



Tipps zum Einsatz von Photovoltaik

Wie Sie Solarstrom erzeugen, speichern und nutzen können

Oliver Geissler (M. Sc.), Themengebiet Photovoltaik, EnergieAgentur.NRW

Strommix Deutschland

Nettostromerzeugung in Deutschland, **Stand Juni 2020**

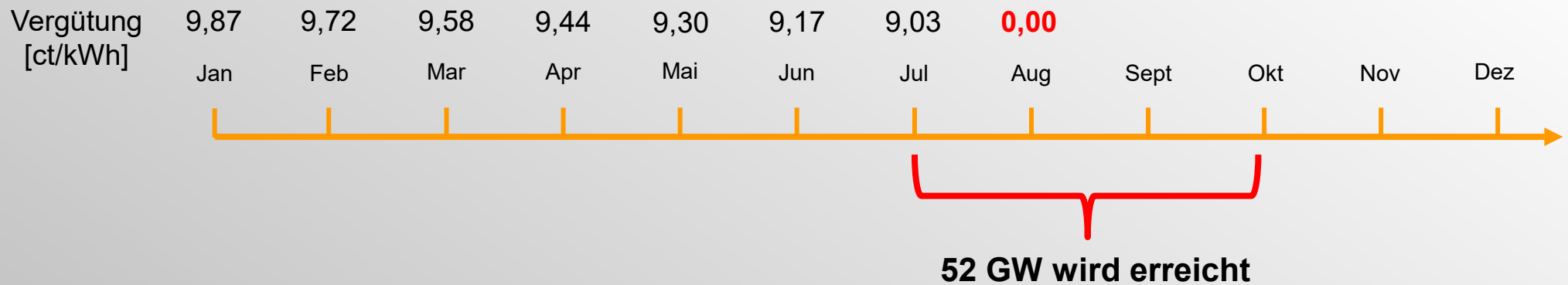
Quelle: www.energy-charts.de, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

Stand heute

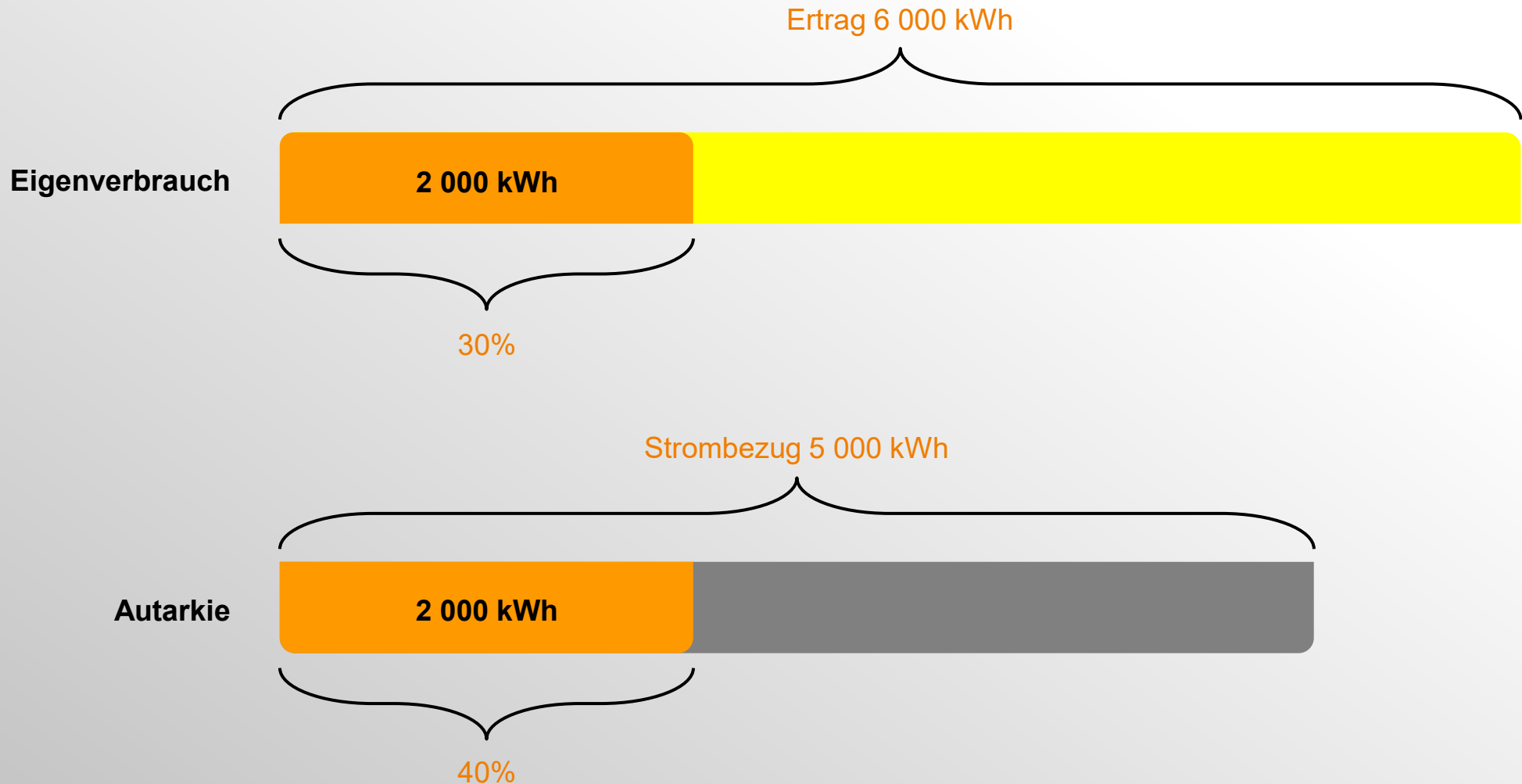
Der **52 GW-Deckel** ist fast erreicht!

