

efzn

Energie-Forschungszentrum
Niedersachsen



Klimaschutz- und
Energieagentur
Niedersachsen



Herzlich willkommen zum Niedersächsischen Forum Solarenergie !



1860

1880

1900

1920

1940

1960

1980

2000



University of Applied Sciences

HOCHSCHULE
EMDEN • LEER

Constantiaplatz 4 ■ 26723 Emden
www.hs-emden-leer.de

M. Sc.

Tjarko Tjaden

Fachbereich Technik
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Regenerative Energien

Tel.: (04921) 807-1865

Mobil: (0176) 21994731

E-Mail: tjarko.tjaden@hs-emden-leer.de

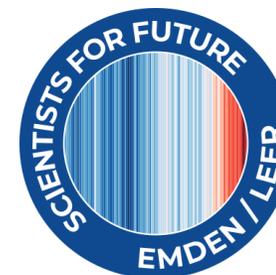
efzn

Energie-Forschungszentrum
Niedersachsen

3. Niedersächsisches Forum Solarenergie, 07. Juli 2020

Photovoltaik mit Speicher für Strom, Wärme, Mobilität

Empfehlungen zu Auslegung und Betrieb



Agenda

- **Vorstellung**
- **Auslegung und Betrieb**
 - Photovoltaik & Speicher
 - Wärmepumpe
 - E-Mobilität
- **Tools & Literatur**
 - Empfehlungen
 - Ausblick



Vorstellung: Forschungsgruppe Regenerative Energien

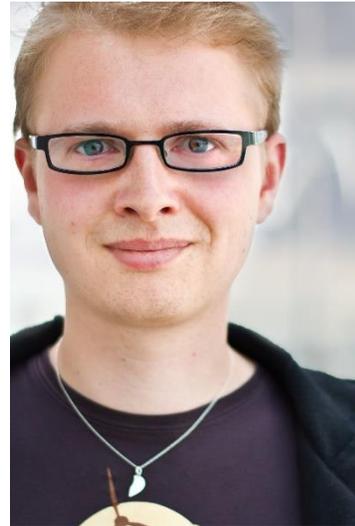
Schwerpunkt im Bereich der effizienten und intelligenten **Einbindung regenerativer Stromerzeugungsanlagen** in das elektrische **Verteilnetz** unter Einsatz moderner **Automatisierungstechnik**.



Prof. Dr.-Ing.
Johannes Rolink



Dipl.-Ing.
Gisela Strick



M. Sc.
Tjarko Tjaden



M. Sc.
Sarah Fayed



M. Eng.
Philipp Heeren

Vorstellung: Technische Infrastruktur am Campus

Wetterstation



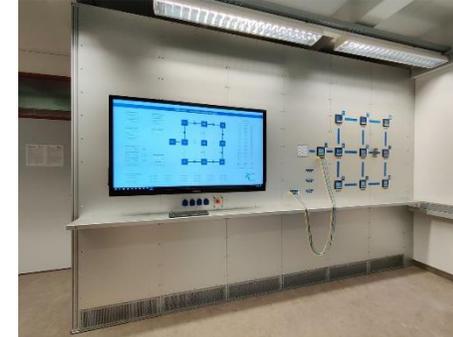
Strahlungs-, Wind-,
Regen- & Luftdaten

Erzeugungsanlagen

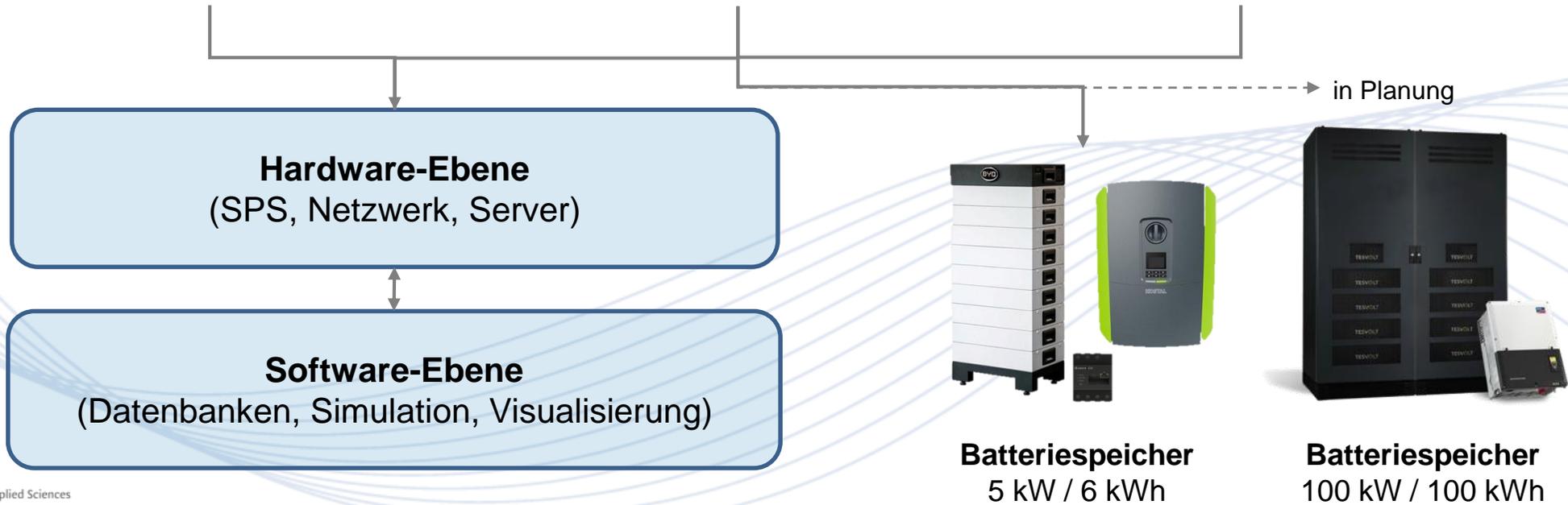


100 kW Wind, 40 kW PV,
100 kW BHKW

Netzmodell



Nachbildung Verteilnetze
inkl. Sensorik



Vorstellung: Forschungsprojekte

ofVerte LeitStand

Laufzeit: 12/2019 bis 11/2022



Aufbau eines offenen Verteilnetz-Leitsystems mit Standard-Industriekomponenten für Netze mit hohem Anteil Erneuerbarer Energien

Ansätze und Ziele:

- Pragmatische Ansätze für **bestehende IT-Landschaften**
- Offene **Standard-Systemkomponenten**
- Überführung etablierter Konzepte (**Industrie 4.0**) auf Netzleitsysteme

Zukunftslabor Digitalisierung Energie

Laufzeit: 10/2019 bis 09/2024



Untersuchung von Wechselwirkungen in Quartiers-IKT- und Energie-systemen sowie die parallele Entwicklung einer Plattform zur Vernetzung von Forschern und Anwendern.

Ansätze und Ziele:

- Erforschung und **Entwicklung digitalisierter Energiesysteme**
- Digitalisierung der **Energiesystemforschung** und -entwicklung

PIEG-Strom

Laufzeit: 07/2020 bis 06/2022



Planung und Integration von Energiespeichern in Gebäude-energiesystemen. Schwerpunkt: Elektrische Stromspeicher

Ansätze und Ziele:

- Erstellung einer VDI-**Richtlinienreihe** und eines Auslegungstools
- Hilfe für **praxisrelevante** Anwendungsfälle
- Konsequente Nutzung von **Open Data** und **Open Source**

Agenda

- **Vorstellung**
- **Auslegung und Betrieb**
 - Photovoltaik & Speicher
 - Wärmepumpe
 - E-Mobilität
- **Tools & Literatur**
 - Empfehlungen
 - Ausblick



Photovoltaik in Deutschland

>1,8 Mio. Anzahl der installierten PV-Anlagen

>100.000 Neue PV-Anlagen im Jahr 2019; 10.000 in Niedersachsen

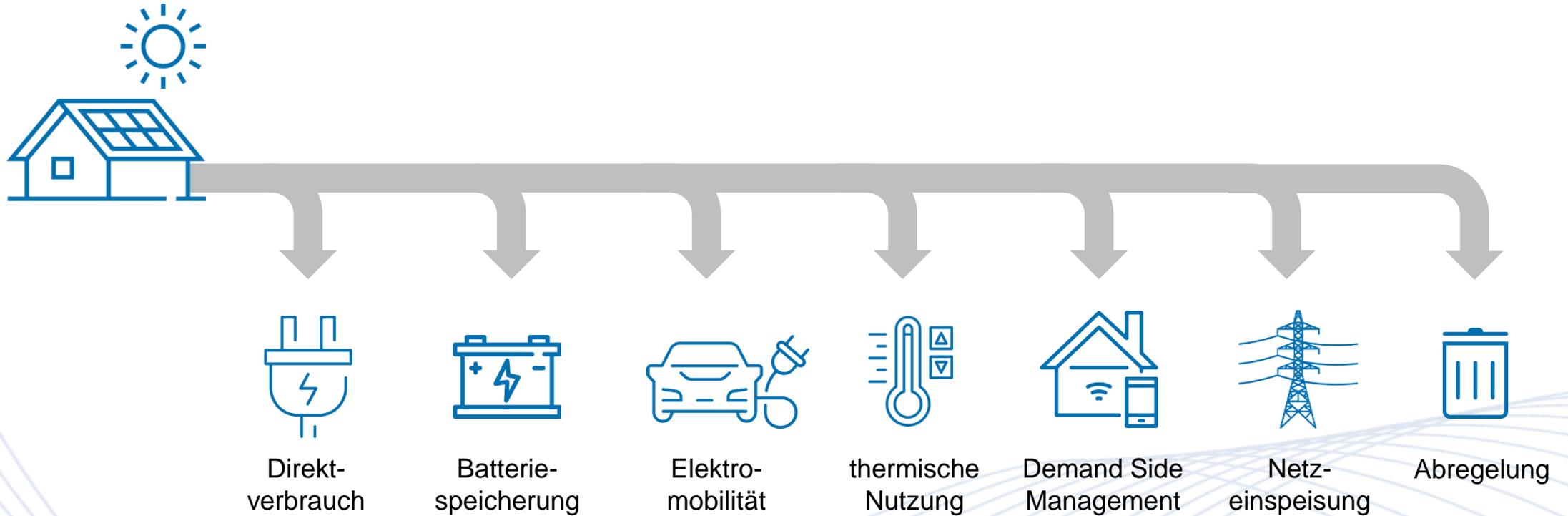
>50% Bereits jede zweite PV-Anlage inkl. Speicher

>11% Anteil an der Nettostromerzeugung im ersten Halbjahr 2020

- Die Kombination von PV-Anlagen mit Batteriesystemen entwickelt sich zur **Standardlösung**.
- Zur Erreichung der Klimaschutzziele ist ein **Steigerung** auf > 250.0000 PV-Anlagen bzw. > 10 GW pro Jahr notwendig.

