

Institut für Energietechnik

Professur für Energiespeichersysteme

**VERFAHREN ZUR ERWEITERTEN, MEHRKRITERIELL-
OPTIMIERENDEN BETRIEBSFÜHRUNG VON PV-
BATTERIESPEICHERSYSTEMEN**

Michael Böttiger

Dresden, 15.11.2016

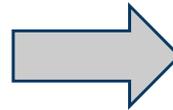
Agenda

1. Motivation
2. PV-Batteriespeichersystem
3. Erweitertes, mehrkriteriell-optimierendes Betriebsführungskonzept
4. Simulationsergebnisse
 - Wichtungsfaktoren
 - Prognoseeinfluss

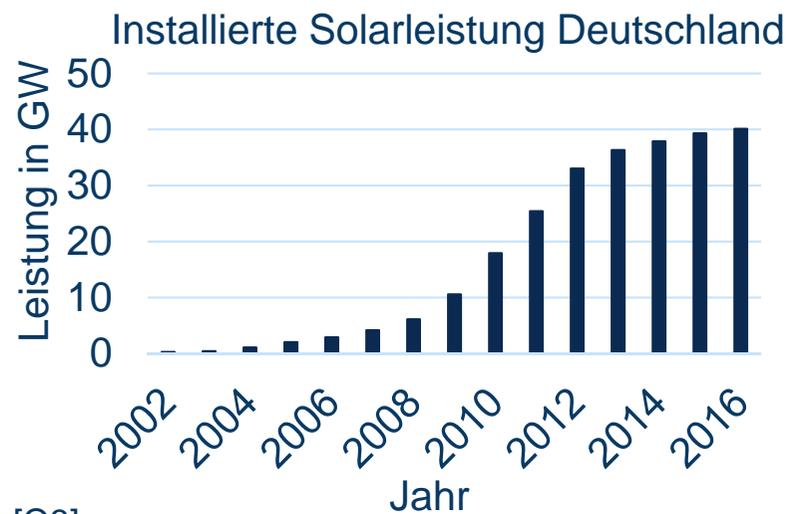
Energiewende



[Q1]



[Q2]

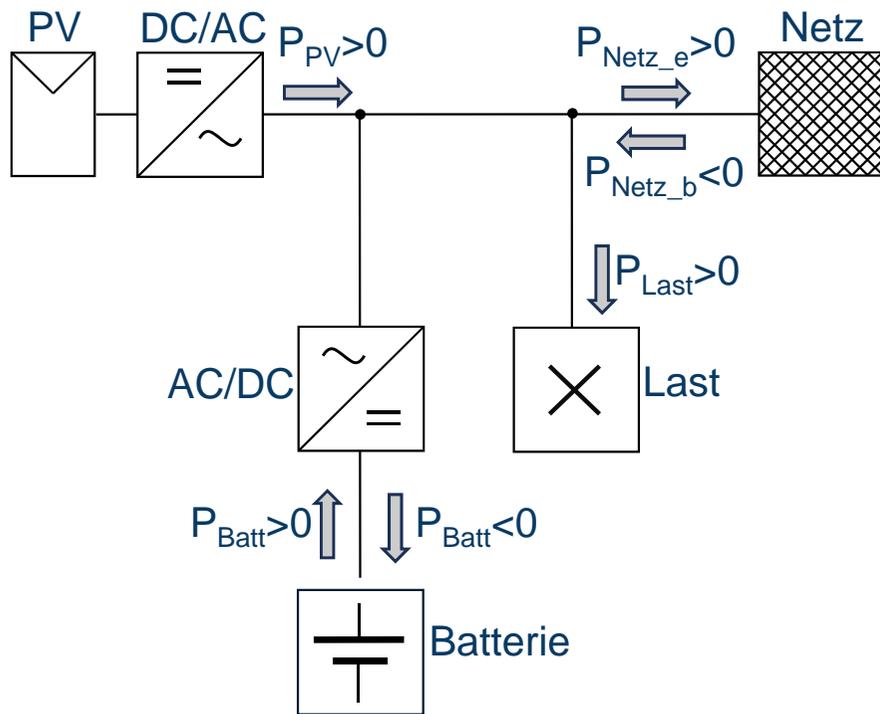


[Q3]

