



Offenes Simulationsmodell für netzgekoppelte PV-Batteriesysteme

Tjarko Tjaden, Johannes Weniger, Volker Quaschnig

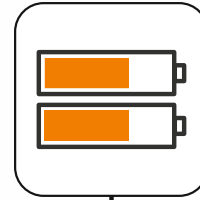
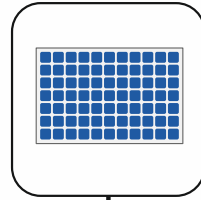
Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) Berlin

Christian Messner (AIT), Michael Knoop und Matthias Littwin (ISFH)
Hauke Loges (elenia), Kai-Philipp Kairies und David Haberschusz (ISEA)

32. Symposium Photovoltaische Solarenergie,
Kloster Banz, Bad Staffelstein, 08.-10. März 2017

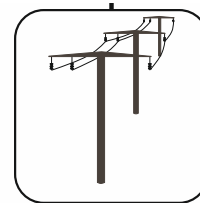
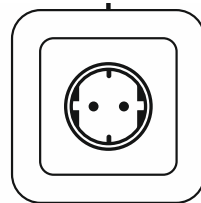
Systemkomponenten und Energiewandlungspfade

PV-Generator



Batterie-
speicher

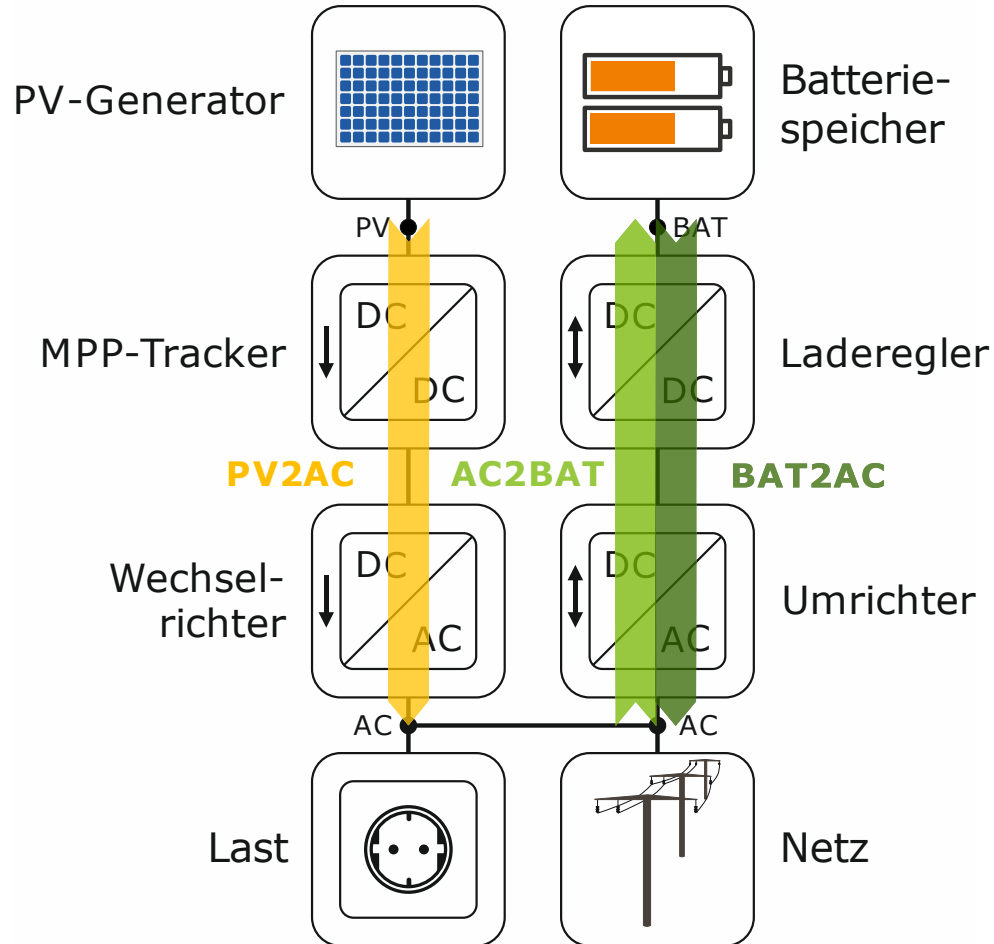
Last



Netz

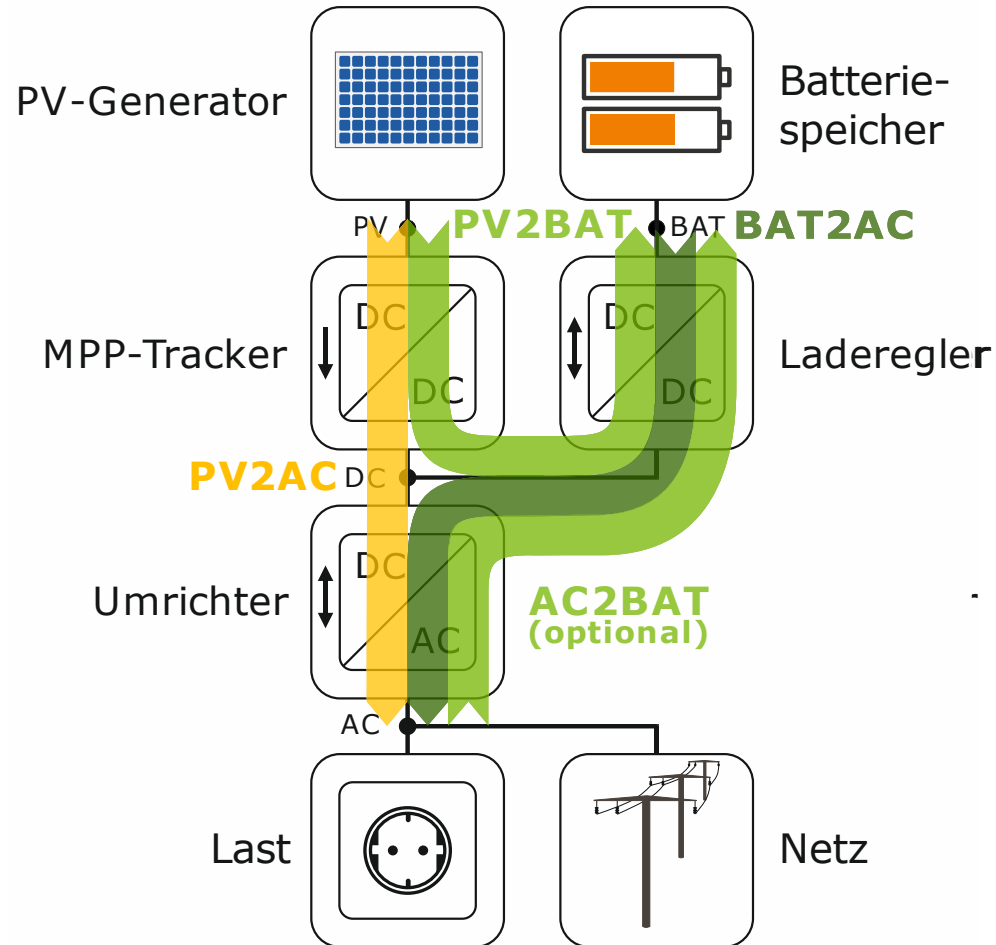
Systemkomponenten und Energiewandlungspfade

