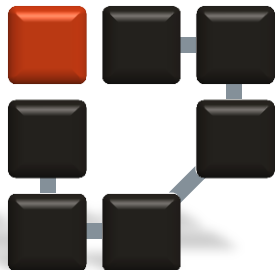


SWARM

Primärregelleistungserbringung mit verteilten Batteriespeichern in Haushalten

14. Symposium Energieinnovation 2016, 11.02.2016, Graz

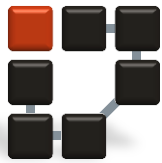
David Steber, Peter Bazan, Reinhard German



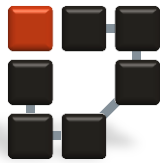
Computer Science 7
Computer Networks and
Communication Systems



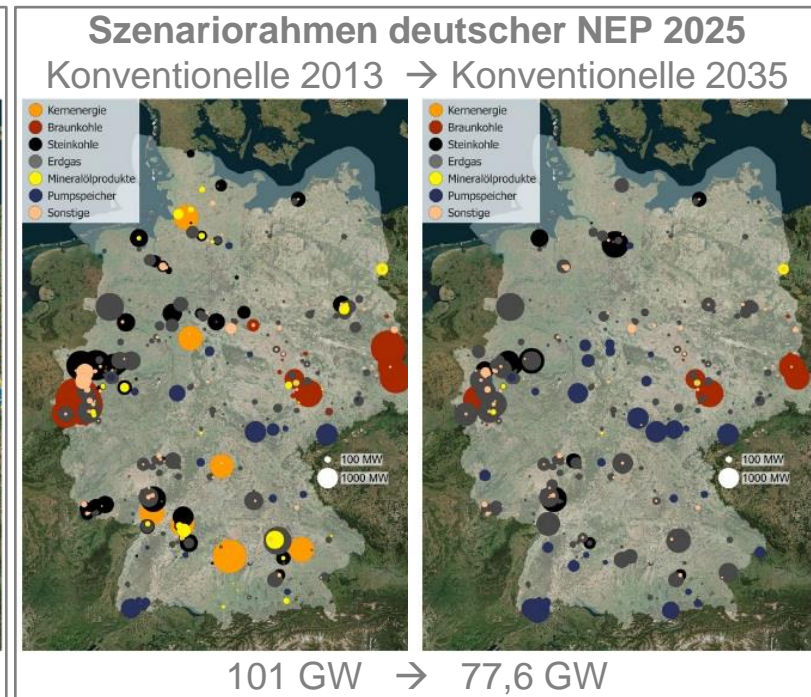
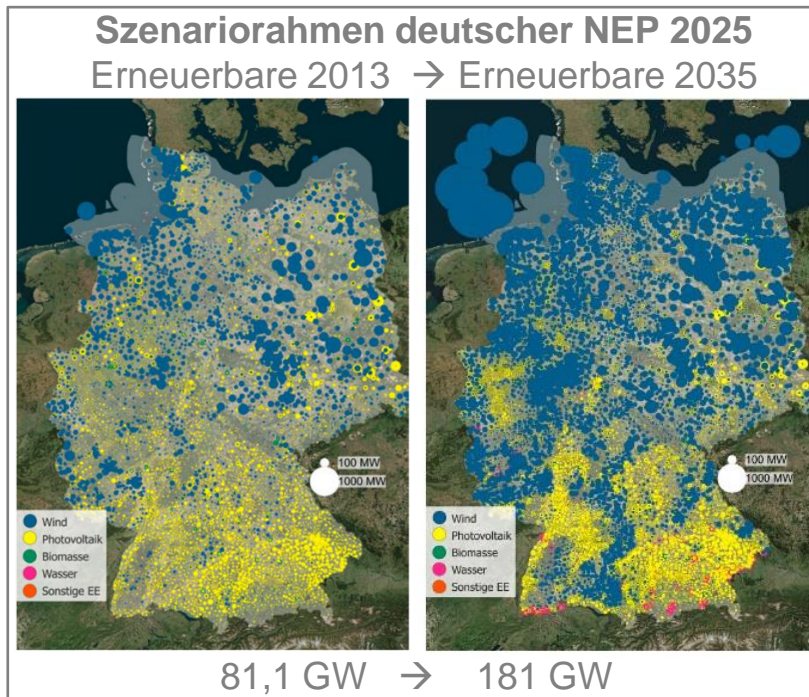
FRIEDRICH-ALEXANDER
UNIVERSITÄT
ERLANGEN-NÜRNBERG



- **Motivation**
- SWARM Forschungsprojekt
- Regulatorien Primärregelleistung
- SWARM Simulationsmodell
- Ergebnisse
- Zusammenfassung

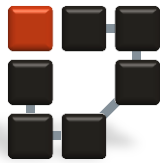


Motivation



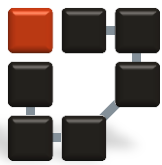
- Konventionelle Kraftwerke werden zukünftig nicht mehr in der Lage sein, ihren heutigen Beitrag zur Systemstabilität zu leisten¹