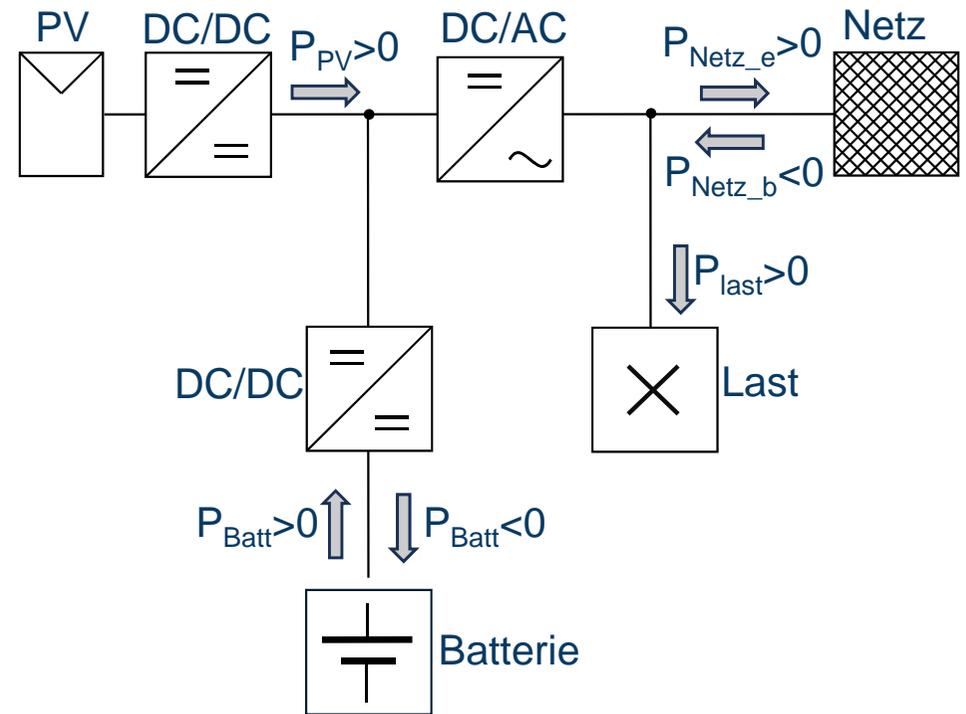


Kopplungsarten

AC - Kopplung



DC - Kopplung



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

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

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

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

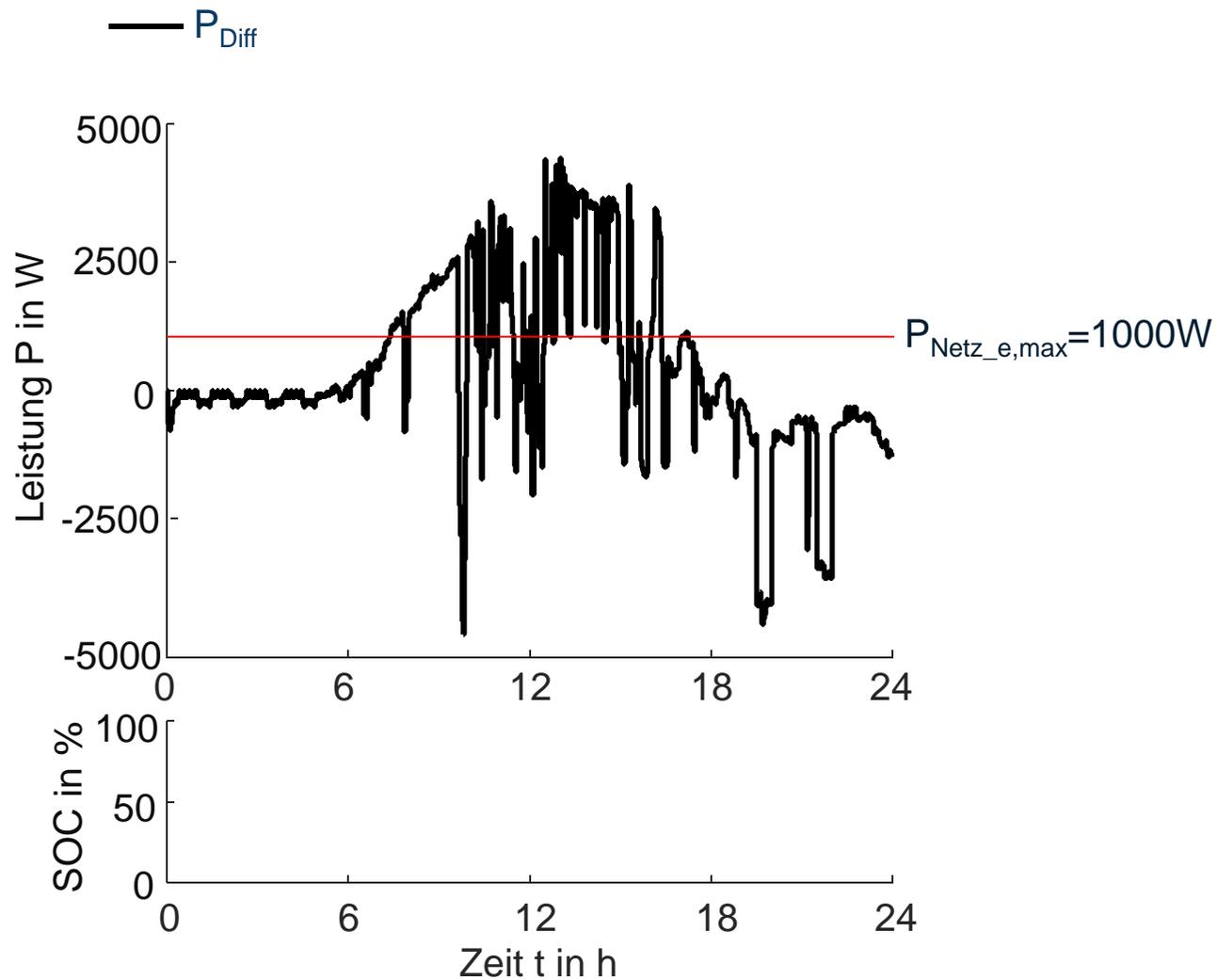
$$E_{Abregel} = \int \max(P_{Netz_e}(t) - P_{Netz_{max}}(t), 0)$$

