

TECHNOÖKONOMISCHE BETRACHTUNG EINER FIRMENFLOTTE MIT ZUSÄTZLICHEN KOMFORT-NEBENBEDINGUNGEN

Markus Schindler¹, Lukas Gnam², Claudia Maier², Christian Pfeiffer²

¹Forschung Burgenland GmbH, Campus 1, 7000 Eisenstadt

²Fachhochschule Burgenland GmbH, Steinamangerstraße 21, 7423 Pinkafeld

17. Symposium Energieinnovation
16.-18. Februar 2022



Das Leitprojekt Car2Flex (880780) wird im Rahmen der 3. Ausschreibung im Programm Vorzeigeregion Energie des Klima- und Energiefonds gefördert.

Inhalt

- Projektvorstellung
- Optimierungsmodell
- Thermischer Komfort
- Ergebnisse

Projektübersicht

Leitprojekt: Car2Flex

Laufzeit: 01/2021 – 12/2024

Projektbudget: 4.798.099,- EUR

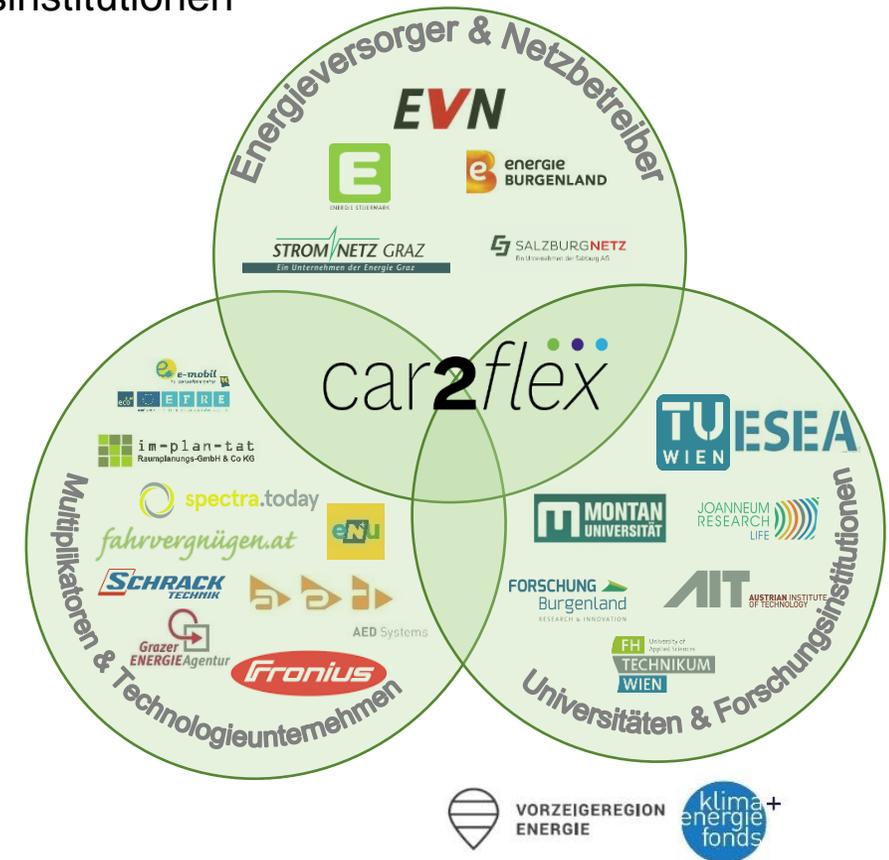
Förderung: 2.757.684,- EUR

Projektleitung: Technische Universität Wien –
Institut für Energiesysteme und Elektrische
Antriebe

