

# **Konzepte zum Einsatz von Stromspeichern und Laststeuerungen zur Glättung fluktuierender erneuerbarer Energiequellen im Niederspannungsbereich**

## **Autoren:**

DI Thomas Wieland

DI Dr.tech Ernst Schmutzner

DI Maria Aigner

Ernst Friedl

**Technische Universität Graz  
Institut für Elektrische Anlagen**

## Gliederung



- Herausforderungen / Fragestellungen
- Konzept
- Ermittlung des Verbrauchs und der Erzeugung (PV-Anlage)
- Speicherauslegung
- Untersuchung unterschiedlicher Erzeugungsfälle
- Zusammenfassung & Ausblick

## Herausforderungen



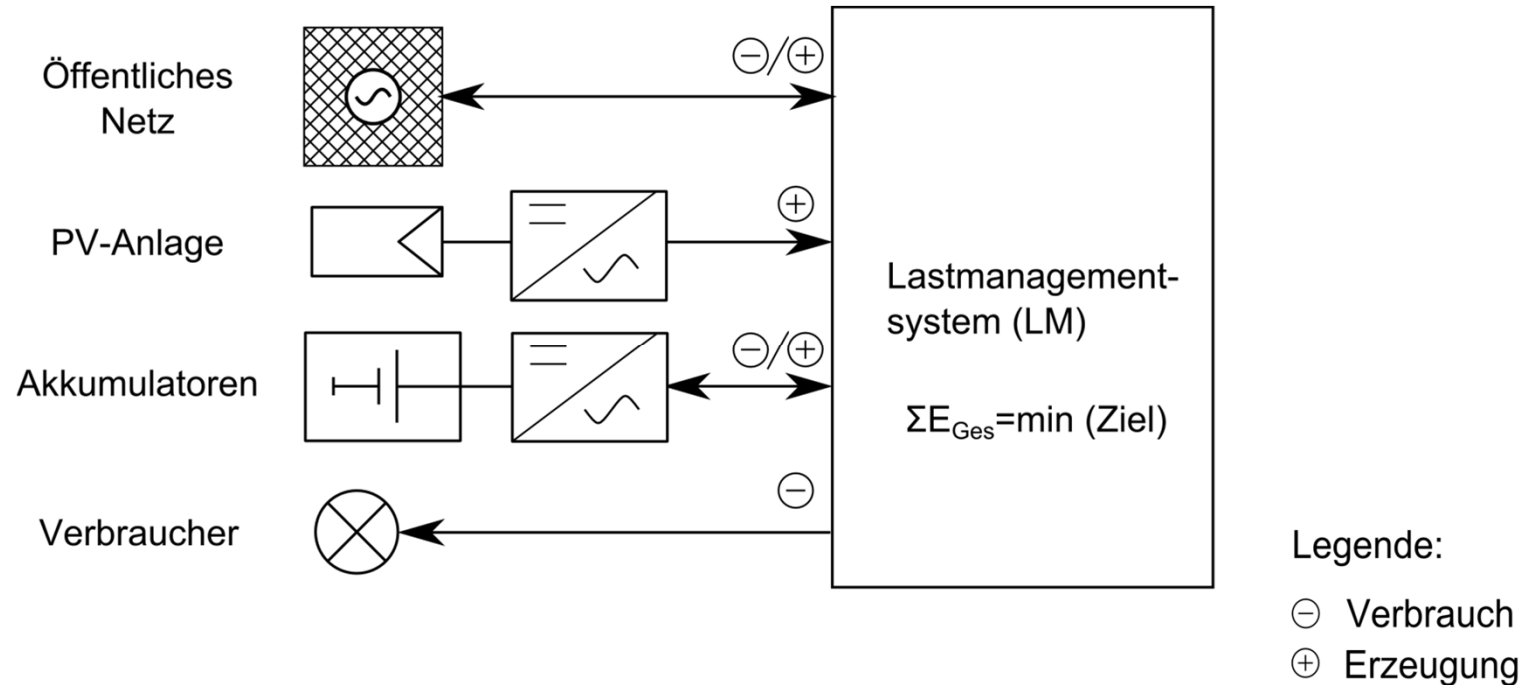
- Erreichung der klimapolitischen Ziele („20-20-20-Ziele“)
- Optimale Nutzung erneuerbarer Energien
- Örtliche Zusammenführung von Erzeugung und Verbrauch
- Glättung der Einspeisung aus fluktuierender erneuerbarer Energiequellen

## Fragestellungen



- Ist es möglich, durch den kombinierten und koordinierten Einsatz von Stromspeichern und Lastmanagementsystemen die fluktuierende Erzeugung aus erneuerbaren Energien zu glätten?
- Welche Anforderungen werden zur Erreichung der Ziele an die Endverbraucher, dem Lastmanagementsystem bzw. an den Stromspeicher im Haushalt gestellt?
- Kann die in das öffentliche Netz eingespeiste Energie auf ein Minimum reduziert werden?