➤ Bedarf alternativer und nachhaltiger Lösungen

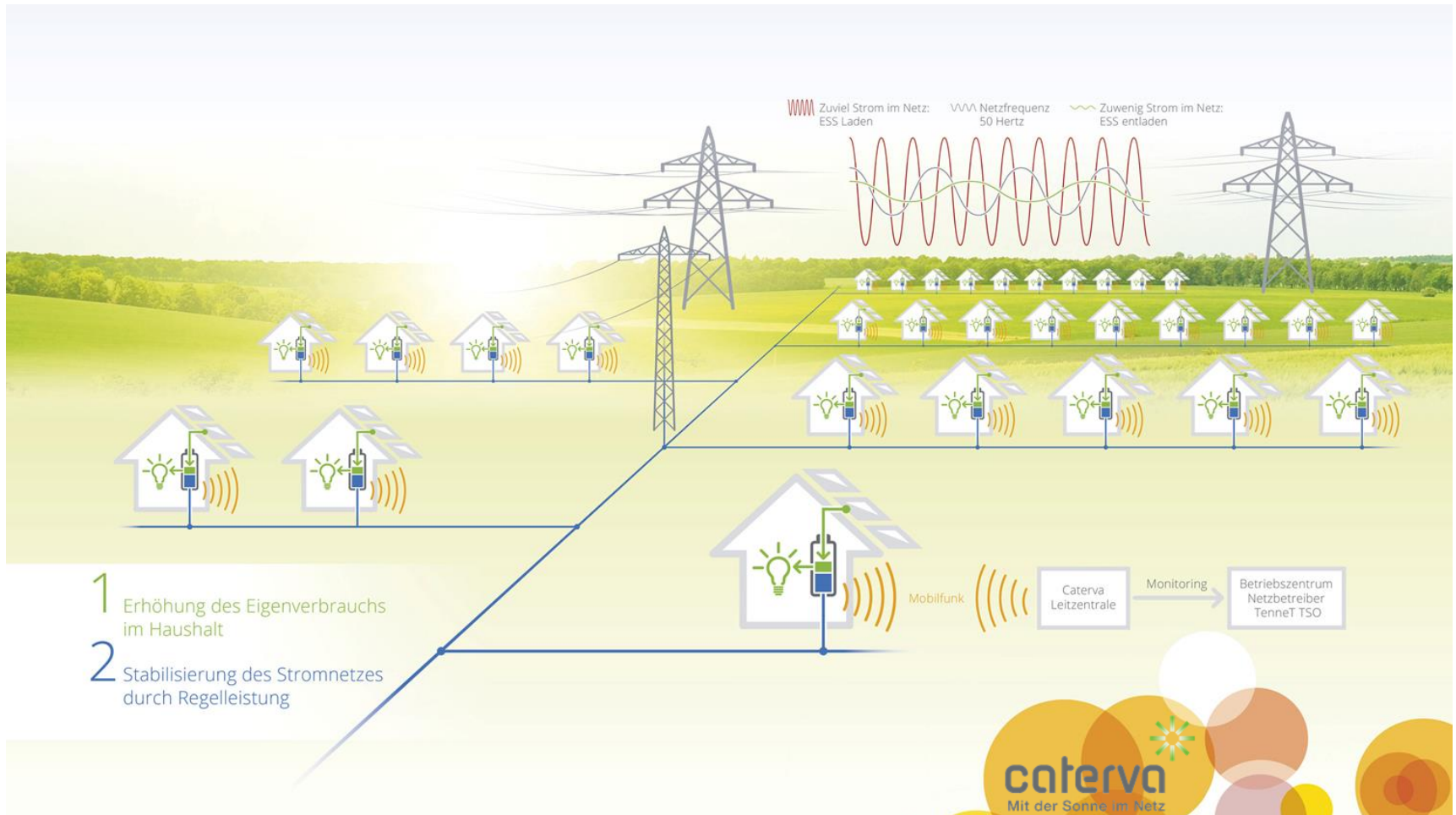


Inhalt

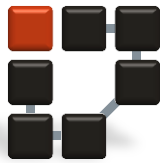
- Motivation
- **SWARM Forschungsprojekt**
- Regulatorien Primärregelleistung
- SWARM Simulationsmodell
- Ergebnisse
- Zusammenfassung



SWARM Forschungsprojekt



- Virtueller Großspeicher SWARM wurde im Sommer 2015 erstmals für den deutschen Primärregelleistungsmarkt präqualifiziert



SWARM Forschungsprojekt

- Kooperationsprojekt der Caterva GmbH (München) und der N-ERGIE AG (Nürnberg)

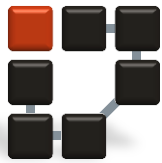


gefördert durch die
Bayerische Staatsregierung



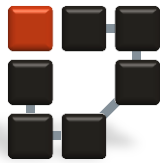
- Forschungsbegleitung durch FAU
 - Untersuchung des ökonomischen Nutzens der Installation eines Energiespeichersystems
 - Einflüsse der Installation der Energiespeichersysteme auf das lokale Verteilnetz
 - Vergleich und Abgrenzung von konventionell und mittels SWARM bereitgestellter PRL
 - Untersuchung des Nutzerverhaltens und deren Motivation





Inhalt

- Motivation
- SWARM Forschungsprojekt
- **Regulatorien Primärregelleistung**
- SWARM Simulationsmodell
- Ergebnisse
- Zusammenfassung