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

Bewertungskriterien

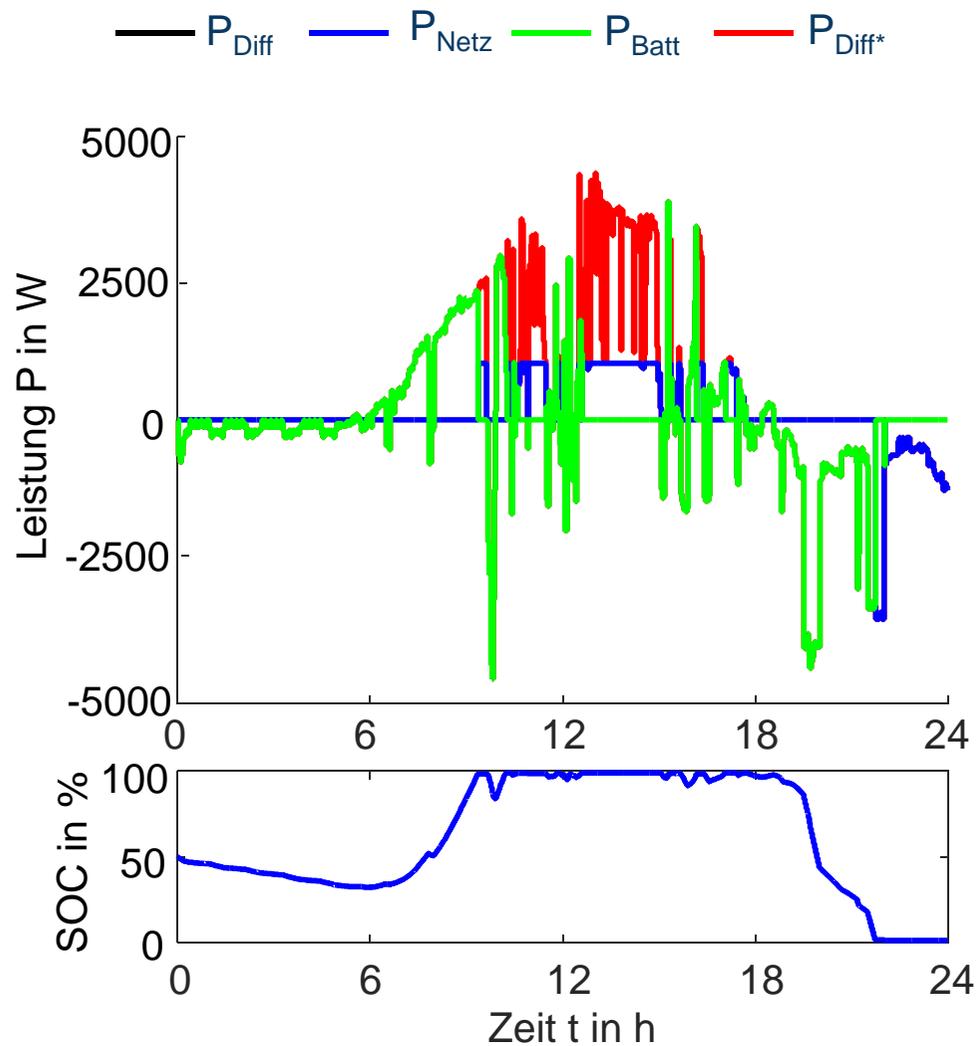
Bewertungskriterium	Gleichung
Selbstversorgungsgrad k_{SVG} in %	$k_{SVG} = 100\% \cdot \frac{E_{Last} - E_{Netz_b}}{E_{Last}}$
Eigenverbrauchsquote k_{EVQ} in %	$k_{EVQ} = 100\% \cdot \frac{E_{PV} - E_{Abregel} - E_{Netz_e}}{E_{PV}}$
Abregelverluste k_{ARV} in %	$k_{ARV} = 100\% \cdot \frac{E_{Abregel}}{E_{PV}}$
Stromkosten k_{el} in €	$k_{el} = E_{Netz_b} \cdot K_{EGP} + E_{Netz_e} \cdot K_{FIT}$
Batterievollzyklen $k_{Batt_{fc}}$	$k_{Batt_{fc}} = \frac{\int P_{Batt} dt}{2 \cdot E_{Batt}}$
Batteriekennwert $k_{Batt_{cal}}$	$k_{Batt_{cal}} = \frac{\int n_{sim}(SOC > 90\%) dt}{n_{sim}}$