# Konzept



$$+ E_{PV} - E_{Verbraucher} \pm E_{Akkumulator} = \pm E_{\text{Öffentliches Netz}} \stackrel{!}{=} \min$$

## Anforderungen an den Akkumulator



- Speicherbedarf (kWh) Tagesspeicher vs. Wochenspeicher
- Speicherenergie der Akkumulatoren (kWh) unter Berücksichtigung der Ladezyklen
- Wechselrichterleistung (kW) zur Ladung und Entladung der Akkumulatoren
- Erfüllung von Netzdienstleistungen wie z.B. Spannungshaltung bzw. Leistungs-/Frequenzregelung

## Anforderungen an die Endverbraucher

- Laststeuer- bzw. Lastregelbare Endverbraucher
- Steuerung bzw. Regelung energieintensiven Endverbraucher wie z.B.: Wärme- und Kälteprozesse

### Wärmeprozesse

- Waschmaschine
- Warmwasseraufbereitung
- Geschirrspüler
- Bügeleisen
- Elektroherd
- ....

### Kälteprozesse

- Kühlschrank
- Gefrierschrank
- Klimaanlage
- ....

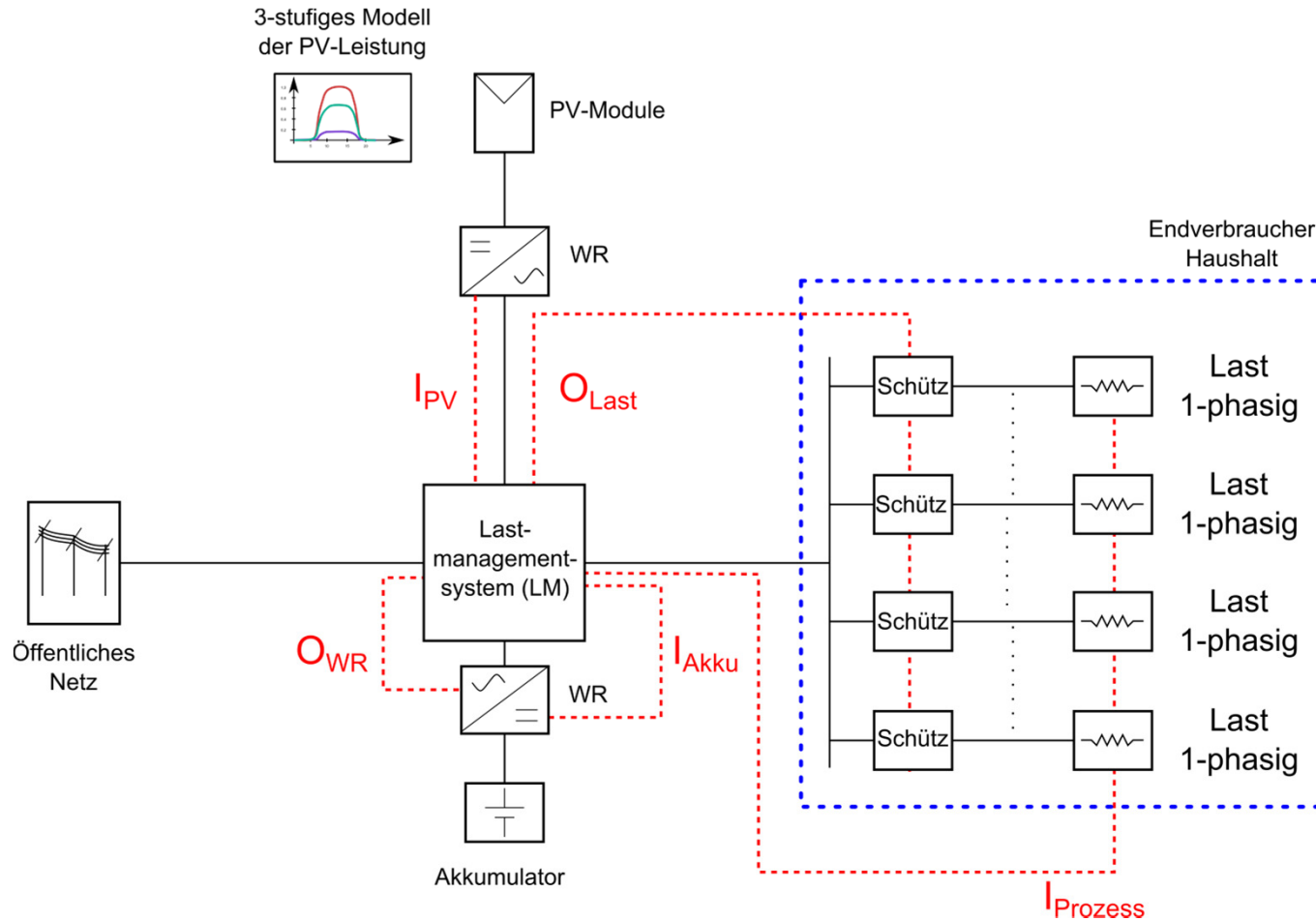
## Parameter für das Lastmanagementsystem



