

Dipl.-Ing. Thomas Knapp

- 54 Jahre
- Verheiratet, 4 Kinder (10 bis 14 Jahre alt)
- Seit 12 Jahren in OWL
- Experte für energieeffiziente Lösungen im Gebäudebereich
- 20 Jahre Erfahrung in Planung, Forschung und Entwicklung
- Spezialgebiet Kombination von Photovoltaik und Wärmepumpe



Agenda

- 06 Ertrag einer PV-Anlage
- 14 Übersicht Photovoltaik
- 43 Batteriespeicher
- 51 Wärmepumpe
- 57 E-Mobilität

Ertrag einer PV - Anlage

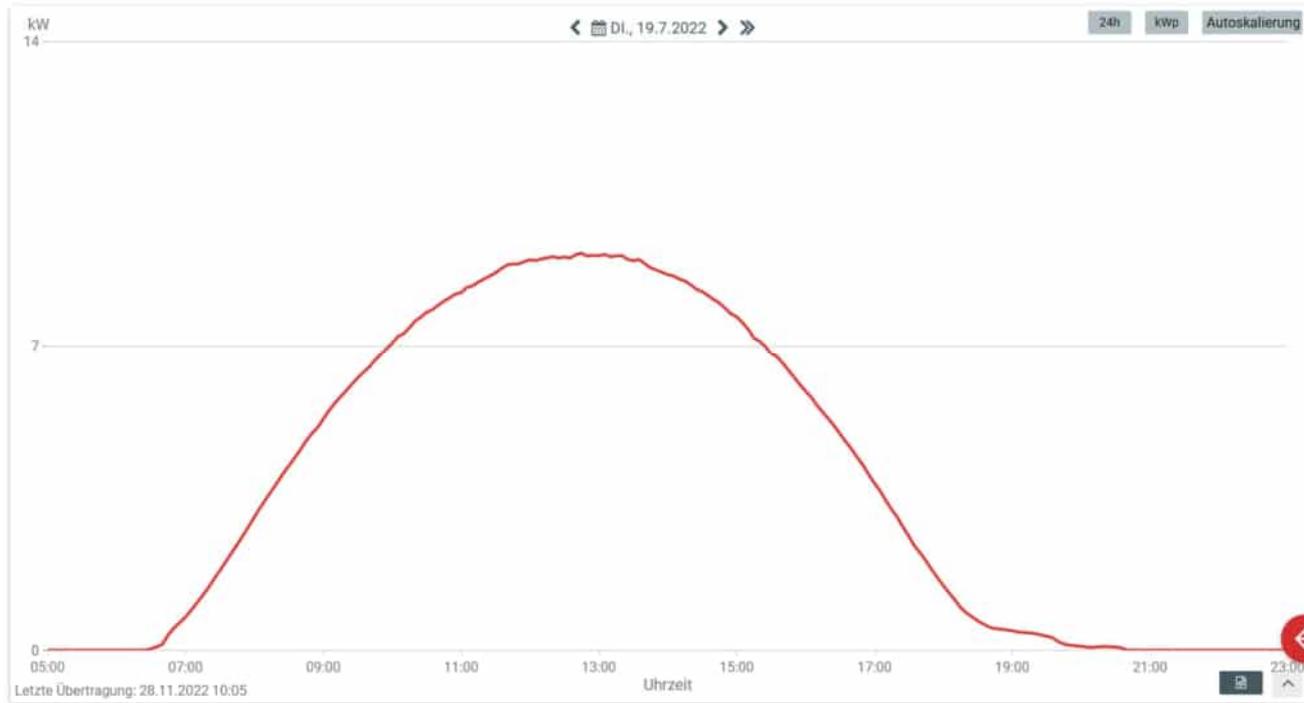


Strahlungsangebot

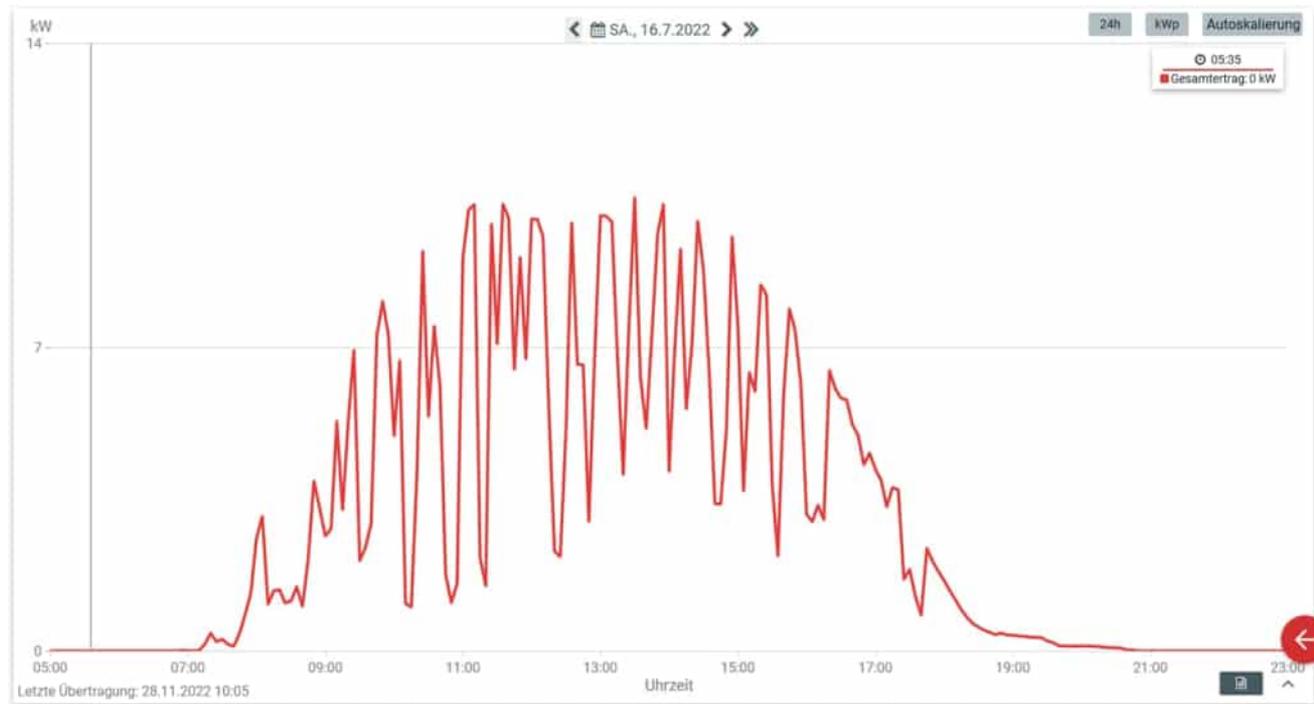
	Süd		Süd-Ost / Süd-West								Ost / West		Nord-Ost / Nord-West								Nord	
	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°	130°	140°	150°	160°	170°	180°			
0°	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%		
10°	92%	92%	91%	91%	90%	89%	88%	87%	85%	84%	83%	82%	81%	80%	79%	78%	78%	77%	77%			
20°	96%	96%	96%	95%	93%	92%	90%	88%	85%	83%	81%	78%	76%	74%	72%	71%	70%	69%	69%			
30°	99%	99%	98%	97%	95%	93%	90%	87%	84%	81%	78%	75%	71%	68%	65%	63%	62%	61%	61%			
40°	100%	100%	99%	97%	95%	92%	89%	86%	82%	79%	75%	71%	67%	63%	59%	56%	54%	53%	52%			
50°	99%	98%	97%	95%	93%	90%	87%	83%	79%	75%	71%	66%	62%	57%	53%	49%	47%	45%	45%			
60°	95%	95%	93%	92%	89%	86%	83%	79%	75%	71%	66%	61%	57%	52%	48%	44%	40%	38%	38%			
70°	89%	89%	88%	86%	84%	81%	78%	74%	70%	65%	61%	56%	51%	47%	42%	38%	35%	33%	32%			
80°	82%	82%	80%	79%	77%	74%	71%	68%	63%	59%	55%	50%	46%	41%	37%	33%	30%	28%	27%			
90°	73%	72%	71%	70%	68%	66%	63%	60%	57%	52%	48%	44%	40%	36%	32%	29%	26%	24%	23%			

https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#api_5.2, eigene Darstellung

Strahlungsangebot, sonniger Tag



Strahlungsangebot, wolkgiger Tag



Solarkataster – Schritt 1



<https://www.solarkataster-kreis-gt.de>

Solarkataster – Schritt 2



Ihr Haushalt

Wie möchten Sie den produzierten Strom nutzen?

Volleinspeisung
 Überschusseinspeisung

Art des Haushalts: Privathaushalt

Anzahl Bewohner:

Stromverbrauch: 4430 kWh/Jahr

Strompreis (brutto): 40 ct/kWh ⚙️

Nutzung des Gebäudes: Eigennutzung Vermietung

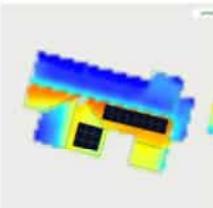
Soll zusätzlich eine Solarthermie-
 Ja Nein

Direkt zum Ergebnis
Zurück
Weiter

Solarkataster – Ergebnis

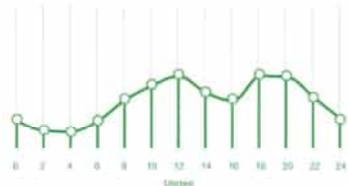
Ihr Haus
Eignung
Gut geeignet (2)
Ihre Ergebnisse

Ihre Photovoltaikanlage



- Kosten** 20.444 € (netto)
- Belegungsvariante** Eigene Belegung
- EEG-Vergütung** Überschusseinspeisung
- Leistung** 10 kWp
- Ertrag/kWp** 799,35 kWh
- Gesamtertrag/Jahr** 7.993 kWh
- Speicher** 5,5 kWh (Lithium-Ionen-Speichersystem)
- Module** 25 Module à 400 Wp

Ihr aktueller Stromverbrauch



Gebaudetyp	Privathaushalt
Bewohner	4
Mieterstrommodell	Nein
Allgemeiner Verbrauch	4.430 kWh
Strompreis (brutto)	40 ct/kWh

Wirtschaftlichkeit (grafisch)



Wirtschaftlichkeit (tabellarisch)

Jahr	Erträge kWh	EEG-Erlös €	Eigenverbrauch Ersparnis in €	Zinsen €	Tilgung €	Ergebnis €	Kontostand €	Restschuld €
0	120	5	19	0	0	-5	-20419	0

Zurück
Ergebnisse drucken
Weiter

Geodaten © Land NRW (2017) [d3-dslby-2-0], Karte © OpenStreetMap-Mitwirkende Impressum Nutzungsbedingungen Datenschutz

Ertragsberechnung

- Einstrahlung auf Fläche als Grundlage
- Wirkungsgrad PV-Module (22 %)
- Verschattung
- Kabelverluste (ca. 1 %)
- Wirkungsgrad Wechselrichter (> 95 %)
- Beispiel
 - Einstrahlung: 980 kWh/m²a
 - Ertrag: 916 kWh/kWp
198 kWh/m²a
 - Wirkungsgrad gesamt: 20 %
- Wichtig für Wirtschaftlichkeit kWh/kWp

PV Anlage Fredli

Konzeption: Thomas Knapp
Anlagennummer: 13.002

Kunde: Fredli

Projektübersicht



PV-Anlage

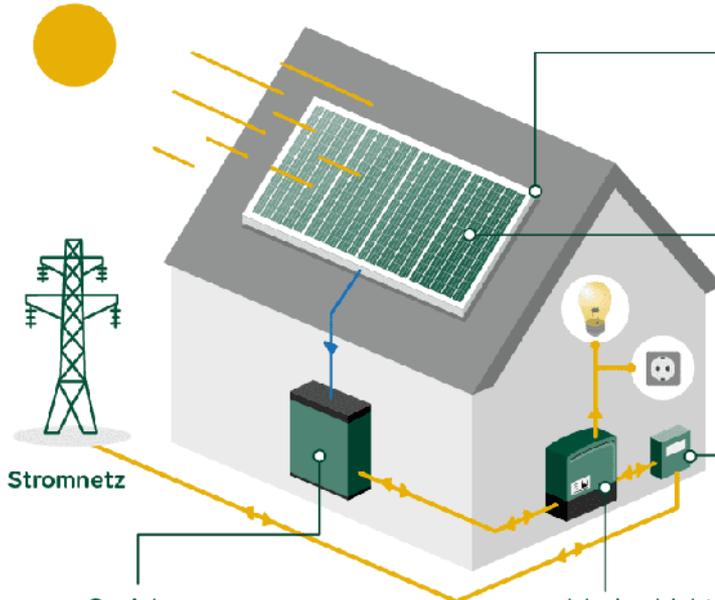
3D, Netzeigeloopete PV-Anlage mit elektrischen Verbrauchern und Batteriesystemen

Einwohner	Stiefelfeld, DSU (1999 - 2022)
Quelle der Werte	DWD TM13 (Vestin Software)
PV-Generierleistung	9,72 kWp
PV-Generierfläche	43,2 m ²
Anzahl PV-Module	21
Anzahl Wechselrichter	1
Anzahl Batteriesysteme	1

Photovoltaik – ein Überblick



Sonneneinstrahlung



Montagesystem

Das Montagesystem der Anlage sorgt dafür, dass die Module auf dem Dach halten und richtig ausgerichtet sind.