Ziele Betriebsführungskonzept

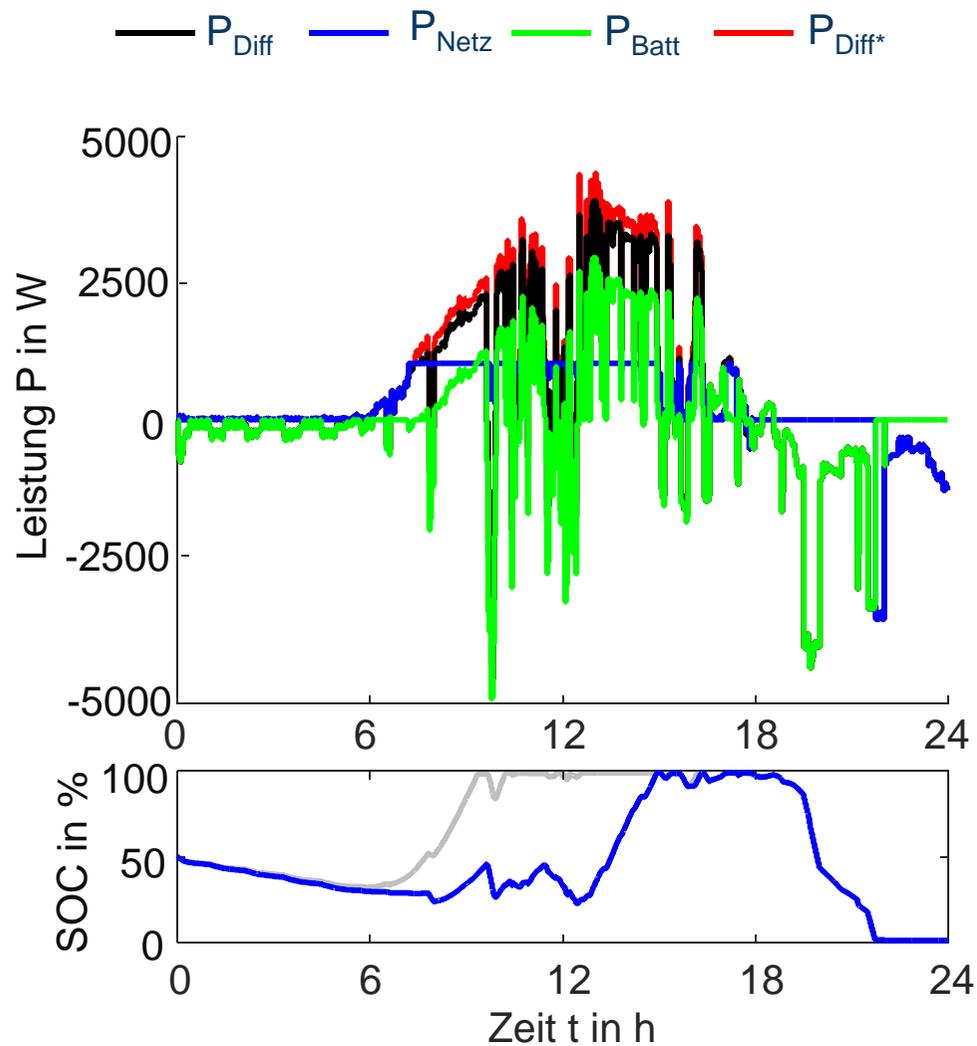


Ziele Betriebsführungskonzept

- Maximierung Selbstversorgungsgrad

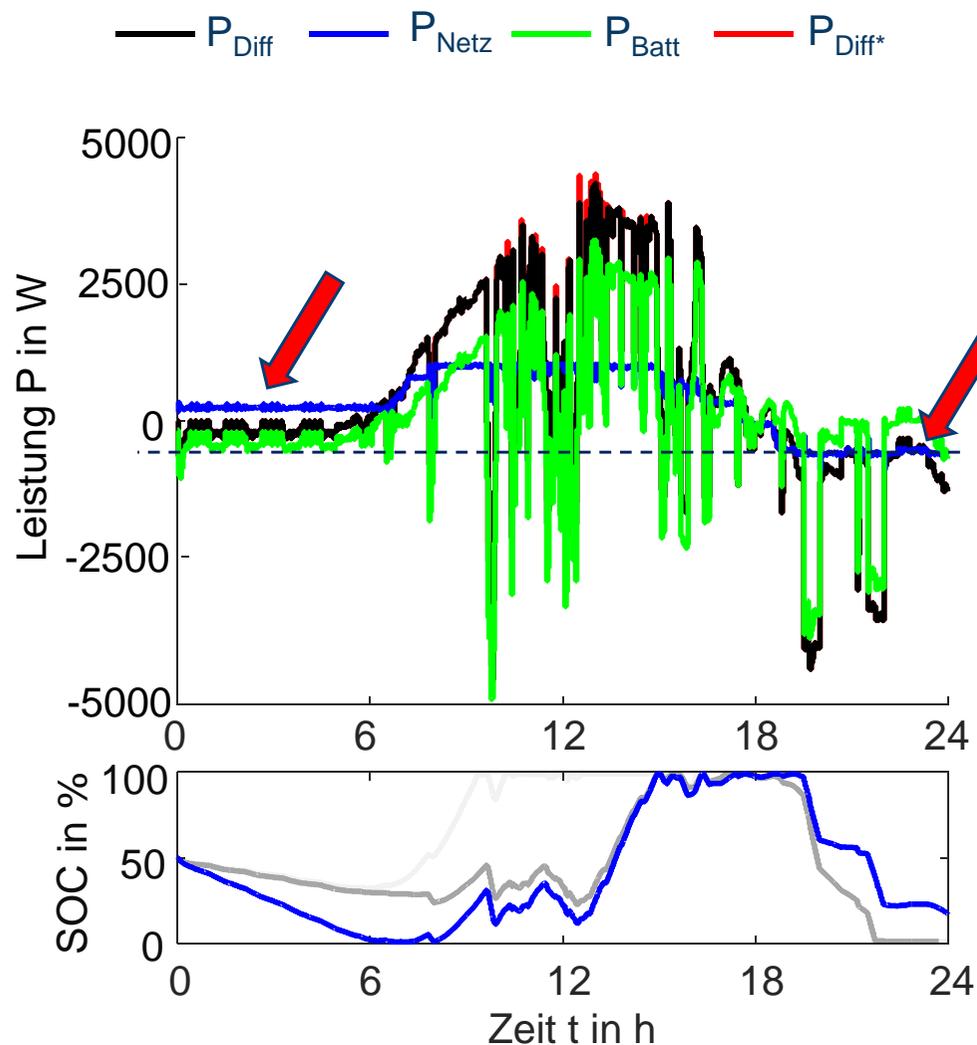


Ziele Betriebsführungskonzept



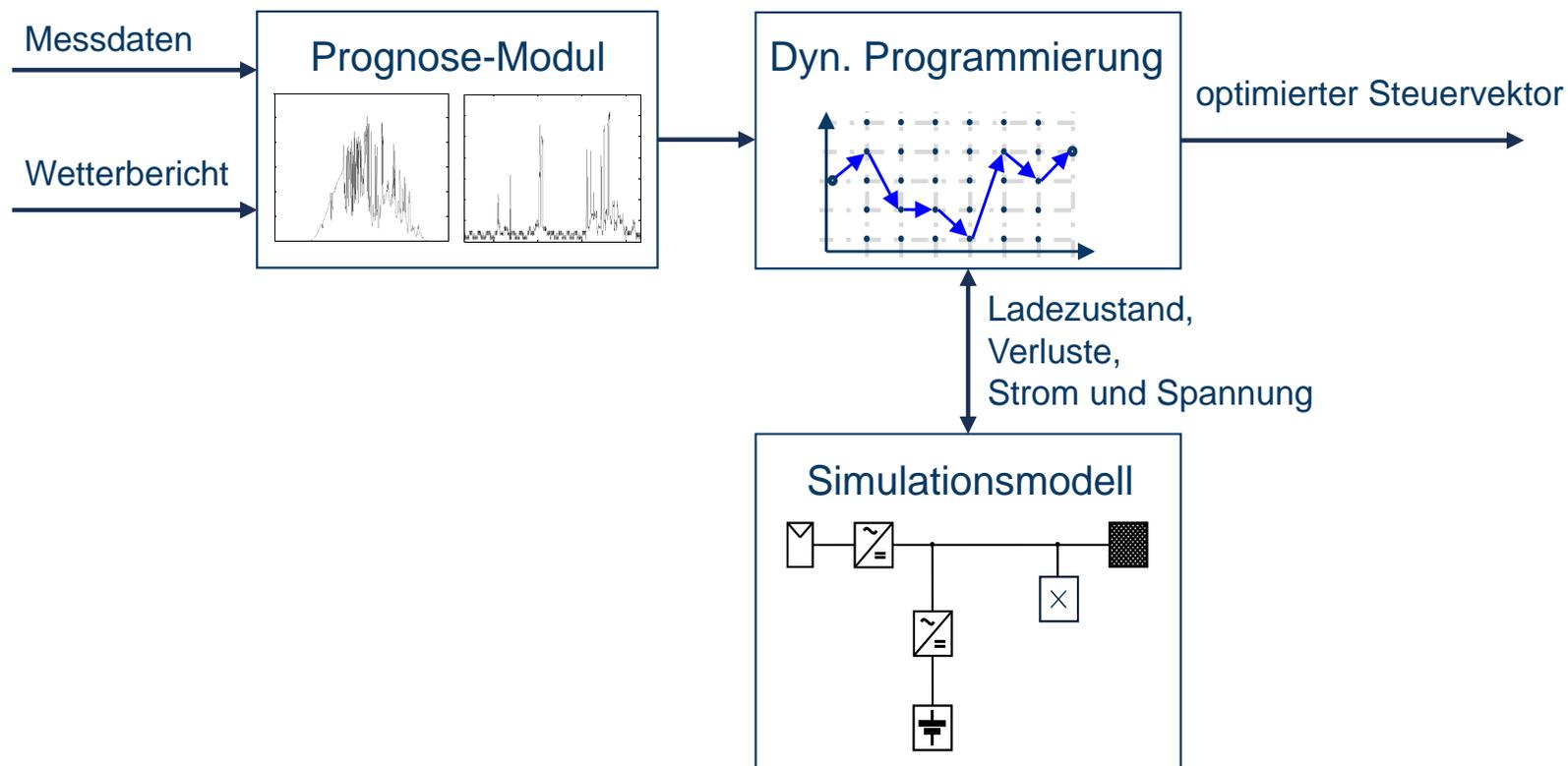
- Maximierung Selbstversorgungsgrad
- Minimierung Abregelverluste
- Maximierung Batterielebensdauer