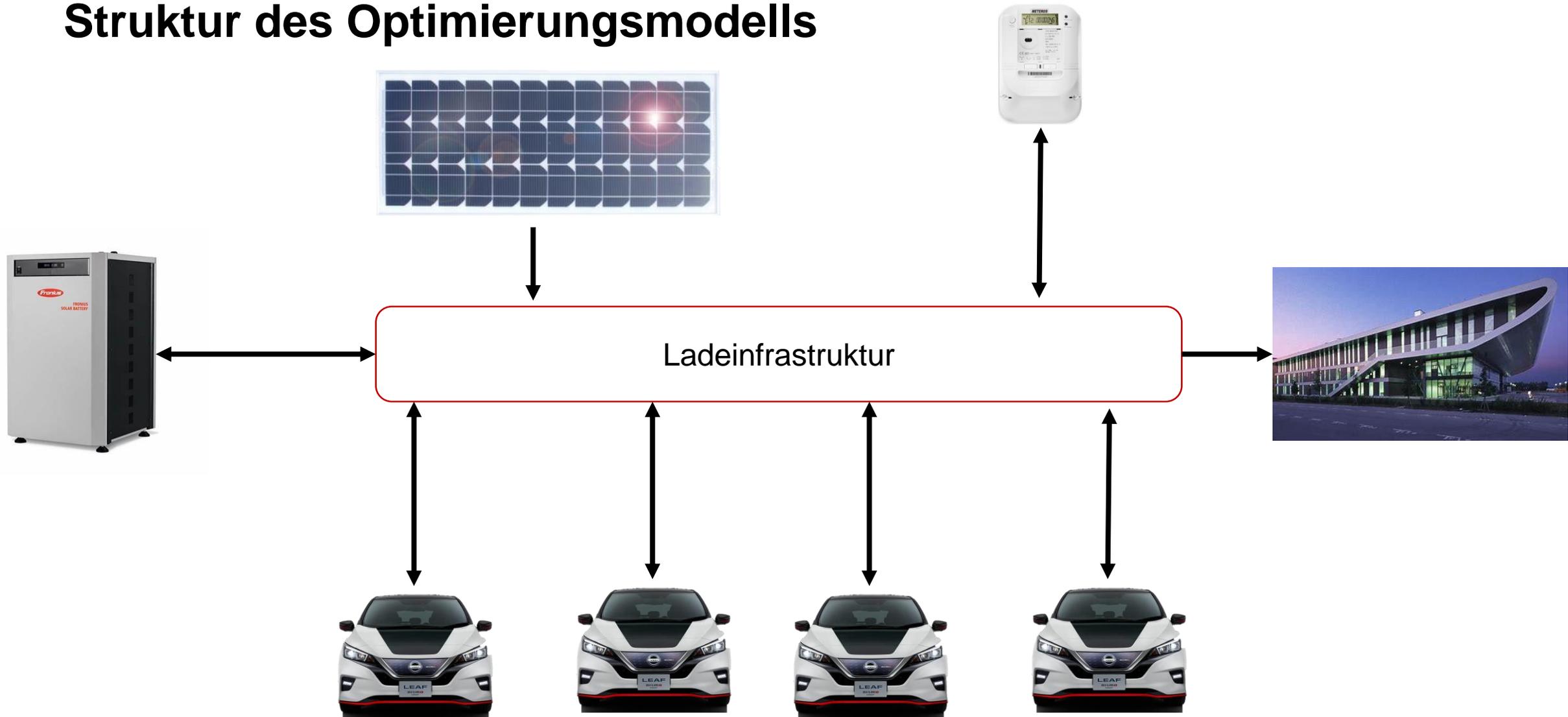
19 Projektpartner:

- 3 Technologieunternehmen
- 5 Energieversorger und Netzbetreiber
- 5 Anwender und Multiplikatoren
- 6 Forschungsinstitutionen

Ausrollung & Markteinführung	<ul style="list-style-type: none"> • Langzeitdemonstrationsphasen • Großflächige Netzanalyse • Übertragbarkeit
Endnutzerintegration	<ul style="list-style-type: none"> • Befragung von EndnutzerInnen • Sozialwissenschaftliche Lösungsansätze • Web/mobile Anwendung
Dienstleistungen & Geschäftsmodelle	<ul style="list-style-type: none"> • Anpassung von E-Car-Sharing-Plattformen • Innovative operative Managementstrategien • Kostenoptimierung • Verwendung von EV-Batterien als Notstrom • Erweiterung des lokalen Energiemanagements
Technologieinnovation	<ul style="list-style-type: none"> • Aktive Netzunterstützung durch EV-Ladesäulen • Beitrag zur Standardisierung • Modulare Ansätze • Integration in das Gebäudeenergiemanagement



Struktur des Optimierungsmodells



Zielfunktion der Optimierung

Minimierung der Gesamtkosten des Systems

$$C_{st,inv} + C_{st,p} + C_{st,DA} + C_{stor} + C_{PV} + \sum_f^F C_{EV}^f \rightarrow \min$$

- Kosten für die Ladeinfrastruktur
- Energiekosten
- Kosten für den stationären Speicher
- Kosten für die PV-Anlage
- Kosten für die E-Auto Flotte

Elektrofahrzeug (1)

Fahrzeug wird auf die Batterie reduziert

$$SOC^f[i] = \eta_{bat} \cdot SOC^f[i-1] + T \cdot (\Delta^f[i] + e[i]) \quad \forall i \in I \setminus \{0\} \quad \forall f \in F$$

Die Änderung des Ladestandes wird modelliert über

$$\Delta^f[i] = \eta_{charge} \cdot SOC_c^f[i] - \frac{1}{\eta_{discharge}} \cdot SOC_d^f[i] \quad \forall i \in I \quad \forall f \in F$$

