezug, insbesondere Peak Shaving
- Ggf. Smart Grid (Speicher zur Netzstabilisierung)

Zusammenfassung

- Pilotanlage EMOSYN bei der Kreisverkehrsgesellschaft in Pinneberg
- Modell- und datengestützte Analysen
Ziel: Absicherung von Auslegung der Infrastruktur und Investitionsentscheidungen
- Auswertungen Technologie und Wirtschaftlichkeit
- Herausforderungen Planung und Integration in betriebliche Abläufe

