

## 2. Herbstworkshop „Energiespeichersysteme“

# Mehrkriteriell optimierende Betriebsführung von Photovoltaik-Batteriespeichersystemen in Industrie und Gewerbe

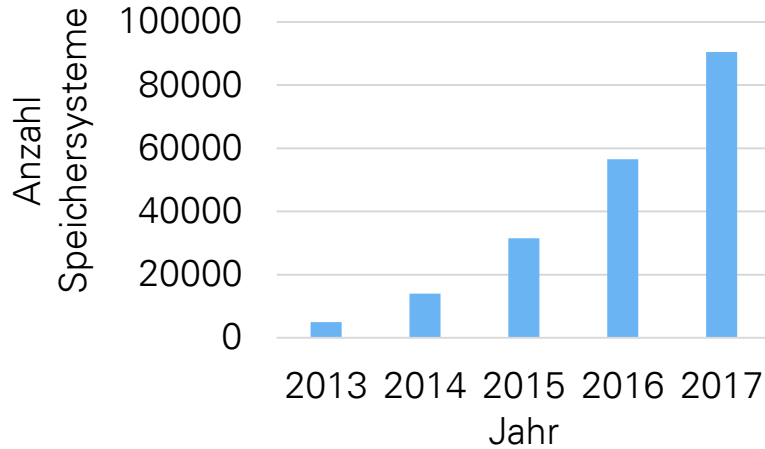
Dresden, 29. November 2017

Dipl.-Ing. Michael Böttiger  
Professur für Energiespeichersysteme  
E-Mail: [michael.boettiger@tu-dresden.de](mailto:michael.boettiger@tu-dresden.de)  
Tel.: +49 351 463-40268



**DRESDEN  
concept**  
Exzellenz aus  
Wissenschaft  
und Kultur

- 1) Motivation
- 2) PV-Batteriespeichersystem
- 3) Mehrkriteriell optimierendes Betriebsführungskonzept
- 4) Fallbeispiele
- 5) Zusammenfassung und Ausblick



[Quelle: ees]



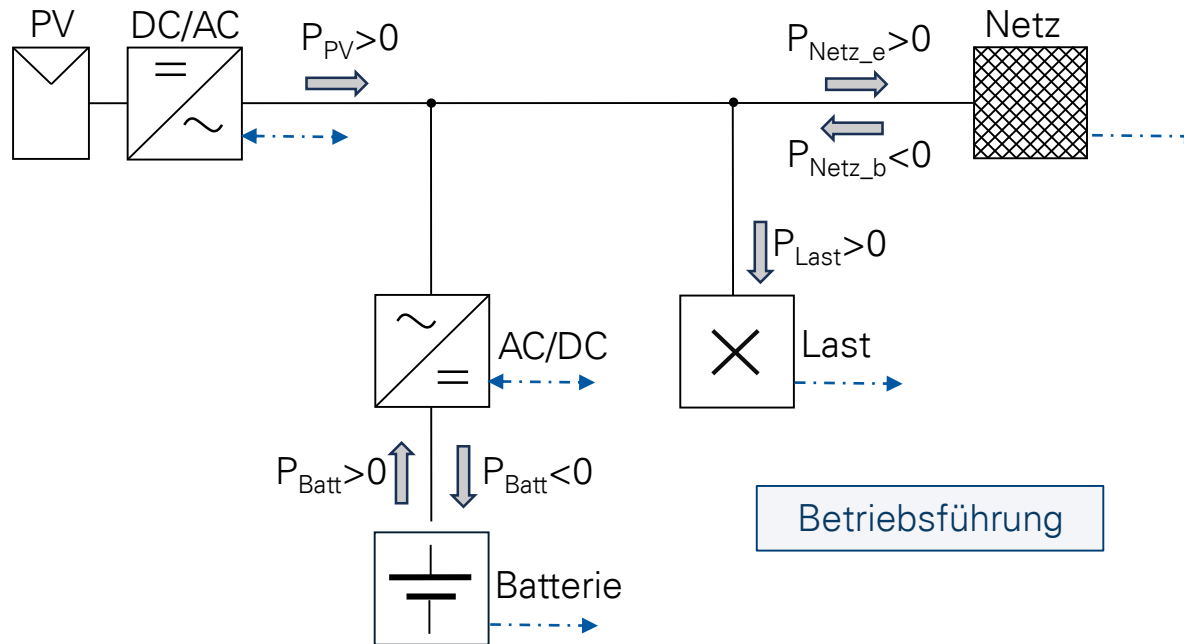
Typ	Stromverbrauch
Haushalte	132 TWh
Gewerbe	149 TWh
Industrie	227 TWh