AC-gekoppelte Systeme



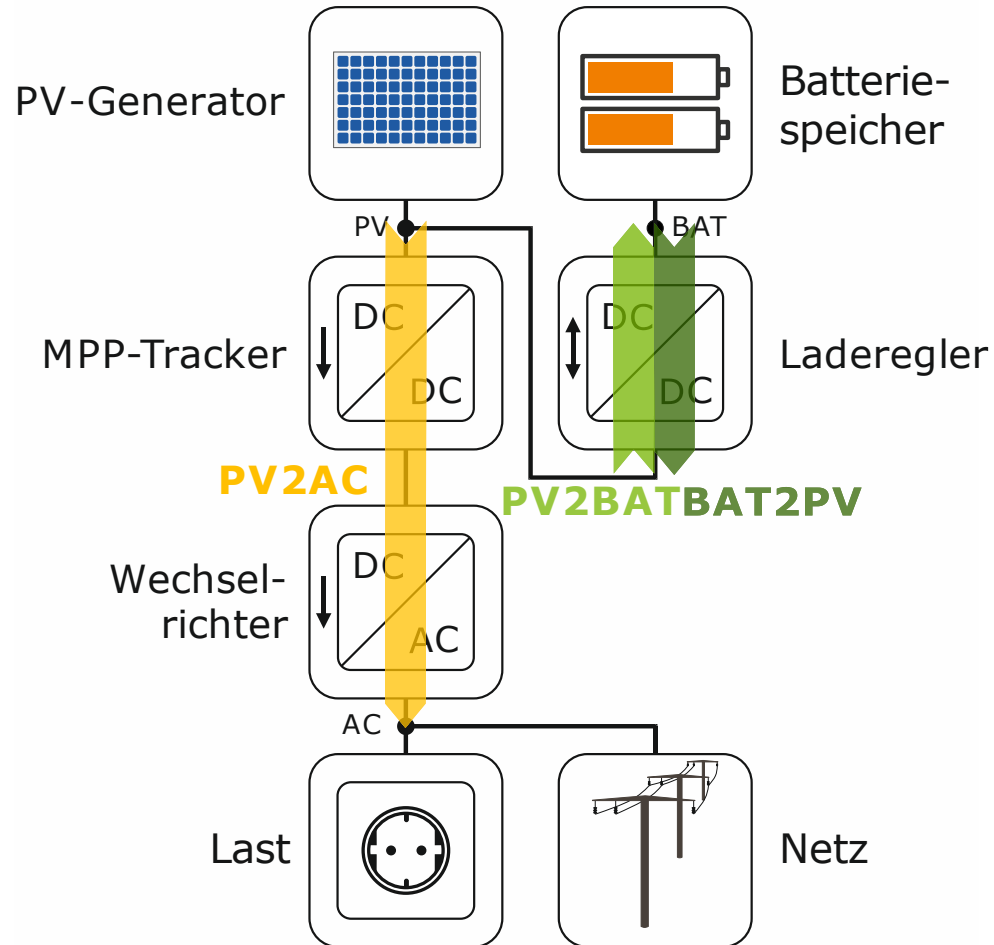
Systemkomponenten und Energiewandlungspfade

DC-gekoppelte Systeme



Systemkomponenten und Energiewandlungspfade

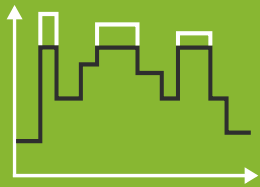
PV-Generatorkgekoppelte Systeme



Verlustmechanismen in PV-Batteriesystemen

Verlustmechanismen in Photovoltaik-Batteriesystemen

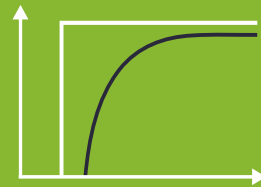
Dimensionierungsverluste



Umwandlungsverluste



Regelungsverluste



Energiemanagementverluste



Bereitschaftsverluste



- Eigenschaften, die Abweichungen gegenüber dem **idealen, verlustfreien Systemverhalten** hervorrufen.
- Systemverluste führen in der Regel zum **Anstieg des Netzbezugs** oder zur **Reduktion der Netzeinspeisung**.
- Klassifizierung der Verlustmechanismen in **fünf Kategorien**.

Status Quo: Wirkungsgradangaben der Hersteller

Systemwirkungsgrad 97% Round-Cycle



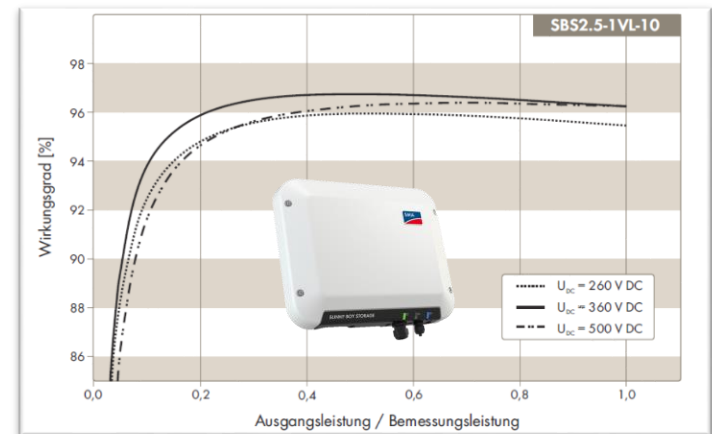
Maximaler Wirkungsgrad Wechselrichter	96 %
Maximaler Wirkungsgrad Batterie	98 %



WIRKUNGSGRAD	
Wechselrichter / Laderegler	96 %
Gesamtsystem (maximal)	86 %



max. Gesamtwirkungsgrad (round-trip - laden/entladen)	92 %
---	------

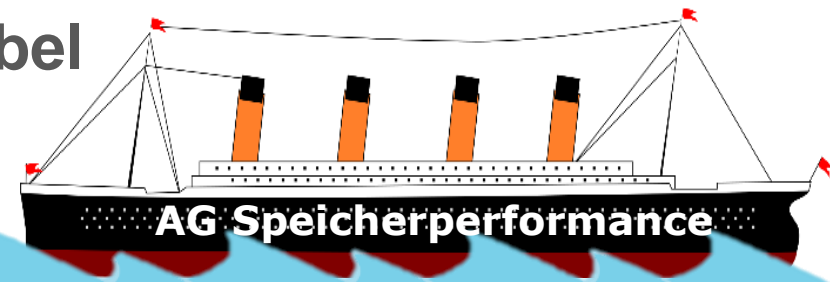


Ausschau nach dem Effizienzlabel



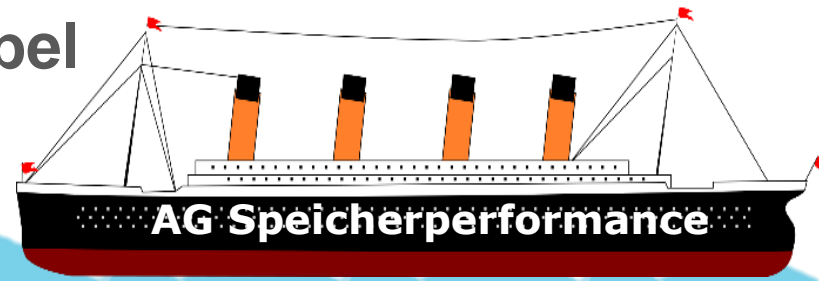
Ausschau nach dem Effizienzlabel

Label



Hersteller, Institute, Hochschulen
seit 2015 in einem Boot

Ausschau nach dem Effizienzlabel



Label

Hersteller, Institute, Hochschulen
seit 2015 in einem Boot

Maßnahmen zur Steigerung der Vergleichbarkeit

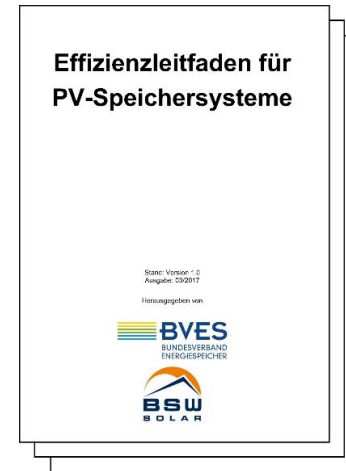


- **Fehlende Messstandards**
- **Eingeschränkte Vergleichbarkeit der Produkte**
- **Mangelnde Transparenz der Effizienzangaben**
- **Großes Effizienz-Optimierungspotenzial**

