

Photovoltaik - Auf dem eigenen Dach Strom erzeugen
VHS Dortmund, 19.6.2024
Dipl.-Ing. (FH) Sven Kersten, NIBE Climate Solutions



Dipl.-Ing. (FH) Sven Kersten

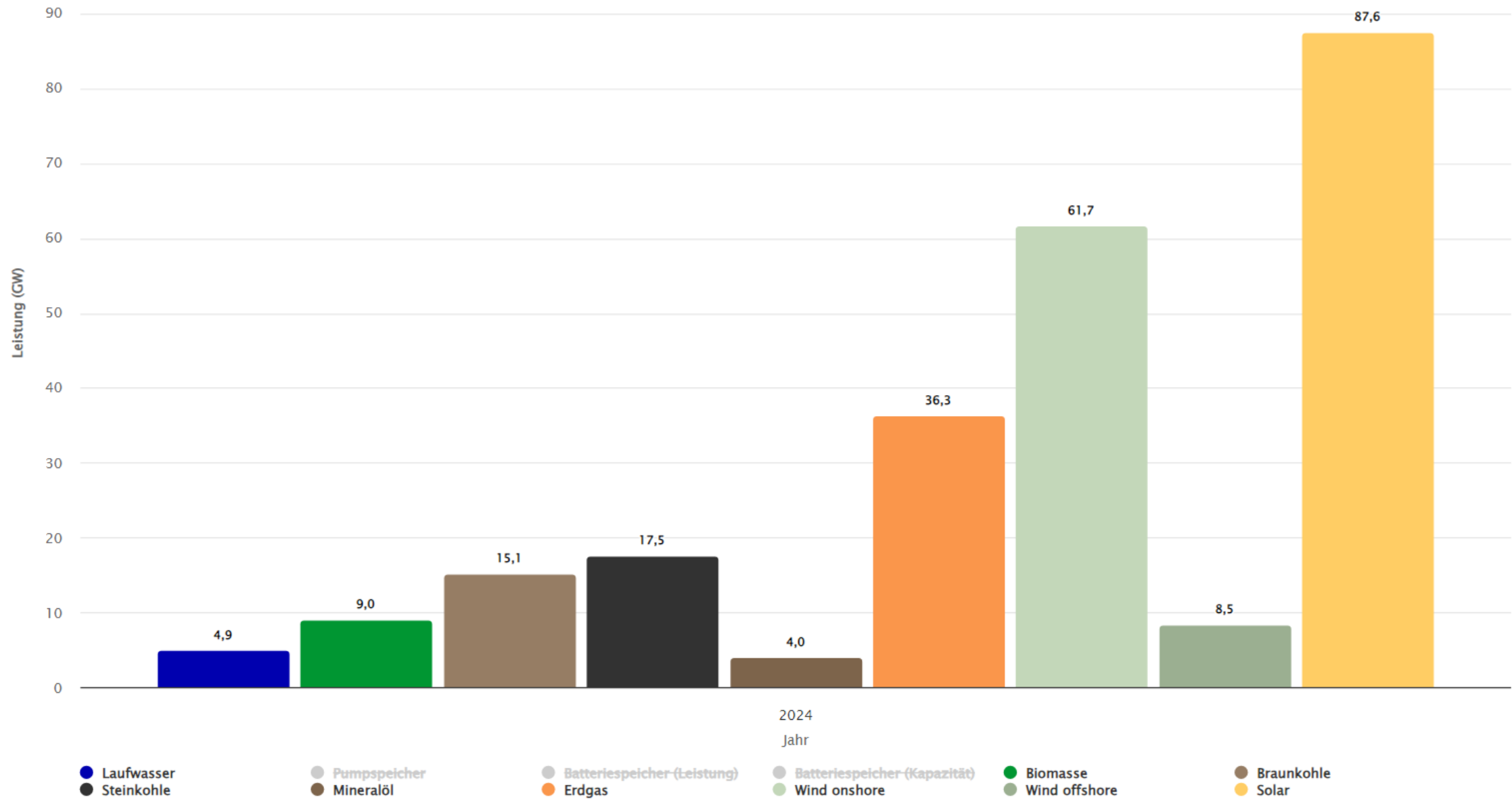


- Regional Manager DACH, NIBE Climate Solutions, International Affairs
- NIBE-Gruppe: alpha innotec, ARGO, Cetetherm, CTC, ENERTECH, GIER SCH, KKT, KNV, METRO THERM, NIBE, NOVELAN, RHOSS, tiki, WATERKOTTE, ...
- Referent für den Bundesverband Wärmepumpe e.V.
- Zugelassener Referent für die VDI 4645
- Verbände: BDH, BWP, VDI, BIngK
- Bis 31.12.2021 Leiter Wärmepumpen-Marktplatz NRW der EnergieAgentur.NRW

E-Mail: sv en.kersten@nibe.se

Einführung

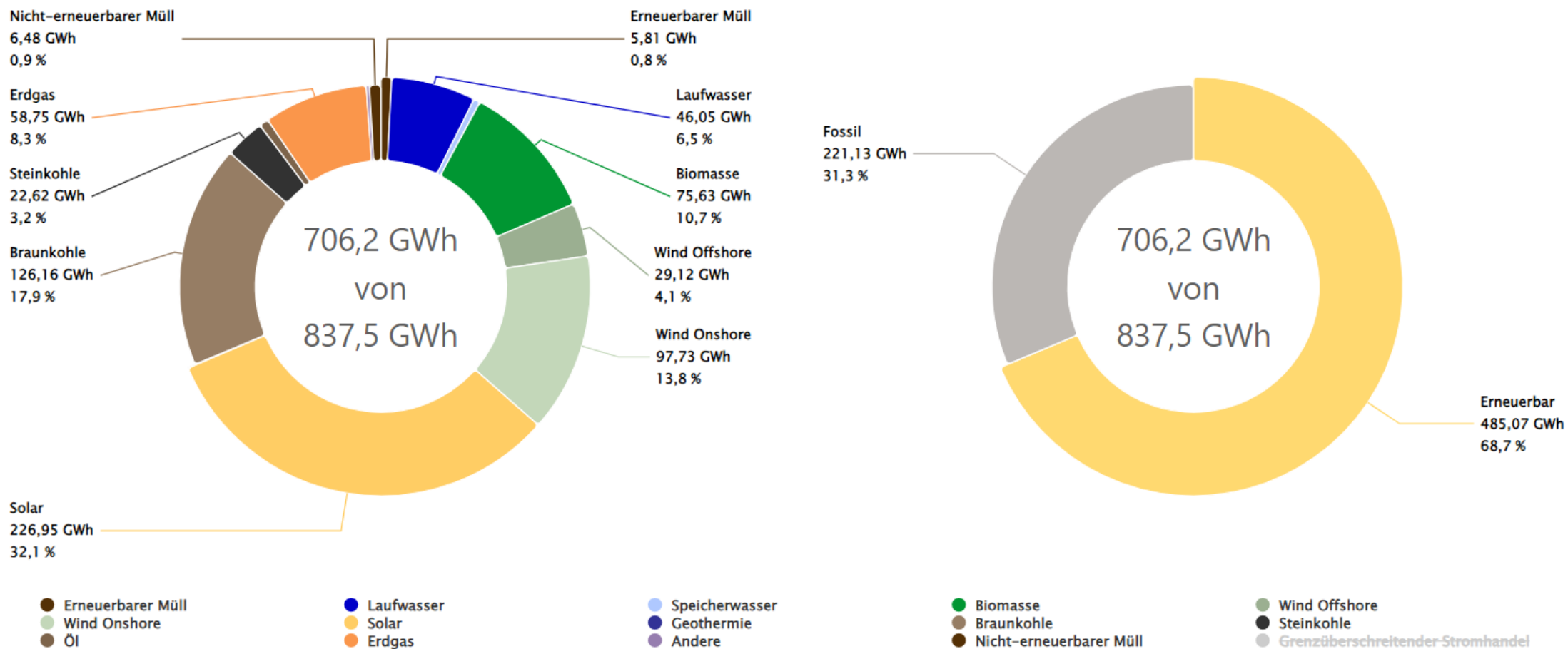
Installierte Netto-Leistung zur Stromerzeugung in Deutschland in 2024



Nettostromerzeugung

Öffentliche Nettostromerzeugung in Deutschland in Woche 25 2024

Energetisch korrigierte Werte - bis 17.06.2024, 16:00 MESZ



Energy-Charts.info - letztes Update: 17.06.2024, 17:37 MESZ

Stromgestehungskosten

Erneuerbare Energie oft günstiger als konventionelle

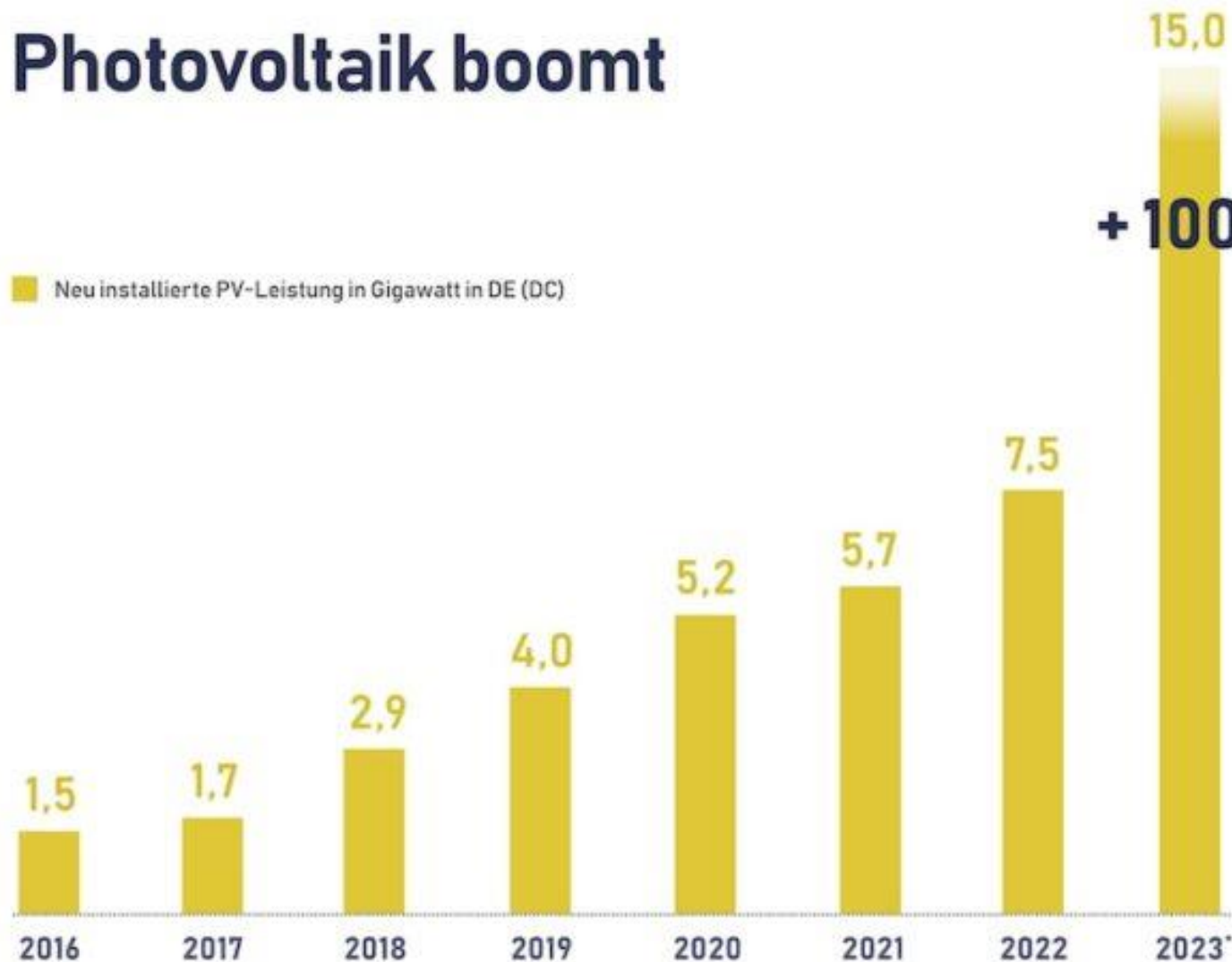
Stromgestehungskosten für erneuerbare Energien und konventionelle Kraftwerke in Deutschland 2021 (in Cent/kWh)*



* Kosten der Energieumwandlung in elektrischen Strom
Quelle: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Photovoltaik boomt

■ Neu installierte PV-Leistung in Gigawatt in DE (DC)



+ 100%



+ 155%



+ 97%



+ 45%



+ 385%

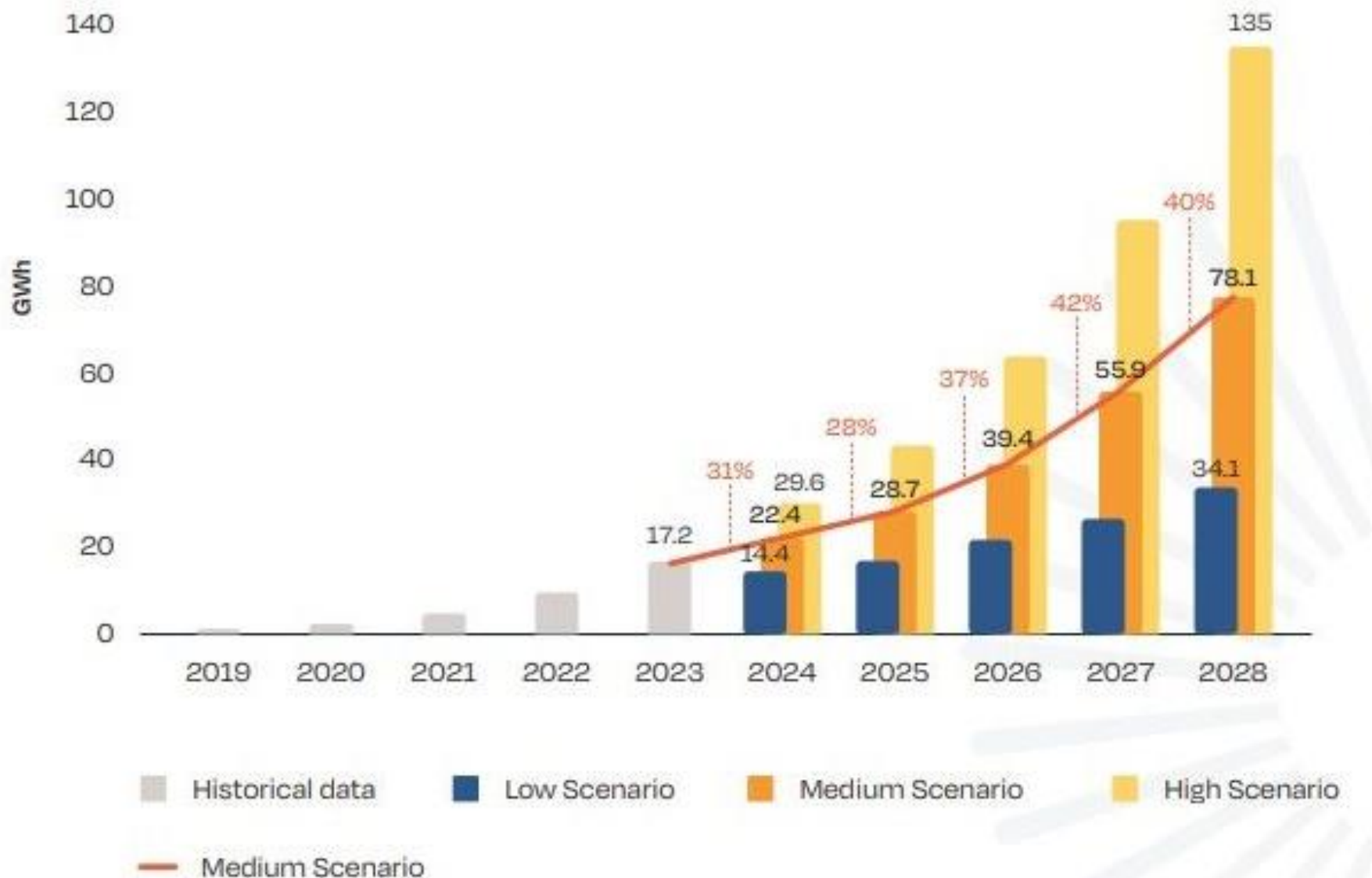
* Weitere Nachmeldungen für das Jahr 2023 sind zu erwarten.

BSW auf Basis Marktstammdatenregister (Inbetriebnahmedatum der PV-Einheit); Stand 28.05.2024



https://www.pv-magazine.de/2024/06/18/bsw-solar-erwartet-auch-2024-zweistelliges-wachstum-fuer-photovoltaik-in-deutschland/?utm_source=dlvr.it&utm_medium=twitter

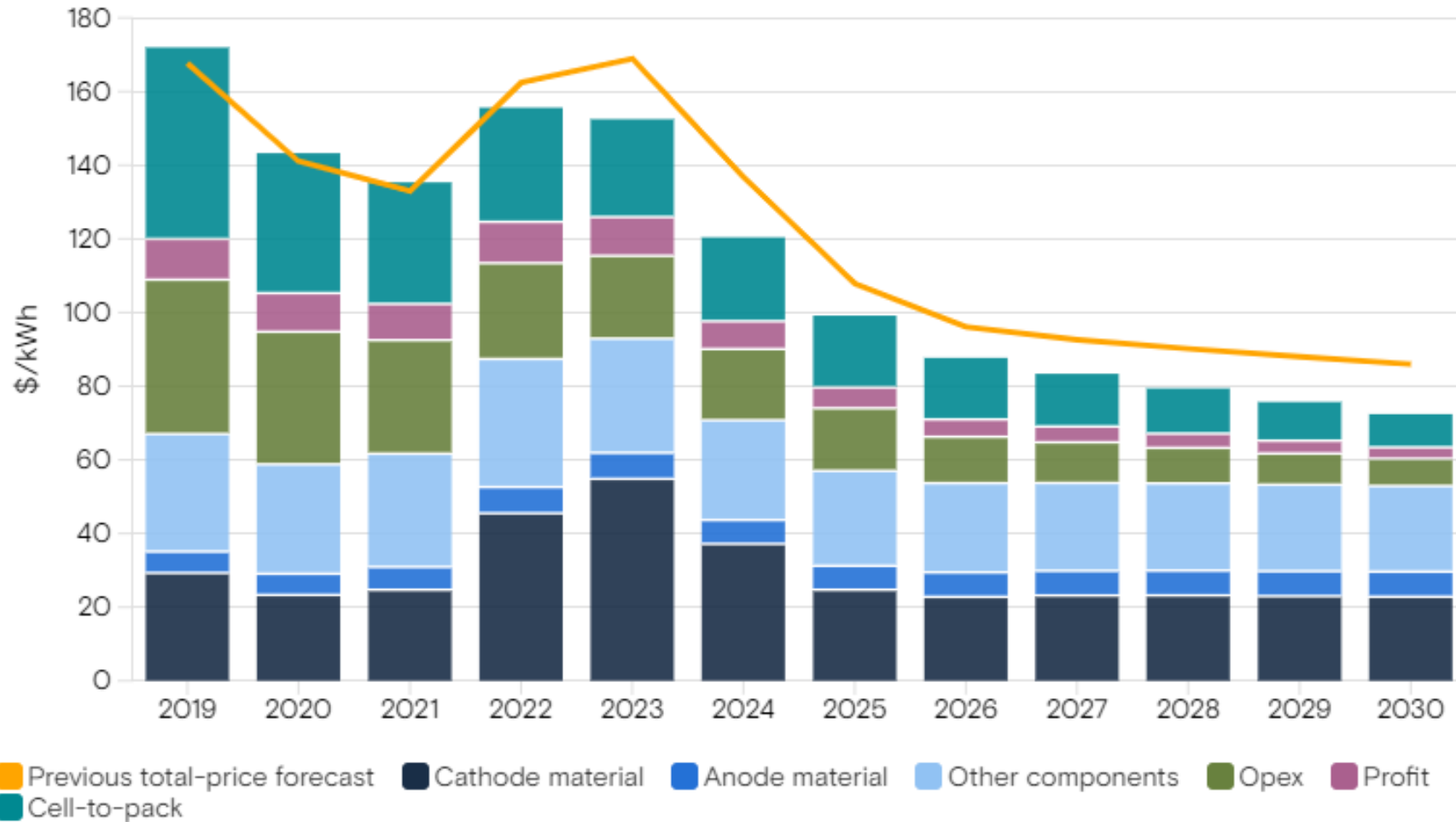
Europas Batterie-Speichermarkt



Batteriepreise werden weiter fallen!