- Leistungsproduktion der PV-Anlage ( $I_{PV}$ )
- Ladezustand der Akkumulatoren ( $I_{Akku}$ )
- Ansteuerung des Wechselrichters ( $O_{WR}$ ) zur Ladung des Akkumulators
- Ansteuerung der einzelnen Schütze zur Prozesssteuerung ( $O_{Last}$ )
- Benötigter Energieverbrauch für ausgewählte Prozesse ( $I_{Prozess}$ )



# Detaillierte Darstellung des Konzeptes



## Ermittlung der Erzeugung und des Verbrauchs (1)



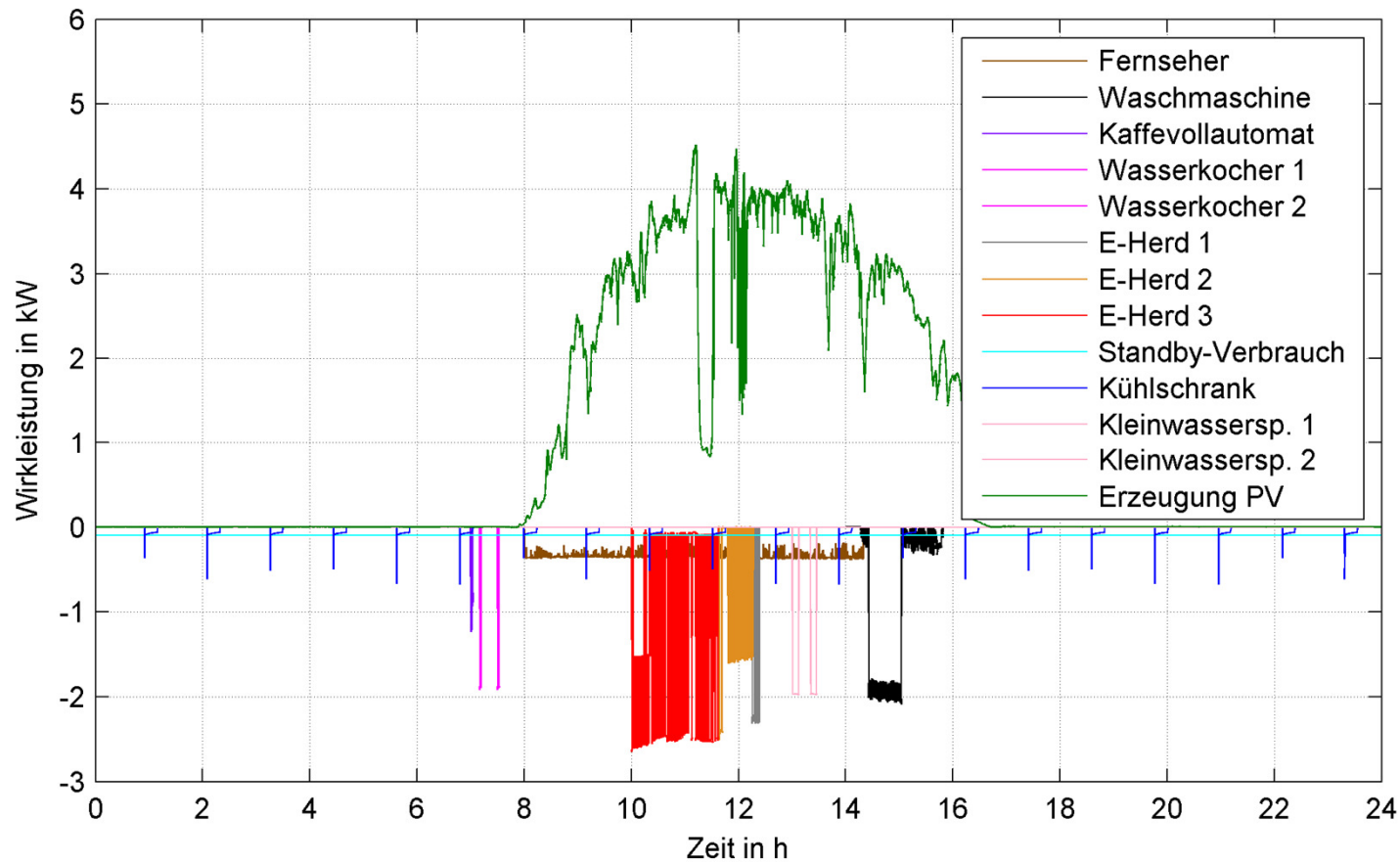
Detaillierte Messung des Verbrauchs ausgewählter Endverbraucher bzw. der Erzeugung (PV-Anlage):