Maßnahmen zur Steigerung der Vergleichbarkeit

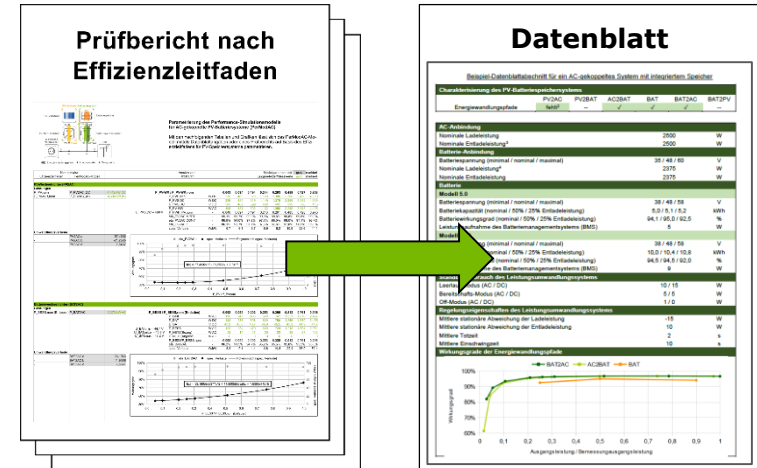


- **Fehlende Messstandards**
- **Eingeschränkte Vergleichbarkeit der Produkte**
- **Mangelnde Transparenz der Effizienzangaben**
- **Großes Effizienz-Optimierungspotenzial**



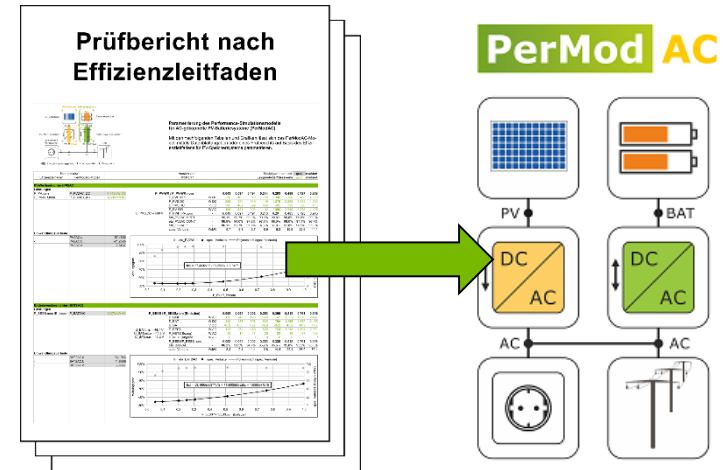
- Prüfleitfaden für **alle Topologien**
 - AC-gekoppelt
 - DC-gekoppelt
 - PV-Generatorkgekoppelt
- Ermittlung von **Effizienzparametern**
 - Wirkungsgrade
 - Bereitschaftsverluste
 - Regelungseffizienz
- **Veröffentlichung** am 14.03.2017 auf der Energy Storage durch den **BVES** und **BSW**

Maßnahmen zur Steigerung der Vergleichbarkeit



- **Prüfberichte** als Grundlage für weitere Schritte
- **Prüfergebnisse**
 - Nennleistung
 - Speicherkapazität
 - Auslastungsabhängige Wirkungsgrade
 - Bereitschaftsverluste der Systemkomponenten
 - Regelgeschwindigkeit und Regelgenauigkeit
- **Diskussion** der Vorschläge zum den Datenblattangaben am 30.03.2017. Kontakt: BVES

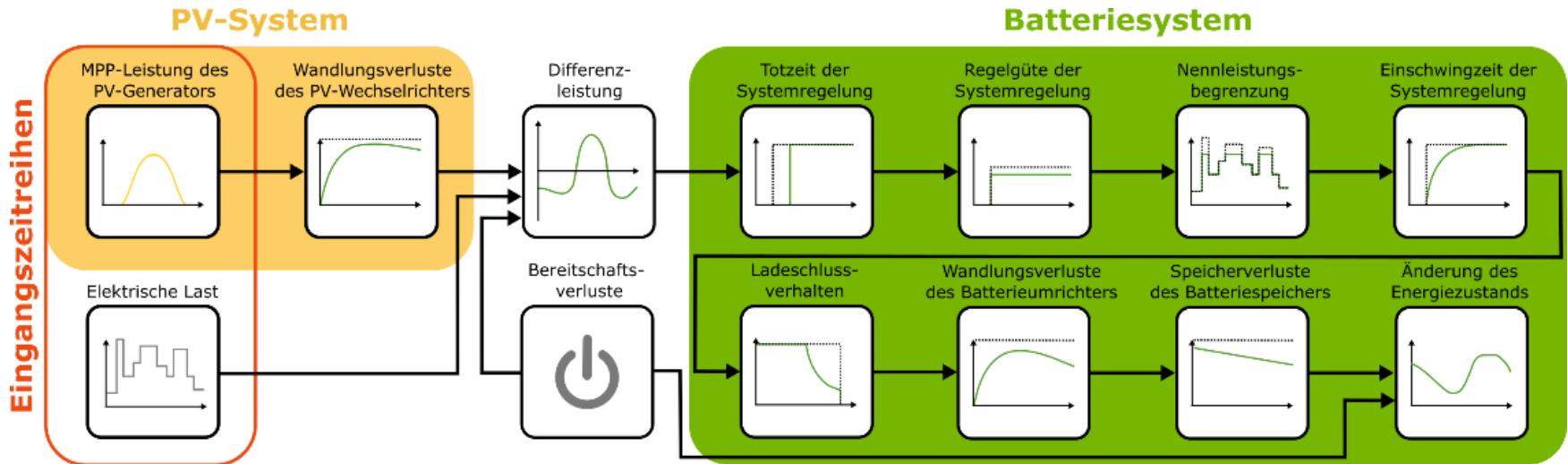
Maßnahmen zur Steigerung der Vergleichbarkeit



- **Prüfberichte** als **Grundlage** für Simulationsprogramme
- **Ziel des Simulationstests**
 - **Vergleich** der Systemperformance verschiedener Produkte unter **identischen Bedingungen**
 - Werkzeug zur Produkt- und **Systementwicklung**

Vorstellung des Simulationsmodells **PerMod AC**

- **Performance-Simulationsmodell** für **AC**-gekoppelte PV-Batteriesysteme (**PerModAC**).



- **Matlab-Programmcode** inkl. Eingangsdatensatz zur Simulation der Energieflüsse in einsekündiger Auflösung.
- Parametrierung des Modells auf Basis von Labormessungen nach dem **Effizienzleitfaden**.
- **Modellansatz:** „So einfach wie möglich, so komplex wie nötig.“
- **Frei verfügbar:** <https://pvspeicher.htw-berlin.de/permod>

Validierung durch Labormessungen

- **Test** von vier AC-gekoppelten Systemen durch Forschungsinstitute nach dem Effizienzleitfaden und Bereitstellung der Prüfberichte.