Battery prices are forecast to fall 40% by 2025 (from 2022)

Global average battery pack prices



Presse

 26.04.2024

Bundestag beschließt solaren Klimaschutz-Booster

Zugang zu preiswertem Solarstrom wird für Mieter, Immobilienbesitzer und Unternehmen leichter – Solarbranche erwartet Zunahme an Photovoltaik-Investit auf Dächern und Freiflächen infolge verbesserter Investitionsbedingungen, mahrt weitere Reformen an

 16.04.2024

Solarpaket erleichtert Photovoltaik- & Speicherausbau

Solarwirtschaft begrüßt Einigung auf Maßnahmenbündel zum Bürokratieabbau und zur Beschleunigung von Planungsprozessen, kritisiert gleichzeitig aber fehlende Investitionsanreize für heimische Solarfabriken und eine stärkere Resilienz in der Solarmodul-Lieferkette



18.06.2024

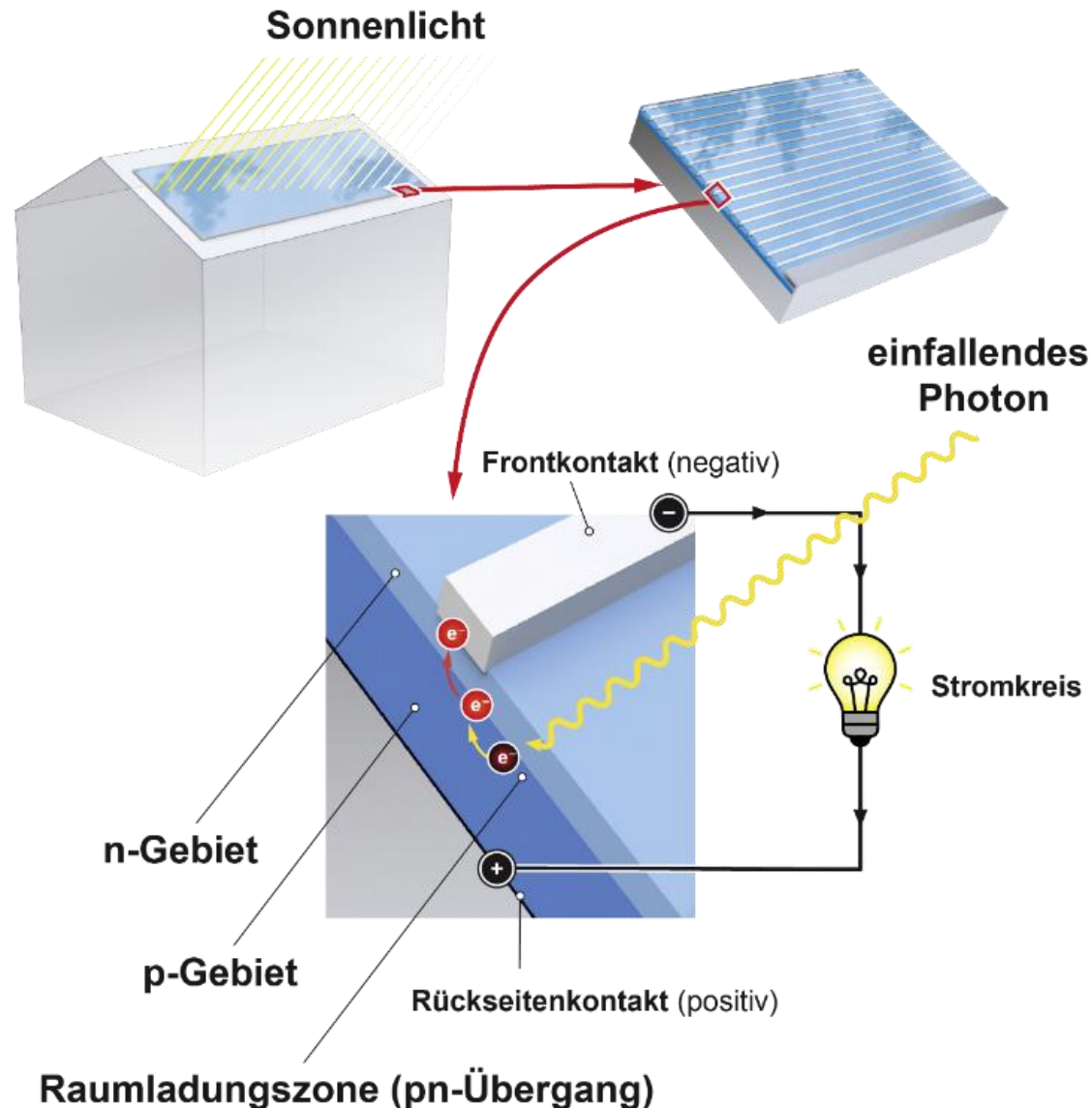
Sonnige Zeiten für Firmen- und Wohngebäude

Solarbranche erwartet 2024 ein zweistelliges prozentuales Wachstum der neu installierten Leistung von Solarstromanlagen und Kapazität von Solarstromspeichern / Jedes zweite...

<https://www.solarwirtschaft.de/presse/pressemitteilungen/>

Funktion und Aufbau

Wie funktioniert eine Solarzelle?



Aufbau

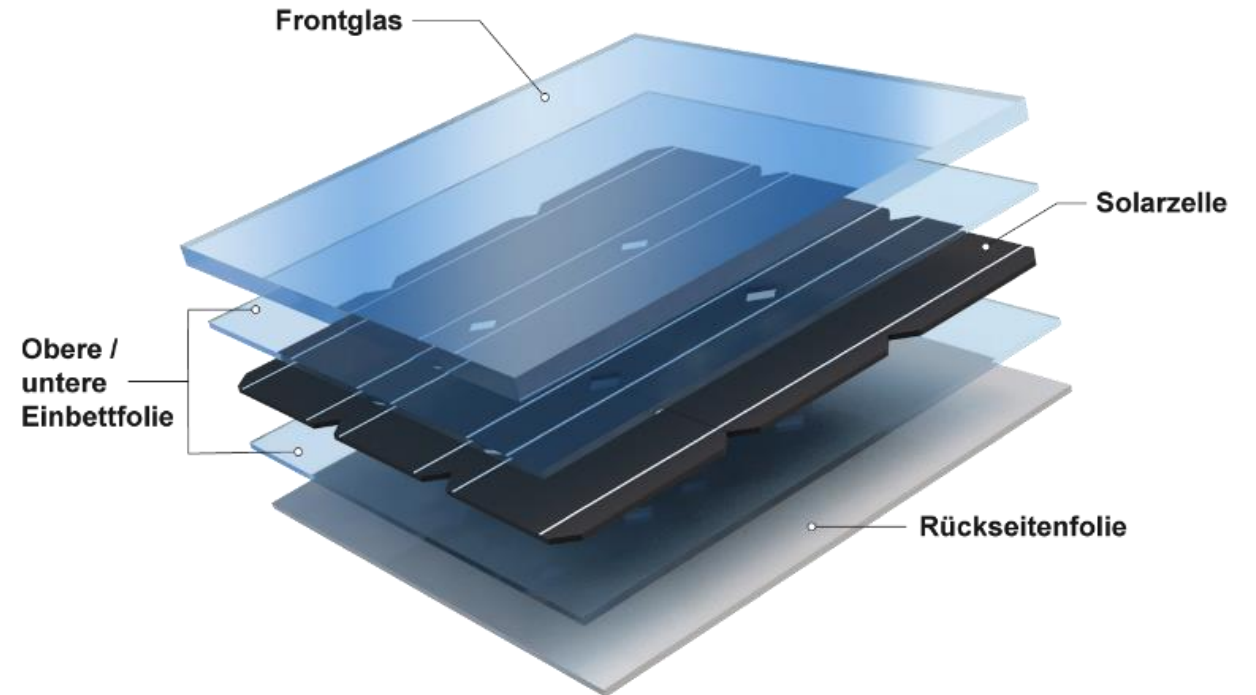
- Solarzellen bestehen in der Regel aus dem Halbleitermaterial Silizium (dem zweithäufigsten Element auf der Erde)
- Antireflexschicht der Oberfläche verbessert das Eindringen des rötlichen Teils des Strahlungsspektrums
- Blaue Strahlungsanteile werden reflektiert – daher die charakteristische blaue Färbung

Funktion

- Durch Energiezufuhr (elektromagnetische Strahlung bzw. Licht) erzeugen Halbleiter freie Ladungsträger (Elektronen und Defektelektronen)
- Trennung der Ladungsträger am p-n-Übergang erzeugt elektrische Spannung
- Gitterförmige Kontaktstruktur der Oberseite und durchgehende Kontaktfläche auf der Rückseite ermöglichen den Stromfluss

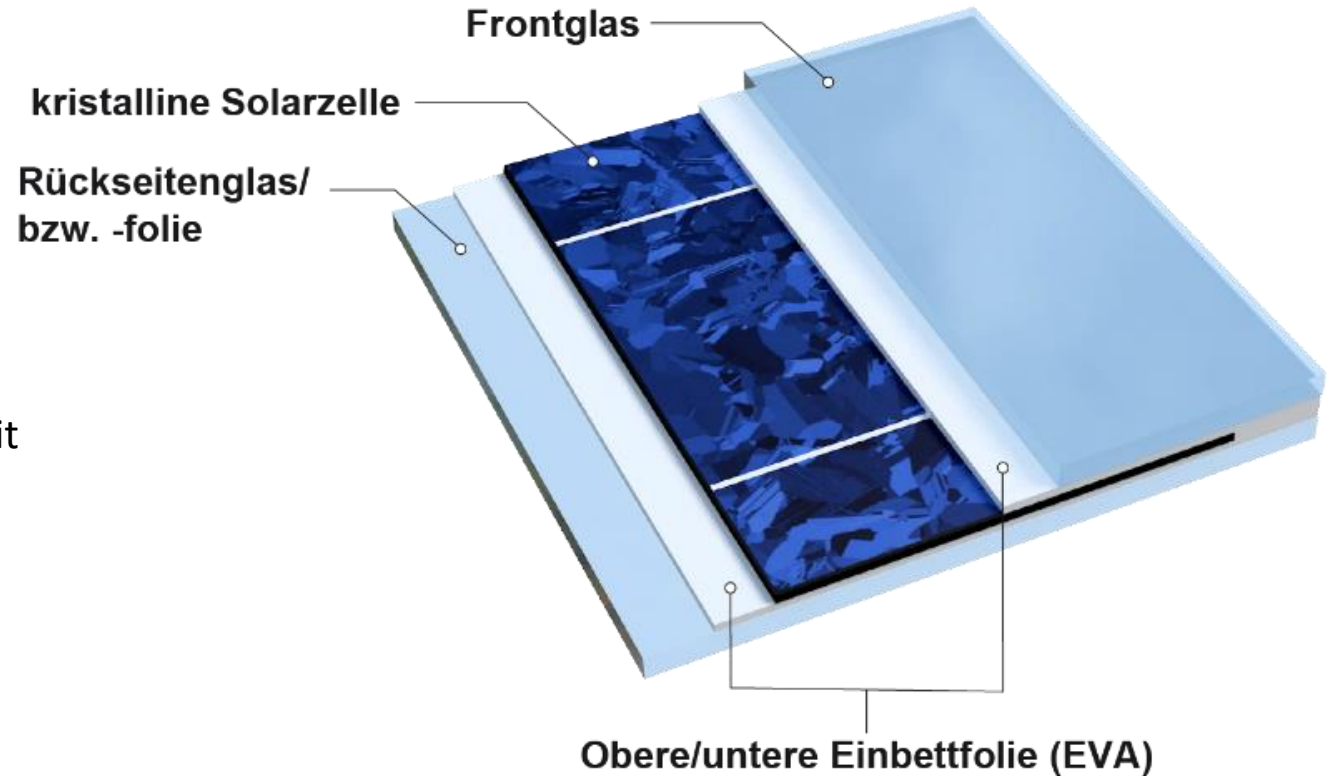
Aufbau von Photovoltaikmodulen

- Einzelne Solarzellen haben einen **Spannungswert** von 0,5 – 0,8 Volt – für die meisten technischen Anwendungen nicht ausreichend.
- Sie werden daher in **Photovoltaikmodulen aus 36 – 60 Solarzellen** zusammengeschaltet:
 - Reihenschaltung: erhöht Gesamtspannung bei konstanter Stromstärke
 - Parallelschaltung: erhöht Stromfluss bei gleichbleibender Modulspannung
 - Gängige Module erzeugen so eine Nennspannung von 20 – 30 Volt



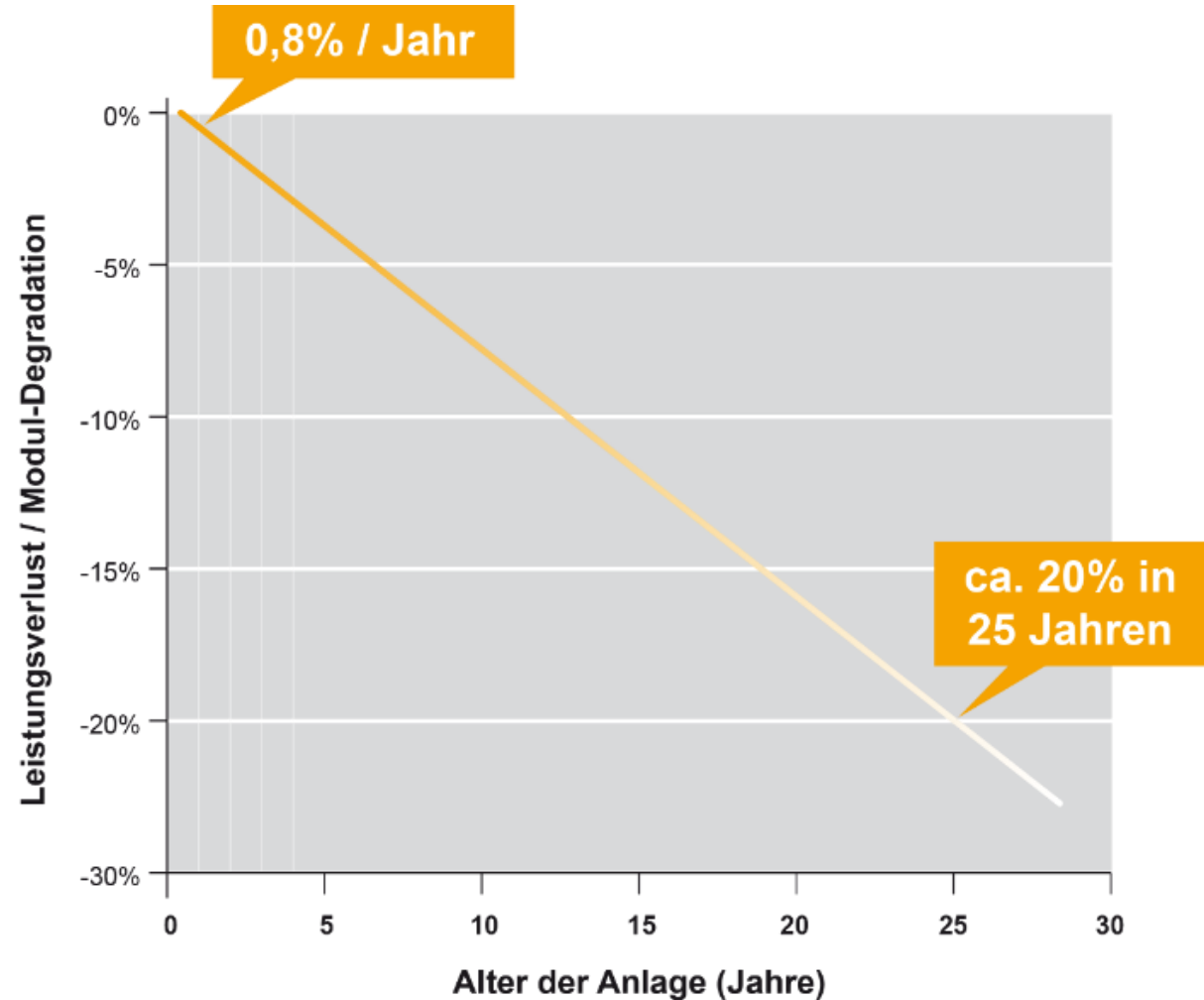
Aufbau von Photovoltaikmodulen

- Oberseite: schlag- und witterungsfeste Glasschicht
- Unterseite: Ausführung mit Folie oder Glas
 - Glas-Glas-Module
 - Glas-Folie-Module
- Umschlossen und abgedichtet wird mit geeigneten Harzen und/oder einer Rahmenkonstruktion
- Verschiedene **Bauvarianten** möglich: z.B. mit Rahmen oder rahmenlos
- Anschlusskabel und wassergeschützte Steckverbinder als Anschlussbox auf der Rückseite



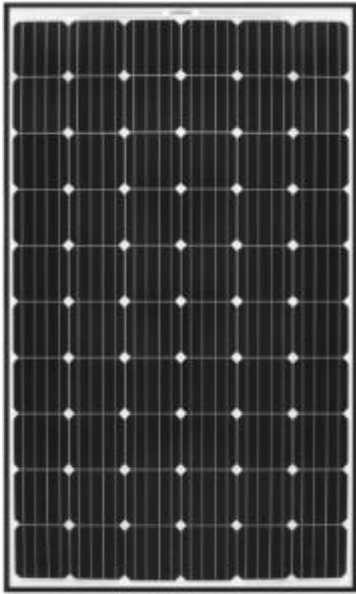
Lebensdauer von Photovoltaikmodulen

- Mögliche Lebensdauer aktueller Module: über 30 Jahre
- Durch **Verschleiß und Alterung** der verbauten Modulkomponenten erfolgt eine Leistungsminderung der Photovoltaikmodule: die sogenannte **Moduldegradation**
- Berechnung der **Moduldegradation**:
 - Leistungsverlust ca. 0,8% pro Jahr
 - 20% in 25 Jahren
- Dieser Wert ist relevant im Hinblick auf **Leistungsgarantieansprüche** gegenüber Herstellern und für **Wirtschaftlichkeitsberechnungen**

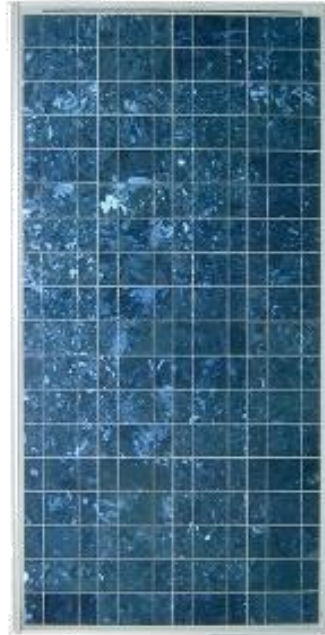


Die drei Solarzellentypen

Monokristalline Solarzellen



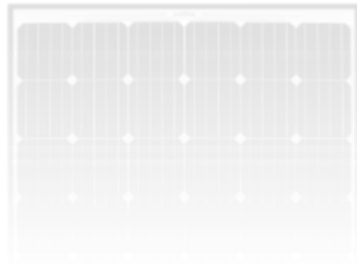
Polykristalline Solarzellen



Dünnschicht-Solarzellen



Monokristalline Solarzellen



Herstellung

- Nach dem Einschmelzen hochreinen Siliziums wird ein sogenannter „Ingot“ (engl. „Barren“) gezüchtet
- Das „Czochralski-Verfahren“ ergibt sehr homogene Kristallstruktur und gleichmäßiges Farbbild
- Der Ingot bzw. Zylinder wird anschließend in dünne Scheiben (Wafer) geschnitten und als Grundlage für monokristalline Solarzellen in die gewünschte Form gebracht.