[Quelle: BMWi - AGEE-Stat]

Typ	Anzahl
Großbetriebe	196.400
Mittelbetriebe	820.800
Kleinbetriebe	1.214.900
Kleinstbetriebe	5.688.400

[Quelle: Statistica]

### Systemtopologie



$$E_{PV} = \int P_{PV}(t) dt$$

$$E_{Netz_e} = \int P_{Netz_e}(t) dt$$

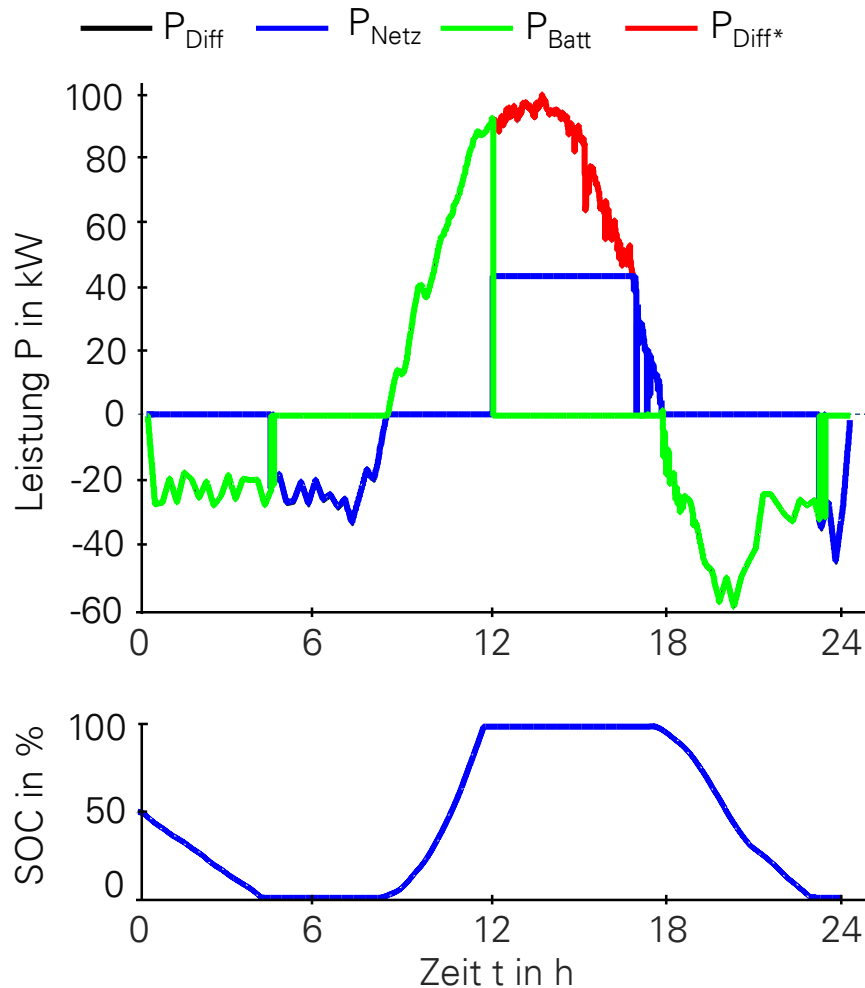
$$E_{Netz_b} = \int |P_{Netz_b}(t)| dt$$

