

# Herausforderungen bei der praktischen Umsetzung eines virtuellen Kraftwerks

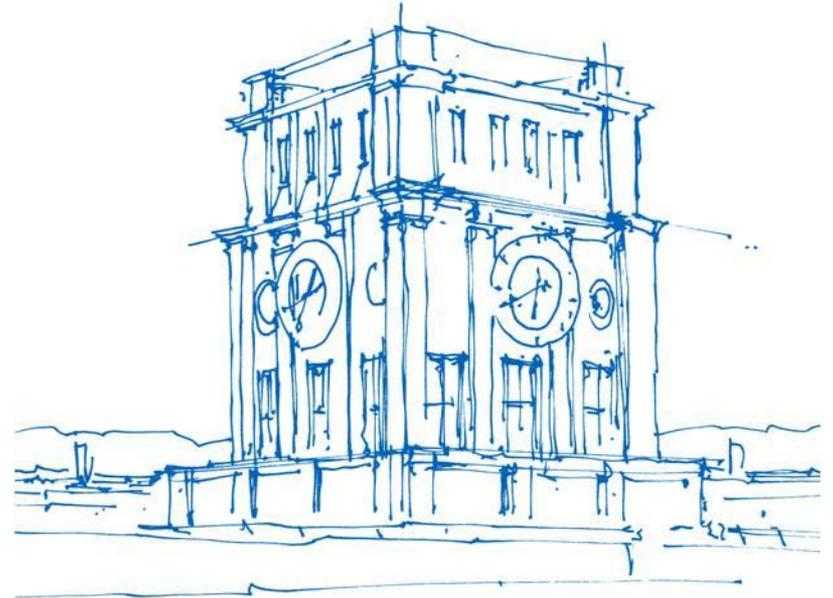
Gamper Philipp

Technische Universität München

TUM School of Engineering and Design

Professur für Elektrische Energieversorgungsnetze

München, 17. Februar 2022



*Uhrenturm der TUM*

# Gliederung

- **Konzept** des virtuellen Kraftwerks im Projekt Smart Grid Cluster
- Praktische **Umsetzung**
- **Herausforderungen** und Probleme bei der Umsetzung
  - Kommunikation
  - Optimierung
  - Sicherheit und Regulierung
  - Bussystem
- **Fazit und Ausblick**

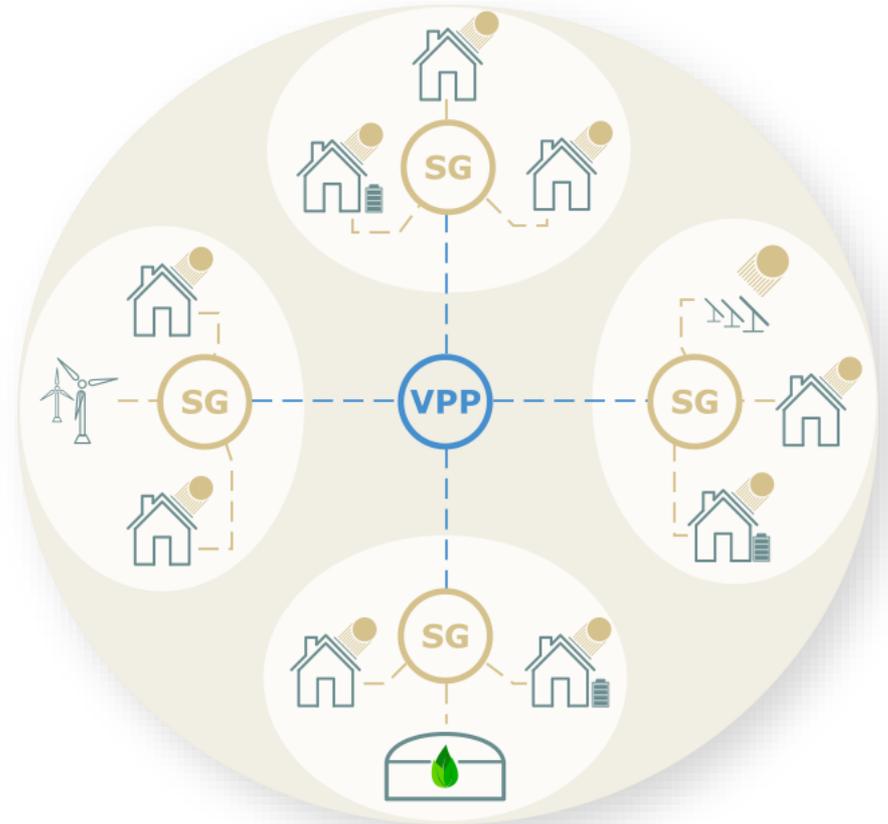
# Konzept

**Smart Grid:** räumlich und durch Netzebenen begrenztes Netzgebiet mit Kommunikations-, Mess-, und Regelungstechnik

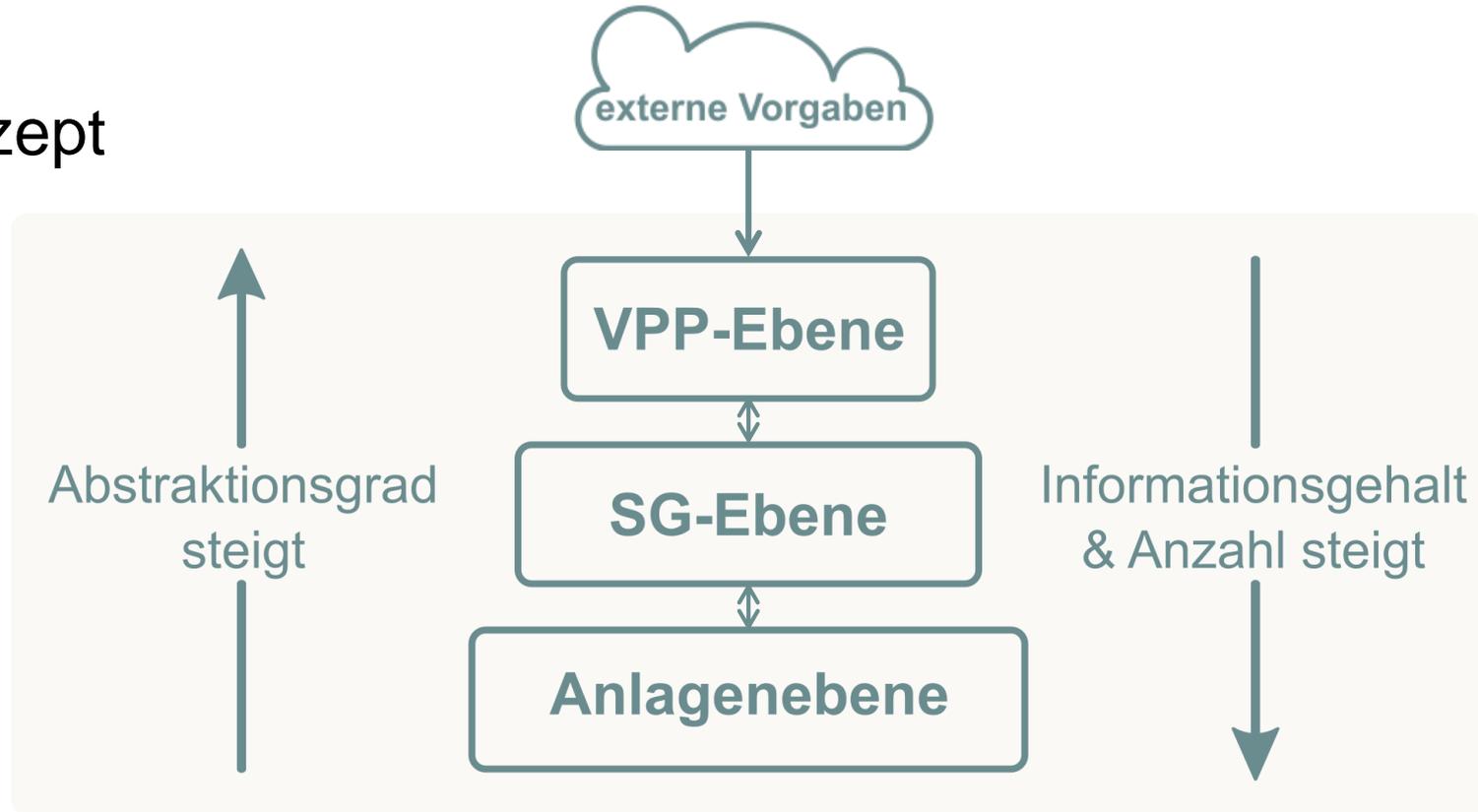
**Virtuelles Kraftwerk:** Zusammenschluss mehrerer Smart Grids. Übernimmt die Koordination.

