

# **BEWIRTSCHAFTUNGSSTRATEGIEN FÜR PHOTOVOLTAIK-SPEICHERSYSTEME IM EINFAMILIENHAUS**

Peter Meschede – Matthias Stifter – Hannes Heigl- Christoph Winter – Martin Wolf

# RAHMEN DER ARBEIT

## Betreuer/Firmen

- / Martin Wolf, Hannes Heigl (Fronius – SE Process Technology)
- / Christoph Winter, Thomas Mühlberger (Fronius – PV Systemtechnik)
- / Matthias Stifter, Johannes Kathan (FHTW / AIT - Energy Department)

## Entwicklung Simulationsmodell bei Fronius

- / SE Process Technology
- / Thalheim bei Wels Juni – Juli

## Masterthesis an der FHTW (Wien)

- / 16. September. 2014

# MOTIVATION

## Netzparität

- / Reduktion der Strombezugskosten

## Aktuelle Rahmenbedingungen in Deutschland

- / KfW-Programm “Speicher”
- / Einspeiselimit 60 % kW<sub>peak</sub>

## Home energy management system

- / Untersuchung des Nutzens verschiedener Strategien
- / Inverter Fronius Symo Hybrid



# WISSENSCHAFTLICHE FRAGESTELLUNG

“Welche **Anforderungen** muss ein **PV-Speichersystem** bezüglich seiner **Speicherbewirtschaftung** erfüllen, dass es im Einklang mit aktuellen, kurzfristig absehbaren, wichtigen, ausgewählten **Rahmenbedingungen**, insbesondere einer Limitierung der Einspeiseleistung, einen **optimalen Nutzen für den Anlagenbetreiber** erbringen kann ? “

# METHODE

## Literaturrecherche

- / Entwicklung von Zielfunktionen und Rahmenbedingungen

## Entwicklung von Strategien

- / Entwicklung von Strategien unter aktuellen Rahmenbedingungen

## Evaluierung der Algorithmen in Simulationsmodell

- / Matlab/Simulink
- / Strategienutzen: Bewertungsgrößen und Referenzszenario

## Übertrag in reales System

- / Leistungs- und SOC-Messungen
- / Validierung des Modells

# RAHMENBEDINGUNGEN

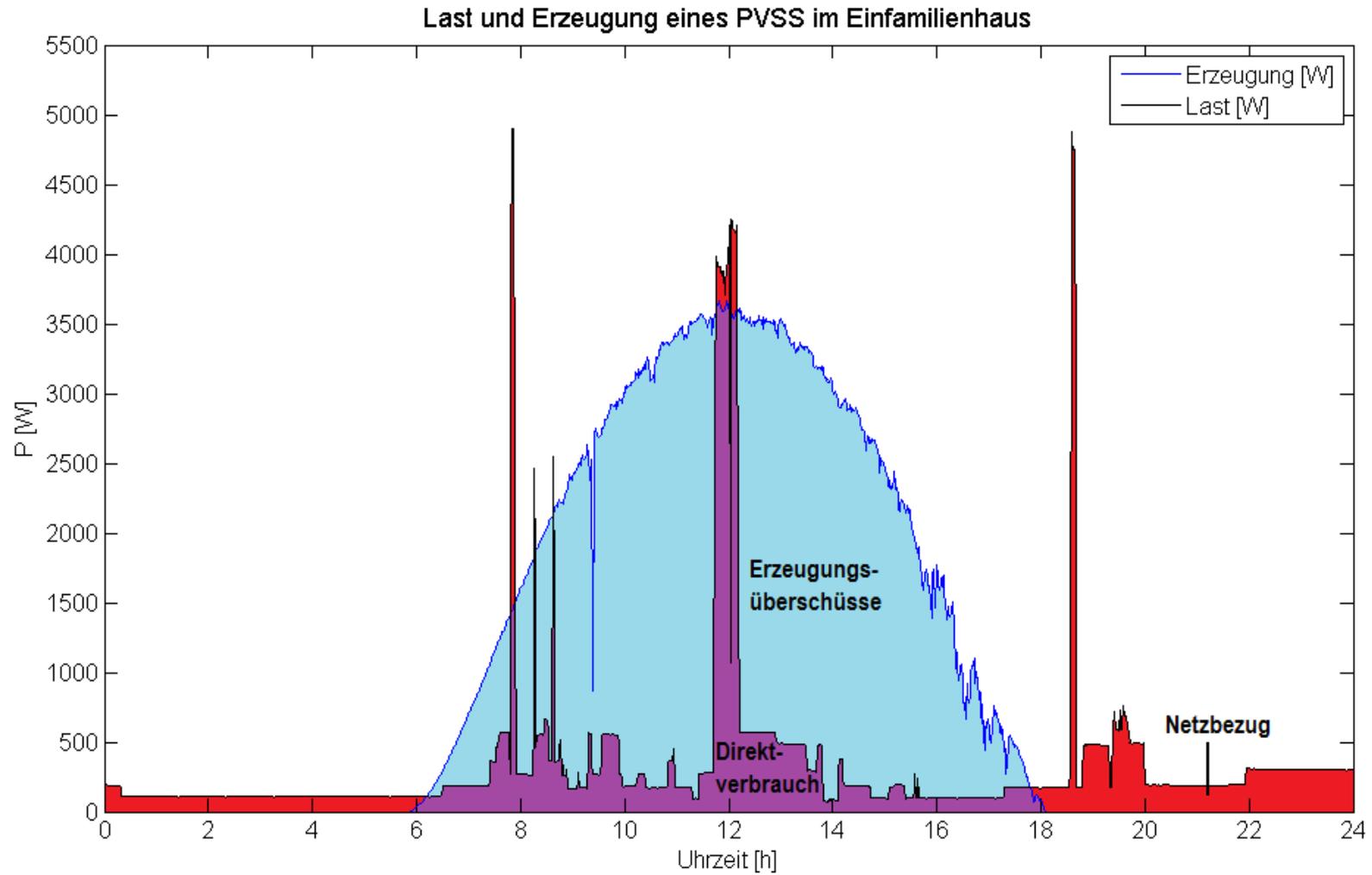
## Im Interesse des Anlagenbetreibers

- / Maximierung des Autarkiegrades, Unabhängigkeit vom Stromlieferanten
- / Vermeidung von Abregelungsverlusten

## Rahmenbedingungen

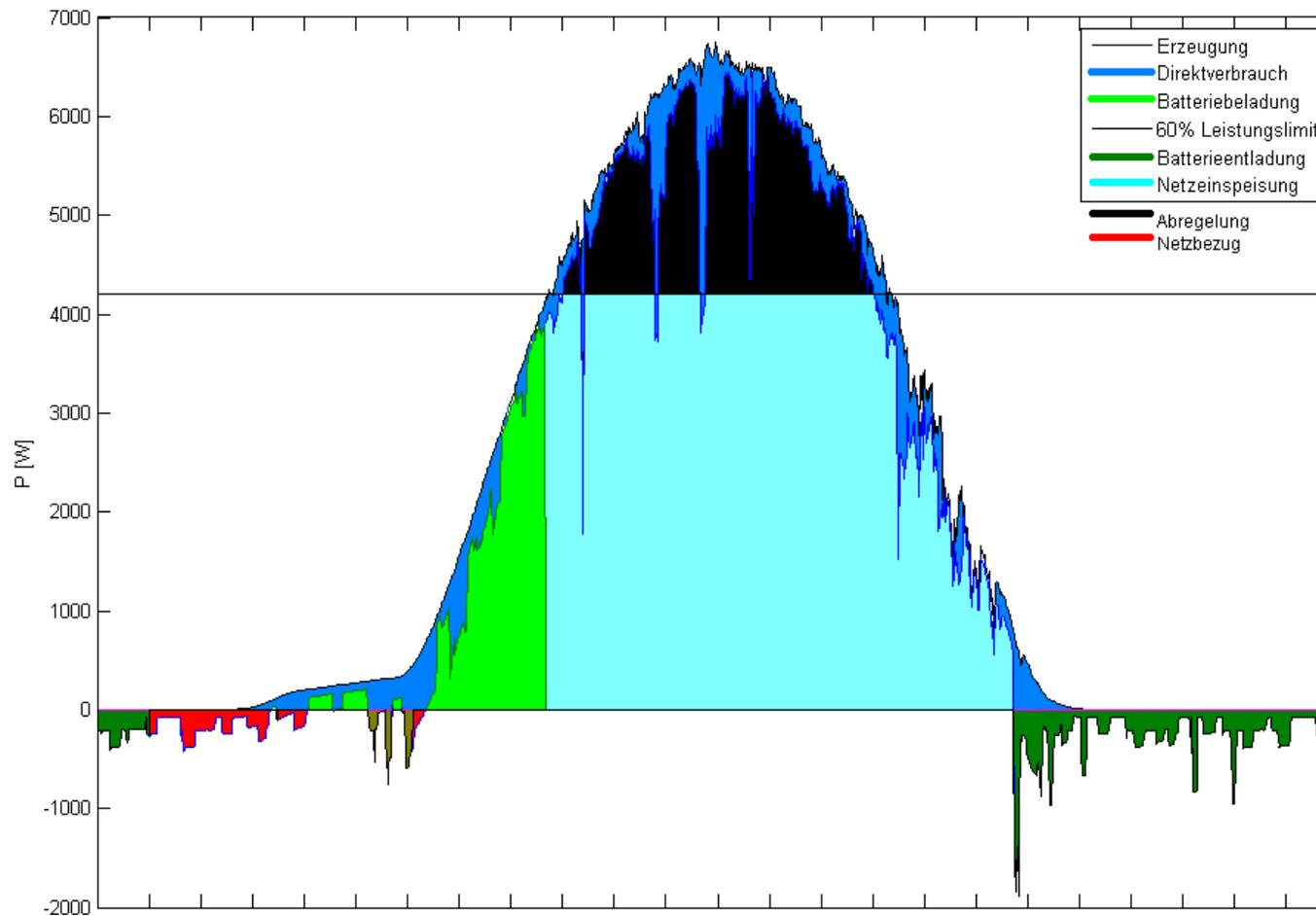
- / 60%- Regel
- / Keine externen Signale an Wechselrichter (Wetterprognose)
- / Ökonomische Faktoren: Strom- und Einspeisetarife