Solarmodule

Die in den Solarmodulen verbauten Solarzellen produzieren Gleichstrom.

Zweirichtungszähler

Der Stromzähler erfasst den von der Anlage produzierten Strom.

Stromnetz

Speicher

Ein Speicher sichert den von der Anlage produzierten Strom, wenn Sie ihn nicht direkt verbrauchen können.

Wechselrichter & Energiemanager

Der Wechselrichter wandelt den Gleichstrom in Wechselstrom um, damit dieser im Haushalt genutzt werden kann.

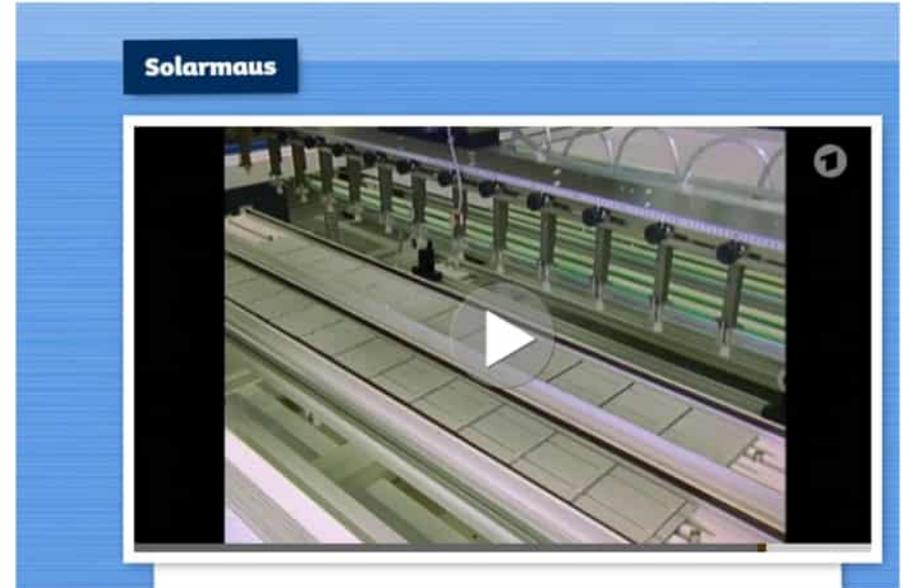
<https://www.aroundhome.de/solaranlage/photovoltaik/montage-aufbau/>

Solarmodule



Photovoltaik - Grundprinzip

- PV-Zellen bestehen im Wesentlichen aus Silizium (Sand bzw. Quarz)
- Daraus werden hochreine Siliziumblöcke hergestellt
- Neben Silizium sind noch geringe Mengen Störstoffe (Bor, Aluminium, bzw. Phosphor) enthalten
- Diese ermöglichen den photovoltaischen Effekt (siehe Video)



[Solarmaus:](#)

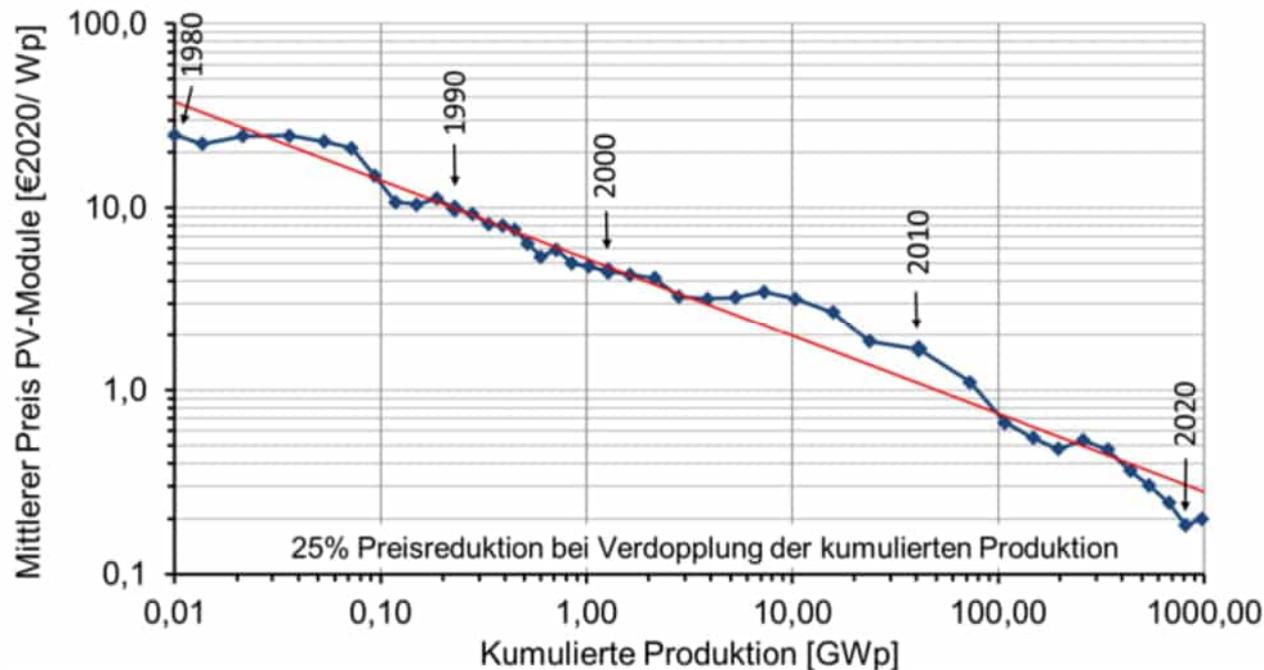
[//www.wdrmaus.de/filme/sachgeschichten/solarmaus.php5](http://www.wdrmaus.de/filme/sachgeschichten/solarmaus.php5)

Photovoltaik - Grundprinzip

- Je nach Herstellungsart unterscheidet man
 - polykristalline und
 - monokristalline Module
- Diese unterscheiden sich im Wirkungsgrad:
 - polykristallin 15 bis 20 %
 - monokristallin 20 bis 22 %
- 80 % der Module sind heute monokristallin
- Der Wirkungsgrad steigt:
 - 2000 ca. 13 %
 - 2020 ca. 20 %
 - 2023 ca. 23 %



