

Dezentrale künstliche Intelligenz im Stromnetz - Zukunftsmusik?

FEZ UpToDate

Donnerstag, 14. Juli 2022,
17.00-17.30 Uhr

Dr. Severin Nowak

Senior Wissenschaftlicher Mitarbeiter, IET
Hochschule Luzern, Technik & Architektur
severin.nowak@hslu.ch

Technik und Architektur, Campus Horw
July 12, 2022



Projekt Team (HSLU):

Severin Nowak
Ben Bowler
Fabian Widmer
Dominic Jossen
Mojgan Hojabri
Antonios Papaemmanouil

Übersicht

- Wer sind wir?
- Globale Trends
- Smart Meter Rollout
- KnowLEDGE Forschungsprojekt
- Netzberchnungen mittels Smart Meter
- Lastprofil Vorhersage
- Feldtest Verteilnetz

Wer sind wir?

CC DEEP (Digital Energy and Electric Power)

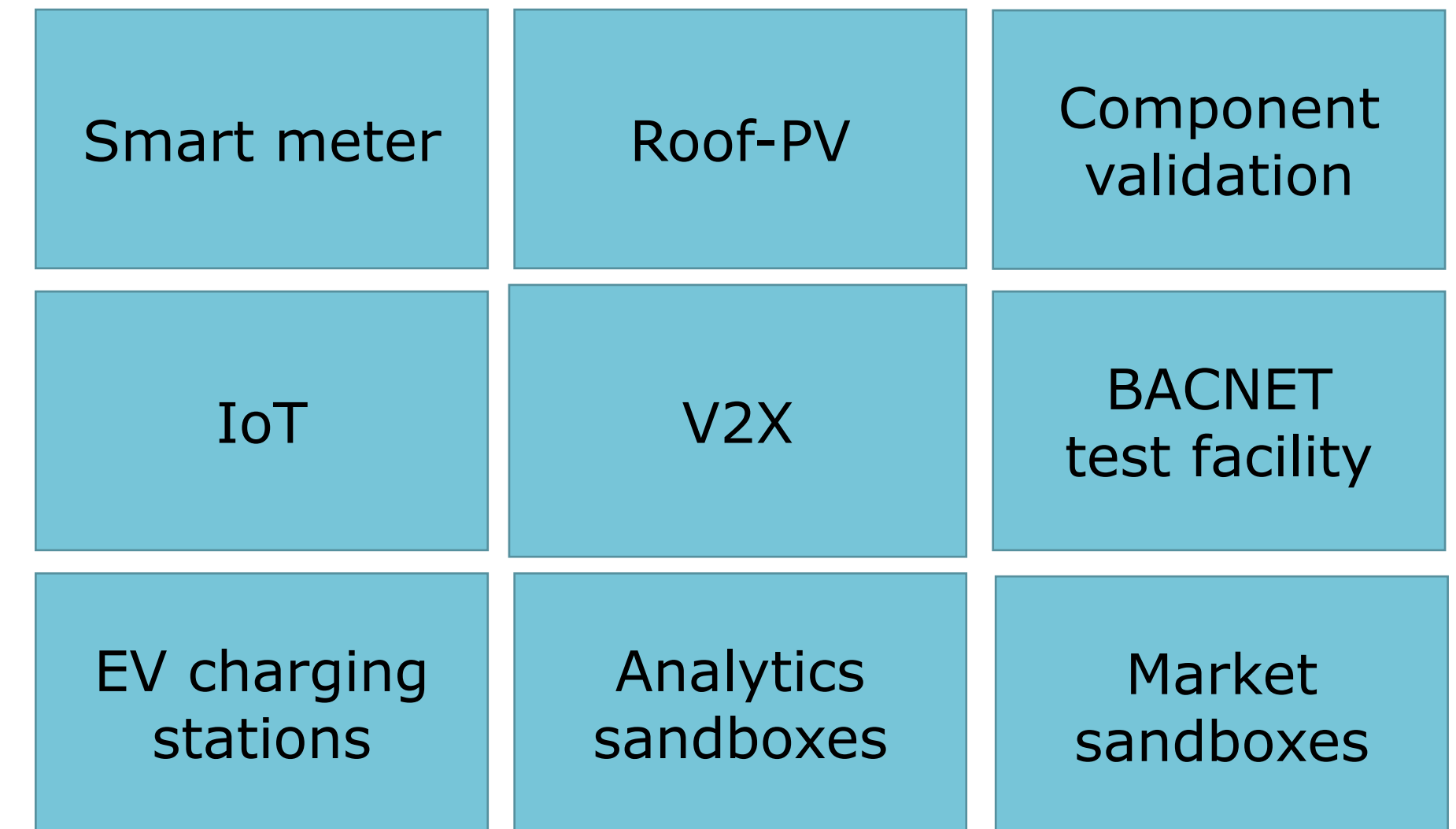
Angewandte Forschung

- 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»



Vorhandene Infrastruktur

- IoT Infrastruktur
- 8 EV Ladestationen (1 bidirectional)
- 11kWp + 10kWp Onsite PV
- Datenanalyse Tools & AI Sandboxes
- Smart Meter Lab
- Komponenten Validierung and BACNET Testlabor

Globale Trends



Netz Transformation und Dekarbonisierung

- Erneuerbare Energien (Solar, Wind, etc.)
- Elektrifizierung Verkehr und Heizungssystemen
- Steuerbare Verbraucher
- Speichersysteme
- Dezentralisierung

Mehr Datenquellen

- Smart Meter
- Daten aus Gebäudeautomation (Temperatur, Einstrahlung, etc.)
- Messungen von Erzeugern (z.B. Wechselrichter)
- Netzüberwachungsgeräte
- Prognosen
- Social media Daten
- Detailliertere Wetterdaten

Aufstrebende Technologien

- Leistungsvollere Datenverarbeitung
- Neue KI/ML Methoden
- Schnellere, sicherere Kommunikationskanäle
- Edge-processing (sogenannte eingebettete Systeme)

-> **Neue Chancen durch Digitalisierung**

Smart Meter Rollout

Smart meter - Schlüssel zur Digitalisierung der Stromnetze?

- Zeichnen 15 Minuten Leistungswerte von Haushalten und kommerziellen Verbrauchern auf
- Senden Daten einmal pro Tag zu Energieversorgungsunternehmen (EVU)
- Werden hauptsächlich zur Abrechnung verwendet



Smart Meter Roll-out Schweiz: 80% der Endverbraucher bis 2027 (StromVV)

Smart Meter Roll-out Europa: ~70% der Endverbraucher in 2020

Vorteile:

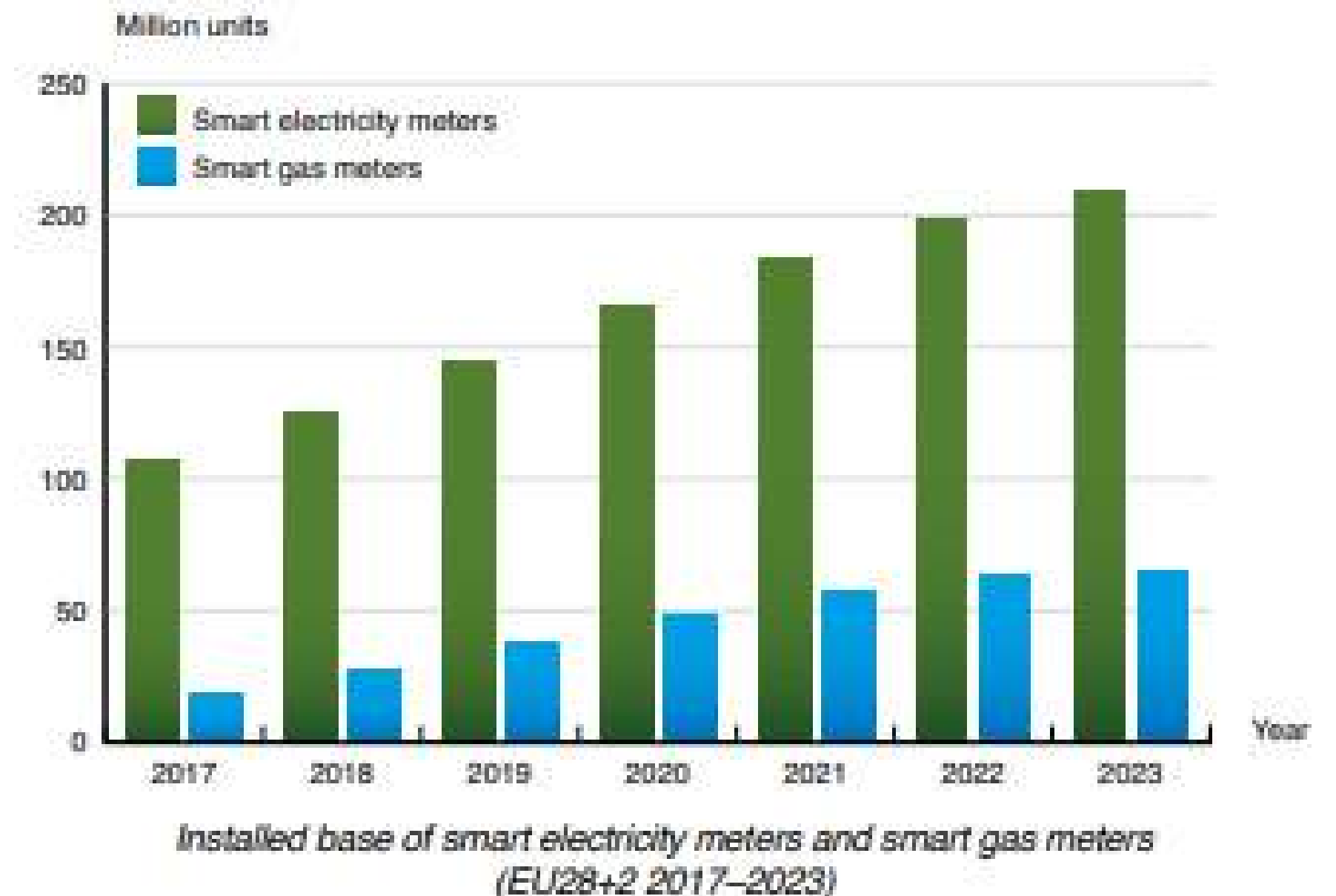
Energieeinsparungen (BFE rechnet mit -2%)

➤ Wirtschaftliche Vorteile und Ressourceneinsparungen

Zählerausfälle früher bemerken

Ermöglichen von dynamische Tarifen

Datenauslesung für Endkunden



Smart Meter Rollout

Datenprivatsphäre: Messdaten gehören dem Endverbraucher

- VNB befolgen strikte Datenschutz Richtlinien um Vertraulichkeit und Integrität zu wahren
- Können aggregierte Daten für Monitoring, Steuerung, und Netzwerkplanung verwenden
- Verwendung der Daten von Dritten nur unter strikter Anonymisierung, in aggregierter Form

Potenzial Daten für viele andere Zwecke einzusetzen:

- Verwendung der Daten für Eigenverbrauchsoptimierung / ZEV
 - Von StromVV geregelt (möglich via DSMR Kundenschnittstelle)
 - Netzberechnungen (praktisch in Echtzeit)
 - Lastprofil Vorhersage
- ⇒ Erfordert individuelle Endverbraucher – Lastprofile
- ⇒ Problematisch wenn zentral verarbeitet



KnowIEDGE Forschungsprojekt

BFE Ausschreibung "Grids Research Program 2020"

KnowIEDGE Projekt:

Dezentrale, sichere und Privatsphäre-schützende KI zur Verbesserung der Netzzuverlässigkeit, Resilienz und Kosten von VNBs

HSLU - Project team:



Antonios, Ben, Mojgan, Patrick, Fabian, Dominic, Severin

Project partners:

HSLU Lucerne University
of Applied Sciences
and Arts

Landis+Gyr
manage energy better



Start 09/2021

Ende 11/2022

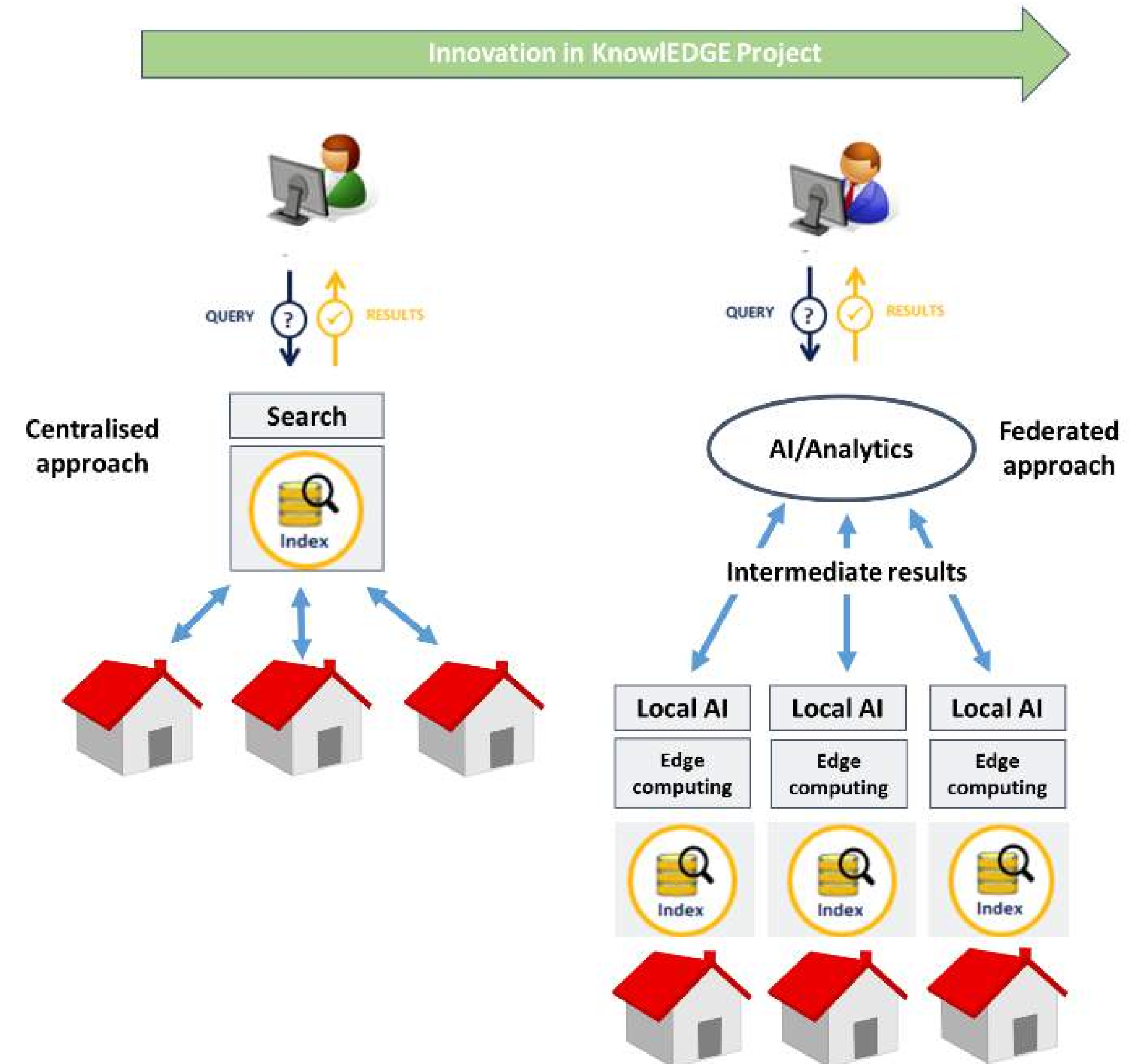
KnowlEDGE Forschungsprojekt

Projektziele

- Vorteile von **verteilter** Datenverarbeitungsstrategien um Smart Meter Daten zu analysieren, verwenden und untersuchen
- Machbarkeit und Mehrwert von "edge-computing" auf Smart Metern prüfen

Meilensteine

- State-of-the-art Analyse
- Künstliche Intelligenz auf Smart Meter einsetzen
- Im Labor validieren und in Feldtest anwenden
- Mehrwert für Netzbetreiber und Endkunden dokumentieren
- Regulierungen/Strategien beeinflussen

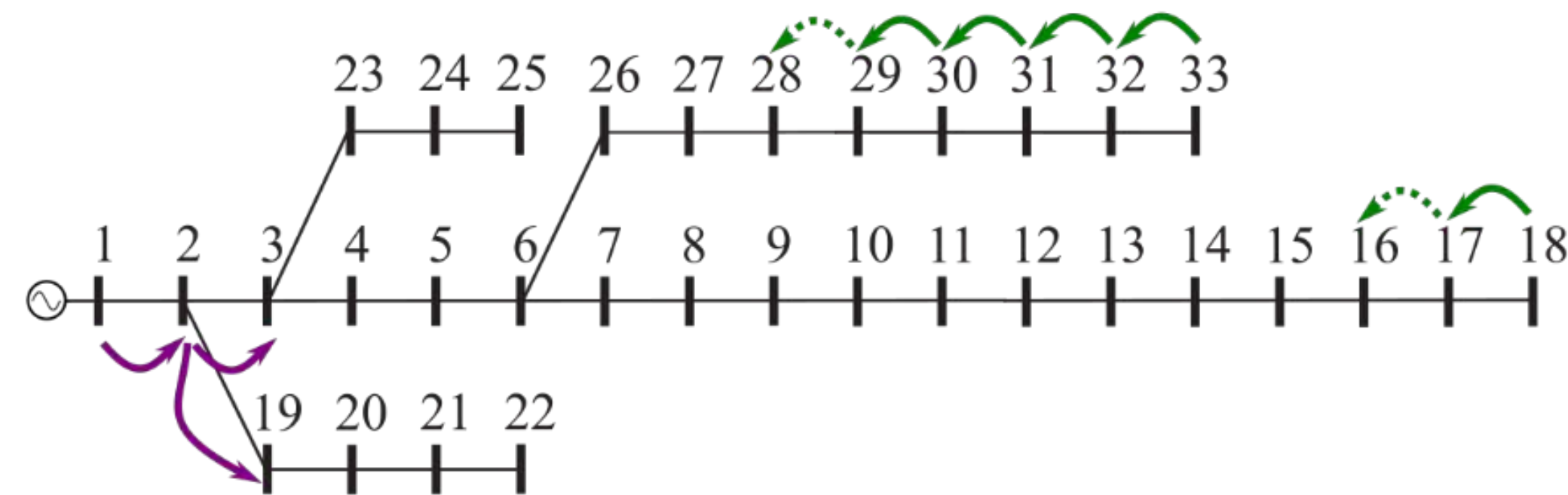


Netzberechnungen – Engpässe

Weshalb?

- Uneinsehbares Netz führt zu konservativer Planung und geringer Auslastung und Limitierung von Erneuerbaren
- Mehr Verbraucher und Erzeuger integrieren, Netz optimal auslasten
- Netz für Energiewende/Dekarbonisierung vorbereiten

Current summation method



Anforderung an Smart Meter

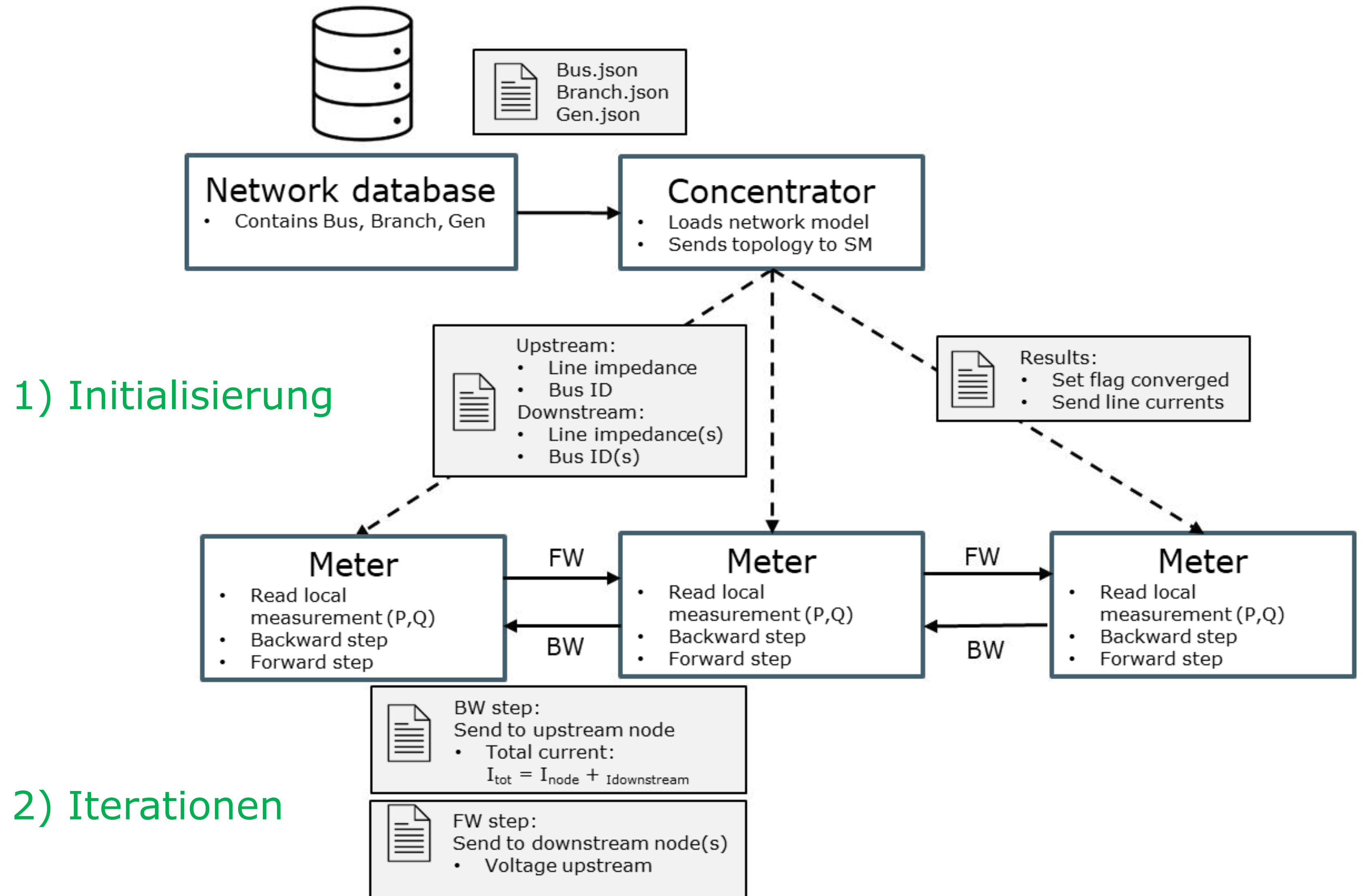
- Kommunikation nur zwischen benachbarten Smart Meter
- Minimale Rechenoperationen (+-/*)
- Geringe Speicherressourcen