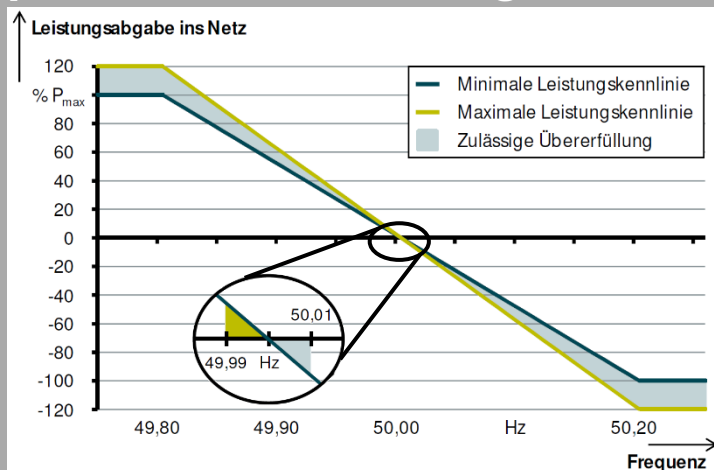


Regulatorien Primärregelleistung

- Transmission Code
- Veröffentlichungen der deutschen ÜNBs
 - Freiheitsgrade bei der Erbringung von Primärregelleistung
 - Anforderungen an die Speicherkapazität bei Batterien für die Primärregelleistung

➤ Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit?

Optionale Übererfüllung, Totband

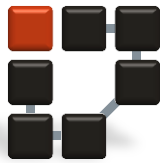


Anforderungen Speicherkapazität (15 | 30) – Minuten Kriterium

$$SOC_{ub} = \frac{E_{nutzbar} - \frac{\min}{60} h \cdot P_{PRL}}{E_{nutzbar}}$$

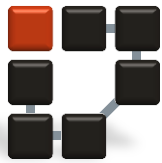
$$SOC_{lb} = \frac{\frac{\min}{60} h \cdot P_{PRL}}{E_{nutzbar}}$$

$$\frac{E_{nutzbar} [MWh]}{P_{PRL} [MW]} > 1$$



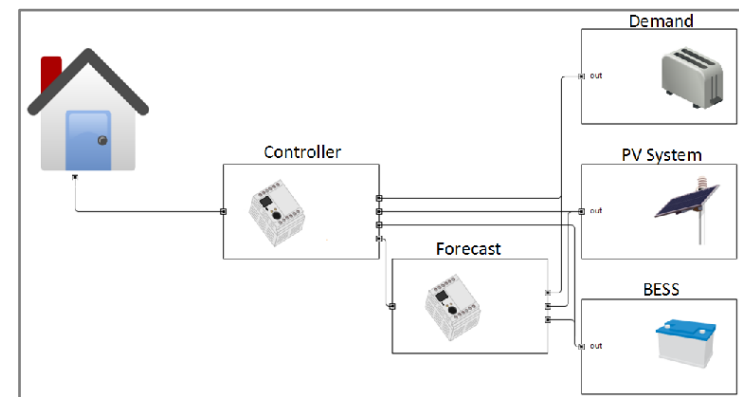
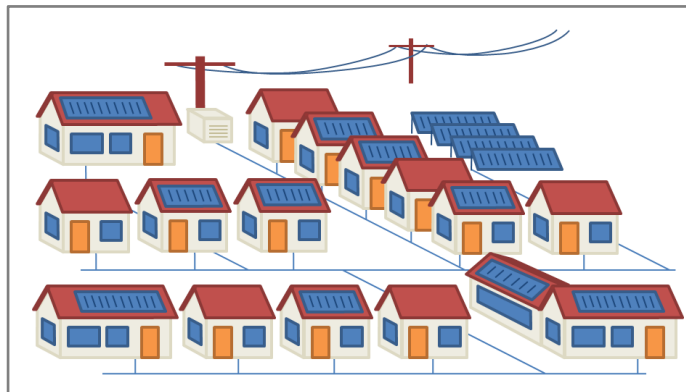
Inhalt

- Motivation
- SWARM Forschungsprojekt
- Regulatorien Primärregelleistung
- **SWARM Simulationsmodell**
- Ergebnisse
- Zusammenfassung



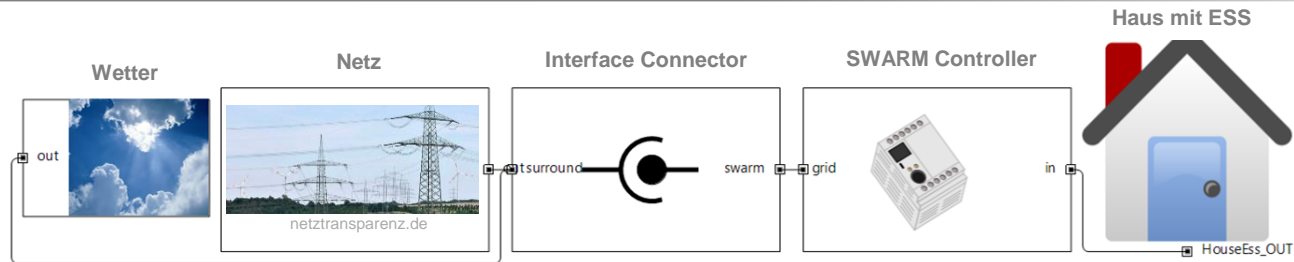
i7-AnyEnergy Simulationsframework

- Komponentenbasiertes, flexibles hybrides Simulationsframework basierend auf AnyLogic
 - Kontinuierliche Fluss-Simulation (z.B. Leistung, Material, Geld)
 - Diskrete Simulation (z.B. Kontrollentscheidungen)
 - Hierarchisches Interface und Filter Konzept für den effizienten Austausch von Parametern, Steuerentscheidungen und Nachrichten im Simulationsmodell
- Ermöglicht Rapid-Prototyping für Häuser, Siedlungen...