# LAST UND ERZEUGUNG



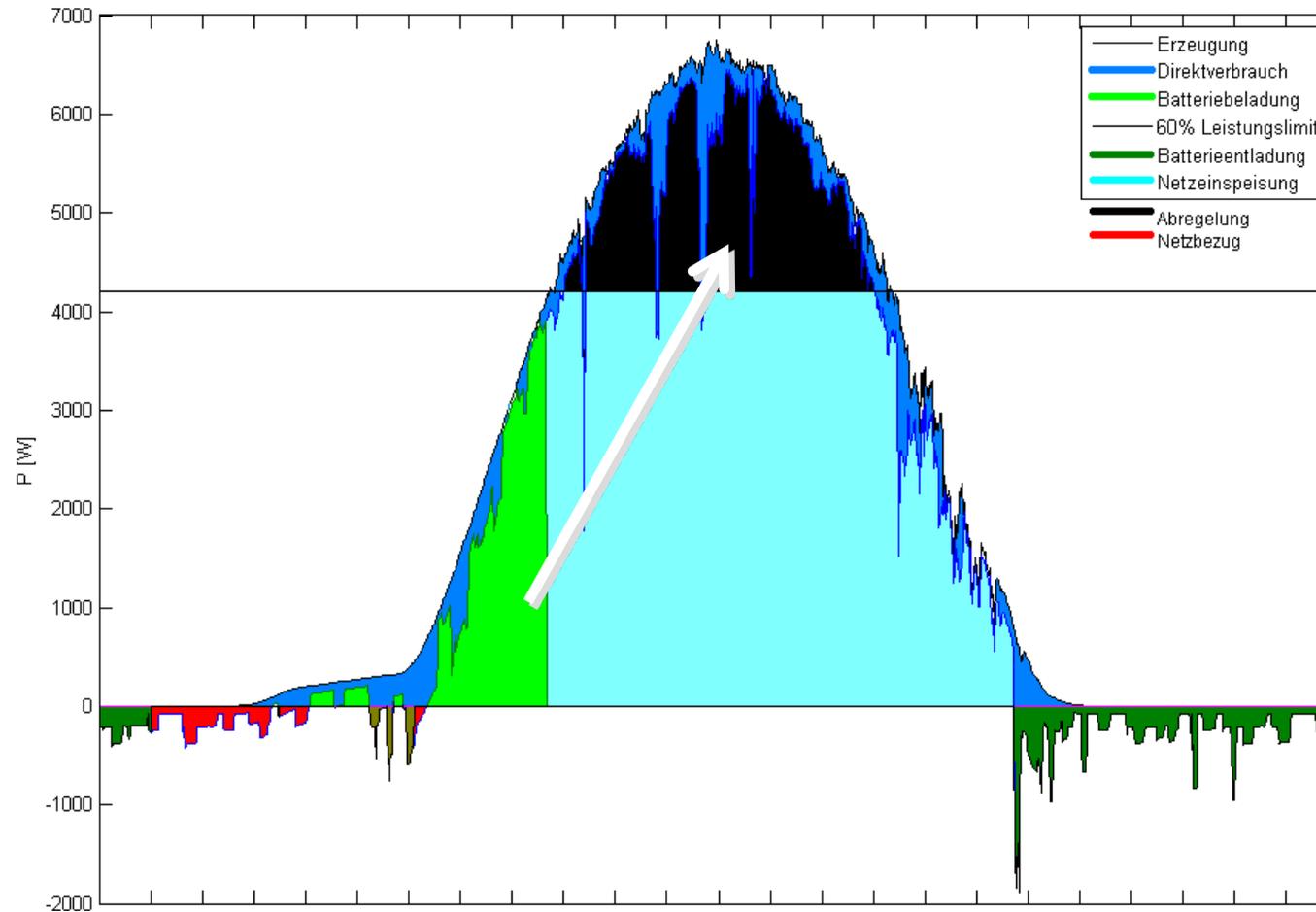
# ENTWICKLUNG VON STRATEGIEN – KLASSISCHE STRATEGIE

Leistungsverteilung eines PV-Speichersystems : Betriebsstrategie "klassisch"



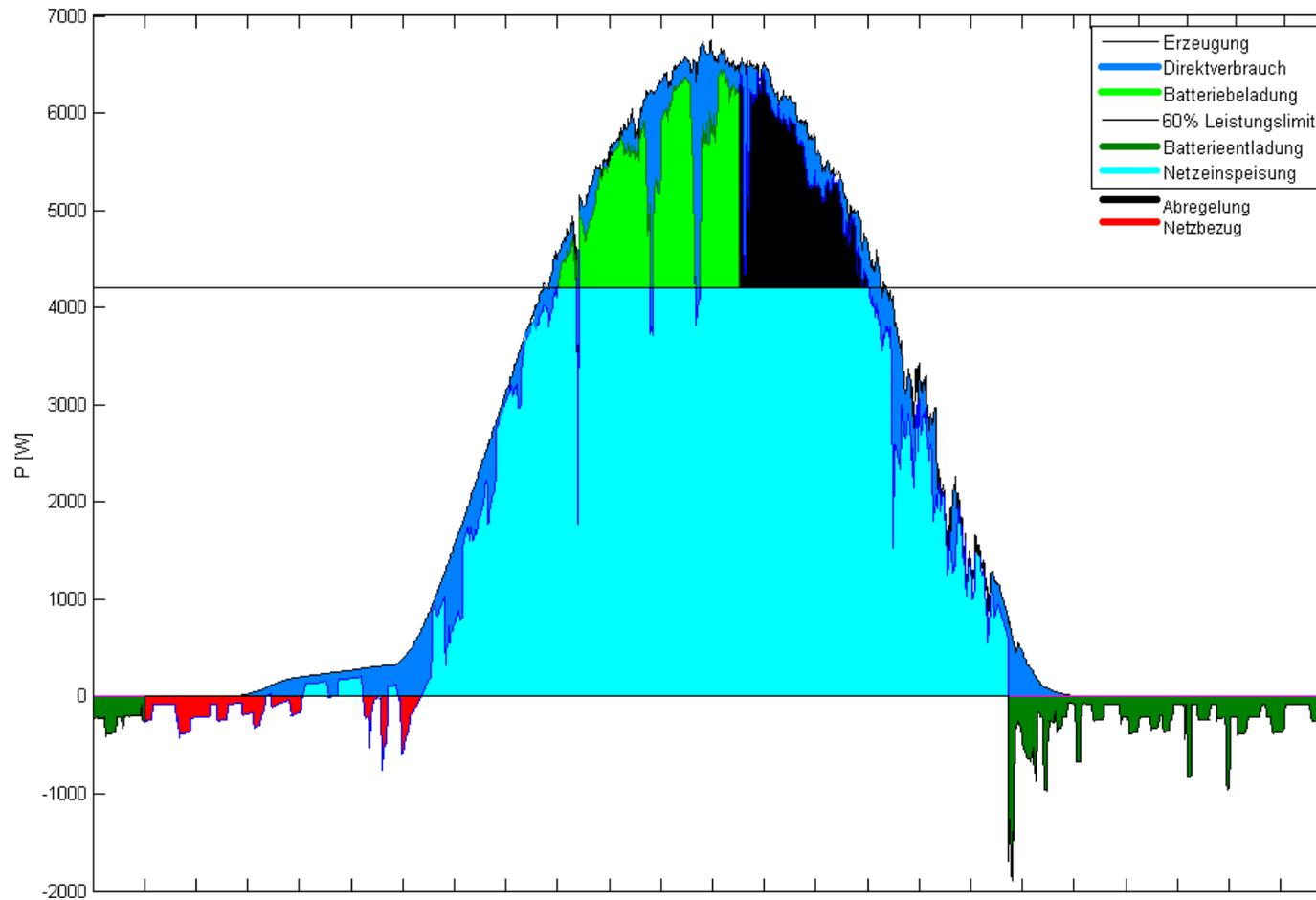
# ENTWICKLUNG VON STRATEGIEN

Leistungsverteilung eines PV-Speichersystems : Betriebsstrategie "klassisch"