1) Backward sweep : Berechnung aller Zweigström

2) Forward sweep : Berechnung aller Knotenspannungen

3) Wiederholen bis zur Konvergenz

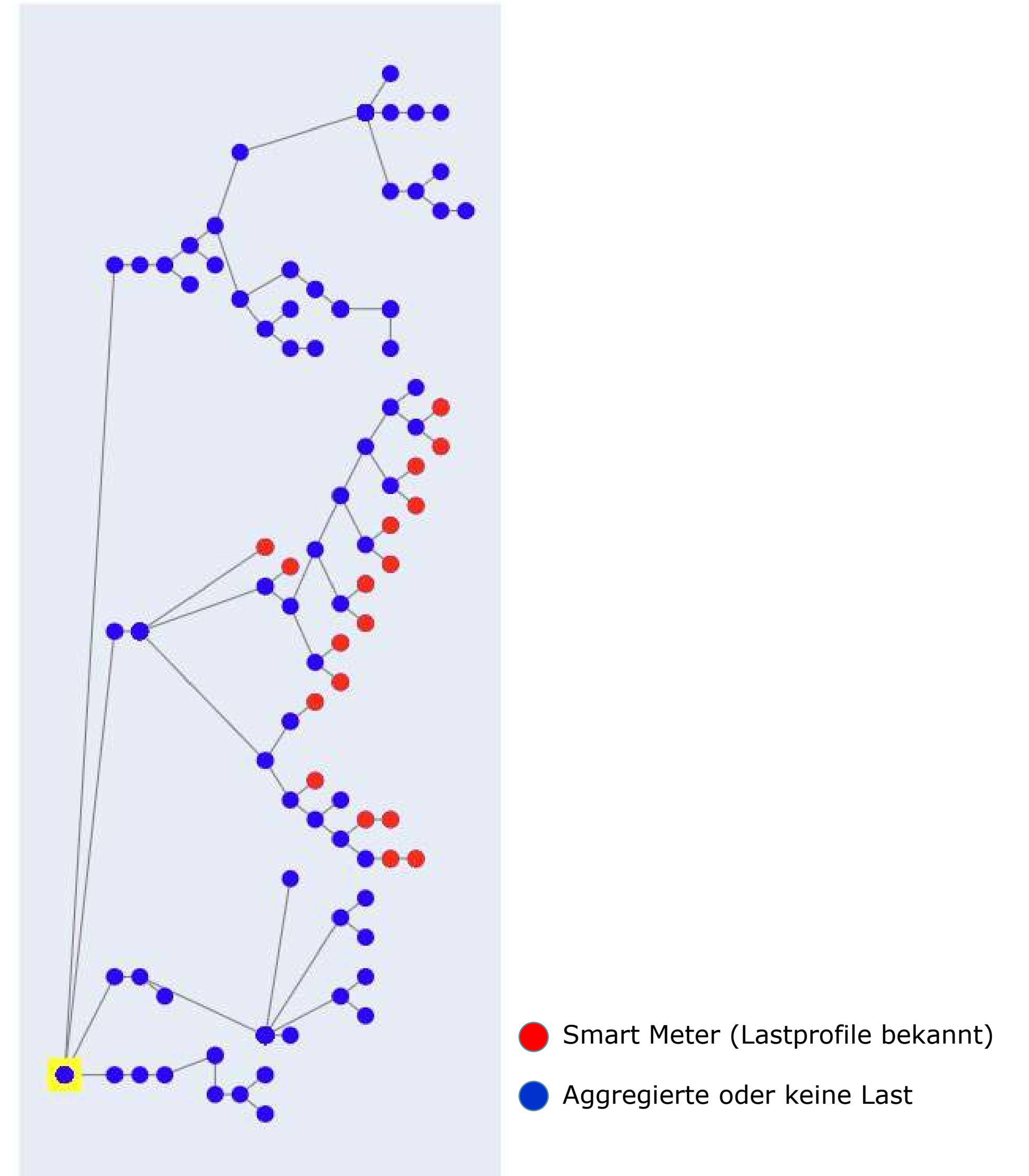
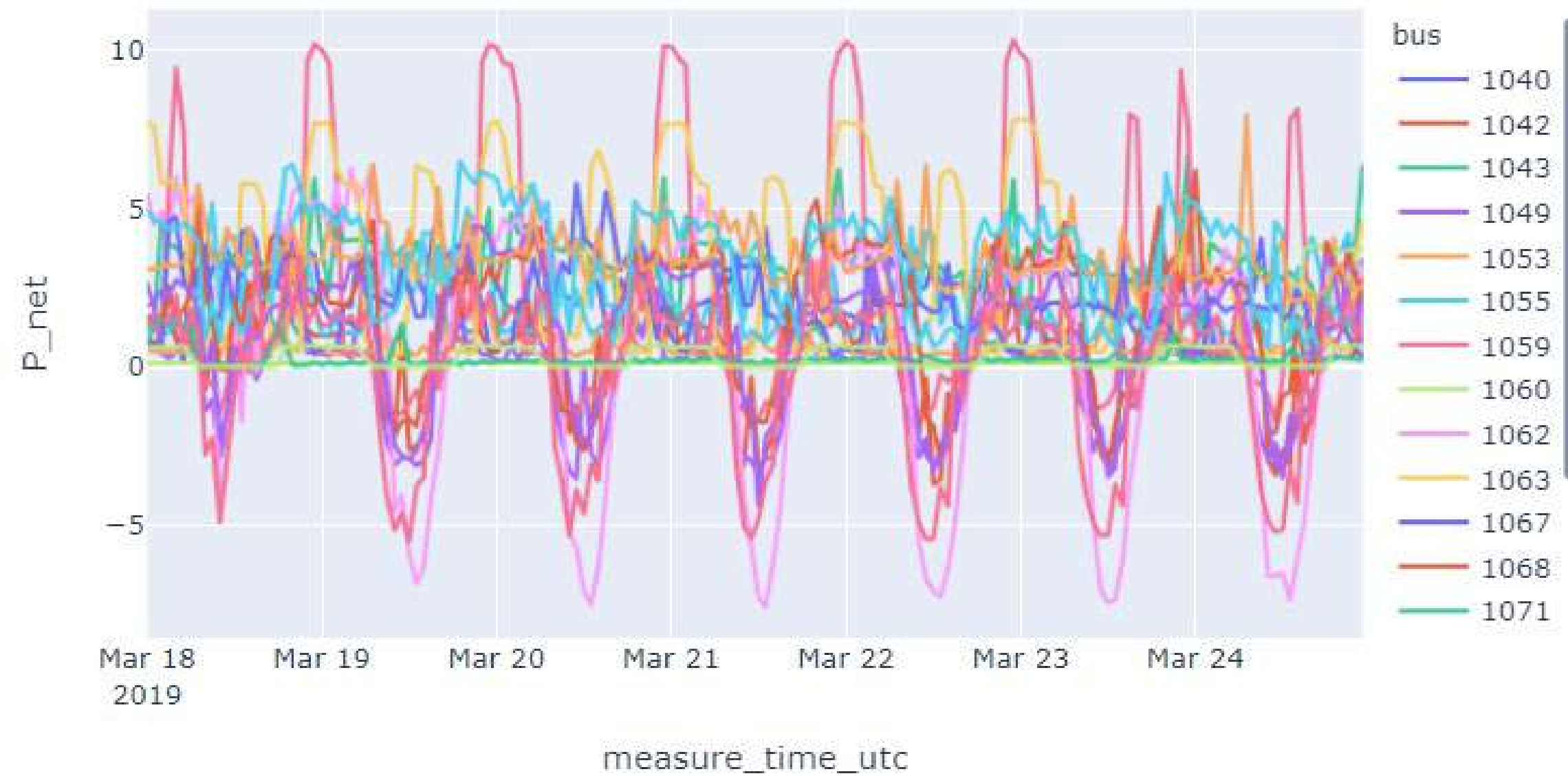
Netzberechnungen – Systemumgebung



Netzberechnungen – Ergebnisse

Referenzwoche mit 1-Stunden Auflösung (168 Datenpunkte)

Testnetz von 18 Endkunden ausgerüstet mit Smart Meter

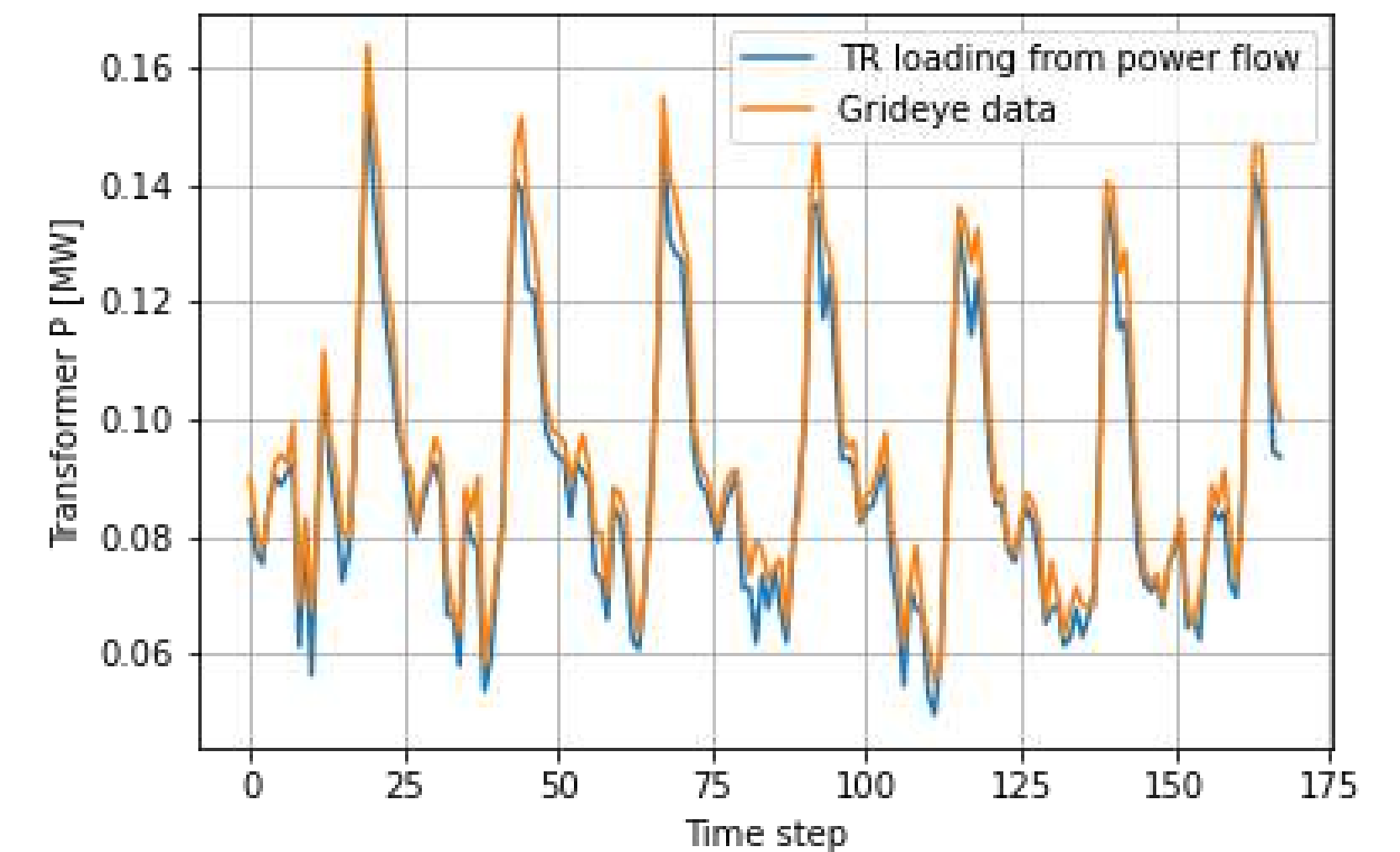
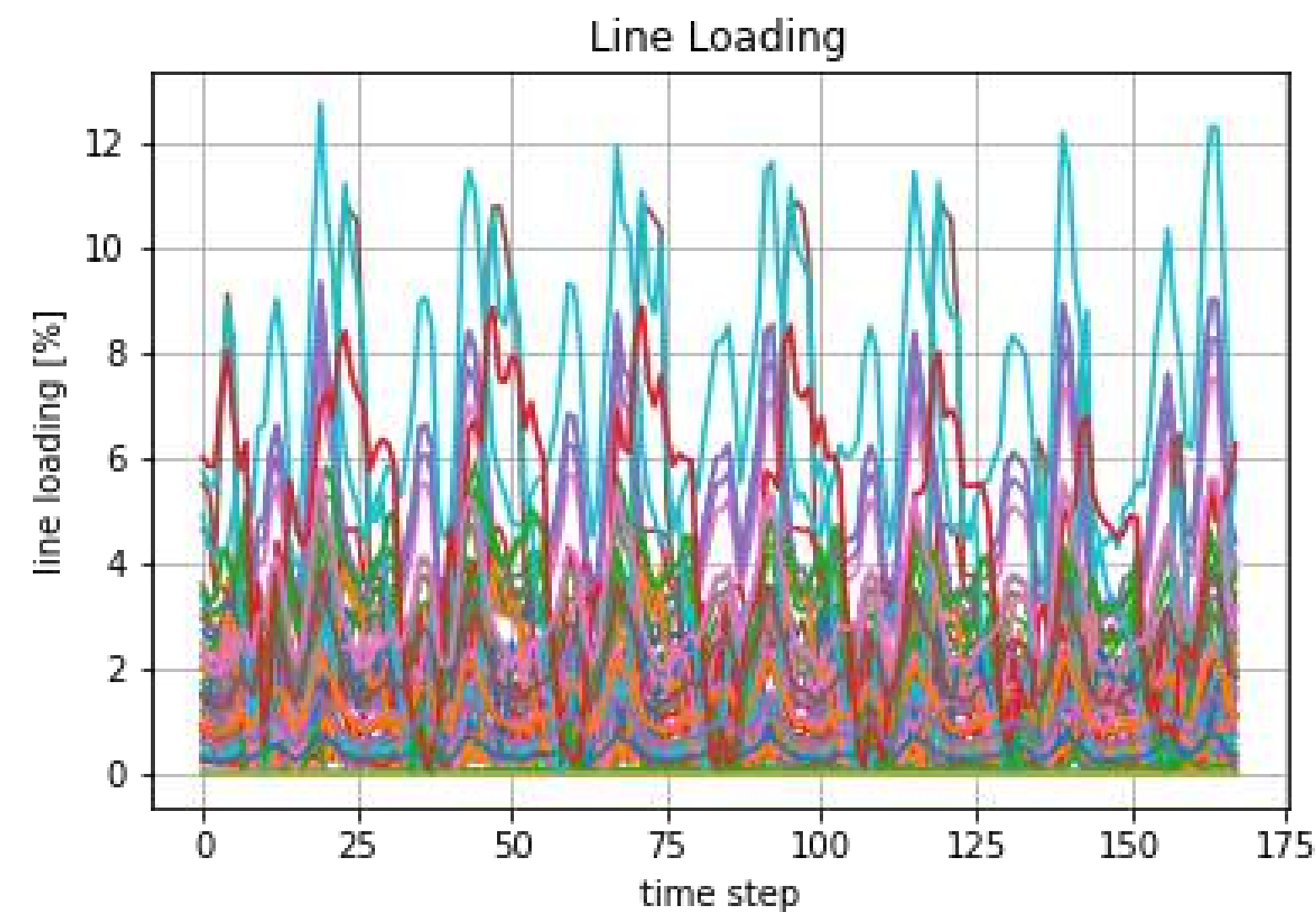
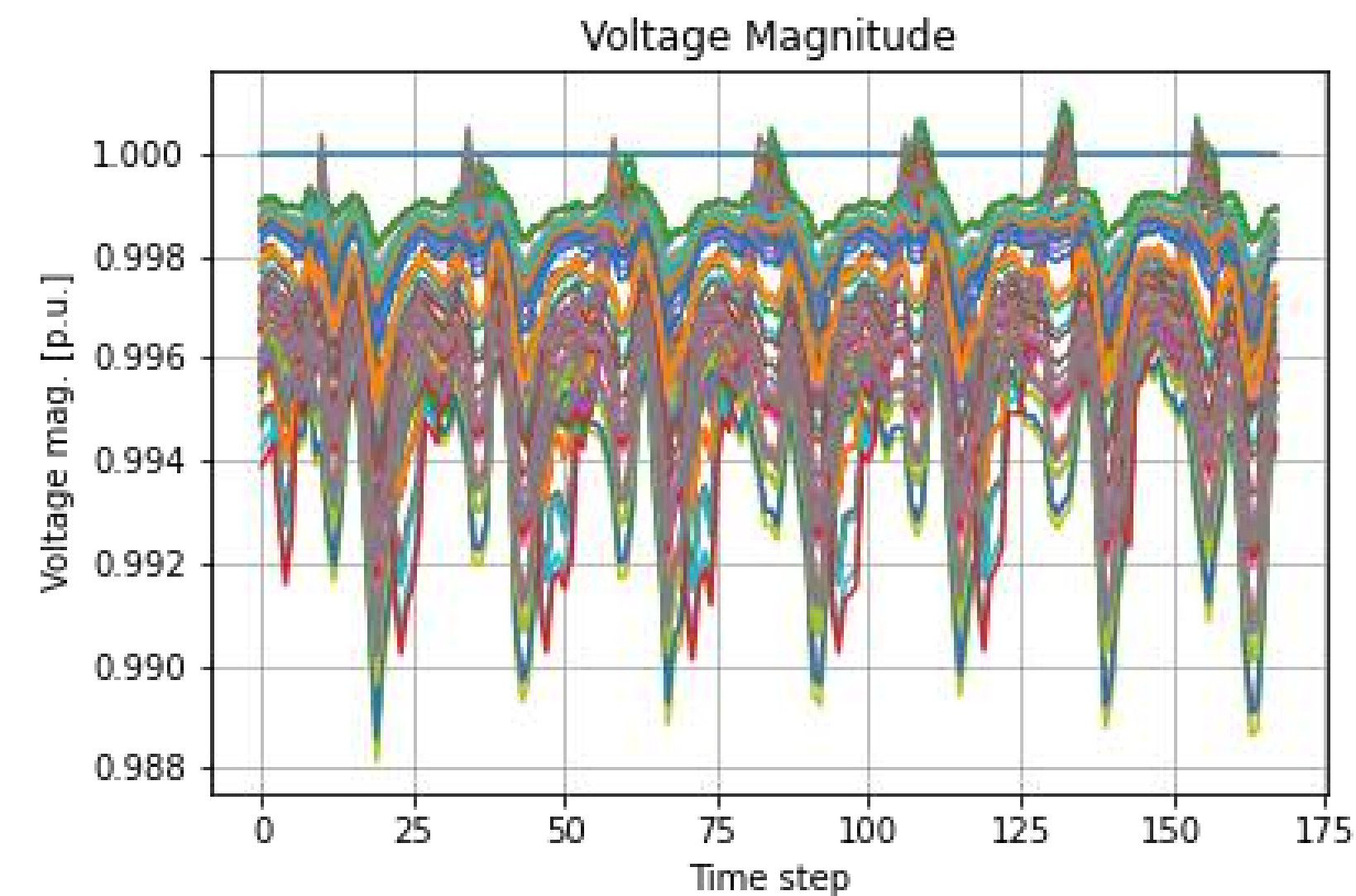


Netzberechnungen – Ergebnisse

Mögliche Datenauswertung:

- Spannungsprofile
- Netzengpässe
- Transformatorauslastung

Vergleich am Transformator:
Netzberechnung via Smart Meter
vs. Messung Grideye



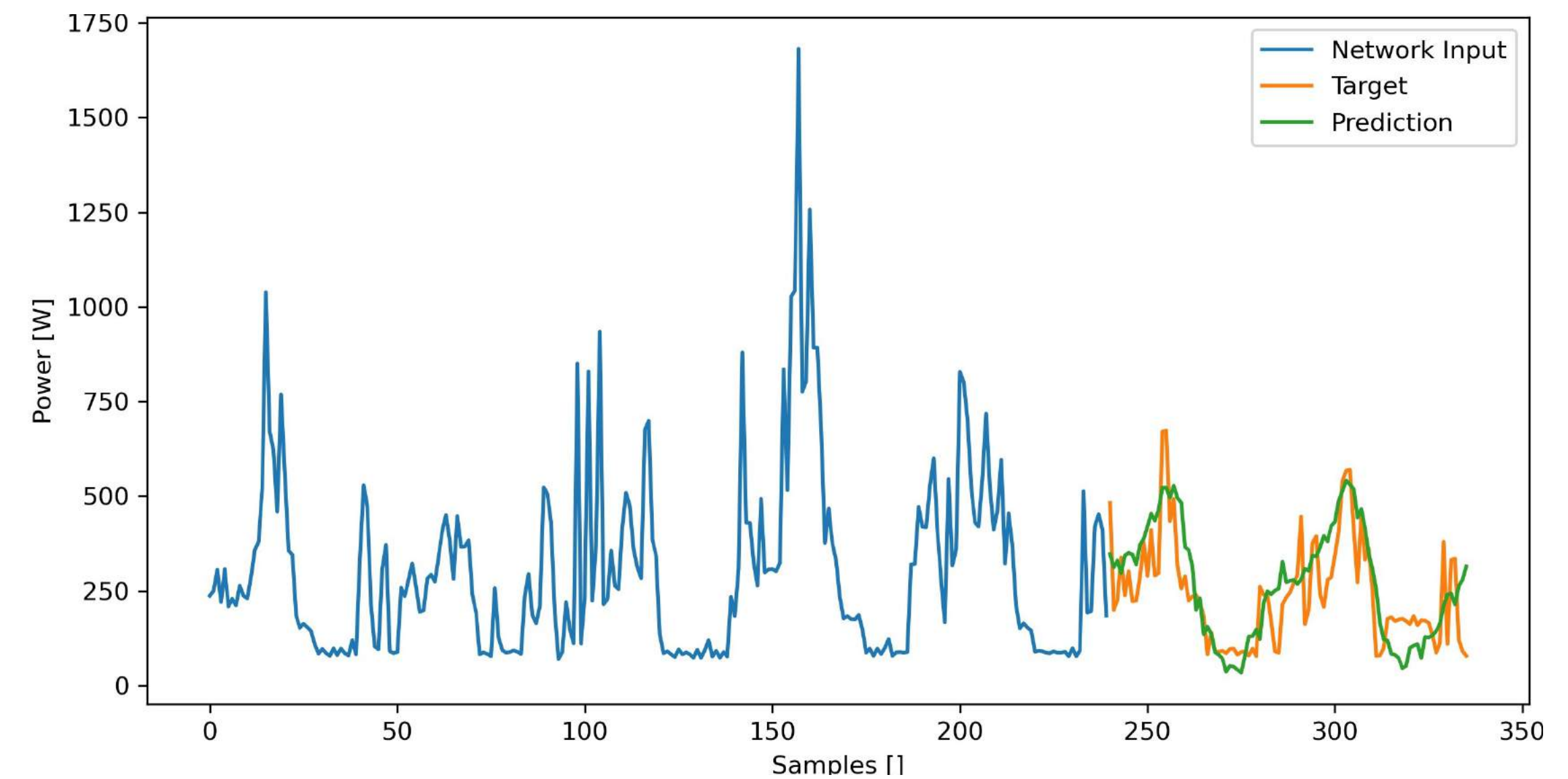
Lastprofil Vorhersage

Weshalb?

- Lastvorhersage ist zentral um Verbrauch und Produktion im Gleichgewicht zu behalten
- Immer mehr dezentrale Speichersysteme und «flexible» Lasten
- Optimierung von Energiebeschaffung und Eigenverbrauch

Herausforderungen

- Datenprivatsphäre (Modelltraining zentralisiert problematisch)
- Lokal limitierte Rechenleistung
- Modell-retraining notwendig



Lastprofil Vorhersage

Vergleich

- Zentrale Methode
- Personalisierte Methode

Best of both worlds

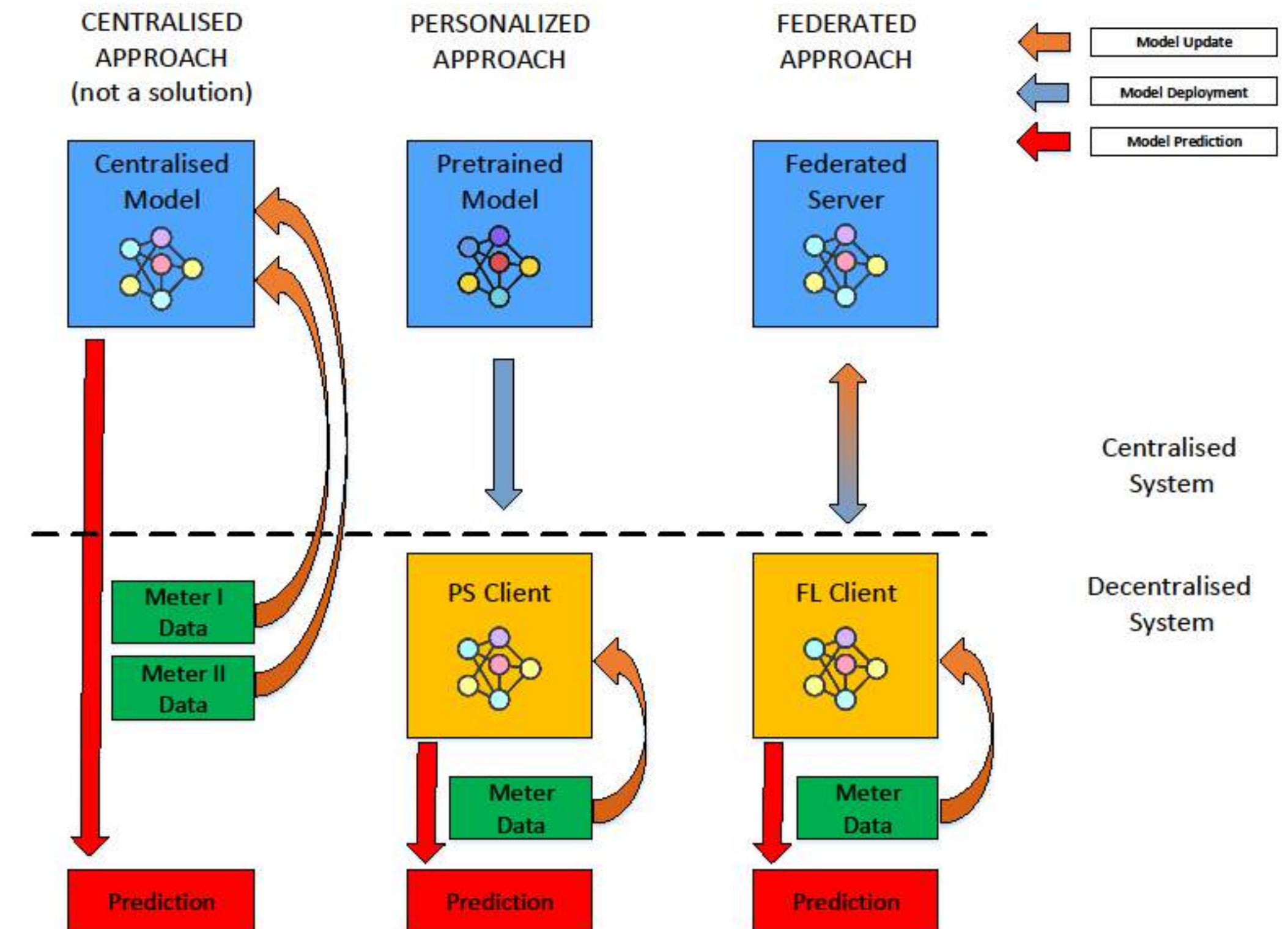
- "Federated Learning"

Herausforderungen

- Individuelle Lastprofile unterscheiden sich stark
- Haushalts-Lastprofile sind stark stochastisch (hohe Zufälligkeit)
-> widerspricht "zentralisiertem" Ansatz
- Limitierte Daten vorhanden fürs Trainieren der Modelle

Technisch machbar, zufriedenstellende Genauigkeit

Bestmögliche Methode (TCN Architektur, Verlustfunktion, etc.) verwendet!