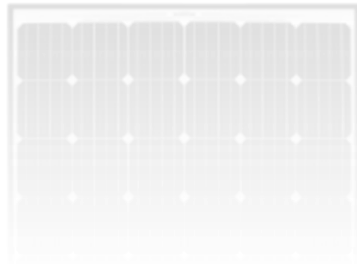
Eigenschaften

- Wirkungsgrad: ca. 24 %
- besseres Schwachlichtverhalten bei diffusen Lichtverhältnissen
- höhere Erträge als polykristalline Zellen
- stärkere Aufheizung durch dunklere Farbe – kann zu Leistungsverlusten und erhöhter Degradation führen

Anwendung

- wenn höchste Erträge erzielt werden sollen
- wenn wenig Fläche zur Verfügung steht
- wenn Module in Dachfläche integriert werden

Monokristalline Solarzellen



Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none">▪ Hoher Wirkungsgrad	<ul style="list-style-type: none">▪ energieaufwändigere Herstellung
<ul style="list-style-type: none">▪ gutes Schwachlichtverhalten	<ul style="list-style-type: none">▪ höhere energetische Amortisationszeit
<ul style="list-style-type: none">▪ höchste Erträge möglich	<ul style="list-style-type: none">▪ höhere finanzielle Amortisationszeit
<ul style="list-style-type: none">▪ weniger Dachfläche notwendig	<ul style="list-style-type: none">▪ temperaturanfällig
<ul style="list-style-type: none">▪ hohe Lebensdauer	
<ul style="list-style-type: none">▪ besser in Dachfläche integrierbar	

Polykristalline Solarzellen



Herstellung

- Silizium wird in Blöcke gegossen.
- Bei der Abkühlung entsteht die charakteristische, multikristalline Struktur mit gut sichtbaren Korngrenzen.
- Anschließend werden die Blöcke in dünne Scheiben zersägt und in Form geschnitten

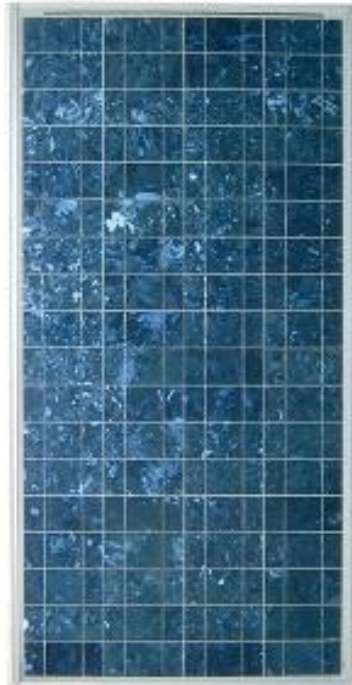
Eigenschaften

- Wirkungsgrad: ca. 20 %
- durch hellere Färbung geringere Aufheizung
- dadurch geringere Leistungsverluste und langfristig geringere thermische Belastung
- kürzere energetische und finanzielle Amortisationszeit durch einfacheren Herstellungsprozess

Anwendung

- gutes Preis-/Leistungsverhältnis
- falls genügend Fläche zur Verfügung steht
- für maximale Wirtschaftlichkeit

Polykristalline Solarzellen



Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none">▪ günstigere Herstellung	<ul style="list-style-type: none">▪ mehr Dachfläche notwendig
<ul style="list-style-type: none">▪ gute energetische Amortisationszeit	<ul style="list-style-type: none">▪ weniger Energieertrag pro Fläche
<ul style="list-style-type: none">▪ gute finanzielle Amortisationszeit	<ul style="list-style-type: none">▪ geringerer Wirkungsgrad
<ul style="list-style-type: none">▪ weniger temperaturanfällig	
<ul style="list-style-type: none">▪ hohe Lebensdauer	

Dünnschicht-Solarzellen



Herstellung

- Silizium wird in Gasform auf leitfähiges Trägermaterial aufgebracht (Abscheidung)
- Es entsteht eine sehr dünne Silizium-Schicht auf dem Substrat.
- Ungeordnete Silizium-Atome (amorph) bilden keinen zusammenhängenden Kristall.
- Dünnschicht-Solarzellen können in Bahnen und mittels Druckverfahren hergestellt werden.

Eigenschaften

- Durch flexible Trägermaterialien biege-, aufroll- und faltbare Photovoltaikmodule möglich
- geringerer Wirkungsgrad durch amorphe Struktur: 14%
- Vorteile bei hohen Temperaturen und diffusen Lichtverhältnissen
- günstigere Herstellung durch deutlich geringeren Materialeinsatz

Anwendung

- für gebogene oder flexible Flächen
- wenn genügend Fläche zur Verfügung steht
- wenn nur begrenzter Ertrag notwendig ist

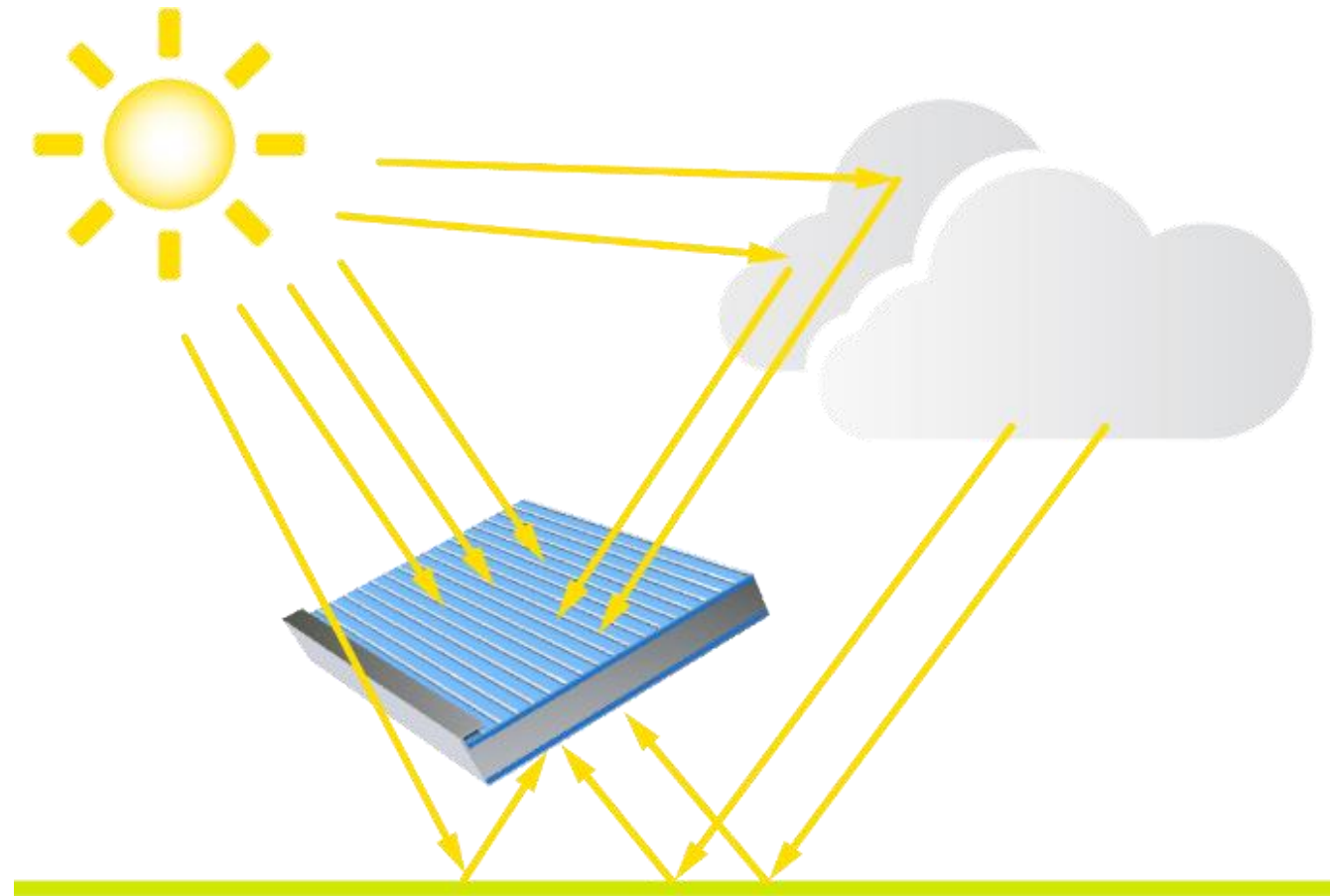
Polykristalline Solarzellen



Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none">▪ günstigere Herstellung	<ul style="list-style-type: none">▪ viel Dachfläche notwendig
<ul style="list-style-type: none">▪ gute energetische Amortisationszeit	<ul style="list-style-type: none">▪ geringerer Energieertrag pro Fläche
<ul style="list-style-type: none">▪ weniger temperaturanfällig	<ul style="list-style-type: none">▪ geringerer Wirkungsgrad
<ul style="list-style-type: none">▪ verbesserte Ästhetik	<ul style="list-style-type: none">▪ höhere Leistungsverluste
<ul style="list-style-type: none">▪ flexibel (rollen, falten, biegen)	<ul style="list-style-type: none">▪ geringere Leistungsgarantien

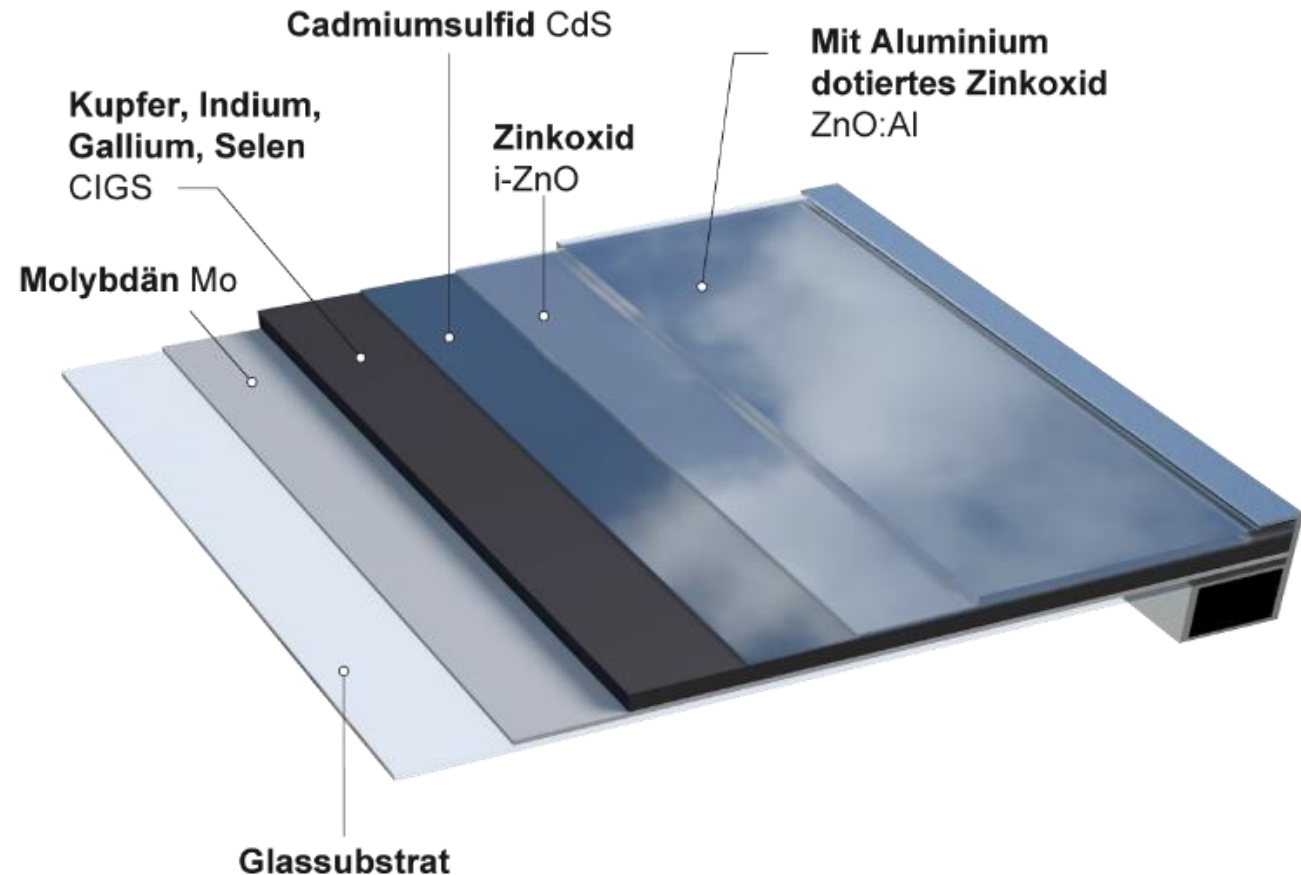
Sonderformen: Bifaziale Module

- Modulvariante zur Nutzung von Vorder- und Rückseite einer Solarzelle
- Aufgeständert, z.B. auf Flachdächern, wird von der Rückseite die von Boden und Umgebung reflektierte Strahlung genutzt
- Abhängig von der Umgebung erhöht sich die Effizienz (um bis zu 25% auf weißem Untergrund)
- Module sind vergleichsweise robust gegen äußere Einflüsse, da beidseitig in Glas eingebettet
- ▶ **Durch Langlebigkeit und Mehrertrag potenziell sehr wirtschaftlich!**



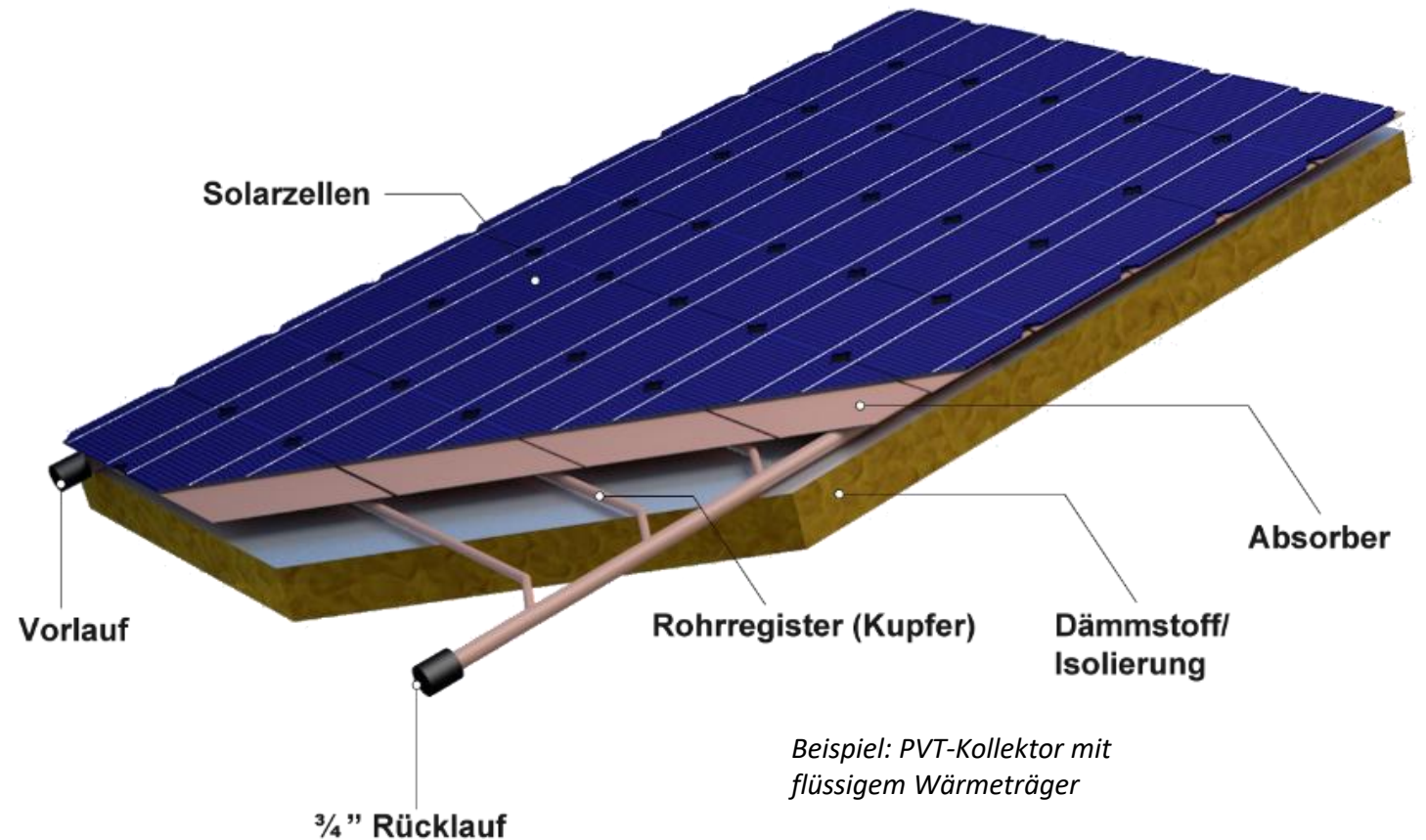
Sonderformen: CIGS-Module

- Dünnschicht-Modulvariante – ressourcenarm auf flexiblen Substraten hergestellt.
- Anstelle amorphen Siliziums wird **Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid (CIGS)** als Halbleiter verwendet.
- Neben flachen Modulen gibt es auch Kollektoren in Röhrenform (ähnlich Solarthermie), um Bestrahlung von allen Seiten zu ermöglichen.
- ▶ **Höhere Erträge morgens und abends sowie bei diffusen Lichtverhältnissen (Bewölkung, Winter).**



Sonderformen: Hybrid-Module

- Photovoltaikmodule können sich bei hoher Einstrahlung stark aufheizen.
- Hohe Temperaturen verringern den Wirkungsgrad von Halbleitern.
- **Hybridmodule** verfügen über einen Kühlkreislauf, der die Wärme abtransportiert.
- Dies kann z.B. für Warmwasseraufbereitung genutzt werden.
- ▶ **Diese Modulvariante erfordert einen höheren Installationsaufwand und ist bisher nicht weit verbreitet.**



Modularten im Überblick

Wirkungsgrad verschiedener Solaranlagen(elemente) nach Quaschnig (Stand 2018)^[54]

Zellmaterial	Maximaler Zellwirkungsgrad im Labor	Maximaler Wirkungsgrad (Serienproduktion)	Typischer Modulwirkungsgrad	Flächenbedarf pro kWp
Monokristallines Silizium	25,8 %	24 %	19 %	5,3 m ²
polykristallines Silizium	22,3 %	20 %	17 %	5,9 m ²
Amorphes Silizium	14,0 %	8 %	6 %	16,7 m ²
CIS/CIGS	22,6 %	16 %	15 %	6,7 m ²
CdTe	22,1 %	17 %	16 %	6,3 m ²
Konzentratorzelle ^{A1}	46,0 %	40 %	30 %	3,3 m ²

^{A1} Bezogen auf die photovoltaisch aktive Fläche. Die Einfangfläche für Licht ist größer.

