



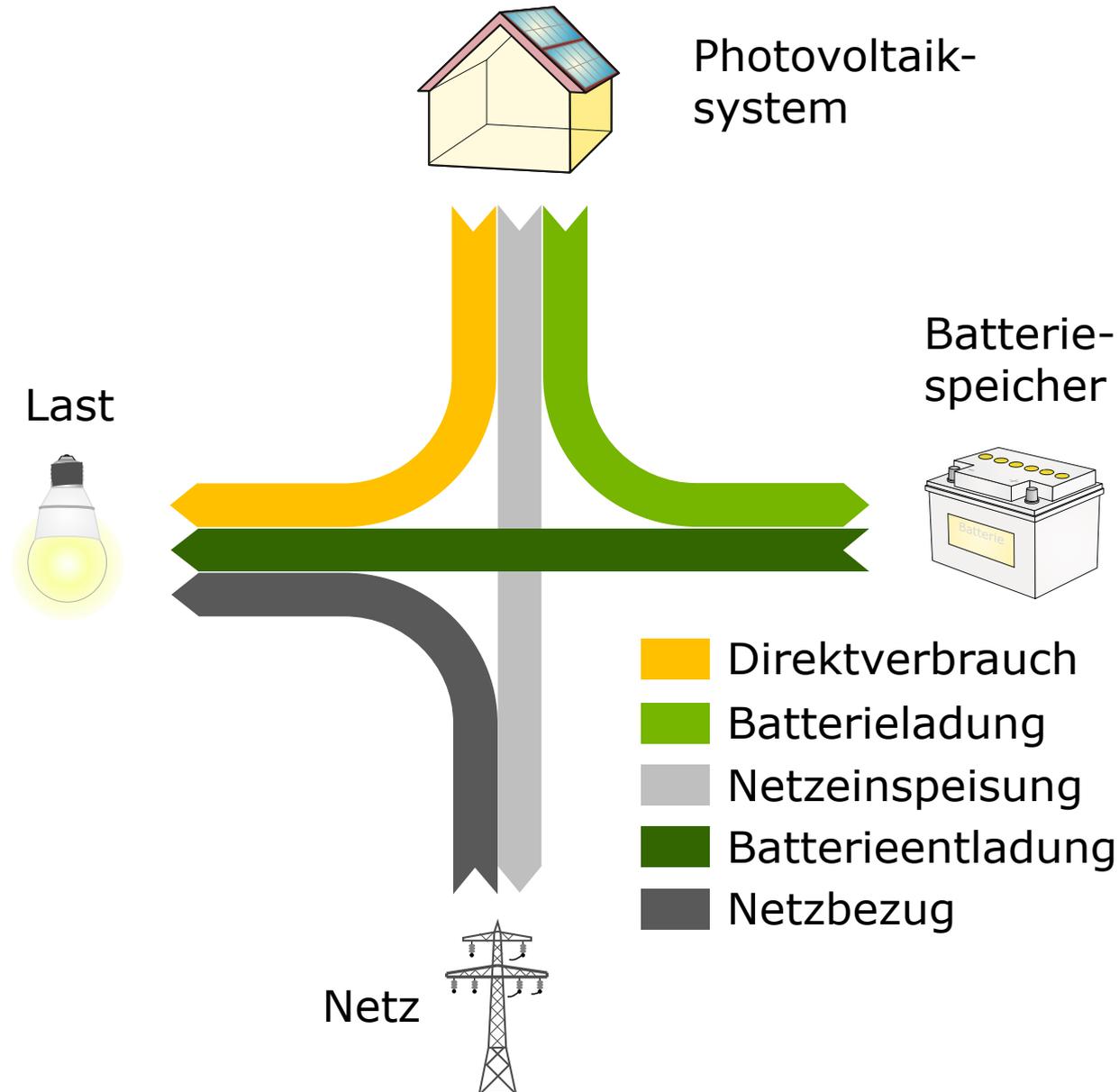
## Vorteile und Praxisprobleme bei Speichersystemen für Photovoltaikanlagen

Tjarko Tjaden, Johannes Weniger, Joseph Bergner, Volker Quaschnig  
Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) Berlin

Workshop DSC: Solarbetreiber - eine starke Gemeinschaft  
Praxistipps für Photovoltaik-Nutzer

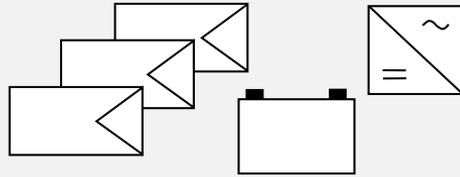
12. Juni 2015, ICM – Internationales Congress Center München

# Energieflüsse von PV-Speichersystemen



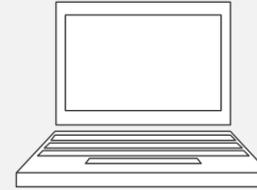
# Einflüsse auf die energetische Bewertung

## Systemtechnik



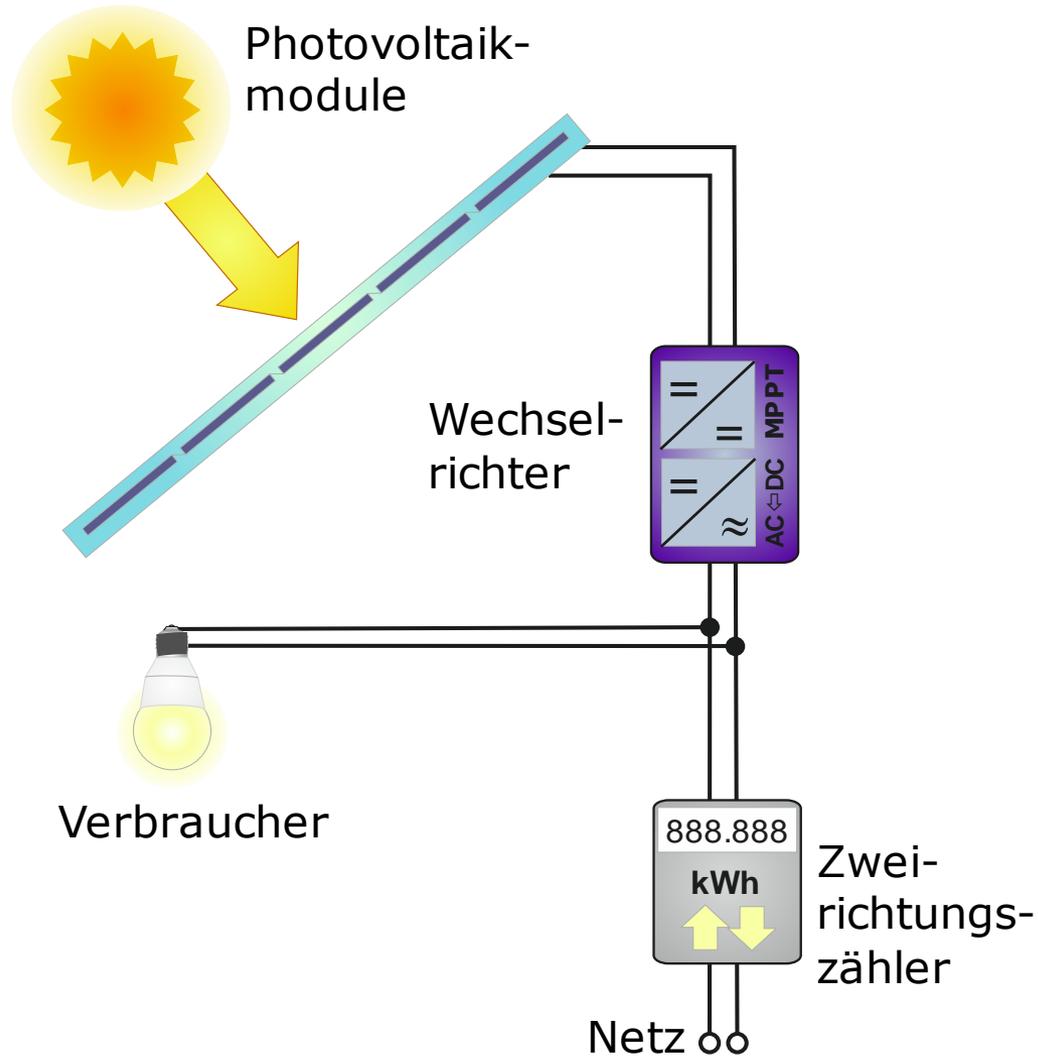
- PV-Leistung
- Speicherkapazität
- Speicherleistung
- Batterietechnologie
- Ladeverfahren
- Systemtopologie

## Simulation

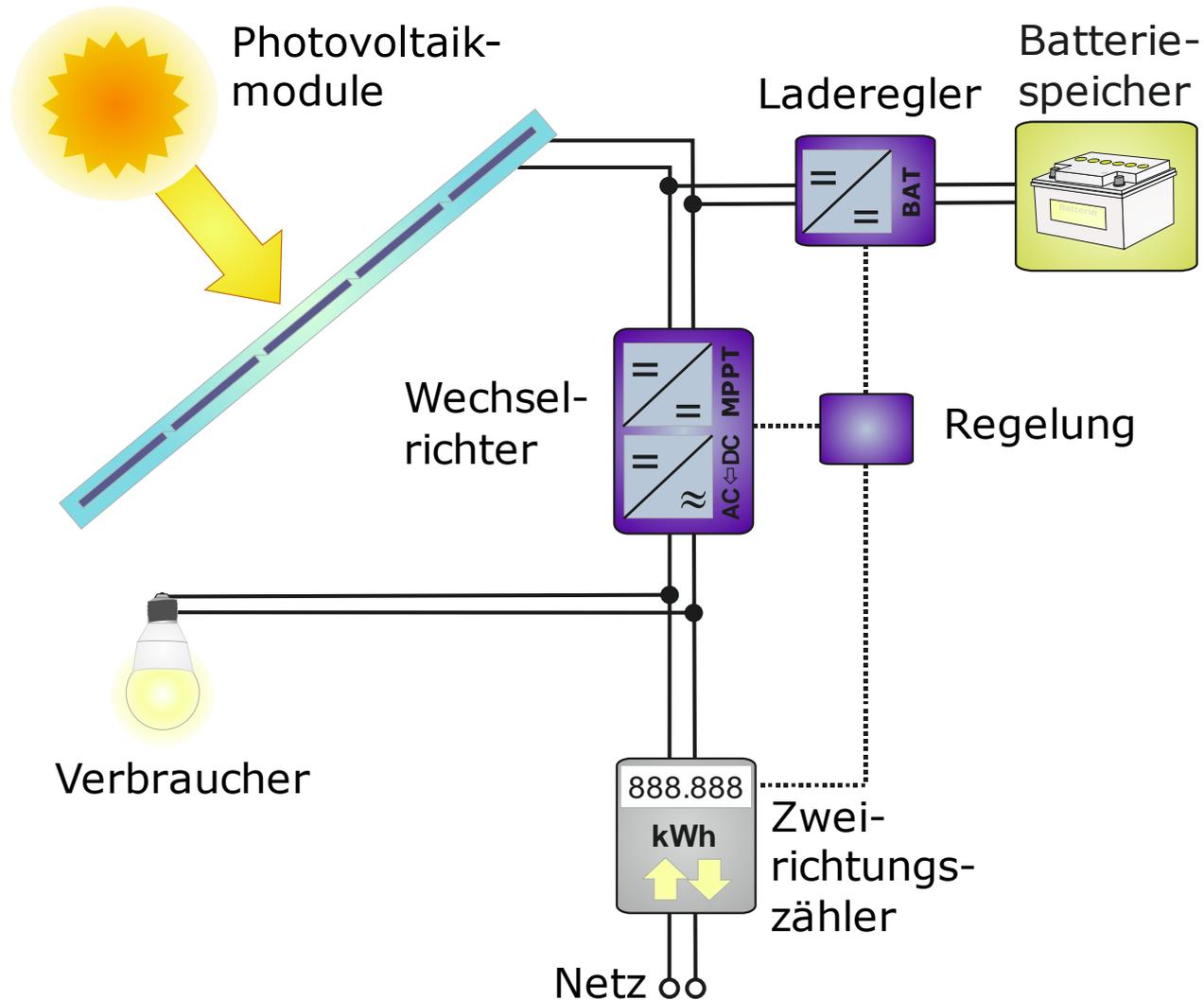


- Zeitschrittweite
- Batteriemodell
- PV-Generatormodell
- Wechselrichtermodell
- Systemverlustannahmen