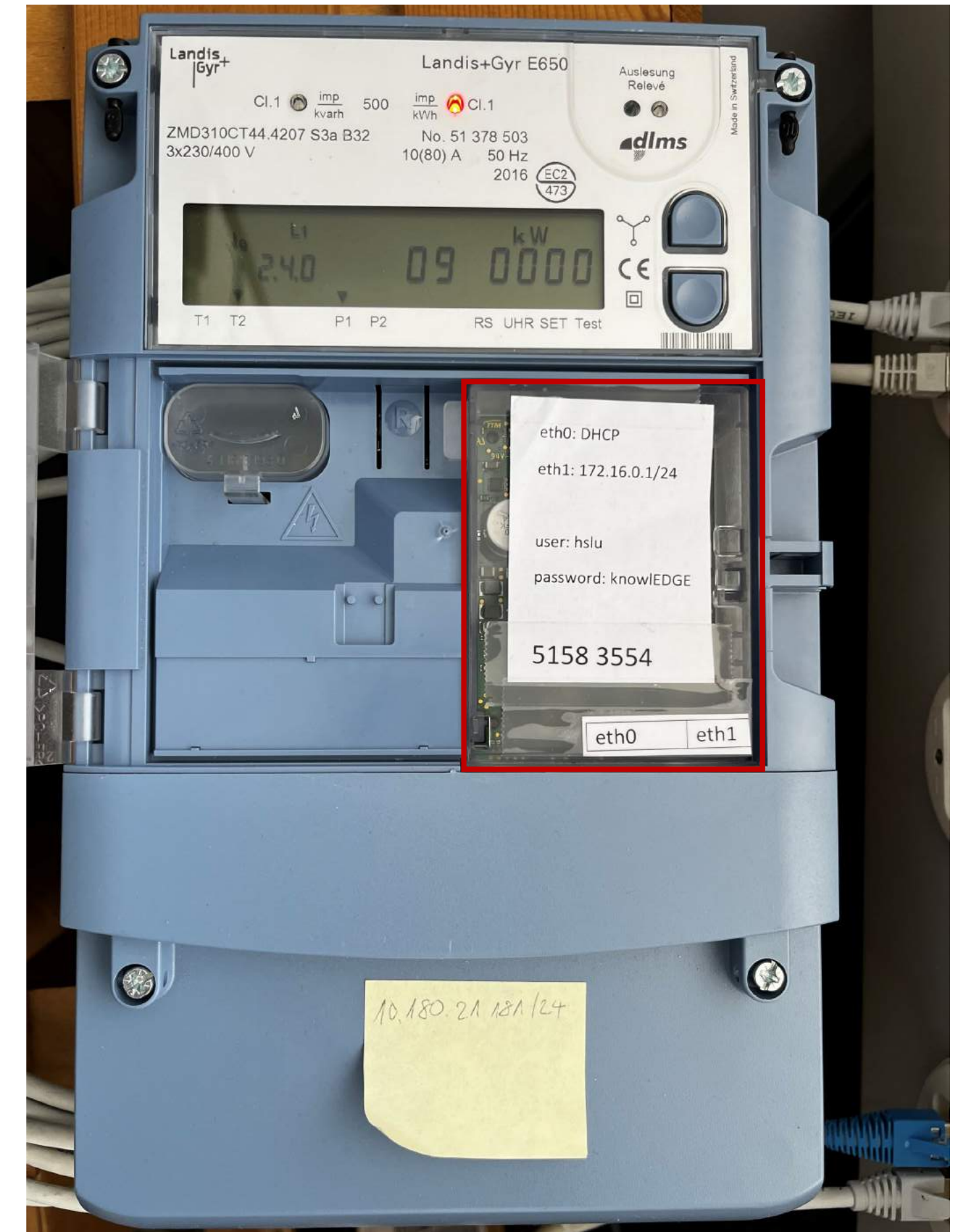
Feldtest Verteilnetz Romande Energie

Entwicklung von Software für Smart Grid

- Ausführung Software auf Smart Grid Modul (Remote Terminal Unit)
- Kommunikationsmodul mit Linux/Python Laufzeitumgebung
- Anpassungen für existierende Hardware um Machine Learning Modelle auszuführen/trainieren
- Kommunikationsschnittstelle via MQTT Messaging

Installation von Industrie Smart Meter in 18 Haushalten in Test Netzwerk

- Demonstration Lastprofil Vorhersage
- Demonstration Netzengpassberechnung



Landis+Gyr Industrial Smart Meter S650 mit Remote Terminal Unit

Feldtest Verteilnetz Romande Energie

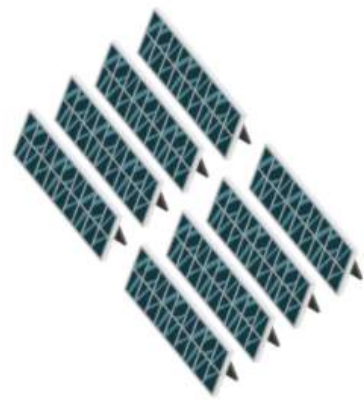


SCCER-FURIES Romande Energie Electric network in local balance Demonstrator



Smart meter

Infrastructure: 700 smart meters



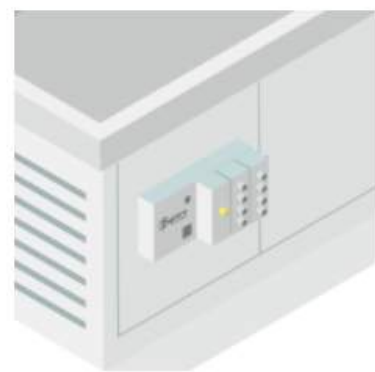
Forecasting

Infrastructure: 6 measurement boxes and 1 all-sky camera



GridEye advanced monitoring units

Infrastructure.:100 GridEye (LV)



Phasor Measurement Units (PMU)

Infrastructure.: 60 PMU (MV)



Danke für die Aufmerksamkeit

Take aways:

- Smart Meter liefern viele Daten um die Digitalisierung der Stromnetze zu unterstützen
- Datenprivatsphäre limitiert deren Einsatz zu anderen Zwecken als Abrechnung
- Dezentrale, verteilte Konzepte können diese Barrieren umgehen
- Implementierung von modernen ML Algorithmen auf bestehender Hardware machbar

Lucerne School of Engineering and Architecture

Institute of Electrical Engineering IET

Severin Nowak

Senior Research Associate

severin.nowak@hslu.ch