$$E_{Last} = \int P_{Last}(t) dt$$

$$E_{Abregel} = \int \max(P_{Netz_e}(t) - P_{Netz_{max}}(t), 0) dt$$

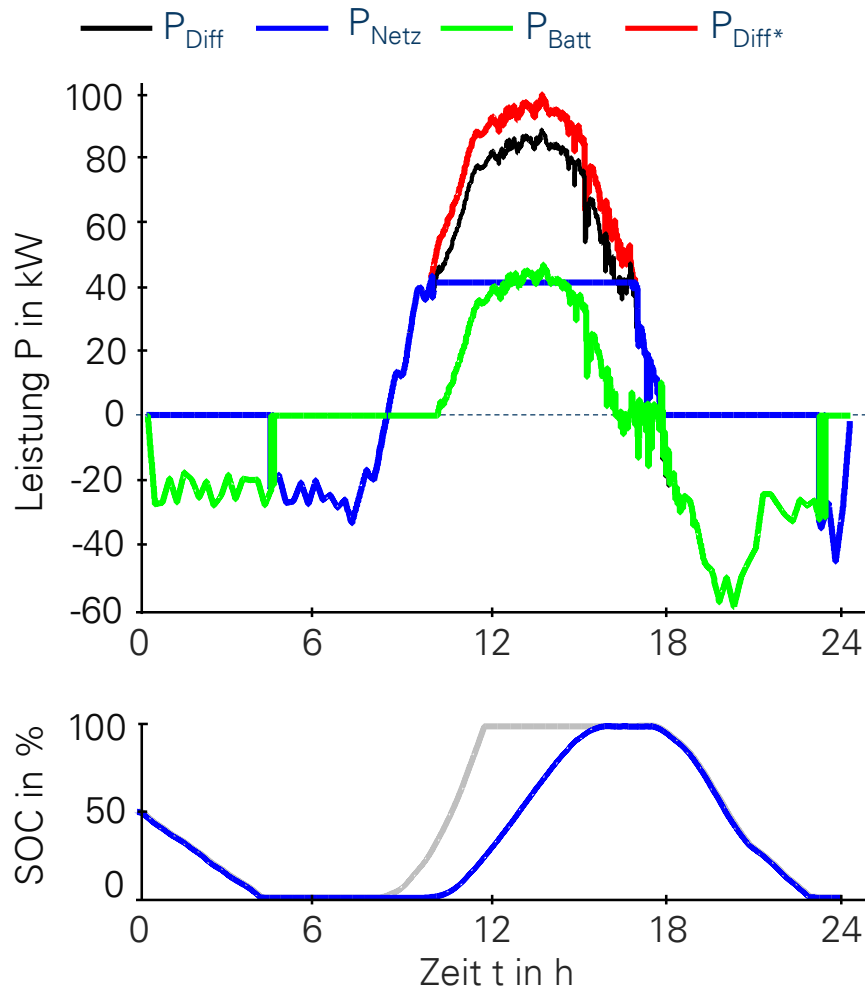
$$P_{Diff} = P_{PV} - P_{Last}$$

### Ziele der Betriebsführung - „Prioritätsbasiert“



