

Ihr Dach kann es auch!

Photovoltaik in Kaufungen

Initiiert und organisiert von:



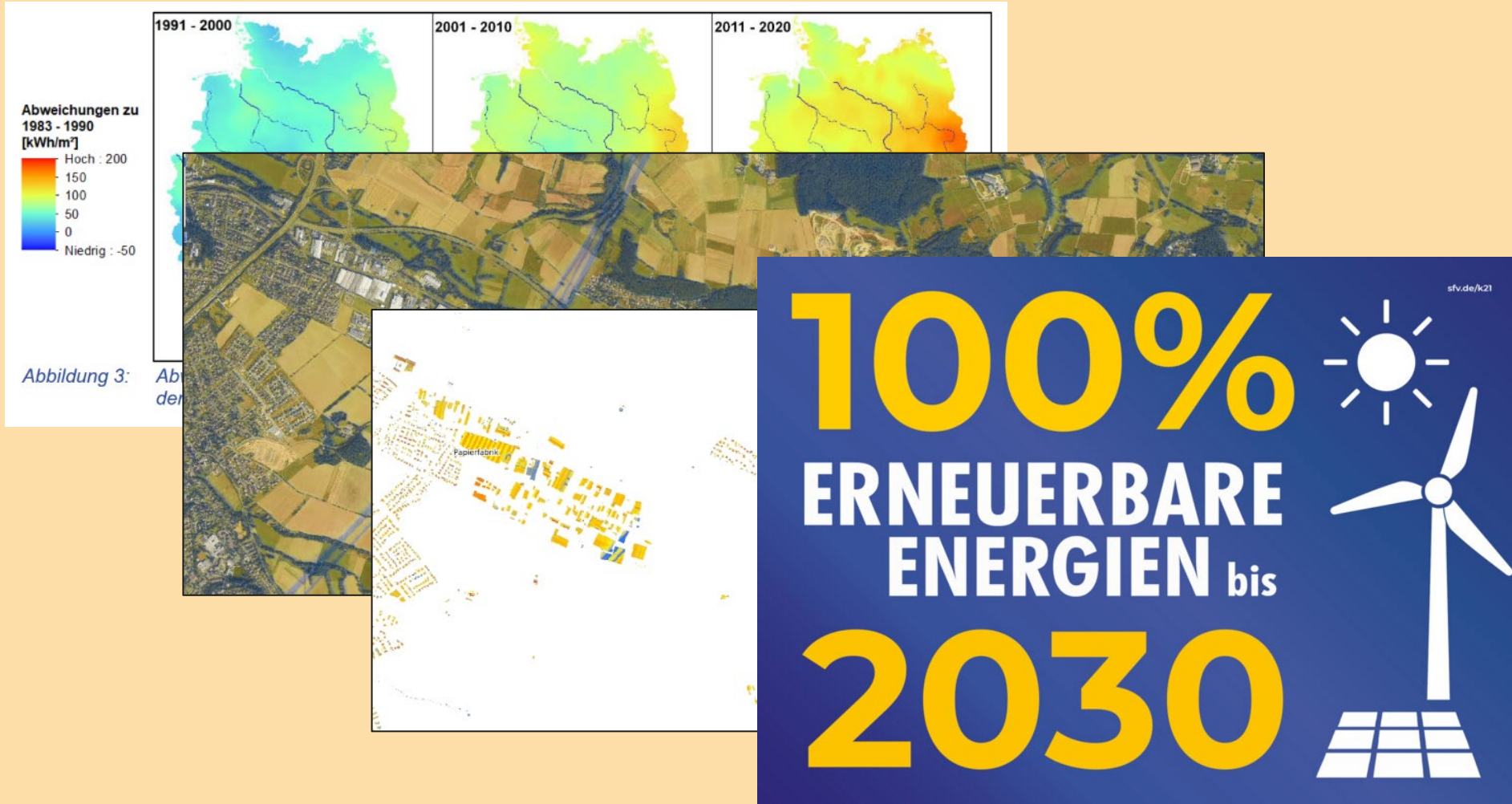
www.packsdrauf.solar



Quelle: Startbildschirm der Internetseite der Gemeinde Kaufungen

Uwe Stickelmann, 06.02.2023

Vision für Kaufungen



Uwe Stickelmann, 06.02.2023

Initiiert und organisiert von:



www.packsdrauf.solar



Dein Dach kann das auch!

Solarinfos von und für Nachbar:innen



Uwe Stickelmann, 06.02.2023

Initiiert und organisiert von:



Unterstützt von:



www.packsdrauf.solar

Wer spricht / Kurzvorstellung / und warum?

Motivation für den Vortrag

- Wissen teilen
- Begeisterung + Interesse wecken

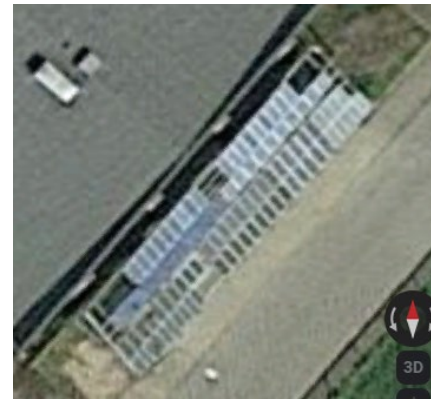


Zu meiner Person

- Studium Elektrotechnik an der RWTH Aachen und Ecole Centrale Paris
- Seit 2008 in Kaufungen
- Seit 2008 bei der SMA Solar
- Verantwortlich für das Design der Leistungshalbeiter im SMA-Portfolio



- Mitglied im Solarförderverein 
- Erfahrung aus unterschiedlichen Anlagenplanungen und Auslegung der Systemkomponenten an weltweiten Standorten und privater Anlage
- Eigenes Passivhaus → Plusenergiehaus < 15kWh/m²



Carport Schule (1999)



Parkhaus SMA (2012)

Quelle: google Maps

Wer spricht / ... und warum?

Faszination Leistungselektronik

= „Wandlung Strom durch Schalter“

- Vorgänge im Bereich von einer Milliardsten Sekunde
- Leistungsdichte größer als am Triebwerk einer Saturn-Trägerrakete
- Alles kann berechnet werden
- Faktor 4...20 bei Leistungsdichte in 10 Jahren

Faszination Photovoltaik 1

- 63% Wirkungsgrad theoretisch möglich
 - Um 20% in der Praxis erreicht
- Entwicklungspotential der Technologie

Faszination Photovoltaik 2

- Für 100% Erneuerbare sind nur 2,5% der Landfläche erforderlich! Studie WWF

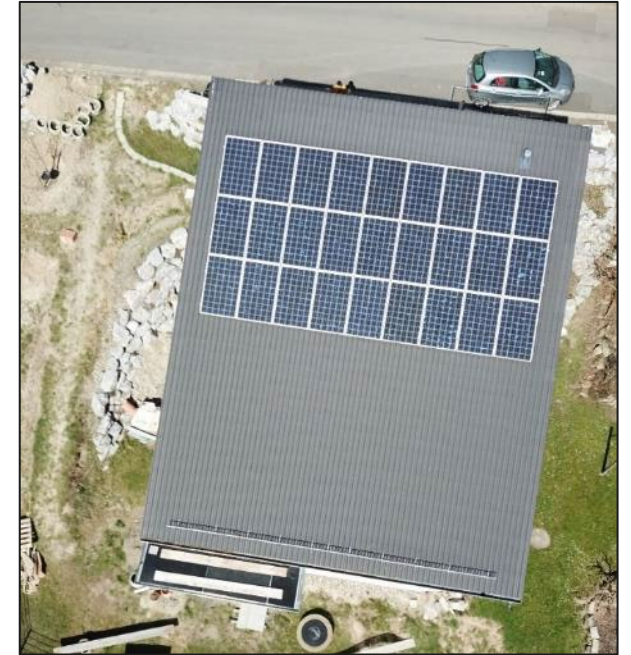
Quelle: Zukunft Stromsystem II Regionalisierung der erneuerbaren Stromerzeugung, WWF 2018

Motivation → Das werden Sie heute mitnehmen

- **Information zu Photovoltaik (=PV) in Kaufungen**

- A. Balkonkraftwerk
- B. Aufdachanlage
- C. Erweiterung Alt-Anlage

- Was nützen diese Maßnahmen energetisch, was wirtschaftlich?
- Hintergrundwissen
- **Wie kann ich selber rechnen?**
- **7 Schritte zur eigenen Anlage**



Balkonkraftwerk, Neuanlage, Erweiterung Alt-Anlage

→ **Kochrezept und Plan für eigene PV-Anlage**

Übersicht

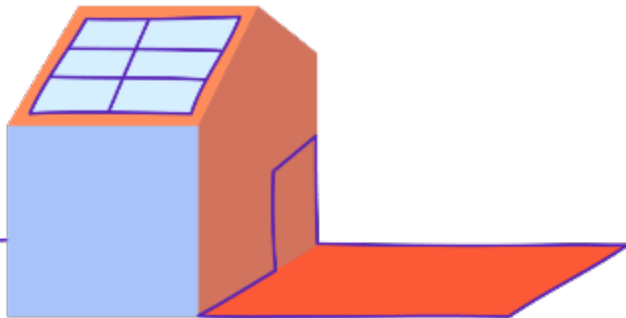
Erster Teil: Einstieg

- Warum Photovoltaik? → Was ist Ihre Motivation?
 - Basiswissen PV-Anlage → Wie funktioniert's?
 - Dacheignung → Wo installieren?
 - Stromerzeugung → Wieviel Ertrag ist möglich?
 - Wirtschaftliche Betrachtung → In Euro + Rentabilität
 - Steuerliche Behandlung
 - Speicher + Notstrom? → Was braucht man wirklich?
 - **7 Schritte zur eigenen Anlage**
- Fragen / Diskussion

Zweiter Teil: Konkretes Vorgehen

- A. Balkonkraftwerk
 - B. Aufdachanlage
 - C. Erweiterung Alt-Anlage
-
- Berechnungen anhand Excel-Tabelle
- Bedarf / Erzeugung / Wirtschaftlichkeit**
- Adressen Solarteure, Vereine, Initiativen, Literatur
 - Planungsgrundlagen

Warum Photovoltaik?



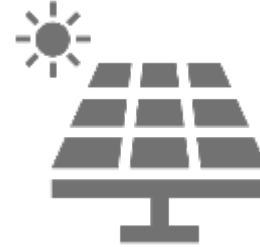
Packsdrauf - Dein Dach kann das auch!



Klimaschutz!



Unabhängigkeit von
Energieimporten



Energiewende „selbst“ in
die Hand nehmen



Leise und dezentrale
Energieerzeugung



Die Sonne schickt keine
Preiserhöhungen



Weniger Hitze im
Dachgeschoss



Bewährtes, langlebiges und
robustes Produkt

Packsdrauf – die Motivation dazu!

Was waren Ihre Beweggründe für die Installation einer Photovoltaikanlage?



Was ist aus Ihrer Sicht / Erfahrung das größte Hindernis, um eine Photovoltaikanlage anzuschaffen?



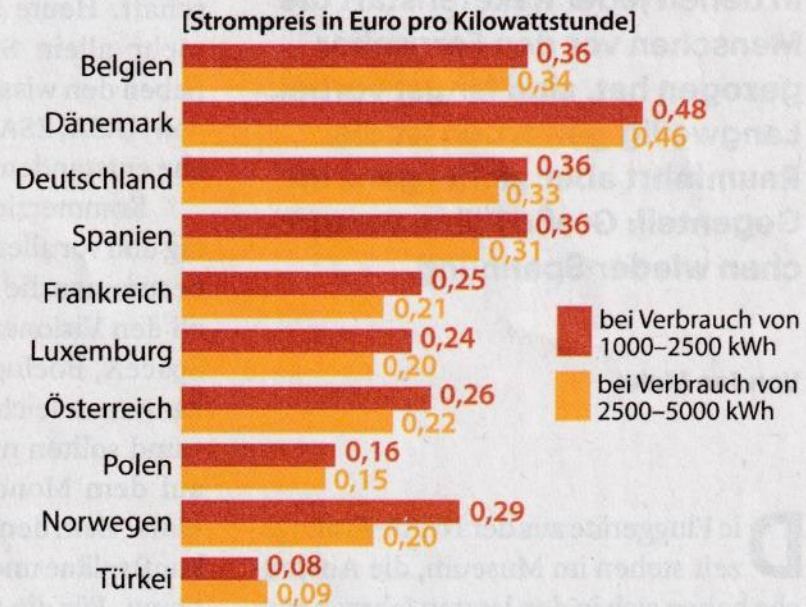
Quellen: Umfrage c't 01 / 2023 739 Teilnehmer

Packsdrauf – die Motivation dazu!

Push Faktor

► Strompreise

Das europäische Statistikportal Eurostat weist für die Länder in der EU höchst unterschiedliche Preise für Elektrizität aus.⁶



Quelle: Eurostat Oktober 2022

Pull Faktor



Quellen: Sfv Karikaturkalender Gerhard Messner, 2022

Photovoltaik / Technologie und Politik → Historie

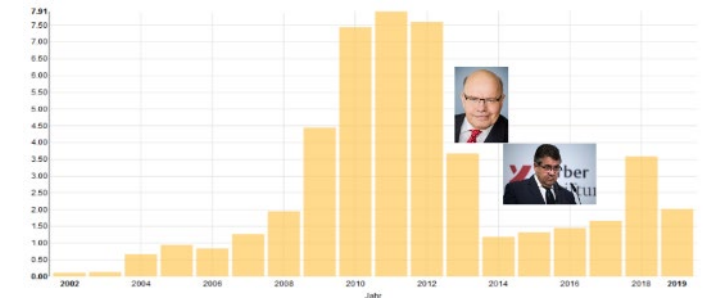
Von der Technologie

- **1839** Edmond Becquerel entdeckt den photovoltaischen Effekt
- **1905** Albert Einstein kann den photovoltaischen Effekt durch die Quantisierung des Lichts erklären
- **1954** Chapin et. al melden bei Bell Laboratories das Patent an „A new silicon p-n junction photocell for converting solar radiation into electrical power“
- **1958** erster Satellit Vanguard 1 mit Solarzellen (Wirkungsgrad ca. 10%)
- ...

Zur gesellschaftlichen Nutzung

- **1995** „Aachener Modell“ kostengerechte Vergütung
- **2000** 40 deutsche Städte übernehmen dies und das EEG wird eingeführt. EEG = ErneuerbareEnergienGesetz. Es bleibt die politische Blaupause für die Einführung von Photovoltaik in nahezu allen Ländern
- **2005** Das EEG entfaltet Wirksamkeit und der Photovoltaik-Zubau nimmt zu...