Weitere Nebenbedingungen damit nicht gleichzeitig geladen und Entladen wird

Elektrofahrzeug (2)

Kosten des Fahrzeugs werden auf 2 Teile aufgespaltet

$$C_{EV}^f = A_{inv} + LCOE \cdot T \cdot \sum_i^I SOC_c^f [i]$$

Annuität der Invest-Kosten

$$WACC = 2\%$$

$$K_{inv} = 18000\text{€}$$

Batterie-Kosten

$$LCOE = 20\text{ct/kWh}$$

Photovoltaik-Anlage

Fahrzeug wird auf die Batterie reduziert

$$P_{pv,out}[i] = \eta \cdot P_{peak} \cdot p[i] \quad \forall i \in I$$

Maximaler Ausbau beschränkt

$$P_{peak} \leq P_{peak}^{max}$$

Annuität der Inv-Kosten

Kosten für die PV-Anlage

$$C_{PV} = P_{peak} \cdot A_{PV}$$

$$WACC = 2\%$$

$$K_{inv} = 1250\text{€/kWp}$$

Stationärer Speicher

Stationärer Speicher ähnlich zum Modell

$$SOC[i] = \eta_{bat} \cdot SOC[i - 1] + T \cdot \Delta[i] \quad \forall i \in I \setminus \{0\}$$

$$\Delta^f[i] = \eta_{charge} \cdot SOC_c[i] - \frac{1}{\eta_{discharge}} \cdot SOC_d[i] \quad \forall i \in I$$

Kapazität des Speichers als Investitionsentscheidung

$$SOC[i] < SOC_M \quad \forall i \in I$$

$$C_{stor} = SOC_M \cdot A_{stor}$$

Ladestation (1)

Ladestation verknüpft alle Komponenten des Modells

Energiebilanz für alle anderen Komponenten

$$P_c = \{3,7kW; 7,4kW; 11kW; 22kW\}$$

$$G_{proc}[i] - G_{in}[i] + P_{pv,out}[i] - D[i] + SOC_d[i] - SOC_c[i]$$

$$= \sum_f^F SOC_c^f[i] - SOC_d^f[i] \quad \forall i \in I$$

$$\sum_{p \in P_c}^{P_c} \sigma_{c,inv}^{f,p} = 1 \quad \forall f \in F$$

$$SOC_c^f \leq \sum_{p \in P_c}^{P_c} p \cdot \sigma_{c,inv}^{f,p} \quad \forall f \in F$$

$$SOC_d^f \leq \sum_{p \in P_c}^{P_c} p \cdot \sigma_{c,inv}^{f,p} \quad \forall f \in F$$

Ladestation (2)

Stationärer Speicher ähnlich zum Modell

$$C_{st,DA} = T \cdot \sum_i^I p_{DA}[i] \cdot (G_{proc}[i] - G_{in}[i])$$

Investitionskosten für die Ladeinfrastruktur

$$C_{st,inv} = \sum_p^{P_c} \sum_f^F c_{inv}^p \sigma_{c,inv}^{p,f} + \sum_f^F c_{bi} \cdot \sigma_{bi}^f$$

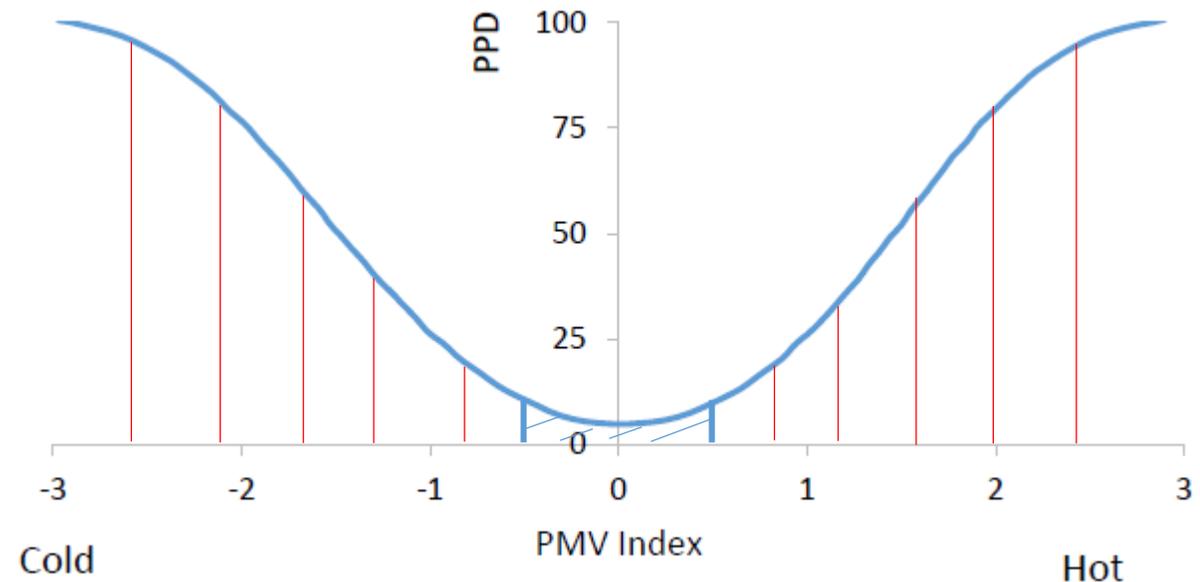
$$C_P = p_{kW} \cdot \max(G_{proc}[i])$$