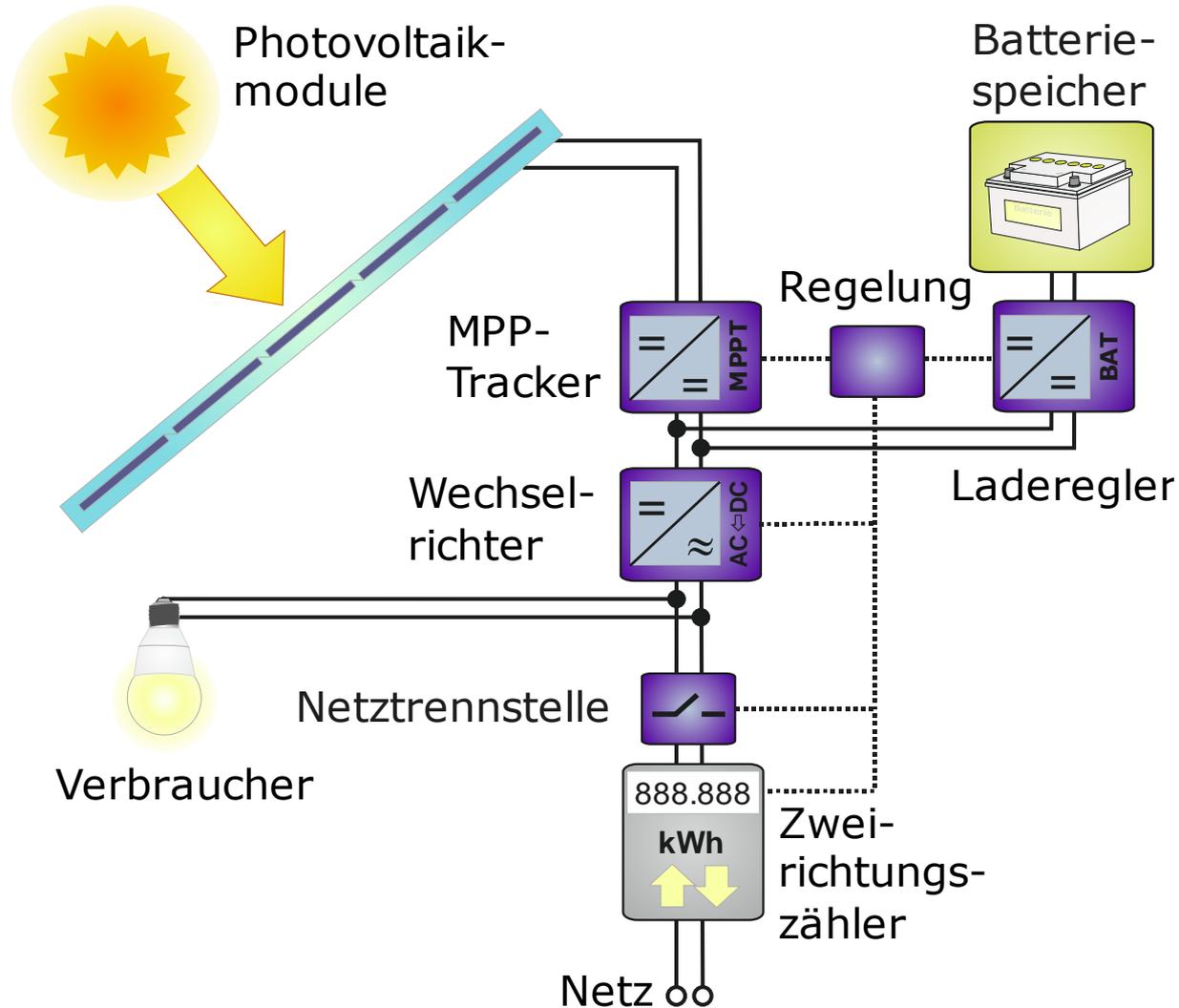
# PV-System ohne Speicher



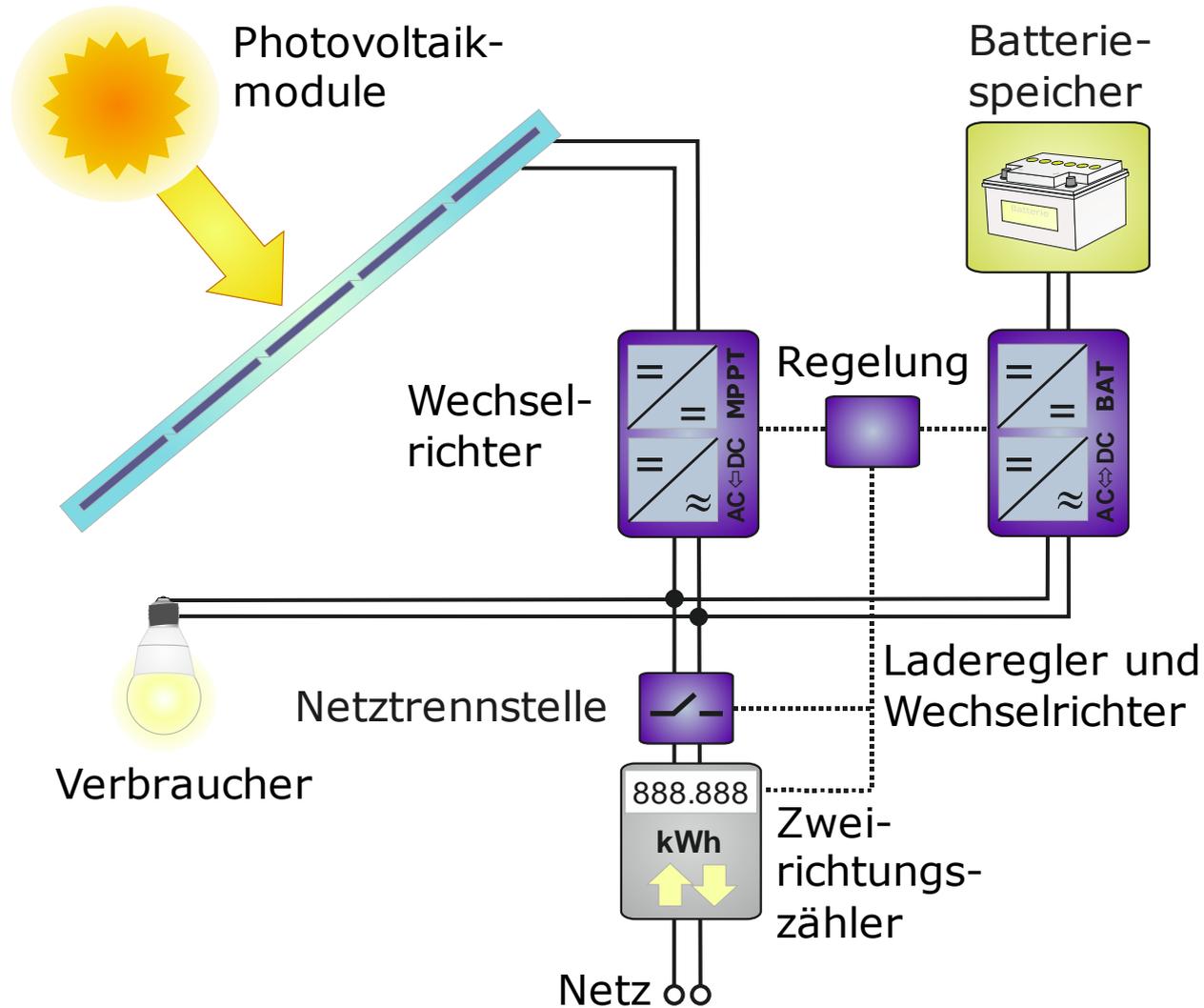
# PV-Speichersystem mit Generator-Kopplung



# PV-Speichersystem mit DC-Kopplung



# PV-Speichersystem mit AC-Kopplung



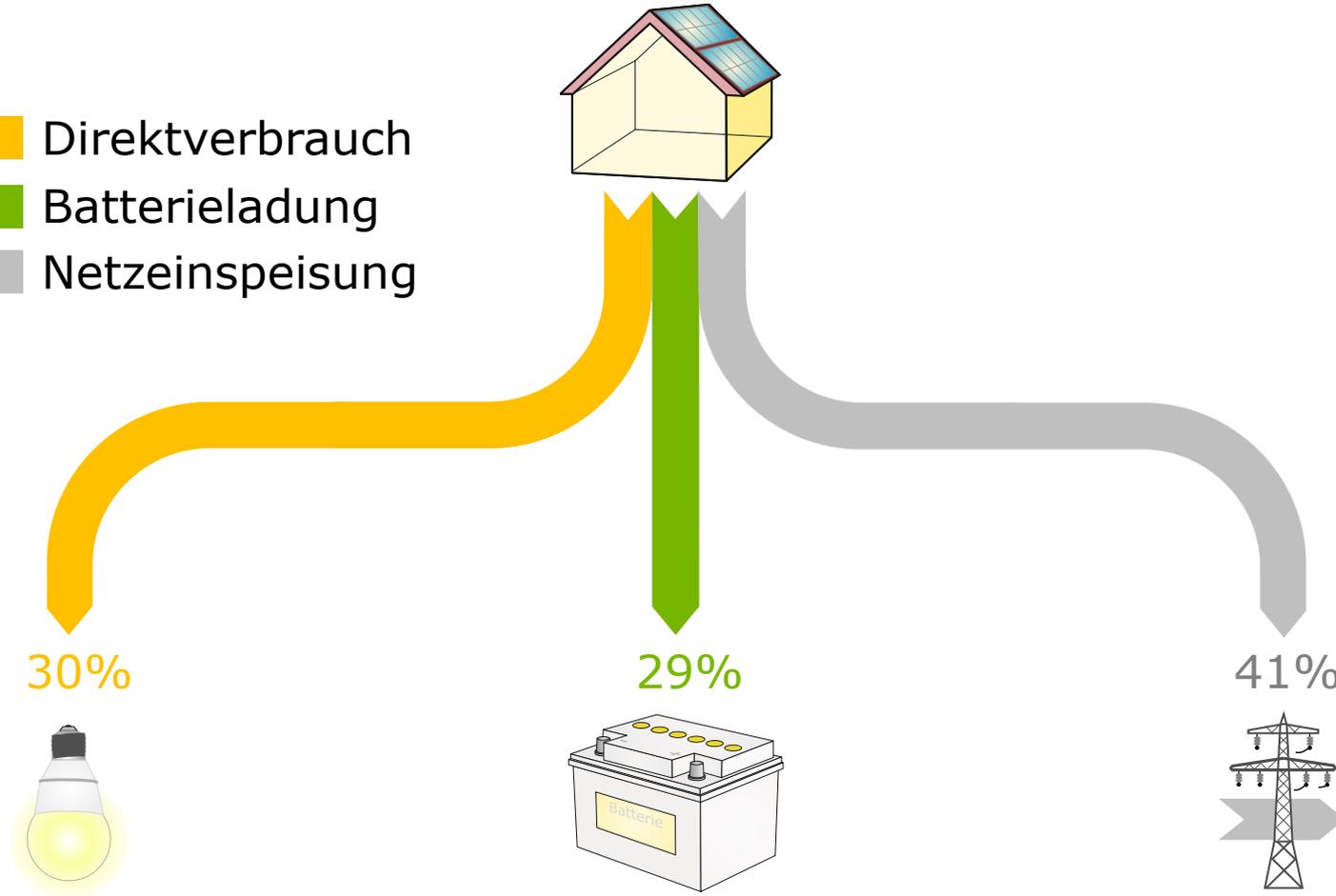
# Energetische Bewertung von PV-Speichersystemen

## Eigenverbrauchsanteil

0% 10% 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80% 90% 100%



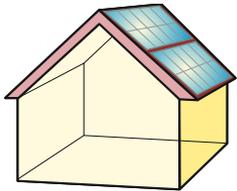
-  Direktverbrauch
-  Batterieladung
-  Netzeinspeisung



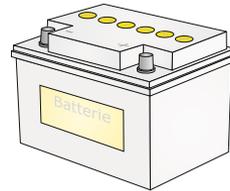
# Energetische Bewertung von PV-Speichersystemen

Autarkiegrad

0% 10% 20% 30% 40% 50% 60% 70% 80% 90% 100%



30%



26%

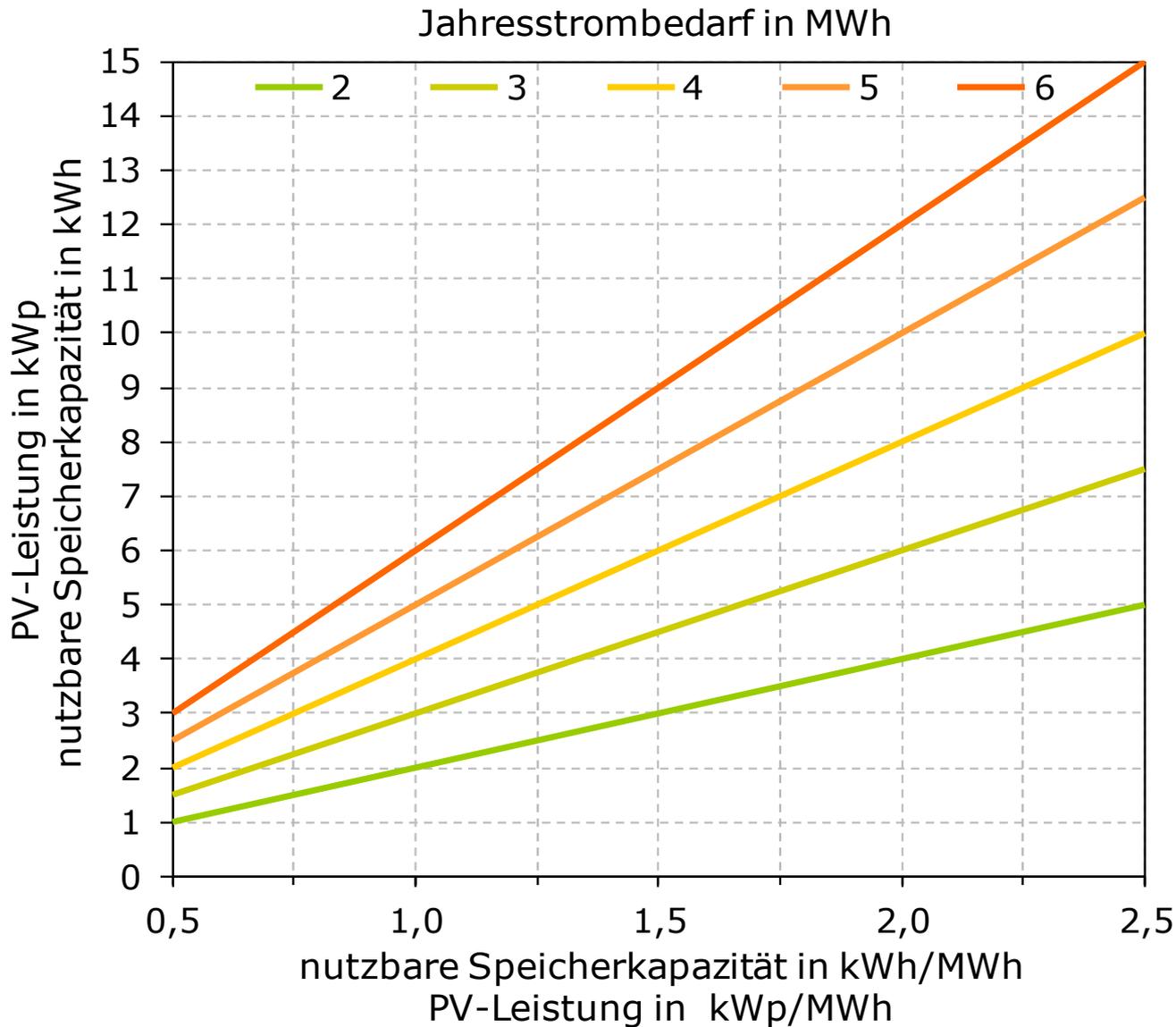


44%

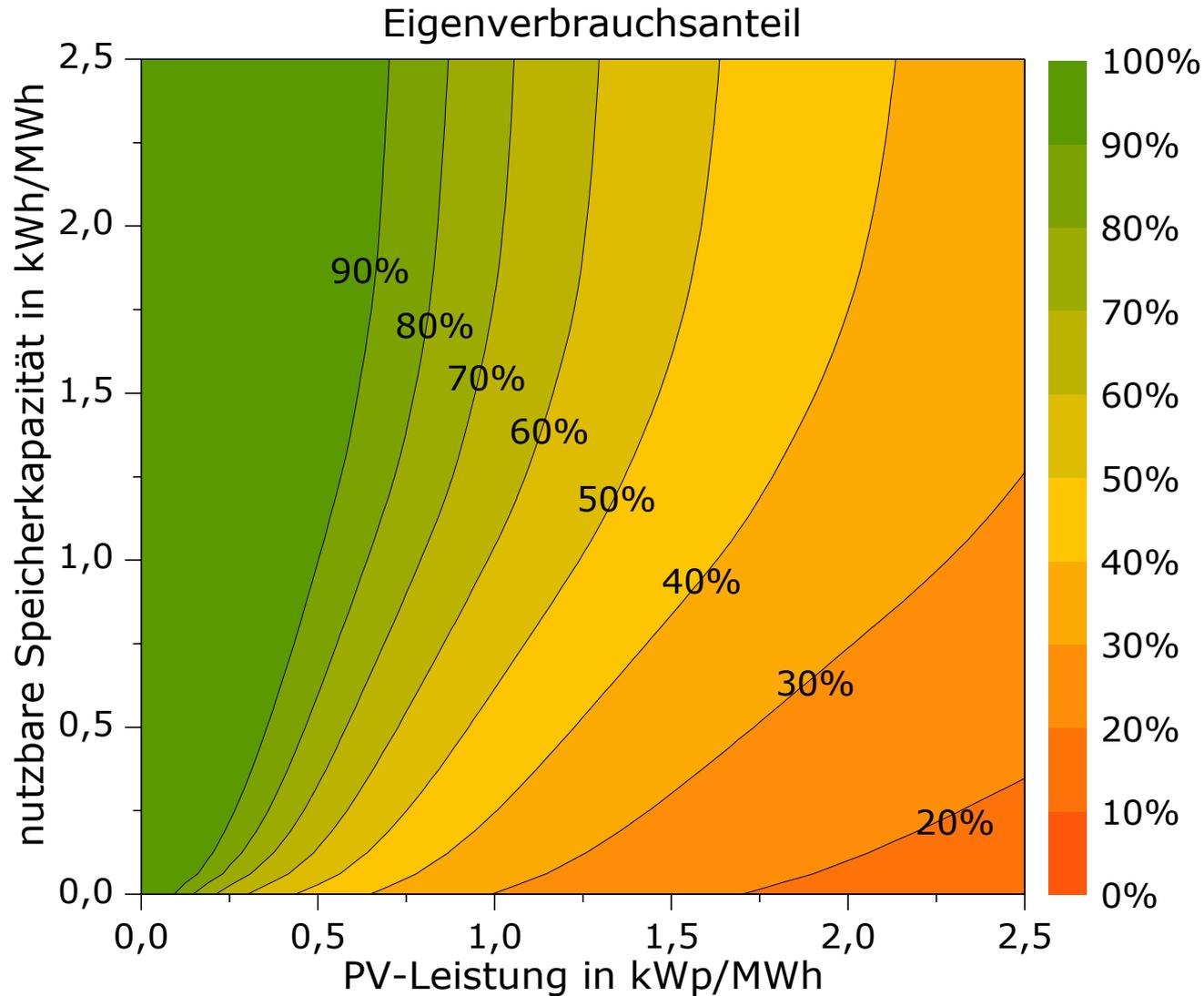
-  Direktverbrauch
-  Batterieentladung
-  Netzbezug