**Aufgaben:** Erbringung von Systemdienstleistungen

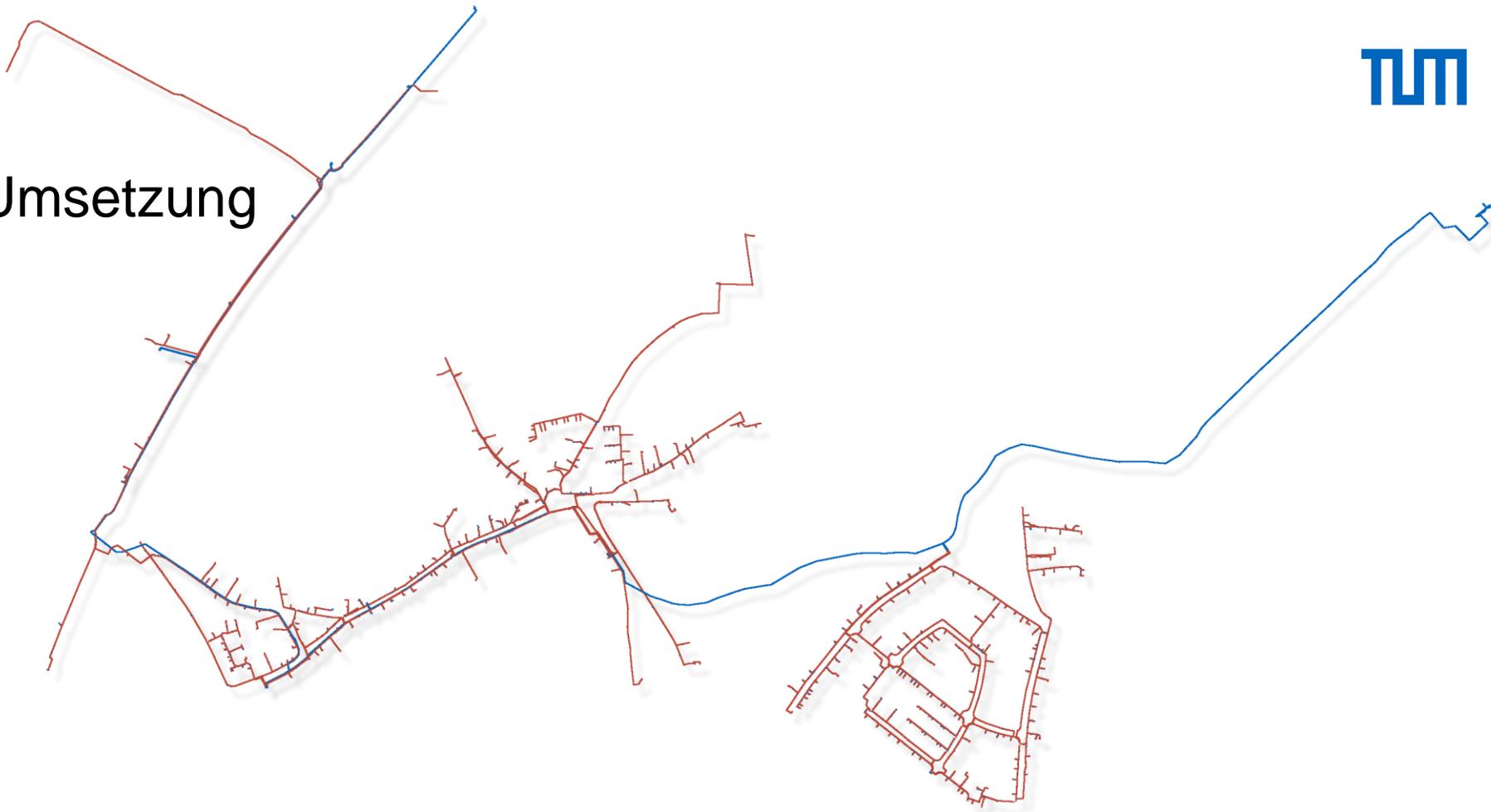
- Engpassmanagement (Redispatch 2.0)
- Blindleistungsbereitstellung/Kompensation
- Regelleistung