- **Umweltfreundliche Produktion der Module**
- **Energetische Rücklaufzeit zwischen 0,75 und 3,5 Jahren!**

Photovoltaik und Denkmalschutz



Quelle: Bayerisches Landesamt für Denkmalschutz



Quelle: <https://www.diegruene.ch>



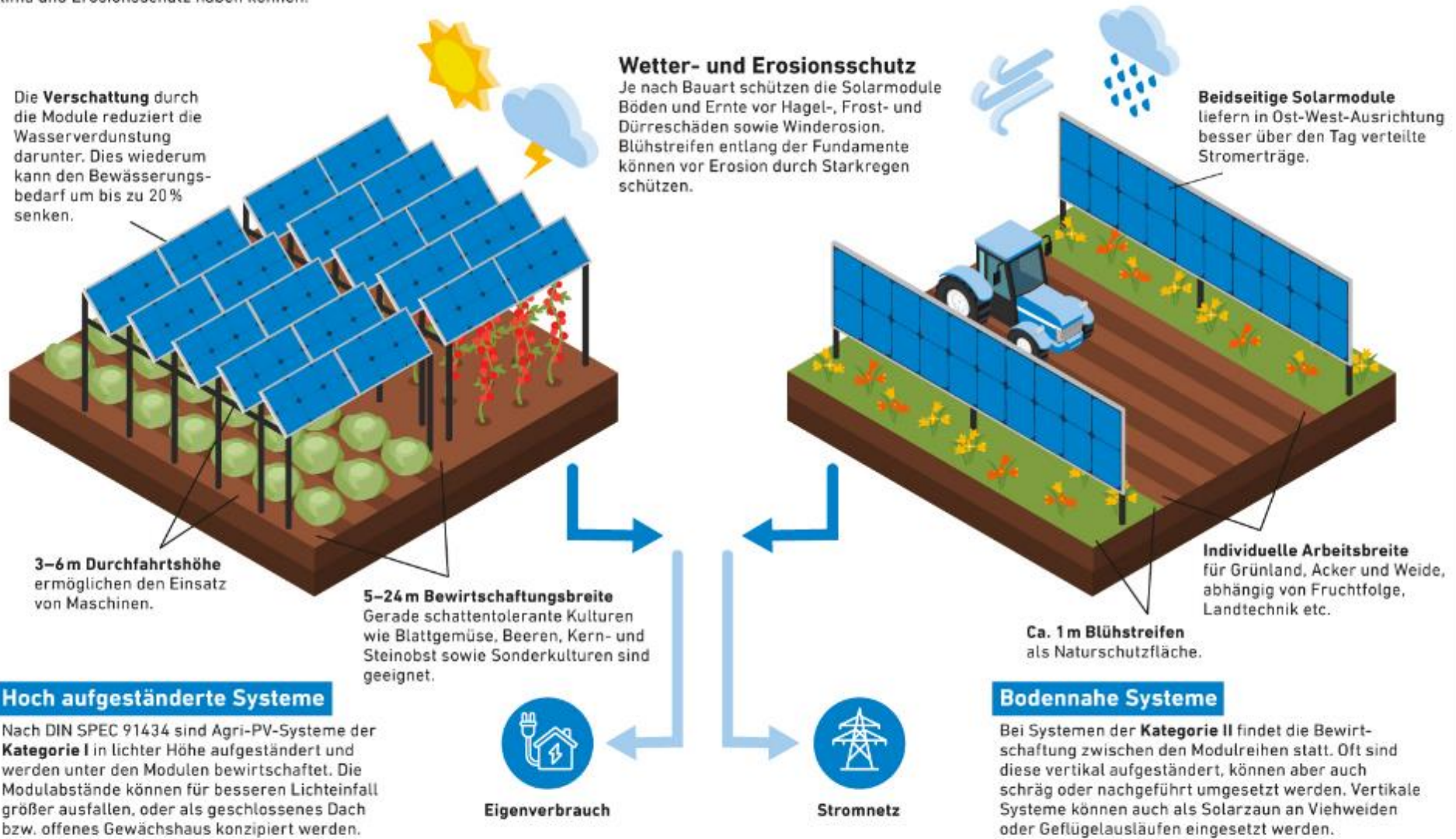


Quelle: Astrid Gast - AdobeStock

<https://www.vzbv.de/publikationen/steckersolargeräte-schukostecker-ausreichend>

Agri-Photovoltaik

Die Agri-Photovoltaik (kurz: Agri-PV) kombiniert die Bereitstellung von Solarstrom und landwirtschaftlichen Erzeugnissen auf gemeinsamer Fläche. So werden die Flächen effizienter genutzt, während die Solarmodule positiven Einfluss auf Ertragssicherheit, Mikroklima und Erosionsschutz haben können.



Komponenten einer Photovoltaikanlage



Quelle: Kostal Solar



Quelle: Fronius



Quelle: SMA Solar Technology AG

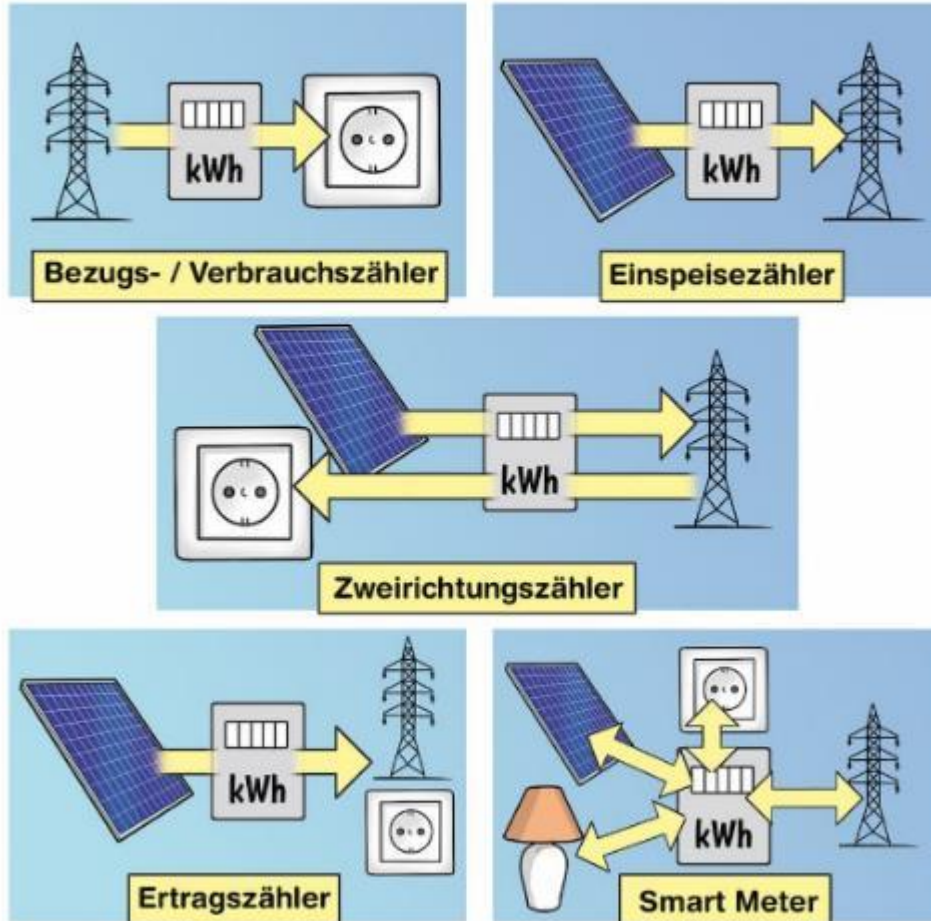
Wechselrichter

- Elektronisches Bauteil, wandelt solaren Gleichstrom in netzkonformen Wechselstrom
- Hohe Wirkungsgrade möglich (bis zu 99 %)
- Lebensdauer ca. 10-15 Jahre
- Leistungsgarantien Hersteller bis zu 10 Jahre mit Mehrkosten auf 20 Jahre verlängerbar

Stromzähler und Smart Meter

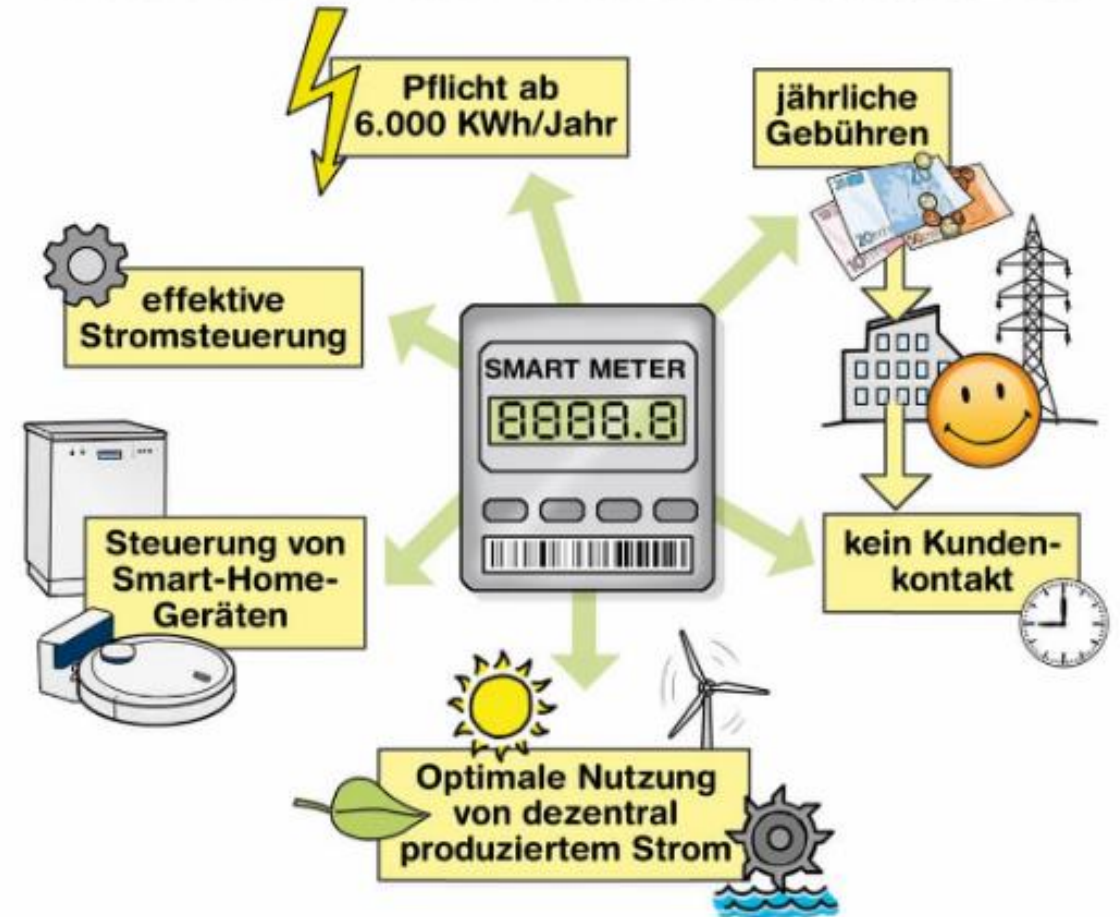
Stromzähler

Die verschiedenen Stromzähler



Vorgestellt: Die verschiedenen Stromzähler

Über Ihr Smart Meter freut sich auch Ihr Stromanbieter



Smart Meter: Eigenschaften und Fakten

§14a Energiewirtschaftsgesetz (netzdienliche Steuerung)

- Geltungsbereich für neue Steuerbaren Verbrauchseinrichtungen (SteuVE) mit max. Leistungsbezug > 4,2 kW (inkl. Heizstab)
- Übergangsmodell bis 12/2028:
 - Präventives Steuern durch VNB möglich, wenn technische Voraussetzungen für Netzzustandsermittlung noch nicht gegeben (max. 24 Monate nach erster Maßnahme)
 - Leistungsreduzierung je SteuVE auf bis zu 4,2 kW für max. 2 Stunden täglich möglich
- Regelmodell ab spätestens 1/2029:
 - Steuerung bei Gefährdung nach definierter Netzzustandsermittlung innerhalb von 3 Minuten
 - Leistungsreduzierung je SteuVE auf bis zu 4,2 kW
 - Vorrang vor anderen Steuerungsanreizen
 - Kein bilanzieller Ausgleich

§14a Energiewirtschaftsgesetz (netzdienliche Steuerung)

- Garantierter Netzanschluss
- Netzzustandsermittlung hat zur Ermittlung der objektiven Erforderlichkeit einer Maßnahme nach aktuellem Stand der Technik zu erfolgen: Netzzustandsdaten von 20% aller Anschlussnehmer zur Durchführung einer Rechnung oder 10% aller Anschlussnutzer plus Daten der Trafoabgänge
- Technische Anforderungen müssen durch VNB bis 12/2024 veröffentlicht werden
- Öffentliche monatliche Dokumentation von Steuervorgängen, Dauer und Maßnahmen durch alle Netzbetreiber
- Betreiber muss sicherstellen, dass SteuVE mit den notwendigen technischen Einrichtungen sowie Steuerungseinrichtungen ausgestattet und stets steuerbar ist
 - Dokumentationspflicht über Umsetzung der Steuerung

§14a Energiewirtschaftsgesetz (netzdienliche Steuerung)

Festlegungsverfahren der BNetzA nach §14a EnWG

Rechenbeispiele für die Mindestbezugsleistung bei Steuerung über EMS



EFH + kleine WP: $P_{\min} = 4,2 \text{ kW}$



EFH + kleine WP + Ladestation:

$$P_{\min} = 4,2 \text{ kW} + (n_{\text{SteuVE}} - 1) \times \text{GZF} \times 4,2 \text{ kW}$$

$$P_{\min} = 4,2 \text{ kW} + 1 \times 0,8 \times 4,2 \text{ kW} = 7,56 \text{ kW}$$



MFH + große WP ($>11 \text{ kW}_{\text{el}}$):

$$P_{\min} = \text{Installierte Leistung in kW} \times 0,4$$



MFH + große WP ($>11 \text{ kW}_{\text{el}}$) + 3 Ladestationen:

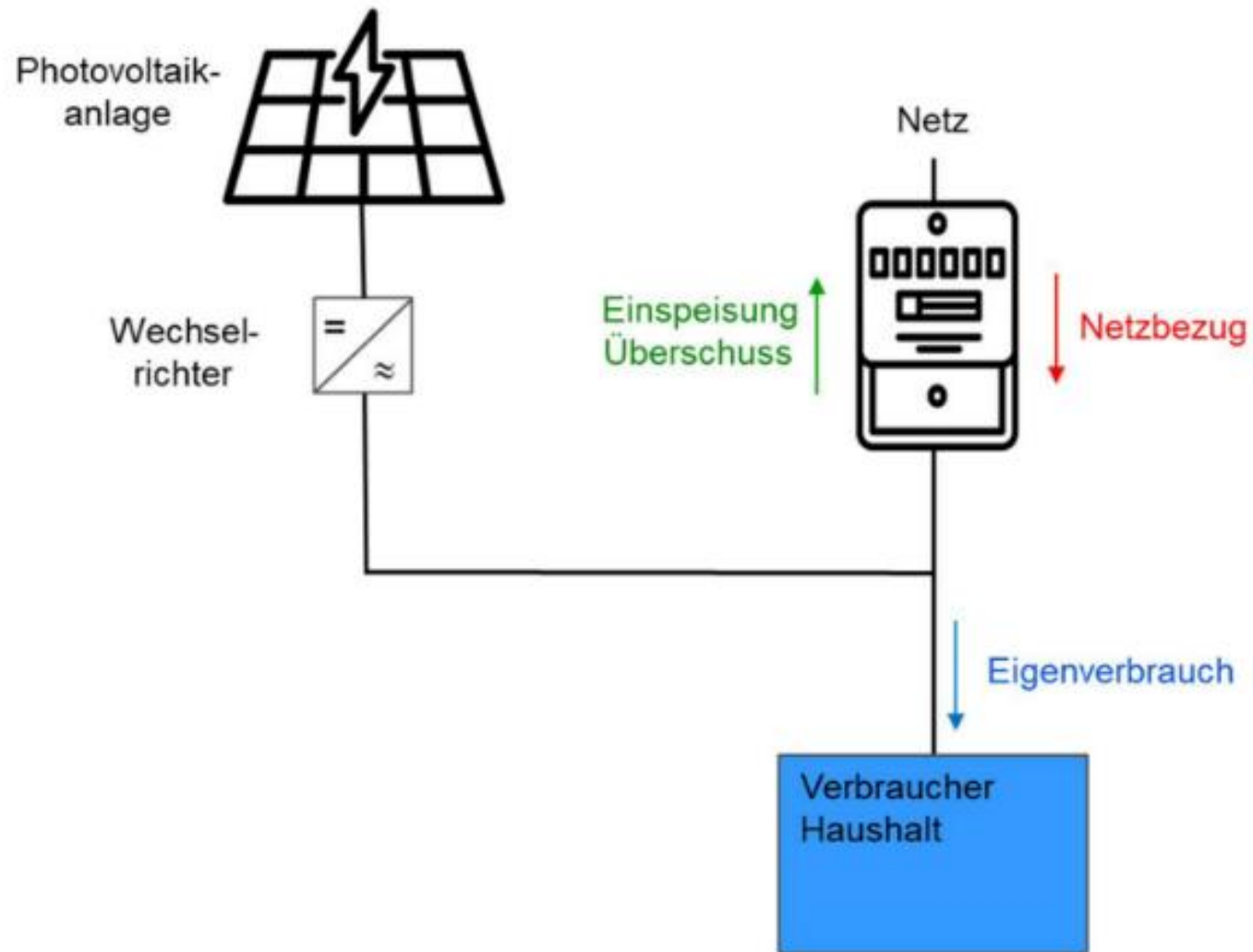
$$P_{\min} = (P_{\text{SummeWP}} \times 0,4) + (n_{\text{SteuVE}} - 1) \times \text{GZF} \times 4,2 \text{ kW}$$

Beispiel WP mit $20 \text{ kW}_{\text{el}}$ + 3 Ladestationen

$$P_{\min} = (20 \times 0,4) + (4 - 1) \times 0,7 \times 4,2 \text{ kW} = 16,82 \text{ kW}$$

§14a Energiewirtschaftsgesetz (netzdienliche Steuerung von WP)