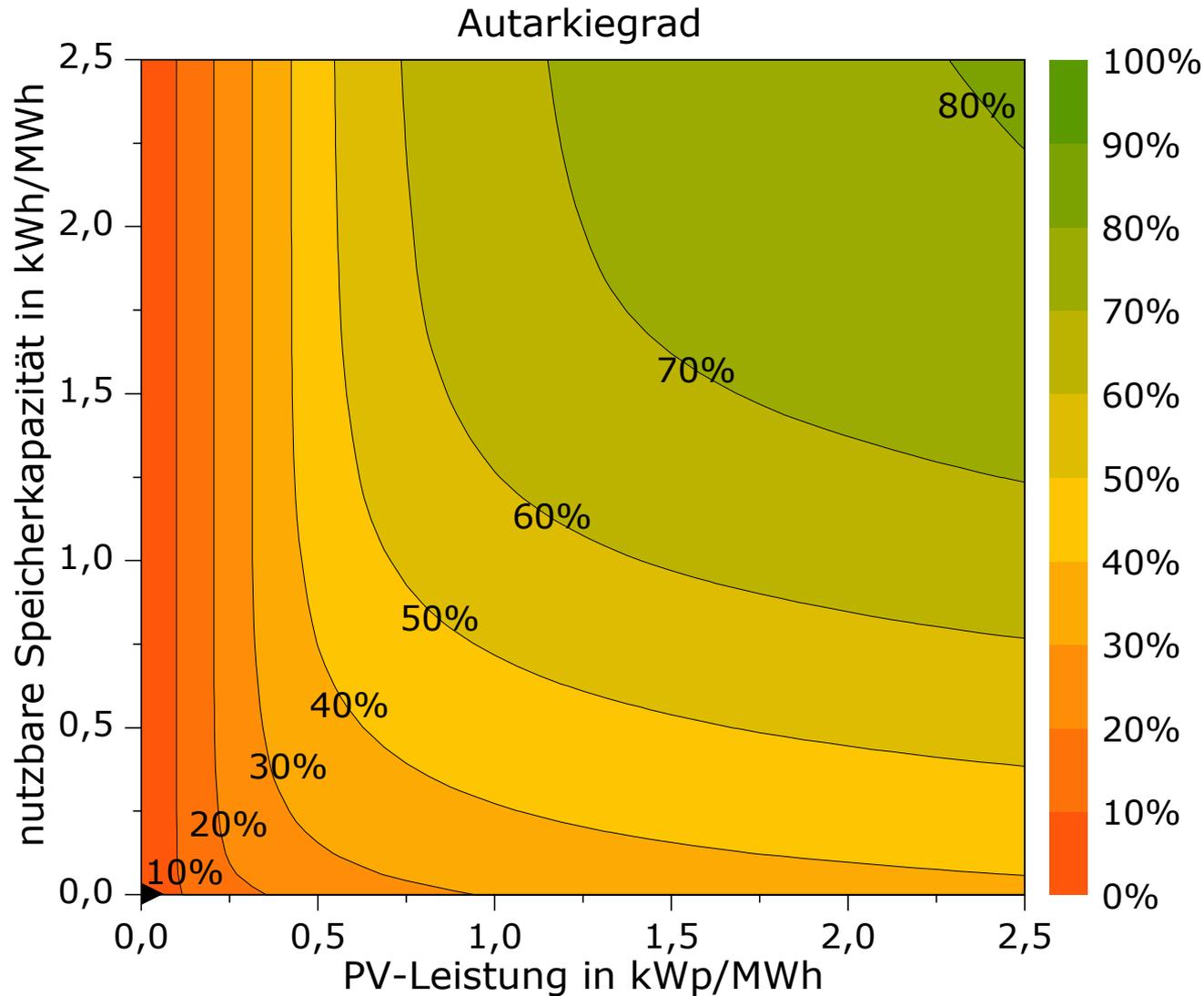
# Normierung der Größe von PV-Speichersystemen



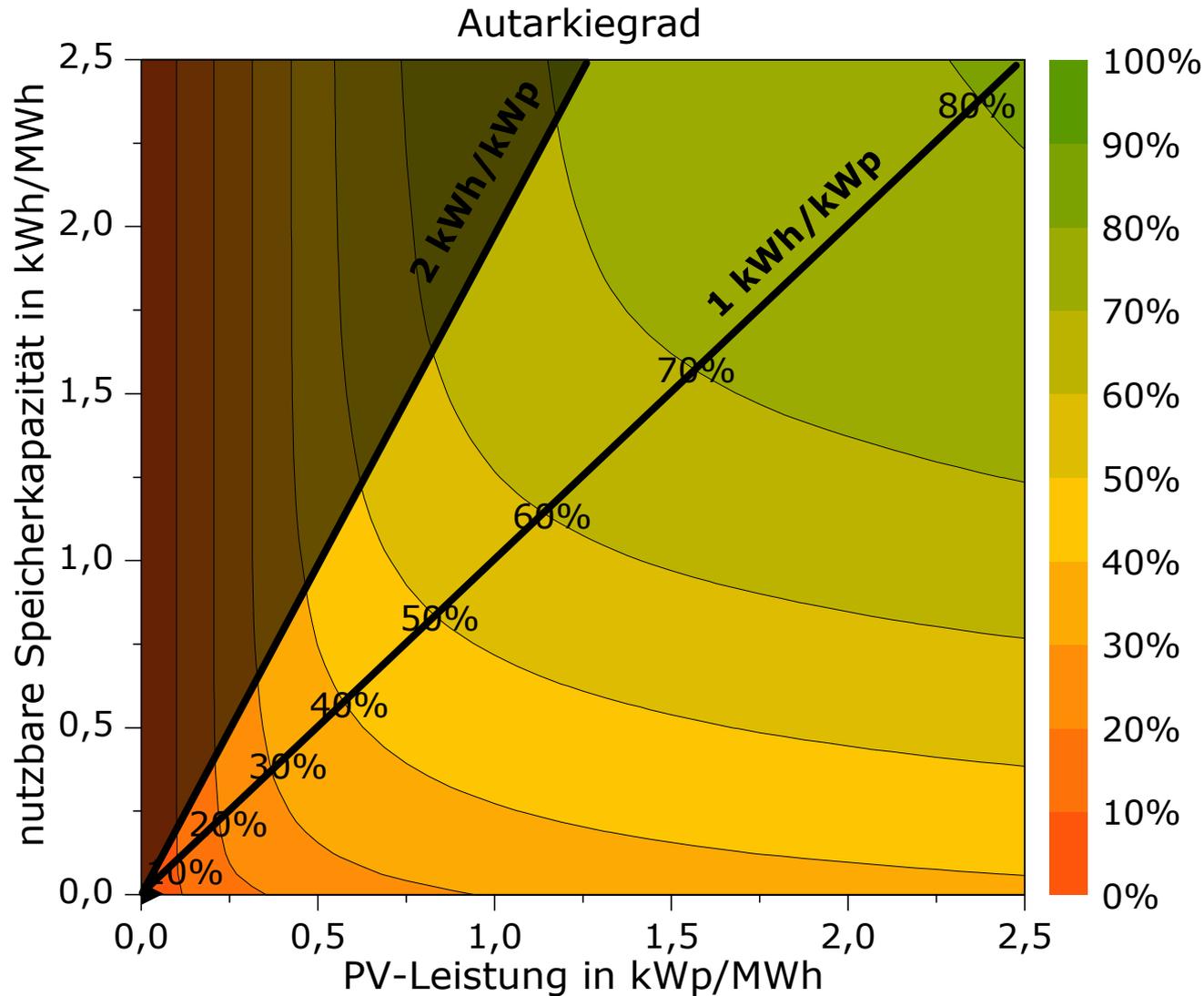
# Energetische Systemdimensionierung



# Energetische Systemdimensionierung



# Energetische Systemdimensionierung



# Online-Tool zur Systemdimensionierung

**htw**  
Hochschule für Technik und  
Wirtschaft Berlin

[pvspeicher.htw-berlin.de](http://pvspeicher.htw-berlin.de)

Weitere Informationen

 EUROPÄISCHE UNION  
Europäischer Fonds für  
regionale Entwicklung  
Investition in Ihre Zukunft