1,7 Millionen installierte Anlagen

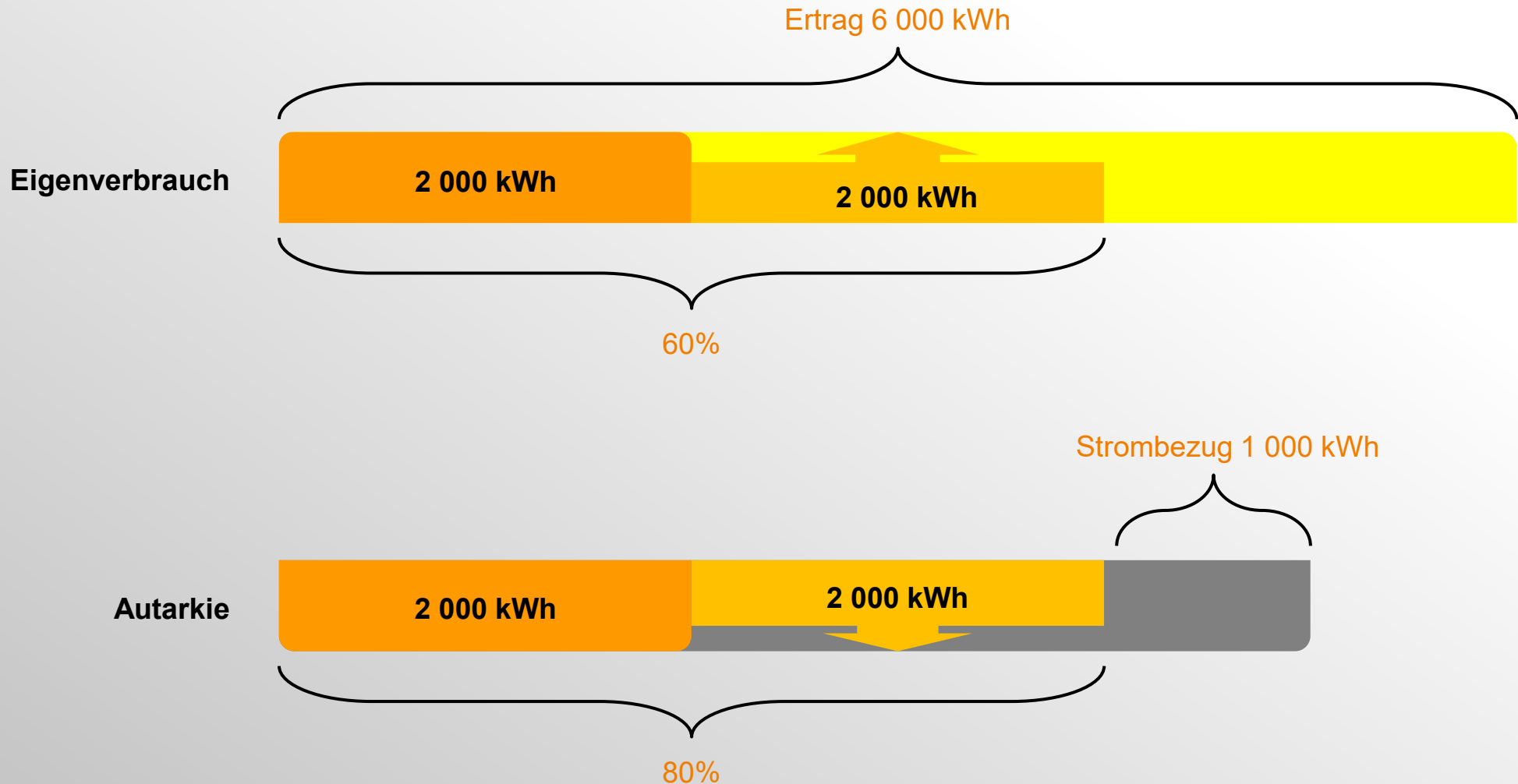
Zugebaut 2019: 3,6 GW
Bestand 06/2020: 50,6 GW



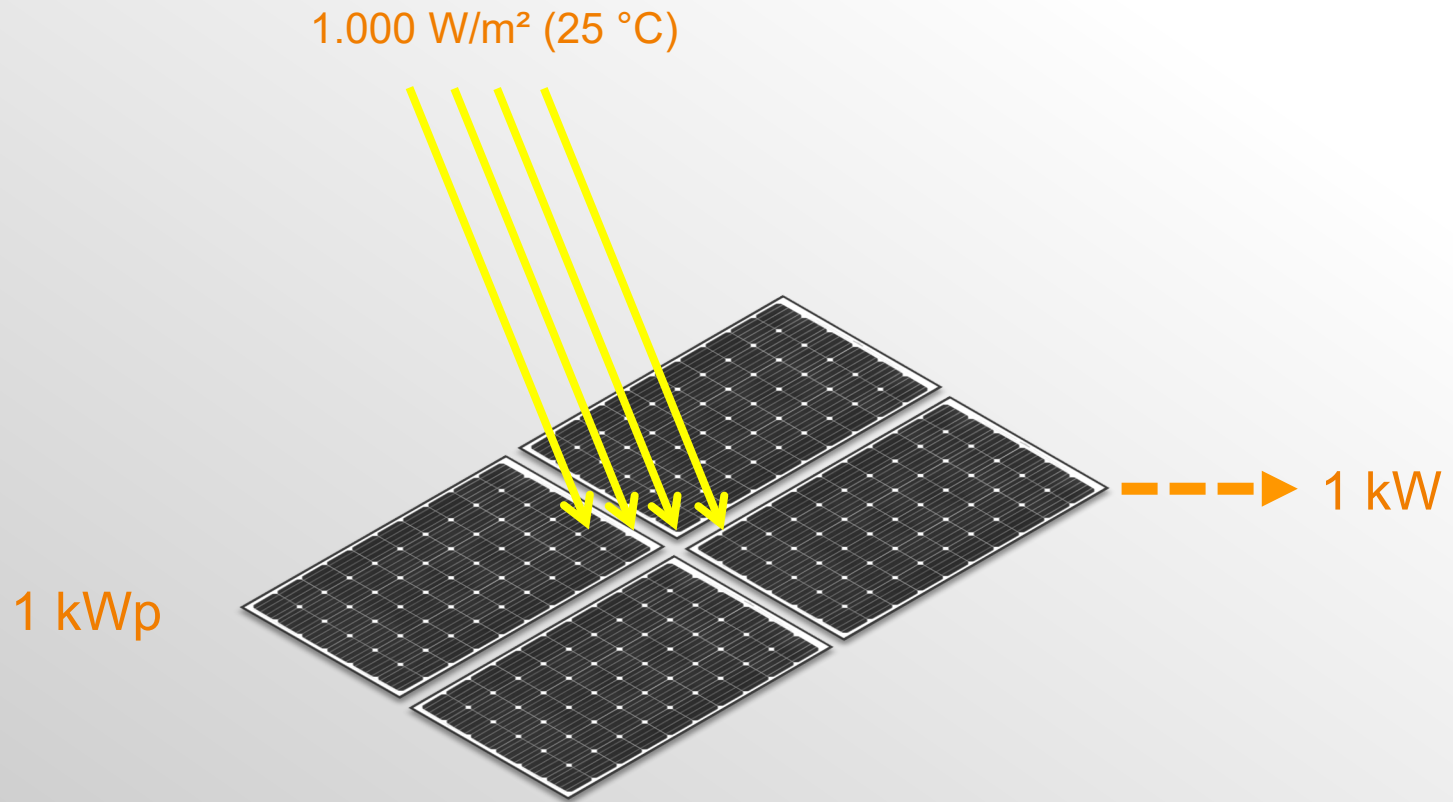
Photovoltaik - Eigenverbrauch & Autarkie



