



Batterialterung • Batteriemodelle • Batteriediagnostik • Batteriepackdesign • Elektromobilität • Stationäre Energiespeicher • Energiesystemanalyse

Auswirkungen dezentraler Solarstromspeicher auf Netzbetreiber und Energieversorger

Öffentlicher Vortrag zur Dissertation
an der Fakultät für Elektrotechnik, Informationstechnik und Technische Informatik der RWTH Aachen

09.01.2019, Aachen
Kai-Philipp Kairies

Lehrstuhl für Elektrochemische Energiewandlung
und Speichersystemtechnik

ISEA
Stromrichter-
technik und
Elektrische
Antriebe

RWTHAACHEN
UNIVERSITY

Energiewende braucht Flexibilität

Volle Versorgungssicherheit bei
volatiler Erzeugung





Netze

Bieten räumliche Flexibilität

Speicher

Bieten zeitliche Flexibilität

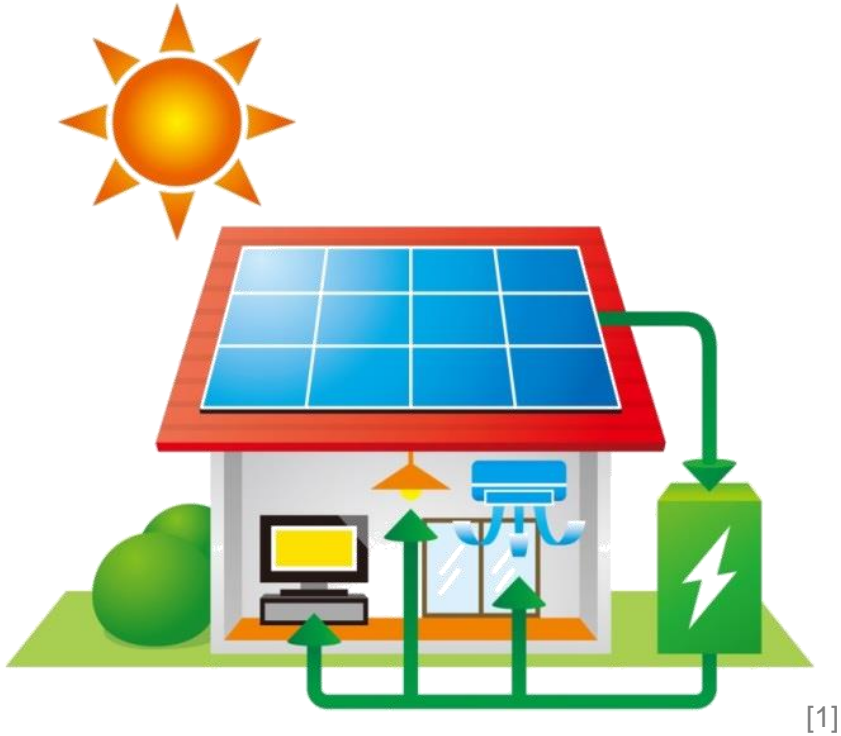


Heimspeicher

Die Energiewende zuhause



Heimspeicher: Die Energiewende zuhause



- Batteriespeicher verschieben Solarstrom vom Tag in die Nacht
- Mehr Eigenverbrauch = Weniger Strombezug
- Welche Auswirkungen haben Solarstromspeicher auf Netzbetreiber und Energieversorger?

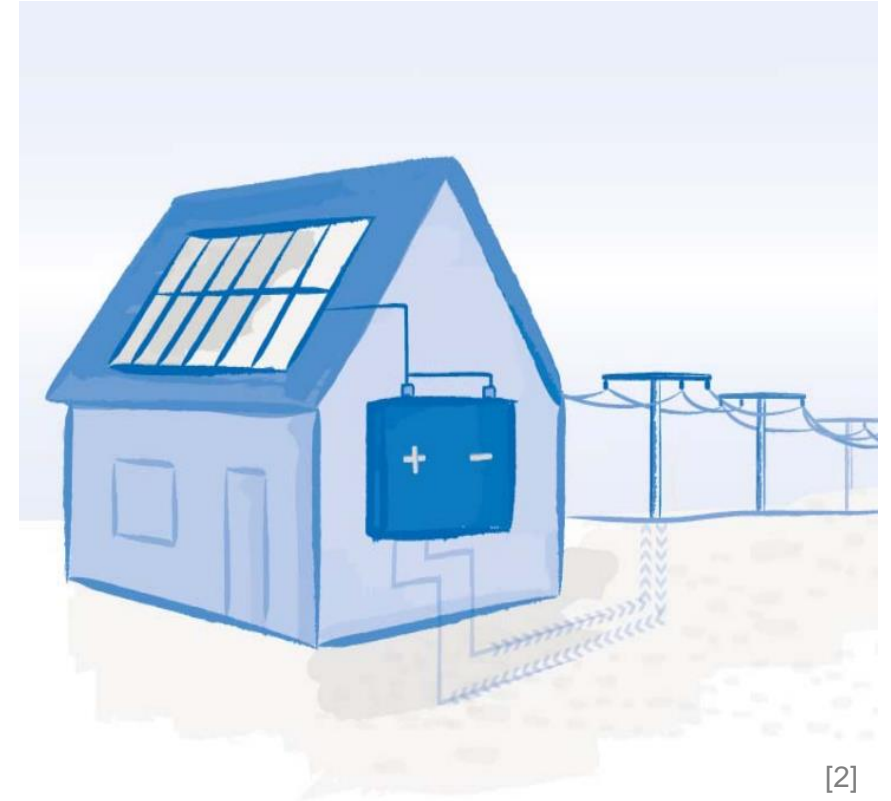
Einfluss von Heimspeichern auf die Energiewirtschaft

■ Netzbetreiber

- Welchen Einfluss haben Batteriespeicher auf die Lastprofile von Privathaushalten?
- Was muss bei der Netzplanung beachtet werden?
- Wie können die Stromnetze zukünftig finanziert werden?

■ Energieversorger

- Wie viel Strom beziehen Kunden noch aus dem öffentlichen Netz?
- Wie verändern sich die Abnahmemengen im Jahresverlauf?



[2]

- **Umfang und Methodik der Datenerhebung**
- Markt- und Technologieentwicklung dezentraler Solarstromspeicher in Deutschland
- Netzurückwirkungen dezentraler Solarstromspeicher
- Standardlastprofile für Haushalte mit Photovoltaikanlage und Batteriespeicher
- Einfluss von Heimspeichern auf Energieversorger

- Zusammenfassung und Ausblick

KfW-Förderung von Heimspeichern

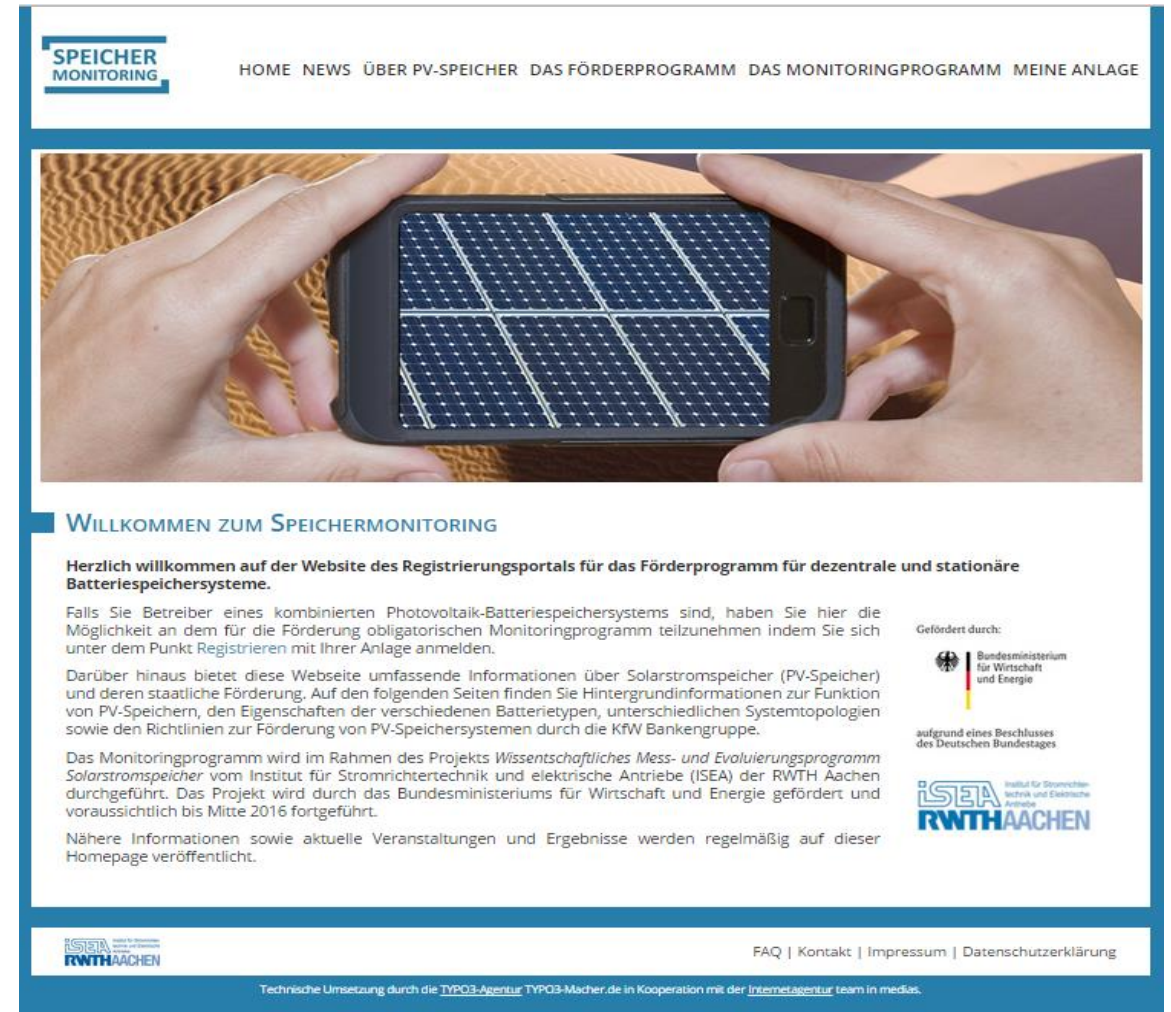
- Förderung von PV-Anlagen mit Batteriespeicher durch KfW-Bank und Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
 - Erste Förderperiode: 05/2013 – 12/2015
 - Zweite Förderperiode: 03/2016 – 12/2018
- Förderung von bis zu 30% der Batteriekosten möglich
- Anspruchsvolle technische Anforderungen
 - 10 Jahre Zeitwertersatzgarantie auf Batterie
 - Begrenzung der maximalen Einspeiseleistung auf 50 % der PV-Nennleistung

The screenshot displays the KfW website interface for the '275 Kredit' product. The header includes the KfW logo, a search bar, and navigation options like 'Anmelden' and 'Merkmale'. The main content area features a green banner with the product name 'Erneuerbare Energien – Speicher' and a sub-headline 'Strom aus Sonnenenergie erzeugen und speichern'. Below this, there are tabs for 'Überblick', 'Konditionen', 'So funktioniert's', 'Formulare & Downloads', and 'FAQ'. A section titled 'Das Wichtigste in Kürze' lists key features such as an effective interest rate of 1.05%, suitability for combined PV and battery systems, and a 20-year term. There are also buttons for 'Was fordern wir?' and 'Wen fordern wir?'. On the right side, there are sections for 'Kontakt' with a phone number and 'Online-Beratungsanfrage' with a photo of a customer service representative. At the bottom right, there is a 'Tilgungsrechner' section.

+ verpflichtende Teilnahme an einem wissenschaftlichen Monitoringprogramm

Basis-Monitoring: Erfassung der Markt- und Technologieentwicklung

- Nutzer geben ihre Anlagendaten über eine Website ein:
 - Ort der Anlage
 - Systemtopologie
 - Leistung des PV-Generators
 - Batterietyp
 - Installierte und nutzbare Kapazität der Batterie
 - Preis von PV-Generator und Batteriespeicher
 - Freiwillige Angaben:
 - Anzahl Bewohner im Haushalt
 - Jährlicher Stromverbrauch
 - Energieintensive Verbraucher?



SPEICHER MONITORING HOME NEWS ÜBER PV-SPEICHER DAS FÖRDERPROGRAMM DAS MONITORINGPROGRAMM MEINE ANLAGE

WILLKOMMEN ZUM SPEICHERMONITORING


Herzlich willkommen auf der Website des Registrierungsportals für das Förderprogramm für dezentrale und stationäre Batteriespeichersysteme.


Falls Sie Betreiber eines kombinierten Photovoltaik-Batteriespeichersystems sind, haben Sie hier die Möglichkeit an dem für die Förderung obligatorischen Monitoringprogramm teilzunehmen indem Sie sich unter dem Punkt Registrieren mit Ihrer Anlage anmelden.


Darüber hinaus bietet diese Webseite umfassende Informationen über Solarstromspeicher (PV-Speicher) und deren staatliche Förderung. Auf den folgenden Seiten finden Sie Hintergrundinformationen zur Funktion von PV-Speichern, den Eigenschaften der verschiedenen Batterietypen, unterschiedlichen Systemtopologien sowie den Richtlinien zur Förderung von PV-Speichersystemen durch die KfW Bankengruppe.

Das Monitoringprogramm wird im Rahmen des Projekts *Wissenschaftliches Mess- und Evaluierungsprogramm Solarstromspeicher* vom Institut für Stromrichtertechnik und elektrische Antriebe (ISEA) der RWTH Aachen durchgeführt. Das Projekt wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert und voraussichtlich bis Mitte 2016 fortgeführt.

Nähere Informationen sowie aktuelle Veranstaltungen und Ergebnisse werden regelmäßig auf dieser Homepage veröffentlicht.

Gefördert durch:
 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

 Institut für Stromrichtertechnik und elektrische Antriebe
RWTH AACHEN

 **RWTH AACHEN**

FAQ | Kontakt | Impressum | Datenschutzerklärung

Technische Umsetzung durch die [TYPO3-Agentur](#) TYPO3-Macher.de in Kooperation mit der [Internetagentur](#) team in medias.

Basis-Monitoring: Erfassung der Markt- und Technologieentwicklung

- Nutzer geben ihre Anlagendaten über eine Website ein:
 - Ort der Anlage
 - Systemtopologie
 - Leistung des PV-Generators
 - Batterietyp
 - Installierte und nutzbare Kapazität der Batterie
 - Preis von PV-Generator und Batteriespeicher
 - Freiwillige Angaben:
 - Anzahl Bewohner im Haushalt
 - Jährlicher Stromverbrauch
 - Energieintensive Verbraucher?

FRAGEBOGEN

IST DIE ANSCHRIFT DES ANLAGENSTANDORTES IDENTISCH MIT DER ANSCHRIFT DES ANLAGENBETREIBERS? *

NEIN JA

WURDE FÜR IHRE ANLAGE EIN SPEICHERPASS AUSGESTELLT? *

Ja

WURDEN PV-ANLAGE UND SPEICHERSYSTEM ZUSAMMEN NEU INSTALLIERT? *

PV-Anlage und Speichersystem wurden zusammen installiert

WANN WURDEN PV-ANLAGE UND SPEICHERSYSTEM INSTALLIERT? i

06.11.2014

WELCHE NENNLEISTUNG HAT DIE PV-ANLAGE, DIE MIT DEM SPEICHERSYSTEM VERBUNDEN IST? * i

6 kWp

HANDELT ES SICH BEI IHREM SPEICHERSYSTEM UM EIN DC GEKOPPELTES SYSTEM ODER UM EIN AC GEKOPPELTES SYSTEM? * i

DC gekoppeltes System

IST IHR SYSTEM 1-PHASIG ODER 3-PHASIG AN DAS STROMNETZ ANGESCHLOSSEN? * i

3-Phasig

WELCHE BATTERIETECHNOLOGIE WIRD IN IHREM SPEICHERSYSTEM VERWENDET? * i

Lithium

WELCHE ENERGIEKAPAZITÄT WIRD VOM HERSTELLER FÜR DIE BATTERIE ANGEZEIGT? INSTALLIERTE KAPAZITÄT (BRUTTO KAPAZITÄT): * i

6 kWh

WELCHE ENERGIEKAPAZITÄT WIRD VOM HERSTELLER FÜR DIE BATTERIE ANGEZEIGT? NUTZBARE KAPAZITÄT (NETTO KAPAZITÄT): i

6 kWh

Klicken zum Vergrößern

Mit Speicherpass
Sie finden die Angabe hierzu an der markierten Stelle auf Ihrem Speicherpass.

Ohne Speicherpass
Sie finden die Angabe hierzu im Datenblatt Ihres Speichersystems.

Standard-Monitoring: Erfassung der monatlichen Energieflüsse

- Nutzer können Betriebsdaten ihrer Heimspeicher eingeben
 - Hochladen von Logfiles
 - Eintragen von Zählerständen
- Zusätzlich Kooperationen mit Herstellern von Speichersystemen
- Aktuell liegen monatlich die Erzeugungs- und Verbrauchswerte sowie der Speichereinsatz von mehr als 10.000 Haushalten vor



[3]



[4]

Standard-Monitoring: Erfassung der monatlichen Energieflüsse

- Nutzer können Betriebsdaten ihrer Heimspeicher eingeben
 - Hochladen von Logfiles
 - Eintragen von Zählerständen
- Zusätzlich Kooperationen mit Herstellern von Speichersystemen
- Aktuell liegen monatlich die Erzeugungs- und Verbrauchswerte sowie der Speichereinsatz von mehr als 10.000 Haushalten vor




EINGABE DER ZÄHLERSTÄNDE

HABEN SIE IHRE DATEN INNERHALB DER LETZTEN 30MIN ABGELESEN? *

JA NEIN

ZÄHLERSTAND DES ERZEUGUNGSZÄHLERS :	<input type="text" value="1000"/>	<input type="text"/>	kWh	i
ZÄHLERSTAND DES NETZEINSPEISEZÄHLERS :	<input type="text" value="700"/>	<input type="text"/>	kWh	i
ZÄHLERSTAND DES NETZBEZUGSZÄHLERS :	<input type="text" value="20000"/>	<input type="text"/>	kWh	i
ZÄHLERSTAND DES BATTERIEEINSPEISEZÄHLER:	<input type="text" value="200"/>	<input type="text"/>	kWh	i
ZÄHLERSTAND DES BATTERIEAUSSPEISEZÄHLER	<input type="text" value="170"/>	<input type="text"/>	kWh	i

* PFLICHTFELD!



Standard-Monitoring: Erfassung der monatlichen Energieflüsse

- Nutzer können Betriebsdaten ihrer Heimspeicher eingeben
 - Hochladen von Logfiles
 - Eintragen von Zählerständen
- Zusätzlich Kooperationen mit Herstellern von Speichersystemen
- Aktuell liegen monatlich die Erzeugungs- und Verbrauchswerte sowie der Speichereinsatz von mehr als 10.000 Haushalten vor

Hier können sie ihre Zählerstände hochladen, wenn sie die Daten aus ihrem Webportal exportieren.

Datei auswählen Keine ausgewählt

Allowed: pdf,doc,docx,txt,csv,log
Max size: 5.0 MB

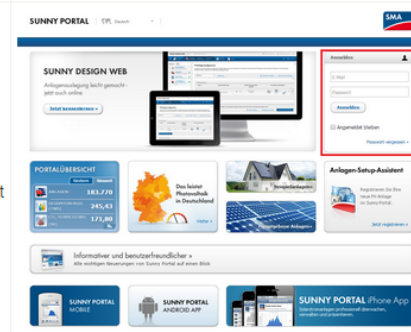
DATEN HOCHLADEN ➤

SMA Webportal E3 / DC Senec Home Sonnenbatterie

SMA WEBPORTAL

Im folgenden finden Sie eine Schritt-für-Schritt Anleitung zum Herunterladen Ihrer gemessenen Betriebsdaten aus dem Sunny Portal des Herstellers SMA

- 1.) Öffnen Sie Ihren Browser und rufen Sie die Seite www.sunnyportal.com auf.
- 2.) Sobald Sie die Seite geöffnet haben, melden Sie sich nun an der im Screenshot gekennzeichneten Stelle mit Ihren SMA-Benutzerdaten an.

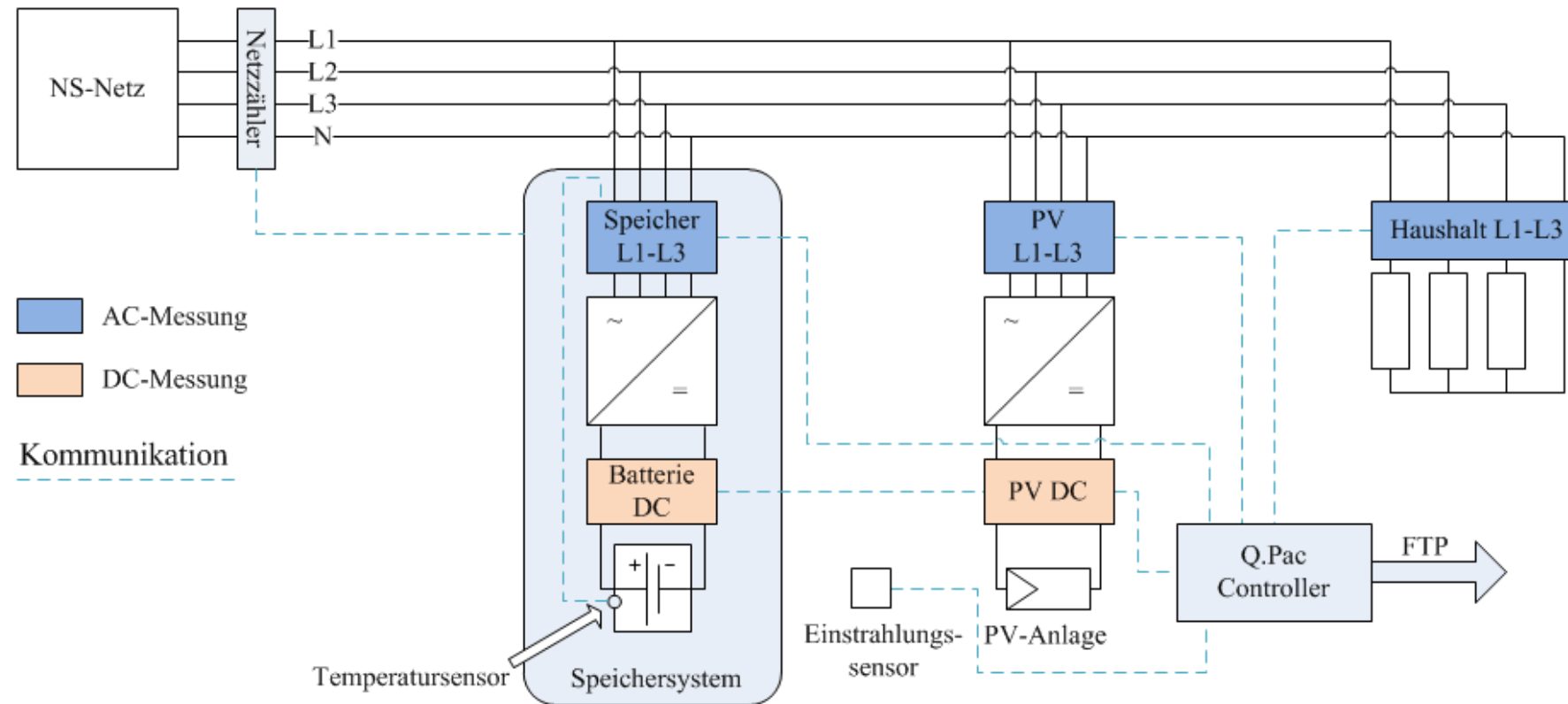


Startseite des SMA Portals

Intensiv-Monitoring: Detailvermessung von Heimspeichern im Feld

- Ausrüsten von 32 privat betriebenen PV-Speichern mit hochauflösendem Messequipment

- Messen aller relevanten Werte in sekundlicher Auflösung



PV-Speicher Haushalt nahe Aachen



Hochauflösendes Messsystem



Intensiv-Monitoring: Detailvermessung von Heimspeichern im Feld

ID	P _{PV}	Topology	E _{year}	System	P _{Batt_max}
1	9,9 kWp	DC	3918 kWh	E3DC S10	3,0 kW
2	3,45 kWp	DC	3658 kWh	SB 3600 SE	1,5 kW
3	9,56 kWp	AC	6000 kWh	Senec Home	2,5 kW
4	10 kWp	AC	5932 kWh	Sonnenbatterie eco 9.0	3,0 kW
5	4,68 kWp	DC	---	SB 3600 SE	1,5 kW
6	6,5 kWp	AC	8007 kWh	Senec Home G2+	2,5 kW
7	9,8 kWp	DC	6670 kWh	E3DC S10	3,0 kW
8	9,8 kWp	AC	3500 kWh	Senec Home G2+	2,5 kW
9	12,25 kWp	DC	1800 kWh	SB 5000 SE	1,5 kW
10	6,24 kWp	DC	5350 kWh	SB 5000 SE	1,5 kW
11	9,94 kWp	AC	7000 kWh	Sonnenbatterie eco 9.0	3,0 kW
12	4,51 kWp	DC	4777 kWh	SB 3600 SE	1,5 kW
13	9,94 kWp	AC	5200 kWh	Sonnenbatterie eco 8.0	3,0 kW
14	6,24 kWp	DC	3000 kWh	E3DC S10 Mini	1,5 kW
15	7,8 kWp	DC	8761 kWh	E3DC S10	3,0 kW
16	7,84 kWp	AC	10000 kWh	Sonnenbatterie eco 9.0	3,0 kW
17	30 kWp	AC	4000 kWh	Sonnenbatterie eco 16.0	3,0 kW
18	8,86 kWp	AC	5200 kWh	Sonnenbatterie eco 8.0	3,0 kW
19	3,71 kWp	DC	---	SB 3600 SE	1,5 kW
20	6,84 kWp	DC	8800 kWh	E3DC S10	3,0 kW

**Täglich ~120 Millionen
Messwerte**

Zusammenfassung: Datengrundlage des Speichermonitorings

■ Basis-Monitoring

- Seit 2014: Mehr als 20.000 vollständige Datensätze von Heimspeichern in Deutschland



Weltweit größte Datenbank

■ Standard-Monitoring

- Seit 2015: Monatliche Energieflüsse von durchschnittlich mehr als 10.000 Haushalten mit PV-Anlage und Batteriespeicher



Weltweit größte Datenbank

■ Intensiv-Monitoring

- Sekündliche Erfassung aller relevanten Messgrößen an aktuell 24 Haushalten mit PV-Anlage und Batteriespeicher
- Mehr als 120 Millionen Messwerte pro Tag



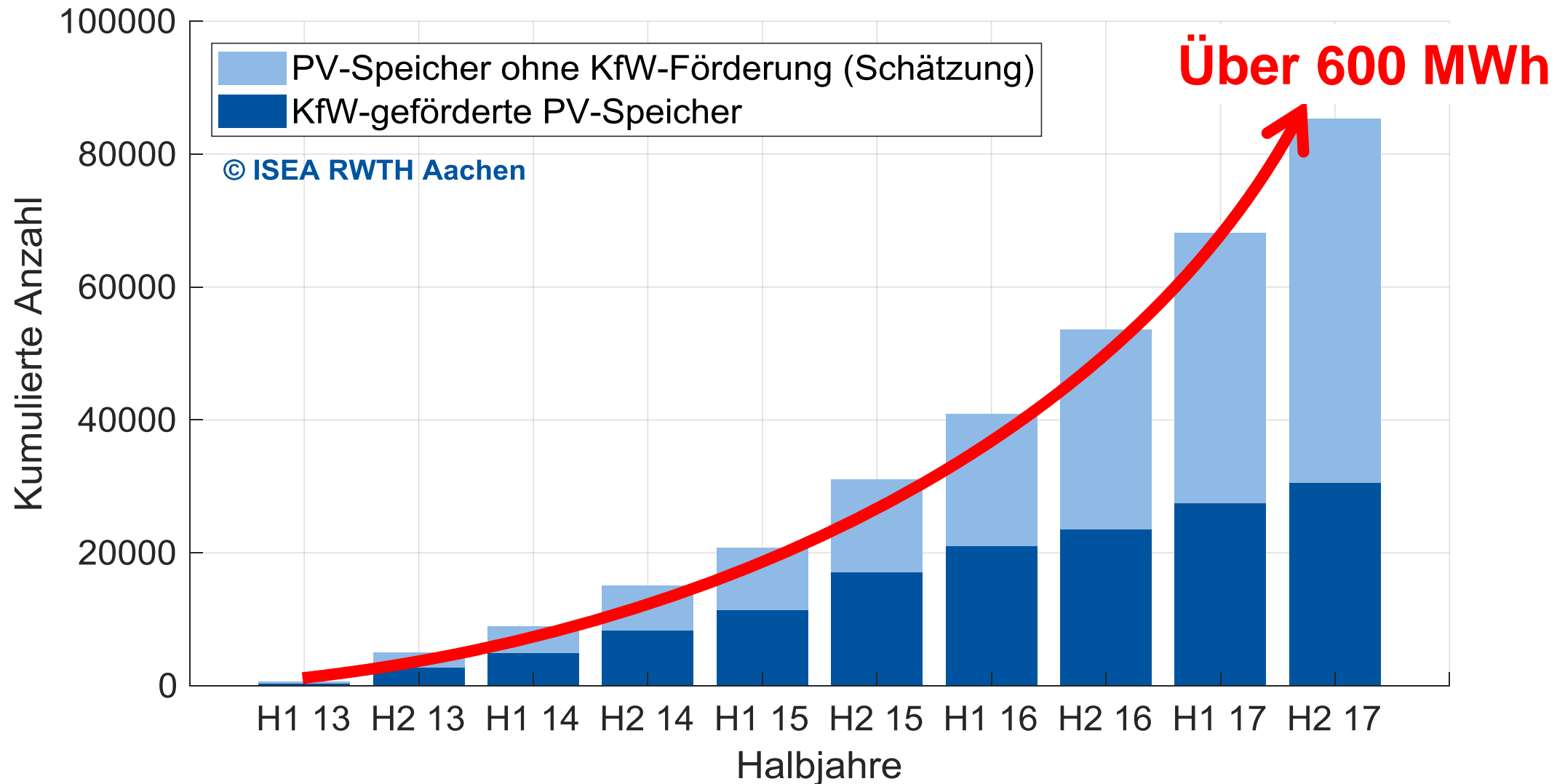
Weltweit größte Datenbank

Agenda

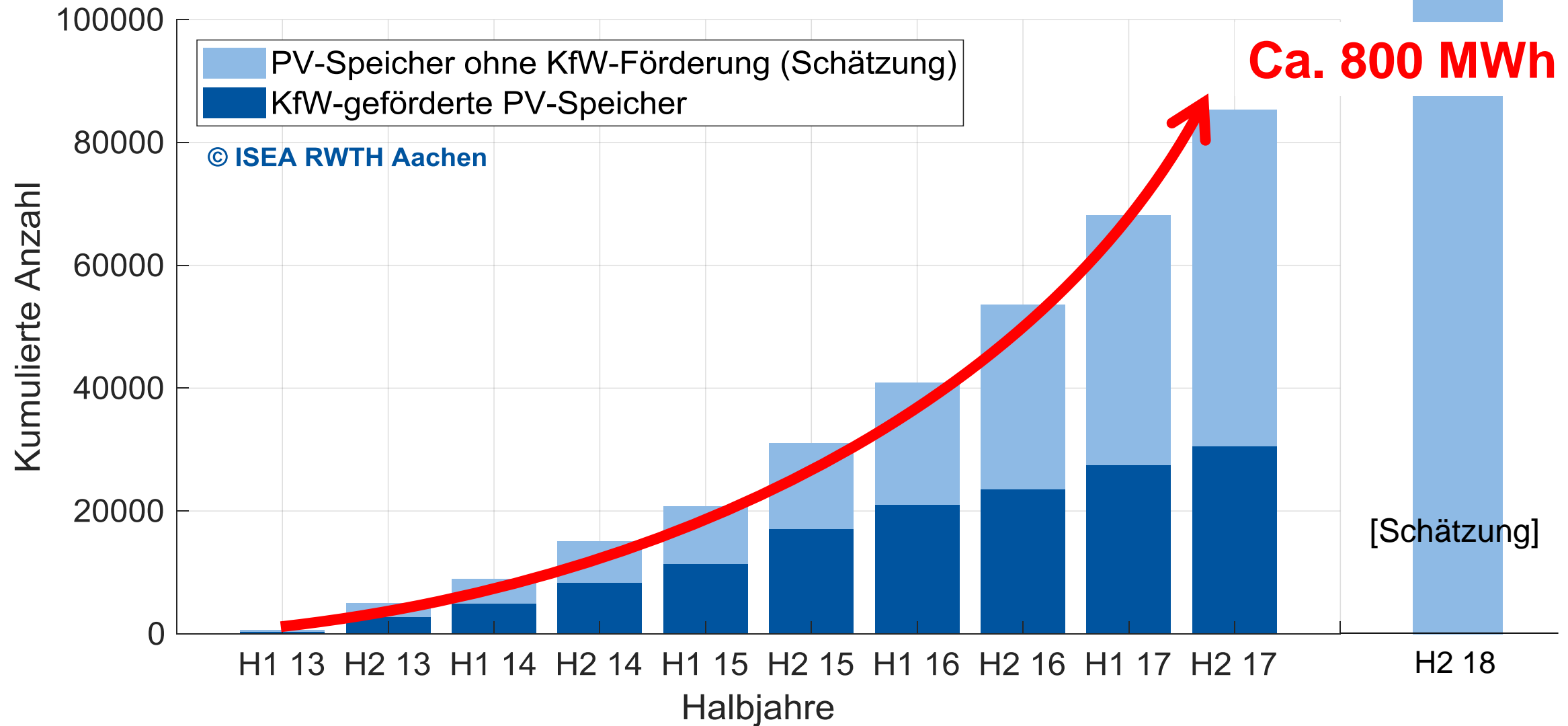
- Umfang und Methodik der Datenerhebung
- **Markt- und Technologieentwicklung dezentraler Solarstromspeicher in Deutschland**
- Netzurückwirkungen dezentraler Solarstromspeicher
- Standardlastprofile für Haushalte mit Photovoltaikanlage und Batteriespeicher
- Einfluss von Heimspeichern auf Energieversorger

- Zusammenfassung und Ausblick

Kumulierte Anzahl an Heimspeichern in Deutschland, 2013-2017

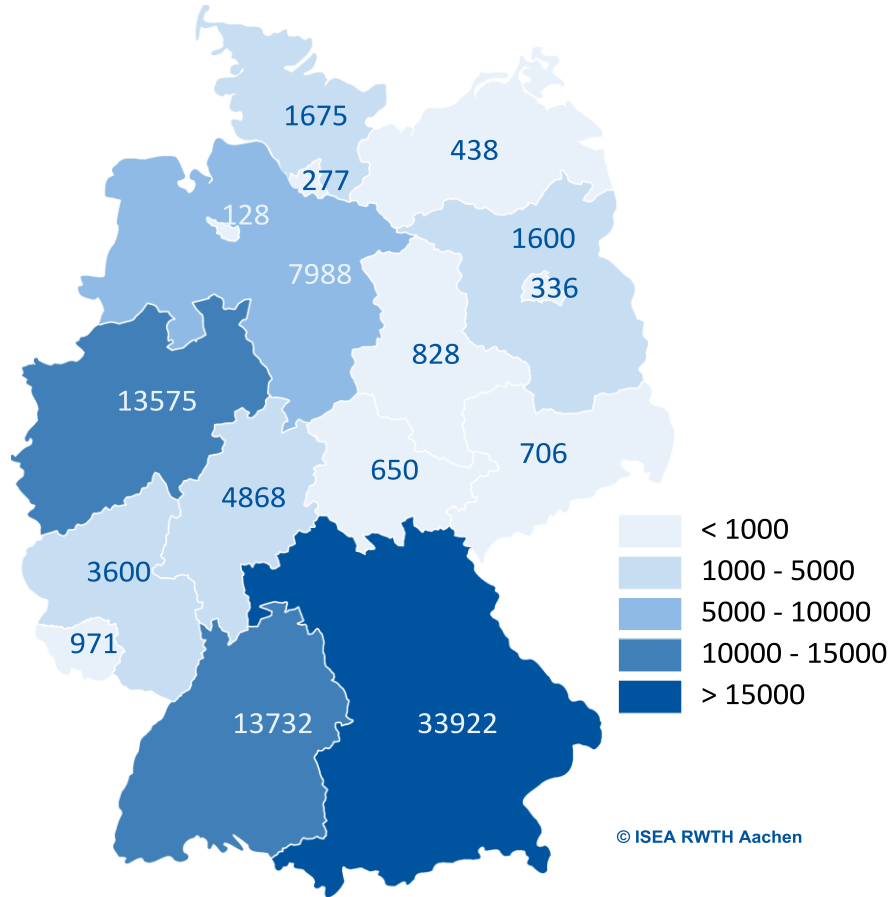


Kumulierte Anzahl an Heimspeichern in Deutschland, 2013-2018

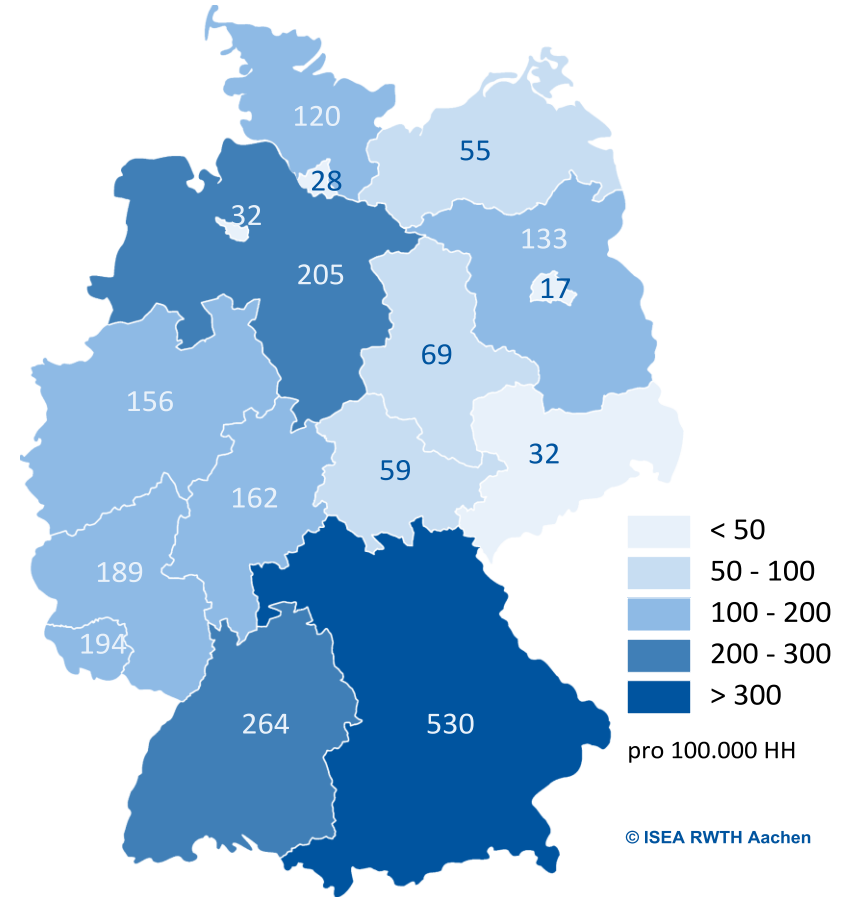


Verteilung von Heimspeichern in Deutschland

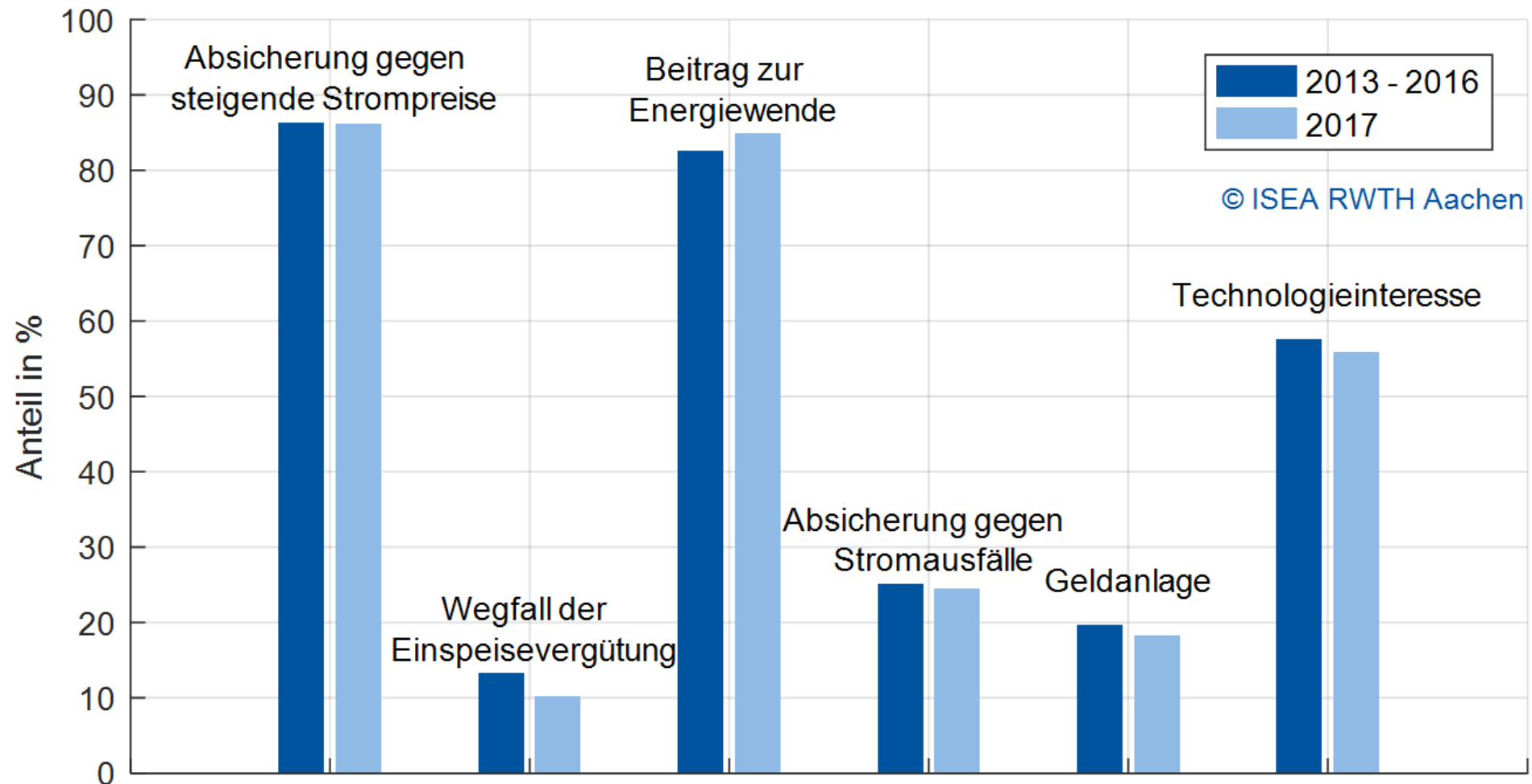
Absolute Zahlen
(insgesamt ca. 85,000 Anlagen)



