

Photovoltaik Praxisbericht

„Vom Verbraucher zum Produzenten“

„Strom vom eigenen Dach“, Weinheim, 26.09.2023, Ralf Schwind



1. Mein persönlicher PV Werdegang

- Historie meiner PV Anlagen
- Erträge/Rentabilität

2. Neuinvestition in 2023

- Anlagendesign
- Ziele & Wirtschaftlichkeit

3. Grundsätzliches zum Anlagendesign

- Stromverbrauch - Anlagengröße
- Dachfläche - Verschattung
- Anlagentechnik – Module/Wechselrichter/Speicher
- Rentabilität - Speicher
- Sektorenkopplung
- Empfehlung

4. Literatur/Infoquellen

Mein persönlicher PV Werdegang

Historie meiner PV Anlagen

Erträge/Rentabilität

Mein persönlicher PV Werdegang (Bilder & Anlageninfo)

2008
4,4 kWp



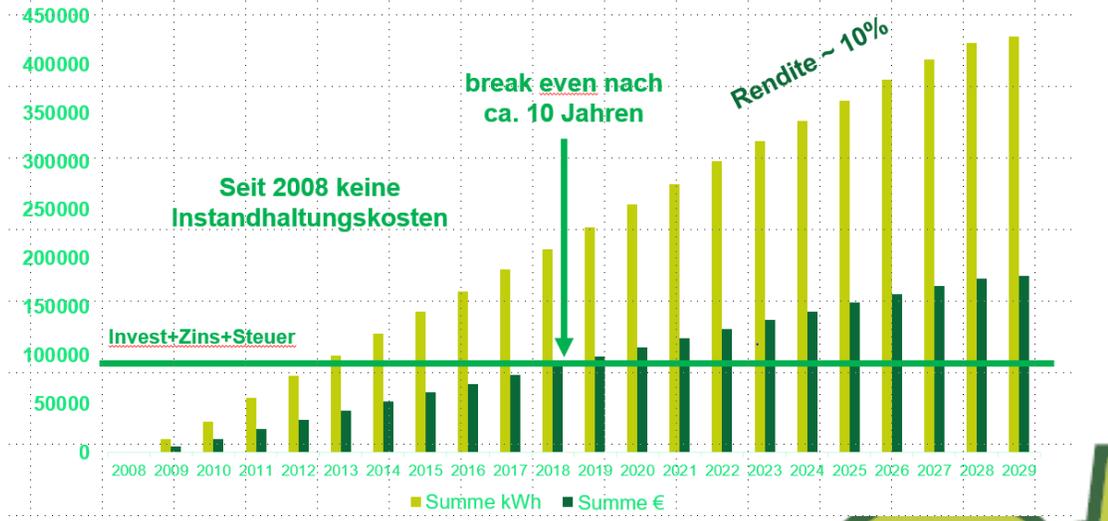
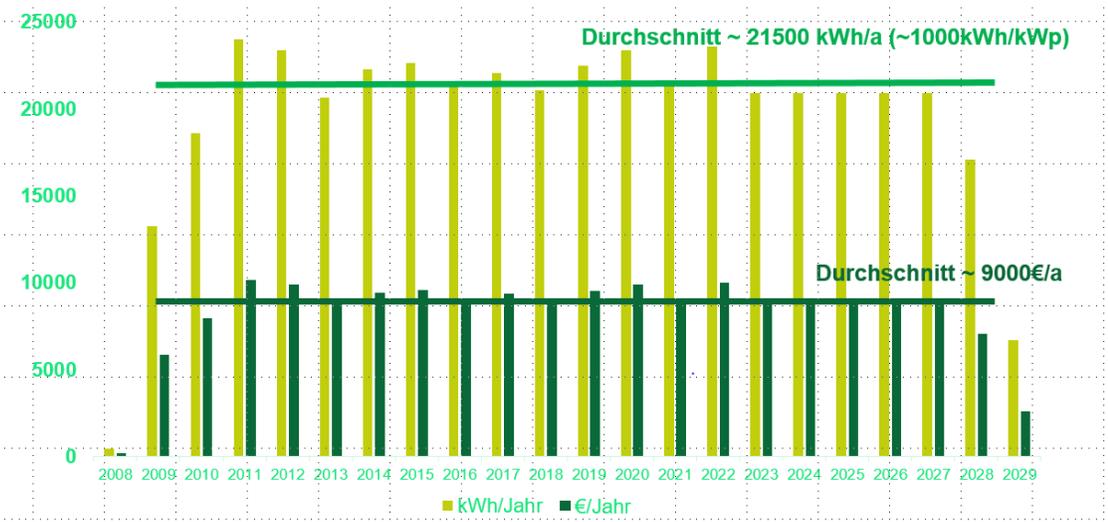
2009
2,2 kWp



2009
8,7 kWp



2010
6,3 kWp



Mein persönlicher PV Werdegang (Bilder & Anlageninfo)



- 2008: 4,4 kWp Volleinspeisung; Invest 20.000€;
Einspeisevergütung 46,75 Cent; Jahresertrag ca. 4200kWh (1960€)**
- 2009: 2,2 kWp Überschusseinspeisung; Invest 9.000€;
Einspeisevergütung 43,01 Cent; Jahresertrag ca. 2000 kWh (860€)**

Mein persönlicher PV Werdegang (Bilder und Anlageninfo)



2009: (Dach angemietet)