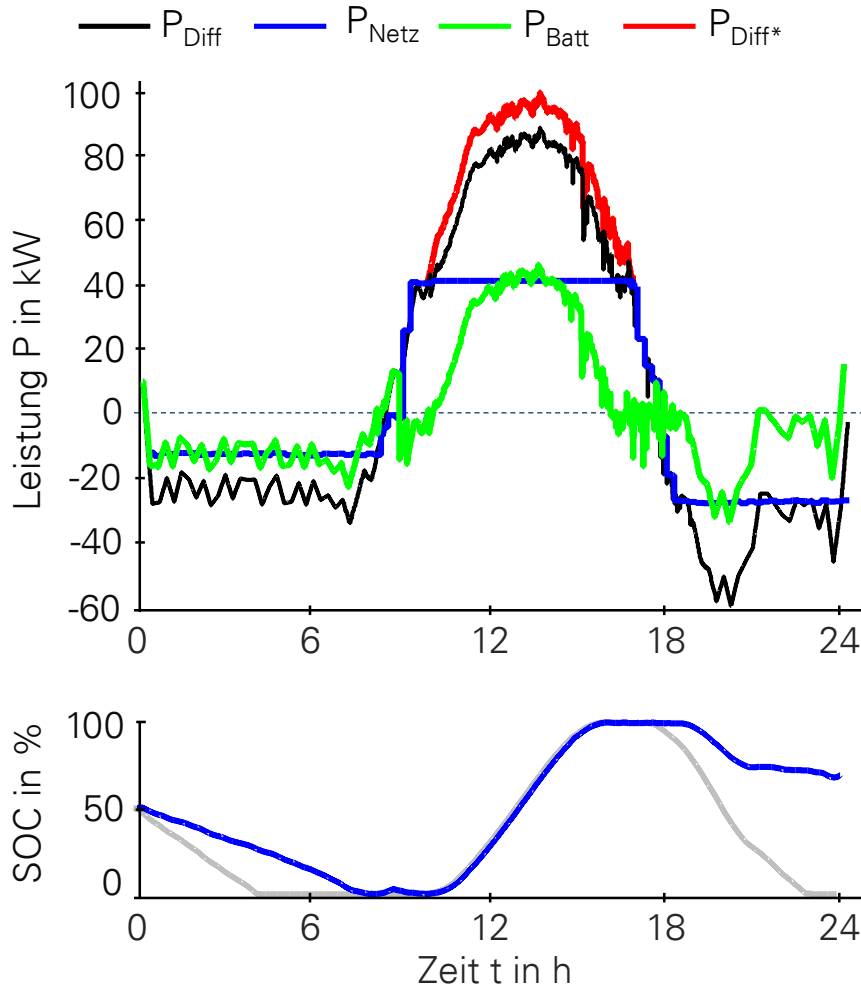
- Maximierung Selbstversorgung

### Ziele der Betriebsführung - „Peak-Shaving“



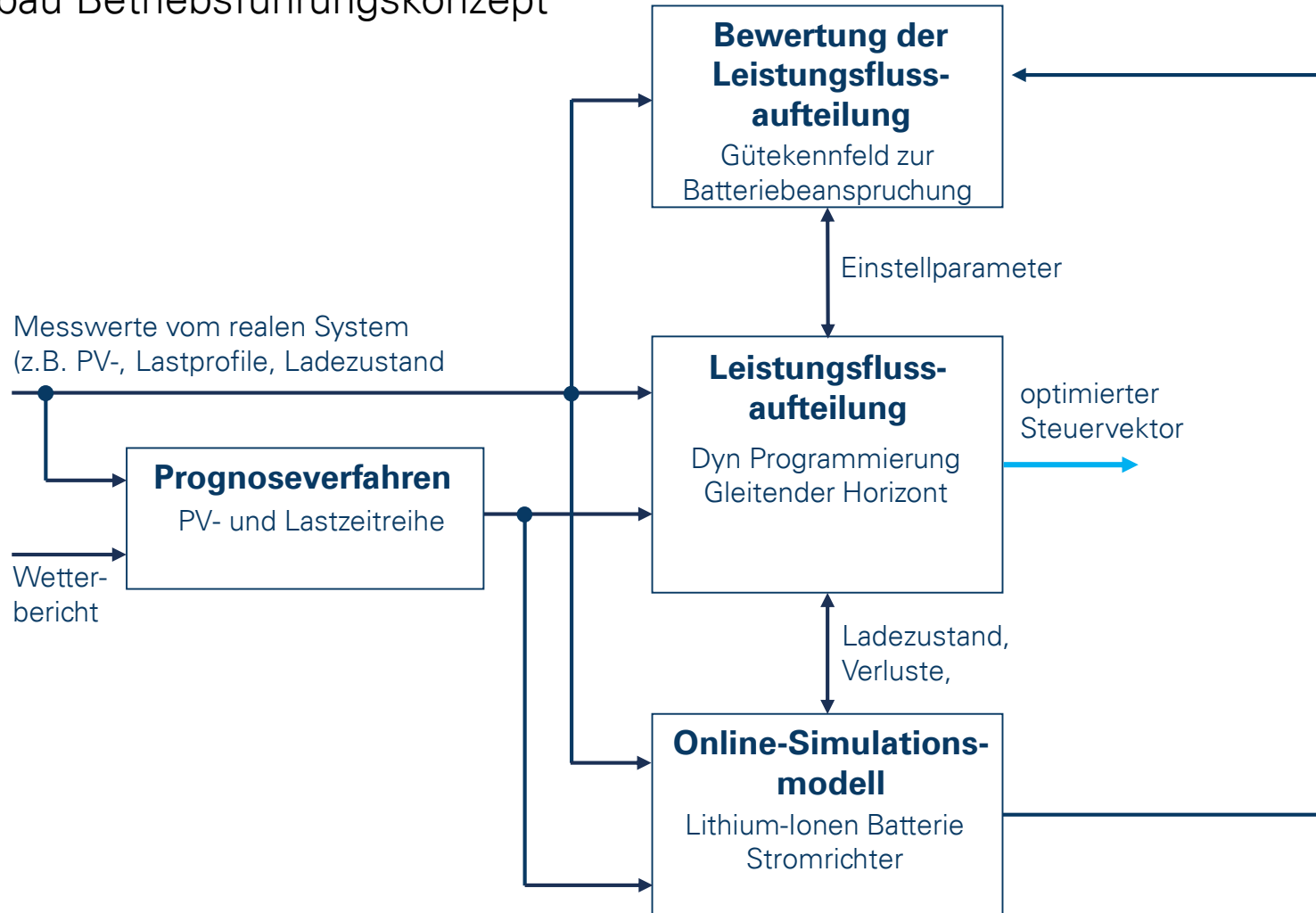
- Maximierung Selbstversorgungsgrad
- Minimierung Abregelverluste