Photovoltaik - Eigenverbrauch & Autarkie



Photovoltaik



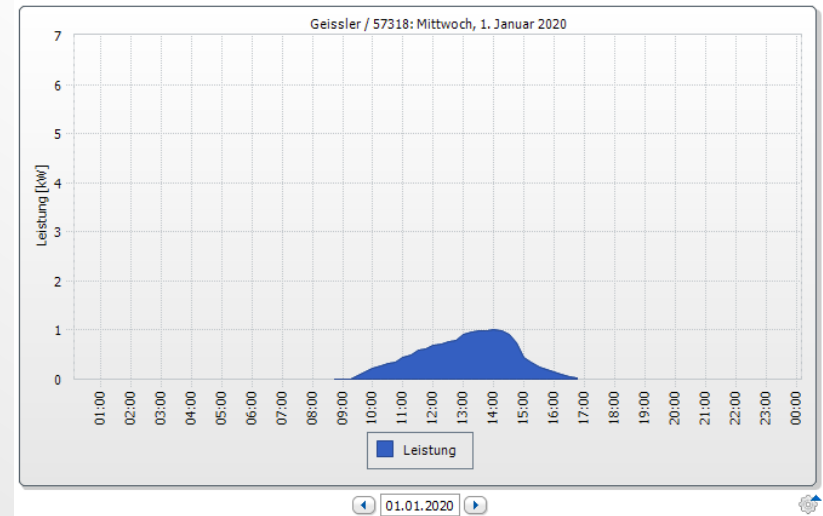
1 kWh PV-Strom vermeidet 627 gCO₂

Photovoltaik - Ertrag

Reale Anlage

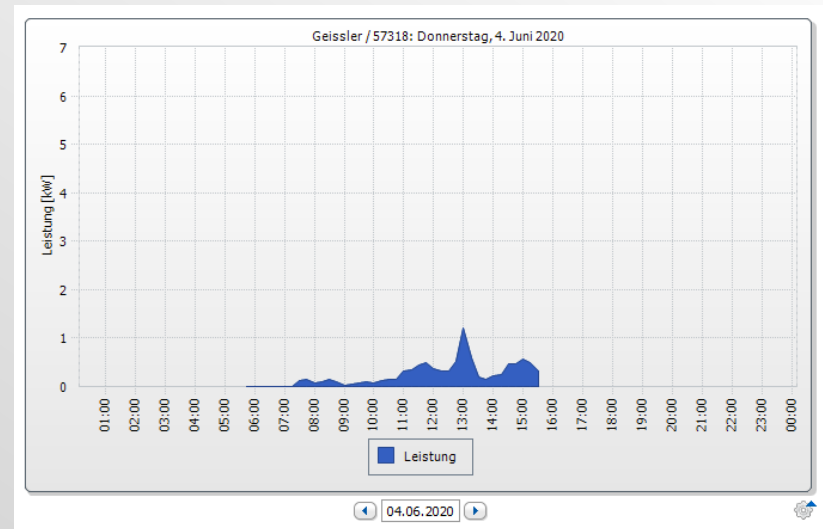
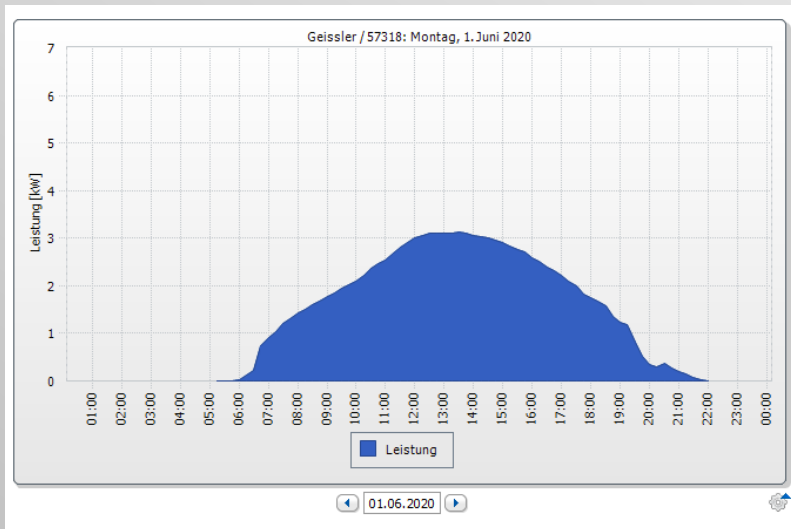
- 6,6 kWp
- Ost-West
- 5.200 kWh pro Jahr