Photovoltaik-Anwendungen

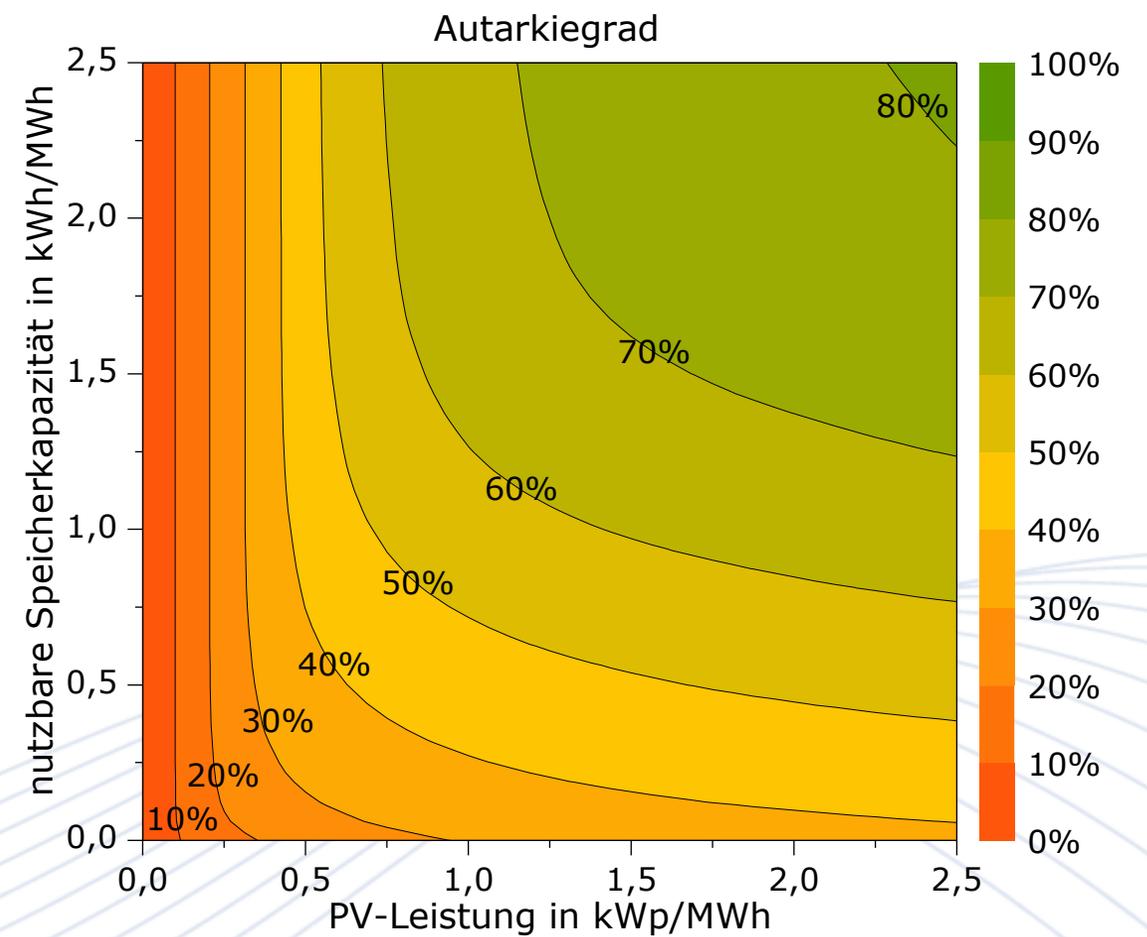
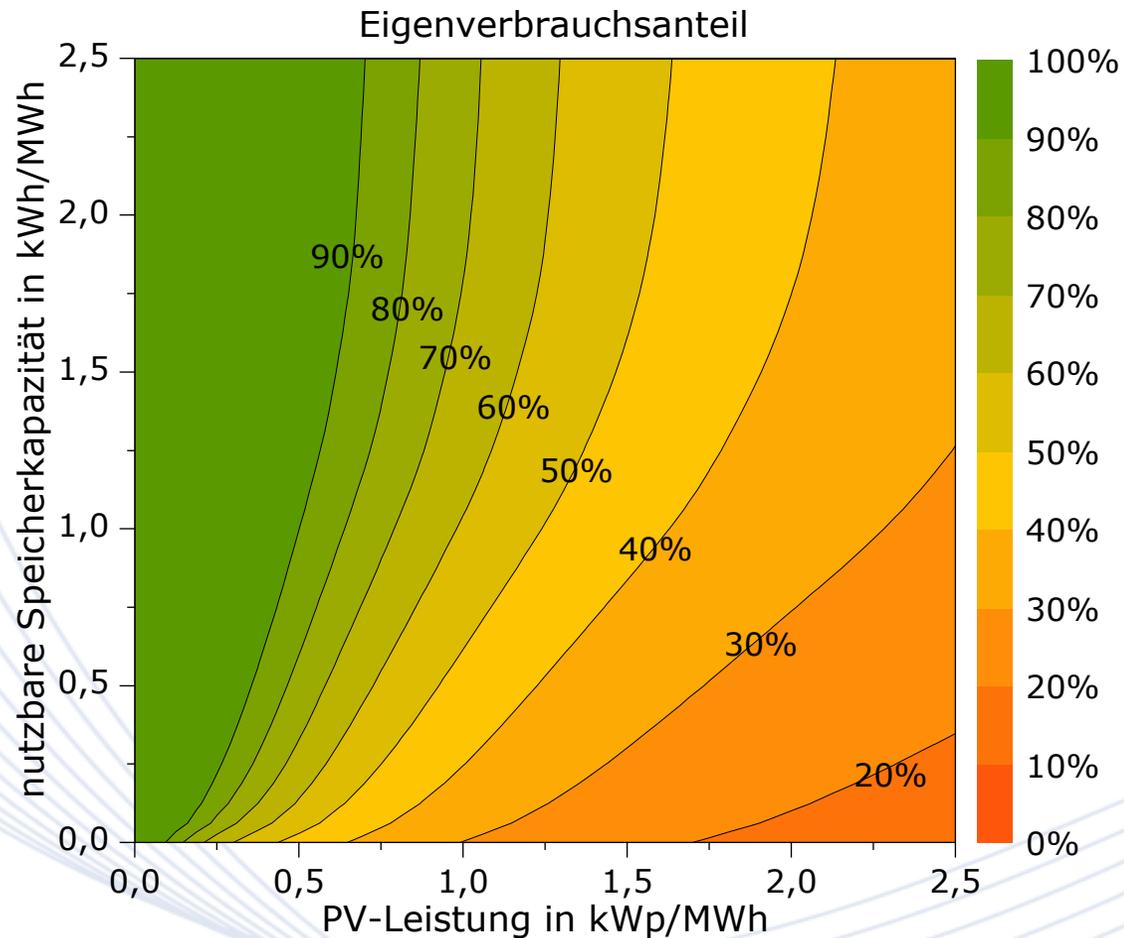
Vielfalt bei der Nutzung des Solarstroms



Fazit: Möglichkeiten zur Nutzung erhöhen die Komplexität bei der Planung und Beratung

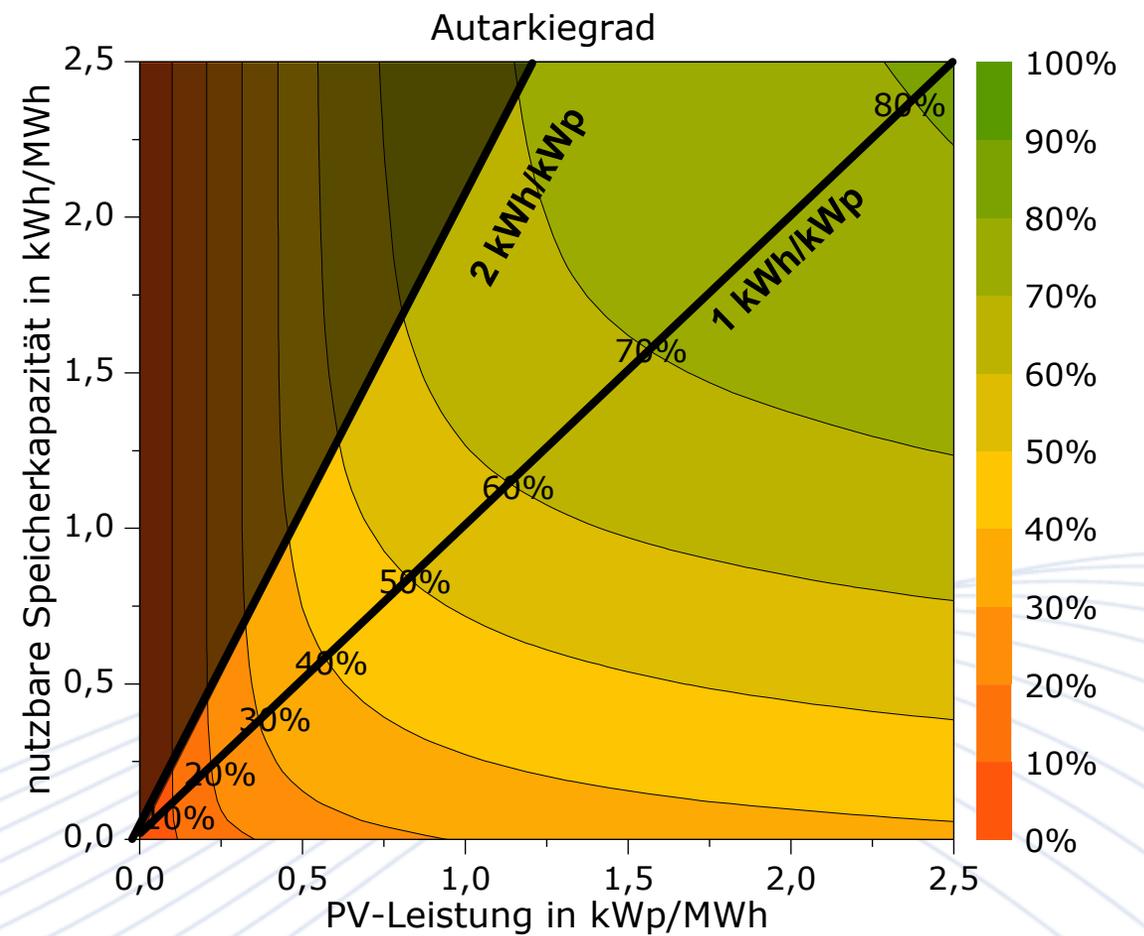
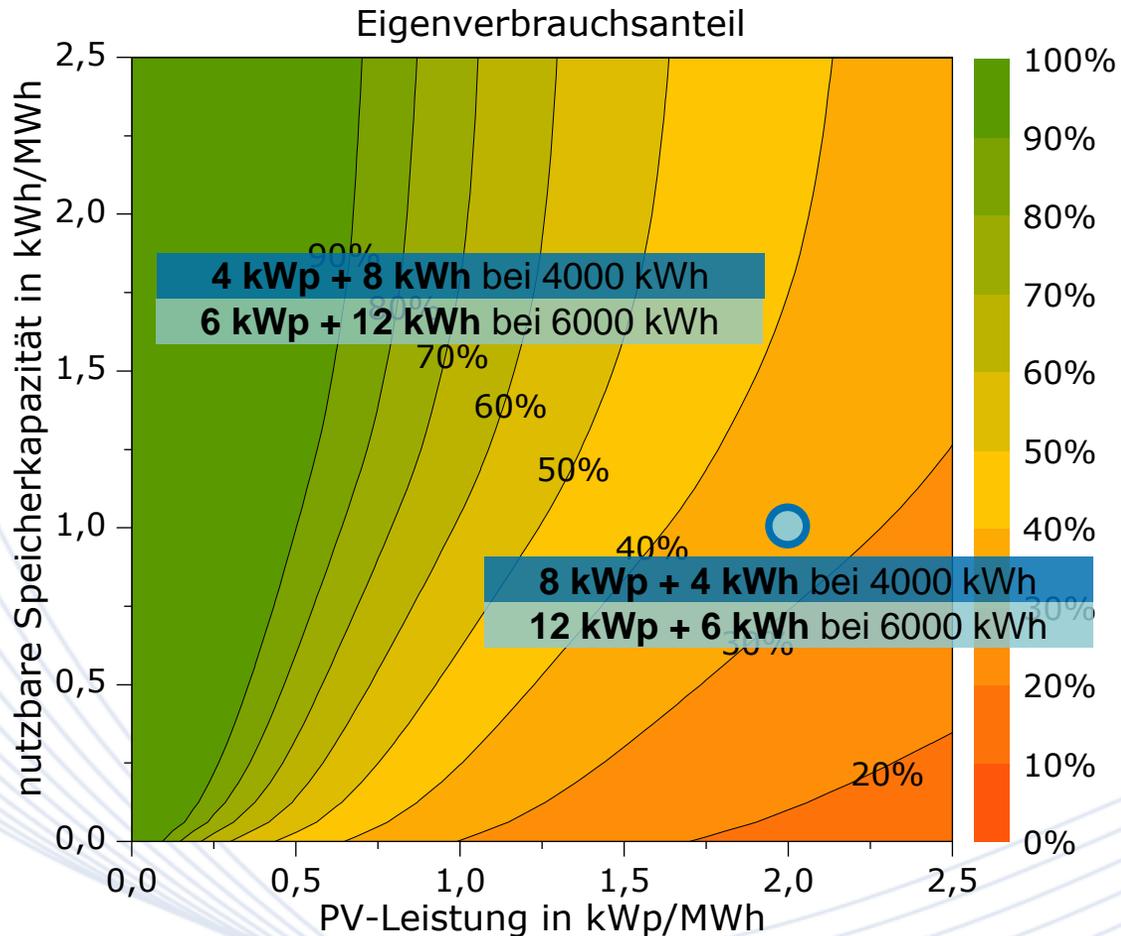
Photovoltaik + Batteriespeicher: Auslegung und Betrieb