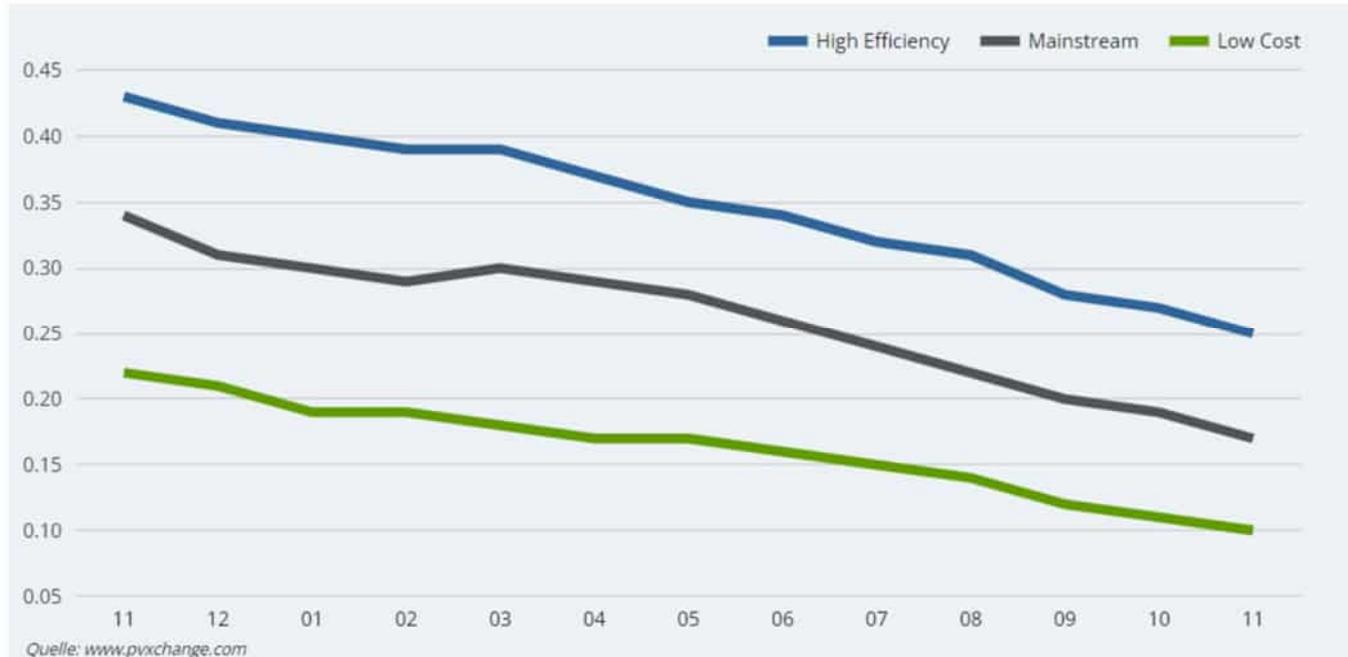
Photovoltaik - Kosten



<https://www.pvchange.com/Preisindex>

<https://www.pv-fakten.de>

Photovoltaik – Kosten 2023

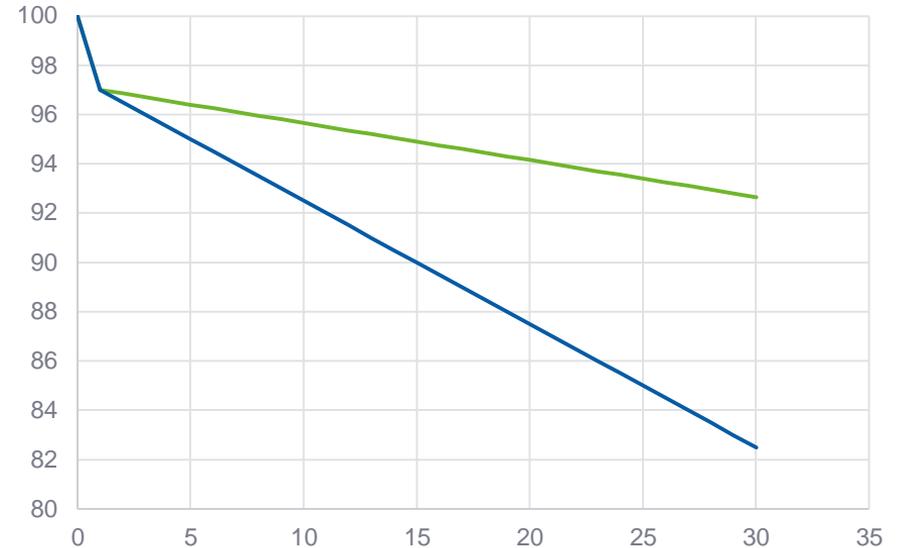


<https://www.pvxchange.com/Preisindex>

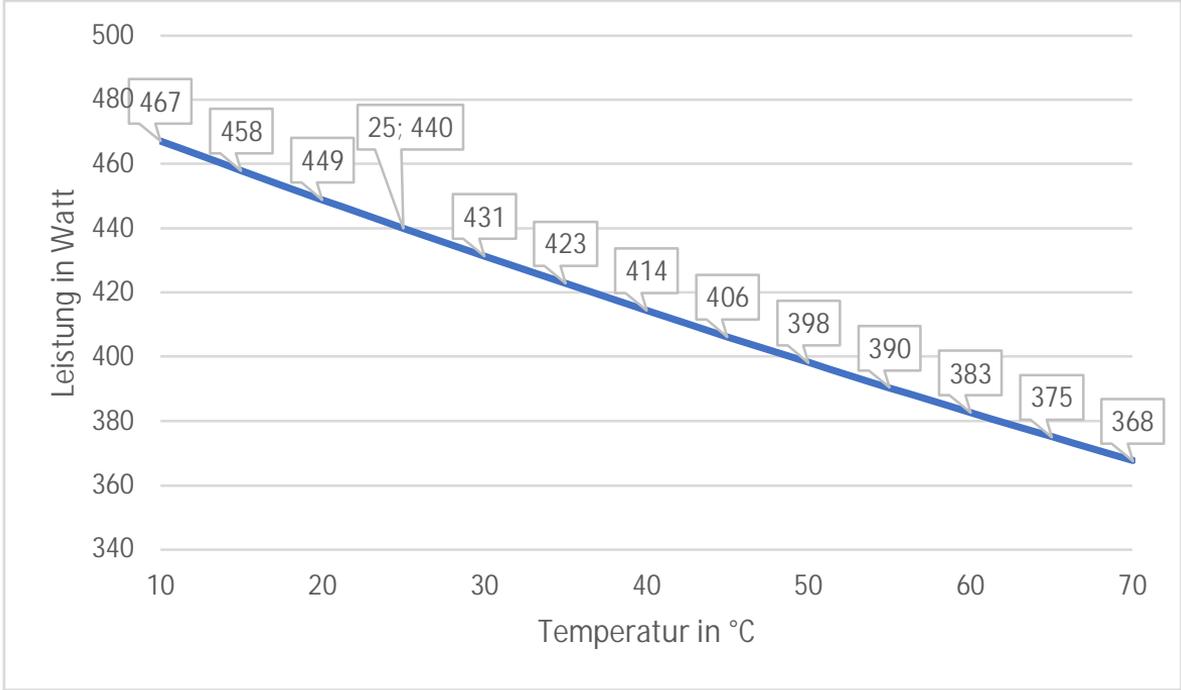
<https://www.pv-fakten.de>

PV-Module: Lebensdauer

- Im ersten Jahr verlieren PV-Module ca. 3 % Leistung
- Danach pro Jahr im Schnitt 0,15 % (Quelle: Fraunhofer ISE)
- Nach
 - 20 Jahren: 94 % Leistung
 - 30 Jahren: über 92 % Leistung
- Selbst bei unrealistischen 0,5 % Leistungsverlusten pro Jahr noch über 80 % nach 30 Jahren
- Durch Leistungsgarantie der Hersteller abgedeckt (i.d.R. min. 80 % nach 20 Jahren)

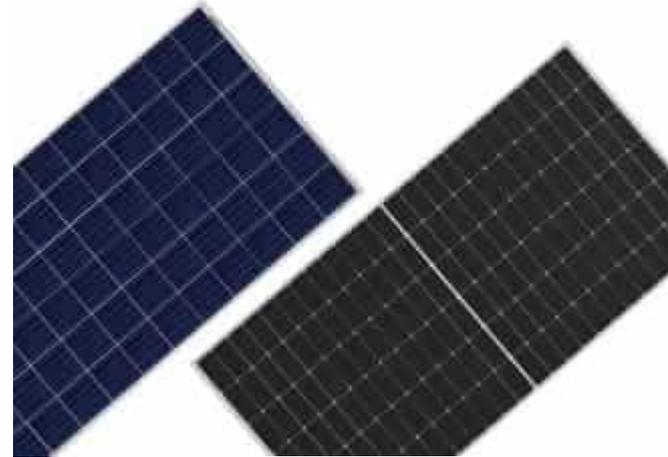


Photovoltaik - Temperaturverhalten



PV Module

- Polykristallin: blauer Farbton
- Monokristallin: schwarzer Farbton
- Vollzellen und Halbzellenmodule
- Vorteile Halbzellenmodule:
 - Höhere Modulleistung weil weniger Innenwiderstand, bessere Lichtnutzung und besseres Temperaturverhalten
 - Höhere Erträge bei Teilverschattung



RÜCKSEITE VON
NORMALEM PV-MODUL



RÜCKSEITE VON
HALBZELLEN PV-MODUL

Halterung – Unterkonstruktion (UK)



Unterkonstruktion - Schrägdach

Bestandteile:

- Dachanker
- Halteschienen
- Modulklemmen



Unterkonstruktion - Schrägdach



Unterkonstruktion - Flachdach

- Module werden aufgeständert:
 - Südausrichtung (10 bis 20°)
 - Ost-/Westausrichtung (<10°)
- Ballastierung mit z.B. Steinplatten um Dachdurchdringung zu vermeiden
- Bei Gründach Integration in Substrat möglich



Wechselrichter



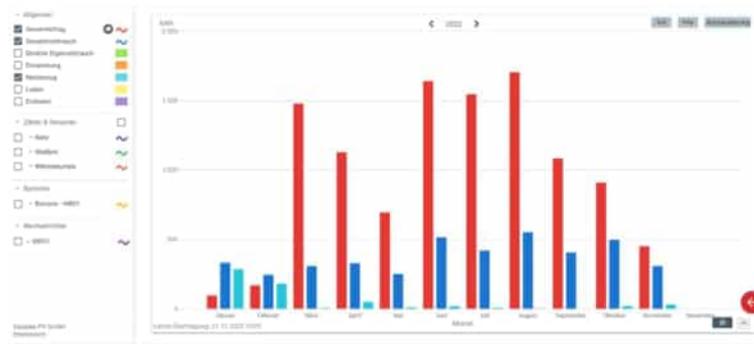
Wechselrichter

- Wandelt die Gleichspannung aus den Modulen in Wechselspannung um
- Bei kleinen Anlagen – bis ca. 6 kW – einphasig
- Ab 6 kW Leistung immer dreiphasig
- Sorgt für die optimale Leistung der Anlage (MPP-Tracker)
- Bei unterschiedlichen Ausrichtungen mehrere MPP-Tracker notwendig
- Wirkungsgrad > 97 %
- Inzwischen meist als Hybrid-Wechselrichter zur Integration einer Batterie



Wechselrichter – zusätzliche Funktionen

- Monitoring der Anlage (Ertrag), für Verbrauch, Einspeisung und Bezug sind zusätzliche Geräte notwendig
- Überwachung auf Funktion
- Netzüberwachung, d.h. Abschalten bei Netzausfall
- Fehlerstromüberwachung
- Teilweise Schaltausgang für Erhöhung Eigenstromverbrauch (Wärmepumpe)



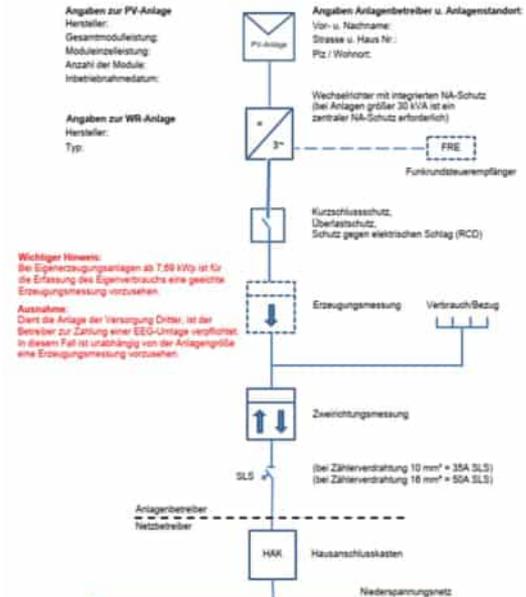
Stromanschluss



Anschluss der Anlage an das Stromnetz

- Vorgabe in den TAB des Netzbetreibers
- Erzeugungsmessung nicht unbedingt notwendig (Wechselrichter reicht aus)
- Absicherung vor Wechselrichter (Fehlerschutz im Wechselrichter integriert)
- Zweirichtungszähler für Messung der Einspeisung

Gesamtübersichtsplan am Beispiel einer PV - Überschusseinspeisung (E-Plan)



Vorlage der NEM Netz GmbH, Stand: 22.12.2016

Rahmenbedingungen



Leistungsstufen nach EEG 2023

Überschusseinspeisung mit Festvergütung

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Steigende Anlagengröße</p>	> 7	kWp	Smart-Meter-Gateway erforderlich
	> 10	kWp	Reduzierung der EEG-Vergütung (8,2 -> 7,1 ct/kWh)
	> 25	kWp	Steuerbarkeit durch den Netzbetreiber erforderlich
	> 30	kWp	Zahlung 40 % der EEG-Umlage auf Eigenverbrauch gem. EEG Zentraler NA-Schutz erforderlich
	> 40	kWp	Reduzierung der EEG-Vergütung (7,1 -> 5,8 ct/kWh)
	> 100	kWp	Direktvermarktungspflicht EEG-Vergütung nach Marktprämienmodell

Anmeldung beim Netzbetreiber

- Anlage muss vor der Installation angemeldet werden
- Netzbetreiber hat 8 Wochen Zeit für Prüfung
- Bei Anlagen < 10 kWp in aller Regel kein Problem
- Installateur übernimmt oft die Anmeldung
- Voraussetzung für Einspeisevergütung
- Falls Netzbetreiber = Messstellendienstleister wird er bei Bedarf Zähler wechseln

EWEnetz energieversorger für nordrhein-westfalen Zurück **START**

Melden Sie Ihre Erzeugungs- oder Speicheranlage

Hier können Sie Ihre Erzeugungs- oder Speicheranlage melden. Dazu einfach die notwendigen Felder im Formular ausfüllen und absenden.

- Standort**

Standort angegeben als: Adresse
PLZ und Ort: 48429 Vales
Straße und Hausnummer: Bremer Tor 6
Ort: Vales
- Erzeugungsart**

Energieart: Sonne
Anlagenart: Solaranlage
- Netzanschluss**

Wird der Strom-/Netzanschluss bereits verwendet? ja Bauantrag kein

In welcher Spannungsebene ist/wird der Netzanschluss angeschlossen?