- Messung der erzeugten bzw. der verbrauchten Leistung mittels einem geeigneten Leistungsmessgerät auf Basis von Sekundenwerten
- Ermittlung des Ein- bzw. Ausschaltzeitpunkts

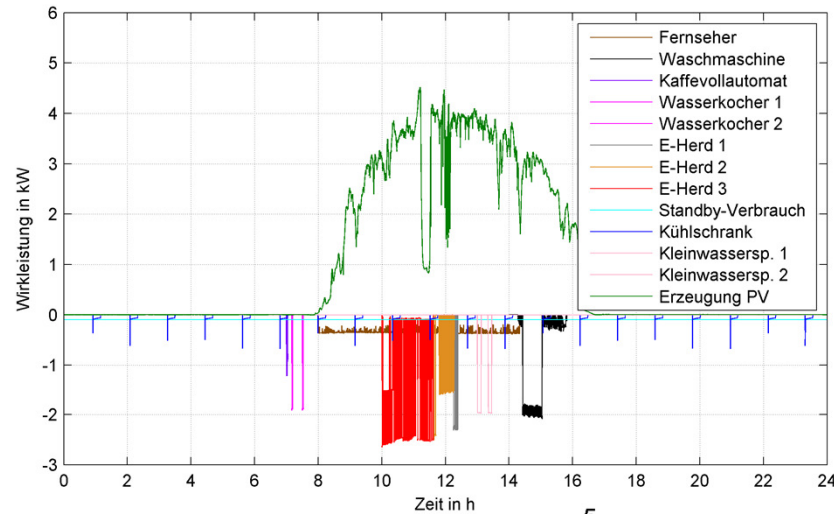
## Ermittlung der Erzeugung und des Verbrauchs (2)

Typ [-]	Anschluss- leistung [W]	Einschaltzeitpunkt [hh:mm]; [hh:mm]	Ausschaltzeitpunkt [hh:mm];[hh:mm]	Farbe [-]
Fernseher	350	08:00	14:21	Braun
Waschmaschine	2000	14:30	15:26	Schwarz
Kaffeevollautomat	1200	07:00	07:02	Violett
Wasserkocher	2000	07:10; 07:30	07:11; 07:32	Rosa
E-Herd 1 (Kochfeld)	2500	12:15	12:29	Grau
E-Herd 2 (Kochfeld)	2500	11:38	12:15	Orange
E-Herd 3 (Backrohr)	2500	10:00	11:37	Rot
Kühlschrank	70	00:00	23:59	Blau
Kleinwasserspeicher	2000	13:00; 13:20	13:07; 13:27	Pink
Standby-Verbrauch	100	00:00	23:59	Cyan
PV-Anlage	5000	00:00	23:59	Grün