### Ziele der Betriebsführung - „Doppel-Peak-Shaving“



- Maximierung Selbstversorgungsgrad
- Minimierung Abregelverluste
- Maximierung Batterienutzung
- Minimierung Netzbezugsleistung

## Aufbau Betriebsführungskonzept





## Optimale Leistungsflussaufteilung

$$\min J = \sum_{k=1}^T \varphi(SOC_k, P_{Batt,k})$$

$$\varphi = C_{E\_Netz,bezug} + C_{E\_Netz,ein} + C_{P\_Netz,ein} + C_{P\_Netz,bezug}$$

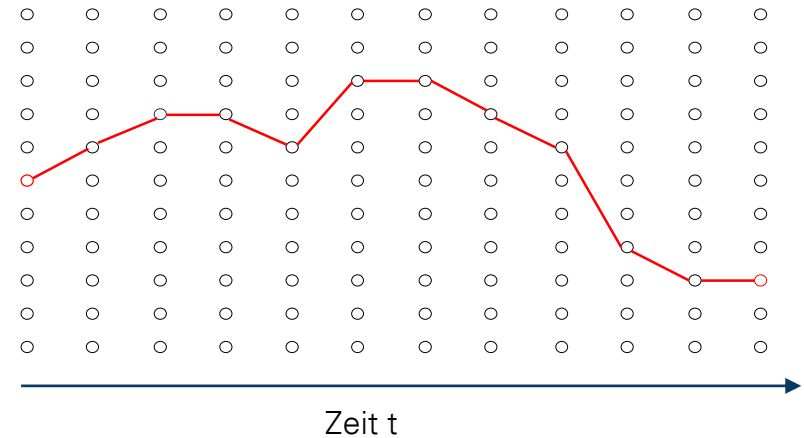
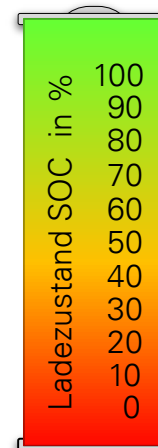
### Lösungsverfahren:

Dynamische Programmierung

- Kein Solver notwendig
- Keine Einschränkungen bezüglich Randbedingungen
- Näherung in Abhängigkeit der Diskretisierung