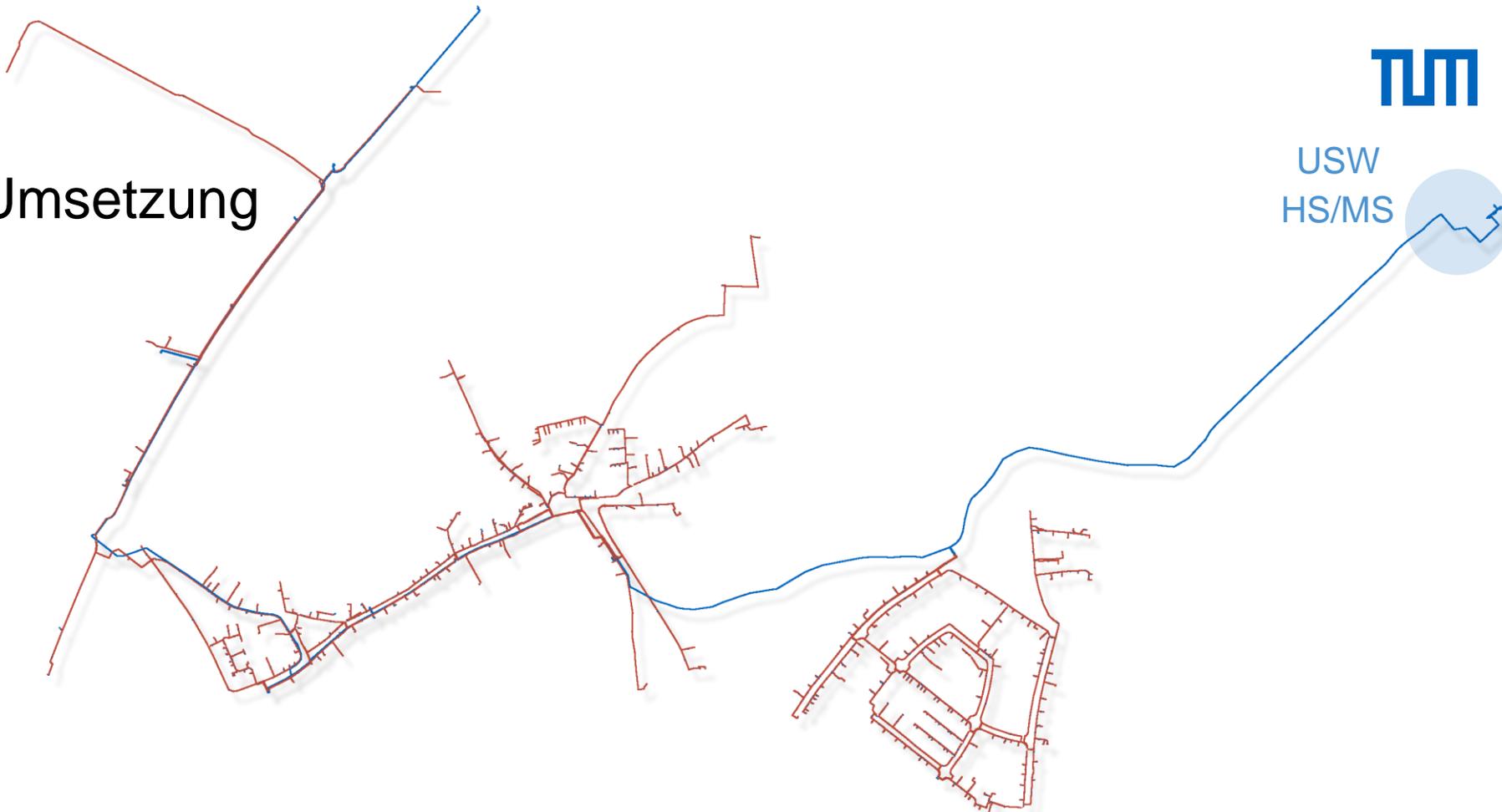
## Konzept



# Umsetzung



# Umsetzung

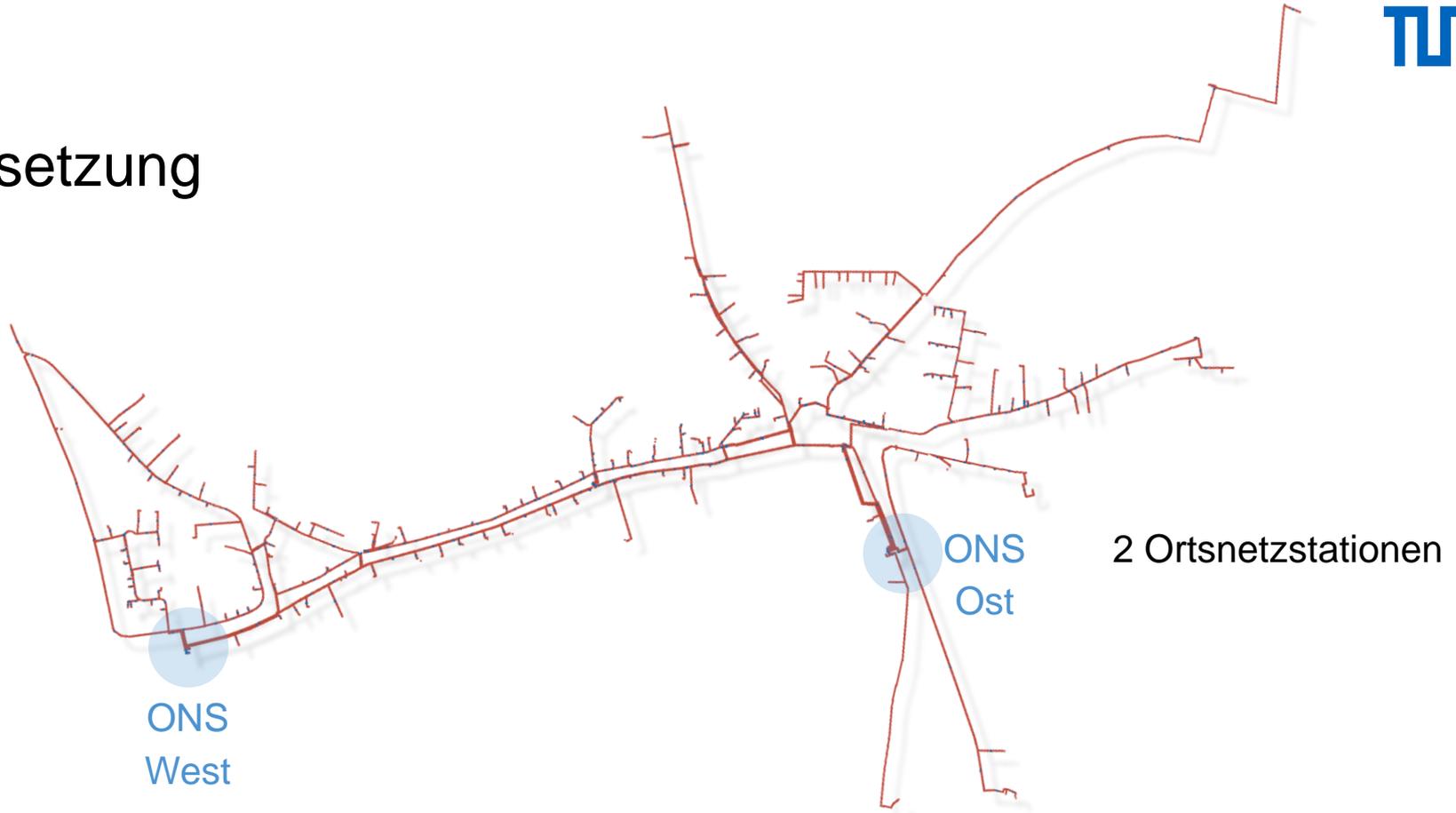


# Umsetzung

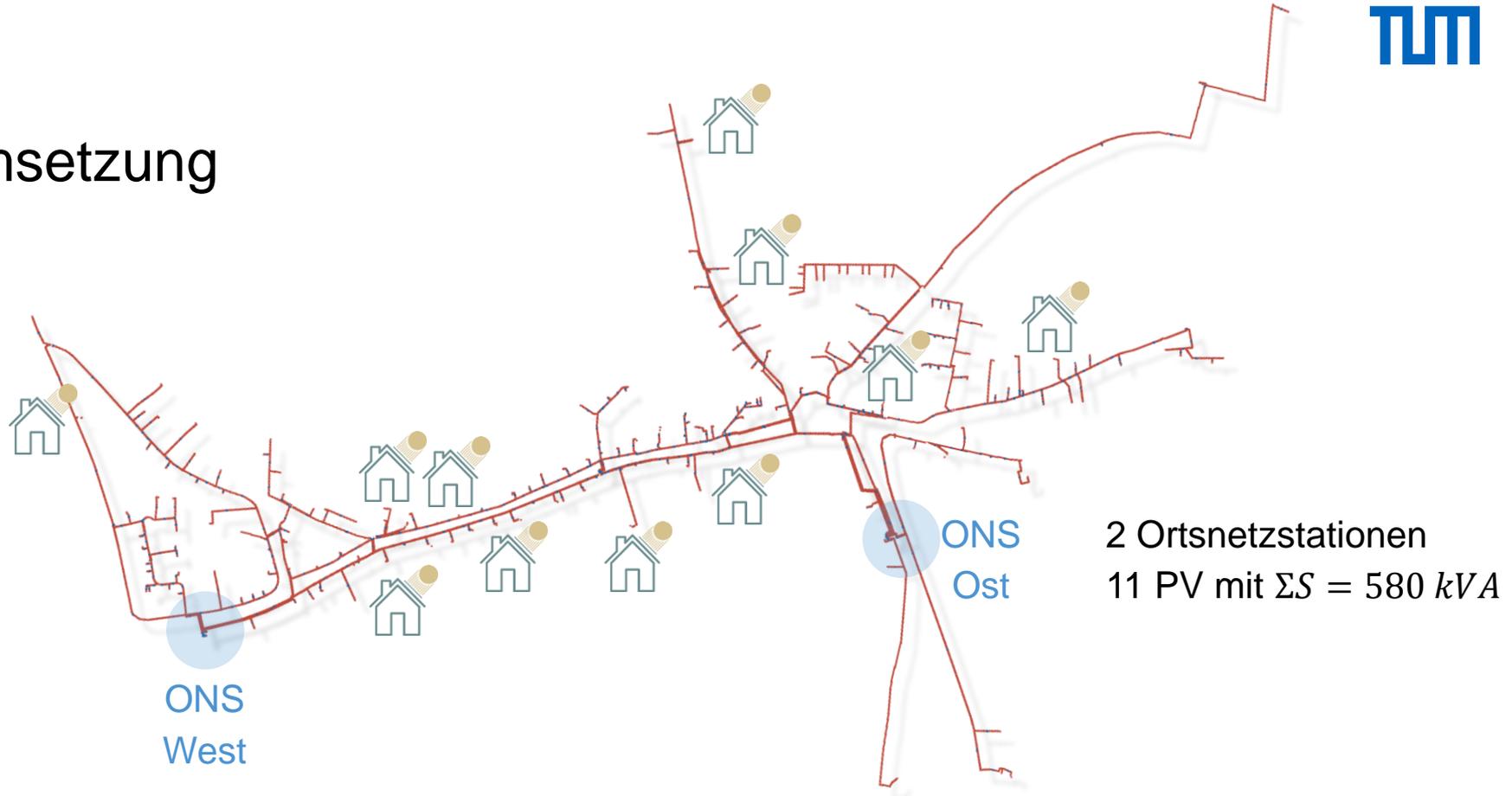