## Unabhängigkeitsrechner

Jahresstromverbrauch ⓘ

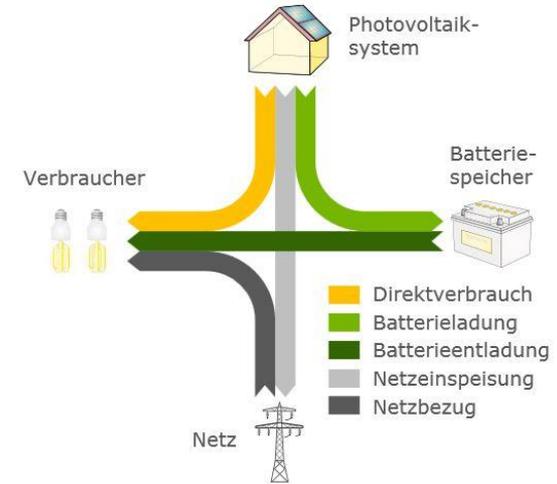
6000 kWh

Photovoltaikleistung ⓘ

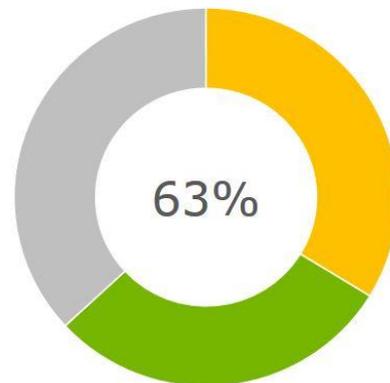
5 kWp

Nutzbare Speicherkapazität ⓘ

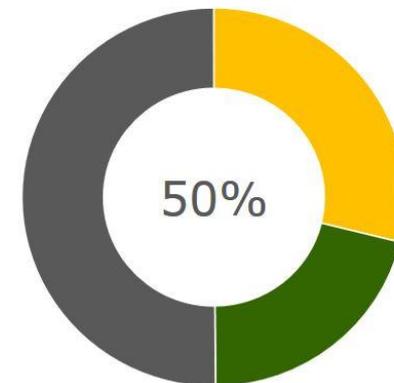
5 kWh



Eigenverbrauchsanteil ⓘ



Autarkiegrad ⓘ



# Betriebsstrategien für PV-Speichersysteme

- Speicherung
- Netzeinspeisung
- Abregelung
- Einspeisegrenze



Eigenversorgungsopt.  
Netzoptimiert  
Prognosebasiert

+

+

+

+

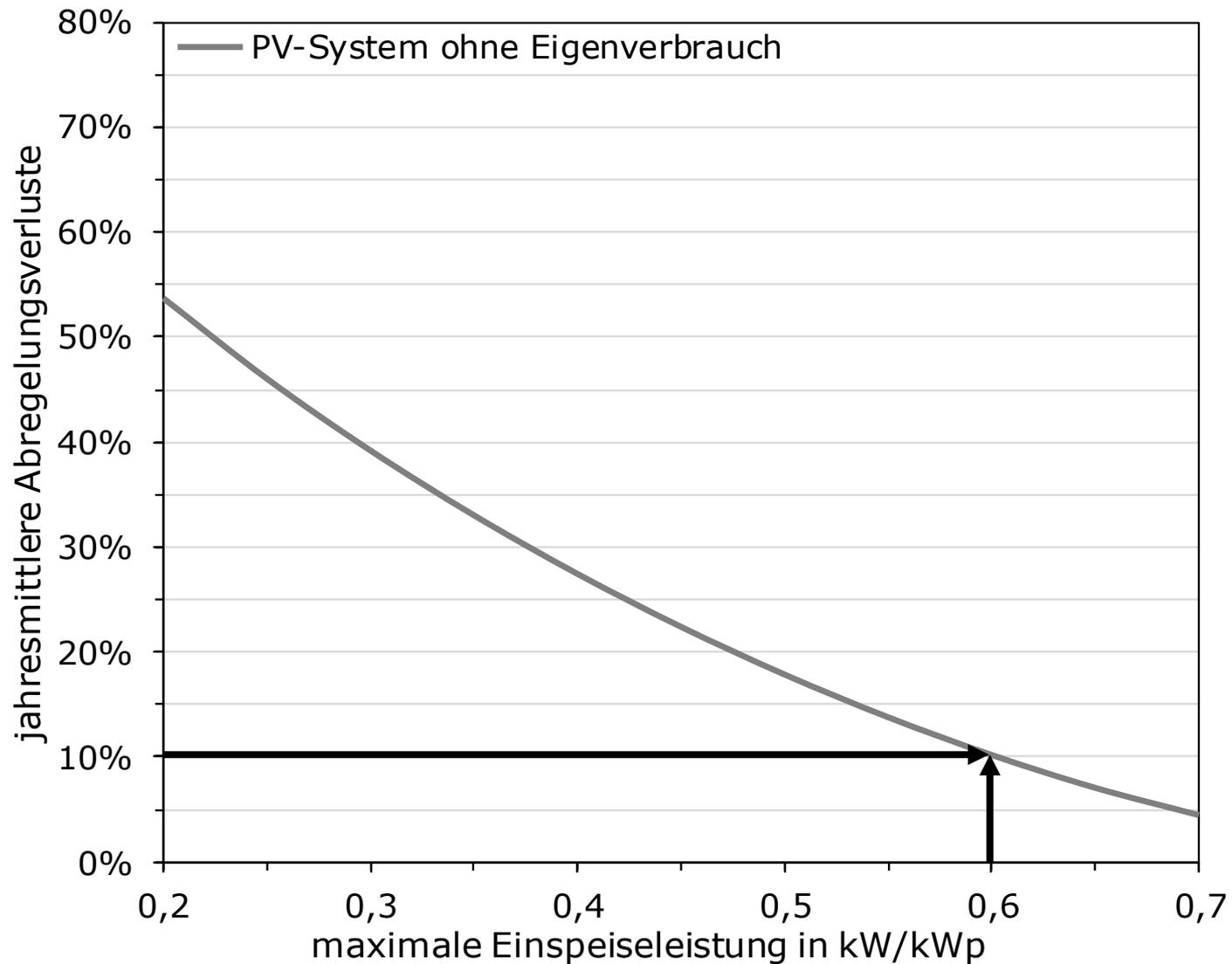
+

+

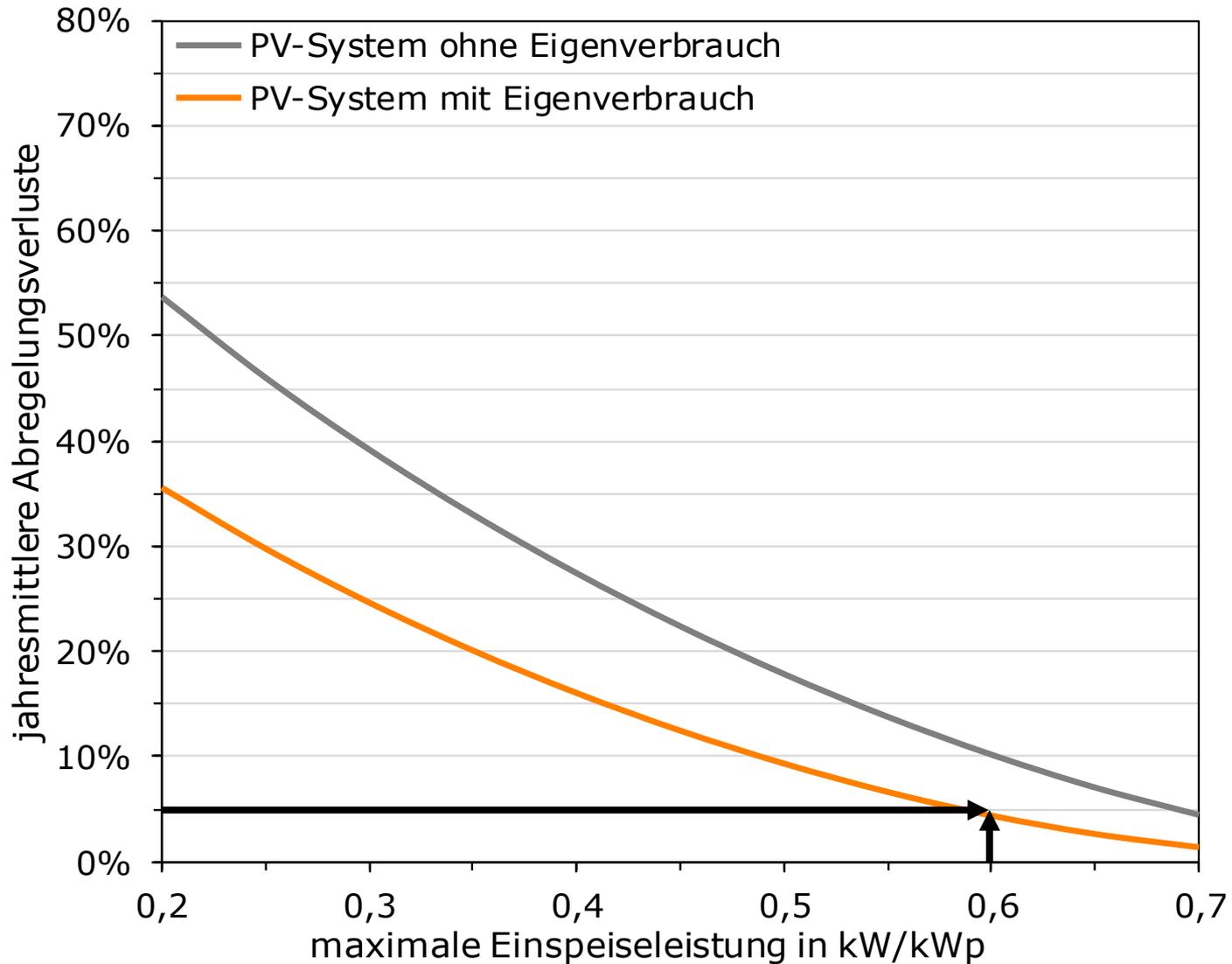
+++

+

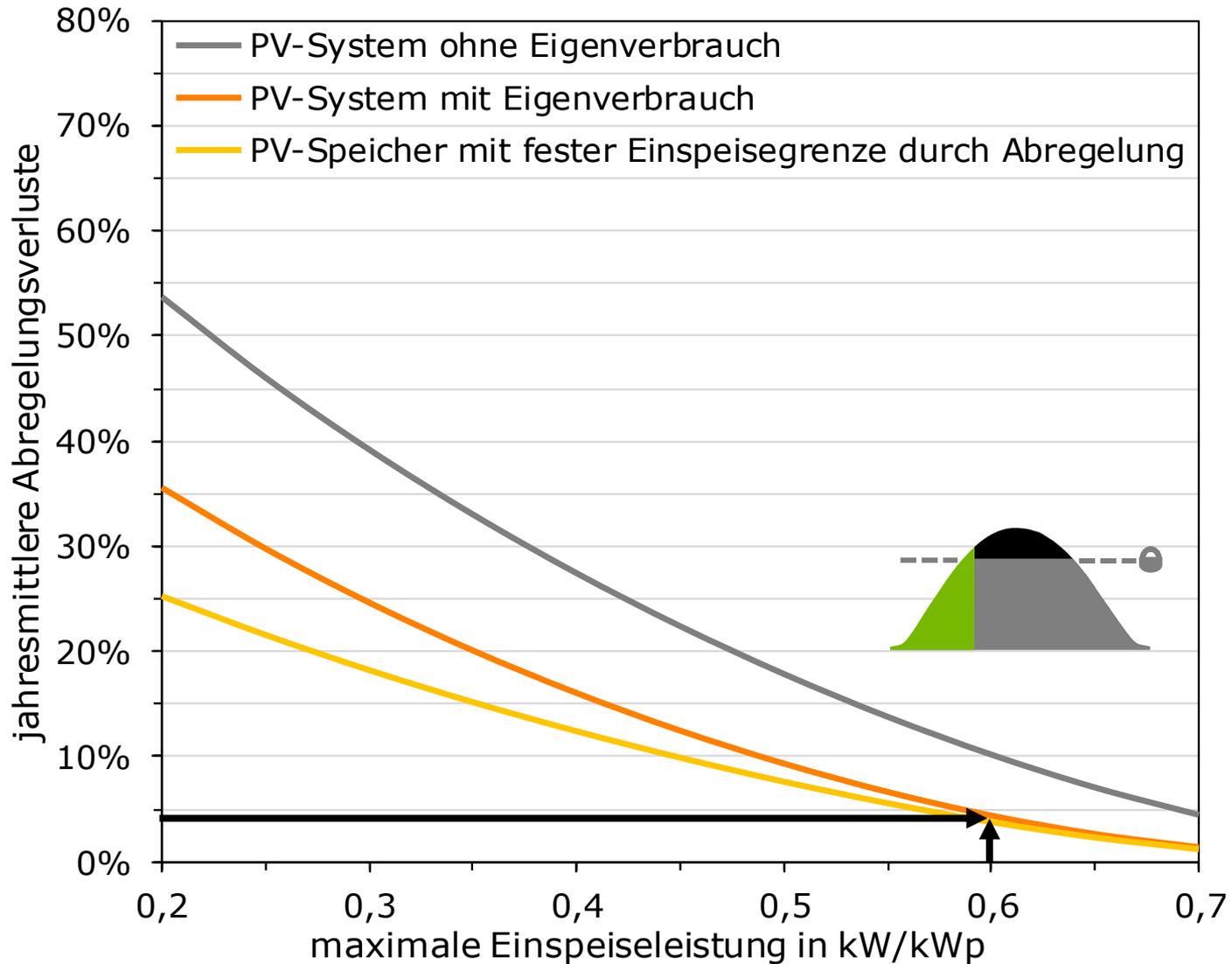
# Einfluss der Betriebsstrategie auf die Abregelung



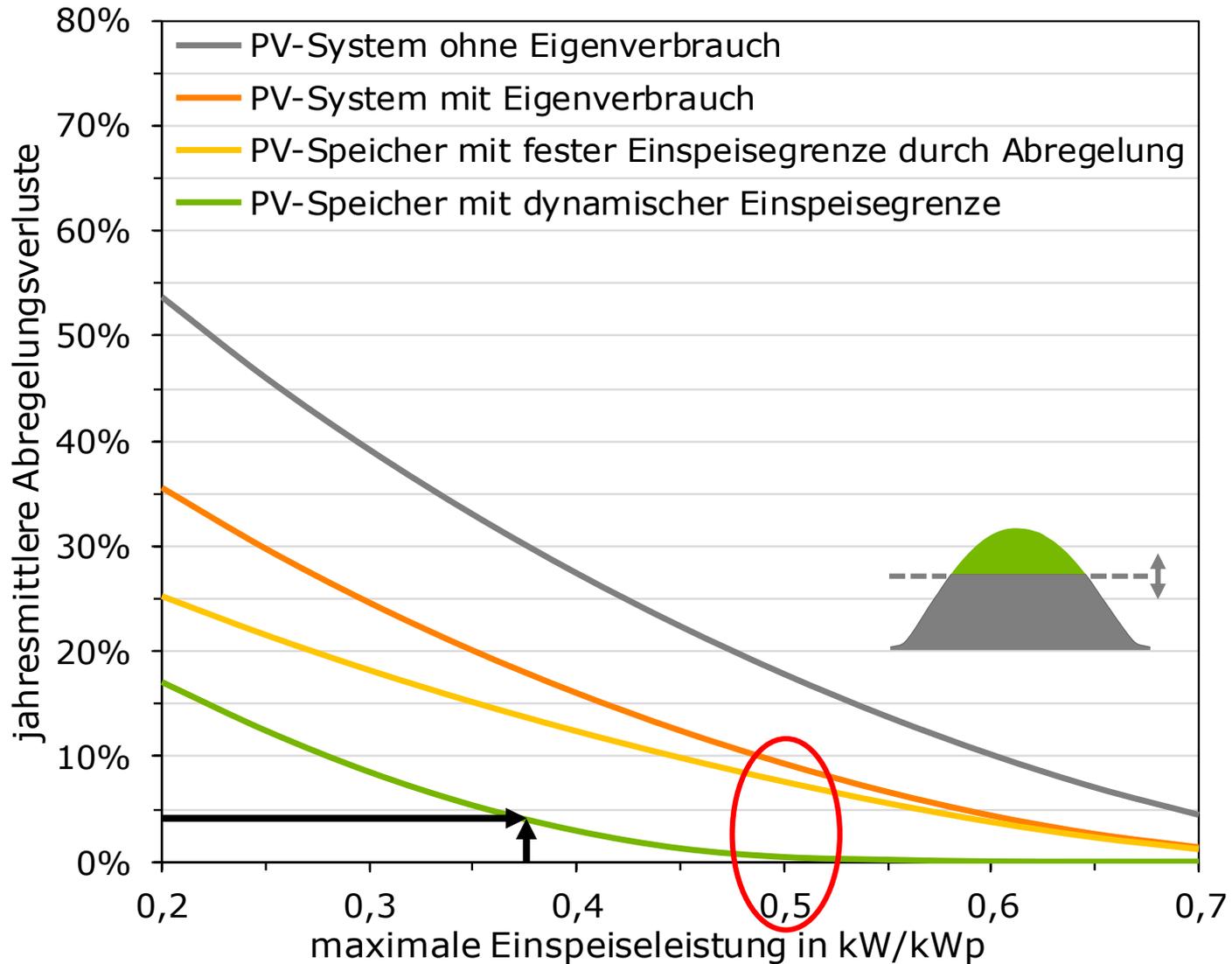
# Einfluss der Betriebsstrategie auf die Abregelung



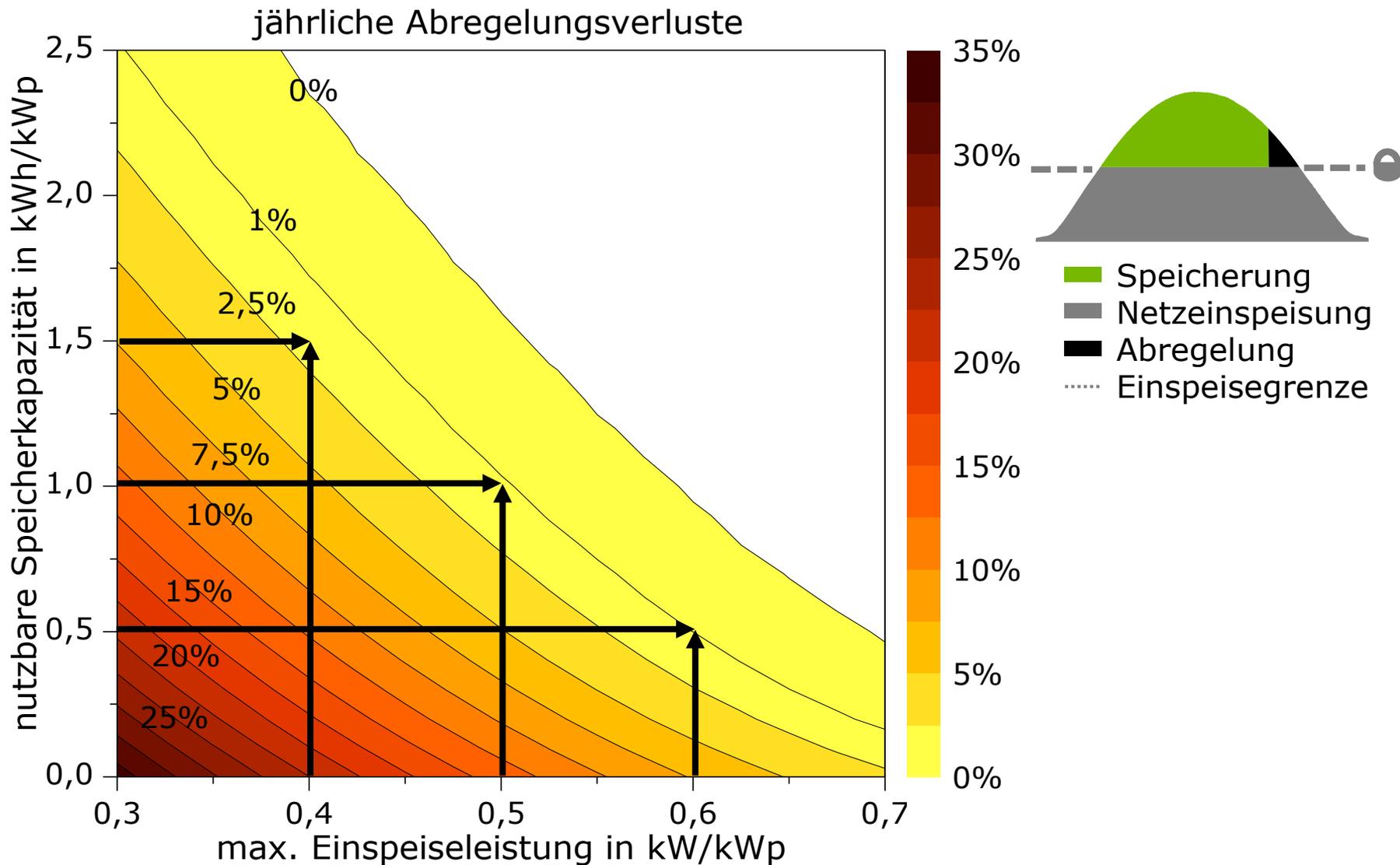
# Einfluss der Betriebsstrategie auf die Abregelung