Niederspannung

Mittelspannung

Unbekannt

Die Summe der Erzeugungsleistung ist größer als 30 kW

Lageplan mit Flurstücksnummer* **HOCHLADEN**

*Zugriff über den Webbrowser

Die Eingabe des Fotos ist verpflichtend

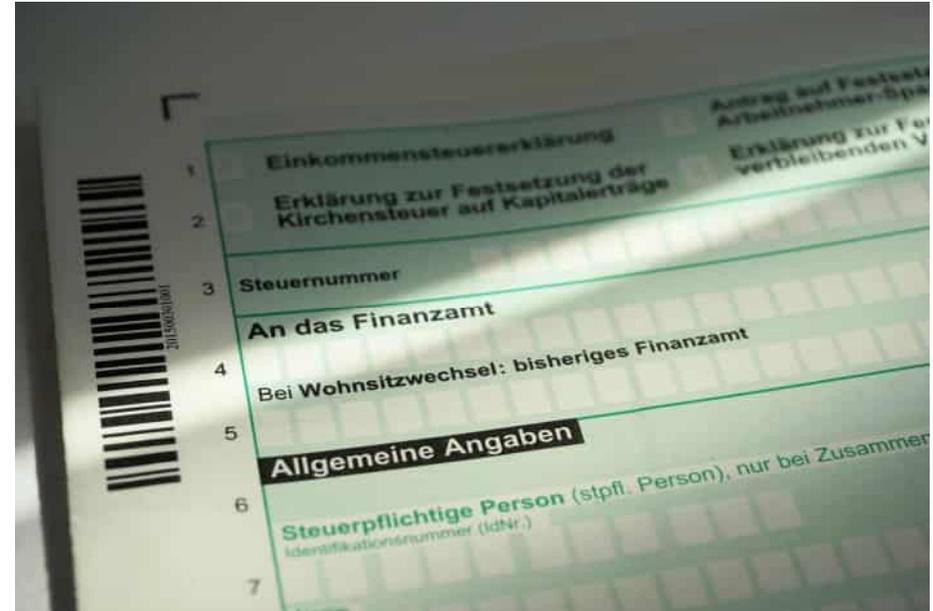
Anmeldung Marktstammdatenregister

- Register für Anlagen und Marktakteure (Stromlieferanten, Direktvermarkter, Messstellenbetreiber, etc.)
- Anlagenbetreiber muss seine Anlage innerhalb eines Monats nach Inbetriebnahme registrieren
- Online unter: <https://www.marktstammdatenregister.de>
- Daten sind zum Teil (Art, Leistung, Ort, Inbetriebnahme) öffentlich zugänglich
- Im Oktober wurden z.B. über 65.000 PV-Anlagen in Betrieb genommen



Sonstige Anmeldungen

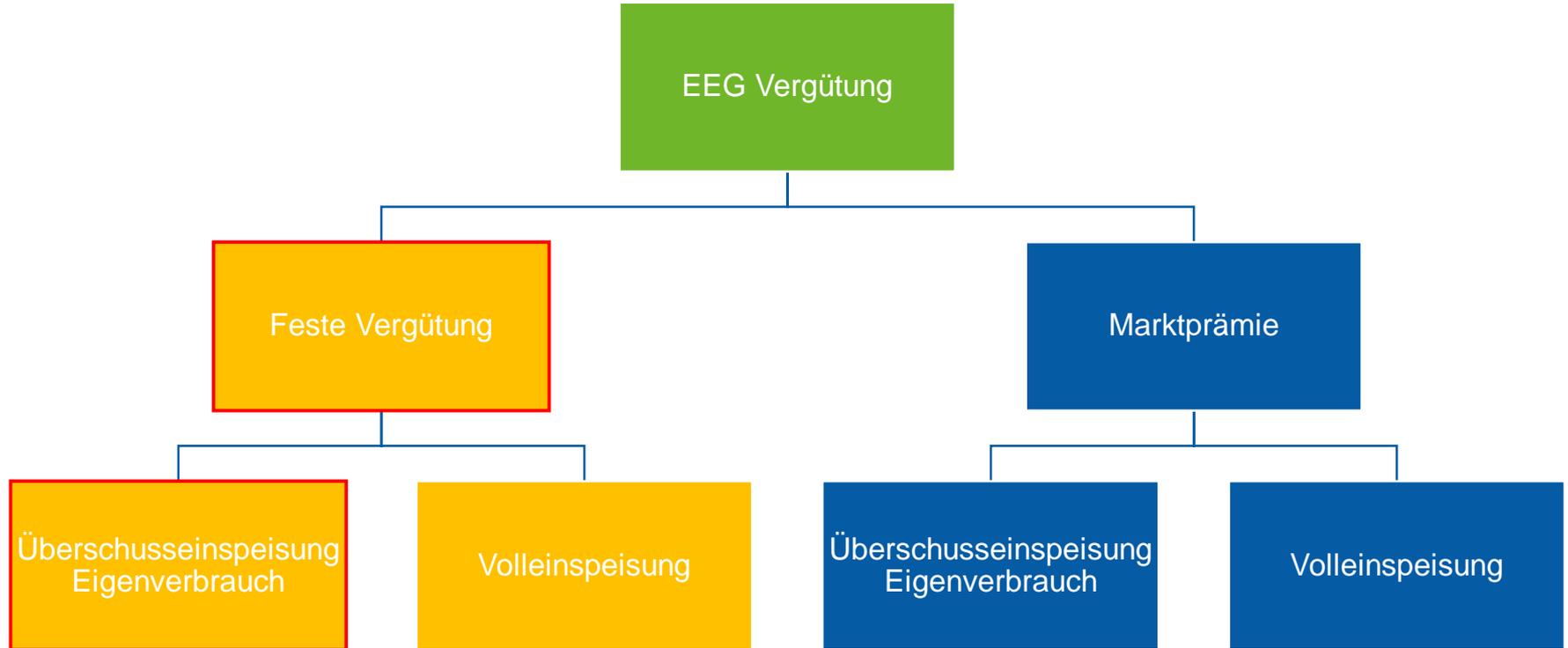
- Anmeldung beim Finanzamt entfällt für kleine Anlagen (30 kWp, bzw. 15 kWp je WE) im EEG 2023
- Keine Einkommens- und Umsatzsteuer
- Gewerbesteuer nur bei Gewinn > 24.500 €
- Entfällt komplett im EEG 2023 für kleine Anlagen.



Wirtschaftlichkeit



Vergütungsmodelle



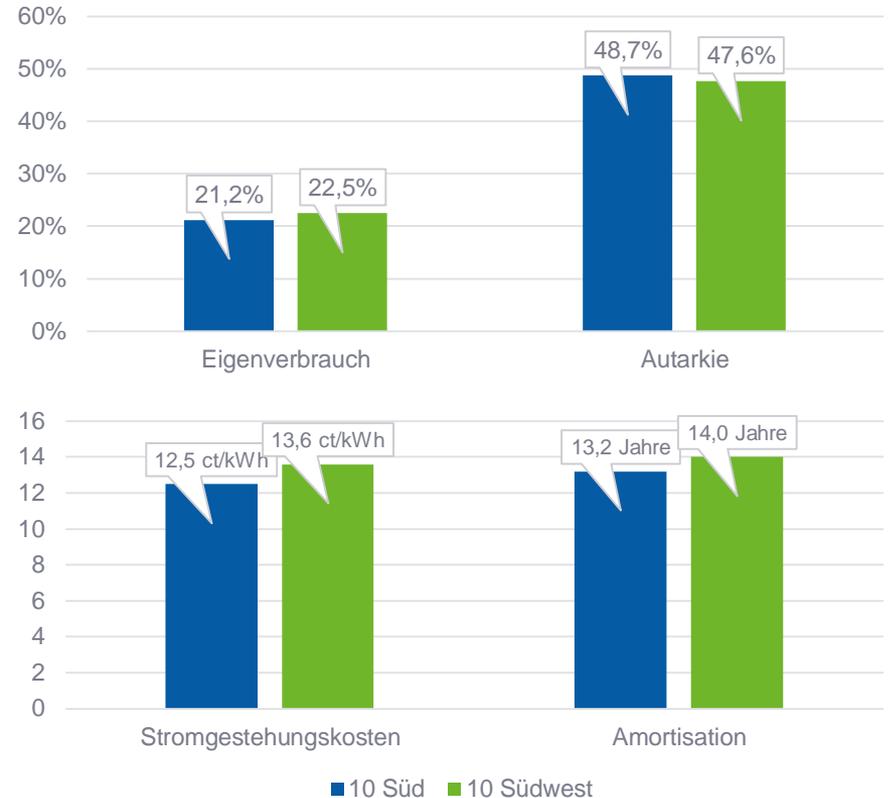
Faktoren für die Wirtschaftlichkeit

- Investitionskosten
 - Netto: 1.300 bis 1.500 €
 - Brutto: 1.550 bis 1.800 €
 - 10 kWp ca. 14.000 € netto
- Ertrag
 - 40° Süd: 1.245 kWh/m²a
 - 40° Südwest: 1.145 kWh/m²a
- Eigenverbrauch:
 - Einspeisevergütung: 8,2 ct/kWh
 - Strompreis: 32 ct/kWh (netto)
- Finanzierungskosten
- Betriebskosten (Zählermiete)
- Wartungskosten (Rückstellung)



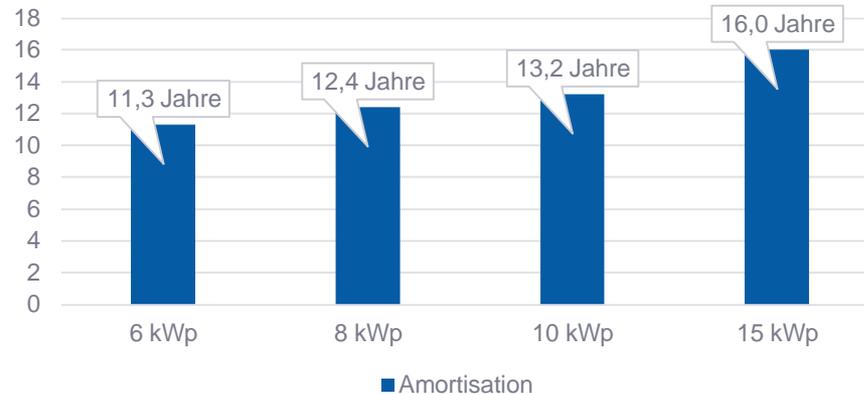
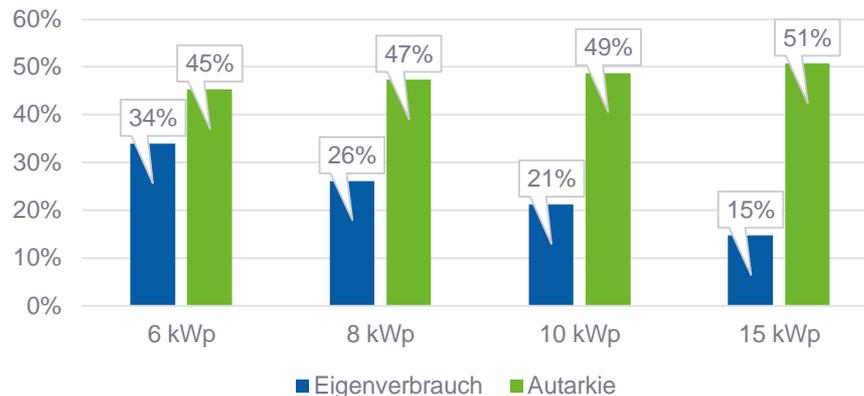
Einfluss Ausrichtung

- Zwei Beispiele:
 - Ausrichtung Süd, 40°
 - Ausrichtung Südwest, 40°
- Einstrahlung Südwest ca. 6,5 % weniger
- Ertrag:
 - Süd: 919 kWh/kWp
 - Südwest: 847 kWh/kWp (8 % weniger)



Einfluss Eigenverbrauch

- 4 Personenhaushalt mit 4.000 kWh/a Strombedarf
- Vier Beispiele:
 - Anlagengröße 6 kWp
 - Anlagengröße 8 kWp
 - Anlagengröße 10 kWp
 - Anlagengröße 15 kWp
- Autarkie steigt mit Anlagengröße nur leicht
- Eigenverbrauchsanteil sinkt stark
- Wirtschaftlichkeit sinkt



Fazit Wirtschaftlichkeit

- Eigenverbrauch für hohe Wirtschaftlichkeit entscheidend
- Verbrauch wird in Zukunft durch E-Mobilität und Wärmepumpe steigen
- Auch große Anlagen sind wirtschaftlich
- Strompreis aus PV-Anlage ist für die nächsten 20 Jahre fest
- Deshalb: Dach voll machen!

So läuft der Solarenergie-Ausbau

Jährlicher Zubau von Fotovoltaik und Ausbauziele im Erneuerbare-Energien-Gesetz



Zuletzt aktualisiert: 25.11.2023

Quelle: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, Bundesnetzagentur



Jede Platte zählt!