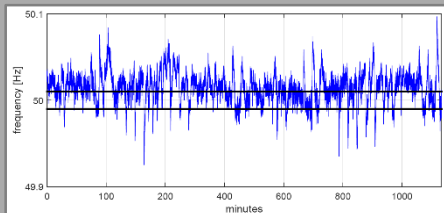


SWARM Simulationsmodell



Exogene Einflüsse

- Wettermodell
- Ökonomische Parameter
- Netzfrequenz

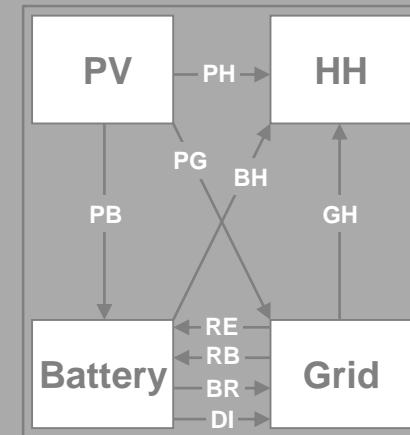


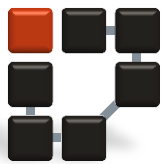
SWARM Control Center

- Dispatch der PRL auf einzelne ESS
- Verteilung von Nach- bzw. Entladeentscheidungen auf ESS
- Verschiedene Strategien

Haus mit ESS

- Lokale Strategien
- Abrechnung

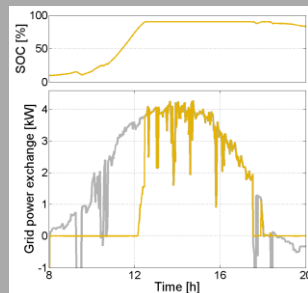




Lokale Strategien SWARM Simulationsmodell

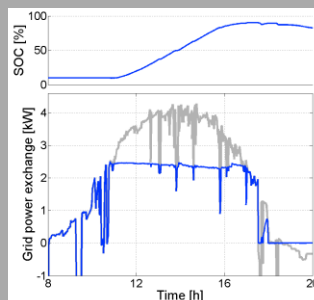
Ladestrategien Haushalt

■ Schnellladen (greedy)



- Speicher läuft schnell voll
- Steile Gradienten

■ Vorhersagebasiert

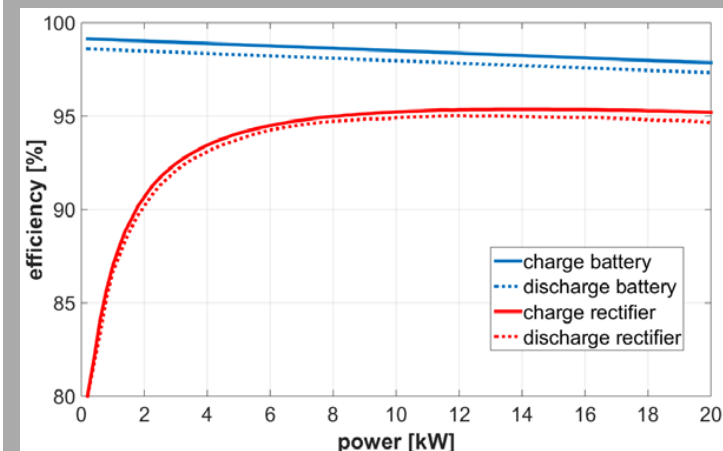


- Speichert PV-Energie nur anteilig
- Schonend

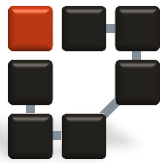
Moshoevel et al. "Analysis of the maximal possible grid relief from PV-peak-power impacts by using storage systems for increased self-consumption," Applied Energy, Vol. 137, No. 1, p. 567–575, 2015

Energiespeichersystem

- Leistungsabhängige Wirkungsgradverluste in Batterie und Wechselrichter
- Eigenverbrauch von 400 W im Betrieb

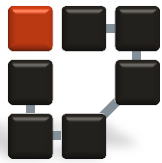


SMA Solar Technology AG, „Kompaktspeicher: Placebo oder Zukunftslösung? Ergebnisse aus einem Jahr Felderfahrung," 22.04.2015. [Online]. Available: http://www.sma-sunny.com/wp-content/uploads/2015/04/Abb5_Leistungsabh%C3%A4ngige-Wirkungsgrade-Labormessungen.jpg. [Zugriff am 15.01.2016].