Soziale und Komfort-Nebenbedingungen

- Die meisten Optimierungsmodell beschäftigen sich nur mit techno-ökonomischen Nebenbedingungen
- Die Einbindung von sozialen NB ermöglicht die Einbindung des Nutzerverhaltens und der Vorlieben der Nutzer
- Mit dem Ziel die Akzeptanz der Nutzer zu erhöhen

Bewertung des Thermischen Benutzerkomfort I

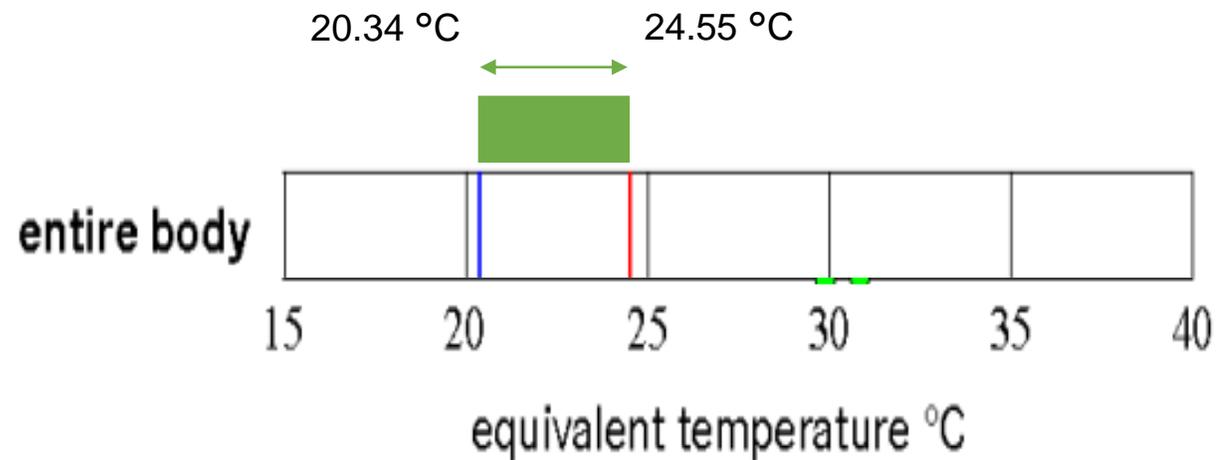
- Predicted Mean Vote (PMV) by Fanger (1970)
- Predicted percentage dissatisfied (PPD)
- Eingabegrößen:
 - Lufttemperatur
 - Mittlere Strahlungstemperatur
 - Relative Luftgeschwindigkeit
 - Relative Luftfeuchtigkeit
 - Persönliche Aktivität
 - Kleidung