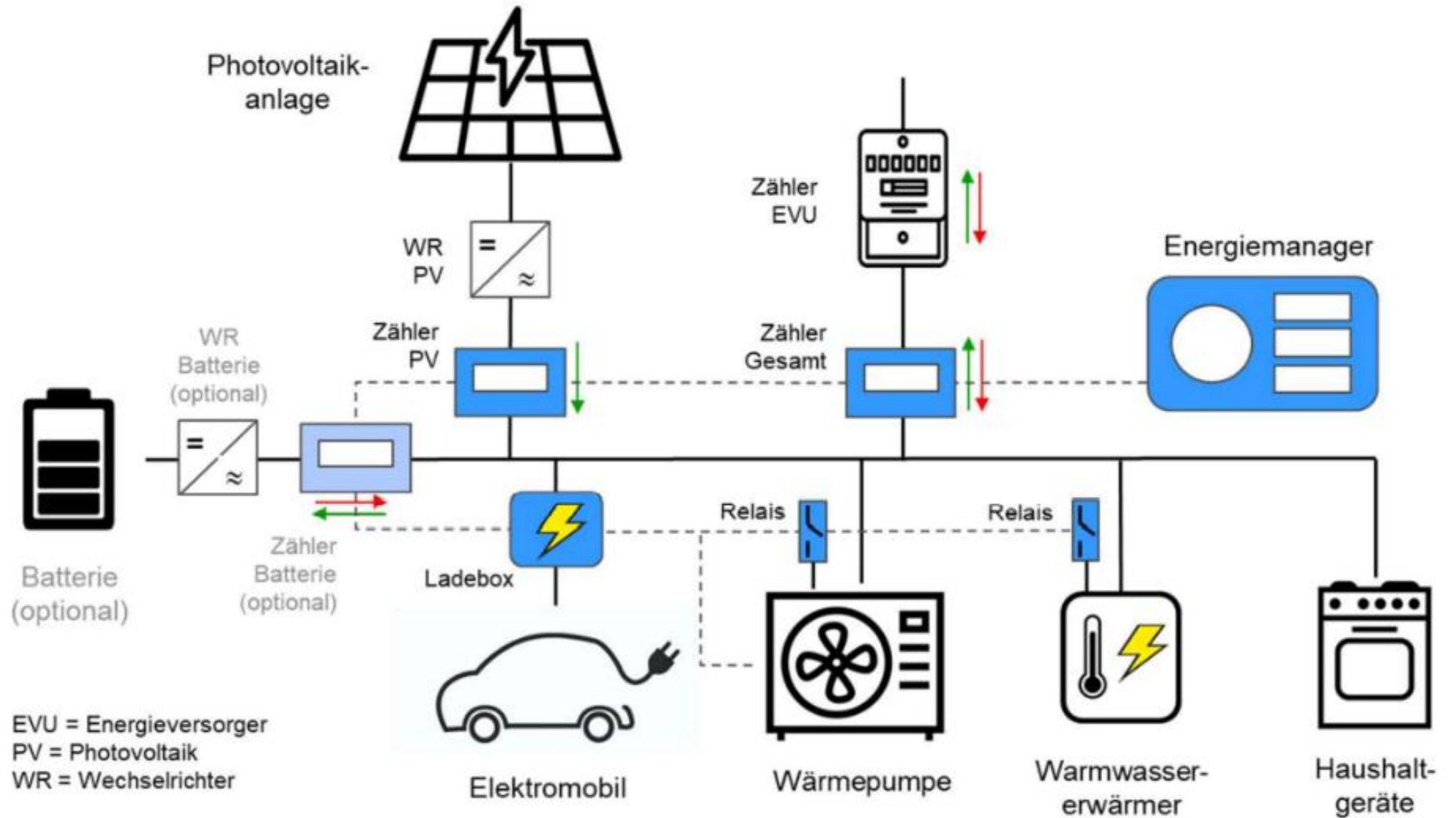


Abbildung 6: Schema elektrische Einbindung für EFH

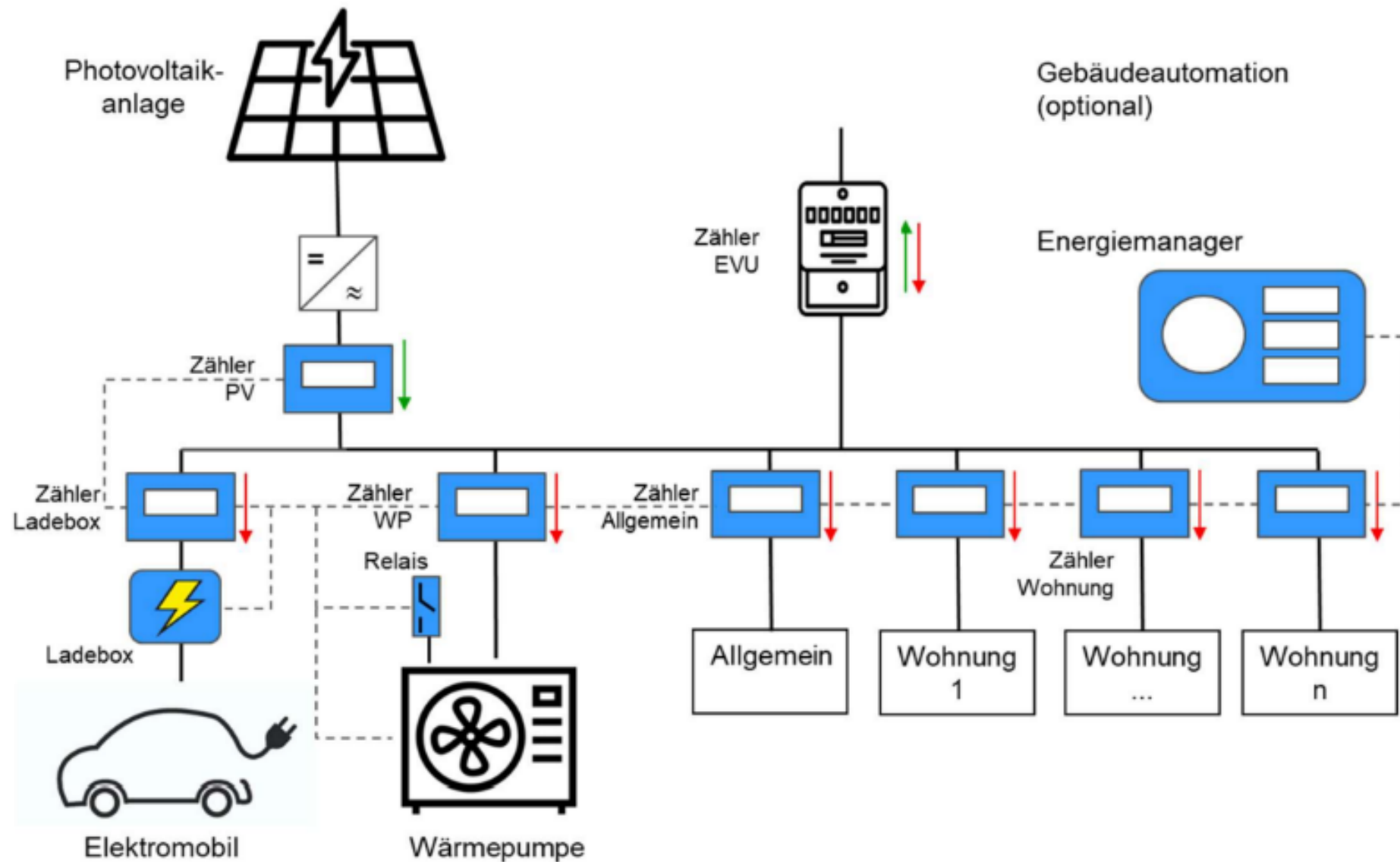
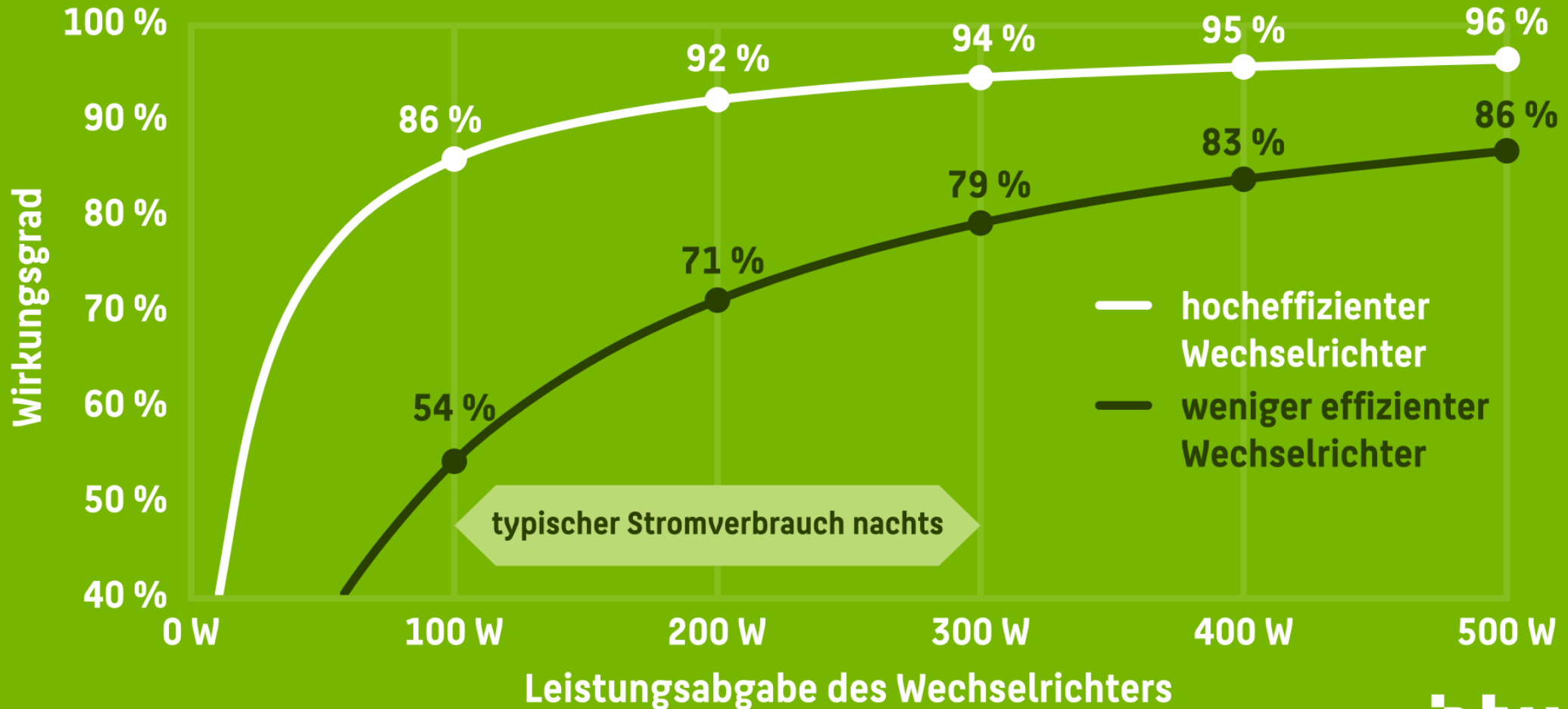


Abbildung 7: Schema elektrische Einbindung für MFH

So unterschiedlich effizient sind 10-kW-Hybridwechselrichter



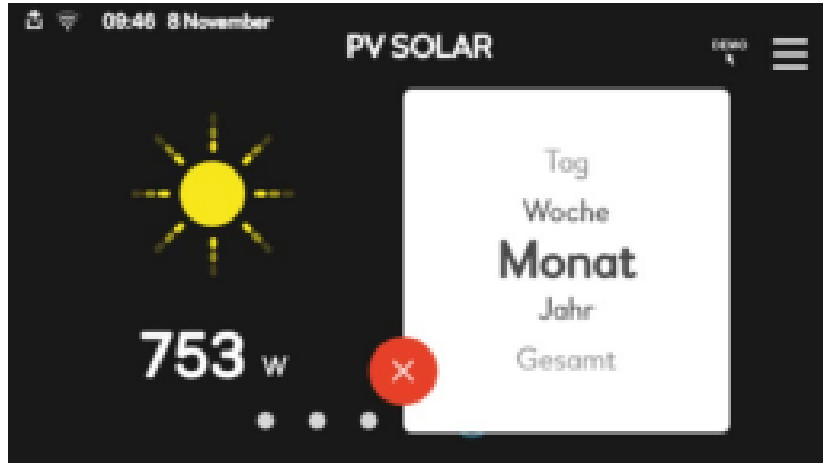
Wirkungsgrade zweier Hybridwechselrichter im Entladebetrieb, Messdaten: AIT und KIT

htw

© solar.htw-berlin.de

Schnittstelle

Das SunSpec-Protokoll



Das SunSpec-Protokoll ist eine MODBUS-basierte Kommunikationsform für Bauelemente im Bereich von Photovoltaik-Anlagen. Es standardisiert einzelne Datenpunkte innerhalb einer MODBUS-Anwendung wie z.B. die aktuelle Leistung einer PV-Anlage. Es wird von allen bekannten Wechselrichterherstellern genutzt.

Die Datenverbindung zur Wärmepumpe erfolgt im einfachsten Fall über ein LAN-Kabel oder über eine WLAN-Verbindung zum Internet-Router. Die Adresse des Wechselrichters muss zur Kopplung mit der Wärmepumpe über das Bediendisplay der Wärmepumpe eingegeben werden. Der Wechselrichter wird gemäß Bedienungsanleitung eingerichtet – fertig.

Nach Einrichtung werden alle relevanten Daten ausgelesen und auch in der Wärmepumpe oder in mobilen Endgeräten angezeigt.

Welchen Vorteil hat ein Energiemanagement-System?

Für die optimale Nutzung des Solarstroms aus PV-Anlage und Batteriespeicher empfiehlt sich die Anschaffung eines Energiemanagementsystems. Diese Steuerungen können die Ladegeschwindigkeit des Autos an die momentane Leistung der PV-Anlage anpassen. Ist viel Solarleistung übrig, wird die Ladegeschwindigkeit erhöht, bei wenig Sonne wird sie automatisch verringert. Ausführlichere **Informationen zu Energiemanagementsystemen** finden Sie in diesem Beitrag.

Bidirektionales Laden: Das Elektroauto als Stromquelle nutzen

Bidirektionales Laden bedeutet, dass E-Autos nicht nur mit Strom beladen, sondern auch als Stromquelle zur Verfügung stehen können. Voraussetzung für das bidirektionale Laden ist, dass auch die Wallbox und das Fahrzeug dies unterstützen. Kombiniert mit intelligenten Energienetzen und -managementsystemen können so erneuerbare Energien in Zukunft potentiell effektiver genutzt werden. Die technischen Voraussetzungen zum bidirektionalen Laden sind zwar vorhanden, allerdings noch nicht im Markt implementiert. Für eine flächendeckende Anwendbarkeit sind noch viele regulatorische Fragen offen, die grundlegend geklärt werden müssen.

Zwei durchaus in der Zukunft praktisch umsetzbare Modelle sind V2H – Vehicle To Home und V2G – Vehicle to Grid. Bei V2H können E-Autos als Stromquelle zuhause genutzt werden. V2G bezeichnet die Verknüpfung des E-Fahrzeugs mit dem Stromnetz, sodass es auch Strom einspeisen kann bei Bedarf. Letzteres ist aber in der Praxis nicht so einfach umsetzbar und wird gegebenenfalls erst in Zukunft eine Rolle spielen.

<https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/emobilitaet/elektroauto-mit-eigener-ladestation-solarstrom-vom-dach-laden-22557>



SOLARSTROMER-TOOL

Wie viel Solarstrom kann ich im Haus und zum Laden eines Elektroautos selbst nutzen? Dieser Rechner beantwortet Fragen zur solaren Elektromobilität.



htw.

Solarstromer-Tool

^ Photovoltaik

Nennleistung der Photovoltaikmodule



10,0 kW

Weiter

- > Haushalt
- > Batteriesystem
- > Elektroauto
- > Ergebnisse

Eigenverbrauchsanteil

Anteil des Solarstroms, der im Haus und Elektroauto genutzt wird.

39 %



Autarkiegrad

Anteil des jährlichen Stromverbrauchs von Haus und Elektroauto, der von der Photovoltaikanlage kommt.

70 %



Emissionen

4,4 t

CO₂-Emissionen werden jährlich durch das Photovoltaik- und Batteriesystem vermieden.

Elektroauto

Erfahren Sie, was das konkret für Ihr Elektroauto in der Jahresbilanz bedeutet.

61 %

des getankten Stroms ist selbst
erzeugter Solarstrom.

6.075 km

können rein solar zurückgelegt
werden.

1.215 kWh

bezieht Ihr Fahrzeug aus der
Photovoltaikanlage.

1,5 t

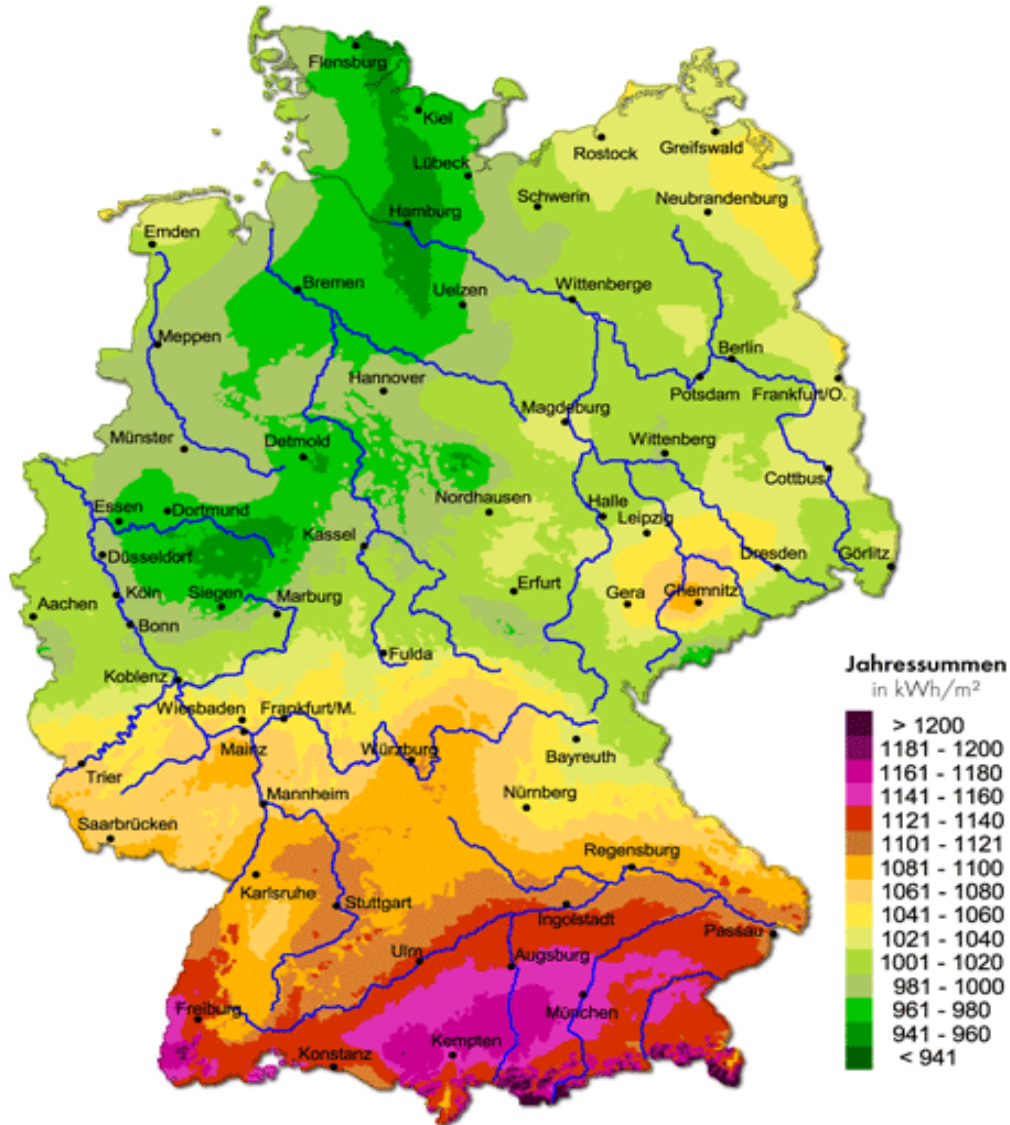
CO₂-Emissionen vermeiden Sie
mit Ihrem Auto.¹



Ist mein Dach für eine Photovoltaikanlage geeignet?

Globalstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland

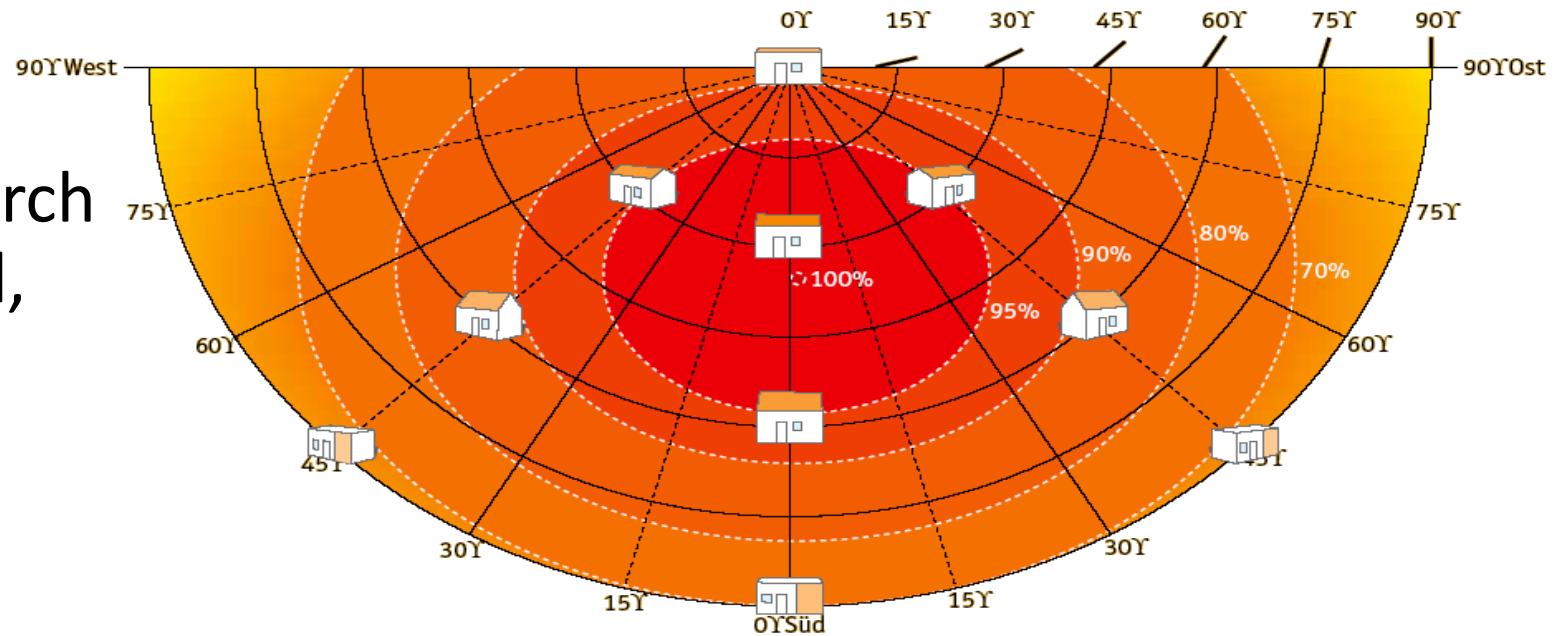
Mittlere Jahressumme, Zeitraum 1981 - 2000



- Einstrahlung sicher nicht wie in Spanien oder Afrika
- Durchschnittshaushalt:
 - 4.500 kWh/Jahr
 - Sonneneinstrahlung in NRW von 900 kWh/KWp/Jahr
 - d.h. mit einer 5 KWp PVA wird der Jahresbedarf erzeugt

Dachausrichtung für solare Nutzungen

- Gefahr der (zukünftigen) Verschattung?
- durch z.B. Bäume, Bauwerke
- Sonstige Gefahren?
- Diebstahl, Verschmutzung durch Laub/Vogelkot, Schnee, Wind, Hochwasser, Blitzschlag