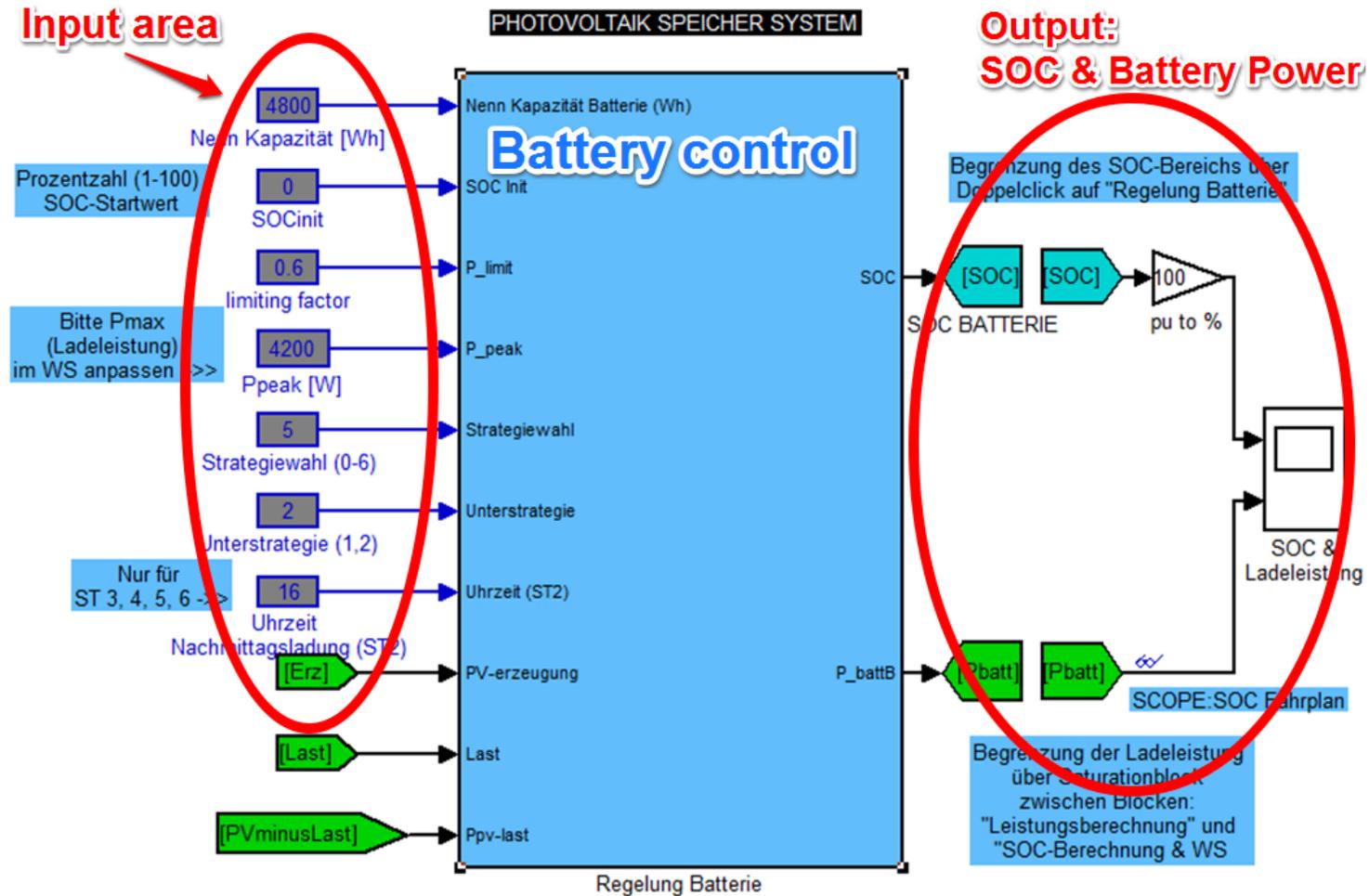


# ENTWICKLUNG VON STRATEGIEN

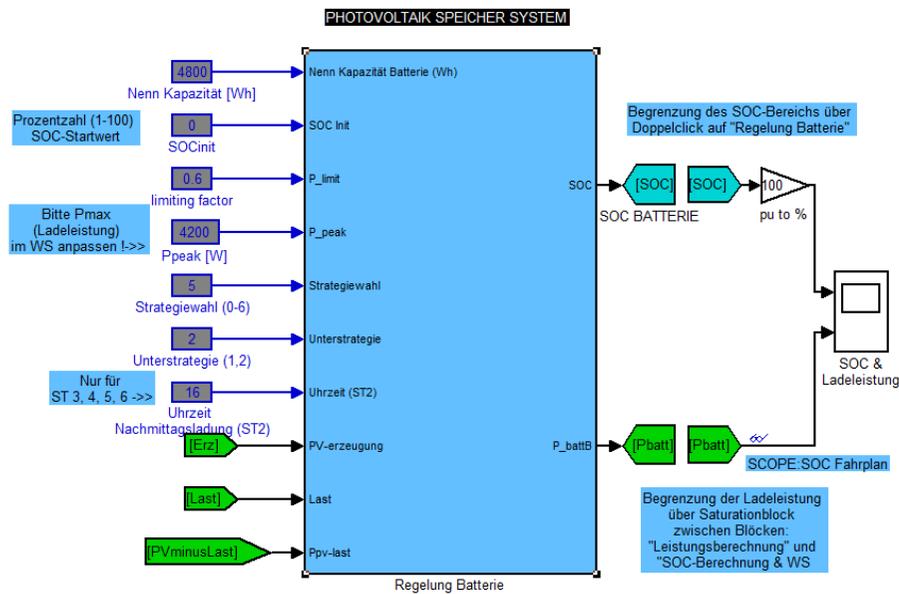
Leistungsverteilung eines PV-Speichersystems : Betriebsstrategie "60% limit"



# EVALUATION DER ALGORITHMEN: SIMULATIONSMODELL



# EVALUATION DER ALGORITHMEN: SIMULATIONSMODELL



**Output:**  
**Bewertungsgrößen**



- ▶ Erzeugung (kWh)
- ▶ Verbrauch (kWh)
- ▶ Batt.entladung (kWh)
- ▶ Batt.beladung (kWh)
- ▶ Direktverbrauch (kWh)
- ▶ Netzeinspeisung (kWh)
- ▶ EV (%)
- ▶ Autarkiegrad (%)
- ▶ Abregelung (%)
- ▶ Abregelung (kWh)
- ▶ Netzbezug (kWh)
- ▶ Time SOC max [h]
- ▶ Time SOC min [h]



# ERGEBNISSE I – ENTWICKLUNG VON STRATEGIEN

*Referenzszenario: 4,2 kWpeak, 4,8 - 7,2 kWh Batterie, Jahresverbrauch 4680 kWh*

## Erarbeitung und Umsetzung von 5 Strategien

1) “Laden über Limit”

2) “Laden über Limit & Laden ab Uhrzeit“

*Strategien mit Leistungsprognose und SOC-Fahrplan*

3) „Speicherplatzreservierung“

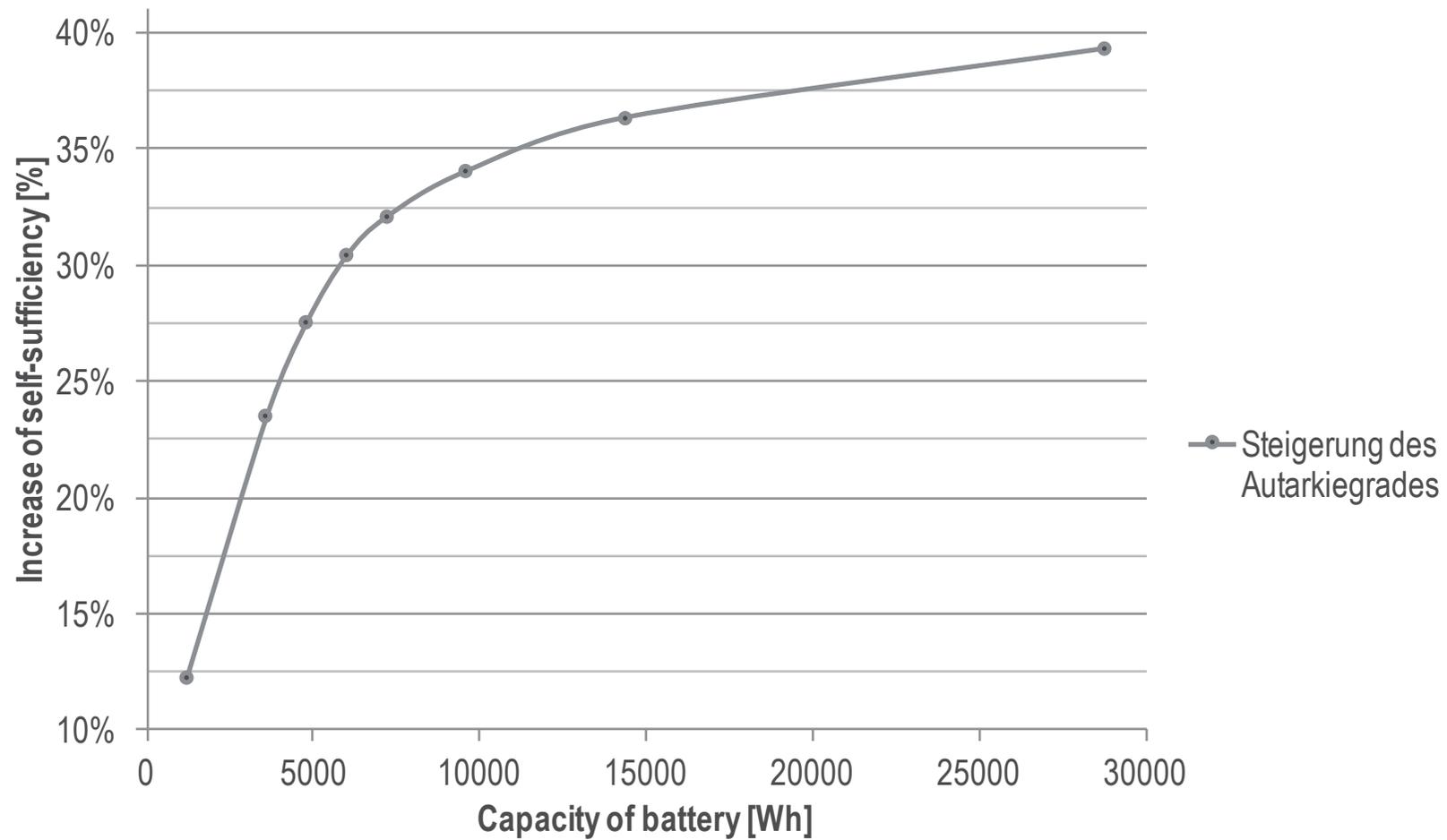
4) „Speicherplatzreservierung mit Grundlastprognose“