### Gleitender Horizont:

- Kompensation Modellfehler
- Kompensation Prognosefehler



#### PV - Prognose

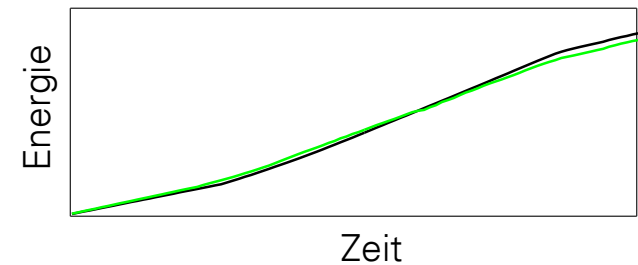
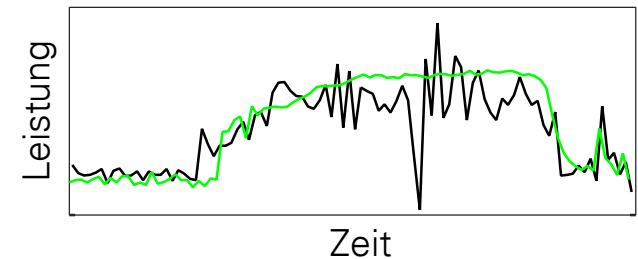
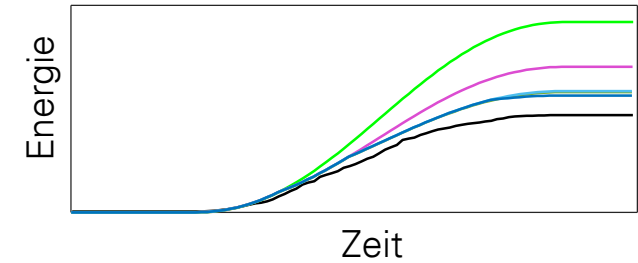
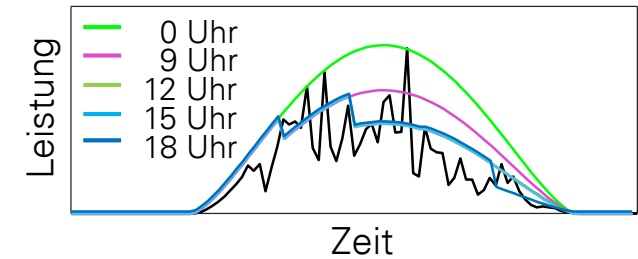
- Globalstrahlungsmodell
- Skalierung auf Maximalwert der Wechselrichterleistung, letzten sieben Tage

#### Adaption

- Berechnung 1h - Mittelwert Prognose und Realdaten
- Skalierung Initialprognose auf Verhältnis der Mittelwerte

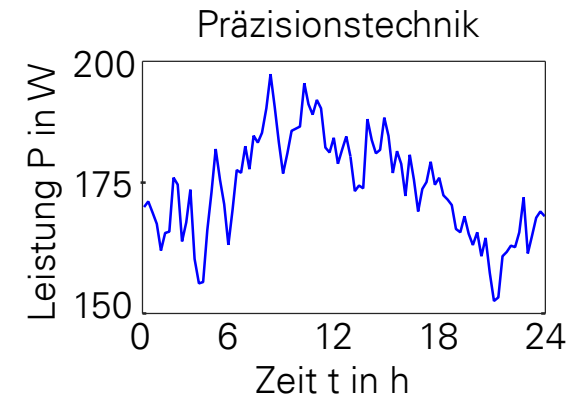
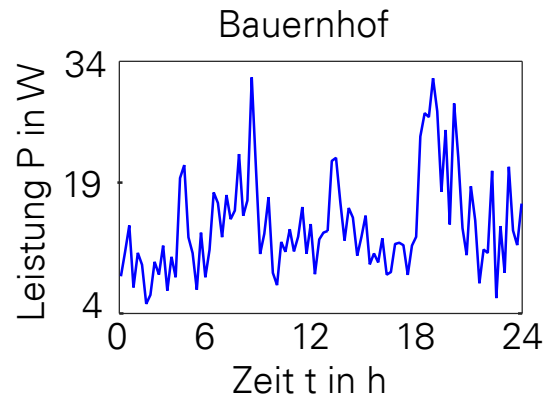
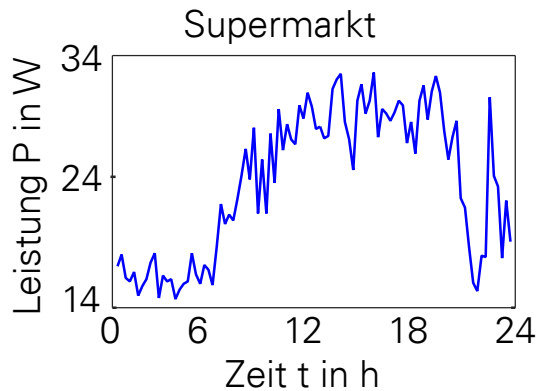
#### Last - Prognose

- Clusterbasiertes Verfahren
- Bestimmung prototypischer Klassen
- Verwendung letzter identischer Wochentag bis 8Uhr
- Identifikation Prototyp nach auf Basis RMS-Fehler ab 8Uhr



### Datenbasis

<b>Kenngröße</b>	<b>Supermarkt</b>	<b>Bauernhof</b>	<b>Präzisionstechnik</b>
$E_{PV}$ in MWh	207	104	1020
$E_{Last}$ in MWh	207	104	1020
$E_{Batt}$ in kWh	200	100	1000
$P_{max}$ in kW	43	43	237
Arbeitspreis in €/kWh	0,15	0,15	0,10
Leistungspreis in €/kW	120	120	100
Einspeisevergütung in €/kWh	0,10	0,10	0,08