USW  
HS/MS



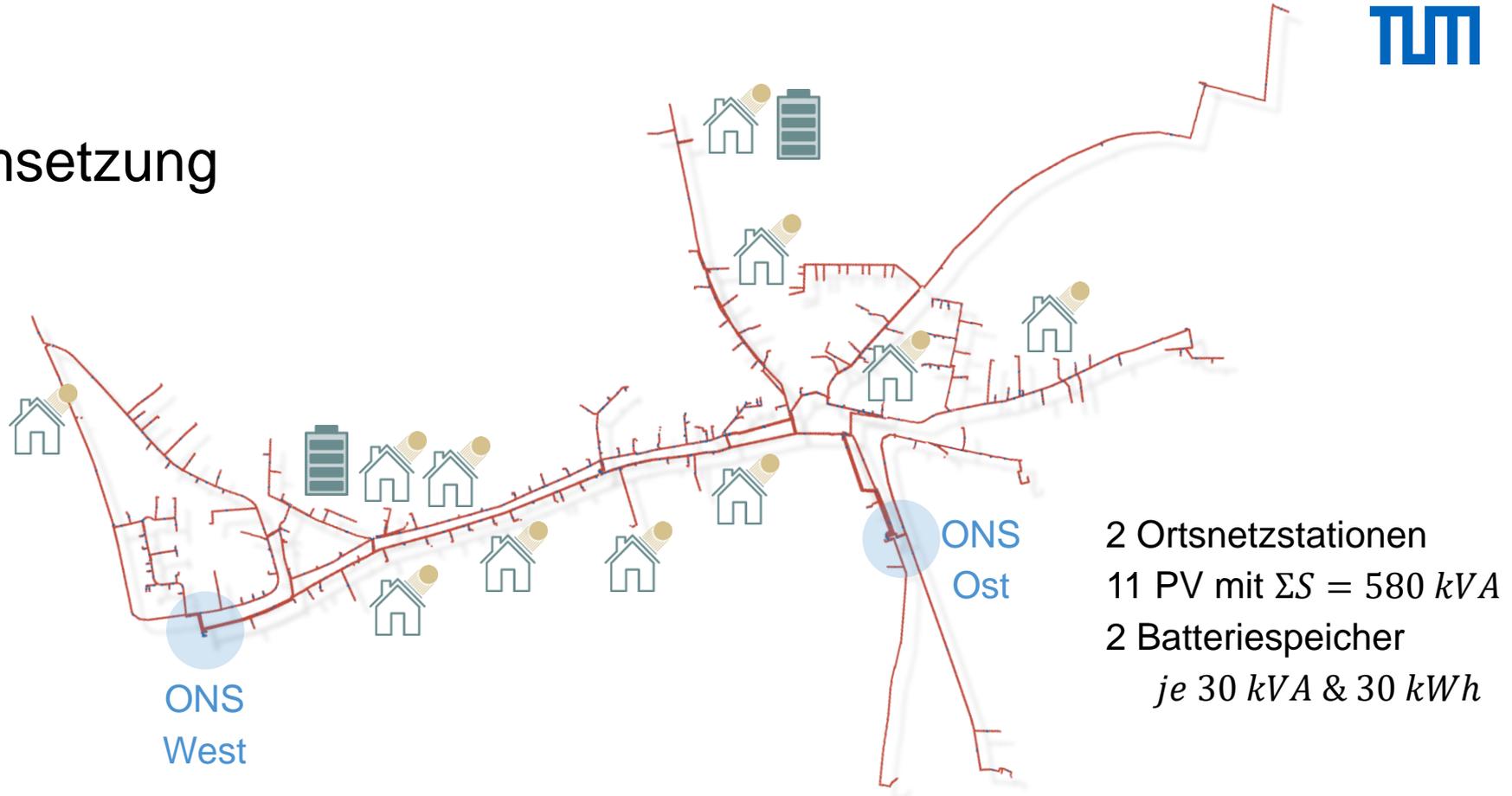
# Umsetzung



# Umsetzung

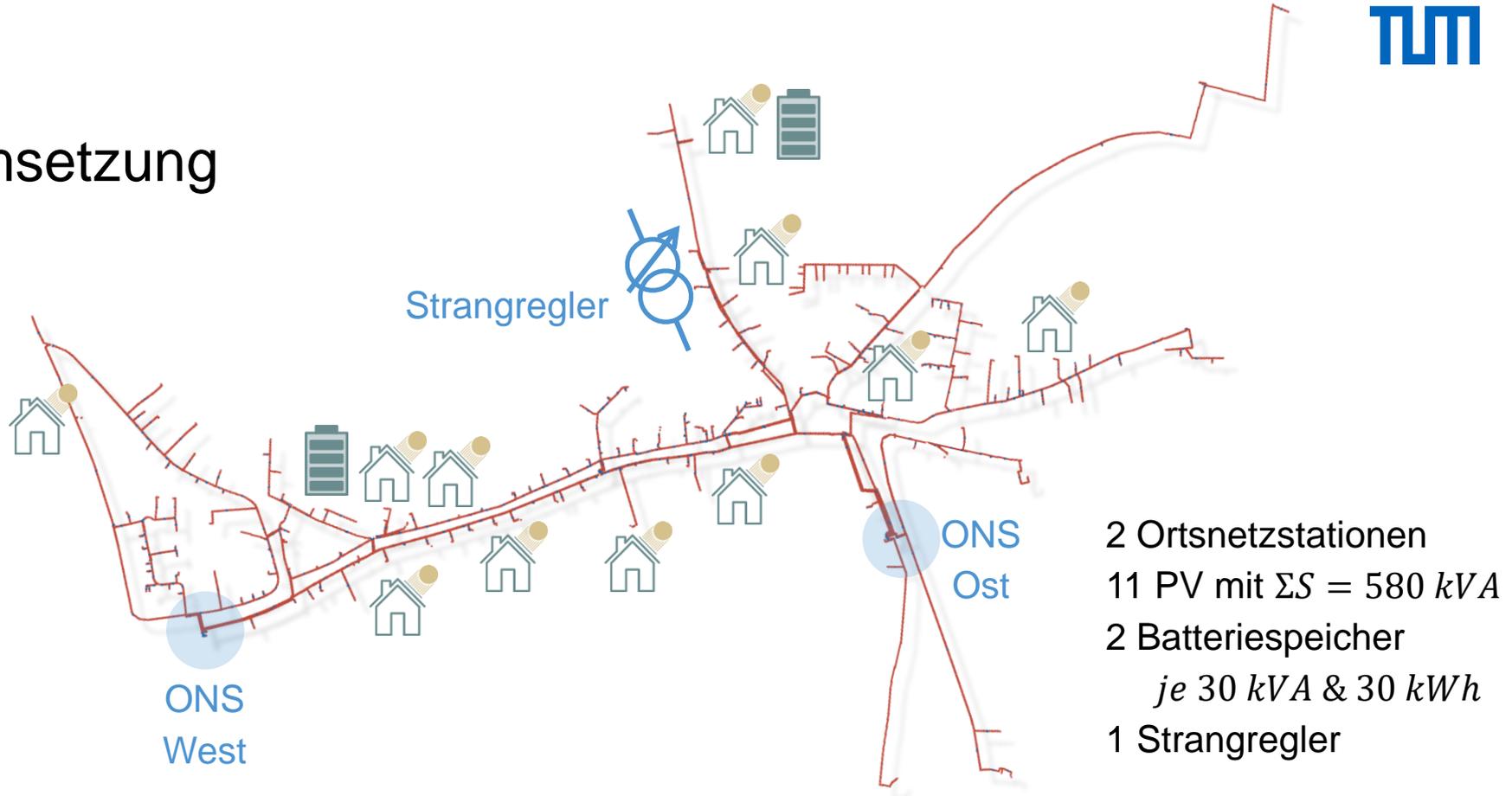