## Ermittlung der Erzeugung und des Verbrauchs (3)



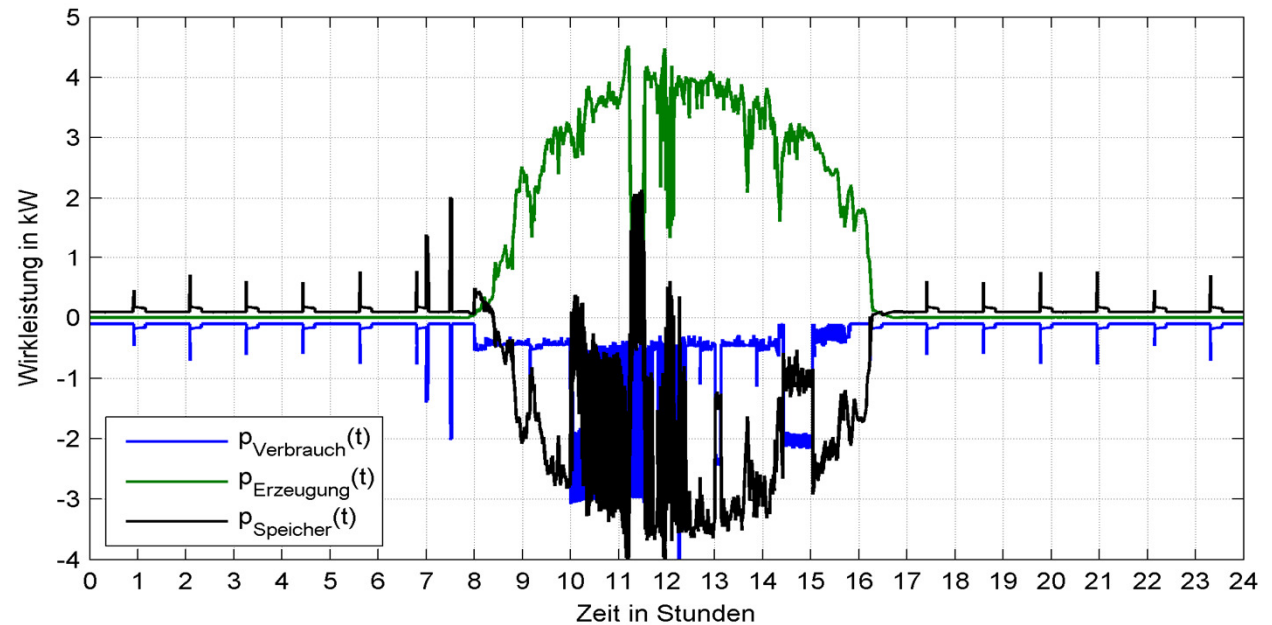
# Speicherauslegung (1)



$$e_{\text{Verbrauch}}(t) = \sum_{t=0}^{86400 \text{ s}} p_{\text{Verbrauch},t} \cdot \Delta t$$

$$e_{\text{Erzeugung}}(t) = \sum_{t=0}^{86400 \text{ s}} p_{\text{PV-Anlage},t} \cdot \Delta t$$