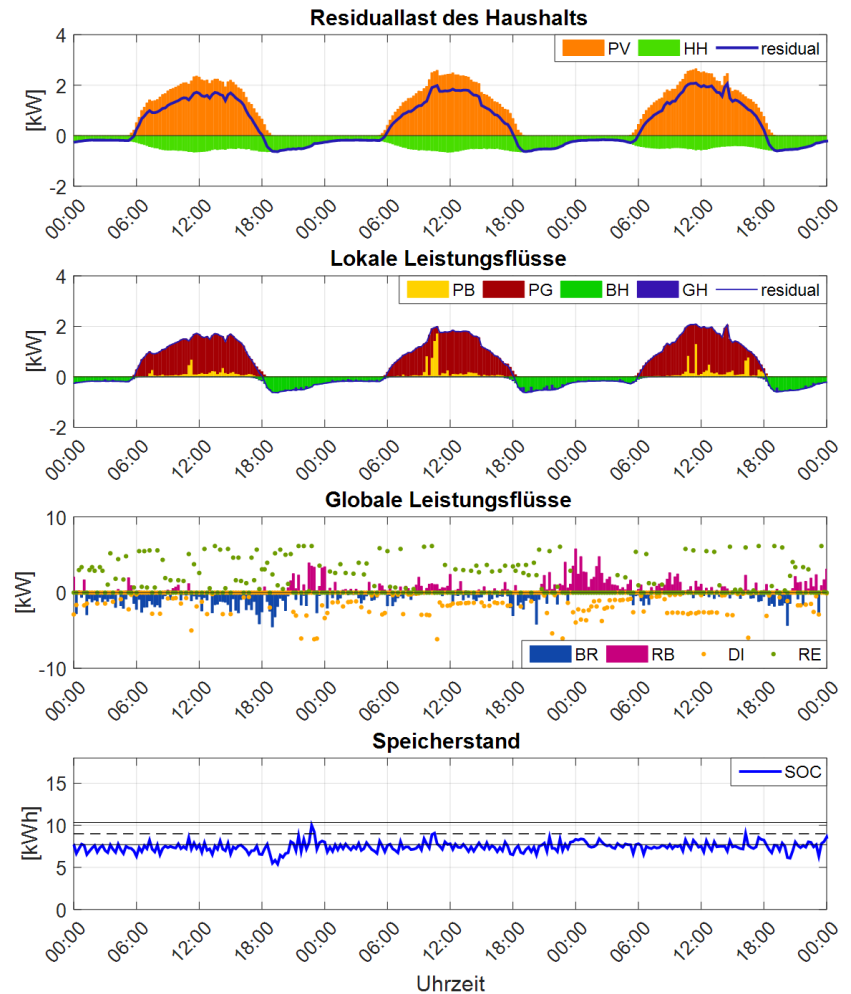
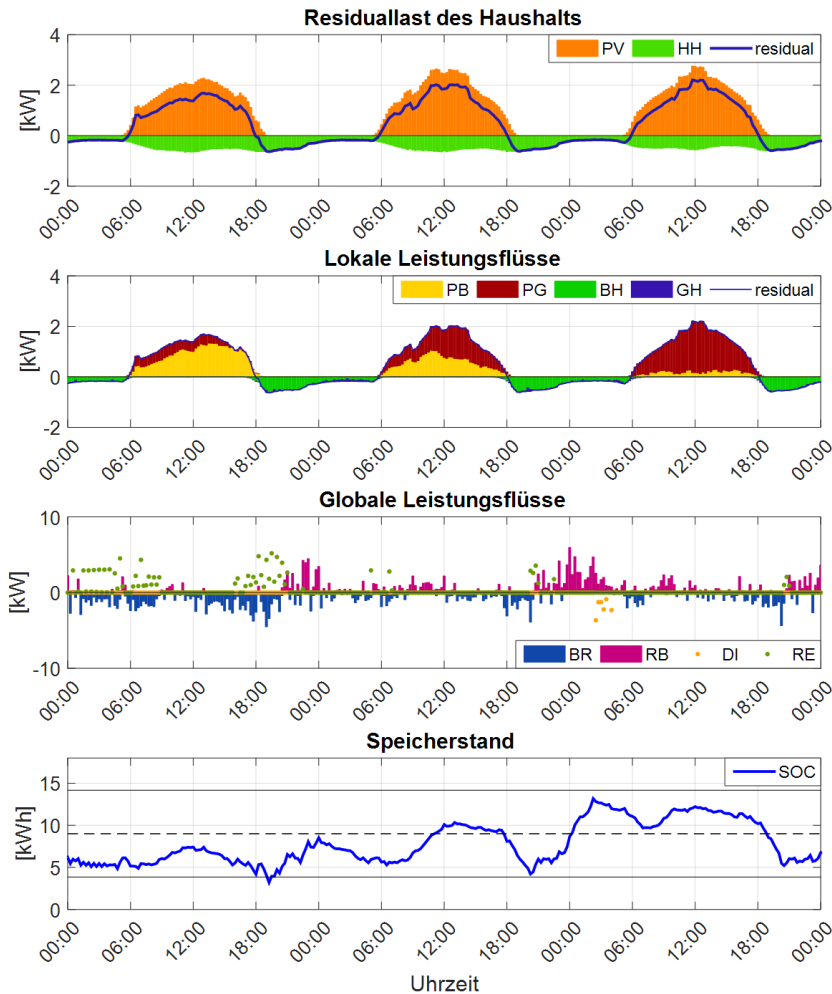
Inhalt

