

# Das Projekt SmartPowerFlow

Dr. Jochen Bühler

Reiner Lemoine Institut gGmbH

# Hintergrund

## SmartPowerFlow

### Motivation:

Zunehmender Netzausbau auf Verteilnetzebene wegen EE

### Akronym „SmartPowerFlow“:

Optimierung von Netzerweiterung versus Energiespeicher auf der Verteilnetzebene infolge zunehmender regenerativer Leistungsflüsse

Ziel: Netzdienlicher und gleichzeitig lukrativer Speichereinsatz



Gefördert durch:



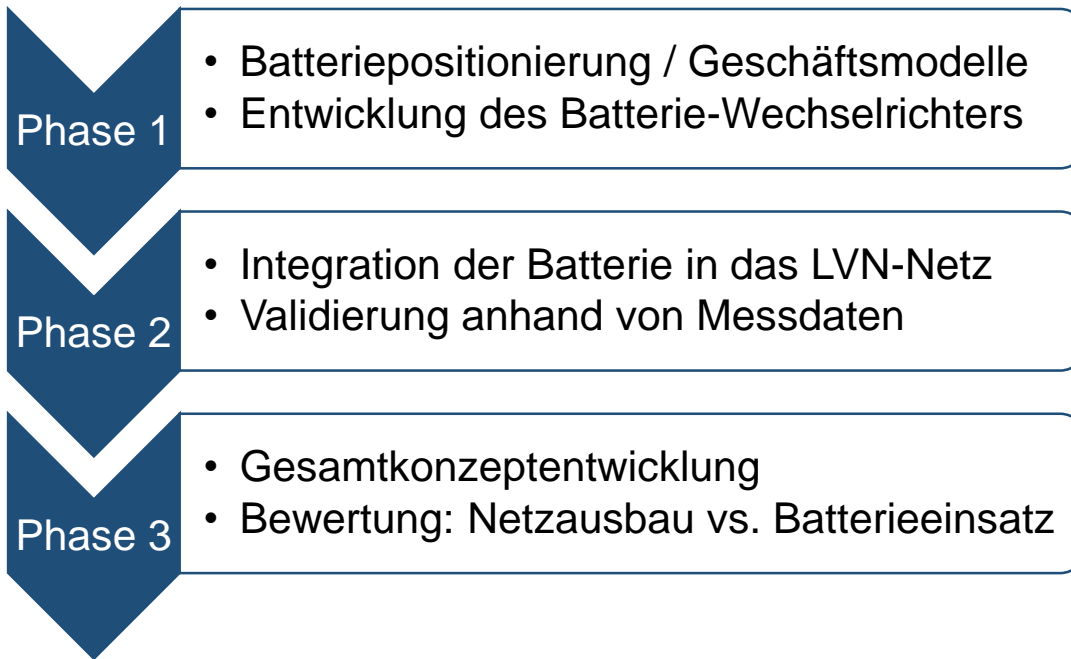
aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Agenda



# Allgemeine Projektinformation

## Projektaufbau und Aufgaben der Projektpartner



- Projektmanagement
- Batteriepositionierung
- Abschätzung der Kosten
- Wechselrichterinstallation
- Betrieb