# Umsetzung



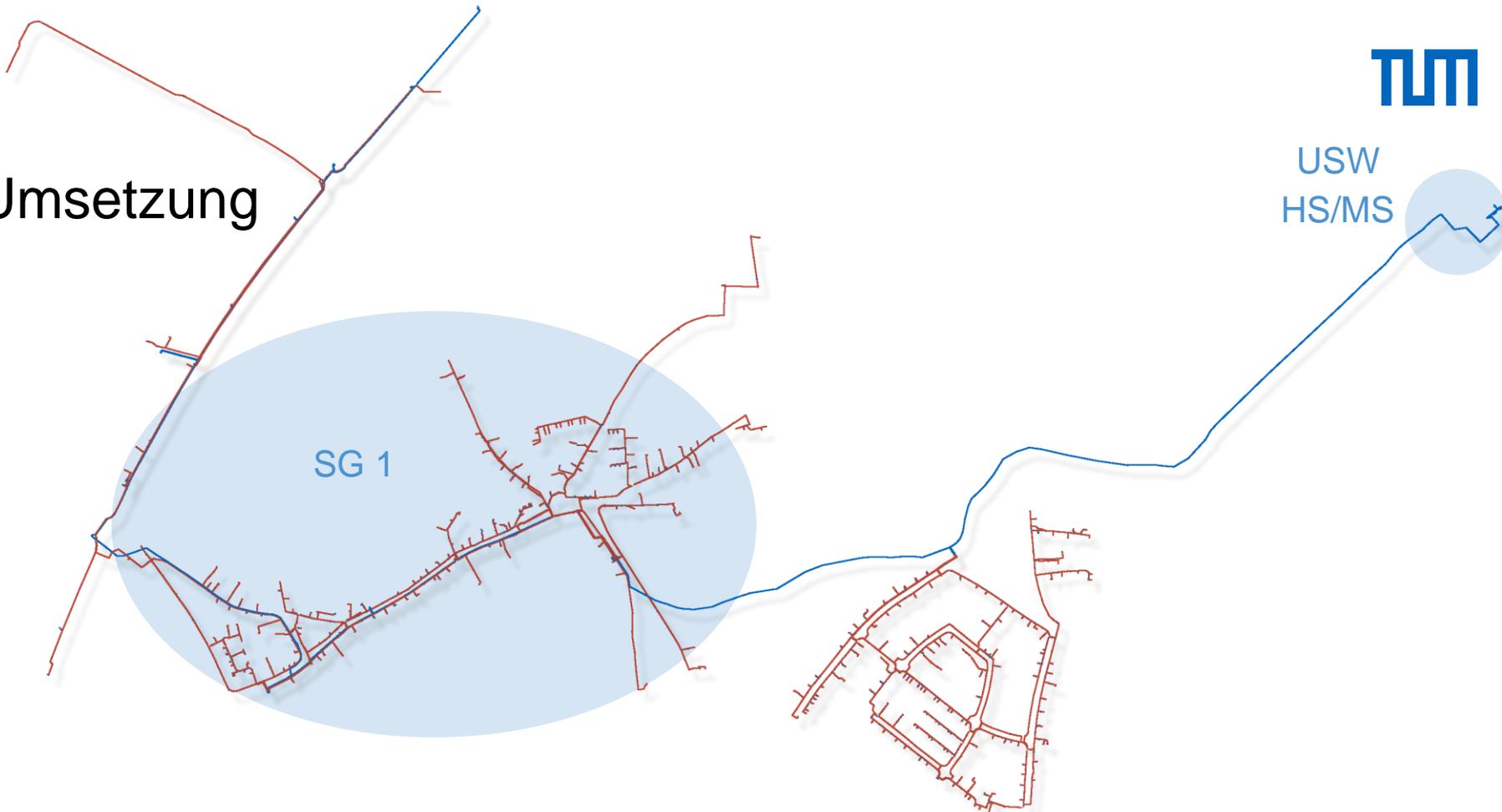
2 Ortsnetzstationen  
 11 PV mit  $\Sigma S = 580 \text{ kVA}$   
 2 Batteriespeicher  
*je 30 kVA & 30 kWh*