Christian Messner



Kai-Philipp Kairies
David Haberschusz



Michael Knoop
Matthias Littwin

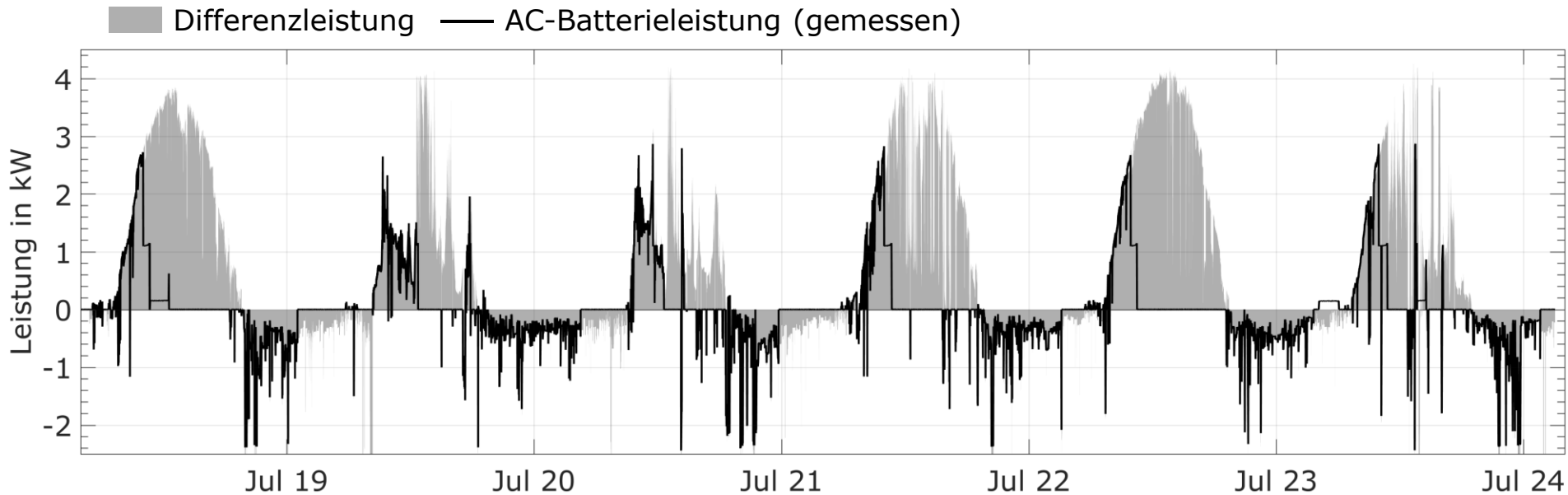


Hauke Loges



Validierung durch Labormessungen

- **Test** von vier AC-gekoppelten Systemen durch Forschungsinstitute nach dem Effizienzleitfaden und Bereitstellung der Prüfberichte.
- **Messung** über eine Woche im realen Betrieb durch Vorgabe einer PV-Generatorleistung und einer Last mit einer zeitlichen Auflösung von 1 s.



Christian Messner

Kai-Philipp Kairies
David Haberschus

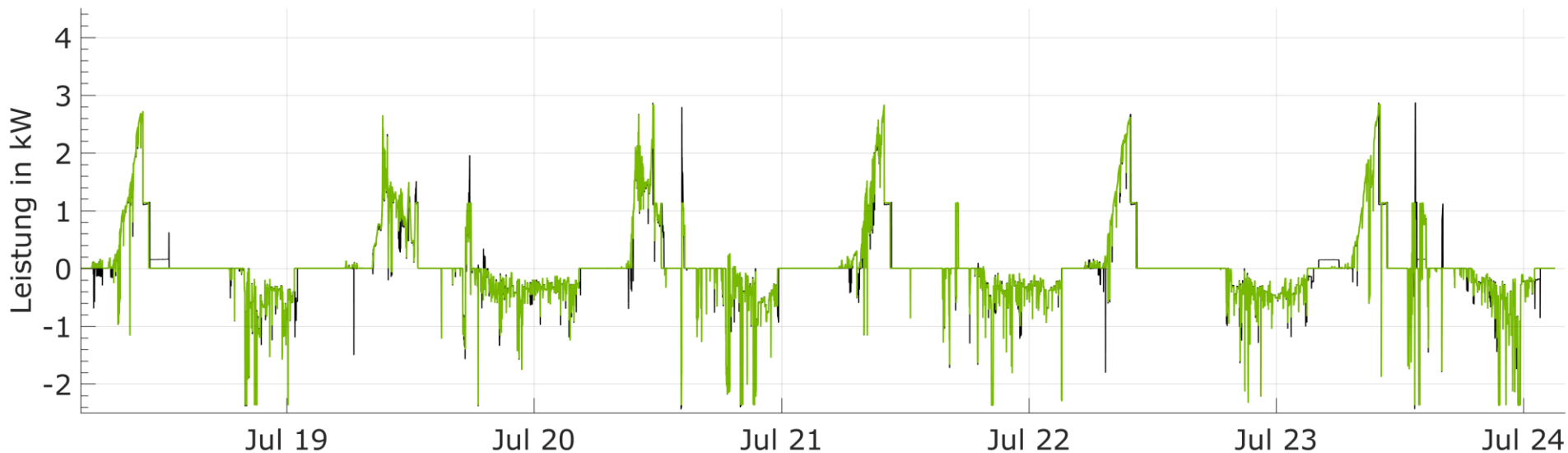
Michael Knoop
Matthias Littwin

Hauke Loges

Validierung durch Labormessungen

- **Test** von vier AC-gekoppelten Systemen durch Forschungsinstitute nach dem Effizienzleitfaden und Bereitstellung der Prüfberichte.
- **Messung** über eine Woche im realen Betrieb durch Vorgabe einer PV-Generatorleistung und einer Last mit einer zeitlichen Auflösung von 1 s.
- **Simulation** des Systems mit den gleichen Eingangsdaten und anschließender Vergleich der Mess- und Simulationsergebnisse.

■ Differenzleistung — AC-Batterieleistung (gemessen) — AC-Batterieleistung (simuliert)