Energetische Zusammenhänge der Dimensionierung von PV-Generator und Batteriespeicher



Photovoltaik + Batteriespeicher: Auslegung und Betrieb

Energetische Zusammenhänge der Dimensionierung von PV-Generator und Batteriespeicher



Fazit: - je größer die PV-Anlage, desto höher ist der Effekt eines Speicher auf den Autarkiegrad.
- je größer der Speicher, desto kleiner wird der spezifische Nutzen

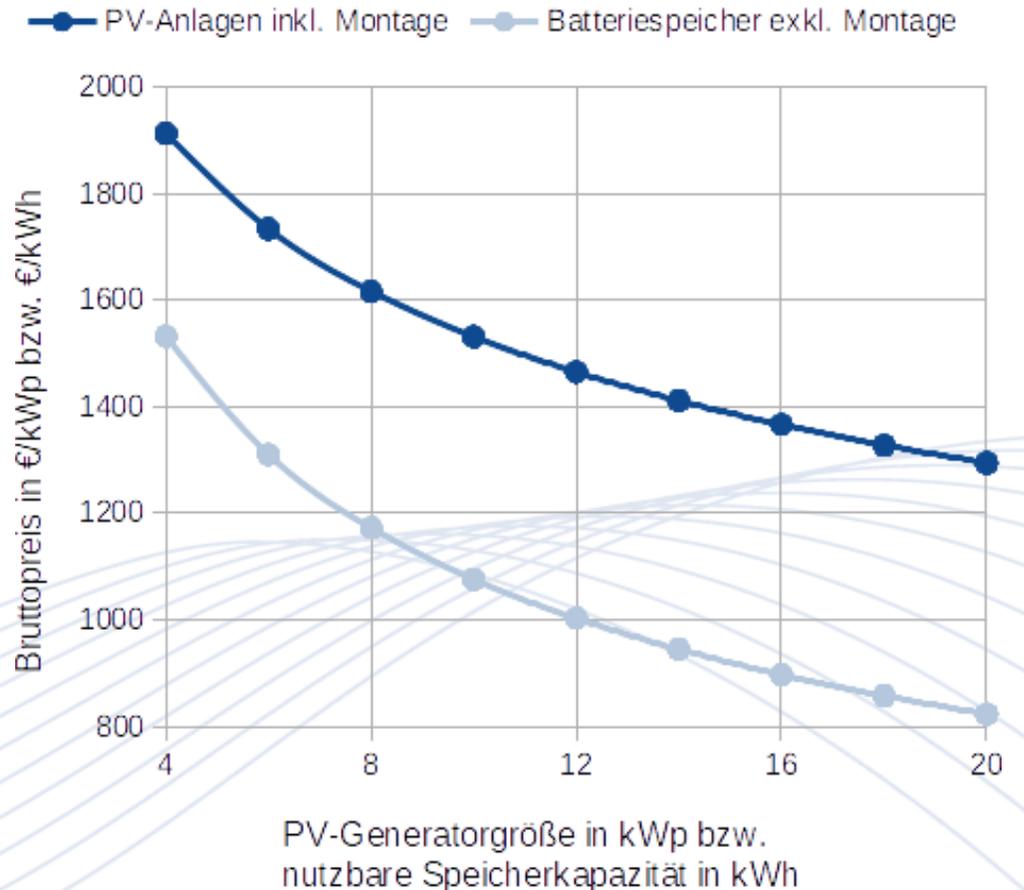
Photovoltaik + Batteriespeicher: Auslegung und Betrieb

Berücksichtigung der ökonomischen Rahmenbedingungen

Einnahmen	Ausgaben
+ Einspeisevergütung	- Investition
+ Einsparung Arbeitspreis beim Netzbezug	- Betriebskosten
+ Gewerbe: ggf. Einsparung beim Leistungspreis	- Eigenverbrauchsabgabe

Weitere Parameter
• Inflationsrate, Finanzierungsrate
• Verschattung, Verschmutzung, Degradation
• Steuerliche Betrachtung kann sowohl zu mehr als auch Mindereinnahmen führen

Mittlere Preise für PV-Anlagen und Batteriespeicher



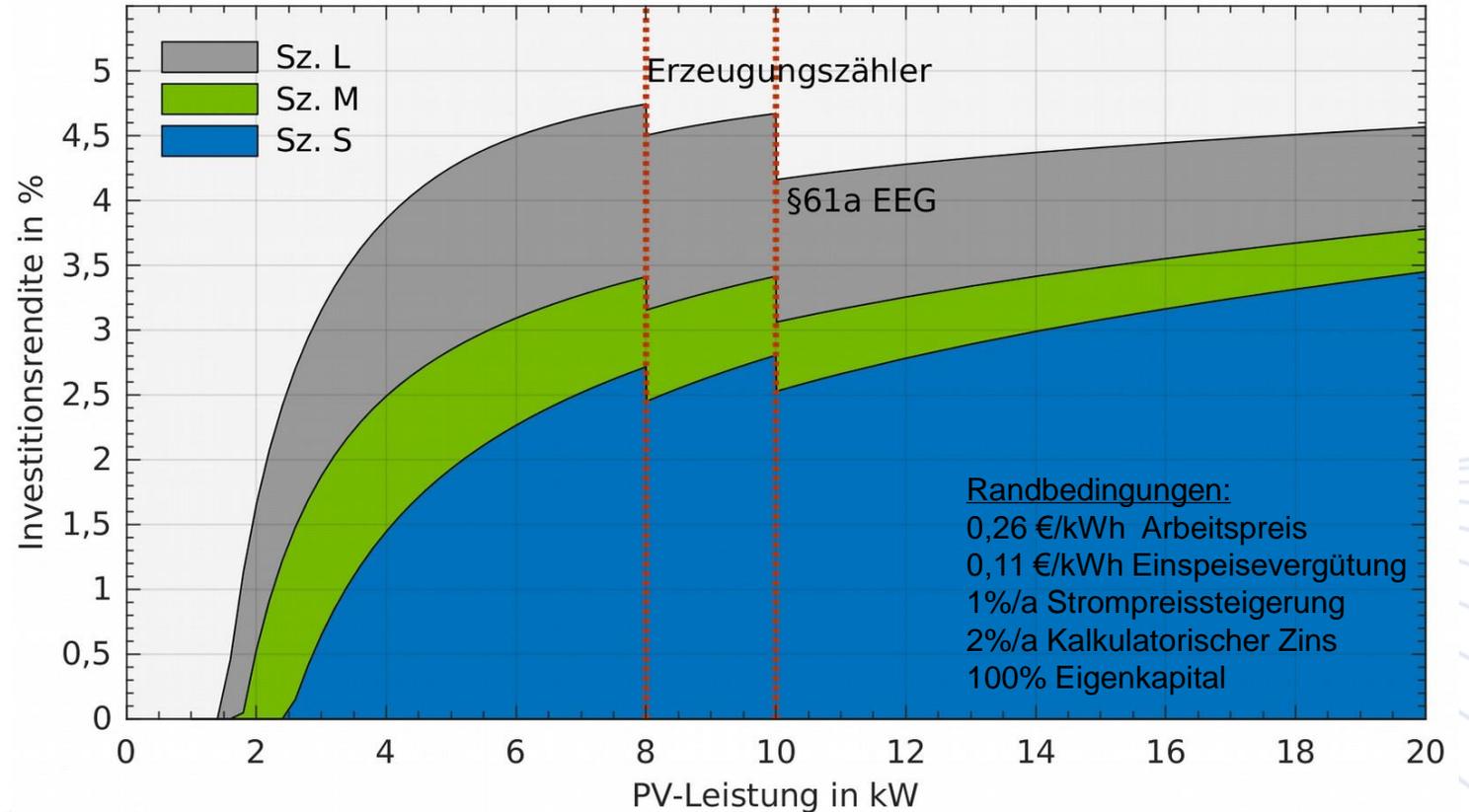
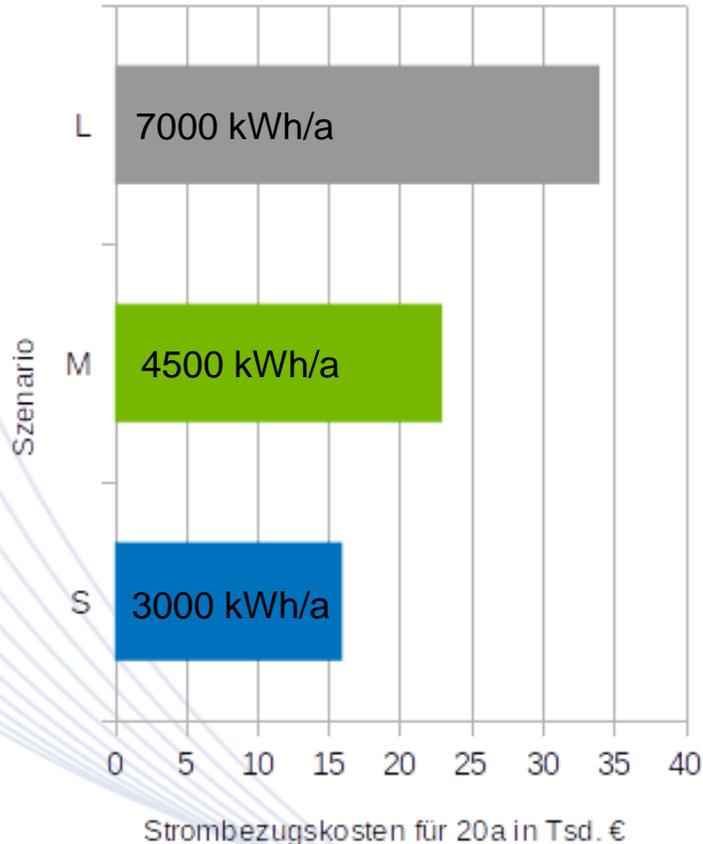
These: Ökonomie beeinflusst die Auslegung in Richtung größerer PV-Systeme!