$$e_{\text{Speicher}}(t) = e_{\text{Verbrauch}}(t) - e_{\text{Erzeugung}}(t)$$



## Speicherauslegung (2)

### Arbeitssummenlinie zur Ermittlung des Speicherbedarfs

$$E_{\text{Erzeugung}} = 22,8 \text{ kWh}$$

$$E_{\text{Verbrauch}} = 9,2 \text{ kWh}$$

$$E_{\text{Speicher}} = 13,6 \text{ kWh}$$

#### Annahme:

Speichergröße: 10 kWh

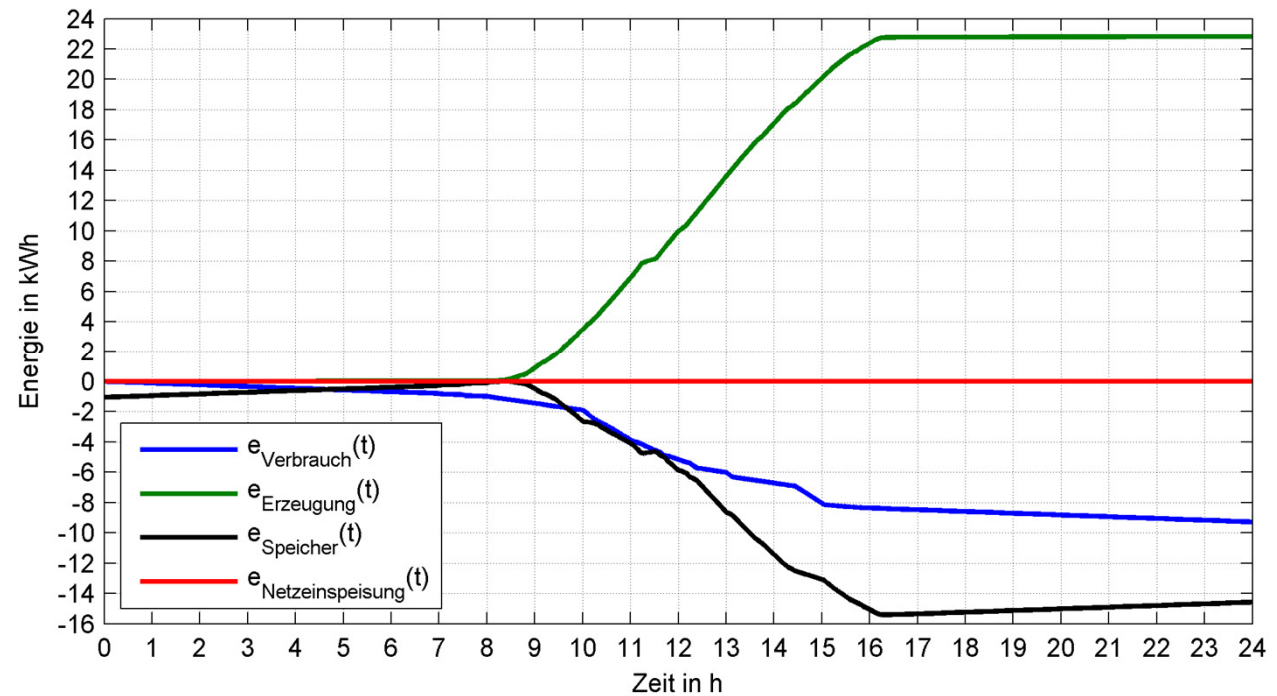


Berücksichtigung der

Entladetiefe 40%



Nutzbarer Energieinhalt: 6 kWh



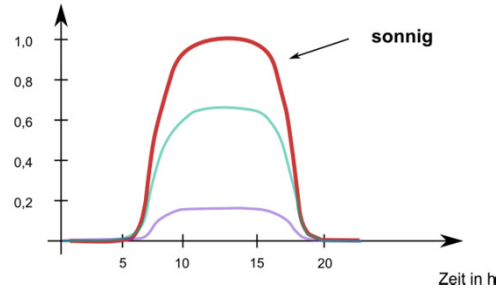
## Untersuchung unterschiedlicher Erzeugungsfälle (1)

### Betrachtung unterschiedlicher Erzeugungsfälle mittels eines 3-stufigen Modells der PV-Leistung:

- Untersuchung bei maximaler Erzeugung der PV-Anlage ( $P/P_N=1,0$  p.u.) bei gleichbleibendem Verbrauch
- Untersuchung bei mittlerer Erzeugung der PV-Anlage ( $P/P_N=0,5$  p.u.) bei gleichbleibendem Verbrauch

# Unterschiedliche Betriebszustände (2)

PV-Leistung in p.u.