### Bewertungskriterien

Bewertungskriterium	Gleichung
Selbstversorgungsgrad $k_{SVG}$ in %	$k_{SVG} = 100\% \cdot \frac{E_{Last} - E_{Netz_e}}{E_{Last}}$
Eigenverbrauchsquote $k_{EVQ}$ in %	$k_{EVQ} = 100\% \cdot \frac{E_{PV} - E_{Abregel} - E_{Netz_e}}{E_{PV}}$
Abregelverluste $k_{ARV}$ in %	$k_{ARV} = 100\% \cdot \frac{E_{Abregel}}{E_{PV}}$
Max. Netzbezugsleistung $P_{Netz,max}$ in kW	$P_{Netz,max} =  \min(P_{Netz_b}) $
Stromkosten $k_{el}$ in €	$k_{el} = E_{Netz_b} \cdot K_{AP} + P_{Netz,max} \cdot K_{LP} + E_{Netz_e} \cdot K_{FIT}$
Batterievollzyklen $k_{Batt_fc}$	$k_{Batt_fc} = \frac{\int  P_{Batt}  dt}{2 \cdot E_{Batt}}$

### Jahressimulation

<b>Supermarkt</b>	$k_{\text{SVG}}$ in %	$k_{\text{EVQ}}$ in %	$k_{\text{ARV}}$ in %	$P_{\text{Netz,max}}$ in kW	$k_{\text{Batt\_fc}}$	$k_{\text{el}}$ in €
Ohne Batterie	42,0	41,7	26,6	43	0	16467
Prioritätsbasiert	63,7	63,2	19,6	43	220	12888
Doppel-Peak-Shaving - ideal	63,6	63,1	10,5	26	336	9139
Doppel-Peak-Shaving - real	60,5	60,0	15,4	31	306	10804

<b>Bauernhof</b>	$k_{\text{SVG}}$ in %	$k_{\text{EVQ}}$ in %	$k_{\text{ARV}}$ in %	$P_{\text{Netz,max}}$ in kW	$k_{\text{Batt\_fc}}$	$k_{\text{el}}$ in €
Ohne Batterie	39,3	38,9	12,1	43	0	9492
Prioritätsbasiert	62,1	61,5	10,3	43	239	8108
Doppel-Peak-Shaving - ideal	61,9	61,3	1,9	17	343	4120
Doppel-Peak-Shaving - real	59,2	58,6	5,0	25	359	5556

<b>Präzisionstechnik</b>	$k_{\text{SVG}}$ in %	$k_{\text{EVQ}}$ in %	$k_{\text{ARV}}$ in %	$P_{\text{Netz,max}}$ in kW	$k_{\text{Batt\_fc}}$	$k_{\text{el}}$ in €
Ohne Batterie	33,1	33,2	45,2	237	0	74262
Prioritätsbasiert	51,2	51,3	35,0	237	183	62602
Doppel-Peak-Shaving - ideal	50,7	50,8	26,3	184	301	50074
Doppel-Peak-Shaving - real	47,4	47,5	30,5	230	214	58851

### Zusammenfassung

- Anwendungsmöglichkeiten für Speicher in Industrie und Gewerbe
- Vorstellung mehrkriteriell optimierendes Betriebsführungskonzept
- Technische Analyse anhand unterschiedlicher Fallbeispiele

	Verbesserung $P_{\text{Netz,max}}$ in %	SVG in %
Supermarkt	28 (40)	60,5 (63,7)
Bauernhof	41 (60)	59,2 (62,1)
Präzisionstechnik	3 (22)	47,4 (51,2)

### Ausblick

- Langzeitoptimierung, optimale Batteriebeanspruchung
- Demonstration am Experimentiersystem der Professur

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dipl.-Ing. Michael Böttiger  
Professur für Energiespeichersysteme  
E-Mail: [michael.boettiger@tu-dresden.de](mailto:michael.boettiger@tu-dresden.de)  
Tel.: +49 351 463-40268



**DRESDEN  
concept**  
Exzellenz aus  
Wissenschaft  
und Kultur