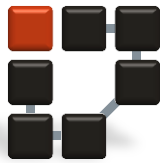
- Motivation
- SWARM Forschungsprojekt
- Regulatorien Primärregelleistung
- SWARM Simulationsmodell
- **Ergebnisse**
- Zusammenfassung



Leistungsflüsse Haushalt SWARM Simulationsmodell

15-Minuten Kriterium Vorhersagebasiert 30-Minuten Kriterium



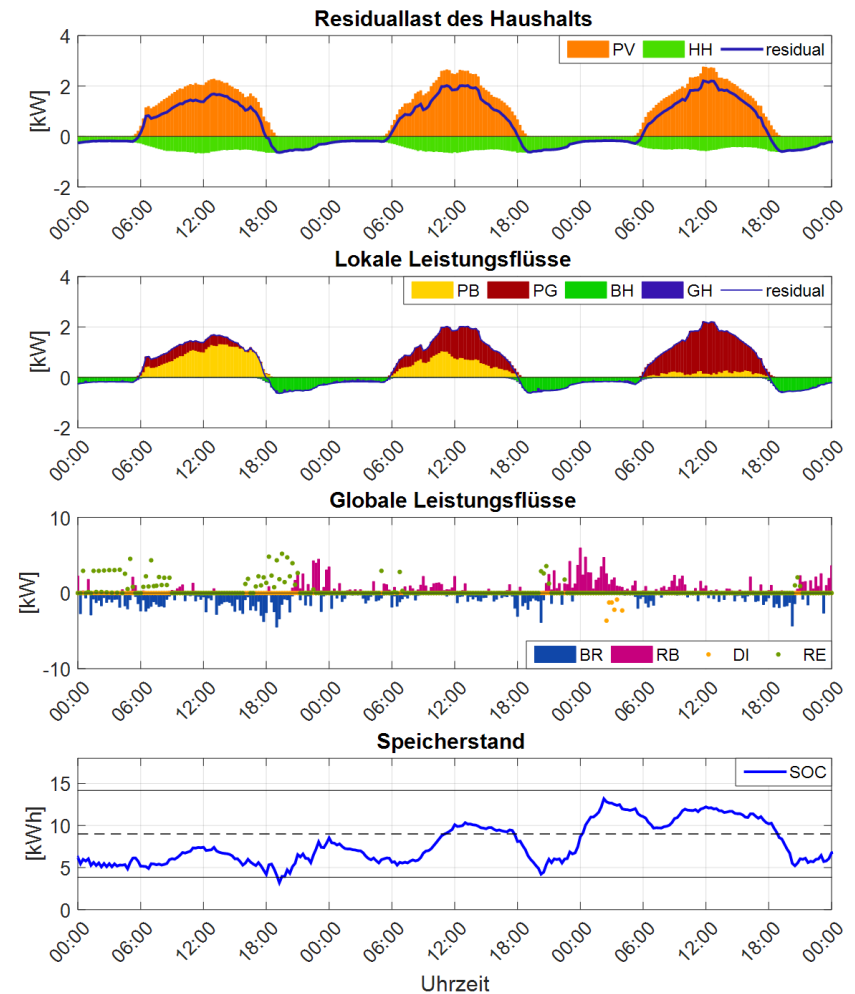
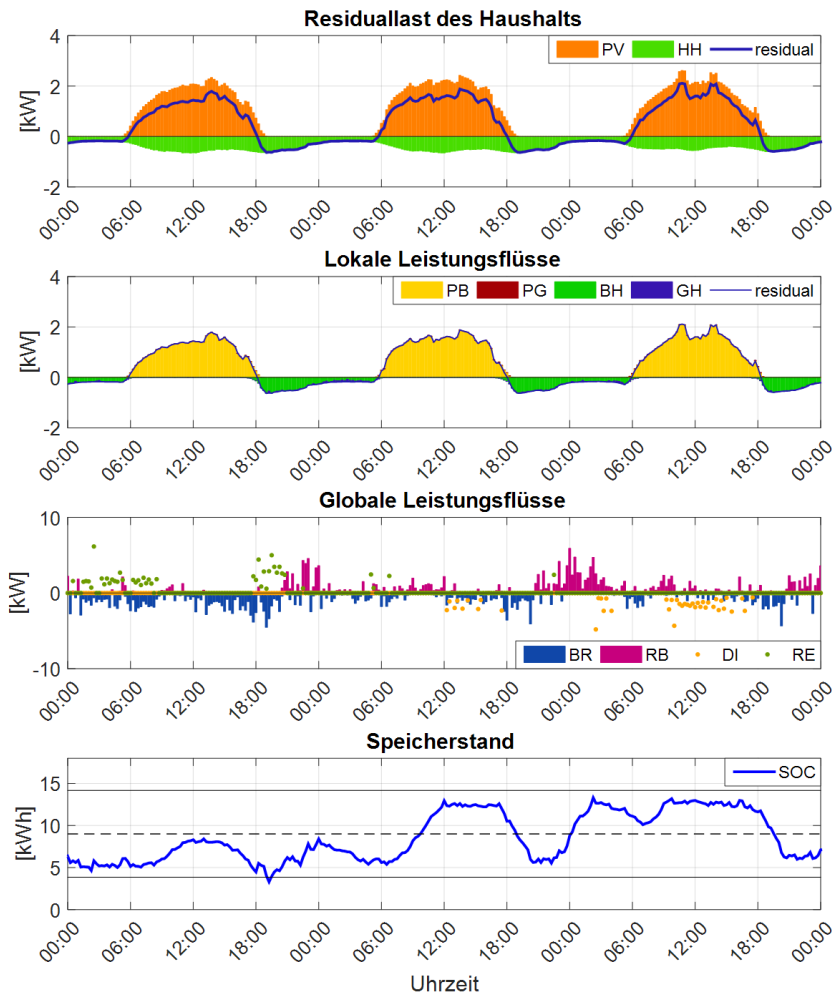