Januar, Sonne \approx 4 kWh/Tag



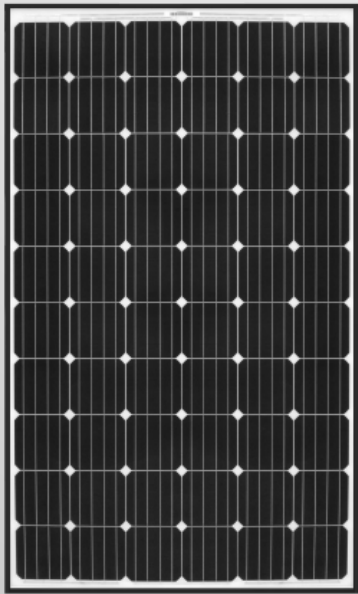
Juni, Sonne \approx 30 kWh/Tag

Juni, Regen \approx 5 kWh/Tag

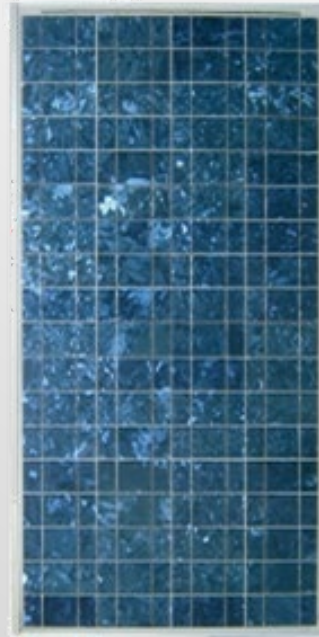


Photovoltaik - Modultypen

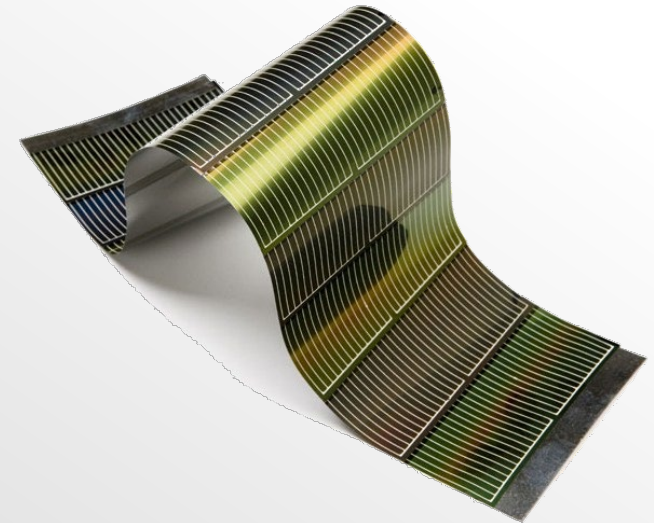
Monokristalline Solarzellen



Polykristalline Solarzellen

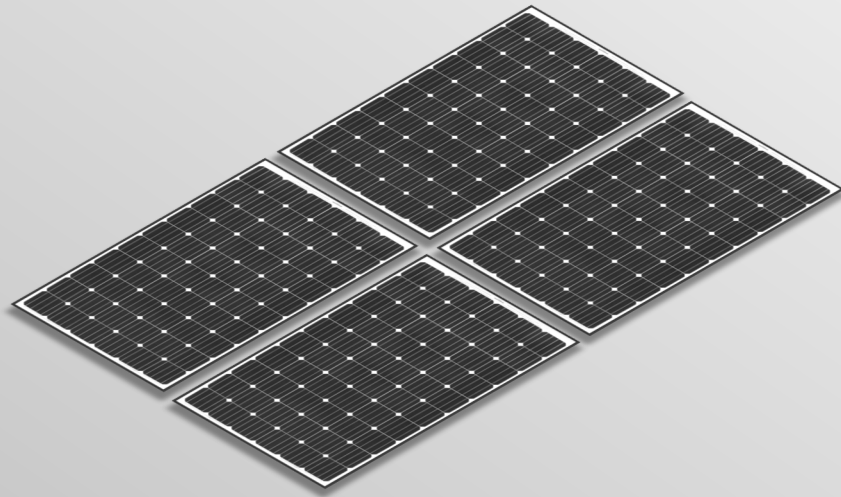


Dünnschicht-Solarzellen



Photovoltaik - Eckdaten

- **315 bis 500 Wp**
1,6 – 2 m²
19 – 21 %
pro Modul
pro Modul
Moduleffizienz



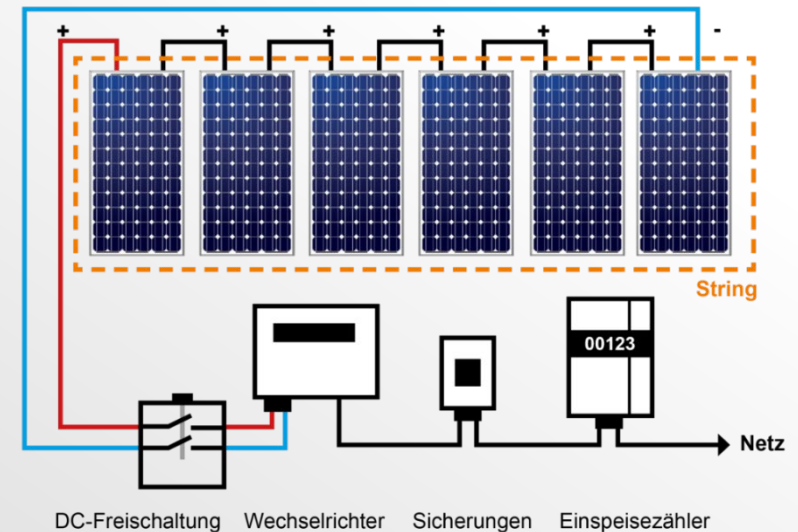
- **6** m²/kWp
802 kWh/kWp
10° Ost-West Ausrichtung
pro Jahr

- **10** m²/kWp
943 kWh/kWp
35° Süd-Ausrichtung
pro Jahr

Photovoltaik - System

- Photovoltaikmodule werden in einen oder mehrere Strings verschaltet.
- **Leistet ein Modul weniger** (z. B. durch Verschattung) wirkt sich dies **negativ auf den kompletten String** aus.
- Eine **sinnvolle Verschaltung** der Module und Strings **verbessert die Gesamteffizienz** der Anlage (z. B. durch einen separaten String für regelmäßig verschattete Module).

Verschaltung der PV-Module im String



Photovoltaik - System

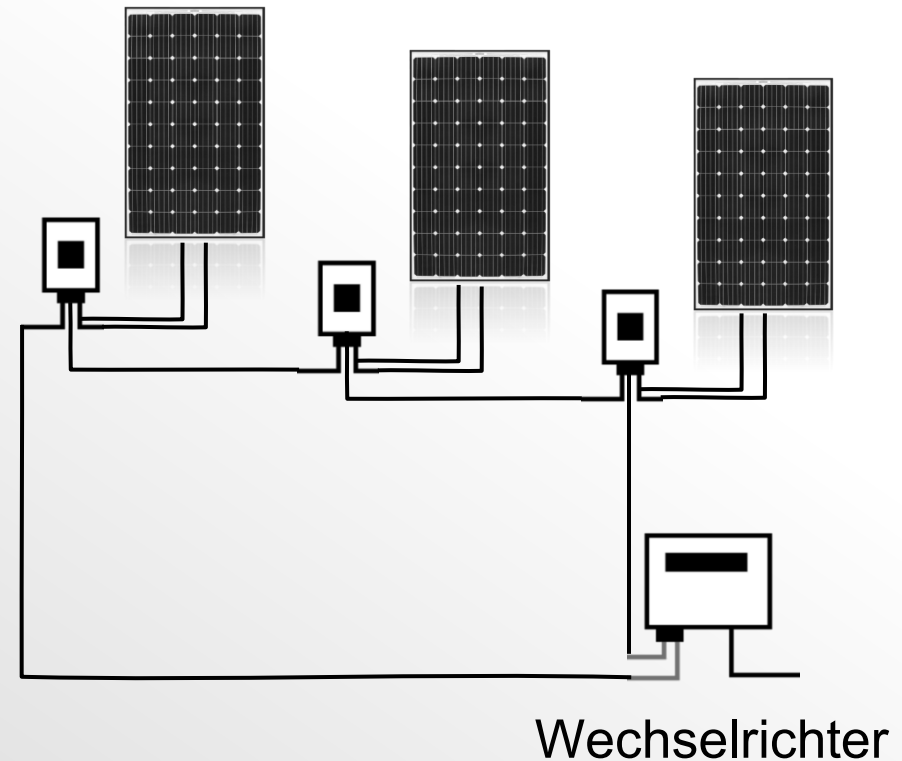
Leistungsoptimierer

Vorteile

- Optimiert die Ausgangsleistung der Module (sinnvoll bei regelmäßiger, temporärer Verschattung)
- Feste Strangspannung
- Modulgenaues Monitoring
- Sicheres Abschalten aller Module

Nachteile

- Zusätzlicher Kostenfaktor
- Zusätzliche potentielle Fehlerquelle



Photovoltaik - System

Leistungsoptimierer

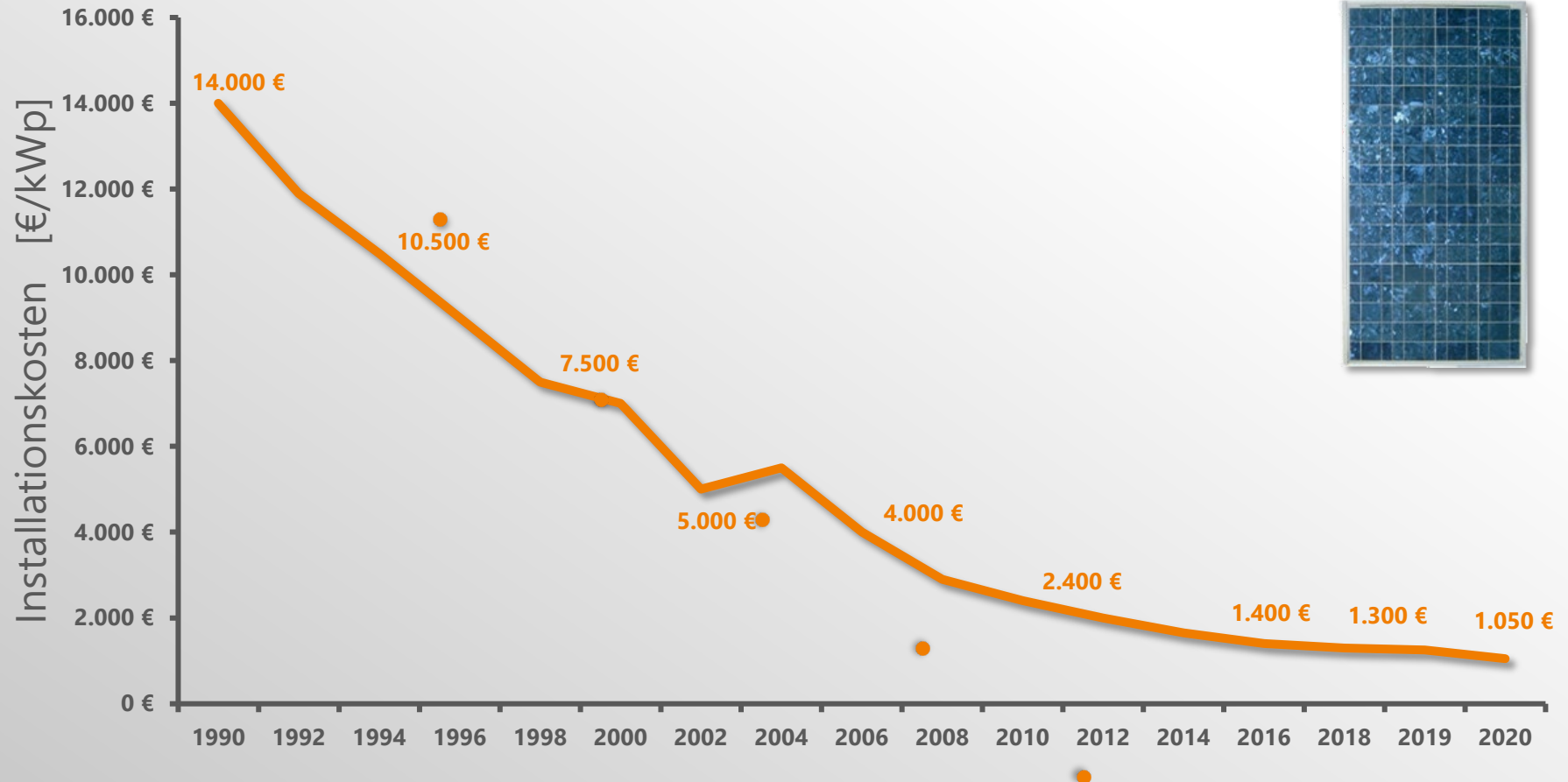
Vorteile

- Optimiert die Ausgangsleistung der Module (sinnvoll bei regelmäßiger, temporärer Verschattung)
- Feste Strangspannung
- Modulgenaues Monitoring
- Sicheres Abschalten aller Module

Nachteile

- Zusätzlicher Kostenfaktor
- Zusätzliche potentielle Fehlerquelle

Photovoltaik - Preise



Durchschnittliche **Nettopreise** für eine **schlüsselfertige 10 kWp Anlage**

- Bsp.: → 10 kWp ≙ ca. 10.000 EUR
- 5 kWp ≙ ca. 7.000 EUR

Photovoltaik - Stromgestehungskosten

Stromgestehungskosten (brutto) für eine **9,99 kWp Anlage mit 25 Betriebsjahren**

$$= \frac{\text{Kaufpreis (brutto) + jährliche Ausgaben x Laufzeit}}{\text{jährlicher Stromertrag x Laufzeit}}$$

Jährliche Ausgaben	Kosten (netto)	Turnus
Versicherung	90 €	pro Jahr
Wartung	200 €	pro Jahr
Smart Meter	80 €	pro Jahr
red. EEG-Umlage	0 €	pro Jahr

Jährliche Rücklagen	Kosten (netto)	Turnus
Reinigung	25 €	250 € alle 10 Jahre
Wechselrichtertausch	134 €	2.000 € alle 15 Jahre

Photovoltaik - Stromgestehungskosten

Stromgestehungskosten (brutto) für eine **9,99 kWp Anlage mit 25 Betriebsjahren**

$$= \frac{11.900 \text{ €} + 529 \text{ €/Jahr} \times 25 \text{ Jahre}}{9.500 \text{ kWh/Jahr} \times 25 \text{ Jahre}} \approx \mathbf{8,9 - 10,6 \text{ ct/kWh}}$$

Jährliche Ausgaben	Kosten (netto)	Turnus
Versicherung	90 €	pro Jahr
Wartung	200 €	pro Jahr
Smart Meter	80 €	pro Jahr
red. EEG-Umlage	0 €	pro Jahr

Jährliche Rücklagen	Kosten (netto)	Turnus
Reinigung	25 €	250 € alle 10 Jahre
Wechselrichtertausch	134 €	2.000 € alle 15 Jahre

Ab 7 kWp ist ein Smart Meter vorgeschrieben.

Photovoltaik - Netzeinspeisung

Vergütungsätze für Wohngebäude, Lärmschutzwände und Gebäude
nach § 48 Absatz 3 EEG

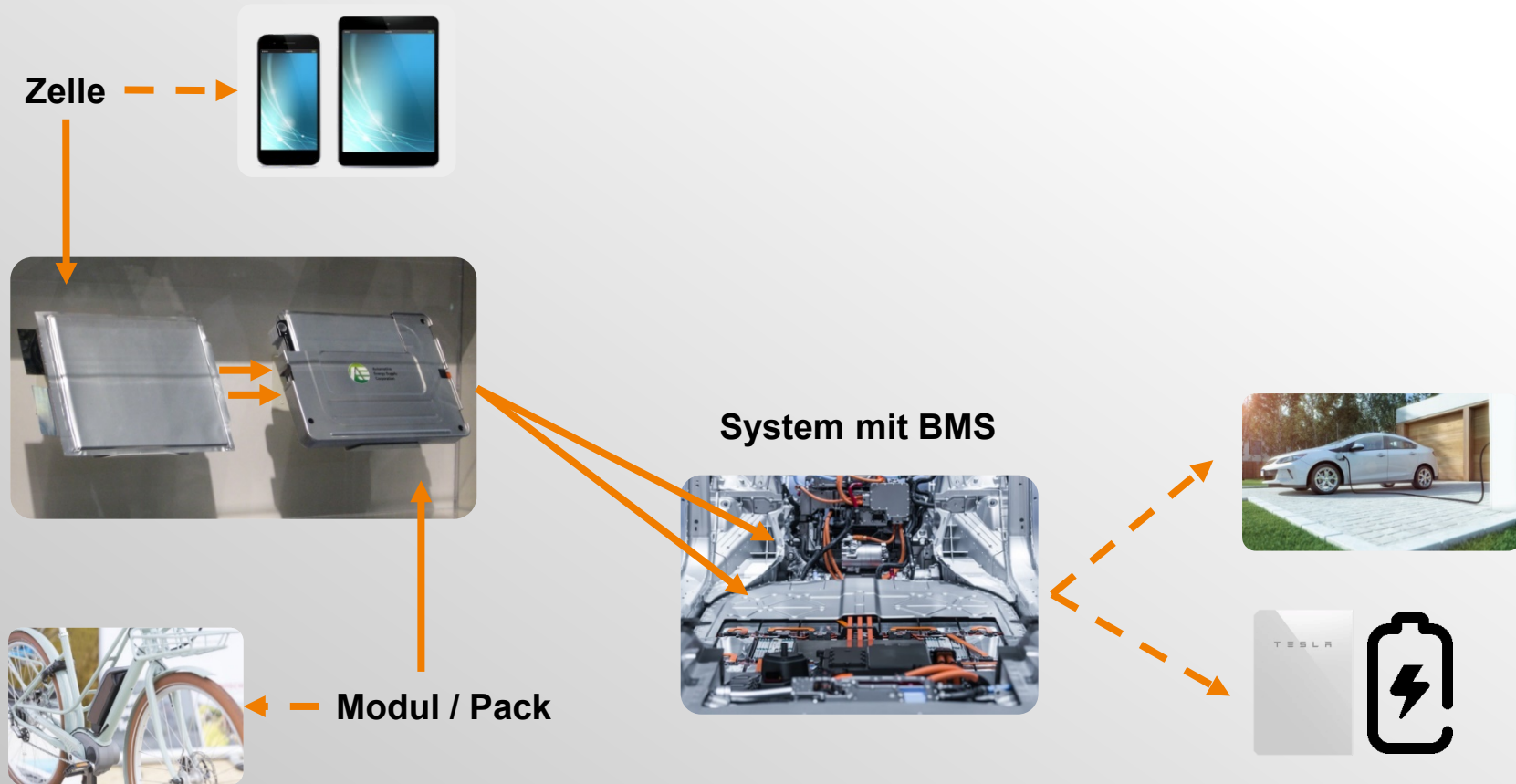
Inbetriebnahme: 01.07.2020

			heute	Juli19	
1	–	9,9 kWp	Einspeisevergütung	9,03 ct/kWh	(10,64)
10	–	39,9 kWp	Einspeisevergütung	8,78 ct/kWh	(10,34)

Photovoltaik rechnet sich i. d. R. nur durch die Kombination aus
Einsparung und Einspeisevergütung

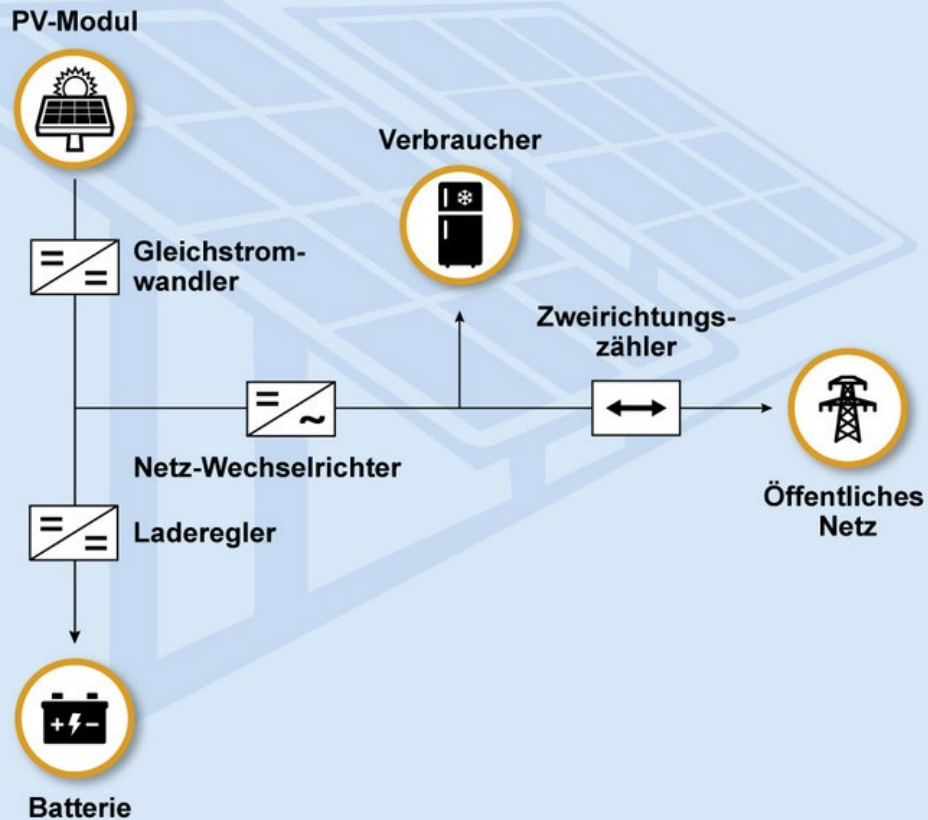
Batteriespeicher

Batteriespeicher



Batteriespeicher

DC-gekoppeltes System

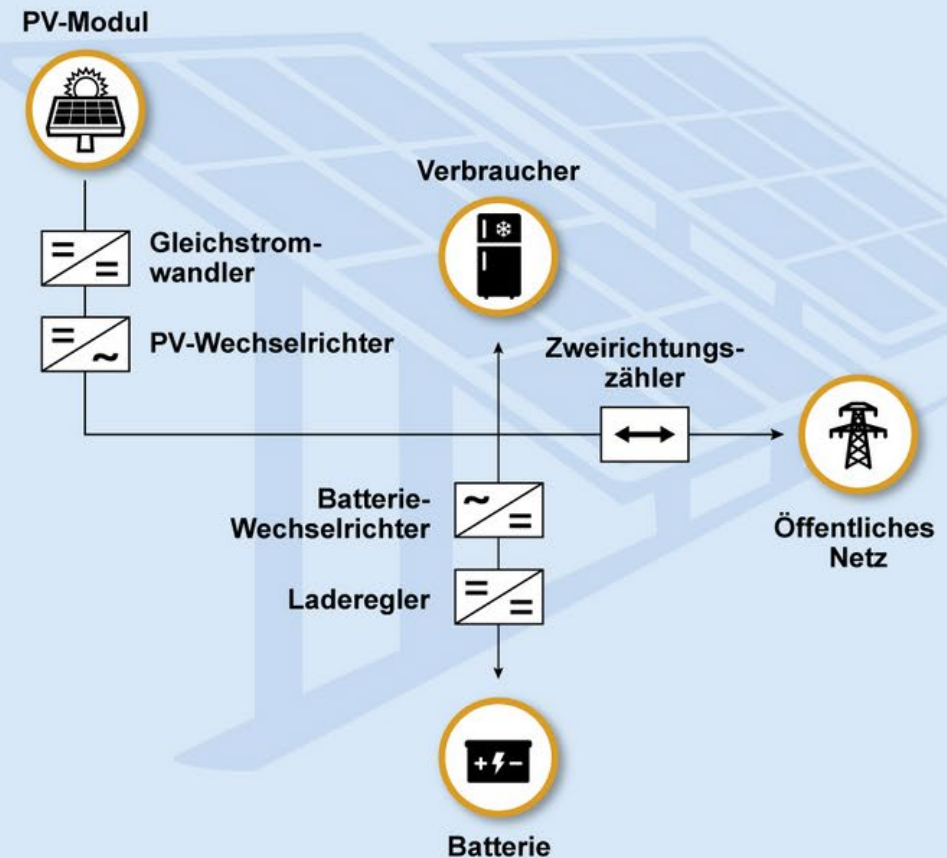


Batteriespeicher

DC-gekoppeltes System

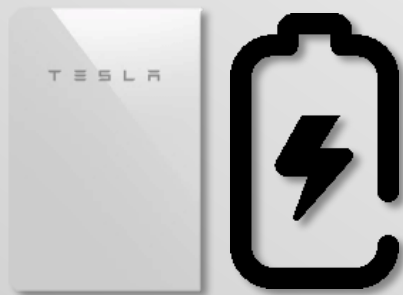


AC-gekoppeltes System



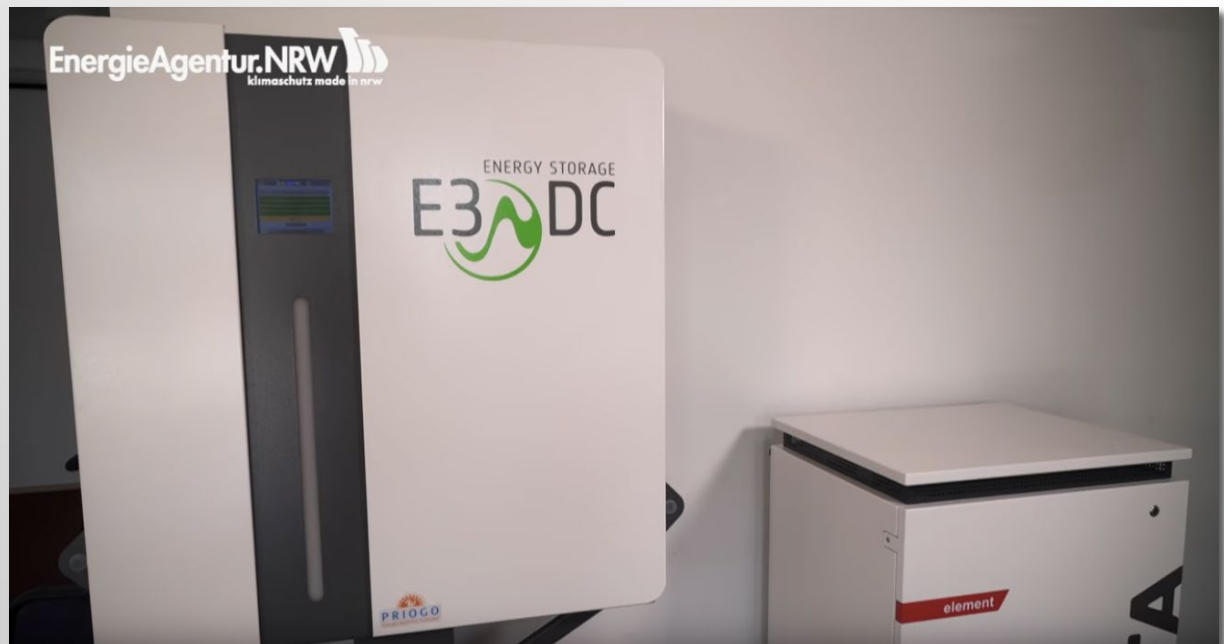
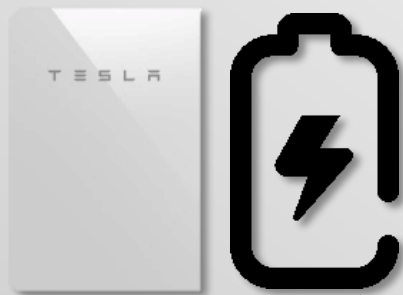
Batteriespeicher

- Technologie **Lithium-Ionen**
- Investitionskosten **1 kWh \triangleq 800 bis 1.200 EUR (brutto)**
- Zyklenanzahl **3 000 bis 10 000 Vollzyklen**
- Lebensdauer **bis 15 Jahre**
- Garantie **meist 10 Jahre**
- Eigenverbrauch **50 bis 80 %**
- Modulsystem **nachträgliche Erweiterbarkeit** der Kapazität



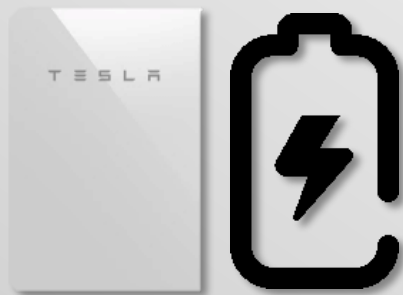
Batteriespeicher

- Technologie **Lithium-Ionen**
- Investitionskosten **1 kWh \triangleq 800 bis 1.200 EUR (brutto)**
- Zyklenanzahl **3 000 bis 10 000 Vollzyklen**
- Lebensdauer **bis 15 Jahre**
- Garantie **meist 10 Jahre**
- Eigenverbrauch **50 bis 80 %**
- Modulsystem **nachträgliche Erweiterbarkeit** der Kapazität



Batteriespeicher

- Technologie **Lithium-Ionen**
- Investitionskosten **1 kWh \triangleq 800 bis 1.200 EUR (brutto)**
- Zyklenanzahl **3 000 bis 10 000 Vollzyklen**
- Lebensdauer **bis 15 Jahre**
- Garantie **meist 10 Jahre**
- Eigenverbrauch **50 bis 80 %**
- Modulsystem **nachträgliche Erweiterbarkeit** der Kapazität



Batteriespeicher



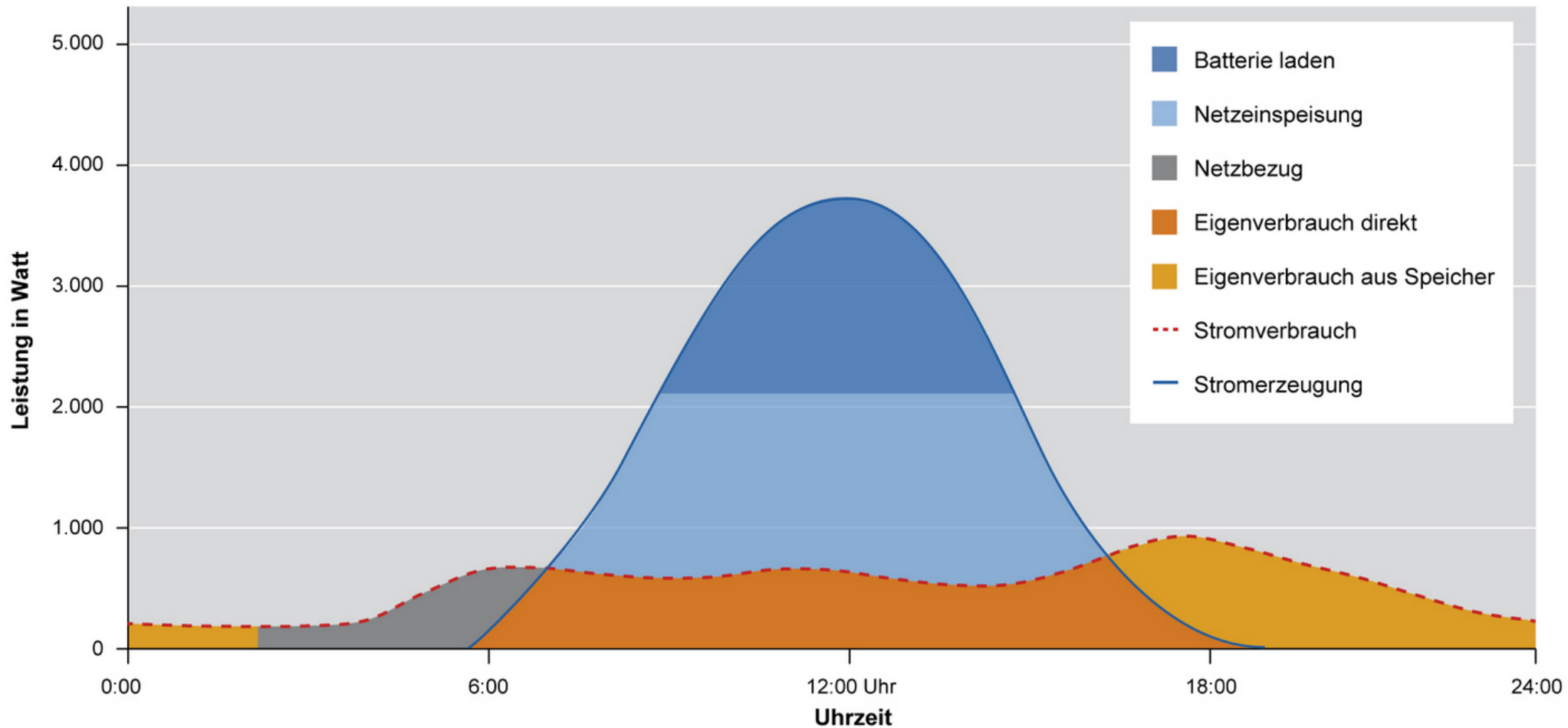
- Technologie **Lithium-Ionen**
- Investitionskosten **1 kWh $\hat{=}$ 800 bis 1.200 EUR (brutto)**
- Zyklenanzahl **3 000 bis 10 000 Vollzyklen**
- Lebensdauer **bis 15 Jahre**
- Garantie **meist 10 Jahre**
- Eigenverbrauch **50 bis 80 %**
- Modulsystem **nachträgliche Erweiterbarkeit** der Kapazität

progres.nrw

Förderung für Batteriespeicher mit neuerrichteter PV-Anlage

- 200 EUR/kWh
- PV-Speicherverhältnis 1:2
- Keine 50 % Abregelung mehr

Batteriespeicher



Ladestation

Ladestation (AC)

Hardware (Wallbox)

ca. 500 – 2.000 EUR

Installation

ca. 1.000 – 2.000 EUR



Ladestation (AC)

Hardware (Wallbox)	ca. 500 – 2.000 EUR
Installation	ca. 1.000 – 2.000 EUR



Tipp:

Wallbox, 3-Phasig, Typ 2 mit **11 kW**

- Keine Genehmigung, nur Anmeldung
- I. d. R. keine Hausanschlusserweiterung
- Die meisten Fahrzeuge werden AC-seitig nur mit 11 kW laden können.
- Niedrigere Ladeleistungen besser kompatibel mit Photovoltaik + Speicher



Ladestation (AC)

Hardware (Wallbox)	ca. 500 – 2.000 EUR
Installation	ca. 1.000 – 2.000 EUR

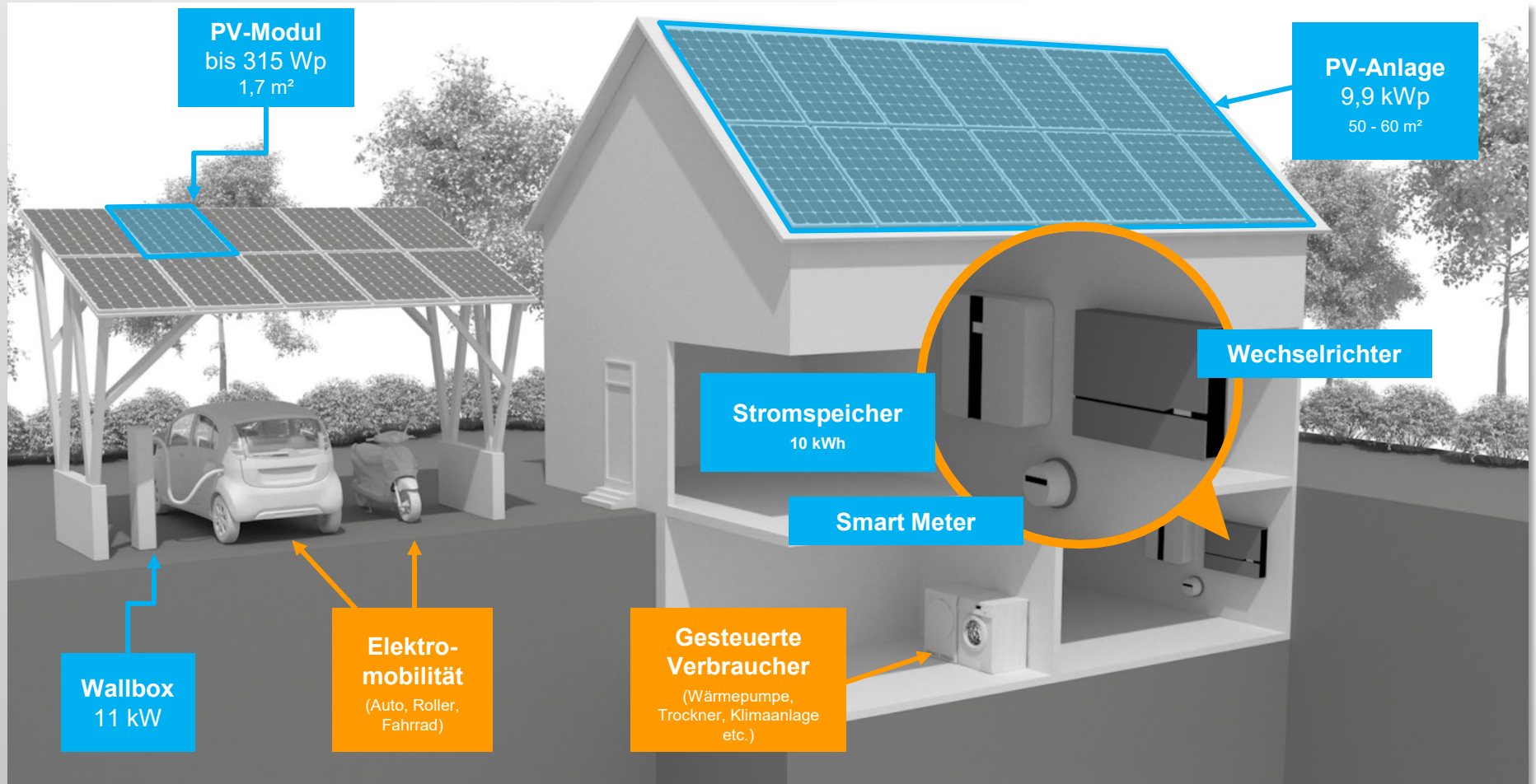
Förderprogramm [progres.nrw](https://www.progres.nrw.de)

- 50 %, maximal 1.000 EUR
- 500 EUR bei Nutzung einer PV-Anlage



Anwendung

Anwendung



Anwendung

Jahresfahrleistung	14.000 km	≙	2.800 kWh
Tagesfahrleistung	50 km	≙	10 kWh

Dimensionierungsvorschlag

pro 1.000 kWh	Stromverbrauch	1 bis 2 kWp	Photovoltaik
pro 1 kWp	Photovoltaik	1 bis 2 kWh	Speicher

Haus	3.000 kWh		
E-Auto	2.800 kWh		
Gesamt	5.800 kWh	9,9 kWp 13,0 kWh	Photovoltaik Speicher

Anforderungen

- Stufenloses Laden mit Typ-2 Stecker ab
1,3 kW (1-phasig)
4,3 kW (3-phasig)



PV-Anlage und/oder Speicher sollten diese Leistung bereitstellen können, damit das Auto nicht unnötig Strom aus dem Netz bezieht!

Anforderungen

- Stufenloses Laden mit Typ-2 Stecker ab
1,3 kW (1-phasig)
4,3 kW (3-phasig)



PV-Anlage und/oder Speicher sollten diese Leistung bereitstellen können, damit das Auto nicht unnötig Strom aus dem Netz bezieht!

Sinnvolle Ausstattungsmerkmale für optimierten **Eigenverbrauch**:

- Datenübertragungsschnittstelle LAN, W-LAN, Mobilfunk
- Kommunikationsprotokoll Modbus, EEBus o. Ä

Sinnvollerweise wird ein **Energiemanagementsystem** installiert.

Beispiel - Investitionskosten

	Eckdaten	Bruttopreis
Photovoltaik	9,9 kWp	11.900 EUR
Batteriespeicher	13 kWh	14.000 EUR
Wallbox	11 kW	2.500 EUR
Summe		28.400 EUR
Förderung Batteriespeicher	200 EUR pro kWh	2.600 EUR
Förderung Wallbox + PV Bonus	50 %, max. 1.000 EUR	1.000 EUR
	500 EUR	500 EUR
Summe abzgl. Förderung		24.300 EUR
Summe abzgl. MwSt.-Reduzierung		23.690 EUR

Beispiel - Wirtschaftlichkeit



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	9.180 kWh
Stromverbrauch inkl. Auto	6.000 kWh
Eigenverbrauchsanteil	45 %
Autarkiegrad	68 %

Finanzielle Daten	
Kosten der PV	11.900 € (brutto)
Spezifische Kosten PV	1.190 €/kWp
Kosten des Speichers	14.000 € (brutto)
Spezifische Kosten Speicher	1.080 €/kWh
Gesamtkosten	28.400 € (brutto)
Förderungen	4.100 €
Betriebskosten	200 €/a
Inbetriebnahme	07/2020
Einspeisevergütung	9,03 ct/kWh
Amortisationszeit	12,7 Jahre

Aussicht

Aussicht

Grid Integration Architecture (VDA) Customer Energy Management System

<https://www.vda.de/dam/vda/Medien/DE/Themen/Innovation-und-Technik/Elektromobilitaet/Ladeinfrastruktur/VDA---Grid-Integration-Architecture/VDA%20-%20Grid%20Integration%20Architcture.pdf>



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Oliver Geissler (M. Sc.), Themengebiet Photovoltaik, EnergieAgentur.NRW