Batteriespeicher



Technik

- Zellchemie:
 - Li-Ion NCA (Nickel/Cobalt/Aluminium)
 - Li-Ion NMC (Nickel/Mangan/Cobalt)
 - LFP (Lithium-Eisenphosphat)
 - SIB (sodium-ion-battery, Natrium)

- Energiedichte:
 - Li-Ion: 120 – 260 Wh/kg
 - LFP: 90 – 160 Wh/kg
 - SIB: 75 – 165 Wh/kg



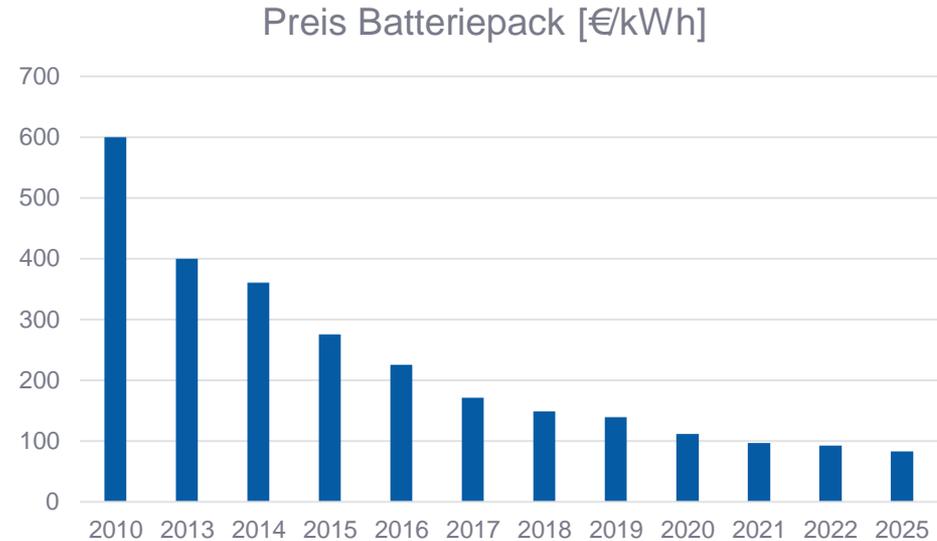
Eigenschaften

- Eigenschaften Li-Ion
 - Hohe Energiedichte
 - Hohe Lade-/Entladeleistung
- Eigenschaften LFP
 - Hohe Lade-/Entladeleistung
 - Hohe Zyklfestigkeit / Lebensdauer
 - Hohe Sicherheit
 - Kein Nickel und Cobalt, günstig
- Eigenschaften SiB
 - Sehr hohe Lade-/Entladeleistung
 - Sehr hohe Lebensdauer
 - Hohe Sicherheit

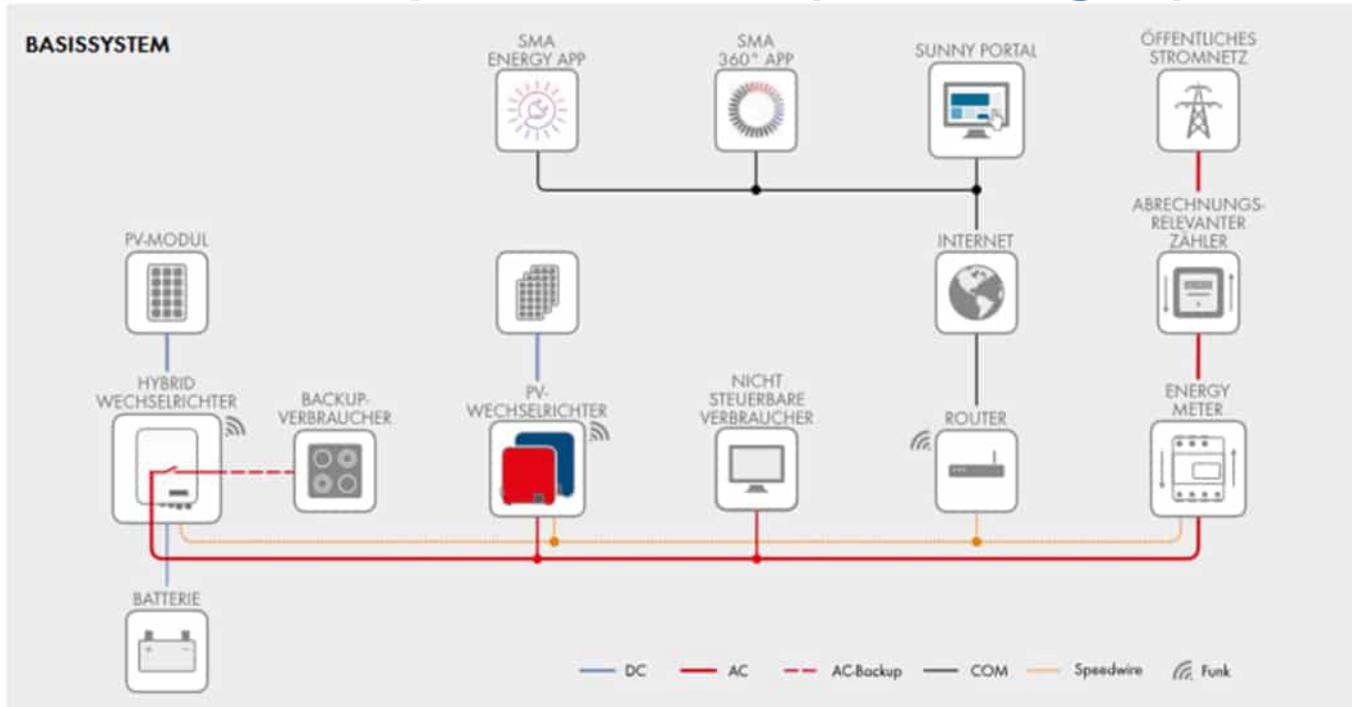


Kosten

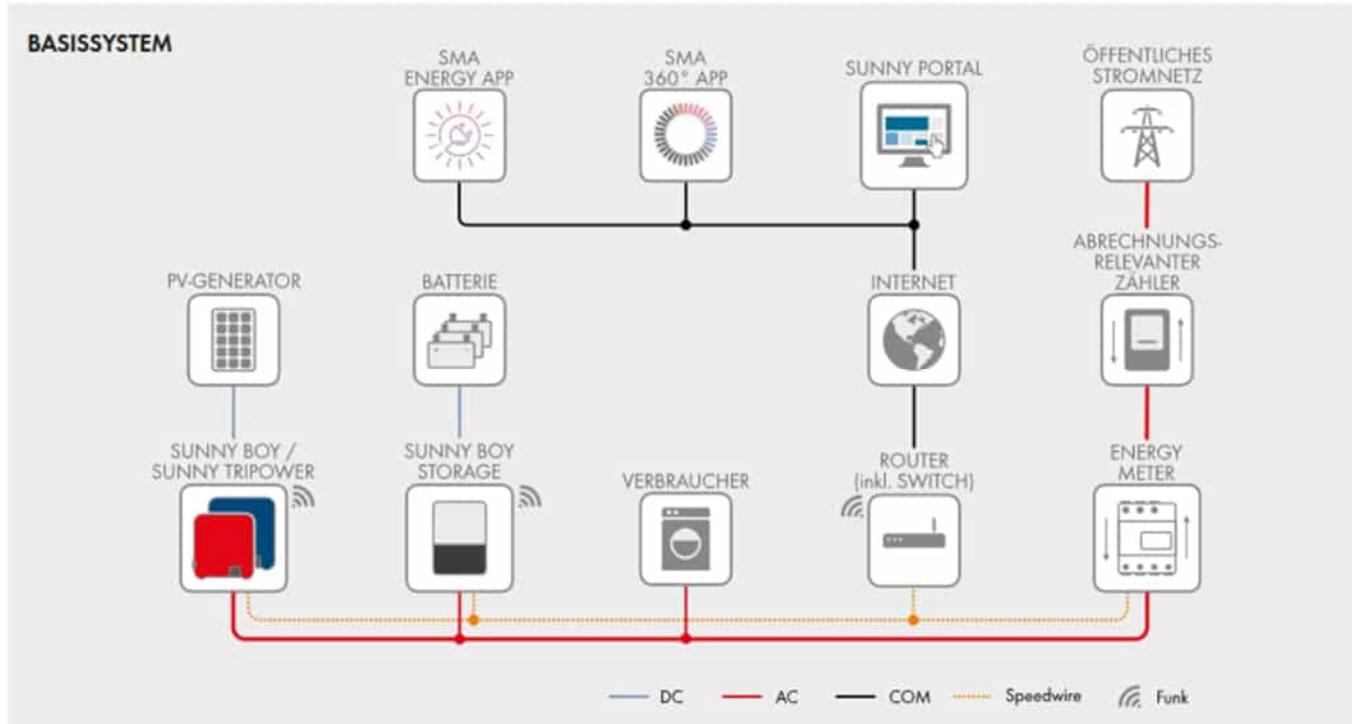
- Aufbau:
 - Batteriezelle
 - Batteriepack
 - Batteriemodule
 - Elektronik
- Kosten für Batteriepacks ca. 100 €/kWh
- Kosten für kompletten Speicher (inkl. Wechselrichter):
 - 2013: 2.500 €/kWh
 - 2022: 1.000 €/kWh
 - 2023: < 600 €/kWh



Integration Batteriespeicher – DC (Neuanlagen)

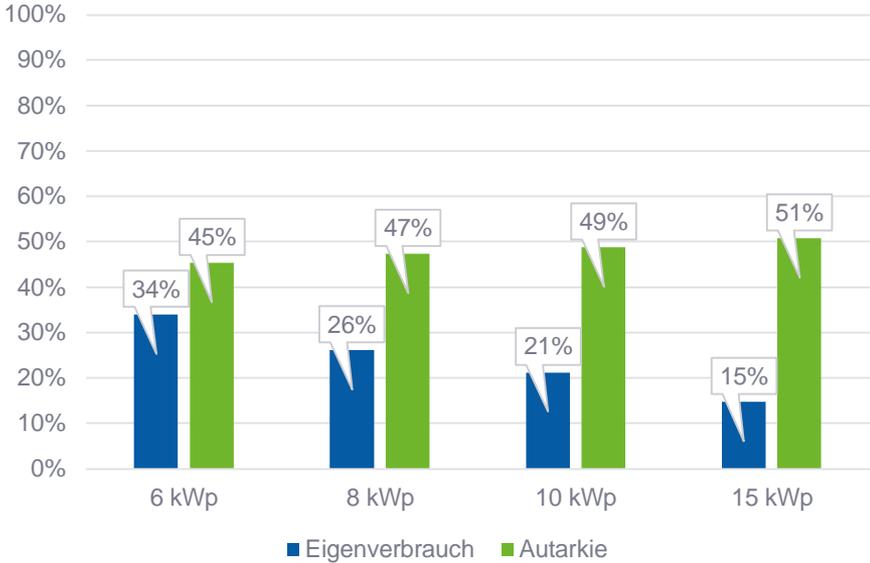


Integration Batteriespeicher – AC (Bestandsanlagen)