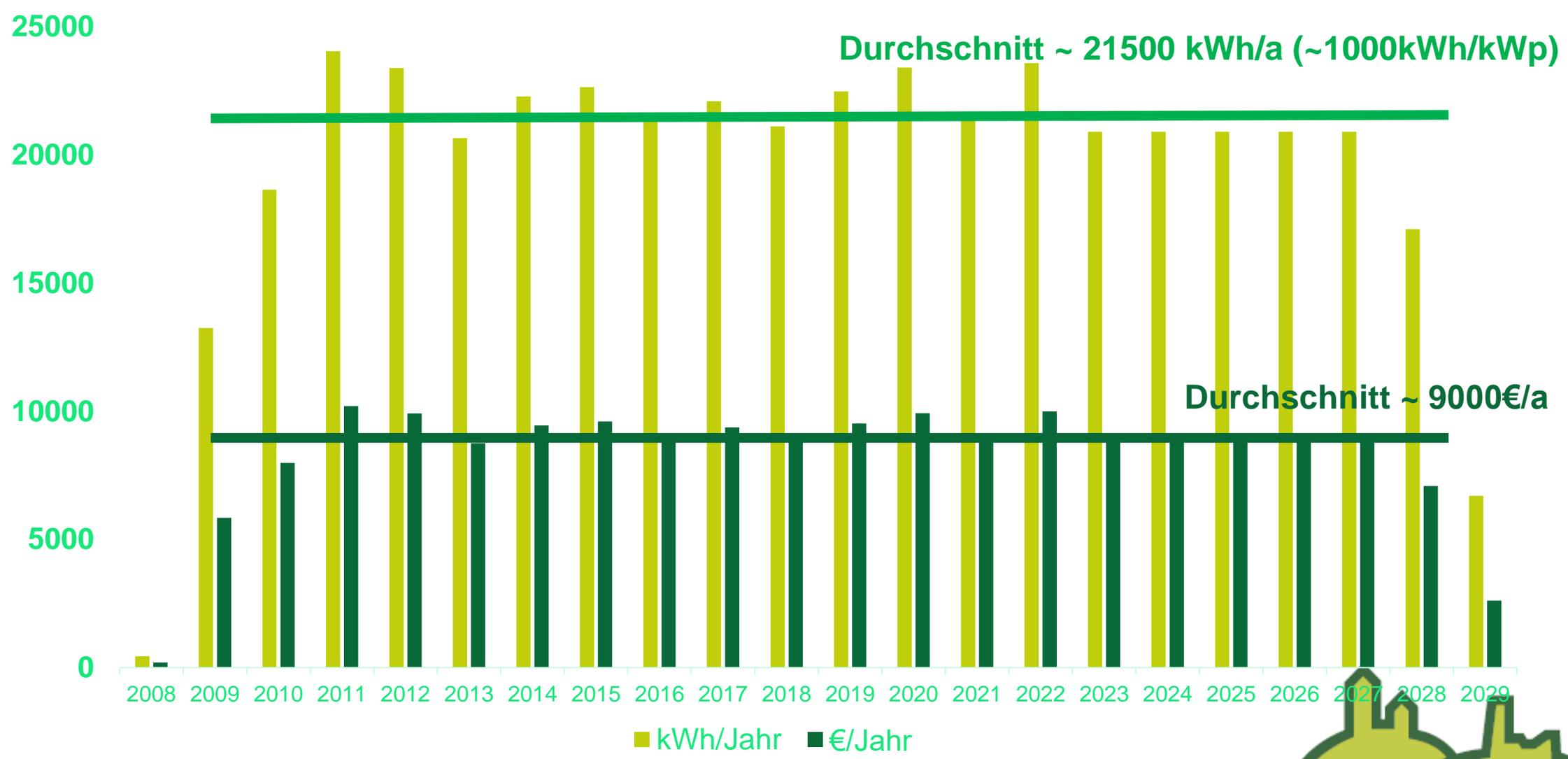
- 8,7 kWp Volleinspeisung; Invest 32.500€
- Einspeisevergütung 43,01 Cent
- Jahresertrag ca. 9000kWh (3850€)



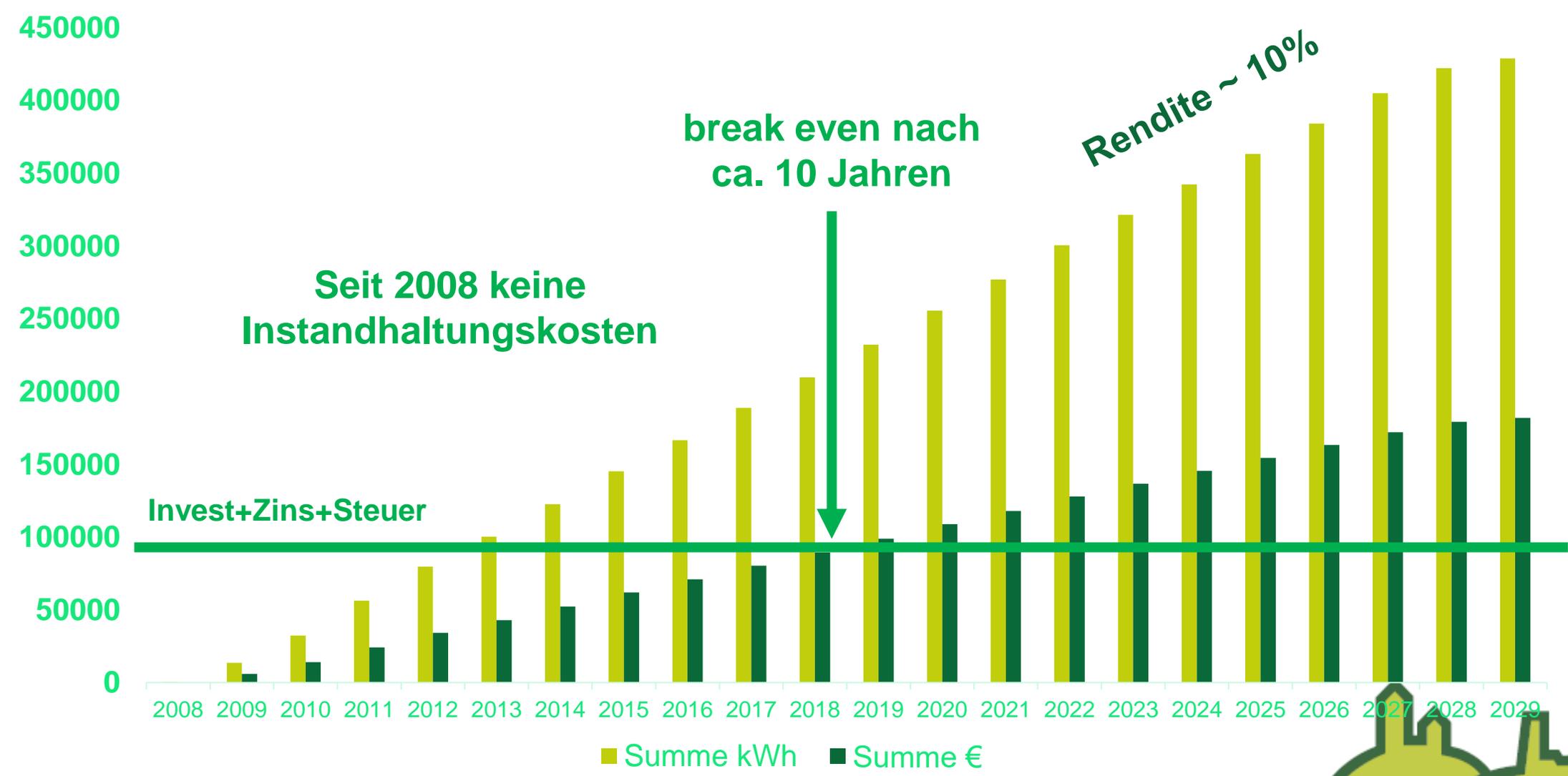
2010: (Dach angemietet)

- 6,3 kWp Volleinspeisung; Invest 21.500€
- Einspeisevergütung 39,14 Cent
- Jahresertrag ca. 6500kWh (2550€)

PV Jahreserträge - Summe aller Anlagen



PV Erträge kumuliert - alle Anlagen - idealisierte Darstellung



Neuinvestition in 2023

Anlagendesign

Ziele & Wirtschaftlichkeit

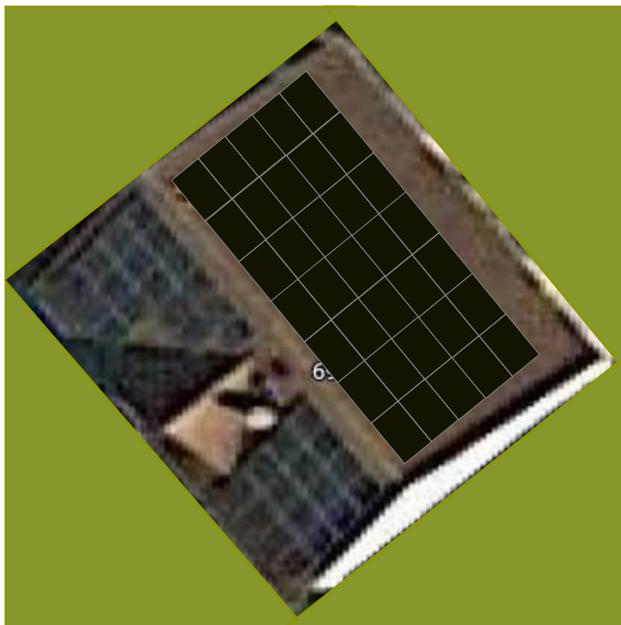
Neuinvestition in 2023



- 2020:** Erste Überlegungen zu PV auf Nordostdach, E-Auto und Umstieg von Gastherme auf Wärmepumpe.
- 12/21:** Neuanschaffung E-Auto
- 03/23:** Bestellung Wärmepumpe
- 04/23:** Bestellung PV-Anlage
- 05/23:** Installation Wärmepumpe
- 06/23:** Montage & Inbetriebnahme PV Anlage



Neuinvestition in 2023 - Anlagendesign



- Leistung 14,2 kWp; Batteriespeicher 12,8 kWh; Ertrag 9500 kWh/Jahr
- Hybridwechselrichter 10kW (mit Not-/Ersatzstromfunktion)
- Intelligente Wallbox (PV-Überschussladen)
- SmartGrid Verbindung WR/WP zur Warmwasserbereitung PV-Ü
- Umstellung der 6,6 kWp Bestandsanlage auf Überschusseinspeisung (Mitnutzung für Beladung des Batteriespeichers)
- Umstellung auf dynamischen Stromtarif (Börsenpreis) zur Unterstützung der Verhaltensänderung hin zu angebotsorientiertem Stromverbrauch



Neuinvestition in 2023



2020: Erste Überlegungen zu PV auf Nordostdach, E-Auto und Umstieg von Gastherme auf Wärmepumpe.

12/21: Neuanschaffung E-Auto

03/23: Bestellung Wärmepumpe

04/23: Bestellung PV-Anlage

05/23: Installation Wärmepumpe

06/23: Montage & Inbetriebnahme PV Anlage

Anlagenleistung 14,2 kWp



Neuinvestition in 2023 - Ziele & Wirtschaftlichkeit

Ziele:	- Autarkie	> 90% März - Oktober (> 70% Jahressicht)	
	- PV-Eigenverbrauchsanteil	> 60% (~ 5500kWh von 9500kWh pro Jahr)	
	- Laufende Kosten Strombezug	< 100€/Monat	
Invest:	- ohne Speicher ~ 17.500€ (inkl. 80h / 4000€ Eigenleistung); mit Speicher +7000€		
	- Einspeisevergütung ~ 7,9 Cent; Stromkosten 40 Cent/kWh (Mittelwert 20 Jahre)		
	- erwarteter Jahresertrag ~ 9500 kWh (lt. PV-GIS)		
Wirtschaftlichkeit: mit (ohne) Speicher			
	- 5500 kWh (2500 kWh) Eigenverbrauch pro Jahr entspricht	~ 1770€ (800€)	Rendite ~ 8,5% (7,7%) ROI ~ 12 Jahre
	- 4000 kWh (7000 kWh) Überschusseinspeisung entspricht	~ 320€ (550€)	
	Ertrag pro Jahr	~ 2090€/a (1350€/a)	
Zielerreichung: (Jul – Sept 2023)	- Autarkie	~ 80%	Ziele erreichbar
	- % - Eigenverbrauch	~ 40%	
	- Kosten Strombezug	~ 60€/Monat	

Neuinvestition in 2023 - Ziele & Wirtschaftlichkeit

- Ziele:**
- Autarkie > 90% März - Oktober (> 70% Jahressicht)
 - PV-Eigenverbrauchsanteil > 60% (von 9500kWh pro Jahr)
 - Laufende Kosten Strombezug < 100€/Monat

Verbrauchs- annahmen:		Stromverbrauch pro Jahr	Eigenverbrauch (ohne Speicher)
	Haushalt	~ 4500 kWh	~ 3000 kWh (1500 kWh)
	Wärmepumpe	~ 2500 kWh	~ 1250 kWh (500 kWh)
	E-Auto	~ 2000 kWh	~ 1250 kWh (500 kWh)
	Gesamt	~ 9000 kWh	~ 5500 kWh (2500 kWh)

- Invest:**
- ohne Speicher ~ 17.500€ (inkl. 80h / 4000€ Eigenleistung); mit Speicher +7000€
 - Einspeisevergütung ~ 7,9 Cent; Stromkosten 40 Cent/kWh (Mittelwert 20 Jahre)
 - erwarteter Jahresertrag ~ 9500 kWh (lt. PV-GIS)

Neuinvestition in 2023 - Ziele & Wirtschaftlichkeit

Verbrauchs- annahmen:		Stromverbrauch pro Jahr	Eigenverbrauch (ohne Speicher)
	Haushalt	~ 4500 kWh	~ 3000 kWh (1500 kWh)
	Wärmepumpe	~ 2500 kWh	~ 1250 kWh (500 kWh)
	E-Auto	~ 2000 kWh	~ 1250 kWh (500 kWh)
	Gesamt	~ 9000 kWh	~ 5500 kWh (2500 kWh)

Wirtschaftlichkeit: mit (ohne) Speicher

- 5500 kWh (2500 kWh) Eigenverbrauch pro Jahr entspricht ~ 1770€ (800€)
 - 4000 kWh (7000 kWh) Überschusseinspeisung entspricht ~ 320€ (550€)
- Ertrag pro Jahr ~ 2090€/a (1350€/a)**

Mehrertrag Speicher ~ 740€/a

Rendite ist bei > 5000 Vollzyklen Lebensdauer (~ 20 Jahre) deutlich gegeben

**Rendite ~ 8,5%
ROI ~ 12 Jahre**

Neuinvestition in 2023 - Zielerreichung (Stand 16.09.2023)

	2023			
	Juli	August	September 01-20.09.	Summen
PV-Ertrag	1633	1777	1128	4538
Netzbezug	77	185	107	369
Einspeisung	985	1052	677	2714
Batterieladung	308	368	221	897
Batterieentladung	278	337	202	817
Wirkungsgrad Batterie	90,3%	91,6%	91,4%	91,1%
Eigenverbrauch PV	340	357	230	927
Eigenverbrauch Batterie	278	337	202	817
Summe Verbrauch	695	879	539	2113
Autarkiequote	88,9%	79,0%	80,1%	82,5%
Eigenverbrauchsanteil	39,7%	40,8%	40,0%	40,2%
Strombezugskosten	31 €	74 €	37 €	148 €
E-Auto Laden Netzbezug	50	125	60	235
Netzbezug korrigiert	27	60	47	134
Autarkiequote korrigiert	96,1%	93,2%	91,3%	93,7%
Eigenverbrauchsanteil	42,7%	47,8%	45,3%	45,4%
Strombezugskosten	11 €	24 €	19 €	18 €
Anzahl Vollzyklen	24	29	18	71

Ziele:

- **Autarkie** > 90% März - Oktober
> 70% Jahressicht
- **% - Eigenverbrauch** > 60%
- **Kosten Strombezug** < 100€/Monat

Laden tagsüber z.Zt. nur am Wochenende möglich.
Batterie E-Auto zu klein.

- Zielwerte z.Zt. nur teilweise erreicht
- Perspektivisch sind die Ziele erreichbar



Grundsätzliches zum Anlagendesign

Stromverbrauch - Anlagengröße

Anlagengröße - Dachfläche/Verschattung

Anlagentechnik - Module/Wechselrichter/Speicher

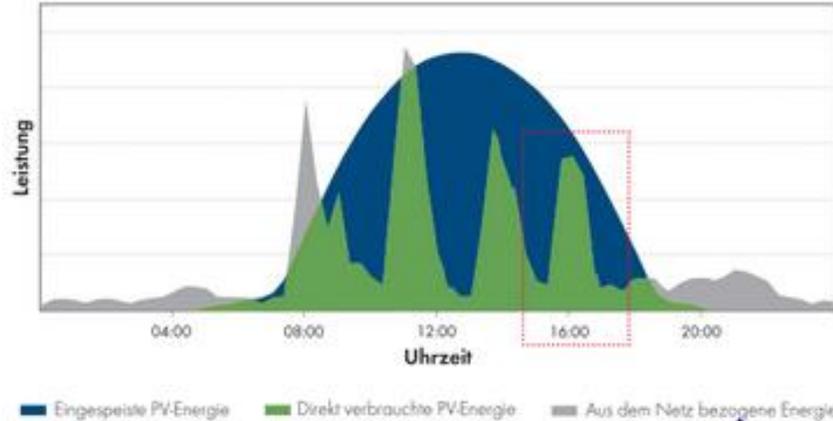
Rentabilität - Speicher

Sektorenkopplung/Energiemanagementsysteme

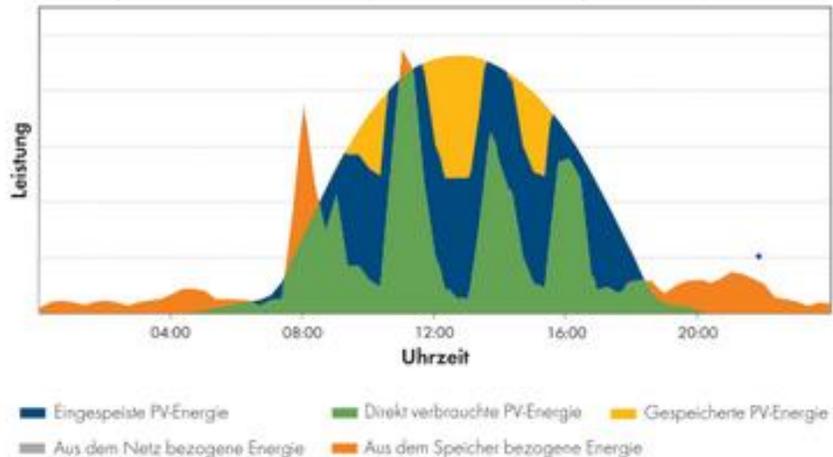
Empfehlung

Anlagendesign - Stromverbrauch als maßgebliche Eingangsgröße

Lastprofil Haushalt



Lastprofil Haushalt (mit Batteriespeicher)



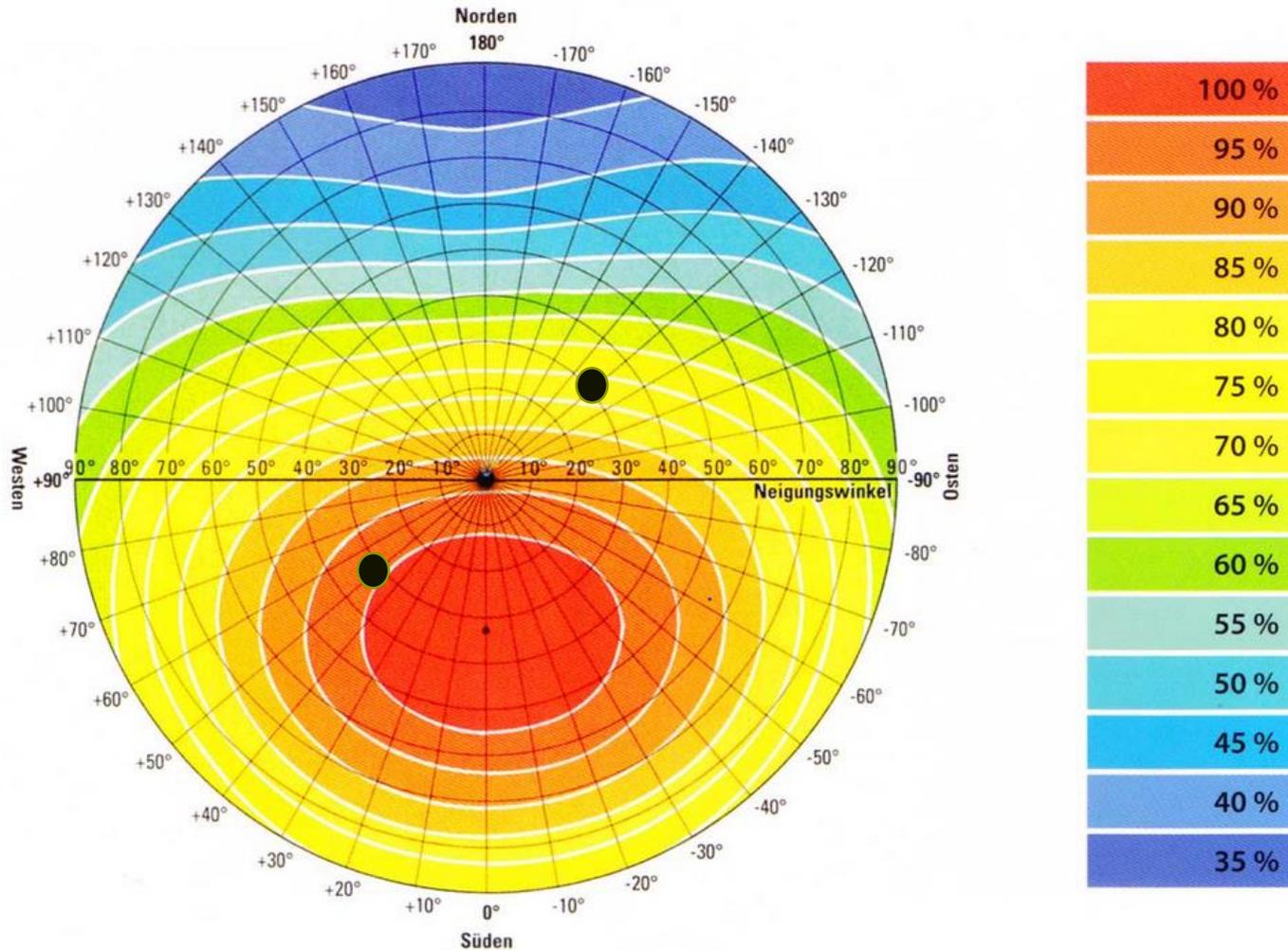
Wie sieht mein aktuelles und künftiges Lastprofil aus?
Wann kommen weitere Verbraucher hinzu?

- Anlagengröße
- Einspeiseart (Voll-, Überschusseinspeisung, Mischbetrieb)
- Batteriespeicher Ja/Nein

Batteriespeicher:

- füllt tagsüber Lücken in der PV-Erzeugung; verhindert Netzeinspeisung, Eigenverbrauch kann unabhängig von aktueller PV-Erzeugung stattfinden; speichert Energie für die Nacht
- Voraussetzung für Ersatzstromfähigkeit
- Lade-/Entladeleistung beachten
- Lastprofil muss passen oder passend gemacht werden können
- Zusätzliche Kosten

Anlagendesign - Dachausrichtung / -neigung



- Flächenbedarf ~ 5m² pro kWp
- Dachflächen mit gleicher Ausrichtung/
Neigung pro String zusammenfassen
- Nutzung unterschiedlicher Dachflächen →
bessere Ertragsverteilung im Tagesverlauf
- Verschattung vermeiden & reduzieren
- Im Bedarfsfall Moduloptimierer einsetzen



Anlagendesign - Ertragsprognose

European Commission > EU Science Hub > PVGIS > Interactive tools

Home Tools Downloads Documentation Contact us

Cursor: Selected: 49.546, 8.671
Elevation (m): 147
PVGIS ver: 5.2

Use terrain shadows: Calculated horizon Upload horizon file
Durchsuchen... Keine Datei ausgewählt.

GRID CONNECTED

PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV

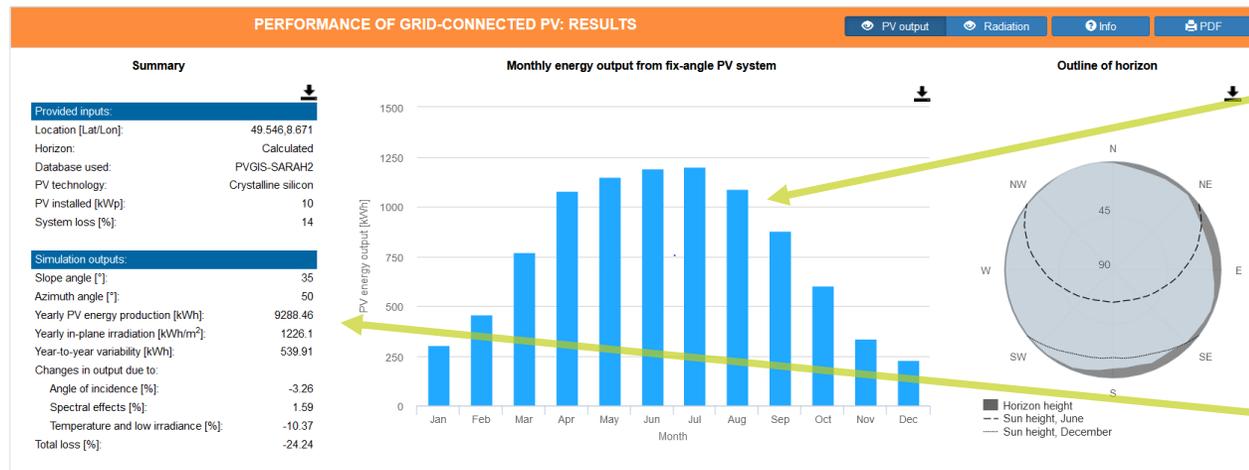
TRACKING PV: Solar radiation database* PVGIS-SARAH2
OFF-GRID: PV technology* Crystalline silicon
Installed peak PV power [kWp]* 10
System loss [%]*

Fixed mounting options
Mounting position* Roof added / Building integrated
Slope [°] 35 Optimize slope
Azimuth [°] 50 Optimize slope and azimuth
 PV electricity price
PV system cost (your currency)
Interest [%/year]
Lifetime [years]

Address: Eg. Ispra, Italy Lat/Lon: Eg. 45.81°

PV-Gis:

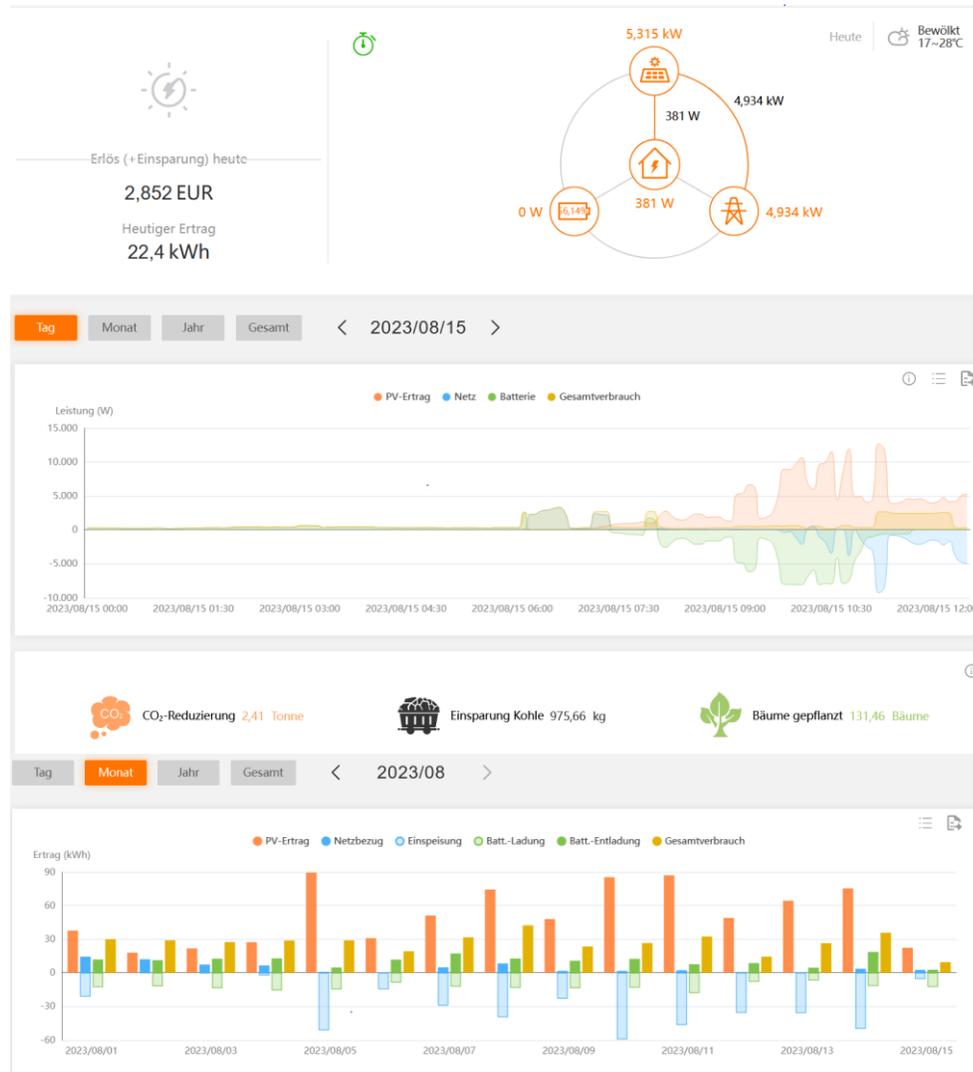
- frei verfügbares Tool
- PV-Ertragsprognose auf Basis
 - Standort
 - Installierte Leistung
 - Dachausrichtung
 - Dachneigung
 - ohne Verschattung



Ertragsverteilung auf Monatsebene

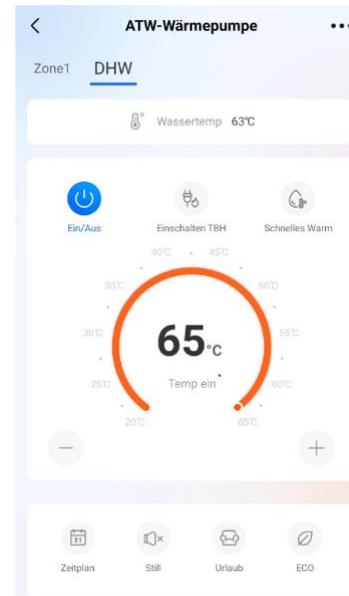
Jahresgesamtertrag

Visualisierung - Sektorenkopplung



Sektorenkopplung ist heute nur eingeschränkt möglich, da die Systeme größtenteils proprietär ausgelegt sind. Die Kommunikationsschnittstellen zur Einbindung von Fremdsystemen sind unzureichend.

Aber: Durch bereits digitalisiert vorhandene Daten wird das in Zukunft (per Software) lösbar sein.



Preise - Preisvergleich - Preisplausibilität



Photovoltaik4all- Komplettanlagen

10 kWp Meyer Burger PV-Anlage mit K2...

★★★★★

27 Module (3 Reihen á 10 Module vertikal)
Meyer Burger Black 375, SMA Tripower 10.0
Wechselrichter und K2 Systems
Einlegemontagesystem (ohne

Inhalt 1 Stück
12.523,50 € *

 Vergleichen  Marken

Nicht auf Lager



SMA Sunny Tripower 10.0 - STP10.0-3AV-40

SMA Sunny Tripower 10.0 STP10.0-3AV-40,
3-phasige Einspeisung, integriertes
Schattenmanagement SMA ShadeFix, zum
günstigen Preis kaufen 2 MPP Trackern,

Inhalt 1 Stück
2.049,58 € *

 Vergleichen  Marken

Nicht auf Lager

Im Netz finden sich zahlreiche Anbieter, die einen Preisvergleich auf Komponentenebene ermöglichen.

- Um Angebote mit Einzel- / Gewerkepreisen bitten
- Undifferenzierte Pauschalangebote ablehnen (i.d.R. zu teuer)
- Arbeitsleistung mit Angabe des Stundenlohnes und des voraussichtlichen Stundenvolumens
- Preisdifferenzen zum Internet erklären lassen

Aber: Ein Gesamtpreis als Summe der günstigsten Einzelpreise ist nicht zwangsläufig das beste Angebot

SMA Sunny Tripower 10.0 Smart Energy -...

SMA Smart Energy 10.0 (STP10.0-3SE-40),
3-ph Hybrid Wechselrichter, integrierte
Ersatzstromfunktion, max. PV-Leistung: 15,0
kWp, AC: 10 kW, 2 MPP Trackern, integriertes

Inhalt 1 Stück
2.690,00 € * ~~2.921,47 € *~~

Auf Lager



Persönliche Empfehlungen

Mindestrendite > 5% anstreben
bei Eigenkapitaleinsatz



- Anlage so groß wie möglich bauen aber < 30kWp wegen Mehrwertsteuer-/Einkommenssteuerbefreiung
- Vorherige Dachsanierung/Dämmung mit betrachten (Nutzungsdauer PV > 20 Jahre)
- Module/WR/Speicher großer Hersteller bevorzugen - automatisierte Produktion; Qualität
- Speichernachrüstbarkeit vorsehen (Hybrid-Wechselrichter; DC-Kopplung); Größe an Verbrauch anpassen
- Nutzerfreundlichkeit des Systems – App mit real-time Daten, Auswertemöglichkeiten, Schnittstellen, ...
- Testberichte, Erfahrungsberichte, Internetforen, Youtube, ... Selbst recherchieren und informieren
- Unabhängige Beratungsleistung nutzen (Kliba). Nachbarn/Kollegen/Bekannte fragen
- Auf Einhaltung Arbeitssicherheit achten (Bauherr haftet potenziell mit)



Grundsätzliches zum Anlagendesign - Rentabilität

Beispielrechnung - Anlage 10kWp; Jahresertrag ~ 9000kWh; Invest 17.000€

Volleinspeisung:

- Einspeisevergütung 13 Cent/kWh (13 Cent bis 10kWp, darüber 10,9 Cent)
- **Jahresertrag 1170€ → Rendite ~ 6,8%**

Überschusseinspeisung: (Eigenverbrauch 1500kWh; Netzbezugspreis 40 Cent)

- Einspeisevergütung 8,2 Cent/kWh (8,2 Cent bis 10kWp, darüber 7,1 Cent)
- **Jahresertrag 1100€** (480€ Eigenverbrauch + 620€ Überschusseinspeisung)

Mischbetrieb: (je 5kWp Voll-/Überschusseinspeisung; Eigenverbrauch 1000 kWh)

- Jahresertrag Überschusseinspeisung 610€ (320€ + 290€) – Voll-Einspeisung 590€
- **Jahresertrag 1200€**

Beispielrechnung:
Höhe Eigenverbrauch
entscheidet über
Rentabilität und Wahl
der Einspeiseart

Grundsätzliches zum Anlagendesign - Rentabilität Speicher

Beispielrechnung - Anlage 10kWp; Speicher 10kWh

Jahresertrag ~ 9000kWh; Invest PV 17.000€; Invest Speicher 6000€

Überschusseinspeisung: (Eigenverbrauch 1500kWh; Netzbezugspreis 40 Cent)

- Einspeisevergütung 8,2 Cent/kWh
- **Jahresertrag 1100€** (480€ Eigenverbrauch + 620€ Überschusseinspeisung)
- Rendite ~ 6,5%

Überschusseinspeisung mit Speicher: (Eigenverbrauch 3000kWh)

- Einspeisevergütung 8,2 Cent/kWh
- **Jahresertrag 1450€** (960€ Eigenverbrauch + 490€ Überschusseinspeisung)

→ Mehrertrag durch Speicher 350€/Jahr

→ Rendite Speicher bei ~5,5% (Gesamtanlage 6,5%)

Beispielrechnung:
Höhe Eigenverbrauch
entscheidet über
Rentabilität Speicher



Literatur Infoquellen

Literatur/Infoquellen



PV-Check KliBa

KliBa/KEA Infoseiten

PVGis – Tool zur Ertragsberechnung/-Prognose

dgs-franken.de

<https://www.ratgeber-verbraucherzentrale.de/energie-umwelt/ratgeber-photovoltaik-46009207>

LUBW – Landesanstalt für Umwelt BW

Youtube Kanäle (z.B. gewaltignachhaltig)

Bücher – „Photovoltaik für Einsteiger“ ISBN: 978-3-517-30331-4

Danke für ihre Aufmerksamkeit!