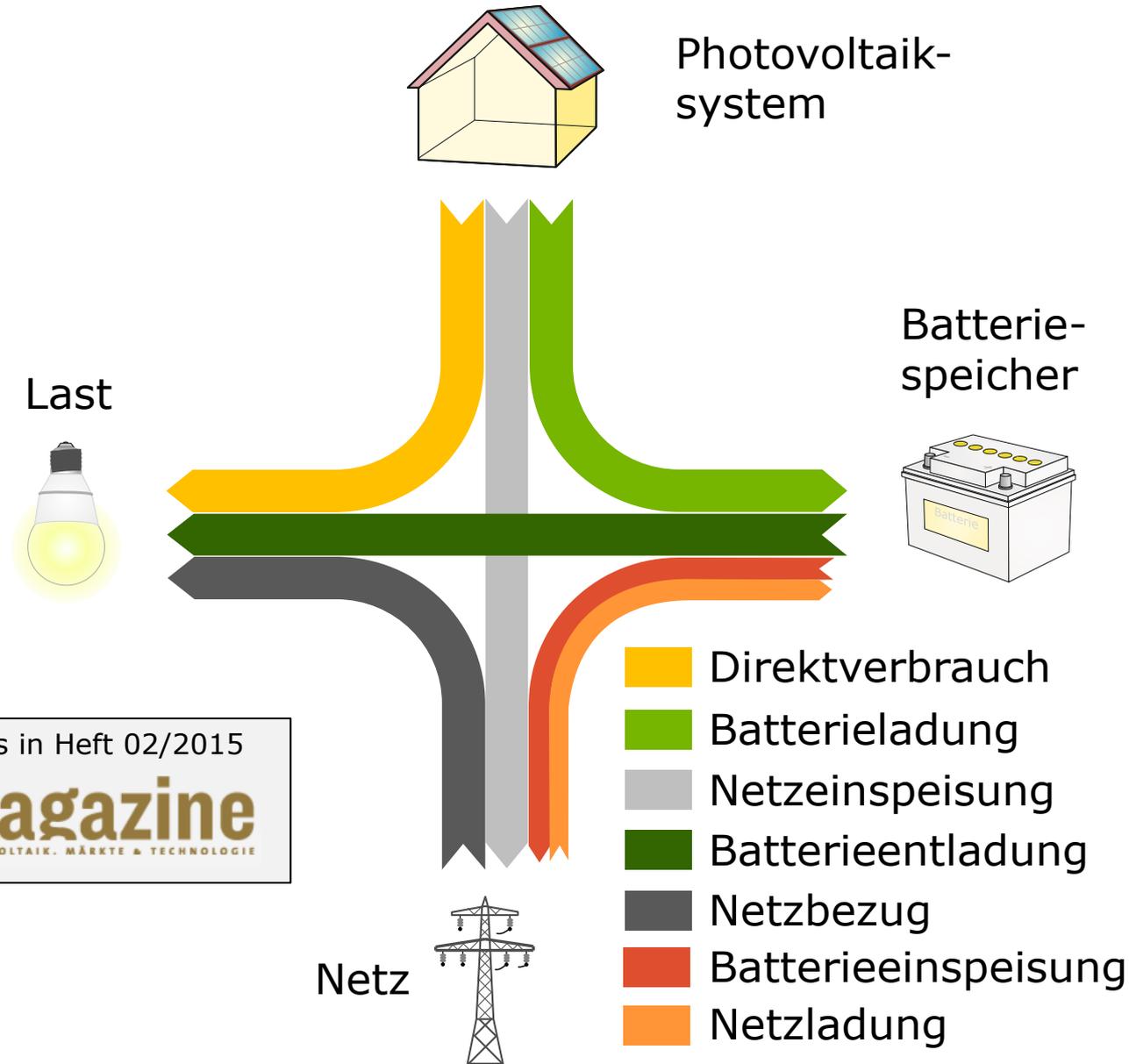
# Einfluss der Betriebsstrategie auf die Abregelung



# Systemdimensionierung zur Einspeisebegrenzung



# Mismatchverluste durch Regelträge

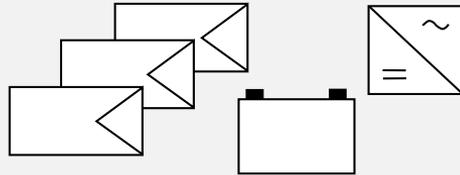


## Zwischenfazit – Systemtechnik & Auslegung

- **Kompromiss** zwischen hohem Eigenverbrauchsanteil und hohem Autarkiegrad erforderlich.
- Die Speichergröße sollte auf die **PV-Leistung** und auf den **Strombedarf** abgestimmt werden.
- Für hohe Autarkiegrade ist eine nutzbare Speicherkapazität von **1 kWh/kWp** sinnvoll.
- Um zukünftig **Abregelungsverluste** zu vermeiden, sind Mindestspeichergrößen und **prognosebasierte Betriebsstrategien** erforderlich.
- Darüber hinaus sollten Endkunden und Hersteller größeren Fokus auf **Regelträglichkeiten** und **Standby-Verbräuche** von Solarstromspeichern legen.

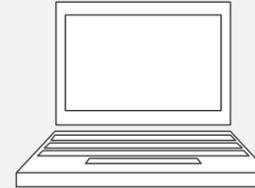
# Einflüsse auf energetische Bewertung

## Systemtechnik



- PV-Leistung
- Speicherkapazität
- Speicherleistung
- Batterietechnologie
- Ladeverfahren
- Systemtopologie

## Simulation



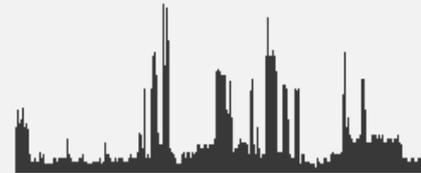
- Zeitschrittweite
- Batteriemodell
- PV-Generatormodell
- Wechselrichtermodell
- Systemverlustannahmen

## PV-Erzeugungsprofil



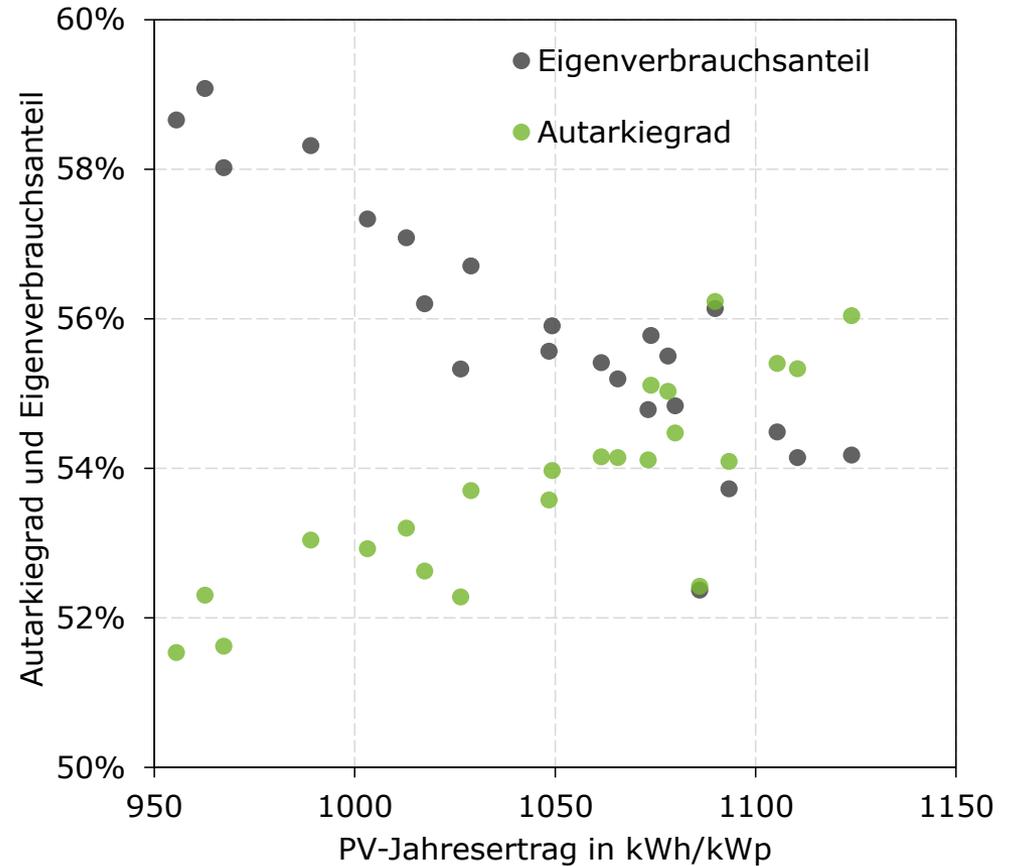
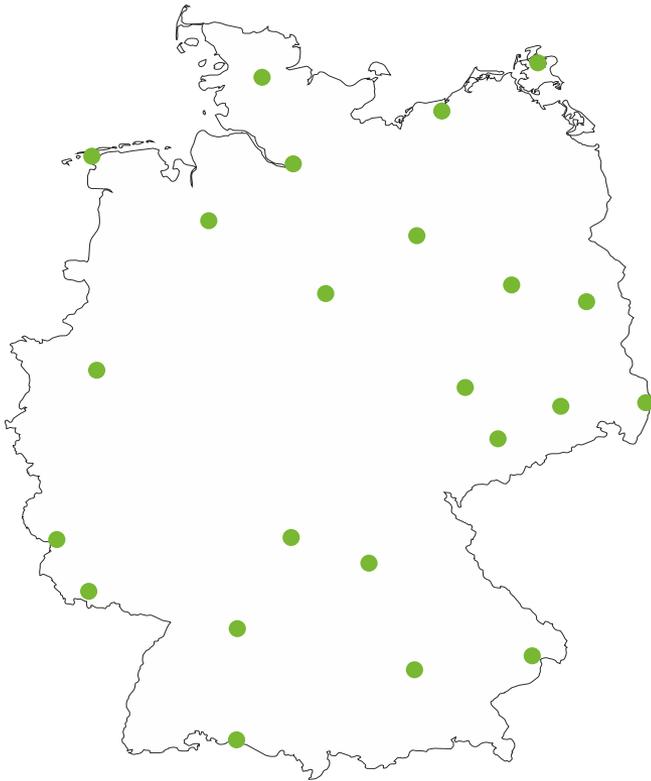
- Jährliche Bestrahlung
- PV-Generatorausrichtung
- PV-Generatorneigung
- Standort
- Verschattung
- Zukünftige Entwicklung

## Lastprofil

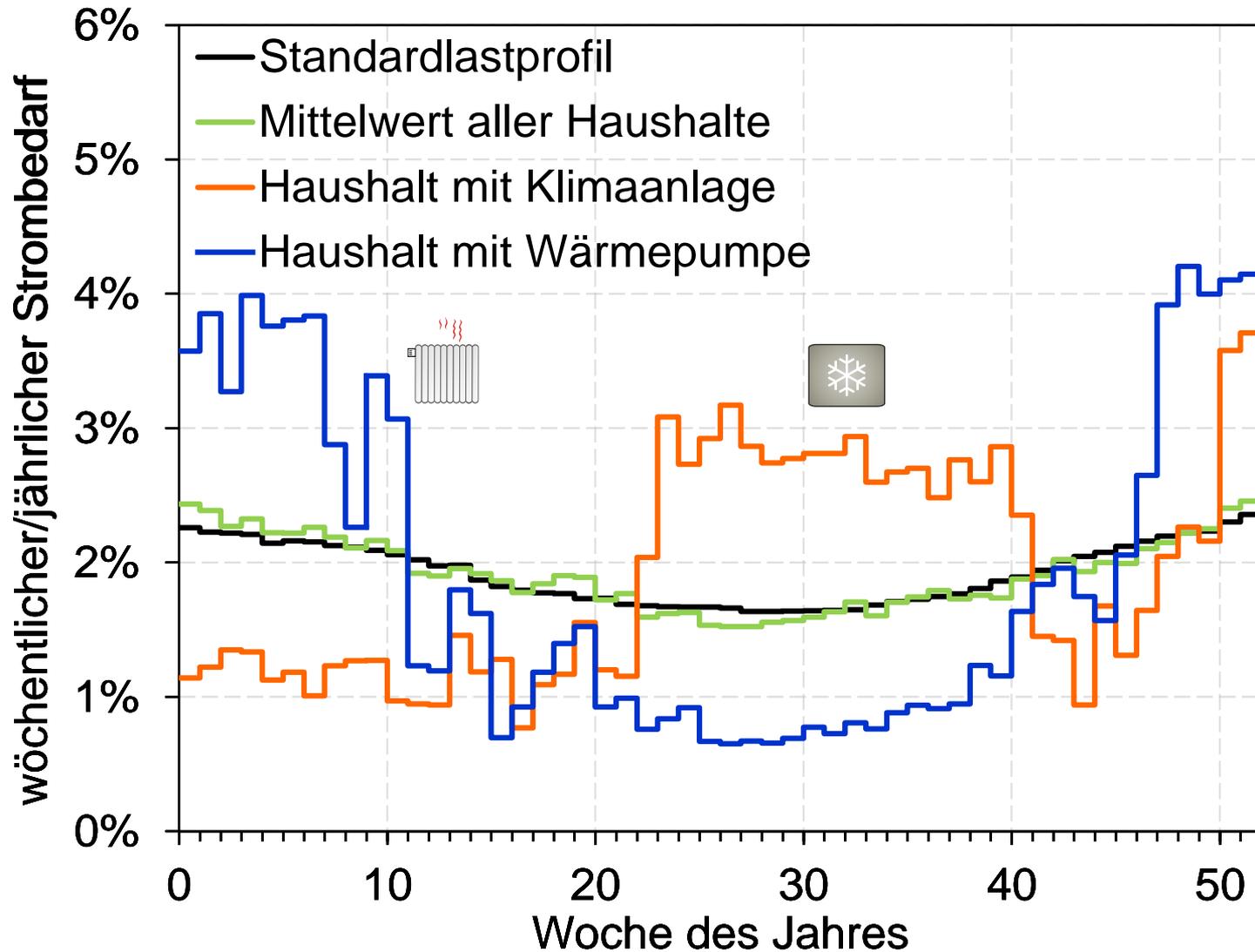


- Jahresstrombedarf
- Haushaltstyp
- Haushaltsgröße
- Nutzerverhalten
- Geräteausstattung
- Zukünftige Entwicklung