- Nach den Angaben von ASHRAE^a standard, $PMV \in [-0.5; +0.5]$
 → $PPD < 10\%$

Bewertung des thermischen Komforts II

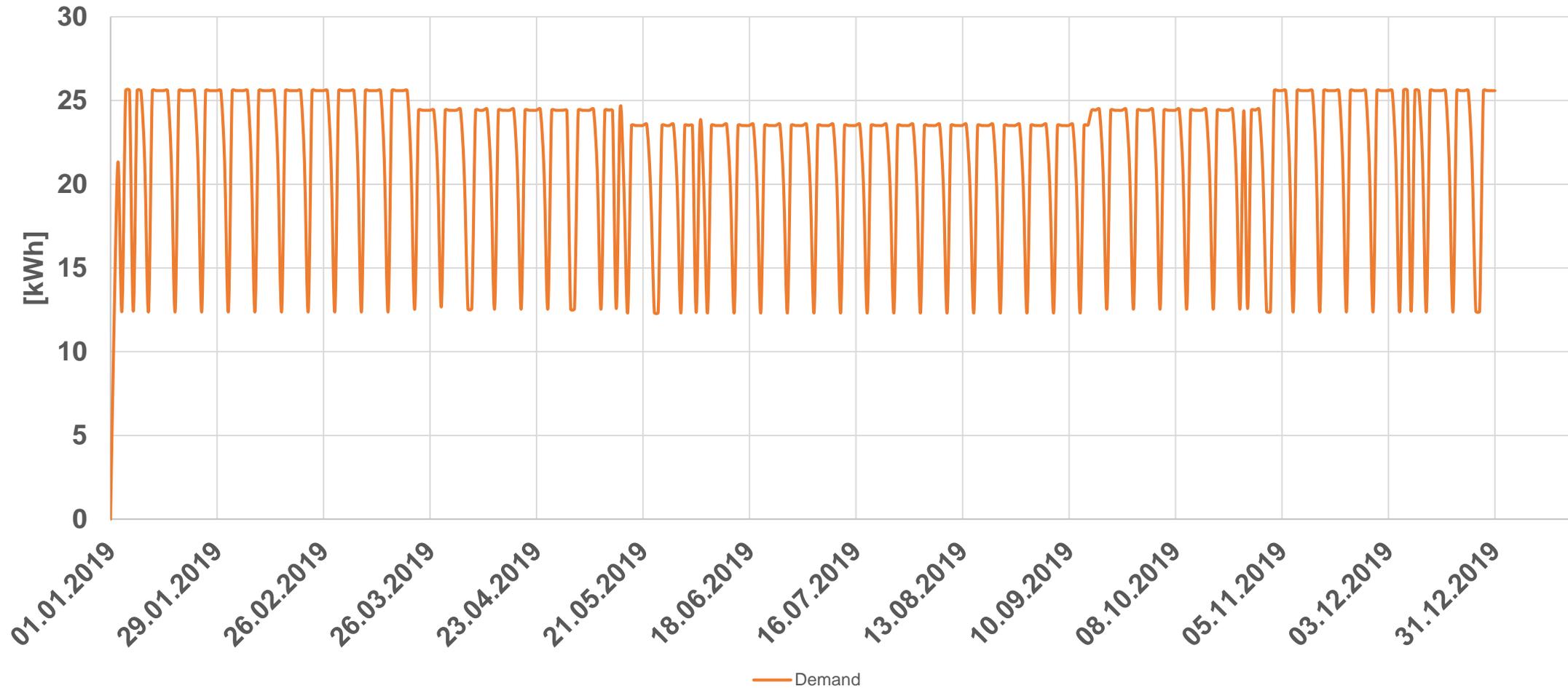
- Die Lufttemperaturgrenzen werden laut Currie & Maué (2000)
 - mean PMV = 0.398
 - PPD $\leq 10\%$ within [20.34; 24.55] °C