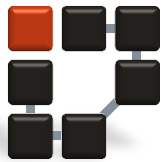
Leistungsflüsse Haushalt SWARM Simulationsmodell

Schnellladen

15-Minuten Kriterium

vorhersagebasiert

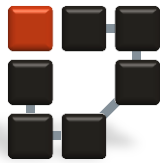




Haushalt SWARM Simulationsergebnisse

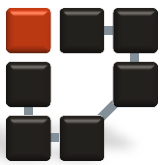
Globale Steuerung von Lade- bzw. Entladeoperationen und globale Ausnutzung von Freiheitsgraden	Ohne ESS	15-Minuten Kriterium		30-Minuten Kriterium	
		<i>Schnell- laden</i>	<i>Vorhersa- gebasiert</i>	<i>Schnell- laden</i>	<i>Vorhersa- gebasiert</i>
Eigenverbrauchsrate	29,9 %	58,7 %	58,8 %	51,4 %	50,2 %
Autarkiegrad	49,5 %	97,2 %	97,2 %	84,9 %	83,9 %
finanzielles Ergebnis p.a.	-184 €	263 €	263 €	147 €	139 €
Interner Zinsfuß	-/-	7,8 %	7,8 %	4,6 %	4,3 %

Globale Steuerung von Lade- bzw. Entladeoperationen und lokale Ausnutzung von Freiheitsgraden	Ohne ESS	15-Minuten Kriterium		30-Minuten Kriterium	
		<i>Schnell- laden</i>	<i>Vorhersa- gebasiert</i>	<i>Schnell- laden</i>	<i>Vorhersa- gebasiert</i>
Eigenverbrauchsrate	29,2 %	56,6 %	56,9 %	55,5 %	55,6 %
Autarkiegrad	49,0 %	95,0 %	95,5 %	93,2 %	93,5 %
finanzielles Ergebnis p.a.	-176 €	256 €	258 €	230 €	242 €
Interner Zinsfuß	-/-	7,4 %	7,5 %	7,0 %	7,0 %



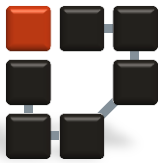
Inhalt

- Motivation
- SWARM Forschungsprojekt
- Regulatorien Primärregelleistung
- SWARM Simulationsmodell
- Ergebnisse
- **Zusammenfassung**



Zusammenfassung

- Komponentenbasiertes, flexibles hybrides Simulationsmodell eines real installierten virtuellen Großspeichers zu Erbringung von PRL
 - Abstrakte Nachbildung von zentralen (globalen) und dezentralen (lokalen) Steueralgorithmen
- Einfluss regulatorischer Vorgaben analysiert
 - Eine rein globale Steuerung der Erbringung von Primärregelleistung bringt erhebliche Nachteile für den Haushalt
 - **Lokale Ausnutzung der Freiheitsgrade bei der Erbringung von Primärregelleistung gewährleistet die Wirtschaftlichkeit der Installation eines Energiespeichersystems im Haushalt**
- Ausblick
 - Hinterlegung von Realdaten (HH+PV) im Simulationsmodell
 - Parametrierung des Modells anhand realer Messdaten



Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Fragen?

David Steber

research assistant & graduate student

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU)

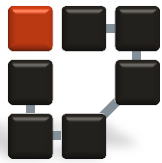
Computer Science 7 – Computer Networks and Communication Systems