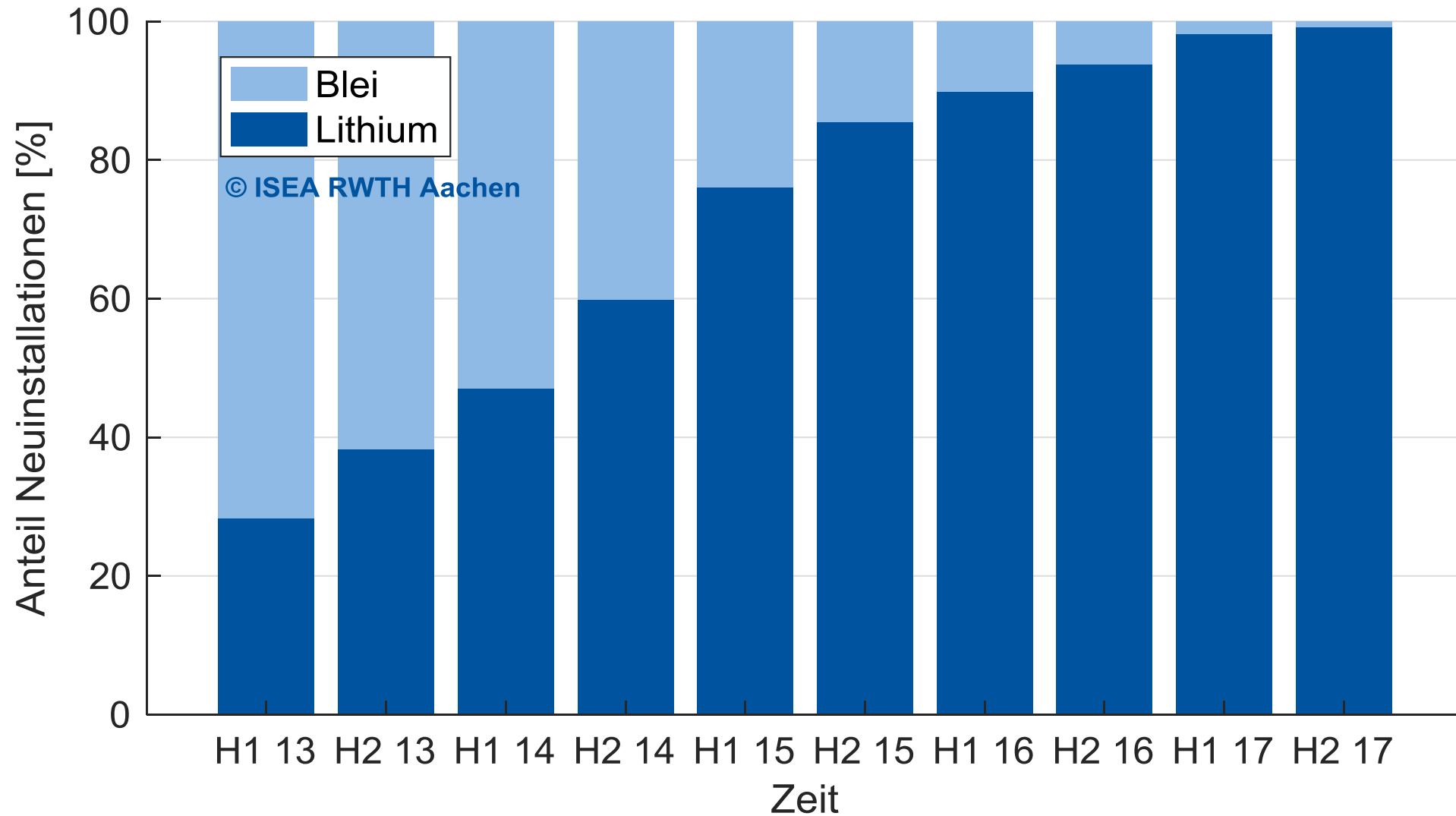
Pro 100,000 Haushalte



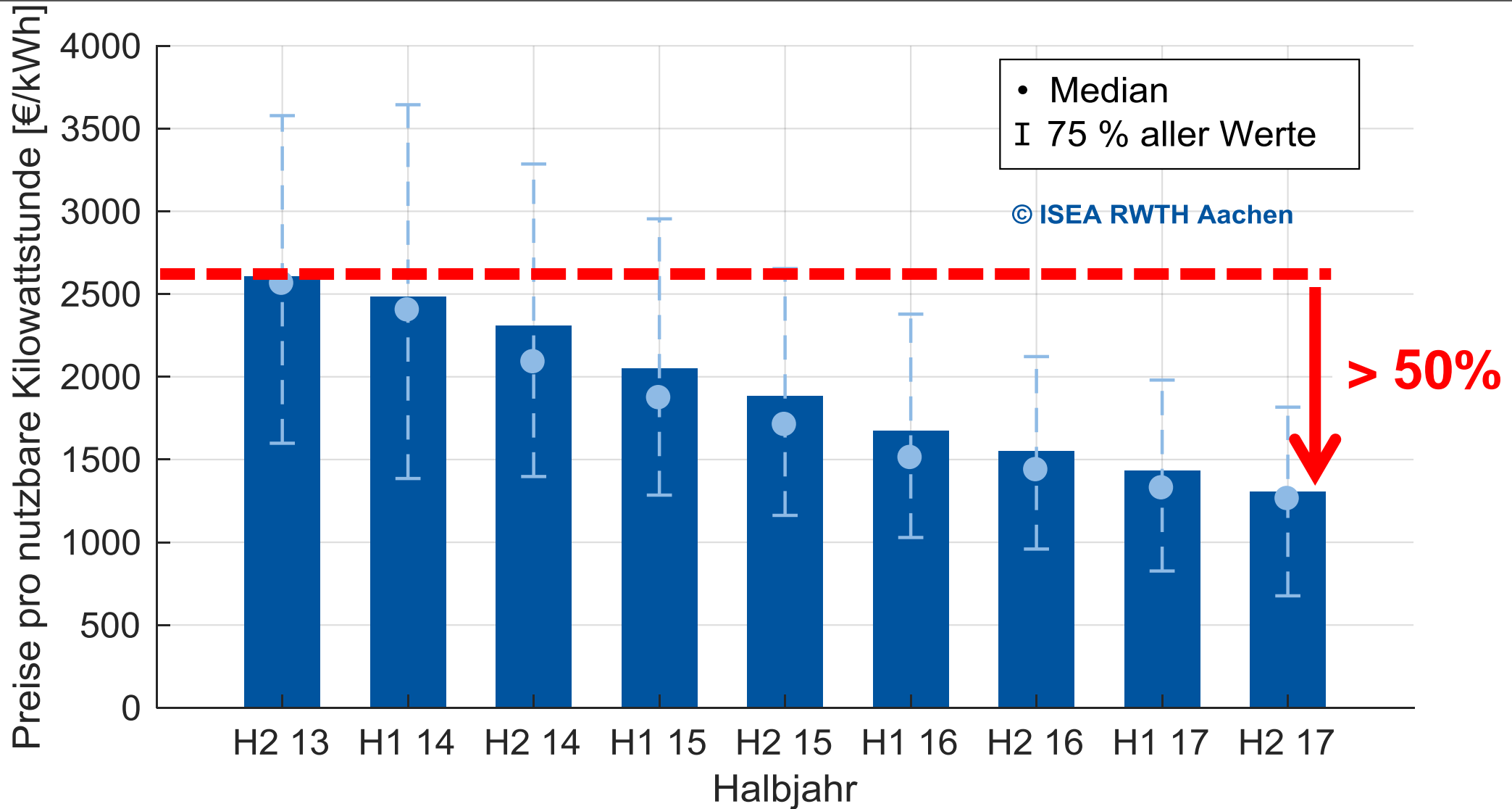
Warum Heimspeicher?



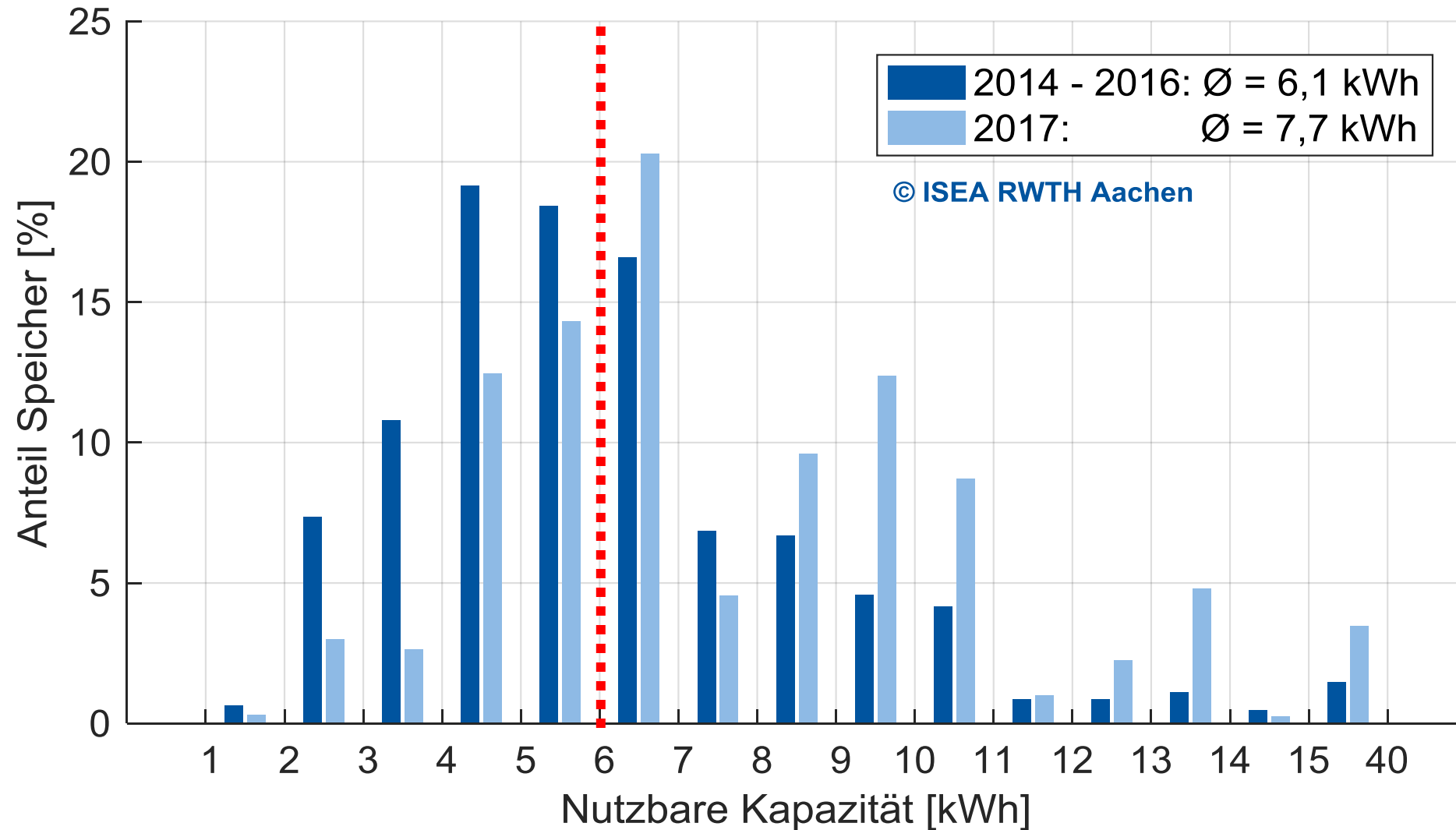
Entwicklung der Marktanteile von Blei und Lithium bei Heimspeichern



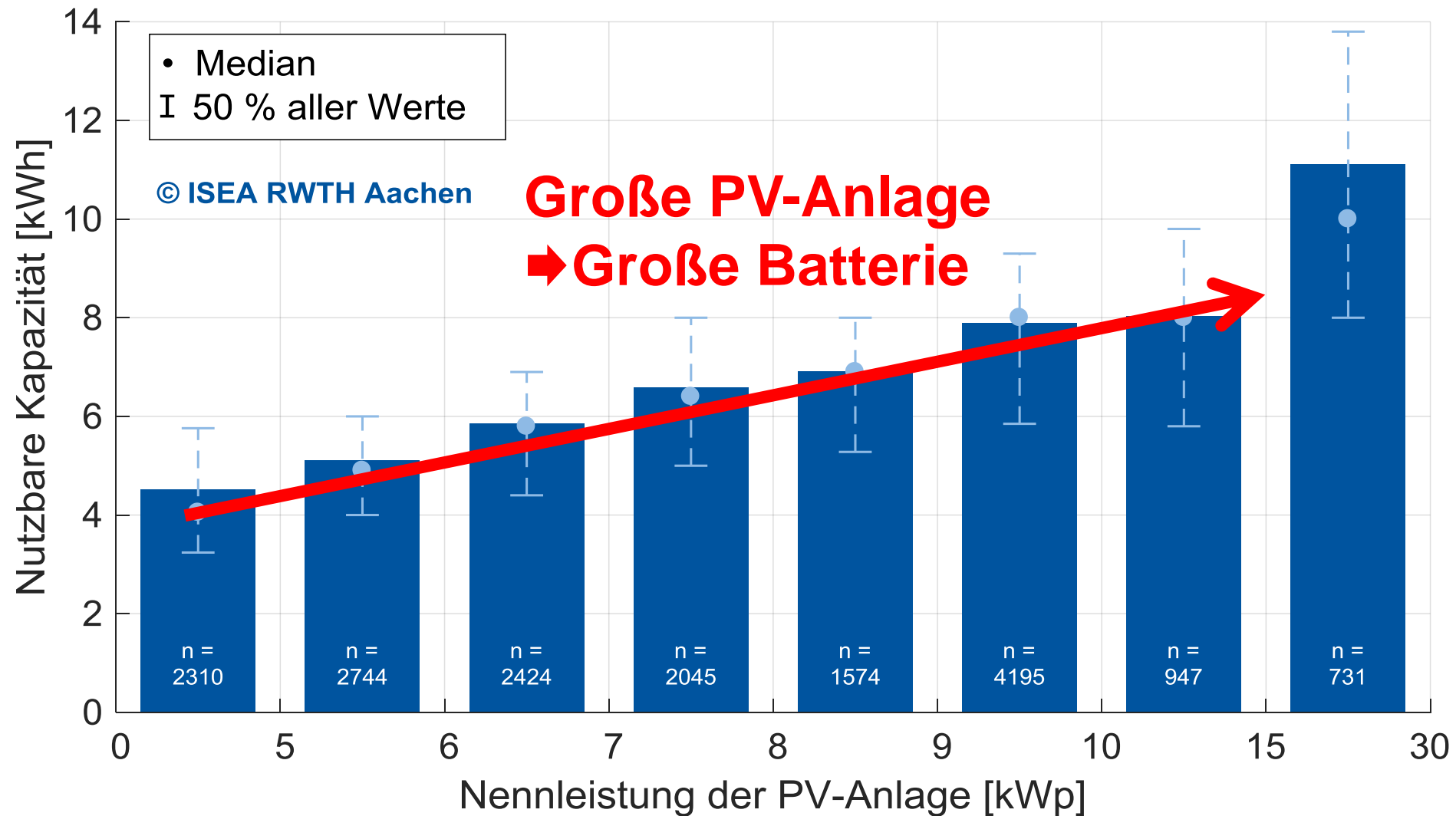
Mittelwerte der Preisentwicklung von Li-Ionen Heimspeichern (inkl. MwSt.) in Deutschland



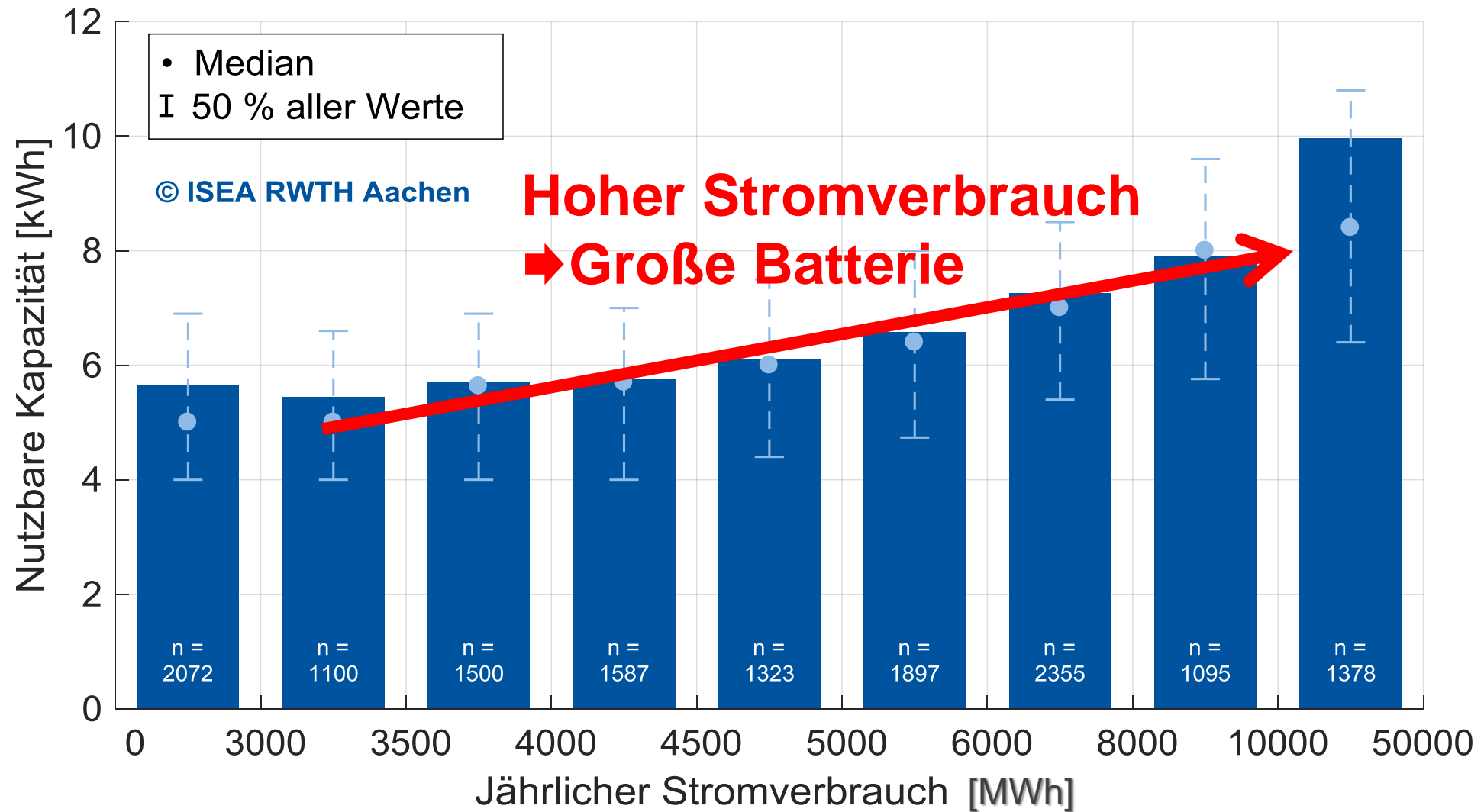
Nutzbare Kapazität von Heimspeichern



Nutzbare Kapazität von Heimspeichern



Nutzbare Kapazität von Heimspeichern



Agenda

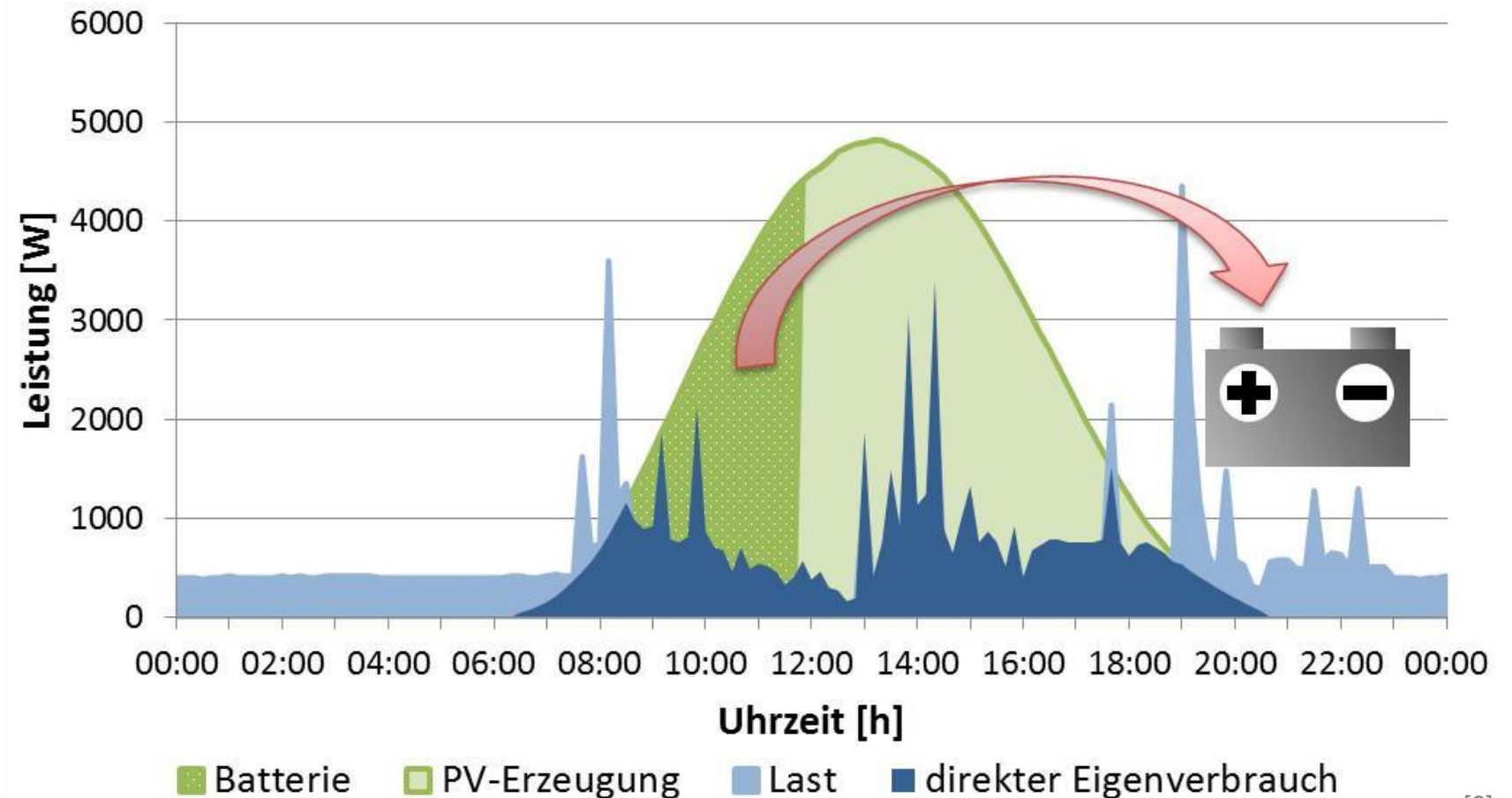
- Umfang und Methodik der Datenerhebung
- Markt- und Technologieentwicklung dezentraler Solarstromspeicher in Deutschland
- **Netzurückwirkungen dezentraler Solarstromspeicher**
- Standardlastprofile für Haushalte mit Photovoltaikanlage und Batteriespeicher
- Einfluss von Heimspeichern auf Energieversorger

- Zusammenfassung und Ausblick

Einfluss von Heimspeichern auf Netzbetreiber

- Die Betriebsstrategie des Speichers hat Einfluss auf das Verteilnetz
- Überschussladung
 - Batterie wird so früh wie möglich vollgeladen
 - Keine verlässliche Reduzierung der PV-Einspeisung zur Mittagszeit
 - Möglicherweise Verluste durch Abregelung

Speicherbetriebsweise: Überschussladung

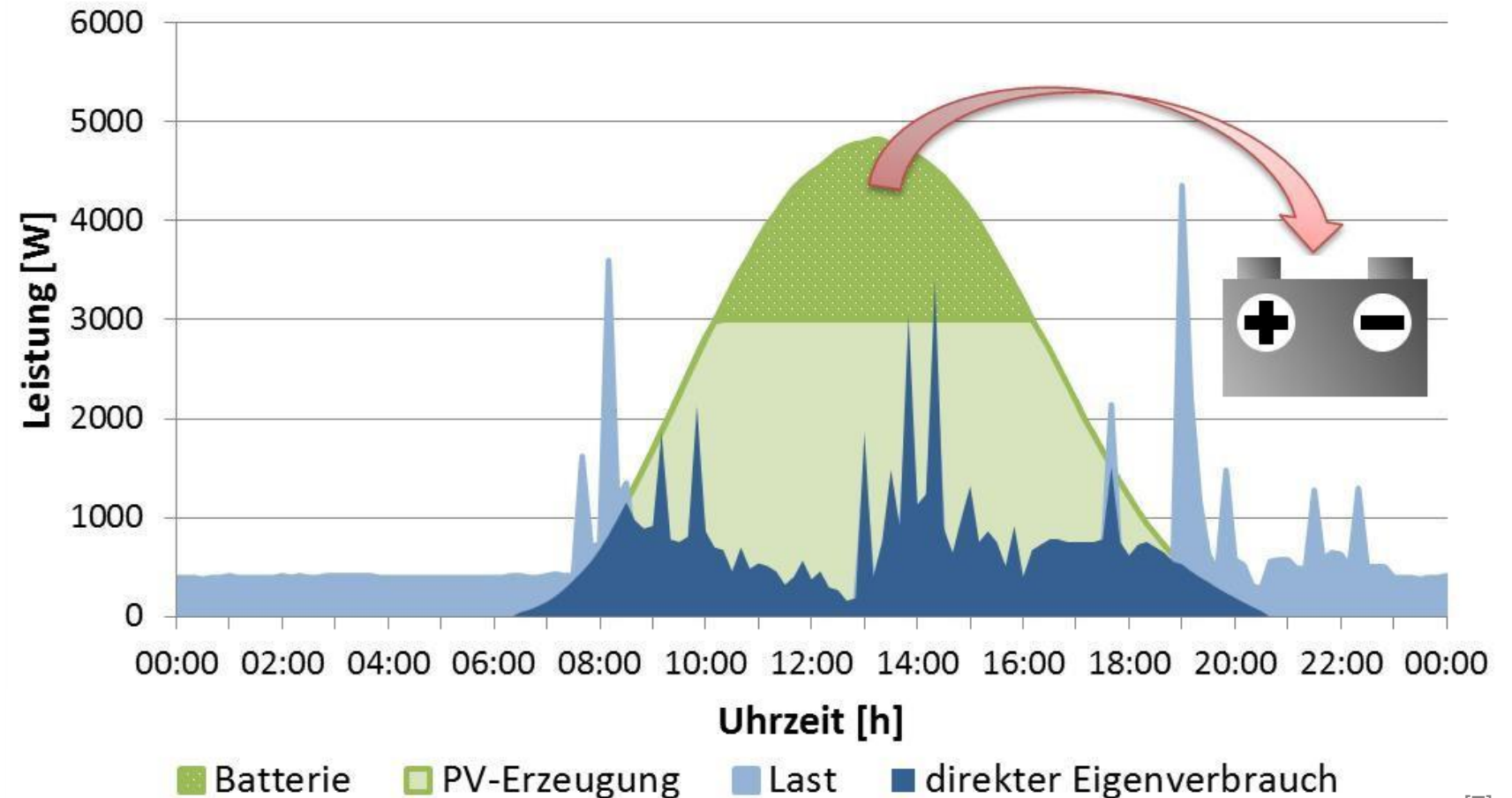


[6]

Einfluss von Heimspeichern auf Netzbetreiber

- Die Betriebsstrategie des Speichers hat Einfluss auf das Verteilnetz
- Ideale Netzentlastung
 - Batterie wird vor allem zur Mittagszeit geladen
 - Verlässliche Reduzierung der PV-Einspeisung zur Mittagszeit
 - Keine Verluste durch Abregelung

Speicherbetriebsweise: Ideale Netzentlastung



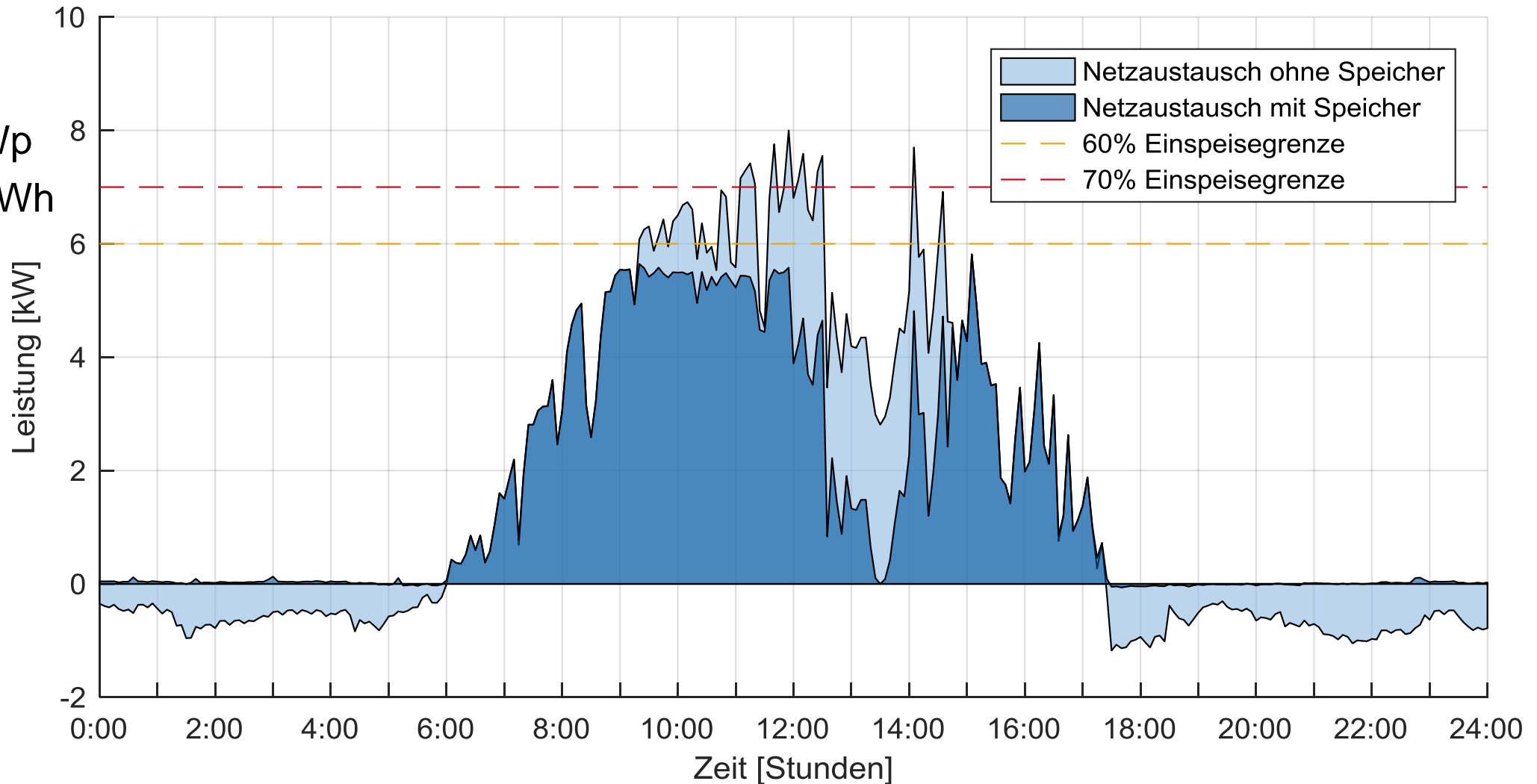
[7]

Netzdienliche Speicher verringern die maximale PV-Einspeiseleistung

Eckdaten des Haushalts:

- $P_{PV} = 8,86 \text{ kWp}$
- $E_{\text{Jahr}} = 5.200 \text{ kWh}$
- $C_{\text{Bat}} = 8 \text{ kWh}$
- $P_{\text{Bat}} = 3,3 \text{ kW}$

Zeitraum:
03. Mai 2016



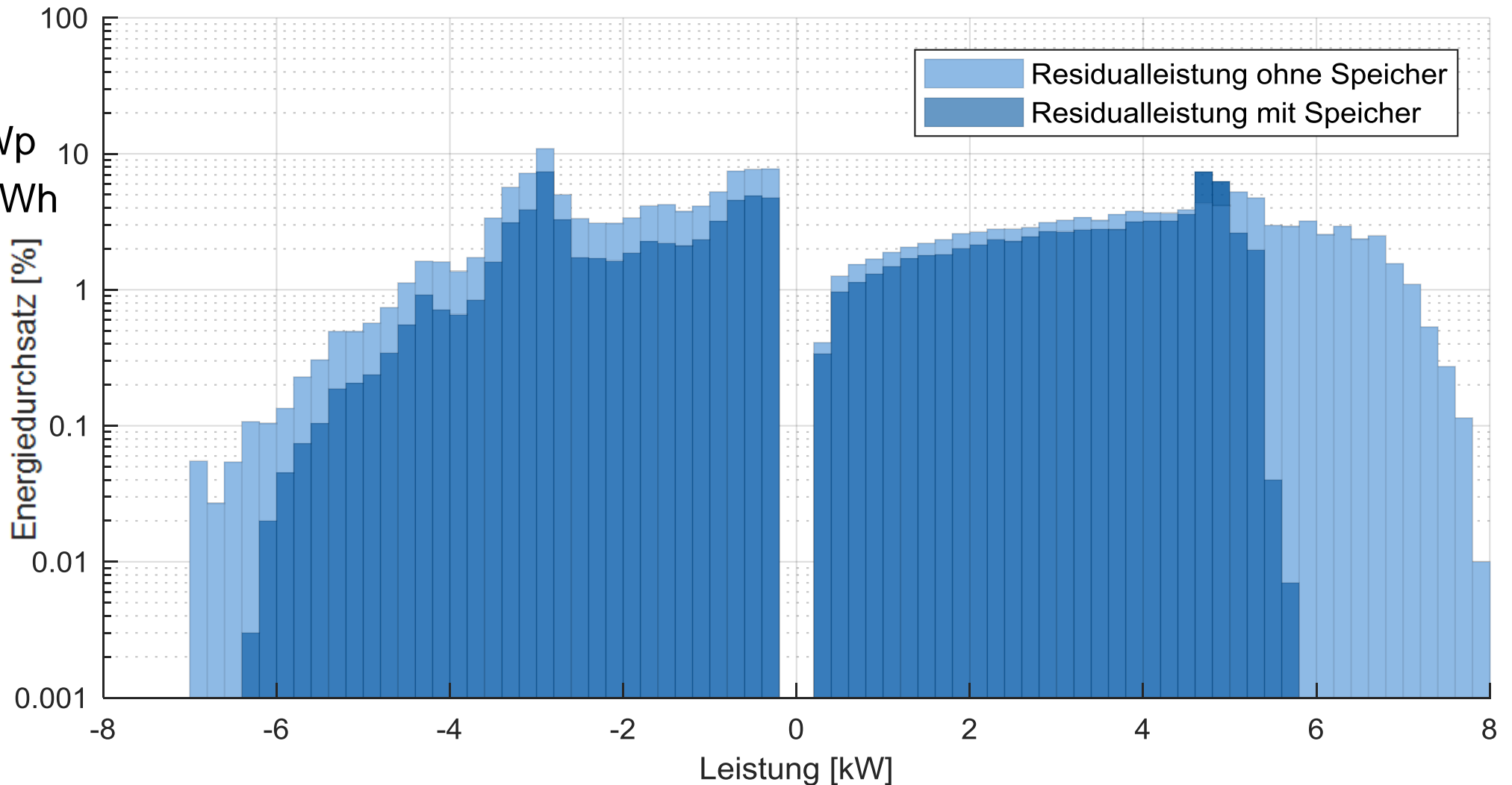
Netzdienliche Speicher verringern die maximale PV-Einspeiseleistung

Eckdaten des Haushalts:

- $P_{PV} = 8,86 \text{ kWp}$
- $E_{\text{Jahr}} = 5.200 \text{ kWh}$
- $C_{\text{Bat}} = 8 \text{ kWh}$
- $P_{\text{Bat}} = 3,3 \text{ kW}$

Zeitraum:

01.01.2015 bis
31.12.2016



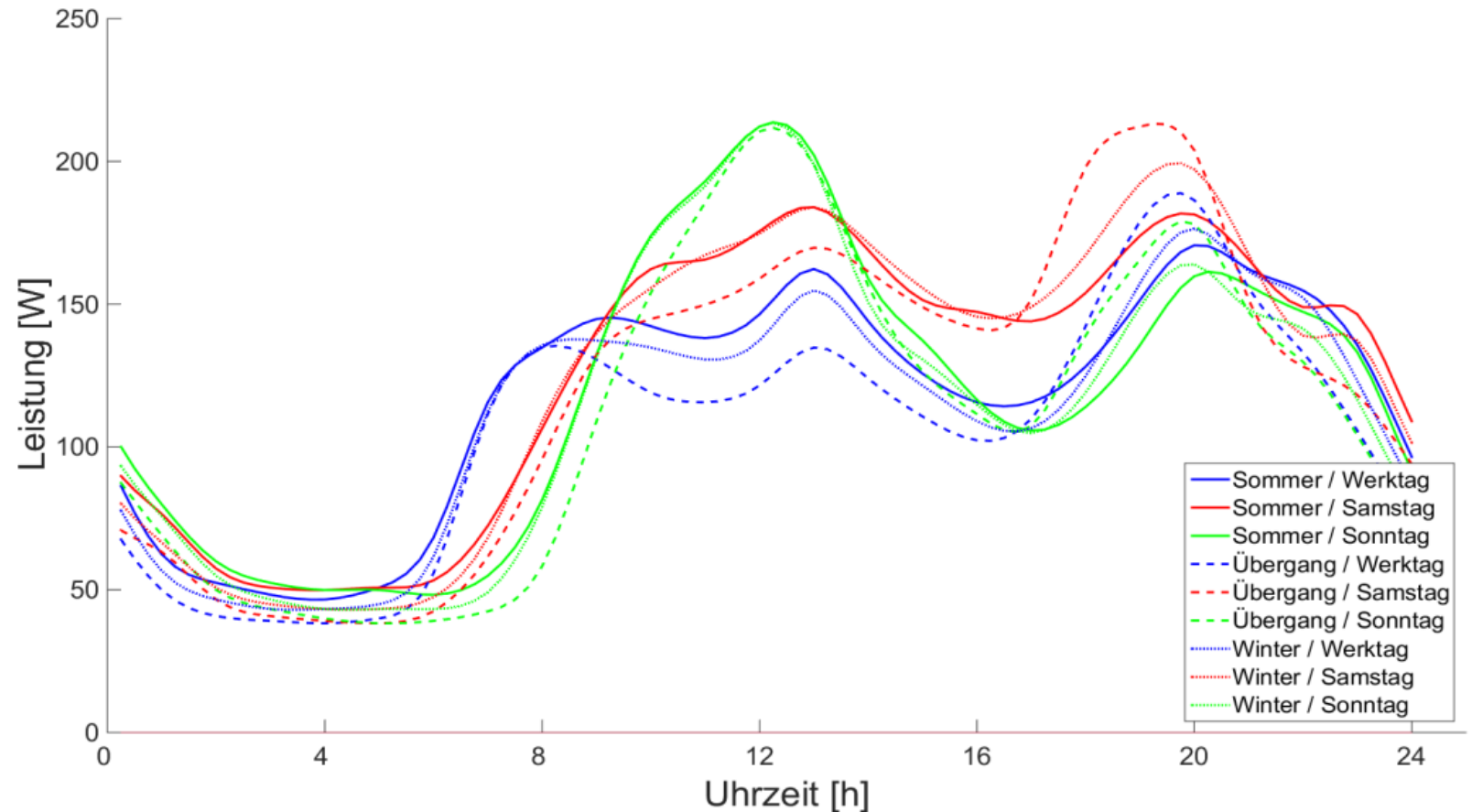
Agenda

- Umfang und Methodik der Datenerhebung
- Markt- und Technologieentwicklung dezentraler Solarstromspeicher in Deutschland
- Netzurückwirkungen dezentraler Solarstromspeicher
- **Standardlastprofile für Haushalte mit Photovoltaikanlage und Batteriespeicher**
- Einfluss von Heimspeichern auf Energieversorger

- Zusammenfassung und Ausblick

Standardlastprofile

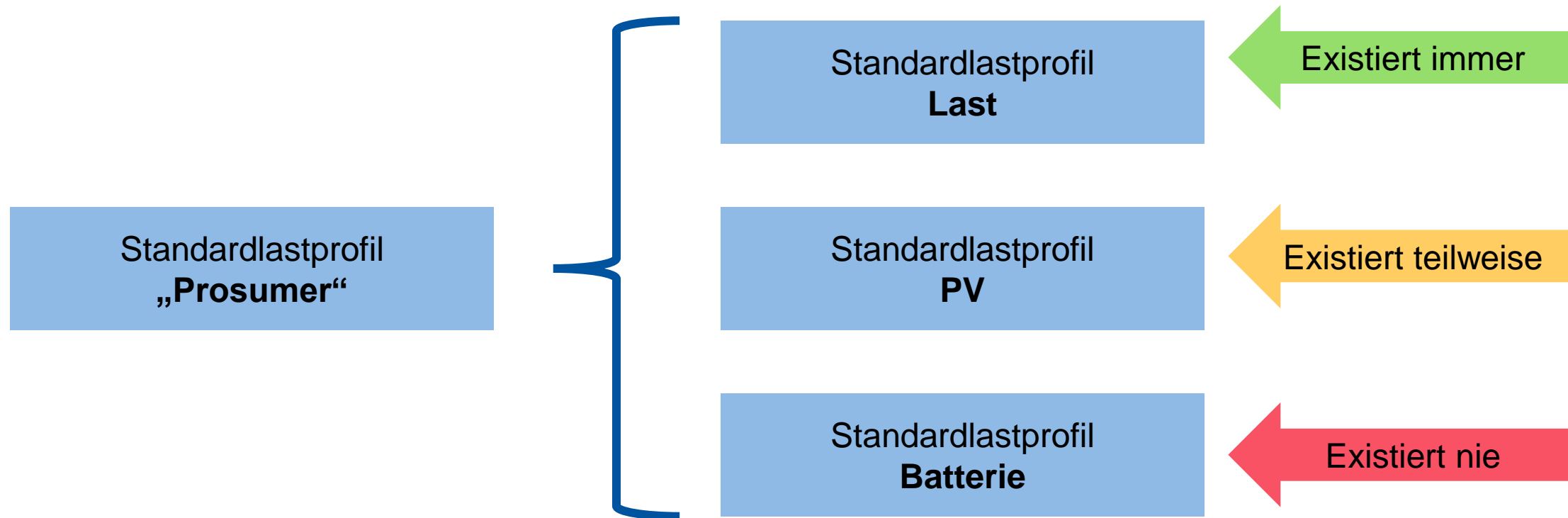
- Standardlastprofile werden verwendet um den Energieverbrauch von Kunden mit weniger als 100 MWh Jahresstrombezug abzuschätzen
- 15 Minuten Mittelwerte
- Keine Berücksichtigung von PV-Anlagen oder Speichern



Anforderungen an neue Standardlastprofile

■ Diskussion mit Netzbetreibern

- Keine Verwendung von proprietärer Software / Möglichst einfache Anwendbarkeit
- **Verwendung der individuellen Standardlastprofile des jeweiligen Netzbetreibers**