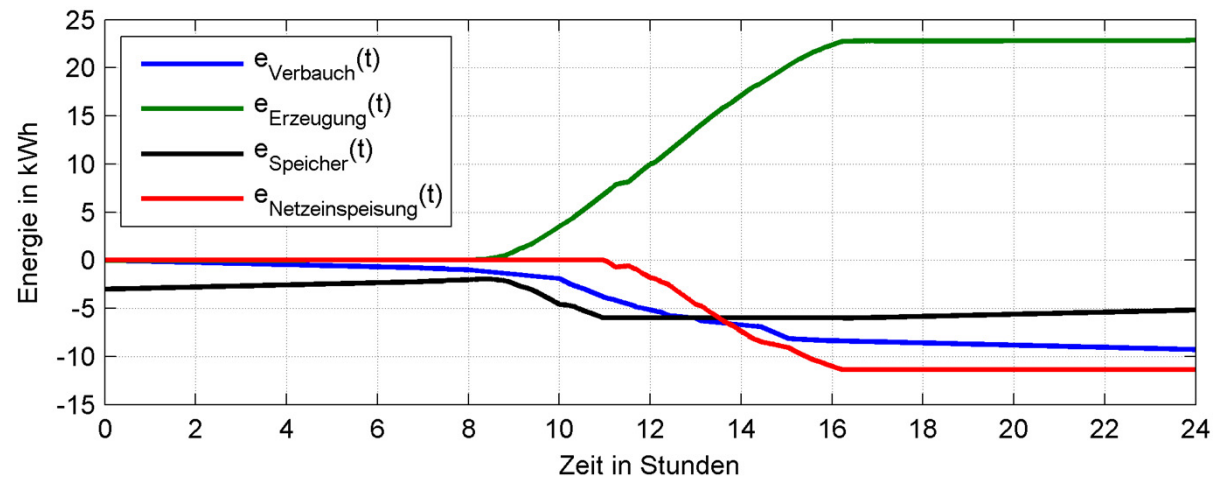
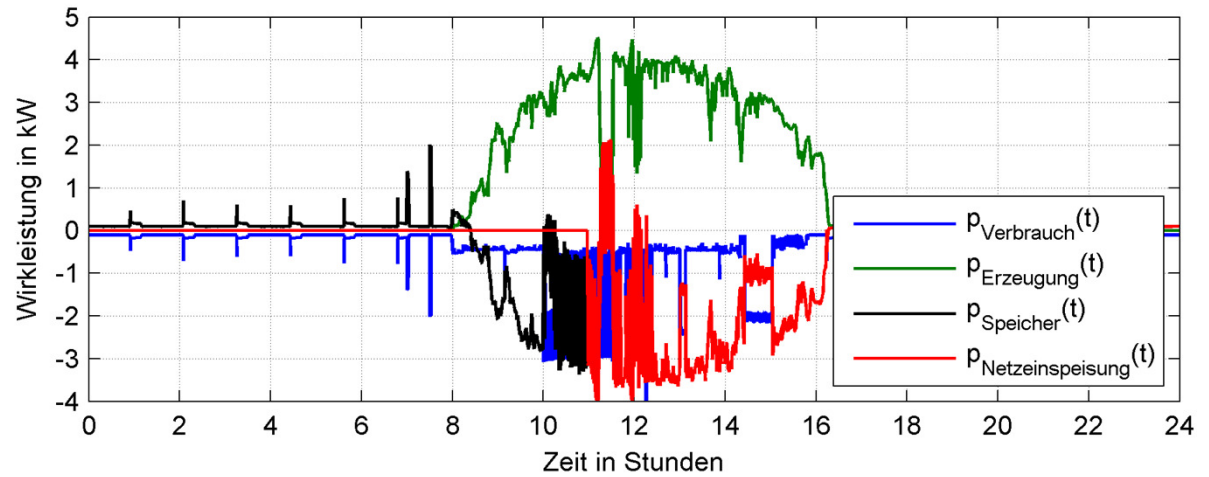


## Akkumulator:

Startwert: 3,0 kWh (00:00 Uhr)

Nutzbarer Energieinhalt: 6,0 kWh

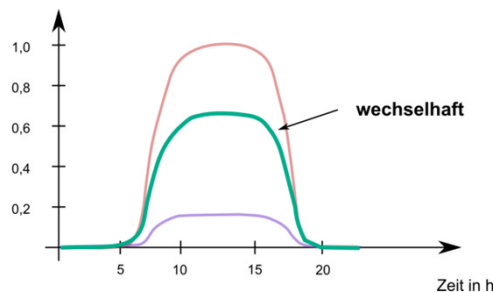
Endwert: 5,1 kWh (23:59 Uhr)





## Unterschiedliche Betriebszustände (3)

PV-Leistung in p.u.

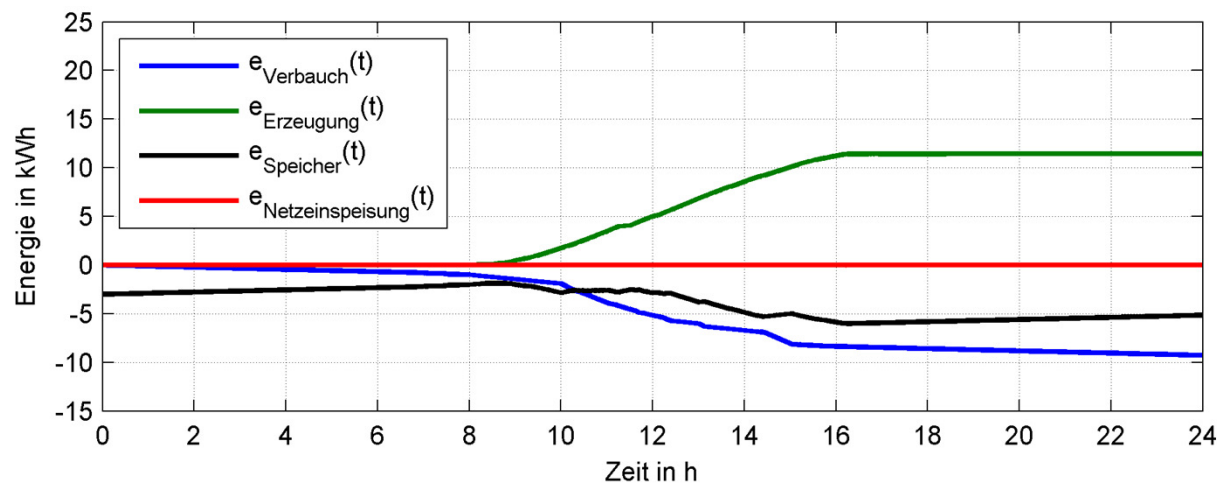
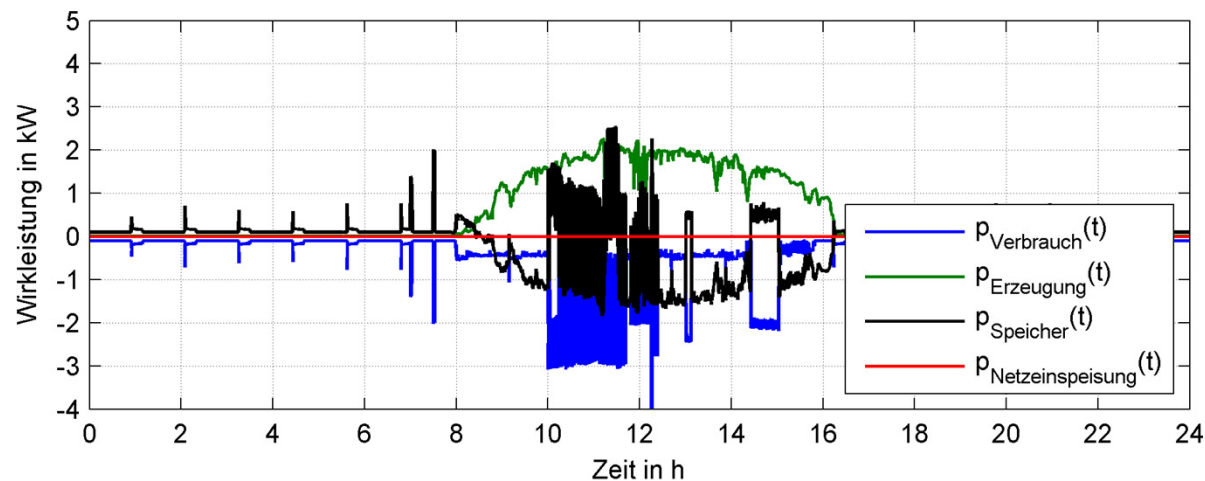


### Akkumulator:

Startwert: 3,0 kWh (00:00 Uhr)

Nutzbarer Energieinhalt: 6,0 kWh

Endwert: 5,1 kWh (23:59 Uhr)



## Schlussfolgerungen & Ausblick (1)



### **Laststeuerung mittels eines zentralen Lastmanagementsystems**

- Lastmanagementsysteme für den Haushalt erfordern Laststeuer- und lastregelbarfähige Haushaltsgeräte

### **Ressourcenschonende Erzeugung und Nutzung der elektrischen Energie**

- Nutzung der erzeugten Energie aus dezentralen Erzeugungsanlagen mittels Lastmanagementsystem und kleinen Stromspeichern möglich
- Nur mit zukünftigen neuen Stromtarifen werden Lastmanagementsysteme in Kombination mit Stromspeichern wirtschaftlich

## Schlussfolgerungen & Ausblick (2)



### Endkunden

- Der Nutzen für den Endkunden muss klar ersichtlich sein
- Finanzielle Anreize um Energie sparen einfach und komfortabel zu gestalten

### Reduzierung der eingespeisten Energie in das öffentliche Netz

- Mittels kleinen Stromspeicher kann die eingespeiste Energie in das öffentliche Netz reduziert werden, wenn einer längerfristigen Überbrückung nur ein geringes Gewicht beigemessen wird

# Konzepte zum Einsatz von Stromspeichern und Laststeuerungen zur Glättung fluktuierender erneuerbarer Energiequellen im Niederspannungsbereich

## Mitwirkende:

DI Thomas Wieland

DI Dr.tech Ernst Schmutzner

DI Maria Aigner

Ernst Friedl

Technische Universität Graz  
Institut für Elektrische Anlagen