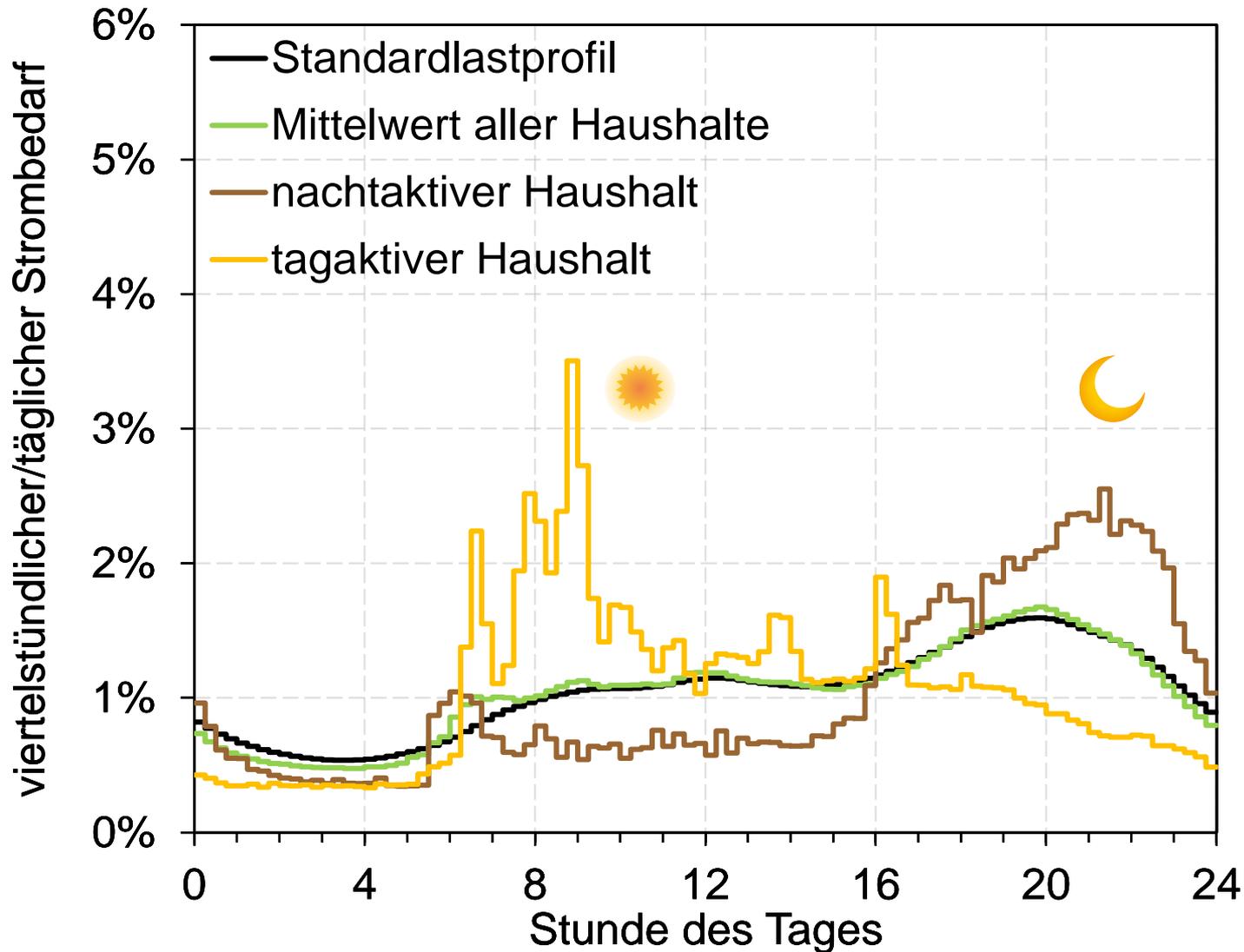
# Einfluss der Anlagenstandortes



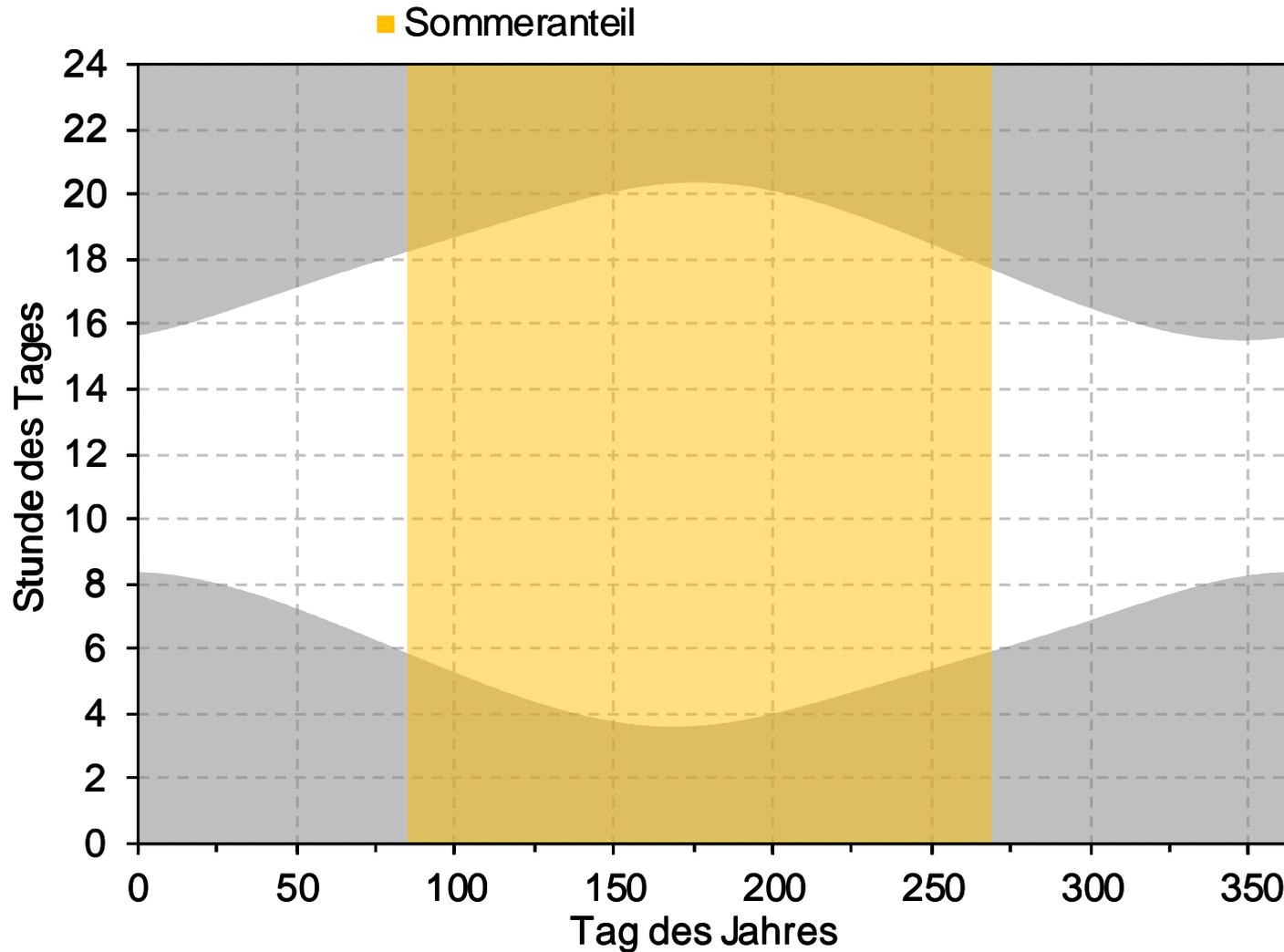
# Jahreszeitliche Variation des Stromverbrauchs



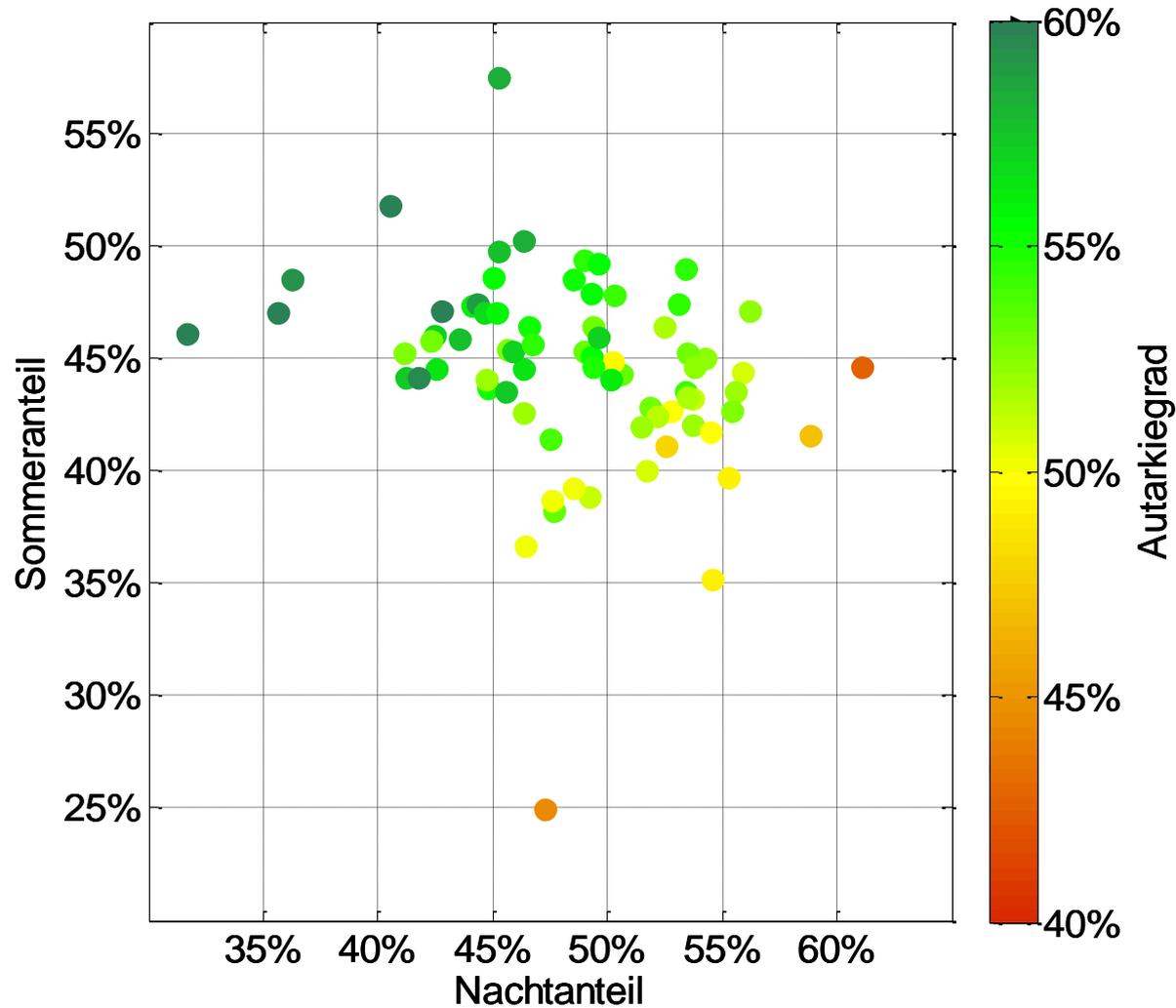
# Tageszeitliche Variation des Stromverbrauchs



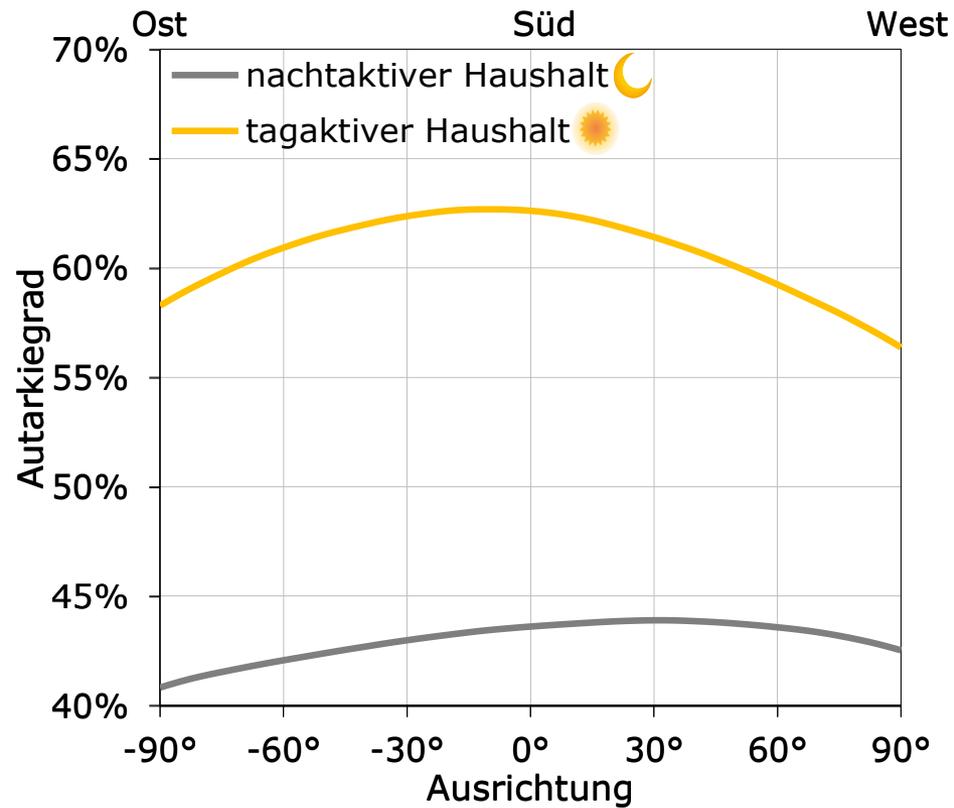
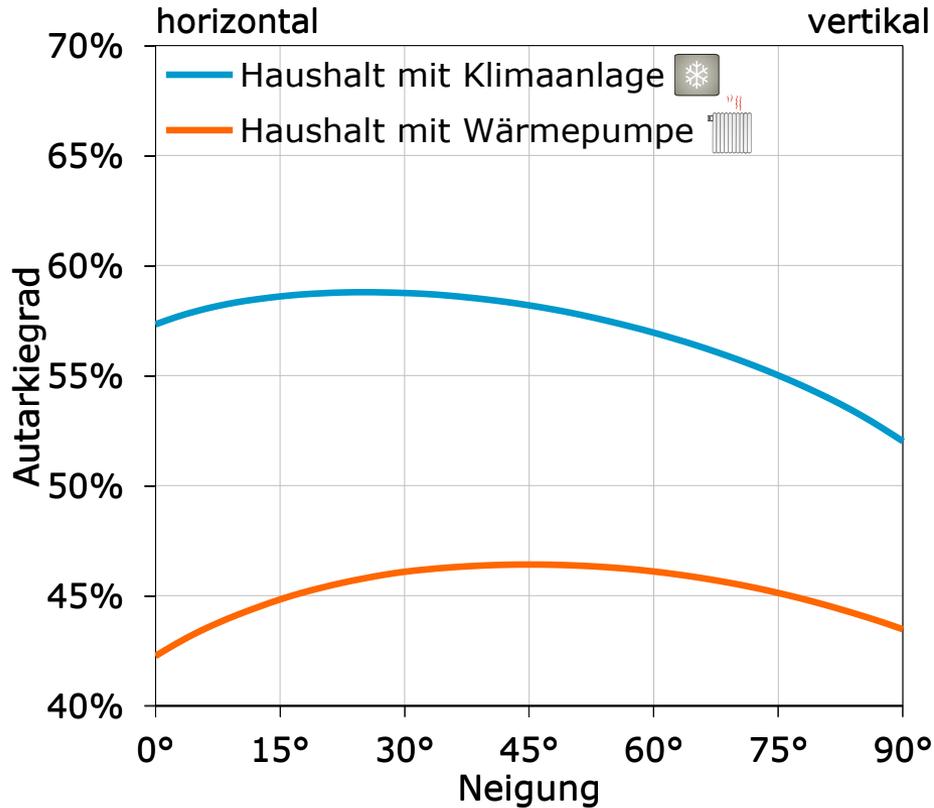
# Charakterisierung von Lastprofilen