Photovoltaik + Batteriespeicher: Auslegung und Betrieb

Wirtschaftlichkeit: Eine Frage der Betrachtungsweise

Referenz: Kosten ohne Photovoltaik

Wirtschaftlichkeit dargestellt als Rendite

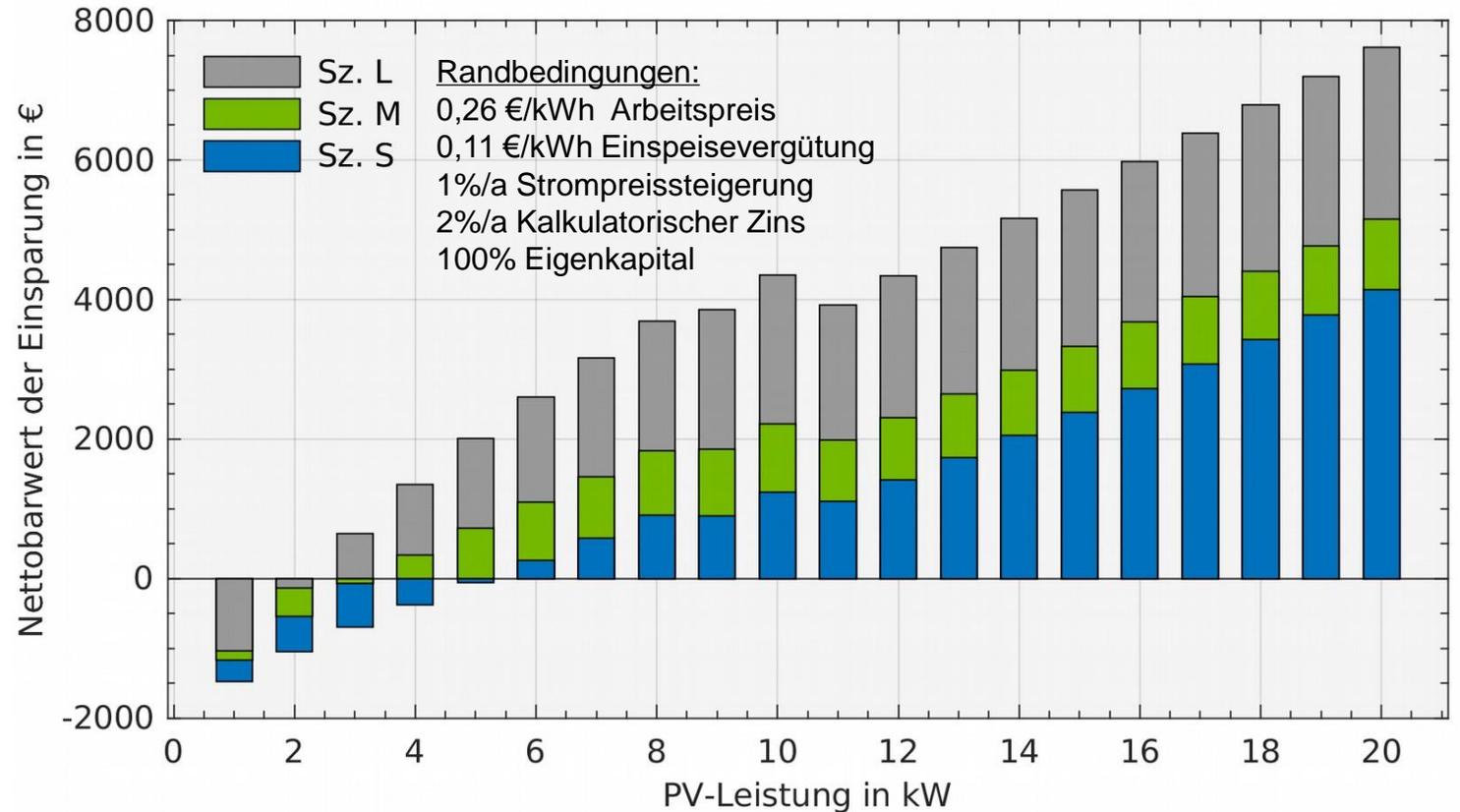
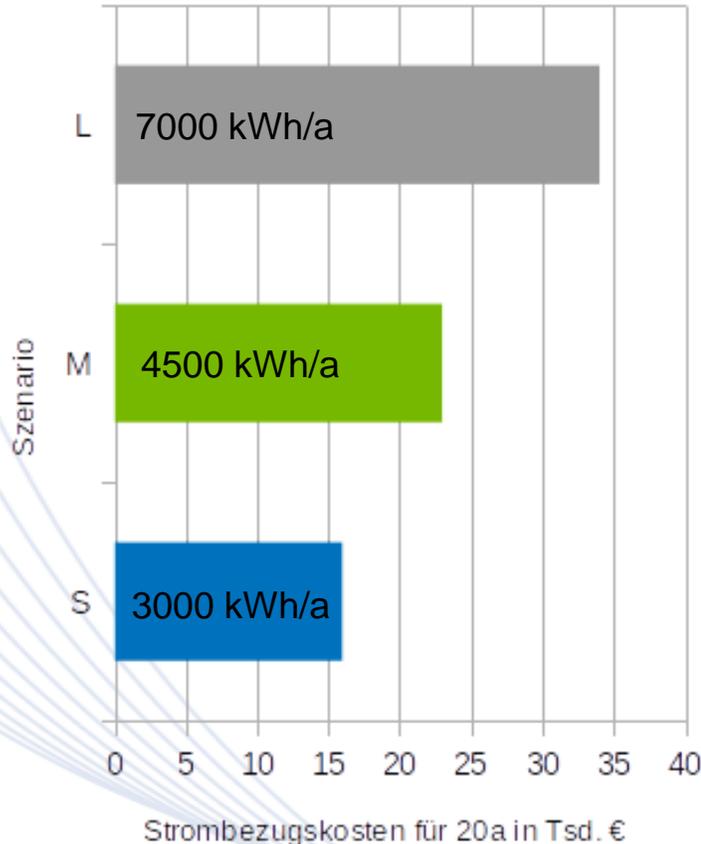


Photovoltaik + Batteriespeicher: Auslegung und Betrieb

Wirtschaftlichkeit: Eine Frage der Betrachtungsweise

Referenz: Kosten ohne Photovoltaik

Wirtschaftlichkeit dargestellt als **Nettobarwert der Einsparungen**

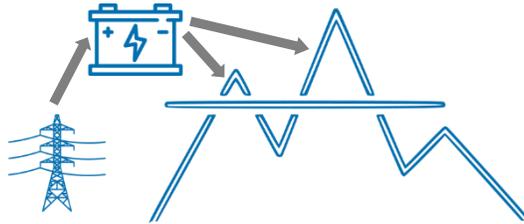


- Fazit:**
- Nettobarwert zeigt auf, dass Dachflächen voll erschlossen werden sollen.
 - Bei aktuellen Preisen senken Stromspeicher die Rendite bzw. den Nettobarwert

Photovoltaik + Batteriespeicher: Auslegung und Betrieb

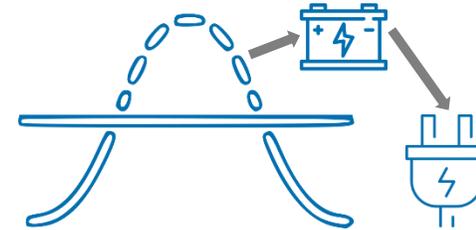
Weitere Betriebsanwendungen für Stromspeicher neben der Erhöhung der Eigenversorgung

Verbraucherseitiges Peak-Shaving



*Begrenzung von
Leistungsspitzen des Netzbezugs*

Erzeugerseitiges Peak-Shaving



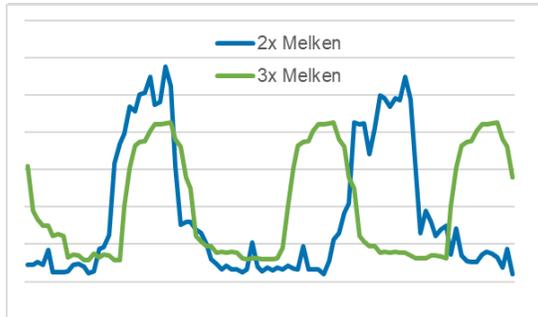
*Begrenzung von
Leistungsspitzen der Netzeinspeisung*

Nutzen	Aufwand
+ Signifikante Senkung des Leistungspreises möglich	- Erfordert Lastprofil-Analyse und ggf. -prognosen
+ Wirtschaftlichkeit ohne Photovoltaik möglich	- Erfordert Erzeugungsprognosen zur Integration von PV

Nutzen	Aufwand
+ Verringerung von Abregelungsverlusten	- Erfordert Last- und PV-Prognosen
+ Erhöhung der PV-Leistung bei begrenzter Netzeinspeiseleistung	- Reduziert ggf. den Autarkiegrad
+ Verlängerung der Lebensdauer der Batterie	

Photovoltaik + Batteriespeicher: Auslegung und Betrieb

Praxisbeispiel: Milchviehbetrieb mit Renditeerwartung von $> 7\%$ und Nettobarwert $> 40.000 \text{ €}$



PV-Potential
100 kWp

Stromverbrauch
120.000 kWh

NVP max.
22 kVA

Angebot 22 kWp / 20 kVA
→ 1200 €/kWp

Rendite
7,4 %

*Bereits bestehende Anlage am NVP,
Mittelspannungsanschluss unrentabel*

Nettobarwert
nur 24.500 €

Variante 1

Angebot 60 kWp / 50 kVA
mit dynamischer Einspeisebegrenzung
→ 950 €/kWp

Rendite
7,2 %

Anpassung Lastprofil
Einführung 3. Melkzeit (13 Uhr)

Rendite
9,5 %

Nettobarwert nur 35.100 €

Nettobarwert final
bei 49.400 €



Variante 2

Angebot 100 kWp / 80 kVA + 65 kWh
Peak-Shaving: Erzeugung & Last
→ 900 €/kWp & 750 €/kWh

Rendite
4,7 %

Nettobarwert 42.900 €, aber

- Lastprofil eher ungeeignet durch breite Morgen- und Abendspitze:
→ Senkung des Leistungspreises nur gering
→ Weiterhin hohe Abregelungsverluste zur Mittagszeit
- Höherer Kreditrahmen + Höheres Risiko durch Batteriespeicher

Photovoltaik & Batteriespeicher

Zusammenfassung

Photovoltaik:

- Die Betrachtung von mittleren Stromkosten oder dem **Nettobarwert** der Stromeinsparungen zeigt auf, dass **Dachflächen möglichst vollständig** genutzt werden sollten.
- Neue Fix-Kosten, wie z.B. durch **Smart Meter Gateways**, bedrohen die **Wirtschaftlichkeit** kleiner PV-Systeme

Batteriespeicher:

- Aus energetischer Sicht sollte die **nutzbare Speicherkapazität** zur Erhöhung der Eigenversorgung nicht nennenswert größer als der **mittlere nächtliche Strombedarf** werden.
- In den meisten Fällen werden Speichersysteme erst bei **spezifischen Kosten** von weniger als **700 €/kWh** ökonomisch interessant.
- Um **Abregelungsverluste** bei großen PV-Systemen bzw. einer Begrenzung der Netzeinspeiseleistung zu vermeiden, sind **prognosebasierte Betriebsstrategien** von großem **Vorteil**.