Solarkataster Dortmund

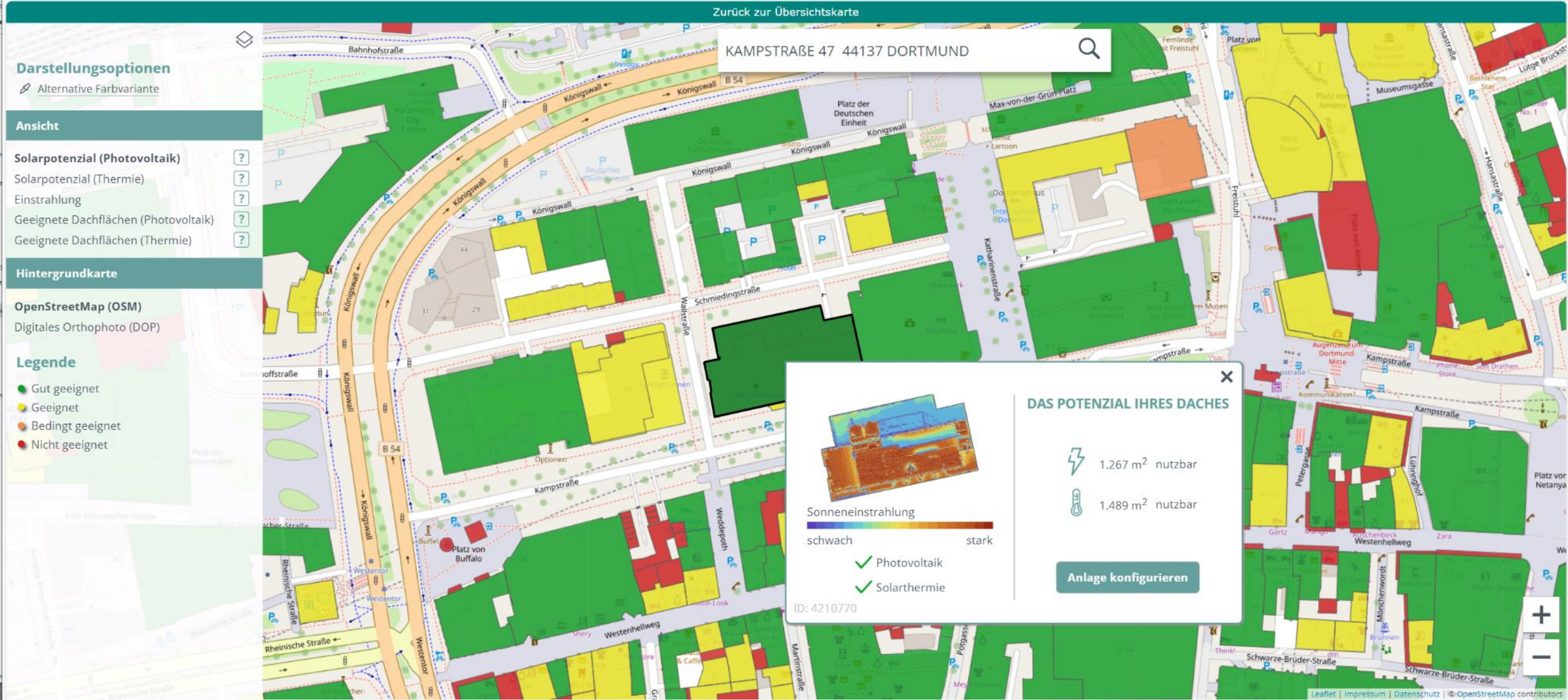
Zurück zur Übersichtskarte

Suche



Solarpotenzialkataster Haftungsausschluss Widerspruchsrecht Impressum Datenschutz

VHS-Gebäude in der Kampstraße 47



VHS-Gebäude in der Kampstraße 47

Auswahl Ergebnis

STROMVERBRAUCH

Mit einer Photovoltaikanlage auf dem Dach können Sie Ihren eigenen, umweltfreundlichen Strom erzeugen. Wenn zur selben Zeit Strom im Haus benötigt wird, können Sie ihn direkt selbst nutzen, ohne dass dafür irgendwelche Kosten anfallen. Der nicht selbst verbrauchte Strom hingegen wird in das öffentliche Stromnetz eingespeist und gemäß des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) vergütet. Der Photovoltaikanlagen-Rechner hilft Ihnen dabei, die optimale Anlagengröße zu ermitteln. Hierfür können Sie die Werte an Ihre eigenen Bedürfnisse und an die Gegebenheiten Ihres Hauses anpassen.

Wie wird Ihr Gebäude genutzt?

Privat Geschäftlich

Welche Art der Netzeinspeisung möchten Sie nutzen?

Überschusseinspeisung Volleinspeisung

Zurück Weiter

Zusammenfassung Photovoltaik

Autarkie: 0% Eigenverbrauch: 0%

Leistung	100,4 kWp
Stromertrag	91.804 kWh/Jahr
Baukosten	73.137 €
CO ₂ -Einsparungen	42,2 t
Vorteil nach 20 Jahren	52.155 €

Zusammenfassung Solaranlage

Zusammenfassung Wirtschaftlichkeit

VHS-Gebäude Kampstraße 47

Modulplatzierung

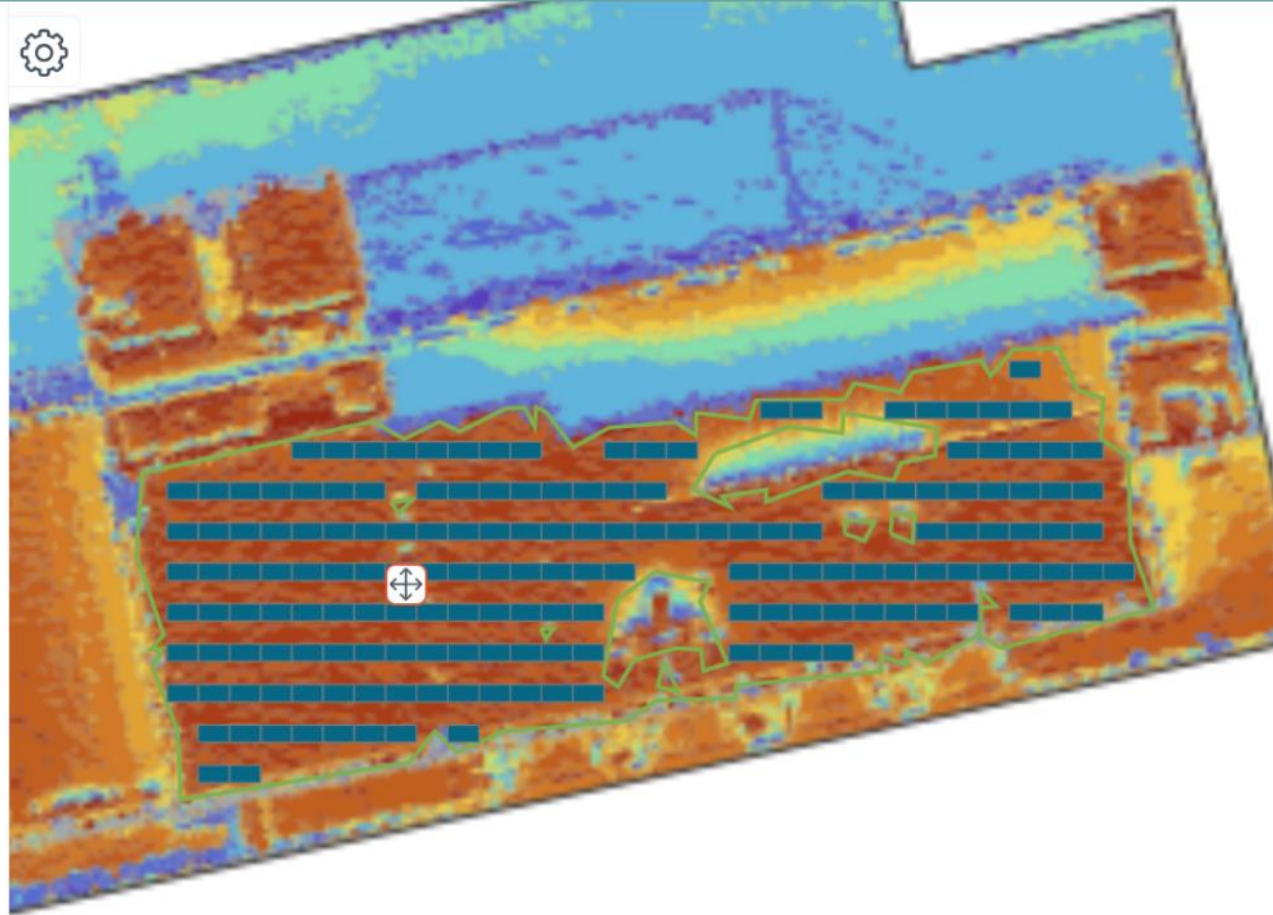
Bitte platzieren Sie die Solarmodule.

Optimieren



Sperrflächen auf dem Dach
kennzeichnen!

Expertenmodus Aus



Ergebnis Ihrer Belegung

 Modulanzahl: 171

 Modulfläche: 342 m²

 Nennleistung: 78,66 kWp

 Stromertrag:
73.804 kWh/Jahr

Hinweis: Nutzen Sie die Maus, um die Photovoltaikmodule auf dem Dach zu platzieren. Dazu empfiehlt es sich, zuerst die Optimierung zu starten und anschließend den Planungsvorschlag individuell anzupassen. Bitte beachten Sie, dass bei der Dachflächenauswahl nicht immer alle Aufbauten berücksichtigt werden können. Vergewissern Sie sich, dass keine Module auf Dachflächenfenstern platziert werden.



LANUV NRW: Solarkataster



Solarkataster NRW

Adress- und Koordinatensuche

Adresse oder Länge u. Breite (z. B. 6.97)

Dachflächen Photovoltaik (ab Maßstab 1:5000)

Eignung

- Prüfung durch Fachunternehmen erforderlich

Geeignete Flächen nach Ausrichtung

- Flach
- Nord
- Ost
- Süd



Stromspeicher

sinnvolle Obergrenze der nutzbaren Speicherkapazität

		2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000
PV-Generatorleistung in kW	≥ 10	3,0 kWh	4,5 kWh	6,0 kWh	7,5 kWh	9,0 kWh	10,5 kWh	12,0 kWh
	9	3,0 kWh	4,5 kWh	6,0 kWh	7,5 kWh	9,0 kWh	10,5 kWh	12,0 kWh
	8	3,0 kWh	4,5 kWh	6,0 kWh	7,5 kWh	9,0 kWh	10,5 kWh	12,0 kWh
	7	3,0 kWh	4,5 kWh	6,0 kWh	7,5 kWh	9,0 kWh	10,5 kWh	10,5 kWh
	6	3,0 kWh	4,5 kWh	6,0 kWh	7,5 kWh	9,0 kWh	9,0 kWh	9,0 kWh
	5	3,0 kWh	4,5 kWh	6,0 kWh	7,5 kWh	7,5 kWh	7,5 kWh	7,5 kWh
	4	3,0 kWh	4,5 kWh	6,0 kWh	6,0 kWh	6,0 kWh	6,0 kWh	6,0 kWh
			2000	3000	4000	5000	6000	7000
		Stromverbrauch in kWh/a						

10-kW-Klasse

TESTSIEGER 2024

20 Solarstromspeicher im Vergleich

5-kW-Klasse

RCT POWER Power Storage DC 10.0
und Power Battery 11.5



RCT POWER Power Storage DC 6.0
und Power Battery 7.6

ENERGY DEPOT Centurio 10
und DOMUS 2.5



FRONIUS Primo GEN24 6.0 Plus
und **BYD** Battery-Box HVS 7.7

FRONIUS Symo GEN24 10.0 Plus
und **BYD** Battery-Box HVS 10.2



KOSTAL PLENTICORE plus G2 5.5
und **BYD** Battery-Box HVS 7.7

Testergebnisse auf Basis der Bewertung mit dem SPI



htw.

© solar.htw-berlin.de

Kosten, EEG-Vergütung und Förderung

Modulkosten

Durchschnitt der Solar modul-Preise auf dem europäischen Spotmarkt (Quelle: pvXchange / Stand: Oktober 2023)

Modulkategorie	Beschreibung	Modulpreise pro Watt _{peak}
Low Cost	Minderleistungsmodule, B-Ware, Insolvenzware, Gebrauchtmodule (kristallin), Produkte mit eingeschränkter oder ohne Garantie	0,11 Euro/Watt _{peak}
Mainstream	Standard-Module mit monokristallinen Zellen (auch TOPCon), die vorwiegend in gewerblichen Anlagen eingesetzt werden und einen Wirkungsgrad bis 22 % aufweisen.	0,19 Euro/Watt _{peak}
High Efficiency	Kristalline Module mit mono- oder bifazialen HJT-, N-Typ-/TOPCon- oder IBC (Back Contact)-Zellen und Kombinationen daraus, welche Wirkungsgrade größer 22 % aufweisen.	0,27 Euro/Watt _{peak}

Gesamtkosten

Im Folgenden finden Sie 3 Preisbeispiele für eine Schätzung der Photovoltaikkosten nach Dachfläche:

- **Kleines Dach:** 25 qm – 5 kWp Photovoltaik mit 5 kWh Speicher – 15.000 € – 600 € pro m²
- **Mittleres Dach:** 50 qm – 10 kWp Photovoltaik mit 10 kWh Speicher – 20.000 € – 400 € pro m²
- **Großes Dach:** 75 qm – 15 kWh Photovoltaik mit 12 kWh Speicher – 25.000 € – 330 € pro m²

<https://www.wegatech.de/ratgeber/photovoltaik/kosten-und-wirtschaftlichkeit/photovoltaikanlagen/>

⚡ Die Kosten: Mit diesen Kennzahlen sollten Sie rechnen!

Kleine Photovoltaik-Anlagen mit **zehn Kilowatt** installierter Leistung kosten aktuell im Schnitt **rund 25.000 Euro inkl. Montage und Inbetriebnahme**. Die Kosten pro kW sind mit **2.200 € - 2.800 € pro kW_p** installierter Anlagenleistung deutlich teurer als der Kauf der Module, da diese natürlich noch auf dem Dach installiert und mit dem Wechselrichter verkabelt werden müssen.

Zudem gilt: *Je kleiner die Anlage, desto höher die Kosten pro kW_p. Je größer die Photovoltaik-Anlage, desto kleiner die Kosten pro kW_p!*

Bauen Sie eine kleinere Anlage, sparen Sie, weil sie **weniger Module** brauchen. Allerdings entstehen **die gleichen Fixkosten**: Es muss trotzdem das gleiche Gerüst gestellt werden, die Anfahrtkosten bleiben die gleichen, die Planung ist ähnlich aufwendig und Sie benötigen trotzdem einen Wechselrichter. Auch müssen Kabel verlegt und der Zählerkasten angepasst werden. Das führt dazu, dass das **Preis-Leistungs-Verhältnis** für größere Photovoltaik-Anlagen **oft wesentlich besser** ist.

<https://photovoltaik.org/>

EEG-Vergütung

Einspeisevergütung

Neu und auch für private Haushalte relevant ist eine Unterscheidung zwischen Voll- und Überschuss-Einspeiseanlagen. Ein Wechsel zwischen beiden Varianten ist jederzeit möglich, allerdings muss beachtet werden, dass beide Anlagen über separate Messeinrichtungen verfügen.

Die Einspeisevergütung wird für alle Anlagengrößen deutlich angehoben. Aufgrund der monatlichen Degression (Absenkung der Einspeisevergütung) war es bisher sinnvoll, die PV-Anlage so früh wie möglich anzumelden. Dieser Zeitdruck entfällt jetzt. Bis 2024 soll die Degression ausgesetzt werden und danach nur noch halbjährlich erfolgen.

Um den Volleinspeisebonus zu erhalten, muss der gesamte im Kalenderjahr erzeugte Strom ins Netz eingespeist werden. Zudem muss diese Volleinspeisung bis zum 1. Dezember für das Folgejahr angemeldet werden.

Auch ist die Anmeldung von zwei Anlagen auf einem Dach möglich - eine für Überschusseinspeisung und eine für Volleinspeisung. Dies macht für viele eine Vollbelegung ihres Daches und eine Trennung für Eigenverbrauch- und Volleinspeiseanlage interessant.

EEG-Vergütung

Einspeisevergütung 2024

Datum Inbetriebnahme	Überschuss-/ Voll- Einspeisung	bis 10 kWp	10 bis 40 kWp	40 bis 100 kWp
01.02.2024 bis 31.07.2024	Überschusseinspeisung	8,1 Cents/kWh	7 Cents/kWh	5,7 Cents/kWh
	Volleinspeisung	12,9 Cents/kWh	10,8 Cents/kWh	10,8 Cents/kWh
ab 01.08.2024	Überschusseinspeisung	8 Cents/kWh	6,9 Cents/kWh	5,6 Cents/kWh
	Volleinspeisung	12,8 Cents/kWh	10,7 Cents/kWh	10,7 Cents/kWh

Zeit nach der EEG-Vergütung

Die Einspeisevergütung wird 20 Jahre ab Inbetriebnahme gewährt. Für die Zeit danach stellt sich für Anlagenbetreiber daher die Frage, was mit dem selbstproduzierten Strom passieren soll. Es bieten sich zwei Möglichkeiten:

- **Eigenverbrauchssteigerung**
- **Direktvermarktung**
-



Keine Umsatzsteuer auf die Photovoltaik-Anlage

Für den Kauf von privaten Photovoltaik-Anlagen auf einem Wohngebäude wird seit dem 1. Januar 2023 keine Umsatzsteuer mehr fällig. Mit dem Jahressteuergesetz von Ende 2022 wurde ein Umsatzsteuersatz von 0 Prozent festgelegt. Diese Regelung ist unbefristet. Sie umfasst

- die Photovoltaik-Anlage,
- deren Einzelkomponenten,
- Ersatzteile, Batteriespeicher sowie
- dazu gehörige Handwerksleistungen.

Komponenten	Umsatzsteuersatz
Photovoltaik-Anlage:	0 Prozent
Batteriespeicher:	0 Prozent
Wallbox:	19 Prozent
Umbau Hauselektrik:	19 Prozent
Neuer Zählerschrank für PV-Anlage:	0 Prozent
Arbeitszeit PV-Montage:	0 Prozent
Arbeitszeit Batterieeinbau:	0 Prozent
Arbeitszeit Anschluss Wallbox:	19 Prozent
Arbeitszeit Umbau Hauselektrik:	19 Prozent
Arbeitszeit neuer Zählerschrank:	0 Prozent

Einkommensteuer entfällt meist für Privatleute

Eine Photovoltaik-Anlage auf dem Ein- oder Mehrfamilienhaus unterliegt heute unter bestimmten Umständen nicht mehr der Einkommensteuer. Diese Kriterien müssen dafür erfüllt werden:

- 1 Die Anlage wird privat und nicht gewerblich betrieben, das heißt, Einnahmen zum Beispiel aus EEG-Vergütung oder Stromverkauf, gehen auf das private Konto ein und
- 2 die Anlage ist/wird auf einem Wohngebäude oder Nebengebäude, zum Beispiel Garage oder Carport, installiert und
- 3 der oder die Steuerpflichtige besitzt maximal 100 Kilowatt-Peak Photovoltaik-Leistung, die eigenen Anlagen oder Mitunternehmerschaft zusammen betrachtet. Werden Anlagen zusammen veranlagt, gilt eine Grenze von 200 Kilowatt-Peak.
- 4 Die Photovoltaik-Anlage hat eine Spitzenleistung von maximal 30 Kilowatt-Peak oder bei einem Mehrfamilienhaus eine von maximal 15 Kilowatt-Peak pro Wohneinheit.

Förderung

Auf Bundesebene kann die sogenannte Investitionszulage für Photovoltaikanlagen im produzierenden Gewerbe und im Bereich der produktionsnahen Dienstleistungen in Form von Steuergutschriften genehmigt werden.

Daneben stellt die KfW-Förderbank folgende Programme zur Verfügung:

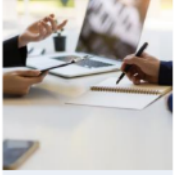
KfW – erneuerbare Energien – Standard

KfW – Kommunalkredit

BMU – Demonstrationsprogramm

KfW – kommunal investieren.

Die Fördergelder der KfW-Förderbank werden im Gegensatz zur Investitionszulage ausschließlich als Darlehen genehmigt und über die jeweilige Hausbank zur Verfügung gestellt.



© Wasan - stock.adobe.com

Förderung von Beratungsleistungen zum Photovoltaikausbau ■ ■

Gefördert werden Machbarkeitsstudien, Potenzial- und Wirtschaftlichkeitsanalysen, Konzepterstellungen, Vorplanungsstudien, Erstellung von Umwelt- und Blendgutachten, Voruntersuchungen der Statik und Standsicherheit, Prüfungen des Netzanschlusses sowie Dienstleistungen zur Begleitung von Bauleitverfahren zur V...