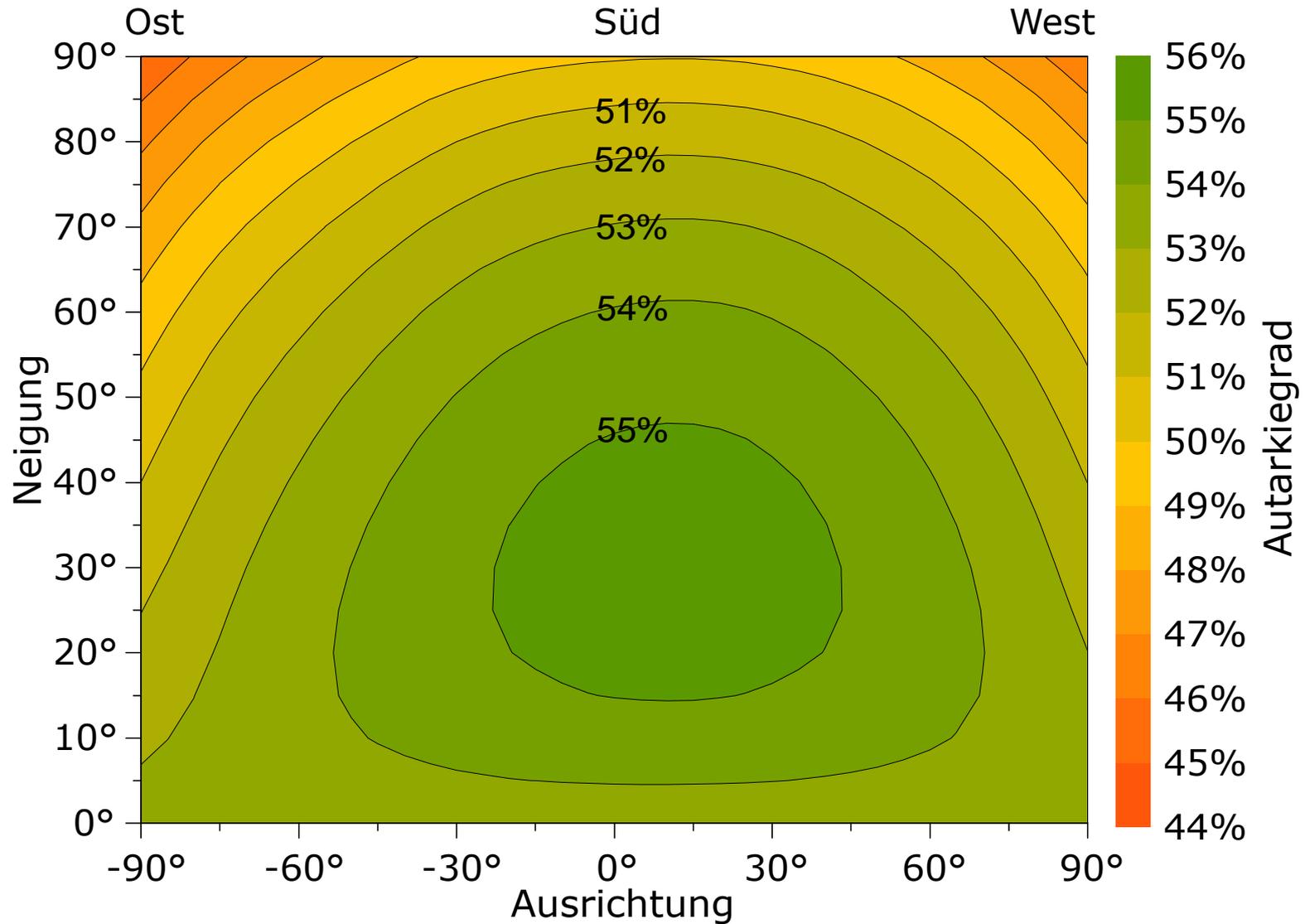
# Einfluss auf die energetische Bewertung



# Einfluss der Ausrichtung und Neigung

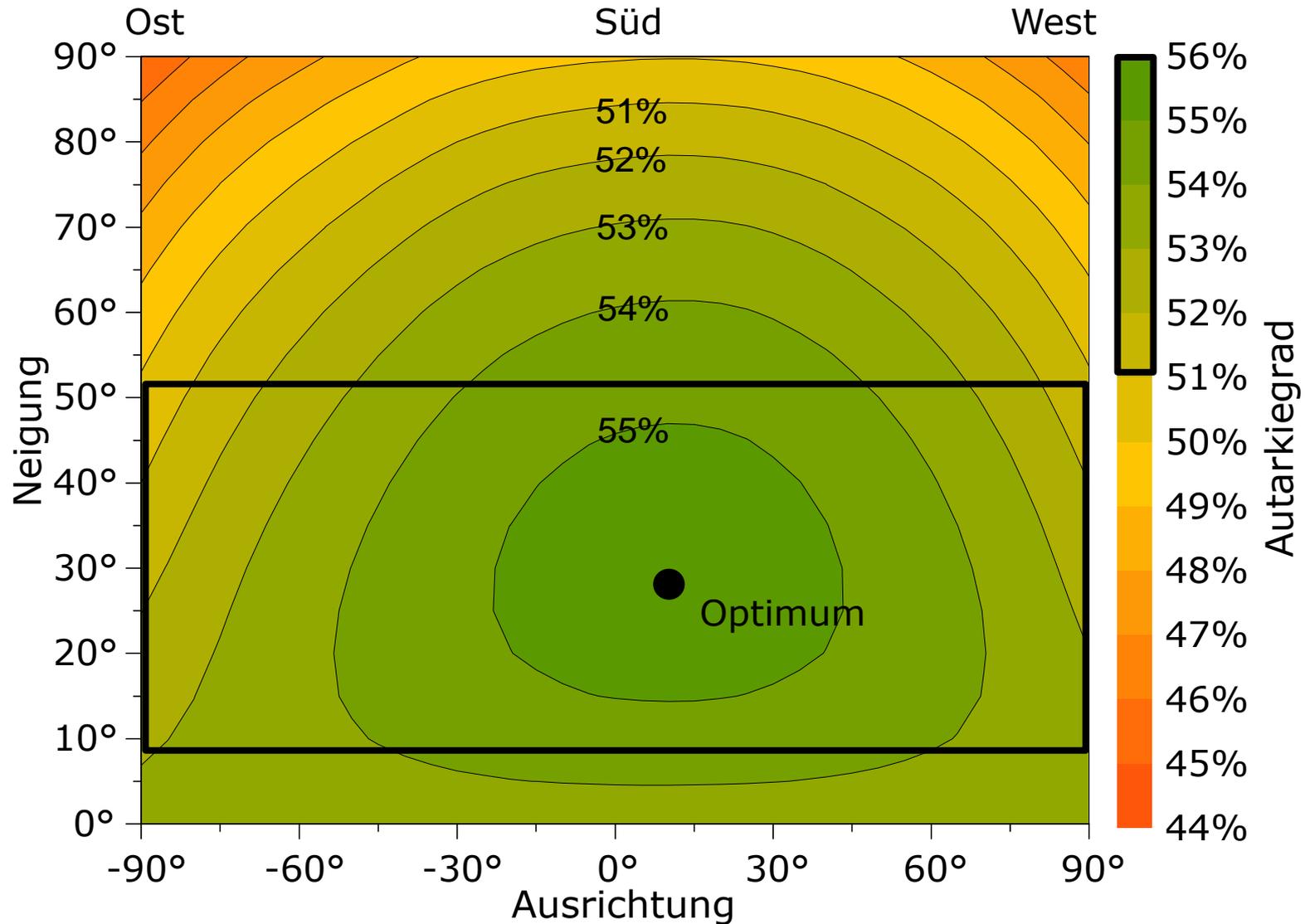


# Einfluss der Ausrichtungsänderung



Systemgröße: PV-Leistung 1 kWp/MWh, nutzbare Speicherkapazität 1 kWh/MWh  
Datengrundlage: viertelstündlich aufgelöste Jahreslastprofile von 74 Haushalten

# Einfluss der Ausrichtungsänderung



## Zwischenfazit – Individuelle Einflussgrößen

- Der jahres- und tageszeitliche Verlauf des Strombedarfs lässt sich durch den **Sommer- und Nachanteil** charakterisieren.
- Je höher der Sommer- und je geringer der Nachanteil, desto höher der erreichbare Autarkiegrad.
- Der **Einfluss des individuellen Lastprofils** ist in der Praxis **größer als** der Einfluss der **Ausrichtung und Neigung**
- Die **Referenzergebnisse** des Unabhängigkeitsrechners stimmen gut mit dem Mittelwert einer Vielzahl repräsentativer Haushalte überein.

# Ökonomische Bewertung von PV-Speichersystemen

## PV-System

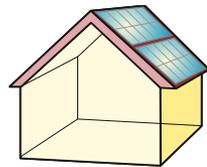
- Investitionskosten
- Betriebskosten
- Finanzierungskosten

## Batteriesystem

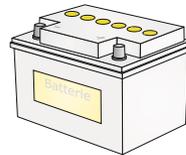
- Investitionskosten
- Betriebskosten
- Finanzierungskosten

## Ausgaben für den Netzbezug

## Einnahmen aus der Netzeinspeisung



+



+



-



mittlere Stromkosten

ct/kWh

20 22 24 26 28 30 32 34 36 38 40 42 44 46 48 50



— Wirtschaftlichkeitsgrenze bei mittleren Strombezugskosten von 34 ct/kWh

# Einfluss der Speichergröße und -kosten

2,5 kWh

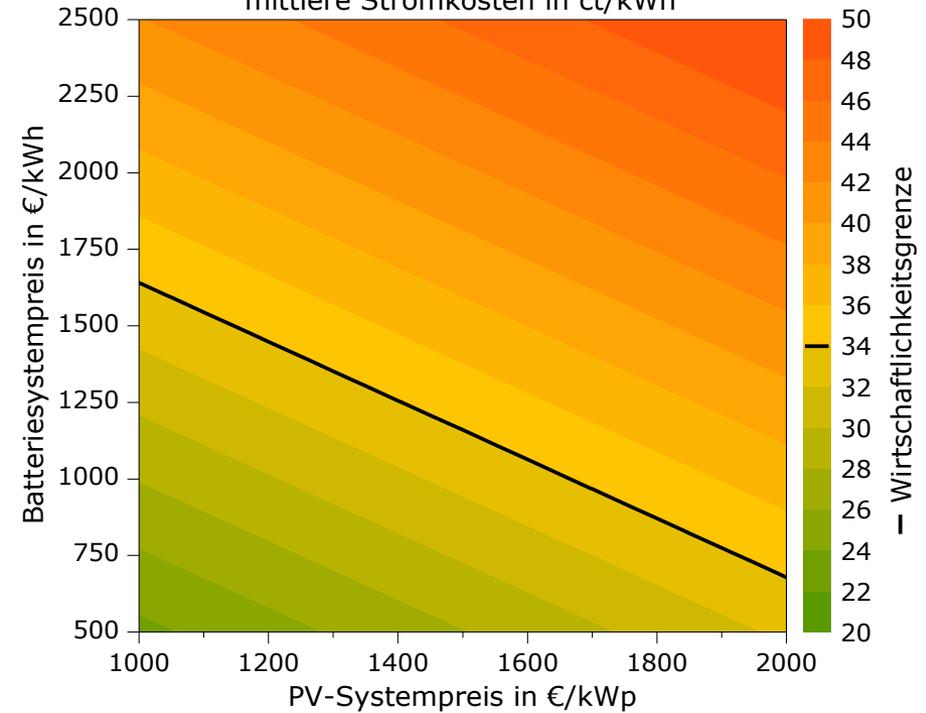
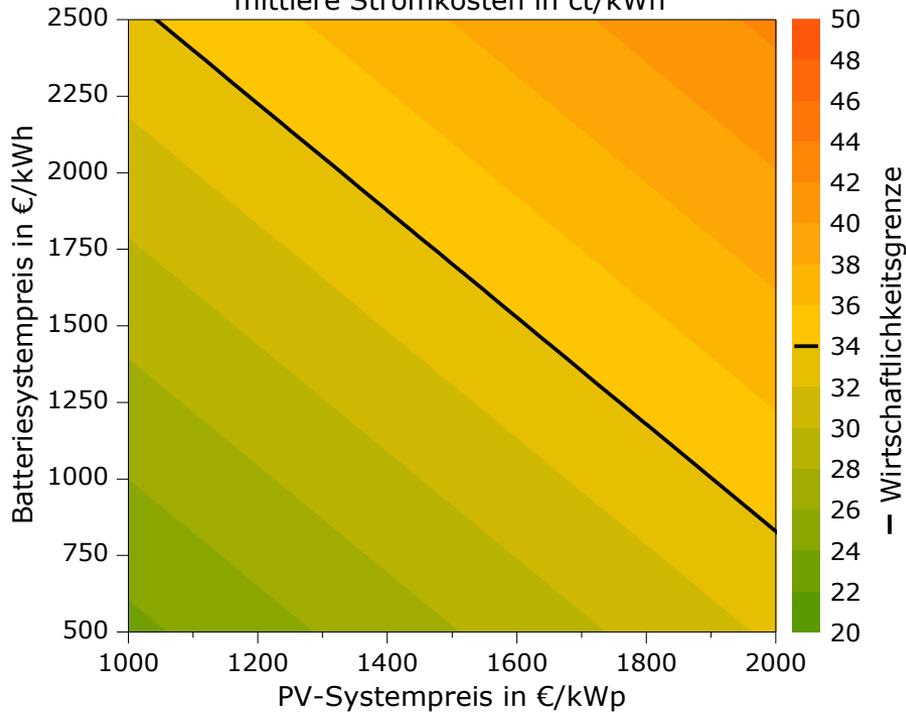
nutzbare Speicherkapazität

5 kWh

nutzbare Speicherkapazität

mittlere Stromkosten in ct/kWh

mittlere Stromkosten in ct/kWh



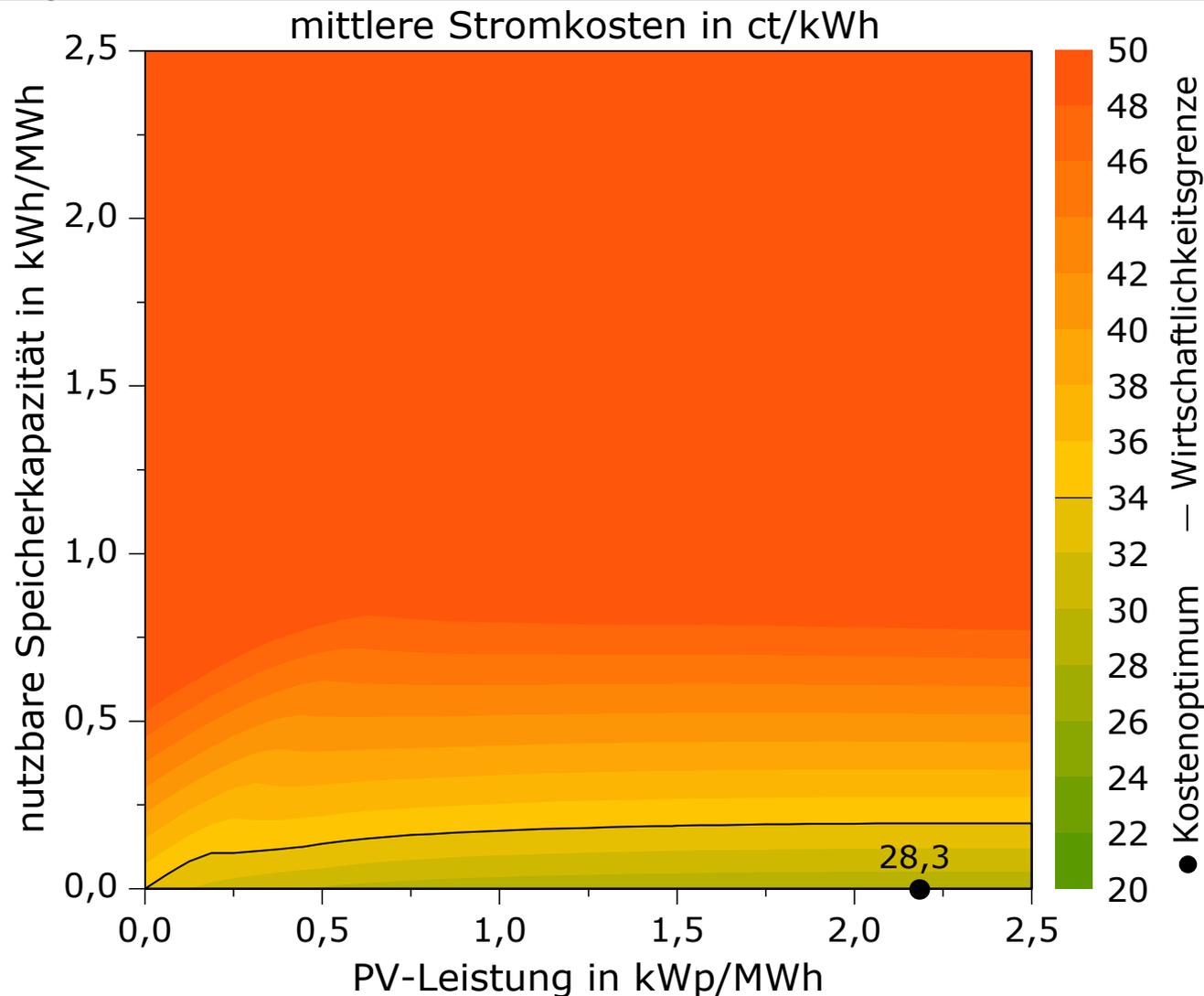
# Kostenoptimale Systemdimensionierung

2014

kurzfristig

mittelfristig

langfristig



PV-Kosten 1800 €/kWp, Speicherkosten 3000 €/kWh, Einspeisevergütung 15 ct/kWh  
Mittlere Strombezugskosten 34 ct/kWh, Zinssatz 4 %, Betriebskosten 1,5 %