# Allgemeine Projektinformation

## Zeitlicher Ablauf des Projekts SmartPowerFlow

**Offizieller  
Projektstart**

**August 2013**

**Standort-  
bestimmung,  
Entwicklung der  
Komponenten**

**Jahr 2014**

**Inbetriebnahme  
des  
Batteriespeichers**

**Mitte Juni 2015**

**Einjähriger  
Testbetrieb des  
Batteriespeichers**

**Juni 2015 – 2016**

**Projektende  
Auswertung der  
Ergebnisse**

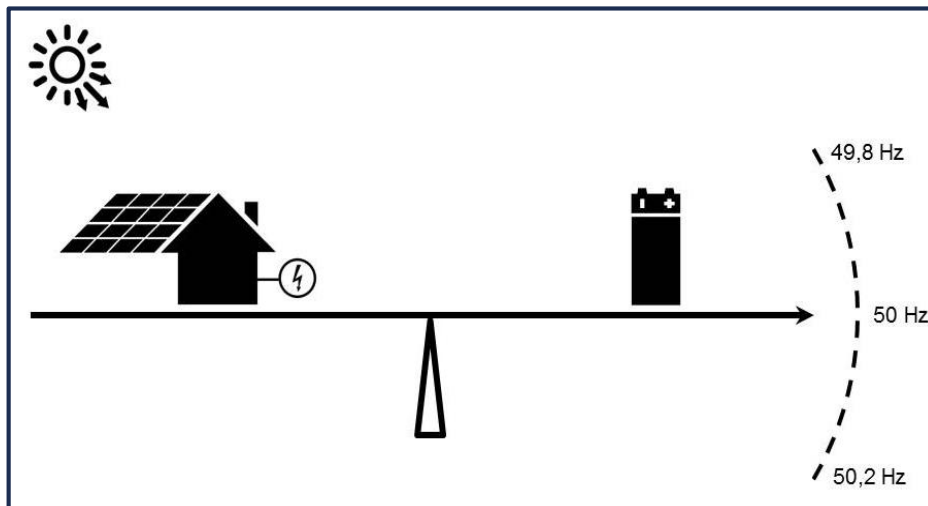
**Ab Juli 2016**



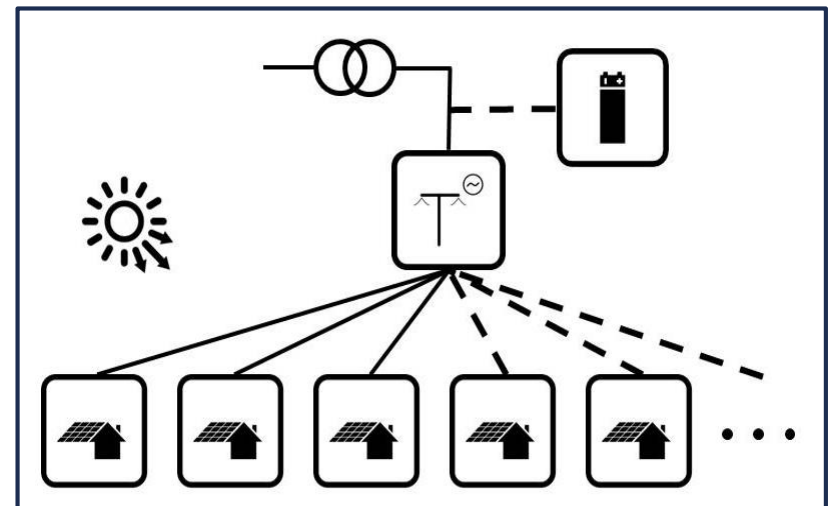
# Allgemeine Projektinformation

Ziel: Optimale Kombination von Primärregelleistungserbringung und Blindleistungsbereitstellung

Primärregelleistungserbringung



Blindleistungsregelung



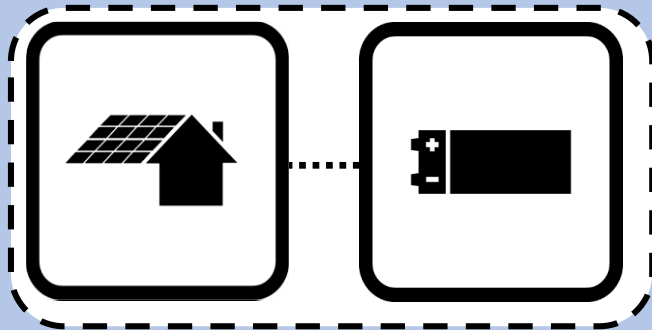
# Agenda



# Netzdienlicher Speichereinsatz

## Untersuchte Flexibilitätsoptionen

### PV mit/ohne (Heim-)Speicher



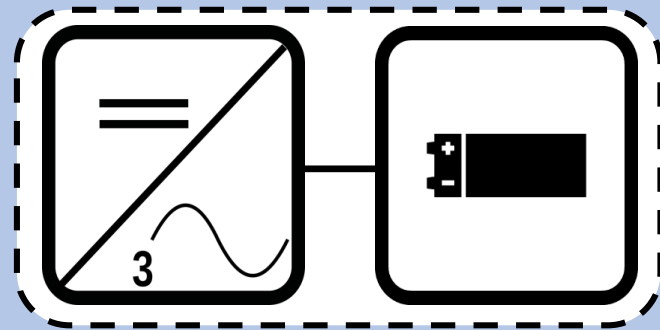
#### Blindleistungsregelung ohne Bat.