© Fox_Dsign - stock.adobe.com

Förderung der Erneuerung der Hauselektrik in bestehenden Mehrparteienhäusern im Vorfeld der Installation einer neuen PV-Anlage ■ ■

Gefördert wird die Erneuerung der Hauselektrik in bestehenden Mehrparteienhäusern im Vorfeld der Installation einer neu zu errichtenden Photovoltaik-Anlage, um die Nutzung des erzeugten Stroms der Photovoltaik-Anlage vor Ort in den Wohnungen (insbesondere als Mieterstrom) zu ermöglichen.



© Marina Lohrbach - stock.adobe.co

Förderung von Carports mit Photovoltaik-Dach ■ ■

Gefördert wird die Errichtung von Carports mit Photovoltaik-Dach über offenen Parkplätzen mit mehr als 10 Stellplätzen, welche einem Nicht-Wohngebäude dienen und die vor 2022 errichtet wurden.



© Martin Winzer - stock.adobe.com

Förderung von Steuereinrichtungen für den Betrieb von Wärmepumpen in Verbindung mit einer Photovoltaikanlage ■ ■

Gefördert werden die notwendigen Steuereinrichtungen und Anschlussarbeiten für den Betrieb einer Wärmepumpe in Verbindung mit einer Photovoltaikanlage, um den zum Betrieb der Wärmepumpe benötigten Strom aus einer am Gebäude befindlichen Photovoltaikanlage nutzen zu können.



© Stephan Baur - stock.adobe.com

Förderung von Photovoltaik-Dachanlagen auf kommunalen Gebäuden zusammen mit einem Batteriespeicher ■ ■

Gefördert werden Systeme aus Photovoltaik-Dachanlagen und Batteriespeichern, die auf kommunalen Gebäuden elektrische Energie für den Eigenverbrauch erzeugen (Eigenbedarf).



© Supawit - stock.adobe.com

Förderung von Photovoltaikanlagen, die nicht über das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) gefördert werden ■ ■

Gefördert wird die Errichtung oder Erweiterung von Freiflächen-Photovoltaikanlagen inklusive Floating-Photovoltaikanlagen und Agri-Photovoltaikanlagen ab jeweils 100 Kilowatt-Peak installierte Leistung.



© Zenturio Designs - stock.adobe.com

Förderung von Fassaden-Photovoltaik ■ ■

Gefördert wird die Installation von Fassaden-Photovoltaik.


Förderung von Photovoltaikanlagen auf Vereinsgebäuden

Um den Klimaschutz weiter voranzutreiben und das in Dortmund vorhandene technische Solarpotenzial besser auszuschöpfen, hat der Rat der Stadt Dortmund ein Programm zur Förderung der Errichtung von neuen Photovoltaikanlagen beschlossen. Das Programm richtet sich an Dortmunder Vereine und soll diese in die Lage versetzen, an der Energiewende zu partizipieren und sich damit aktiv am Klimaschutz zu beteiligen. Vereine können nun einen Zuschuss von bis zu 50 % für die Errichtung einer Photovoltaikanlage auf ihrem Vereinsgebäude beantragen und so ihre Stromrechnung reduzieren.

Förderprogramm

Die Stadt Dortmund unterstützt Dortmunder Vereine, die einen Beitrag zur Energiewende in Dortmund leisten möchten. Die Errichtung von Photovoltaikanlagen auf Vereinsgebäuden verringert strombedingte Treibhausgasemissionen und soll damit zum Ziel der Klimaneutralität bis 2035 beitragen. Zudem soll die finanzielle Situation der Vereine in Anbetracht steigender Energiekosten verbessert werden.

Eine Antragstellung ist möglich, solange entsprechende Fördermittel für dieses Förderprogramm zur Verfügung stehen. Die Anträge können einfach beim Umweltamt eingereicht werden.

Den Förderantrag für [Photovoltaikanlagen auf Vereinsgebäuden](#), 677 KB, PDF  einfach herunterladen, ausfüllen und abschicken an:

dlze – Dienstleistungszentrum Energieeffizienz und Klimaschutz
dlze@stadtdo.de

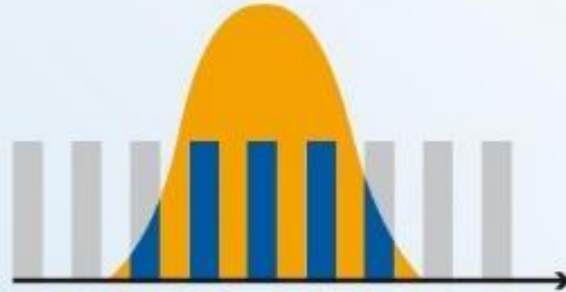
<https://www.dortmund.de/themen/foerderungen/foerderprogramme/photovoltaikanlagen-auf-vereinsgebaeuden/>

Kombination von PV und Wärmepumpe

Kombination von PV und Wärmepumpe

Einstufige Wärmepumpe

ohne Speicherung



Eigenverbrauchserhöhung 0
Netzentlastung -

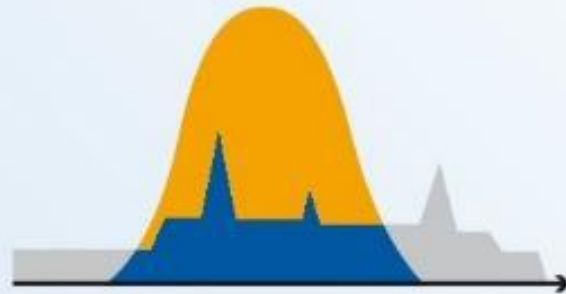
mit Speicherung



Eigenverbrauchserhöhung +
Netzentlastung 0

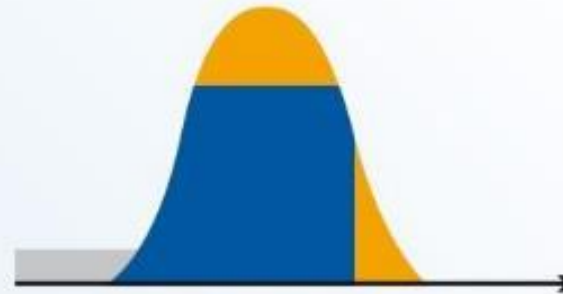
Inverter Wärmepumpe

ohne Speicherung



Eigenverbrauchserhöhung +
Netzentlastung 0

mit Speicherung



Eigenverbrauchserhöhung ++
Netzentlastung ++

- Solarstromerzeugung
- Wärmepumpe über Netzstrom
- Wärmepumpe über Solarstrom

Quelle: EnergieAgentur.NRW

Wärmepumpen besitzen Schnittstelle zur PV

Das SG Ready-Label wird an Wärmepumpen-Baureihen verliehen, deren Regelungstechnik die Einbindung der einzelnen Wärmepumpe in ein intelligentes Stromnetz ermöglicht.

Es kann von Wärmepumpen-Herstellern und Vertriebsunternehmen beantragt werden. Zur Vergabe des Labels müssen die Voraussetzungen gemäß Kapitel 2 der Regularien (s. u.) erfüllt werden.

Das Label wird nur in Deutschland vergeben und besitzt darüber hinaus keine Gültigkeit.

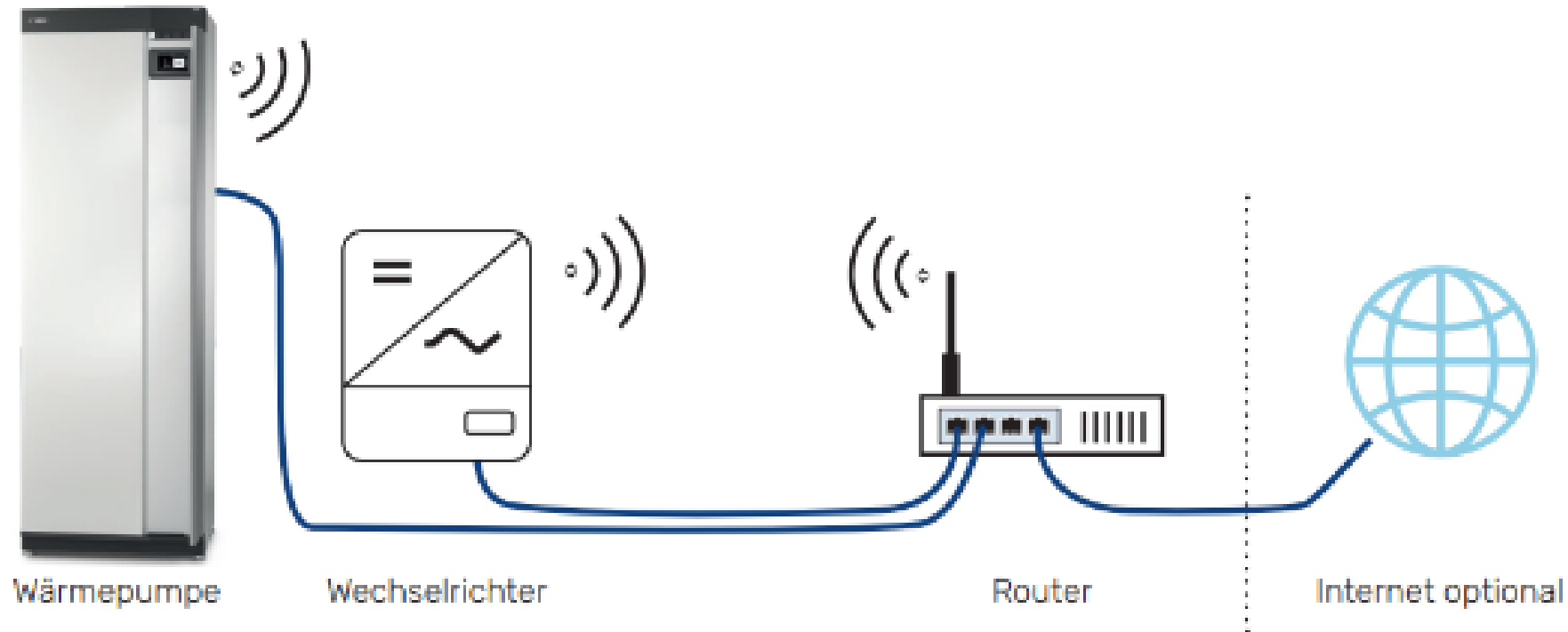


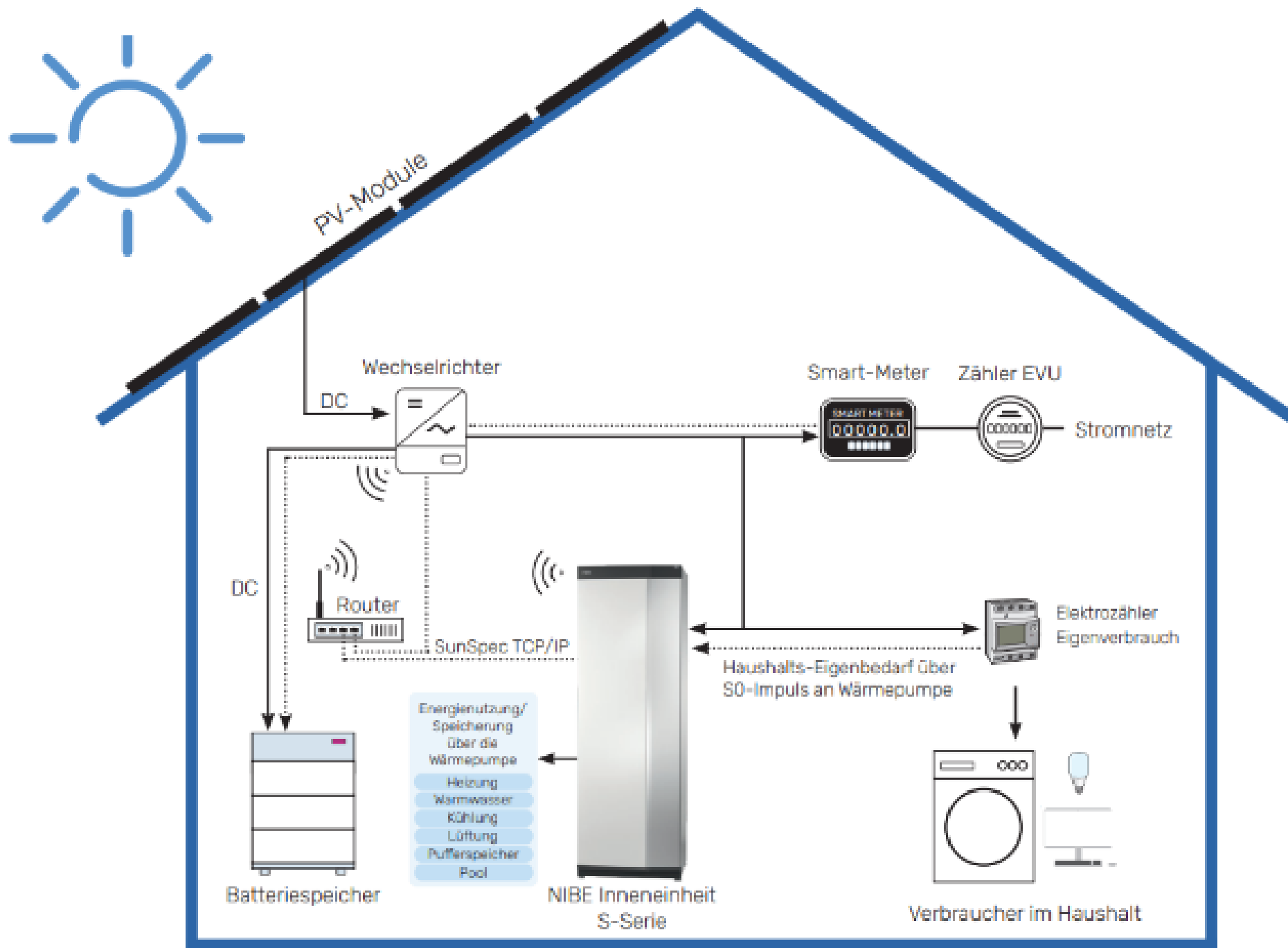
validity check of this label at www.waermepumpe.de/sg-ready

Anschluss Router

Die Wärmepumpe wird über ein LAN Netzwerkkabel an einen Internet-Router angeschlossen und muss sich dabei in demselben Netzwerk wie der PV-Wechselrichter befinden. Die Datenübertragung erfolgt über ein standardisier-

tes Busprotokoll. Die Übertragung wird im Bedienmenü des Wechselrichters im Bedienmenü des Internetrouters sowie im Bedienfeld der Wärmepumpe eingerichtet. Von NIBE dafür geprüfte Wechselrichter finden sich unter: nibe.de/erste-hilfe/photovoltaik





Tool: Berechnung WP, PV, Speicher

Gebäude

Heizungsbedarf: 2000 kWh

Dehlfache Fläche: 100 m²

spezif. Heizungsbedarf (20°C): 120 kWh/m²

ungefähre Heizlast (Vorschlag für Auslegung): 12 kW

spezif. ungefähre Heizlast: 75 W/m²

Heizgrenztemperatur (nur für Blueflüssigkeit): 60 °C

größtmögliche Raumtemperatur: 20,0 °C

Raumtemp. fester Betrieb: 20,0 °C

Wärmeübertragungssystem: Fußbodenheizung

Verlegestandard: 15 cm

max. benötigte Fußbodenhöhe: 26,75 °C

Radialoren: normal

Heizperiode:

Januar SA

Februar August

März September

April Oktober

Mai November

Juni Dezember

Heizkurve:

Steigung: 0,5

Parabelverschiebung: 1

Photovoltaikanlage

Größe: 6 kWp

Süden, Dachneigung 40 °

Ertrag: 5816 kWh/a

Batteriespeicher

Kapazität: 10 kWh

Entladbar bis: 20 %

max. Lade-/Entladeleistung: 4,5 kW

Systemwirkungsgrad: 95 %

Wärmeverlust/24h: 2,5 kWh/24h

Wärmeverlust: 104 W

bei WW-Temp. (Herstellerangabe): 65 °C

bei Aufstellraumtemp. (Hersteller): 15 °C

tatsächliche Aufstellraumtemp.: 12 °C

Wärmeverlust/24h: 2,5 kWh/24h

Wärmeverlust: 104 W

bei WW-Temp. (Herstellerangabe): 65 °C

bei Aufstellraumtemp. (Hersteller): 15 °C

tats., durchschn. Aufstellraumtemp.: 12 °C

Wärmewasserbedarf

täglicher Bedarf: 4 kWh

jährlicher Bedarf: 1460 kWh

tägl. Verbrauch, Duschen mit 38 °C: 123 l

Anteil morgens: 80 %

Duschzeit bei Standardduschkopf mit 10 l/min [min]: 9,83

Uhrzeit [h]: 07:00

Anteil abends: 20 %

Duschzeit mit Standardduschkopf mit 10 l/min [min]: 2,46

Uhrzeit [h]: 21:00

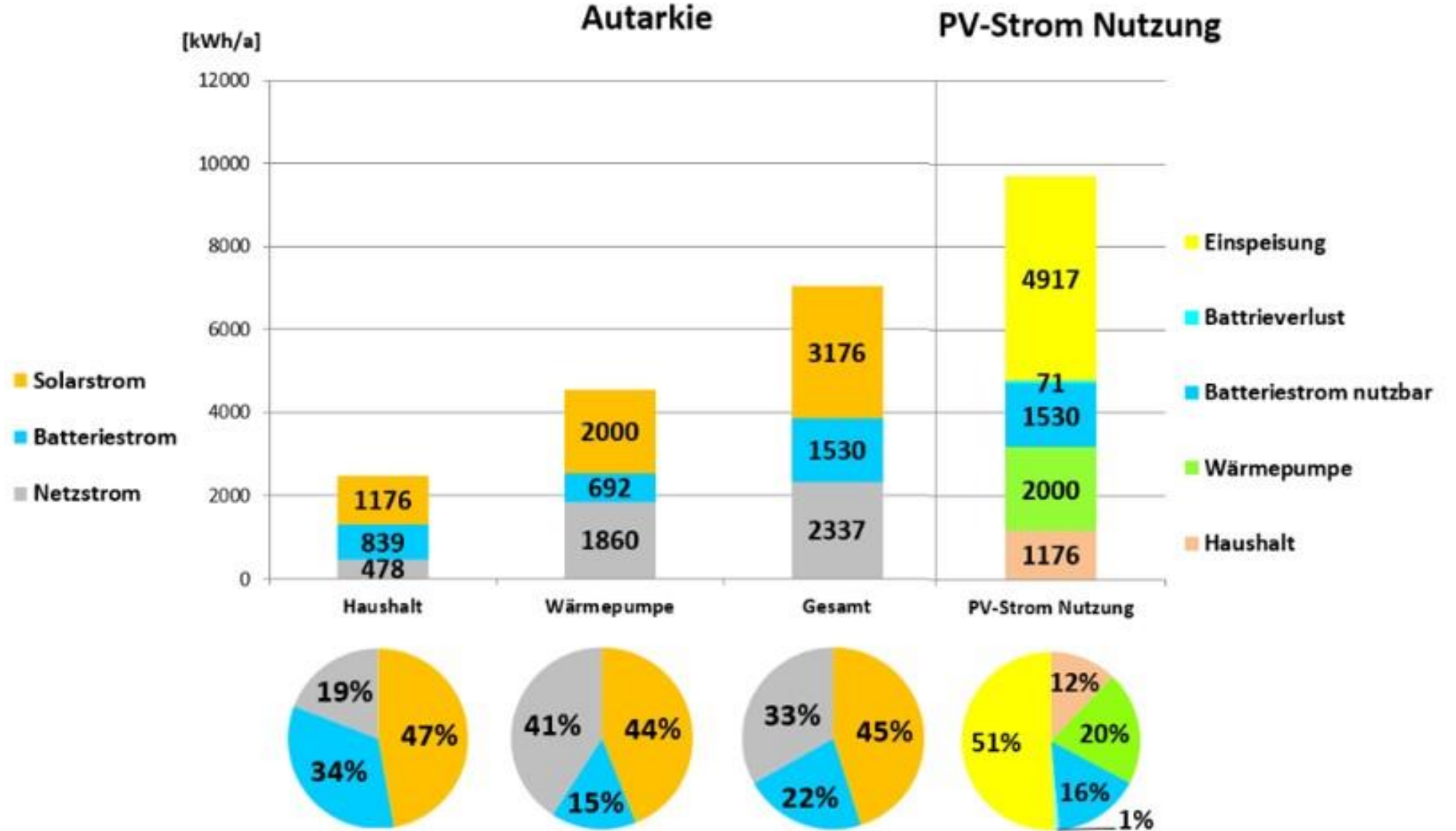
Simulationsergebnisse Wärmepumpe

	Heizung	Warmwasser	Gesamt
Wärmebedarf [kWh]	18788	1460	20248
Speicherverlust [kWh]	216	692	908
Wärmeerzeugung [kWh]	19645	1958	21603
Stromverbrauch Wärmepumpe [kWh]	5105	609	5714
Jahresarbeitszahl	3,85	3,22	3,78
Betriebsstunden [h]	1885	225	2110
Kompressorstarts			1283
durchschnittliche Laufzeit [min]			99