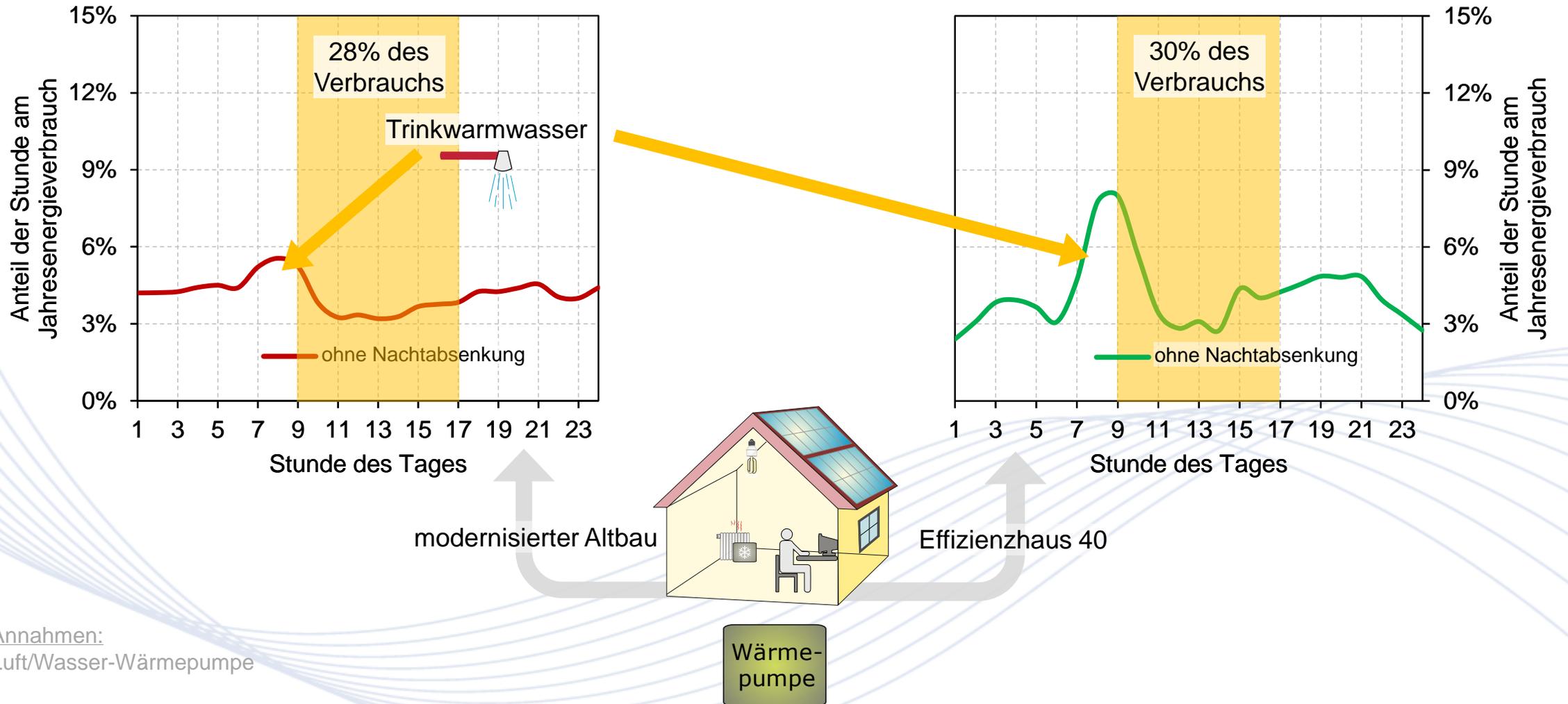
Agenda

- **Vorstellung**
- **Auslegung und Betrieb**
 - Photovoltaik & Speicher
 - **Wärmepumpe**
 - E-Mobilität
- **Tools & Literatur**
 - Empfehlungen
 - Ausblick



Wärmepumpen

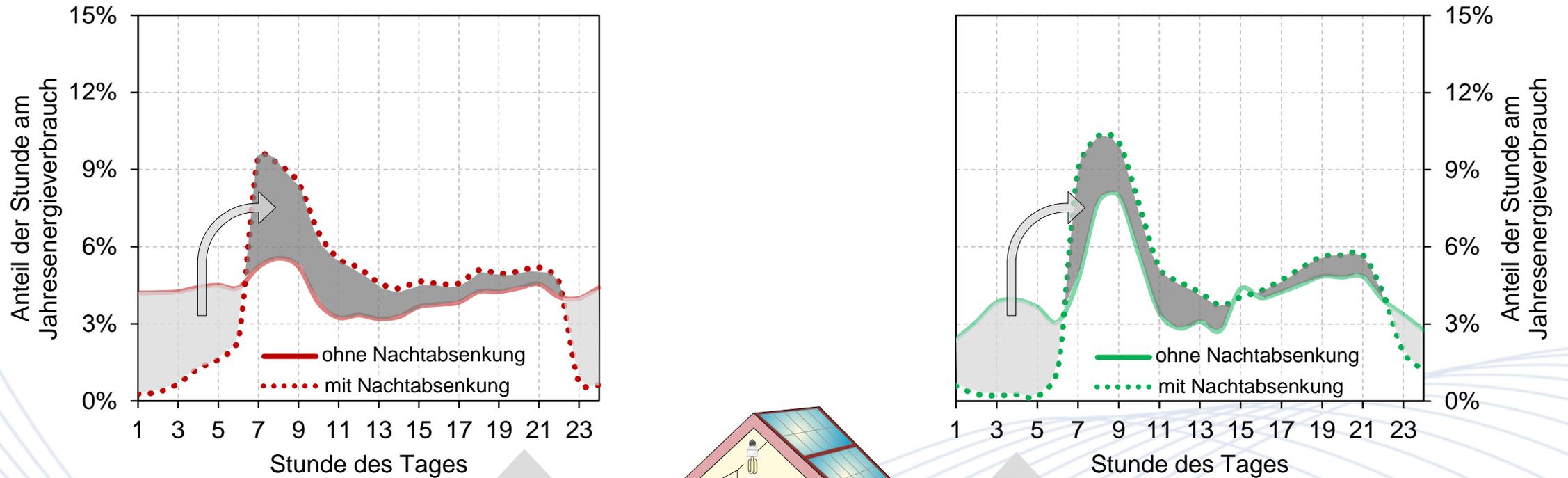
Beeinflussung des Wärmepumpen-Lastprofils durch passive Regelung



Annahmen:
Luft/Wasser-Wärmepumpe

Wärmepumpen

Beeinflussung des Wärmepumpen-Lastprofils durch passive Regelung



Annahmen:
Luft/Wasser-Wärmepumpe
22 bis 6 Uhr: 2K Nachtabsenkung

Wärmepumpen

Beeinflussung des Lastprofils durch aktive Regelung



1442 WP-Modelle
Stand 06.07.2020

4 mögliche Schaltzustände für Wärmepumpen

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



Hersteller: Vaillant
Wolf

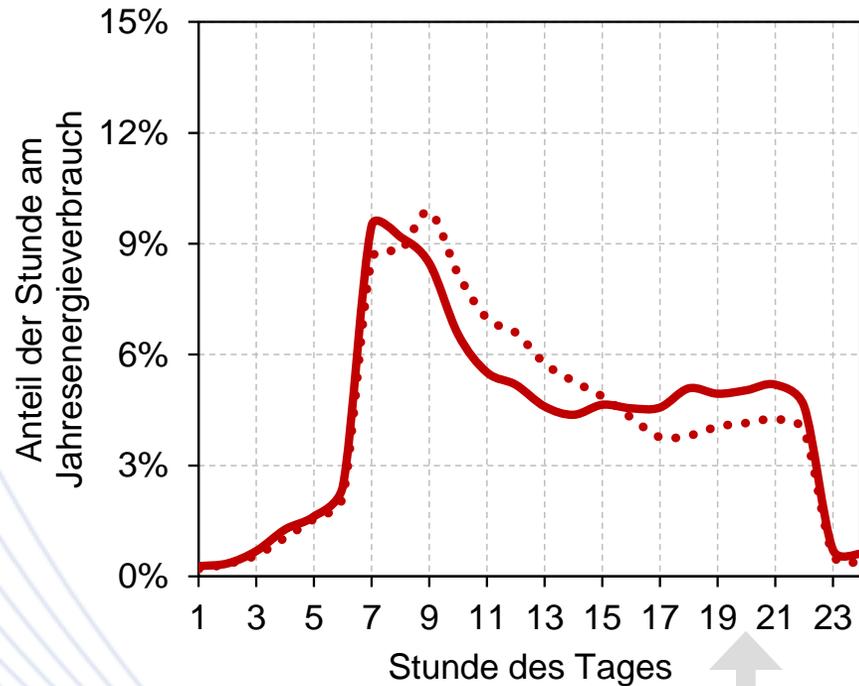
Vorschlag für konservative Einstellungen an der WP

Energieüberschuss → 3: Heizpatrone ausschließen, max. +5 K Trinkwarmwasser / Heizungspuffer

Vermeidung Abregelung → 4: Volle Leistung, Heizpatrone zulassen, max. 70 Grad Celsius

Wärmepumpen

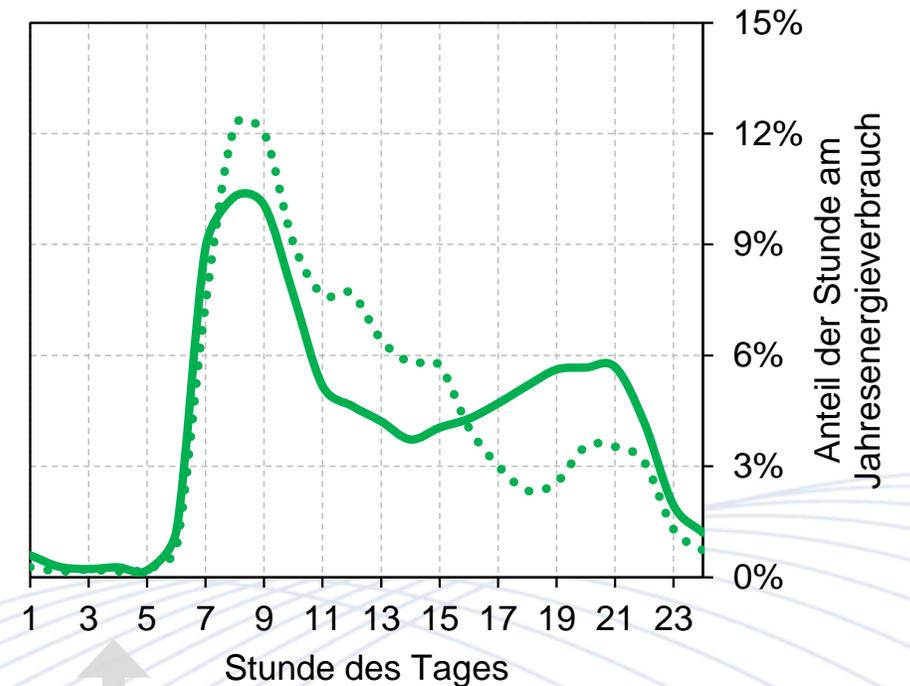
Beeinflussung des Wärmepumpen-Lastprofils durch aktive Regelung



modernisierter Altbau



Effizienzhaus 40



Annahmen:

Luft/Wasser-Wärmepumpe

22 bis 6 Uhr: 2K Nachtabsenkung

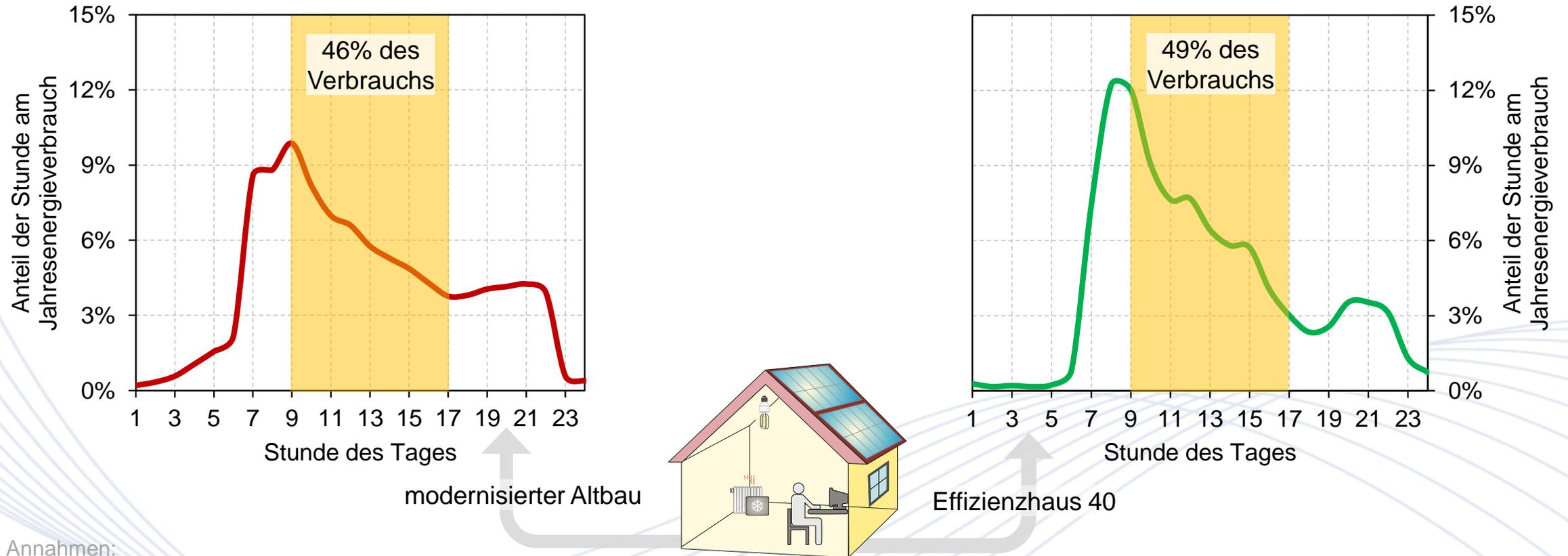
SG-Ready auf Stufe 3 bei 100% Überschuss

Heizstab inaktiv



Wärmepumpen

Beeinflussung des Wärmepumpen-Lastprofils durch aktive Regelung



Annahmen:

Luft/Wasser-Wärmepumpe

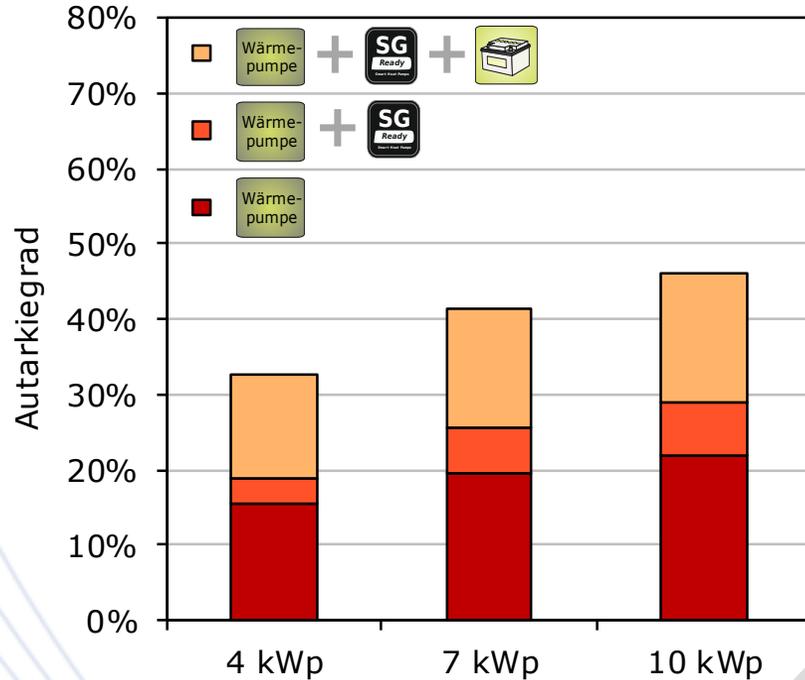
22 bis 6 Uhr: 2K Nachtabsenkung

SG-Ready auf Stufe 3 bei 100% Überschuss

Heizstab inaktiv

Wärmepumpen

Erzielbare Autarkiegrade im Bereich der Wohngebäude



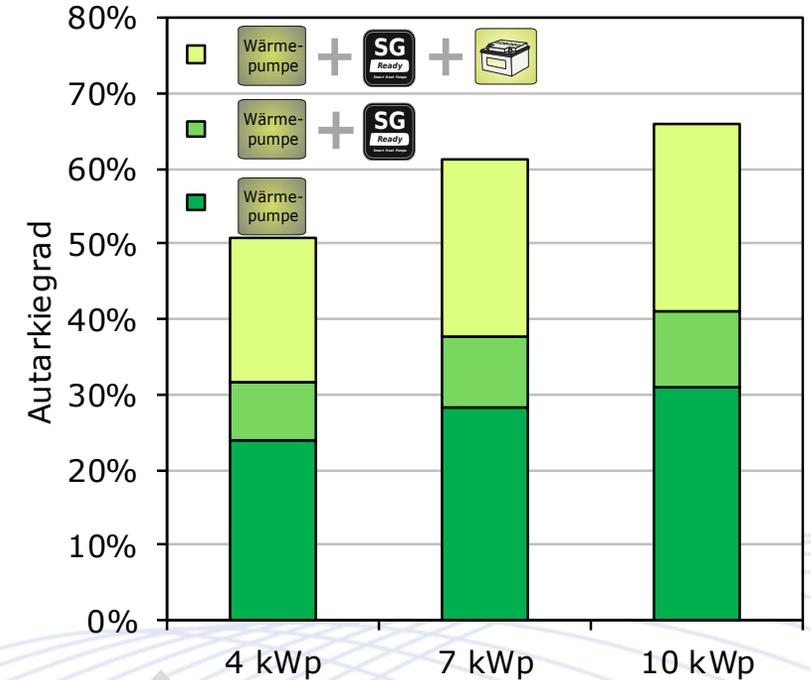
Annahmen:

4000 kWh Haushaltsstrombedarf

250 l TWW-Speicher

500 l Heizungspuffer

8 kWh Nutzbare Batteriekapazität



modernisierter Altbau



Effizienzhaus 40



Annahmen:

Luft/Wasser-Wärmepumpe

22 bis 6 Uhr: 2K Nachtabsenkung

SG-Ready auf Stufe 3 bei 100% Überschuss

Heizstab inaktiv

Wärmepumpen

Zusammenfassung für Auslegung und Betrieb

- Eine nennenswerte **Deckung** des **Wärmepumpenstrombedarfs** sowie eine **thermische Speicherung** benötigen **mindestens** eine spez. PV-Generatorleistung von **1 kWp/MWh**.
- Für eine wirtschaftlich **optimale Nutzung** von PV-Strom in Eigenversorgungssystemen spielt das **spezifische Lastprofil** einer Wärmepumpe eine entscheidende Rolle.
- Die Einstellung einer **Nachtabsenkung** und die Nutzung der **SG-Ready Schnittstelle** ermöglichen in einem Einfamilienhaus einen **Vorteil von 50 bis 200 €/a**.
- Eine **große Herausforderung** im Markt: **Intransparenz** der verfügbaren solaroptimierten Regelungen der Hersteller und Energiemanager sowie **fehlende Anwendungsregeln** zur SG-Ready-Schnittstelle.
- Falls ein **Batteriespeicher** vorhanden ist, so sollte dieser als **Energiemanager** agieren. Dabei gilt: **Vorzug von elektrischer Speicherung** vor thermischer Speicherung.

Agenda

- **Vorstellung**
- **Auslegung und Betrieb**
 - Photovoltaik & Speicher
 - Wärmepumpe
 - **E-Mobilität**
- **Tools & Literatur**
 - Empfehlungen
 - Ausblick



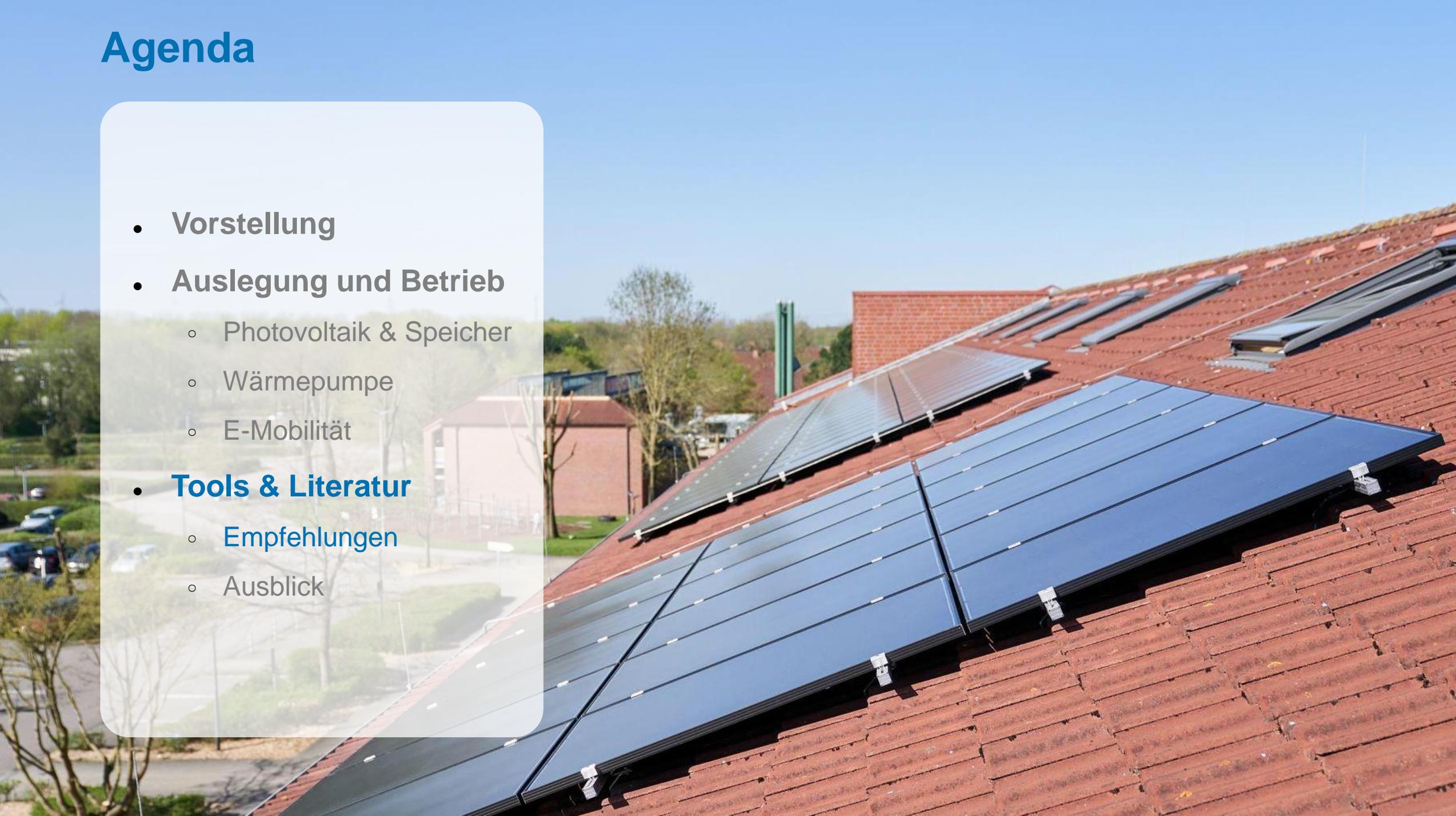
E-Mobilität

Grundsätzliche Leitplanken bei der Auslegung

- Weiterhin gilt: PV Anlage so groß wie möglich, mindestens 1 kWp/MWh Gesamtstrombedarf
- Einfamilienhaus: Bei **PV-Anlagen < 7 kWp**, **Wallbox** lieber **1-phasig** ausführen, da E-Autos erst bei 6-8 A (1,4 bis 1,8 kW) anfangen zu laden.
- **Alternativ** (auch für Gewerbebetriebe): Nutzung von Wallboxen, die im **Energiemanagement** die **Umschaltung von 1 auf 3 Phasen** unterstützen.
- Größter Effekt auf die Eigenversorgung mit Solarstrom hat die **Verfügbarkeit des Fahrzeugs**.
- **Pendlerfahrzeug** (nur spät Nachmittag/Abends am Ladepunkt) sollten bei der **Auslegung** der Größe des **Batteriespeichers** berücksichtigt werden. Zweitwagen (tagsüber am Ladepunkt) hingegen nicht.
- Wichtig: Es erfordert **Disziplin** das Fahrzeug auch jedes Fall beim Abstellen anzuschließen 😊
- Für ein **gutes Zusammenspiel** von PV-Anlage, Batteriespeicher, Wärmepumpe und E-Auto lohnt es sich oftmals „**im System**“, sprich bei einem Hersteller, zu bleiben.

Agenda

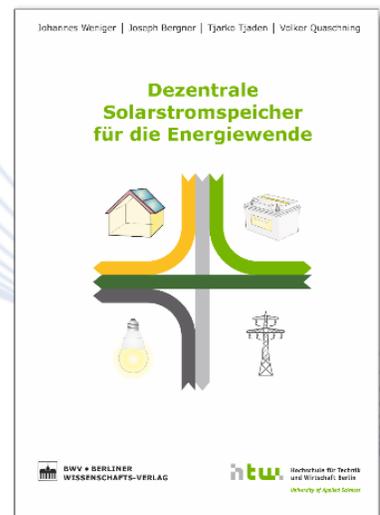
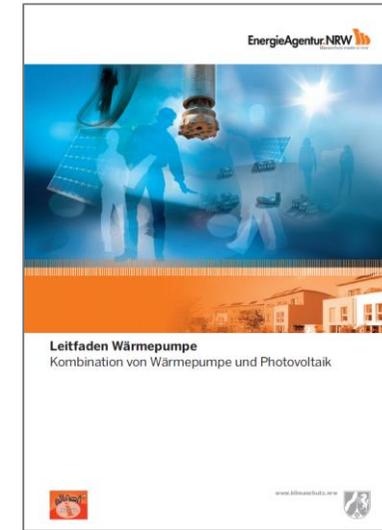
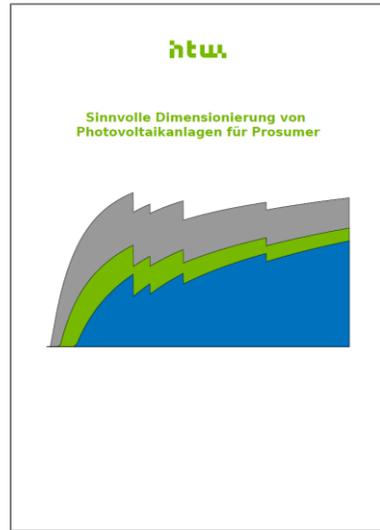
- **Vorstellung**
- **Auslegung und Betrieb**
 - Photovoltaik & Speicher
 - Wärmepumpe
 - E-Mobilität
- **Tools & Literatur**
 - Empfehlungen
 - Ausblick



Tools und Literatur

Lesenswerte Studien & Leitfäden

→ Bilder sind verlinkt zu den Dokumenten



Tools und Literatur

Herstellerunabhängige, kostenfreie Online-Tools zur Auslegung von PV-Systemen + X

DGS Franken e.V.

<https://www.pv-now-easy.de/index.php?id=236>

- Schnell & einfach
- Photovoltaik + Speicher
- E-Auto
- Inkl. Wirtschaftlichkeit

Energieagentur NRW

WEBTOOL PV.Rechner

Mit dem PV.Rechner der EnergieAgentur.NRW lässt sich überprüfen, ob sich die Investition in eine Photovoltaik-Anlage für Ihr Gebäude lohnt.

Dazu liefert das Tool eine grobe Abschätzung der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, die als Orientierung bei den nächsten Planungsschritten dienen. Das Tool ist in Kooperation mit dem Wetterdienst Meteomedia energy entstanden.

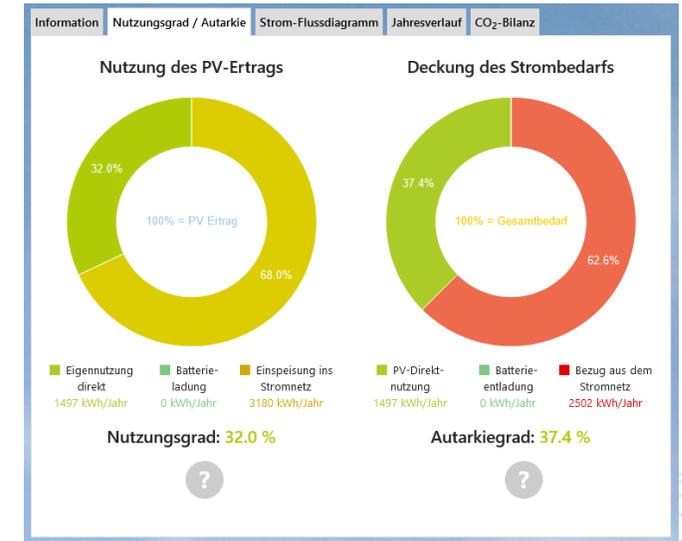
PV.Rechner **START**

» Ansprechpartner

<https://www.energieagentur.nrw/tool/pv-rechner/>

- Standortbezogen
- Ausrichtung & Neigung
- Photovoltaik + Speicher
- E-Auto
- Inkl. Wirtschaftlichkeit

Energieinstitut Vorarlberg

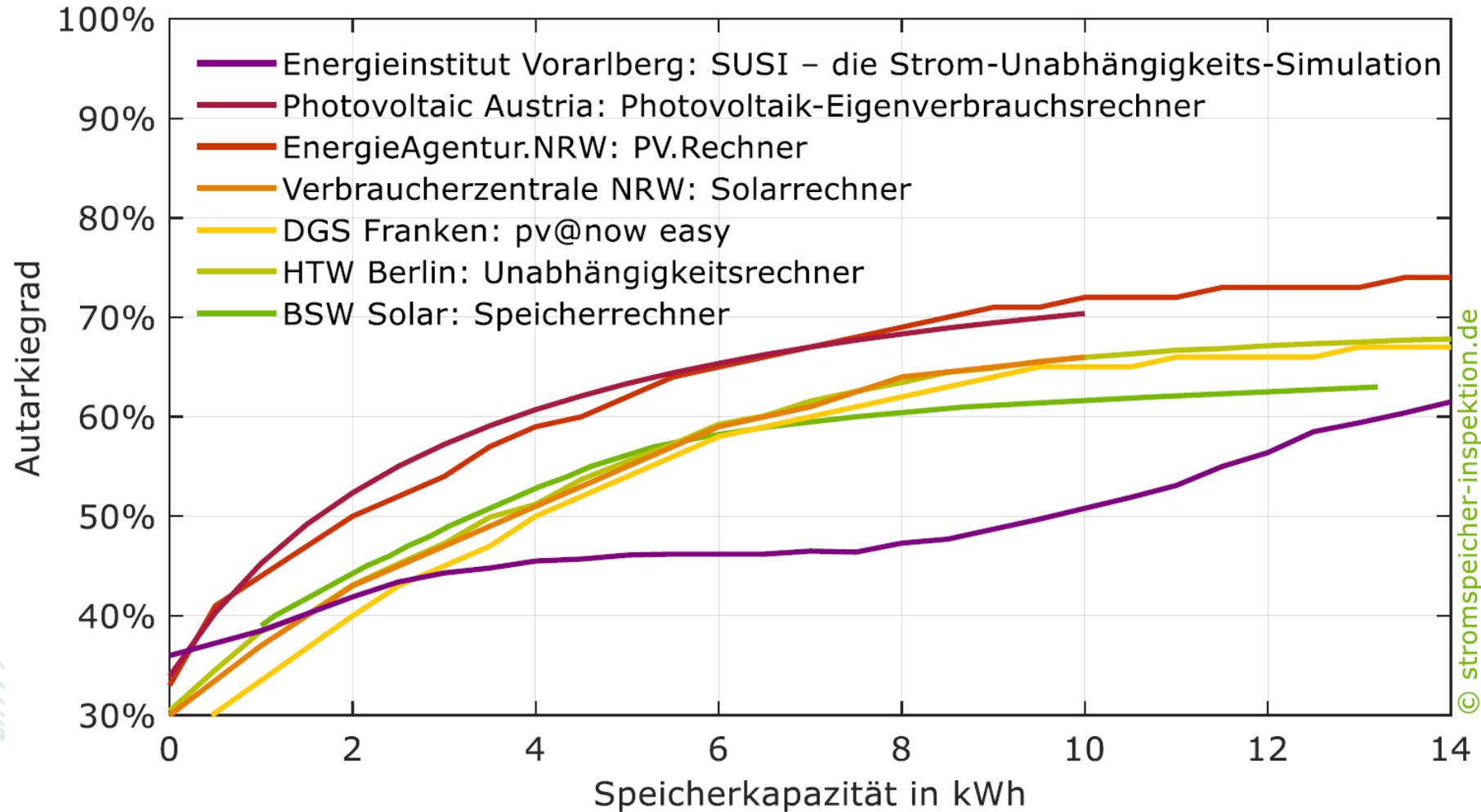


<https://www.energieinstitut.at/tools/susi/>

- Ausrichtung & Neigung
- Photovoltaik + Speicher
- Wärmepumpe
- Inkl. Wirtschaftlichkeit