Ziele Betriebsführungskonzept



- Maximierung Selbstversorgungsgrad
- Minimierung Abregelverluste
- Maximierung Batterielebensdauer
- Minimierung Netzbezugsleistung
- Minimierung Gesamtverluste

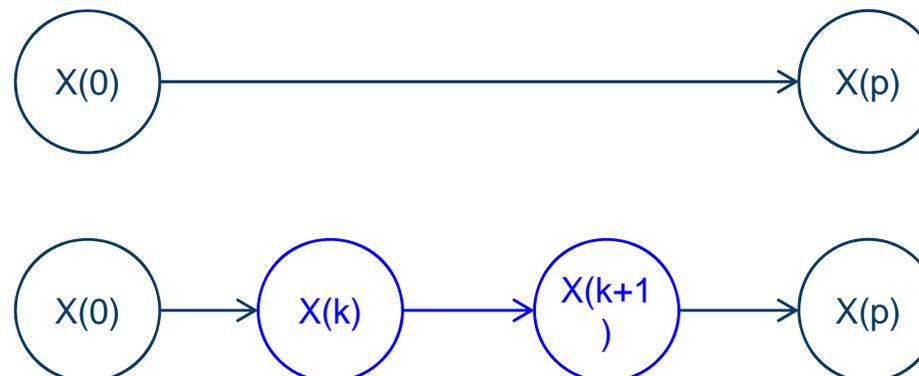
Aufbau Betriebsführungskonzept



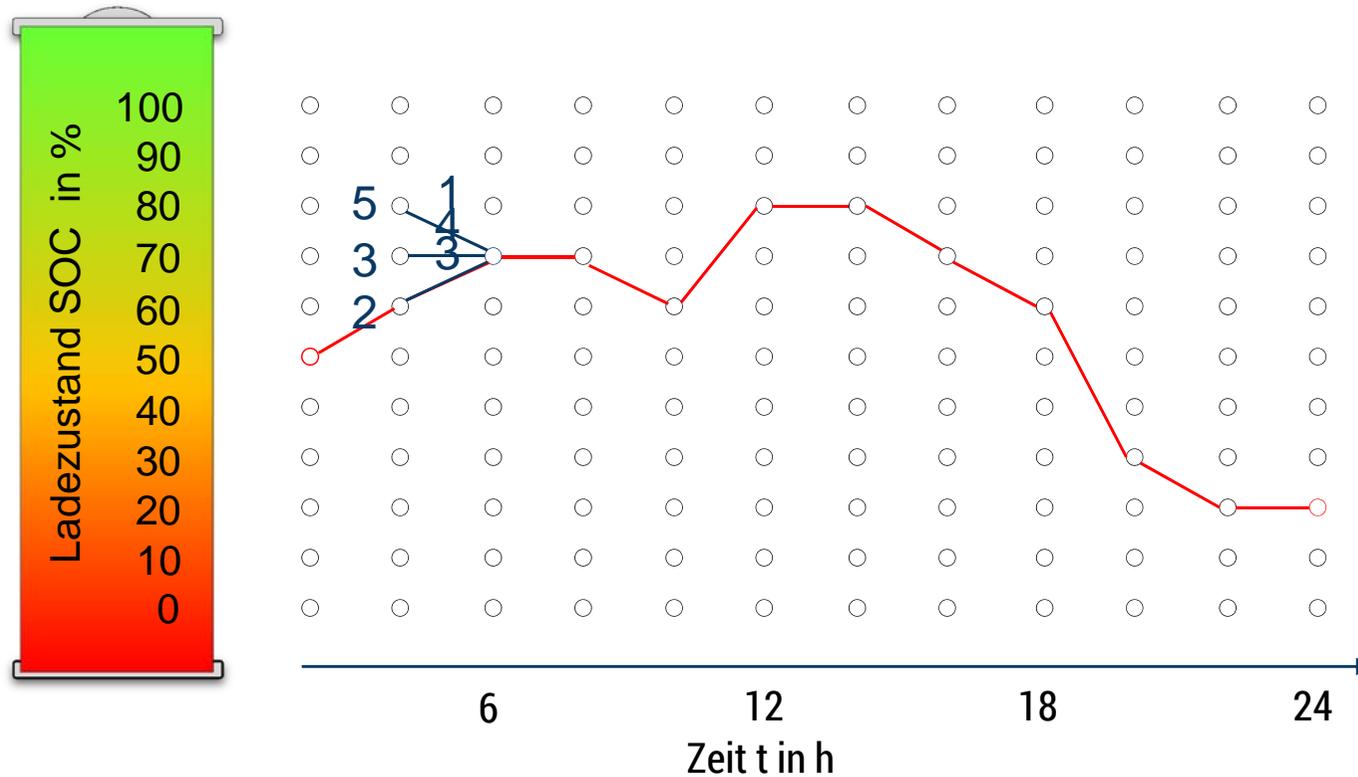
Optimierungsmodul – Dynamische Programmierung