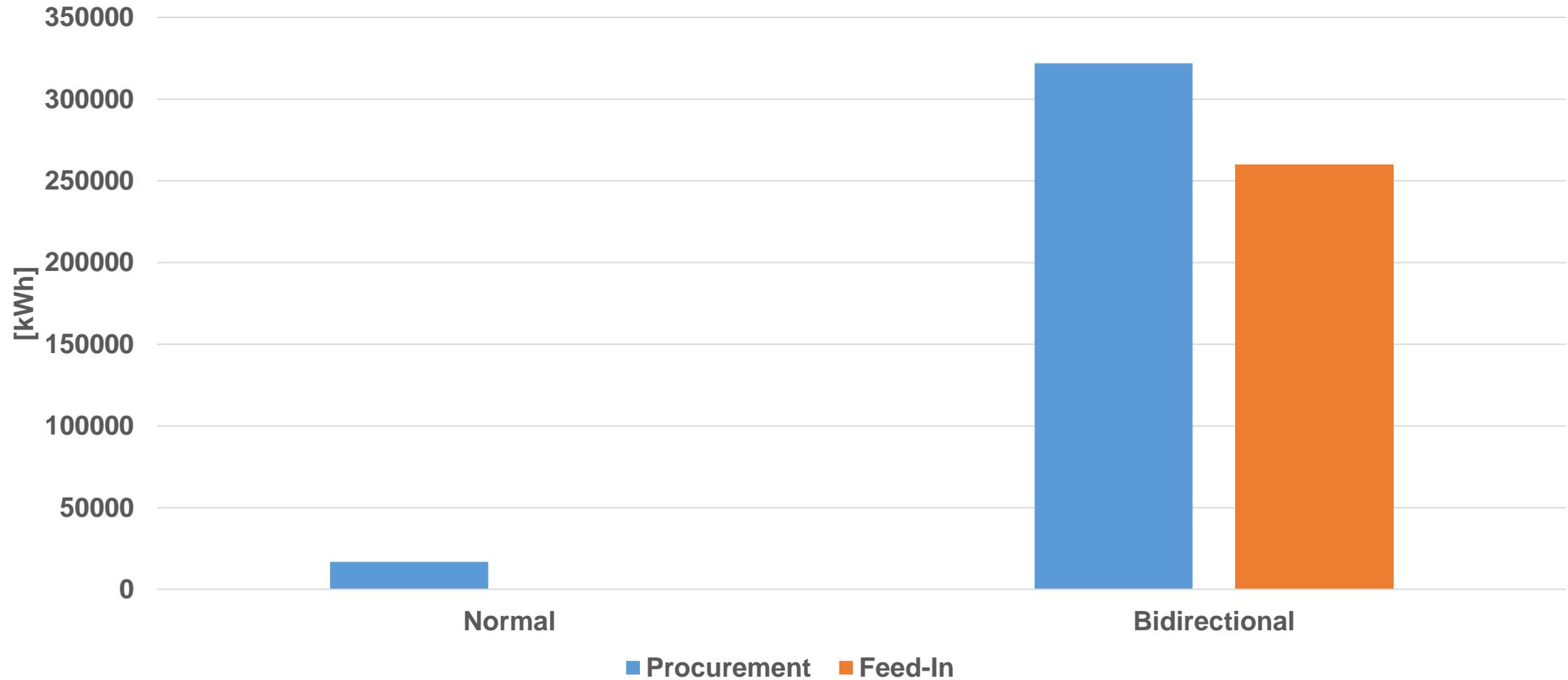
Use Case – Small Company

- Energieverbrauch geschätzt mit 8.000 kWh/year
- Optimierungsmodell inklusive Investitionsentscheidung in PV und Batteriespeicher und Größe der Ladeinfrastruktur
- Vier Fahrzeuge (Nissan Leaf with 22 kW)
- Zwei verschiedene Szenarien
 - Investitionsentscheidung über die Lademöglichkeiten
 - Bidirektionales Laden für die Fahrzeuge möglich

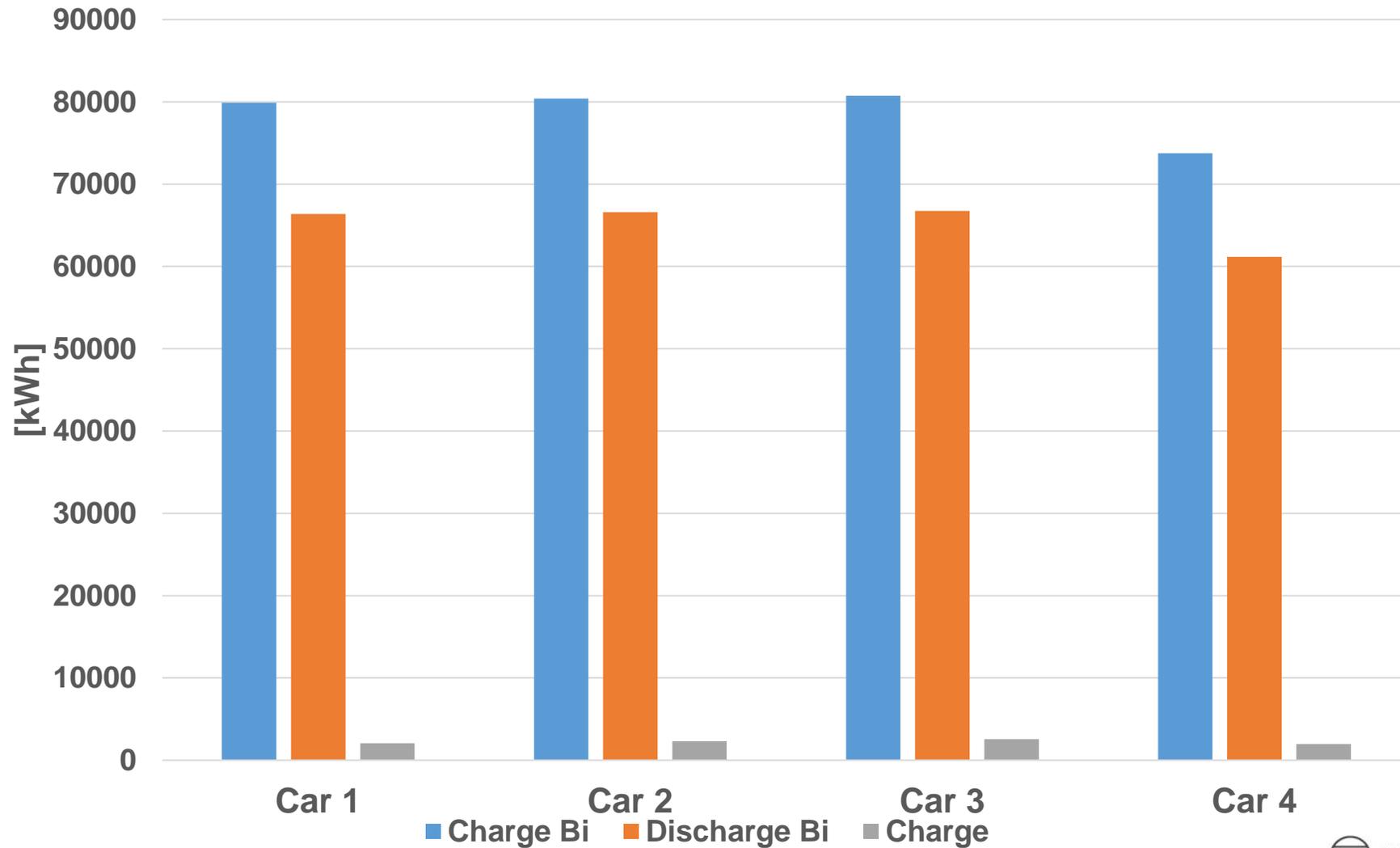
Use Case – Unternehmenslastprofil



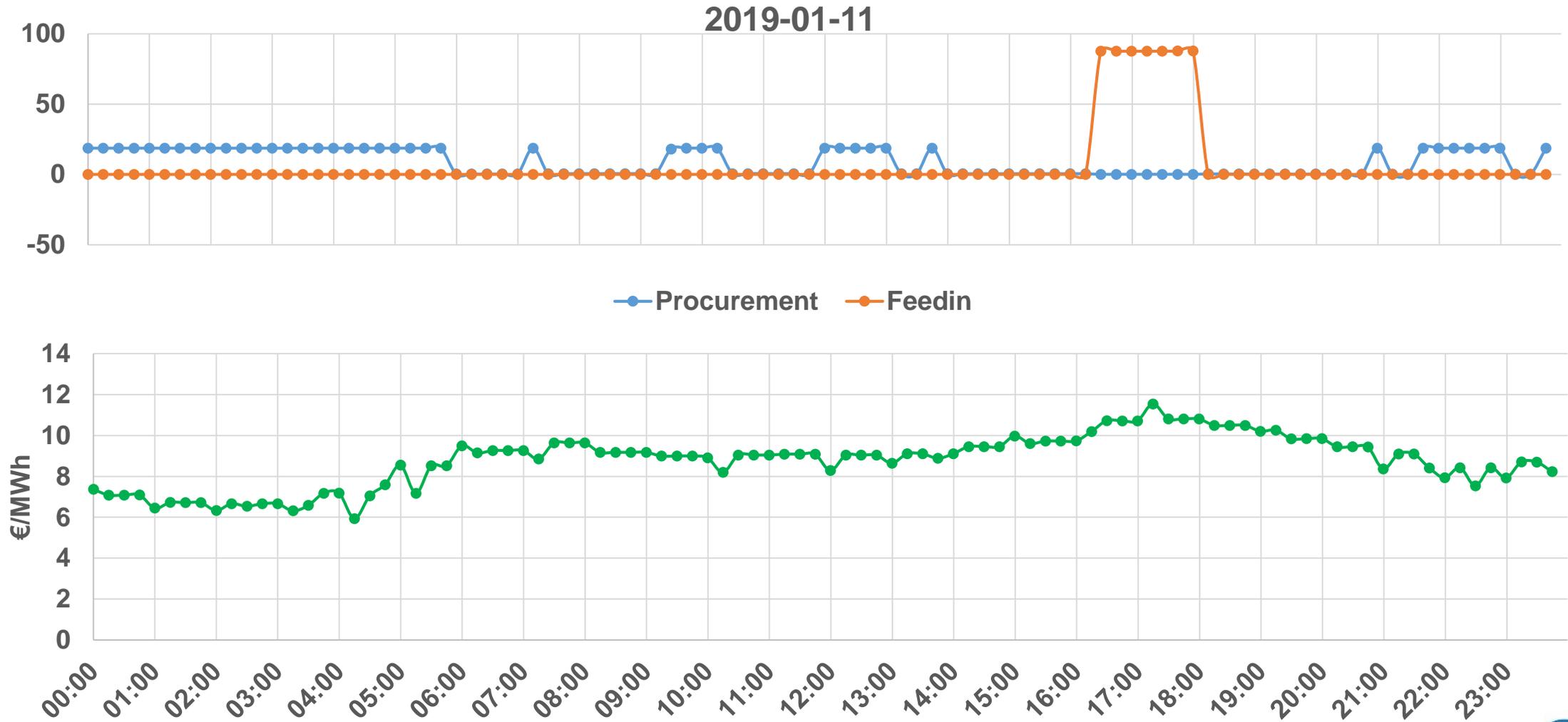
Results – Energiebezug und Einspeisung



Results – Auto Laden und Entladen

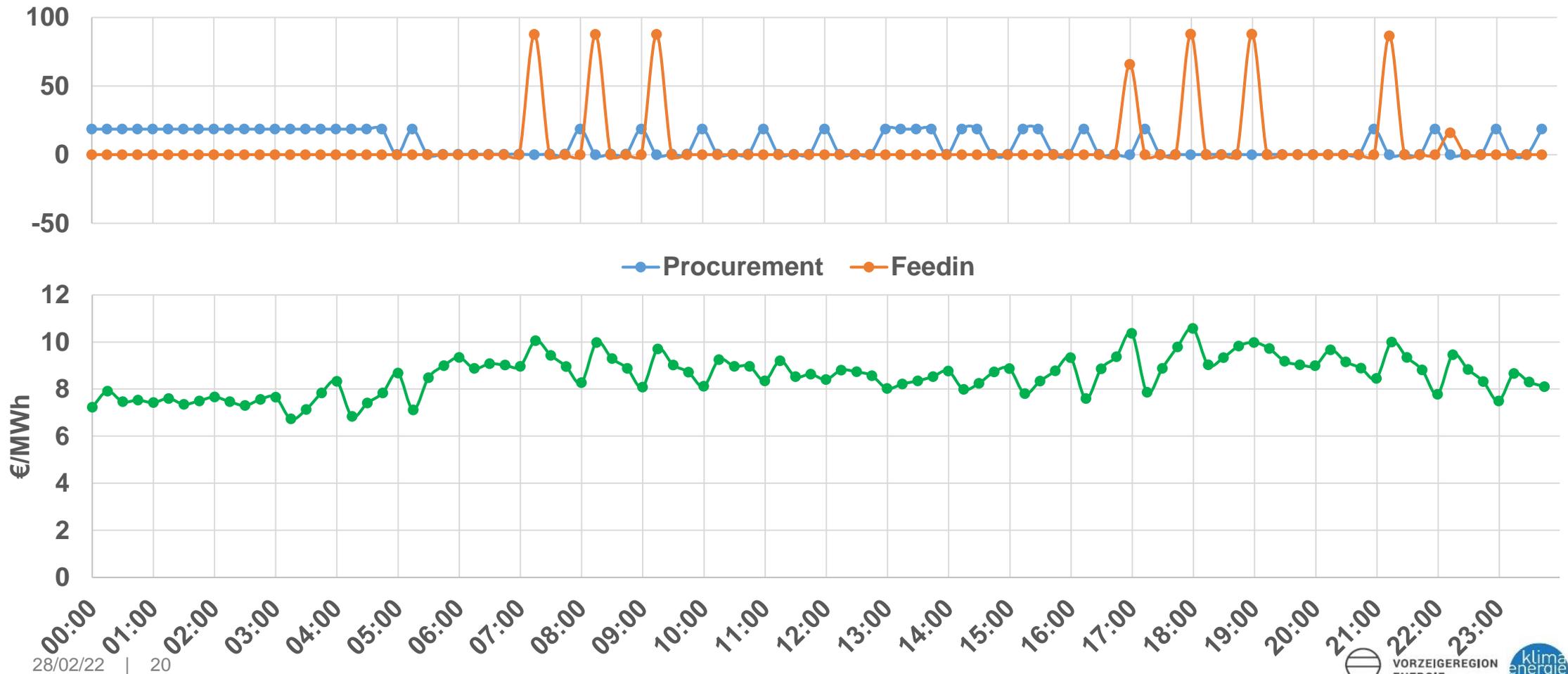


Results – Winter Tag



Results – Sommertag

2019-07-19



Zusammenfassung

- MILP-Modell für Firmenflotten
- Investition in V2G derzeit nicht profitabel
- Für genauere Ergebnisse detaillierte Daten für die Firmenflotten notwendig
- Erweiterungen, dass die Anzahl der Fahrzeuge größer als die Anzahl der Ladesäulen ist

Danke für ihre Aufmerksamkeit

Markus Schindler, Forschung Burgenland GmbH

Campus 1, 7000 Eisenstadt

www.forschung-burgenland.at

markus.schindler@forschung-burgenland.at



Das Leitprojekt Car2Flex (880780) wird im Rahmen der 3. Ausschreibung im Programm Vorzeigeregion Energie des Klima- und Energiefonds gefördert.