Stromverbrauch der Wärmepumpe

Kategorie	Stromverbrauch [kWh/a]	Anteil [%]
Heizung	5105	89%
Warmwasser	609	11%

Tool: Berechnung WP, PV, Speicher



Berechnung WP, PV, Stromspeicher

Gebäude	Wärmebedarf	Heizlast	PV-Anlage	Stromspeicher	Autarkie Wärmepumpe
Niedrigenergiehaus 140 m ²	10.000 kWh	6 kW	6 kWp	6 kWh	42+ 6=48%
Neubau 140 m ²	15.000 kWh	9 kW	6 kWp	6 kWh	27+10=37%
Altbau 140 m ²	25.000 kWh	14 kW	6 kWp	6 kWh	15+10=25%
Altbau 140 m ²	25.000 kWh	14 kW	10 kWp	10 kWh	32+13=45%

Sole/Wasser-Wärmepumpe, Lithium-Stromspeicher, 250 W Solarmodule Süd-Dach 30°

Wartung, Reinigung und Versicherung

Wartung

- Prinzipiell gelten Photovoltaikanlagen aufgrund des Fehlens beweglicher und verschleißanfälliger Teile als **wartungsarm**.
- Monitoring-Systeme können Aufschluss über den Wartungsbedarf geben. Nutzern ist es möglich, die Leistungswerte der eigenen Anlage mit historischen Anlagendaten und Daten technisch ähnlicher Fremdanlagen zu vergleichen. Auf diese Weise werden unnatürliche Ertragseinbußen schnell deutlich. Für Installateure bietet das System die Möglichkeit der Fernwartung.
- Da die Module vielfältigen Witterungsverhältnissen ausgesetzt sind, ist eine regelmäßige Vor-Ort-Wartung der Anlage dennoch sinnvoll. Sichtprüfungen können z. B. im vierteljährlichen und Begehungen im jährlichen Turnus erfolgen.
- Teil der Begehung ist die Überprüfung von Steckverbindungen zwischen den Modulen und die Kontrolle der Module auf sichtbare Schäden oder starke Verschmutzungen. Lose Steckverbindungen können Lichtbögen verursachen und schlimmstenfalls zu einem Brand führen. Eine intakte Verkabelung ist daher besonders wichtig. Ein weiterer Teil der Wartung kann auch die Überprüfung des Wechselrichters, des Zählers und der Sicherheitseinrichtungen sein.
- Mit **Installateuren** können beim Kauf der Anlage **Wartungsverträge** abgeschlossen werden. Die Konditionen sind meist verhandelbar. Die Kosten einer Wartung belaufen sich, je nach Leistungsumfang, **auf ca. 80 bis 150 Euro bzw. acht bis 15 Euro pro kWp**.

Reinigung

- Im Laufe der Jahre kann es zu einer **Verschmutzung der Module** kommen. Im Optimalfall werden Regen oder Schnee einen Großteil der Verschmutzungen abwaschen. Der Reinigungseffekt steigt in der Regel mit der Neigung der Module. Mit der Zeit kann sich der Dreck jedoch an der Kante von Rahmen und Zelle (**rote Linie**) sammeln und in diesem Bereich zu einer verringerten Leistung führen. Werden die Module horizontal angeordnet, kann der Effekt verstärkt auftreten.
- ▶ Mögliche Ursachen für Verschmutzungen sind u. a. Staub, Laub, Vogeldreck und Pollenflug. Anlagen in der Nähe von Landwirtschaftsbetrieben können stärker von Verschmutzungen betroffen sein.
- ▶ Die Kosten für eine Reinigung können zwischen ein und drei Euro pro Quadratmeter betragen. Für eine 10 kWp-Anlage (ca. 70 m²) sind demnach Aufwendungen von 200 bis 250 Euro zu erwarten.



Versicherung

• Von einer Allgefahrenversicherung werden in der Regel folgende Punkte abgedeckt:

- Elementarschäden (Brand, Explosion, Sturm, Hagel, Blitzschlag, Frost, Schnee)
- Diebstahl, Vandalismus
- Kurzschluss, Überspannung
- Fahrlässigkeit
- Marderverbiss

• Nicht versichert sind hingegen

• Schäden durch:

- Krieg, innere Unruhen
- Erdbeben, nukleare Unfälle
- Vorsatz
- Abnutzung, Korrosion
- Garantiefälle

Versicherung

- Für eine 10 kWp-Anlage (14.000 Euro netto) belaufen sich die Kosten auf ca. 75 bis 100 Euro pro Jahr (je nach Leistungsumfang).

Eine Photovoltaikanlage kann auch **über die Gebäudeversicherung mitversichert** werden, allerdings muss dazu die Versicherungssumme erhöht werden. Die jährlichen Mehrkosten liegen im Bereich der separaten Allgefahrenversicherung, allerdings kann der Leistungsumfang bei der Gebäudeversicherung geringer ausfallen und sollte verglichen werden.

- Wird eine separate Versicherung gewählt, sollte der Gebäudeversicherer dennoch über die Installation einer Photovoltaikanlage informiert werden, da es sich prinzipiell um eine Gefahrenerhöhung handeln kann. Mehrkosten fallen dadurch jedoch nicht an, da bereits eine separate Versicherung existiert.

Recycling und Verschrottung

- Nach EU-Richtlinie 2002/96/EG (WEEE) müssen Solarmodule nach ihrem Lebensende (EoL) separat von anderem Elektroschrott gesammelt und recycelt werden. Die vorgeschriebene Sammelquote für verkaufte Module liegt bei 85 Prozent, wovon insgesamt 80 Prozent der Module recycelt werden müssen. 95 Prozent der Modulwerkstoffe können wiedergewonnen werden.
Die Kosten für das Recycling trägt der Modulhersteller. Alle Hersteller, die auf dem deutschen Markt Module verkaufen wollen, müssen sich für das Recycling registrieren. Der Rückbau der Photovoltaikmodule erfolgt durch den Anlagenbetreiber.
- Auch Betreiber von Kleinanlagen sind dazu verpflichtet, Photovoltaikmodule an einer Sammelstelle für Elektroschrott abzugeben. Laut Vorschrift muss mindestens eine Sammelstelle pro Landkreis bzw. kreisfreier Stadt angeboten werden (z. B. Wertstoff- und Entsorgungshöfe). Die Abgabe der Module ist kostenfrei, muss jedoch bei mehr als 20 Modulen gegebenenfalls angemeldet werden.



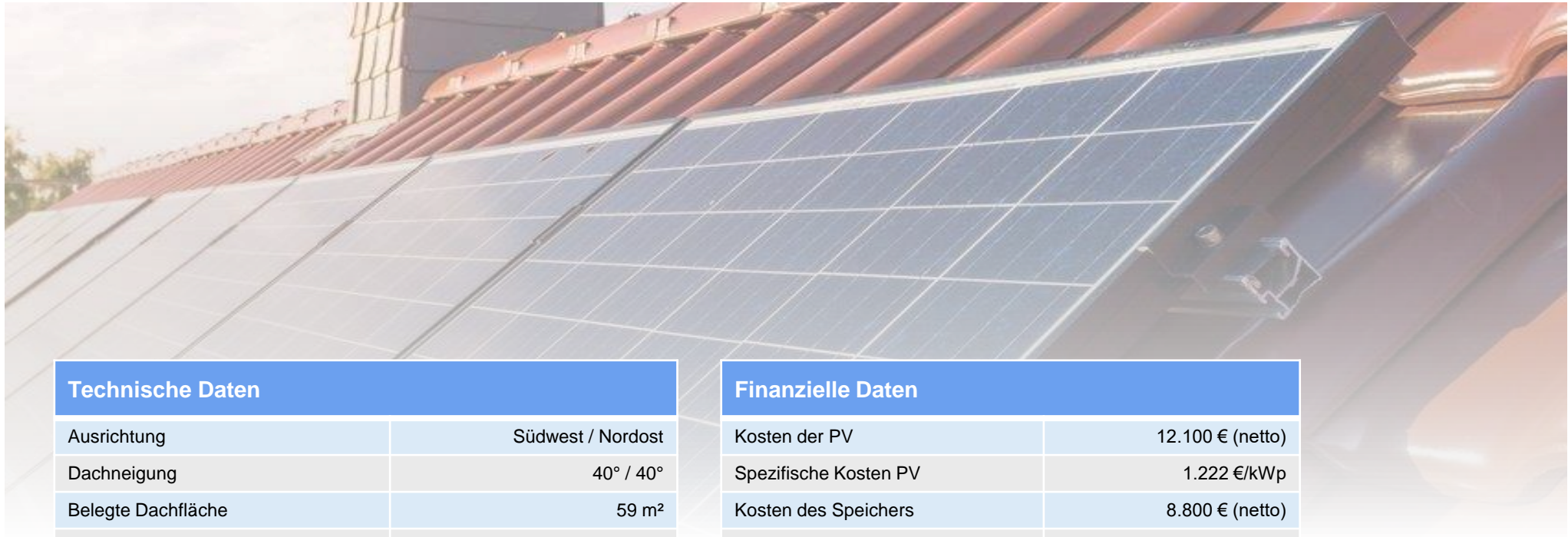
Recycling und Verschrottung

- Eine Vielzahl von Herstellern hat sich zu dem Verband „PV-Cycle“ zusammengeschlossen, welcher aktuell ca. 240 Mitgliedsunternehmen umfasst. Ob eine Mitgliedschaft besteht, sollte beim jeweiligen Hersteller angefragt werden. PV-Cycle bietet zusätzliche, gesonderte Sammelstellen an.
- Ist der Modulhersteller Mitglied bei PV-Cycle, kann ab 40 Modulen eine kostenfreie Abholung organisiert werden. Liegt die nächste Sammelstelle 50 km vom Installationsort entfernt, ist eine kostenfreie Abholung schon ab 25 Modulen möglich. Ist der Hersteller kein Mitglied, kann eine Abholung auch gegen eine Gebühr erfolgen.



Beispiel

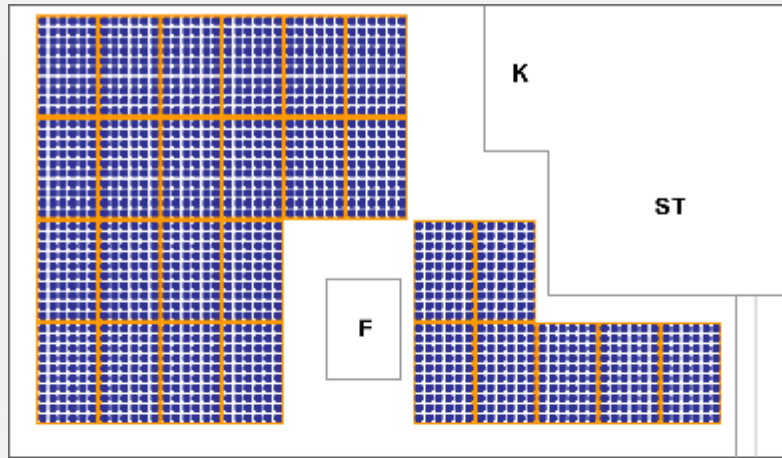
Privater Haushalt 1



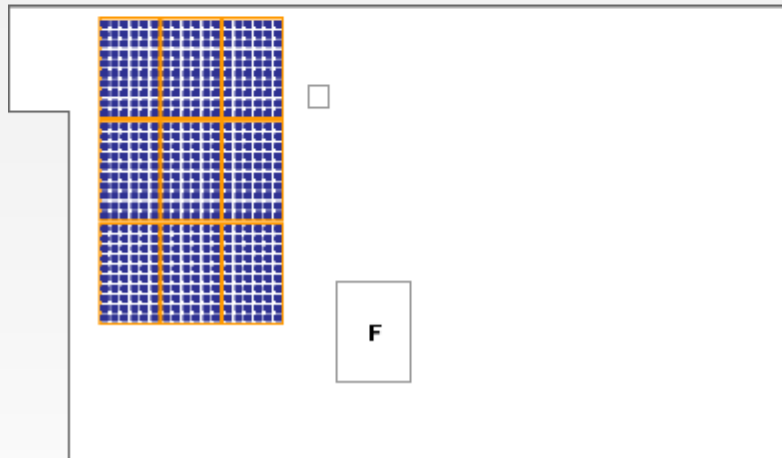
Technische Daten	
Ausrichtung	Südwest / Nordost
Dachneigung	40° / 40°
Belegte Dachfläche	59 m ²
Installierte Leistung PV / Speicher	9,9 kWp / 13,2 kWh
Jährlicher Ertrag	8.160 kWh
Stromverbrauch	5.500 kWh
Eigenverbrauchsanteil	54 %
Autarkiegrad	77 %

Finanzielle Daten	
Kosten der PV	12.100 € (netto)
Spezifische Kosten PV	1.222 €/kWp
Kosten des Speichers	8.800 € (netto)
Gesamtkosten	20.800 € (netto)
Jährliche Kosten	84 €/a
Inbetriebnahme	02.2024
Einspeisevergütung	0,081 €/kWh
Stromgestehungskosten	0,12 €/kWh
Amortisationszeit	rund 10 Jahre
Gesamtkapitalrendite	5,8 %

Dachplan



42°-SW-Dach
A = +58°



42°-NO-Dach
A = -122°

Legende



PV-Modul:
60 Zellen
1640 x 990 mm



PV-Modul:
54 Zellen
1480 x 995 mm

Wechselrichter:

SMA STP 9000TL20
A: 3x20 - String 1,2,3
B: 1x18 - String 4

Dachplan

Modul: Axitec poly 275 Wp
Stückzahl: 36
Anlagenleistung: 9,9 kWp



Netzgekoppelte PV-Anlage mit elektrischen Verbrauchern und Batteriesystem

Die Anlage

PV-Generatorleistung	9,91 kWp
PV-Generatorfläche	58,6 m ²
Anzahl PV-Module	36
Anzahl Wechselrichter	19
Anzahl Batterien	1

Der Ertrag

PV-Generatorenergie (AC-Netz)	8.163 kWh
Eigenverbrauch	4.429 kWh
Netzeinspeisung	3.630 kWh
Spez. Jahresertrag	823,67 kWh/kWp
Anlagennutzungsgrad (PR)	87,1 %
Eigenverbrauchsanteil	54,3 %
Autarkiegrad	76,7 %
Vermiedene CO ₂ -Emissionen	4.707 kg/Jahr

Ihr Gewinn

Gesamte Investitionskosten	20.790,45 €
Gesamtkapitalrendite	5,84 %
Amortisationsdauer	rund 10 Jahre
Stromgestehungskosten	0,12 €/kWh





Danke für Ihre
Aufmerksamkeit.

Sven Kersten, NIBE CS

+49 160 97 28 10 56

sven.kersten@nibe.se

Fragen?

2.2 Kennzahlen

Abbildung 2 zeigt schematisch den zeitlichen Verlauf von Produktion und Verbrauch über einem Tag. Der Verbrauch wird hier vereinfachend als konstant angenommen.

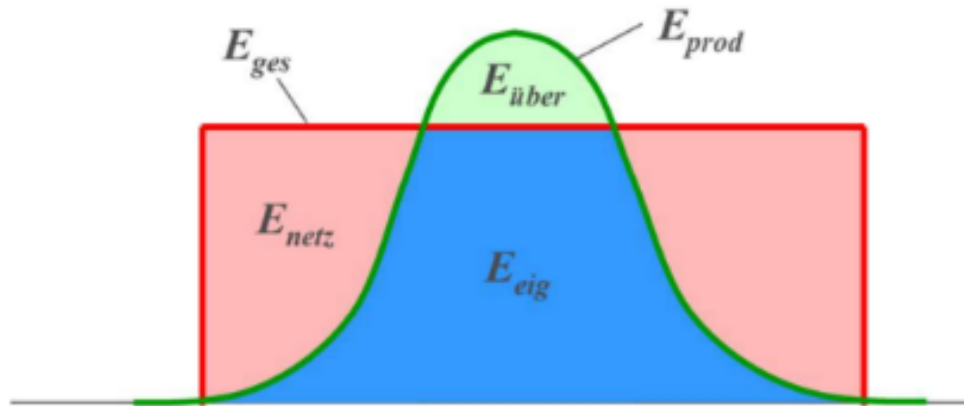


Abbildung 2: Zeitlicher Verlauf von Produktion und Verbrauch mit Netzbezug (rot), Eigenverbrauch (blau) und Überschuss (grün)

Folgende energetische Grössen werden dabei verwendet (Einheit kWh = Kilowattstunden):

E_{prod}	Stromproduktion der PV-Anlage (kWh)
E_{ges}	Gesamter Stromverbrauch des Gebäudes (kWh)
E_{eig}	Eigenverbrauch, gleichzeitig produziert und verbraucht (kWh)
$E_{über}$	Überschuss, ins Netz abgegeben (kWh)
E_{netz}	Netzbezug (kWh)

Folgende energetische Grössen werden dabei verwendet (Einheit kWh = Kilowattstunden):

E_{prod} *Stromproduktion der PV-Anlage (kWh)*

E_{ges} *Gesamter Stromverbrauch des Gebäudes (kWh)*

E_{eig} *Eigenverbrauch, gleichzeitig produziert und verbraucht (kWh)*

$E_{über}$ *Überschuss, ins Netz abgegeben (kWh)*

E_{netz} *Netzbezug (kWh)*

Darauf basierend werden folgende Kennzahlen definiert:

Eigenverbrauchsgrad: Der Eigenverbrauchsgrad ist das Verhältnis vom Eigenverbrauch zur gesamten Stromproduktion der PV-Anlage. In der Steigerung des Eigenverbrauchsgrades liegt der Hauptfokus der PV-Optimierung.

$$R_{eig} = \frac{E_{eig}}{E_{prod}} = \frac{E_{ges} - E_{netz}}{E_{prod}}$$

Autarkiegrad: Der Autarkiegrad setzt den Eigenverbrauch ins Verhältnis zum gesamten Stromverbrauch des Gebäudes. Er ist ein Mass für die Unabhängigkeit des Gebäudes vom öffentlichen Stromnetz. Ein hundertprozentiger Autarkiegrad ist mit vertretbarem Aufwand nicht möglich, dieser sollte aber über das gesamte Jahr möglichst hoch sein.

$$R_{aut} = \frac{E_{eig}}{E_{ges}} = \frac{E_{ges} - E_{netz}}{E_{ges}}$$

Netzeinspeisung und Stromkosten pro Jahr: Die über das Jahr aufsummierte Netzeinspeisung E_{einsp} in kWh gibt Auskunft über die überschüssige Stromeinspeisung ins Netz. Zusammen mit dem Netzbezug E_{netz} und den Tarifen können die Netto-Stromkosten K über das Jahr berechnet werden. Die Einspeisekosten fließen negativ ein, da diese rückvergütet werden.

$$K = \frac{r_{netz}}{100} \cdot E_{netz} - \frac{r_{einsp}}{100} \cdot E_{einsp}$$

mit

$r_{netz} = \text{Bezugstarif Netz (Rp/kWh) - Mischtarif aus Hoch- und Niedertarif}$

$r_{einsp} = \text{Einspeisetarif Netz (Rp/kWh)}$

Der Eigenverbrauch reduziert sowohl die Netzbezugskosten wie auch die Einspeisevergütung, die Netzbezugskosten fallen jedoch höher ins Gewicht, da der Netzbezugstarif r_{Netz} im Allgemeinen wesentlich höher ist als der Einspeisetarif r_{einsp} .

Netzaufwandszahl: Als Alternative zum Netzbezug kann auch die Netzaufwandszahl betrachtet werden [CVLT 2019]. Diese setzt den Netzbezug E_{netz} ins Verhältnis zum Haushaltsstromverbrauch E_{HH} und dem thermischen Energiebedarf für Warmwasser Q_{WW} und Heizen Q_{Heiz} . Allerdings sind zur Erfassung der thermischen Grössen Wärmemesser notwendig.

$$R_{netz} = \frac{E_{netz}}{E_{HH} + Q_{WW} + Q_{Heiz}}$$