- dynamisch = sequentiell
 Programmierung = im Sinne von Planung (mathematische Optimierung)
- graphenbasierter Algorithmus
- deterministisches Verfahren
- Methode zur Optimierung von mehrstufigen Entscheidungsprozessen
- keine Beschränkungen an Zielfunktion und Nebenbedingungen

Optimalitätsprinzip von Richard Bellmann (1957)



Optimierungsmodul – Dynamische Programmierung

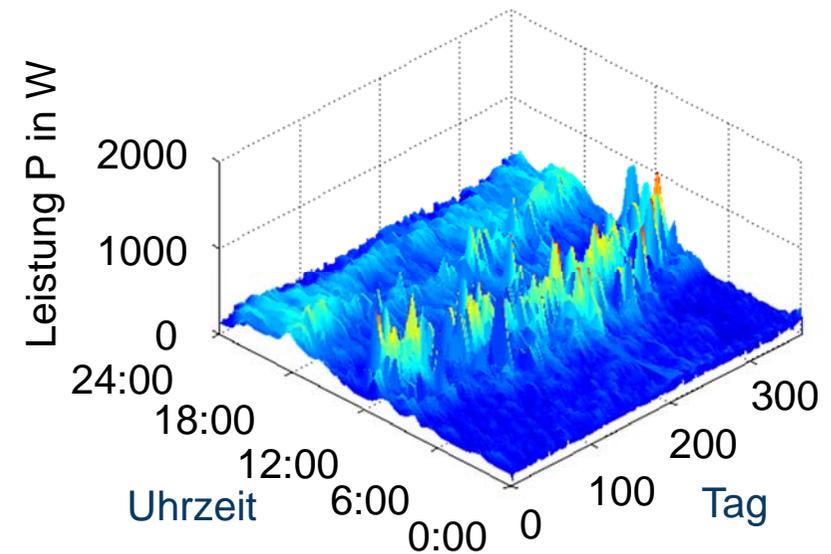
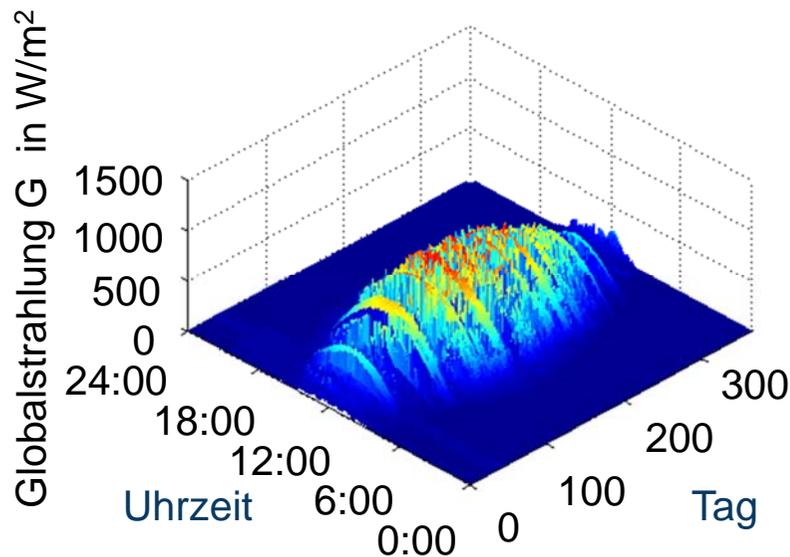


$$\min J = \sum_{k=1}^T \varphi(SOC, k)$$

$$\varphi = \text{Stromkosten} + \alpha \cdot \text{Abregelverluste} + \beta \cdot \text{Batteriealterung}$$

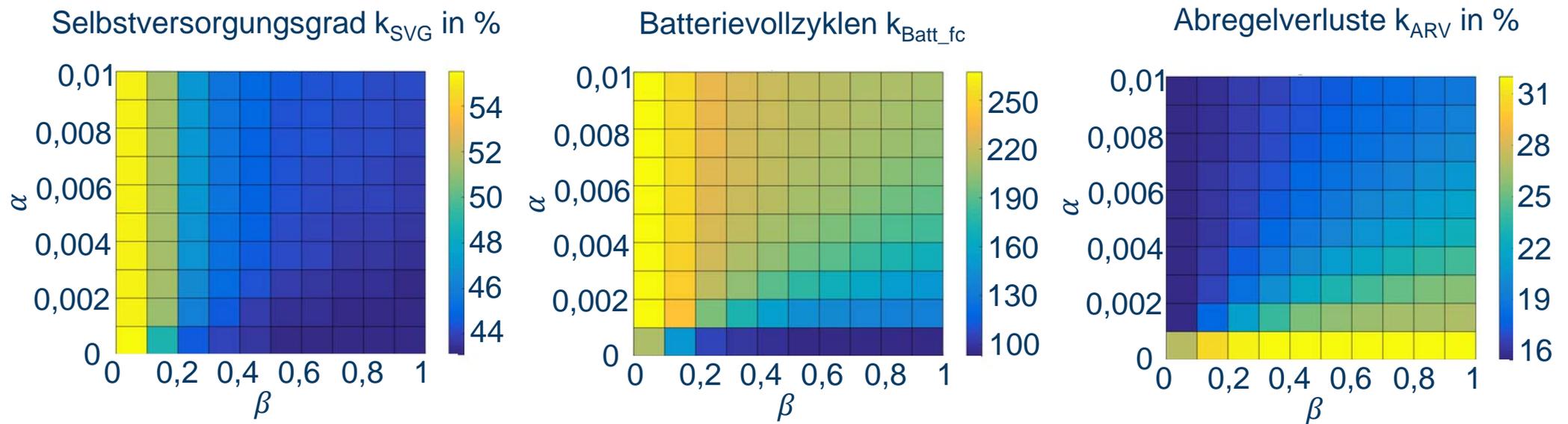
Datenbasis

E_{PV}	5000kWh	Simulationsdauer	1Jahr
E_{Last}	4000kWh	Simulationsschrittweite	15min
E_{Batt}	5kWh	Prädiktionshorizont	33h
SOC	0% - 100%	Optimierungsschrittweite	15min
max. Netzeinspeiseleistung P_{Netz_max}	1000W	SOC Diskretisierung	0,005
Strompreis K_{EGP}	0,3€/kWh	Optimierungskriterien	Stromkosten, Netzentlastung, Batterielebensdauer
Einspeisevergütung K_{FIT}	0,1€/kWh		



