Hochschule für Technik
und Wirtschaft Berlin

University of Applied Sciences

Gefördert durch:

Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Wärmewende – Wärmepumpen und der Einfluss von PV-Batteriespeichern auf einen netzdienlichen Betrieb

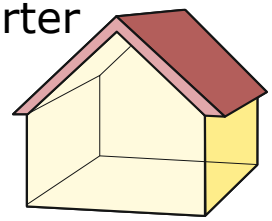
Tjarko Tjaden, Johannes Weniger, Joseph Bergner, Volker Quaschning

Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) Berlin

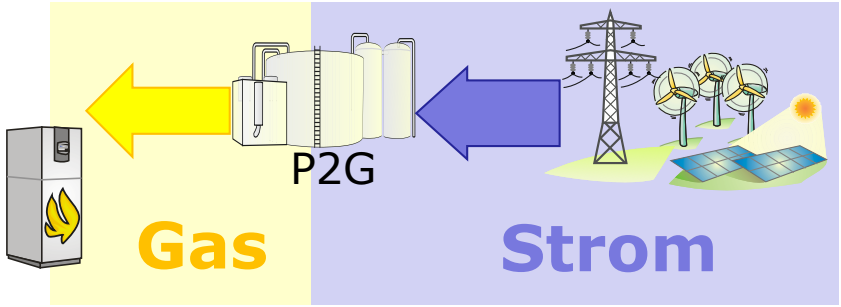
1. Herbstworkshop der Professur Energiespeichersysteme,
Dezentrale Sektorkopplung und Hybride Energiespeichersysteme
Dresden, 15. November 2016

Effizienz elektrisch basierter Heizungssysteme

unsanierter Altbau 30 000 kWh/a



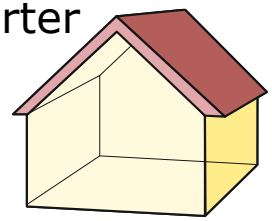
Gas-Brenn-wert



46 000 kWh/a

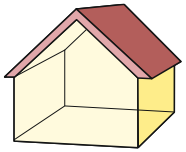
Effizienz elektrisch basierter Heizungssysteme

unsanierter Altbau 30 000 kWh/a

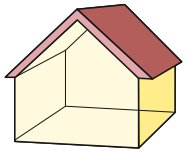


Gas-Brenn-wert

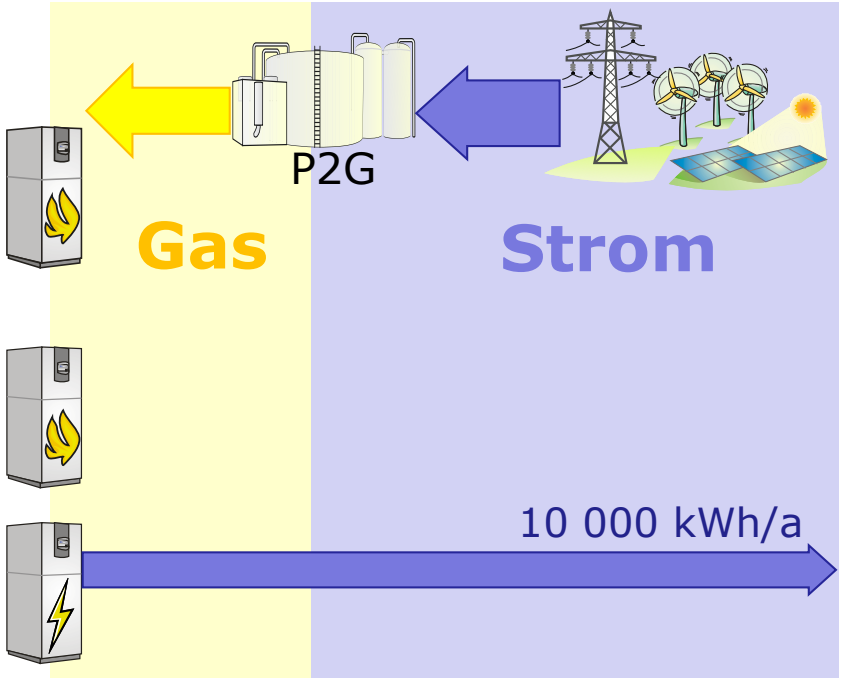
Sanierter Altbau 15 000 kWh/a



Gas-Brenn-wert



KWK η_{el}=40%

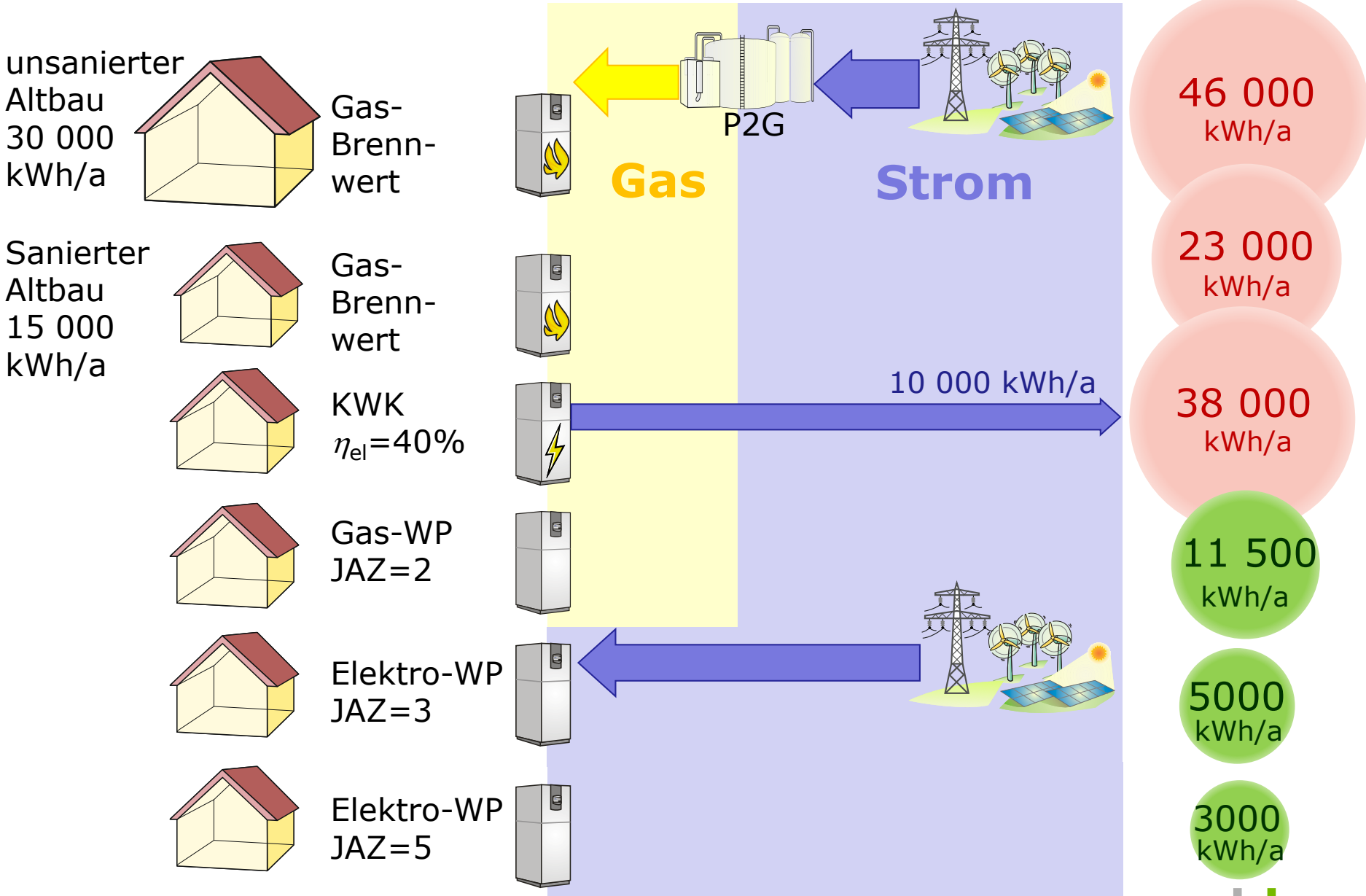


46 000 kWh/a

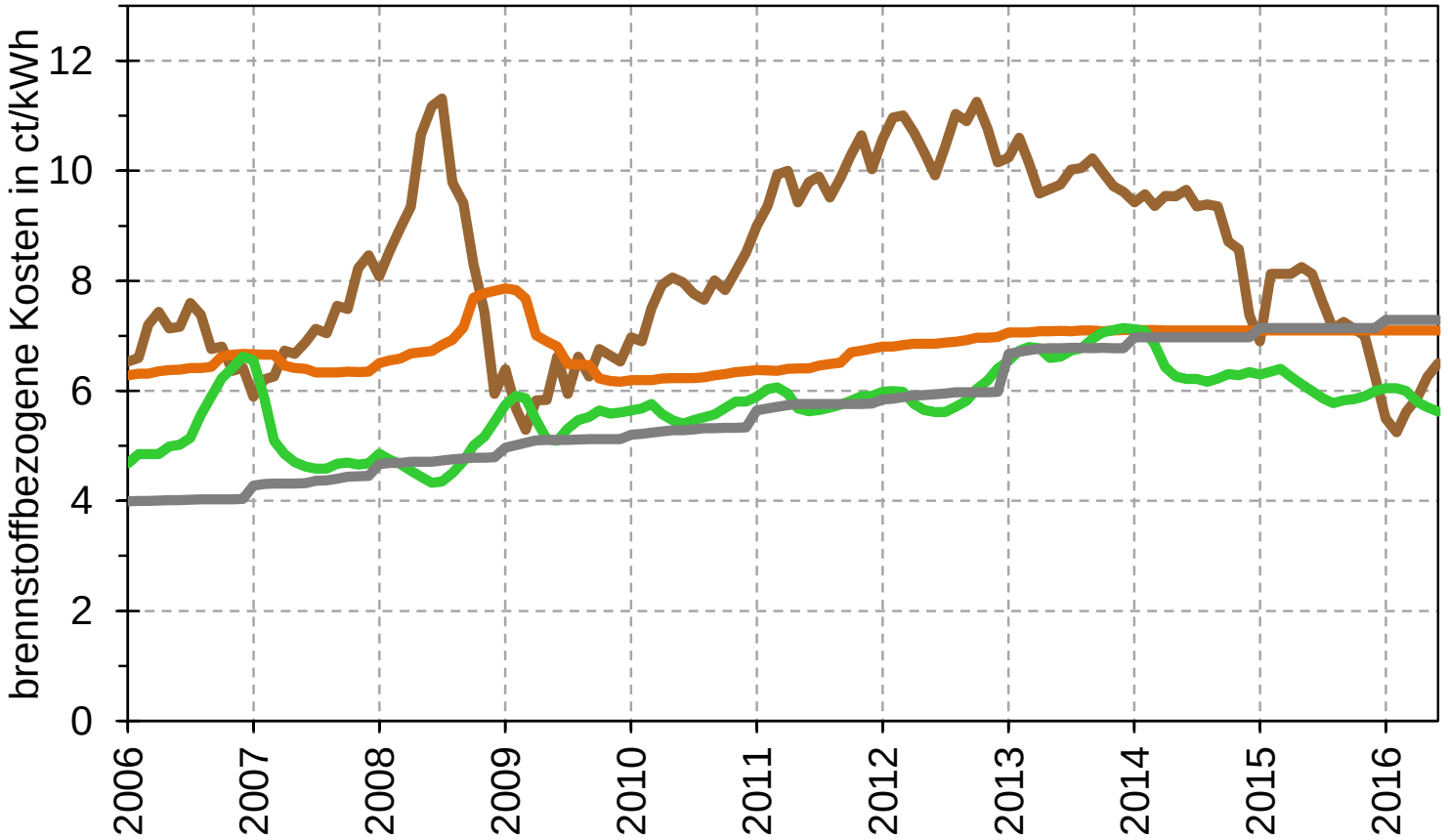
23 000 kWh/a

38 000 kWh/a

Effizienz elektrisch basierter Heizungssysteme



Kostenvergleich von Heizungssystemen



Ölheizung

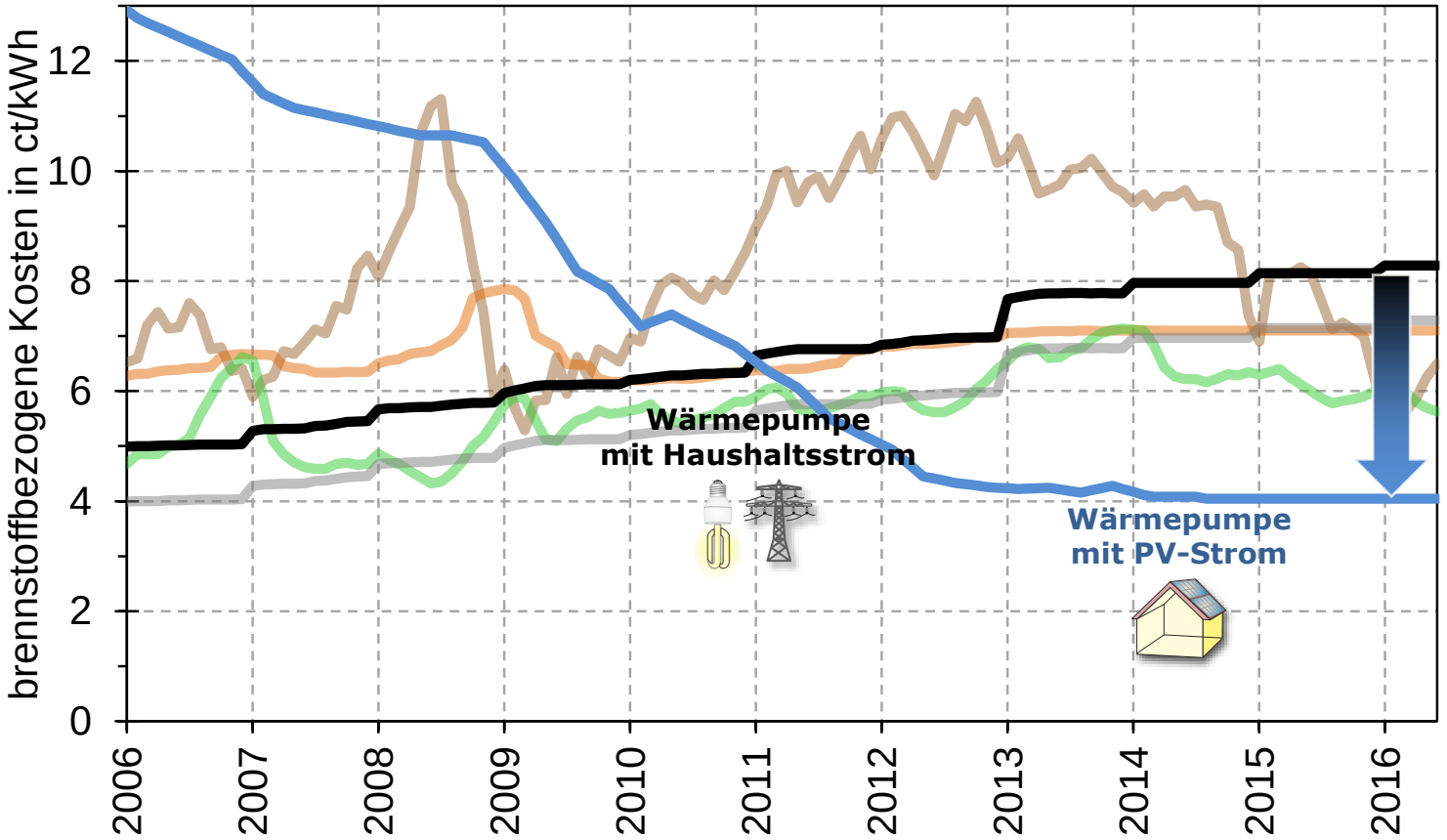
Gasheizung

Holzpellet-heizung

Wärmepumpe mit Heizstrom

Quellen: BSW, DEPV, Statistisches Bundesamt. Alle Kosten inklusive USt.
Jahresnutzungsgrad: Ölheizung (80%), Gasheizung (90%), Pelletheizung (80%)
Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe: 3,5

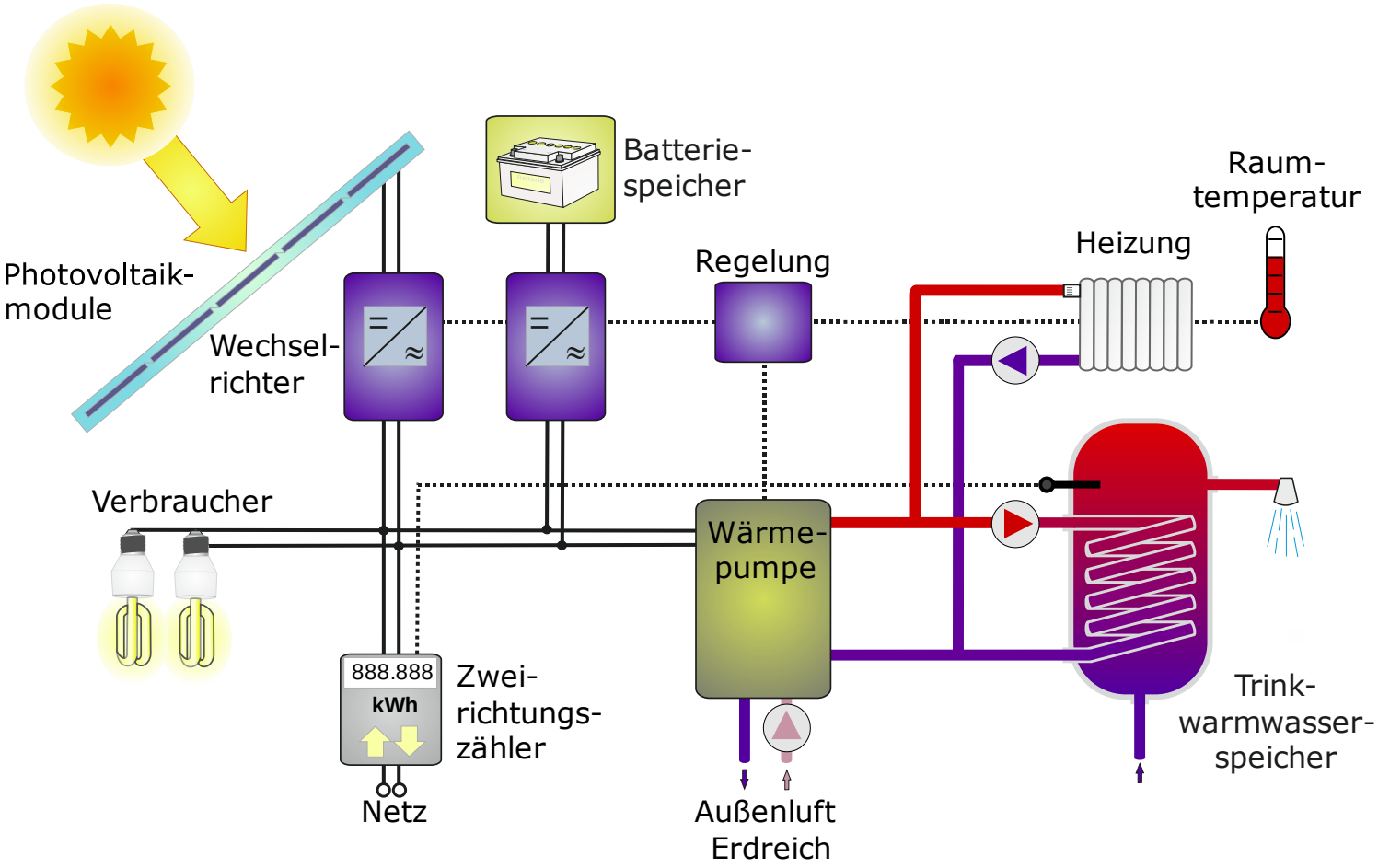
Kostenvergleich von Heizungssystemen



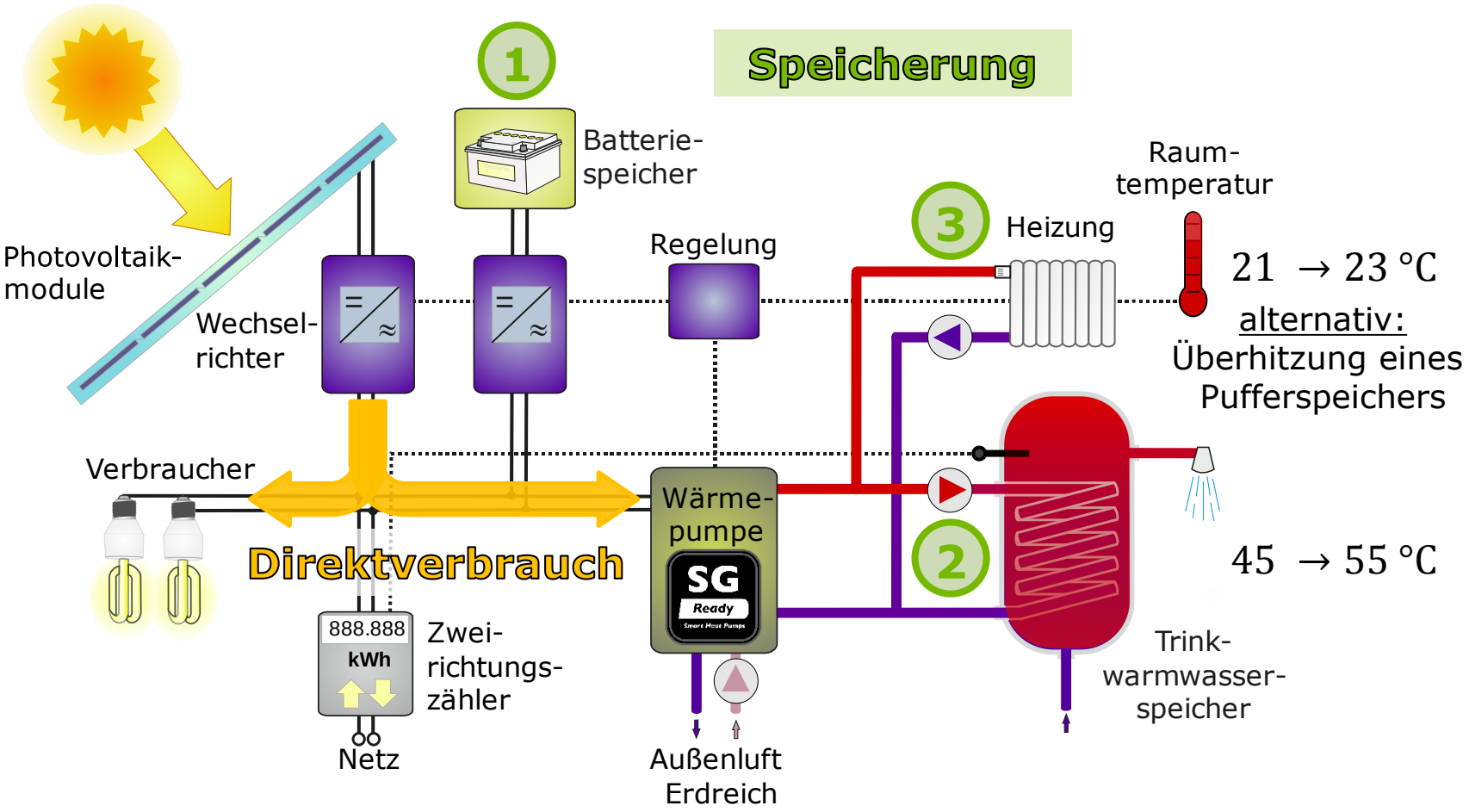
- Je **höher der Anteil PV-Strom** am Wärmepumpen- und somit auch Haushaltsstromverbrauch, desto **besser die Ökonomie**.

Quellen: BSW, DEPV, Statistisches Bundesamt. Alle Kosten inklusive USt.
Jahresnutzungsgrad: Ölheizung (80%), Gasheizung (90%), Pelletheizung (80%)
Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe: 3,5

PV-System mit Batteriespeicher und Wärmepumpe



PV-System mit Batteriespeicher und Wärmepumpe



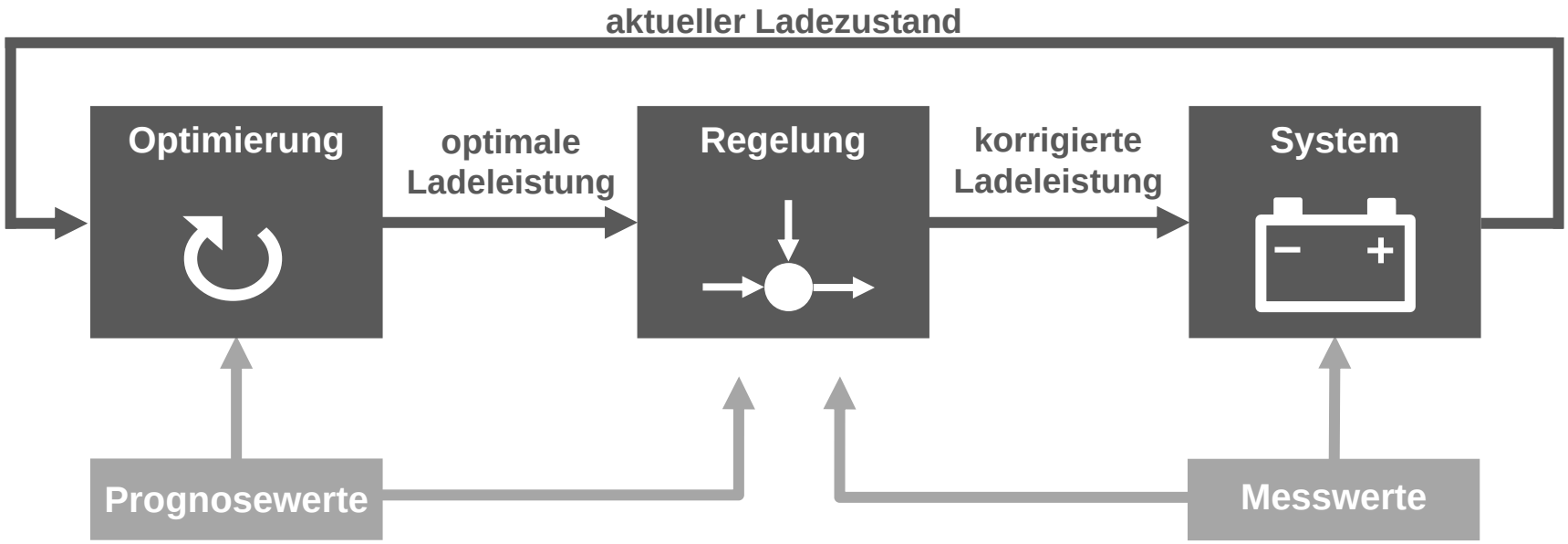
- **Batteriespeicher** weisen eine **höhere Regeldynamik** als Wärmepumpen auf und besitzen **weniger Restriktionen**.
- **SG-Ready-Schnittstelle** funktioniert **unidirektional** und sollte mit Bedacht eingesetzt werden

Regelung der Batterie

PVprog-Algorithmus – veröffentlicht unter MIT Lizenz und kommerziell nutzbar, sowie ab Beginn 2017 in der Auslegungssoftware Polysun

https://pvspeicher.htw-berlin.de/veroeffentlichungen/daten/

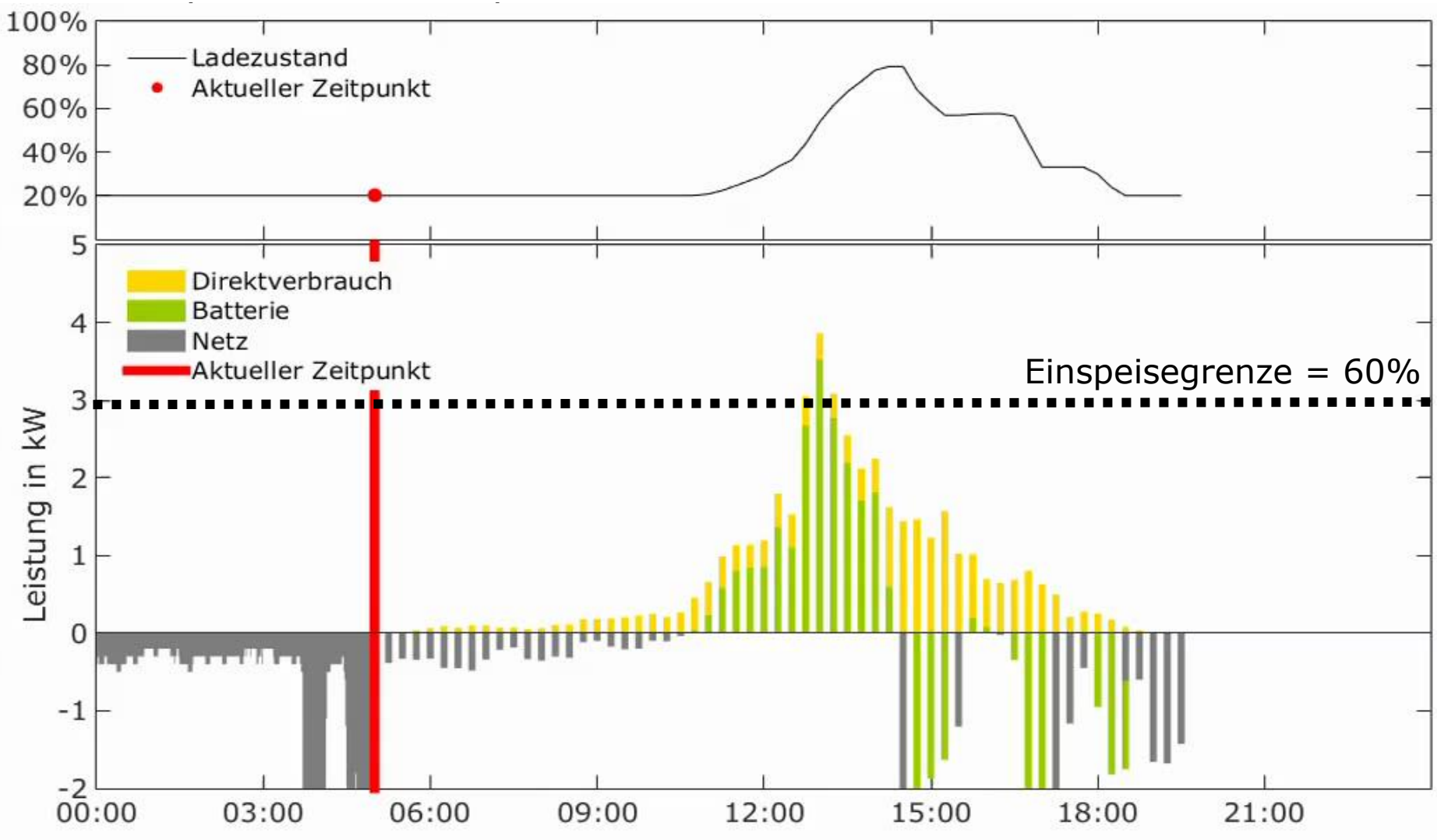
Umsetzung des Energiemanagements



Ziel der Optimierung ist die **Reduktion** der **Netzeinspeiseleistung** und somit auch Vermeidung von **Abregelungsverlusten**.

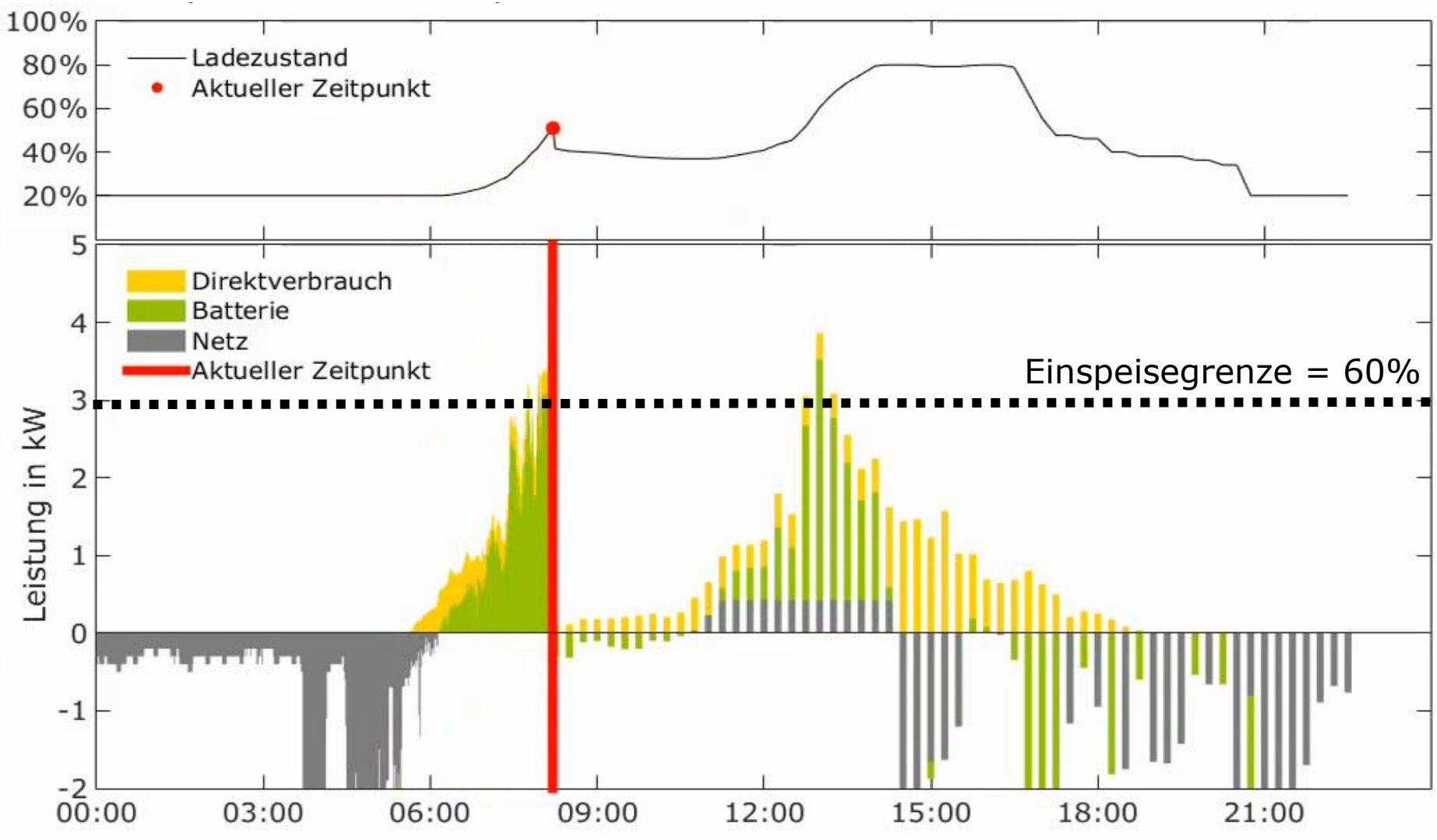
Darüber hinaus werden die Zeiten mit hohem **SOC** verringert, was der **Lebensdauer** zuträglich ist.

Energieflüsse: Prognose mit Tagespersistenz



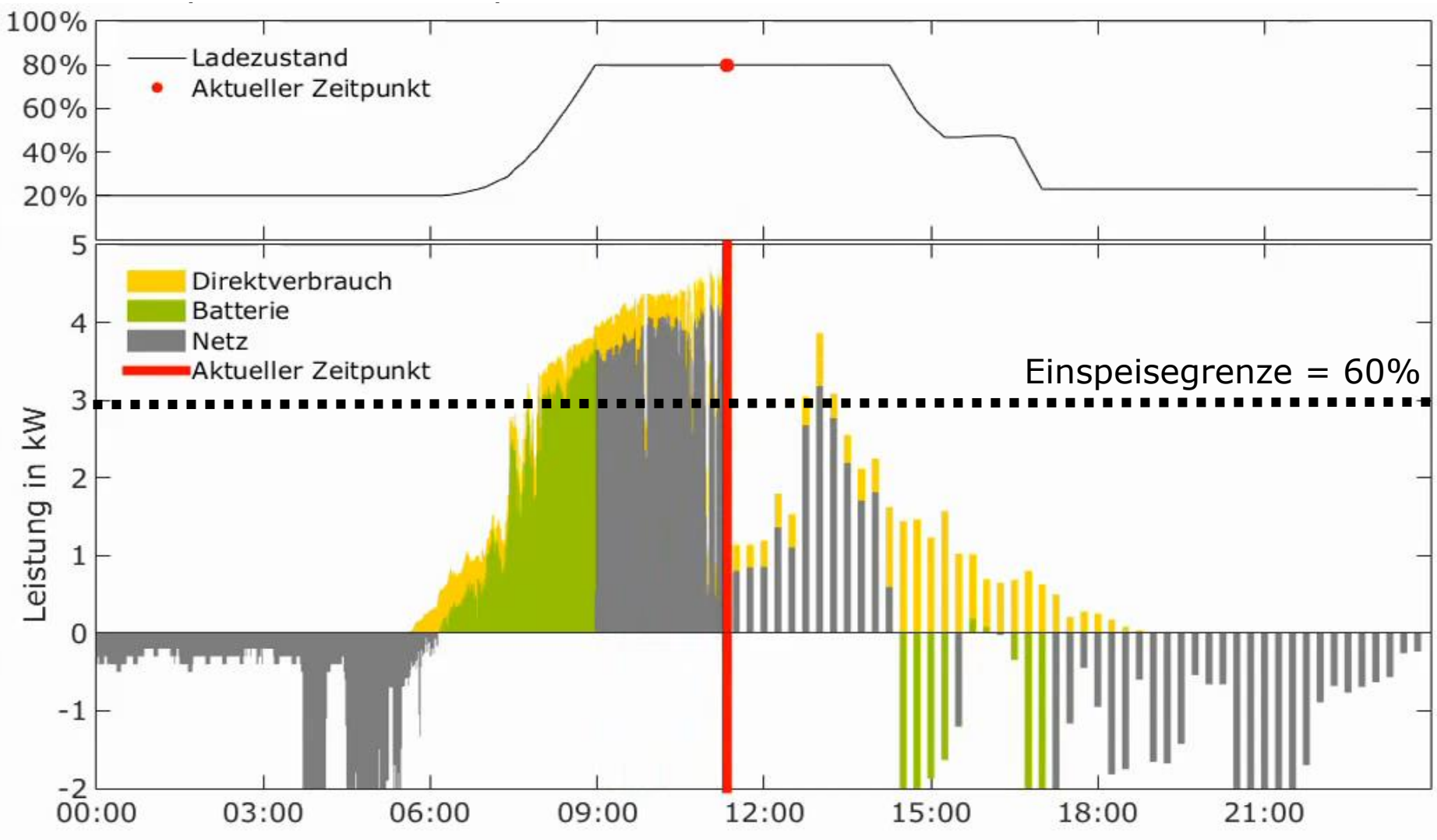
Stromverbrauch 5300 kWh/a, PV-System 5,3 kWp, nutzbare Batteriekapazität 5,3 kWh

Energieflüsse: Prognose mit Tagespersistenz



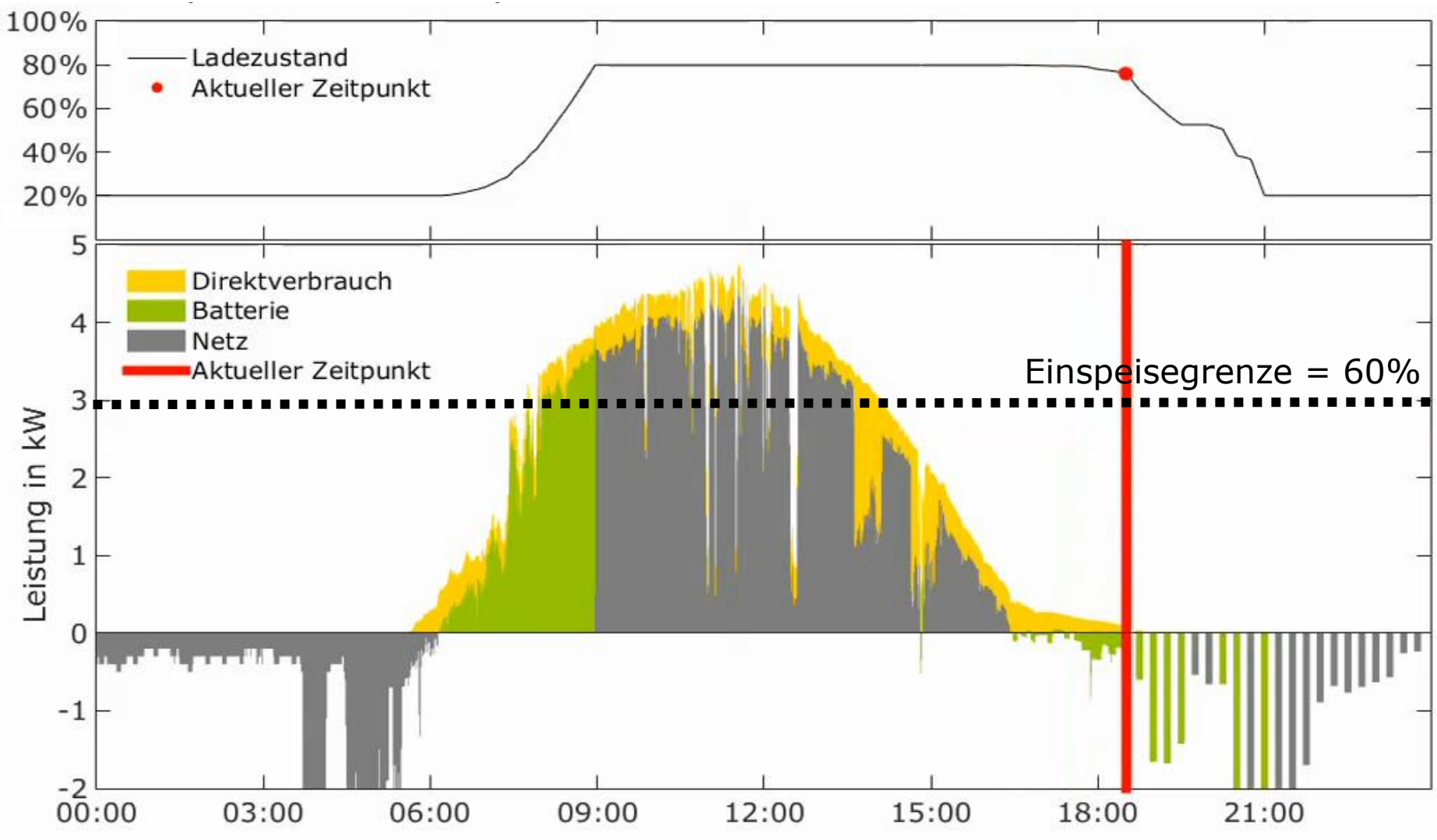
Stromverbrauch 5300 kWh/a, PV-System 5,3 kWp, nutzbare Batteriekapazität 5,3 kWh

Energieflüsse: Prognose mit Tagespersistenz



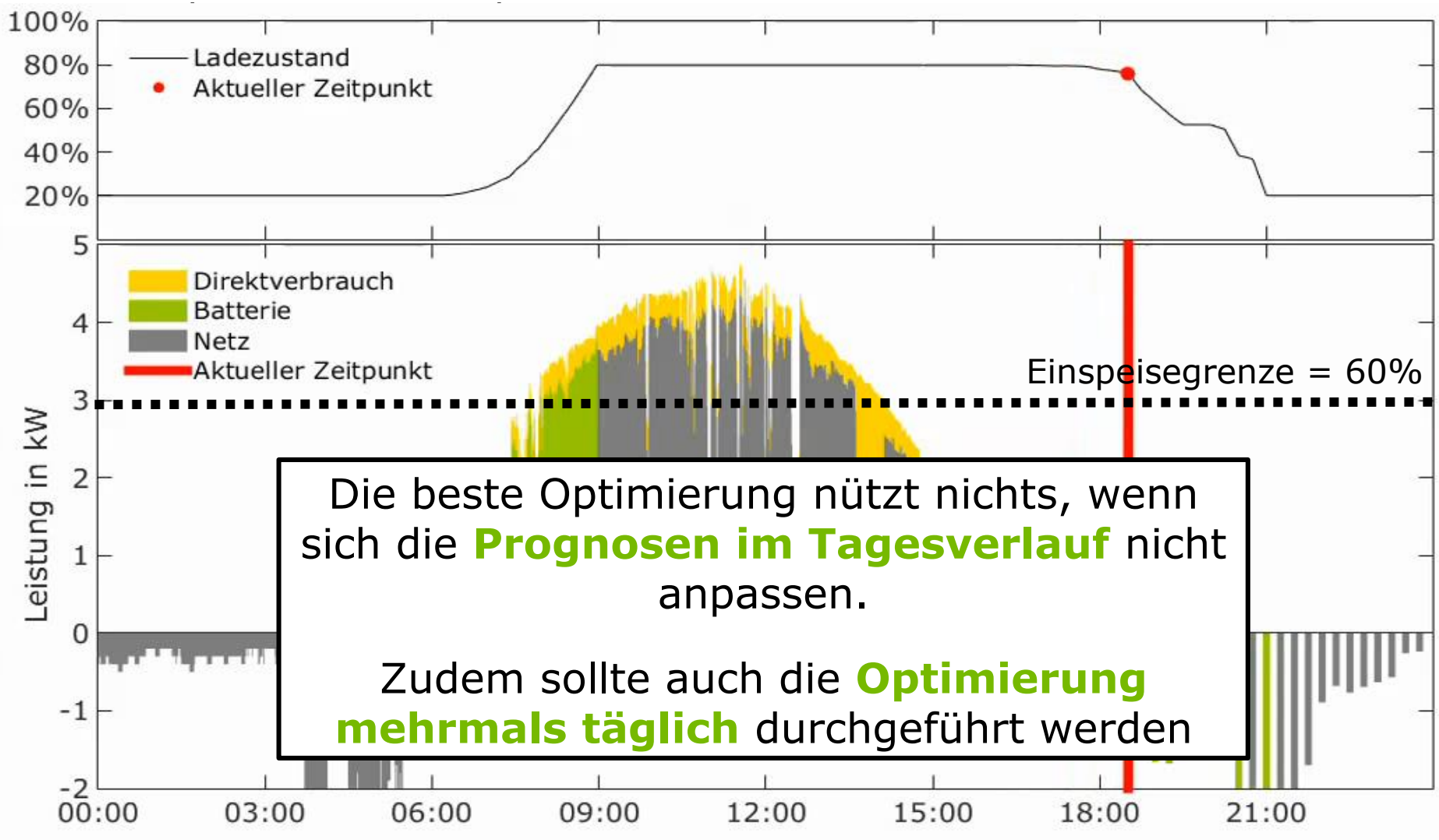
Stromverbrauch 5300 kWh/a, PV-System 5,3 kWp, nutzbare Batteriekapazität 5,3 kWh

Energieflüsse: Prognose mit Tagespersistenz



Stromverbrauch 5300 kWh/a, PV-System 5,3 kWp, nutzbare Batteriekapazität 5,3 kWh

Energieflüsse: Prognose mit Tagespersistenz

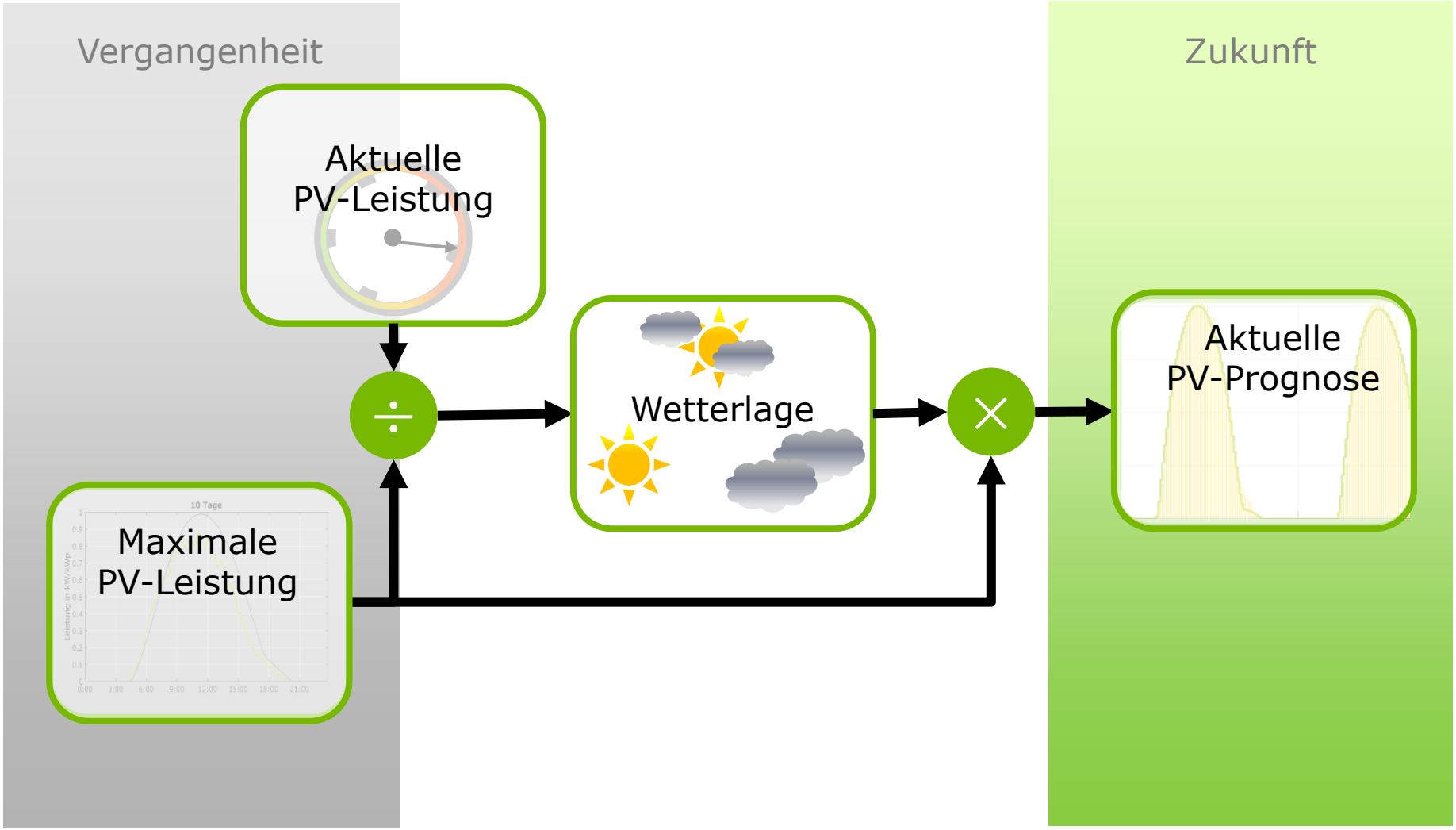


Die beste Optimierung nützt nichts, wenn sich die **Prognosen im Tagesverlauf** nicht anpassen.

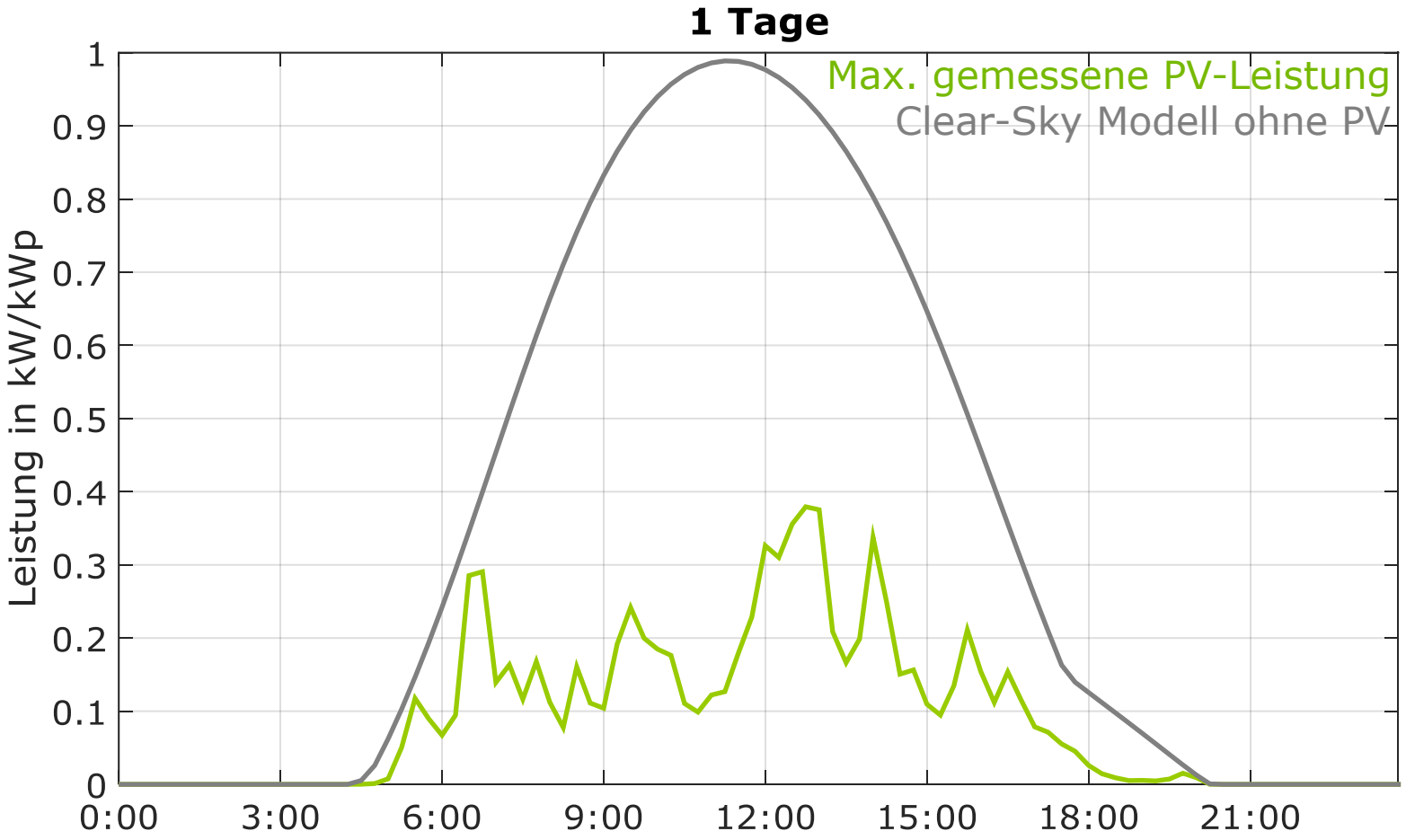
Zudem sollte auch die **Optimierung mehrmals täglich** durchgeführt werden

Stromverbrauch 5300 kWh/a, PV-System 5,3 kWp, nutzbare Batteriekapazität 5,3 kWh

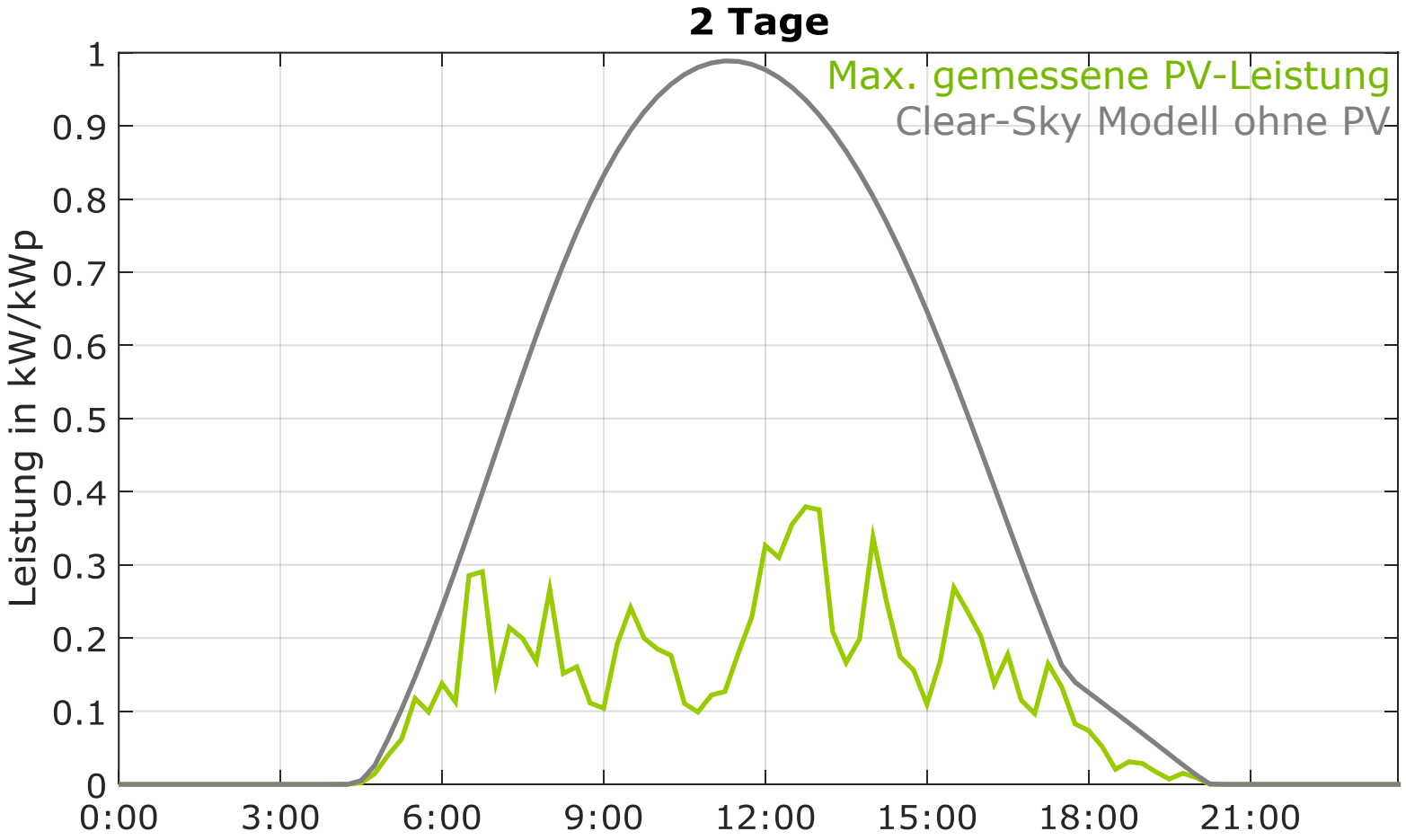
Lokal erstellte adaptive PV-Prognose



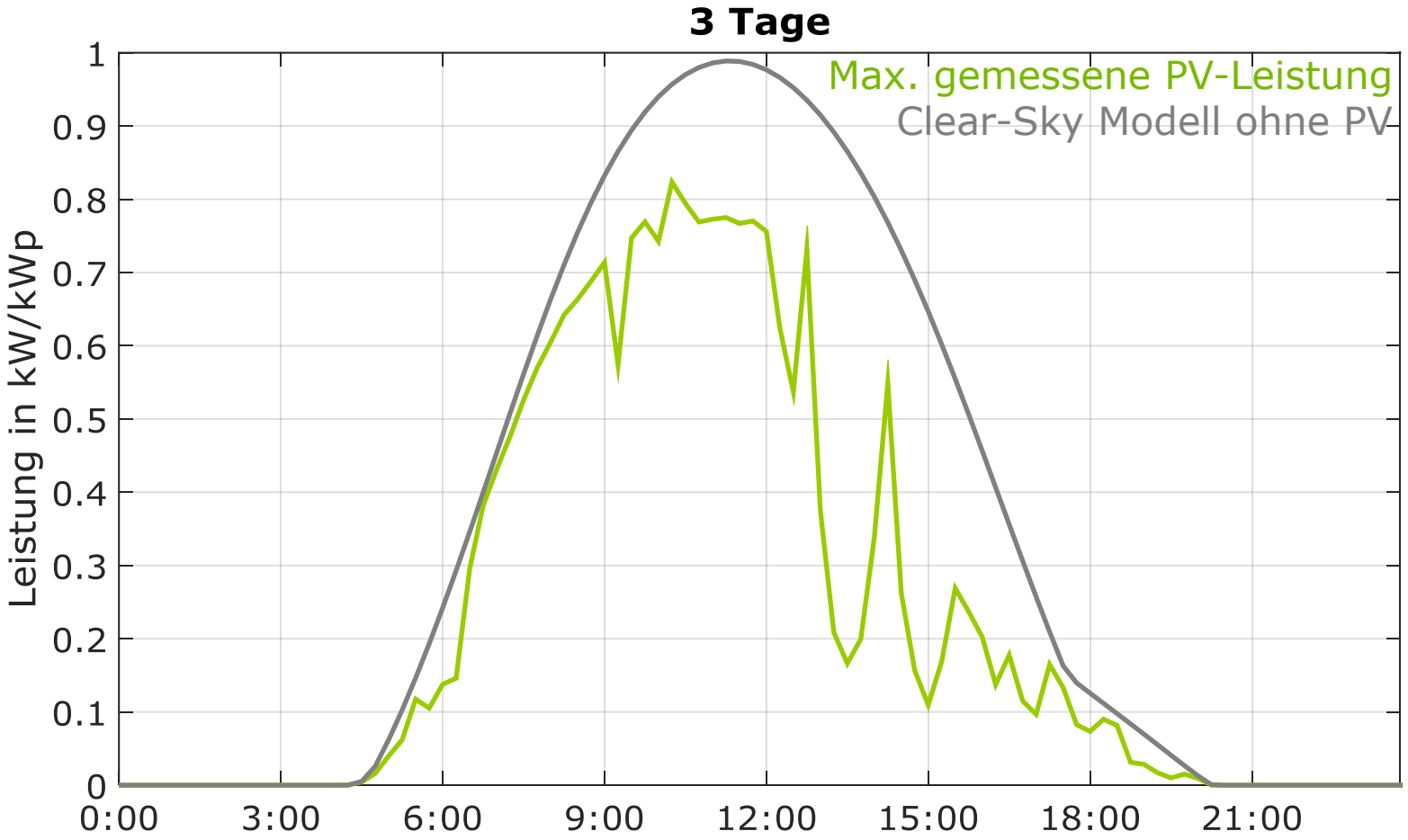
Lokal erstellte adaptive PV-Prognose



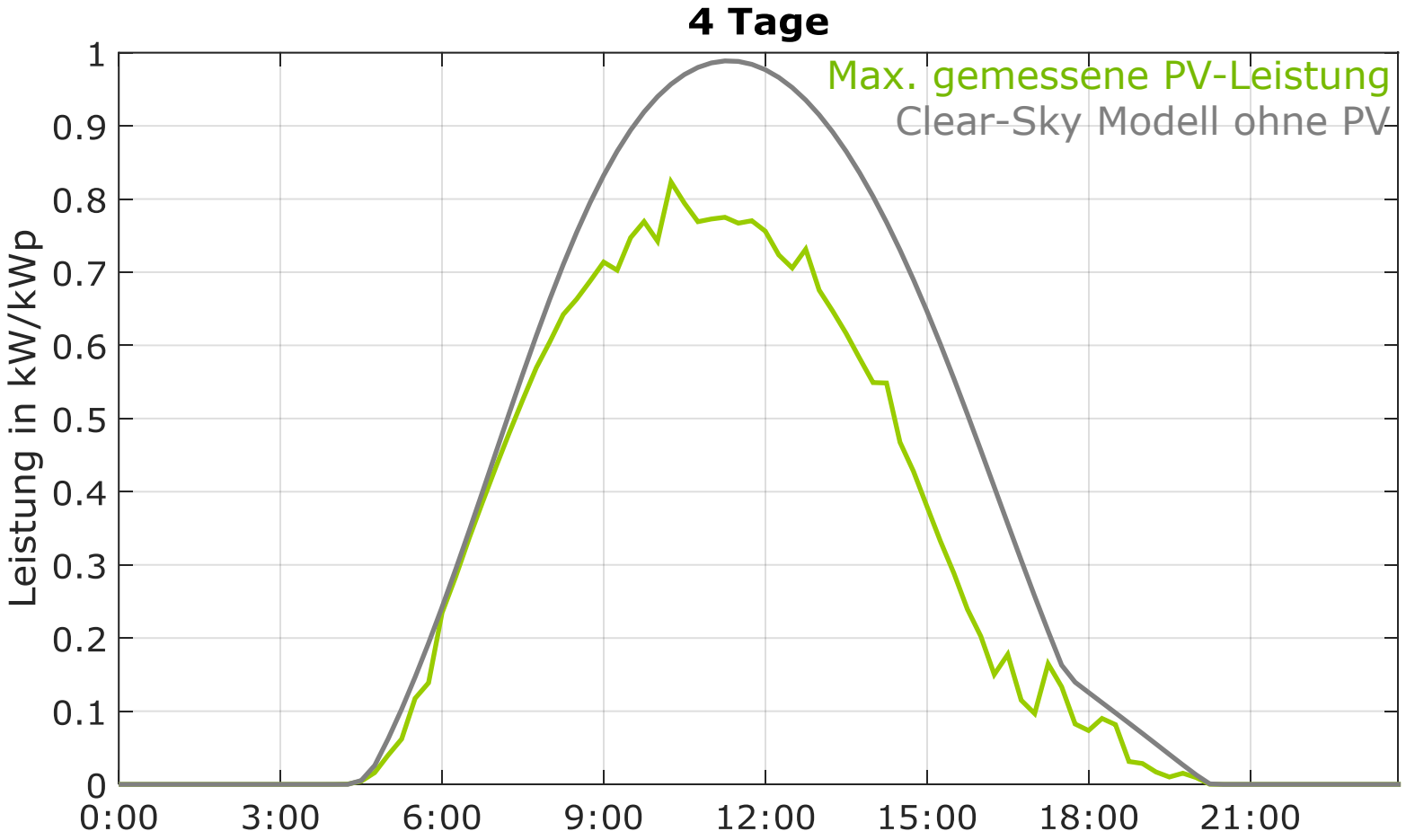
Lokal erstellte adaptive PV-Prognose



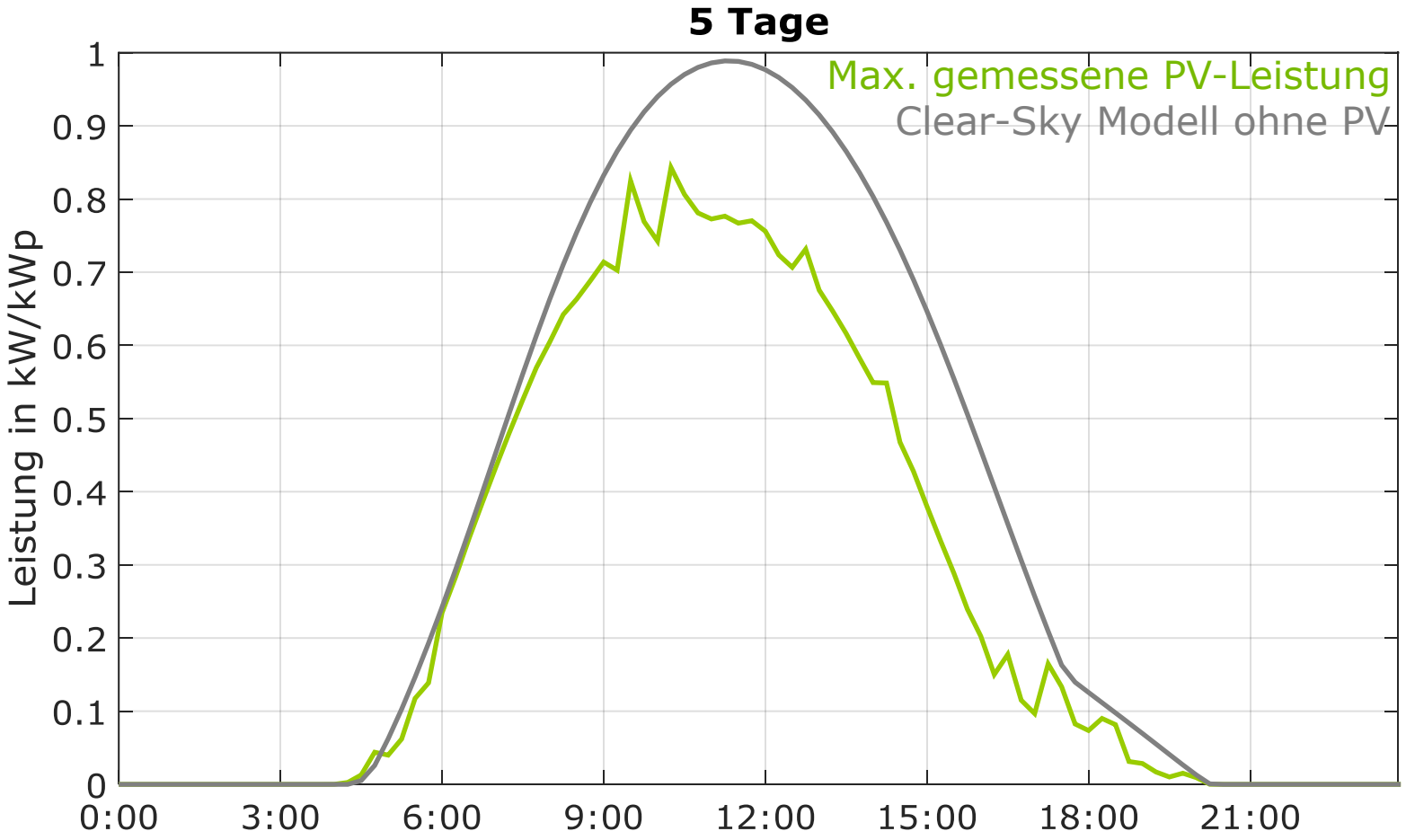
Lokal erstellte adaptive PV-Prognose



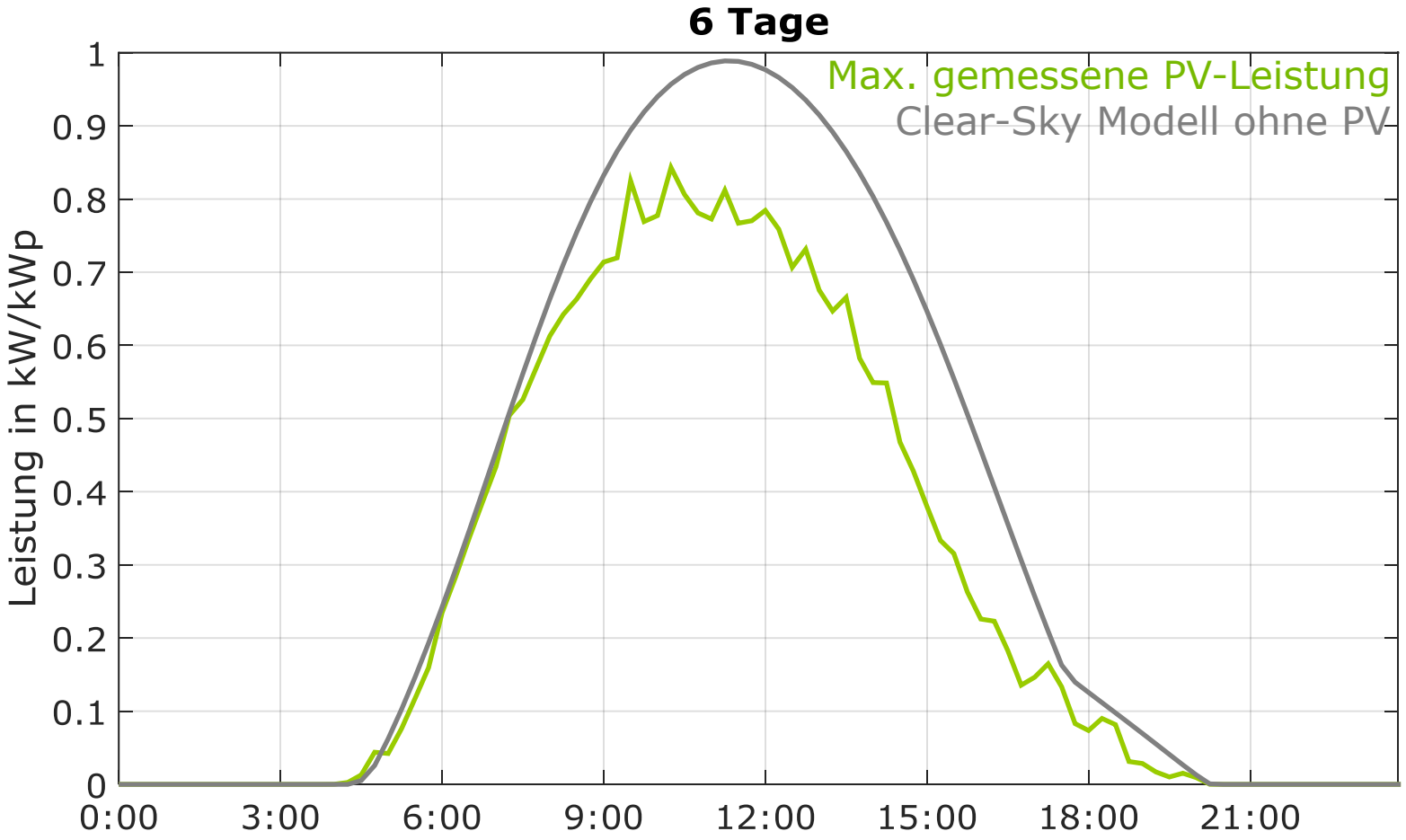
Lokal erstellte adaptive PV-Prognose



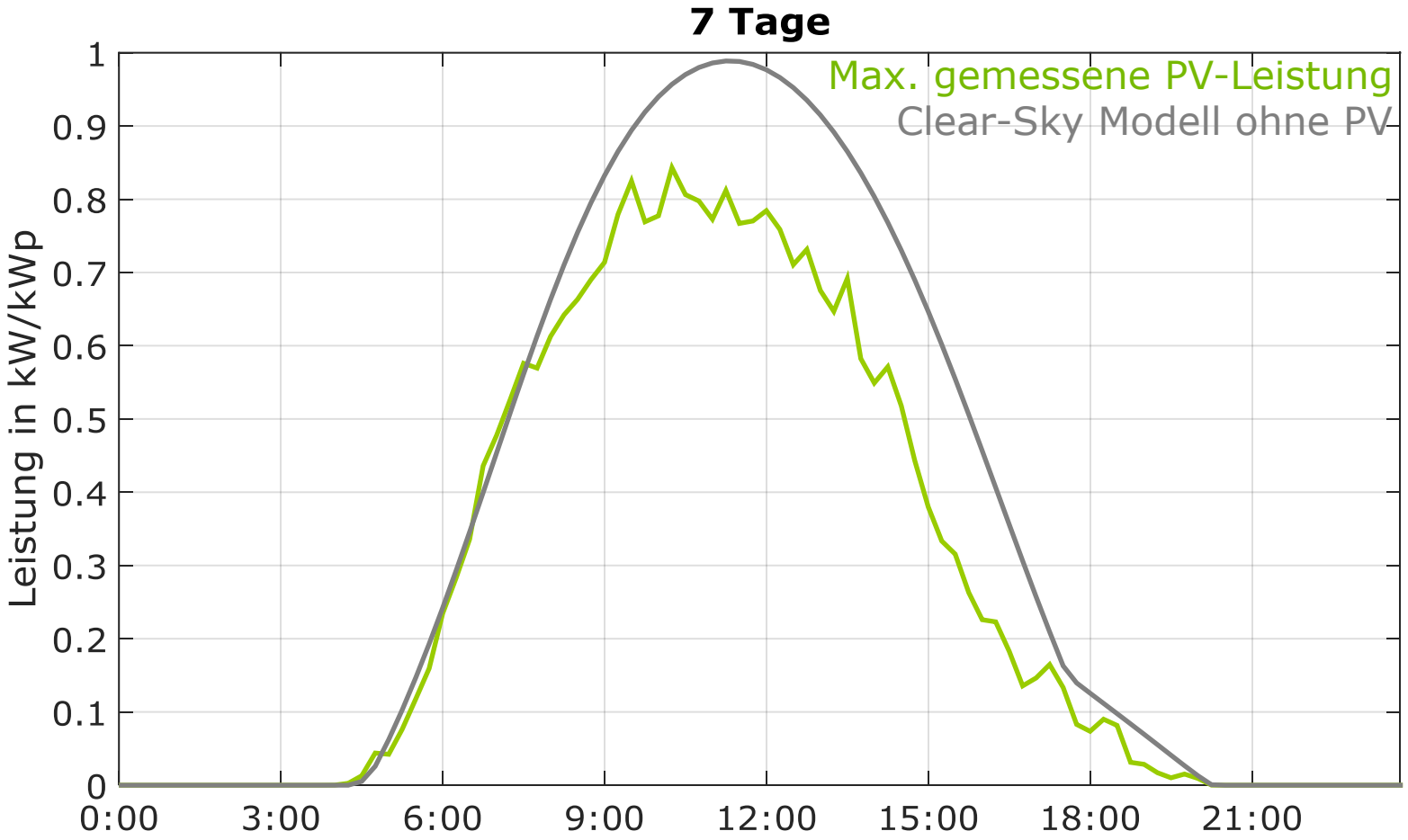
Lokal erstellte adaptive PV-Prognose



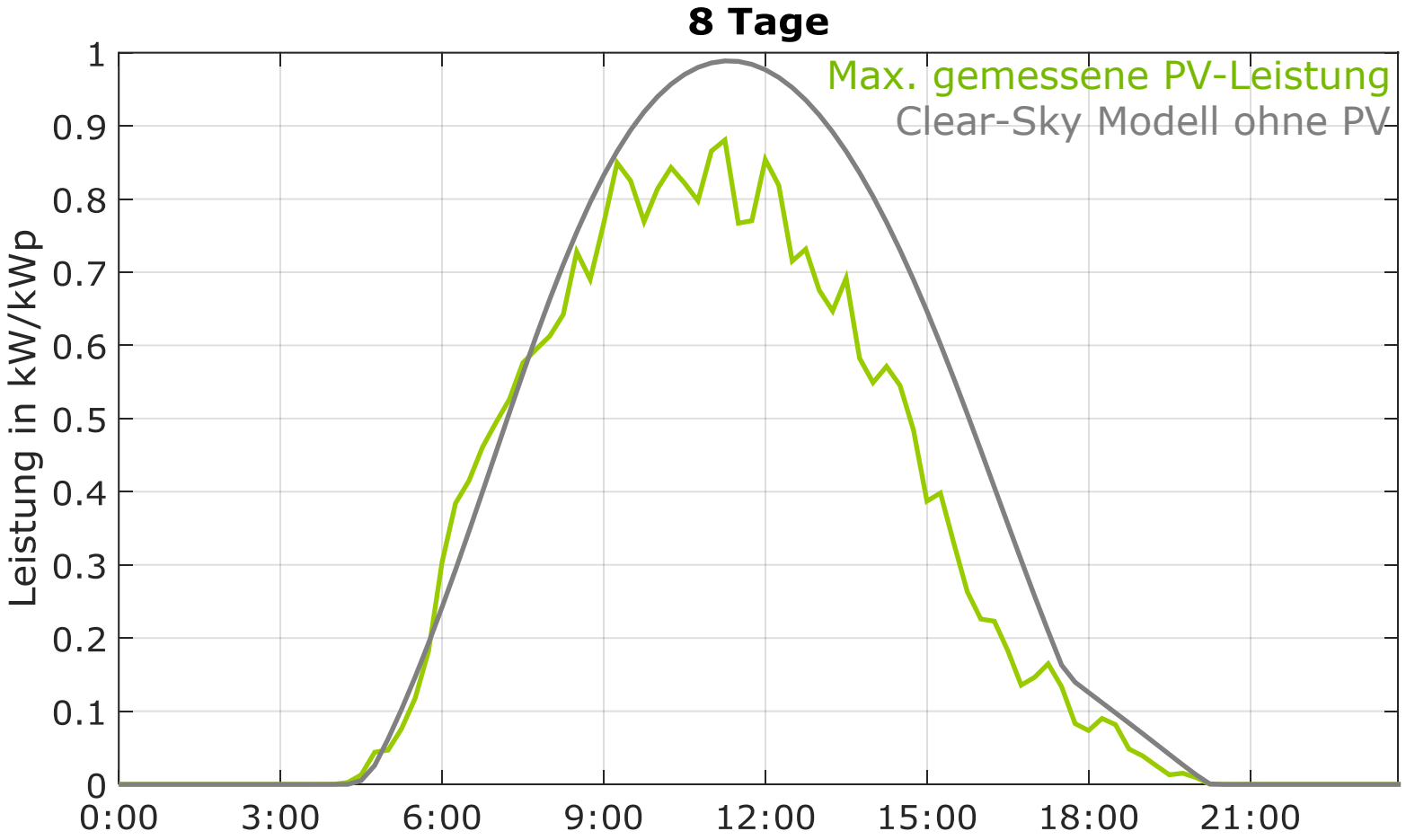
Lokal erstellte adaptive PV-Prognose



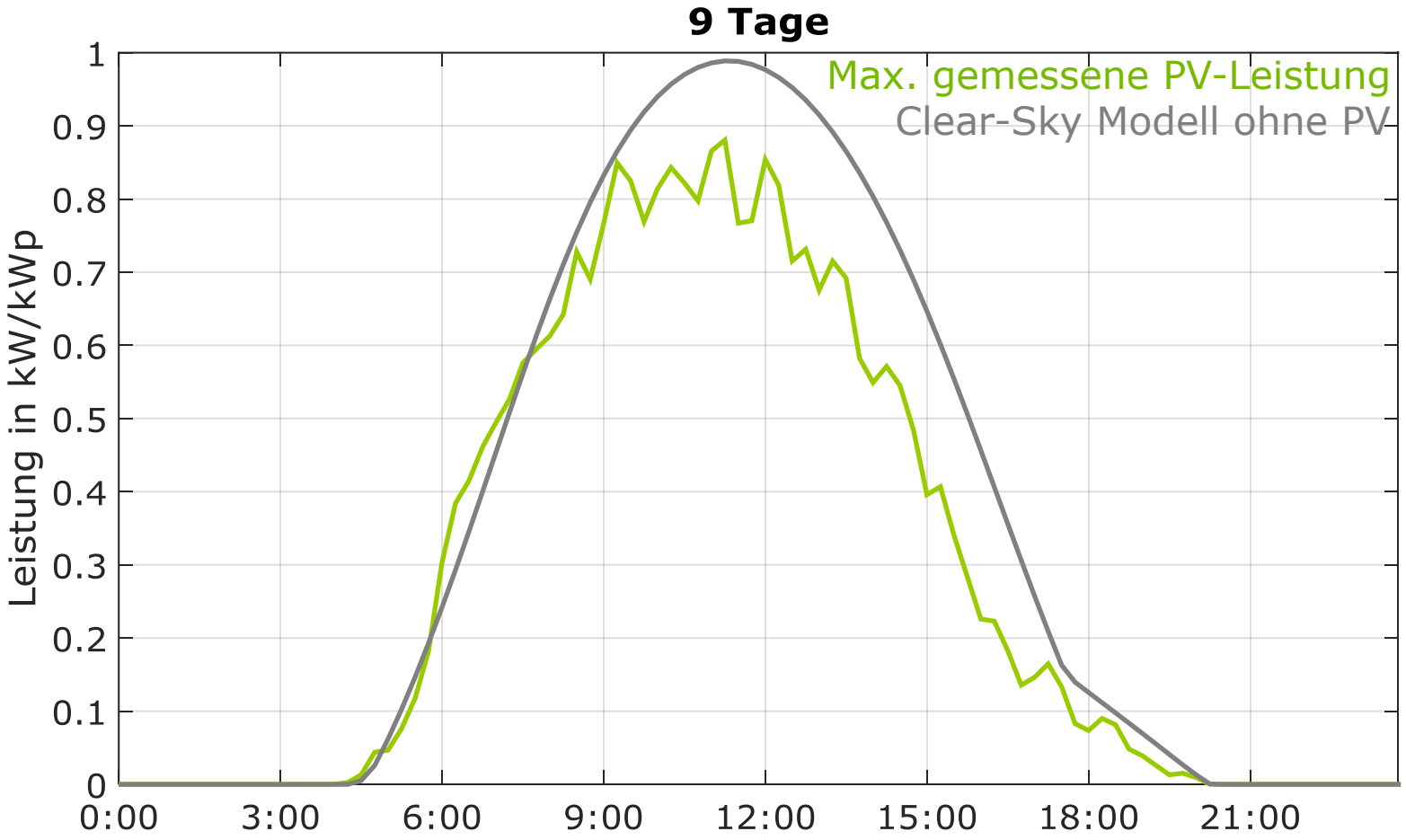
Lokal erstellte adaptive PV-Prognose



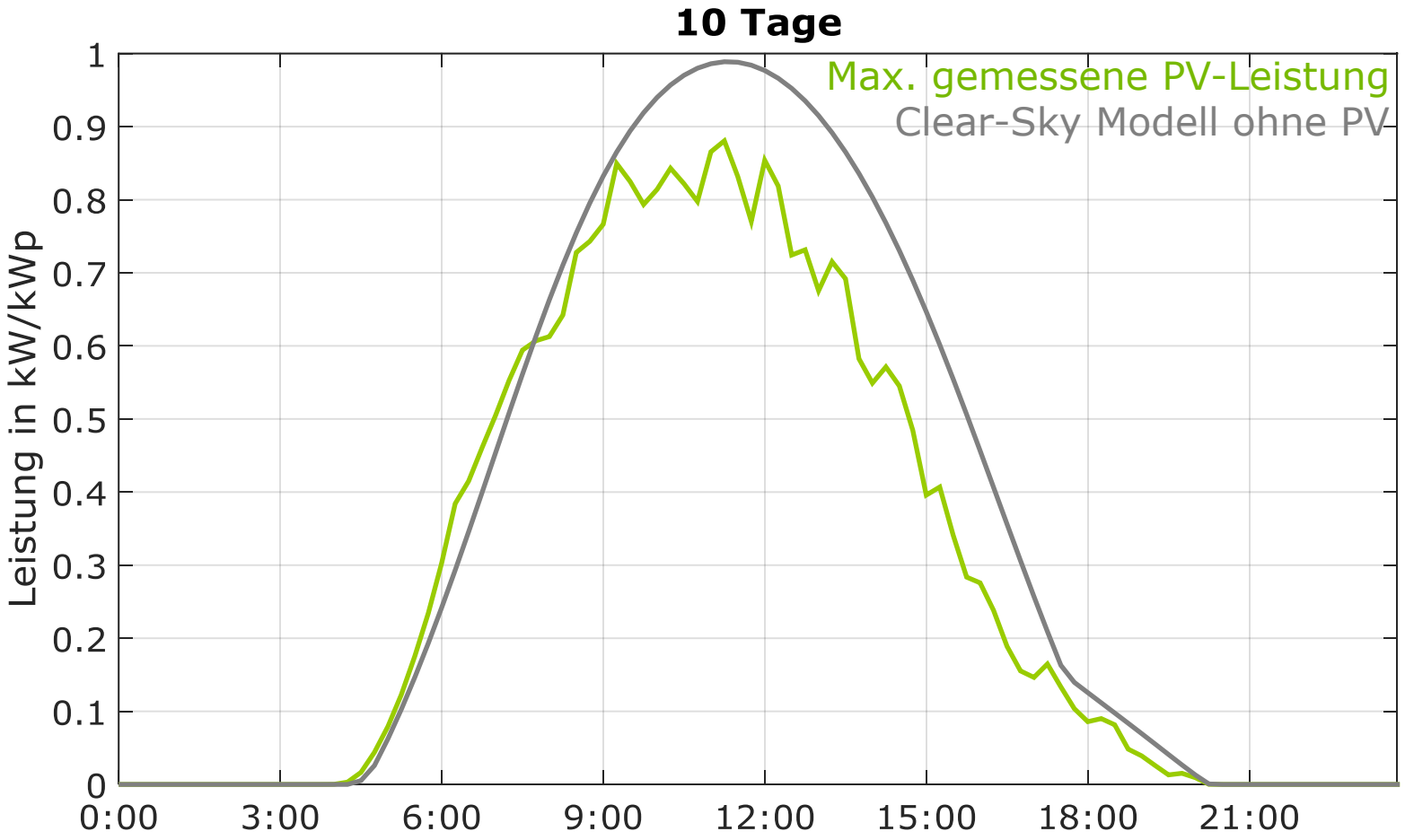
Lokal erstellte adaptive PV-Prognose



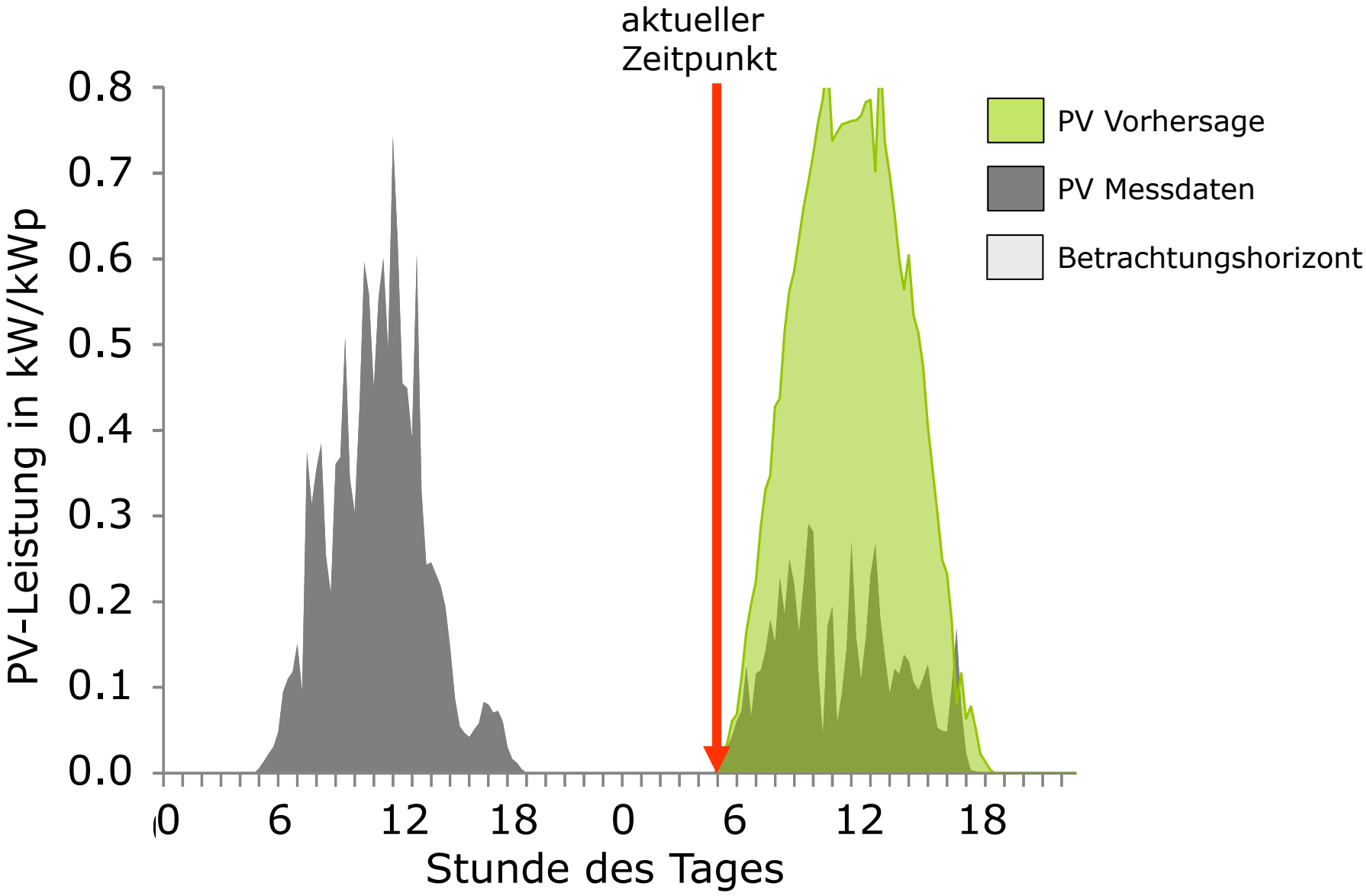
Lokal erstellte adaptive PV-Prognose



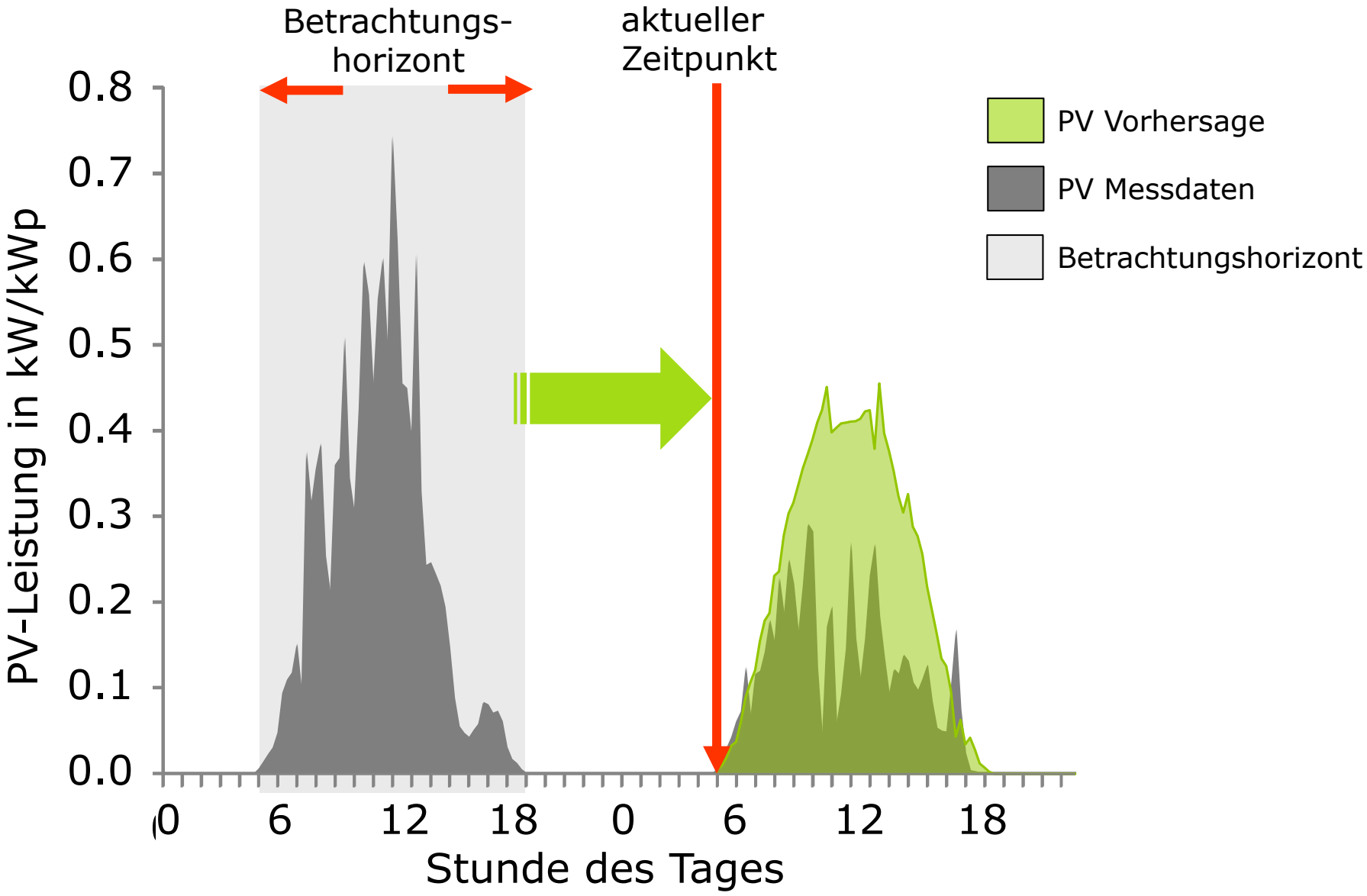
Lokal erstellte adaptive PV-Prognose



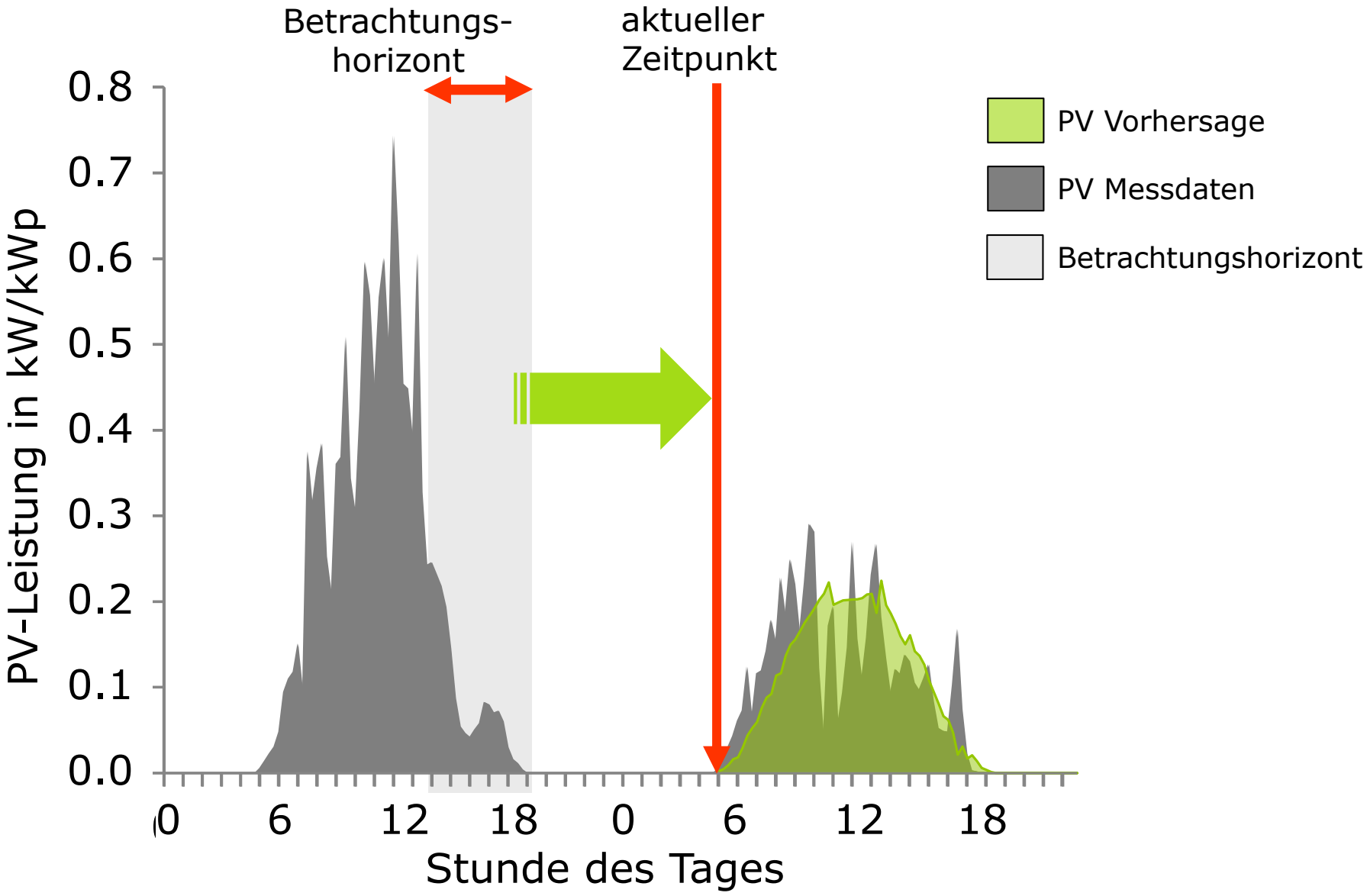
Lokal erstellte adaptive PV-Prognose



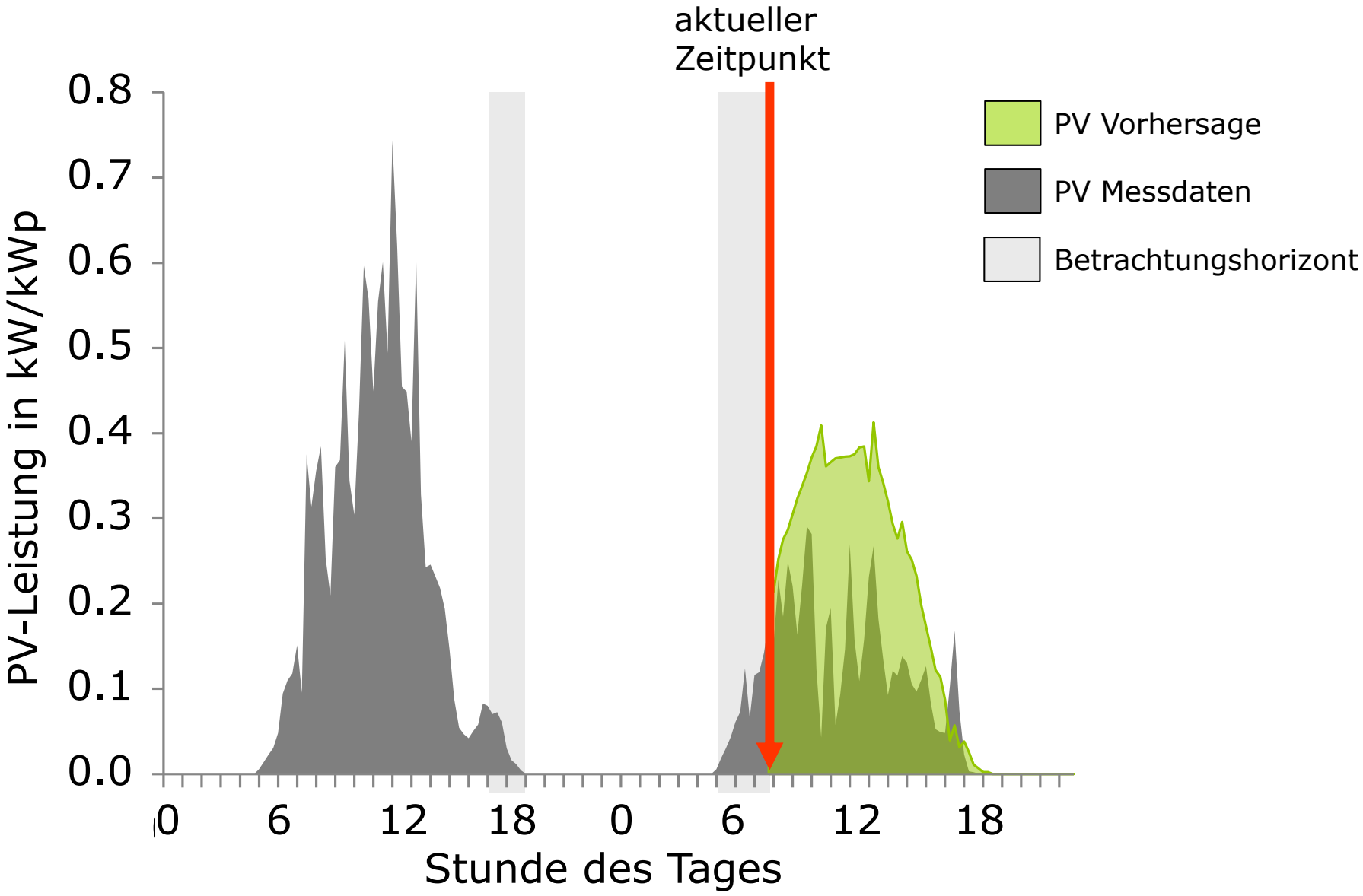
Lokal erstellte adaptive PV-Prognose



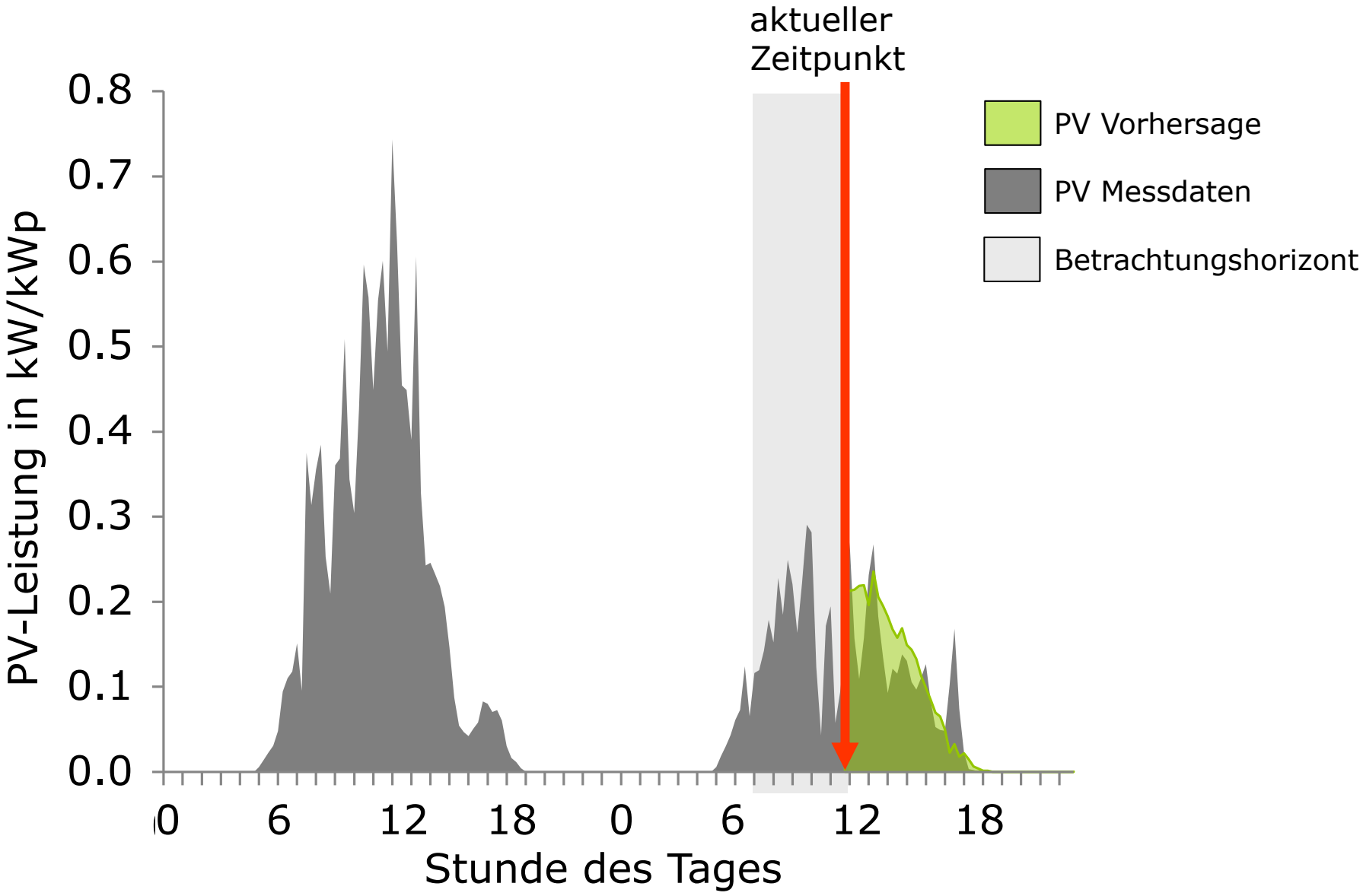
Lokal erstellte adaptive PV-Prognose



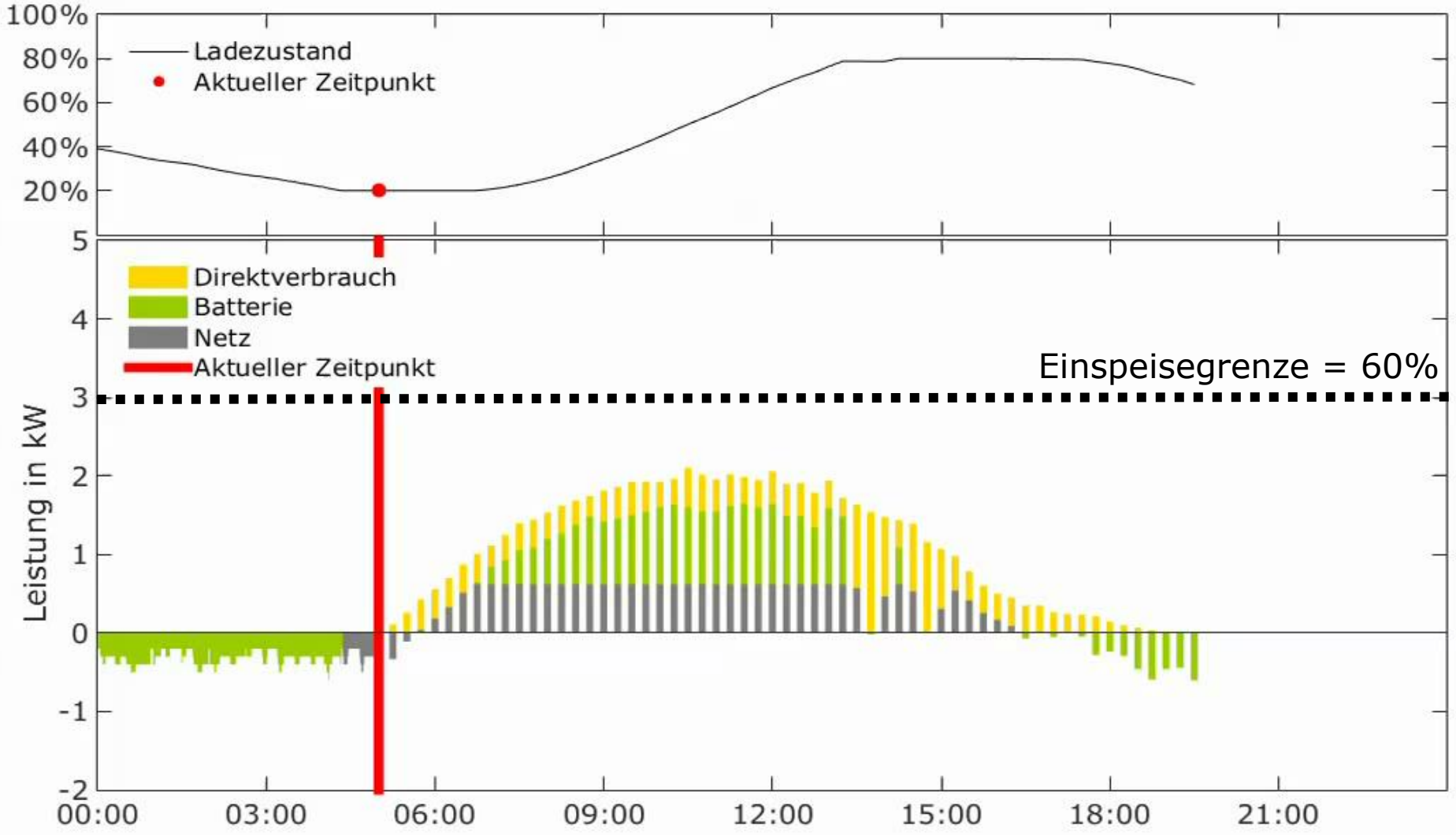
Lokal erstellte adaptive PV-Prognose



Lokal erstellte adaptive PV-Prognose

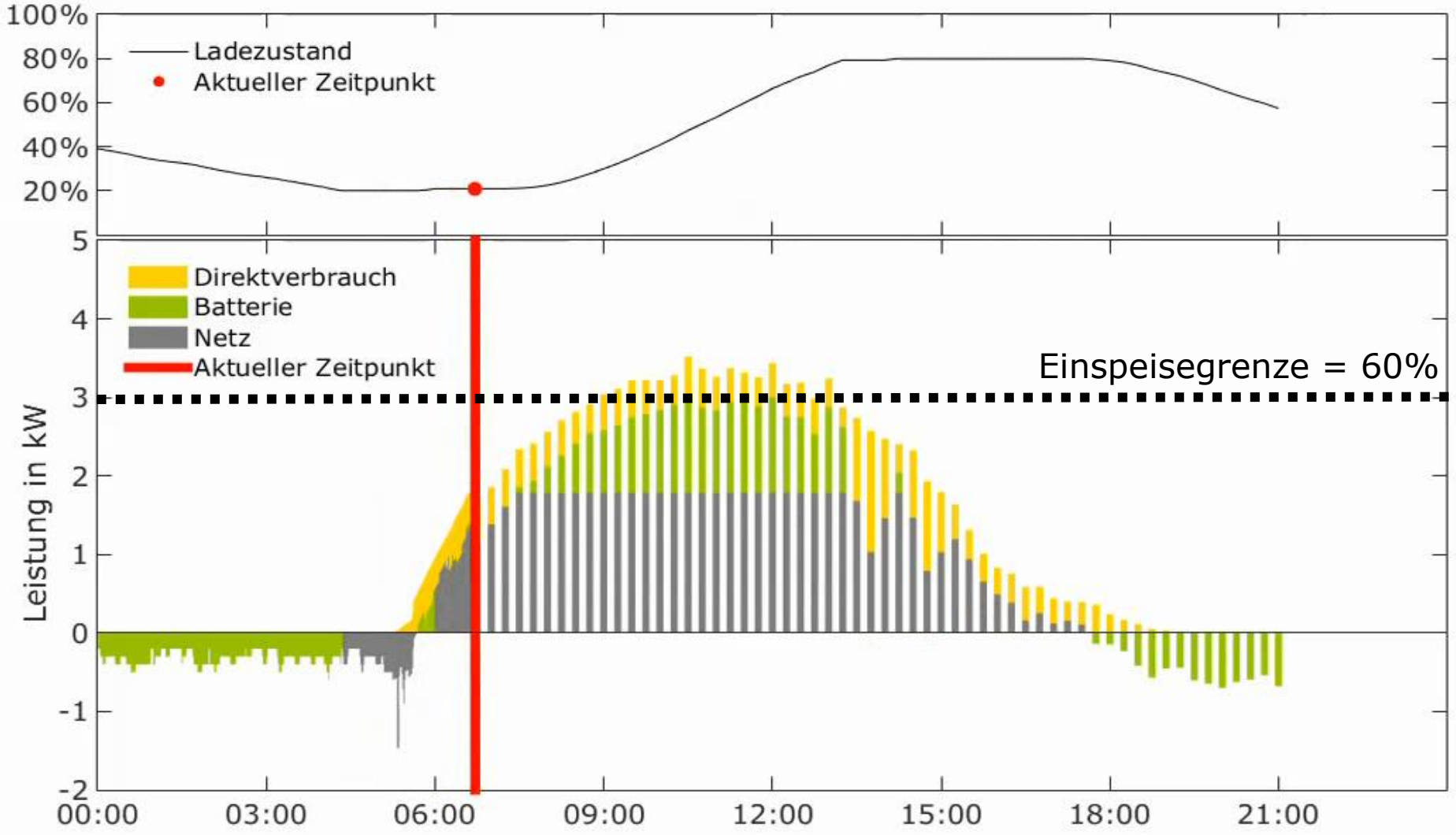


Energieflüsse: Adaptive Last- und PV-Prognose



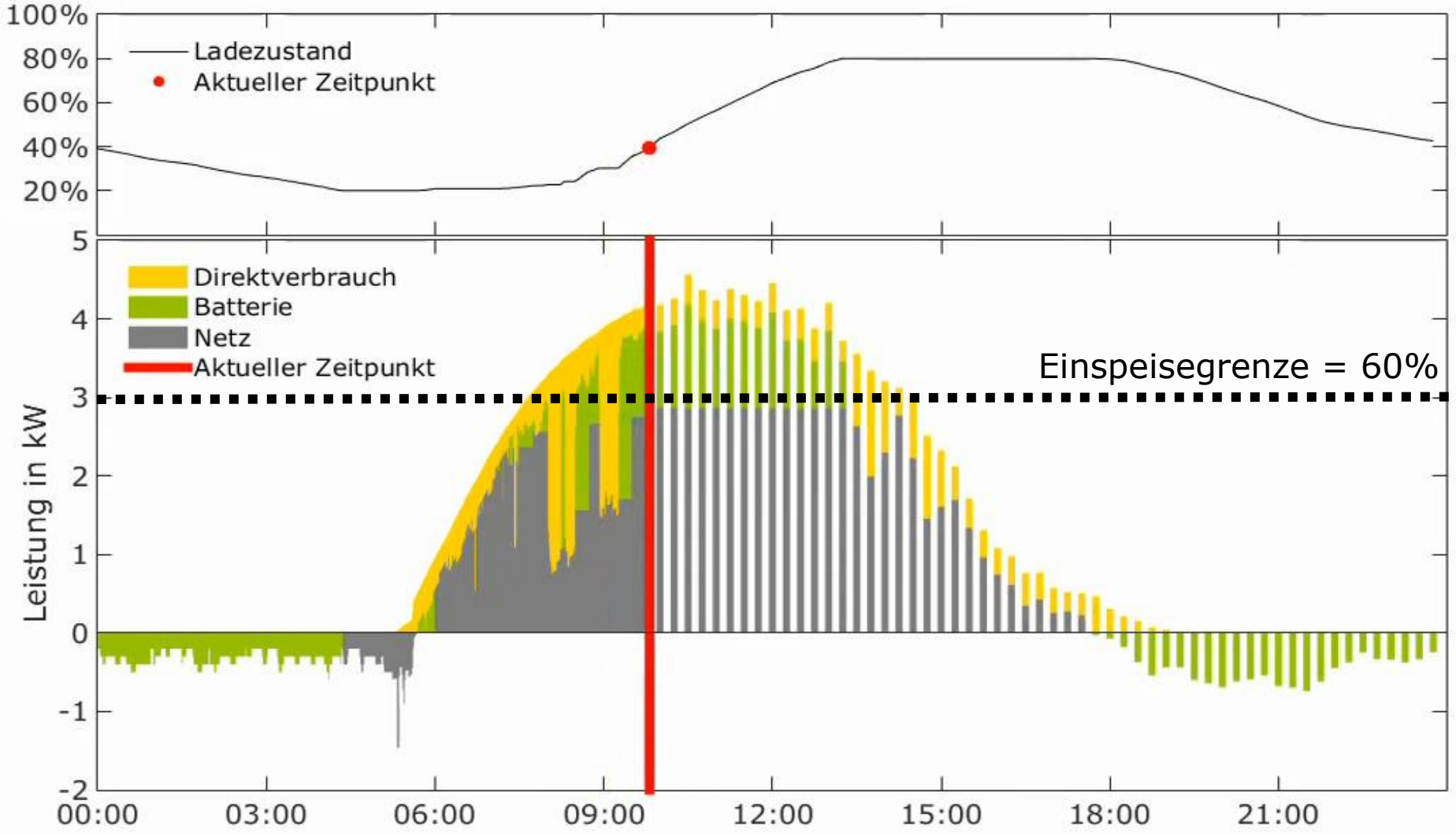
Stromverbrauch 5300 kWh/a, PV-System 5,3 kWp, nutzbare Batteriekapazität 5,3 kWh

Energieflüsse: Adaptive Last- und PV-Prognose



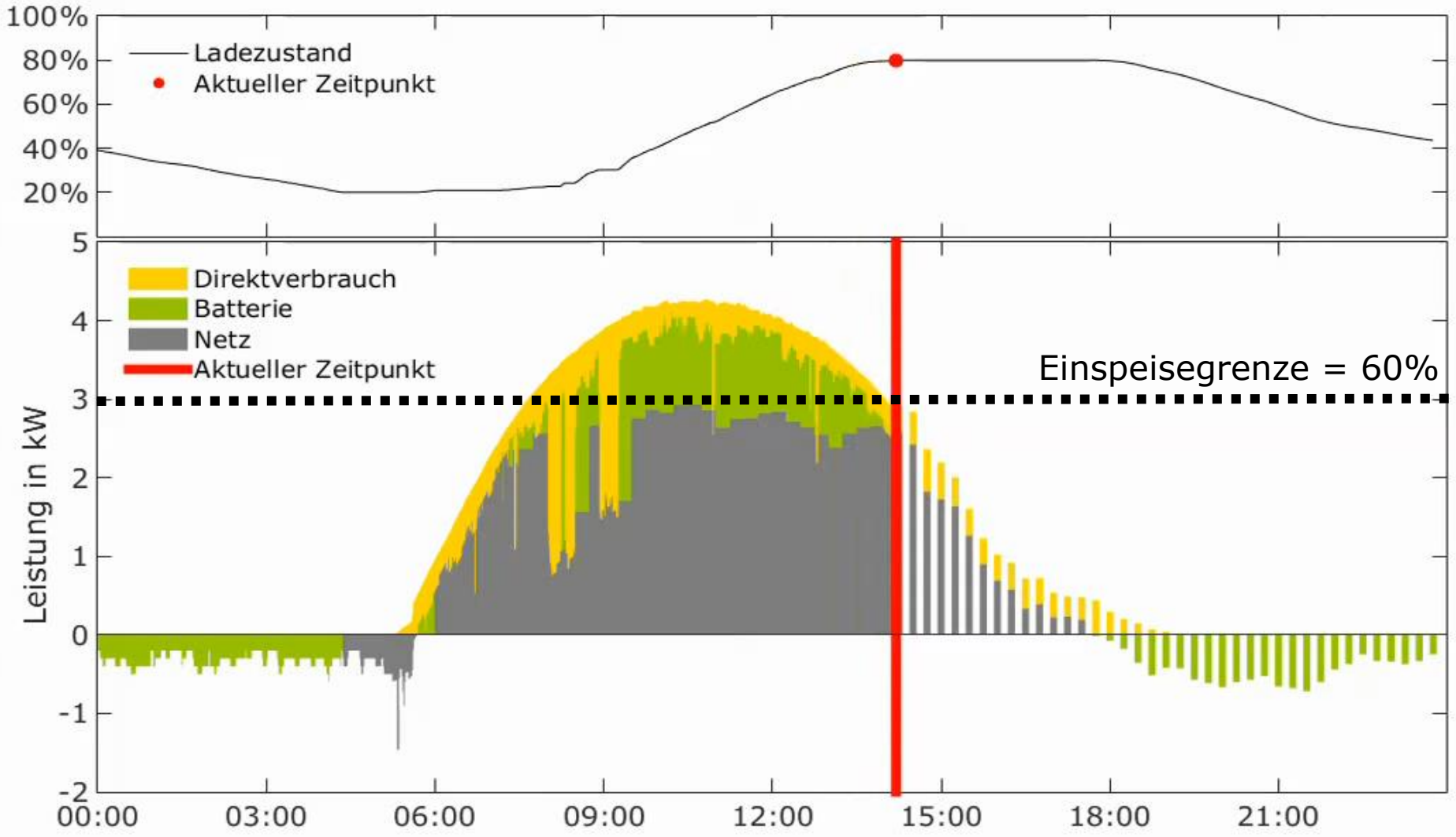
Stromverbrauch 5300 kWh/a, PV-System 5,3 kWp, nutzbare Batteriekapazität 5,3 kWh

Energieflüsse: Adaptive Last- und PV-Prognose



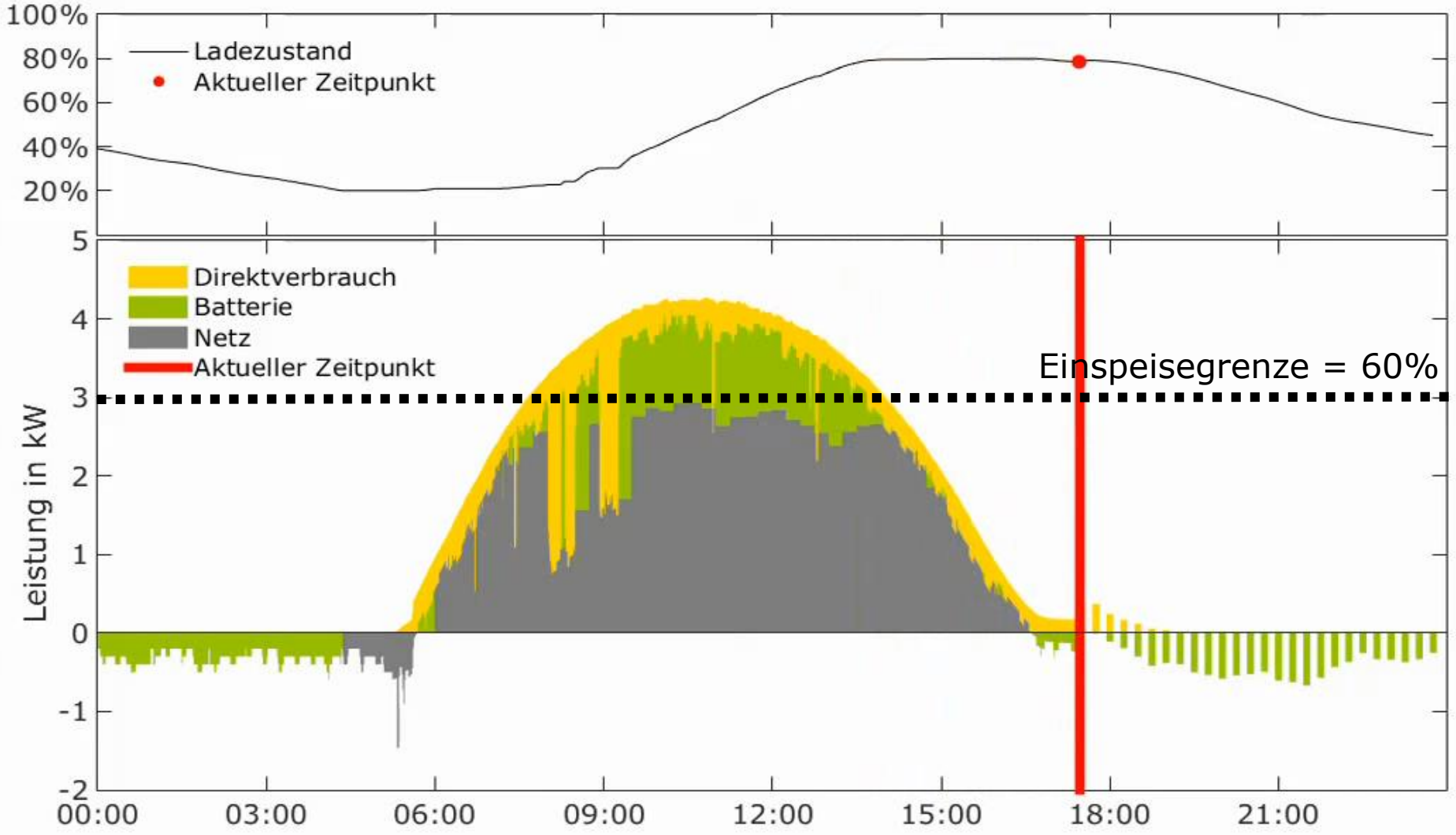
Stromverbrauch 5300 kWh/a, PV-System 5,3 kWp, nutzbare Batteriekapazität 5,3 kWh

Energieflüsse: Adaptive Last- und PV-Prognose



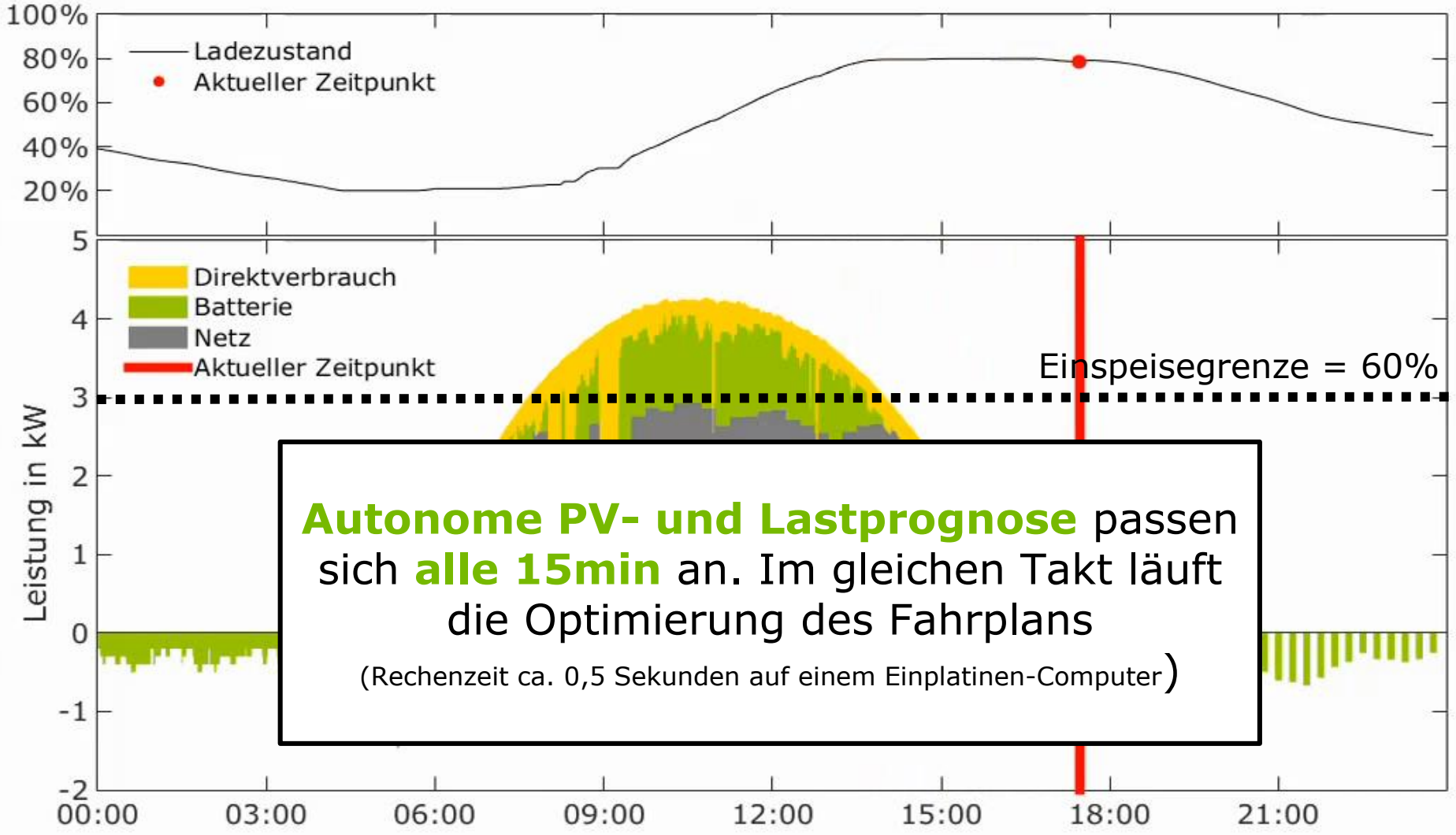
Stromverbrauch 5300 kWh/a, PV-System 5,3 kWp, nutzbare Batteriekapazität 5,3 kWh

Energieflüsse: Adaptive Last- und PV-Prognose



Stromverbrauch 5300 kWh/a, PV-System 5,3 kWp, nutzbare Batteriekapazität 5,3 kWh

Energieflüsse: Adaptive Last- und PV-Prognose



Autonome PV- und Lastprognose passen sich **alle 15min** an. Im gleichen Takt läuft die Optimierung des Fahrplans

(Rechenzeit ca. 0,5 Sekunden auf einem Einplatinen-Computer)

Stromverbrauch 5300 kWh/a, PV-System 5,3 kWp, nutzbare Batteriekapazität 5,3 kWh

Einbindung der Wärmepumpe

Hersteller-Umfrage zum „SG Ready Label“

1021 WP-Modelle
Stand 14.10.2016

4 mögliche Schaltzustände für Wärmepumpen

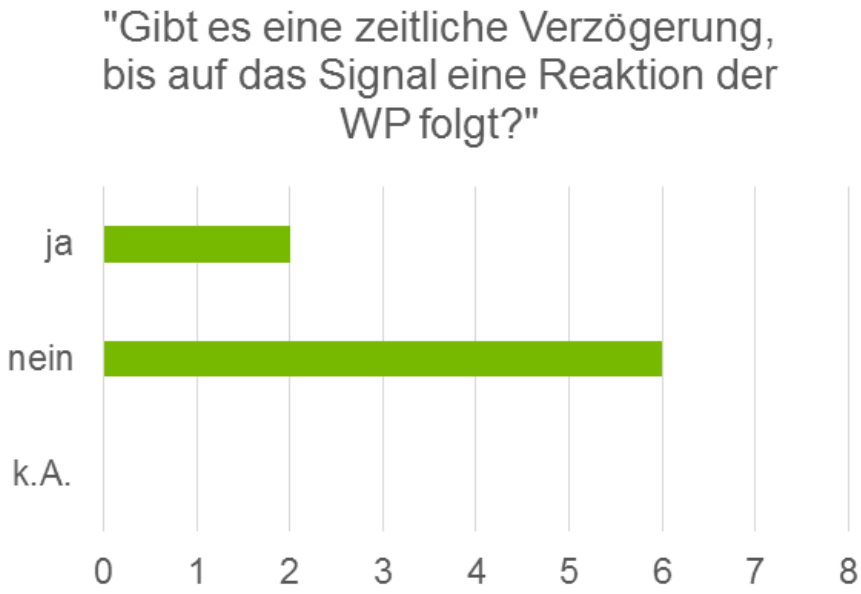
- 1: maximal 2 Stunden harte Sperrzeit
- 2: Normalbetrieb
- 3: Einschaltempfehlung zum verstärkten Betrieb
- 4: Einschaltbefehl mit neuen Sollwerten

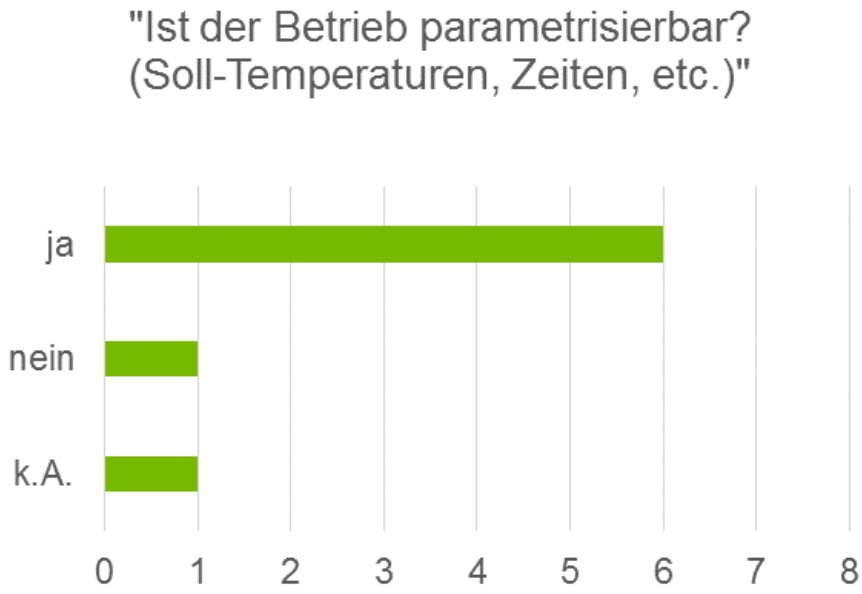
Hersteller-Umfrage zum „SG Ready Label“

1021 WP-Modelle
Stand 14.10.2016

4 mögliche Schaltzustände für Wärmepumpen

- 1: maximal 2 Stunden harte Sperrzeit
- 2: Normalbetrieb
- 3: Einschaltempfehlung zum verstärkten Betrieb
- **4: Einschaltbefehl mit neuen Sollwerten**





Festlegung einer robusten & vereinfachten Regelung

„4“ $P_{surplus} \geq f_{on/off} * P_{WP,nom}$

$P_{surplus}$ PV-Leistung minus Last in W

$P_{WP,nom}$ elektrische Nennleistung der WP in W

$f_{on/off}$ Ein-/Ausschaltschwelle [10 bis 150%]

„2“ $P_{PV} \leq f_{on/off} * P_{load}$

P_{PV} PV-Erzeugungsleistung in W

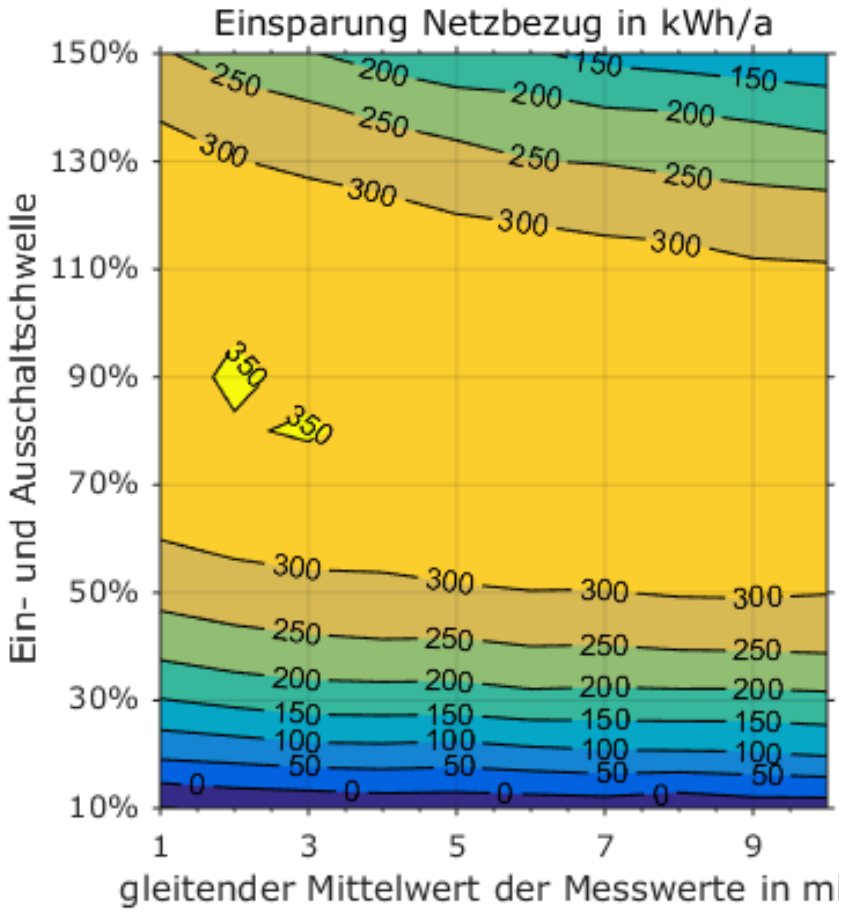
P_{load} Haushaltsstromverbrauch inkl. WP in W

- einsetzbar für **Trinkwarmwasser- und Heizungswärmepumpen**
- nur **ein Parameterwert** zum verändern (Endkunde, Installateur)
- Angaben zur **Konfiguration** lediglich PV- und Wärmepumpenleistung
- **funktioniert** sowohl mit als auch ohne **Batteriespeichersystem**

Schaltstufe „4“ hier ohne Heizpatrone und bei einer max. Temperatur von 55 Grad Celsius

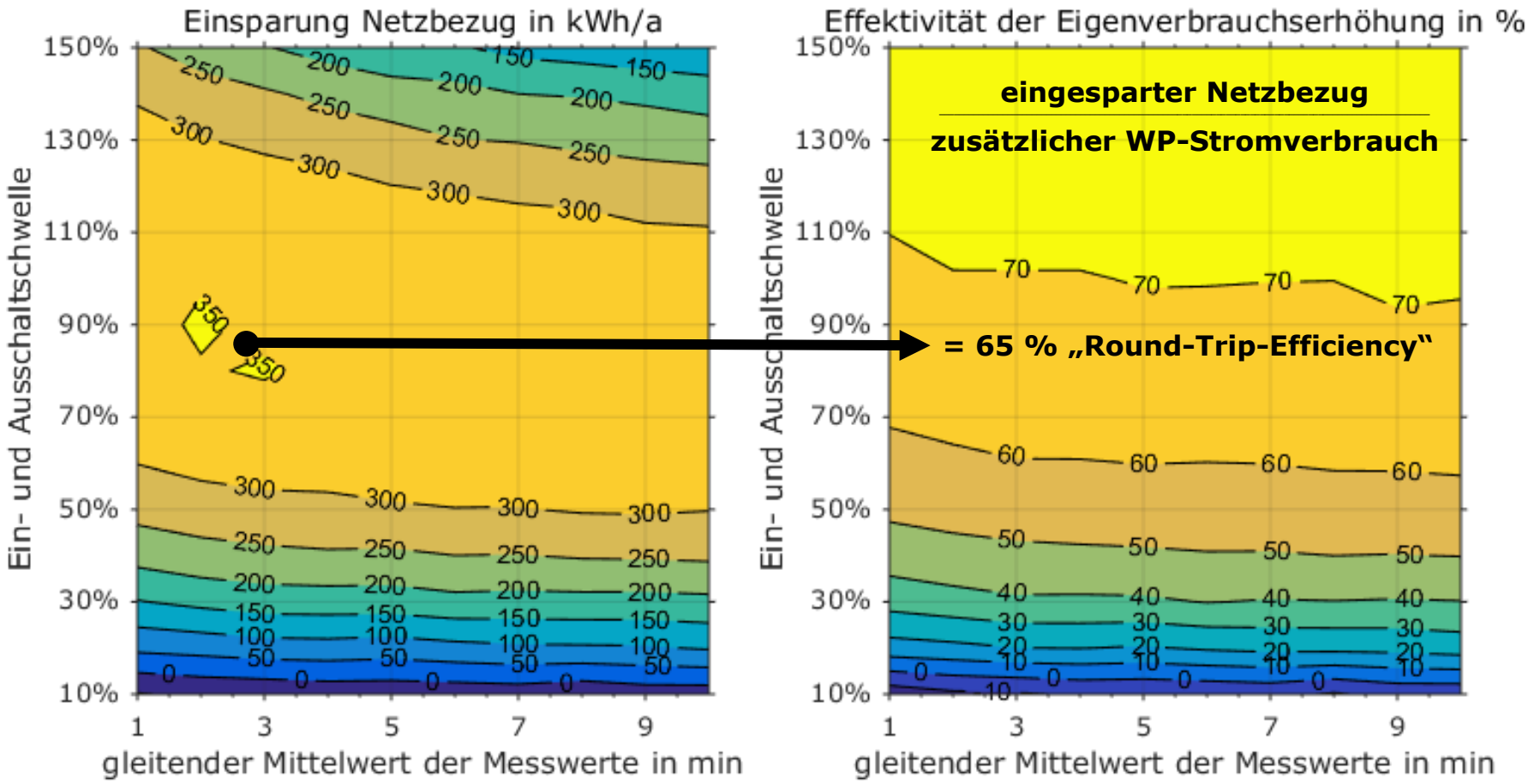
Identifikation sinnvoller Regelparameter

Modernisierter Altbau
PV-Leistung: 6,0 kWp,
Batteriespeicher: 6,0 kWh
WP-Leistung: 3 kW_{el}



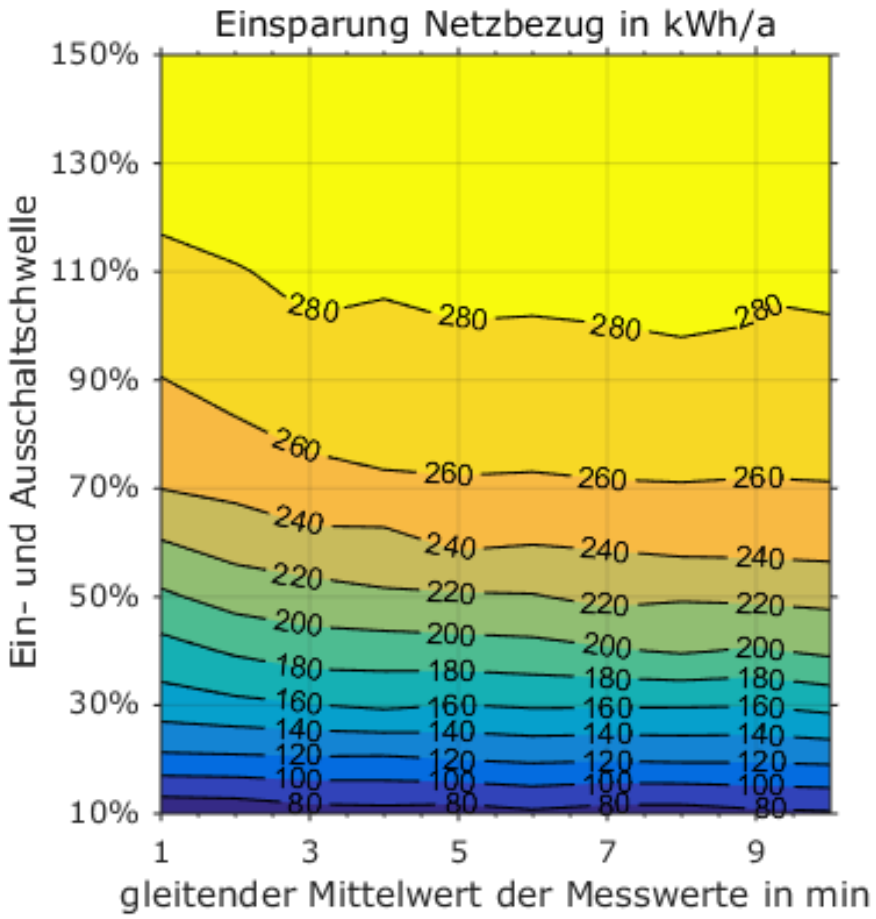
Identifikation sinnvoller Regelparameter

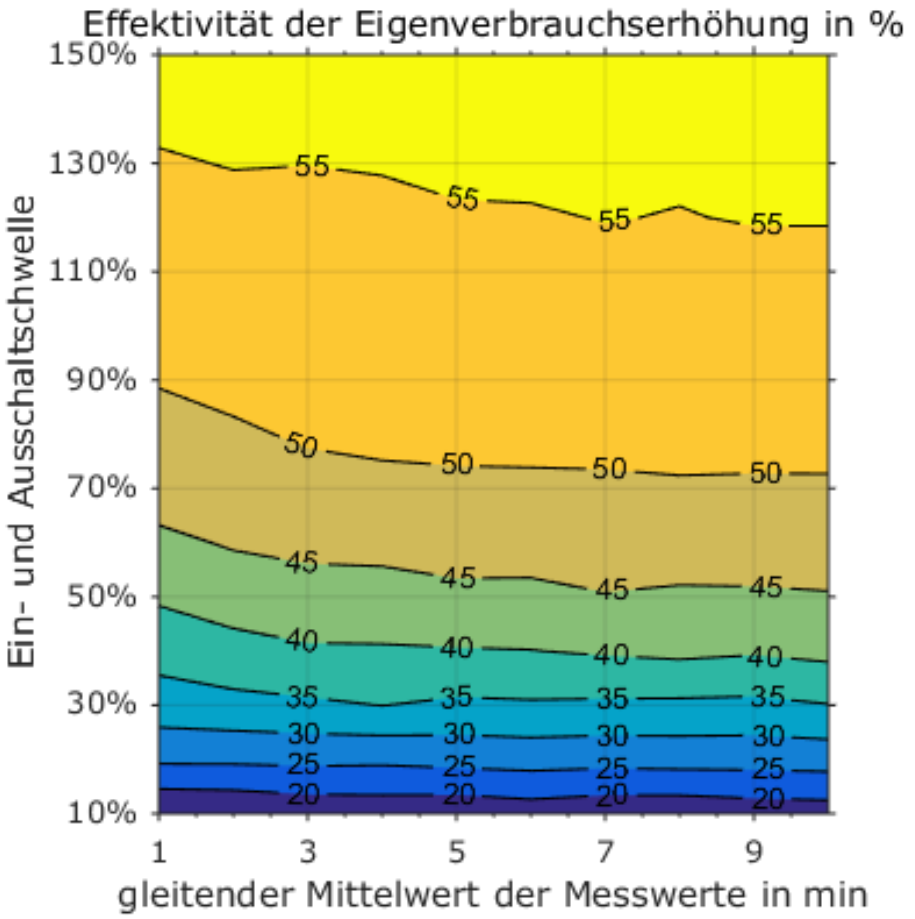
Modernisierter Altbau
PV-Leistung: 6,0 kWp,
Batteriespeicher: 6,0 kWh
WP-Leistung: 3 kW_{el}



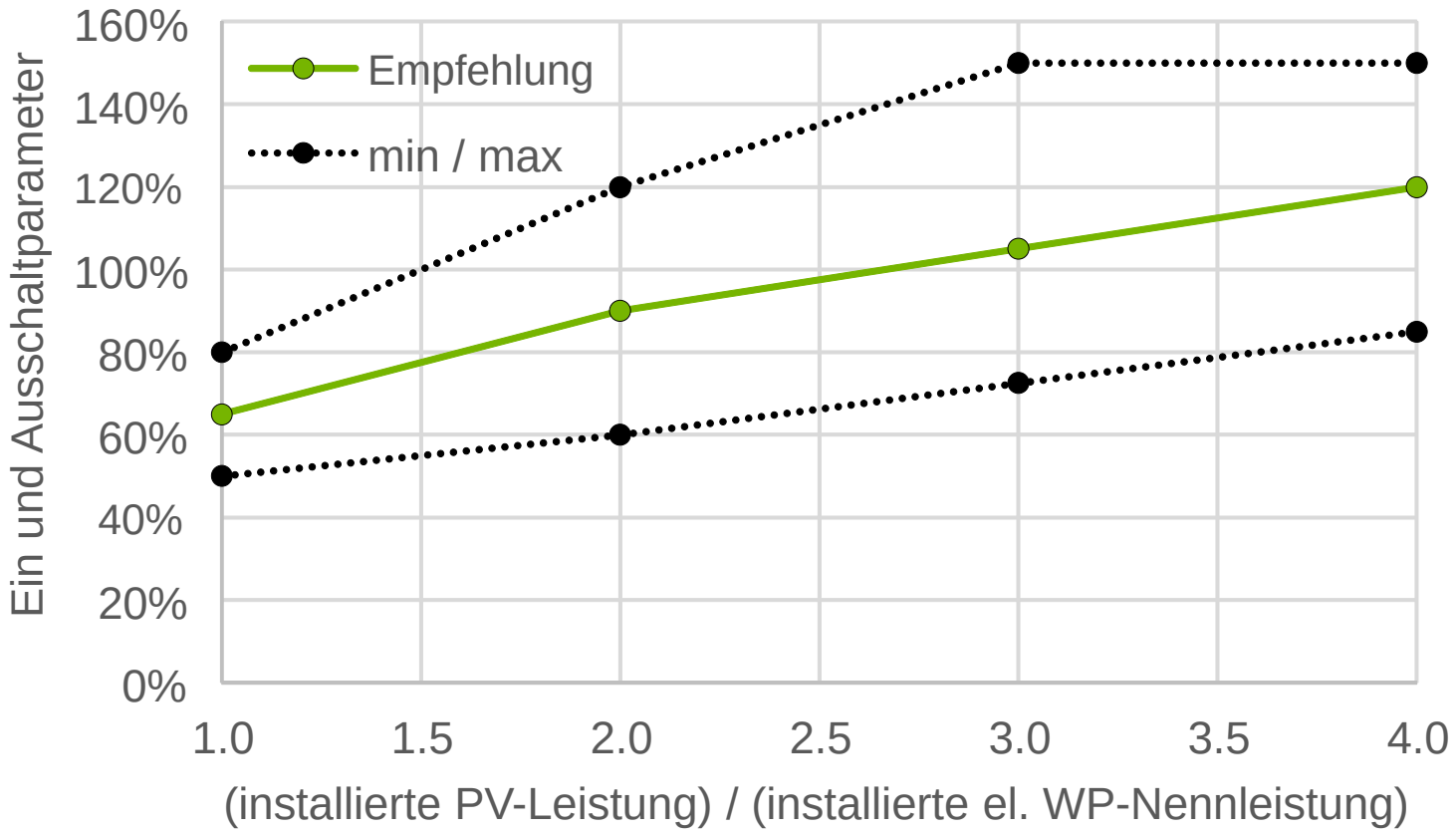
Identifikation sinnvoller Regelparameter

Passivhaus
PV-Leistung: 6,0 kWp,
Batteriespeicher: 6,0 kWh
WP-Leistung: 1,5 kW_{el}

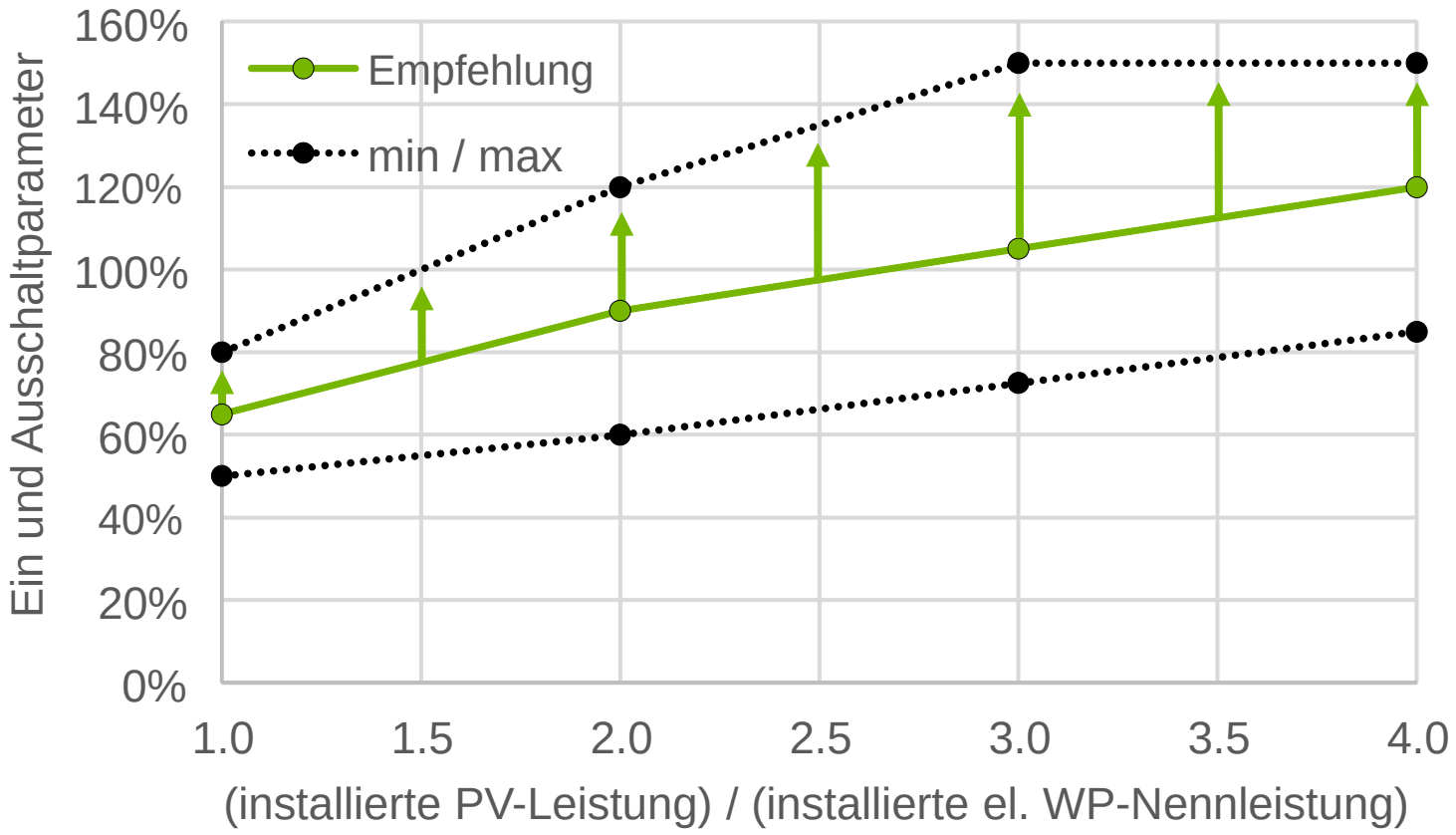




Sinnvolle Regelparameter: Empfehlungen und Grenzen



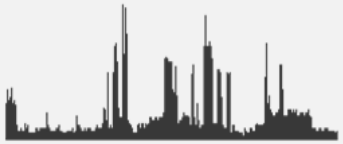
Sinnvolle Regelparameter: Empfehlungen und Grenzen



- Es ist sehr wichtig, den **Parameter nicht zu tief** zu setzen, da hierbei sowohl betriebs- als auch volkswirtschaftlich der **größte Schaden** entsteht.

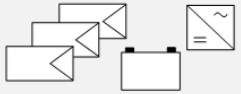
Einflüsse der Regelungen in der Anwendung

Simulation: Dörfliches Gebiet, 57 Haushalte



57 gemessene Lastprofile
1-minütige Auflösung über 1 Jahr
repräsentativ im Tages-/Jahresverlauf

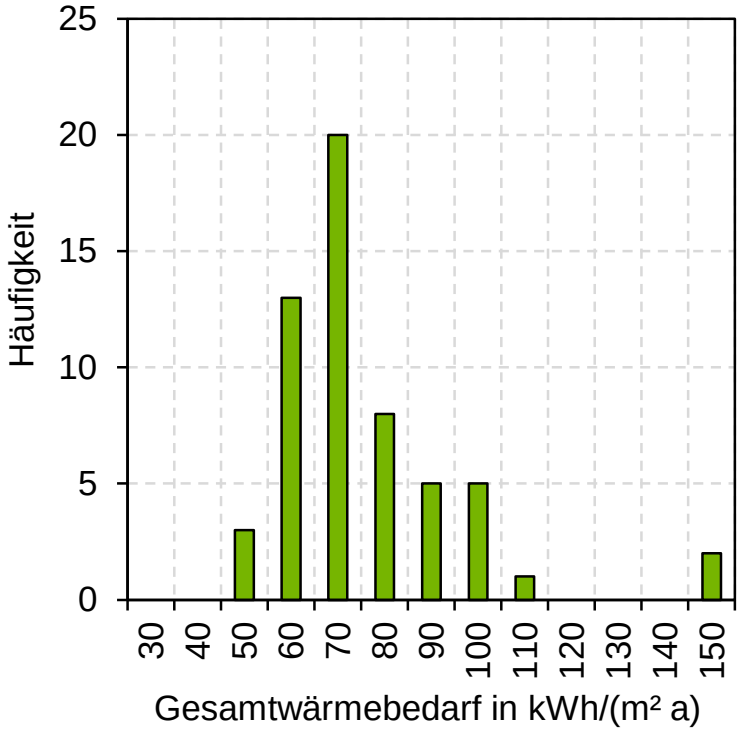
Gemessene Strahlungsdaten direkt / diffus
Gemessene Lufttemperatur
1-minütige Auflösung über ein Jahr

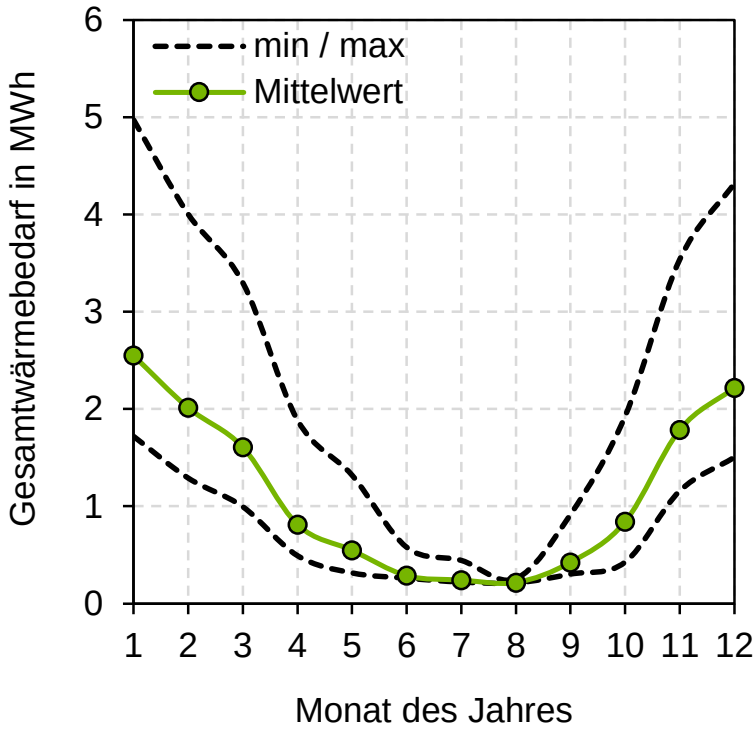


Wärmespeicher: 750 l Pufferspeicher
PV-System: 83% Performance Ratio
Speichersystem: 84% Wirkungsgrad
3,5 kW Umrichter

Stochastische Abbildung von 57 Systemen

	min	mittel	max
Wärme:	46	75	143 kWh/(m² a)
PV:	800	973	1020 kWh/kWp
JAZ WP:	2,8	3,0	3,2

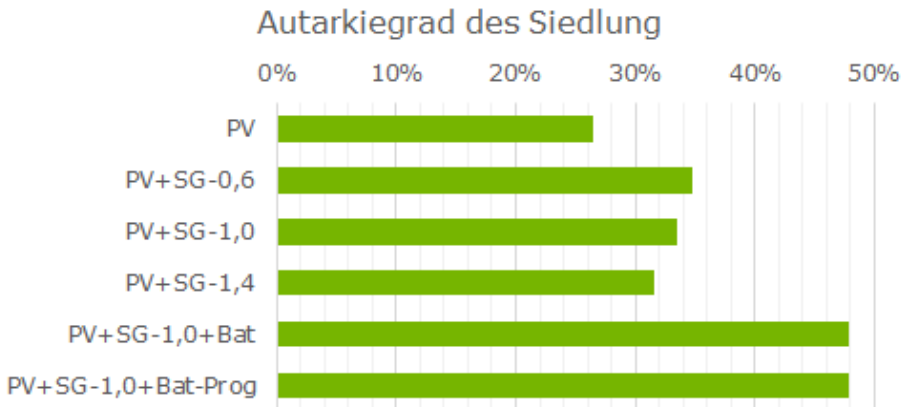


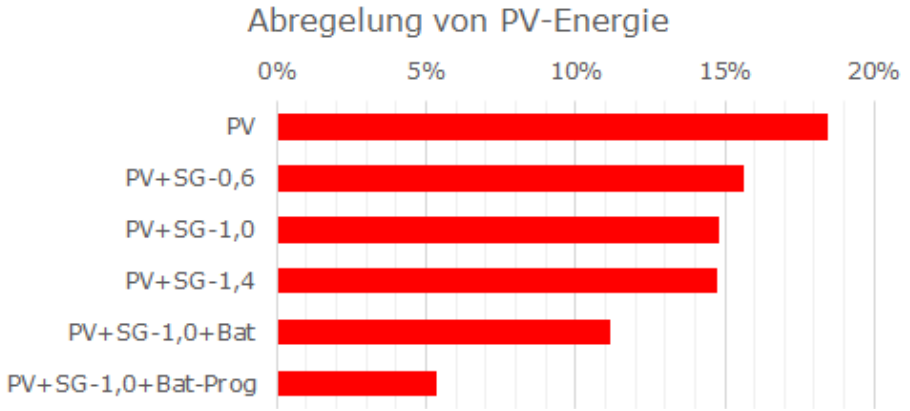


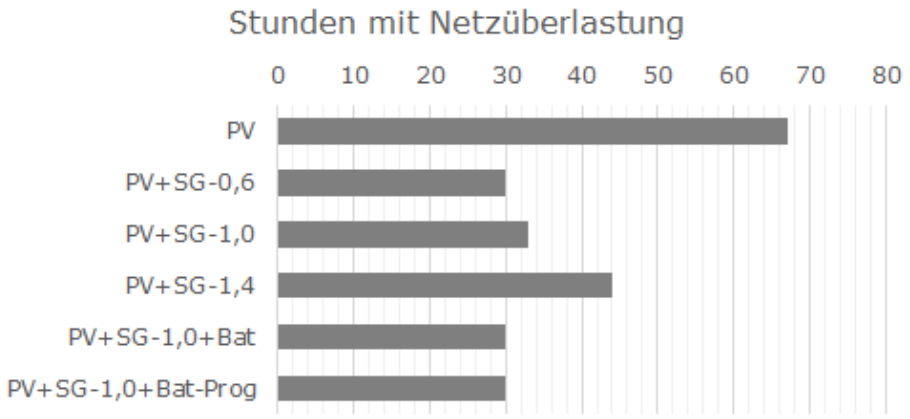
 Festlegung einer maximalen Leistung im Netz von 142 kVA (2,5 kVA pro Hausanschluss)

Ergebnisse:

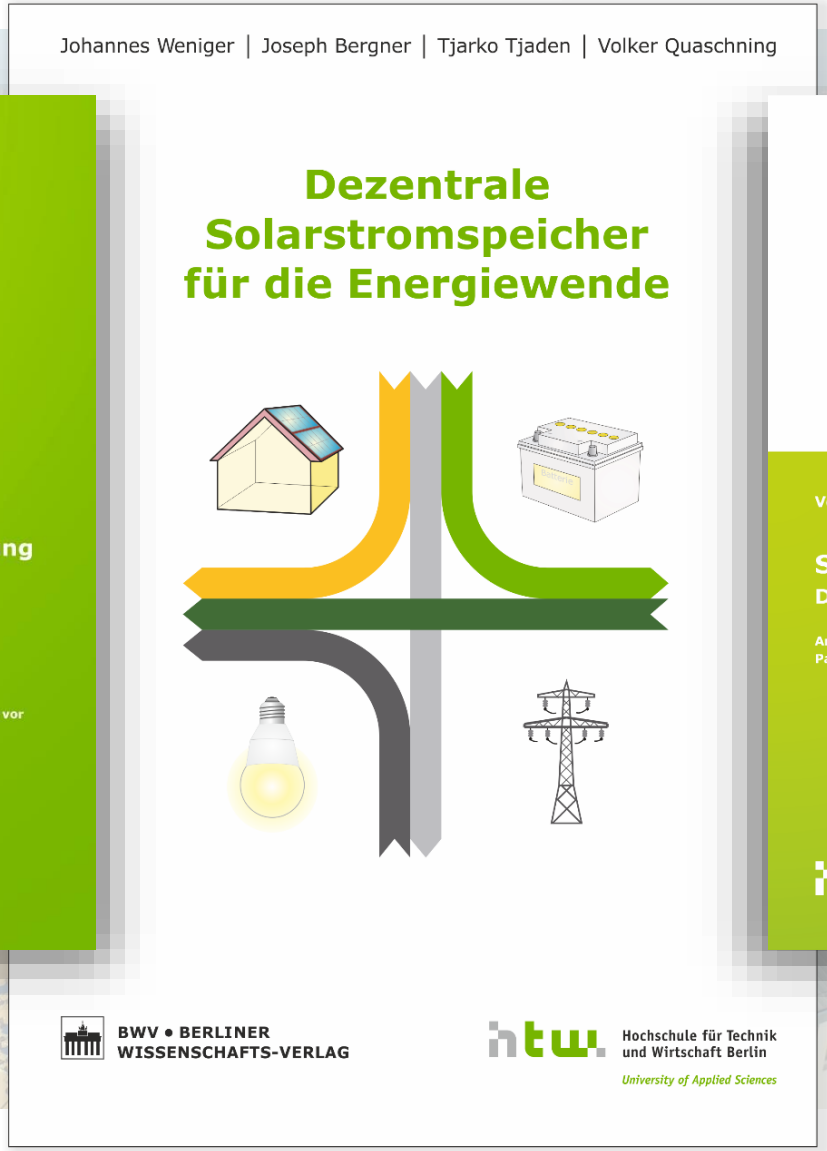
- Bei typisch dimensionierten Systemen hat die **Batterie** einen **größeren Einfluss** auf den Autarkiegrad als die **SG-Ready-Schnittstelle**.
- **Ökonomisch** macht die Schnittstelle trotzdem **Sinn**, da die Umsetzung einfach ist.
- **Prognosebasierte Betriebsstrategien** sollten zur Vermeidung von Abregelungsverlusten und Verlängerung der Lebensdauer **eingesetzt werden**.
- **Gezielte nächtliche Entladung** des Batteriespeichers ins Netz sollte gesetzlich erlaubt werden.
- Die **Effizienzen** von **Gebäuden** und **Wärmepumpen** sind entscheidend für die künftige **Stabilität im Verteilnetz.**

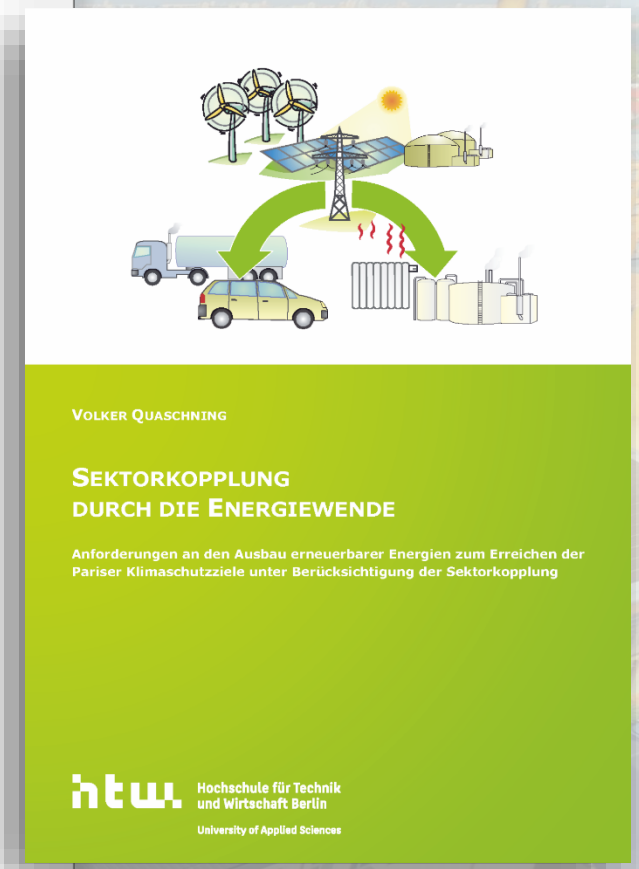






Vielen Dank für die Aufmerksamkeit





pvspeicher.htw-berlin.de

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

pvspeicher.htw-berlin.de