# Umsetzung



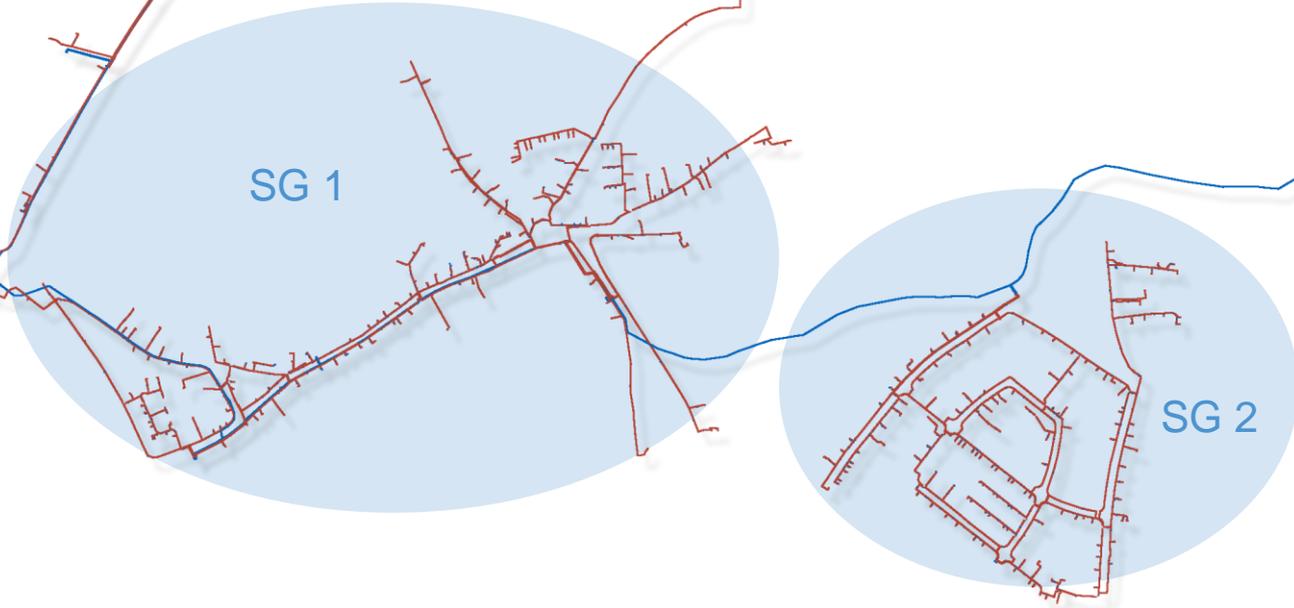
- 2 Ortsnetzstationen
- 11 PV mit  $\Sigma S = 580 \text{ kVA}$
- 2 Batteriespeicher  
je  $30 \text{ kVA}$  &  $30 \text{ kWh}$
- 1 Strangregler