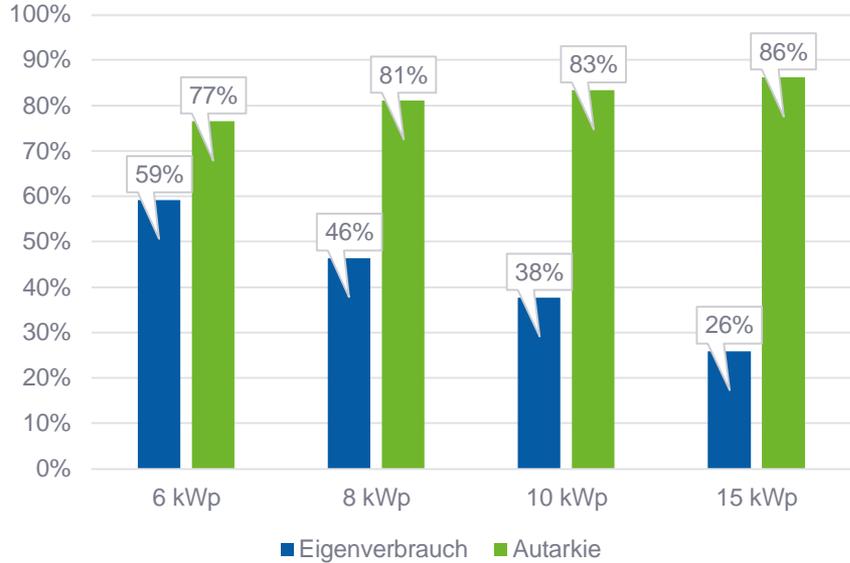


Autarkie

ohne Batterie

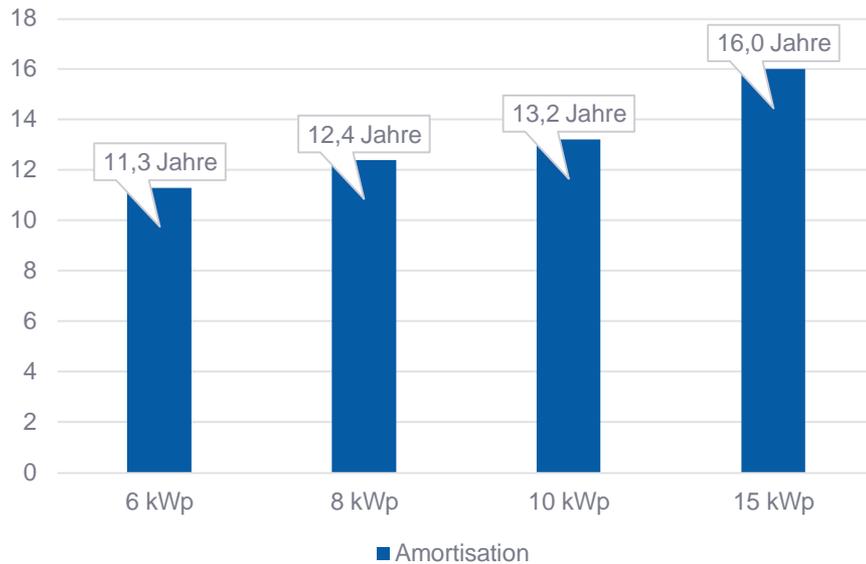


mit Batterie, 5 kWh, 3,6 kW

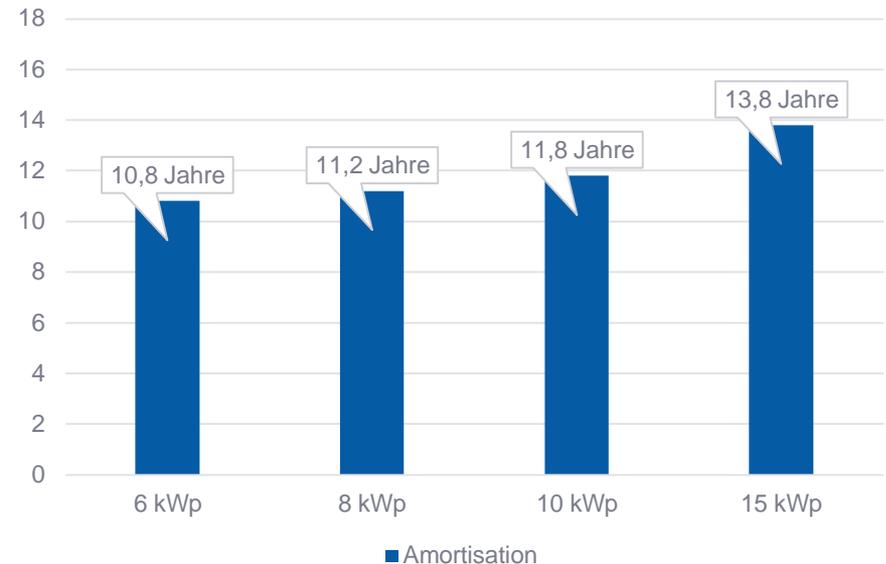


Wirtschaftlichkeit PV mit Batteriespeicher

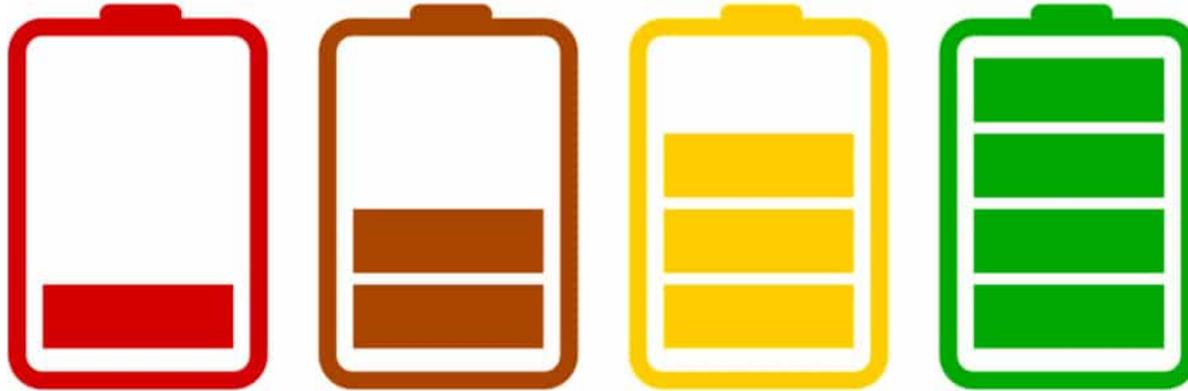
ohne Batterie



mit Batterie, 5 kWh, 3,6 kW



Fazit Batteriespeicher

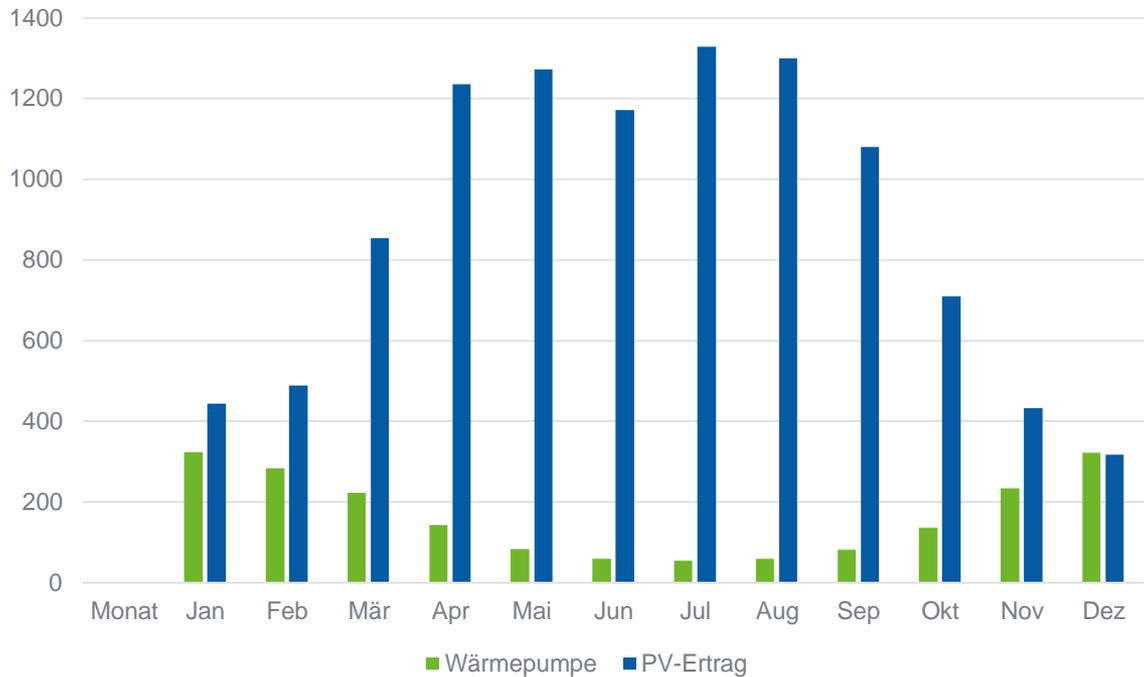


- Batterie erhöht Eigenverbrauch und Autarkie massiv
- Für 4 Personenhaushalt reichen 5 kWh Speicher
- Bei 600 €/kWh ist Batterie wirtschaftlich
- Batterie sollte nur Haushaltsstrom versorgen, Wärmepumpe und Elektroauto direkt versorgen