- $\cos\phi(P)$
- $Q(U)$

#### Wirkleistungsregelung mit Bat.

- Eigenverbrauchsoptimierung mit Einspeisegrenze

### Großspeicher



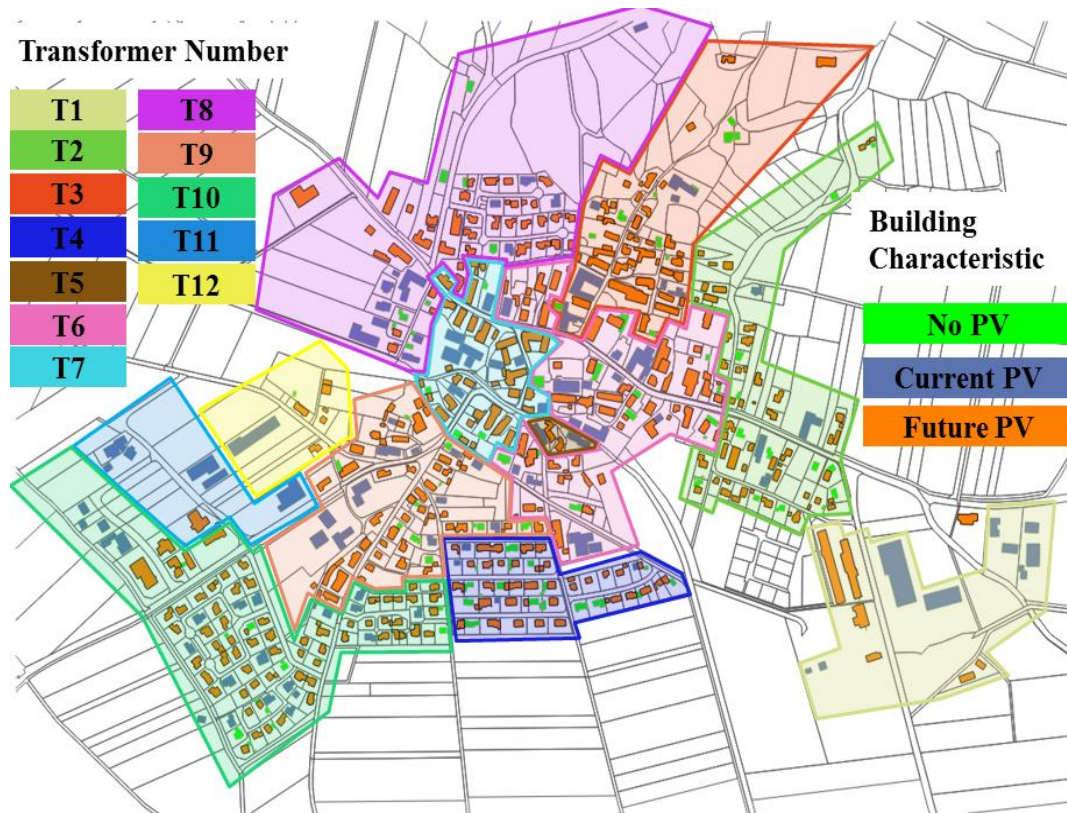
#### Blindleistungsregelung

- $Q(U)$



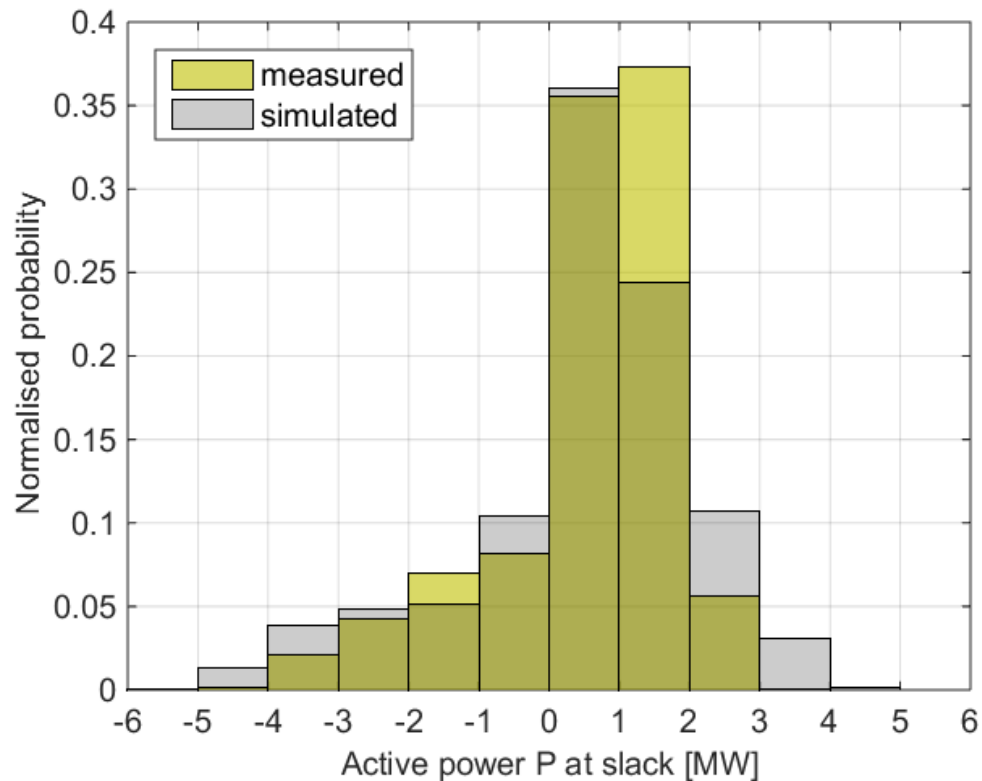
# Netzdienlicher Speichereinsatz

**Untersuchungsregion:  
Tussenhausen mit zugehörigem Verteilnetz**



# Netzdienlicher Speichereinsatz

## Evaluierung der Simulationsannahmen



# Netzdienlicher