5) “Persistenzschätzer”

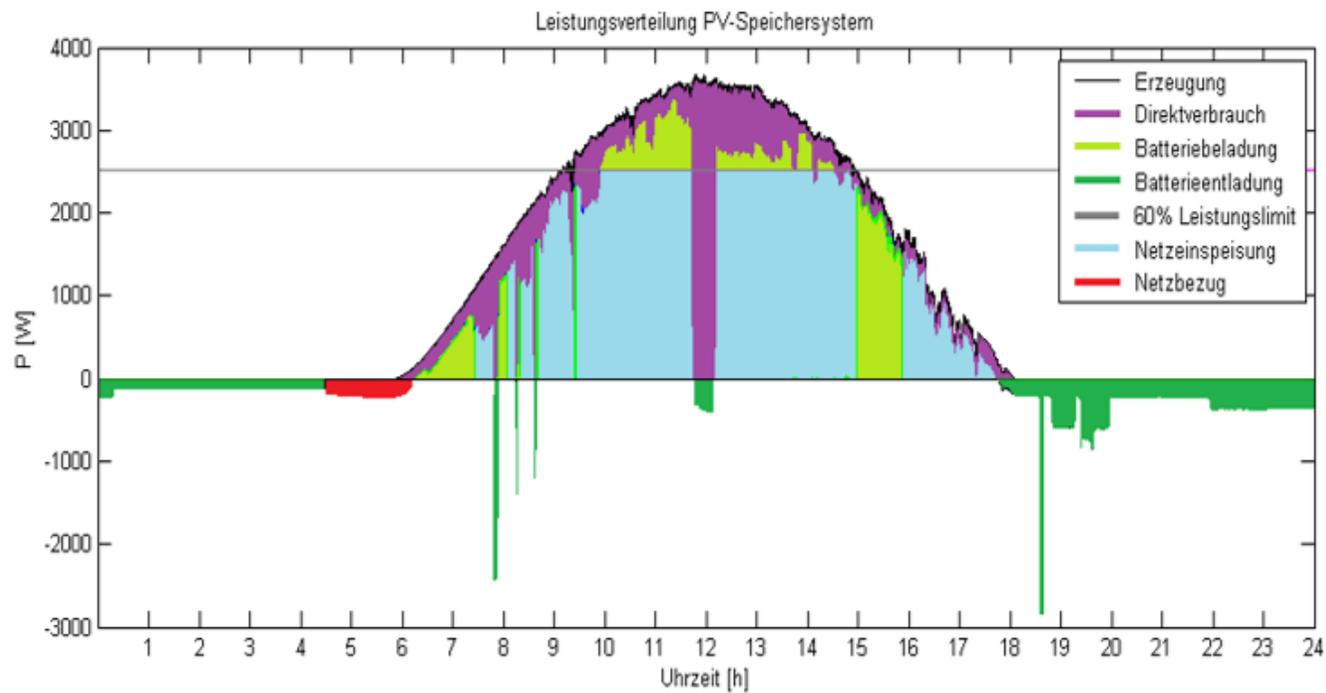
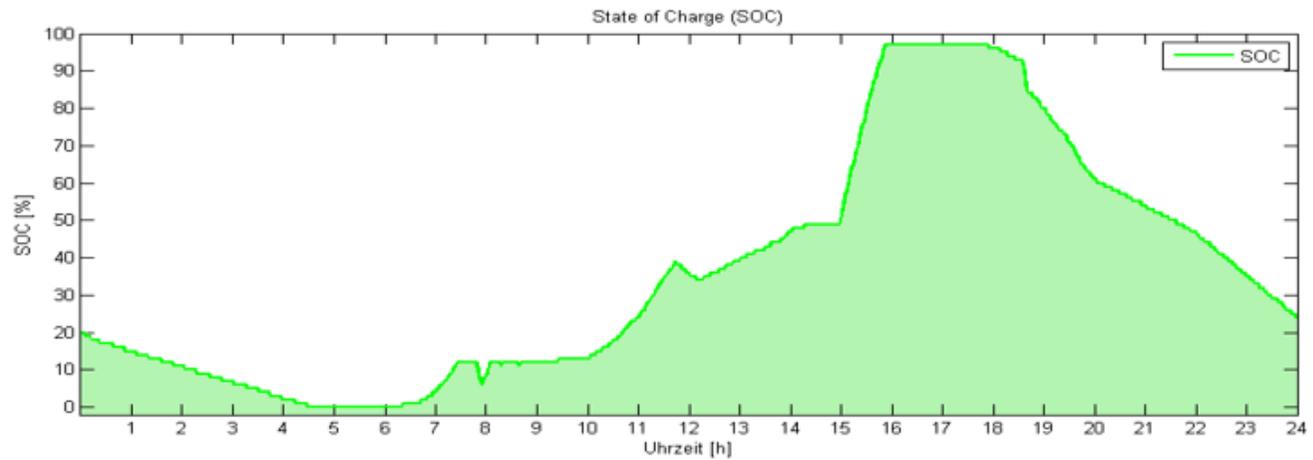
*Referenzstrategien*