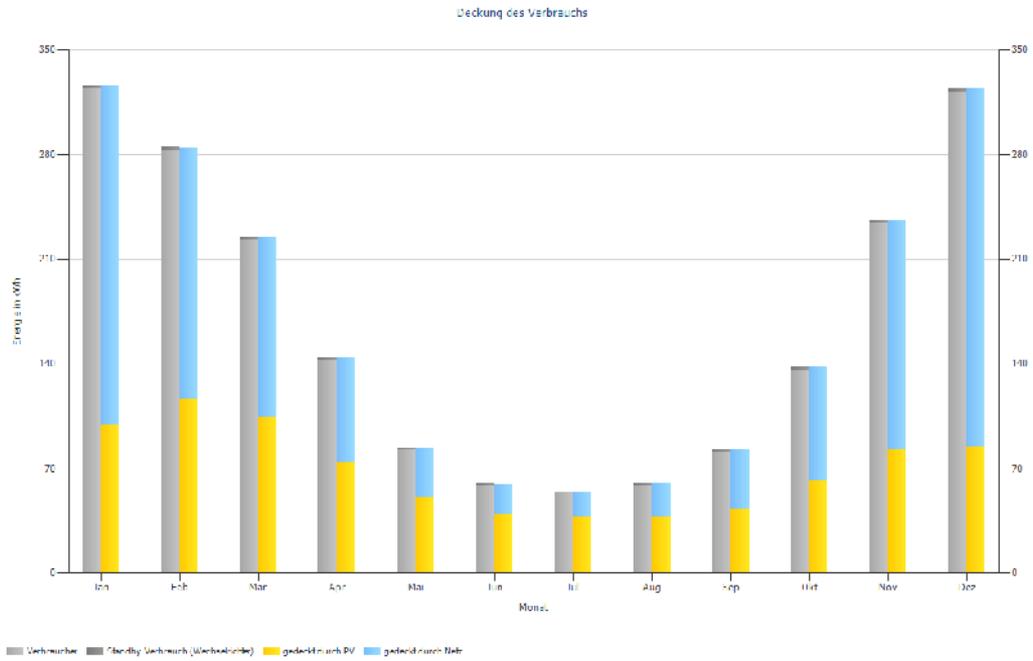
Wärmepumpe



Wärmepumpe – Strombedarf

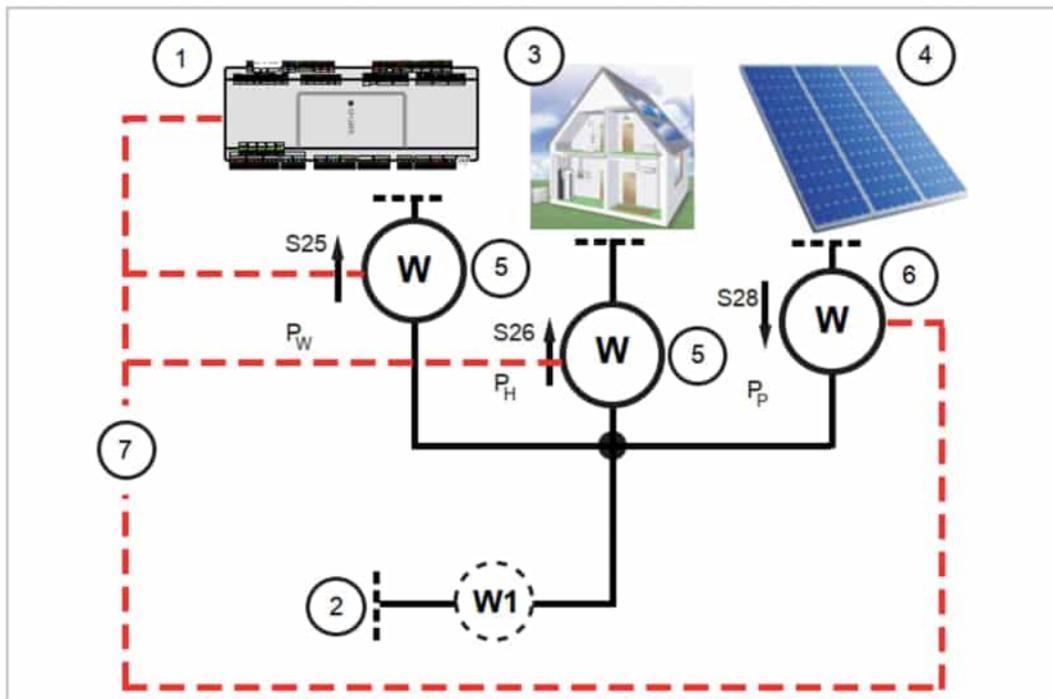


Wärmepumpe – Strombedarf



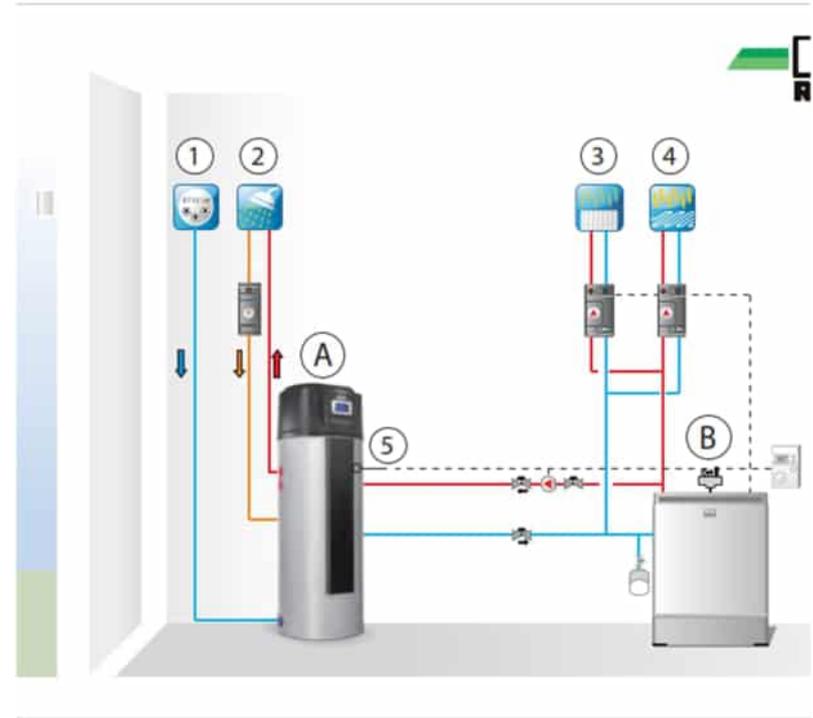
Wärmepumpe – Smart Grid Ready

- Wärmepumpe erhöht die Soll-Temperatur wenn PV-Strom eingespeist wird.
- Funktioniert sowohl für Warmwasser als auch für Heizung
- Dadurch wird die Laufzeit der Wärmepumpe in Zeiten verschoben, zu denen Eigenstrom produziert wird.
- Auch zeitvariable Stromtarife möglich.

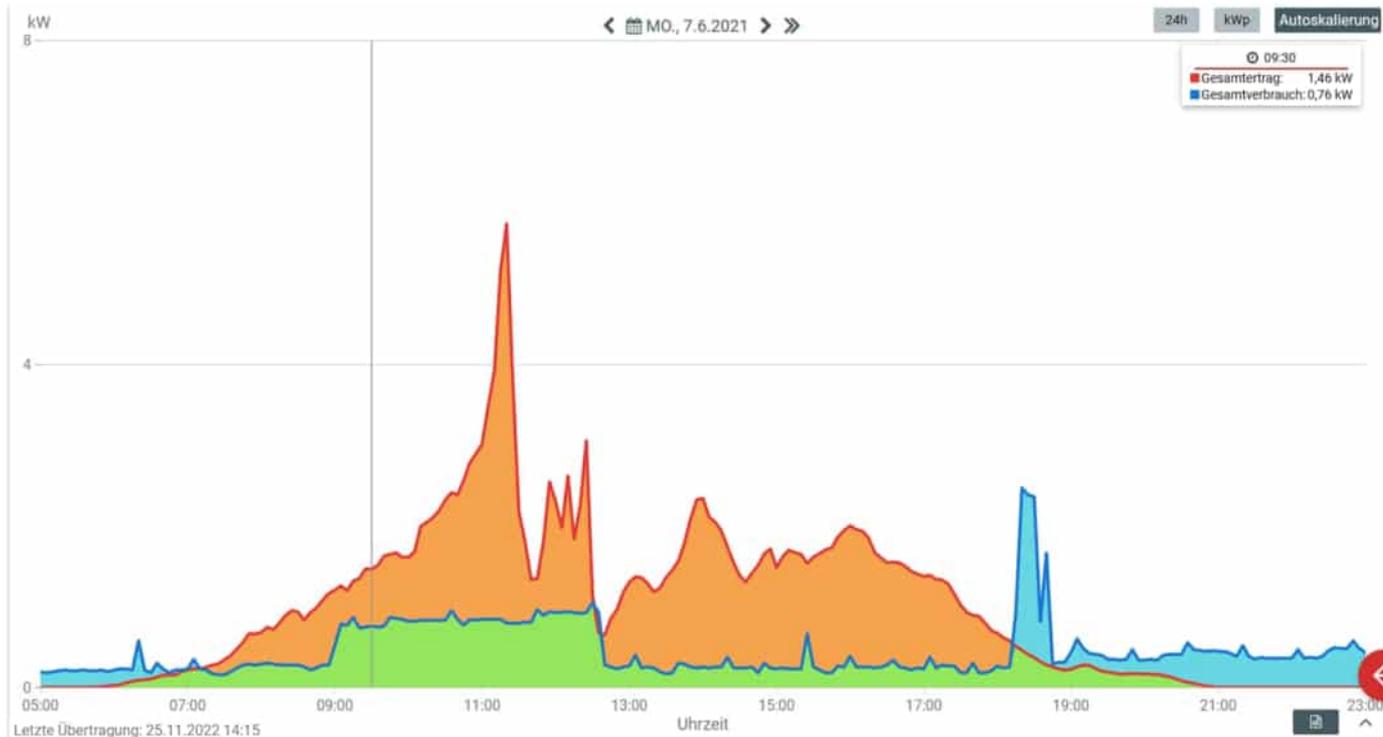


Warmwasserwärmepumpe

- Kann einfach statt bestehendem Warmwasserboiler installiert werden.
- Grundtemperatur wird über den Kessel gehalten
- Sobald PV-Strom zur Verfügung steht, läuft die Wärmepumpe
- Leistung nur ca. 500 W -> nutzt den PV-Strom optimal
- Manche Wechselrichter haben Schaltkontakt, um Wärmepumpe freizugeben
- Besser Messung der Einspeisung



Warmwasserwärmepumpe - Praxisbeispiel



Elektromobilität

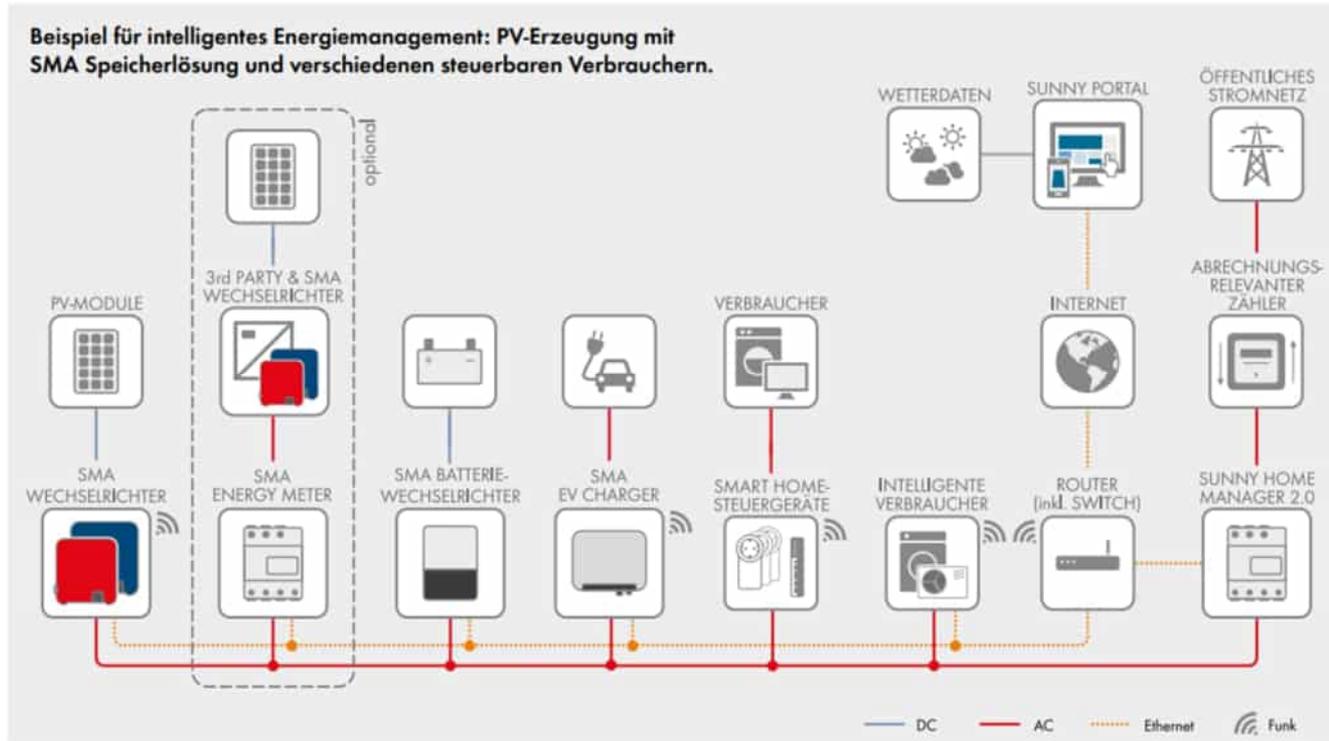


Elektromobilität und PV-Anlage

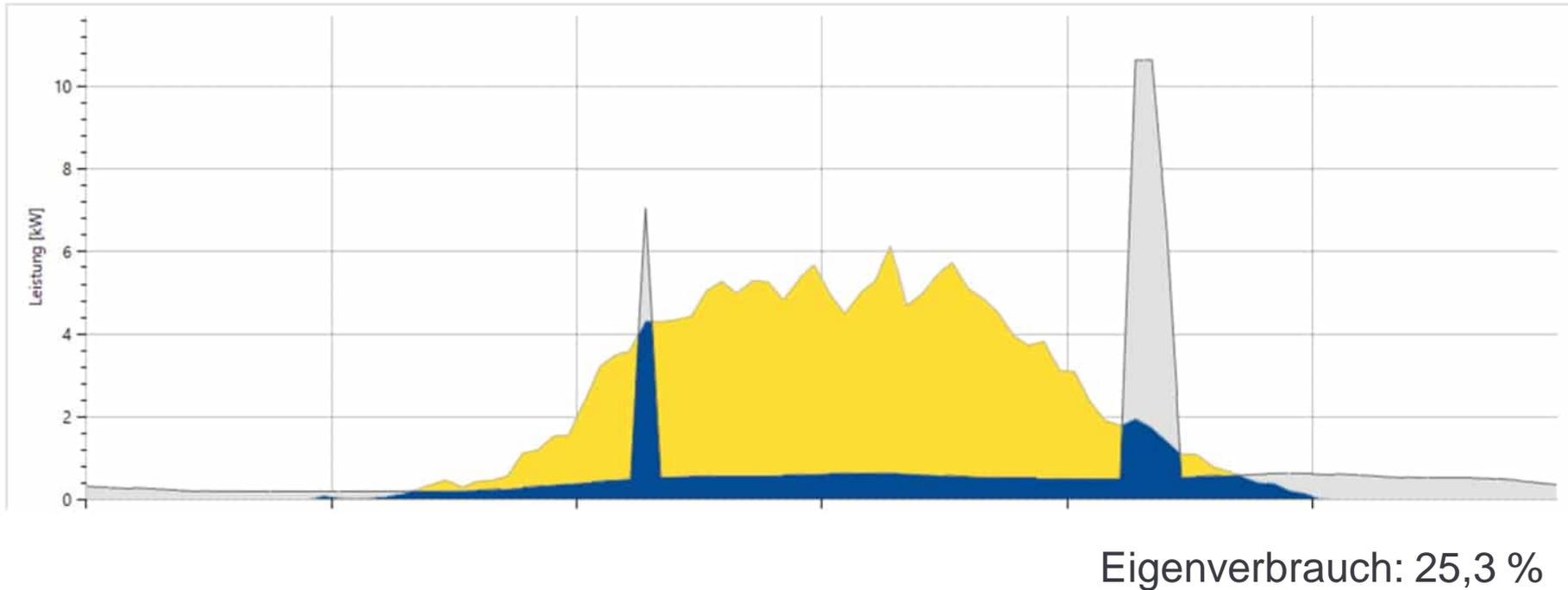
- Entscheidend für die Nutzung des eigenen PV-Stroms ist das Nutzungsprofil des Fahrzeugs
- Bei Fahrzeugen, die tagsüber unterwegs sind, z.B. auf dem Firmenparkplatz, ist nur wenig Eigenstromnutzung möglich.
- Ideal ist eine Nutzung, die sich auf kurze Fahrten über den Tag beschränkt.
- In den übrigen Zeiten muss das Fahrzeug dann an die Wallbox angeschlossen werden.
- Eine steuerbare Wallbox ist ideal, aber kein Muss.
- Ladeleistung sollte an Leistung der PV-Anlage angepasst werden (z.B. auf 3,7 kW begrenzen)