Speichereinsatz

## Bestimmung eines PV-Ausbaupfades für Tussenhausen

Ist-Stand



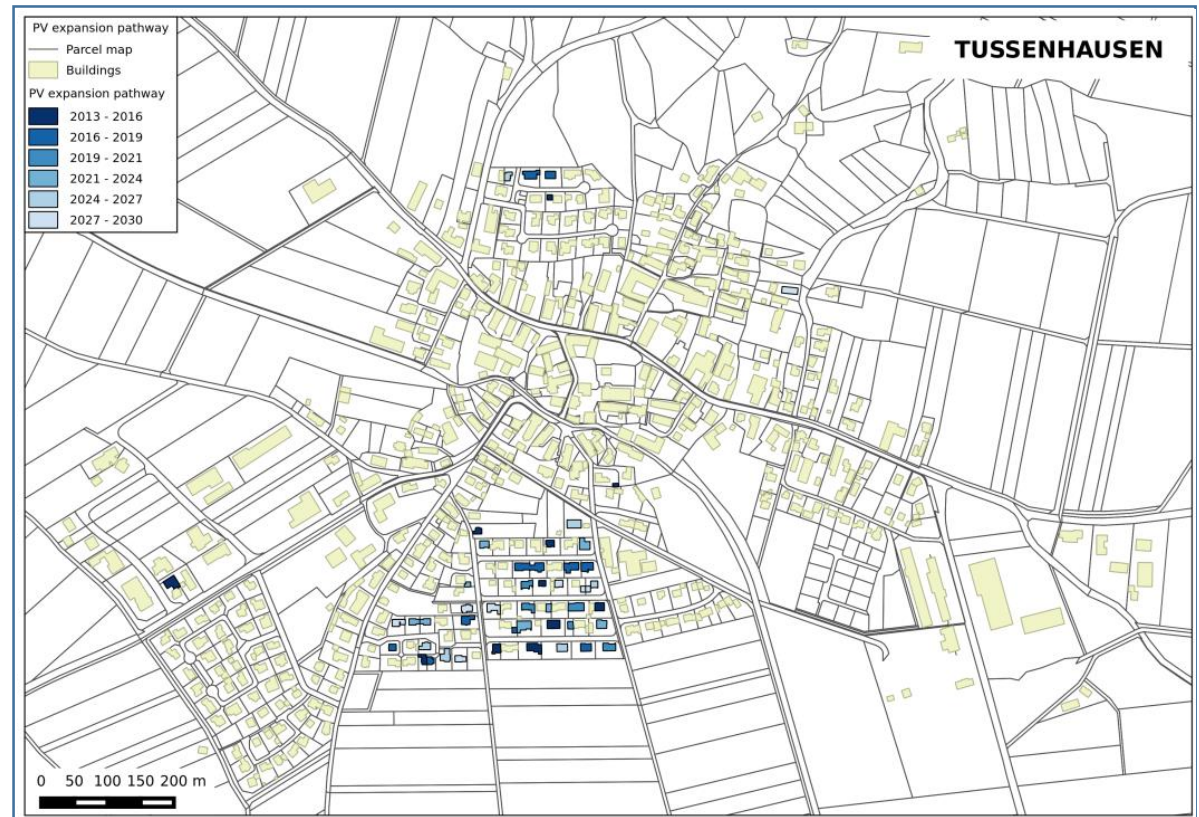
Geeignete PV Flächen



Potentialanalyse

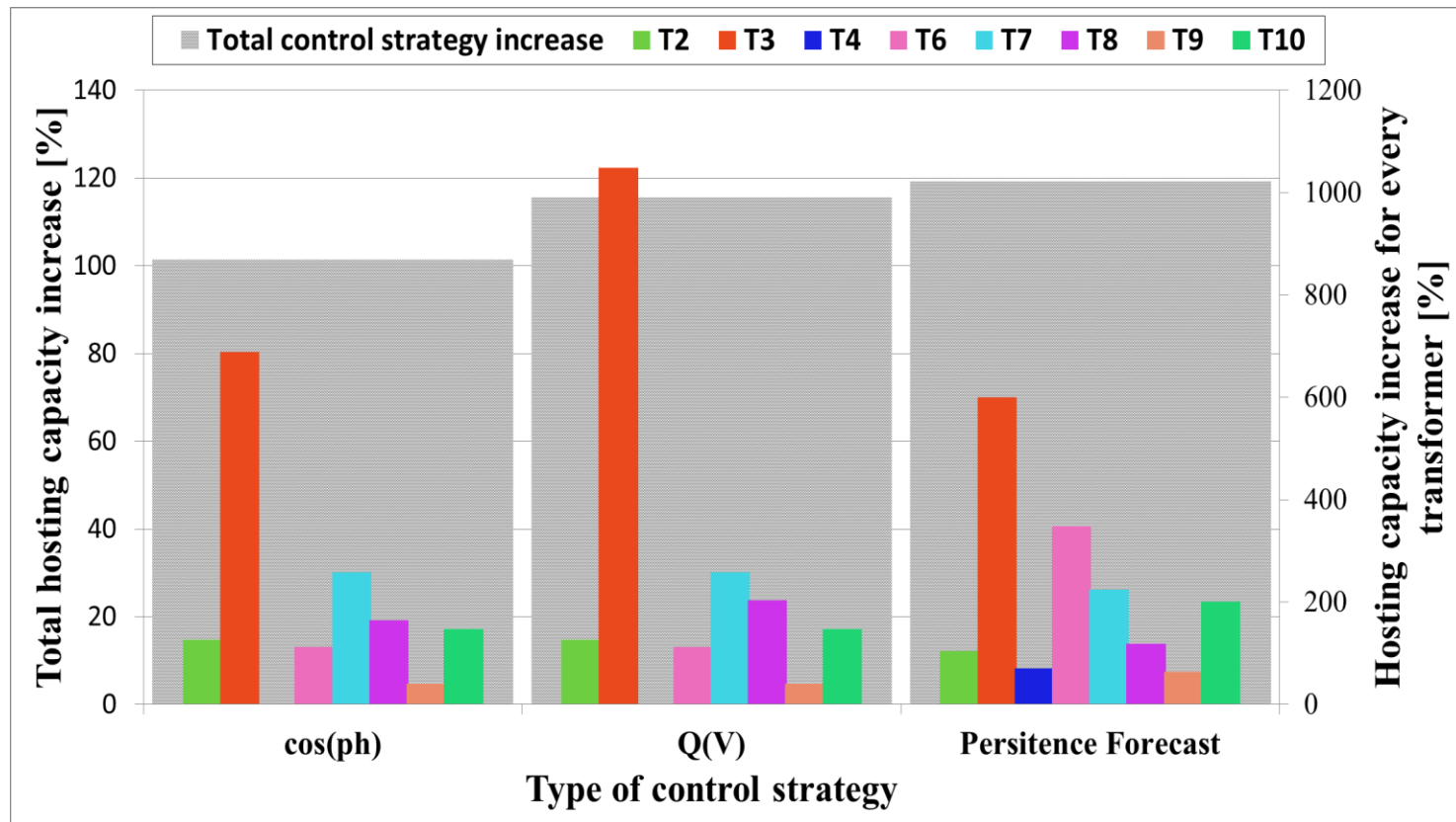


Ausbaupfad



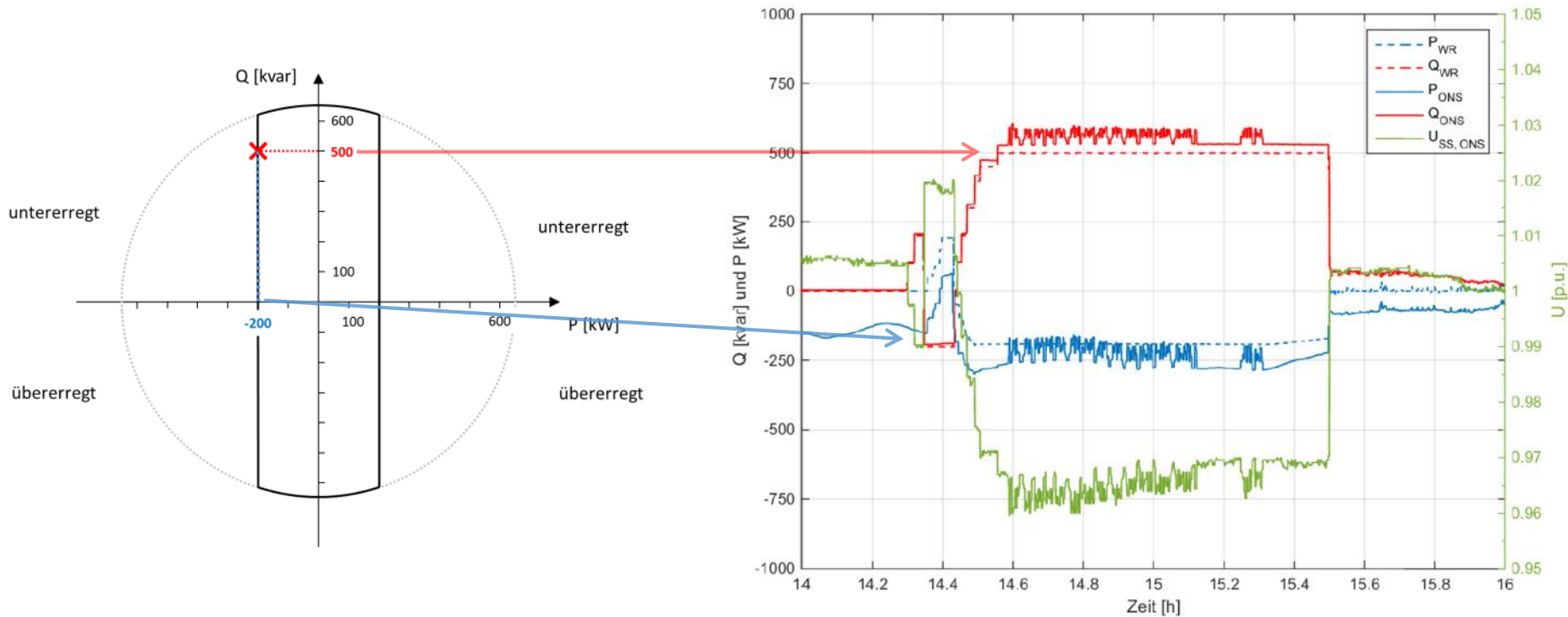
# Netzdienlicher Speichereinsatz

Welche Flexibilitätsoption führt zu welcher Aufnahmefähigkeitserhöhung?



# Netzdienlicher Speichereinsatz

## Messergebnisse – Zur Mittagszeit



**Netzdienlichkeit und wirtschaftlicher Betrieb**

**möglich!**

# Agenda



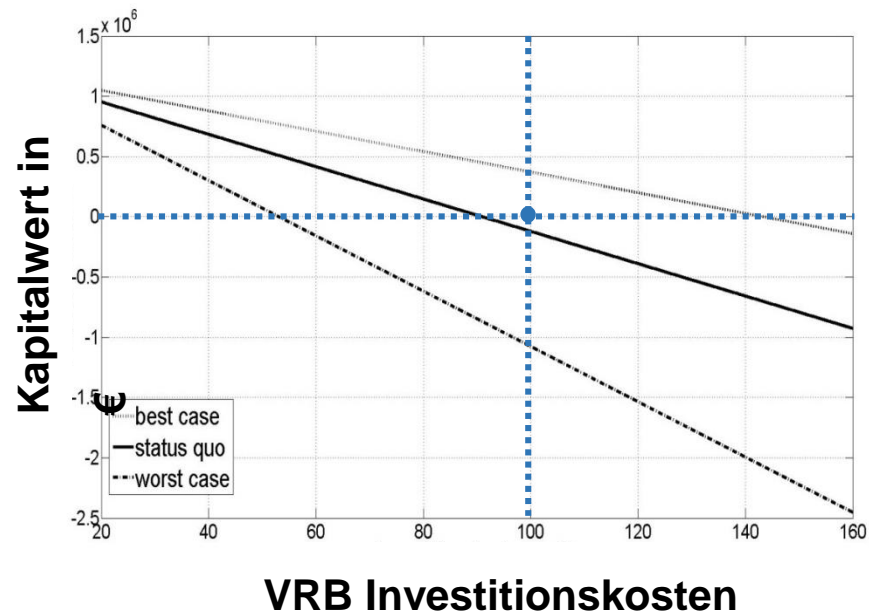
# Marktgetriebener Speichereinsatz

## Theoretische wöchentliche Einnahmen für den SmartPowerFlow-Speicher

Geschäftsmodell	Ertrag in EUR/Woche
Primärregelleistung	450 – 600
Day-Ahead	80
Sekundärregelleistung und day-ahead	80 - 160
Sekundärregelleistung und day-ahead und intraday	123 - 220
day-ahead und intraday	160