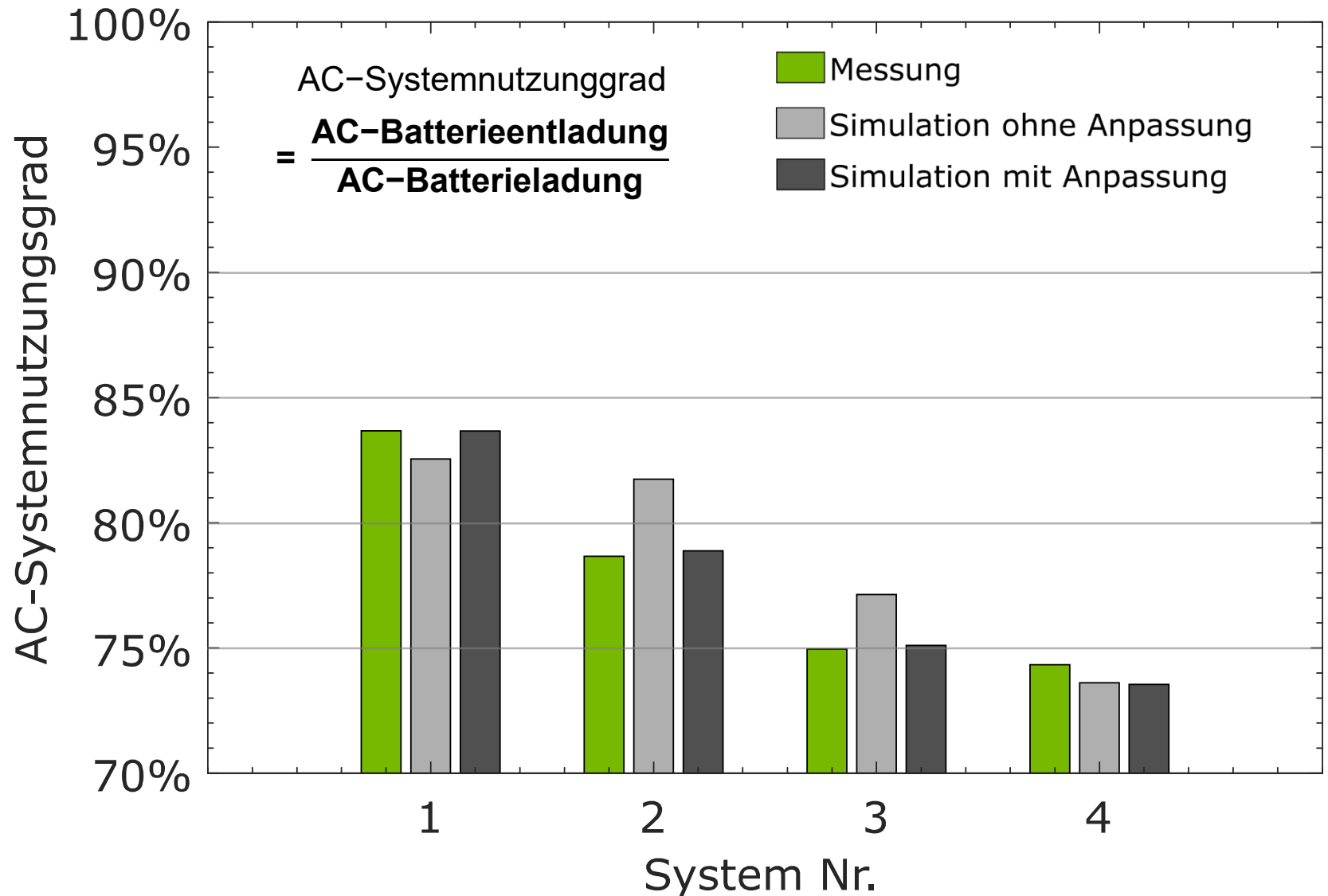
Christian Messner

Kai-Philipp Kairies
David Haberschus

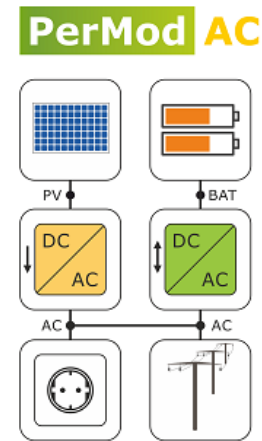
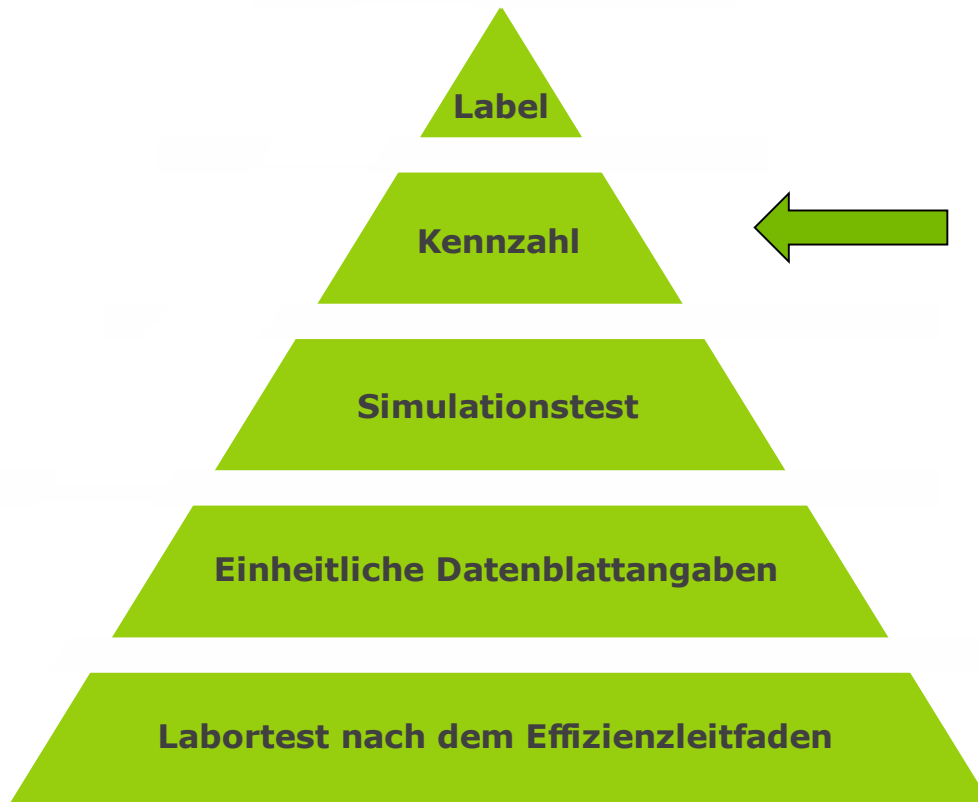
Michael Knoop
Matthias Littwin

Hauke Loges

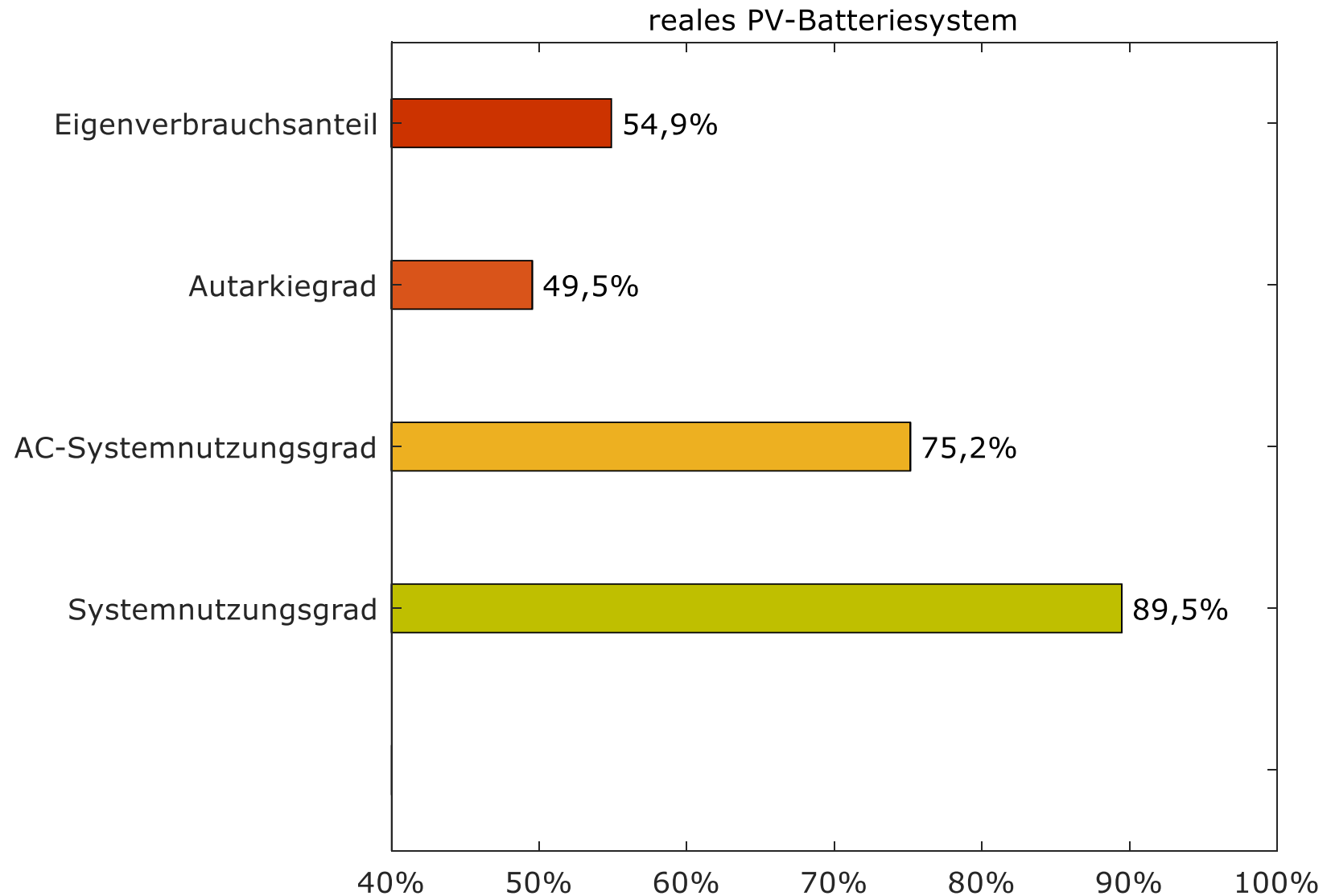
Validierung anhand des AC-Systemnutzungsgrad