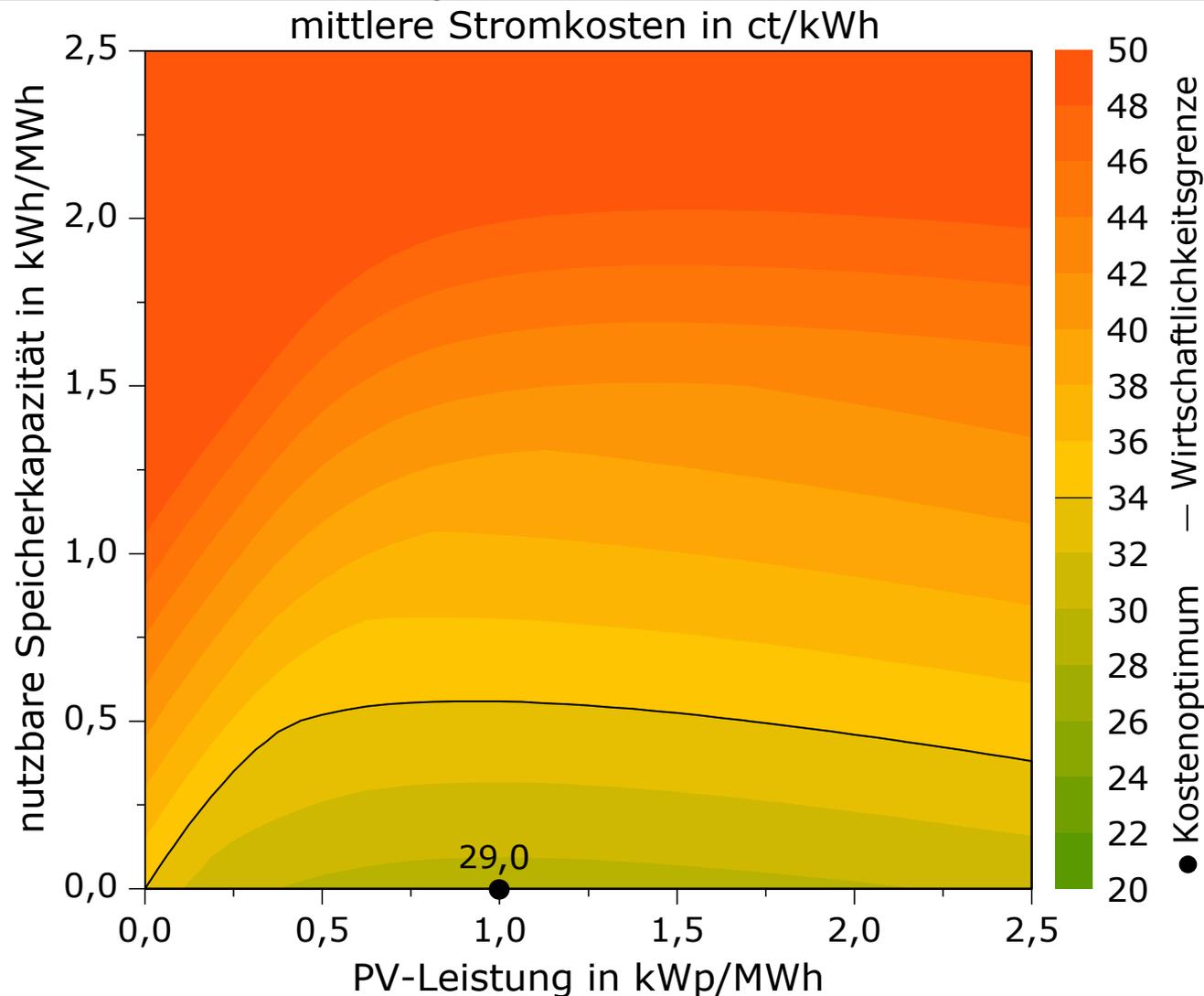
# Kostenoptimale Systemdimensionierung

2014

kurzfristig

mittelfristig

langfristig



PV-Kosten 1500 €/kWp, Speicherkosten 1500 €/kWh, Einspeisevergütung 11 ct/kWh  
Mittlere Strombezugskosten 34 ct/kWh, Zinssatz 4 %, Betriebskosten 1,5 %

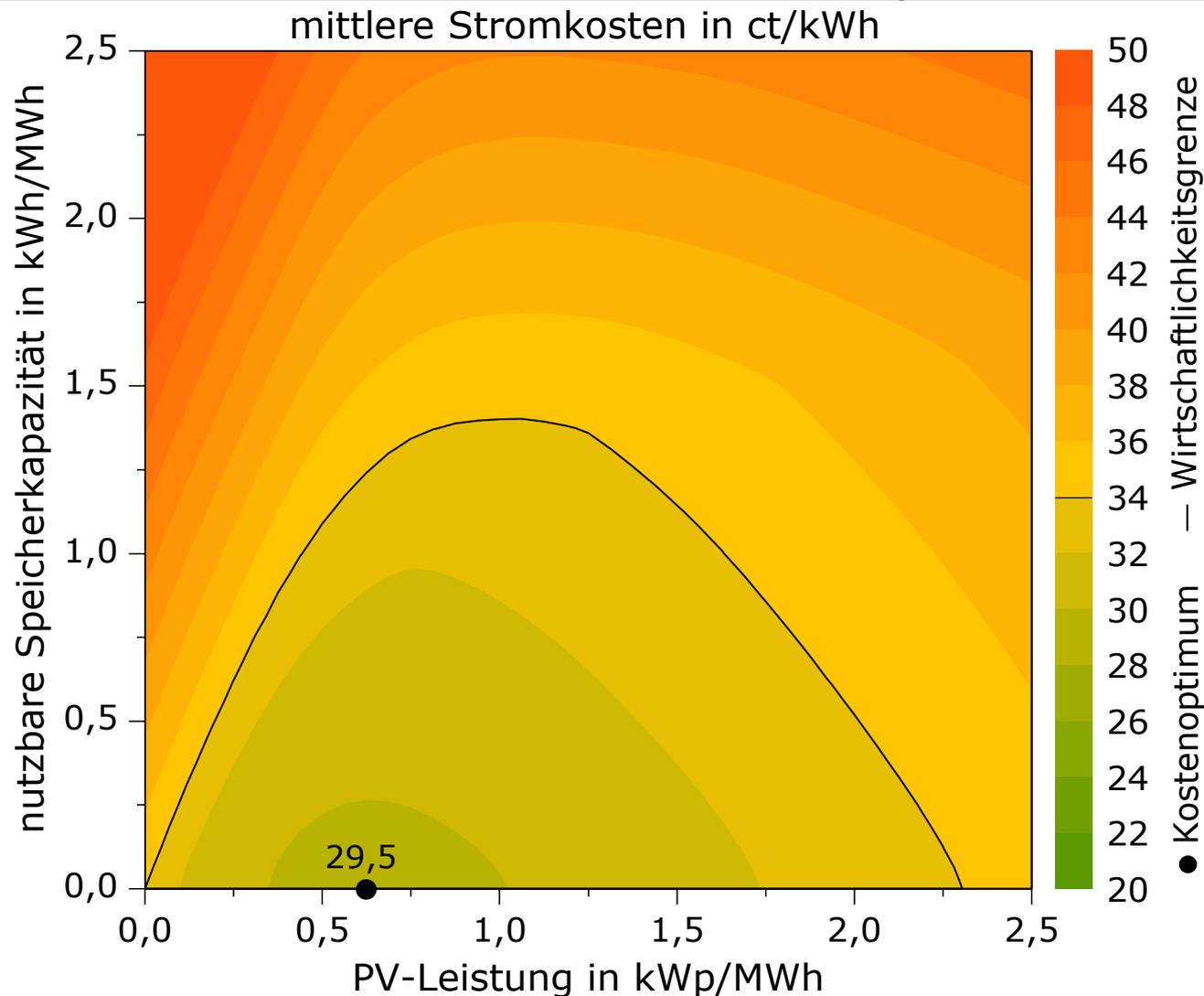
# Kostenoptimale Systemdimensionierung

2014

kurzfristig

mittelfristig

langfristig



PV-Kosten 1200 €/kWp, Speicherkosten 1000 €/kWh, Einspeisevergütung 6 ct/kWh  
Mittlere Strombezugskosten 34 ct/kWh, Zinssatz 4 %, Betriebskosten 1,5 %

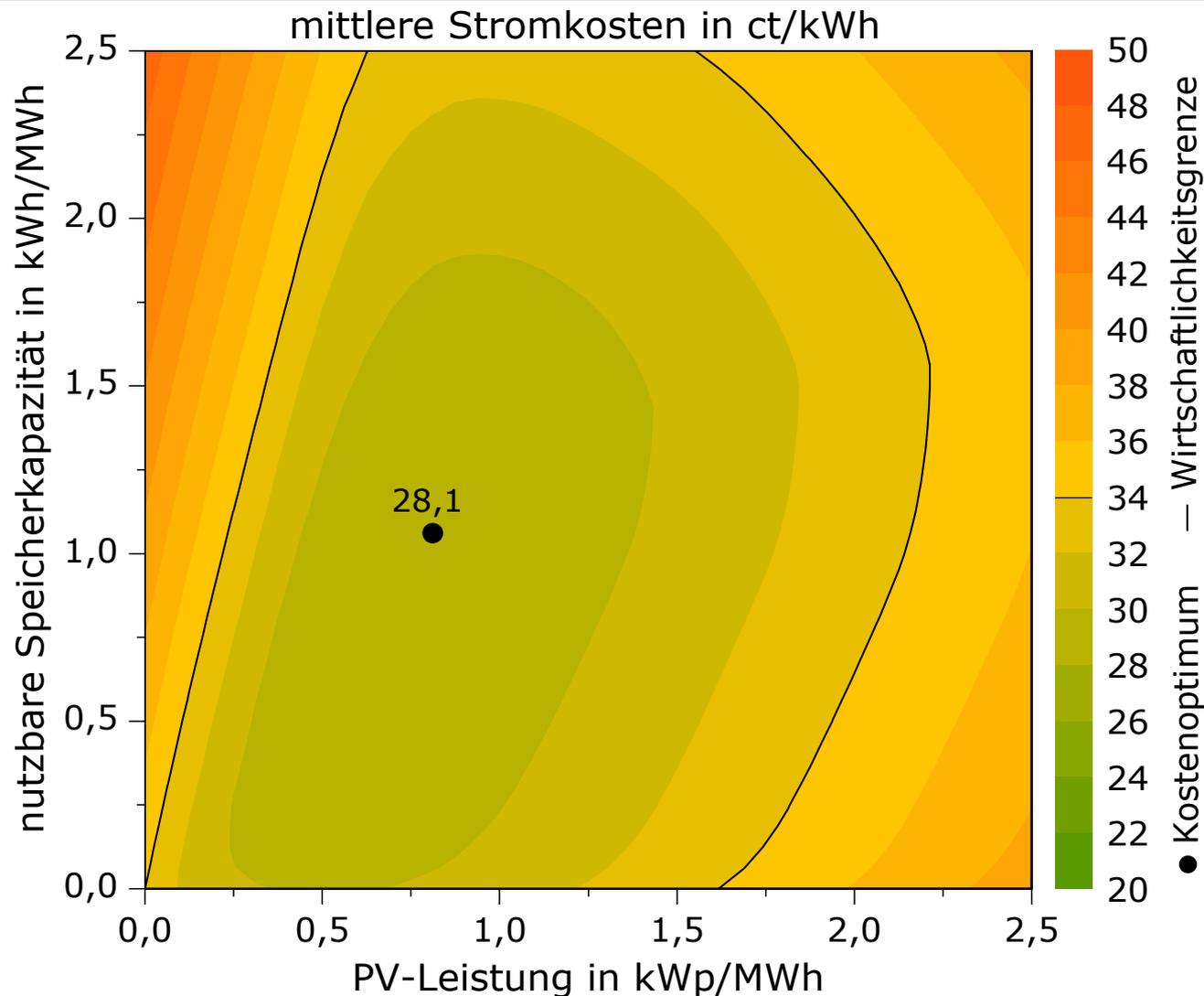
# Kostenoptimale Systemdimensionierung

2014

kurzfristig

mittelfristig

langfristig

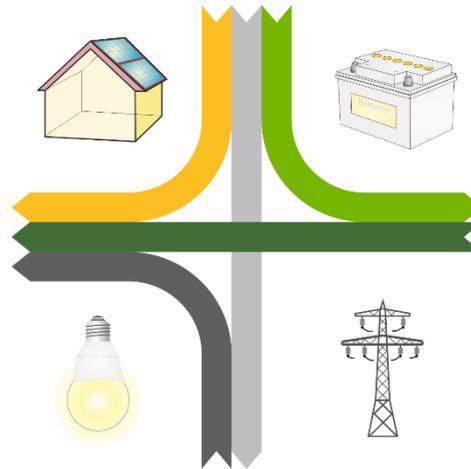


PV-Kosten 1000 €/kWp, Speicherkosten 600 €/kWh, Einspeisevergütung 2 ct/kWh  
Mittlere Strombezugskosten 34 ct/kWh, Zinssatz 4 %, Betriebskosten 1,5 %

# Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

Johannes Weniger | Joseph Bergner | Tjarko Tjaden | Volker Quaschnig

## Dezentrale Solarstromspeicher für die Energiewende



 **BWV • BERLINER  
WISSENSCHAFTS-VERLAG**

 **Hochschule für Technik  
und Wirtschaft Berlin**  
*University of Applied Sciences*