Einfluss Wichtungsfaktoren

$$\varphi = \text{Stromkosten} + \alpha \cdot \text{Abregelverluste} + \beta \cdot \text{Batteriealterung}$$

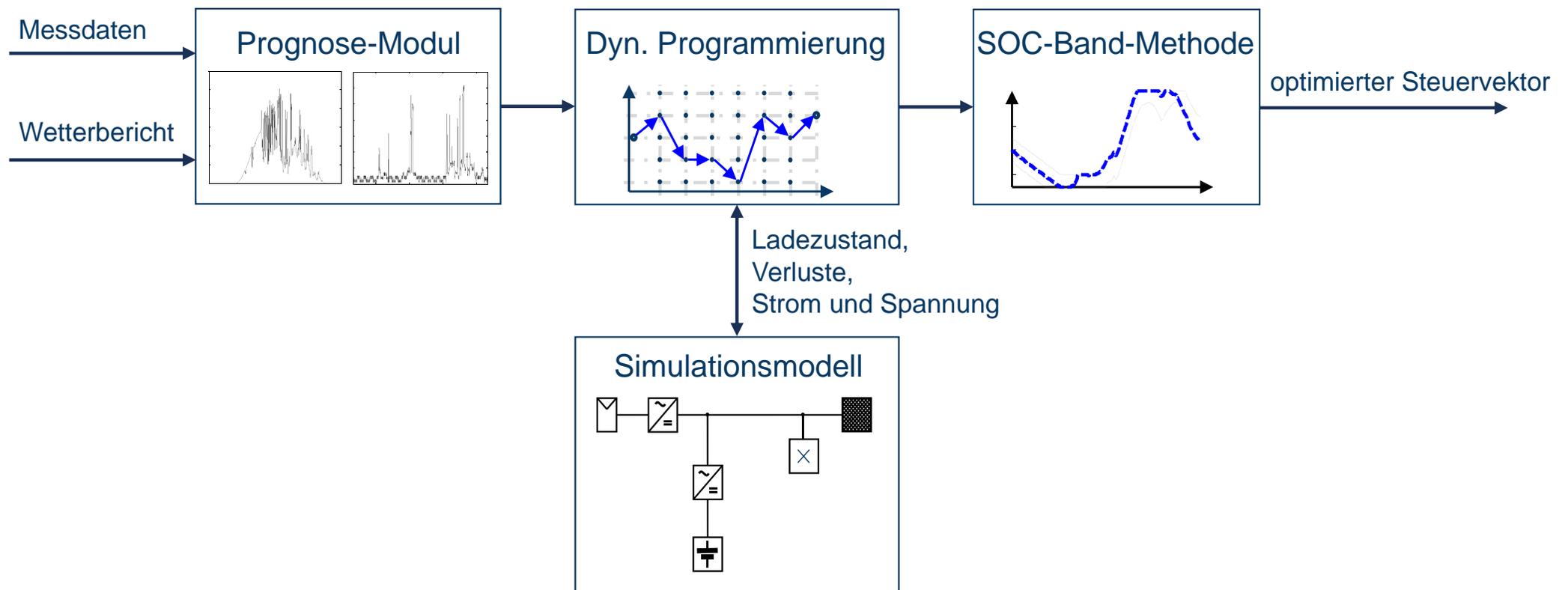


Einfluss Prognose

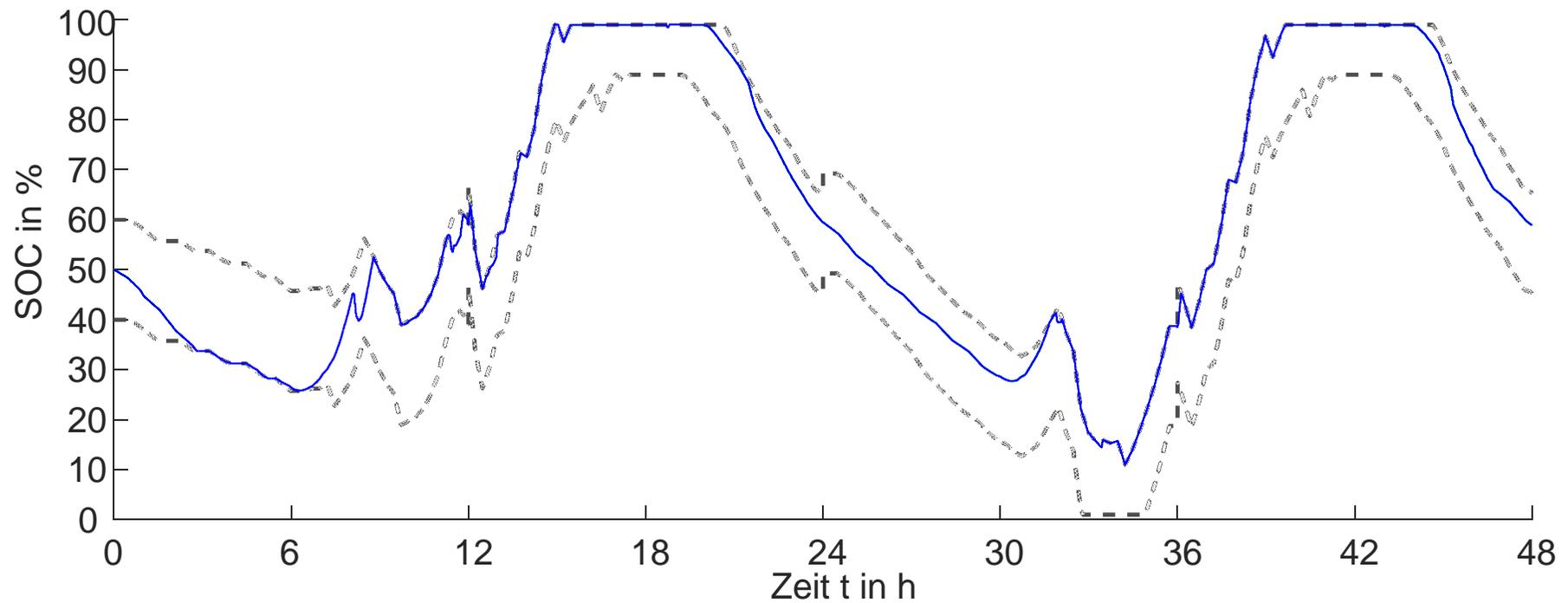
$$\alpha = 0,005 \quad \beta = 0,1$$

Bewertungskriterium	ideal	Persistenz	verrauscht	gefiltert
Selbstversorgungsgrad k_{SVG} in %	51	32	46	45
Eigenverbrauchsquote k_{EVQ} in %	43	28	39	38
Abregelverluste k_{ARV} in %	16	29	17	19
Stromkosten k_{el} in €	361	574	410	422
Batterievollzyklen $k_{\text{Batt_fc}}$	251	250	281	214
Batteriekennwert $k_{\text{Batt_cal}}$ in %	5	5	5	6

Aufbau Betriebsführungskonzept



SOC-Band-Methode



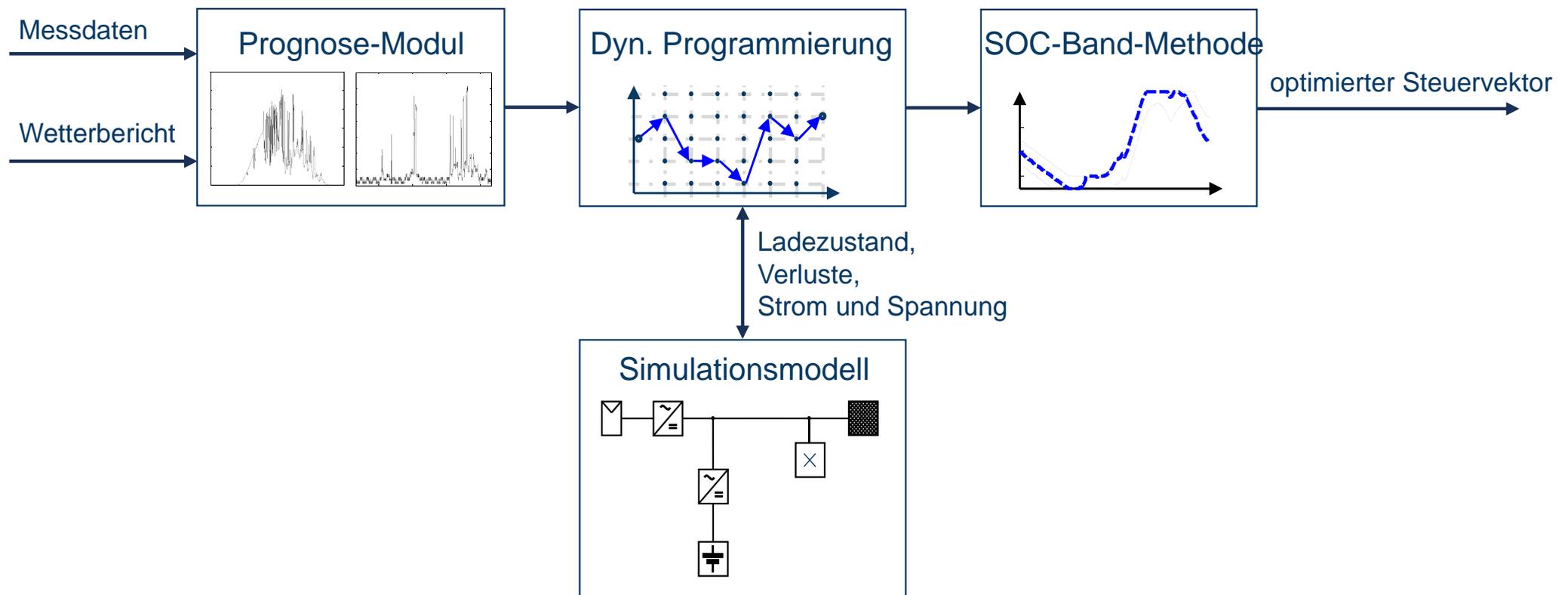
Ergebnisse SOC-Band 5%

$$\alpha = 0,001 \quad \beta = 0,1$$

Bewertungskriterium	ideal	Persistenz	verrauscht	gefiltert
Selbstversorgungsgrad k_{SVG} in %	55	44	53	54
Eigenverbrauchsquote k_{EVQ} in %	46	37	45	45
Abregelverluste k_{ARV} in %	16	27	17	19
Stromkosten k_{el} in €	334	475	347	353
Batterievollzyklen $k_{\text{Batt_fc}}$	256	247	268	230
Batteriekennwert $k_{\text{Batt_cal}}$ in %	6	6	6	7

Ausblick

- Bewertung der Leistungsflussaufteilung
- Adaption der Modellparameter
- Adaption Wichtungparameter
- Definition der Neuoptimierung
- Festlegung der SOC-Bandbreite



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Institut für Energietechnik

Professur für Energiespeichersysteme

VERFAHREN ZUR ERWEITERTEN, MEHRKRITERIELL-
OPTIMIERENDEN BETRIEBSFÜHRUNG VON PV-
BATTERIESPEICHERSYSTEMEN

Michael Böttiger

Dresden, 15.11.2016