Maßnahmen zur Steigerung der Vergleichbarkeit

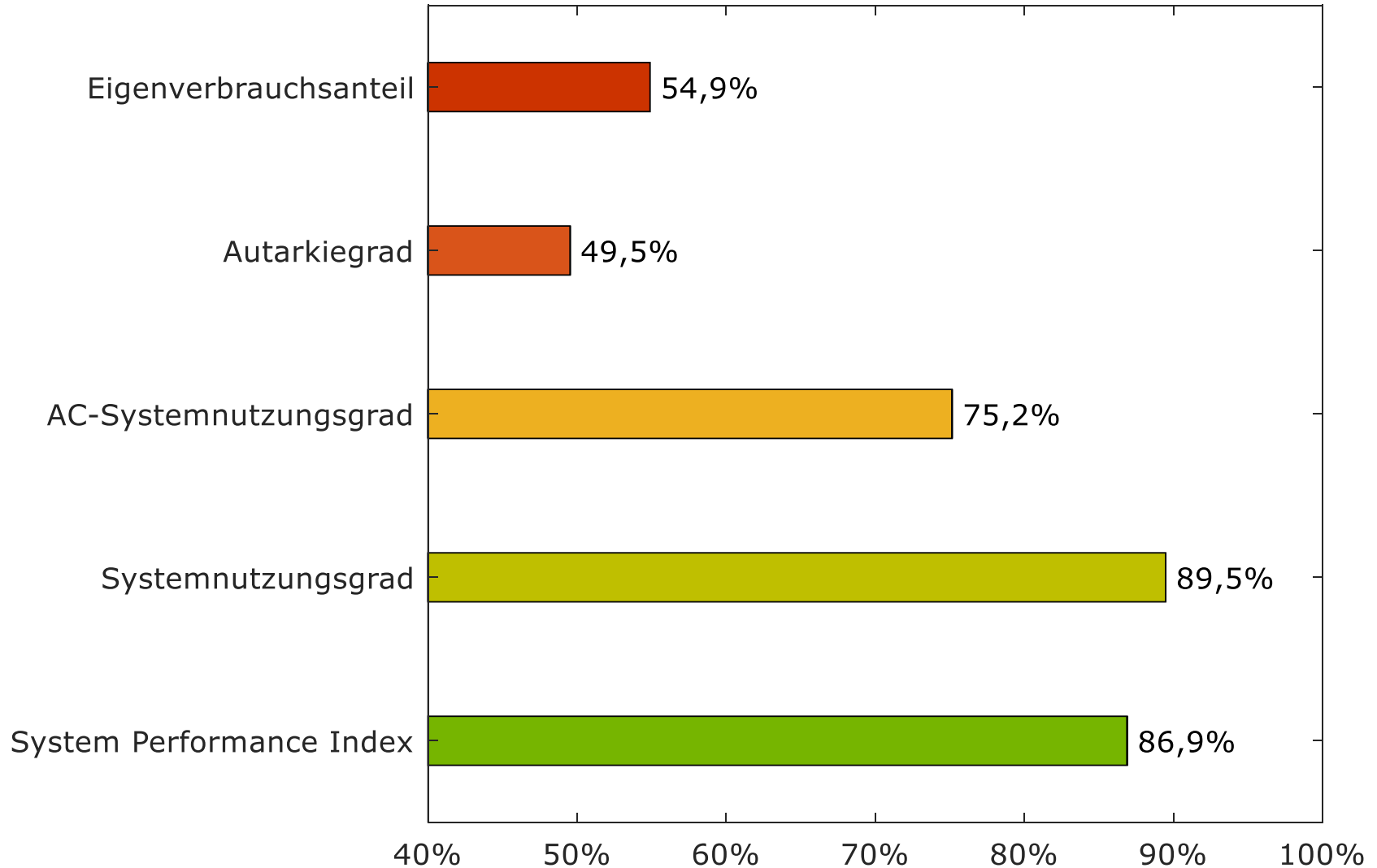


Kennzahlen aus der Jahressimulation für System 3

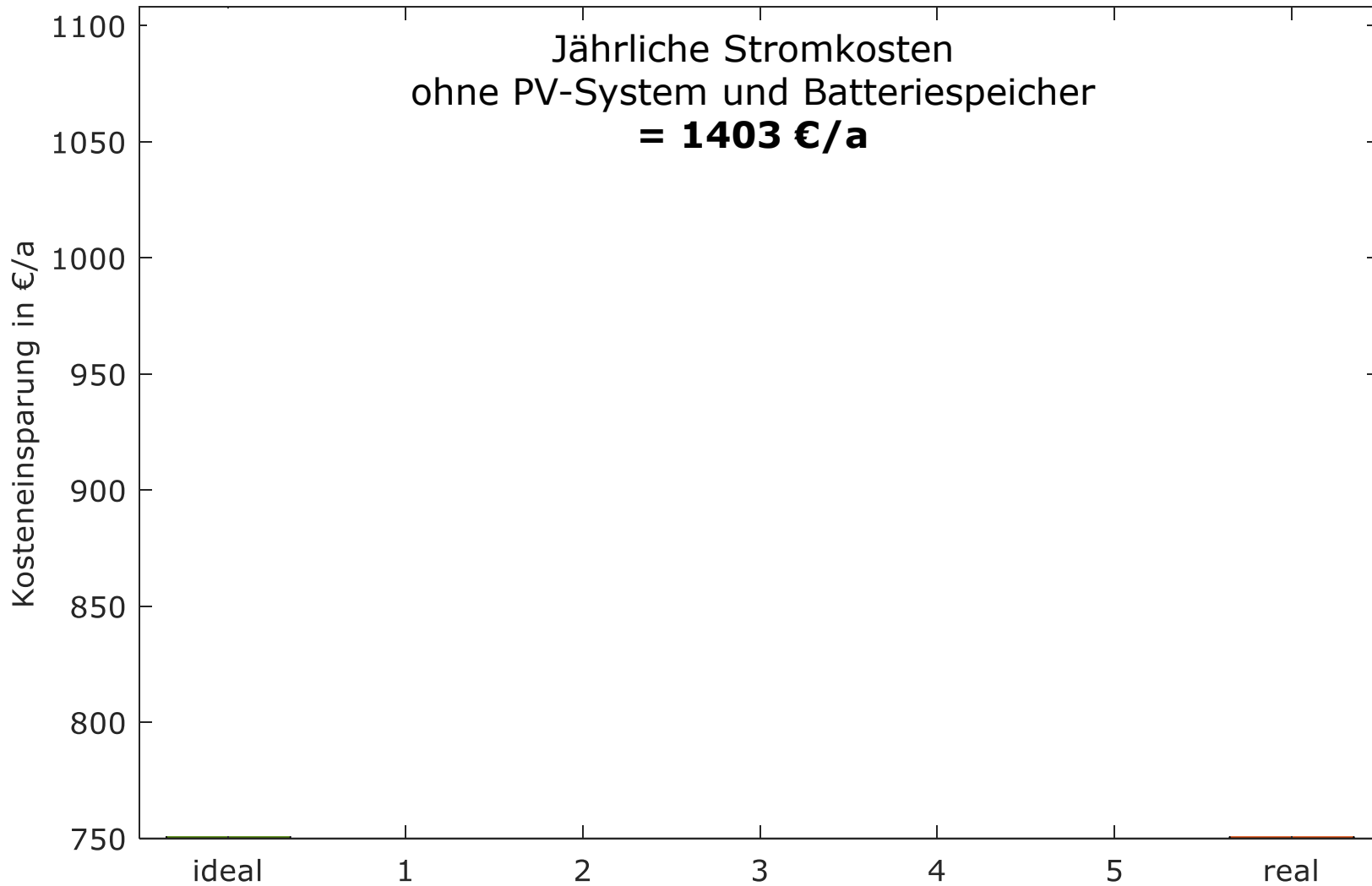


Kennzahlen aus der Jahressimulation für System 3

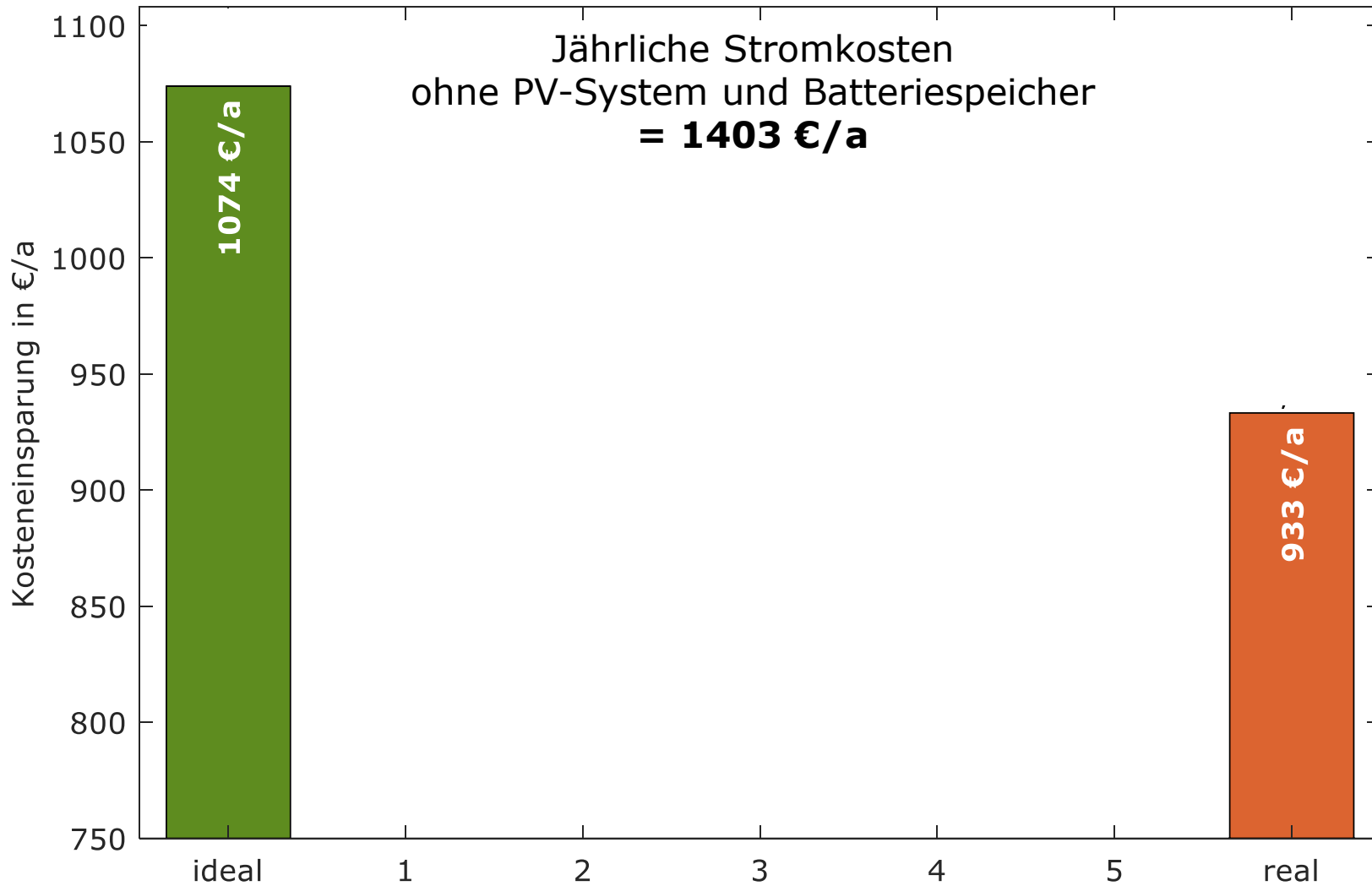
reales PV-Batteriesystem



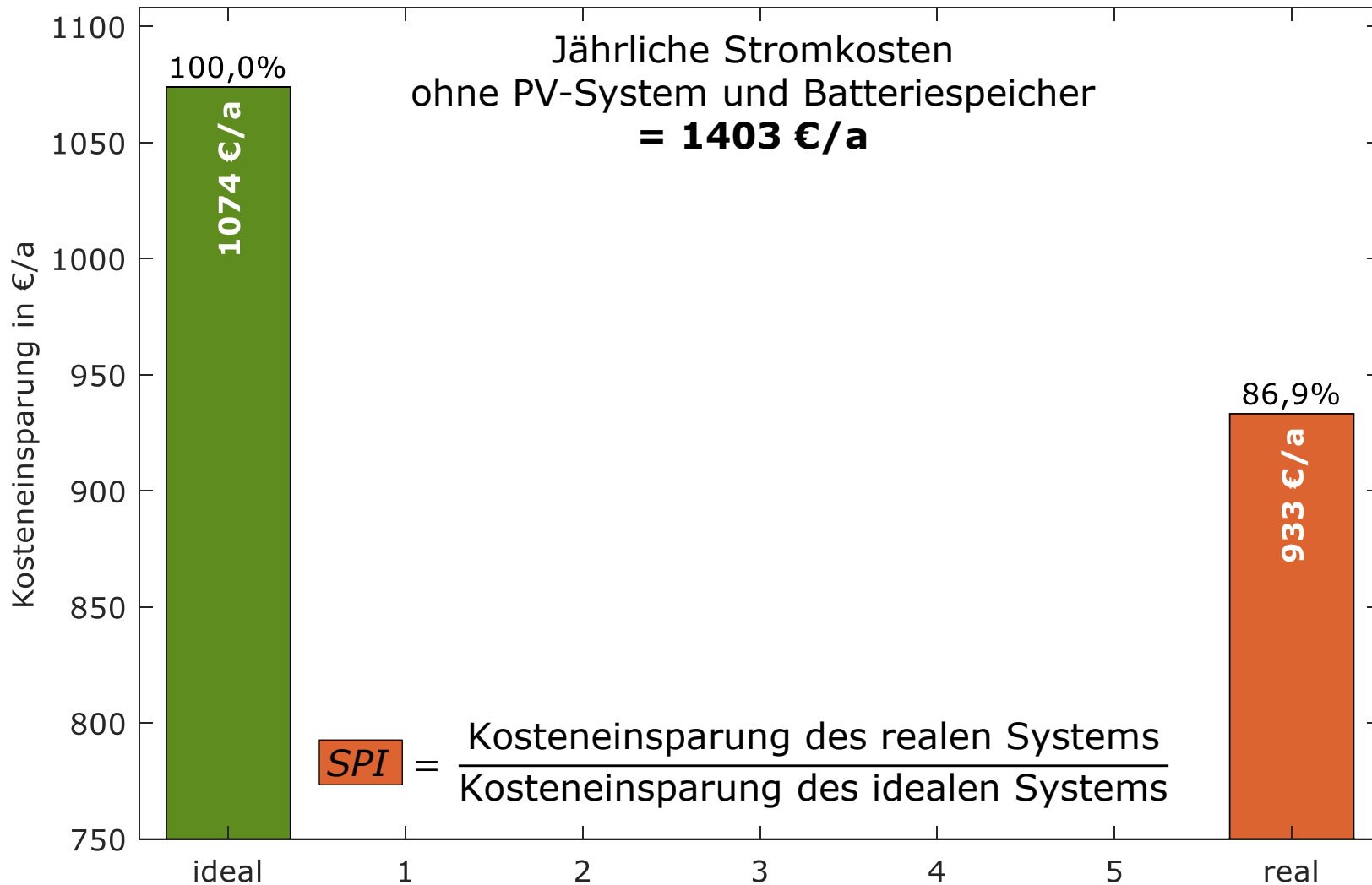
Einführung des System Performance Index (SPI)



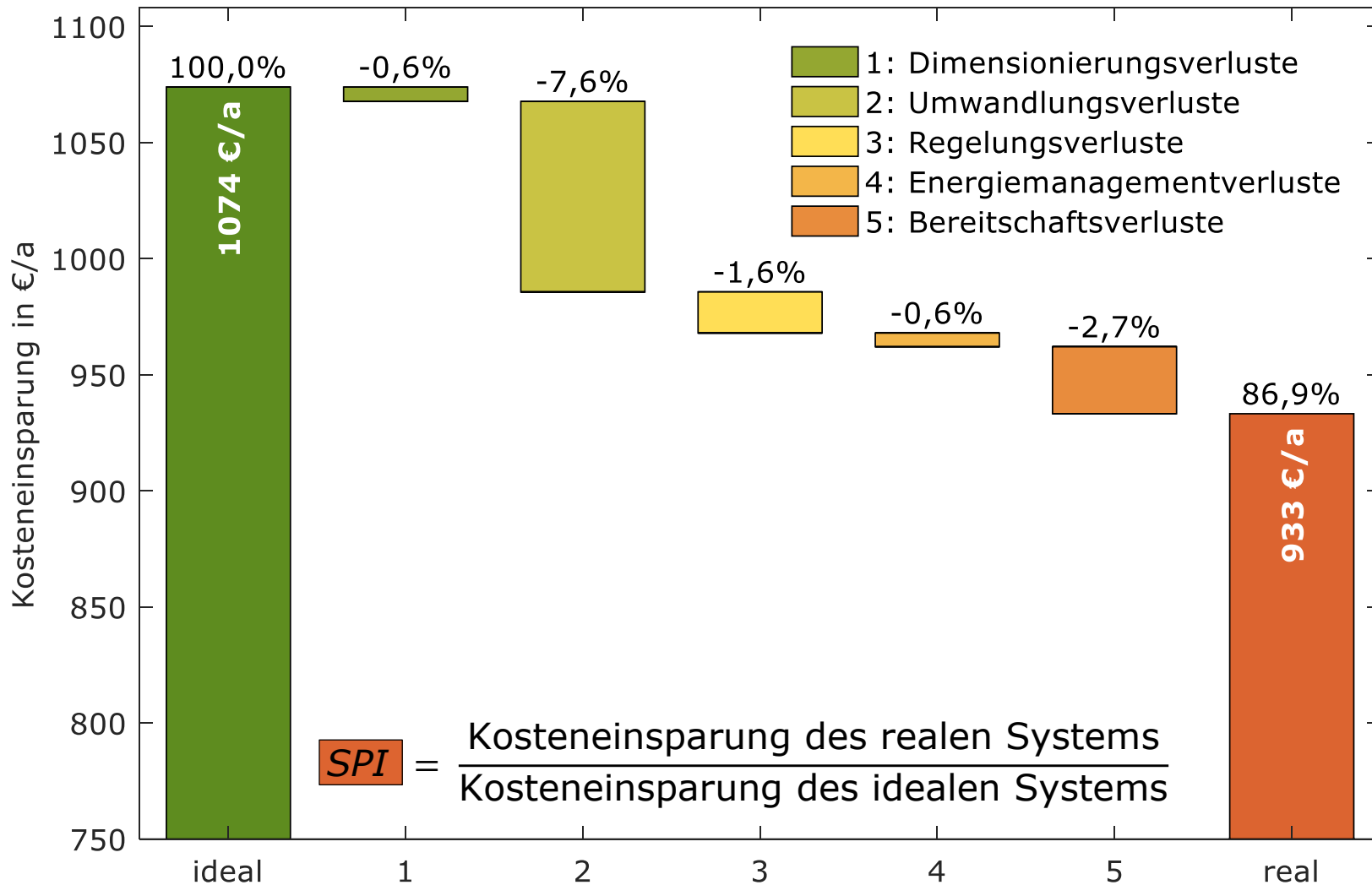
Einführung des System Performance Index (SPI)



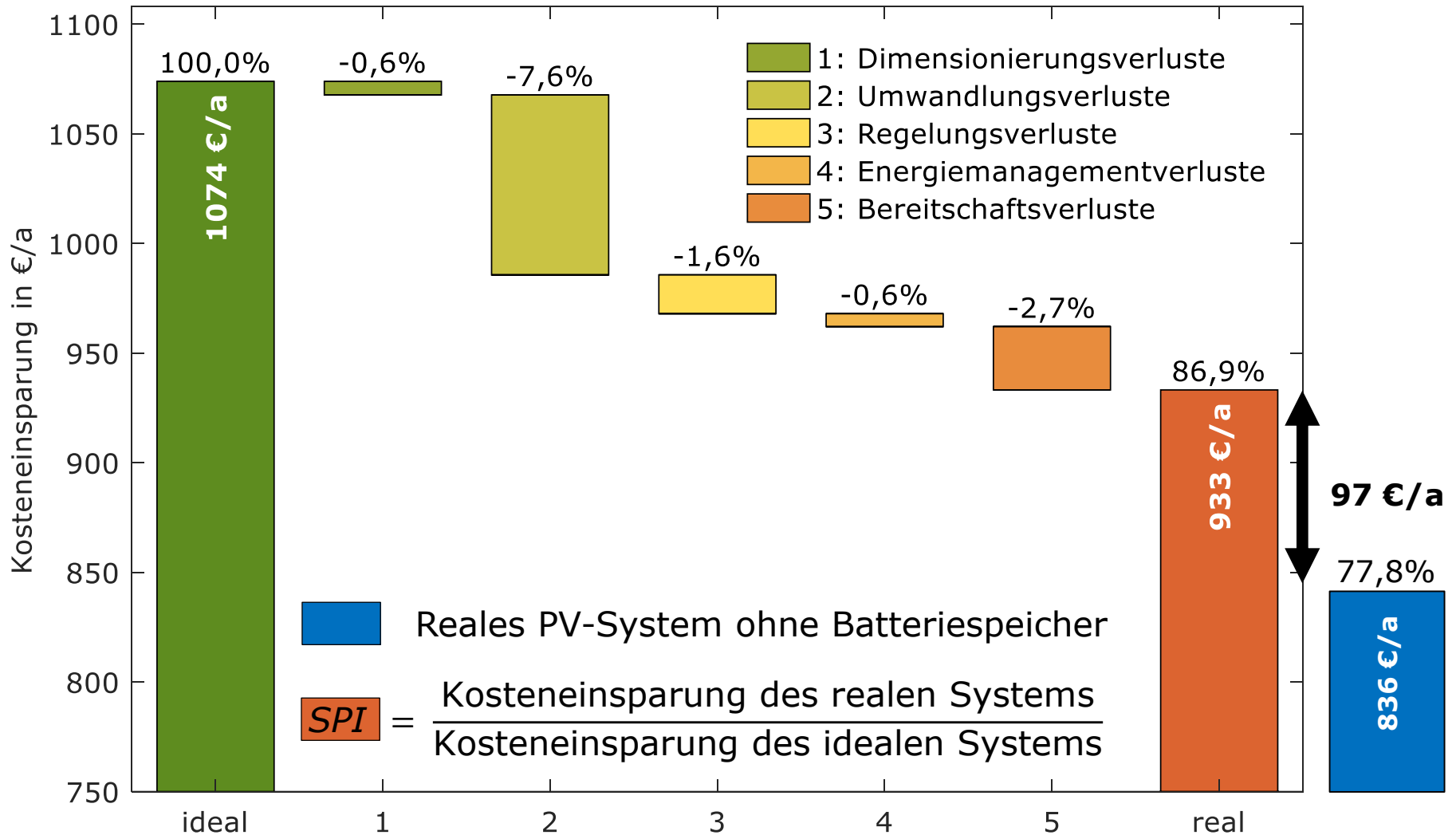
Einführung des System Performance Index (SPI)



Einführung des System Performance Index (SPI)



Einführung des System Performance Index (SPI)



Schlussfolgerungen

- Der **Effizienzleitfaden für PV-Batteriespeicher** stellt eine bedeutende **Grundlage** für die Bestimmung von Effizienzparametern für **Datenblattangaben** und **Simulationsmodelle** dar.
- Der Anspruch eines umfassenden, **anwendungsbezogenen Vergleichs** von PV-Batteriesystemen bei gleichzeitig **geringem** zeitlichen und finanziellen **Aufwand** kann am besten durch **Simulationen** erfüllt werden.
- Das **PerModAC-Modell** ermöglicht eine genaue Abbildung der Realität und kann zusammen mit der Community als **Open Source Modell** weiterentwickelt werden.
- Wichtigste **Weiterentwicklung** ist die Anpassung und Validierung des Modells für **PV-Generator-** und **DC-gekoppelte Systeme**.
- Mit dem vorgestellten **System Performance Index (SPI)** können mittelfristig Speichersysteme **aller Topologien** anwendungsbezogen **technisch** sowie **ökonomisch** miteinander verglichen werden.
- Damit ist der **SPI** eine geeignete **Grundlage** für Marktübersichten und ein einheitliches sowie verständliches **Effizienzlabel**.

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

Ein großer Dank an die Verbände



und den Fördermittelgeber / Projektträger

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