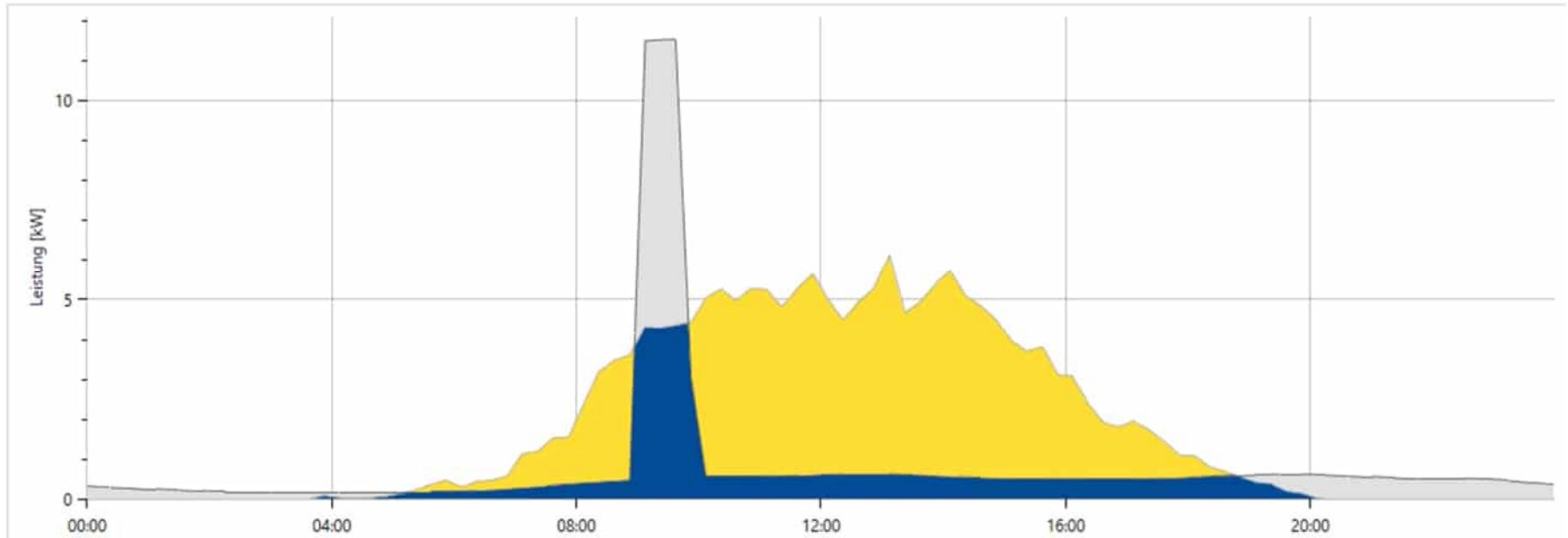
Aufbau mit Wallbox



Fahrprofil: tagsüber teilw. Zuhause, 11 kW

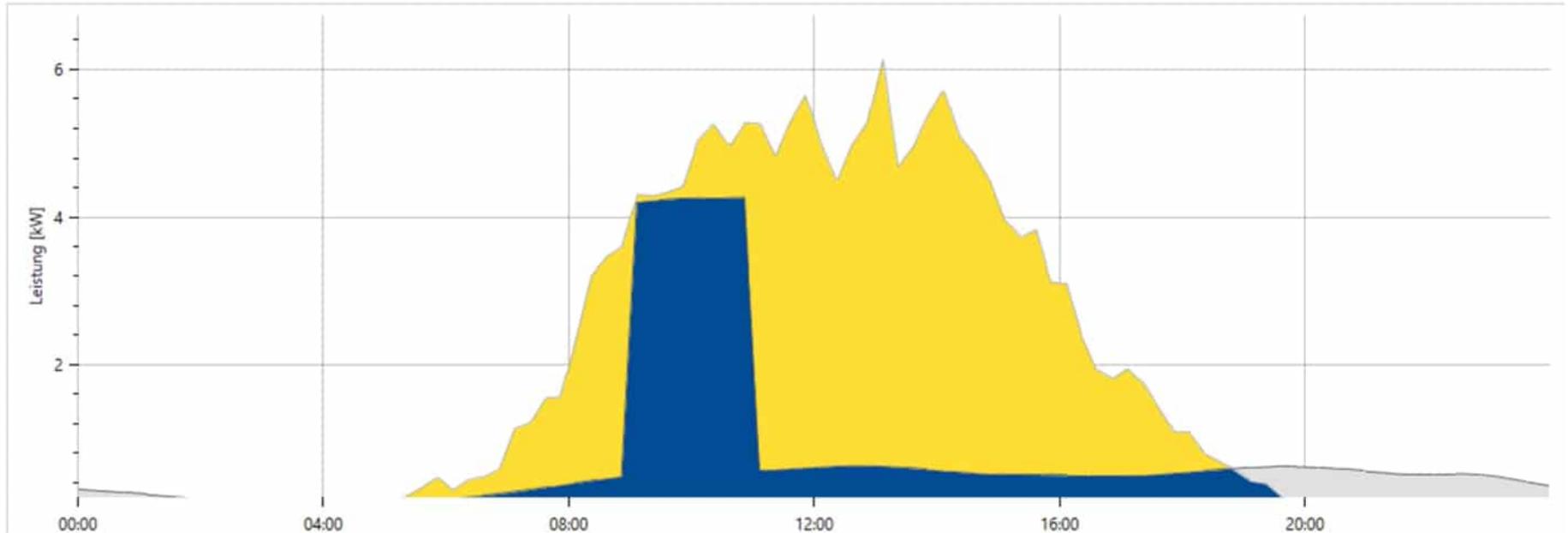


Fahrprofil: tagsüber teilw. Zuhause, PV 11 kW



Eigenverbrauch: 31,7 %

Fahrprofil: tagsüber teilw. Zuhause, PV 3,7 kW

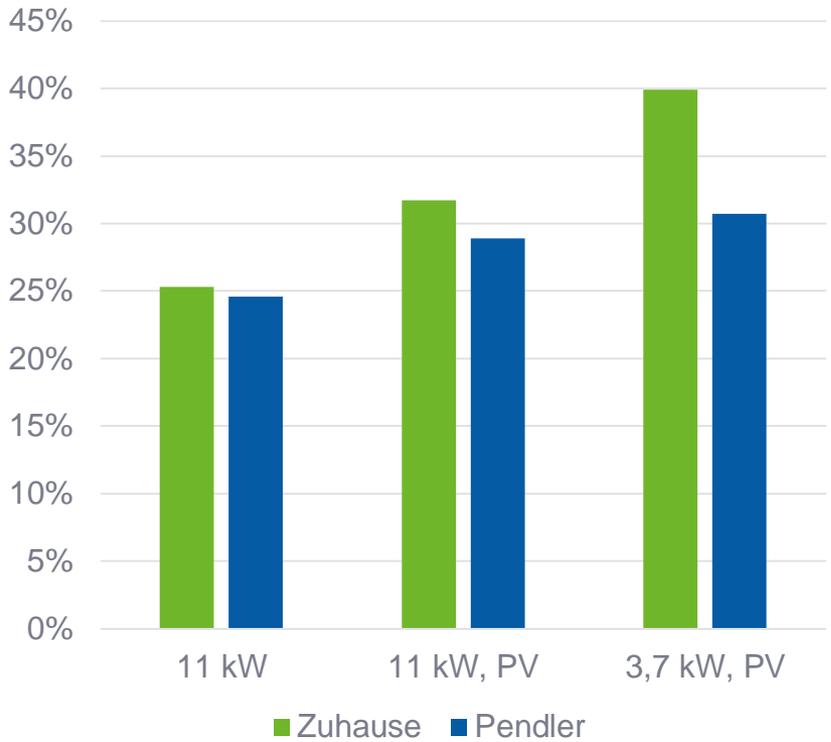


Eigenverbrauch: 39,9 %

Andere Fahrprofile

- Pendler 8 – 16 Uhr
- Poolfahrzeuge

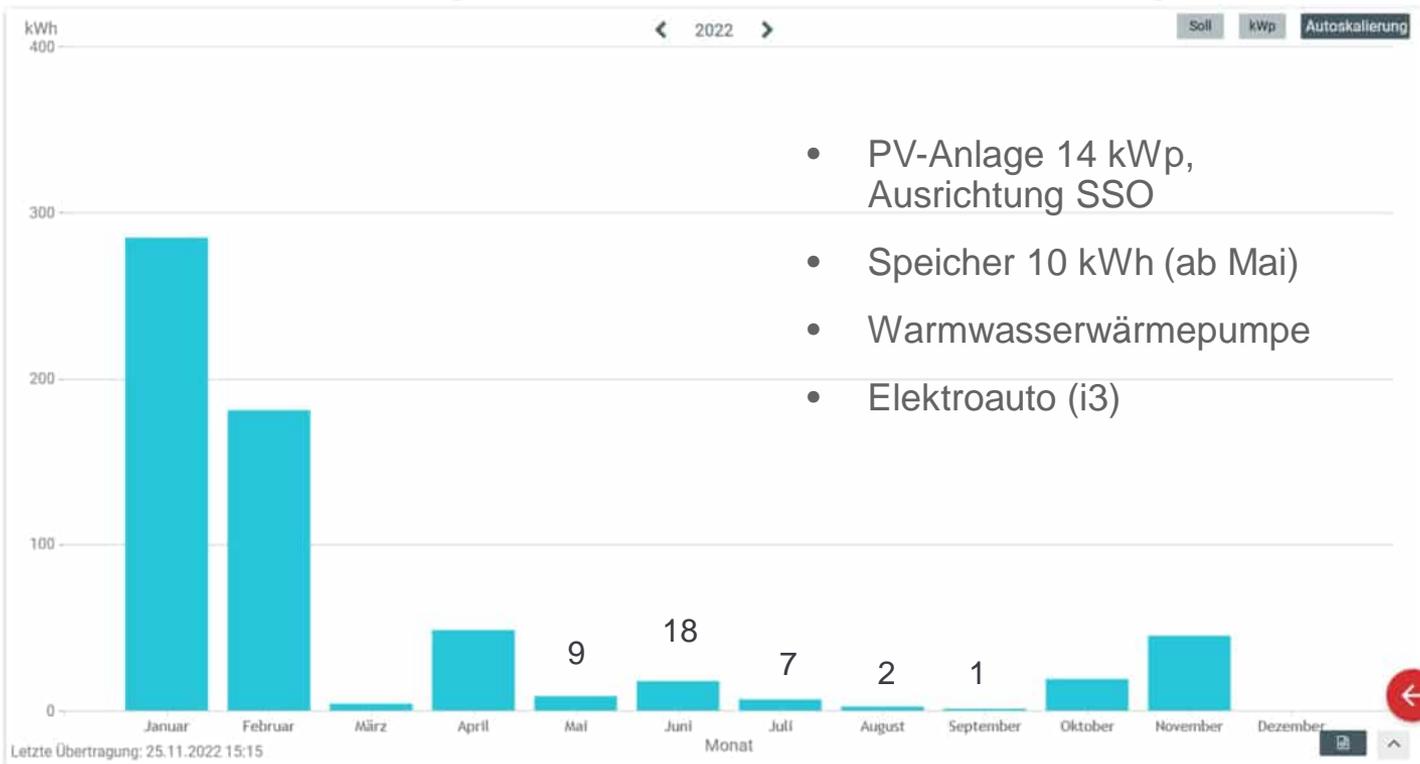
Eigenverbrauch



Ausblick



Messdaten Netzbezug aus einer Beispielanlage



Vielen Dank