# Marktgetriebener Speichereinsatz

## Primärregelleistungserbringung mit VRB



### Annahmen

- c-Rate von 1
- Keine SOC-Anpassungskosten

### in % Fazit

Unter „best-case“ Annahmen positiver Kapitalwert

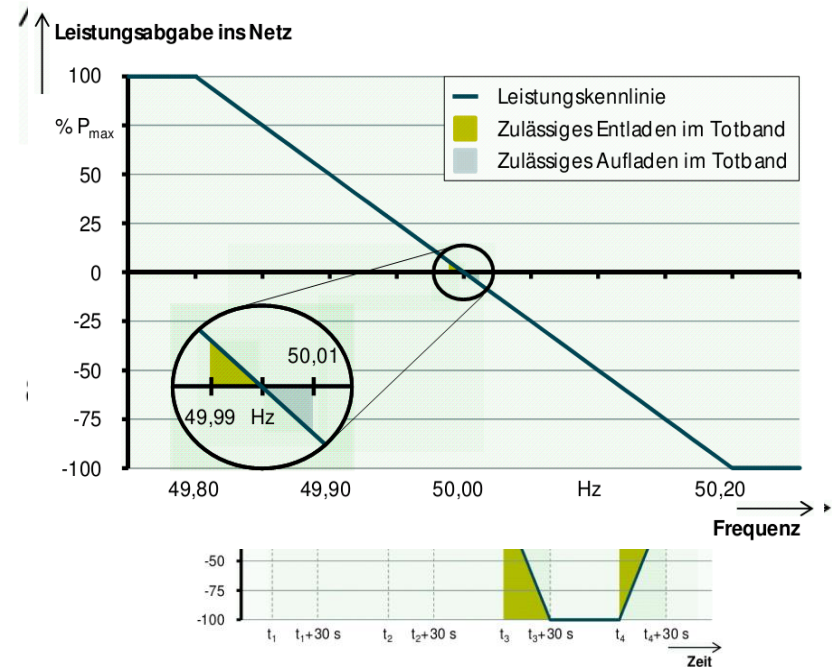


# Marktgetriebener Speichereinsatz

## Freiheitsgrade bei Erbringung von PRL

- Totband
- Optionale Übererfüllung
- Lade-/Entladevorgänge durch Fahrplangeschäfte
- Leistungsgradient