# Umsetzung



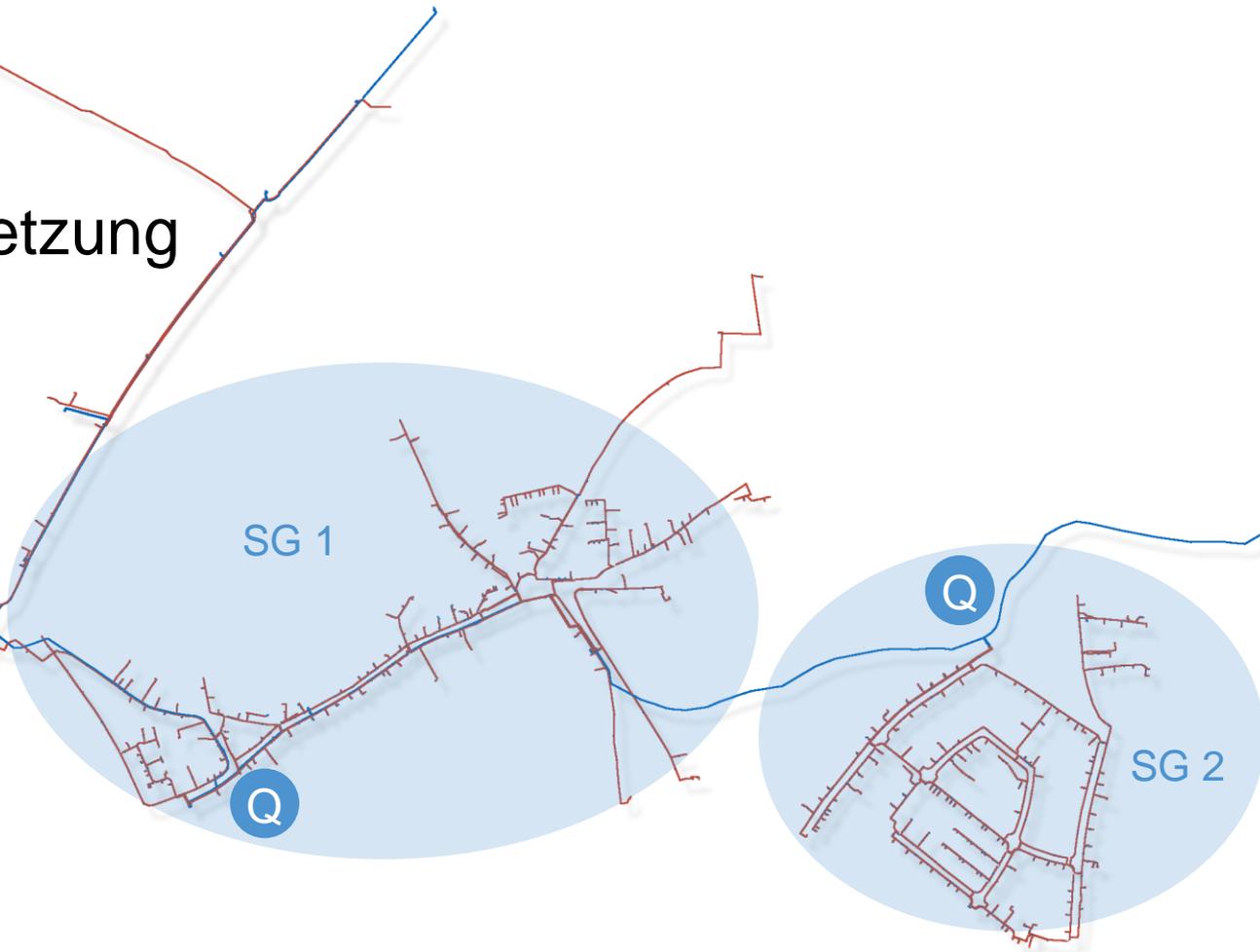
# Umsetzung

USW  
HS/MS



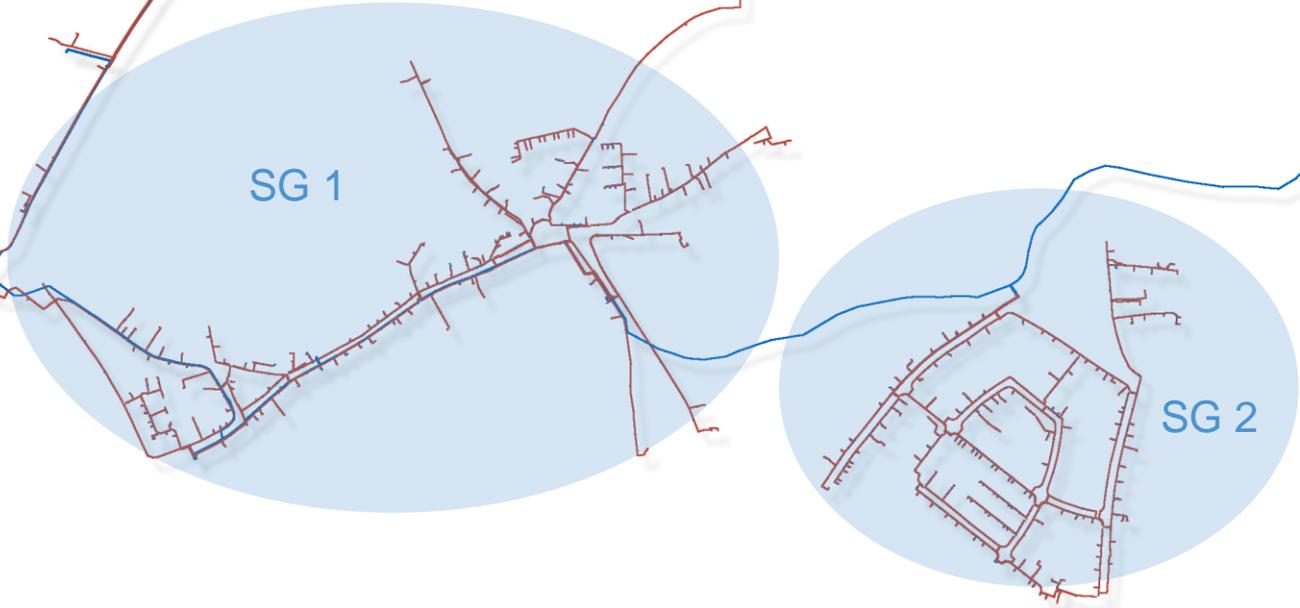
# Umsetzung

USW  
HS/MS



# Umsetzung

USW  
HS/MS



# Probleme & Herausforderungen

**Ziel:** Kommunikative Anbindung (physikalische Schicht) von DEZ, Betriebsmittel und Messstellen

**Ansatz:** Kommunikationsanbindung über **Breitband-PowerLine (BPL)**  
OFDM, bis 100 *MHz*

**Problem:** Schaltende Anlagen wie PV-Wechselrichter, Batterie-WR oder Strangregler  
Schaltfrequenzen von einigen 10 *kHz*, beeinflussen Signal

**Lösung:** LTE-Anbindung  
Probleme mit Signalabdeckung in den Kellern und Schaltkästen  
→ konnte über Verlegung bzw. Verstärkung der Antennen gelöst werden

P

Zie

An

Pro

Lös

Phili



en

e Sch

nd-P

ter, E

einfl

ellern

ng d

uellen



# Probleme & Herausforderungen

**Ziel:** Auslesen von Messwerten

**Ansatz:** Sequenzielles Auslesen über Modbus/TCP

**Problem:** Verbindungsprobleme und zu große Latenzen blockieren die Sequenz

**Lösung:** Umstellung von Modbus/TCP auf IEC-60870  
Hardware lokal zur Protokollumsetzung notwendig

# Probleme & Herausforderungen

**Ziel:** Optimierung des Netzbetriebes bzw. der Systemdienstleistung

**Ansatz:** Zustandsschätzung um max. erbringbare Leistung zu ermitteln und um Netzverluste minimal zu halten

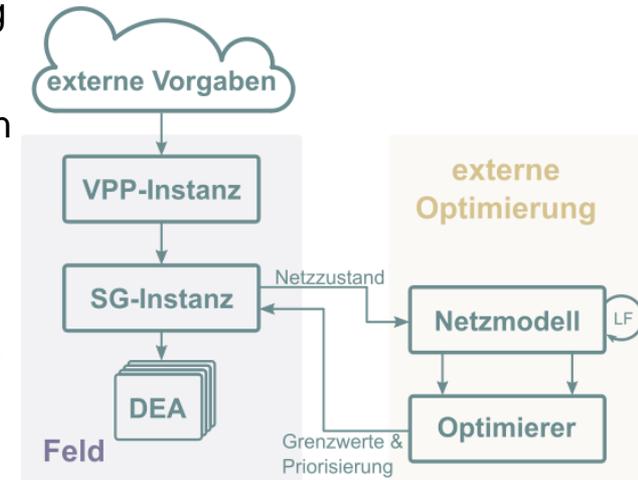
**Problem:** Rechenleistung des Systems

Regler laufen auf einem eingebetteten System (Debian-Linux)

Keine Möglichkeit Lastflussberechnungen durchzuführen

**Lösung:** Externe Berechnung und Optimierung des Netzzustandes

Übertragen der relevanten Informationen an die Regler



# Probleme & Herausforderungen

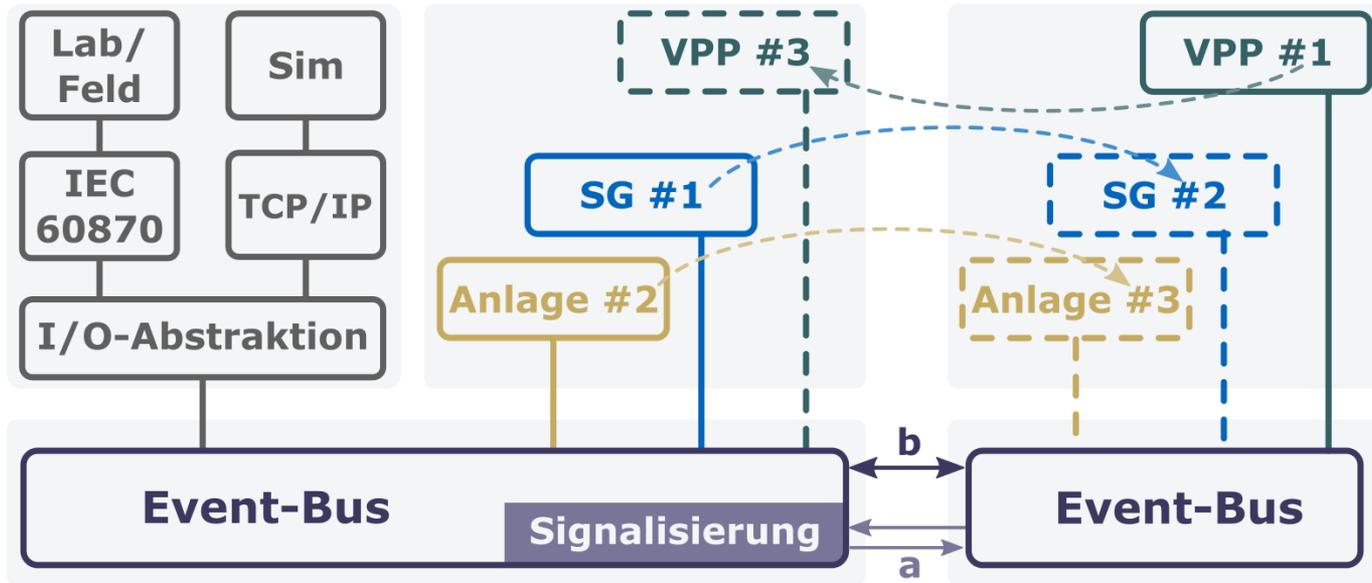
**Ziel:** Flexible Anbindung verschiedener Instanzen (Regler) im Framework