Ideale Prognose, klassische Strategie

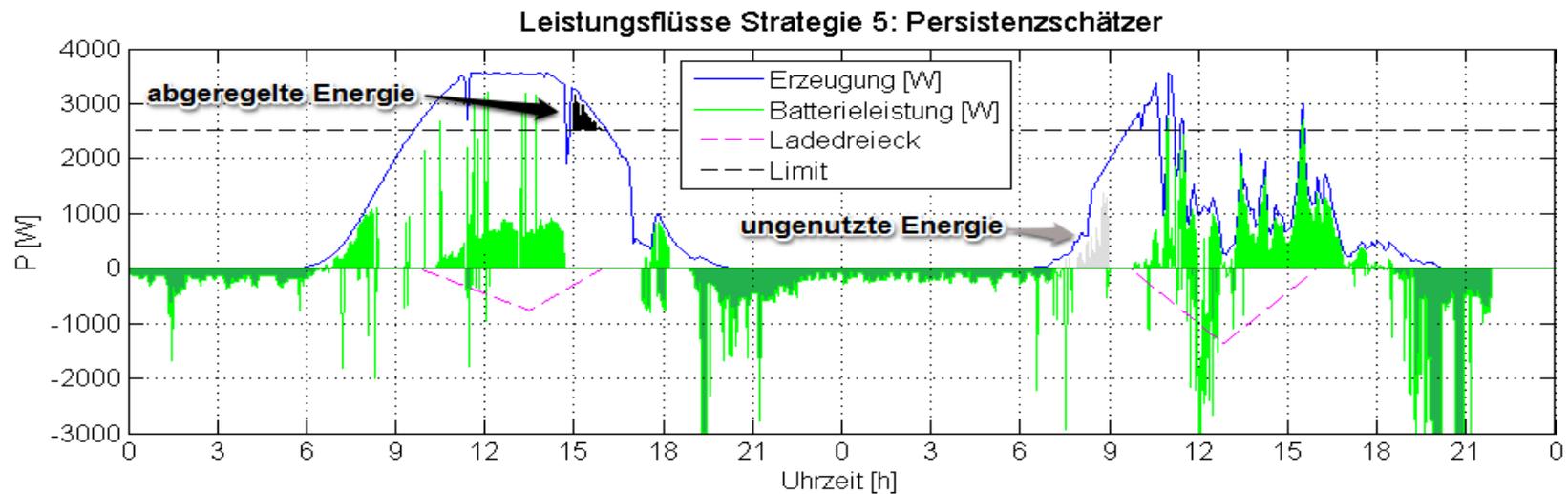
# ERGEBNISSE – STEIGERUNG DES AUTARKIEGRADES



# ERGEBNISSE I – STRATEGIE 3



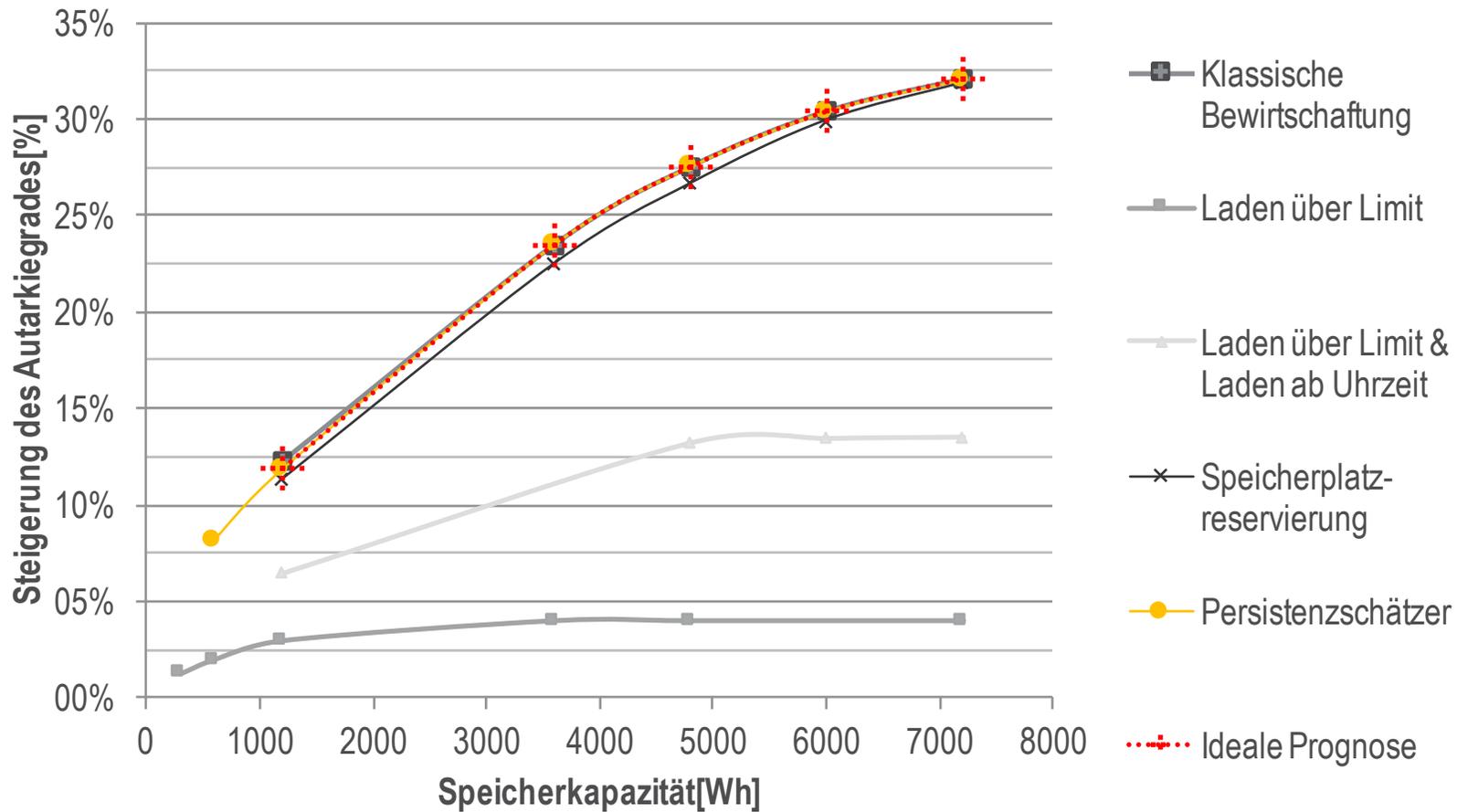
# ERGEBNISSE II – STRATEGIE 5 - SCHWACHSTELLEN



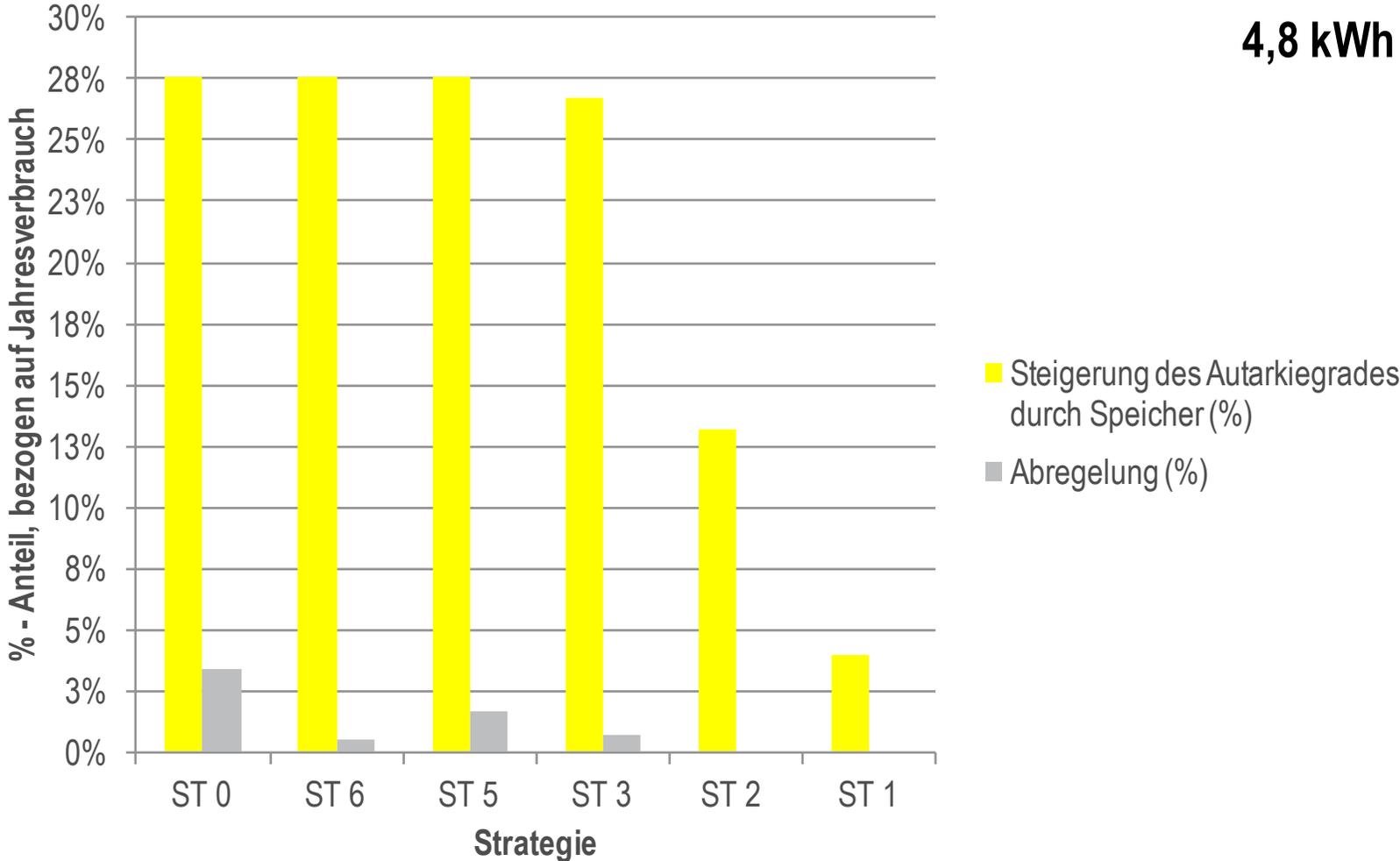
# ERGEBNISSE II – STRATEGIE 5 – BEWERTUNGSGRÖßEN

System : Strategie	ASys <sub>1,2</sub> : ST5 (1200 Wh)	ASys <sub>3,6</sub> : ST5 (3600 Wh)	ASys <sub>4,8</sub> : ST5 (4800 Wh)	ASys <sub>6</sub> : ST5 (6000 Wh)	ASys <sub>7,2</sub> : ST5 (7200 Wh)
Erzeugung [kWh]	4673	4673	4673	4673	4673
Verbrauch [kWh]	4681	4681	4681	4681	4681
Batterieentladung [kWh]	552.7	1100	1289	1423	1501
Batteriebeladung [kWh]	566.5	1127	1320	1457	1538
Direktverbrauch [kWh]	1527	1527	1527	1527	1527
Netzeinspeisung [kWh]	2444	1910	1717	1582	1503
Eigenverbrauchsanteil (%)	<b>44.80%</b>	<b>56.79%</b>	<b>60.94%</b>	<b>63.87%</b>	<b>65.59%</b>
Autarkiegrad (%)	<b>44.43%</b>	<b>56.11%</b>	<b>60.15%</b>	<b>63.01%</b>	<b>64.69%</b>
Abregelung (%)	2.594%	1.750%	1.632%	1.520%	1.438%
Abregelung [kWh]	121.2	81.77	76.28	71.01	67.21
Netzbezug [kWh]	2602	2055	1865	1732	1653
Zeit im SOCmax (%)	12.8%	9.0%	8.3%	7.7%	7.2%
Zeit im SOCmin (%)	63.0%	49.9%	42.4%	37.1%	34.8%
Vollzyklen pro Jahr	461	306	269	237	208
Theoretische Gebrauchsdauer (a)	17	26	30	34	38

# ERGEBNISSE - VERGLEICH DER STRATEGIEN: AUTARKIEGRAD



# NUTZEN DER STRATEGIEN: AUTARKIEGRAD UND ABREGELUNG



# ERGEBNISSE II – EVALUIERUNG DER STRATEGIEN

## Strategien mit Leistungsprognose

- / Persistenzschätzer (5)
- / Speicherplatzreservierung (3)

Schon über relativ einfache Methoden der Prognosen zur Bewirtschaftung können Ergebnisse erzielt werden, die im Bereich des optimalen Nutzens für den Anlagenbetreiber liegen

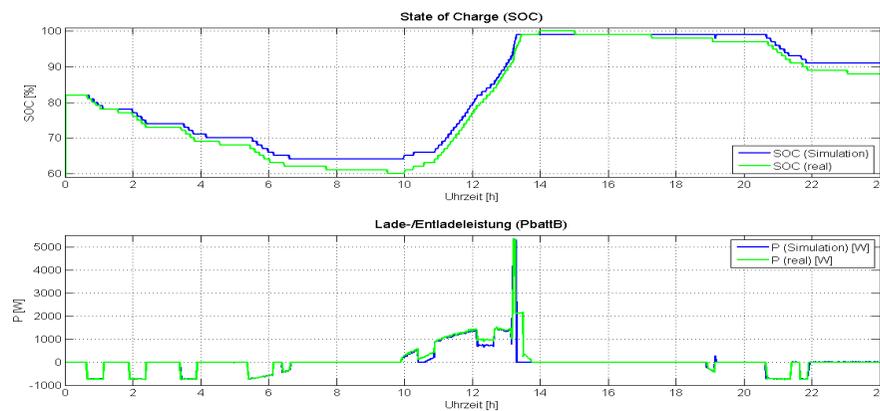
# ERGEBNISSE III – REALES SYSTEM

## Gründe für Abweichungen (Modell und reales System)

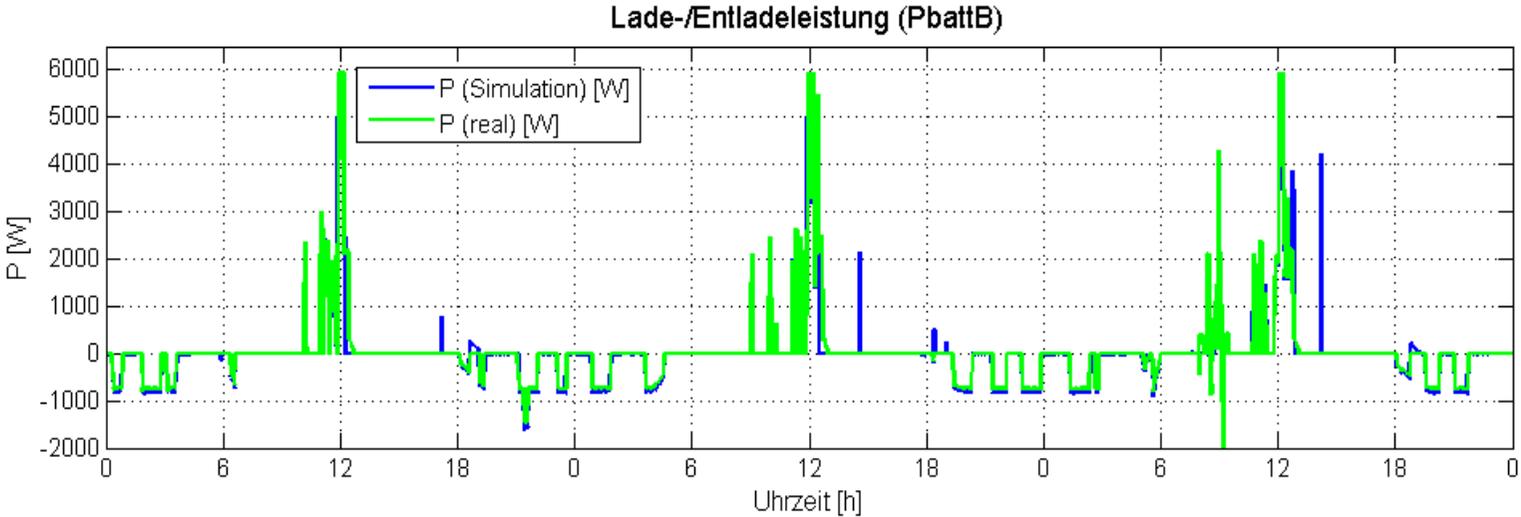
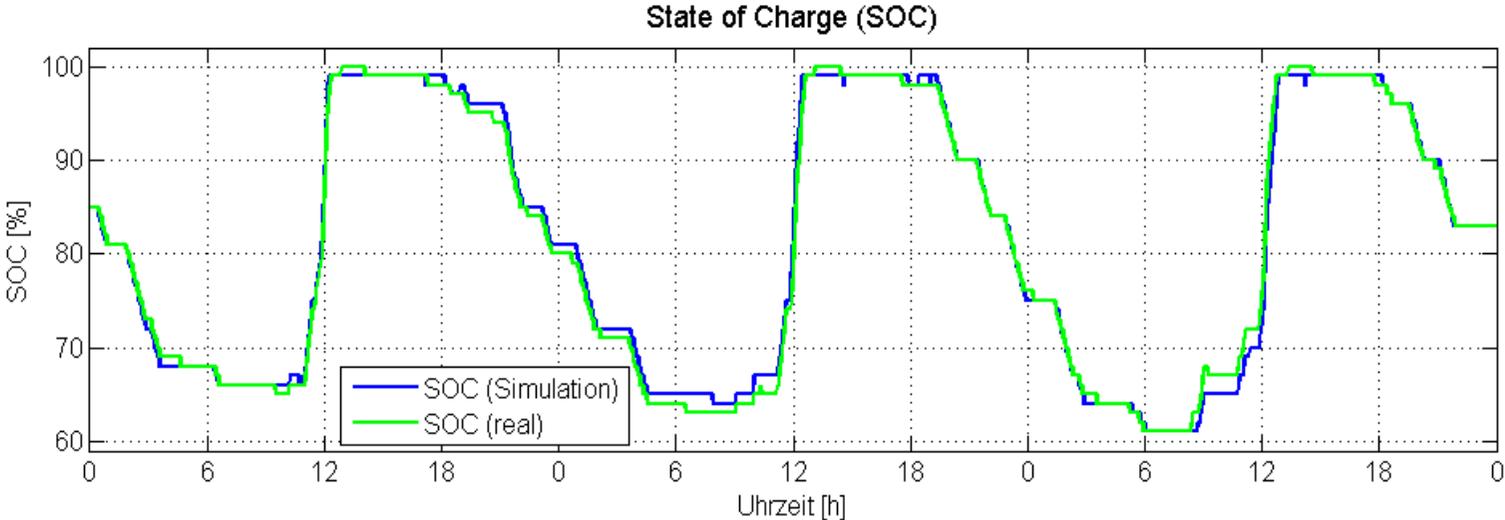
- / Verluste durch Selbstverbrauch des BMS
- / Verzögerungen in der Durchschaltung der Batterieladeleistung

## Messung der PV-Leistung

- / Abregelung der PV-Leistung wenn Batterie voll ist
- / Keine Referenzzellen vorhanden



# VERGLEICH – REALES SYSTEM – MODELL



# AUSBLICK

## Weitere Simulationen mit Matlab Modell

- / Simulation bei Variation anderer Parameter ( $P_{\text{peak}}/P_{\text{max}}$ ,  $P_{\text{lade}}$ )
- / Weitere Untersuchungen mit Grundlastprognose
- / Einschluss eingeschränkte Leistungsmessung

## Einschluss weiterer Rahmenbedingungen

- / Zeitvariable Strombezugpreise

## Transfer in das EMS eines WR



# THANK YOU FOR YOUR ATTENTION!



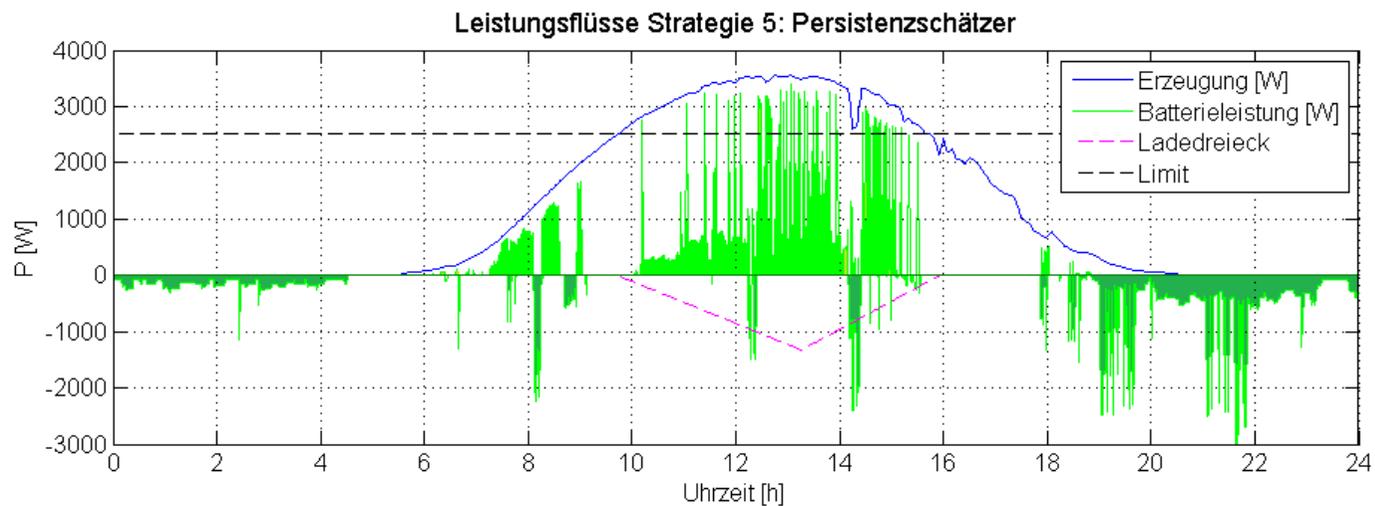
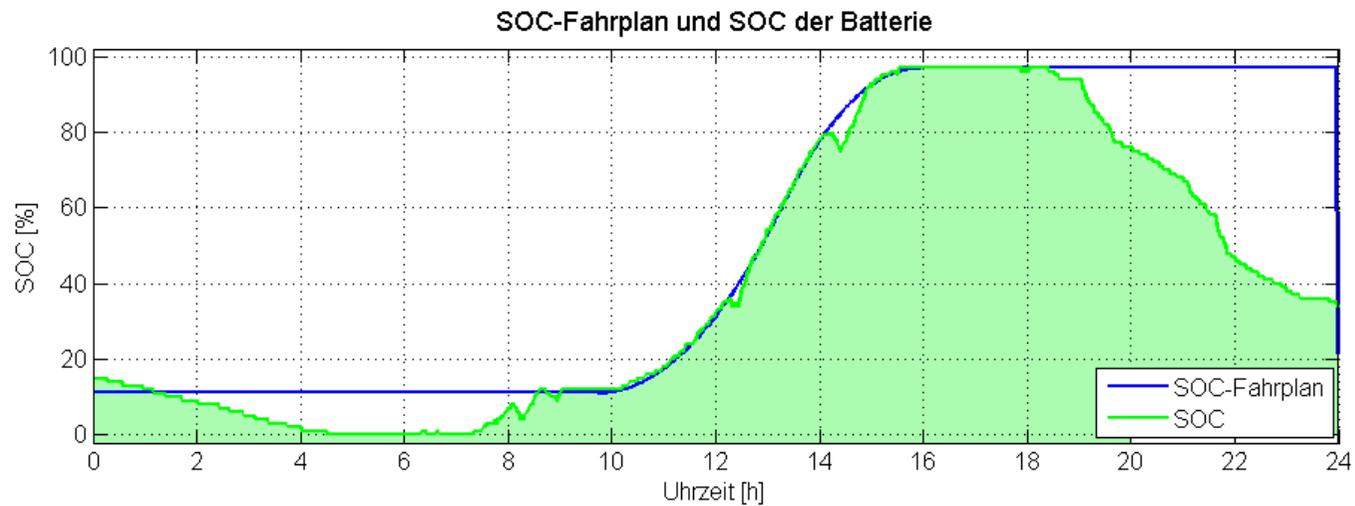
# BACKUP

# ANFORDERUNG: BENÖTIGTE DATEN

## Benötigte Daten für SOC-Fahrplan

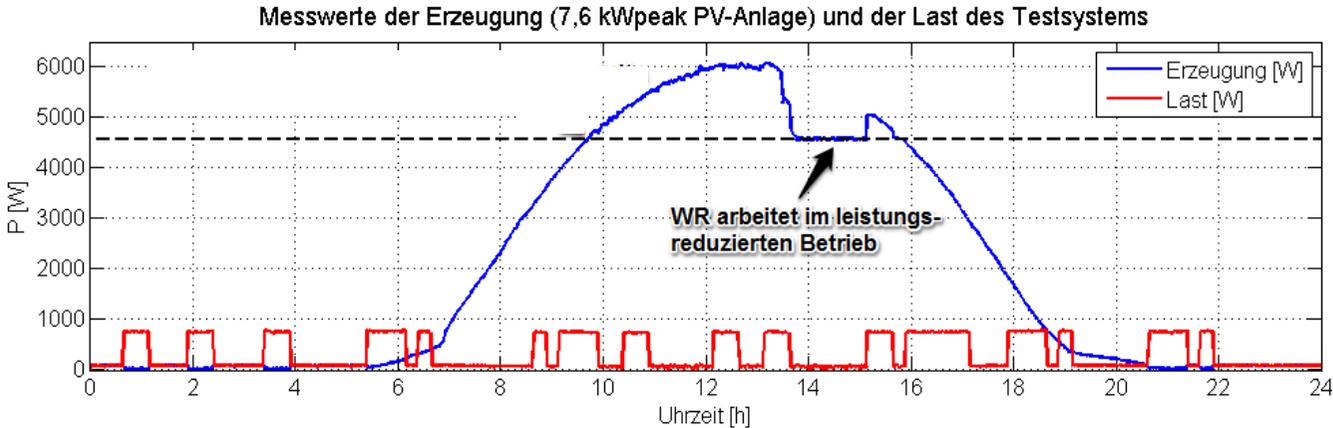
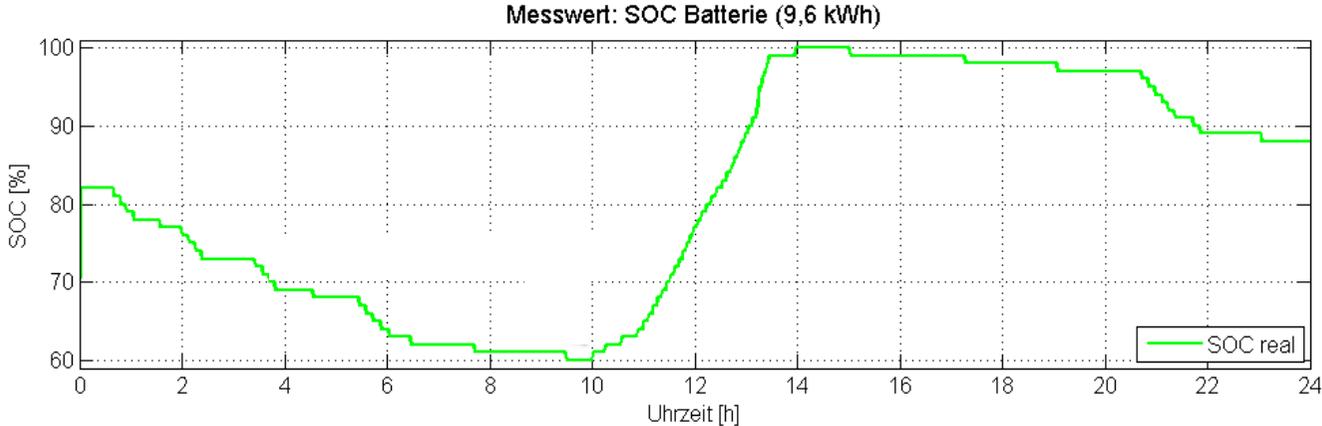
- **Energie oberhalb des Limits**
- **Leistungsverlauf ( $P_{PV} - P_{Last}$ )**
  - **Erstmaliges Überschreiten des Limits**
  - **Letztmaliges Unterschreiten des Limits**
  - **Zeitpunkt maximaler Leistungsabgabe**

# SOC-FAHRPLAN: STRATEGIE 5: PERSISTENZSCHÄTZER



# AUFWAND/ANFORDERUNG II : MESSUNG DER LEISTUNGEN

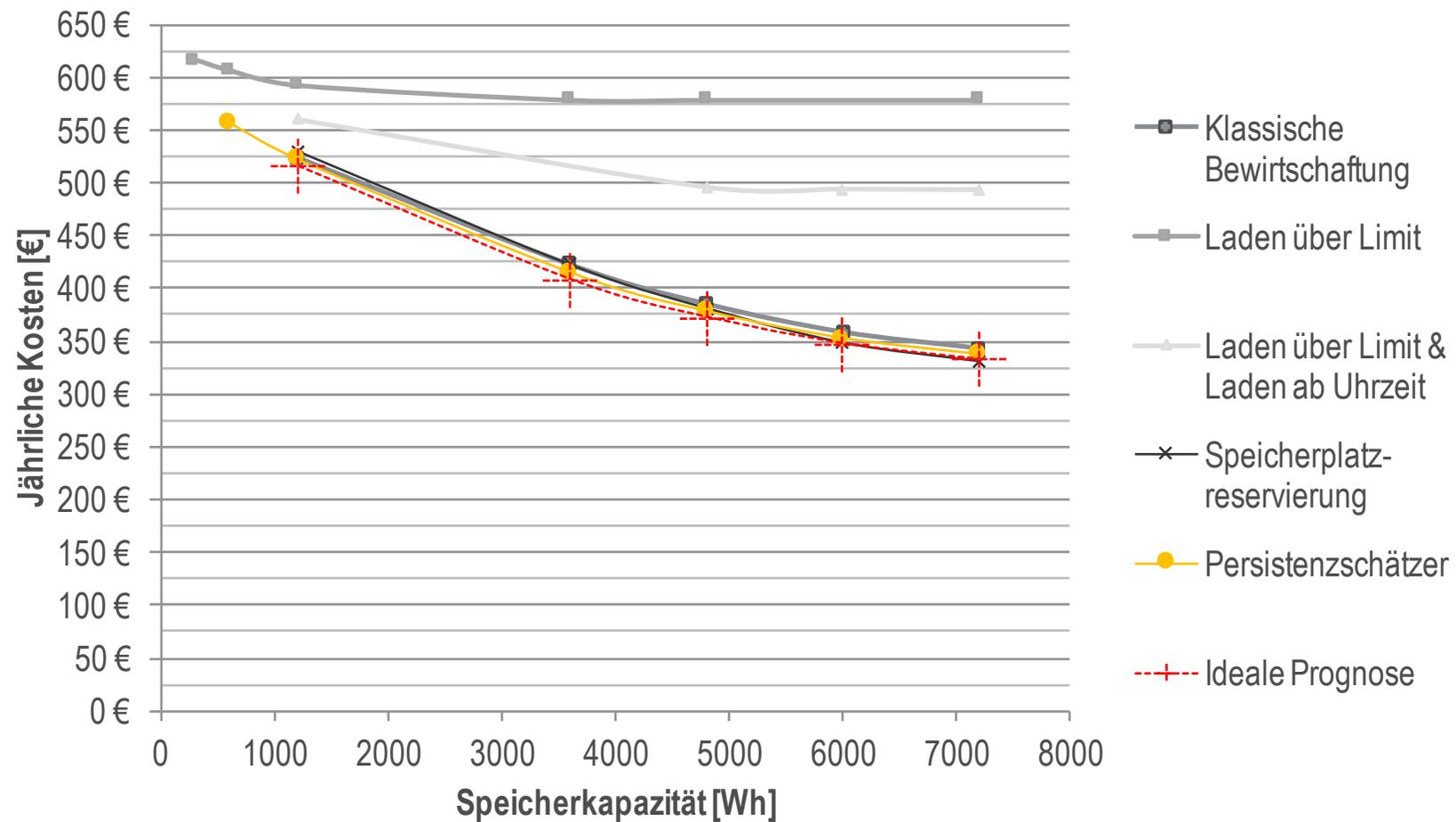
## Persistenzschätzer & Speicherplatzreservierung



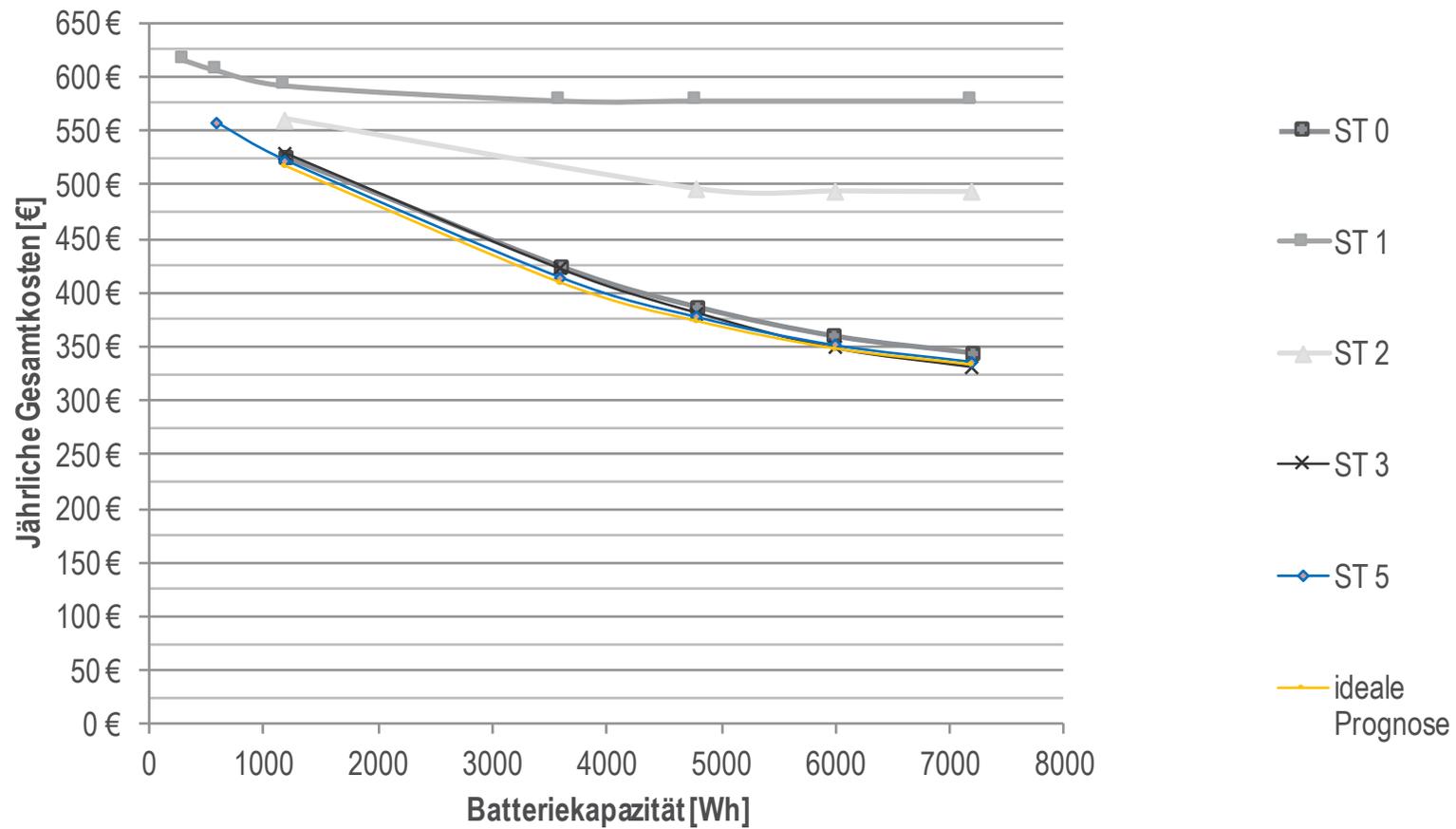
## RESULTS II – STRATEGIE 5 – MONETÄRE BEWERTUNG

<b>Situation D'14</b>	ASys <sub>1,2</sub> : ST 5	ASys <sub>3,6</sub> : ST 5	ASys <sub>4,8</sub> : ST 5	ASys <sub>6</sub> : ST 5	ASys <sub>7,2</sub> : ST 5
Kosten Netzbezug (€/a)	750 €	593 €	538 €	500 €	477 €
Einsparung durch Speicher (€/a)	159 €	317 €	371 €	410 €	432 €
Vergütung Einspeisung (€/a)	321 €	251 €	226 €	208 €	198 €
Jährliche Gesamtkosten (€/a)	-429 €	-341 €	-312 €	-291 €	-279 €
<b>Situation D'15</b>					
<b>Situation D'15</b>	ASys <sub>1,2</sub> : ST 5	ASys <sub>3,6</sub> : ST 5	ASys <sub>4,8</sub> : ST 5	ASys <sub>6</sub> : ST 5	ASys <sub>7,2</sub> : ST 5
Kosten Netzbezug (€/a)	768 €	606 €	550 €	511 €	488 €
Einsparung durch Speicher (€/a)	163 €	324 €	380 €	420 €	443 €
Vergütung Einspeisung (€/a)	246 €	192 €	173 €	159 €	151 €
Jährliche Gesamtkosten (€/a)	-522 €	-414 €	-378 €	-352 €	-337 €
<b>Situation Ö'14</b>					
<b>Situation Ö'14</b>	ASys <sub>1,2</sub> : ST 5	ASys <sub>3,6</sub> : ST 5	ASys <sub>4,8</sub> : ST 5	ASys <sub>6</sub> : ST 5	ASys <sub>7,2</sub> : ST 5
Kosten Netzbezug (€/a)	541 €	427 €	388 €	360 €	344 €
Einsparung durch Speicher (€/a)	115 €	229 €	268 €	296 €	312 €
Vergütung Einspeisung (€/a)	306 €	239 €	215 €	198 €	188 €
Jährliche Gesamtkosten (€/a)	-236 €	-189 €	-173 €	-163 €	-156 €

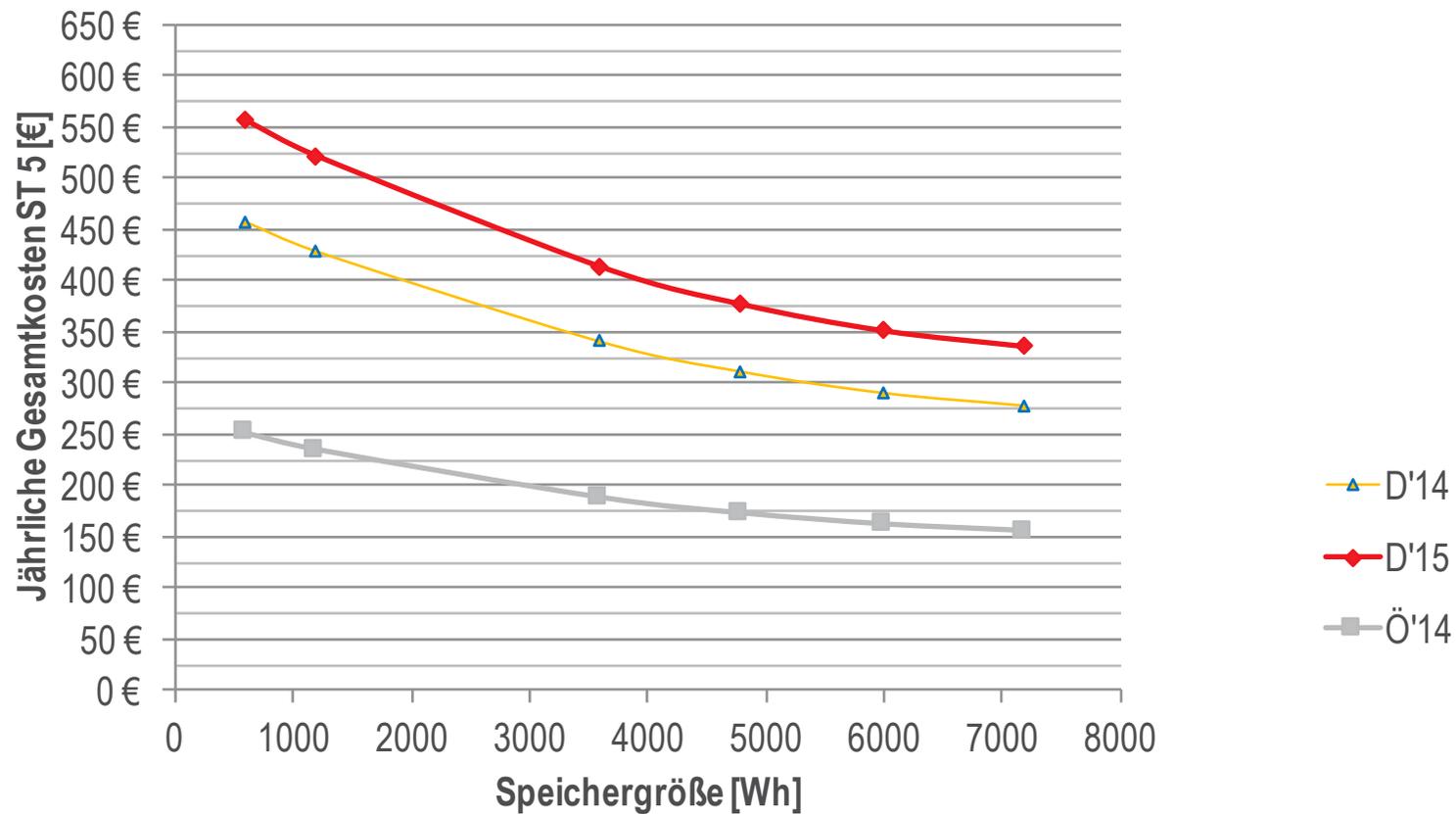
# ERGEBNISSE - VERGLEICH DER STRATEGIEN: JÄHRLICHE KOSTEN



# RESULTS – JÄHRLICHE KOSTEN



# ERGEBNISSE - VERGLEICH DER STRATEGIEN: JÄHRLICHE KOSTEN



➔ **Jährliche Kosten sind stark tarifabhängig**