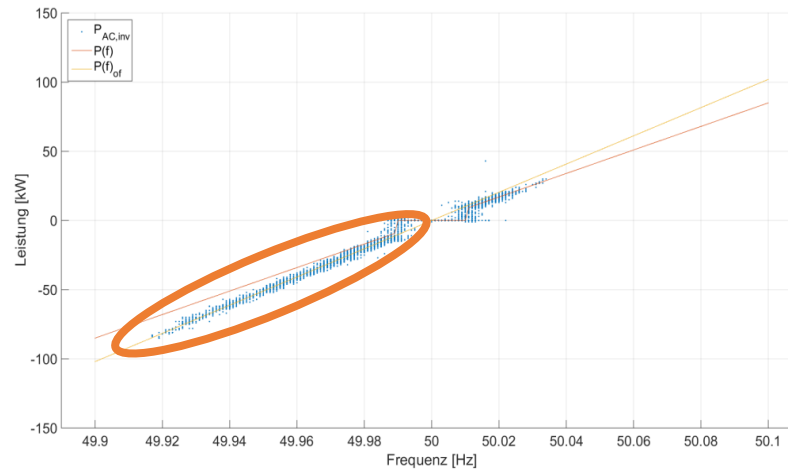
### Totband



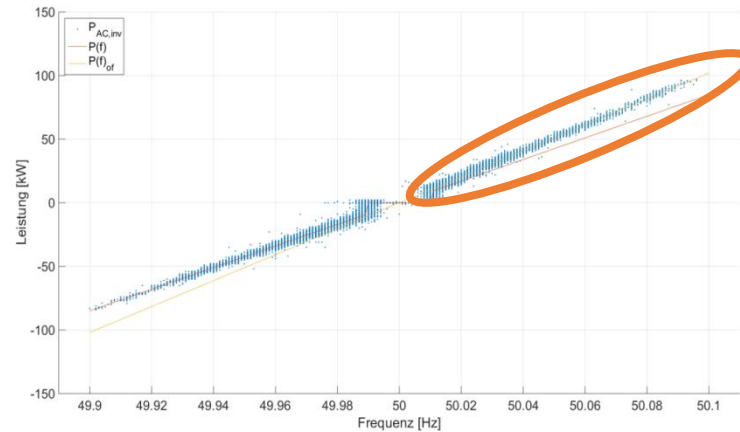
# Marktgetriebener Speichereinsatz

Optionale Übererfüllung

$CL > CL_{opt}$

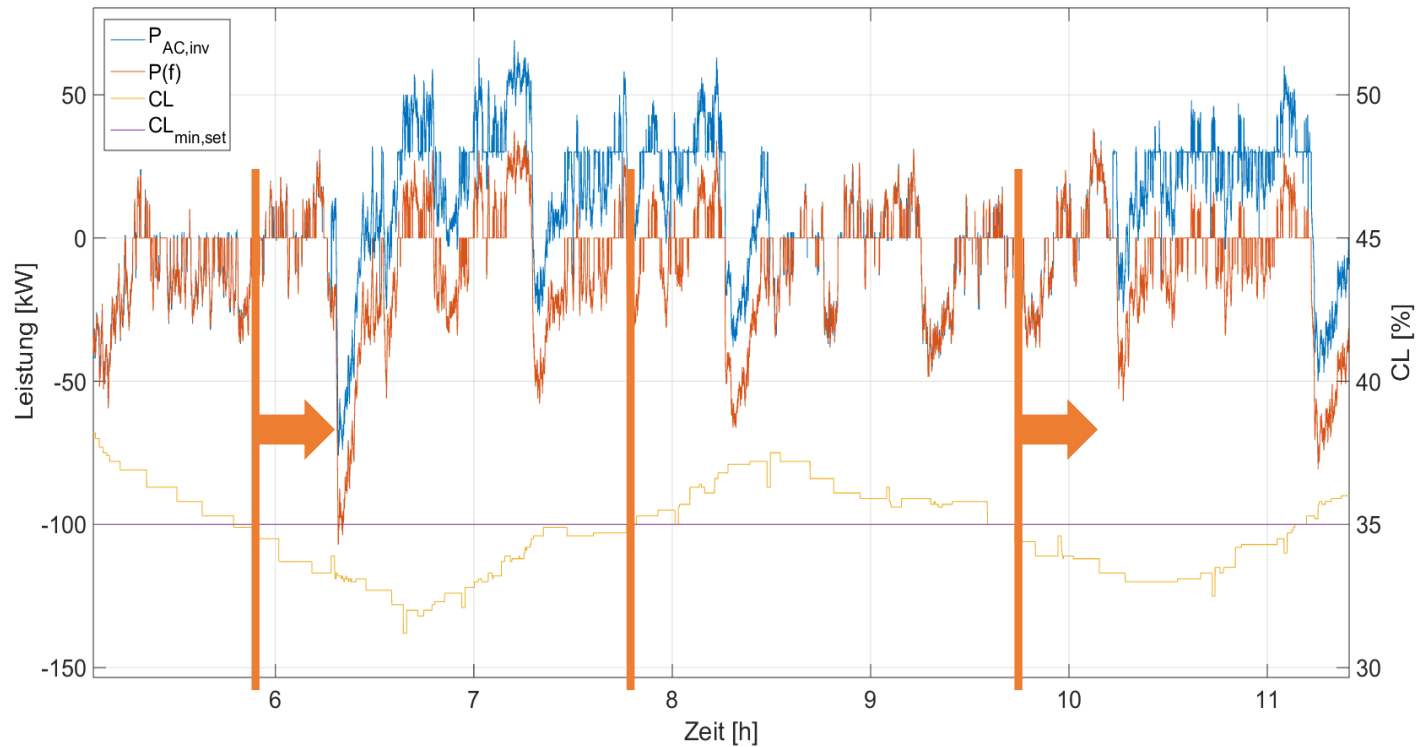


$CL < CL_{opt}$



# Marktgetriebener Speichereinsatz

## Lade-/Entladevorgänge durch Fahrplangeschäfte



**Welche Leistung vermarkten? Ab welchem Ladestand Fahrplangeschäfte?**

# Agenda

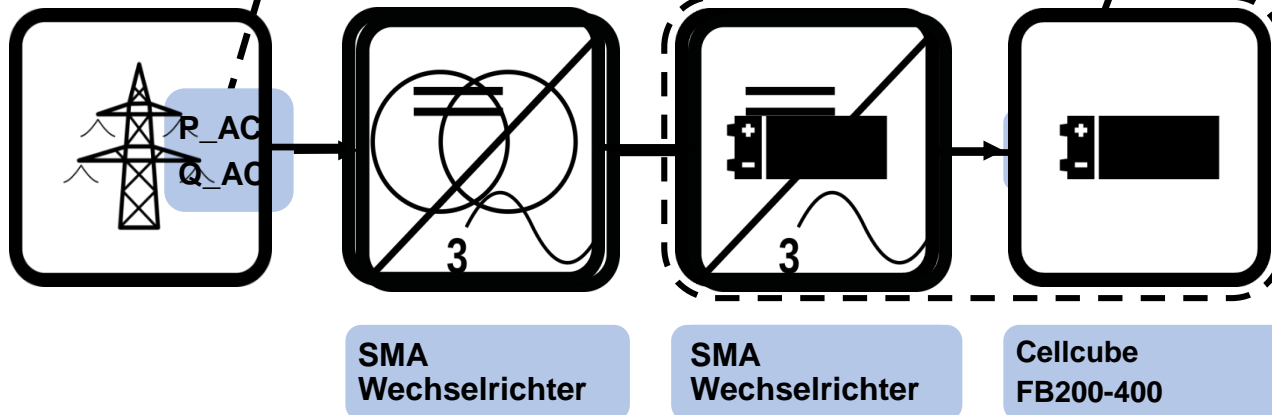


# Kombinierter Speichereinsatz

## Batteriesystemmodell eines netzdienlichen Großspeichers zur Erbringung von Primärregelleistung

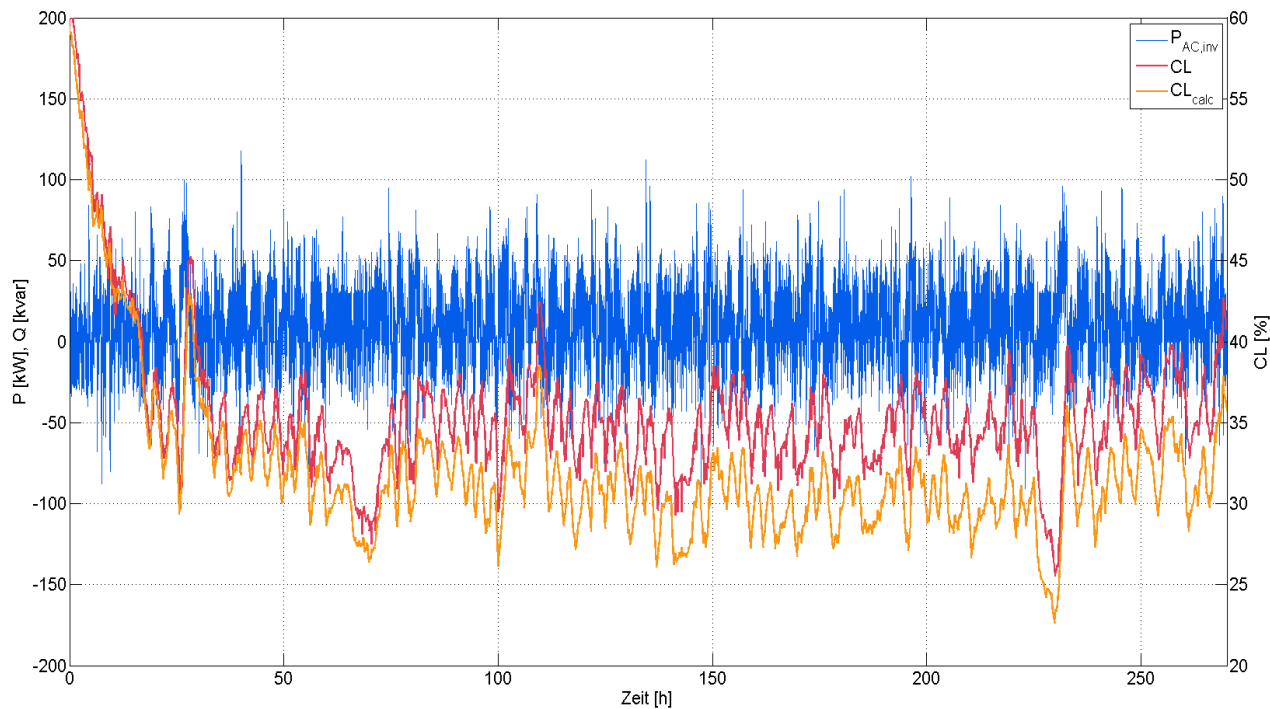
Wirkleistung in Abhängigkeit der Netzfrequenz  
Blindleistung in Abhängigkeit der Netzspannung

Ladezustand der Batterie



# Kombinierter Speichereinsatz

## Validierung des Batteriesystemmodells



**Ziel: Mit Batteriemodell  $P(f)$ - $Q(U)$ -Modus anhand von Lebenszyklusanalyse**

**optimieren**

# Agenda



# Zusammenfassung und Ausblick

## Zusammenfassung

- VRB Prototyp entwickelt und in Betrieb genommen
- Ziel: Optimale Kombination von Primärregelleistungserbringung und Blindleistungsbereitstellung
- Feldtest-Ergebnis: Speicher trägt bei beliebiger Wirkleistung zur Spannungshaltung bei
- Alle PRL-Freiheitsgrade wurden implementiert und getestet
- Netzdienlichkeit und wirtschaftlicher Betrieb sind keine Widersprüche

## Ausblick

- Quantifizierung des verhinderten Netzausbaus durch VRB
- Kombinierten  $P(f)$ - $Q(U)$ -Speichereinsatz optimieren
  - Wieviel Regelleistung sollte vermarktet werden?
  - Ab welchen Lade- und Entladegrenzen sollte Energie nach- oder verkauft werden?



# Vielen Dank für Eure Aufmerksamkeit!

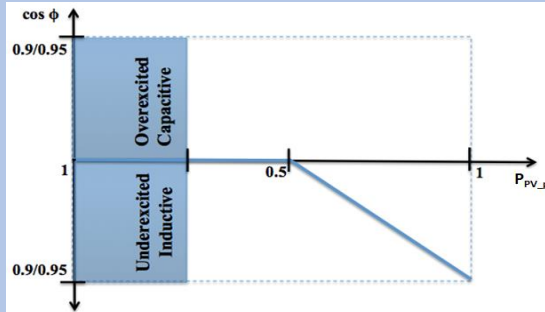
## Veröffentlichungen:

- J. Bühler, M. Resch, J. Wiemann, J. Twele, „Lebenszyklusanalyse von Großbatterien am deutschen Regelenergiemarkt“, in *IEWT 2015*, Wien, Austria, 2015.
- M. Resch, J. Bühler, H. Huyskens, A. Sumper, „Optimale Positionierung von Großbatterien in Verteilnetzen“, in *30. Symposium Photovoltaische Solarenergie*, Bad Staffelstein, Germany, 2015.
- M. Resch, B. Ramadhani, J. Bühler, A. Sumper, “Comparison of the control strategies of residential PV storage systems”, in *IRES 2015*, Düsseldorf, Germany, 2015.
- A. Gonzalez, J. Bühler, B. Kleinschmit, M. Resch, “Analysis of Potential Distribution and Size of Photovoltaic Systems on Rural Rooftops”, in *GI Forum*, Salzburg, Austria, 2015.
- M. Klausen, M. Resch, J. Bühler, „Analysis of a potential single and combined business model for stationary battery storage systems”, in *IRES 2016*, Düsseldorf, Germany, 2016.
- O. Rascón, M. Resch, B. Schachler, J. Bühler, A. Sumper, “Increasing the hosting capacity of distribution grids by implementing residential PV storage systems and reactive power control”, in *EEM 2016*, Porto, Portugal, 2016.

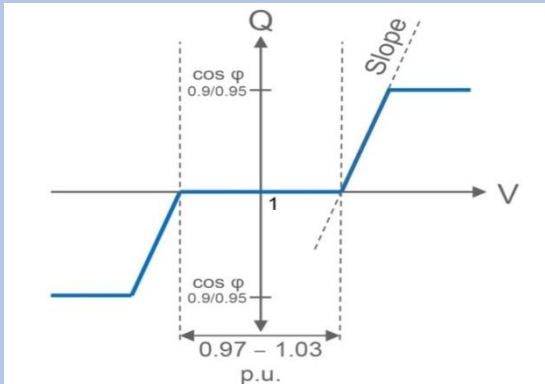
# Netzdienlicher Speichereinsatz

## Blindleistungsregelung

$\cos\phi(P)$

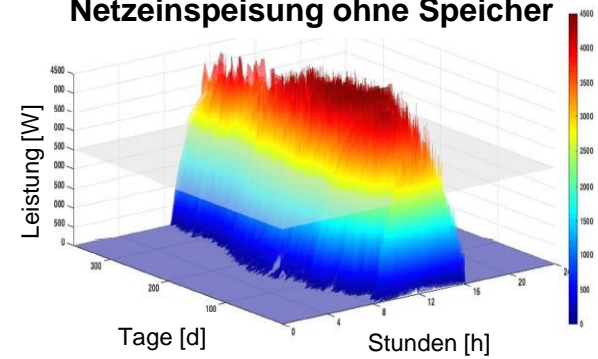


$Q(U)$



## Wirkleistungsregelung mit PV-Hausspeichersystemen

### Netzeinspeisung ohne Speicher



### Netzeinspeisung mit Speicher