Bis Altmaier + Gabriel
es zum Stillstand
verwalten



Datenquelle: AGEE, BSW, Bundesnetzagentur
letztes Update: 01 Sep 2019 14:11

Zubau Photovoltaik: "Altmaier-Knick und Sigmar-Senke"

Photovoltaik / Technologie und Politik → Historie



„Wenn man etwas in Deutschland nicht will, dann wird es nicht verboten, aber es wird so kompliziert gemacht, dass man es nicht versteht und nicht umsetzt.“

= übliche Vorgehensweise wenn politisch nicht gewünscht



Datenquelle: AGEE, BMWi, Bundesnetzagentur
 letztes Update: 01 Sep 2019 14:11

Zubau Photovoltaik: "Altmaier-Knick und Sigmar-Senke"

Photovoltaik / Entwicklung der letzten + nächsten Dekade

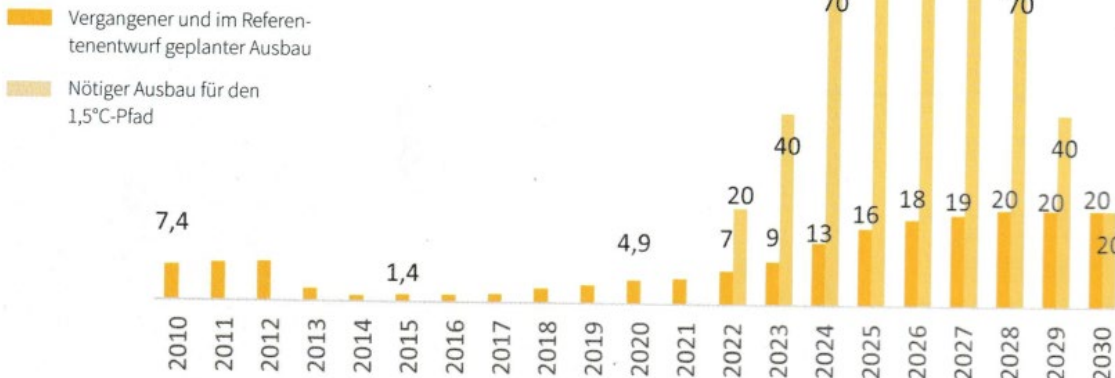
2010...2020...2030

Zubau von Solaranlagen in GWp / Jahr

Abb. 6 — Ab 2013 griffen weitreichende Maßnahmen, wie zB der absolute Ausbaudeckel, die die Photovoltaik-Branche in eine bis heute wirkende Krise stürzten. Die Ausbauraten machen dies bemerkbar.

Der neue Ausbaupfad der Bundesregierung ist gut, reicht aber nicht für die 1,5°C Grenze.

Daten: destatis, Bundesnetzagentur.



Quelle: SolarFörderVerein SfV Deutschland analysis on minister Habecks "Easter presents" and data analysis destatis, Bundesnetzagentur on planned extension of PV in Germany vs necessary extension for 1.5°C target

- **2017** Photovoltaik-Zubau stagniert auf einem sehr geringen Niveau im Vergleich zu 2010
- **2018** Drei Dürre-Sommer in Folge
- **2020** Weltweite Klimastreiks im September
- **2021** Rot-grün-gelb übernimmt Regierung
- **2022** Rußland führt Krieg gegen die Ukraine

Jetzt bewegt sich etwas !

- Aber wieso steigt eigentlich der Strompreis? Es wird doch nur Gas teurer?
- Der Strommarkt ist ein Monopol-Markt.
- Der Stromhandel an der Leipziger Börse gibt hier mit dem „Merit Order Prinzip“ die Möglichkeit den hohen Gaspreis anzusetzen...

Detail Strompreis + Strombörse

Aber die Inflation war unabhängig vom Krieg zu erwarten gewesen

Hans-Werner Sinn
Weihnachtsvorlesung

Weihnachtsvorlesung 2020

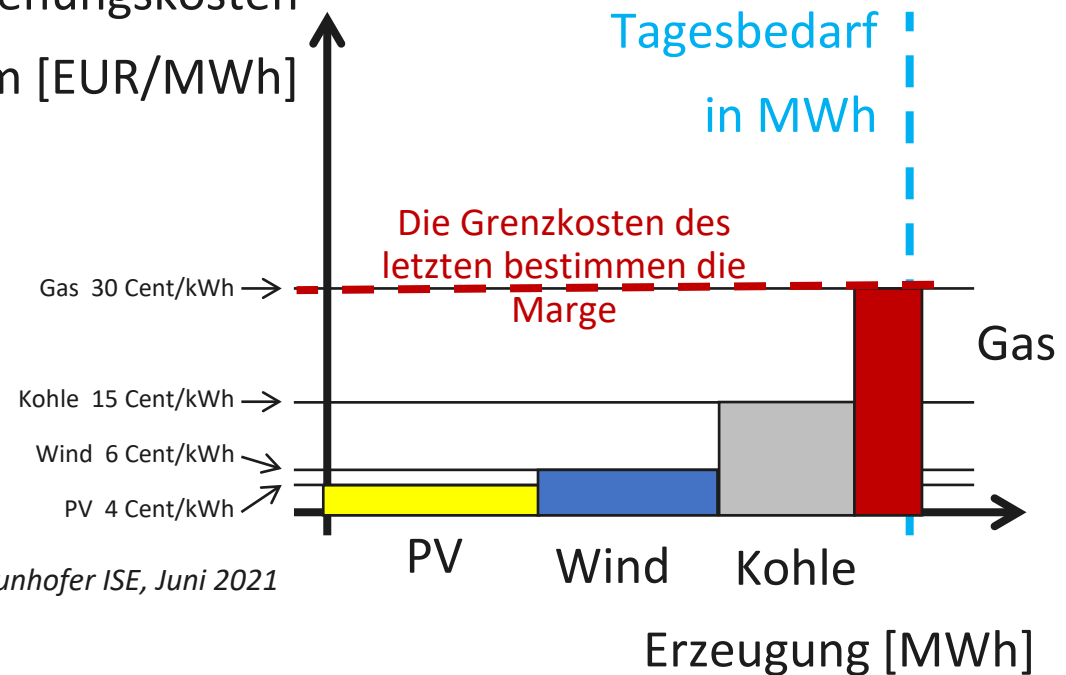
„Ein mögliches Szenarium für das dritte Jahrzehnt dieses Jahrhunderts:

Corona ist überwunden, die Weltwirtschaft zieht allmählich an, die Produktionskapazität ist lädiert, die Ölpreise steigen, und es ergibt sich eine Lohn-Preis-Spirale. Die Inflationserwartungen ändern sich, Konsumgüterkäufe werden vorgezogen, die Inflation beginnt zu traben, und aus dem Trab wird ein Galopp.“

H.-W. Sinn

Quelle: Hans-Werner Sinn Weihnachtsvorlesung 2020

Gestehungskosten
Strom [EUR/MWh]



Quelle: Fraunhofer ISE, Juni 2021

Energie und Leistung: was ist das?

Diese Einheit

Wenn Sie mit dem Auto im Ort zum Supermarkt fahren, benötigen Sie die gleiche Energie wie ein Radfahrer auf einer 300km Etappe

- **kW** Leistung
- **kWh** Energie

Wassermmodell für sehr vereinfachten Vergleich

Leistung = Wassermenge je Zeit

Energie = Volumen an Wasser

anschauliche Beispiele



Leistung (Moment)

80W	Mensch in Ruhe
200W	Mensch auf Rad
400W	Tour de France
50W	Tiefkühlschrank
1kW	Haarfön
10kW	PV-Anlage
2kW	Wärmepumpe
100kW	Auto

Energie (Bilanz über Zeitraum)

3kWh	Mensch normaler Tag
6kWh	Mensch Sport am Tag
+5kWh	Rad für 300km (10h)
5kWh	Auto für 5km
5kWh	E-Auto für 28 km
30kWh	Sonnentag 6,6kW PV
10kWh	Hausspeicher-Batterie
50kWh	E-Auto-Batterie

Die Energie ist wichtig für Ihre eigene Bedarfsanalyse. Wieviel Energie in kWh benötigen Sie in ihrem Haushalt und für was?

Energie: Vergleichsgrößen + Umrechnung

- Der elektrische Energiebedarf in kWh ist einfach aus der letzten Stromrechnung zu ermitteln
- Welche Bedarfe haben aber neue Verbraucher wie Wärmepumpe, Elektroauto?
- Wie ist die von mir derzeit genutzte elektrische Energie im Verhältnis zu den anderen Energieträgern, wie Gas, Öl, Benzin (beim Auto) umzurechnen?

→ **Ziel: Sie benötigen eine persönliche Energiebilanz in kWh, um zu wissen, wo Sie persönlich den größten Energiebedarf haben und damit auch das höchste Potential zur Optimierung**

Je Person

- 800...5000kWh nach Statistik *Quelle: co2online 03/2021*
- 400kWh (Strom) und 1000kWh (alles) im eigenen Haus

Wärmepumpe kann in Neubauten < 2000kWh erreichen, ist wirtschaftlich bereits bei Häusern < 100kWh/m² je Jahr

Elektroauto, ca. 12...22 kWh/100km, bei 10000km im Jahr und 18kWh/100km → 1800kWh

Quelle: Fraunhofer ISE,

Kenndaten verschiedener Autohersteller,

Energiebedarf Bestandsgebäude um ca. 150kWh/m² *Quelle: Heizspiegel 2020, bilanzierend für Jahr 2019*

Energieträger	Umrechnung
Holz	1500 kWh/m ³
Gas	10 kWh/m ³
Heizöl	10 kWh/l
Benzin	8,5 kWh/l
Diesel	10 kWh/l

Quellen: Wikipedia, www.rechneronline.de/elektroauto,

Verband Bioethanol, Kuchling Taschenbuch Physik

Energie: Beispiele Jahresenergiebedarf

Der Bedarf an Mobilität Auto, Zug, Flugzeug ist relevant in Ihrer persönlichen Energiebilanz. Fahrzeuge meist zu groß seit Jahren.

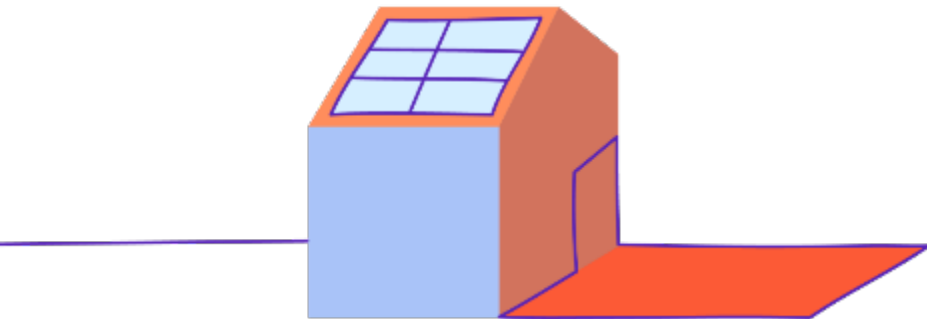
Welcher Anteil Ihrer Energie ist elektrifiziert?

→ Ziel: Sie benötigen eine persönliche Energiebilanz in kWh, um zu wissen, wo Sie persönlich den größten Energiebedarf haben und damit auch das höchste Potential zur Optimierung

Beispiel Energiebedarf Stickelmann 2022					
Jahres-Fahrleistung Auto / Wohnfläche	Spezifischer Verbrauch	Jahres- bedarf	Energie-träger	Umrechnung in kWh	Jahres- bedarf
		2900,0 kWh	Strom (WP)	x	2900 kWh
		2300,0 kWh	Strom	x	2300 kWh
9000,0 km	8,0 l/100km	720,0 l	Benzin	8,5 kWh/l	6120 kWh
Summe					11320 kWh

Beispiel Energiebedarf Variante 1 Referenzgebäude ab 2000					
Jahres-Fahrleistung Auto / Wohnfläche	Spezifischer Verbrauch	Jahres- bedarf	Energie-träger	Umrechnung in kWh	Jahres- bedarf
150 m ²	6,0 m ³ /m ²	900,0 m ³	Gas	10 kWh/m ³	9000 kWh
5000,0 km	8,0 l/100km	400,0 l	Benzin	8,5 kWh/l	3400 kWh
10000,0 km	6,0 l/100km	600,0 l	Diesel	10 kWh/l	6000 kWh
Summe					18400 kWh

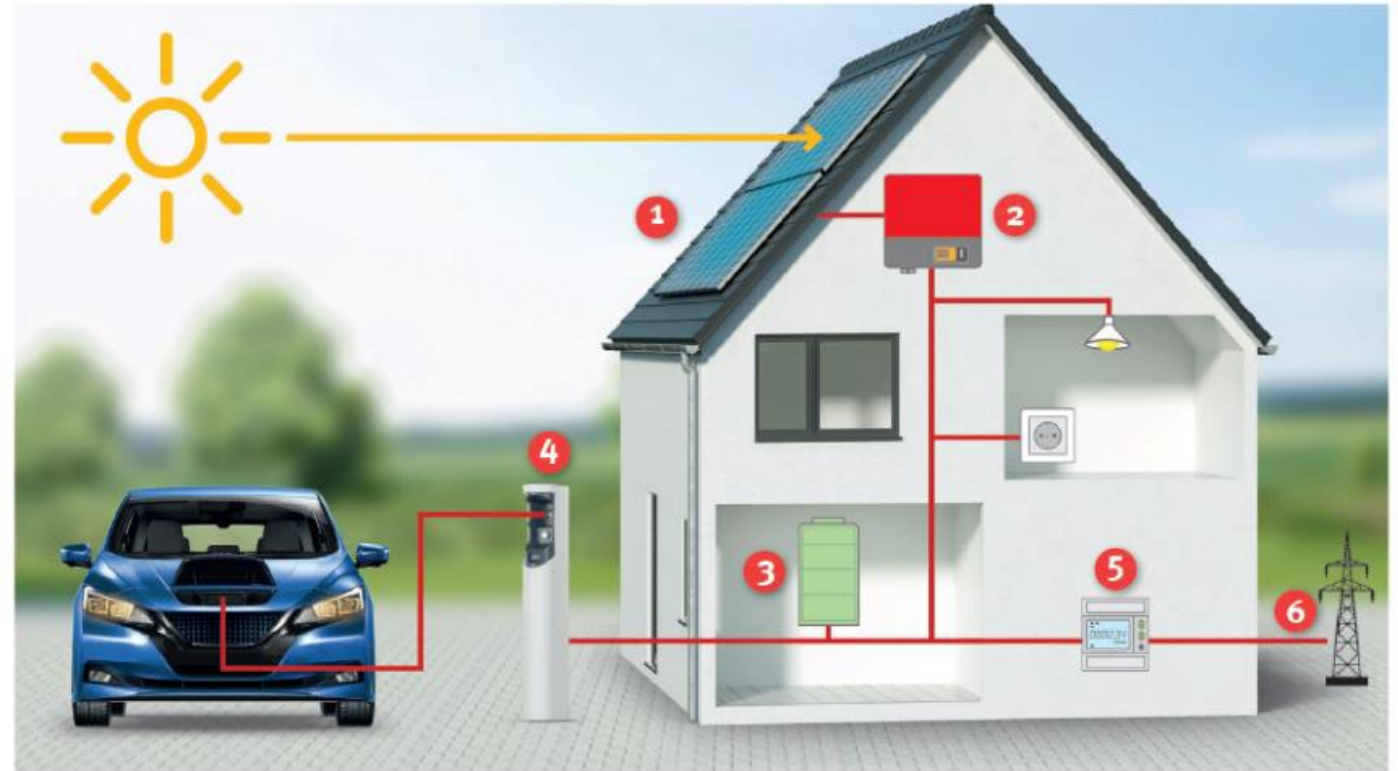
Basiswissen PV-Anlage



Photovoltaik ist ein Baustein der Energieversorgung

Schritte zur Optimierung Energie-Kosten

- Wahl des Energieversorgers
- Optimierung des Bedarfs im Haus/Wohnung durch Energieeffizienz oder Dämmung
- **Photovoltaik-Anlage (PV-Anlage)**
- (Batterie-)Kurzzeitspeicher für Tagesbedarfe
- Smart-Meter mit variablen Stromtarifen
- Elektromobilität + weniger Individualverkehr
- Langzeitspeicher (z.B. mit Wasserstoff als Quartierspeicher)
- Wärmepumpe oder BHKW



1 Solargenerator

2 Wechselrichter

3 Batteriespeicher

4 Ladestation für das E-Auto

5 Stromzähler

6 Netz-Anschluss

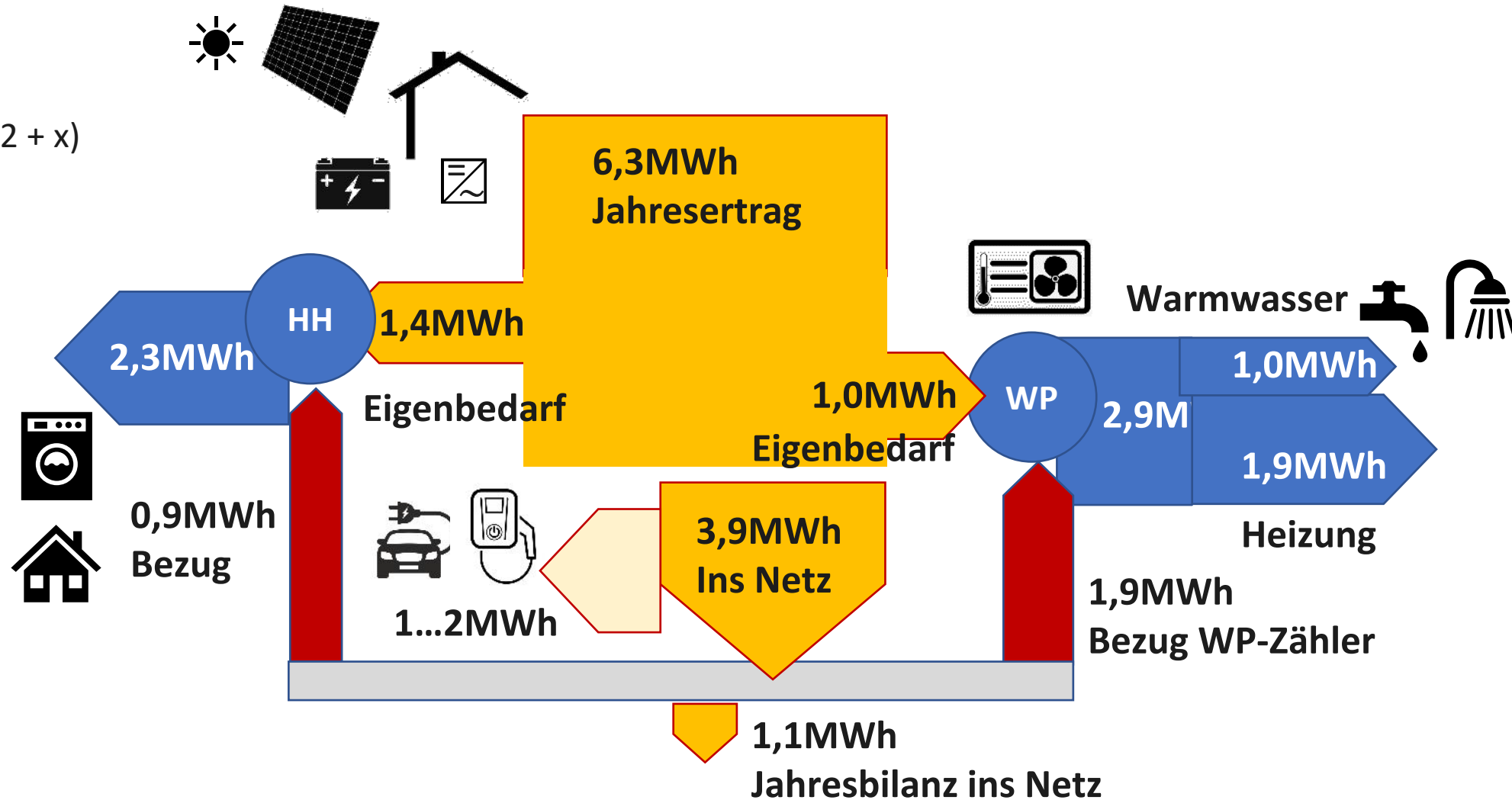
Quelle: Verbraucherzentrale NRW

Energieflüsse PV-Anlagen und Verbraucher

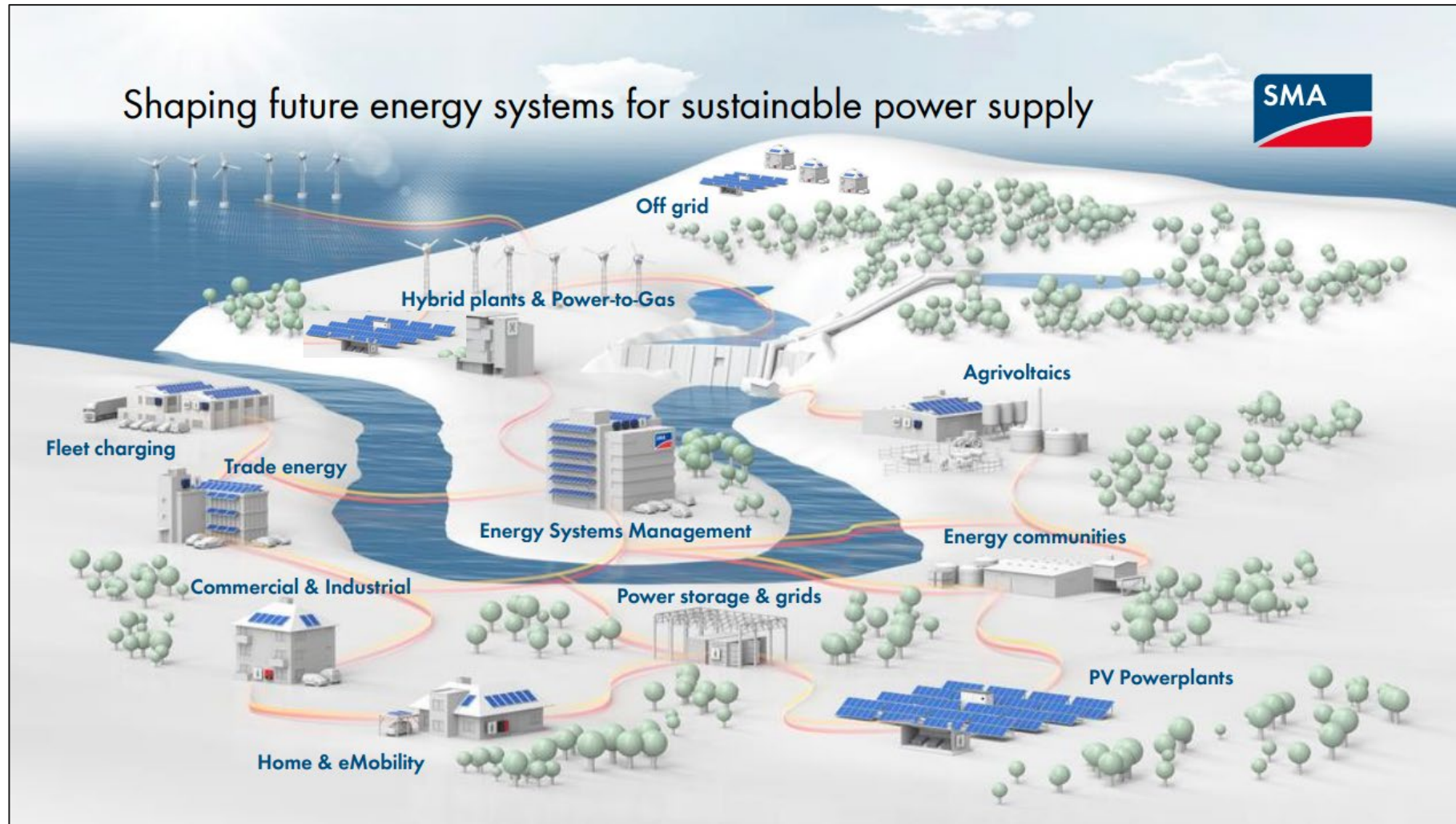
Absolutwerte von
Haus Stickelmann (2022 + x)
in MWh = 1000kWh



Baujahr 2014
6,6kWp PV
2kWh Speicher



Ausblick auf zukünftige Energielandschaft

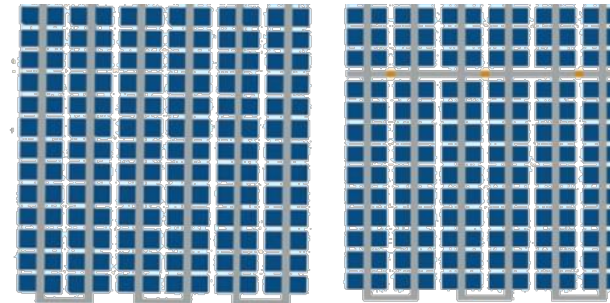


Änderungen

- dezentral
- Elektrifizierung
- Sektorenkopplung
- Elektromobilität
- Power-to-Gas
- Inselsysteme
- Speicherung
- Wind
- Photovoltaik

Solarmodule

- Typische Größe: 1-2 m²
- Benötigte Fläche: Schrägdach ca. 6m² und Flachdach ca. 8-10 m² je **kWp**
- Typische Leistung: 330 - 450 Watt
- 3 Typen von Zellen:
 - Monokristalline Zellen (schwarz)
 - Polykristalline Zellen (blau-schimmernd)
 - amorphe Zellen (dunkelblau)
- Rückseite aus
 - Glas: längere Lebensdauer
 - Folie: günstiger
- Energie-Rücklauf-Zeit eines Moduls: Heutzutage 1-2 Jahre



Voll und Halbzellen-Modul

- besserer Wirkungsgrad bei Teil-Verschattung



Ein Solarmodul ist eine Anordnung von Solarzellen zu einer Einheit

STOPP: Was ist nun **kWp**?

~~Energie~~ oder **Leistung**?

$$\eta_{\text{Modul}} = \frac{\text{Elektrische Leistung}}{\text{Optische Leistung}} = \frac{P_{\text{Elektrisch}}}{P_{\text{Optisch}}}$$

kWp = ist die Leistung eines Moduls unter definierten Testbedingungen (=STC StandardTestConditions):

1000W/m² und 25°C

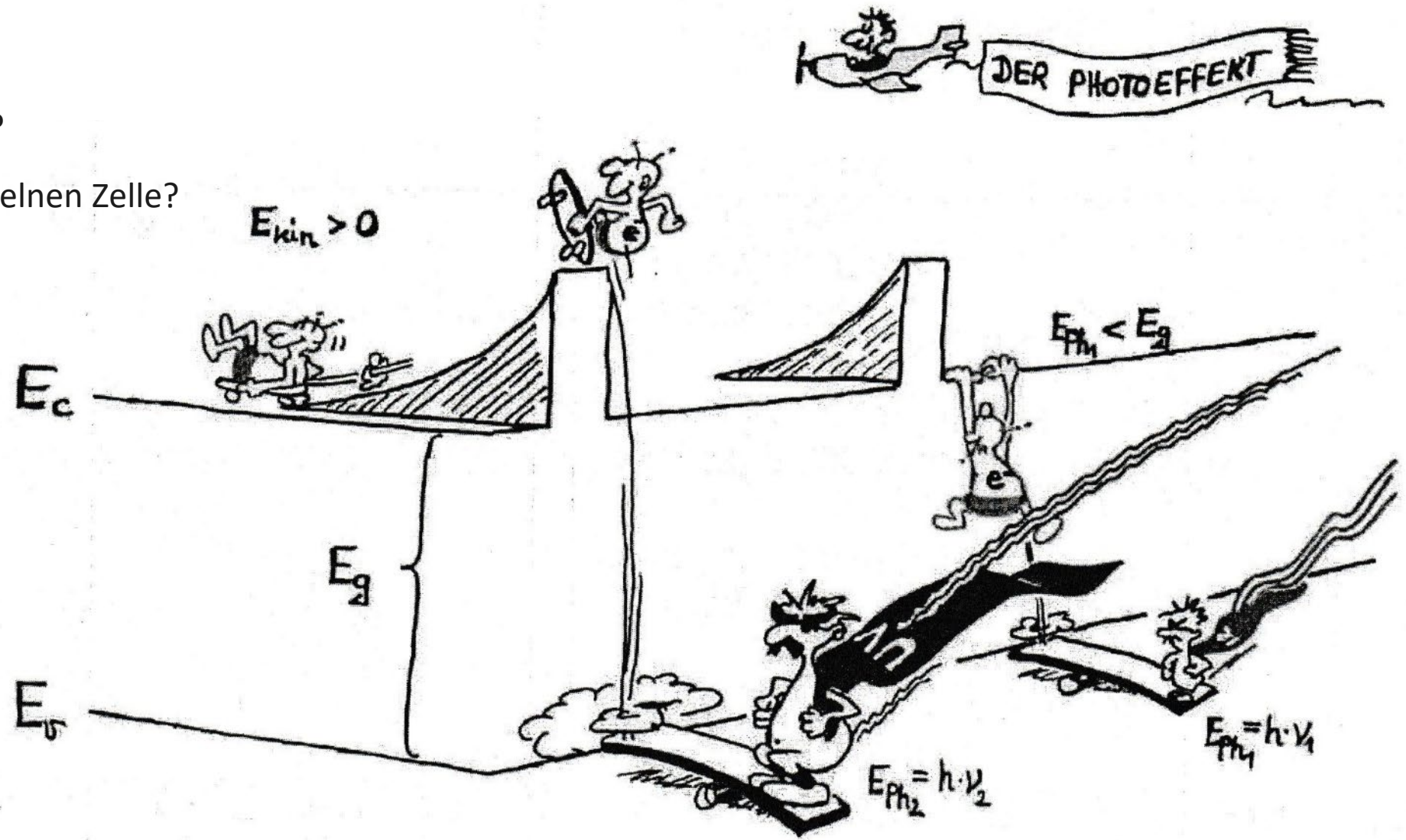
50m² für 10kWp Anlage (20% Wirkungsgrad))



Fläche / 5 = Leistung in kWp

Photoeffekt

- Was passiert im Modul?
- Was passiert in der einzelnen Zelle?



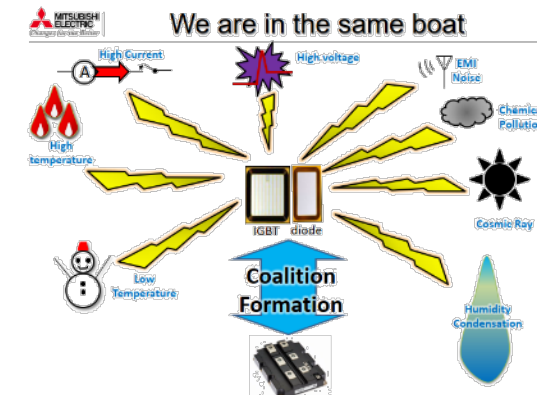
Wechselrichter

- „Ist eine bunte Kiste, die zwischen PV-Anlage und Netz erforderlich ist“
- Wandelt Gleichstrom der PV-Anlage in Wechselstrom des Netzes
- Stellt den optimalen Arbeitspunkt der PV-Anlage ein – auch bei Verschattung
- Prüft Isolationswiderstand der PV-Anlage
- Kann abhängig von Wettervorhersagen externe Verbraucher wie Wärmepumpen, Waschmaschinen ansteuern und bei Bedarf Energie im Speicher speichern



Stringwechselrichter ist die zuverlässigere Lösung gegenüber Modul-Elektronik auf dem Dach, wenn möglich String-Wechselrichter wählen!!

- Nur bei sehr verteilten und verschatteten Anlagen, sind Modul-Wechselrichter oder Optimierer sinnvoll, z.B. Balkonkraftwerk
- Besser Elektronik im Haus zu betreiben.



→ Die Produkte sind für 20 Jahre ausgelegt, wählen Sie einen Anbieter, der auch noch in 10 Jahren auf dem Markt ist

Quellen: Fronius / SMA Solar / Mitsubishi

Messung

- Der Netzbetreiber ist für Einbau, Betrieb und Wartung (Eichung) des Zählers zuständig
- Für diese Dienstleistung werden Zählergebühren fällig (Preisobergrenzregeln)
- Einbau in Zählerschrank

Moderne Messeinrichtung

- Einfacher digitaler Zähler ohne Fernsteuerung
- Für Anlagen bis 7 kW
- Messkosten: 20 € brutto / Jahr



Intelligentes Messsystem

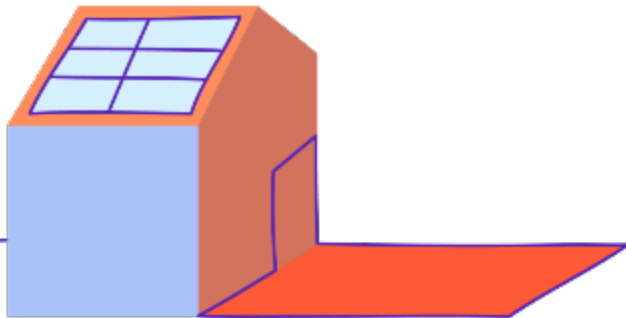
- digitales Messsystem mit Fernauslese und Fernsteuerung (Smart Meter)
- Sofern verfügbar: Für Anlagen über 7 kW
- Messkosten: ab 100 € brutto / Jahr



Die gesetzlichen Regelungen findet man im Messstellenbetriebsgesetz

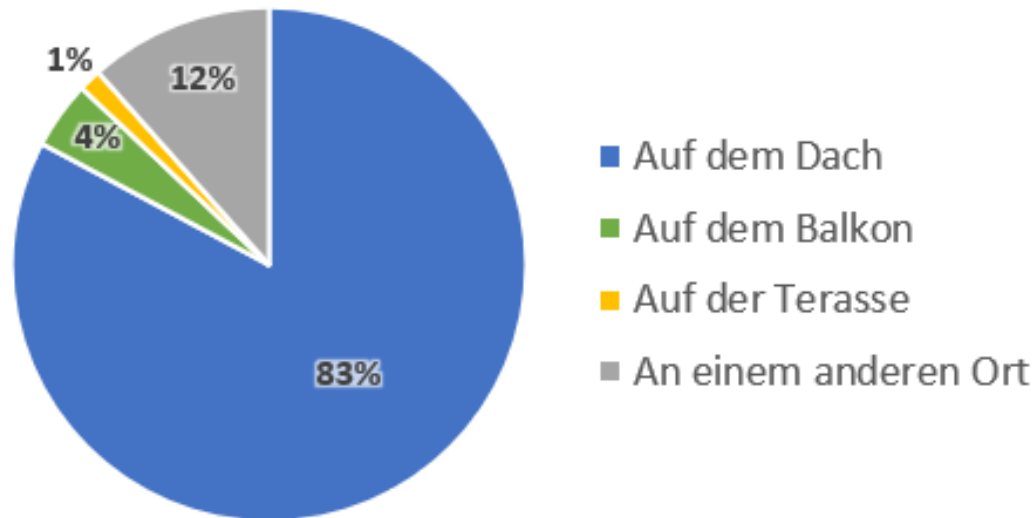
Dacheignung

Welche Dächer sind zur Solarstromerzeugung geeignet?



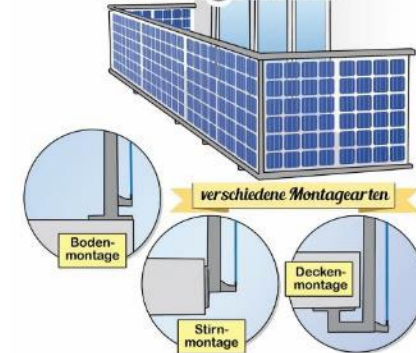
Dach, Balkon, Carport, Zaun, ...

- Umfrage in Zeitschrift c't nach Installationsort



- Was wäre mit der Terasse? Gartenhaus?
- Oder als Abdeckung für den Sandkasten oder die Mülleimer oder als Ersatz für die Markise...

Solarstrom produzierendes Balkongeländer



Die vertikale PV-Anlage im Winter

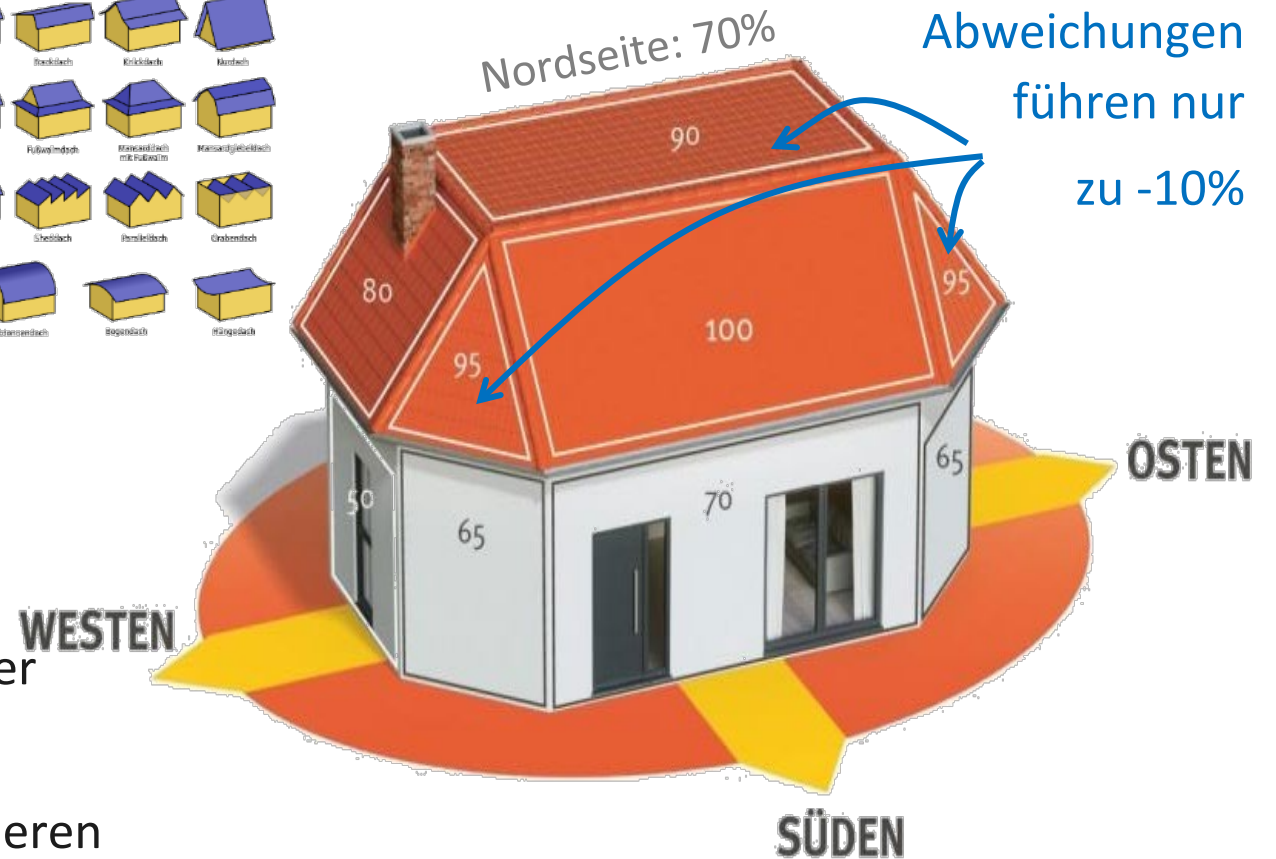
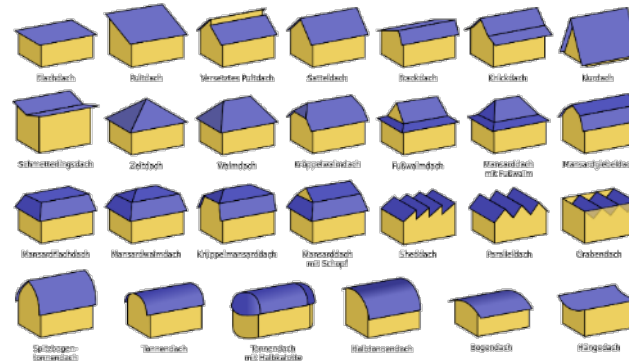


Fassadenmontage der PV-Anlage



Das Dach, der Klassiker: Ausrichtung und Verschattung

- Südwest bis Südost optimal
 - Flachdächer sehr gut
 - Ost und West gut
 - Norddächer möglichst flach
 - Neigung 30° bis 40° optimal
-
- WES
- Verschattung vermeiden: auch Teil-verschattete Module reduzieren die Leistung erheblich!
 - Moduloptimierer können hier helfen – kosten aber extra und sind weniger zuverlässig
 - Jedes Dach ist anders, ggf. mit Sanierung kombinieren



Das Dach ganz genau

			Dachneigung																		
			0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°
Dachausrichtung	Ost	-90°	87,8	87,6	87,0	86,2	85,2	84,1	82,8	81,3	79,7	78,0	76,2	74,1	71,9	69,5	67,0	64,4	61,7	58,7	55,7
		-85°	87,8	87,9	87,6	87,0	86,3	85,4	84,3	83,0	81,6	80,0	78,2	76,2	74,0	71,6	69,1	66,3	63,6	60,7	57,5
		-80°	87,8	88,2	88,2	87,9	87,5	86,8	85,9	84,8	83,5	81,9	80,2	78,2	76,0	73,6	71,1	68,3	65,3	62,3	59,2
		-75°	87,8	88,4	88,8	88,8	88,5	88,1	87,4	86,4	85,2	83,8	82,1	80,2	78,0	75,5	73,0	70,2	67,1	64,0	60,7
		-70°	87,8	88,8	89,3	89,6	89,6	89,3	88,8	88,0	86,9	85,6	83,9	82,1	79,9	77,4	74,7	72,0	68,9	65,5	62,1
	Südost	-65°	87,8	89,0	89,8	90,3	90,6	90,5	90,2	89,6	88,5	87,3	85,7	83,8	81,7	79,3	76,4	73,5	70,5	67,1	63,5
		-60°	87,8	89,3	90,3	91,1	91,6	91,6	91,5	90,9	90,1	88,9	87,4	85,5	83,3	80,9	78,2	75,1	71,9	68,5	64,8
		-55°	87,8	89,6	90,9	91,8	92,4	92,8	92,7	92,3	91,6	90,4	88,9	87,1	84,9	82,4	79,7	76,7	73,3	69,7	66,1
		-50°	87,8	89,7	91,3	92,5	93,3	93,8	93,9	93,6	92,9	91,8	90,4	88,7	86,4	83,8	81,1	78,0	74,6	70,8	67,1
		-45°	87,8	90,0	91,7	93,1	94,1	94,8	95,0	94,8	94,2	93,1	91,7	90,0	87,9	85,3	82,3	79,2	75,7	72,0	68,0
		-40°	87,8	90,2	92,2	93,7	94,9	95,6	95,9	95,8	95,3	94,4	93,0	91,1	89,0	86,5	83,6	80,2	76,8	72,9	68,8
		-35°	87,8	90,3	92,5	94,3	95,5	96,3	96,8	96,8	96,3	95,5	94,1	92,3	90,1	87,6	84,6	81,3	77,6	73,7	69,5
		-30°	87,8	90,5	92,8	94,7	96,1	97,0	97,6	97,7	97,2	96,3	95,1	93,3	91,0	88,4	85,5	82,1	78,3	74,3	70,1
		-25°	87,8	90,7	93,0	95,0	96,6	97,7	98,3	98,3	98,0	97,1	95,8	94,1	91,9	89,2	86,2	82,7	78,9	74,8	70,5
		-20°	87,8	90,8	93,3	95,4	97,0	98,1	98,8	99,0	98,6	97,7	96,4	94,7	92,5	89,8	86,8	83,2	79,5	75,3	70,8
		-15°	87,8	90,9	93,5	95,6	97,3	98,5	99,1	99,4	99,1	98,3	97,0	95,2	93,0	90,3	87,2	83,7	79,8	75,5	71,0
	-10°	87,8	90,9	93,6	95,7	97,5	98,8	99,5	99,7	99,4	98,7	97,4	95,6	93,4	90,6	87,5	83,9	80,0	75,7	71,1	
	Süd	-5°	87,8	90,9	93,6	95,9	97,7	98,9	99,7	99,9	99,7	98,9	97,6	95,8	93,6	90,8	87,6	84,1	80,2	75,8	71,2
		0°	87,8	90,9	93,6	95,9	97,7	99,0	99,7	100,0	99,7	98,9	97,6	95,7	93,6	90,9	87,7	84,2	80,2	75,8	71,2
		5°	87,8	90,9	93,6	95,9	97,7	98,9	99,7	99,9	99,7	98,9	97,6	95,8	93,6	90,8	87,6	84,1	80,2	75,8	71,2
		10°	87,8	90,9	93,6	95,7	97,5	98,8	99,5	99,7	99,4	98,7	97,4	95,6	93,4	90,6	87,5	83,9	80,0	75,7	71,1
		15°	87,8	90,9	93,5	95,6	97,3	98,5	99,1	99,4	99,1	98,3	97,0	95,2	93,0	90,3	87,2	83,7	79,8	75,5	71,0
		20°	87,8	90,8	93,3	95,4	97,0	98,1	98,8	99,0	98,6	97,7	96,4	94,7	92,5	89,8	86,8	83,2	79,5	75,3	70,8
	Südwest	25°	87,8	90,7	93,0	95,0	96,6	97,7	98,3	98,3	98,0	97,1	95,8	94,1	91,9	89,2	86,2	82,7	78,9	74,8	70,5
		30°	87,8	90,5	92,8	94,7	96,1	97,0	97,6	97,7	97,2	96,3	95,1	93,3	91,0	88,4	85,5	82,1	78,3	74,3	70,1
		35°	87,8	90,3	92,5	94,3	95,5	96,3	96,8	96,8	96,3	95,5	94,1	92,3	90,1	87,6	84,6	81,3	77,6	73,7	69,5
		40°	87,8	90,2	92,2	93,7	94,9	95,6	95,9	95,8	95,3	94,4	93,0	91,1	89,0	86,5	83,6	80,2	76,8	72,9	68,8
		45°	87,8	90,0	91,7	93,1	94,1	94,8	95,0	94,8	94,2	93,1	91,8	90,4	88,7	86,4	83,8	81,1	78,0	74,6	70,8
		50°	87,8	89,7	91,3	92,5	93,3	93,8	93,9	93,6	92,9	91,8	90,4	88,7	86,4	83,8	81,1	78,0	74,6	70,8	67,1
		55°	87,8	89,6	90,9	91,8	92,4	92,8	92,7	92,3	91,6	90,4	88,9	87,1	84,9	82,4	79,7	76,7	73,3	69,7	66,1
		60°	87,8	89,3	90,3	91,1	91,6	91,6	91,5	90,9	90,1	88,9	87,4	85,5	83,3	80,9	78,2	75,1	71,9	68,5	64,8
	West	65°	87,8	89,0	89,8	90,3	90,6	90,5	90,2	89,6	88,5	87,3	85,7	83,8	81,7	79,3	76,4	73,5	70,5	67,1	63,5
		70°	87,8	88,8	89,3	89,6	89,6	89,3	88,8	88,0	86,9	85,6	83,9	82,1	79,9	77,4	74,7	72,0	68,9	65,5	62,1
		75°	87,8	88,4	88,8	88,8	88,5	88,1	87,4	86,4	85,2	83,8	82,1	80,2	78,0	75,5	73,0	70,2	67,1	64,0	60,7
		80°	87,8	88,2	88,2	87,9	87,5	86,8	85,9	84,8	83,5	81,9	80,2	78,2	76,0	73,6	71,1	68,3	65,3	62,3	59,2
		85°	87,8	87,9	87,6	87,0	86,3	85,4	84,3	83,0	81,6	80,0	78,2	76,2	74,0	71,6	69,1	66,3	63,6	60,7	57,5
	90°	87,8	87,6	87,0	86,2	85,2	84,1	82,8	81,3	79,7	78,0	76,2	74,1	71,9	69,5	67,0	64,4	61,7	58,7	55,7	

z.B. Westdach mit 30 Grad Neigung:

- 17 % Minderung
- (entspricht Ertrag von rund 755 kWh)

z.B. Westdach mit 30 Grad Neigung:

- 17 % Minderung
- (entspricht Ertrag von rund 755 kWh/kWp)

Solarkataster + weitere Tools

- Das Land Hessen zeigt im Solarkataster Solarpotentiale auf, auch für Kaufungen.
- Hilfreich für eine erste, grobe Einschätzung
- **Aber:** Ersetzt keine genaue Betrachtung! Auch als weniger gut markierte Dächer können ertragsreich und lohnenswert sein.
- Weitere Detailbetrachtung über Tools der Systemanbieter und z.B. Schattensimulation

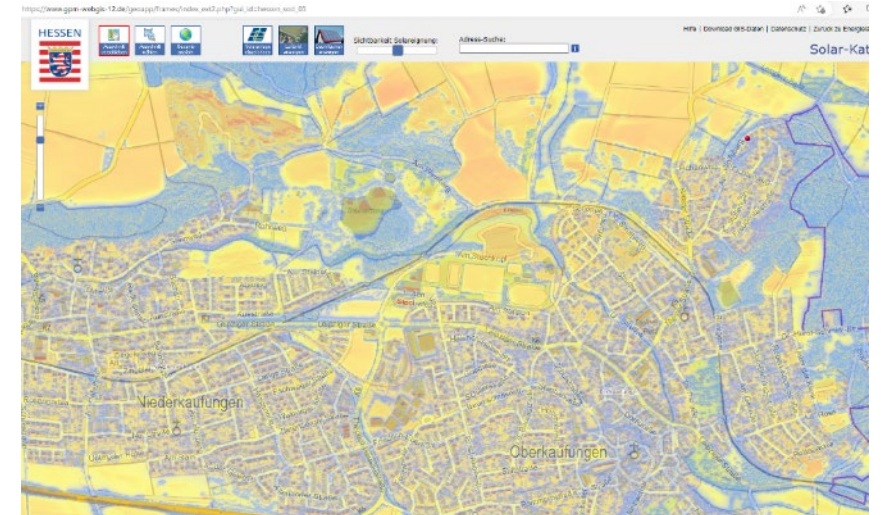
<https://www.energieland.hessen.de/solar-kataster>

<https://www.energieland.hessen.de/photovoltaik>

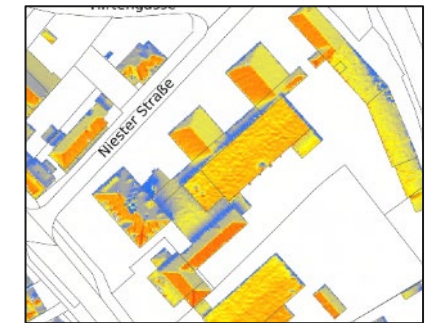
<https://www.opensolar.com/>

SMA <https://www.sunnydesignweb.com/sdweb/#/>

Fronius <https://www.fronius.com/de/solarenergie/installateure-partner/produkte-loesungen/monitoring-digitale-tools/pv-anlage-auslegen-solar-creator>



Solarkataster Übersichtsaufnahme Kaufungen

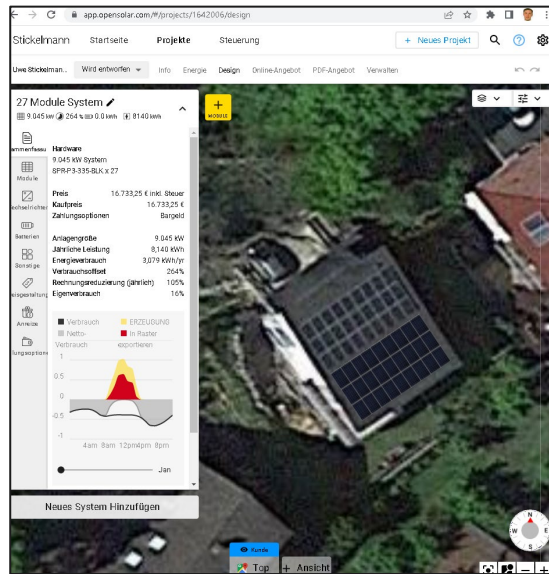


Detailaufnahme des Bürgerhauses in Kaufungen

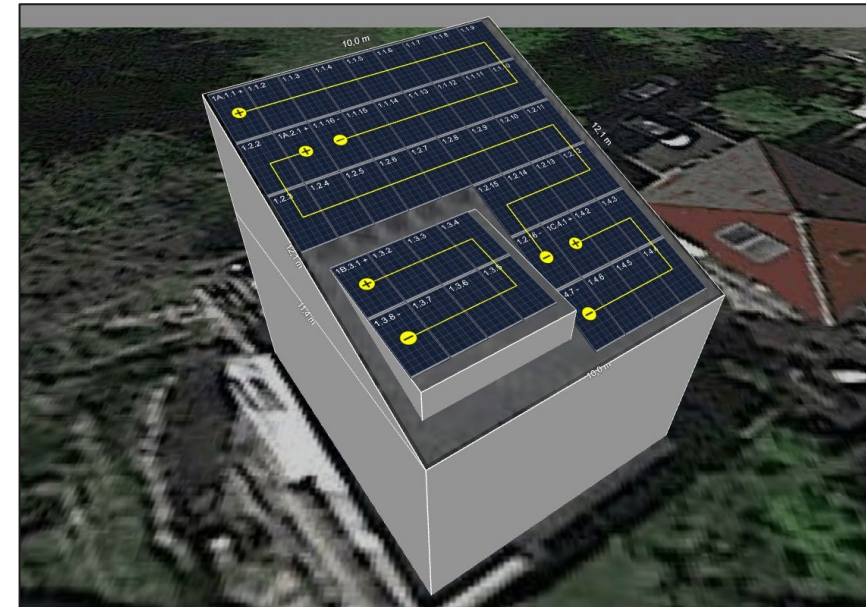
Quelle: google maps, solarkataster

Kurzer Exkurs zu Opensolar / SMA Sunny Design

- Genaue Anlagenbelegung auf Dach möglich



OpenSolar



SMA Sunny Design



<https://www.opensolar.com/>

SMA <https://www.sunnydesignweb.com/sdweb/#/>

Flachdächer

Ost-West Ausrichtung:



- + mehr Module je Fläche → optimale Platznutzung
- + höherer Eigenverbrauch möglich, da **gleichmäßiger** = Erzeugung morgens + abends
- etwas geringerer Ertrag je Modul im Jahr

Süd Ausrichtung:



- + **höherer Ertrag** je Modul im Jahr
- weniger Module je Fläche, da Abstand notwendig um Verschattung zu vermeiden



Montage auf Flachdächern ist durch Beschwerung der Systeme ohne Beschädigung der Dachhaut möglich

Sonderfall: Stecker-Solargeräte (Balkon-Solar)

- Bezeichnung als Gerät, da es wie ein Staubsauger oder ein Wasserkocher in Steckdosen eingesteckert werden kann.
- Einfache Montage am Balkon oder im Garten möglich
- Maximal zulässig sind Module mit einem Wechselrichter von derzeit 600W, 800 W wird kommen
- Anmeldung beim Netzbetreiber und im Marktstammdatenregister erforderlich
- Zulässigkeit von Schuko-Stecker von VDE derzeit gefordert

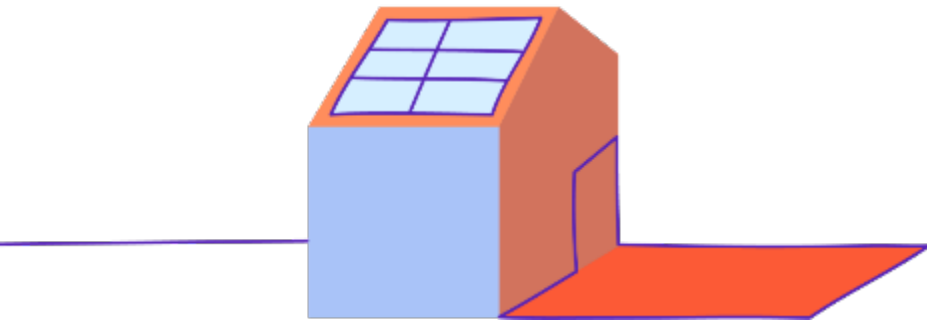


Details zum Thema Stecker-Solar werden im Fall-Beispiel vertieft. Das Balkonkraftwerk ist der Einstieg für jeden!

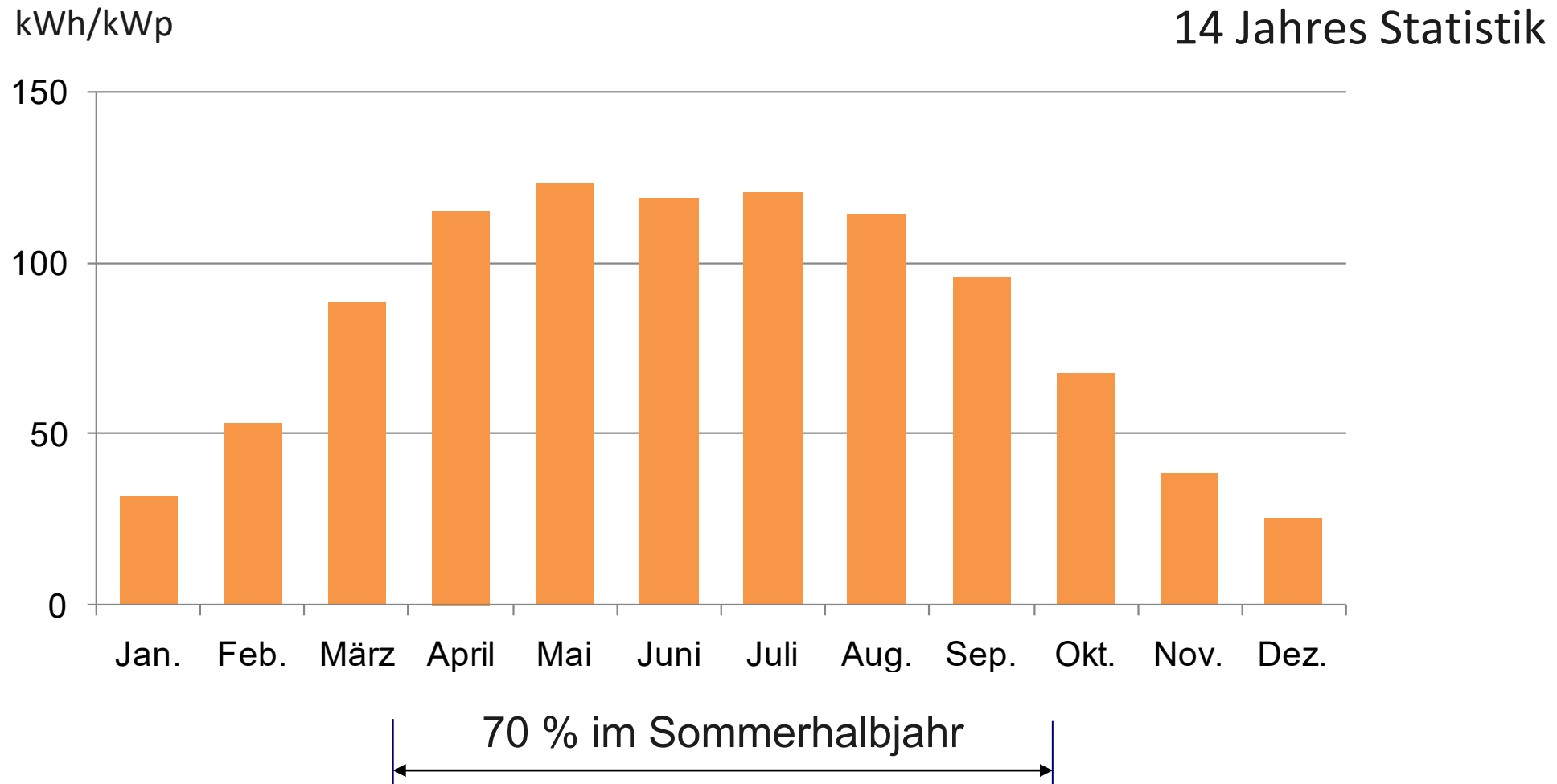


Quelle: Fotos: Holger Laeley (oben) & Helge Pfingst (unten)

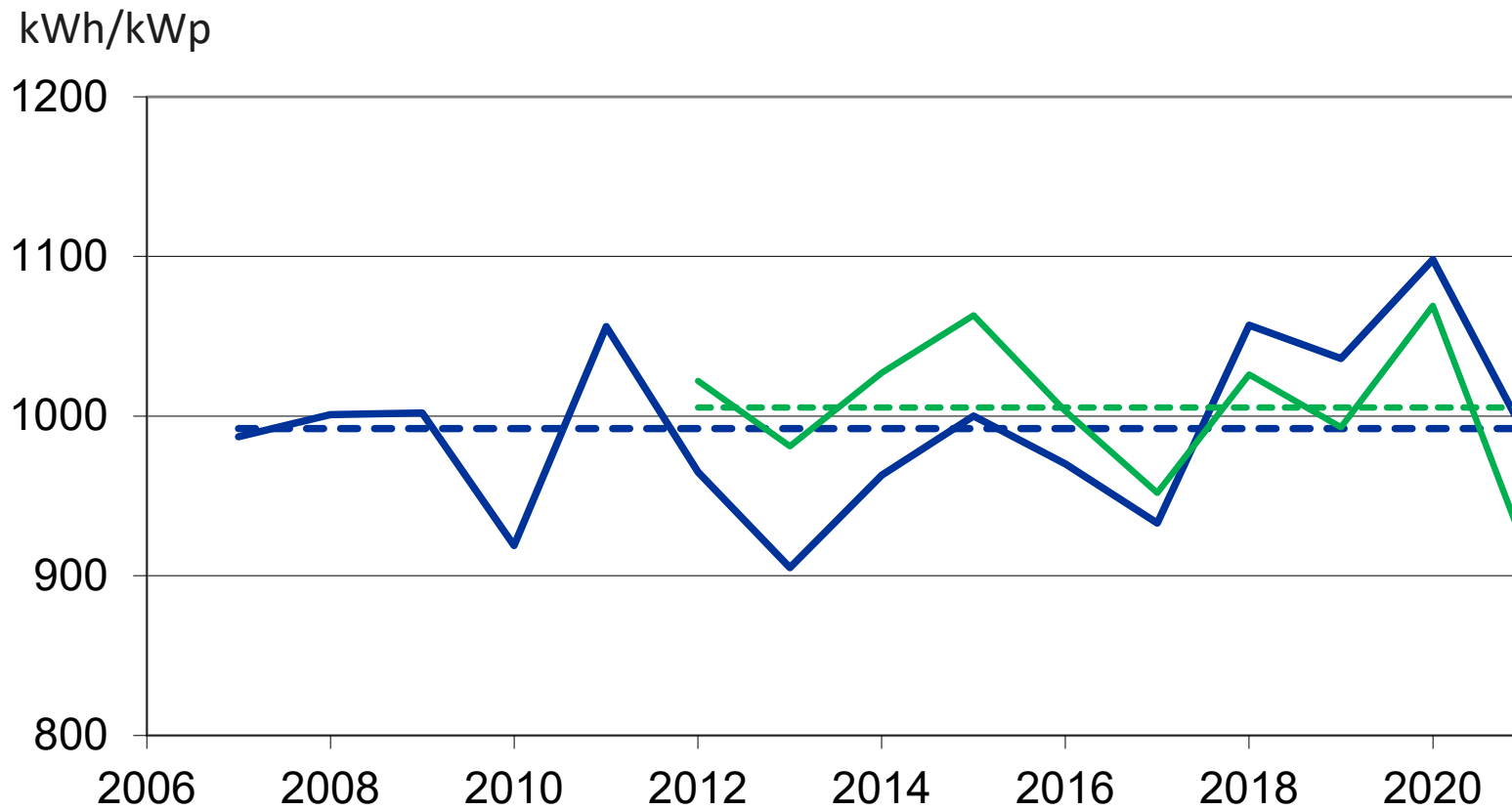
Stromerzeugung



Monatliche Stromerzeugung einer 7,8 kWp Referenzanlage



Ertragsbeispiele verschiedener Jahre in Langerwehe



Stromertrag
1005 kWh/kWp
992 kWh/kWp

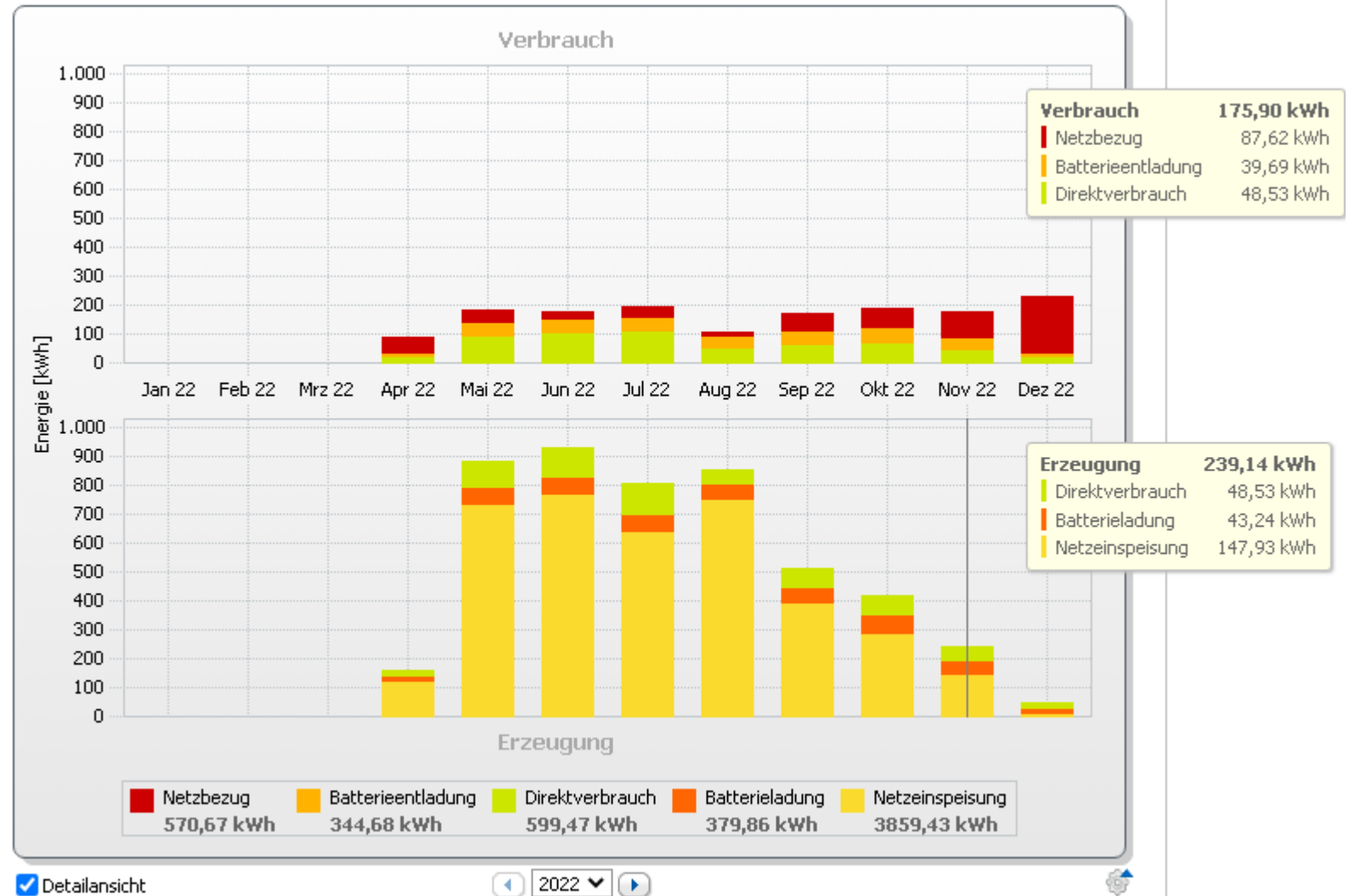
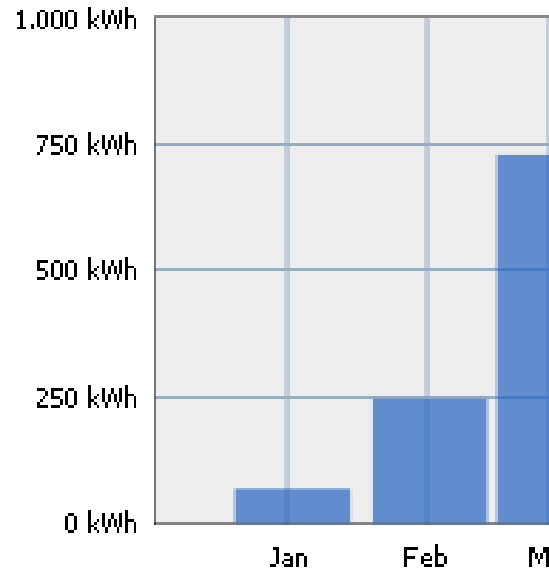


7,8 kWp

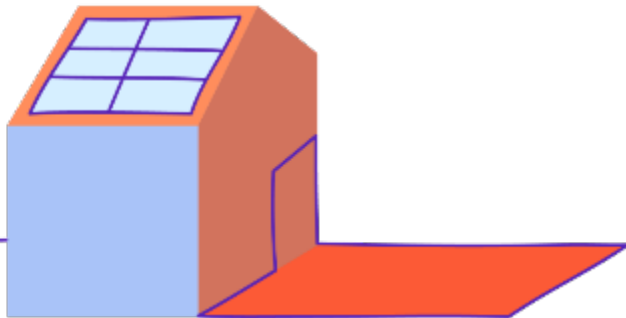


56 kWp

Ertragsbeispiel eigene 6 kWp Anlage



Wirtschaftliche Betrachtung



Typische Investitionskosten

- Skalierungseffekt: je größer die Anlage, desto preiswerter je kW
- **Alles Netto-Preise, denn MwSt. entfällt für alles PV-Anlage (+ auch Speicher) ab 01.01.2023**

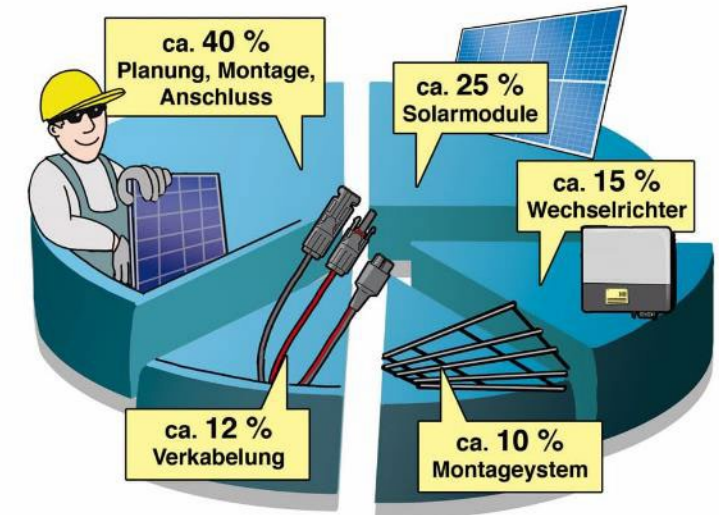
Installierte Leistung	Investitionskosten
3 kWp	4.500 bis 8.000 €
5 kWp	6.500 bis 12.000 €
10 kWp	12.000 bis 16.000 €

- von 5 kW auf 10 kW nur etwa 60% teurer



Die Nordseite direkt mit errichten zu lassen kann wirtschaftlich sinnvoll sein, da die Nordseite ca. 70% Ertrag einer Südseiten-Anlage hat.

Anteile der Anschaffungskosten einer PV-Anlage



Quelle: www.solaranlage-ratgeber.de



Neuerungen im EEG 2023

- Beschluss des Bundestages, Bundesrates am 7./8.07.22, Veröffentlicht am 28.09.22
- Entfall der Begrenzung des WR auf 70% der maximalen Wirkleistung
- Vereinfachtes Netzanschlussbegehren für Anlagen <30kW:



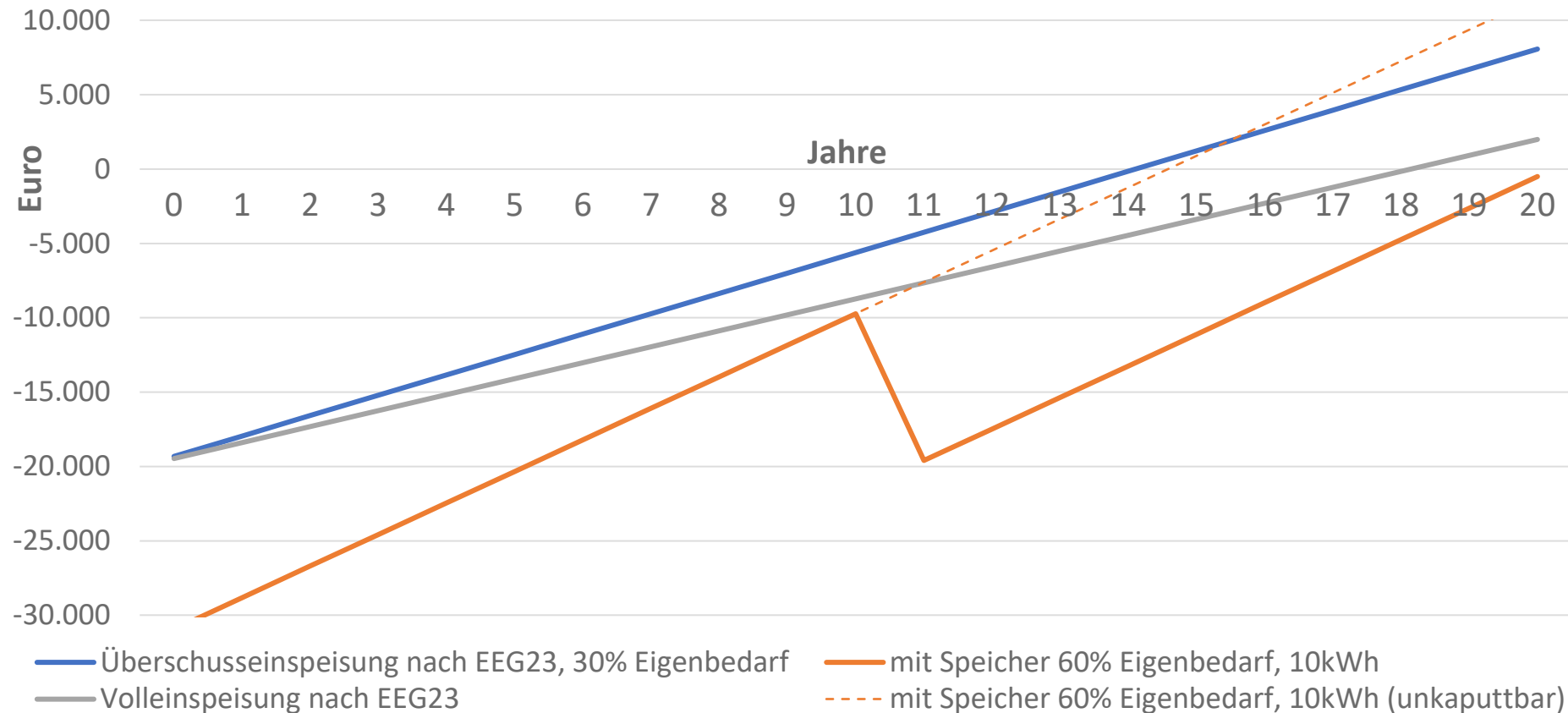
Anlagen können ohne die Zustimmung des Netzbetreiber angeschlossen werden, wenn sich dieser innerhalb von vier Wochen nicht meldet

- Neue Einspeisevergütungen: [EEG 221220.pdf \(clearingstelle-eeeg-kwkg.de\)](https://www.kwkg.de/eeeg/221220.pdf)

Einspeisevergütungssätze für Photovoltaik-Dachanlagen			
Installierte Leistung	EEG 2021 (Stand Juli 2022)	EEG 2023	
		Volleinspeiser	Überschusseinspeiser
≤ 10 kW	6,24 ct/kWh	13,40 ct/kWh	8,60 ct/kWh
≤ 40 kW	6,06 ct/kWh	11,30 ct/kWh	7,50 ct/kWh
≤ 100 kW	4,74 ct/kWh	11,30 ct/kWh	6,20 ct/kWh

Rentabilität selber bewerten

Beispiel: Rentabilität einer 10,0 kWp Anlage zum Preis von 20.000€ mit neuer Einspeisevergütung nach EEG 2023



Eckdaten:

- 10,0 kWp für 20.000€ (reales Angebot)
- 1% Betriebskosten für Versicherung, Zähler etc.
- 10,0 kWh Speicher für 12.000€
- Ersatz des Speichers nach 10 Jahren Laufzeit

Förderprogramme

- Von Stadt zu Stadt unterschiedlich
- **In Kaufungen jetzt das Sondervermögen**
- Beantragung entweder **vor** Auftragsvergabe oder **nach** Fertigstellung
- Frühzeitiges Informieren ist wichtig!



Eine Übersicht über verschiedene Förderprogramme je nach Bundesland gibt es auf der SFV-Homepage:

www.sfv.de/solaranlagenberatung/foerderprogramme

Teilen Sie uns gerne mit, wenn Förderprogramme in Ihrer Stadt fehlen oder nicht mehr aktuell sind!



Richtige Auslegung der PV-Anlage

- möglichst groß, Dachfläche ausnutzen
- EE-Anforderungen bei Neubau und Heizungstausch beachten
- dadurch geringere Kosten pro kWp
- auch "schlechtere" Dachseite prüfen, Kosten steigen z.B. nur um 60%, Ertrag aber um 70%
- Wartungskosten fallen weniger ins Gewicht



Schon bei der Planung der Anlage sollten zukünftige Mehrverbräuche (z.B. E-Auto und Wärmepumpe) mitgedacht werden.

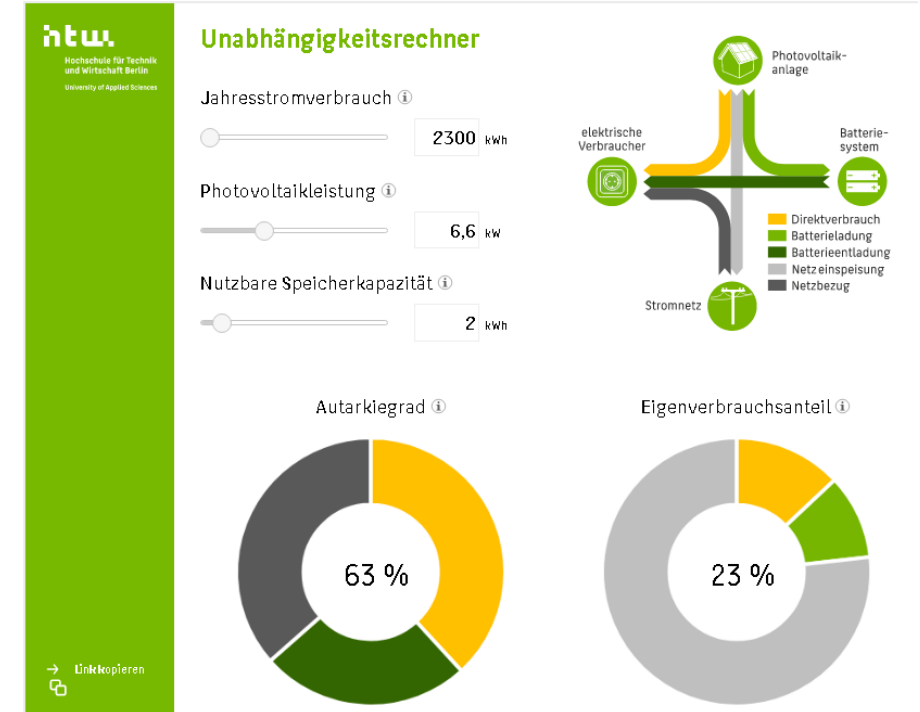
Online-Tool zur Abschätzung des Eigenverbrauchs



Eigenverbrauch ist der Anteil des erzeugten Solarstroms, der selbst verbraucht wird

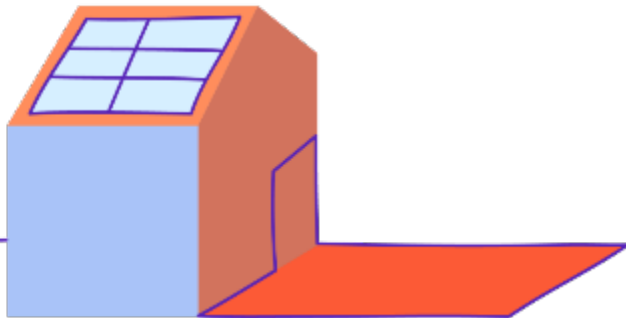
Autarkie ist genutzter PV-Strom / Gesamtbedarf

- in Abhängigkeit von
 - Jahresverbrauch
 - PV-Leistung
 - Batteriegröße oder E-Fahrzeug
 - Fahrzeugnutzung
- Ohne Speicher: Eigenverbrauch 20 – 30 %
- Mit Speicher: Eigenverbrauch >50% erreichbar
Stark abhängig von Speichergröße, installierter PV-Leistung und Verbrauch



[Unabhängigkeitsrechner | HTW Berlin \(htw-berlin.de\)](https://www.htw-berlin.de/unabhaengigkeitsrechner)

Steuerliche Behandlung



Steuerliche Behandlung im Einzelfall prüfen

Detaillierte Klärung der steuerlichen Behandlung der Anlage mit dem/der Steuerberater:in

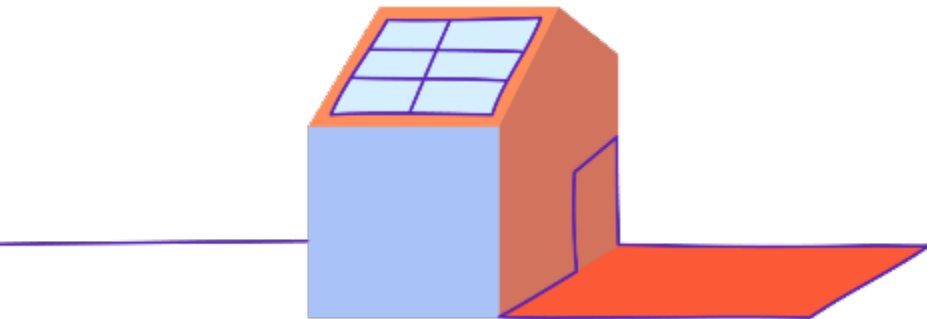
- Volle Steuerpflicht und Steuervorteile nutzen (Abschreibung, Sonderabschreibungen, Umsatzsteuerrückerstattung)
- Nur Gewinnversteuerung (ohne Umsatzsteuererstattung)
- Photovoltaik ohne Finanzamt betreiben (bis 10 kWp ohne Nachweis) möglich oder Liebhaberei (wenn kein Gewinn erzielt wird)



Informative Links:

- www.pv-magazine.de/themen/steuertipps
- www.verbraucherzentrale.nrw/wissen/energie/erneuerbare-energien/photovoltaik-woran-sie-beim-thema-steuern-denken-sollten-65532
- www.finanzverwaltung.nrw.de/de/photovoltaikanlage-und-das-finanzamt
- [www.finanzamt.bayern.de/Informationen/Steuerinfos/Weitere Themen/Photovoltaikanlagen/](http://www.finanzamt.bayern.de/Informationen/Steuerinfos/Weitere_Themen/Photovoltaikanlagen/)

Speicher und Notstrom ?



Typische Investitionskosten - Speicher

- Skalierungseffekt: je größer der Speicher, desto preiswerter je kWh

Installierte Kapazität	Investitionskosten
5 kWh	4.000 bis 6.000 €
10 kWh	7.000 bis 12.000 €

- Lithiumbatterien sind Standard
- Die realistische Lebensdauer ist noch unklar, etwa 10 bis 15 Jahre
- Erhöht die Eigenverbrauchsquote, aber meistens nicht die Wirtschaftlichkeit. Diese hängt vom Angebot ab.

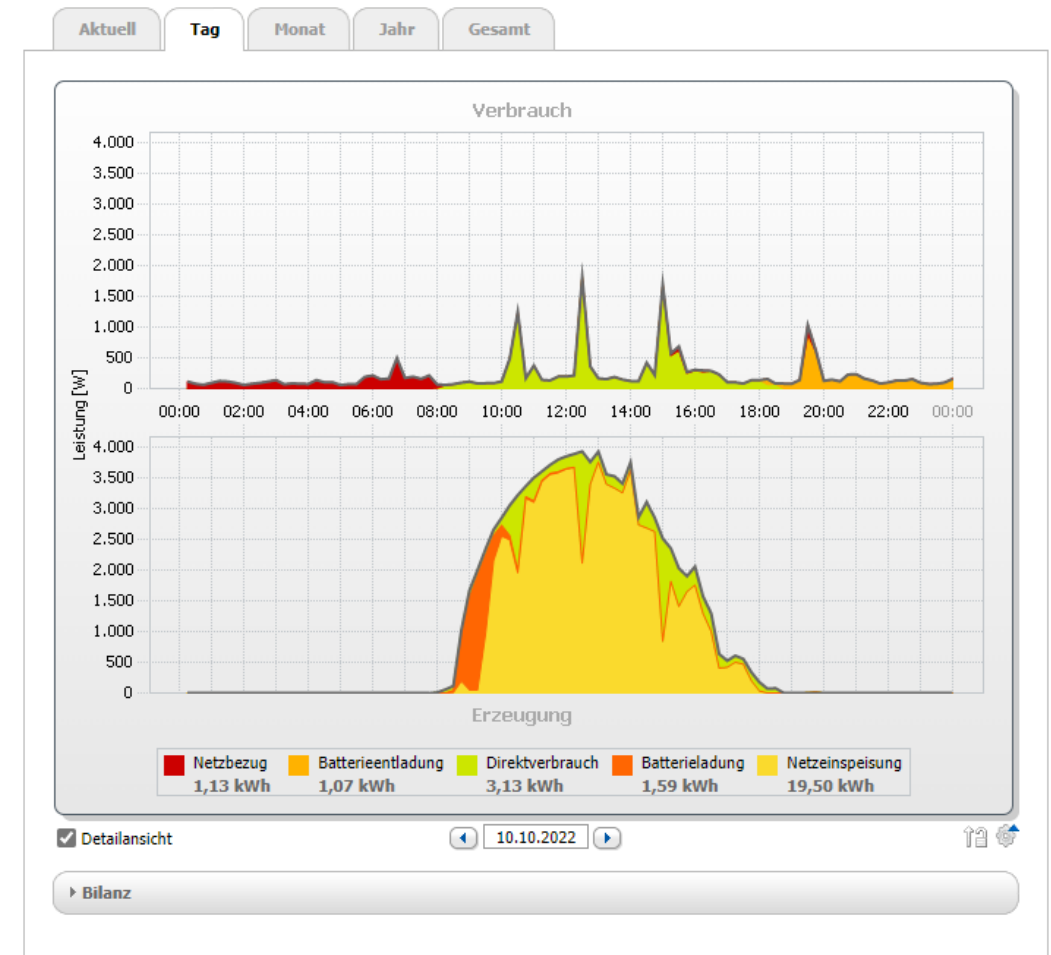


*Die Nachrüstung eines Speichers ist möglich:
Entweder mit Hybrid-Wechselrichter oder AC-Kopplung*

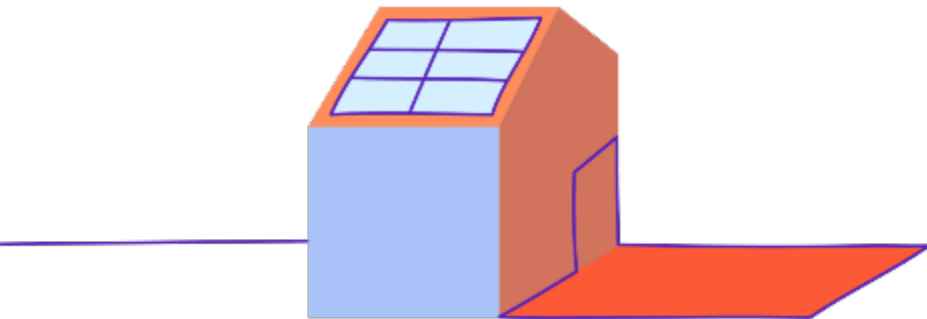
Batteriespeicher - Einspeisemanagement

- Das Einspeisemanagement legt fest, mit welcher Priorität Solarstrom in einer Batterie gespeichert oder ins öffentliche Stromnetz eingespeist wird.
- Hybrid-Wechselrichter mit Batterieanschluss haben diese Funktion integriert
Sie kann aber auch durch ein separates Gerät realisiert werden.
- Die Priorität sollte sein:
 1. Solarstrom im Haushalt oder Elektroauto verbrauchen.
 2. Solarstrom in einer Batterie speichern, um ihn später verbrauchen zu können.
 3. Solarstrom in das öffentliche Stromnetz einspeisen.

Energiebilanz



7 Schritte zur eigenen Anlage



7 Schritte zur eigenen Anlage

1. Idee und Erst-Information (heute), ggfs. weitere Beratung zu Möglichkeiten & Aufwand
2. Ermitteln was am Haus möglich ist, Kosten abschätzen
3. Angebote von zwei/mehreren Anbietern
4. Förderung beantragen
5. Kaufvertrag mit Inbetriebnahmedatum und Komplettpreis
6. Klärung Steuerfragen & Versicherungsschutz
7. Anmeldung bei Netzbetreiber, Marktstammdatenregister und ggf. Finanzamt

➔ Was ist die Motivation, was ist das langfristige Ziel?



PV-Sonderberatung am 8., 15. + 22. Februar in Kaufungen beim Klimaschutzmanagement

www.kaufungen.eu/Rathaus-Politik/Klimaschutz-Energie/Klimaschutzmanagement



Bürger Energie
Kassel & Söhre eG



Weiter Beratung und Unterstützung auch bei der Bürger Energie Kassel & Söhre eG

www.be-kassel.de/



Der SFV steht Ihnen gerne für Infos und Beratung zur Verfügung. Infos unter:

www.sfv.de/solaranlagenberatung

Angebote einholen: Gute Anfragen für Gute Angebote

- genaue Adresse und Baujahr angeben (so können Anbieter das Haus auf Google-Maps / im Solarkataster finden)
- gewünschte Dachflächen benennen für Module, optional auch "schlechtere" Dachseite anfragen
- Fotos vom Dach (Garten und Straßenseite)
- Foto vom **offenen** Zählerkasten
- Batterie (ja, nein, optional), möglichst gewünschte Größe in kWh mit angeben (z. B.: [Unabhängigkeitsrechner | HTW Berlin \(htw-berlin.de\)](https://www.htw-berlin.de/unabhaengigkeitsrechner))



Gute Anfragen sind bei aktuell hohen Marktdruck immer wichtiger!

→ **Das wollen wir im zweiten Teil vertiefen...**

Übersicht

Erster Teil: Einstieg

- Warum Photovoltaik? → Was ist Ihre Motivation?
 - Basiswissen PV-Anlage → Wie funktioniert's?
 - Dacheignung → Wo installieren?
 - Stromerzeugung → Wieviel Ertrag ist möglich?
 - Wirtschaftliche Betrachtung → In Euro + Rentabilität
 - Steuerliche Behandlung
 - Speicher + Notstrom? → Was braucht man wirklich?
 - **7 Schritte zur eigenen Anlage**
- **Fragen / Diskussion**

Zweiter Teil: Konkretes Vorgehen

- A. Balkonkraftwerk
 - B. Aufdachanlage
 - C. Erweiterung Alt-Anlage
-
- Berechnungen anhand Excel-Tabelle
- Bedarf / Erzeugung / Wirtschaftlichkeit**
- Adressen Solarteure, Vereine, Initiativen, Literatur
 - Planungsgrundlagen



Dein Dach kann das auch!

Solarinfos von und für Nachbar:innen



Initiiert und organisiert von:



Unterstützt von:



www.packsdrauf.solar

Ihr Dach kann es auch! / Teil 2

Photovoltaik in Kaufungen

Initiiert und organisiert von:



www.packsdrauf.solar



Quelle: Startbildschirm der Internetseite der Gemeinde Kaufungen

Uwe Stickelmann, 06.02.2023

Übersicht

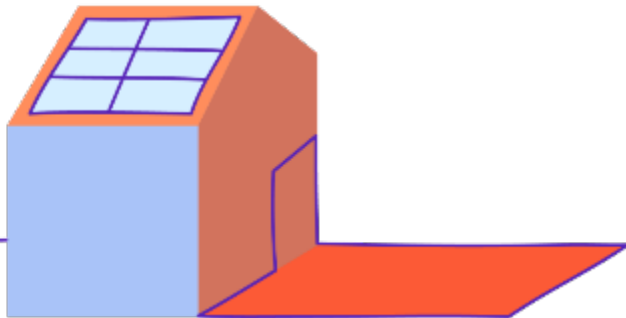
Erster Teil: Einstieg

- Warum Photovoltaik? → Was ist Ihre Motivation?
 - Basiswissen PV-Anlage → Wie funktioniert's?
 - Dacheignung → Wo installieren?
 - Stromerzeugung → Wieviel Ertrag ist möglich?
 - Wirtschaftliche Betrachtung → In Euro + Rentabilität
 - Steuerliche Behandlung
 - Speicher + Notstrom? → Was braucht man wirklich?
 - **7 Schritte zur eigenen Anlage**
- Fragen / Diskussion

Zweiter Teil: Konkretes Vorgehen

- A. Balkonkraftwerk
 - B. Aufdachanlage
 - C. Erweiterung Alt-Anlage
-
- Berechnungen anhand Excel-Tabelle
- Bedarf / Erzeugung / Wirtschaftlichkeit**
- Adressen Solarteure, Vereine, Initiativen, Literatur
 - Planungsgrundlagen

Marktübersicht, Foren, Vereine + Literatur



Foren / Vereine / Initiativen

- www.photovoltaikeforum.com
 - www.sfv.de
 - www.solarserver.de
 - www.co2online.de
 - www.netztransparenz.de
 - www.energie2000ev.de
 - www.be-kassel.de
 - www.solocal-energy.de
 - <https://umwelthaus-kassel.de>
- x

Marktübersicht – eine Auswahl

Wechselrichter

- E3DC
- Fronius
- Kostal
- SMA
- ...

Module

Produktion Europa

- MeyerBurger
- Kioto
- Solvis
- Aleo
- Solarwatt
- Luxor
- Heckert
- Axsun

- IBC Solar
- Soluxtec
- ...

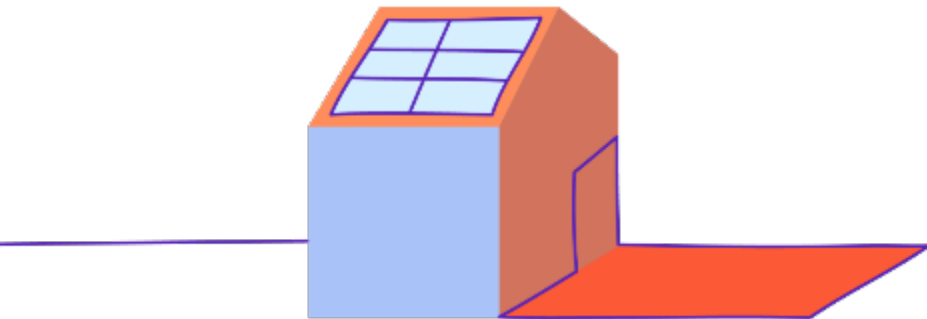
Solarteure

- Kirchner
- Groß
- Zwirner
- LET
- Solarwatt
- ...

Kriterien

- Fachkompetenz
- Erfahrung mit PV-Installationen
- Erreichbarkeit
- Service
- Beratung
- Verständlichkeit
- Preis
- ...

Balkonkraftwerk



Balkonkraftwerk / Mini-PV-Anlage Status Quo

Mini-PV-Anlage: Was gilt es zu beachten?

Max. Gesamtleistung (600 Watt) beim **Kauf** beachten.

Abstimmung mit Vermieter, Hausverwalter oder der Eigentümergemeinschaft ist sinnvoll.



Energieertrag pro Jahr: ca. 350 bis 450 kWh.
Entspricht ca. 10 % bei 4-Personen-Haushalt.

Amortisierung nach etwa 8-15 Jahren.
Eigener Beitrag zur **Energiewende**.



Anschluss an den Endstromkreis kann nach der Vornorm VDE V 0100-551-1 fest oder über eine Energiesteckvorrichtung erfolgen.

Entwurf einer **Produktnorm** ist im Oktober 2022 erschienen und wurde über das Förderprojekt „SteckerSolar“ erarbeitet.



Empfehlung der Normung: **Prüfung** der Stromleitung durch eine entsprechende Fachkraft anhand der Anforderungen gemäß Vornorm VDE V 0100-551-1.

Anschlussvoraussetzungen und sicherer Betrieb in den **DKE Gremien** K 373, UK 221.5 und UK 542.4.



Als **Stromzähler** ist ein Zweirichtungszähler erforderlich.

Der **Austausch** des Stromzählers erfolgt durch den Messstellenbetreiber.



Anmeldung vor Inbetriebnahme beim zuständigen Netzbetreiber und im Marktstammdatenregister der BNetzA.

Eine **Bagatellgrenze** gibt es in Deutschland nicht. Die in der Verordnung EU/2016/631 geregelte Bagatellgrenze (800 Watt) wurde nicht in nationales Recht umgesetzt. Mini-PV-Anlagen sind in jedem Fall anmeldepflichtig.



Ausblick: Basis VDE-Positionspapier u. Bundesnetzagentur



Steckerfertige Mini-Energieerzeugungsanlagen

TECHNISCHE SPEZIFIKATION		Entwurf November 2022
DIN VDE V 0126-95 (VDE V 0126-95)		DIN
Dies ist zugleich eine VDE-Vormorm im Sinne von VDE 0022. Sie ist unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etx Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.		VDE
Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet. ICS 27.160 Einsprüche bis 2023-02-14 Entwurf		
Steckersolargeräte für Netzparallelbetrieb – Grundlegende Sicherheitsanforderungen und Prüfungen Plug-in solar devices for mains parallel operation – Basic safety requirements and tests		

1 Einführung einer Bagatellgrenze bis 800 W auf Basis der europäischen RFG

- Erhöhung der Leistung von 600 W (AR-N 4105:2018-11) auf 800 W (RFG)

2 Mini-Energieerzeugungsanlagen dürfen an jedem Zählertyp verwendet werden

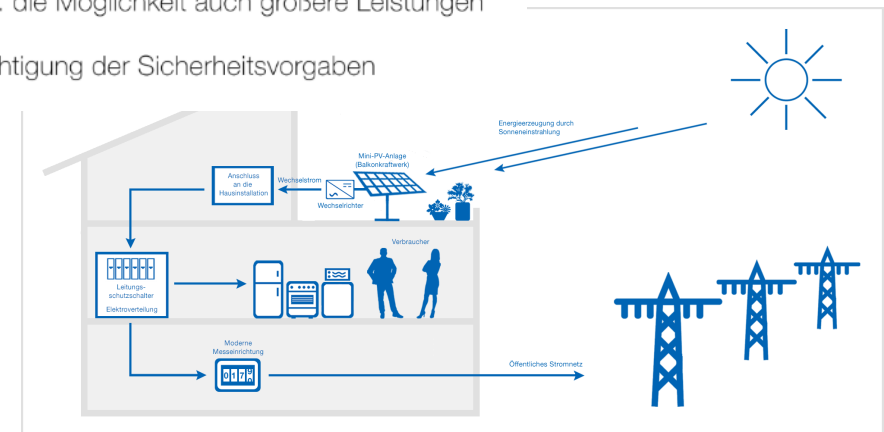
- Zähler sollen im Rahmen der Bagatellgrenze auch rückwärts laufen dürfen.

3 Vereinfachte Anmeldung und Inbetriebsetzung von Mini-Energieerzeugungsanlagen

- Anmeldung ausschließlich bei der Bundesnetzagentur mit Zugriff der Netzbetreiber

4 Duldung des Schukosteckers als Steckvorrichtung für die Einspeisung bis 800 W

- Der VDE bevorzugt die Installation durch das Fachhandwerk, da so die Möglichkeit besteht die Installation auf Tauglichkeit zu prüfen und ggf. anzupassen (z.B. Austausch des LS-Automaten)
 - Installation einer Einspeisesteckdose (und damit ggf. die Möglichkeit auch größere Leistungen einspeisen und speichern zu können).
 - Verwendung eines Schukosteckers unter Berücksichtigung der Sicherheitsvorgaben für Mini-Energieerzeugungsanlagen.



Quellen: VDE Positionspapier, 11. Januar 2023 ,

Normenentwurf Steckersolargeräte für Netzparallelbetrieb aus November 2022

und Aussage Klaus Müller, Präsident Bundesnetzagentur

Zusammenfassung

Zwei Optionen

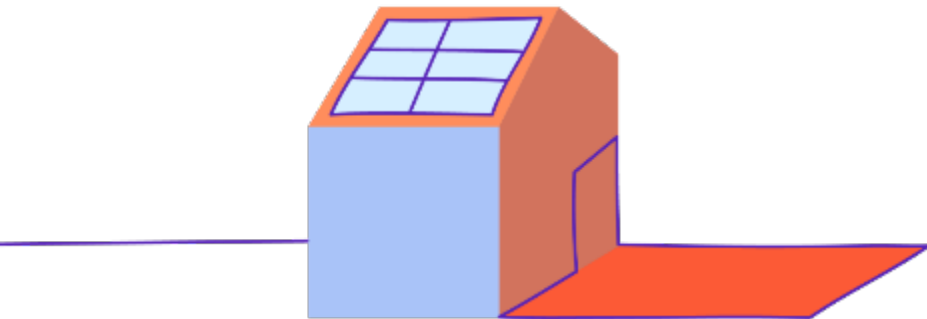
- a) „Mut zur Veränderung“ = Mach es wie die Österreicher und gehe direkt auf 800W
- b) „Setze auf den Status Quo“ = 600W



Dann Folgende Schritte

1. Abstimmung mit Familie, Nachbarn, Mitbewohnern, Hauseigentümer etc. über Standort und Vorgehen
2. Komplettpaket oder Modul und Wechselrichter separat auswählen
3. Montage klären, Zeichnungen erstellen
4. Kaufen, ohne MwSt.
5. Mechanische Montage
6. Elektrisch fest an Unterverteilung anschließen oder (das darf dann jeder) einfach in Steckdose einstecken
7. Anmelden beim Netzbetreiber
8. Anmelden im Markstammdatenregister
9. Erträge per App „genießen“ / überwachen, alternativ z.B. mit Fritz!Dect oder vergleichbar

Aufdachanlage



Zusammenfassung zur Anlagenauslegung + -planung

Technisches + wirtschaftliches Vorgehen

- Eigenen Bedarf an elektrischem Strom / Energie
- Mögliche Flächen / Orte ermitteln (Garage, Balkon, Südhang, Fassade, Dach, Vordach, Terrassendach, Carport)
- Prüfung Montage / Statik, ggf. Dachdecker/Statiker
- Potentiale der Flächen ermitteln: solarkataster, Tools von SMA, Fronius, openSolar
- Zwei bis drei Angebote einholen
- Übersicht erstellen
- **Kennzahlen bewerten:**

1300,-EUR/kWp und 1000,-EUR/kWh

Wirtschaftlichkeit

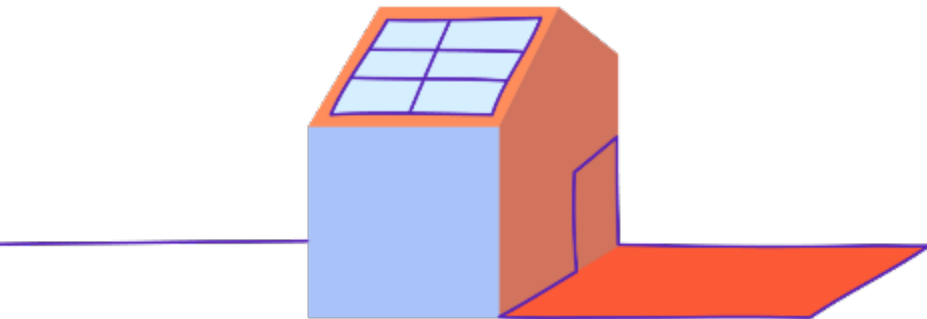
Der Status Quo ohne PV ist

= Verbrauch x Bezugspreis + Grundgebühr

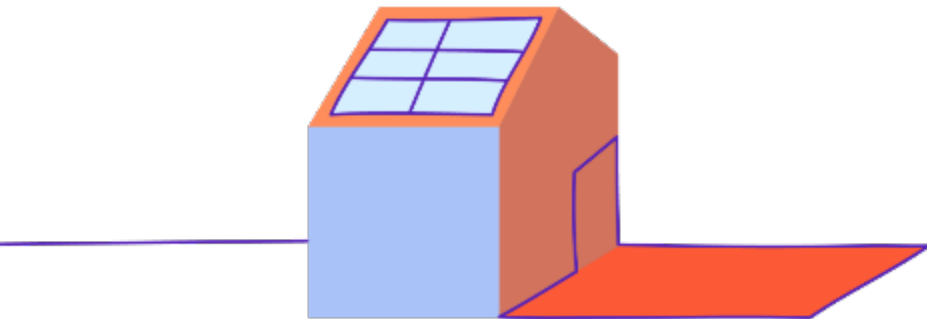
Mit PV

- PV-Erzeugung mit 900kWh/kWp abschätzen
- PV-Eigenverbrauch = 20%...40%
- PV-Eigenverbrauch x Bezugspreis → gespart
- PV-Einspeisung x PV-Einspeisevergütung → verdient
- Rest an Netzbezug x Bezugspreis → noch zu zahlen

Erweiterung Altanlage



Ausblick



Was sind die Trends, was sind mögliche Trends?

Diese Trends sind sicher

- 2022...2025 / Variable Stromtarife mit intelligenten Zählern (Stichwort Tibber)
- 2024 / Bidirektionales Laden

Diese Trends sind möglich

- 2026 / Wasserstoffspeicher als Saisonspeicher für Heizungen → bereits jetzt am Markt verfügbar seit 2019 (picea, hps)
- ...