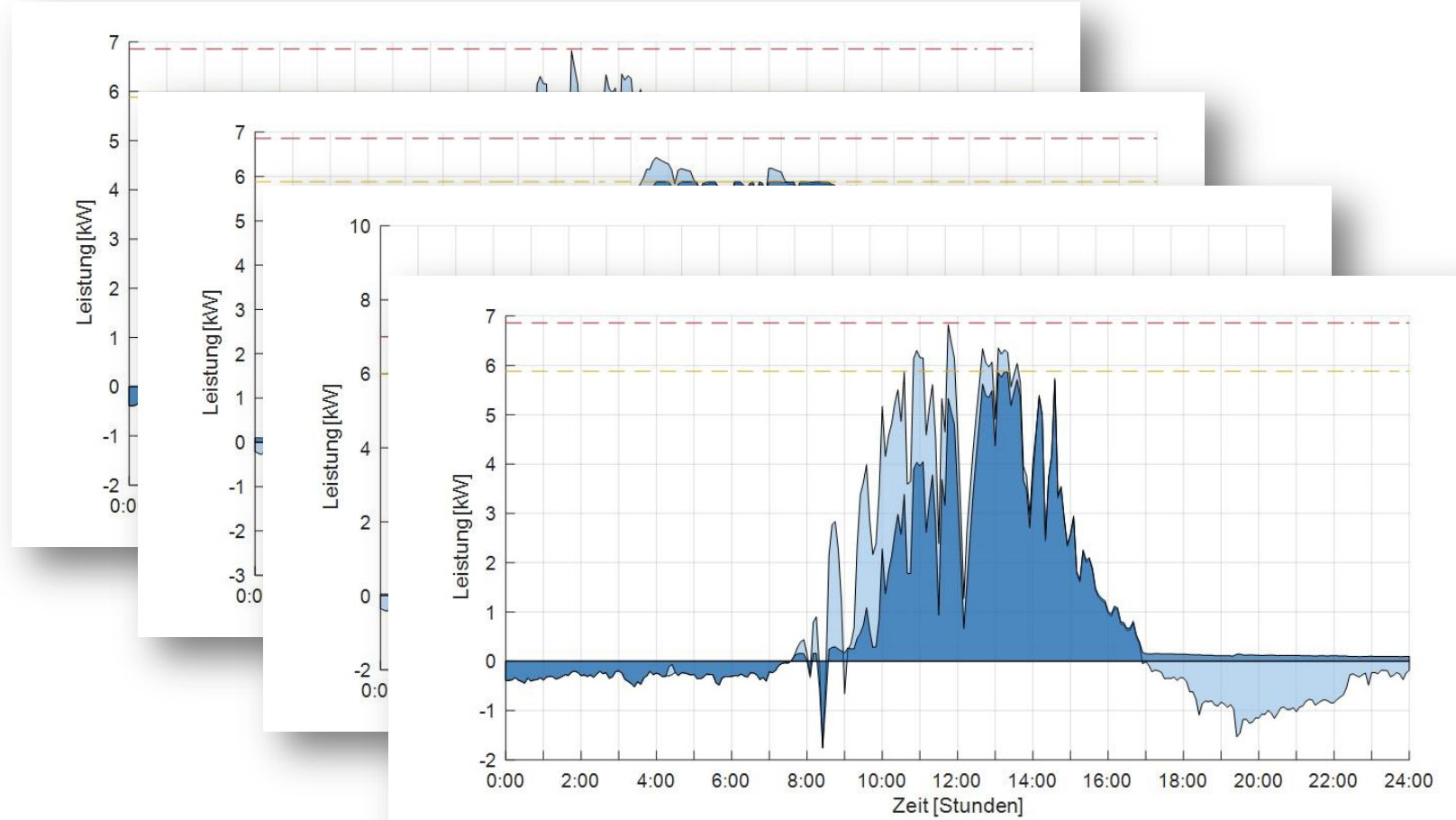
Methodik zur Erstellung der neuen Standardlastprofile

■ Aggregation der Messdaten zu Standardlastprofilen

- Auswahl
- Konditionierung
- Mittelung
- Einteilung in Typtage
- Normalisierung
- Gewichtete Summation

■ Separat für

- Haushaltslasten
- Photovoltaik-Erzeugung
- Speicherbetrieb



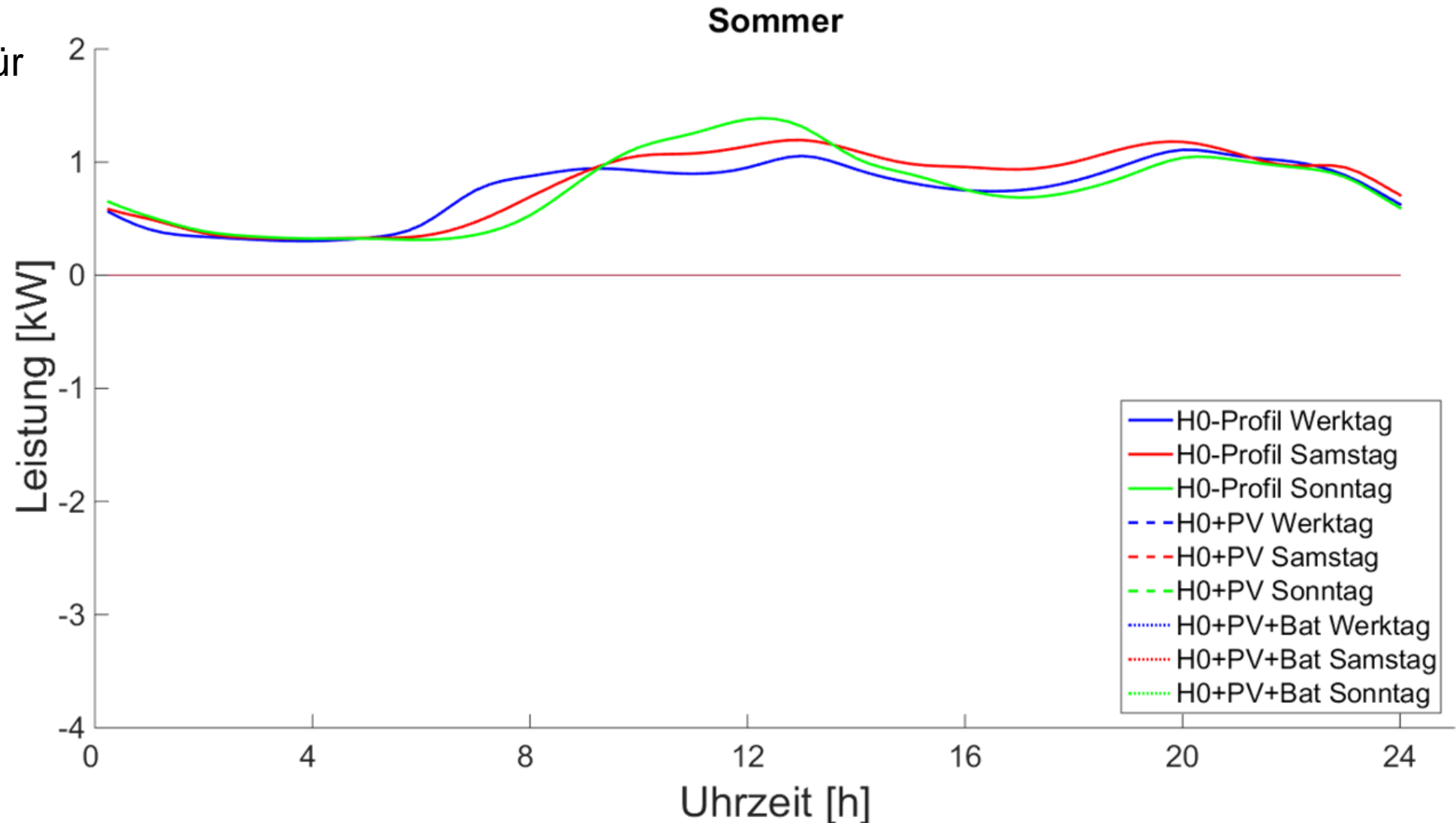
Entwicklung von Standardlastprofilen für Haushalte mit PV-Anlage und Batteriespeicher

Skalierbare Profile für

- Last
- PV-Erzeugung
- Batteriespeicher

Eckdaten des dargestellten Haushalts:

- $P_{PV} = 8,1 \text{ kWp}$
- $E_{\text{Jahr}} = 6.500 \text{ kWh}$
- $C_{\text{Bat}} = 8 \text{ kWh}$
- $P_{\text{Bat}} = 3,3 \text{ kW}$



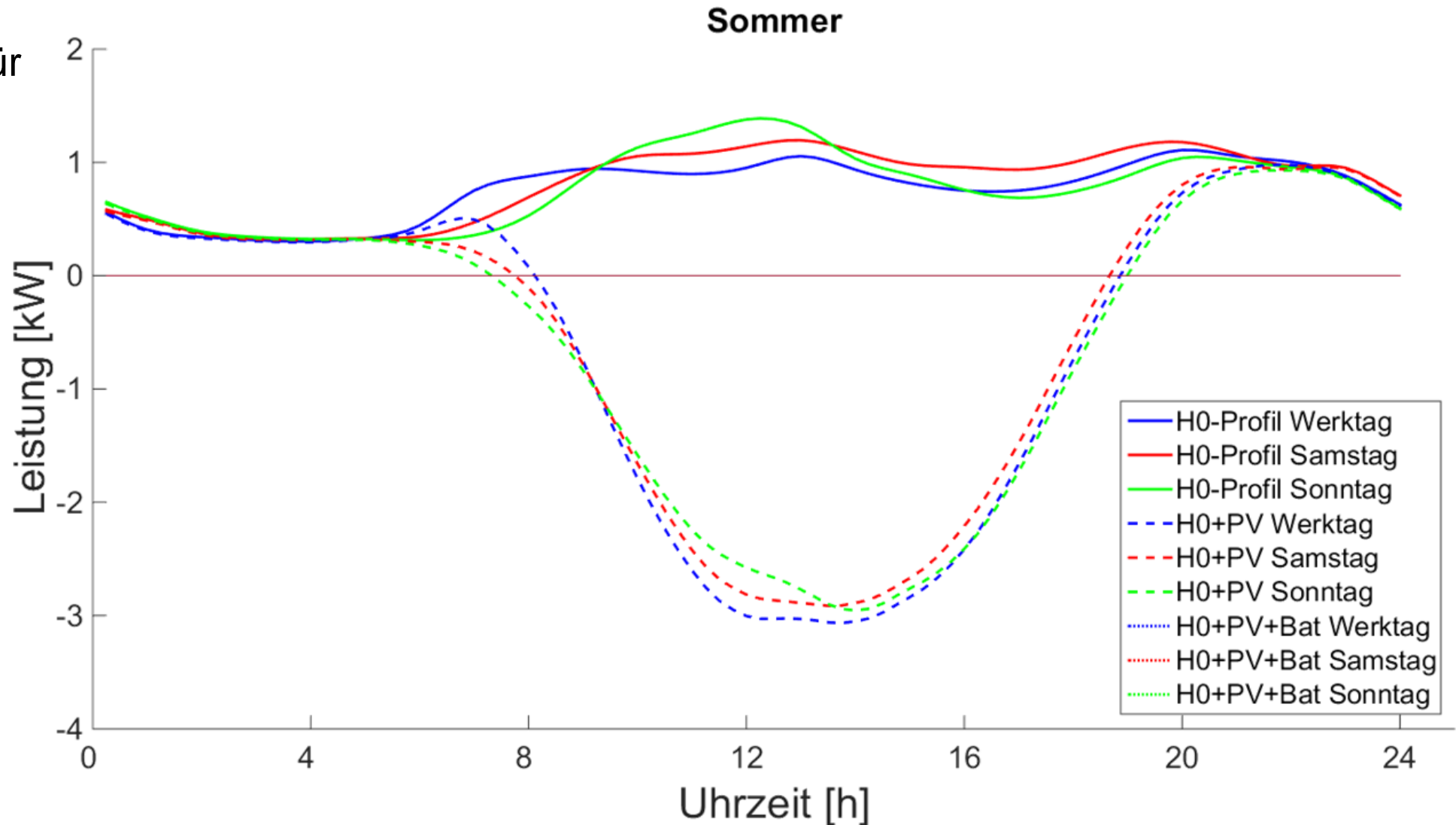
Entwicklung von Standardlastprofilen für Haushalte mit PV-Anlage und Batteriespeicher

Skalierbare Profile für

- Last
- PV-Erzeugung
- Batteriespeicher

Eckdaten des dargestellten Haushalts:

- $P_{PV} = 8,1 \text{ kWp}$
- $E_{\text{Jahr}} = 6.500 \text{ kWh}$
- $C_{\text{Bat}} = 8 \text{ kWh}$
- $P_{\text{Bat}} = 3,3 \text{ kW}$



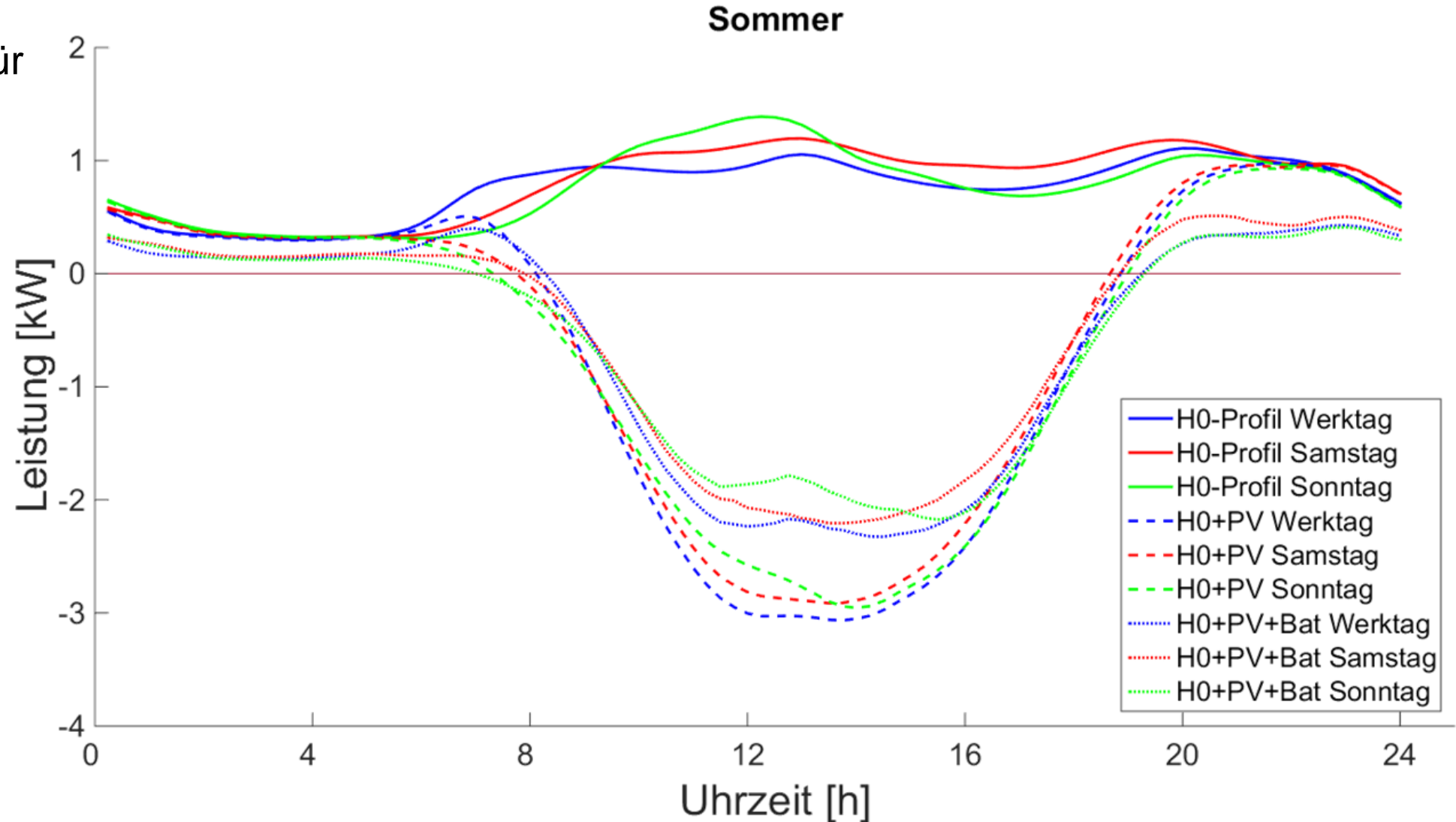
Entwicklung von Standardlastprofilen für Haushalte mit PV-Anlage und Batteriespeicher

Skalierbare Profile für

- Last
- PV-Erzeugung
- Batteriespeicher

Eckdaten des dargestellten Haushalts:

- $P_{PV} = 8,1 \text{ kWp}$
- $E_{\text{Jahr}} = 6.500 \text{ kWh}$
- $C_{\text{Bat}} = 8 \text{ kWh}$
- $P_{\text{Bat}} = 3,3 \text{ kW}$



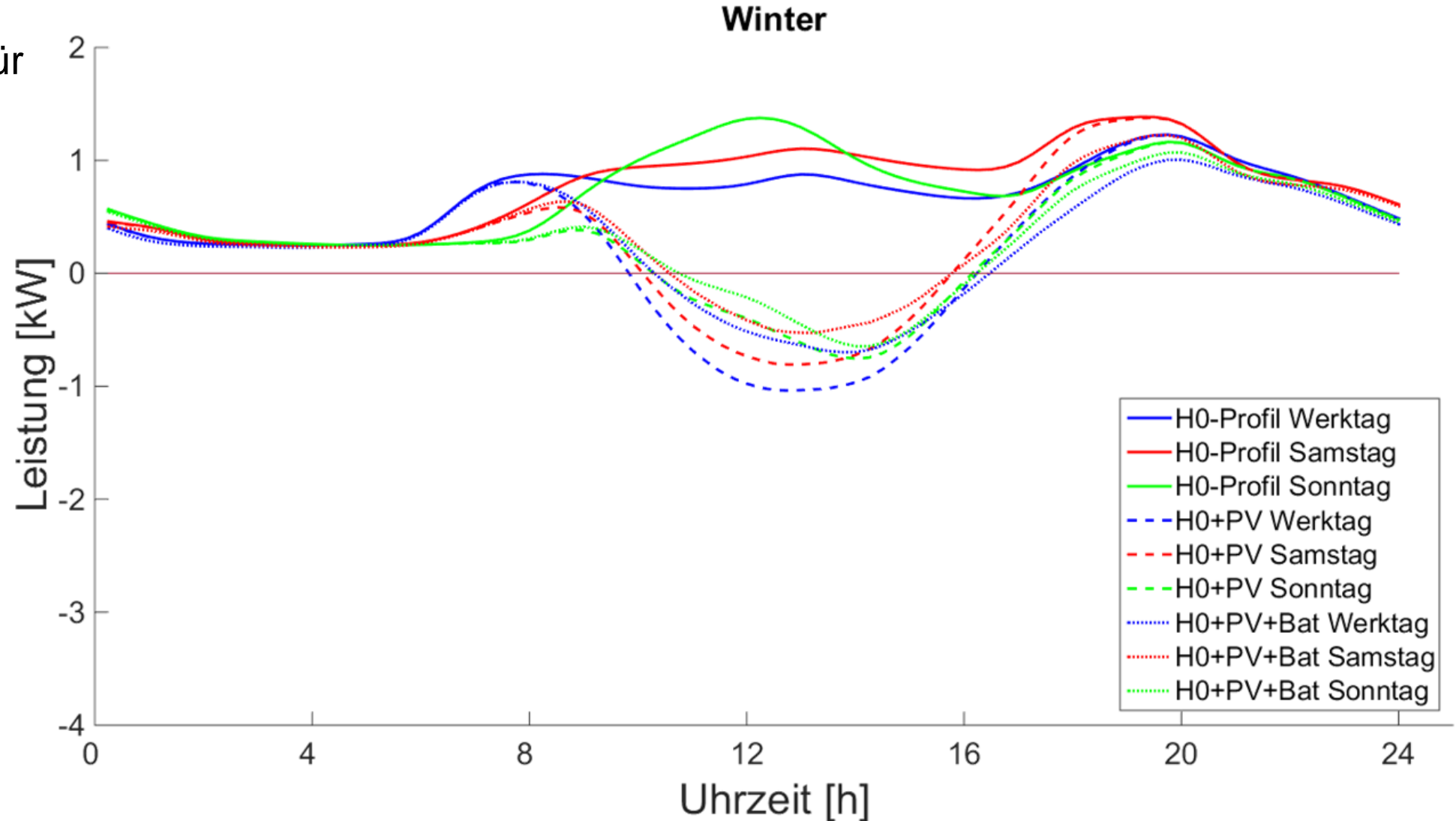
Entwicklung von Standardlastprofilen für Haushalte mit PV-Anlage und Batteriespeicher

Skalierbare Profile für

- Last
- PV-Erzeugung
- Batteriespeicher

Eckdaten des dargestellten Haushalts:

- $P_{PV} = 8,1 \text{ kWp}$
- $E_{\text{Jahr}} = 6.500 \text{ kWh}$
- $C_{\text{Bat}} = 8 \text{ kWh}$
- $P_{\text{Bat}} = 3,3 \text{ kW}$

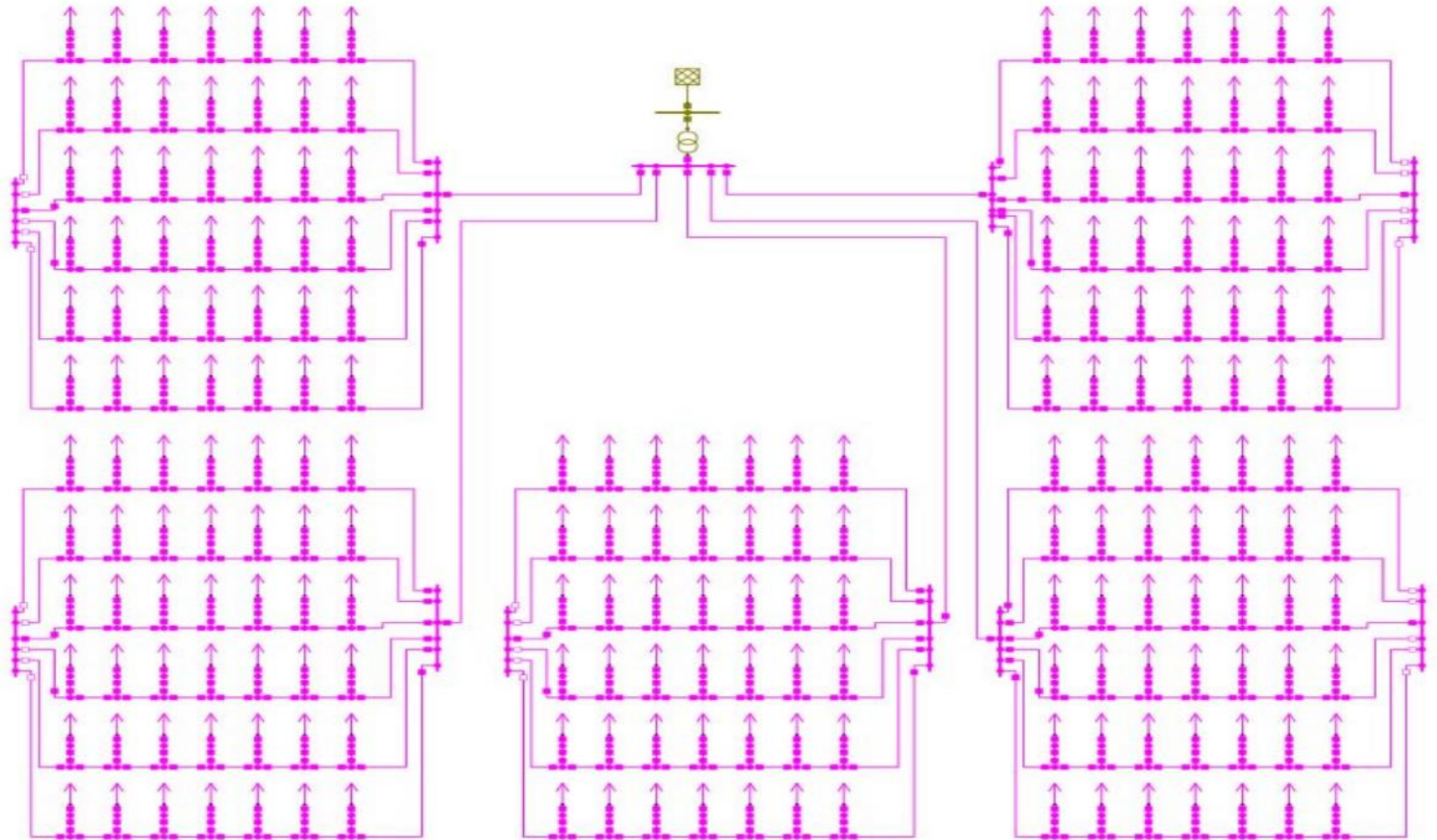


Bedeutung von Standardlastprofilen für die Netzplanung

Einfluss der (nicht-) Beachtung von Heimspeichern bei der Netzplanung

Eckdaten des betrachteten Verteilnetzes:

- $P_{ONS} = 630 \text{ kVA}$
- 232 Anschlüsse
- Durchschnittlich 22m Abstand



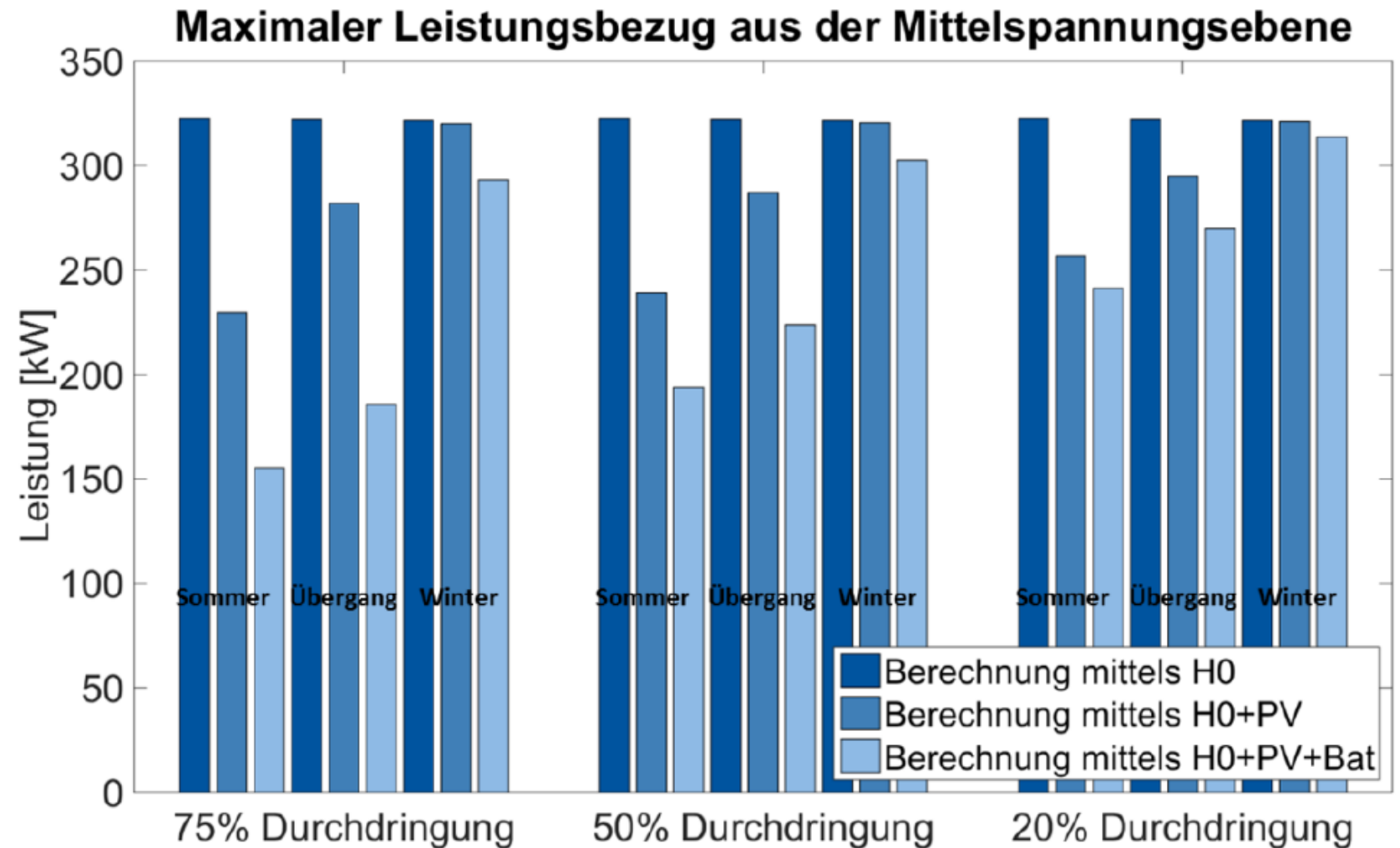
[8]

Bedeutung von Standardlastprofilen für die Netzplanung

Einfluss der (nicht-) Beachtung von Heimspeichern bei der Netzplanung

Eckdaten des betrachteten Verteilnetzes:

- $P_{ONS} = 630 \text{ kVA}$
- 232 Anschlüsse
- Durchschnittlich 22m Abstand



Agenda

- Umfang und Methodik der Datenerhebung
- Markt- und Technologieentwicklung dezentraler Solarstromspeicher in Deutschland
- Netzurückwirkungen dezentraler Solarstromspeicher
- Standardlastprofile für Haushalte mit Photovoltaikanlage und Batteriespeicher
- **Einfluss von Heimspeichern auf Energieversorger**
- Zusammenfassung und Ausblick

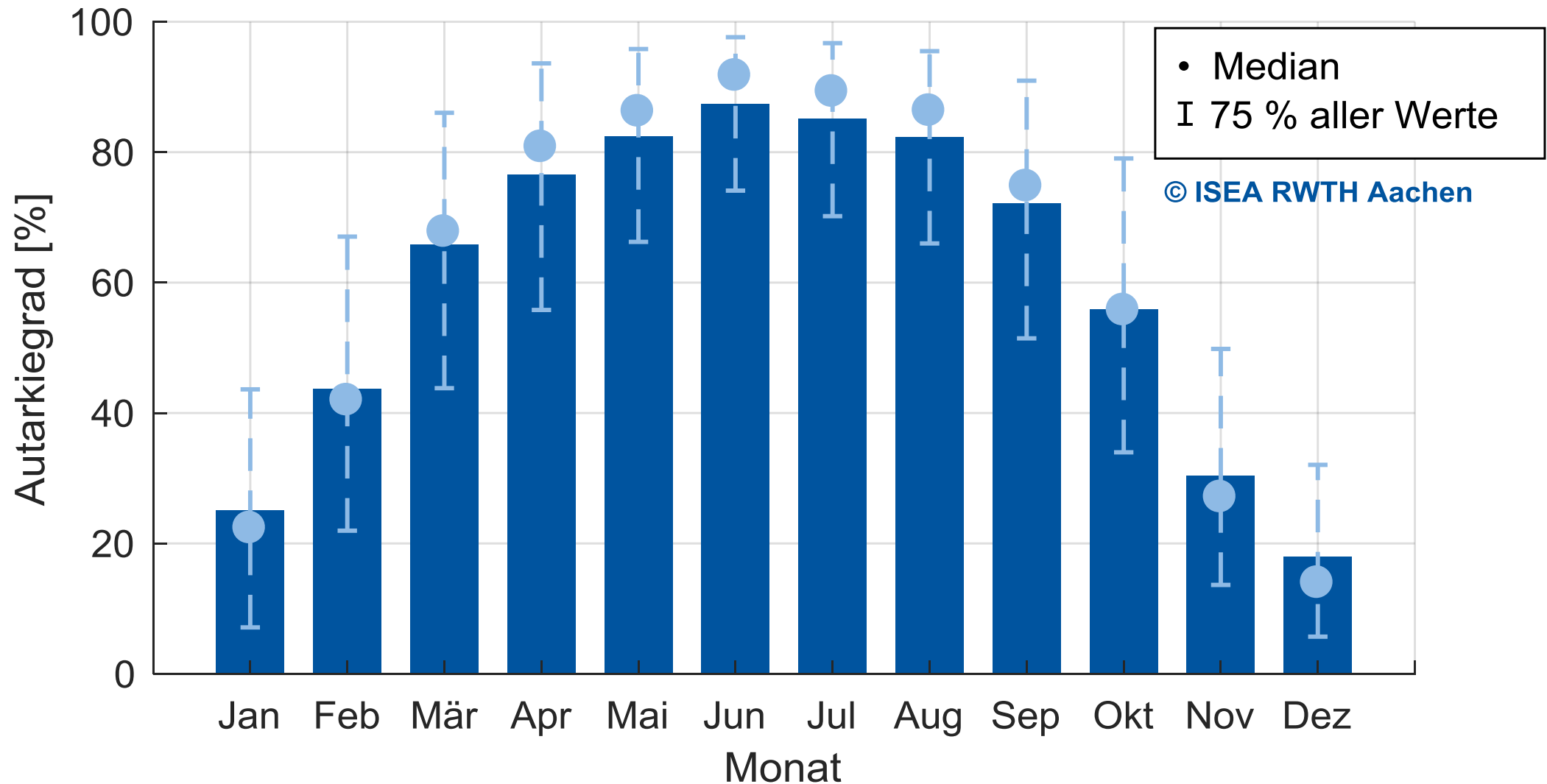
Auswirkung von Heimspeichern auf Energieversorger



- **Autarkiegrad:** Anteil des verbrauchten Stroms, der selbst Erzeugt wurde

Autarkiegrad	Bedeutung
0%	Der gesamte Strom wurde aus dem öffentlichen Netz bezogen
100%	Es wurde kein Strom aus dem öffentlichen Netz bezogen

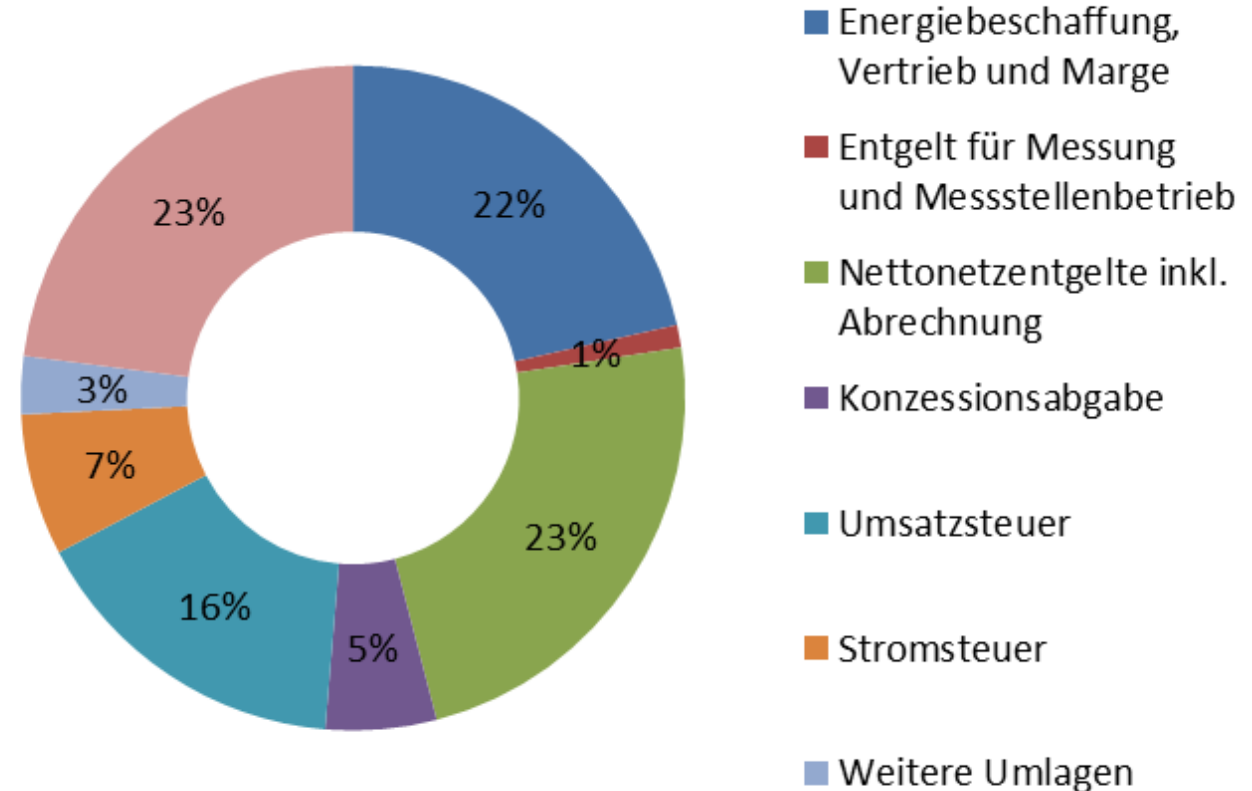
Auswirkung von Heimspeichern auf Energieversorger



Auswirkung von Heimspeichern auf Energieversorger

- Haushalte mit Photovoltaik-Anlage und Batteriespeicher erreichen im Durchschnitt Autarkiegrade von mehr als 70%
- Strompreis besteht zu 75% aus Fixkosten und Steuern/ Abgaben/ Umlagen

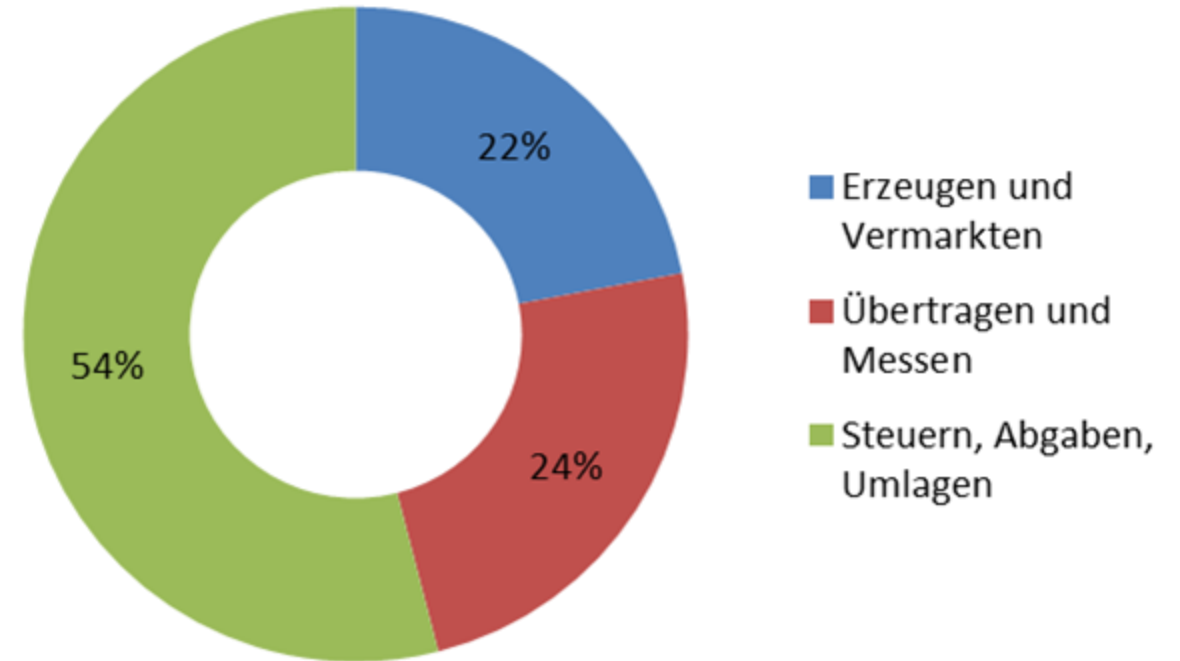
Strompreiszusammensetzung



Auswirkung von Heimspeichern auf Energieversorger

- Haushalte mit Photovoltaik-Anlage und Batteriespeicher erreichen im Durchschnitt Autarkiegrade von mehr als 70%
- Strompreis besteht zu 75% aus Fixkosten und Steuern/ Abgaben/ Umlagen

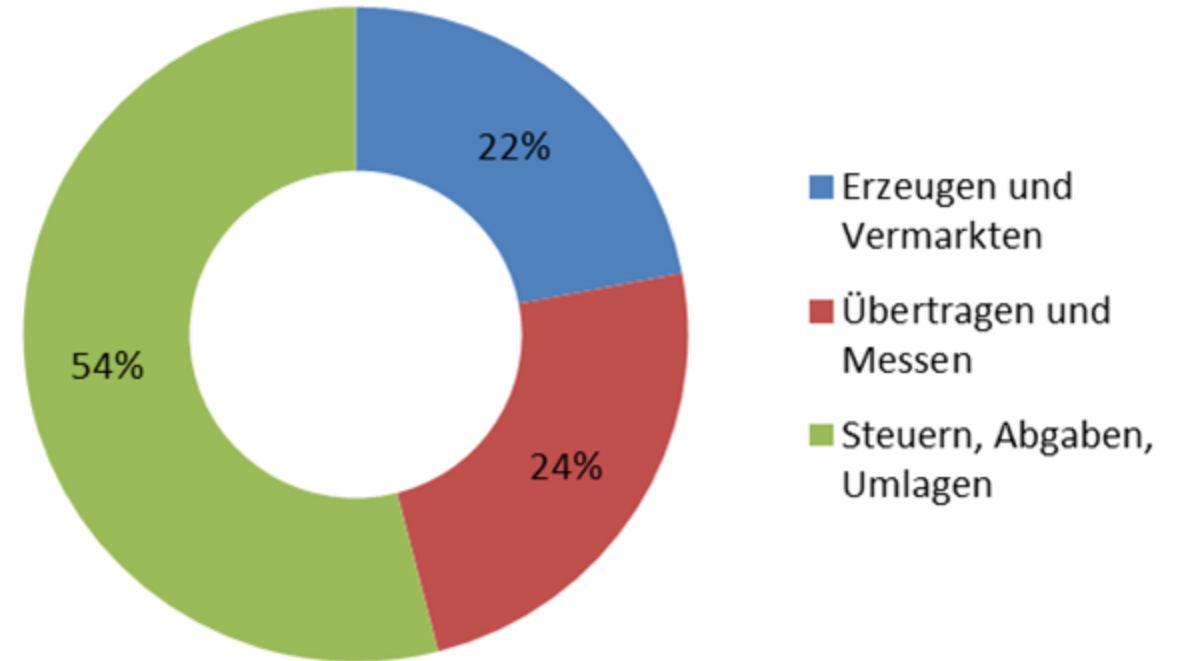
Strompreiszusammensetzung



Auswirkung von Heimspeichern auf Energieversorger

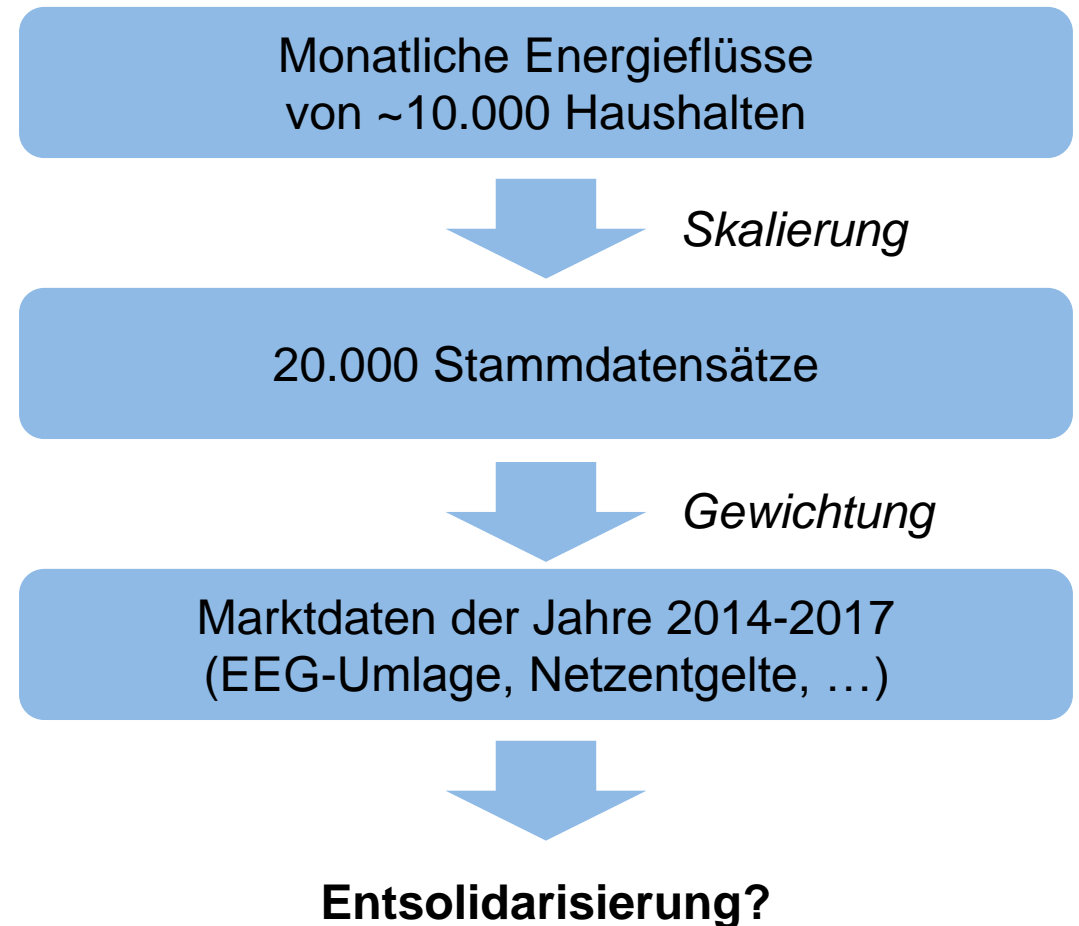
- Haushalte mit Photovoltaik-Anlage und Batteriespeicher erreichen im Durchschnitt Autarkiegrade von mehr als 70%
- Strompreis besteht zu 75% aus Fixkosten und Steuern/ Abgaben/ Umlagen
- **Anpassungen der Netzentgelte und des Umlagesystems erforderlich um Batteriespeicher und Sektorenkopplung abzubilden**

Strompreiszusammensetzung



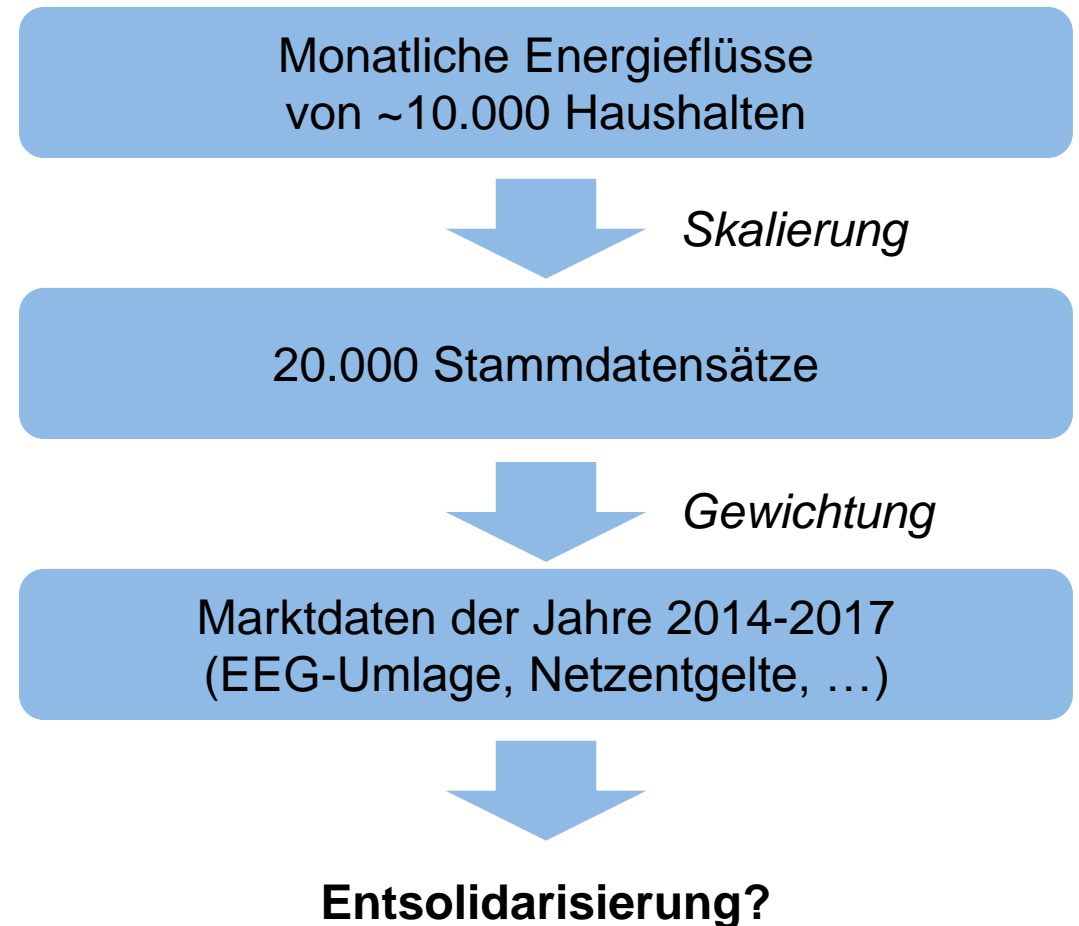
Berechnung der volkswirtschaftlichen Effekte von solarem Eigenverbrauch

- Durch den Einsatz von Heimspeichern wird
 - Weniger Solarstrom in das öffentliche Netz eingespeist
 - Weniger Strom aus dem öffentlichen Netz bezogen
- Verwendung der Daten des Basis- und Standard-Monitorings zur Berechnung der monetären Bedeutung

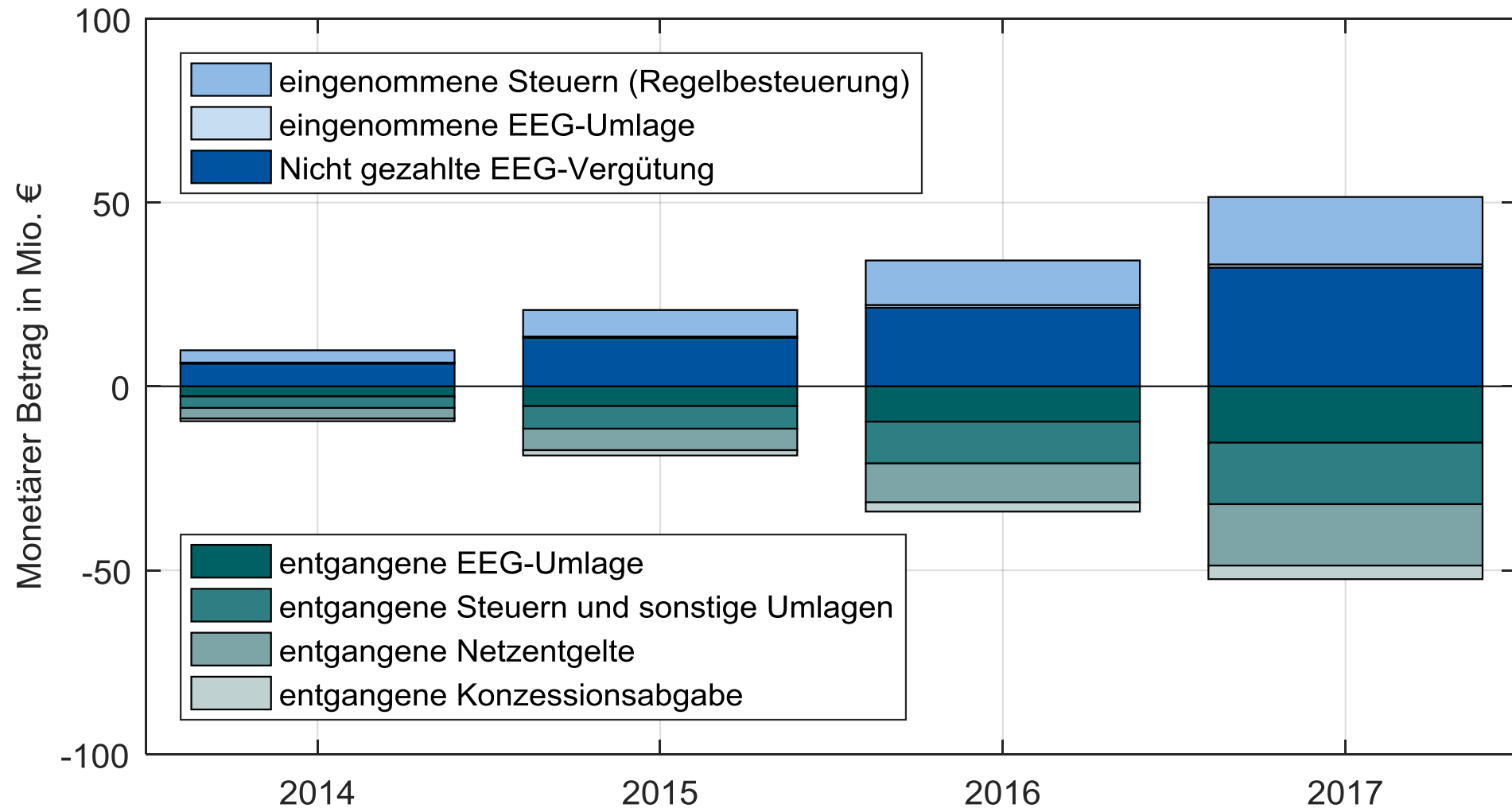


Berechnung der volkswirtschaftlichen Effekte von solarem Eigenverbrauch

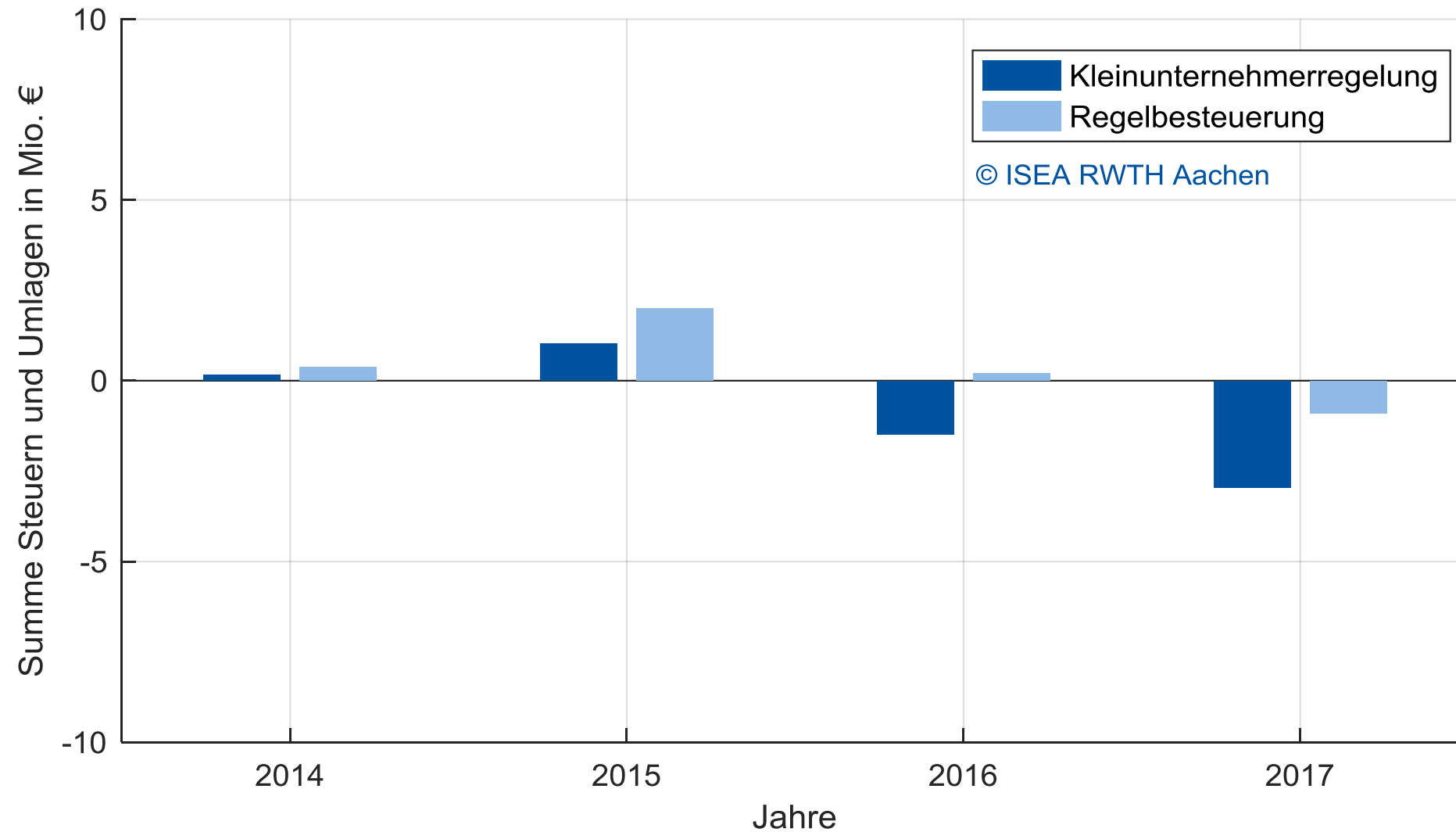
- Durch den Einsatz von Heimspeichern wird
 - Weniger Solarstrom in das öffentliche Netz eingespeist
 - Weniger Strom aus dem öffentlichen Netz bezogen
- Verwendung der Daten des Basis- und Standard-Monitorings zur Berechnung der monetären Bedeutung
- Analyse der unterschiedlichen Besteuerungsmodelle
 - Kleinunternehmerregelung: Regelbesteuerung



Berechnung der volkswirtschaftlichen Effekte von solarem Eigenverbrauch



Berechnung der volkswirtschaftlichen Effekte von solarem Eigenverbrauch



Agenda

- Umfang und Methodik der Datenerhebung
 - Markt- und Technologieentwicklung dezentraler Solarstromspeicher in Deutschland
 - Netzurückwirkungen dezentraler Solarstromspeicher
 - Standardlastprofile für Haushalte mit Photovoltaikanlage und Batteriespeicher
 - Einfluss von Heimspeichern auf Energieversorger
-
- **Zusammenfassung und Ausblick**

Zusammenfassung (1/3)

Markt- und Technologieentwicklung



[9]

- Der deutsche Markt für Heimspeicher wächst rasant
- Aktuell wird jede zweite neue PV-Anlage zusammen mit einem Batteriespeicher installiert
- Lithium-Ionen Batterien haben sich am Markt gegen Blei-Säure Batterien durchgesetzt
- Die Preise für Heimspeichern sinken weiter
- Entwicklung der Elektromobilität hat erheblichen Einfluss auf Kostenentwicklung

Zusammenfassung (2/3)

Auswirkungen auf Energieversorger



[10]

- Haushalte mit PV-Anlage und Batteriespeicher können bis zu 70% ihres Stromverbrauches selbst erzeugen
- Der Reststrombezug ist stark von der Jahreszeit abhängig
- Neuregelung der Abgaben und Umlagen auf Elektrizität wird mittelfristig erforderlich

Zusammenfassung (3/3)

Auswirkungen auf Netzbetreiber



[11]

- Solarstromspeicher reduzieren die maximalen Bezugs- und Einspeiseleistungen in den Verteilnetzen
- Dadurch kann bei bestehender Netzinfrastruktur eine höhere Durchdringung mit erneuerbarer Energien erreicht werden
- Heimspeicher können zukünftig Lastspitzen von Elektrofahrzeugen reduzieren

Bildquellen

- 1 Ferkelreggea/Fotolia.com
- 2 Anschluss und Betrieb von Speichern am Niederspannungsnetz (VDE). Oktober 2016
URL: <https://www.vde.com/resource/blob/972830/bcb00e83abc88c6ed0d4a26572063f92/vde-fnn-speicher-netzanschluss-niederspannung-hinweis-data.pdf>
- 3 SN/APA (DPA)/Jan Woitas
- 4 Stromzähler für das Energiemanagement
URL: <https://www.sma-sunny.com/stromzaehler-fur-das-energiemanagement/>
- 6 Entlastung der Stromnetze
URL: <http://www.speichermonitoring.de/ueber-pv-speicher/entlastung-der-stromnetze.html>
- 7 Entlastung der Stromnetze
URL: <http://www.speichermonitoring.de/ueber-pv-speicher/entlastung-der-stromnetze.html>
- 8 K.M. Demirel: Siedlungstyp D, aus: Modellierung von Referenznetzen in der Niederspannungsebene
http://www.100pro-erneuerbare.com/netze/publikationen/2013-02-Demirel/Demirel-Referenznetze-Diplomarbeit_2013-02.pdf
- 9 Ingobartussek/fotolia.com
- 10 Andrey Popow/fotolia.com
- 11 Hanseat/fotolia.com

- Die vorgestellte Dissertation basiert auf Ergebnissen die im Rahmen der folgenden öffentlich geförderten Forschungsvorgaben entstanden:

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Wissenschaftliches Mess- und Evaluierungsprogramm
Solarstromspeicher (WMEP PV-Speicher)
Förderkennzeichen: 0325666

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Wissenschaftliches Mess- und Evaluierungsprogramm
Solarstromspeicher 2.0 (KfW 275)
Förderkennzeichen: 03ET6117



Batteriealterung • Batteriemodelle • Batteriediagnostik • Batteriepackdesign • Elektromobilität • Stationäre Energiespeicher • Energiesystemanalyse

Auswirkungen dezentraler Solarstromspeicher auf Netzbetreiber und Energieversorger

Vortrag zur Dissertation

09.01.2019, Aachen
Kai-Philipp Kairies

Lehrstuhl für Elektrochemische Energiewandlung
und Speichersystemtechnik

ISEA
Stromrichter-
technik und
Elektrische
Antriebe

RWTHAACHEN
UNIVERSITY



Backup

Vortrag zur Dissertation

09.01.2019, Aachen
Kai-Philipp Kairies

Inhaltsverzeichnis Backup

Folie	Inhalt
67	<u>Markt- und Technologieentwicklung</u>
77	<u>Einfluss auf Netzbetreiber</u>
81	<u>Standardlastprofile für Heimspeicher</u>
91	<u>Einfluss auf Energieversorger</u>
107	<u>Wirtschaftlichkeitsberechnung von Heimspeichern</u>
111	<u>Pooling von Heimspeichern</u>
120	<u>Simulative Ergebnisse aus PV-Nutzen</u>



Batterialterung • Batteriemodelle • Batteriediagnostik • Batteriepackdesign • Elektromobilität • Stationäre Energiespeicher • Energiesystemanalyse

Markt- und Technologieentwicklung

Vortrag zur Dissertation
an der Fakultät für Elektrotechnik, Informationstechnik und Technische Informatik der RWTH Aachen

09.01.2019, Aachen
Kai-Philipp Kairies

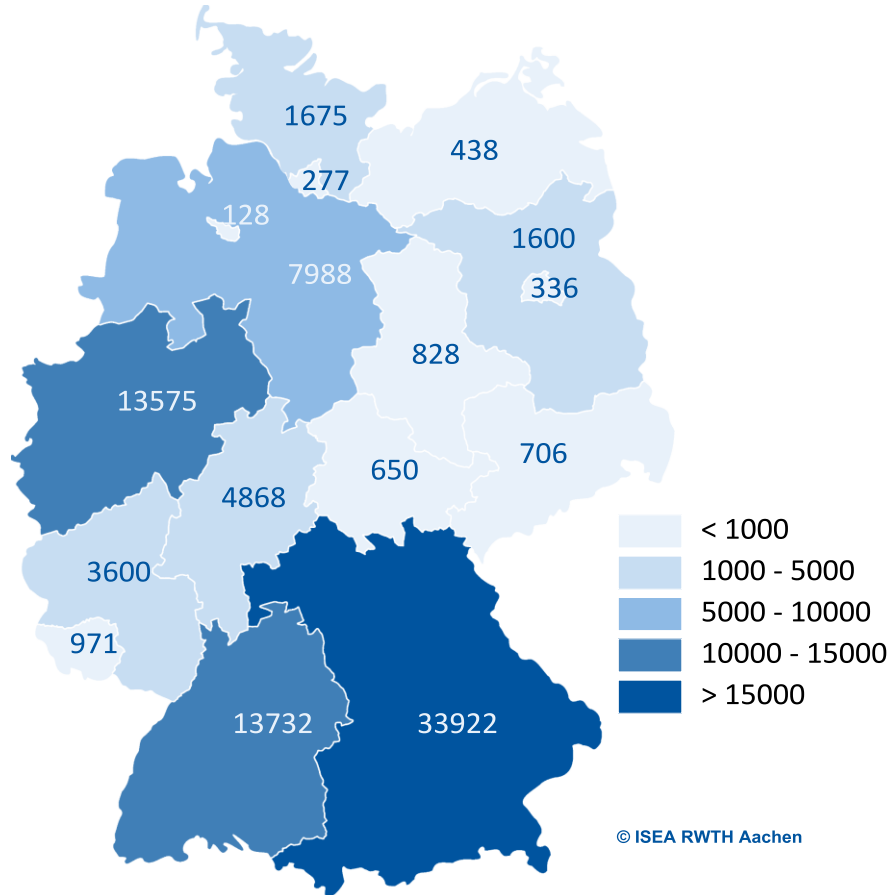
Lehrstuhl für Elektrochemische Energiewandlung
und Speichersystemtechnik

ISEA
Stromrichter-
technik und
Elektrische
Antriebe

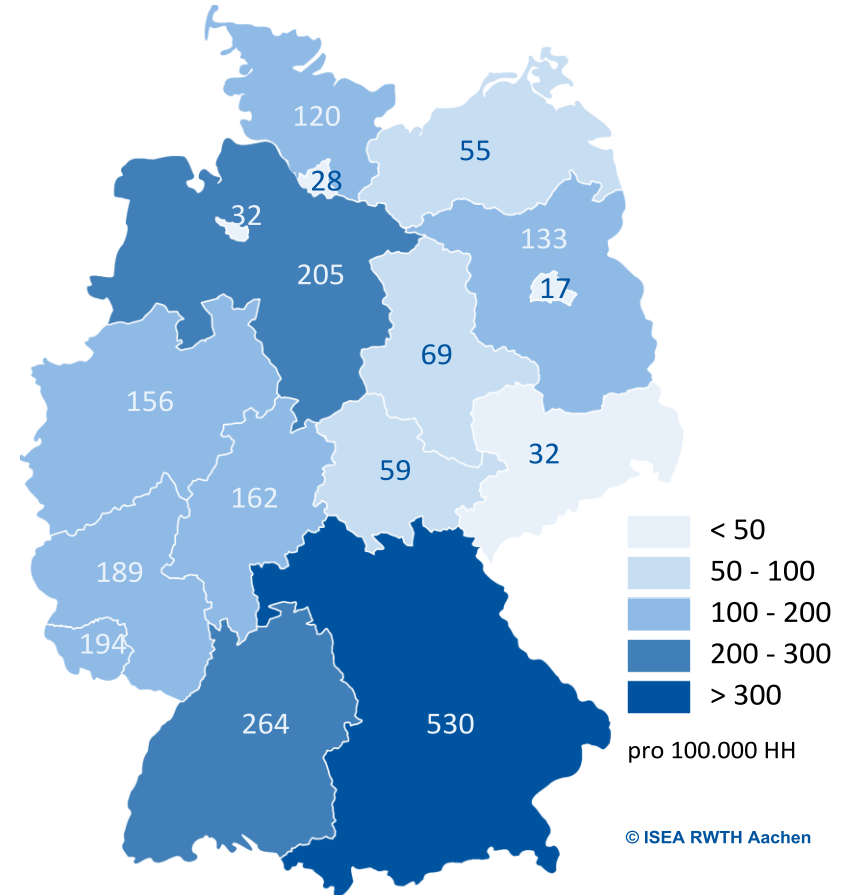
RWTHAACHEN
UNIVERSITY

Verteilung von Heimspeichern in Deutschland

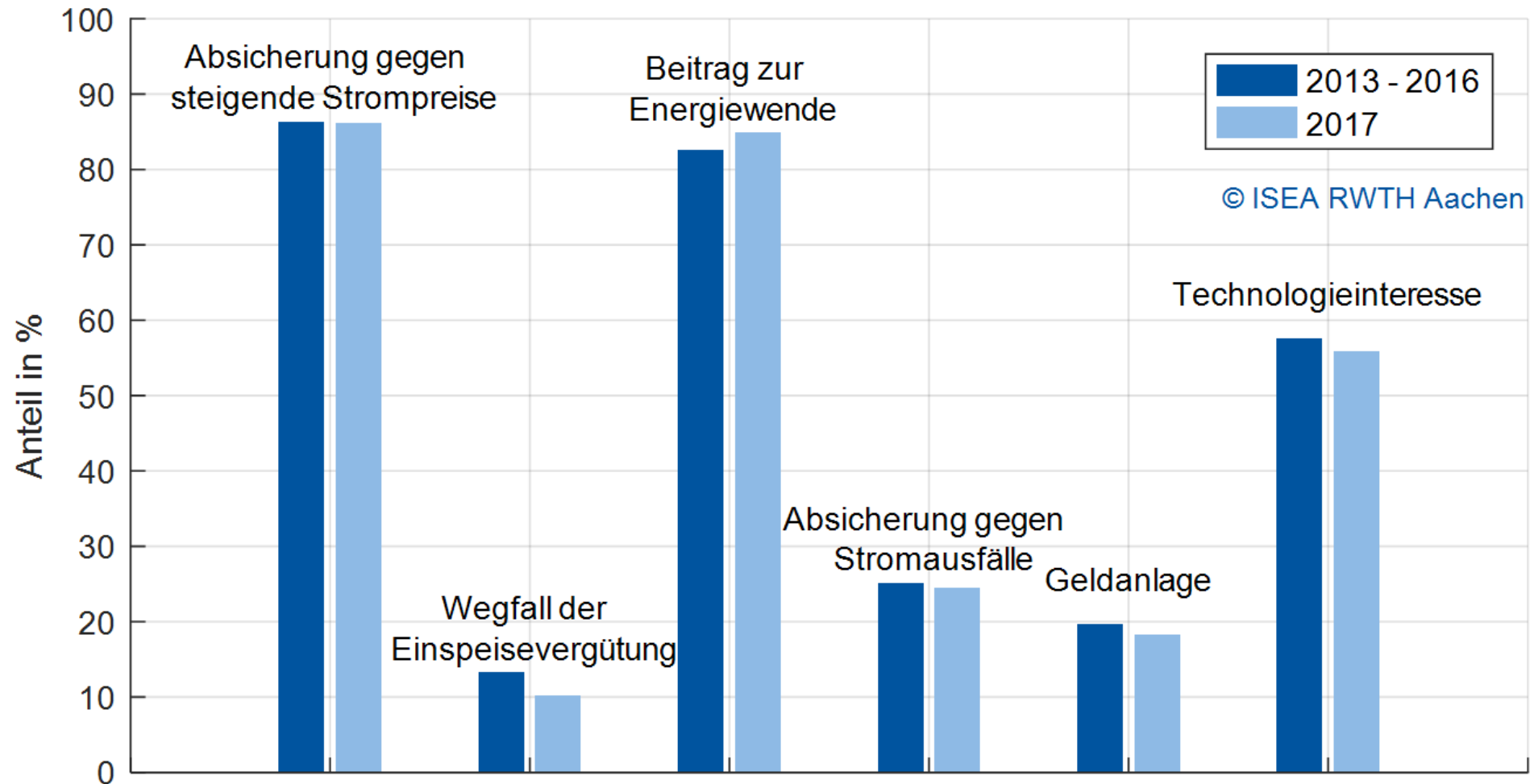
Absolute Zahlen
(insgesamt ca. 85,000 Anlagen)



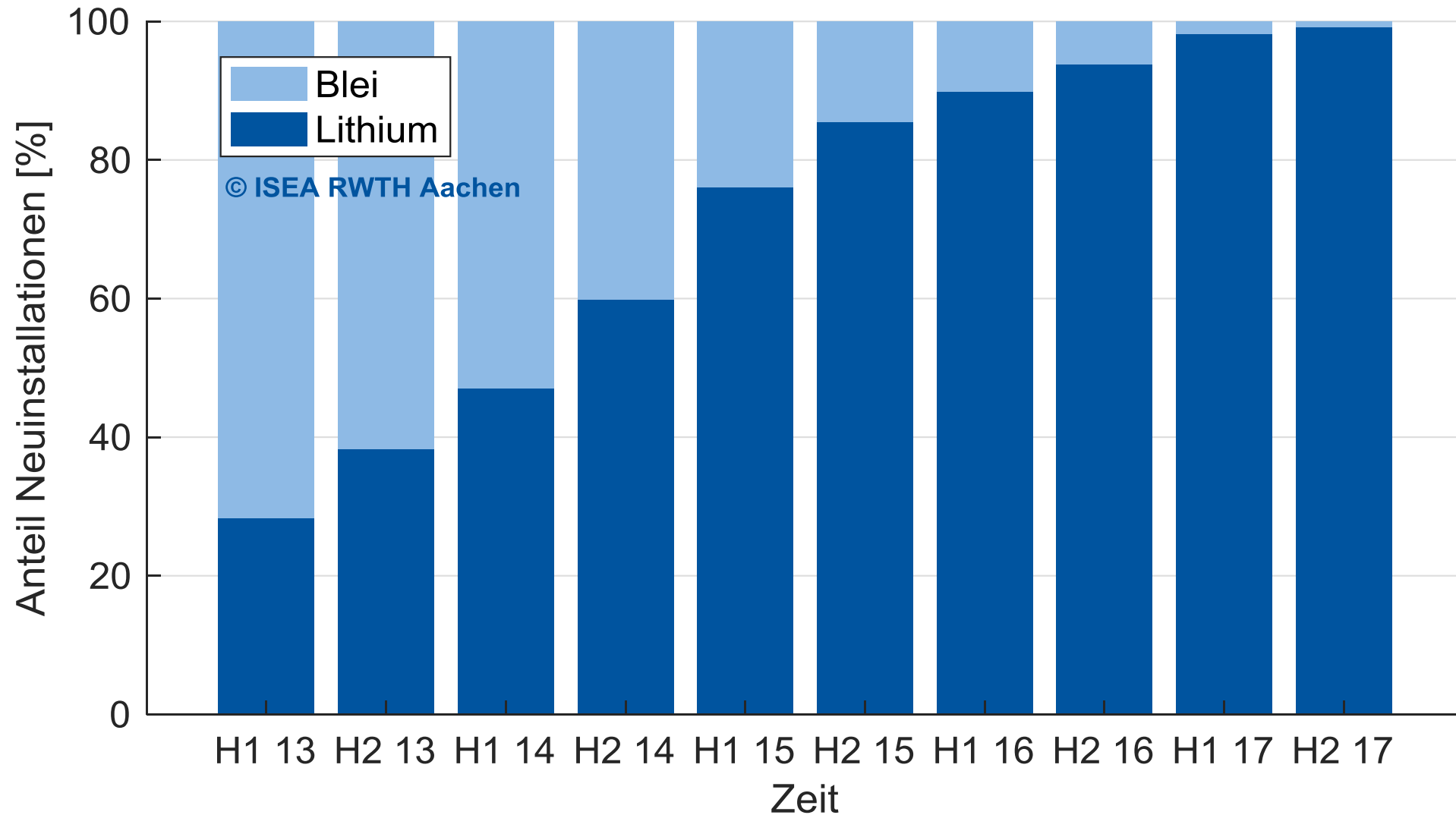
Pro 100,000 Haushalte



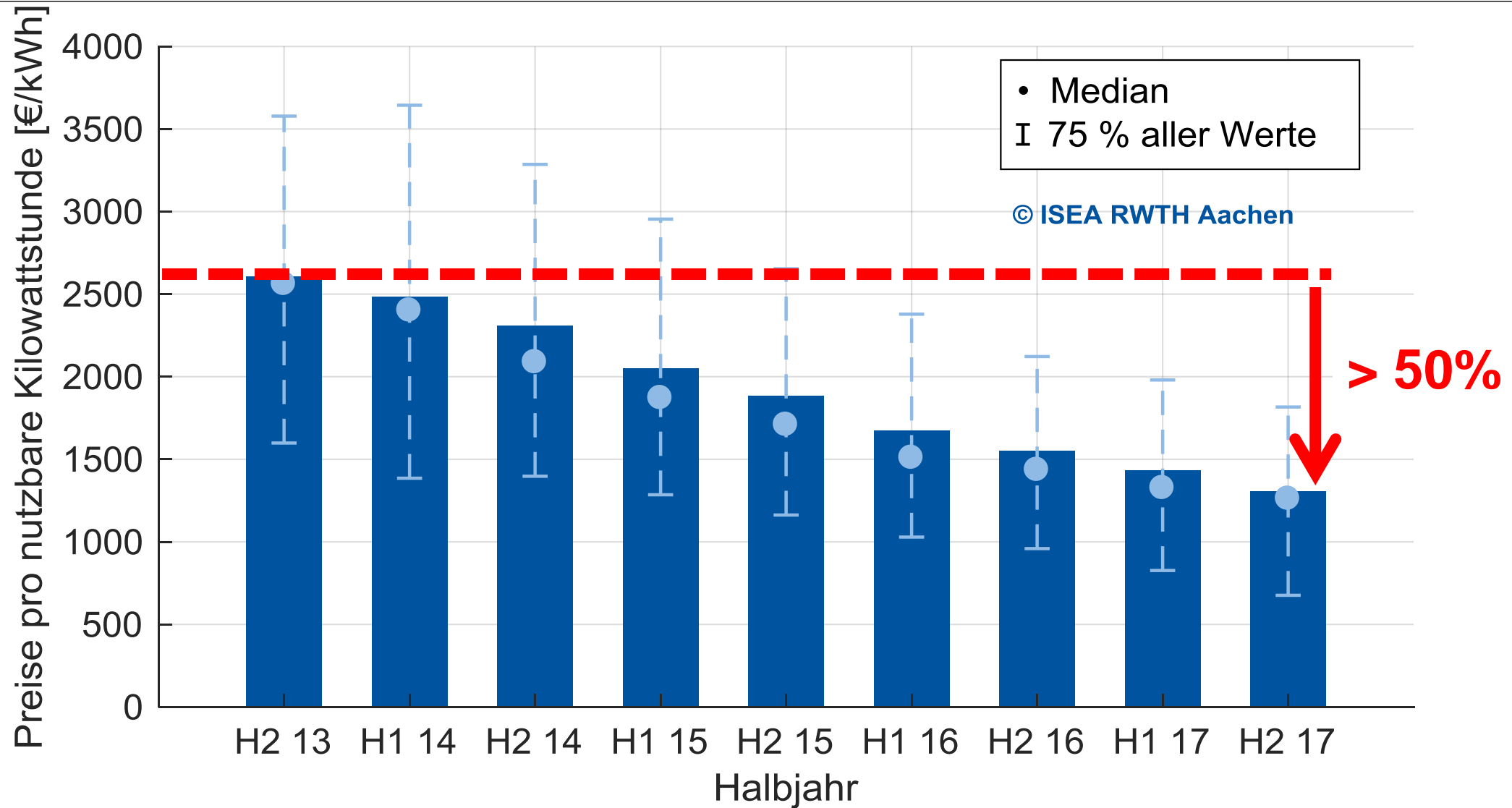
Warum Heimspeicher?



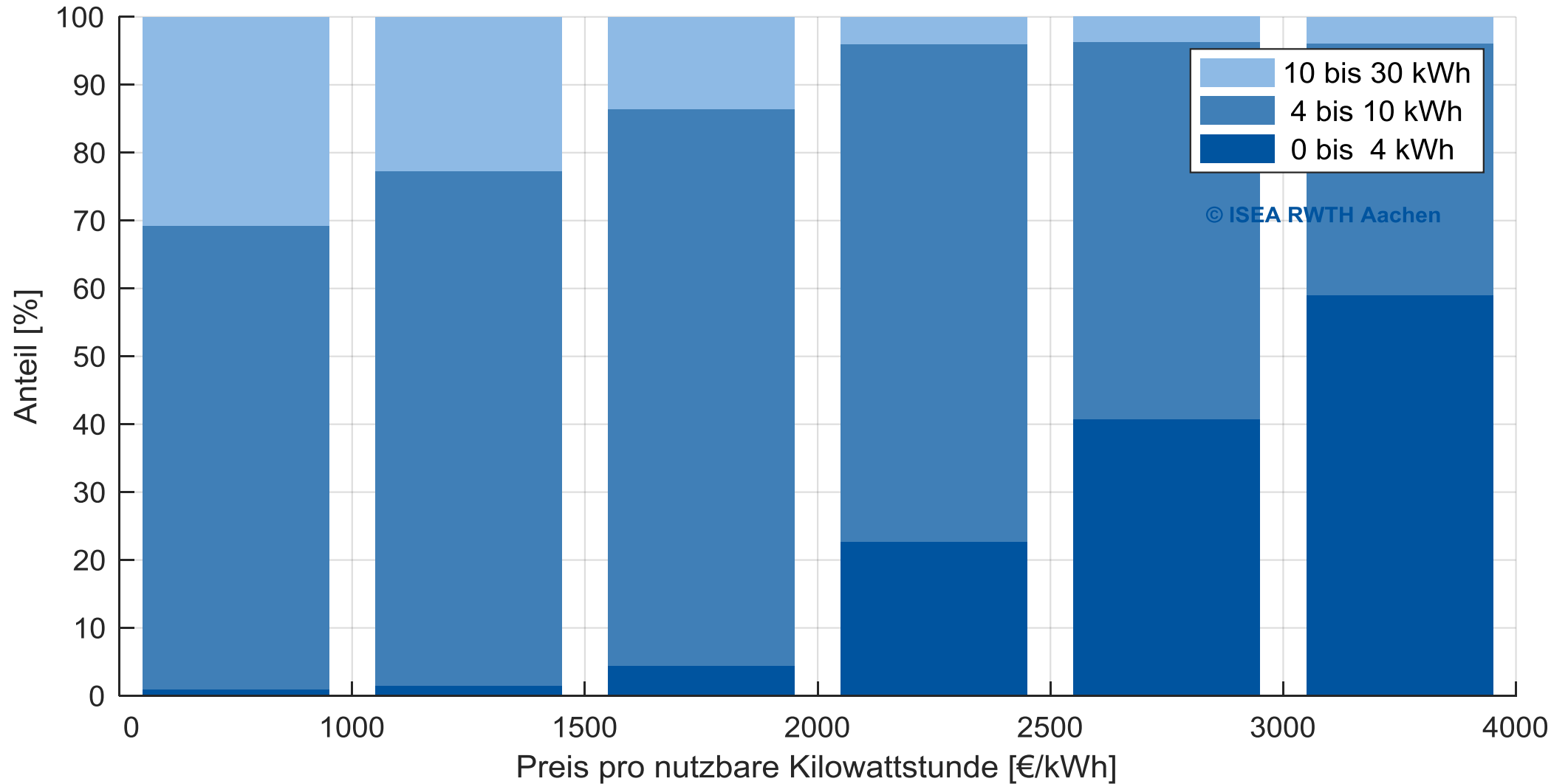
Entwicklung der Marktanteile von Blei und Lithium bei Heimspeichern



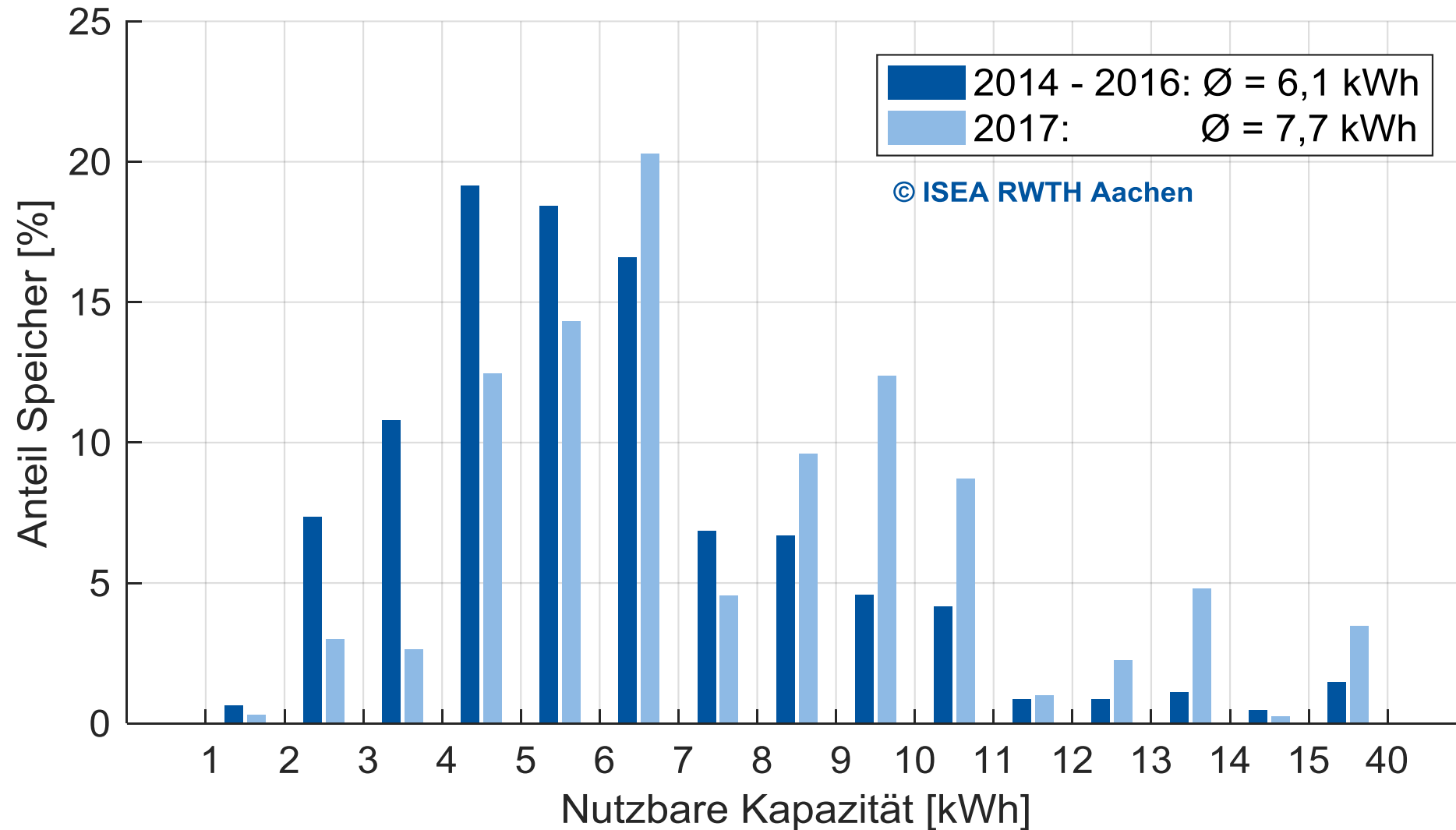
Mittelwerte der Preisentwicklung von Li-Ionen Heimspeichern (inkl. MwSt.) in Deutschland



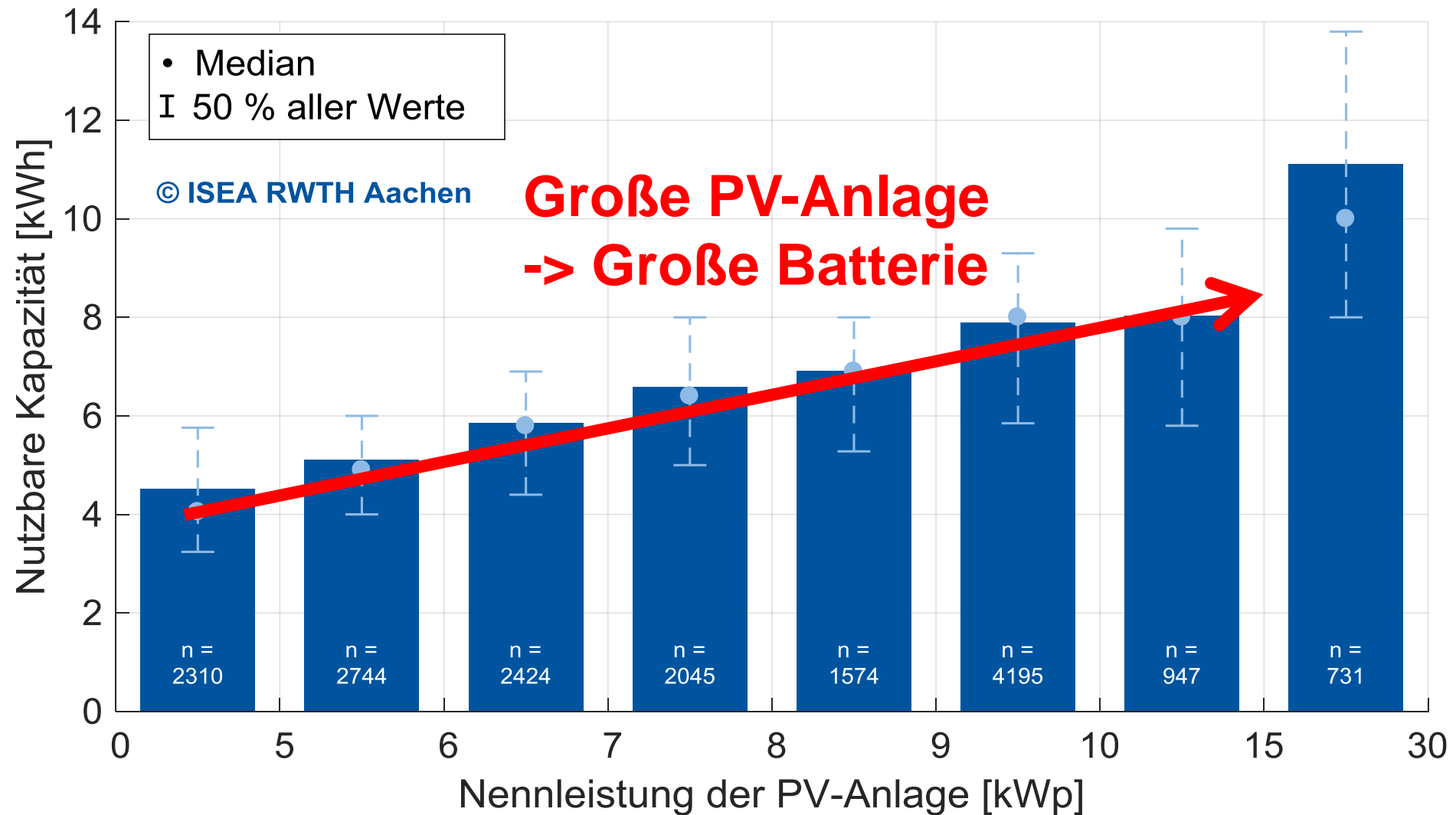
Preisentwicklung von Heimspeichern (inkl. MwSt.) in Deutschland



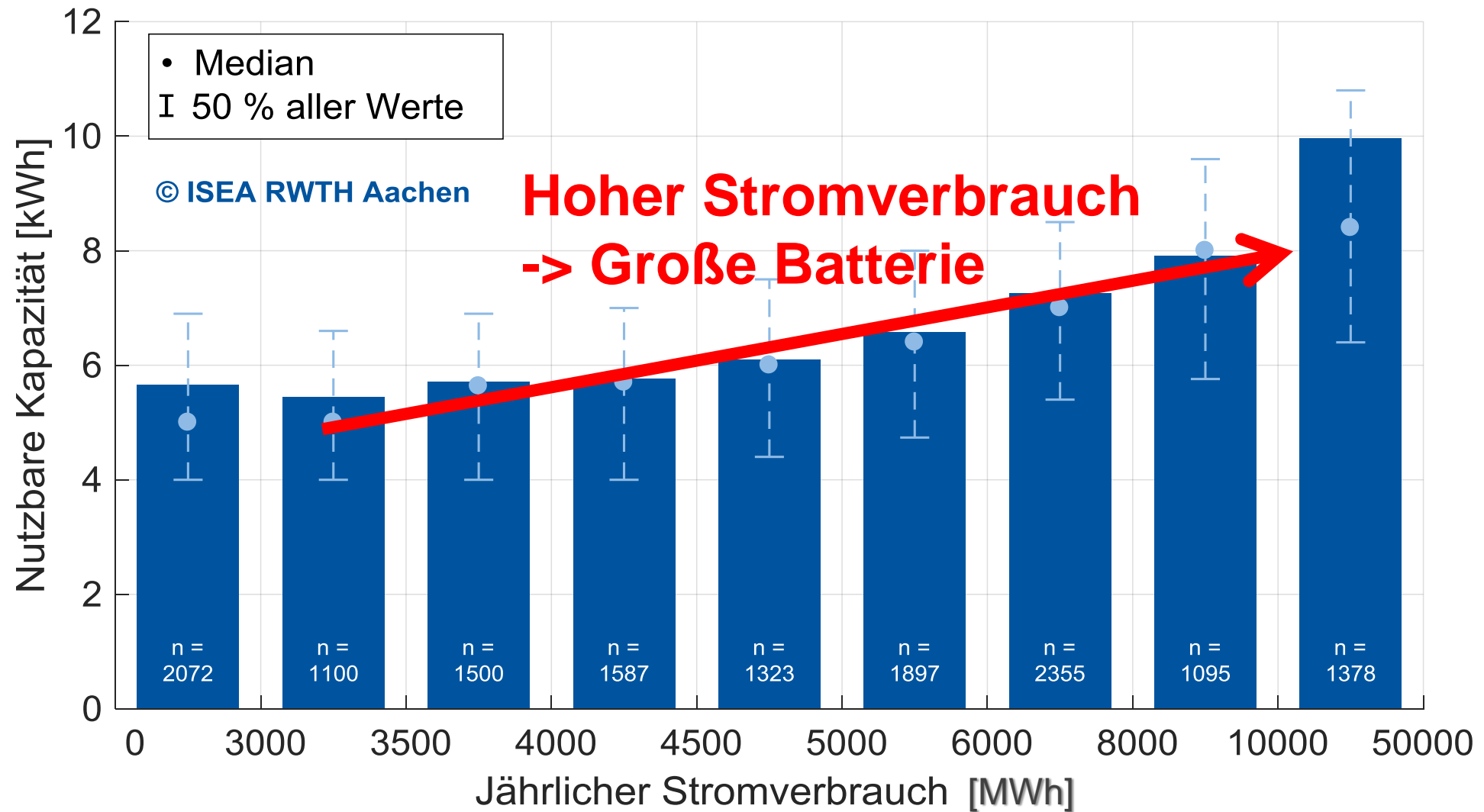
Typische Speicherauslegung



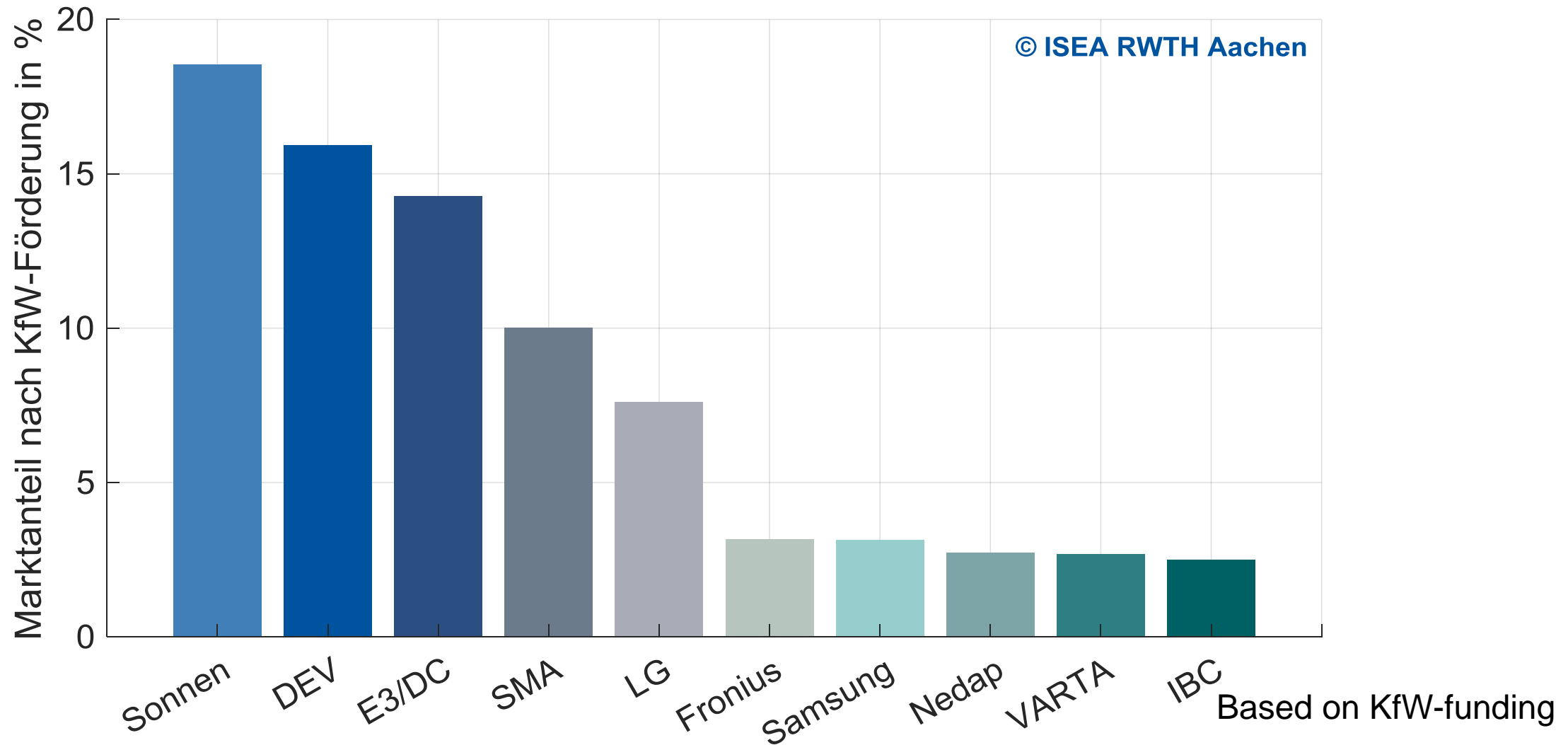
Typische Speicherauslegung



Typische Speicherauslegung



Marktanteile KfW-geförderter Speichersystemhersteller





Batterialterung • Batteriemodelle • Batteriediagnostik • Batteriepackdesign • Elektromobilität • Stationäre Energiespeicher • Energiesystemanalyse

Einfluss auf Netzbetreiber

Vortrag zur Dissertation
an der Fakultät für Elektrotechnik, Informationstechnik und Technische Informatik der RWTH Aachen

09.01.2019, Aachen
Kai-Philipp Kairies

Lehrstuhl für Elektrochemische Energiewandlung
und Speichersystemtechnik

ISEA
Stromrichter-
technik und
Elektrische
Antriebe

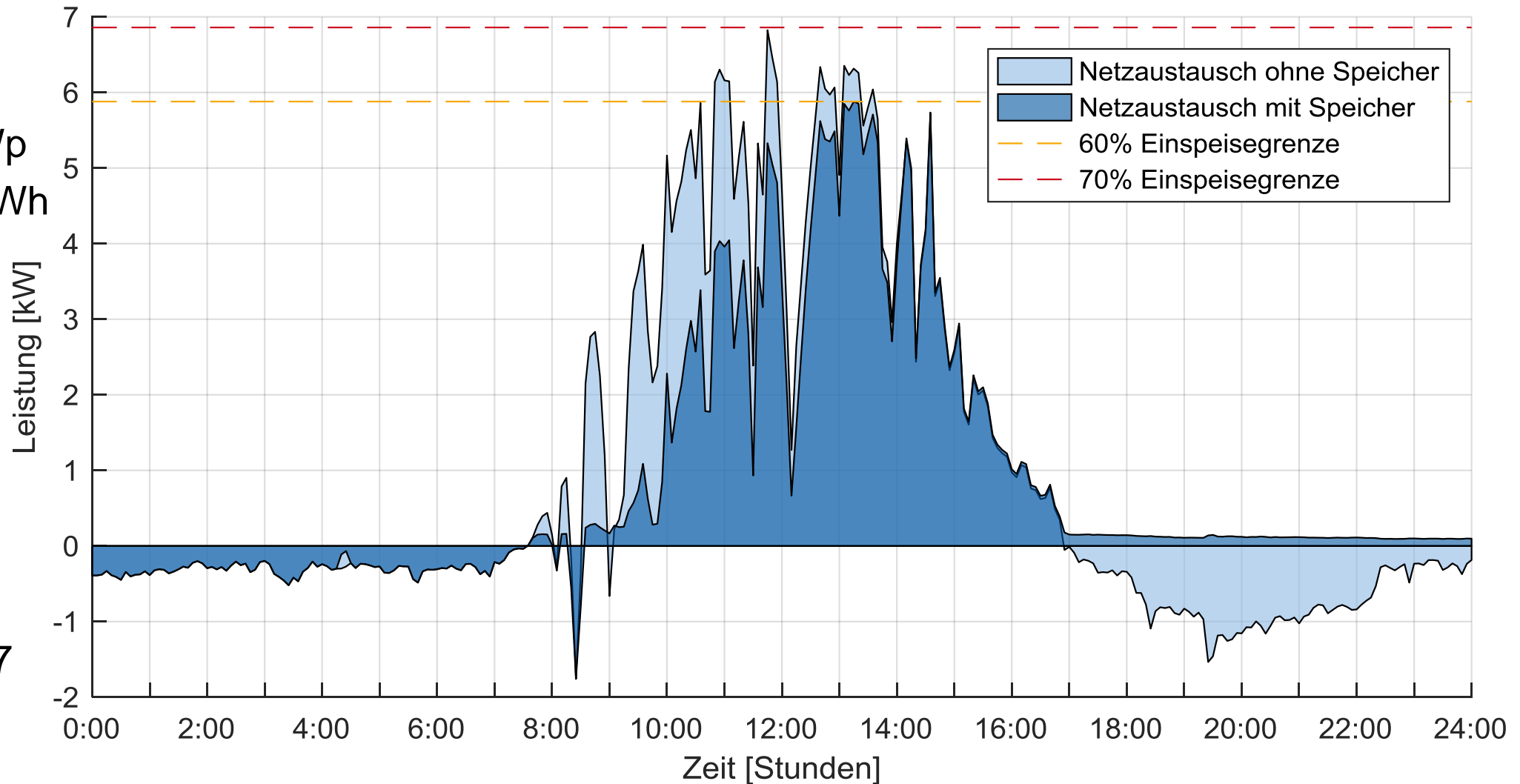
RWTHAACHEN
UNIVERSITY

Netzdienliche Speicher verringern die maximale PV-Einspeiseleistung

Eckdaten des Haushalts:

- $P_{PV} = 9,56 \text{ kWp}$
- $E_{\text{Jahr}} = 6.000 \text{ kWh}$
- $C_{\text{Bat}} = 8 \text{ kWh}$
- $P_{\text{Bat}} = 2,8 \text{ kW}$

Zeitraum:
01. Oktober 2017

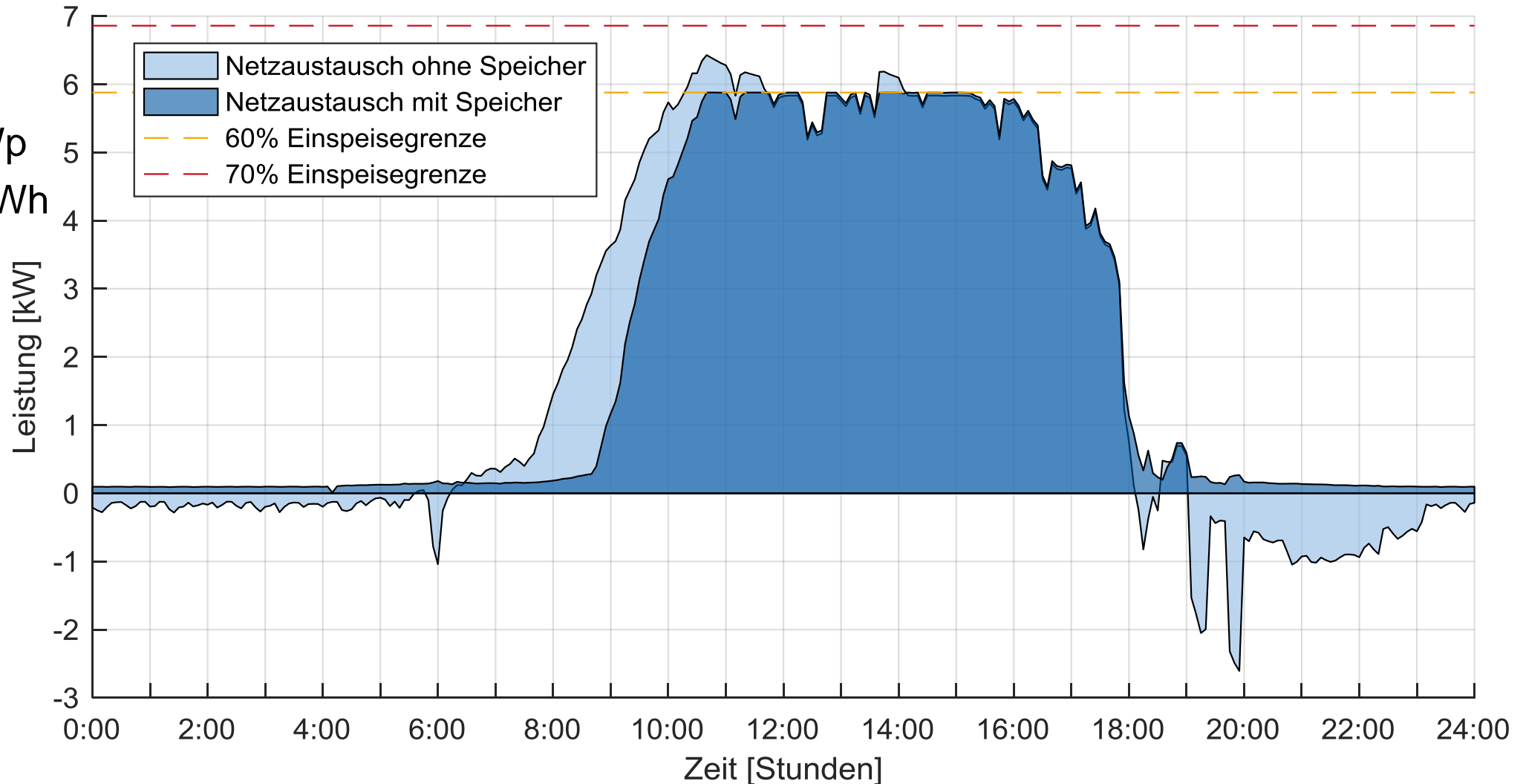


Netzdienliche Speicher verringern die maximale PV-Einspeiseleistung

Eckdaten des Haushalts:

- $P_{PV} = 9,56 \text{ kWp}$
- $E_{\text{Jahr}} = 6.000 \text{ kWh}$
- $C_{\text{Bat}} = 8 \text{ kWh}$
- $P_{\text{Bat}} = 2,8 \text{ kW}$

Zeitraum:
18. Juli 2017



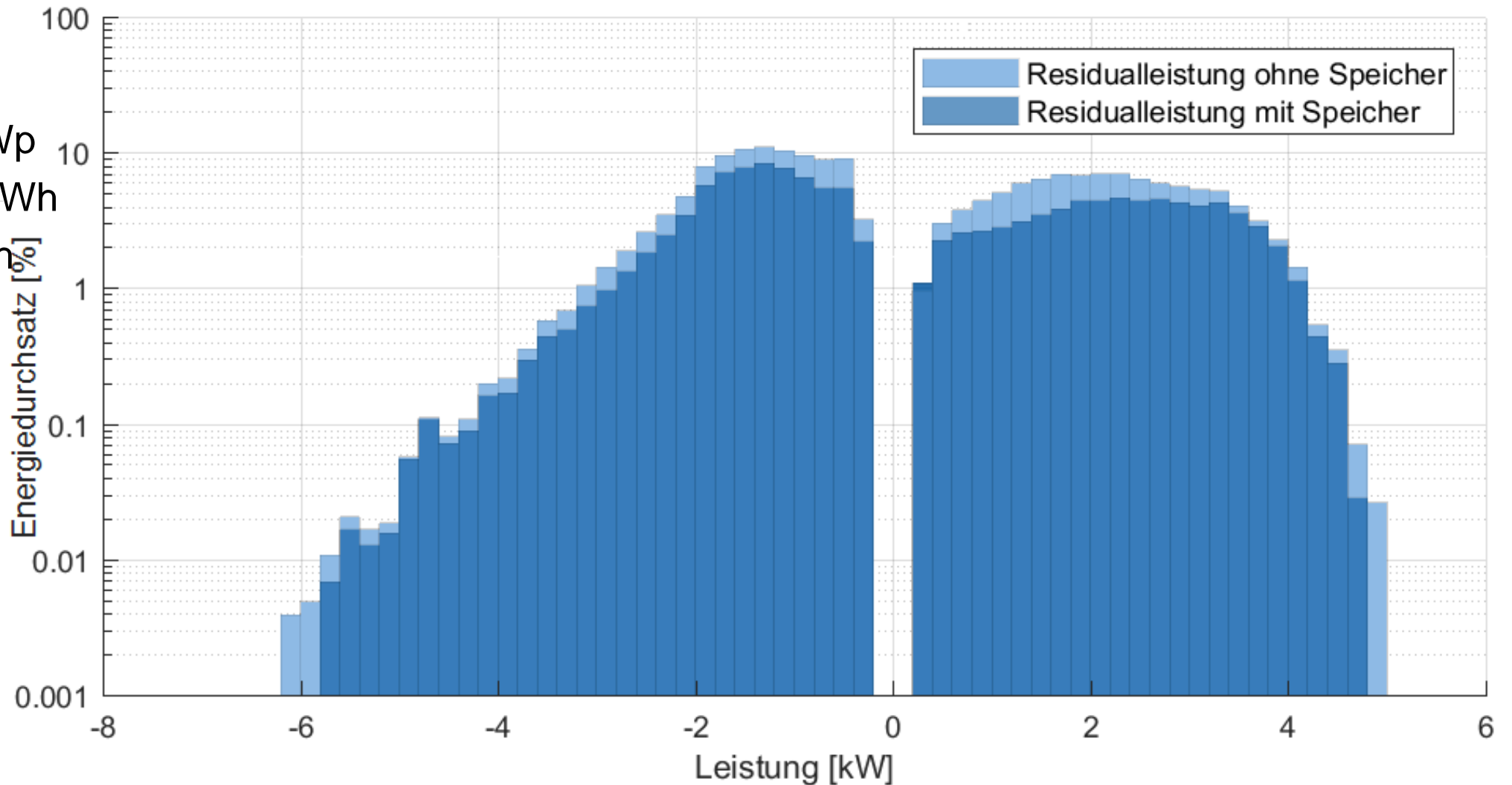
Netzdienliche Speicher verringern die maximale PV-Einspeiseleistung

Eckdaten des Haushalts:

- $P_{PV} = 6,24 \text{ kWp}$
- $E_{\text{Jahr}} = 3.000 \text{ kWh}$
- $C_{\text{Bat}} = 4,6 \text{ kWh}$
- $P_{\text{Bat}} = 1,5 \text{ kW}$

Zeitraum:

01.06.2015 bis
31.05.2017



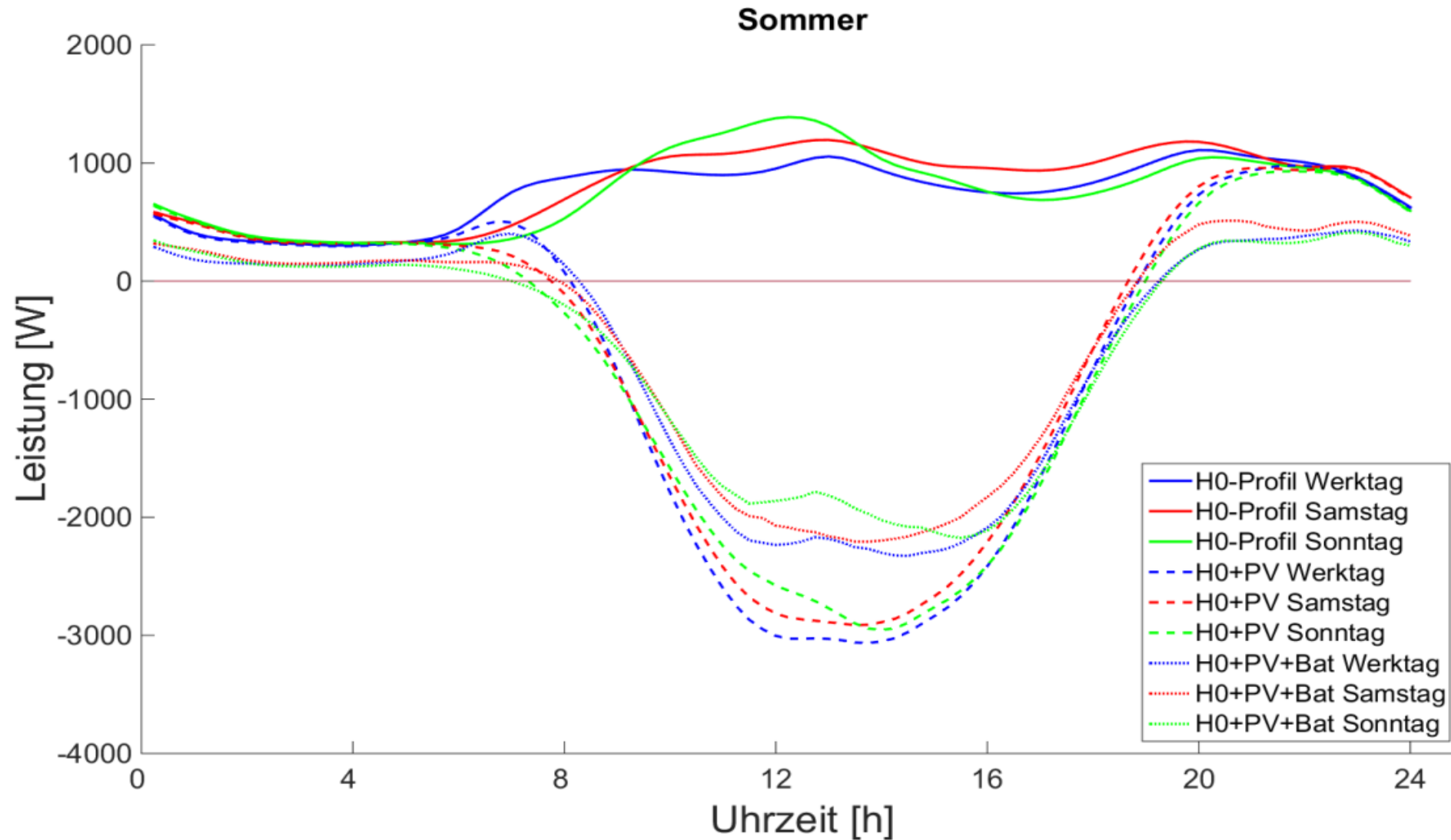


Standardlastprofile für Heimspeicher

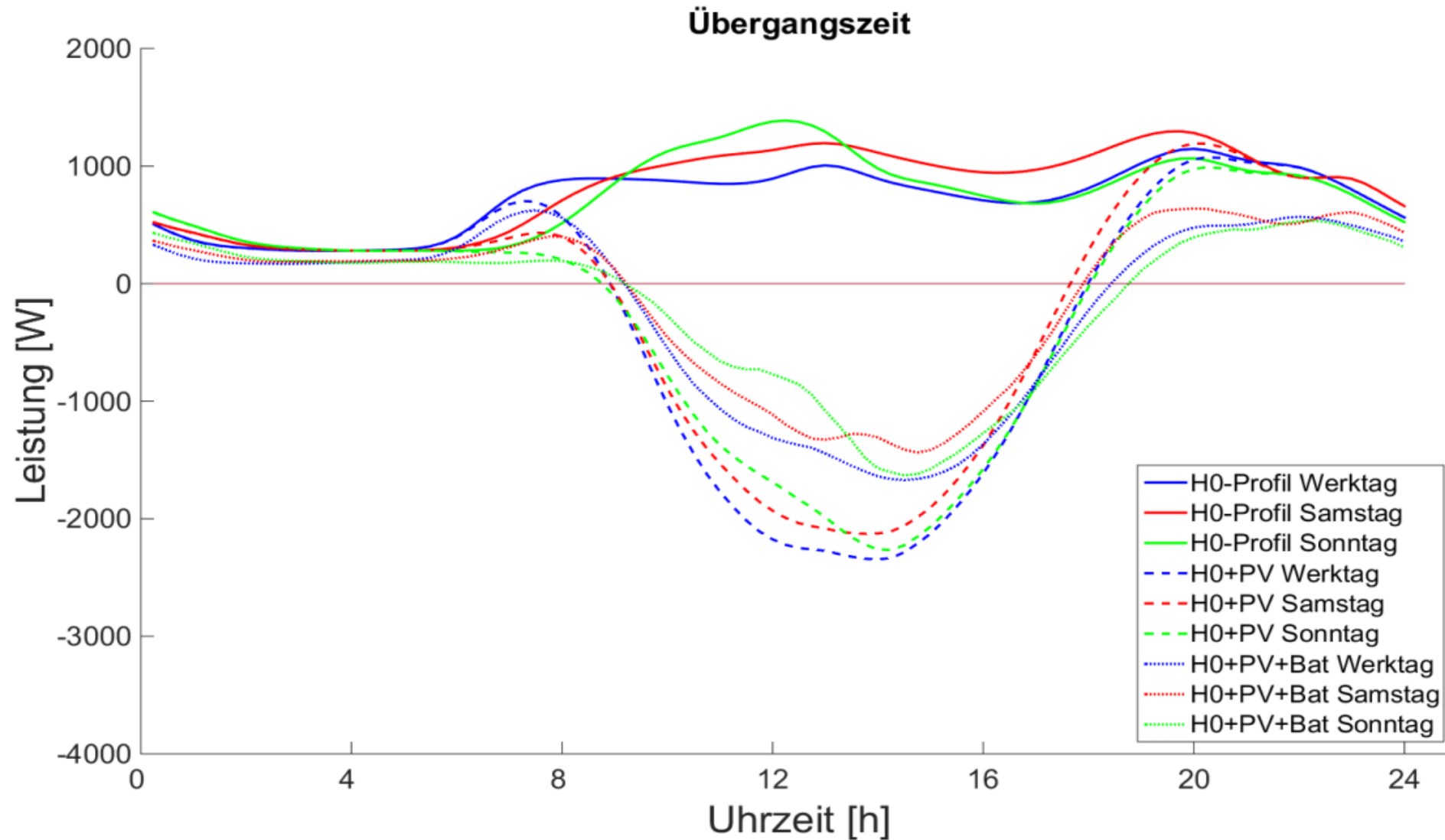
Vortrag zur Dissertation
an der Fakultät für Elektrotechnik, Informationstechnik und Technische Informatik der RWTH Aachen

09.01.2019, Aachen
Kai-Philipp Kairies

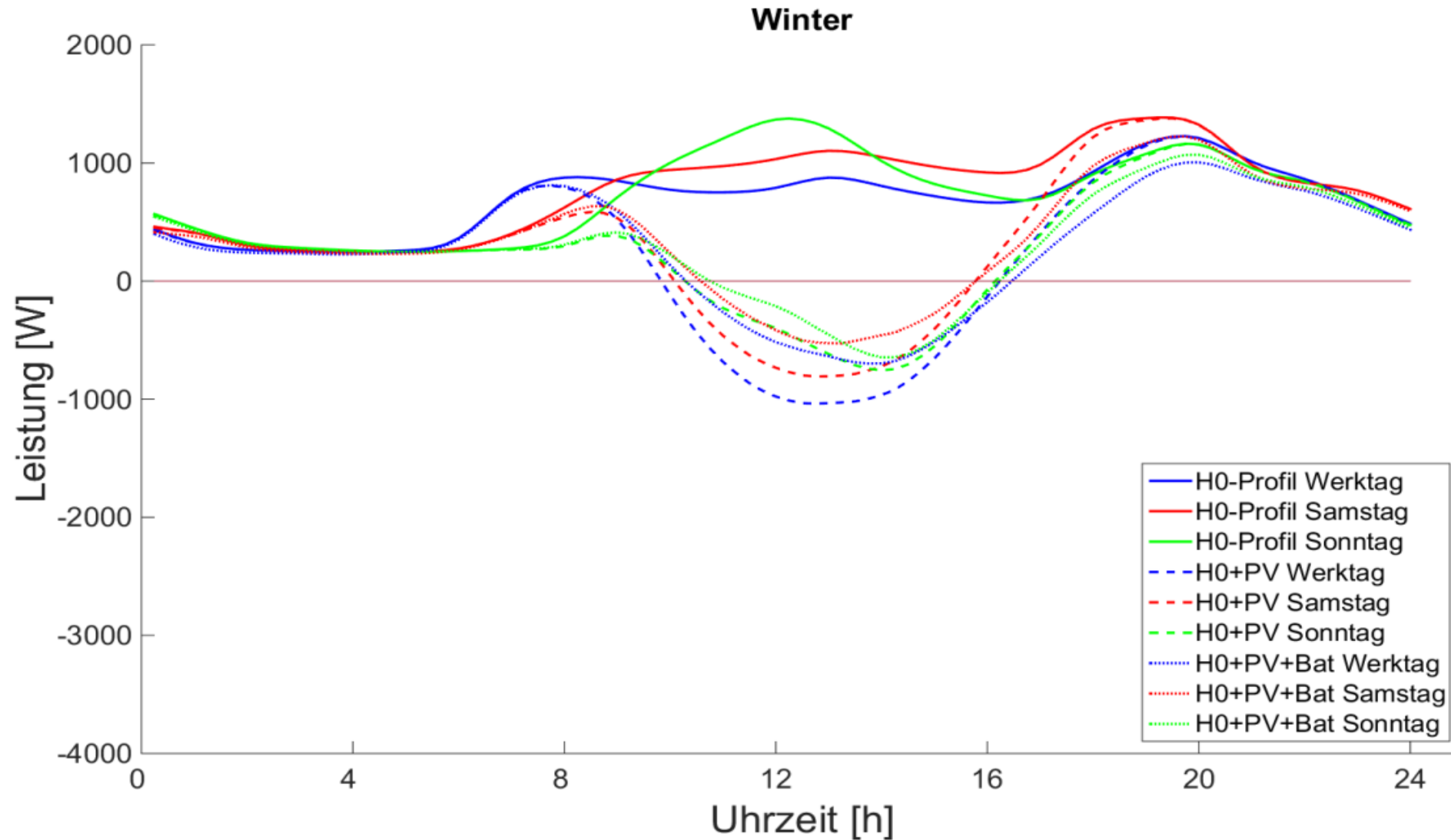
Standardlastprofilen für Haushalte mit PV-Anlage und Batteriespeicher



Standardlastprofilen für Haushalte mit PV-Anlage und Batteriespeicher



Standardlastprofilen für Haushalte mit PV-Anlage und Batteriespeicher



Excel-Tool zur Erstellung von Standardlastprofilen für Haushalte mit PV-Anlage und Heimspeicher

Standardlastprofile für PV-Anlagen mit Batteriespeicher
© 2018 Kai-Philipp Kairies

Größe	Wert	Einheit	Kommentar	Übliche Werte
Jahresstromverbrauch	6500	kWh		2000 - 5000 kWh für Einfamilienhäuser
Nennleistung PV-Anlage	8100	W	(2) in Abbildung 1	2...12 kW für Einfamilienhäuser
Nennleistung Batteriespeicher	3300	W	Bei AC-Systemen (2), bei DC-Systemen (4)	2...3,5 kW für Speicher mit weniger als 8 kWh nutzbarer Kapazität

Konsistenzprüfung: **OK**

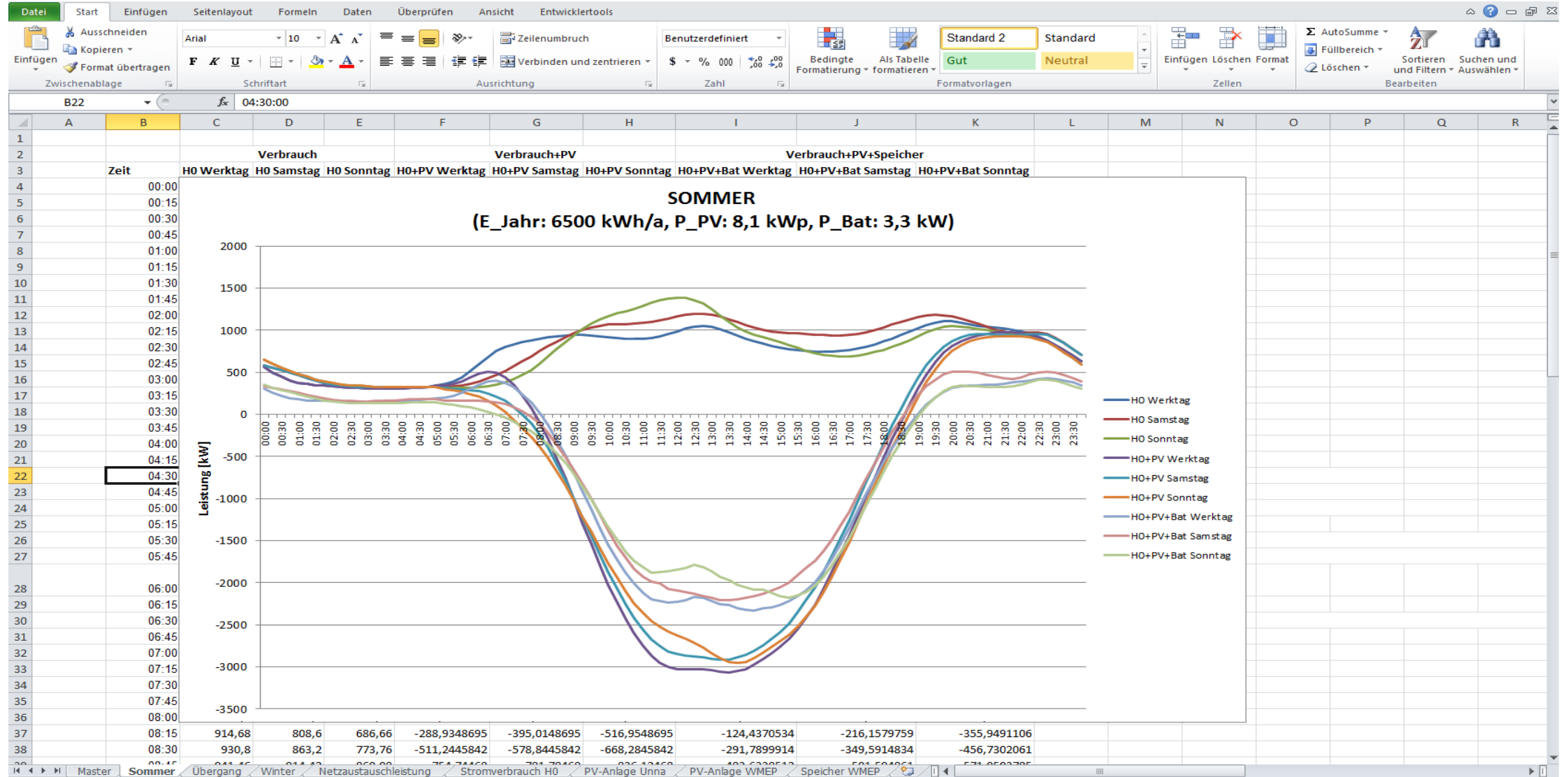
AC-System

1. Residualeistung (Netzbezug oder -einspeisung)
2. AC-PV-Einspeisung
3. DC-PV-Einspeisung
4. DC-Leistung Batterie
5. AC-Leistung Batterie
6. Haushaltslast

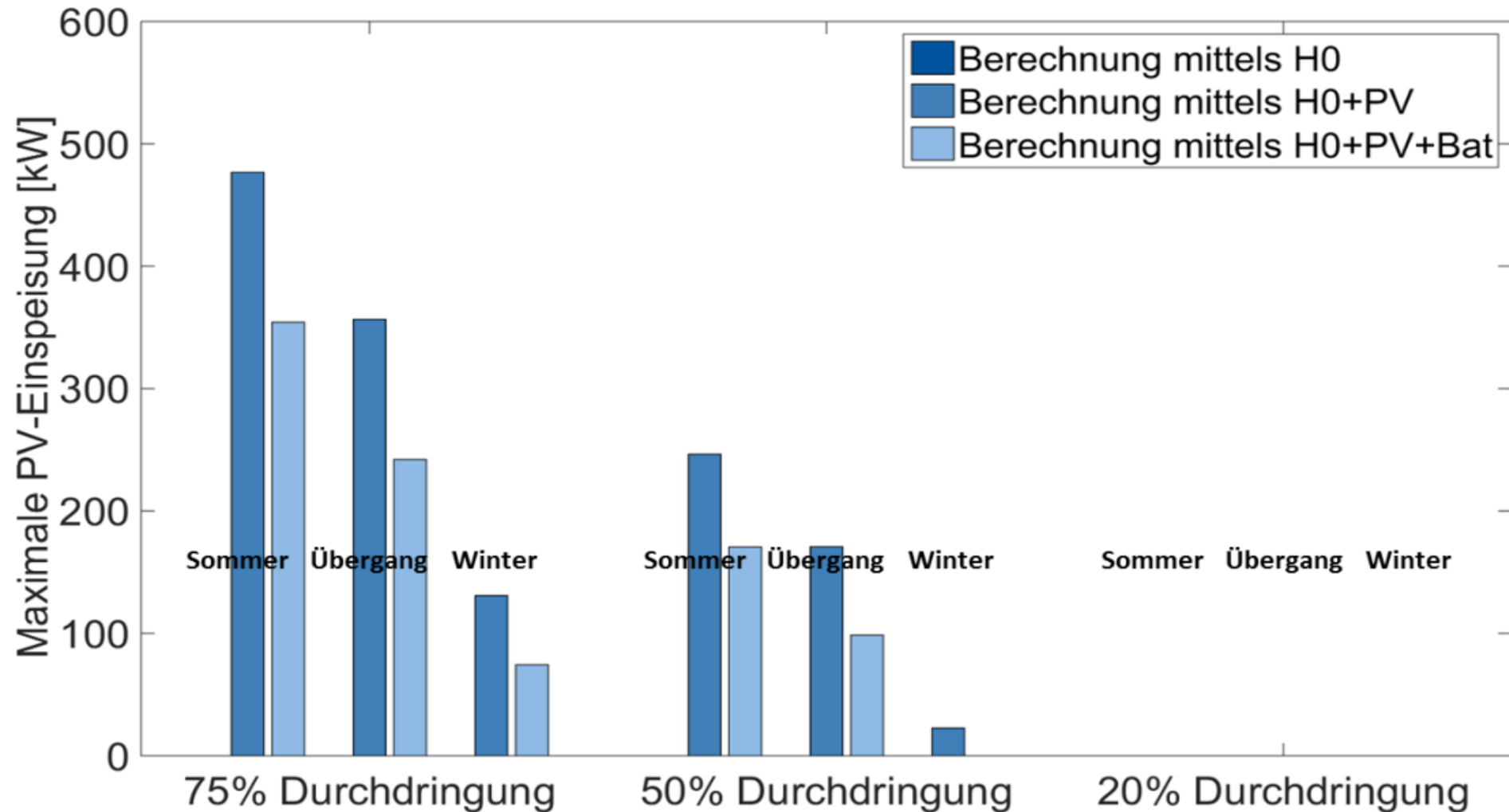
DC-System

1. Residualeistung (Netzbezug oder -einspeisung)
2. AC-Einspeisung
3. DC-PV-Einspeisung
4. DC-Leistung Batterie
5. Haushaltslast

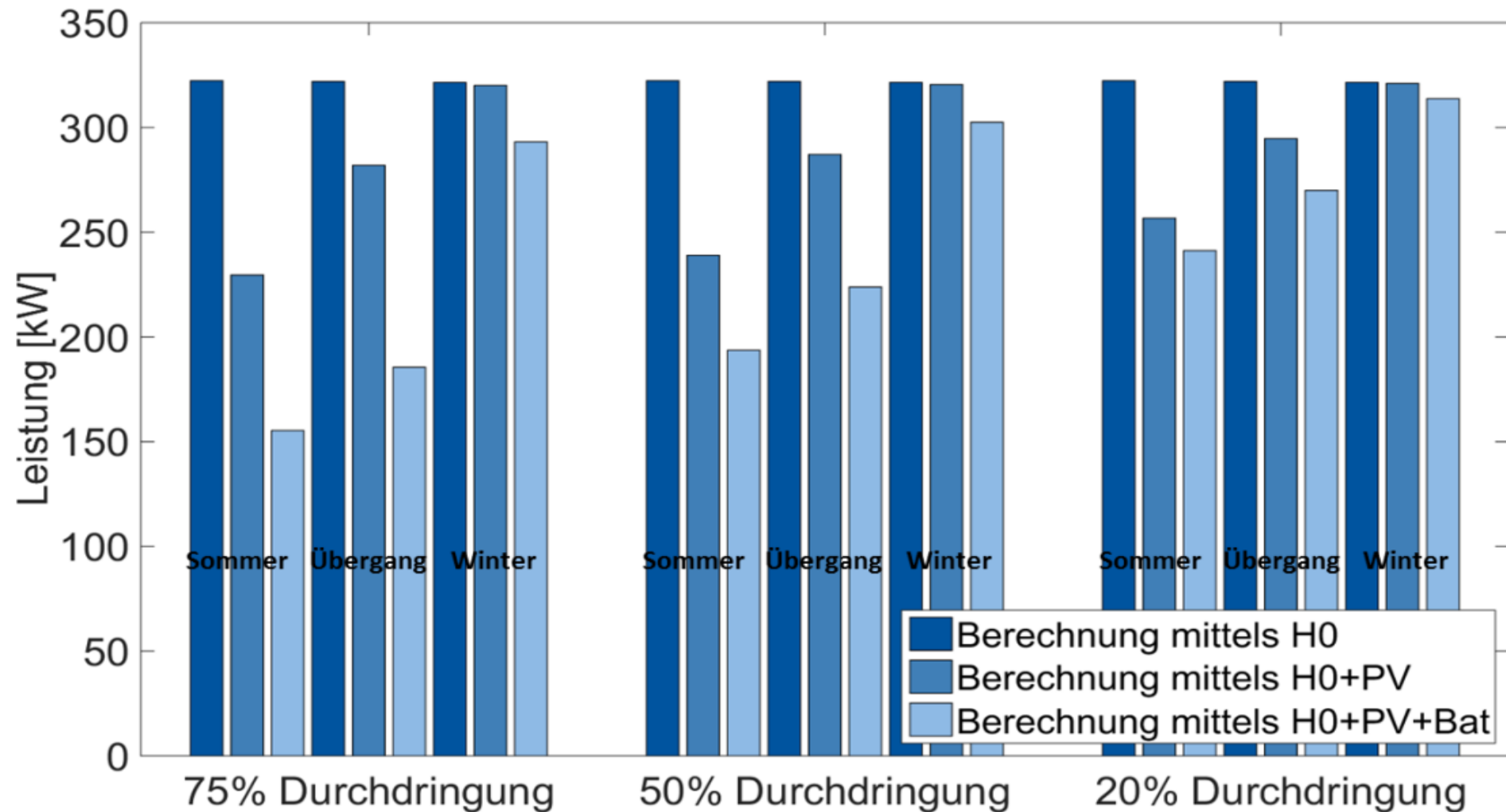
Excel-Tool zur Erstellung von Standardlastprofilen für Haushalte mit PV-Anlage und Heimspeicher



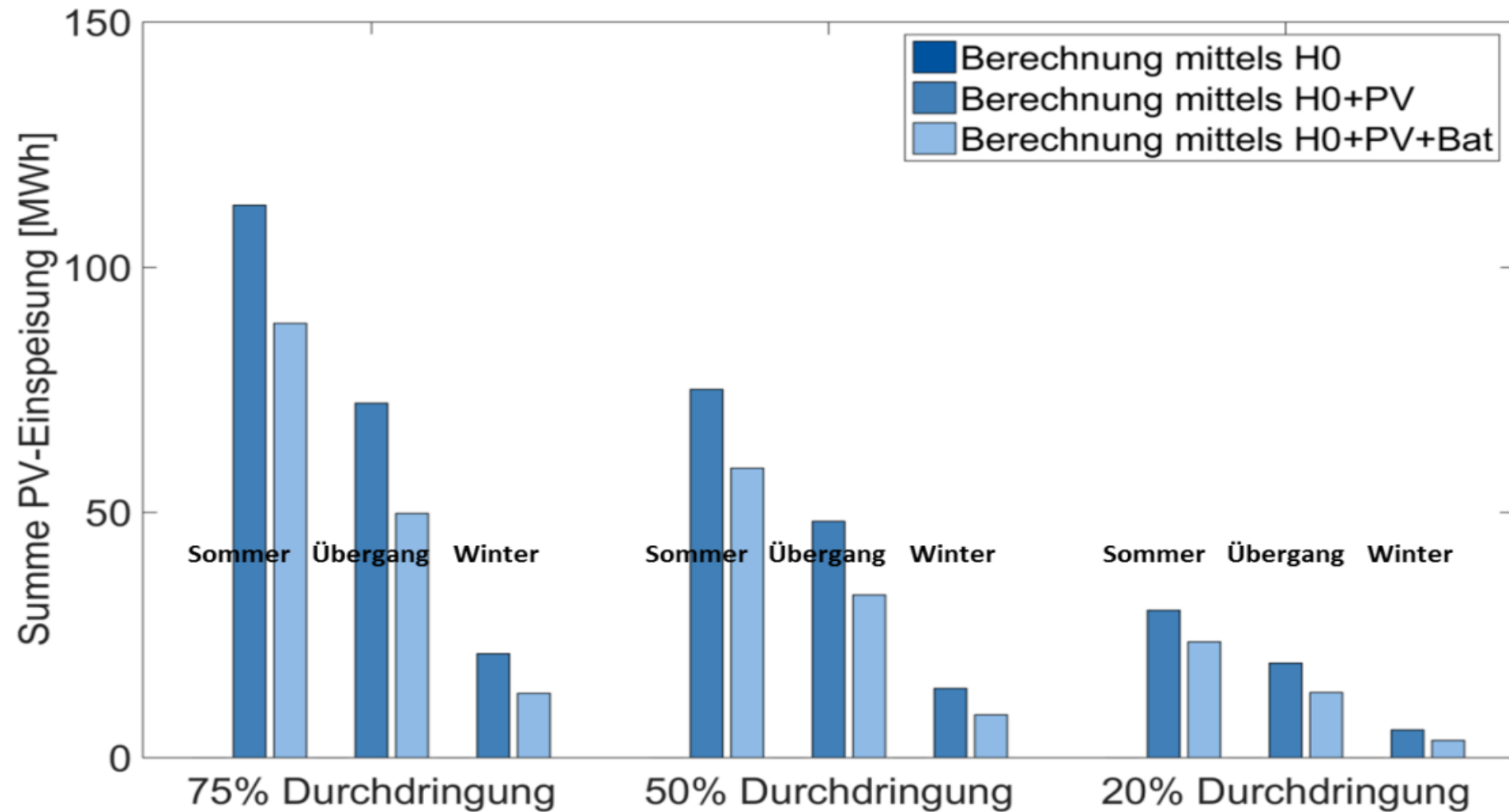
Maximale PV-Einspeisung in die MS-Ebene für unterschiedliche Durchdringungsraten von PV-Speichern



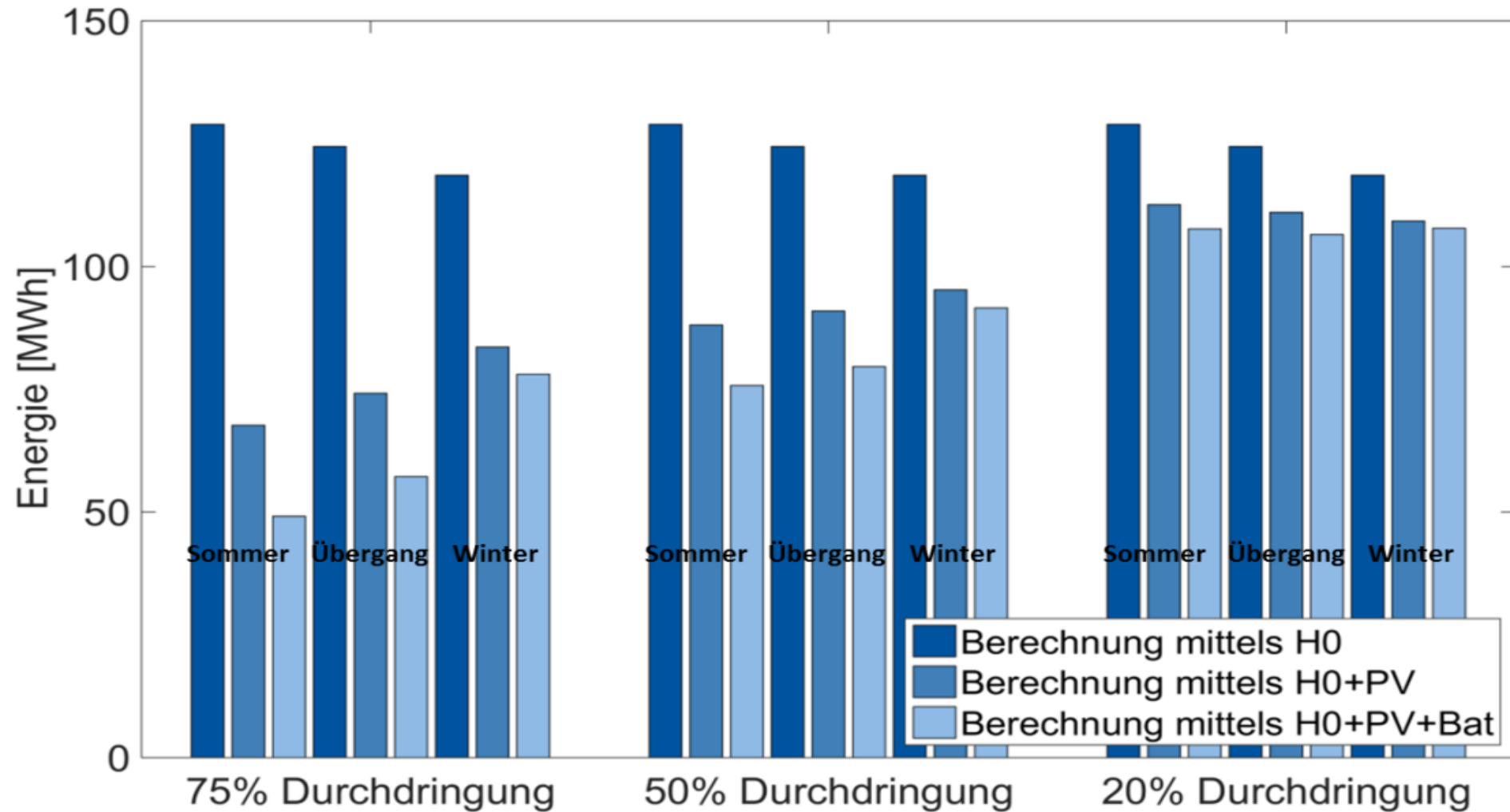
Maximaler Leistungsbezug aus der MS-Ebene für unterschiedliche Durchdringungsraten von PV-Speichern



Summe der monatlichen PV-Einspeisung des gesamten Netzgebiets für unterschiedliche Durchdringungsraten von PV-Speichern



Summe des monatlichen Strombezugs des gesamten Netzgebiets für unterschiedliche Durchdringungsraten von PV-Speichern





Batterialterung • Batteriemodelle • Batteriediagnostik • Batteriepackdesign • Elektromobilität • Stationäre Energiespeicher • Energiesystemanalyse

Einfluss auf Energieversorger

Vortrag zur Dissertation
an der Fakultät für Elektrotechnik, Informationstechnik und Technische Informatik der RWTH Aachen

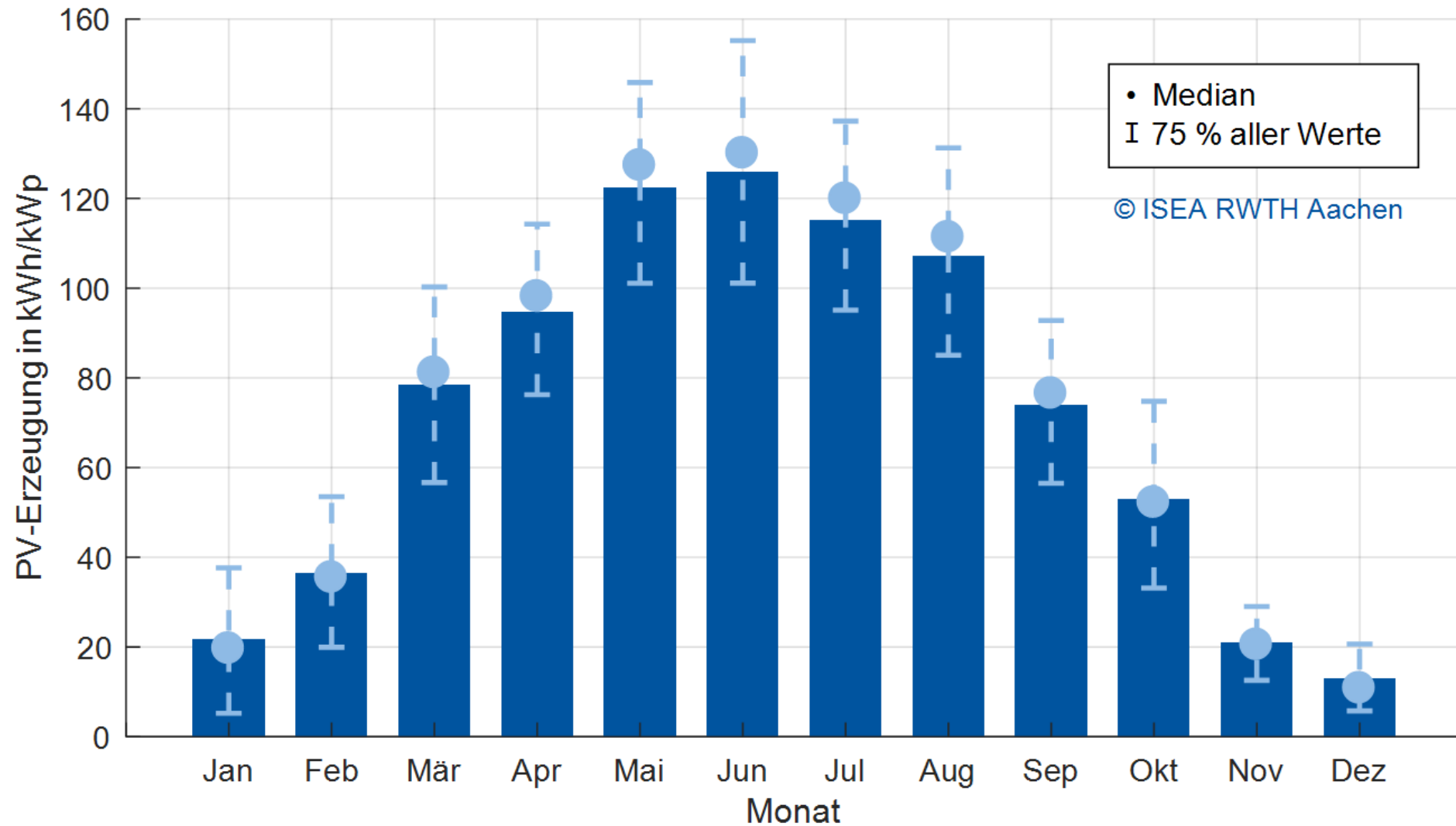
09.01.2019, Aachen
Kai-Philipp Kairies

Lehrstuhl für Elektrochemische Energiewandlung
und Speichersystemtechnik

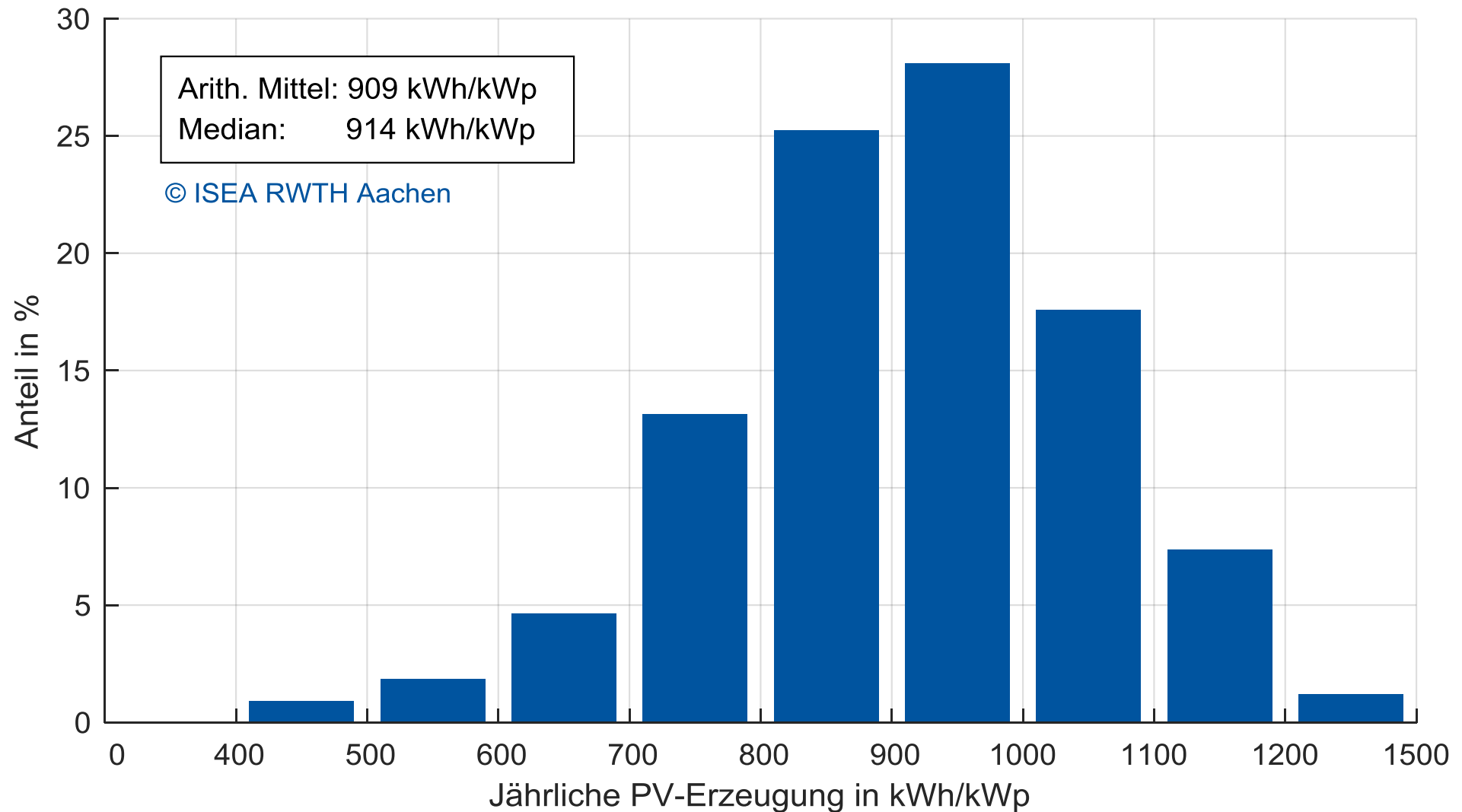
ISEA
Stromrichter-
technik und
Elektrische
Antriebe

RWTHAACHEN
UNIVERSITY

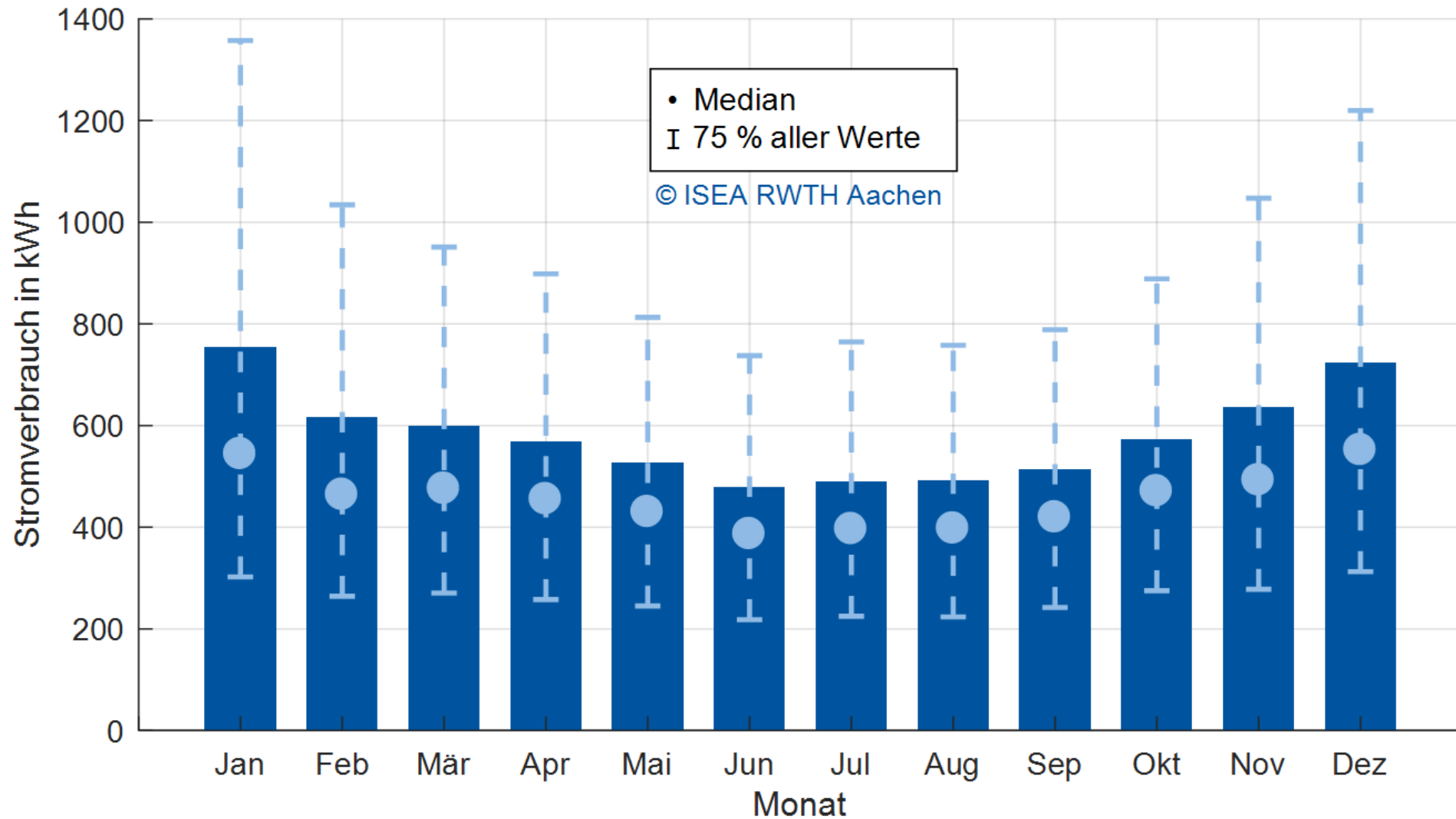
Durchschnittliche monatliche PV-Erzeugung im Jahr 2017



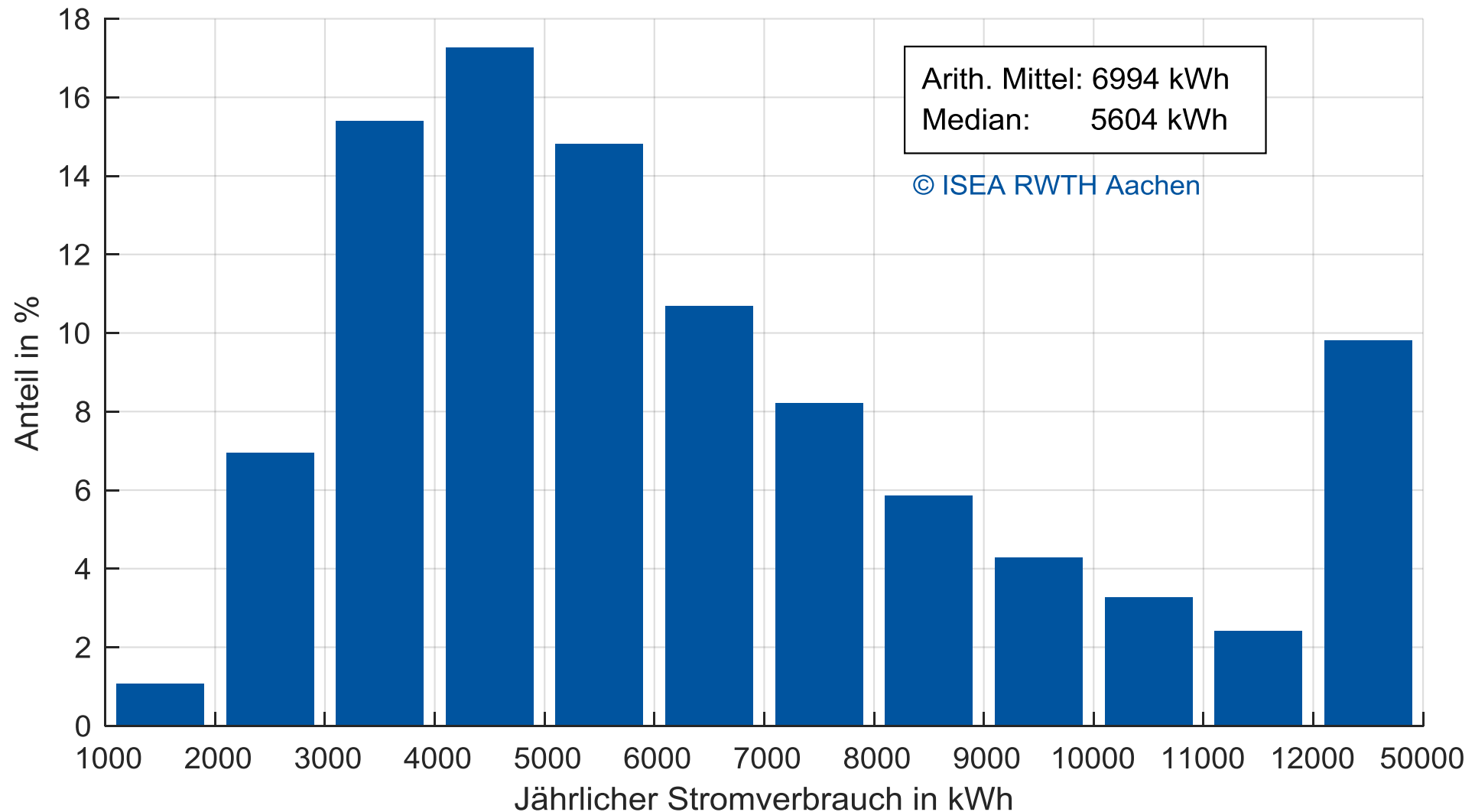
Verteilung der jährlichen PV-Erzeugung im Jahr 2017



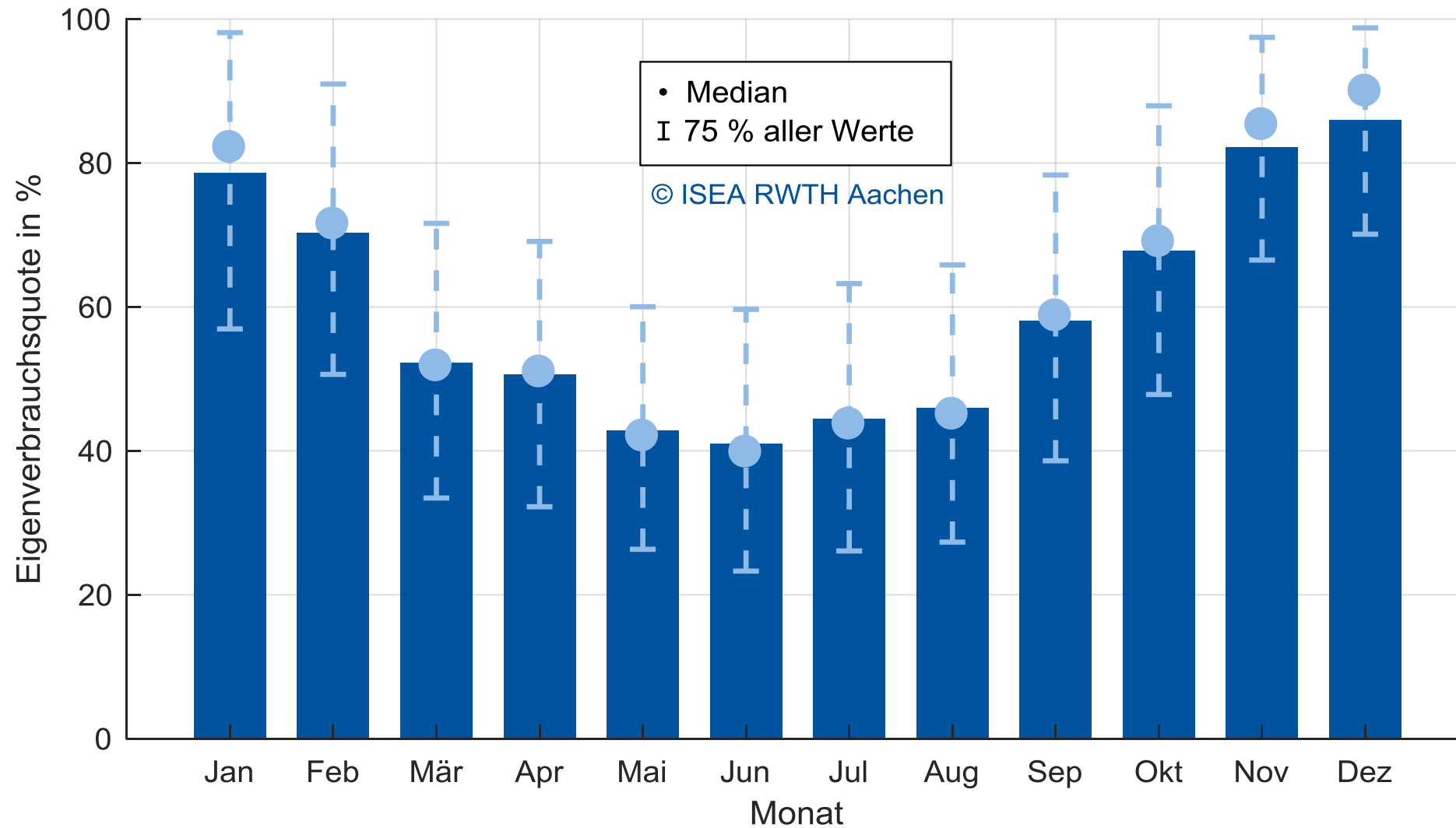
Durchschnittlicher monatlicher Hausverbrauch im Jahr 2017



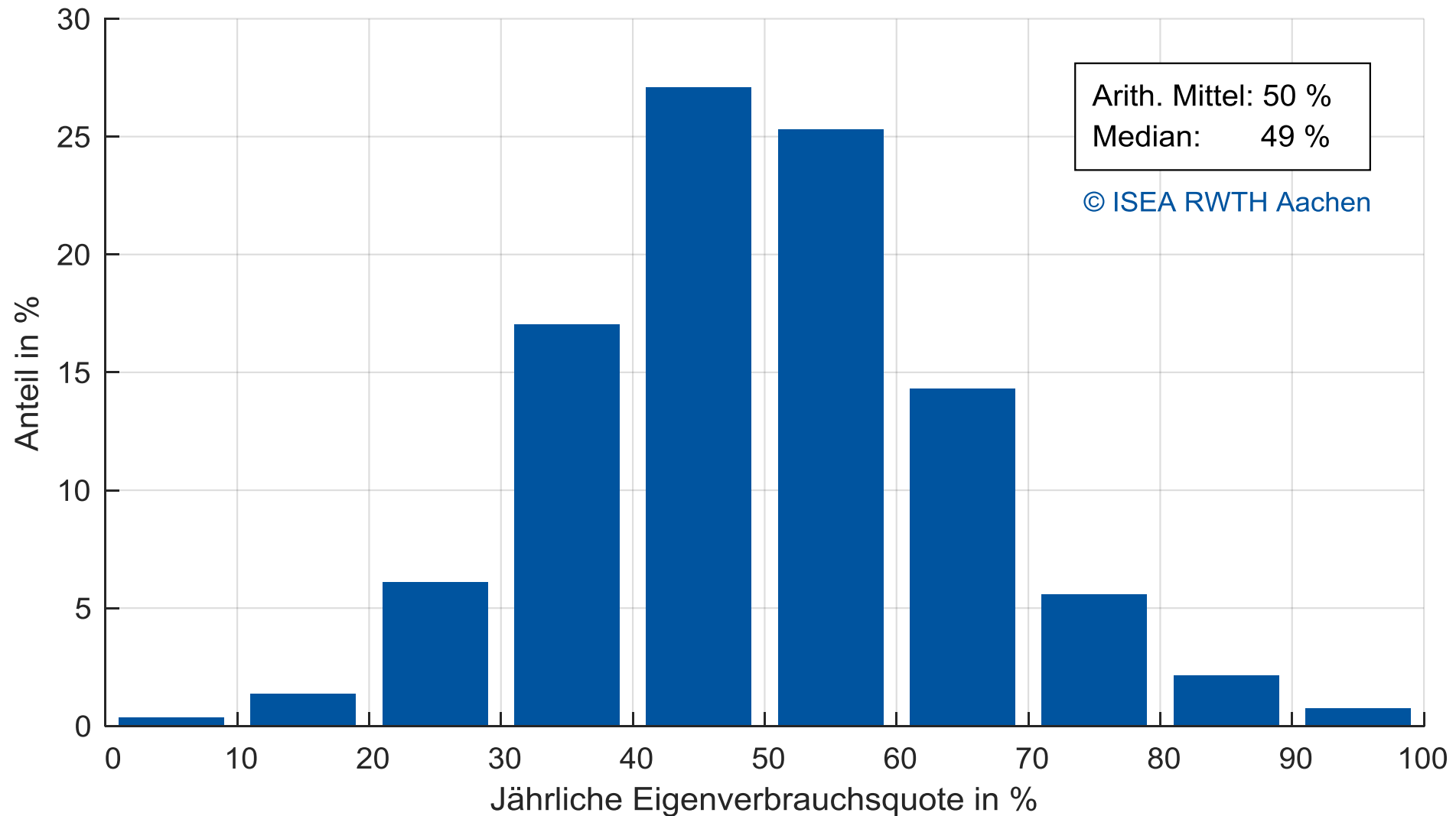
Verteilung der jährlichen Hausverbräuche im Jahr 2017



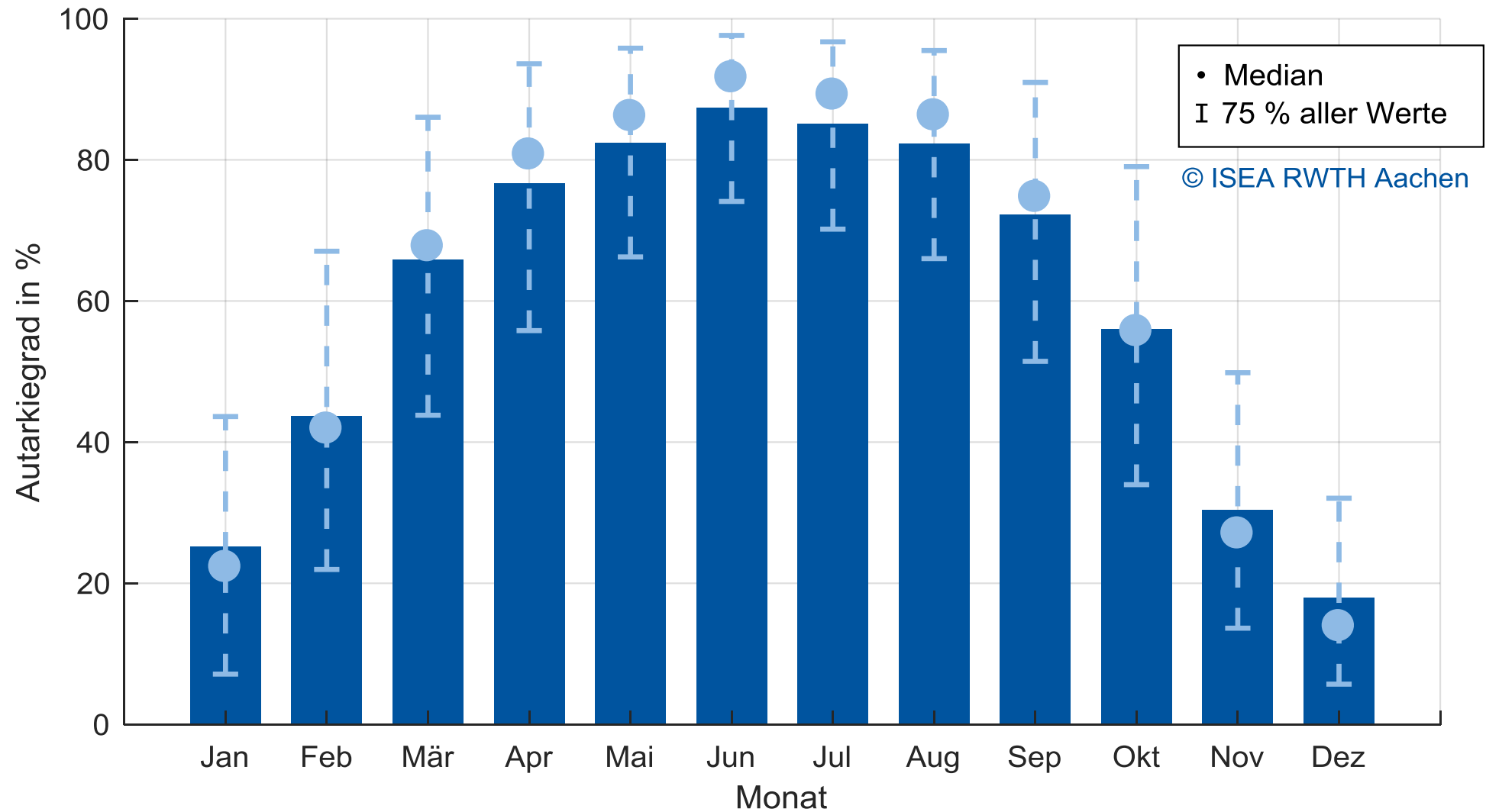
Durchschnittliche monatliche Eigenverbrauchsquoten im Jahr 2017



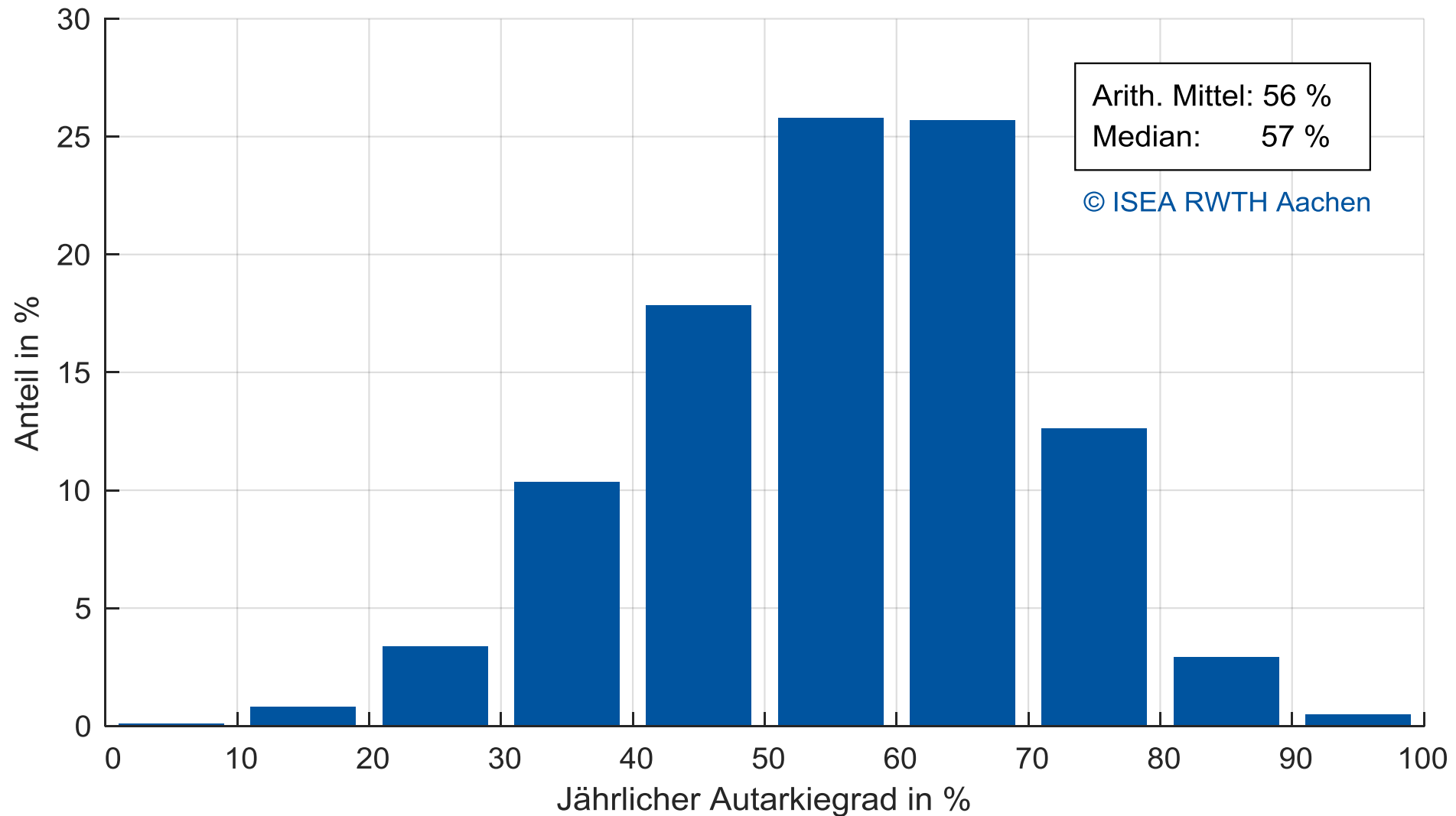
Verteilung der Eigenverbrauchsquoten im Jahr 2017



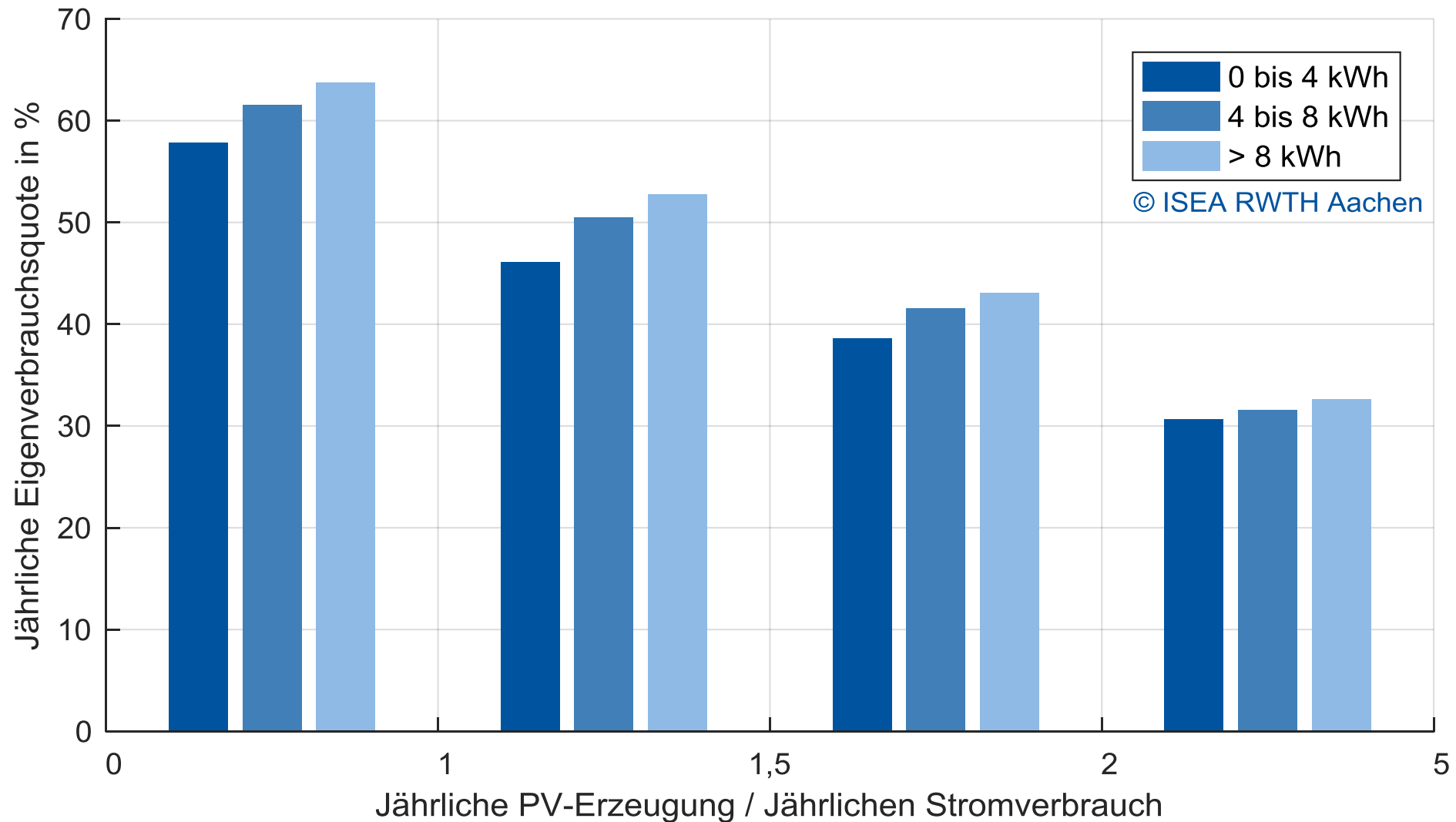
Durchschnittliche monatliche Autarkiegrade im Jahr 2017



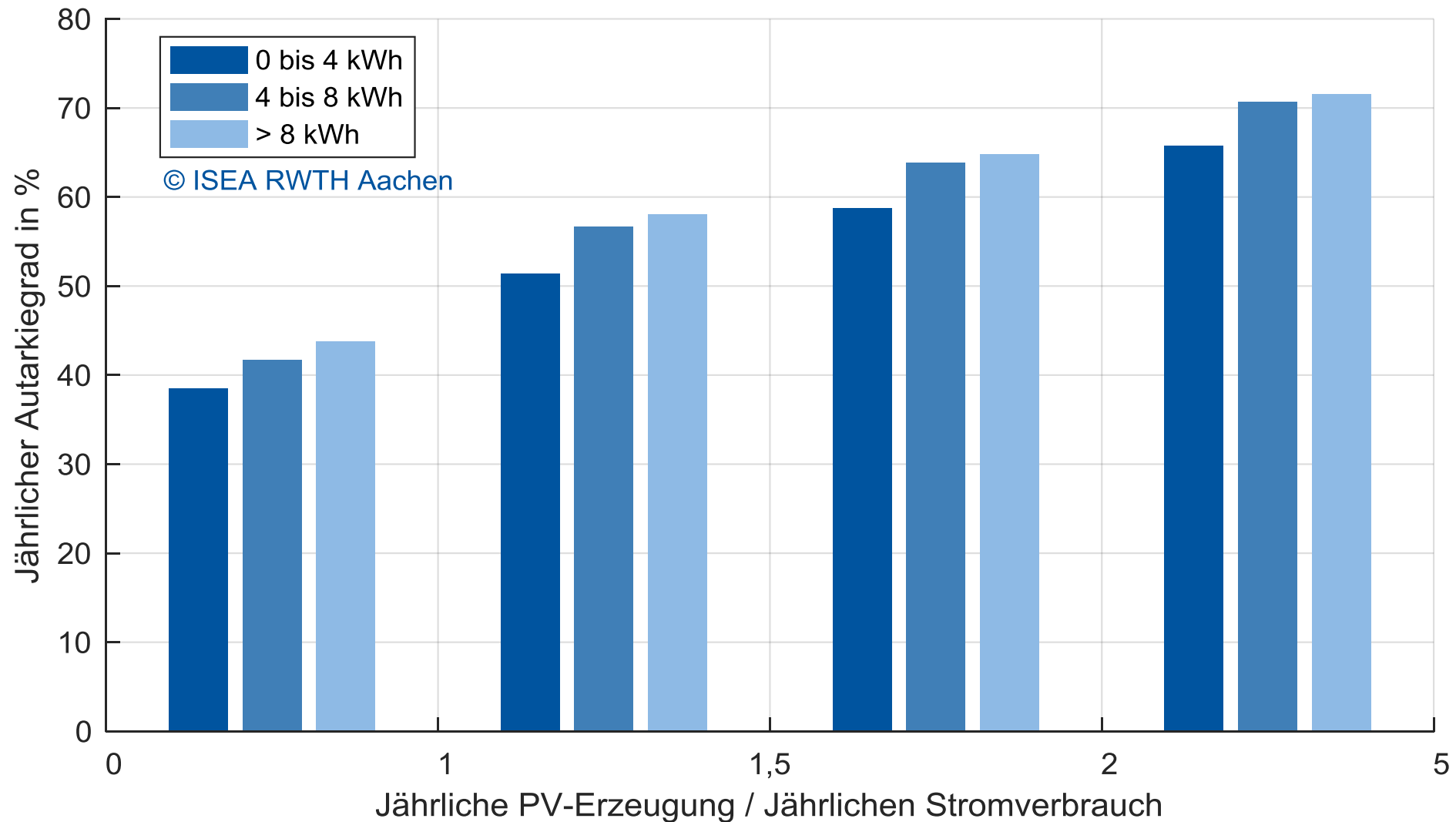
Verteilung der Autarkiegrade im Jahr 2017



Mittlere Eigenverbrauchsquoten in Abhängigkeit der relativen PV-Nennleistung



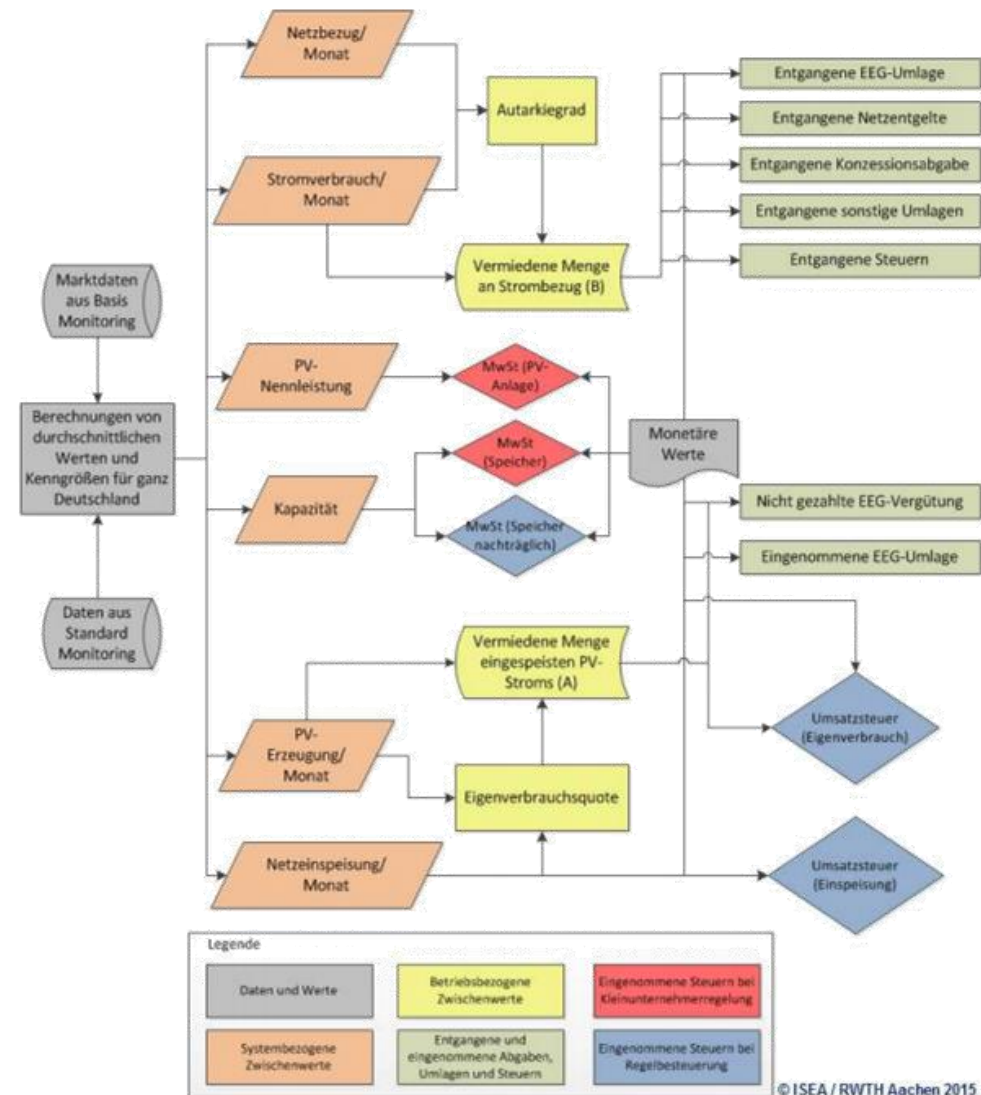
Mittlere Autargiegrade in Abhängigkeit der relativen PV-Nennleistung



Berechnung der volkswirtschaftlichen Effekte von solarem Eigenverbrauch

- Durch den Einsatz von Heimspeichern wird
 - Weniger Solarstrom in das öffentliche Netz eingespeist
 - Weniger Strom aus dem öffentlichen Netz bezogen

- Anhand der Daten des Basis- und Standard-Monitorings werden für jedes Jahr die Gesamtstrommengen berechnet und mit den jeweiligen Gewichtungsfaktoren bewertet
 - EEG-Einspeisevergütung
 - Umsatzsteuer auf Kauf der Speichersysteme
 - Netzentgelte
 - ...

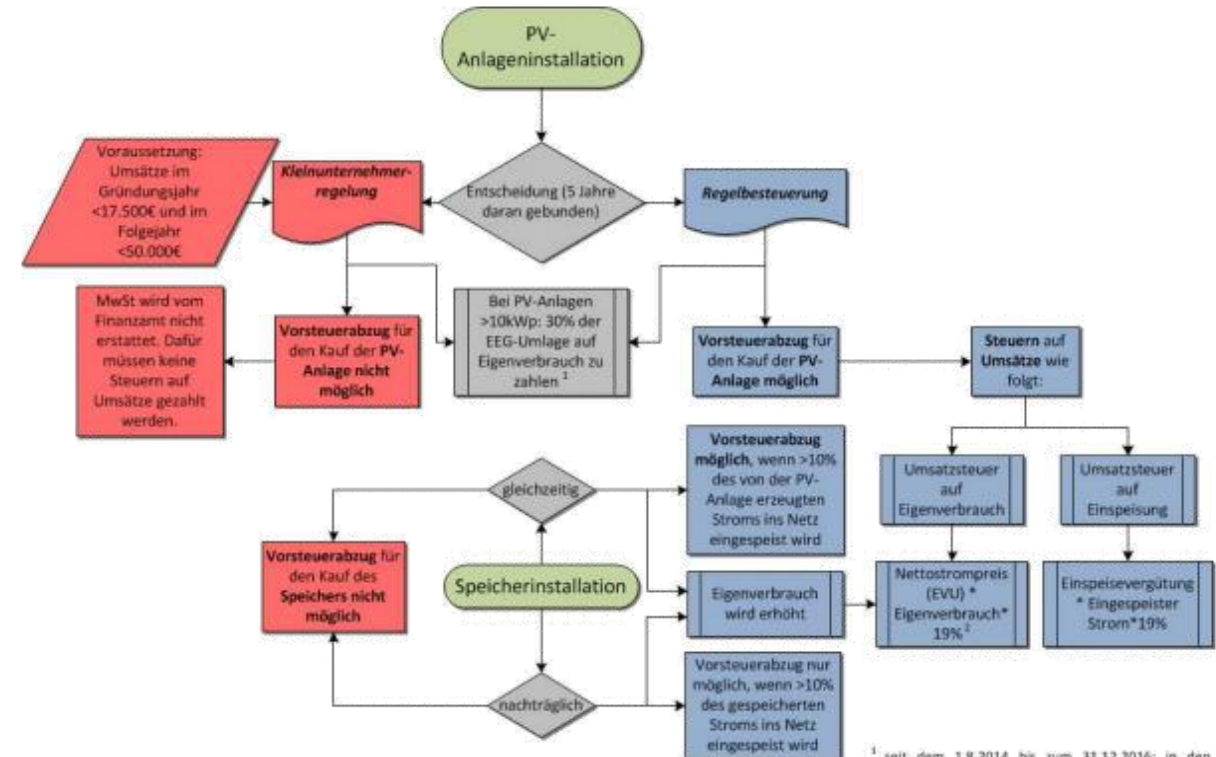


Berechnung der volkswirtschaftlichen Effekte von solarem Eigenverbrauch

- Durch den Einsatz von Heimspeichern wird
 - Weniger Solarstrom in das öffentliche Netz eingespeist
 - Weniger Strom aus dem öffentlichen Netz bezogen

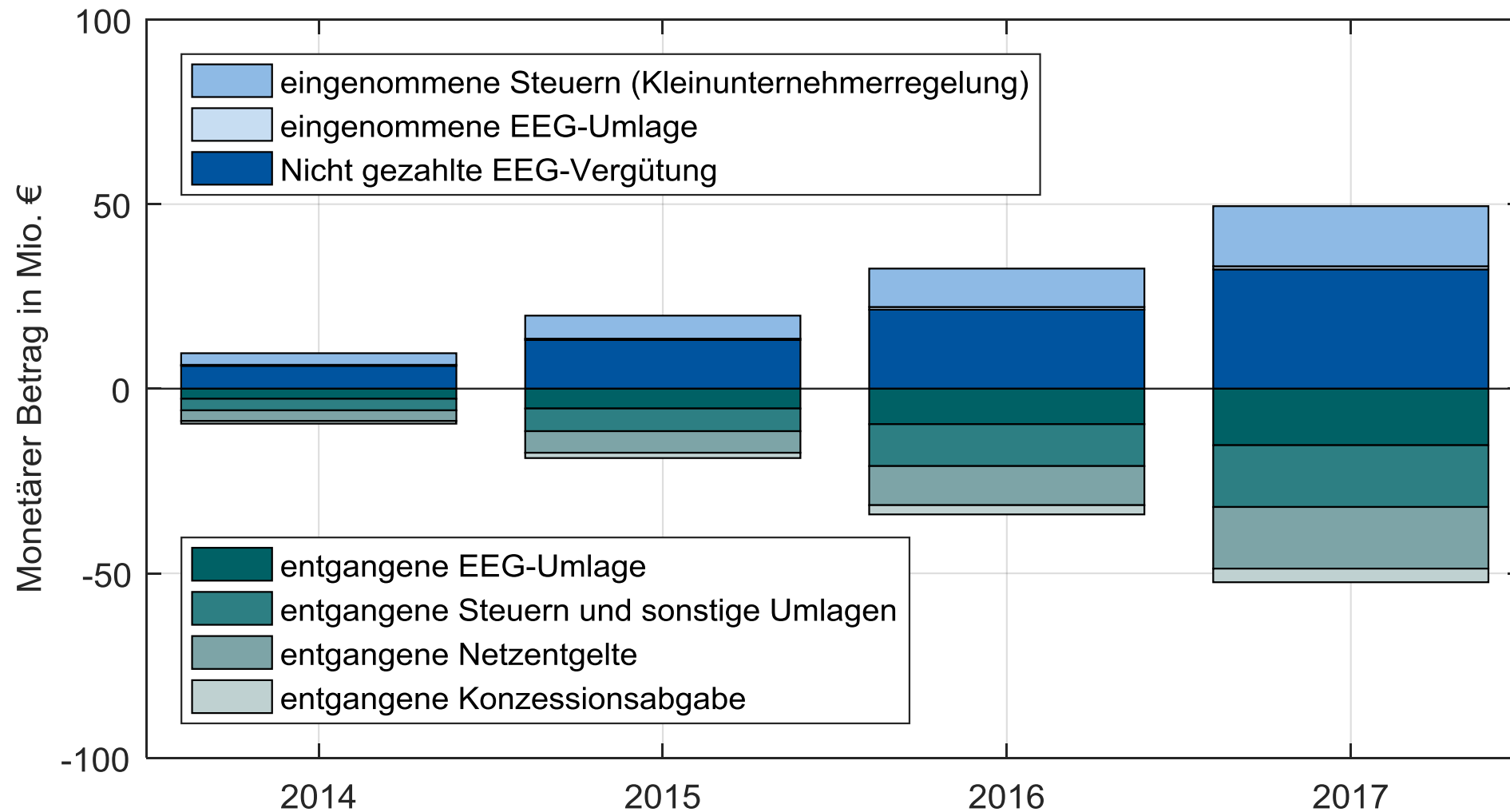
■ Betrachtung der unterschiedlichen Besteuerungsmodelle

- Kleinunternehmerregelung: Kein Vorsteuerabzug
- Regelbesteuerung: Vorsteuerabzug, Besteuerung des Eigenverbrauchs

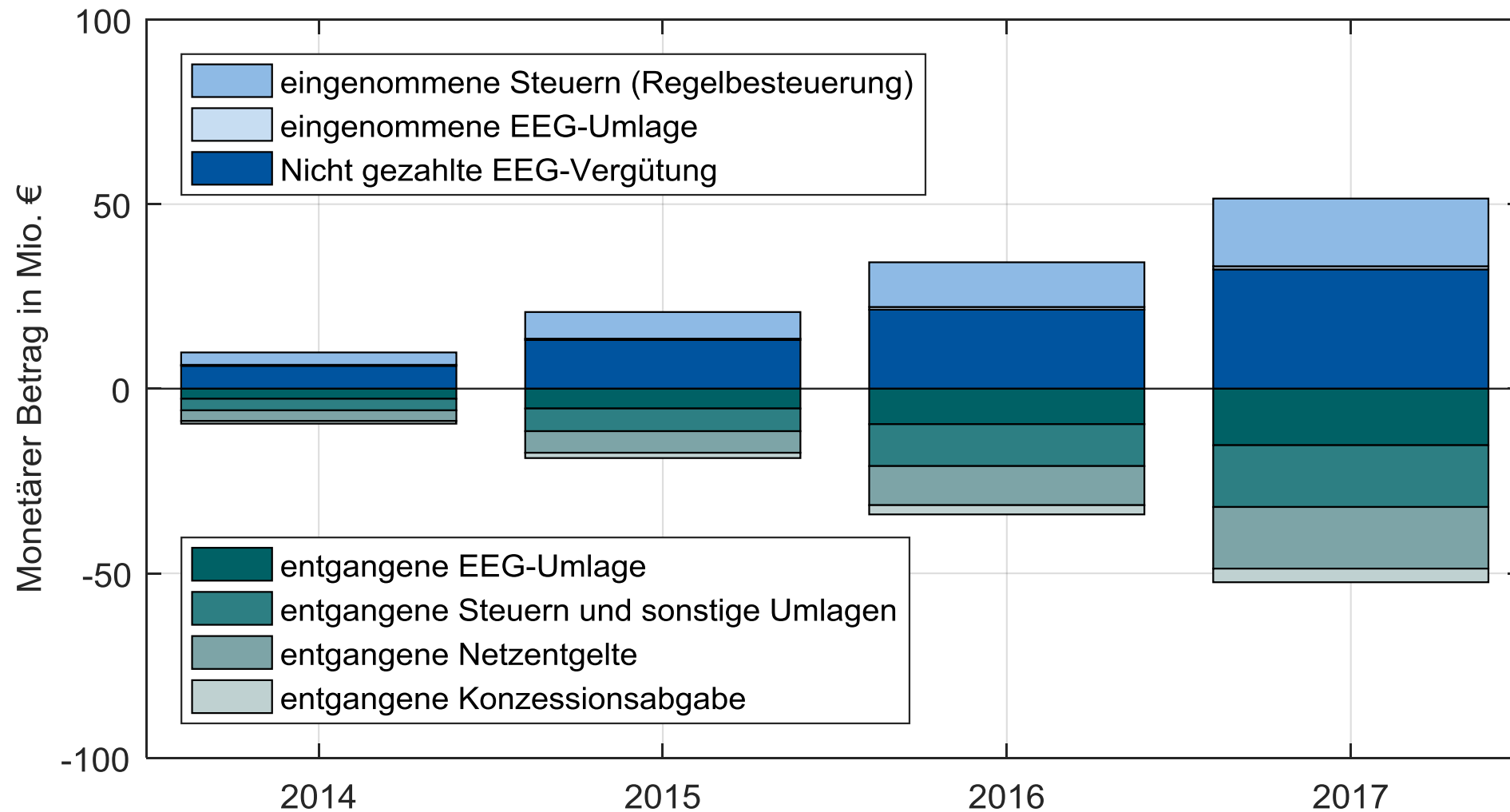


¹ seit dem 1.8.2014 bis zum 31.12.2016; in den Rechnungen für das ganze Jahr 2014 angenommen
² bis 31.12.2014 konnte die Umsatzsteuer auch noch auf Grundlage der Selbstkosten berechnet werden

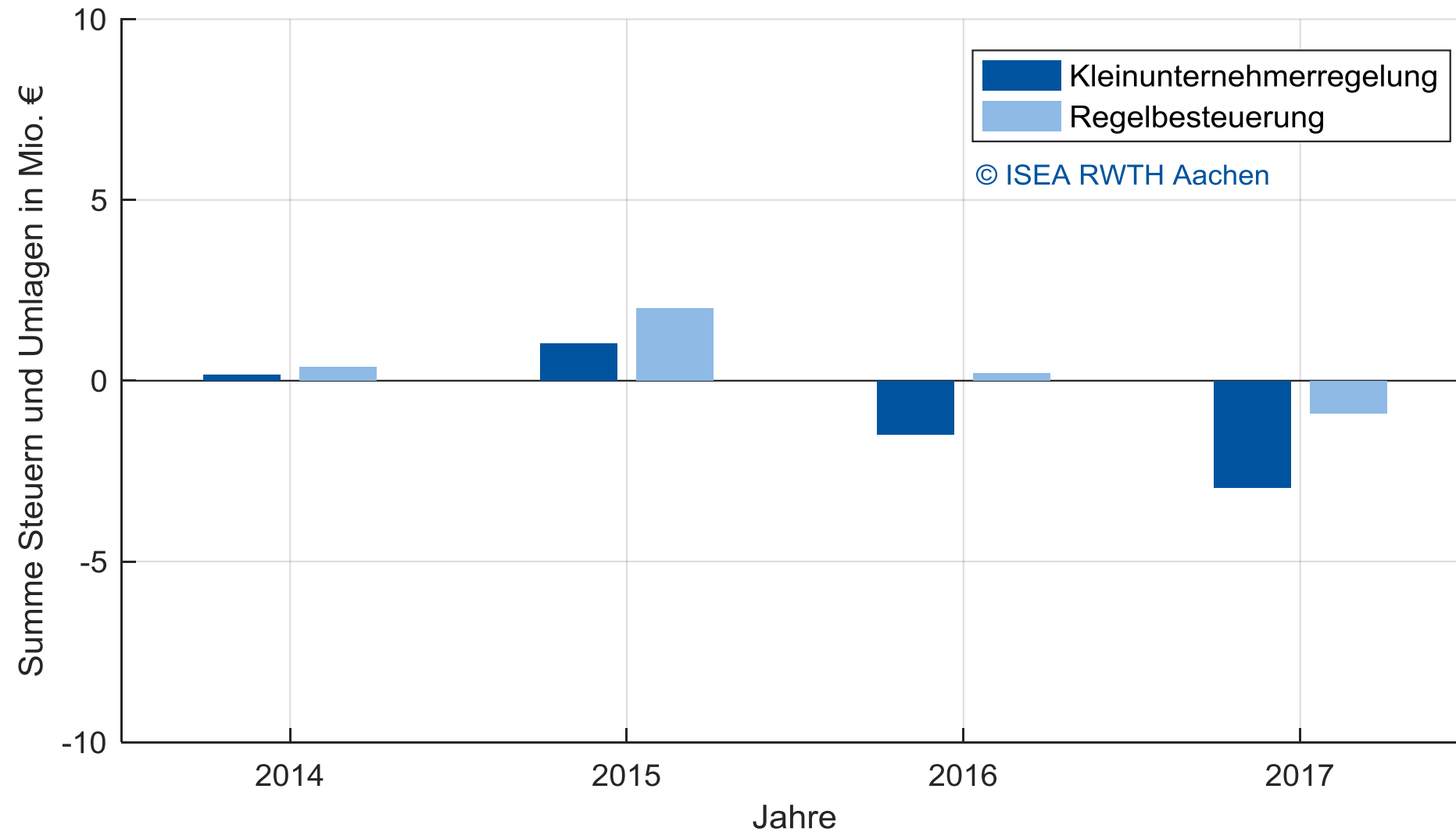
Berechnung der volkswirtschaftlichen Effekte von solarem Eigenverbrauch



Berechnung der volkswirtschaftlichen Effekte von solarem Eigenverbrauch



Berechnung der volkswirtschaftlichen Effekte von solarem Eigenverbrauch





Wirtschaftlichkeitsberechnung von Heimspeichern

Vortrag zur Dissertation
an der Fakultät für Elektrotechnik, Informationstechnik und Technische Informatik der RWTH Aachen

09.01.2019, Aachen
Kai-Philipp Kairies

Wirtschaftlichkeit von Heimspeichern (Status Quo)

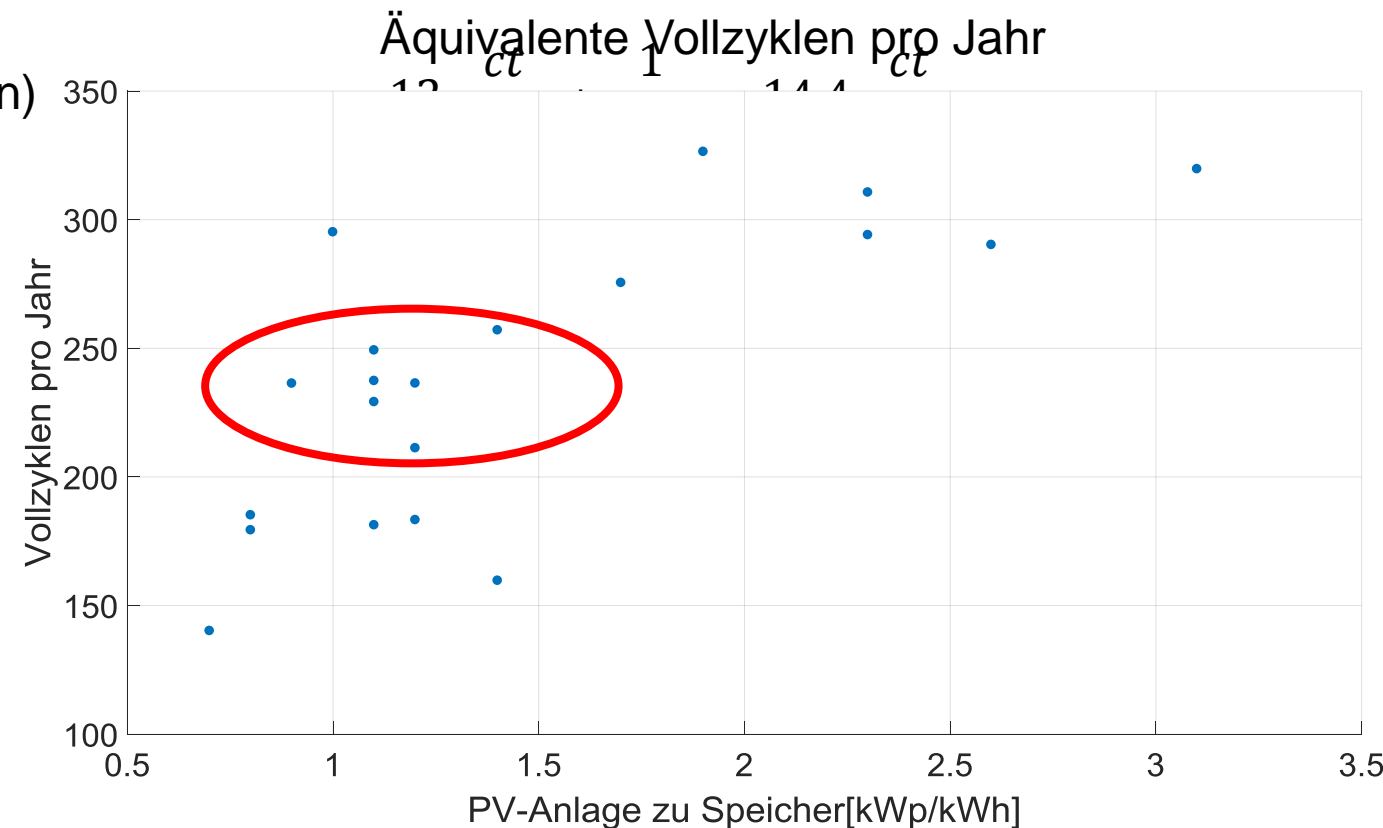
■ Annahmen (Best Case)

- 800 € / kWh nutzbare Kapazität
- 10 Jahre Garantie
- 75...85 % Roundtrip-Wirkungsgrad
- 12 ct/kWh EEG-Vergütung (Opportunitätskosten)
- Max. 30 ct/kWh Strompreis
- 200...250 Zyklen pro Jahr



■ Kosten für eine kWh gespeicherter Energie

- Opportunitätskosten und Verluste



Wirtschaftlichkeit von Heimspeichern (in 2 Jahren)

■ Annahmen (Best Case)

- **550 € / kWh** nutzbare Kapazität
- **15 Jahre** Garantie
- 75...85% Roundtrip-Wirkungsgrad
- **11 ct/kWh PV** EEG-Vergütung (Opportunitätskosten)
- Max. 30 ct/kWh Strompreis
- 200...250 Zyklen pro Jahr



■ Kosten für eine kWh gespeicherter Energie

- Opportunitätskosten und Verluste

$$11 \frac{\text{ct}}{\text{kWh}} * \frac{1}{85\%} = 12,9 \frac{\text{ct}}{\text{kWh}}$$

- Speicherkosten

$$\frac{550 \text{ €/kWh}}{3750 \text{ full cycles}} = 14,7 \frac{\text{ct}}{\text{kWh}}$$

■ Gesamtkosten > **27,6 ct/kWh**

Wirtschaftlichkeit von Heimspeichern (in 5 Jahren?)

■ Annahmen (Best Case)

- **400 € / kWh** nutzbare Kapazität
- **15 Jahre** Garantie
- **75...85%** Roundtrip-Wirkungsgrad
- **3 ct/kWh** EEG-Vergütung (Opportunitätskosten)
- **Max. 30 ct/kWh** Strompreis
- **200...250** Zyklen pro Jahr



■ Kosten für eine kWh gespeicherter Energie

- Opportunitätskosten und Verluste

$$3 \frac{\text{ct}}{\text{kWh}} * \frac{1}{85\%} = 3,53 \frac{\text{ct}}{\text{kWh}}$$

- Speicherkosten

$$\frac{400 \text{ €/kWh}}{3750 \text{ full cycles}} = 10,7 \frac{\text{ct}}{\text{kWh}}$$

■ Gesamtkosten > **14,2 ct/kWh**



Pooling von Heimspeichern

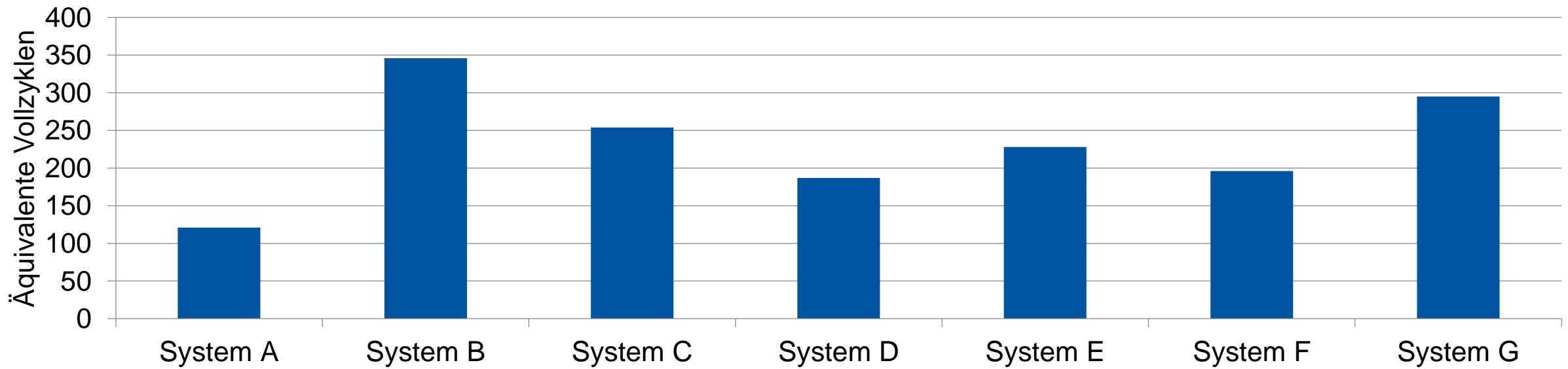
Vortrag zur Dissertation
an der Fakultät für Elektrotechnik, Informationstechnik und Technische Informatik der RWTH Aachen

09.01.2019, Aachen
Kai-Philipp Kairies

Pooling von Heimspeichern: Hintergrund

- Moderne Li-Ionen Batterien können über 5.000 Zyklen überstehen
 - In Hausspeichern nur 220-250 Zyklen pro Jahr
 - Selbst nach 15 Jahren max. 75% der Zyklen ausgenutzt
- Zweitnutzen kann zusätzliche Gewinne erwirtschaften

Nutzungsgrad von Batteriespeichern im Eigenverbrauch



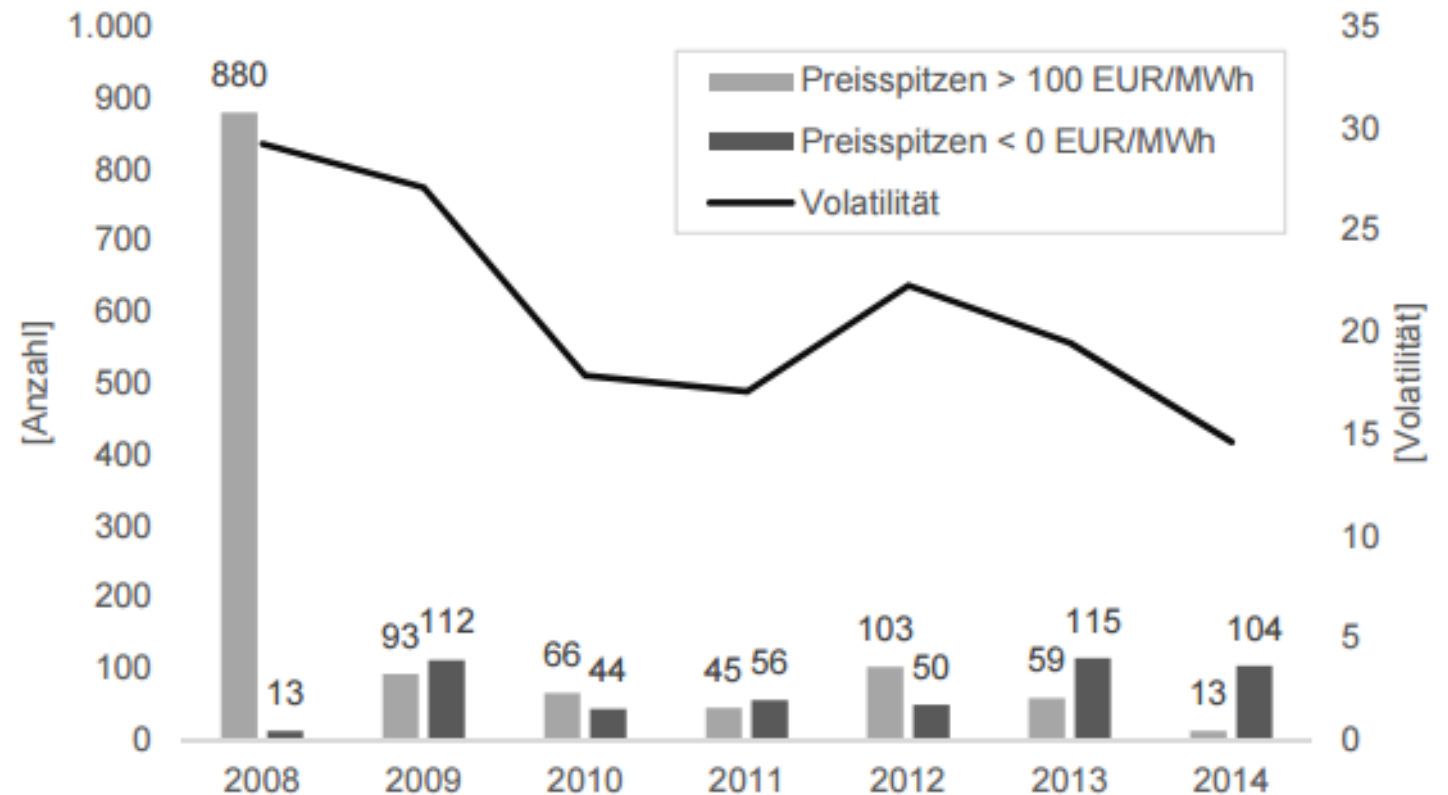
Pooling von Heimspeichern: Arbitragehandel an der Strombörse

Konzept

- Kauf von günstigem Börsenstrom/
Verkauf zu Preisspitzen

Derzeitige Situation

- Deutscher Strommarkt mit hoher Liquidität und niedriger Volatilität
 - Überkapazitäten / Marktkopplung
 - Flexiblere Fahrweise von Kohle-KW
- Speicherwirkungsgrad im Bereich von 75...85%

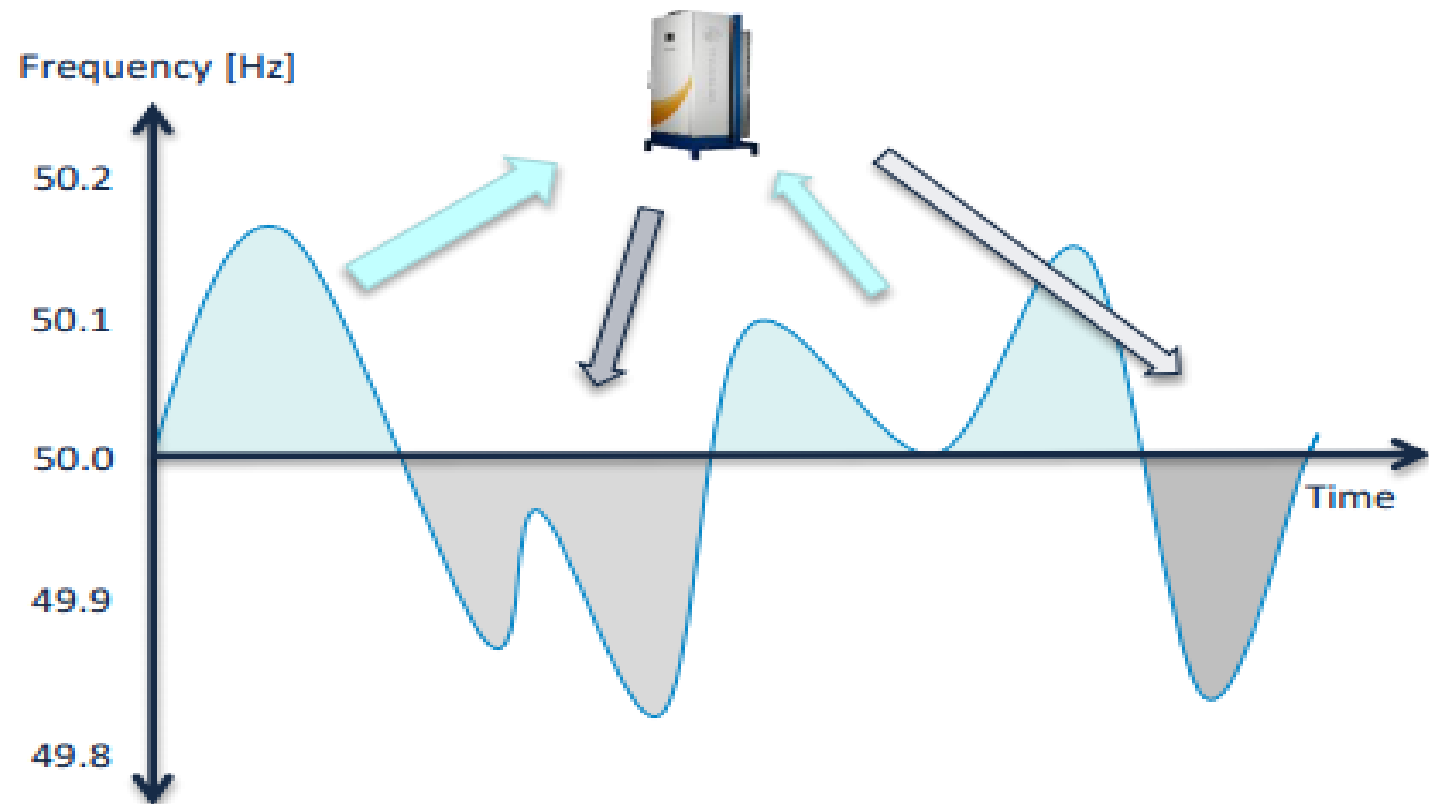


Derzeit kein Business Case

Pooling von Heimspeichern: Bereitstellung von Regelleistung

Regelleistung stellt das Gleichgewicht von Erzeugung und Nachfrage sicher

- Primärregelleistung
 - Vollständige Aktivierung innerhalb von 30s
- Sekundärregelleistung
 - Vollständige Aktivierung innerhalb von 30s
- Minutenreserve
 - Vollständige Aktivierung innerhalb von 30s

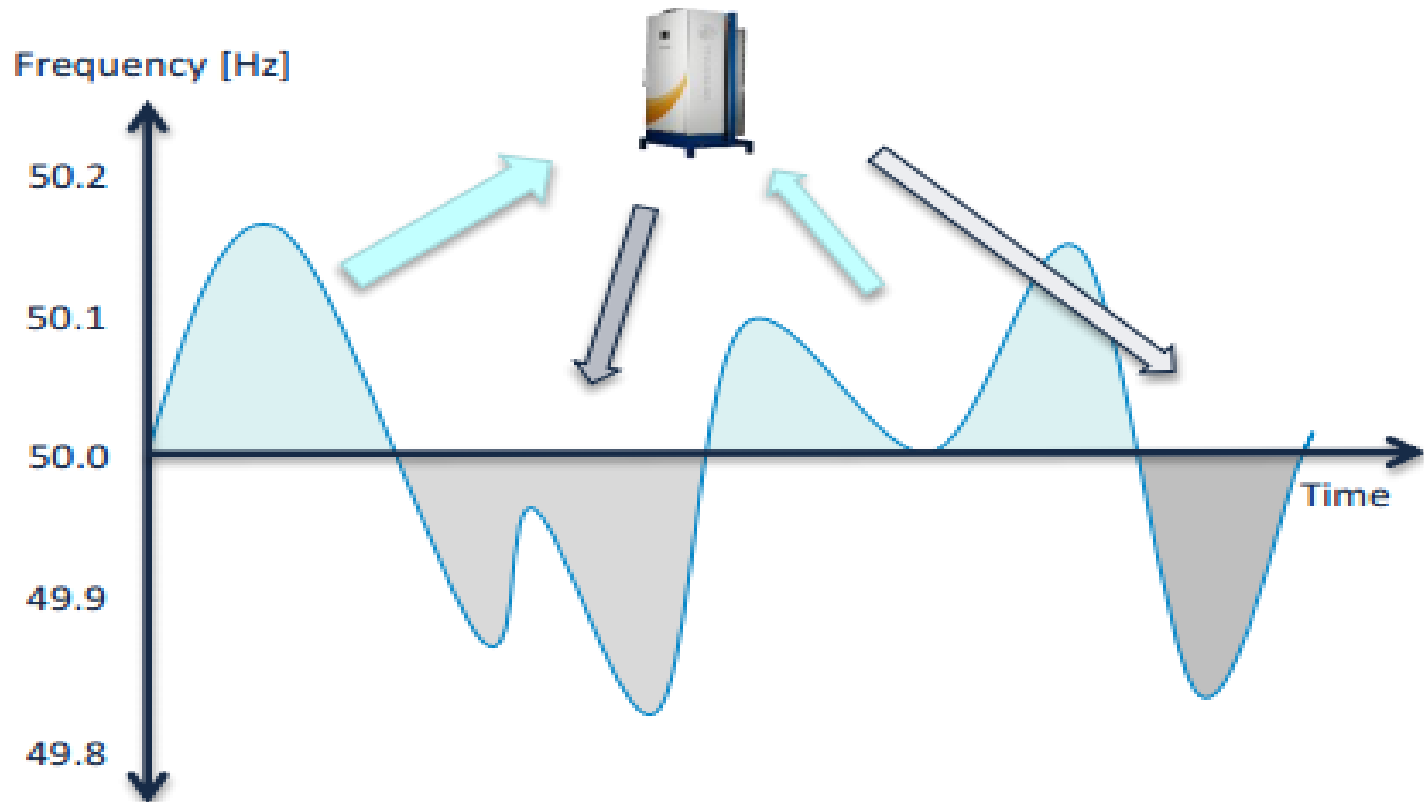


Pooling von Heimspeichern: Bereitstellung von Primärregelleistung

Primärregelleistung soll den Ausfall von Erzeugungsleistung kompensieren

- Europa ~3.000 MW
- DE/AT/CH ~ 800 MW

- Derzeit bereits rund 250 MW Batteriespeicher für PRL in Deutschland in Betrieb / Bau
 - 90 MW Steag (NRW)
 - 5 MW Wemag (Schwerin)
 - 12 MW Daimler (Lünen)
 - 4 MW RWTH Aachen
 - 10 MW Energiequelle (Feldheim)
 - ...



Sonnen erhält von Tennet Präqualifikation für Primärregelleistung aus vernetzten Photovoltaik-Heim speichern

Nach monatelanger Vorarbeit ist es soweit: Mit seinen vernetzten Photovoltaik-Heim speichern darf das Unternehmen nun am Primärregelenergiemarkt teilnehmen. Sie werden zu einer virtuellen Batterie mit einer Leistung von einem Megawatt zusammengefasst.

5. DEZEMBER 2018 SANDRA ENKHARDT

HIGHLIGHTS DER WOCHE [SPEICHER](#) [TECHNOLOGIE](#) [DEUTSCHLAND](#)



Die Heimspeicher von Sonnen sind nun von Tennet für die Erbringung von Primärregelleistung präqualifiziert.

Foto: Sonnen

Newsletter

pv magazine Deutschland bietet einen täglichen Newsletter mit den neuesten Nachrichten aus der Photovoltaik-Branche an. Daneben verfügt pv magazine auch über eine umfassende weltweite Berichterstattung. Wählen Sie eine oder mehrere Newsletter aus, die Sie interessieren, und bleiben Sie immer auf dem Laufenden.

Email *

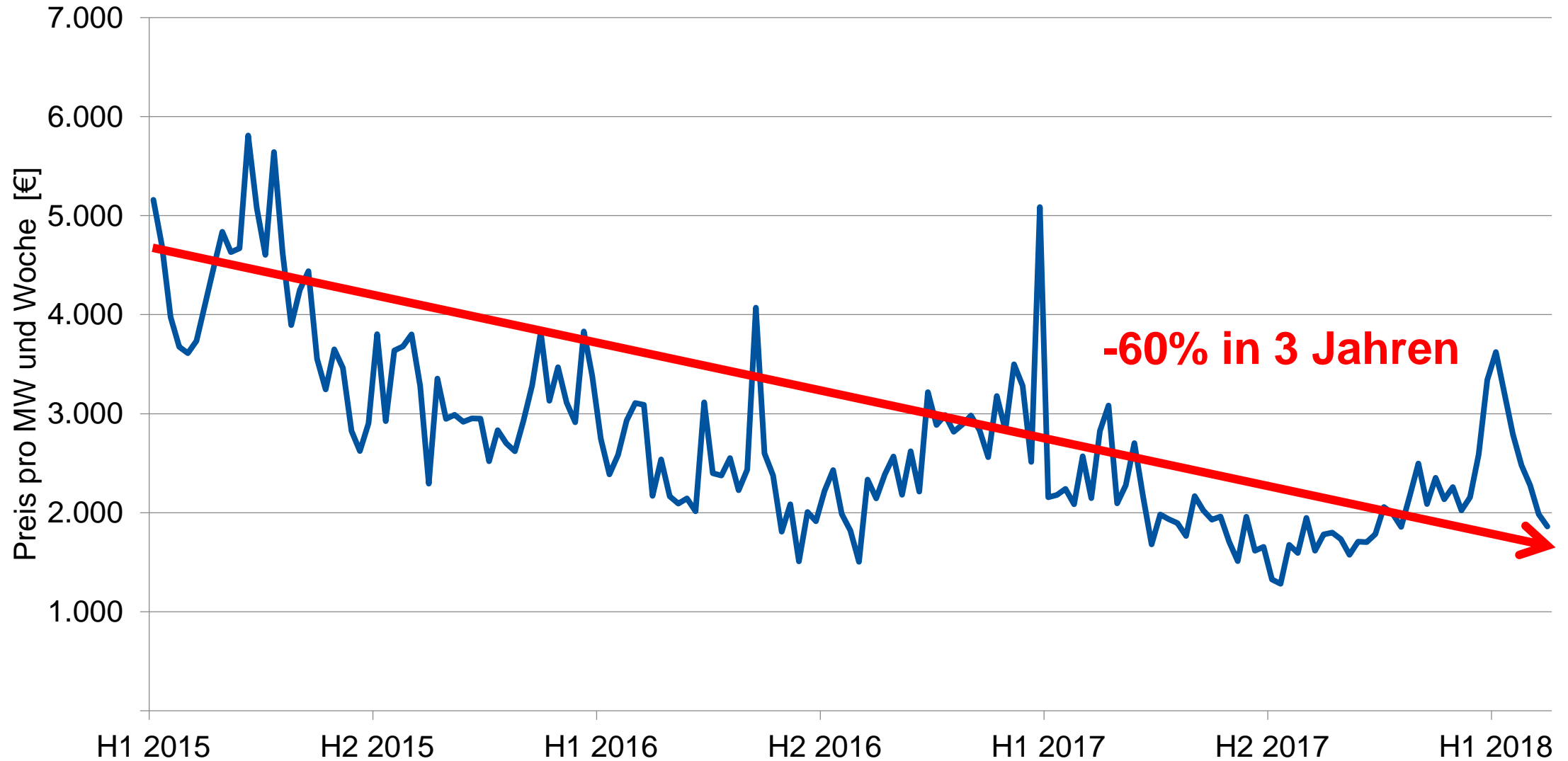
Wählen Sie weitere Newsletter aus *

Drücken Sie Ctrl oder Cmd für eine Mehrfachauswahl.

- Deutschland (deutsch, täglich)
- Global (englisch, täglich)
- U.S. (englisch, täglich)
- Australien (englisch, zwei Mal pro W
- China (chinesisch, wöchentlich)

Wir versenden die Newsletter je nach Ausgabe in unterschiedlichen Abständen. Zusätzlich erhalten Sie noch Benachrichtigungen über Veranstaltungen und Webinare. Wir messen, wie oft unsere E-Mails geöffnet werden und welche Links unsere Leser anklicken. Um einen sicheren und nachhaltigen Service anbieten zu können, versenden wir unsere E-Mails per MailChimp, was bedeutet, dass wir die E-Mailadressen und Analysedaten auf deren Servern speichern. Sie können sich jederzeit aus unseren Newslettern austragen, indem sie auf den Abmelde-link am Ende jeder Mail klicken. Mehr Informationen finden Sie auch in unserer [Datenschutzerklärung](#).

Preisentwicklung auf Primärregelleistungsmarkt



Der Sekundärregelleistungsmarkt

- Neues Ausschreibungsverfahren seit 12.07.2018
- 6 Zeitscheiben á 4 Stunden
 - Angebote mittels prognostizierbarer erneuerbarer Energiequellen
 - Speicher können Prognosefehler ausgleichen
- Negative Regelleistung besonders interessant für Speicher
 - Speichern von Strom zur späteren Nutzung
 - Umwandlung in Wärme
 - Lokale Wärmespeicher
 - Nah/Fernwärmenetze

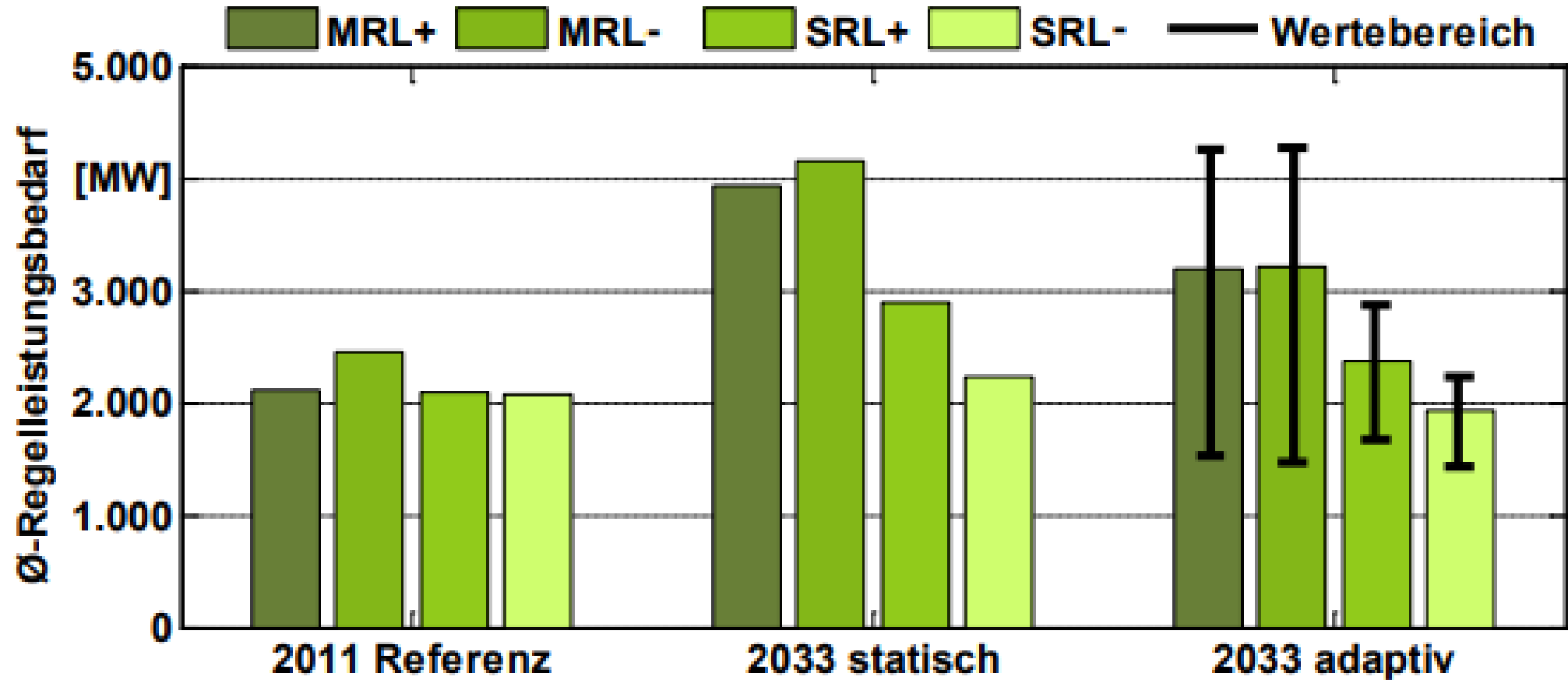
Updated tendering conditions

SCR_POS	SCR_NEG
0:00–4:00	4:00–8:00
8:00–12:00	12:00–16:00
16:00–20:00	20:00–24:00

Höhere Marktliquidität
Durchschnittliche Preise werden sinken
Preisvolatilität wird steigen

Der Sekundärregelleistungsmarkt

- Steigende Anteile erneuerbare Energien führen nicht zwangsläufig zu hohem Regelenergiebedarf





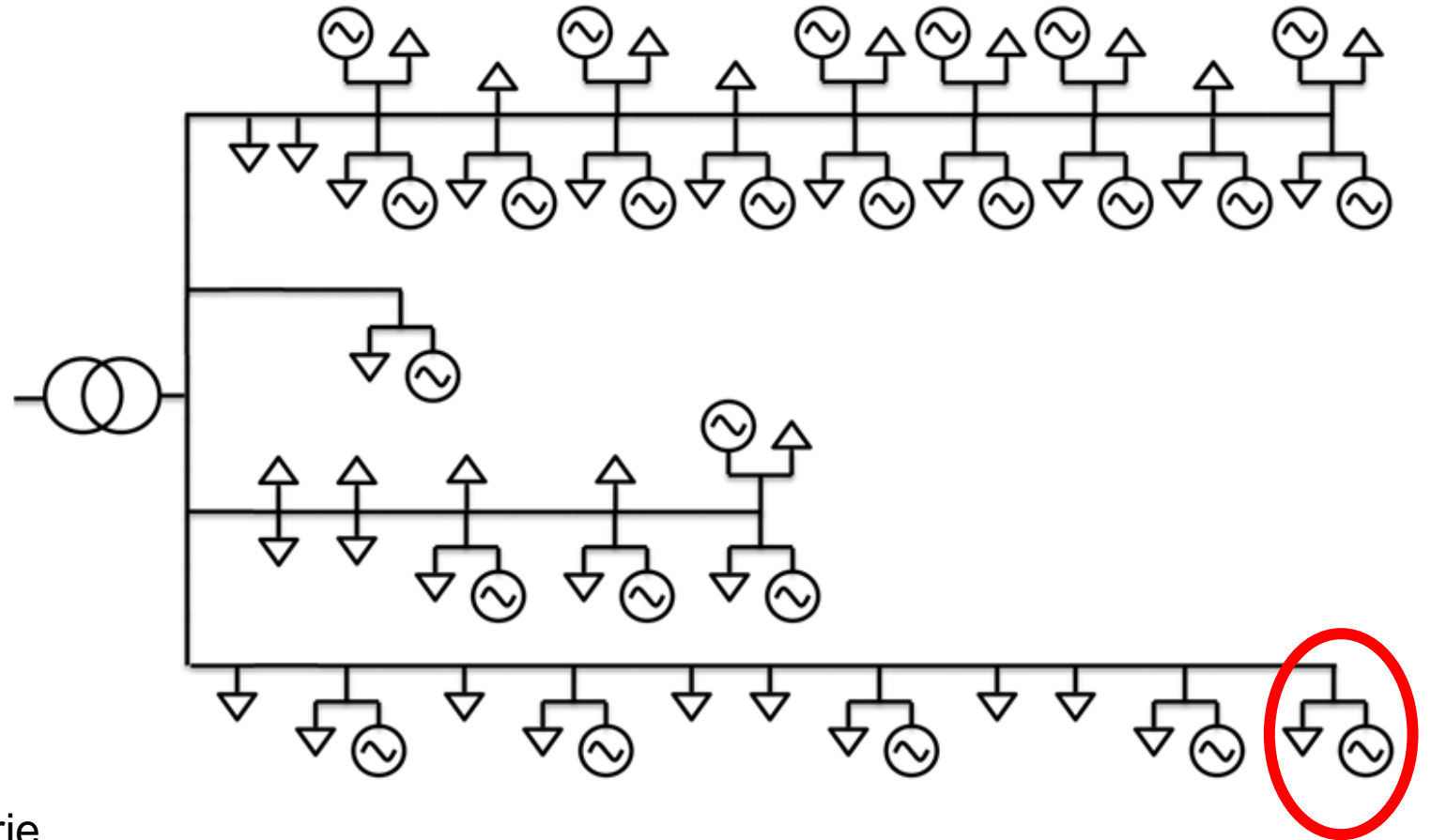
Simulative Ergebnisse aus PV Nutzen

Vortrag zur Dissertation
an der Fakultät für Elektrotechnik, Informationstechnik und Technische Informatik der RWTH Aachen

09.01.2019, Aachen
Kai-Philipp Kairies

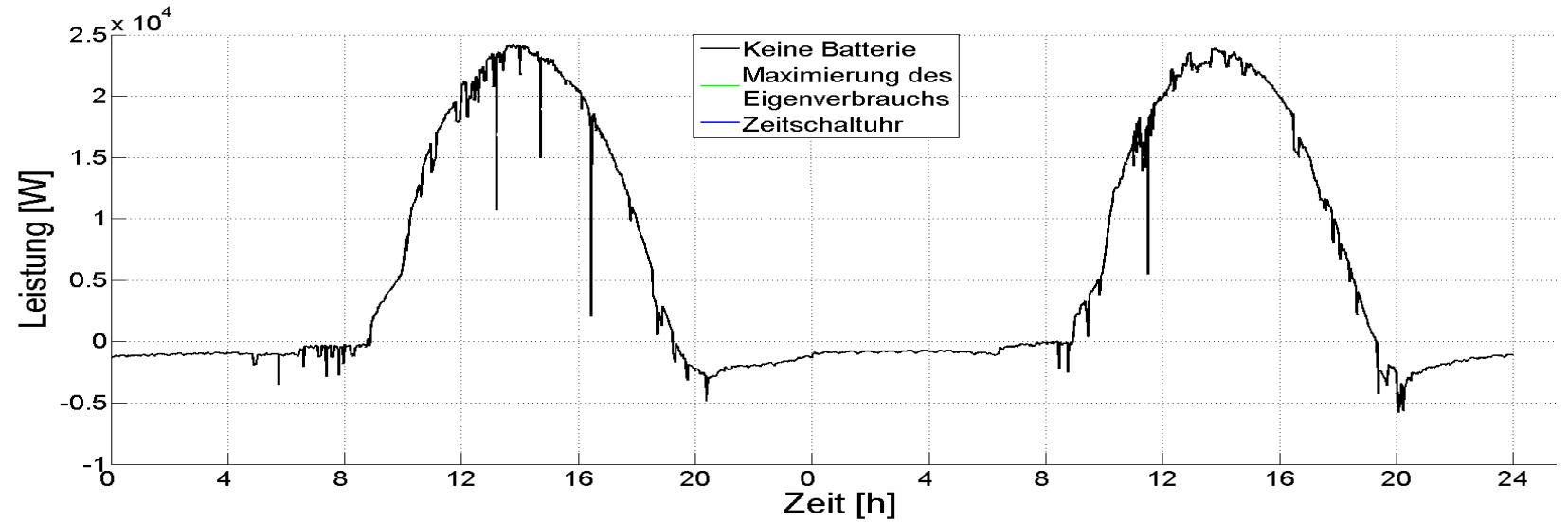
Projekt PV-Nutzen

- Auswirkung verschiedener Betriebsstrategien von Heimspeichern auf (ländliche) Verteilnetze
- Simuliertes Netz:
 - 250 kVA Ortsnetzstation
 - 72 Haushalte
 - 25 PV-Anlagen (mit/ohne Speicher)
- Beispielhafte Betrachtung des kritischen Netzknoten 72
 - Abgelegener Bauernhof mit 30 kWp PV-Anlage und 21 kWh Batterie

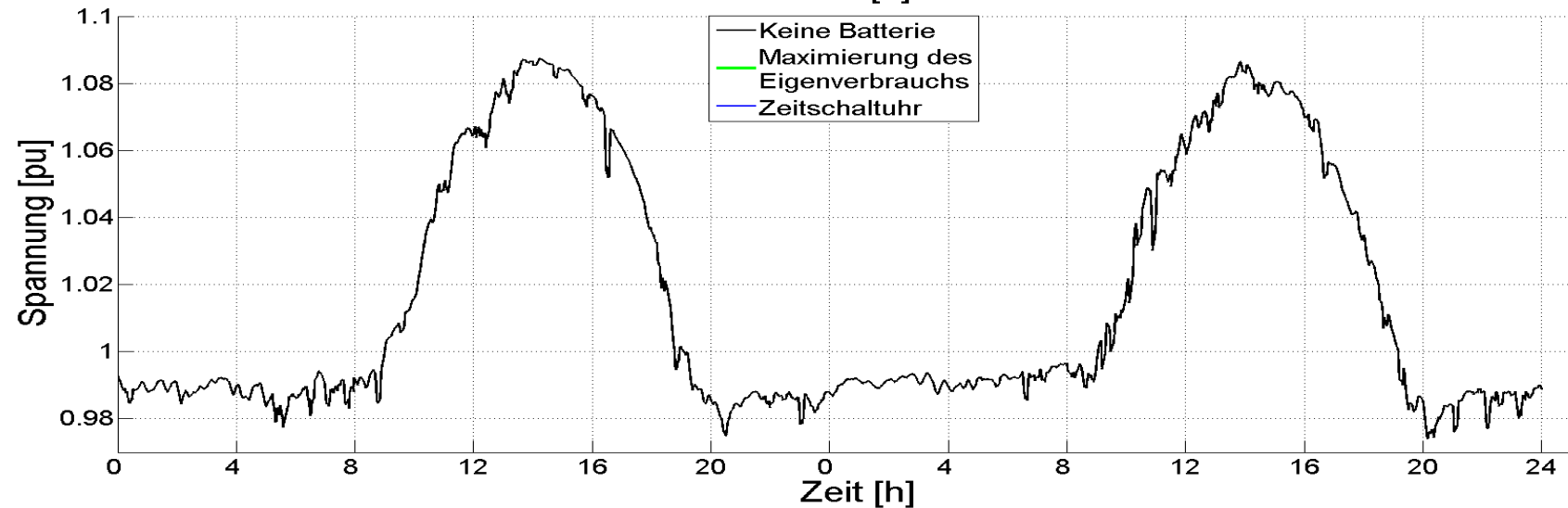


Maximierung des Eigenverbrauchs / Zeitschaltuhr

■ Netzaustauschleistung

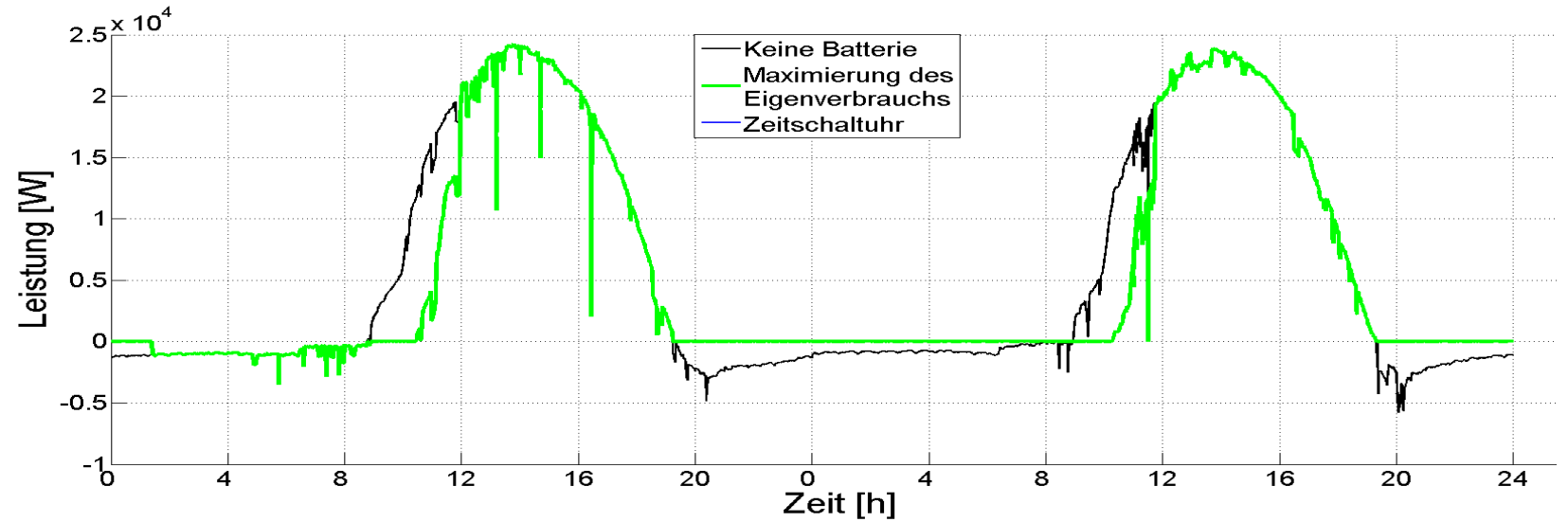


■ Spannung am Netzknoten

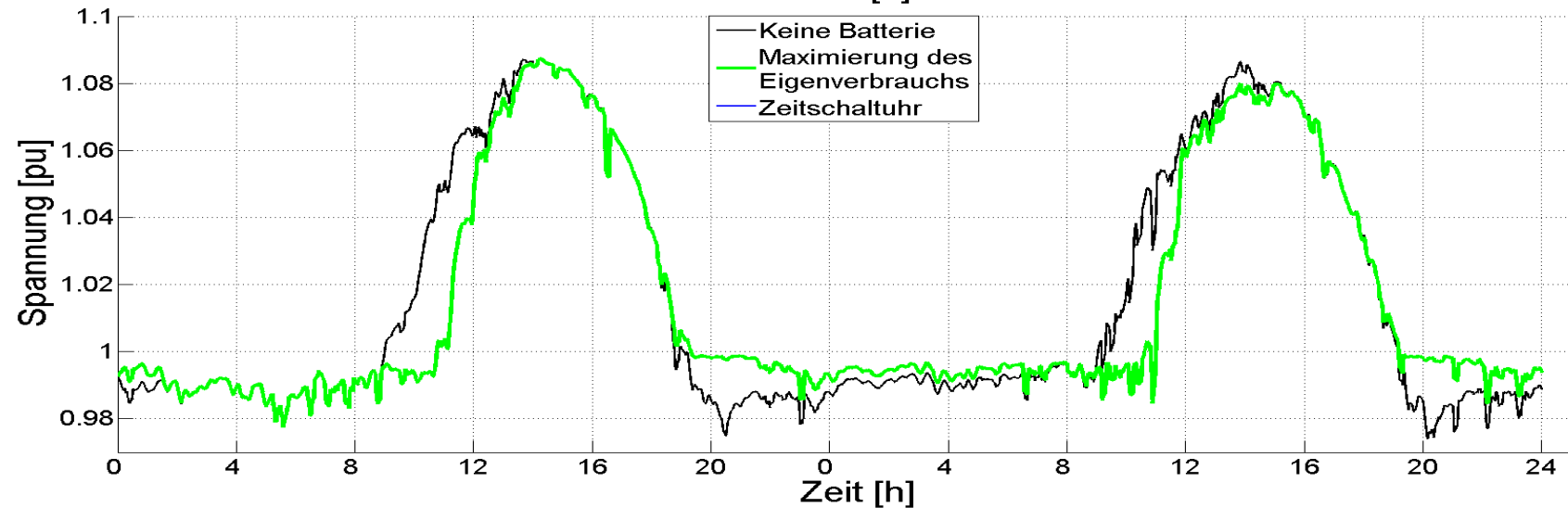


Maximierung des Eigenverbrauchs / Zeitschaltuhr

■ Netzaustauschleistung

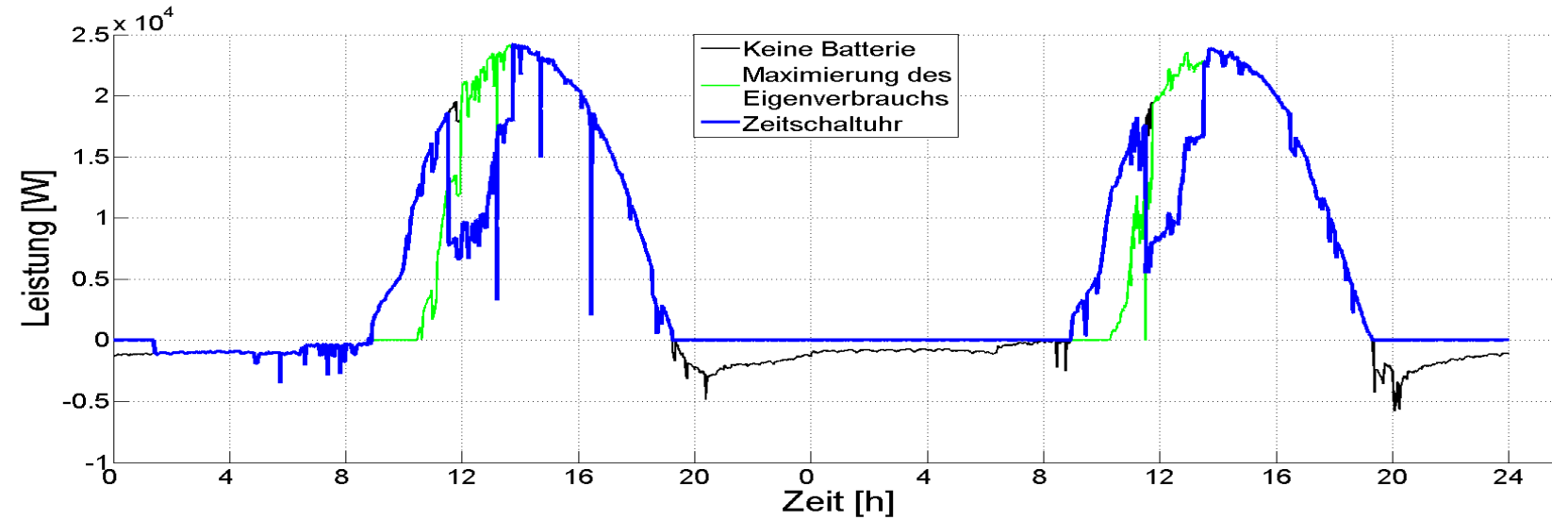


■ Spannung am Netzknoten

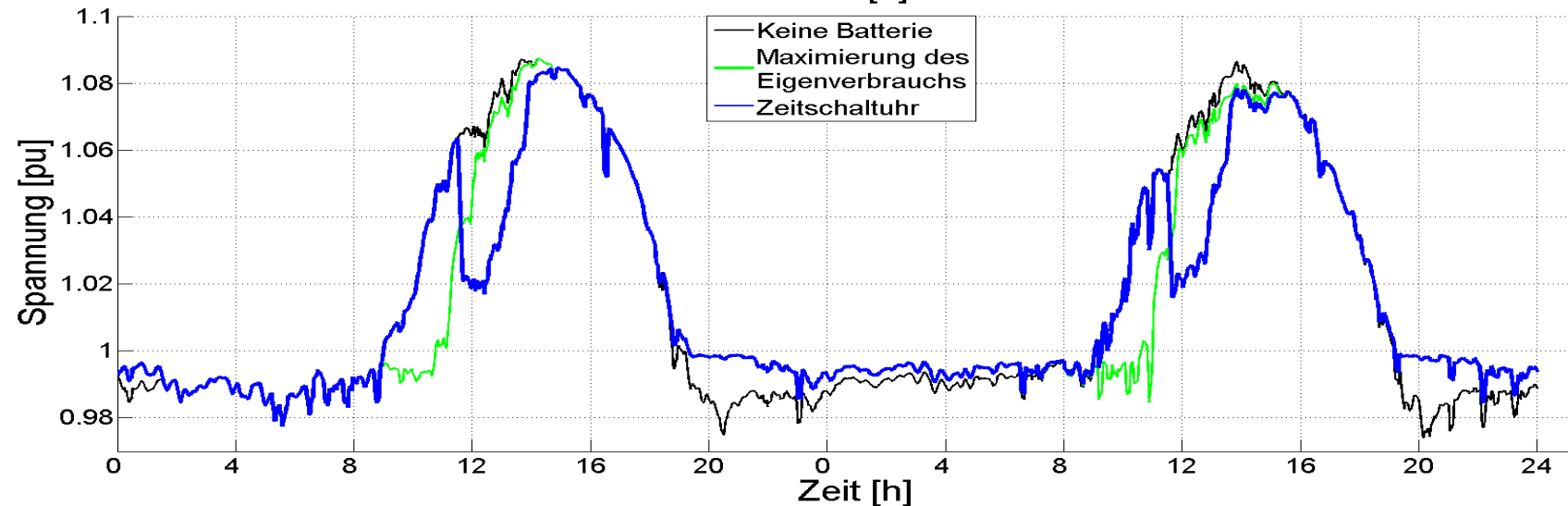


Maximierung des Eigenverbrauchs / Zeitschaltuhr

■ Netzaustauschleistung

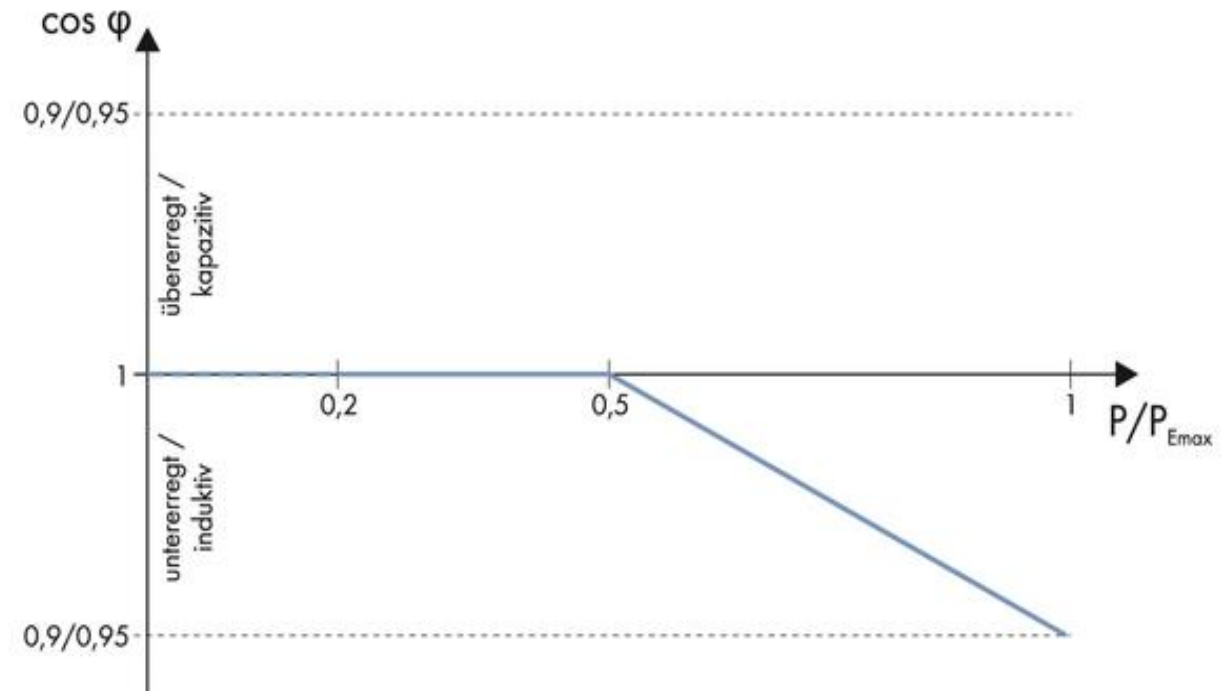


■ Spannung am Netzknoten



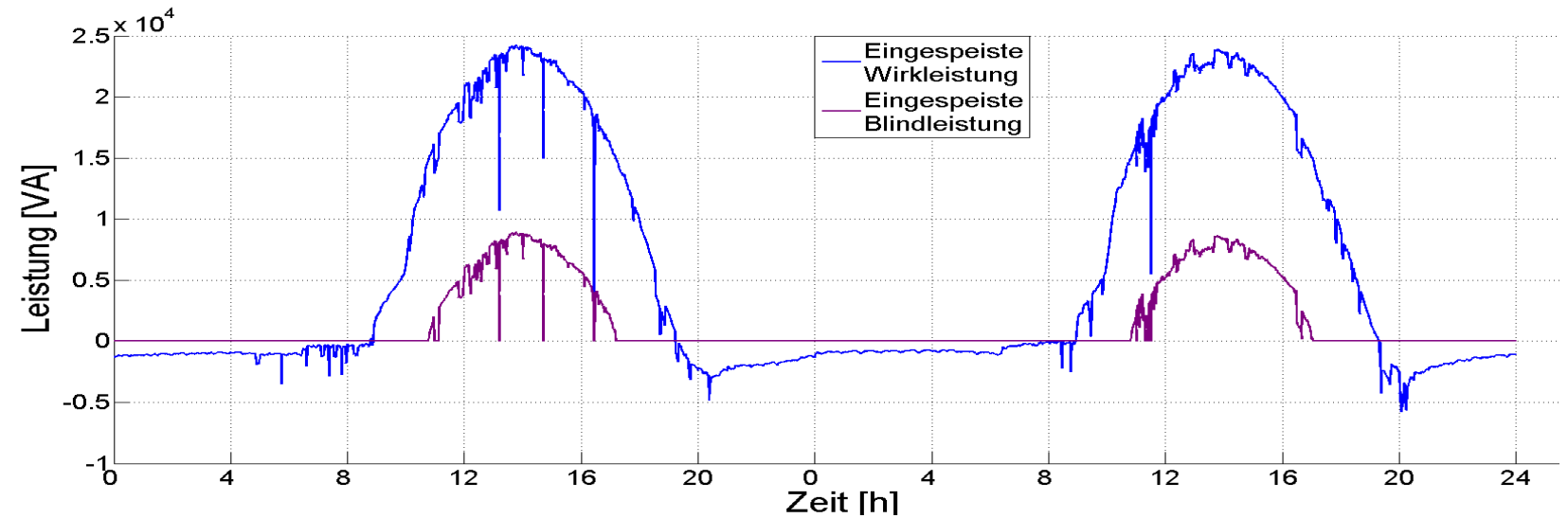
Bereitstellung von Blindleistung

- Nach VDE-AR-N 4105 sind Betreiber von PV-Anlagen mit Netzanschlussleistungen $> 3,68$ kVA dazu verpflichtet, sich am Blindleistungsmanagement zu beteiligen
- Durch das Einspeisen von Blindleistung kann die Spannungserhöhende Wirkung der PV-Einspeisung reduziert werden

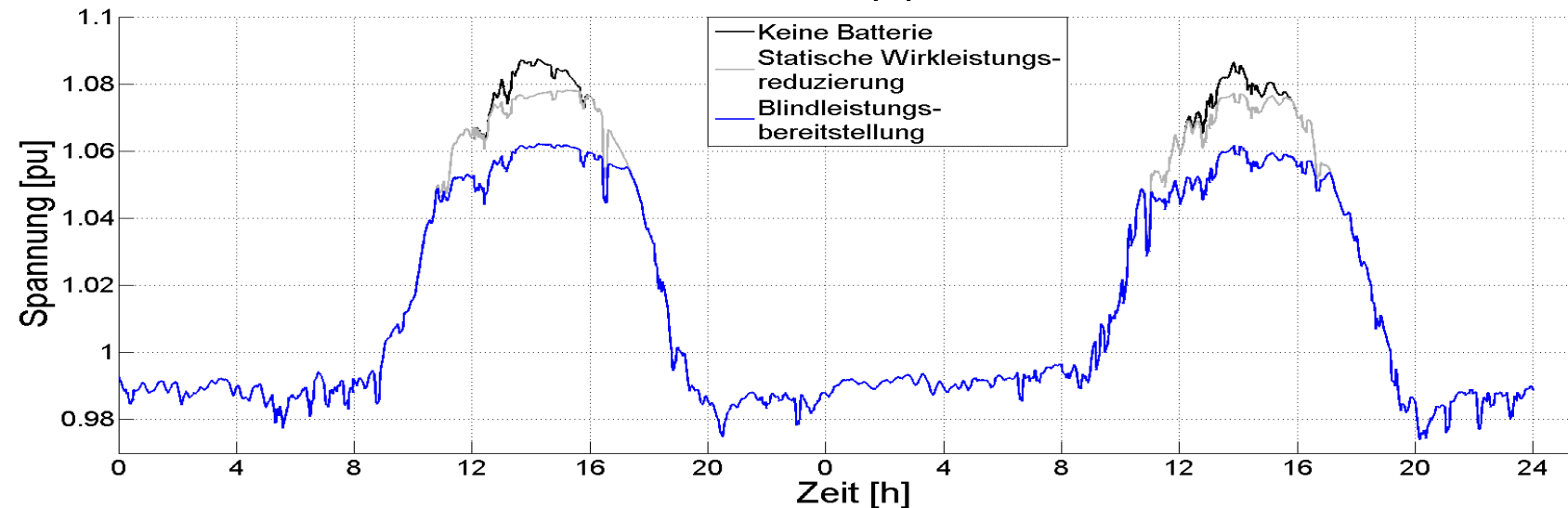


Berücksichtigung von Blindleistungsmanagement

■ Netzaustauschleistung



■ Spannung am Netzknoten



Inhaltsverzeichnis Backup

Folie	Inhalt
67	<u>Markt- und Technologieentwicklung</u>
77	<u>Einfluss auf Netzbetreiber</u>
81	<u>Standardlastprofile für Heimspeicher</u>
91	<u>Einfluss auf Energieversorger</u>
107	<u>Wirtschaftlichkeitsberechnung von Heimspeichern</u>
111	<u>Pooling von Heimspeichern</u>
120	<u>Simulative Ergebnisse aus PV-Nutzen</u>



Batterialterung • Batteriemodelle • Batteriediagnostik • Batteriepackdesign • Elektromobilität • Stationäre Energiespeicher • Energiesystemanalyse

Auswirkungen dezentraler Solarstromspeicher auf Netzbetreiber und Energieversorger

Vortrag zur Dissertation
an der Fakultät für Elektrotechnik, Informationstechnik und Technische Informatik der RWTH Aachen

09.01.2019, Aachen
Kai-Philipp Kairies

Lehrstuhl für Elektrochemische Energiewandlung
und Speichersystemtechnik

ISEA
Stromrichter-
technik und
Elektrische
Antriebe

RWTHAACHEN
UNIVERSITY