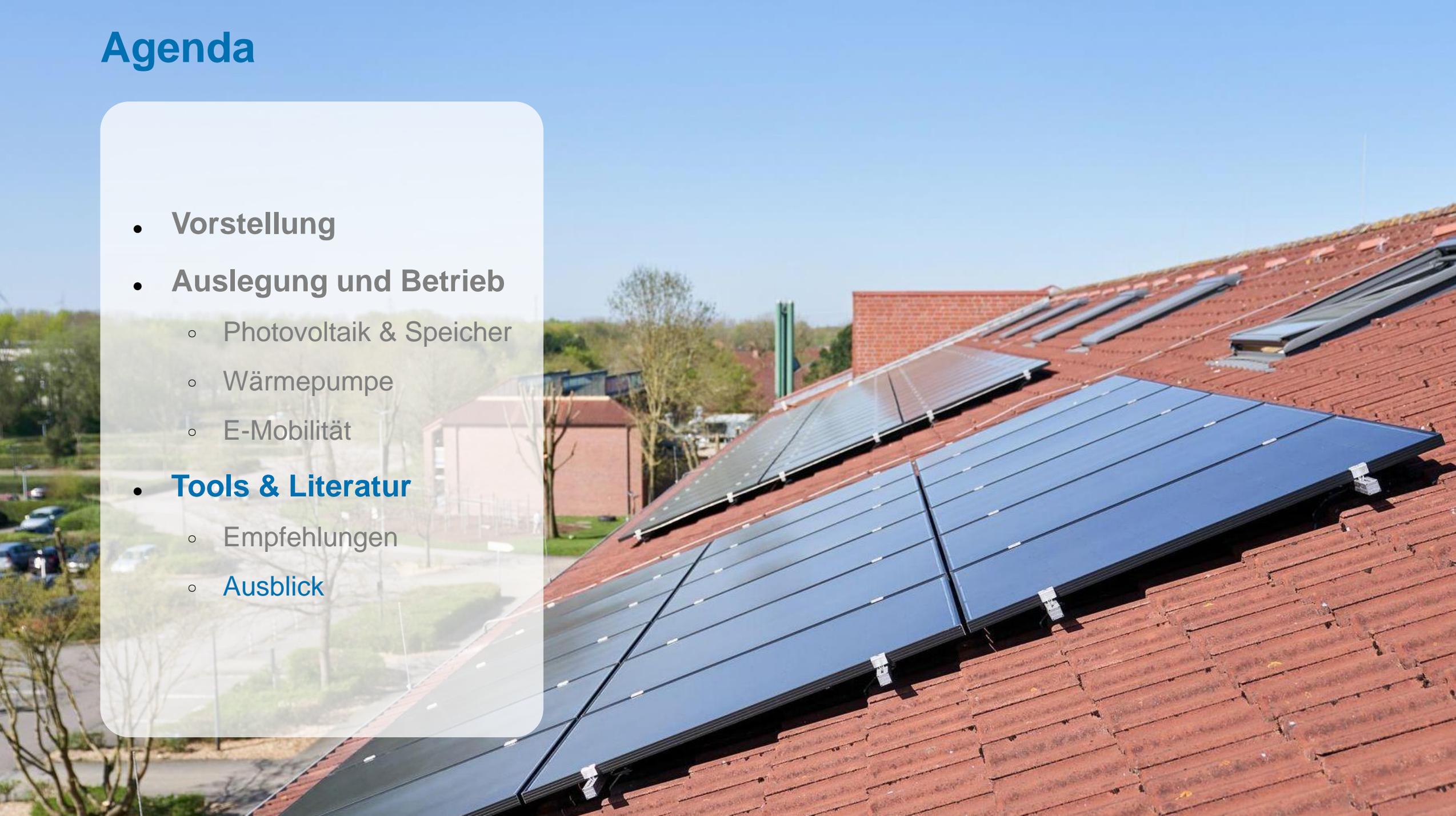
Tools und Literatur

Aber Achtung: Es besteht Bedarf an Standardisierung / Evaluierung bei Online-Tools

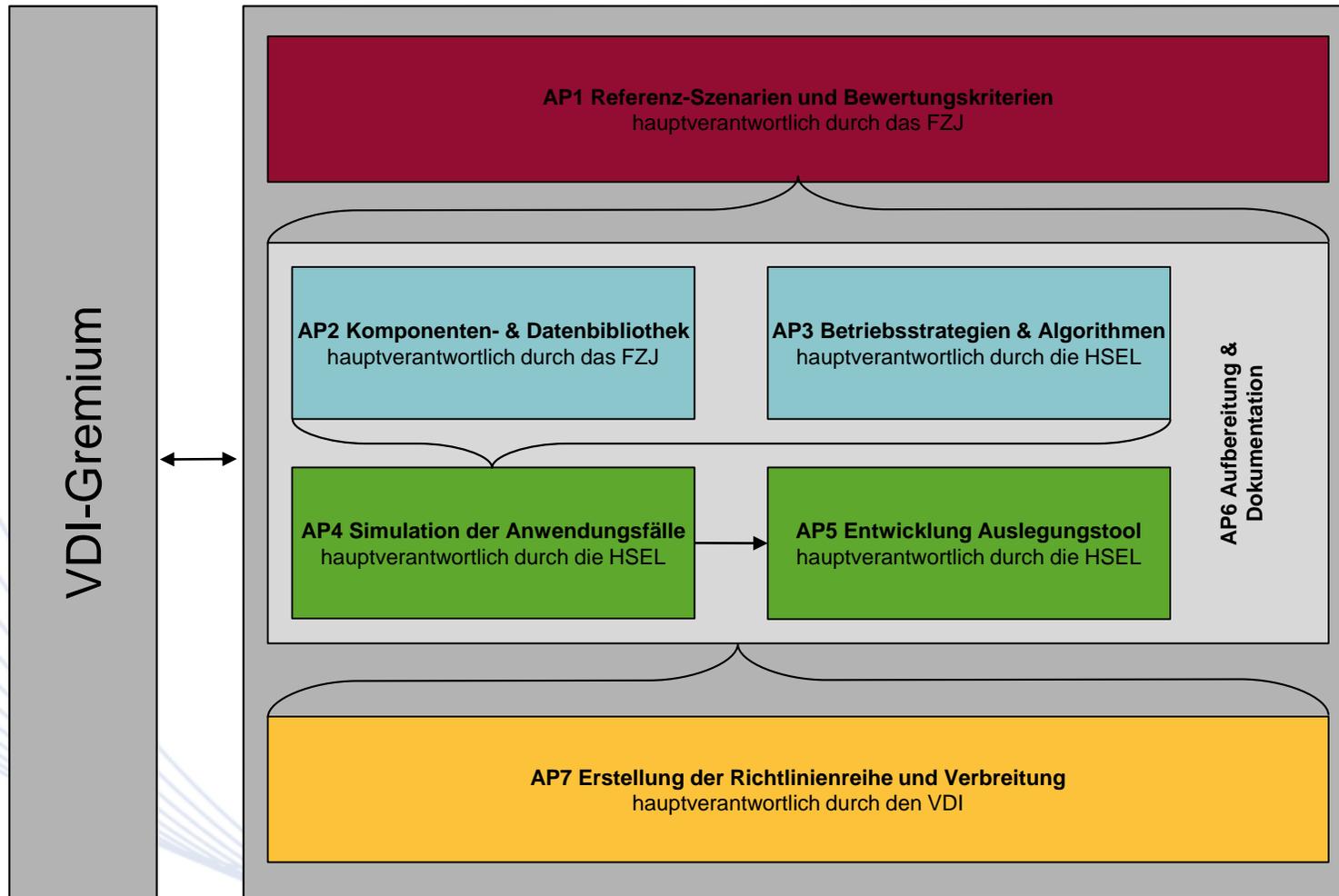


Agenda

- **Vorstellung**
- **Auslegung und Betrieb**
 - Photovoltaik & Speicher
 - Wärmepumpe
 - E-Mobilität
- **Tools & Literatur**
 - Empfehlungen
 - **Ausblick**



Inhalte und Partizipation im Projekt PIEG-Strom



Online-Formular

Möglichkeiten zur Partizipation im Forschungsprojekt PIEG-Strom

- Newsletter
- Experten-Wissen
- Mitarbeit im VDI Gremium

<https://re-lab.hs-emden-leer.de/apps/forms/iQgb6xJzEKbTZZjN>



University of Applied Sciences

**HOCHSCHULE
EMDEN•LEER**

Constantiaplatz 4 ■ 26723 Emden
www.hs-emden-leer.de

M. Sc.

Tjarko Tjaden

Fachbereich Technik
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Regenerative Energien

Tel.: (049 21) 807-1865

Mobil: (0176) 21994731

E-Mail: tjarko.tjaden@hs-emden-leer.de

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

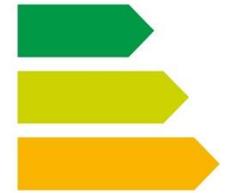


efzn

Energie-Forschungszentrum
Niedersachsen



Klimaschutz- und
Energieagentur
Niedersachsen



Was sagen Sie dazu?

Zeit für Gespräch und Diskussion

efzn

Energie-Forschungszentrum
Niedersachsen



Klimaschutz- und
Energieagentur
Niedersachsen



Mehr zum Thema Solarenergie auf

www.klimaschutz-niedersachsen.de

www.ISFH.de

www.efzn.de

efzn

Energie-Forschungszentrum
Niedersachsen



Klimaschutz- und
Energieagentur
Niedersachsen



Das war das Niedersächsische Forum Solarenergie 2020.

Danke für Ihr Interesse!