Martensstr. 3 | 91058 Erlangen, Germany

Tel: +49 (0) 9131 85-27907 | Fax: +49 (0) 9131 85-27409

Mail: david.steber@fau.de



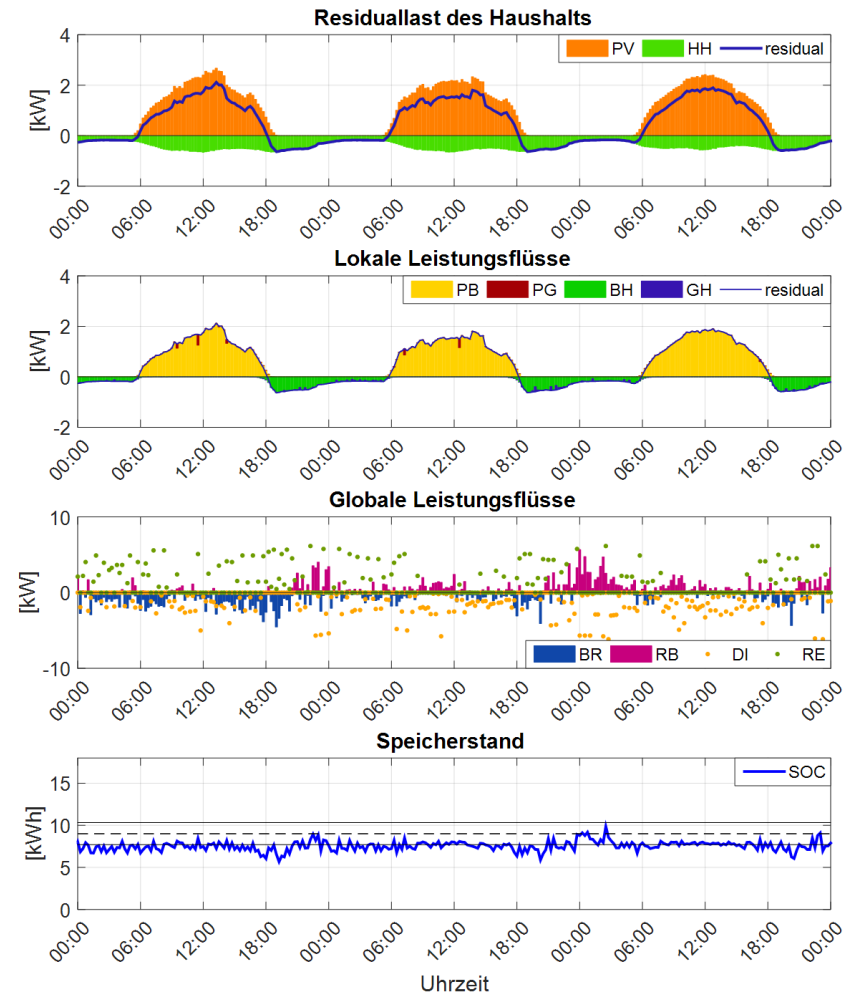
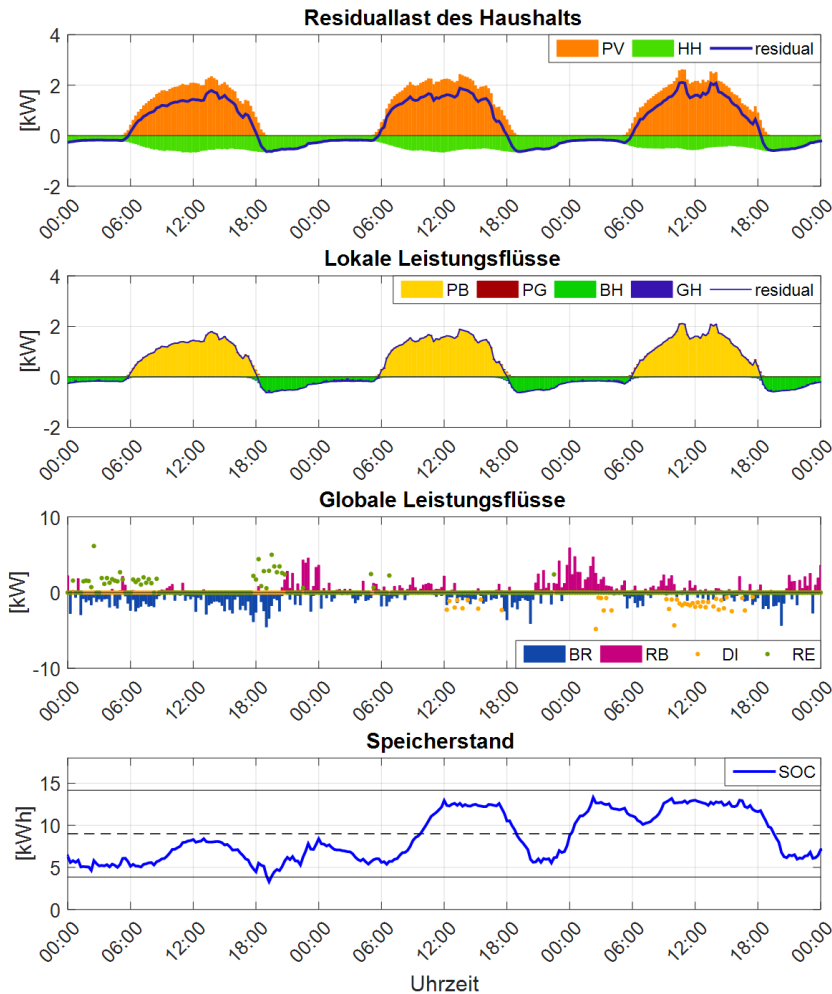


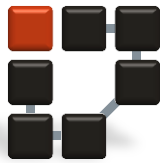
Leistungsflüsse Haushalt SWARM Simulationsmodell

15-Minuten Kriterium

Schnellladen

30-Minuten Kriterium





Leistungsflüsse Haushalt SWARM Simulationsmodell

Schnelladen

30-Minuten Kriterium

vorhersagebasiert

