



PHOTOVOLTAIK FÜR EINSTEIGER:INNEN

Dipl.-Ing. (FH) Ingo FALK, Agenda21-Projektgruppe Energie

Photovoltaik für Einsteiger:innen

VORTRAGSINHALT

- Wer ist die Agenda21-Projektgruppe Energie?
- Strom aus der Sonne - wie funktioniert das?
- Welche Komponenten hat eine Photovoltaik-Anlage?
- Was verbirgt sich hinter den gebräuchlichsten Begriffen der Fachleute?
- Was sind die häufigsten Irrtümer in Bezug auf Solarstrom?
- Wann ist eine Photovoltaik-Anlage wirtschaftlich?
- Was ist der Rebound-Effekt bei Photovoltaik-Anlagen?
- Was besagt die Solardachpflicht in Baden-Württemberg?
- Welche Regularien sind bei Inbetriebnahme zu beachten?

Photovoltaik für Einsteiger:innen

TEAM DER AGENDA21-PROJEKTGRUPPE ENERGIE



Dipl.-Ing.
Architektin
Ursula E. Müller



Staatl. gepr.
Technikerin
Carolina Kreuz



M.Eng.
Martin Bretz



Dipl.-Ing.
Mathias Muschal



Dipl.-Ing. (FH)
Ingo Falk



Agenda21-Projektgruppe Energie

Schwabentorring 2

79098 Freiburg

info@projektgruppe-energie.de www.projektgruppe-energie.de

TEAM DER AGENDA21-PROJEKTGRUPPE ENERGIE

Wer ist die Projektgruppe Energie?

- Hervorgegangen aus einem Freiburger Energie-Aktionstag (2009)
- Ursprünglich an das Agenda21-Büro Freiburg angegliedert
- Seit Auflösung des Büros eigenständige Projektgruppe (ca. 2018)
- Neben der Energiesparberatung vor Ort bilden Öffentlichkeitsarbeit und der Wissenstransfer einen Schwerpunkt der Tätigkeit
- Zielrichtung: einfach umzusetzende Anregungen zum Energiesparen
- Hauptbetätigungsfeld: Energieberatung der Verbraucherzentralen

Photovoltaik für Einsteiger:innen

STROM AUS DER SONNE – SO FUNKTIONIERT‘S



© Ingo FALK

Agenda 21



Agenda 21
Projektgruppe Energie

Schwabentorring 2
79098 Freiburg
Internet: www.projektgruppe-energie.de

Telefon: 0761 / 76 78 51-2
Fax: 0761 / 76 78 51-3
E-Mail: info@projektgruppe-energie.de

Photovoltaik für Einsteiger:innen

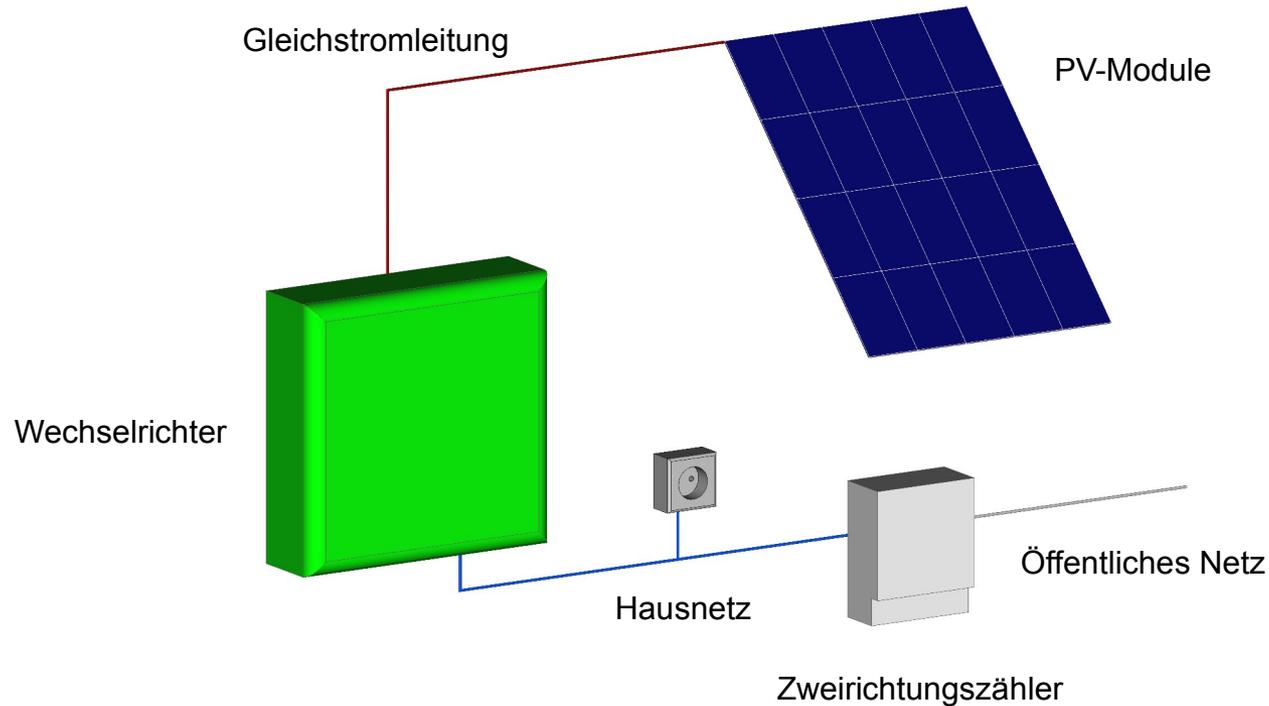
STROM AUS DER SONNE – SO FUNKTIONIERT‘S

Eine Photovoltaik- kurz PV-Anlage besteht aus:

- Stromerzeugung im Solargenerator (Solarmodul)
- Umwandlung in Wechselstrom
- Eigenverbrauch im Hausnetz
- Einspeisung des Überschusses ins öffentliche Stromnetz
- Ggf. Speicherung im Stromspeicher

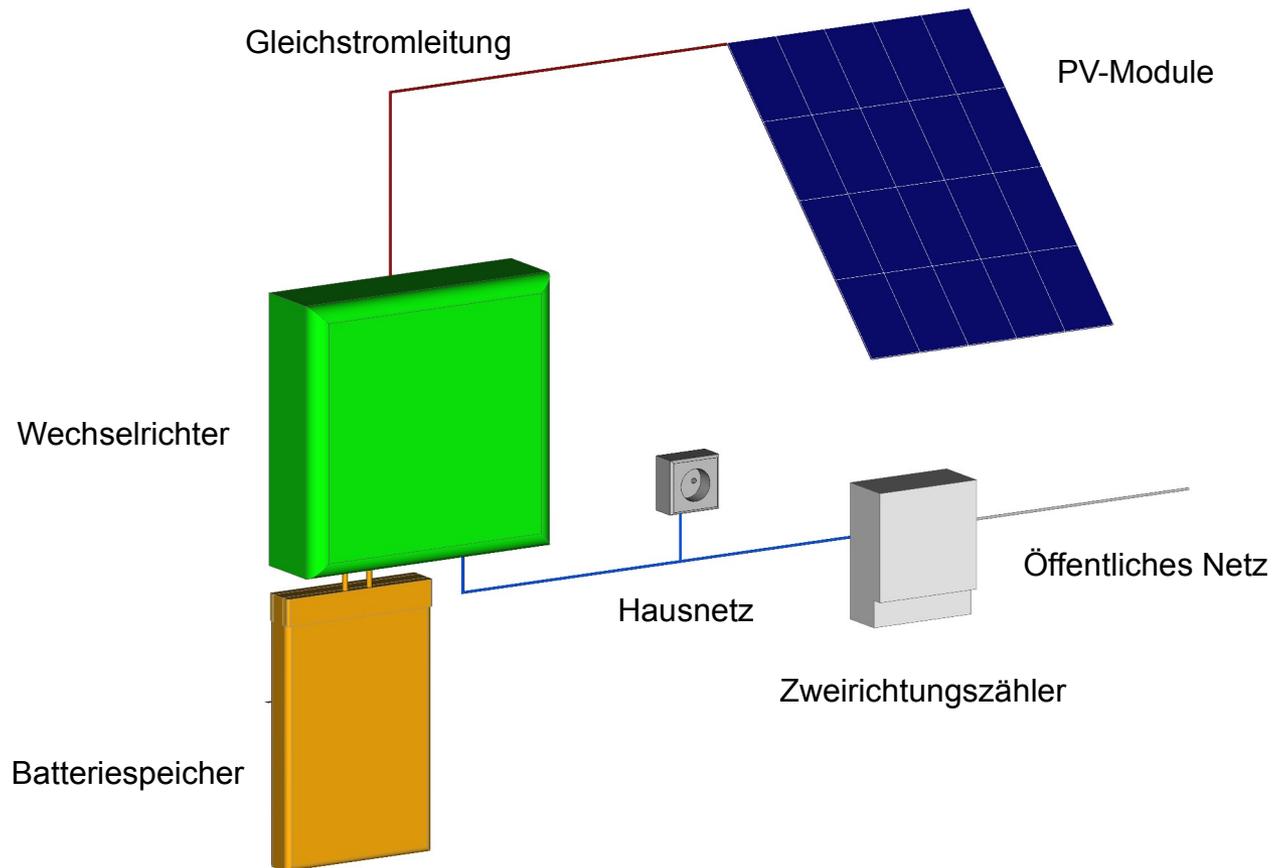
Photovoltaik für Einsteiger:innen

STROM AUS DER SONNE – SO FUNKTIONIERT‘S



Photovoltaik für Einsteiger:innen

STROM AUS DER SONNE – SO FUNKTIONIERT‘S



Photovoltaik für Einsteiger:innen

KOMPONENTEN EINER PV-ANLAGE

Solarmodule

Kristallines Silizium:

- Monokristalline Solarzellen
 - einkristalline Siliziumscheiben („Wafer“)
 - Herstellung im Schmelzverfahren + nachfolgendes Zersägen (teuer)
- Polykristalline Solarzellen
 - Scheiben mit unterschiedlicher Kristallorientierung
 - Herstellung im Gießverfahren (preiswert)

Amorphes Silizium:

- Dünnschicht-Solarzellen
 - dünne, nichtkristalline Siliziumschicht
 - Herstellung durch Aufdampfen
 - geringerer Wirkungsgrad
 - gute Eignung für Streulicht

KOMPONENTEN EINER PV-ANLAGE

Solarwechselrichter

- Eingang: meistens ein bis drei Gleichstromkreise („Stränge“) anschließbar.
- Ausgang: Einphasen-Wechselstrom oder Dreiphasen-Wechselstrom („Drehstrom“)
- Einrichtung zur Netzüberwachung (ENS) schaltet bei Netztrennung sofort ab.
- Reduktion der eingespeisten Wirkleistung, falls nötig (Neuanlagen erst über 25 kWp).
- Möglichkeiten zur Fernauslese und -überwachung der Erzeugungsdaten.



© Ingo FALK

Photovoltaik für Einsteiger:innen

KOMPONENTEN EINER PV-ANLAGE

Stromzähler

- Erfassung der eingespeisten Strommengen für die Vergütung.
- Häufig als Zweirichtungszähler ausgeführt („Überschusseinspeisung“).
- Ggf. zusätzlich Erzeugungszähler erforderlich (je nach Messkonzept).



© Ingo FALK

Photovoltaik für Einsteiger:innen

KOMPONENTEN EINER PV-ANLAGE

Batteriespeicher

- Speichert erzeugten Strom, der nicht direkt verbraucht wird.
- Erhöht den Autarkiegrad des Haushalts.
- Die Kapazität wird in kWh bemessen.
- Dimensionierung: nach VERBRAUCH (Nicht nach Größe der PV-Anlage!)
→ Faustformel:
$$\text{Jahresverbrauch} * 1,5 / 1.000$$
- Energie- und Speichermanagement erforderlich, damit
→ kein Strom aus dem Speicher ins Netz abfließt.
→ der Speicher nicht mit Strom aus dem Netz geladen wird.



© Ingo FALK

Photovoltaik für Einsteiger:innen

BEGRIFFE DER FACHLEUTE

Ein paar typische Begriffe

- 1 kWp (Kilowatt peak)
≈ 5 m² Fläche (200 Wp/m²)
≈ 800 bis 1.100 kWh pro Jahr
- Solarmodul: besteht aus Solarzellen, ca. 300 bis 400 Wp (Standardgröße ca. 1,8 m x 1,0 m).
- Wechselrichter: wandelt Gleichstrom in Wechselstrom.
- Stromspeicher:
Akku für Solarstrom
(Typisch: 1 bis 10 kWh Kapazität).



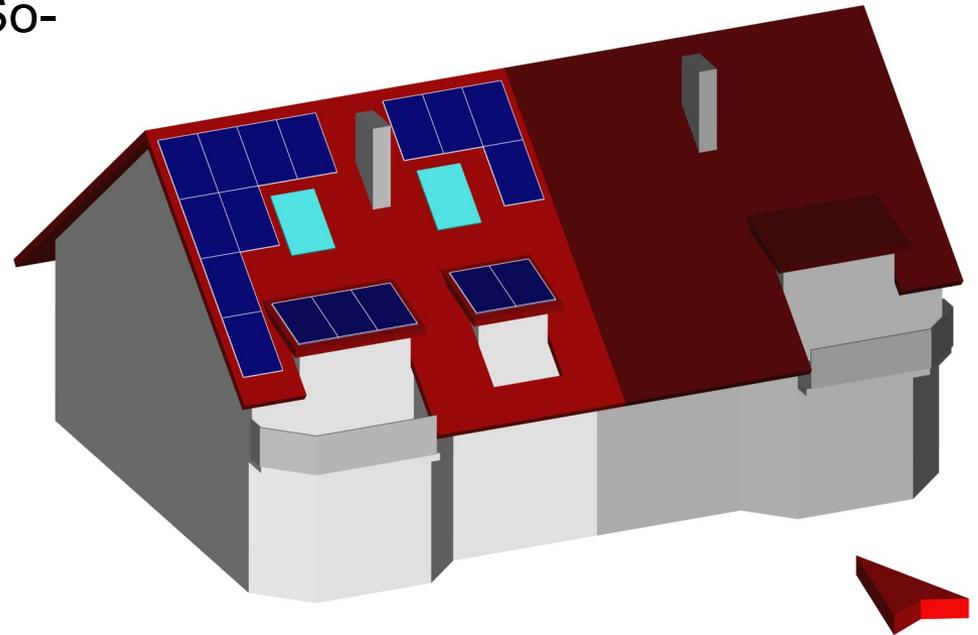
© Ingo FALK

Photovoltaik für Einsteiger:innen

BEGRIFFE DER FACHLEUTE

Weitere typische Begriffe

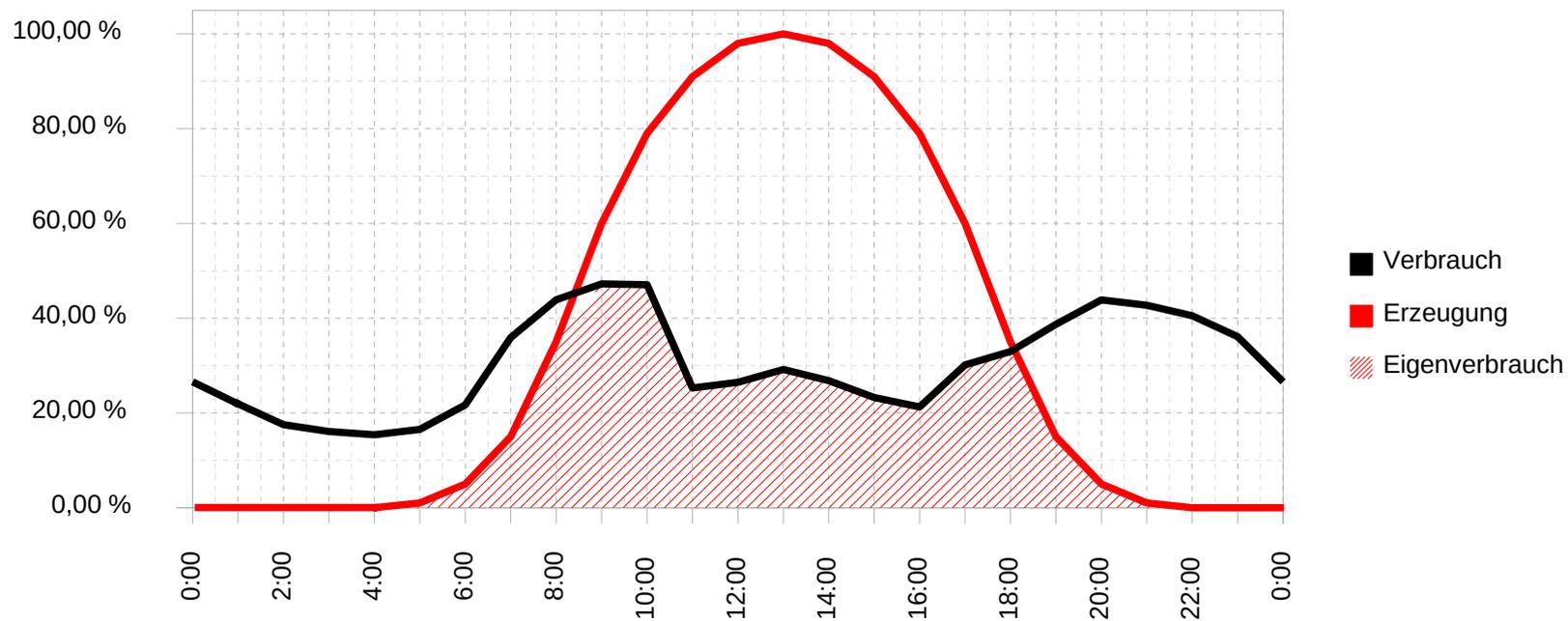
- Eigenverbrauch = Anteil des Solarstroms, der selbst verbraucht wird.
- Autarkiegrad = Anteil des eigenen Strombedarfs, der solar gedeckt wird.
- Typischer Strombedarf im Haushalt:
< 1.000 bis > 6.000 kWh pro Jahr.



© Ingo FALK

Photovoltaik für Einsteiger:innen

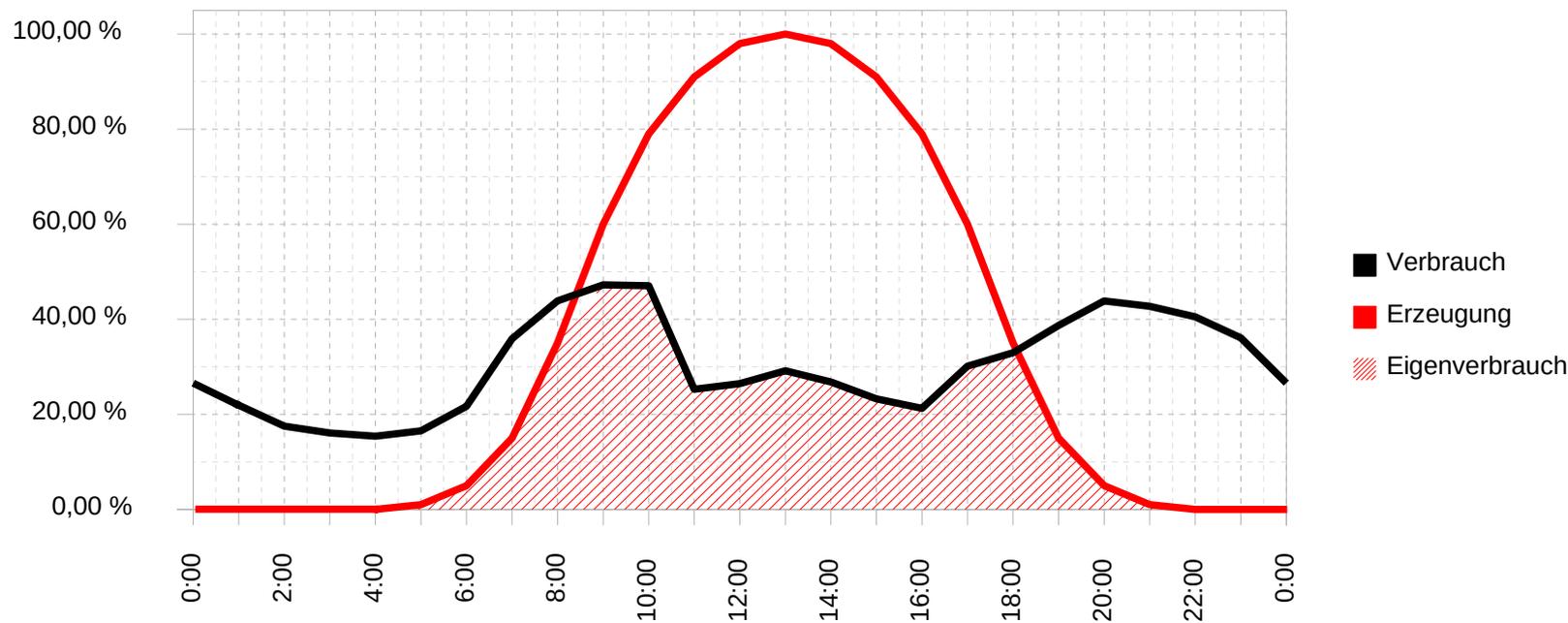
EIGENVERBRAUCH UND AUTARKIEGRAD



Photovoltaik für Einsteiger:innen

EIGENVERBRAUCH UND AUTARKIEGRAD

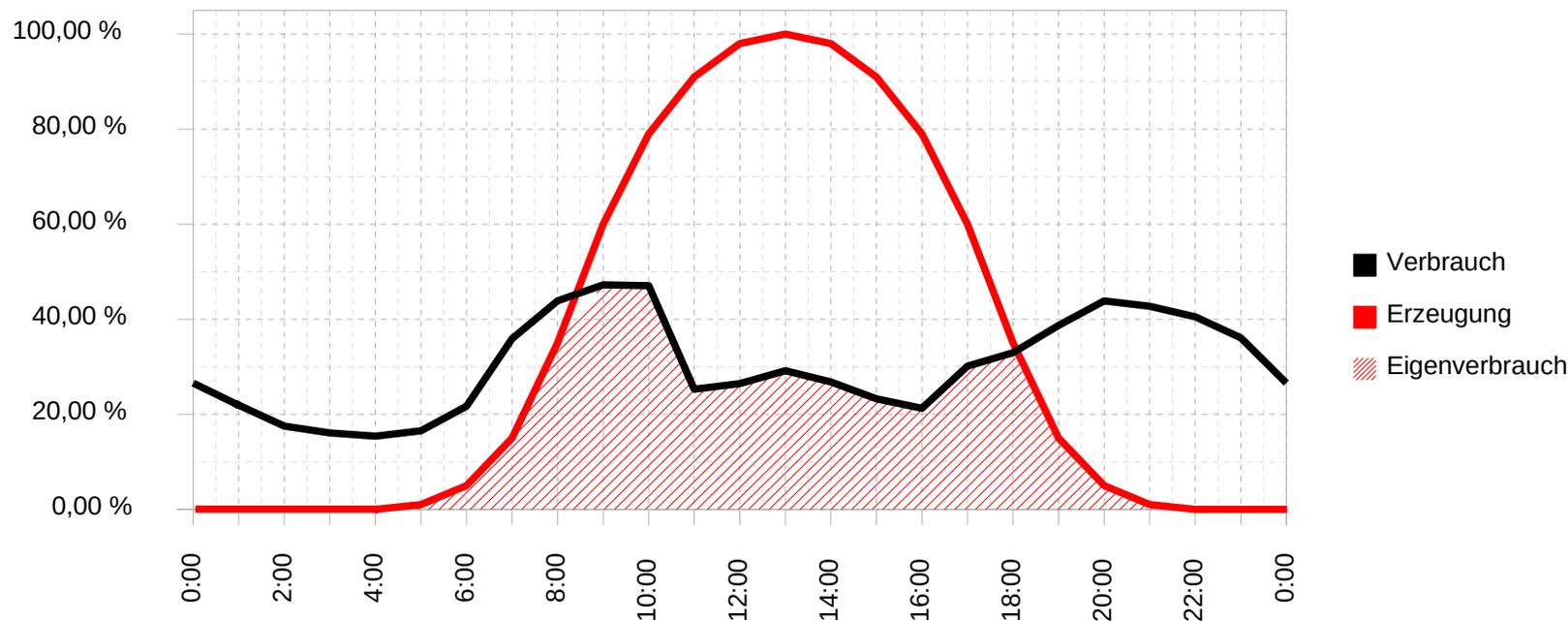
Eigenverbrauchsanteil = $\text{Eigenverbrauch} : \text{PV-Ertrag}$



Photovoltaik für Einsteiger:innen

EIGENVERBRAUCH UND AUTARKIEGRAD

Autarkiegrad = Eigenverbrauch : Stromverbrauch



HÄUFIGE IRRTÜMER

Irrtum 1:

- „Photovoltaik lohnt sich wirtschaftlich nicht (mehr).“

Tatsache:

- Die gesetzliche Einspeise-Vergütung, die ab Inbetriebnahme konstant über 20 Jahre gezahlt wird, hatte durch systematische Absenkung zuletzt ein Niveau erreicht, bei dem voll einspeisende Anlagen nicht mehr innerhalb dieser Dauer refinanzierbar waren.
- Der Preis für den Strombezug aus dem Netz ist gerade in jüngster Zeit jedoch stark angestiegen. Ein Rückgang auf das Niveau vor 2022 ist nicht zu erwarten.

HÄUFIGE IRRTÜMER

Wann lohnt sich eine PV-Anlage wirtschaftlich?

- A Wenn sie über ihre Lebensdauer mehr Geld erwirtschaftet, als sie gekostet hat.
- Die Lebensdauer ist i.d.R. weit aus länger als die Dauer der gesetzlichen Einspeisevergütung (20 Jahre). Viele Anlagen, die heute 35 Jahre oder älter sind, arbeiten weiterhin tadellos.
 - Neben der gesetzlichen Vergütung sorgt vor allem der selbst genutzte Strom für Einnahmen, aber auch die Einspeisung kann in Zukunft wieder lukrativ werden.
- B Wenn sie bei der Erfüllung gesetzlicher Auflagen die kostengünstigste Lösung darstellt.
- In Baden-Württemberg kann durch eine PV-Anlage z.B. das Erneuerbare-Wärme-Gesetz (EWärmeG) beim Heizkesseltausch erfüllt werden.

HÄUFIGE IRRTÜMER

Irrtum 2:

- „Eine PV-Anlage muss immer nach Süden ausgerichtet sein.“

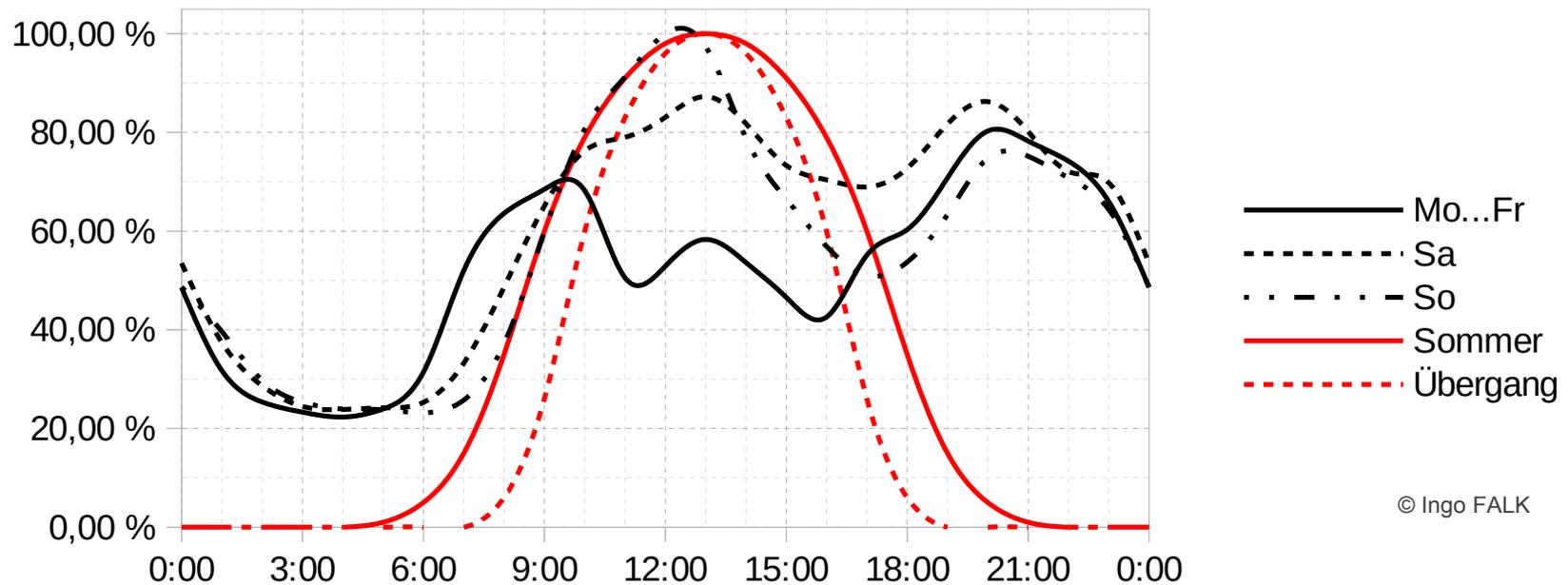
Wahrheit:

- Der PV-Ertrag ist bei Südausrichtung und ca. 35° Neigung am größten.
- Die Wirtschaftlichkeit hängt aber u.a. vom Eigenverbrauch (und möglicherweise in Zukunft auch von variablen Vergütungen) ab.
- In der Mittagszeit verzeichnen viele Haushalte einen geringeren Stromverbrauch. Es wird mehr Strom ins Netz eingespeist.

HÄUFIGE IRRTÜMER

Erzeugung und Eigenverbrauch bei Südausrichtung

Vergleich mit Standardlastprofil von Haushalten bei relativ niedrigem Verbrauch in der Mittagszeit:

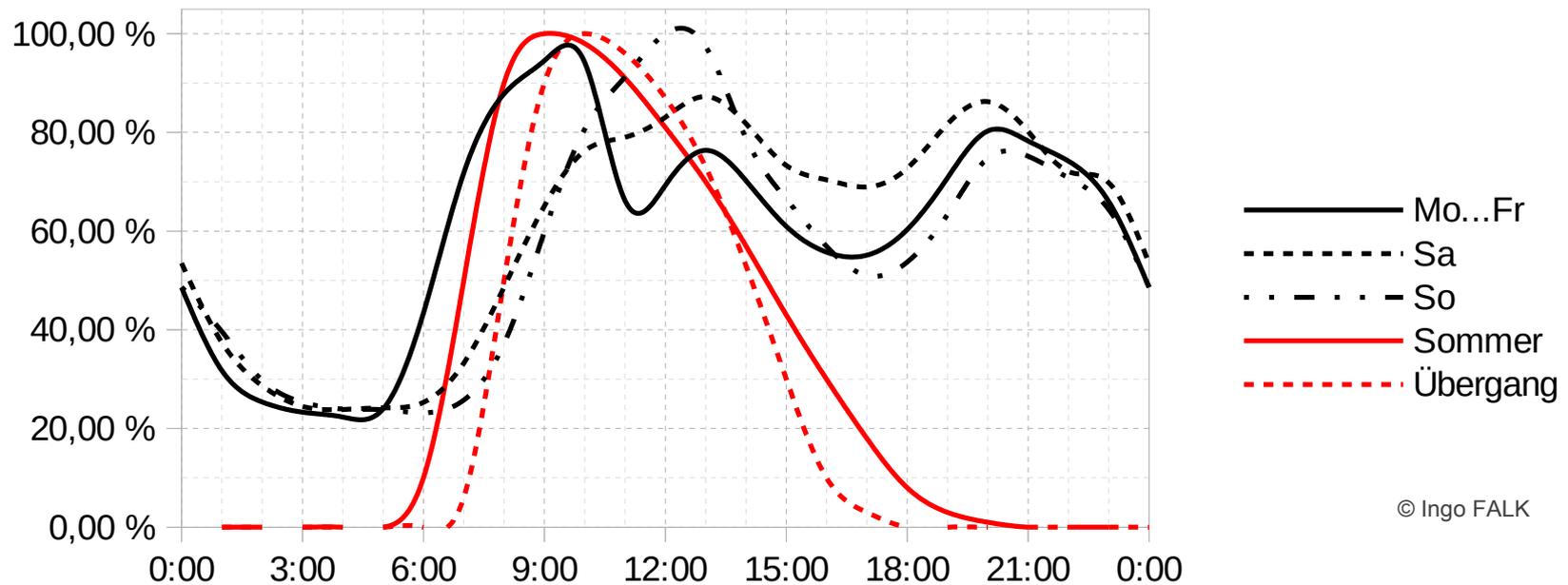


© Ingo FALK

HÄUFIGE IRRTÜMER

Erzeugung und Eigenverbrauch bei Ostausrichtung

Vergleich mit Standardlastprofil von Haushalten bei relativ hohem Verbrauch am Morgen:

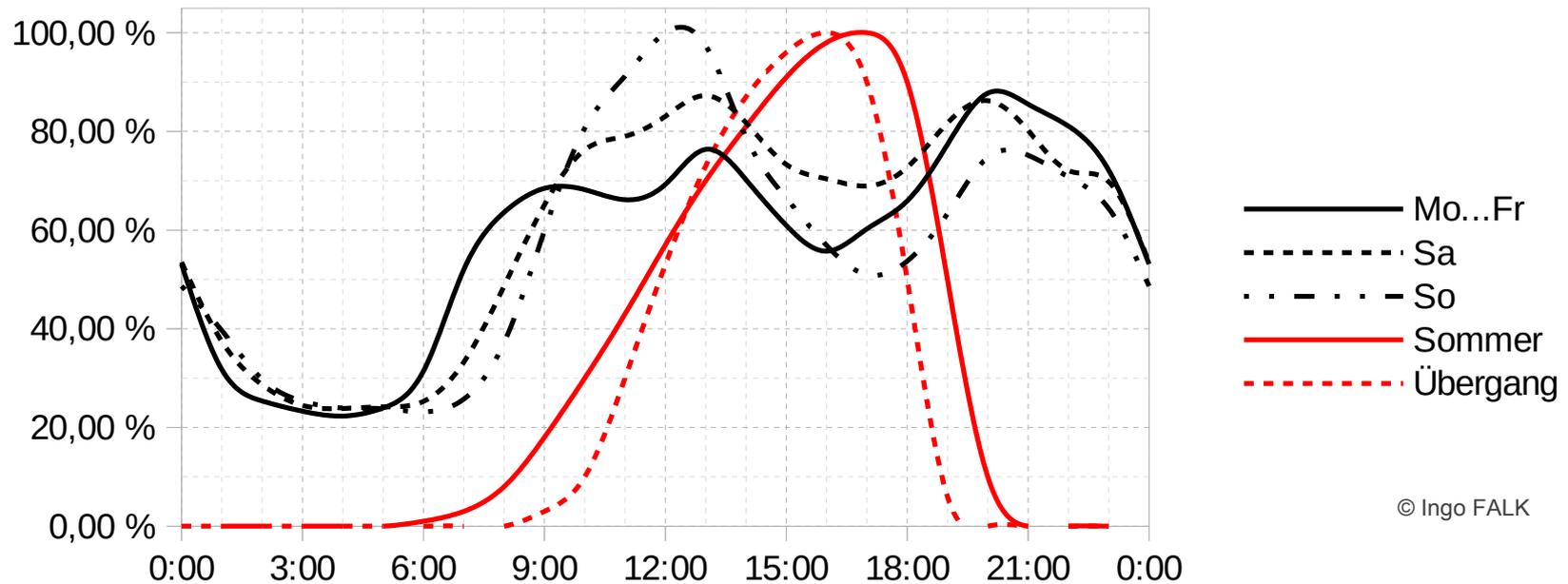


© Ingo FALK

HÄUFIGE IRRTÜMER

Erzeugung und Eigenverbrauch bei Westausrichtung

Vergleich mit Standardlastprofil von Haushalten bei relativ hohem Verbrauch am Abend:



© Ingo FALK

HÄUFIGE IRRTÜMER

Irrtum 3:

- „Eine PV-Anlage braucht einen Batterie-Speicher.“

Tatsache:

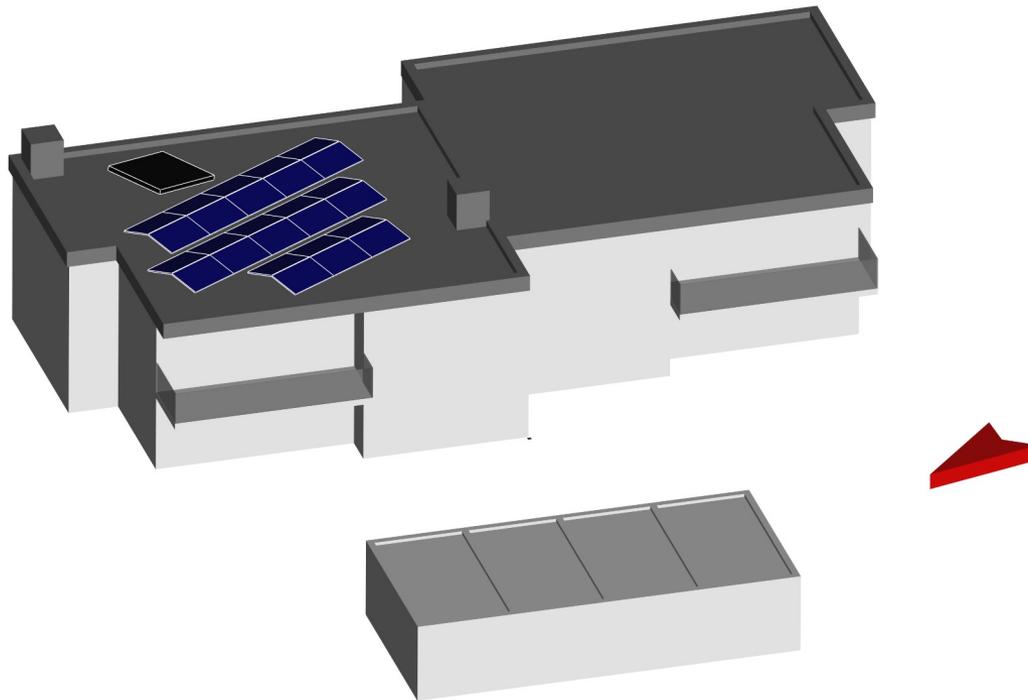
- Es gibt keine technische Notwendigkeit, eine PV-Anlage mit einem Batterie-Speicher (Akku) auszustatten.
- Ein Akku erhöht den PV-Ertrag NICHT, sondern bringt zusätzliche Verluste von bis zu 30 % (Laden + Speichern + Entladen) ins System.
- Ein Akku kann später (z.B. nach Auslaufen der gesetzlichen Vergütung) nachgerüstet werden.
- Die Begrenzung der Einspeiseleistung auf z.B. 70 % wurde für Neuanlagen bis 25 kWp abgeschafft. Für Bestandsanlagen bis 7 kWp folgt die Abschaffung Anfang 2023.

Photovoltaik für Einsteiger:innen

HÄUFIGE IRRTÜMER

Erzeugung und Eigenverbrauch bei symmetrischer Ost-West-Ausrichtung

Beispiel für Anordnung der Module auf einem Flachdach:

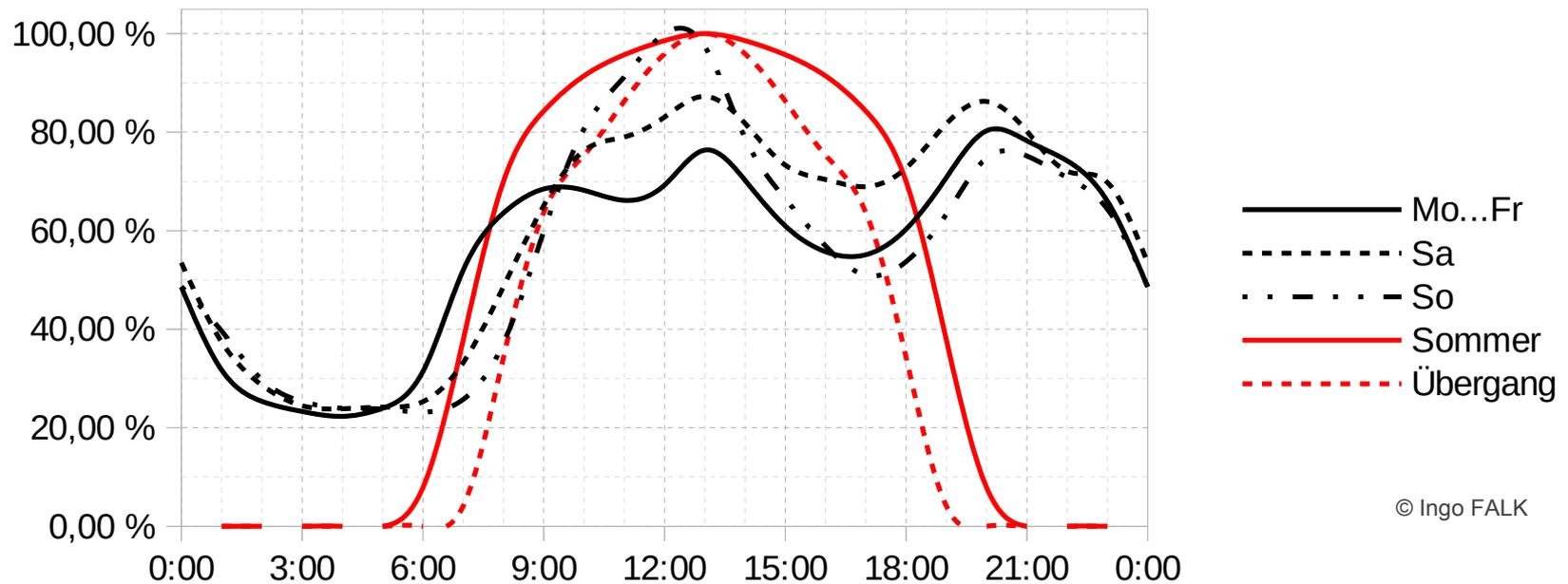


© Ingo FALK

HÄUFIGE IRRTÜMER

Erzeugung und Eigenverbrauch bei symmetrischer Ost-West-Ausrichtung

Vergleich mit Standardlastprofil von Haushalten bei normalem Verbrauch:



© Ingo FALK

HÄUFIGE IRRTÜMER

Irrtum 4:

- „Eine große PV-Anlage liefert auch bei Bewölkung oder Verschattung ausreichend Strom.“

Tatsache:

- Im Gegensatz zu einer thermischen Solaranlage können PV-Module diffuses Licht kaum nutzen.
- Hinzu kommt, dass einzelne Zellen ohne Sonneneinstrahlung einen Widerstand für das ganze Modul darstellen.
- Schon kleine verschattete Flächen durch einzelne Objekte reduzieren die Modulleistung erheblich, i.d.R. um 2-stellige Prozentbeträge.
- Bei starker Bewölkung (Regen) reduziert sich die Leistung auf $< 1 \%$.

HÄUFIGE IRRTÜMER

Irrtum 5:

- „Mit dem Strom aus einer PV-Anlage kann ich mein Haus beheizen.“

Tatsache:

- Ein modernes PV-Modul hat einen max. elektrischen Wirkungsgrad von ca. 20 %, der Rest des Sonnenlichts kann weder zur Wärmerzeugung noch für andere Zwecke genutzt werden.
- Thermische Solar-Anlagen erreichen (Wärme-) Wirkungsgrade von bis über 60 %, erzeugen also auf der gleichen Fläche deutlich mehr Wärme.
- Wenn die Sonne scheint, wird i.d.R. weniger Wärme benötigt.

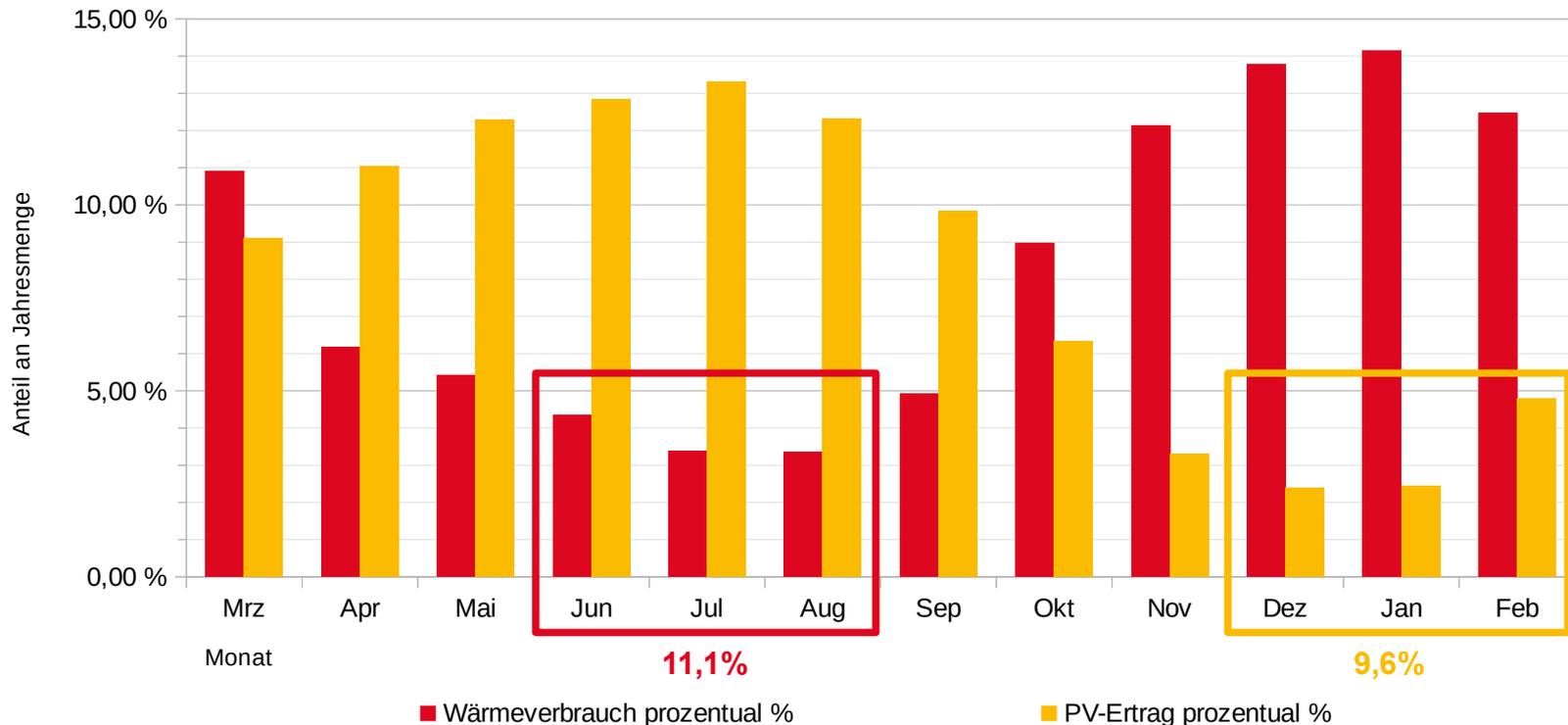
Photovoltaik für Einsteiger:innen

HÄUFIGE IRRTÜMER

Wärmeverbrauch und PV-Ertrag bei Wohngebäuden

"Solare 10%"-Regel

Saisonale Diskrepanz zwischen Wärmeverbrauch und Solarertrag



© Ingo FALK; Datenquelle PV: Solarenergie-Förderverein Deutschland e.V. PLZ 79XXX 2011...2021, Datenquelle Wärme: eigenes Projekt

WIRTSCHAFTLICHKEIT

Abschätzung der Wirtschaftlichkeit

- Der spezifische PV-Ertrag in Süddeutschland bei günstiger Ausrichtung kann überschlägig mit 1.000 kWh/kWp angenommen werden.
- Die Netto-Einspeisevergütung für Anlagen, die aktuell ans Netz gehen, liegt bei rund 8 ct/kWh mit Eigenstromnutzung und bei gut 13 ct/kWh bei Volleinspeisung.
- Die gesetzliche Einspeisevergütung wird für 20 Jahre ab Inbetriebnahme gewährt.

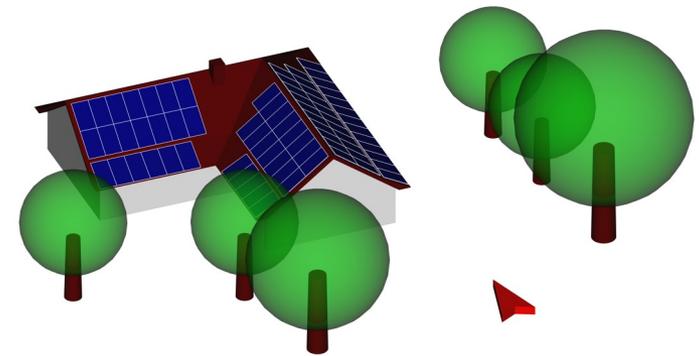


© Ingo FALK

WIRTSCHAFTLICHKEIT

Faustformel für die Wirtschaftlichkeitsberechnung:

- Einspeisevergütung * 200 ergibt die max. Investition in Euro je kWp, d.h. aktuell bei Volleinspeisung ca. 2.600 Euro/kWp netto (ohne Wartung, Versicherung etc.).
- Wenn die Anlage teurer ist, oder einen geringeren spezifischen Ertrag liefert, amortisiert sie sich erst durch Eigenverbrauch oder nach Auslaufen der gesetzlichen Vergütung.
- Die spezifischen Investitionen sind umso niedriger, je größer die Anlage ist.



© Ingo FALK

REBOUND-EFFEKT DURCH PV-ANLAGEN

Was ist der Rebound-Effekt?

- Effekt, wenn Maßnahmen zu weniger Energieeinsparungen führen als erwartet.
- Direkter Rebound-Effekt: Anpassung des Verhaltens an das vermeintlich mehr zur Verfügung stehende Energieangebot (z.B. Anschaffung größerer/weiterer Geräte, intensivere Nutzung etc.).
- Indirekter Rebound-Effekt: Finanzielle Einnahmen oder Einsparungen fließen in zusätzliche Ausgaben mit negativen Umweltauswirkungen (z.B. Flugreisen, Autokauf usw.).

Hauptproblem bei heutigen PV-Installationen: Seit Absinken der Einspeisevergütung unter den Strombezugspreis kommt es zu **direkten Rebound-Effekten mit Mehrverbrauch von durchschnittlich fast 20 %!**

REBOUND-EFFEKT DURCH PV-ANLAGEN

Ursachen des Rebound-Effekts:

- Bereits die Investition in eine PV-Anlage wird als hinreichender Beitrag zum Umwelt- und Klimaschutz gesehen.
- Die Einspeisung von PV-Strom wird als Verlust oder gar als Verschwendung gewertet.
- Umgang mit Strom wird sorgloser: z.B. Waschmaschine läuft halbvoll, Raumtemperatur wird erhöht (bei Wärmepumpenheizungen), E-Auto wird verstärkt eingesetzt.
- Eingesetzte Geräte beziehen zusätzlich Strom aus dem öffentlichen Netz auf Grund von Unkenntnis über den tatsächlichen Verbrauch oder unzureichende Möglichkeiten, die aktuelle Erzeugungsleistung der PV-Anlage zu kontrollieren.

REBOUND-EFFEKT DURCH PV-ANLAGEN

Folgen des Rebound-Effekts:

- Die Umwelt und Klima schützende Wirkung der PV-Anlage wird abgeschwächt.
- Die PV-Einspeisung, die nötig ist, um Objekte zu versorgen, bei denen keine ausreichende Eigenerzeugung möglich ist (z.B. MFH, energieintensive Industrie etc.) findet in geringerem Maße statt.
- Es steht weniger Strom für den Aufbau von Langzeit-Speichern wie beispielsweise Wasserstoff oder Methan zur Verfügung.
- Im schlimmsten Fall muss mehr Strom aus fossilen Energieträgern erzeugt werden, um den Mehrverbrauch auszugleichen.

REBOUND-EFFEKT DURCH PV-ANLAGEN

Abhilfemaßnahmen gegen den Rebound-Effekt:

- Der reale Stromverbrauch des Haushalts sollte sich auch nach Installation einer PV-Anlage nicht erhöhen (Bestimmung vorher/nachher nötig).
- Mögliche Effizienzmaßnahmen sollten weiterhin konsequent umgesetzt werden (z.B. durch Re-Investition der Einsparungen).
- Es sollten alle möglichen Geschäftsmodelle für den Betrieb der PV-Anlage im Hinblick auf verbesserte Einspeise-Erträge in Betracht gezogen werden, darunter auch die Volleinspeisung!
- Die Umwelt und Klima schützende Wirkung des PV-Stroms sollte bei der Investition im Vordergrund stehen und eine hohe Wirtschaftlichkeit als i-Tüpfelchen angesehen werden.

Photovoltaik für Einsteiger:innen

SOLARDACHPFLICHT BADEN-WÜRTTEMBERG

Photovoltaik-Pflicht-Verordnung – (PVPf-VO):

- Pflicht: Errichtung von PV-Anlagen auf allen NEUEN Wohn- und Nichtwohngebäuden, PKW-Parkplätzen sowie nach Dachsanierungen.
- Stichtage:
 - Wohngebäude: Bauantrag ab 1. Mai 2022
 - Nichtwohngebäude: Bauantrag ab 1. Januar 2022
 - PKW-Parkplatz (> 35 Stellplätze): Bauantrag ab 1. Januar 2022
 - Dachsanierung: Baubeginn ab 1. Januar 2023
- Umfang: Modulfläche in der Regel min. 60 % der nutzbaren Dach- bzw. Stellplatzfläche.
- Alternativen: Solarthermie, Ausweichen auf andere Gebäudeflächen.
- Nachweis: Eintragung ins Marktstammdatenregister innerhalb von zwölf Monaten nach Fertigstellung.

REGULARIEN INBETRIEBNAHME

Anmeldungen:

- Netzbetreiber:
 - Verteilnetzbetreiber (VNB) frühzeitig informieren.
 - Anschlusskriterien (Anschlussleistung, Messkonzept etc.) klären.
 - Pflicht gemäß Niederspannungsanschlussverordnung (NAV).
- Vergütung:
 - PV-Anlage rechtzeitig bei der Bundesnetzagentur (BNA) anmelden.
 - Gesetzlichen Vergütungsanspruch gegenüber dem VNB sichern.
 - Formular zur Anmeldung: www.bundesnetzagentur.de.
- Registrierung:
 - Marktstammdatenregister (MaStR).
 - Anlagenbetreiber, Erzeugungsanlage und ggf. Stromspeicher.
 - Portal der BNA: www.marktstammdatenregister.de.

REGULARIEN INBETRIEBNAHME

Versicherung, Steuern:

- Versicherung:
 - Versicherungsschutz für das Haus prüfen.
- Steuer:
 - Betrieb einer PV-Anlage = unternehmerische Tätigkeit.
 - Steuerberater fragen, ob sog. „Kleinunternehmerregelung“ sinnvoll.

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!

ZEIT FÜR FRAGEN

Photovoltaik für Einsteiger:innen

BILDQUELLEN

Titel

© Ingo FALK

Seite 3...31

© Ingo FALK