**Ansatz:** Standardisierte Schnittstellen zwischen den Instanzen

**Problem:** Unflexibel – Regler müssen ohnehin aufeinander abgestimmt sein

**Lösung:** Event-Bus mit standardisierten Paketen  
Abonnement-System für verschiedene Events

# Probleme & Herausforderungen



# Probleme & Herausforderungen

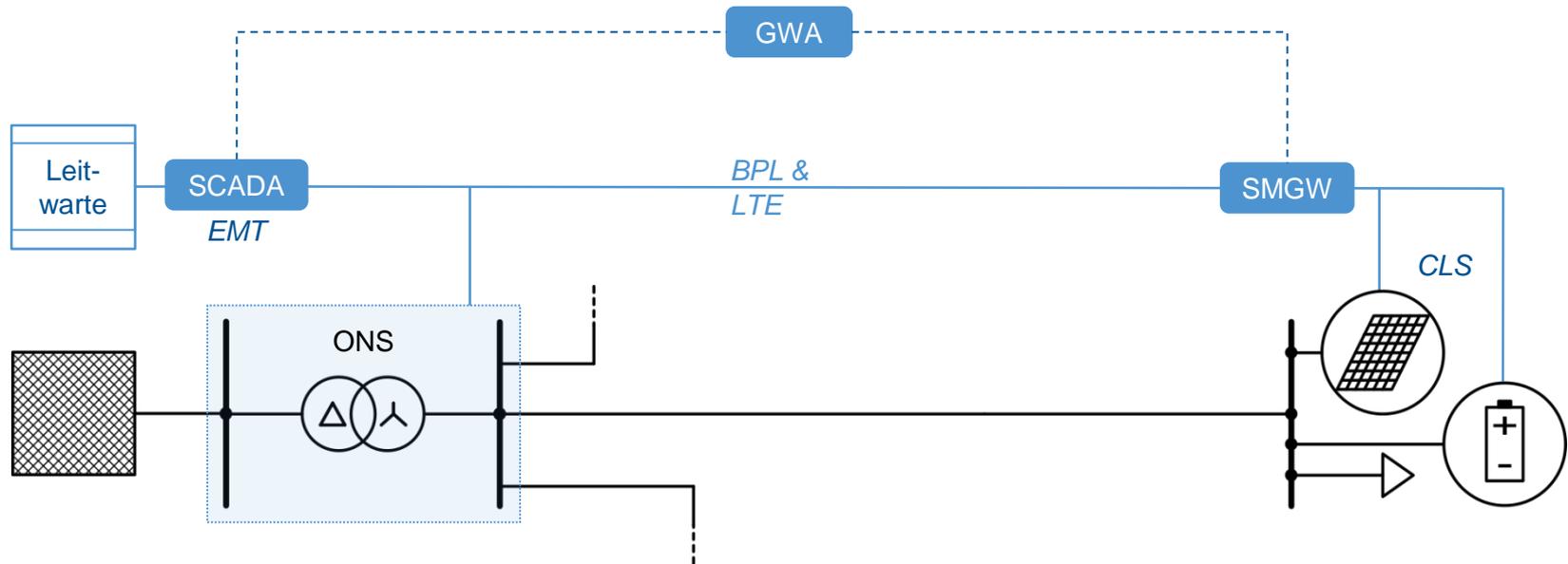
**Ziel:** Sichere kommunikative Anbindung (Sicherheitsschicht) von DEZ, Betriebsmittel und Messstellen

**Ansatz:** Nutzung der Smart-Meter-Infrastruktur (SMGWs)

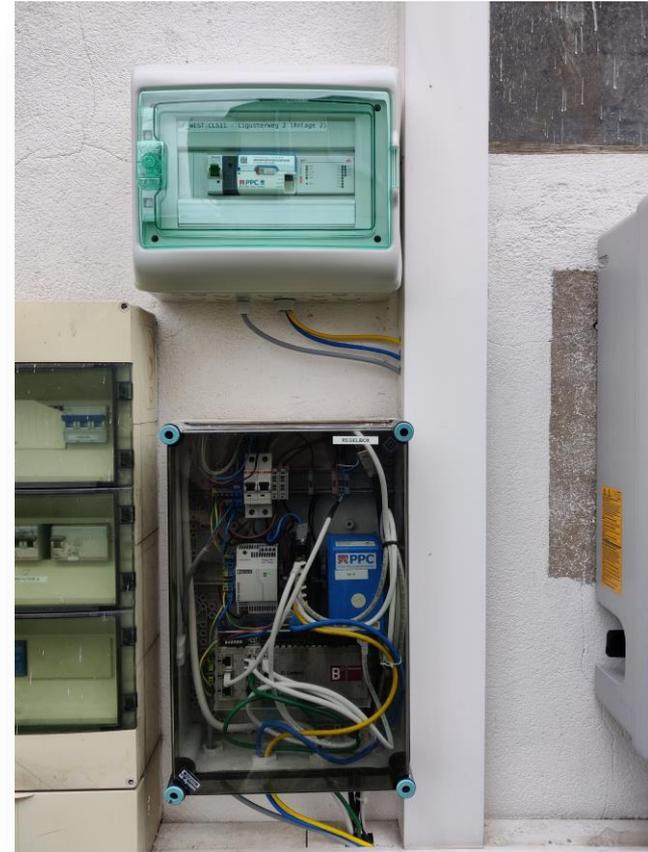
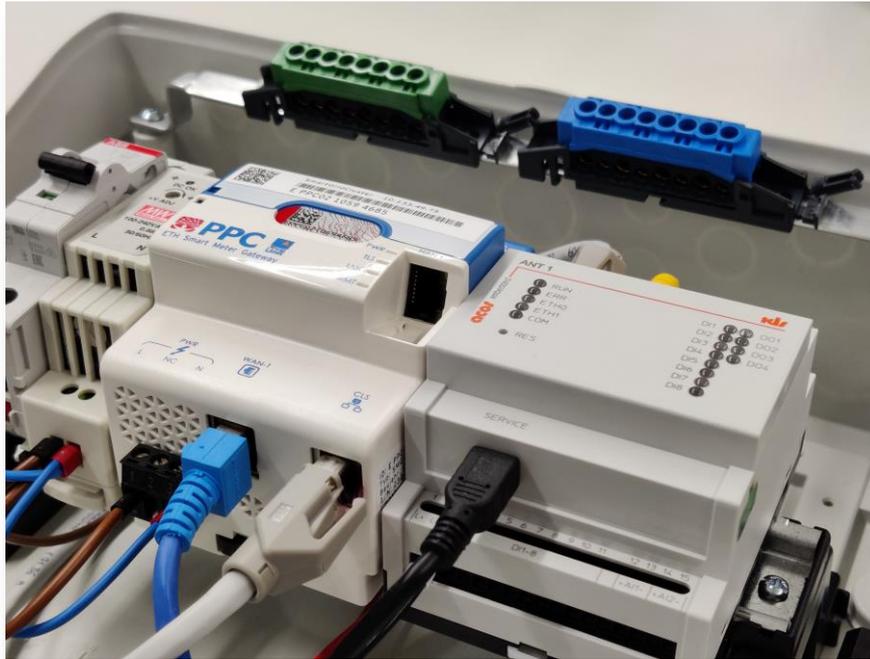
**Problem:** Smart-Meter-Infrastruktur primär für das Messwesen ausgelegt  
Zu geringe Auflösung der Messwerte  
Zu unflexibel im Bezug auf Mess- und Stellwerte

**Lösung:** Über HAN-Kommunikations-Szenario (HKS) 3 einen CLS-Kanal aufbauen  
Direkter Kommunikationskanal zur Anlage (CLS)

# Probleme & Herausforderungen



# Probleme & Herausforderungen



# Fazit

**Keine allgemeingültige Lösung** zur Umsetzung von virtuellen Kraftwerken

Vor allem die Kommunikation bedarf **individueller Lösungsansätze**

→ aufwendig und fehleranfällig

**Smart Meter Infrastruktur** bietet gute Ansätze bzgl. der Kommunikationssicherheit

→ stark auf Messwesen fokussiert

→ Zur Umsetzung von **Smart Grids weitere Standardisierungen** notwendig

# Vielen Dank

Philipp Gamper  
Technische Universität München  
Professur für Elektrische Energieversorgungsnetze  
Arcisstraße 21, 80333 München  
Tel. +49 89 289 25587  
philipp.gamper@tum.de

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages