

Herzlich willkommen zu „SOLARSTROM VOM EIGENEN DACH!“



Möglichkeiten

Stromnutzung

Projekttablauf

Realisierung

Fragerunde

Das erwartet Sie heute Abend:

Thema	Referent	Rolle
Einführung und Vorteile einer PV; Pflichten	Christoph Lösel	Waiblingen-Klimaneutral und Anlagenbetreiber
Technik und Komponenten einer PV	Willy Reiss	Waiblingen-Klimaneutral und Anlagenbetreiber
Anlagenauslegung und Wirtschaftlichkeit	Willy Reiss	
Erfahrungsbeispiele	Willy Reiss Christoph Lösel	
Varianten des Eigenverbrauchs	Christoph Lösel	
Synergie in der Erneuerung	Christoph Lösel	
Diskussion	alle	

Thema	Referent	Rolle
Einführung und Vorteile einer PV; Pflichten	Christoph Lösel	Waiblingen-Klimaneutral und Anlagenbetreiber
Technik und Komponenten einer PV	Willy Reiss	Waiblingen-Klimaneutral und Anlagenbetreiber
Anlagenauslegung und Wirtschaftlichkeit	Willy Reiss	
Erfahrungsbeispiele	Willy Reiss Christoph Lösel	
Varianten des Eigenverbrauchs	Christoph Lösel	
Synergie in der Erneuerung	Christoph Lösel	
Diskussion	alle	



In eigener Sache /1

Wir sind eine private Initiative in Waiblingen mit dem Ziel Waiblingen bis 2035 klimaneutral zu machen.

Unsere 10 Prioritäten (nachzulesen in unserem Klimastadtplan):

1. Strom aus erneuerbaren Energiequellen.
2. Wärme aus erneuerbaren Energiequellen
3. Energetische Gebäudesanierung
4. Soziale und ökologische Stadtplanung
5. Flächenverbrauch und -versiegelung stoppen
6. Ressourcenschonendes Leben und Wirtschaften
7. Landwirtschaft regional und nachhaltig
8. ÖPNV, Fußgänger- und Fahrradfreundlichkeit
9. Bürgerbeteiligung, Bildung und Vernetzung
10. Wirtschaft und Ökologie zusammen denken



In eigener Sache /2

Unsere Initiative Waiblingen-klimaneutral finanziert sich ausschließlich aus freiwilligen Spenden von Privatpersonen.

Wenn Ihnen der Vortrag gefallen hat, können Sie beim Verlassen etwas in unser Spendenkässe werfen, wenn Sie möchten.

Ein „PV-Check“ wird z.B. durch die Energieagentur Rems-Murr möglich angeboten:

Energieagentur Rems-Murr gGmbH

- Telefon: 07151/975 173-0
- Email: info@ea-rm.de



Wir suchen übrigens immer engagierte Menschen, die sich unter anderem in den Klimaschutzarbeitskreisen einbringen möchten!



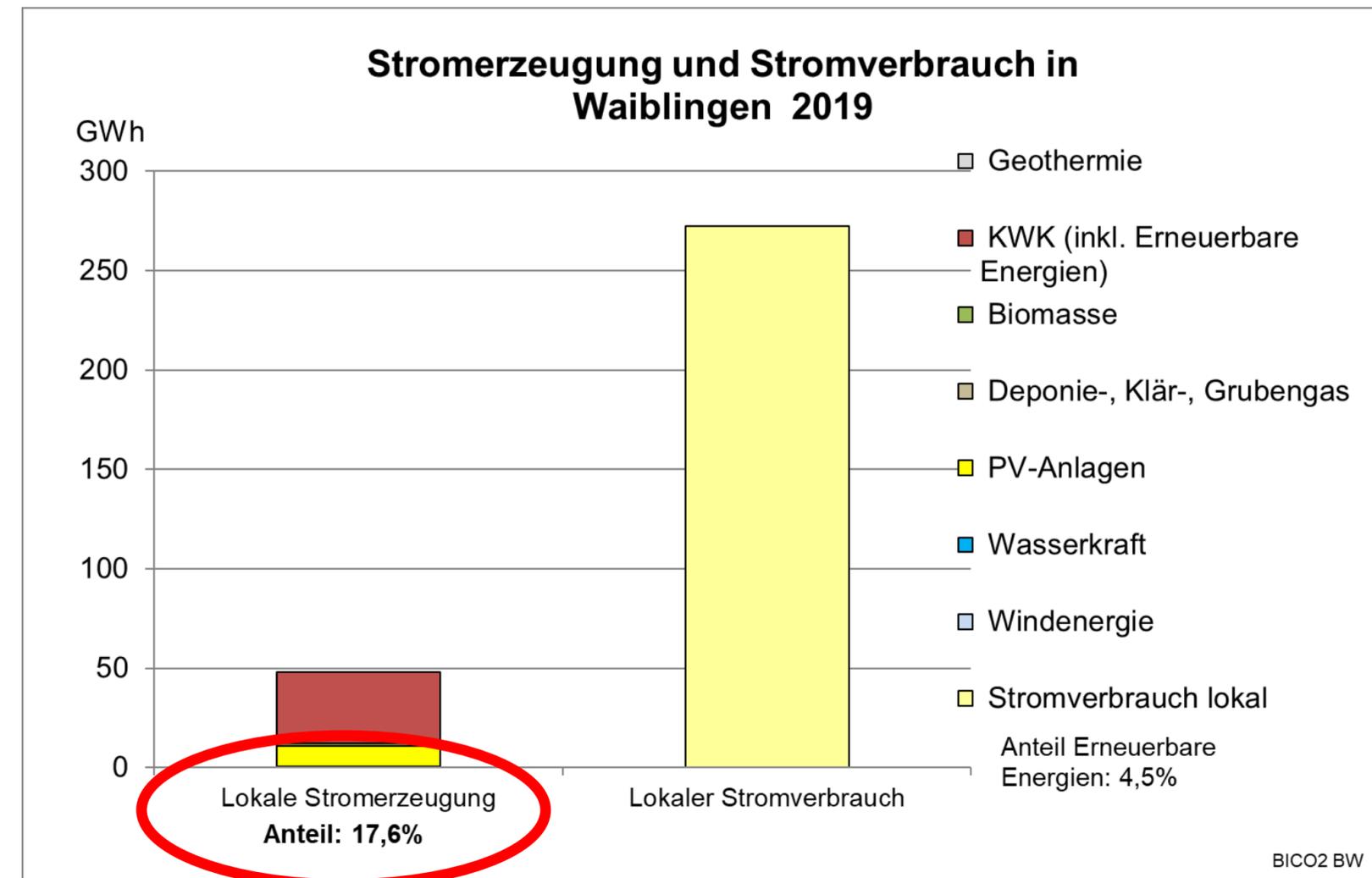
Strom in Waiblingen

Stromproduktion in Waiblingen 2019:

- 35,5 GWh durch Kraft-Wärme-Kopplung (hauptsächlich fossil)
- 10,5 GWh durch Photovoltaik (22,1 GWh in 2023)

Potential in Waiblingen:

- Ca. 117.000 GWh durch Nutzung geeigneter Dachflächen
- Damit wären >55% lokale Erzeugung möglich (allein durch Photovoltaik)



Jede Anlage zählt !

Prognose Strombedarf in Baden Württemberg

Aktuelle Meldung

Der Stromverbrauch in Baden-Württemberg wird von heute etwa 64 Terawattstunden pro Jahr bis zum Jahr 2040 auf 109 bis 161 Terawattstunden ansteigen, je nach zugrunde gelegtem Szenario.

Dies entspricht einer Steigerung von rund 73 bis 156 Prozent.

Quelle: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE 22..2024

<https://www.pressebox.de/inaktiv/fraunhofer-institut-fuer-solare-energiesysteme-ise/BW-Stromstudie-zeigt-Steigender-Strombedarf-benoetigt-viel-Erneuerbare-Energien-in-Baden-Wuerttemberg/boxid/1187579>

Weshalb soll eine PV-Anlage auf mein Dach? /1

- **Beitrag zum Klimaschutz**
- **Wirtschaftlichkeit**
- Um darüber hinaus ein E-Auto zu laden, Warmwasser zu bereiten,..



Weshalb soll eine PV-Anlage auf mein Dach? /2

- Sicherheit
 - Strom-Teilautarkie
 - Schutz vor hohen Strompreisen
 - Netzausfallschutz
- Immobilienaufwertung
- Erfüllung gesetzlicher Anforderungen
- PV-Anlagen sind langlebig und wartungsarm

\$\$\$



Energetische
Sanierung
Lage, Lage, Lage

Wenn nicht jetzt wann dann?

Positive Rahmenbedingungen für PV-Anlagen (<30 kWp)

- Alle Komponenten zeitnah und zu vernünftigen Preisen verfügbar
- Ausgereifte Technik; Batterie und PV-Module werden stets leistungsfähiger
 - Module preislich am „all time low“
- Erhebliche Vereinfachung in der steuerlichen Behandlung seit 1.1.2022
 - Kauf der Anlage mit Mehrwertsteuersatz 0%
 - Keine Umsatzsteuer auf Stromerträge; keine steuerliche Abschreibung
- Feste Einspeisevergütung auf 20 Jahre
- Förderung der Stadt Waiblingen (bis zu 1 T€ Zuschuss)
- Diskussion: Abschaltung auch kleiner Anlagen bei „Netzüberschuss“
 - 2024: ≥ 400 h mit negativen Strompreisen an der Börse

Installierte Leistung	Überschuss-einspeisung
≤ 10 kWp	8,03 Ct/kWh
≤ 40 kWp	6,95 Ct/kWh
≤ 100 kWp	5,68 Ct/kWh

Förderung privater PV-Anlagen

- Eigenes Förderprogramm der Stadt für die
 - Ersterrichtung (begleitende Maßnahmen)
 - Nachrüstung von Speichern in Ü20-Anlagen
 - Steckerfertige Solaranlagen
- Anteil der Handwerkerleistung ist bis zu 6000€ mit 20% direkt von der Steuerschuld abziehbar (1200€)
- L-Bank-Kredit „[Wohnen mit Zukunft: Photovoltaik](#)“ (ab 3,75 % eff.) für Ersterrichtung, Erweiterung, Wallbox usw.



Pflichten

Dach

Photovoltaik-Pflicht BW (Landesebene):

Gültig für

- Alle Neubauten
- Im Bestand bei grundlegender Dachsanierung

Die Pflicht gilt im Regelfall als erfüllt, wenn Photovoltaikmodule im Umfang von 60 Prozent der zur Solarnutzung geeigneten Fläche ≥ 20 m² installiert werden. (Es gibt drei Verfahren.)

Heizung

GeG 2024 (Bundesebene):

Bei der Erneuerung der Heizung müssen 65 % Prozent der Wärme mit erneuerbaren Energien erzeugt werden. PV-Erträge können bis zu 45% vom Strombedarfsanteil am Jahresprimärenergiebedarf abgezogen werden (§ 23).

Quelle: https://www.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publicationen/Energie/Praxisleitfaden-Photovoltaikpflicht-barrierefrei.pdf

Grundlegende Dachsanierung

Baumaßnahmen, bei denen die Abdichtung oder die Eindeckung eines Daches vollständig erneuert wird. Dies gilt auch bei einer Wiederverwendung von Baustoffen.

Ausgenommen sind Baumaßnahmen, die ausschließlich zur Behebung kurzfristig eingetretener Schäden (z. B. auf einen Sturm- oder Hagelschaden) vorgenommen werden.

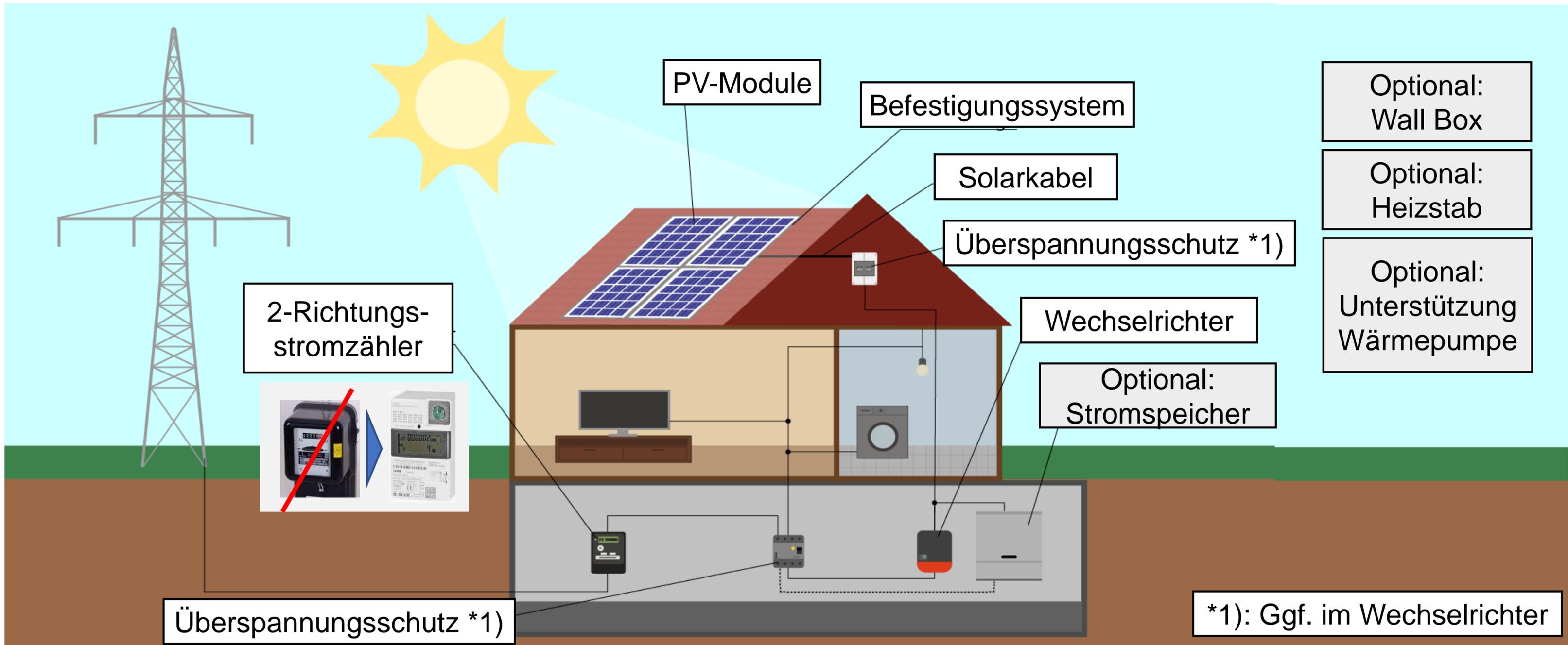
Quelle: Landesinnung Dachdecker

<https://www.verbraucherzentrale-bawue.de/energie/pvpflicht-in-badenwuerttemberg-75170>

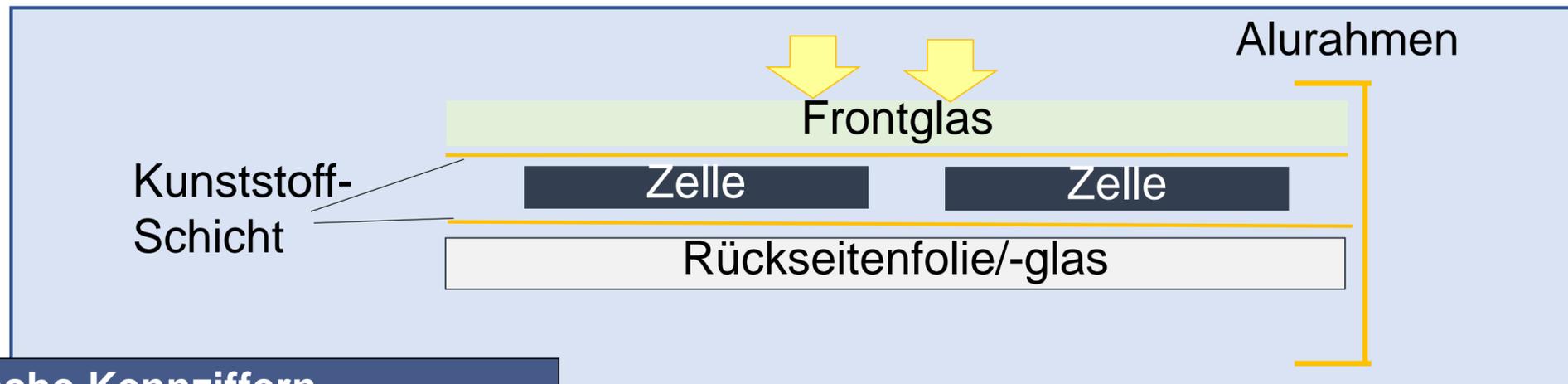
Thema	Referent	Rolle
Einführung und Vorteile einer PV; Pflichten	Christoph Lösel	Waiblingen-Klimaneutral und Anlagenbetreiber
Technik und Komponenten einer PV	Willy Reiss	Waiblingen-Klimaneutral und Anlagenbetreiber
Anlagenauslegung und Wirtschaftlichkeit	Willy Reiss	
Erfahrungsbeispiele	Willy Reiss Christoph Lösel	
Varianten des Eigenverbrauchs	Christoph Lösel	
Synergie in der Erneuerung	Christoph Lösel	
Diskussion	alle	



Wie funktioniert das? Systemkomponenten



Komponenten: PV-Modul und Befestigung



Typische Kennziffern	
Zellen	144
Max (Peak) Leistung	430 Wp
Spannung/Strom	41 V / 10,5 A
Abmessungen [cm]	113 cm x 176 cm
Gewicht	22kg
Fläche	2 m ²
Max. Leistung/m ²	215 Wp/m ²
Modulwirkungsgrad	21 %
Degradation	0,6% /Jahr
Produktgarantie	15 Jahre



Bauaufsichtliche
Genehmigung für Module
bis 3m³ läuft



Dachmontage

Schrägdach

Aufdach



- Am gebräuchlichsten und kostengünstigsten: Dachhaken und Querriegel mit Hochkantmontage der Module
- Module geklemmt oder in Schiene eingelegt
- Dachhaken mit „Luft“ beim ausgeflecten Ziegeldurchgang
- Blechersatzziegel dem Flexen bevorzugen (€!)
- Ggf. Taubenabwehrgitter beauftragen

Indach

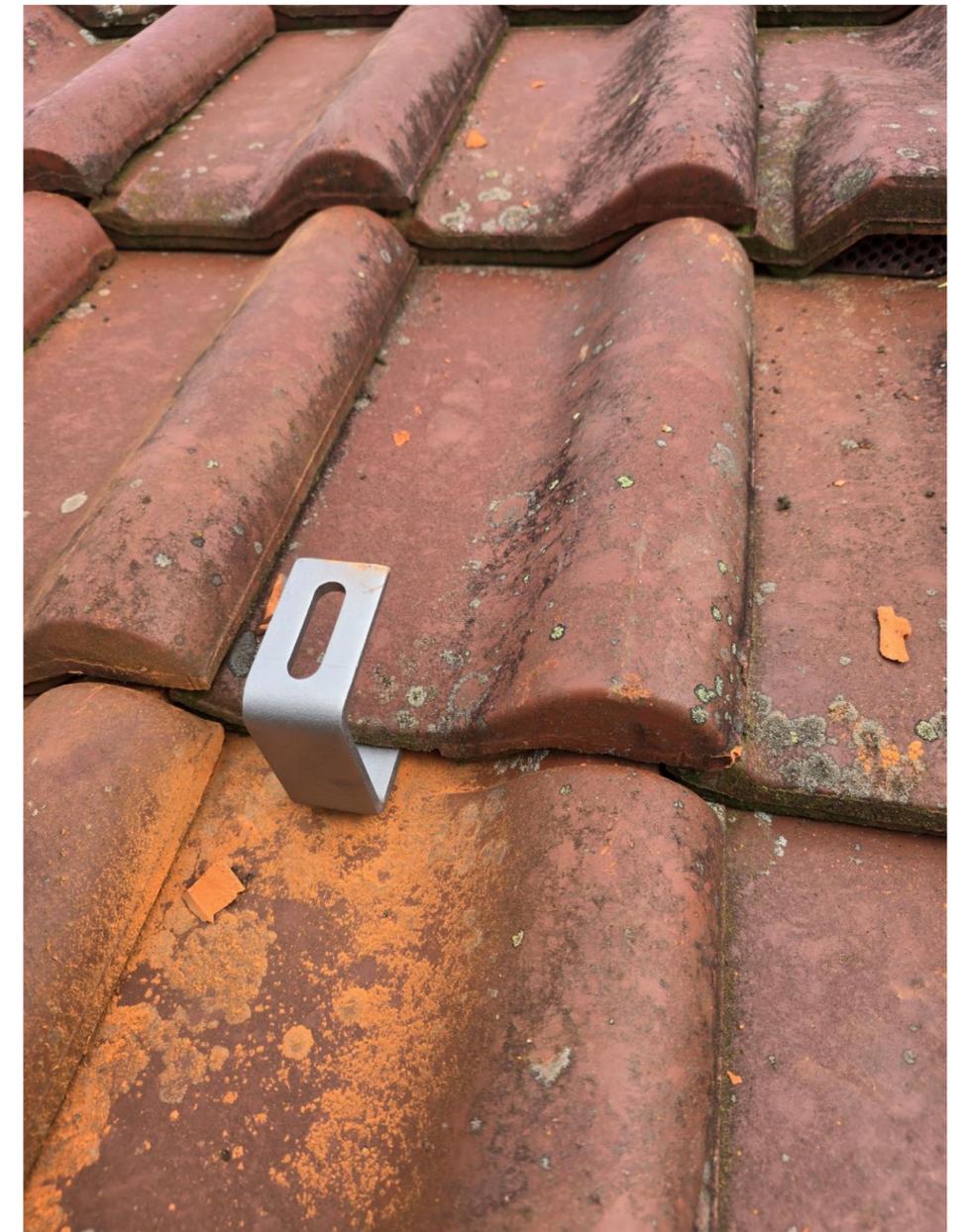


Flachdach



- Aufständering 10-15°
- Flächenbedarf ca. 8-10 m² pro kWp
- Auf Kies, Substrat, bzw. Schutzmatte für Bitumen/Folie

Beispiel ausgesparte Dachziegel und-haken



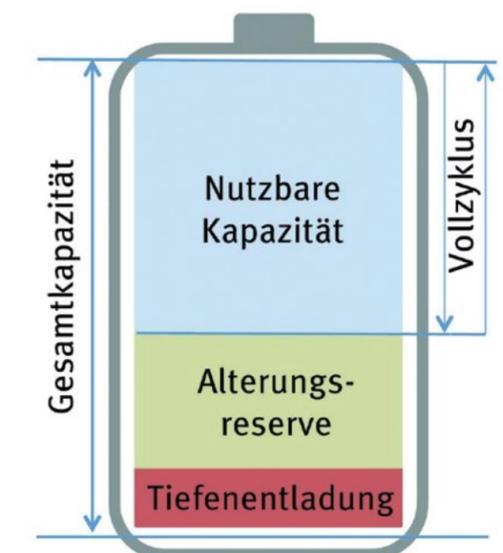
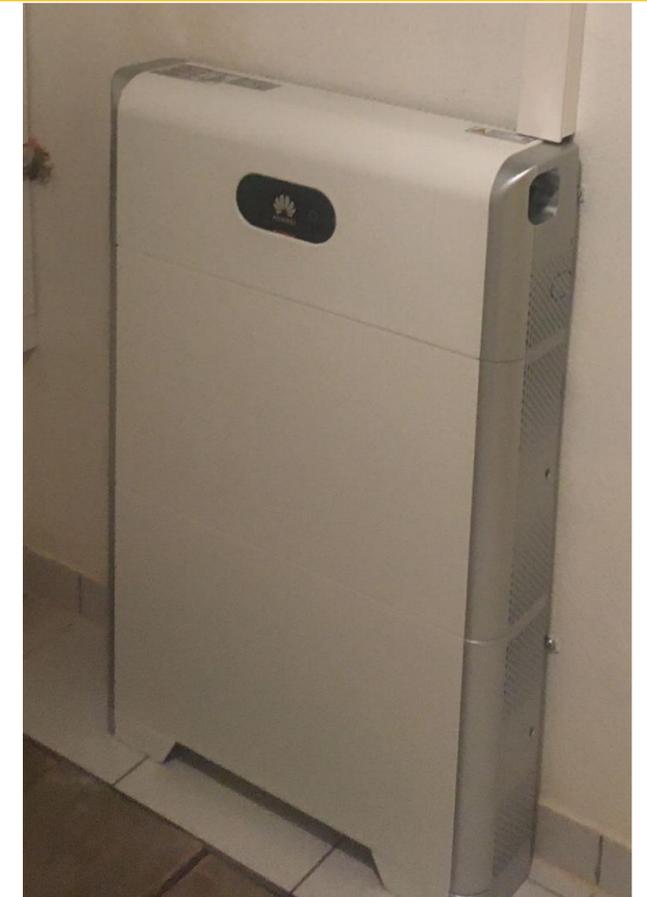
Komponente: Wechselrichter

- Wandelt Gleichstrom in Wechselstrom/Drehstrom
 - Sicherheitsfunktionen
 - Datenlogging und Schnittstelle zur Fernüberwachung
 - Hohe Wirkungsgrade, Typisch > 95%
 - Ausgereifte Technik mit vielen Anbietern
 - Montage im Keller bevorzugt (kühl, Lüftergeräusch stört nicht)
 - Ersatz nach 10-15 Jahren sollte einkalkuliert werden
-
- Varianten
 - Hybridwechselrichter: PV- und Batteriewechselrichter in einem Gehäuse
 - Notstrombetrieb (=temporärer Inselbetrieb)
 - Optional intelligente Verbrauchersteuerung



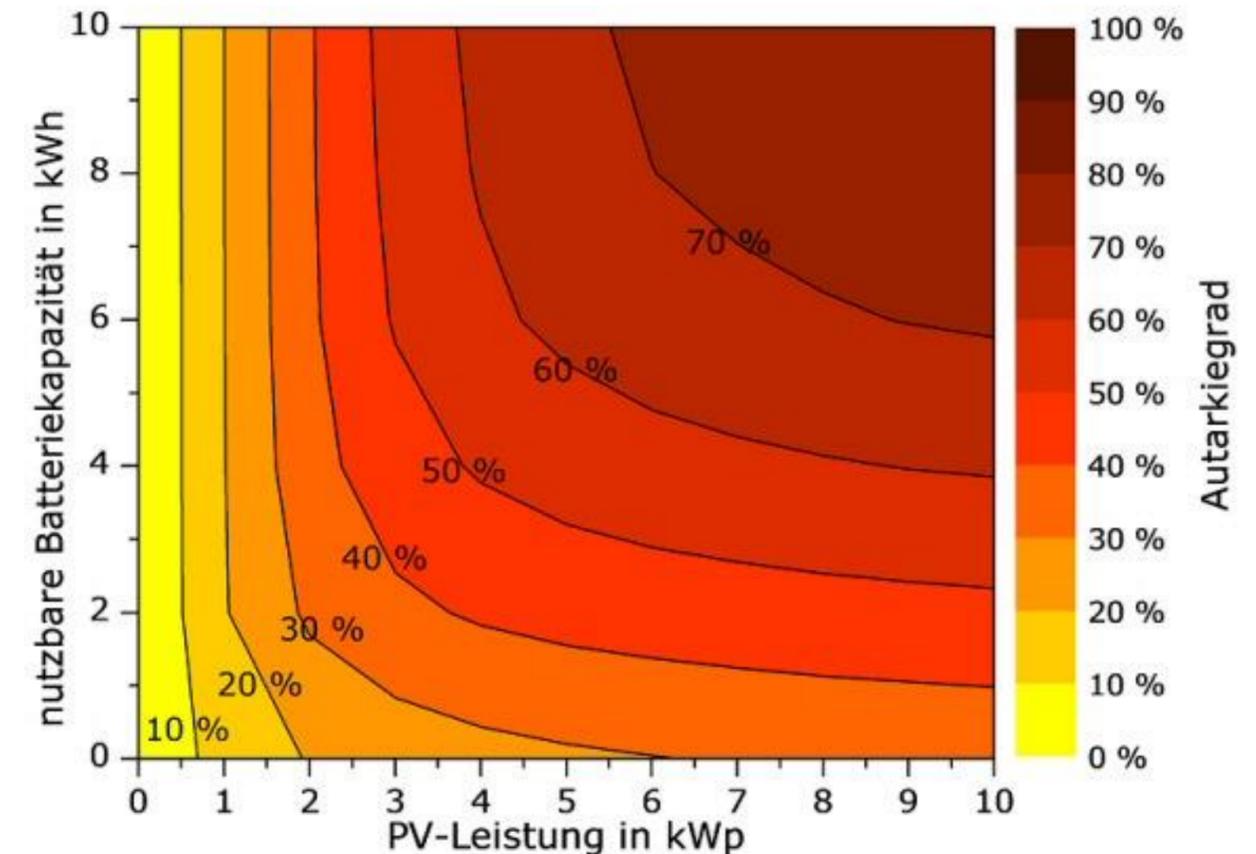
Komponente: Stromspeicher

- Aktuelle Standardtechnologie
 - Lithium-Eisenphosphat (LiFePO₄)
 - Hochvolt-Speicher mit $\pm 600V$ Gleichstrom, DC-gekoppelt
 - Anzahl der Zyklen: ca. 6.000 innerhalb der Lebensdauer
- Faustformel für Größe: je kWp der PV-Anlage ein kWh Speicher
- Berechnung Speichergröße: <https://solar.htw-berlin.de/rechner/>
- Erhebliche Steigerung der Autarkie; Beispiel: von 30% auf 70%
- Vielfach Stimmen, dass sich ein Energiespeicher nicht rechnet
- Brutto- und Nettokapazität
 - 6,5 kWh brutto => bei 80% Entladetiefe sind 5,2 kWh nutzbar
 - Laden/Entladen ist mit 5-17% Verlusten behaftet.



Dimensionierung der Speichergröße

- Parameter
 - Ziel: max. Wirtschaftlichkeit = hoher Autarkiegrad oder eine extrem lange Notstromversorgung?
 - PV-Leistung
 - Haushaltsverbrauch
 - Wärmepumpenverbrauch
- Typische Autarkiegrade bei 6 kWp PV-Leistung
 - ohne Batterie: 30%
 - 2 kWh-Batterie: 50%
 - 6 kWh-Batterie: 70%
 - 10 kWh-Batterie: 70-80%
- Batterie(ent)ladeleistungen $> 2,4$ kW erhöhen nicht mehr den Gesamtautarkiegrad



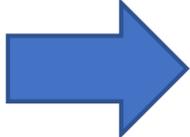
Quelle: <https://www.volker-quaschnig.de/artikel/2012-10-solare-unabhaengigkeit/index.php>

Pro „größere Batterie“

- längeres Leben durch Lastverteilung, aber: muss noch regelmäßig voll werden
- Grundkosten Batteriesystem (eh da)
- Wunschkapazität ist länger verfügbar (70% nach 10 Jahren)

Anbindung ans öffentliche Netz

- Ggf. vorhandener „Ferraris“-Zähler wird durch einen Zwei-Richtungszähler ersetzt
- Zusatz Platzbedarf im Zählerschrank für
 - weitere Sicherungen für die PV
 - Smart Meter bei PV mit Batterie/Akku
 - Ggf. Wärmepumpe und/oder Wallbox
- Bei „altem“ Zählerschrank kann der VNB Aufrüstung auf „Stand der Technik“ verlangen ... und vielleicht ist es eh an der Zeit

 Gesamtheitliche Planung (mit Ausbaustufen) sinnvoll !

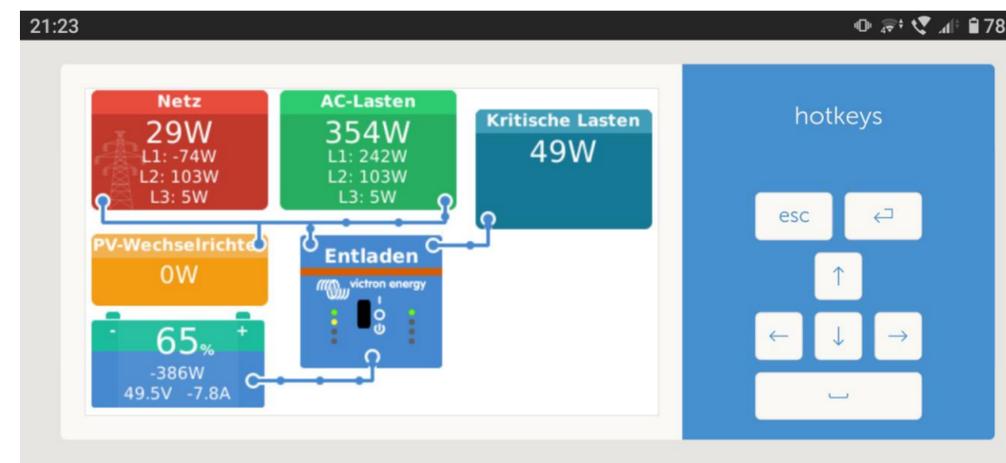
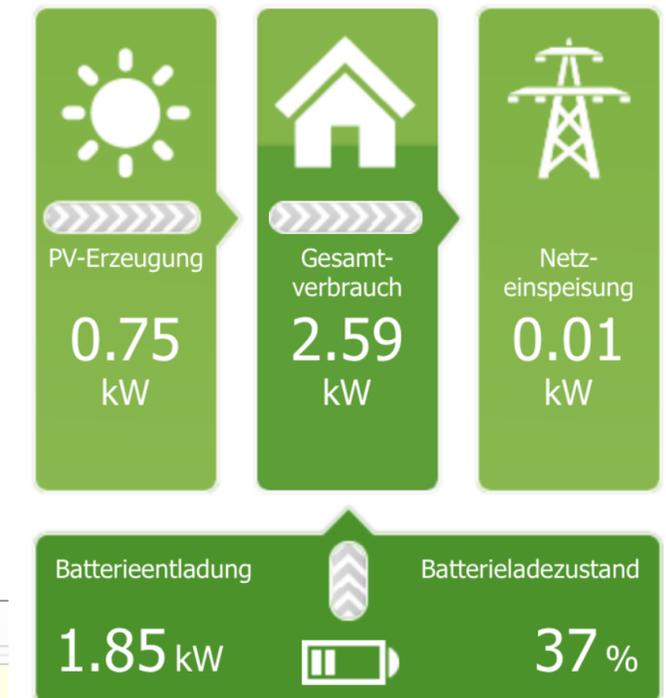
Netzanbindung/Überschusseinspeisung verkürzt Amortisationszeit



Betrieb und Überwachung

- Wechselrichter hat i.d.R. Internet/Netzwerk-Anschluss
- Zugriff im Heimnetz per Webbrowser/App
- Auswertung über Server des Herstellers per Webbrowser/App
- inkl. Messung von Bezug und Einspeisung per Smartmeter
- Ermöglicht
 - Erfassung aktuelle / historische Stromproduktion manuelle Optimierung der Stromverbrauchszeiten
 - Erfassung von Störungsmeldungen
 - Erkennung und Diagnose von Problemen (Leistungseinbruch...)

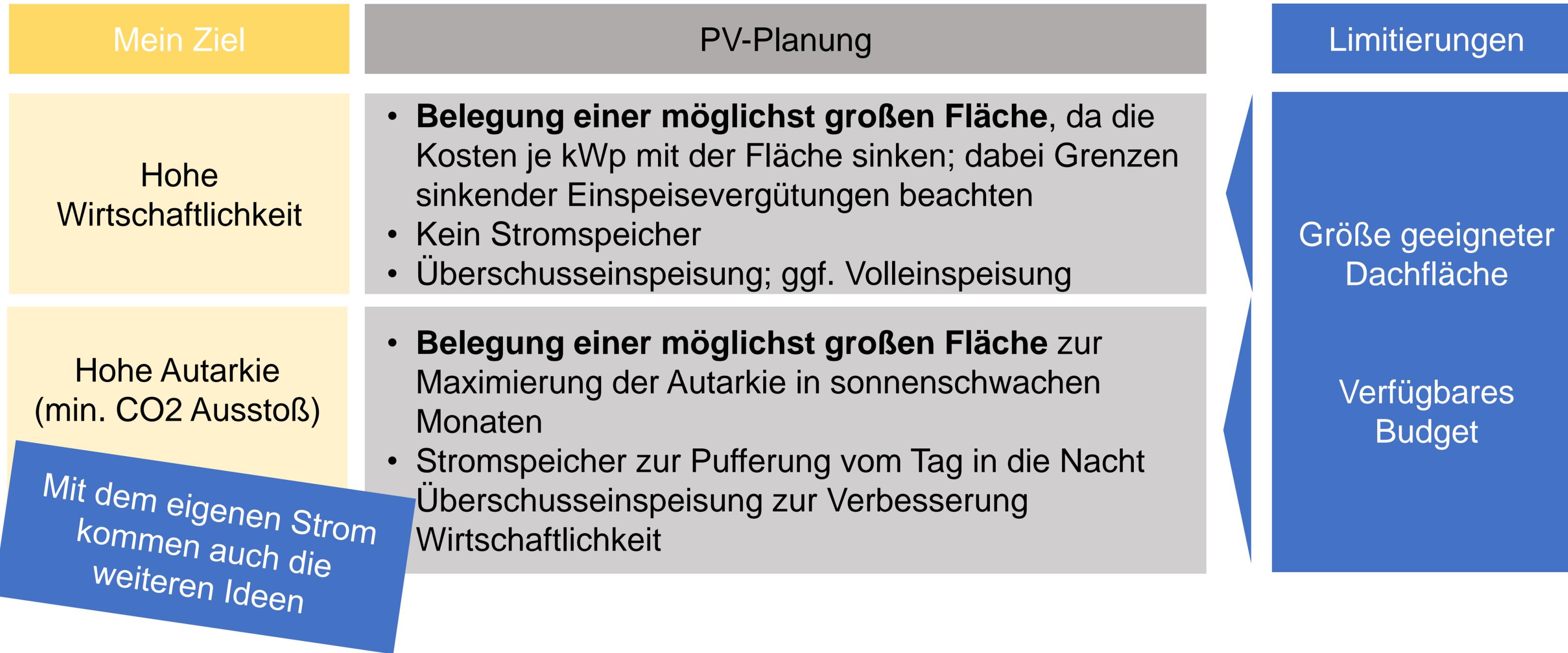
Aktueller Status



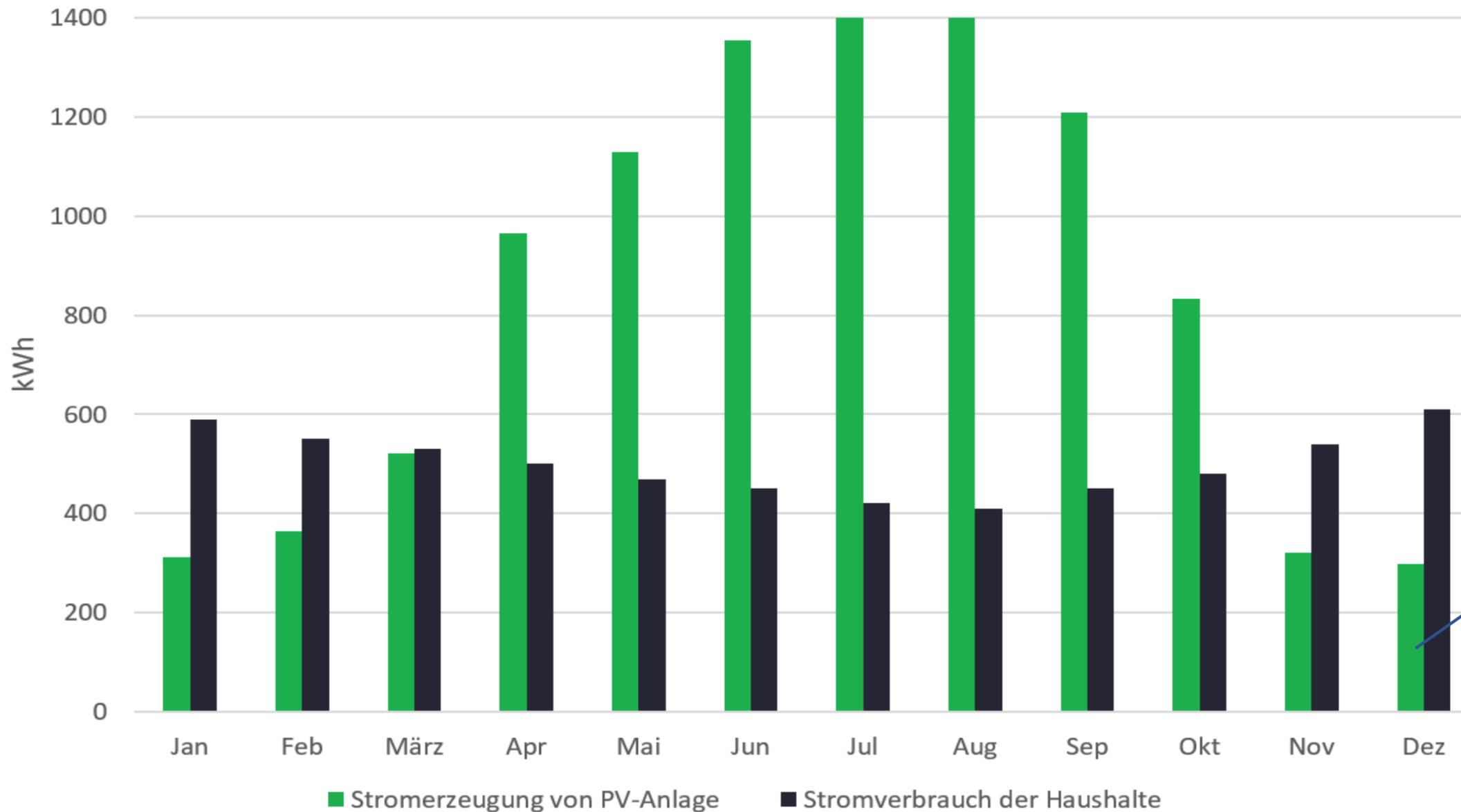
Thema	Referent	Rolle
Einführung und Vorteile einer PV; Pflichten	Christoph Lösel	Waiblingen-Klimaneutral und Anlagenbetreiber
Technik und Komponenten einer PV	Willy Reiss	Waiblingen-Klimaneutral und Anlagenbetreiber
Anlagenauslegung und Wirtschaftlichkeit	Willy Reiss	
Erfahrungsbeispiele	Willy Reiss Christoph Lösel	
Varianten des Eigenverbrauchs	Christoph Lösel	
Synergie in der Erneuerung	Christoph Lösel	
Diskussion	alle	



Überlegungen zur Dimensionierung



Erträge im Jahresverlauf und deren Schwankungen (1)



Beispiel:

- 10 kWp PV
- Haushalt mit 6 000 kWh Jahresstromverbrauch

21 %
im Vergleich
zu Juli

Quelle: Pax Solar

<https://www.pax-solar.de/haushalt-pv-anlage-stromerzeugung-abdecken/>

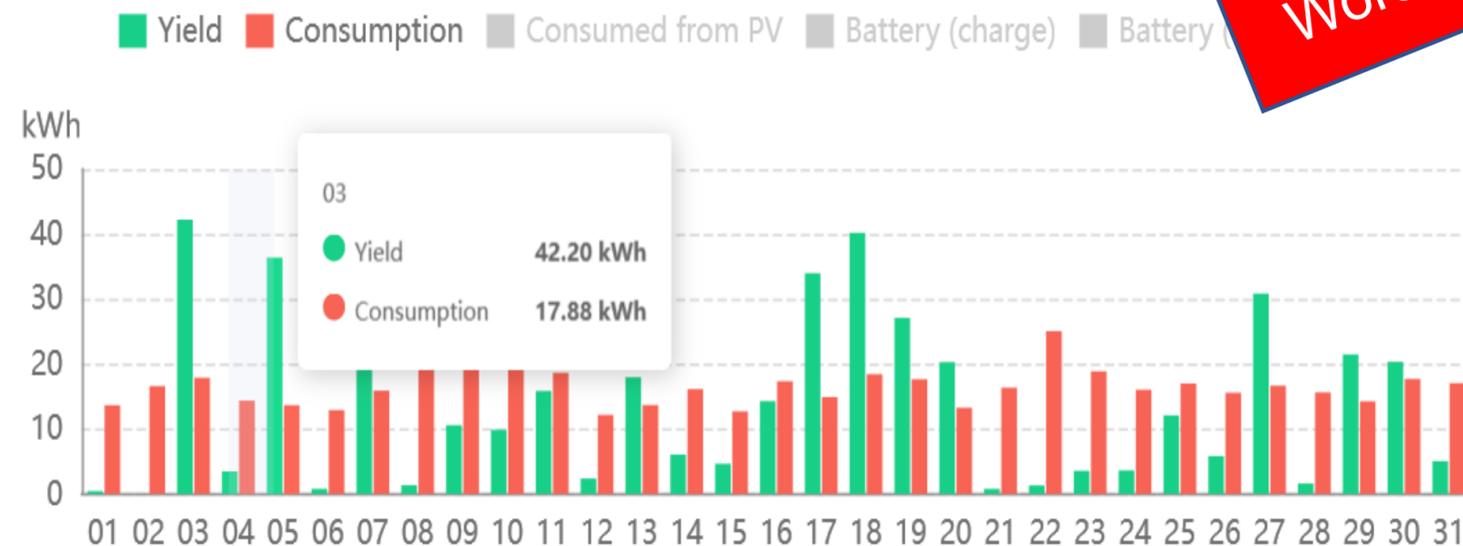
Maximierung der Abdeckung in den sonnenschwachen Monaten durch eine möglichst große PV-Anlage

Erträge im Jahresverlauf und deren Schwankungen (2)

Beispiel: Dezember 2023 in WN

- 24 kWp PV (111 m²) hat den Haushaltsbedarf (6000 kWh p.a.) an 21 von 31 Tagen teilweise decken können.
- An 5 sonnigen von 31 Tagen war genug Überschuss für ein E-Auto.

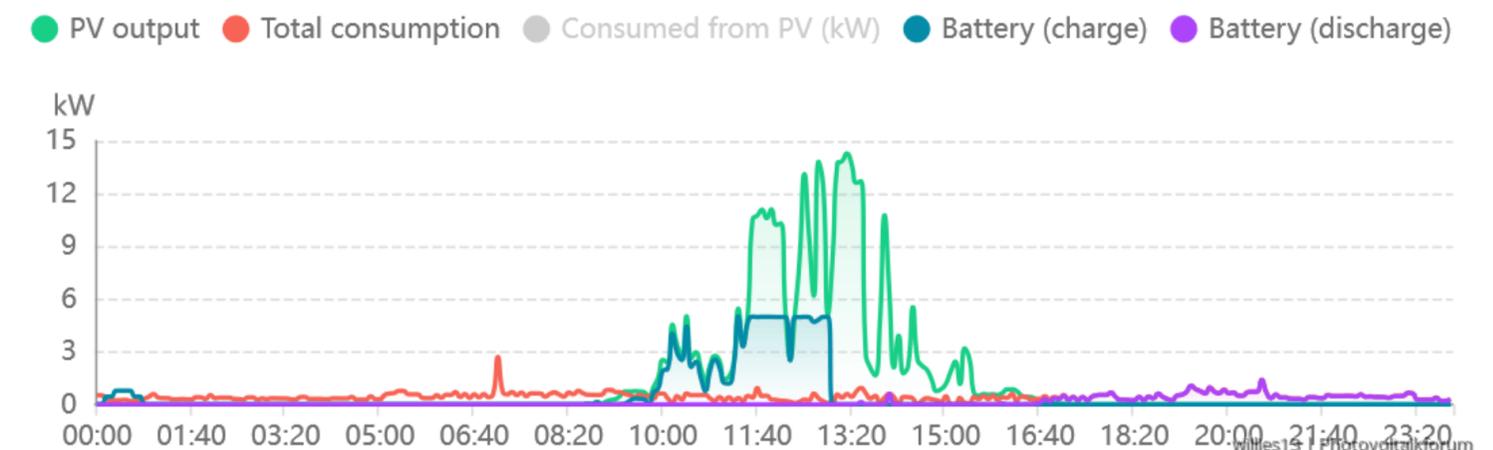
Worst case



Maximale Belegung des Daches

Beispiel: Ein sonniger Januar Tag

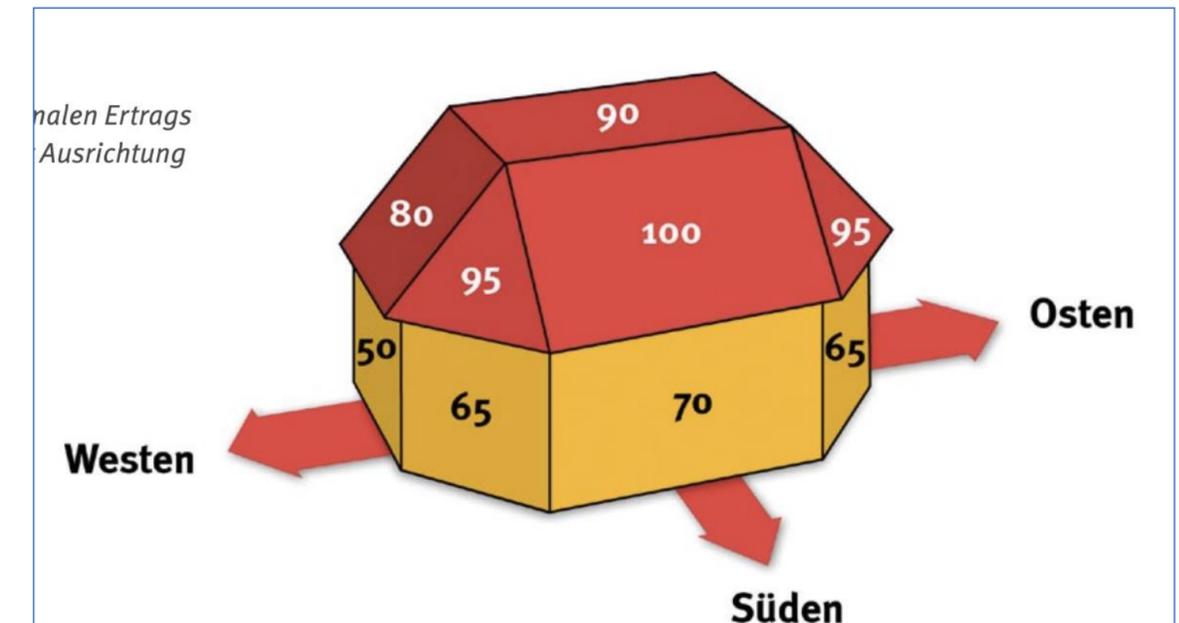
- An 7 von 24 h (=30%) scheint die Sonne brauchbar für die PV mit einer Ist-Peakleistung von 24 kWp
- 10 kWh Energiespeicher erhöht an diesen 24 h den Autarkiegrad auf > 80%; simuliert auf das ganze Jahr von 34% auf 61%



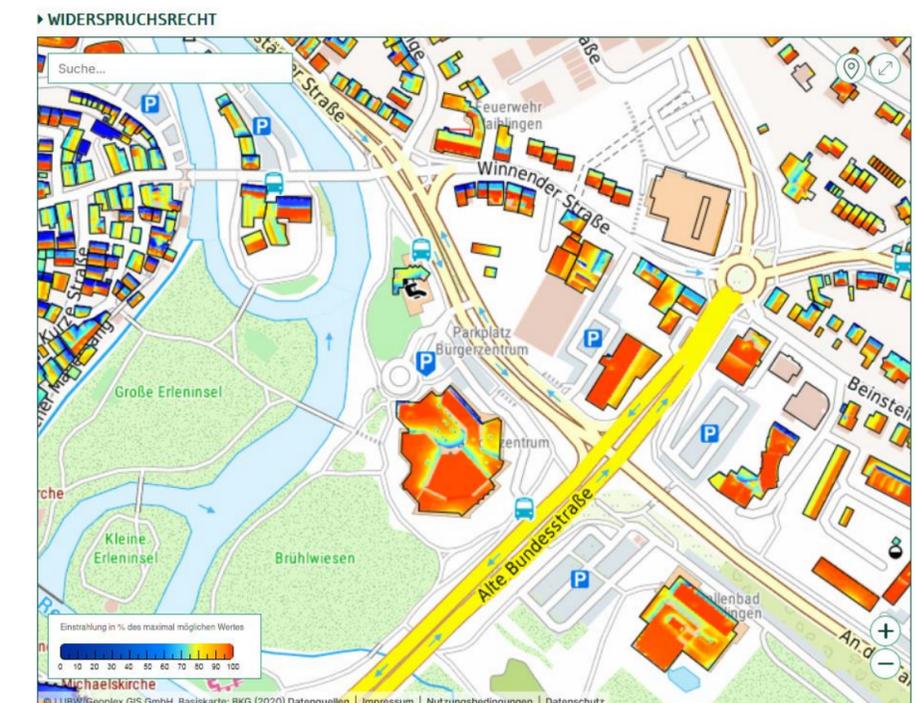
Energiespeicher erhöht Autarkie gravierend

Überlegungen zur Dimensionierung

- Ideale Ausrichtung:
Süd mit 30 Grad Dachneigung (100%)
- Westausrichtung: 20% Einbuße
- Eine Ost-West-Ausrichtung ist für den Eigenverbrauch ideal, v.a. wenn auf eine Batterie verzichtet wird.
- **Für die Wirtschaftlichkeit ist schon lange keine 100% Südausrichtung mehr ausschlaggebend.**
- Simulation künftiger Erträge
- Orientierungshilfe 1: <https://www.energieatlas-bw.de/sonne/dachflachen>
- Orientierungshilfe 2: PVGIS inkl. Schattensimulation https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/de/

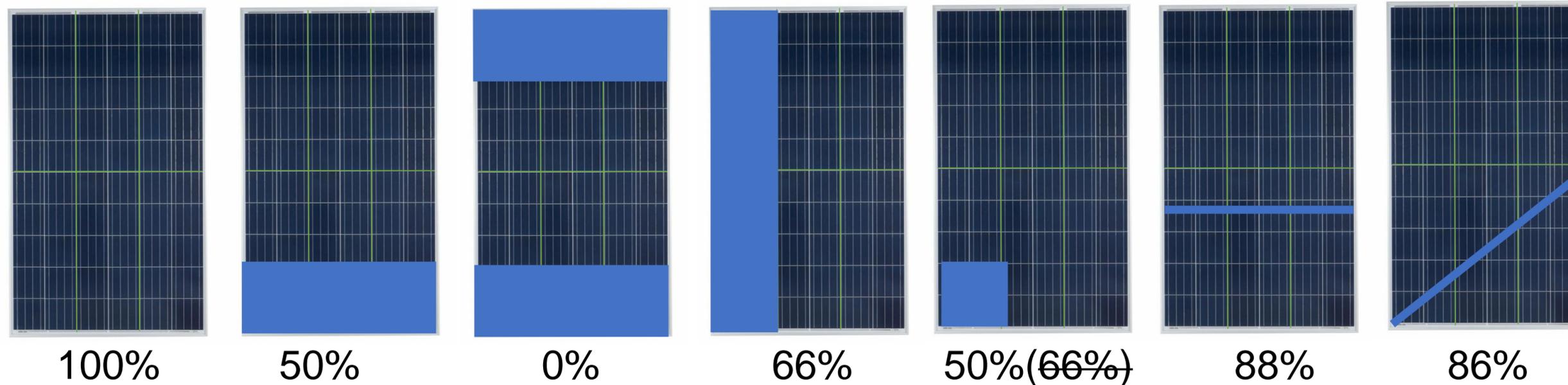


Solarpotenzial auf Dachflächen



Verschattung

a) Einzelmodul



Halbzellenmodul mit drei Bypass-Dioden

Die Werte wurden nach 1 min erfasst.

b) Anlage

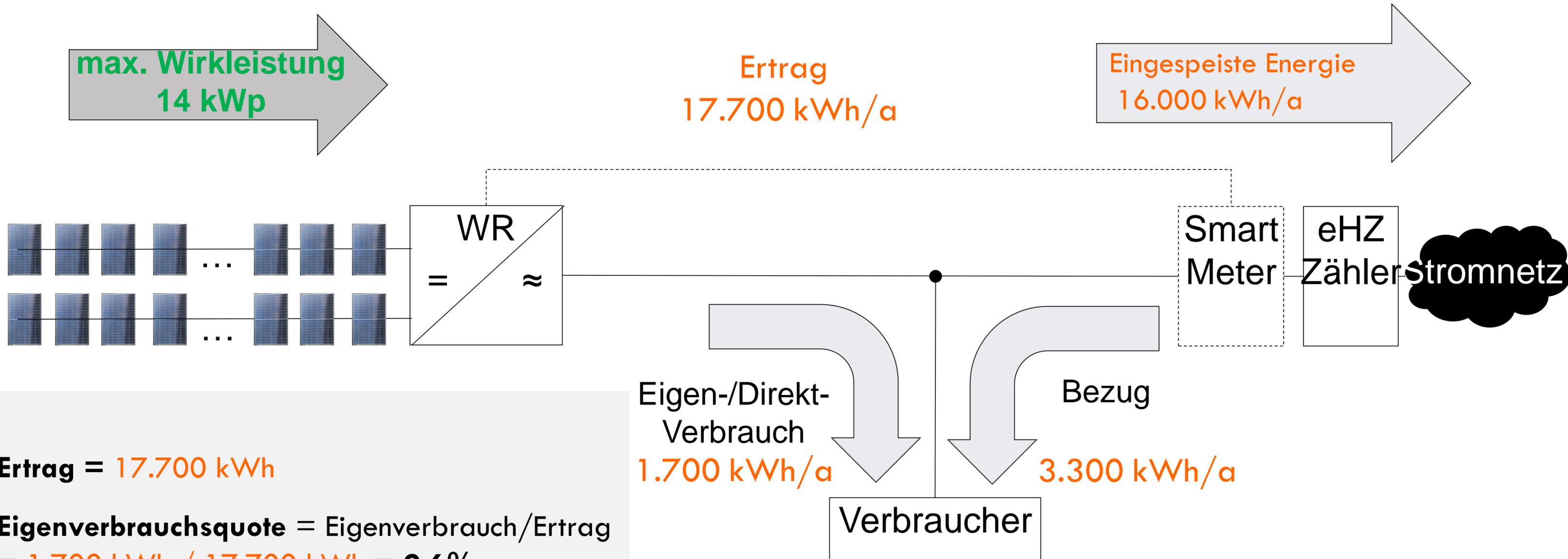
- Techniken zur Minimierung von Abschattungseinbußen
 - Schattenmanagement im Wechselrichter
 - Moduloptimierer (contra: Eigenverbrauch, Lebensdauer)
 - Die PV-Simulation des Anbieters berücksichtigt Schattenwurf.
 - Dies erlaubt die Definition von Sperrflächen und die Optimierung der Modulausrichtung.
 - Freileitungen, Masten, Kamine usw. erzeugen i.d.R. nur Verluste von wenigen Prozent.

Beispiel: Leistung und Energie bei Eigenverbrauch

max. Wirkleistung
14 kWp

Ertrag
17.700 kWh/a

Eingespeiste Energie
16.000 kWh/a



Ertrag = 17.700 kWh

Eigenverbrauchsquote = Eigenverbrauch/Ertrag
= 1.700 kWh / 17.700 kWh = 9,6%

Autarkiegrad = Eigenverbrauch/Jahresverbrauch
= 1.700 kWh / 5.000 kWh = 34%

Eigen-/Direkt-
Verbrauch
1.700 kWh/a

Bezug
3.300 kWh/a

Verbraucher

Jahresverbrauch
5.000 kWh

Smart
Meter eHZ
Zähler Stromnetz

Einspeisevergütung

- Einspeisevergütung nach EEG
 - Datum der Inbetriebnahme entscheidet über Vergütung
 - Garantiert für 20 Jahre – damit berechenbar (im Gegensatz zum Bezugspreis)
- EEG-Vergütung Anfang 2024 (1% Verringerung halbjährlich)

Stand
10/2024

Installierte Leistung	Volleinspeisung	Überschußeinspeisung
≤ 10 kWp	12,73 Ct/kWh	8,03 Ct/kWh
≤ 40 kWp	10,68 Ct/kWh	6,95 Ct/kWh
≤ 100 kWp	10,68 Ct/kWh	5,68 Ct/kWh

Preise PV-Anlagen

- Aktuelle Marktumfrage des PV-Magazins unter Installateuren:
 - Mittlerer Marktpreis für eine 10 kWp Anlage: 15.500 €
 - Breite der Spanne an Preisen zwischen 10.000 € und 20.000 €
 - Zusätzlich für Batteriespeicher 10 kWh: 8.000 €...9.000 €
- Weitere Optionen/Kostenfaktoren/-Treiber:
 - Modifikation und Modernisierung der Zählerschranks
 - Leistungsmerkmale in der Systemtechnik: Schwarzstartfähigkeit, Notstromfähigkeit, Hausautomationsintegration
 - Wallbox
 - Beim Vergleich beachten: Beratung, Sonderwünsche, bauseits zu erbringende Leistungen wie Gerüst, Durchbrüche..

<https://www.pv-magazine.de/2024/03/11/pv-magazine-installateursumfrage-photovoltaik-anlagen-und-speicher-sind-oftmals-guenstiger-als-vor-einem-jahr/>

Anlage mit 14 kWp; 70m ² ; steile Südausrichtung;	
Jahresproduktion	17700 kWh
Jahreshaushaltstromverbrauch	5000 kWh
Eigenverbrauch	34%

Reales Beispiel

Einnahmen und Ersparnisse	kWh p.a.	Jahre	Preis/kWh	Summe
Vermiedener Strombezug	1700	20	0,32 €	10.880,00 €
Einspeisevergütung	16000	20	0,078 €	25.005,71 €
Summe				35.885,71 €

Investition	kWp		€/kWp	Summe
PV-Anlage	14		1.430,00 €	20.000,00 €
Zählerschrank				4.000,00 €
Pauschale für Wartung und Risiko WR-Tausch				4.000,00 €
Zuschuss Stadt Waiblingen				- 1.000,00 €
Steuerersparnis (20% aus max 6T€ von Steuerschuld)				- 1.200,00 €
Summe				25.800,00 €

Gewinn in 20 Jahren				10.085,71 €
Gewinn (vereinfacht) nach Abschreibung p.a.		2,0%		504,29 €
Break even nach		14,38	Jahren	

Vermiedener CO₂ Ausstoß in 20 Jahren:			153.636	kg
---	--	--	----------------	-----------

Die Billiglösung

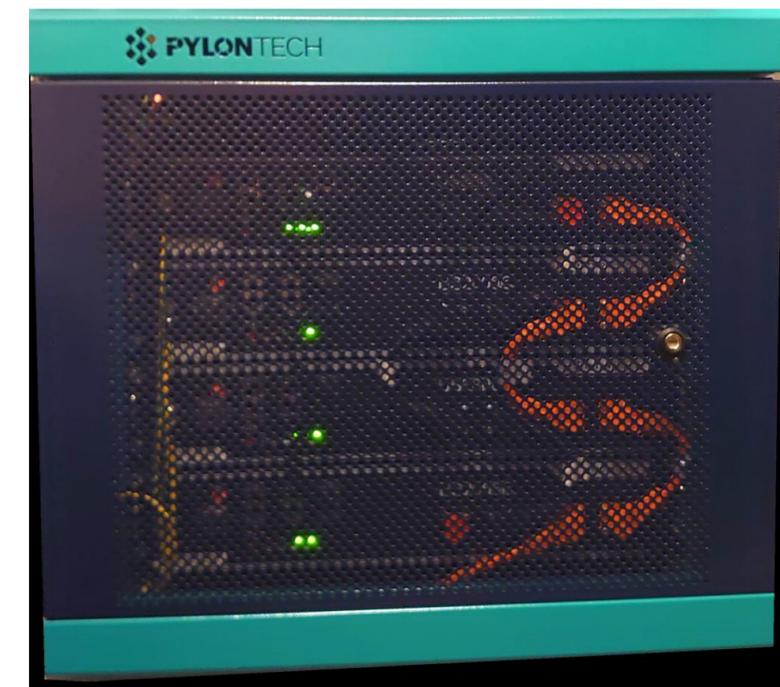
- Mini-PV-Anlage mit 2 kWp Modulleistung und (z.B.) 3 kWh Batteriespeicher
 - Als Plug'n Play-Lösung vollständig durch Laien installierbar (Garage, Gartenhaus, Balkon, Fassade, Rasenfläche, Zaun, Dach).
 - Batterieladen mit voller Leistung
 - Netzeinspeisung mit max. 800 Watt
 - Systeme (Module, Modul-WR, Batterie, ggf. SmartMeter)
 - mit per App einstellbarer, fester Einspeiseleistung
 - Regelnd: Entweder mit „extra SmartMeter“ im Zählerschrank*
 - Durchschleifen vs. Messwandlerclips
 - Funk- vs. drahtgebundener Datenübertragung zur Batteriesteuerereinheit
 - oder mit „Infrarotlesekopf“ am Zähler des Netzbetreibers + Funk

Für unter 2500 € erreicht man 30..40% Autarkie.

(3 MWh Haushaltsverbrauch, Südausrichtung. 800 W-Grenze unberücksichtigt. *Elektrofachkraft erforderlich)

Erfahrungsbericht #1

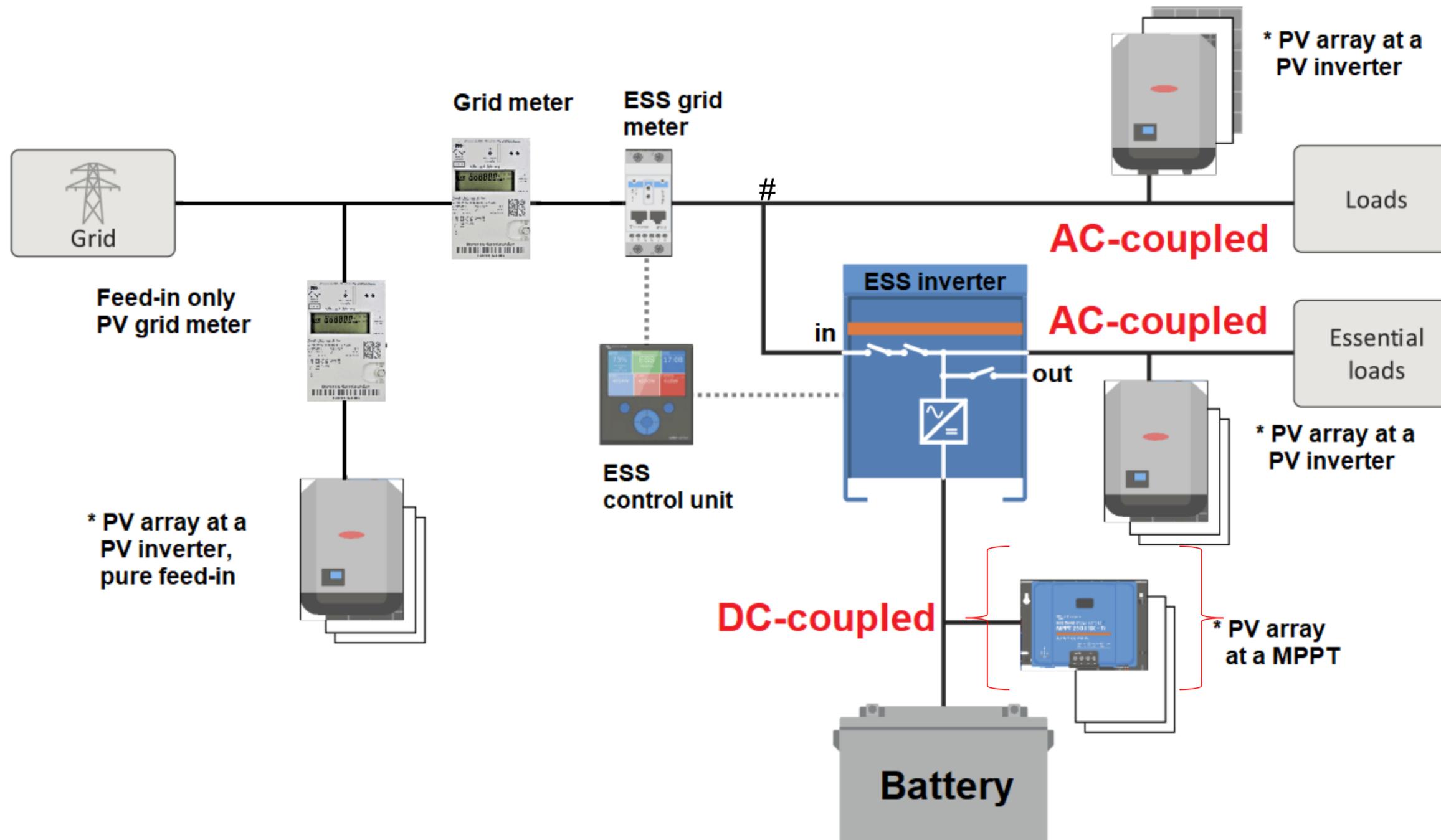
- Anlage
 - 6 kWp Modul-WR-Leistung (Dach, Garage, 2xMini-PV)
 - überwiegend Südwestausrichtung mit 30° Dachneigung
 - Stromspeicher mit 9,6 kWh (SOC_min=20%)
 - Warmwasserspeicher mit 300 Litern und stufenlosem 2,7 kW-Heizstab (via JavaScript/iobroker auf Raspi 4)
- Haushalt
 - 4 Personen (2 Erwachsene, 2 Jugendliche)
 - 3.100 kWh Stromjahresbezug (mit 600 W Mini-PV-Anlage)
 - zentrale Warmwassererwärmung (mit Gas)



Erfahrungsbericht #1

- Betrieb mit Vorrang des [...]Speichers sommers
 - Warmwasser: bis spätestens 14:00 Uhr auf 58°C geladen
 - Strom: bis spätestens 19:00 Uhr auf 58°C geladen
- Tägliche Entladung des Stromspeichers auf 60..70% im Frühjahr
- Strombezug ohne PV = 3.100 kWh / 365 d = 8.5 kWh/d
- Strombezug mit PV+Speicher in kWh / d (2024)
 - Januar bis Mai: 5.2 => 4.9 => 1.9 => 0.9 => 0.8
 - Resteinspeisung April, Mai in kWh: 108, 228 (€€€ Vergütung >= Strombezug)
- Warmwasserbereitung ab April allergrößtenteils mit Überschussstrom
(Gaspreis = 11 ct/kWh steigend, EEG-Vergütung = 8 ct/kWh sinkend)
- Simulation: Autarkiegrad = 74% (Rest-Strombezug = 806 kWh)
- Eigene Hochrechnung: Autarkiegrad = 72% (Rest-Strombezug = 872 kWh)

Erfahrungsbericht #1 - Anlagenschema



AC-coupled: PV-Gleichstrom wird in Wechselstrom umgewandelt und direkt zur Deckung des momentanen Eigenbedarfs genutzt. Zum Laden der Batterie wird er in Gleichstrom umgewandelt.

DC-coupled: PV-Gleichstrom wird direkt zum Laden der Batterie verwendet und zur Deckung des momentanen Eigenverbrauchs in Wechselstrom umgewandelt.

* optional

Anschlussstelle des Heizstabs, der Wallbox, Wärmepumpe und weiterer, steuerbarer Verbraucher

Erfahrungsbericht 2

Anlage

- Anlage mit 14 kWp (36 Module; 72 m²) auf 55 Grad Süddach)
- Batteriespeicher 10 kWp
- Ersatz des Zählerschranks (>50 Jahre alt)
- Erweiterung um 9 kWp auf 17 Grad Garagendach DIY

Projekt

- Beauftragung im Mai 2022; Abschluss im Nov 2023
- Vertrauen in große Firma geschädigt; nie mehr Monteur >100 km
- Nacharbeiten meinerseits erforderlich
- Zusammenarbeit mit Stadtwerken gut
- Kosten: mündlich; "Förderung": 0% MwSt; 1T€ von der Stadt WN

Status

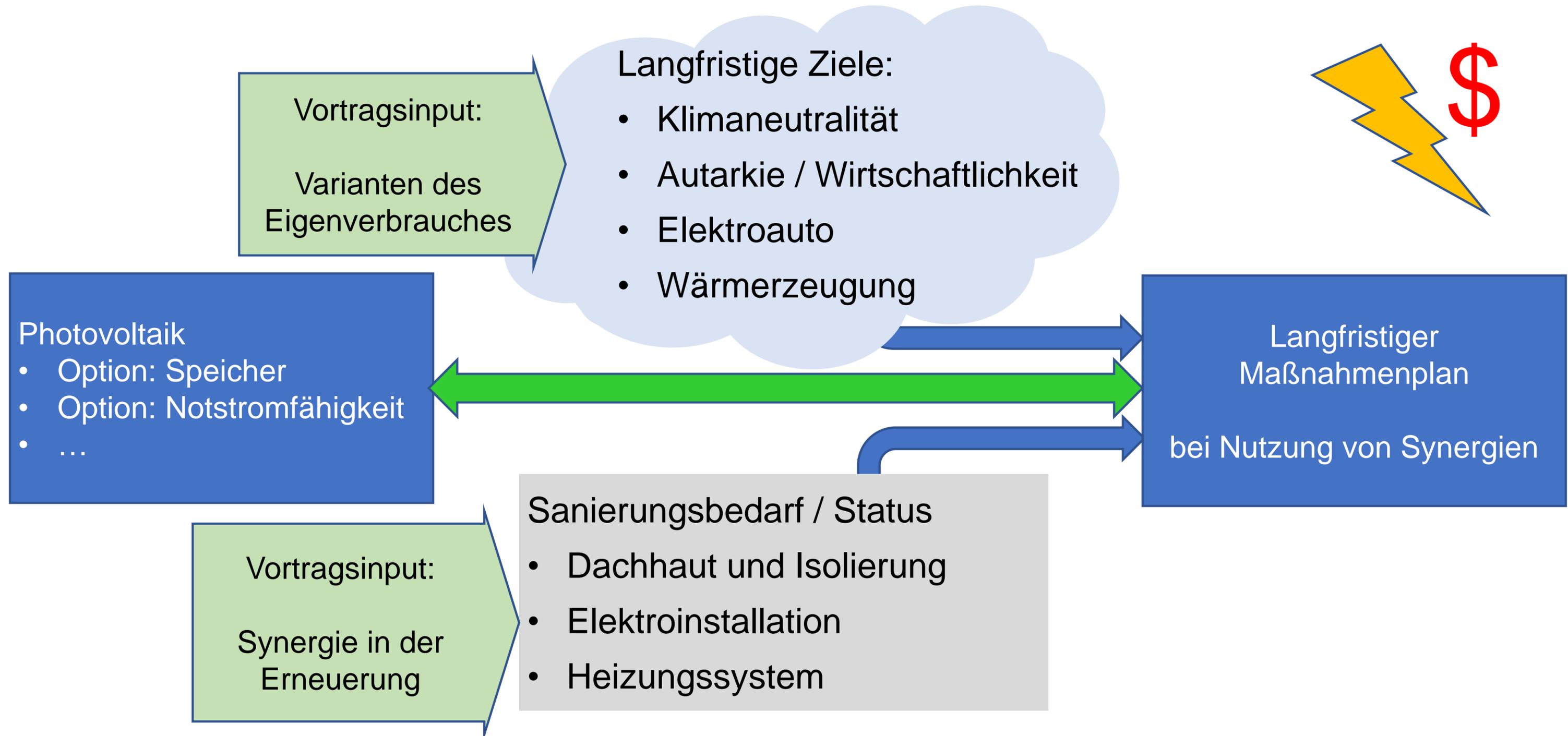
- Anlage läuft stabil und ohne Probleme
- Erträge über der Prognose; „break even“: 10,2 Jahre
- Autarkiegrad: Jan / Feb / Mrz_folgende: 70% / 80% / 90 % / 98%
- 10 kWh Speicher passt für 4 Personen
- Module auf 17 Grad Dach reinigen sich nur teilweise selbst



Eigenverbrauch aus PV:
5 000 kWh p.a.

Dazu Einspeisung:
15 000 kWh p.a.

Was sie für sich festlegen sollten...



Thema	Referent	Rolle
Einführung und Vorteile einer PV; Pflichten	Christoph Lösel	Waiblingen-Klimaneutral und Anlagenbetreiber
Technik und Komponenten einer PV	Willy Reiss	Waiblingen-Klimaneutral und Anlagenbetreiber
Anlagenauslegung und Wirtschaftlichkeit	Willy Reiss	
Erfahrungsbeispiele	Willy Reiss Christoph Lösel	
Varianten des Eigenverbrauchs	Christoph Lösel	
Synergie in der Erneuerung	Christoph Lösel	
Diskussion	alle	



Varianten des Eigenverbrauchs: Heizstab

Systemkonfigurationen, absteigend geordnet nach typischer Wirtschaftlichkeit

Direktverbrauch

- Erzeugung und Nutzung müssen zeitgleich erfolgen.
- Die abgerufene Leistung sollte die erzeugte Leistung idealerweise nicht übersteigen.

*Direktverbrauch plus Wasserspeicher

- Überschüssige Energie wird mit günstiger Technik in ein günstiges Speichermedium eingelagert.
- Erhöht den Eigenverbrauch und spart bis zu 60% des Gases/Öls für WW-Erwärmung im Jahr.
- Bestandsheizung heizt ggf. auf Zieltemperatur nach.
 - Erlaubtes Zeitfenster für WW-Erwärmung auf Abends einstellen oder den
 - Ladefreigabeeingang verwenden, um das Erwärmen des Wasserspeichers zu verhindern.
 - Kann im Sommer ganz ausgeschaltet werden.

* Erfordert i.d.R. ein EnergieManagementSystem

Varianten des Eigenverbrauchs: Speicher

Direktverbrauch plus Stromspeicher

- Zeitliche Entzerrung von Erzeugung und Nutzung (Entladung über Nacht)
- Lastspitzen können auch mit PV-Strom abgedeckt werden.
- Generell netzentlastend in der Nacht und an ertragsschwachen Tagen
- Besonders netzentlastend, wenn das Laden bis zur Mittagszeit verzögert wird.
- Verluste beim Laden und Entladen
- Reduzierte Wirtschaftlichkeit (~8 ct/PV-kWh + ~6 ct/Batterie-kWh)
- Umweltschäden durch Lithium-Abbau (Anm.: wie auch beim Öl oder Bergbau im Allgemeinen)
- Salzwasserbatterien sind eine kaum verfügbare Alternative mit schlechteren Wirkungsgraden und Leistungseigenschaften

*Direktverbrauch plus Stromspeicher und Heizstab

- Variante 1: Der Stromspeicher wird schonend geladen – gleichzeitig mit der Wassererwärmung.
- Variante 2: Es wird der Stromspeicher geladen, danach erhält der Heizstab allein den Stromüberschuss und bereitet bis zum Abend das Warmwasser
 - Beispielhaushalt: sommers bis spätestens 16:00 Uhr auf 58°C geladen

Varianten des Eigenverbrauchs: E-Auto

*Direktverbrauch plus [...] und E-Auto / smarter Wallbox

- Erlaubt es, den Stromspeicher des Autos zu nutzen
- Überschussladen
 - Automatisches PV-Überschussladen ist Stand der Technik
 - mittels Freigabesignal mit konstanter Leistung
 - mit variabler Leistung, um den PV-Überschuss restlos zu verwerten („Lade auf mindestens 60% bis morgen, 10:00 Uhr“)
 - Manuelle Ladesteuerung auf der Basis von Erfahrungswerten als Alternative
 - (Das Laden mit konstanter, geringer Leistung (per App) manuell starten und stoppen.)
- Setzt Anwesenheit des Autos voraus!
- E-Auto-Besonderheiten
 - Mindestladeleistung unterschiedlich (oft 1 * 1,4 kW, oder 3 * 1,4 kW)
 - Umschaltung des Ladens 1p/3p (kann nicht jede Wallbox)
 - Anzahl der Ladestarts/-stopps bis zum nächsten Zündvorgang ist tlw. limitiert
- Energiefluss von der Hausbatterie zur Autobatterie zu vermeiden

Varianten des Eigenverbrauchs: Wärmepumpe

*Direktverbrauch plus [...] und Wärmepumpe bzw. Klimaanlage

- WP mit Kühlfunktion oder Klimaanlage: Zeitgleichheit von Erzeugung und Verbrauch
- Erhöht den Eigenverbrauch
- WP haben zumindest einen rudimentären Ein/Aus- oder Solltemperaturerhöhungssteuereingang (“SmartGrid-Ready“)
- WP sollte modulierend arbeiten („Inverter-Technologie“) und mit dem EMS kommunizieren können
 - ermöglicht restlose PV-Überschussverwertung

Varianten des Eigenverbrauchs: Wärmepumpe

Schritt 1: Wärmepumpen Planung

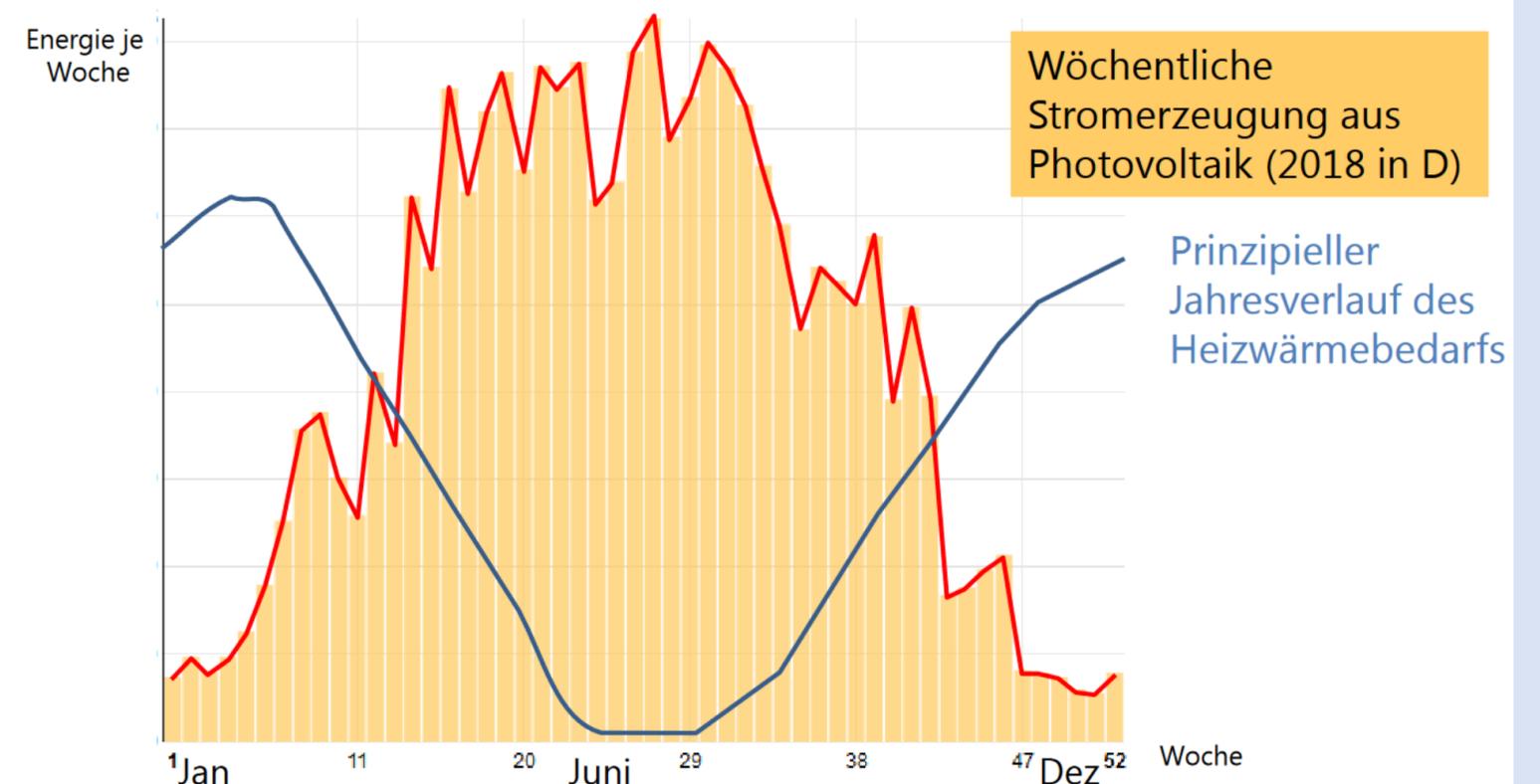
- Bestandsgebäude
- Eignung des hydraulischen Systems
 - **Nötige Vorlauftemperaturen**
 - Wasserdurchsatz
- Wärmebedarf / ggf. Dämmmaßnahmen
- Investitionsbedarf (trotz Förderung) und Wirtschaftlichkeitsrechnung
- Geeigneter, verfügbarer und kostenmäßig vertretbarer Planer/Installateur

Peter Klafka:

https://www.youtube.com/watch?v=Cm5_jPSaPto

Schritt 2: Zusammenspiel mit der PV

- WP haben zumindest einen rudimentären Ein/Aus- oder Solltemperaturerhöhungssteuereingang (“SmartGrid-Ready“)
- **Potential zur Nutzung PV für WP ist limitiert**



Energie Management System

Standardverbrauchsprioritäten eines EMS für PV-Stromüberschüsse

1. Direktverbrauch
2. Steuerbare Direktverbraucher („smarte“ Waschmaschine / Geschirrspüler, Funksteckdosen)
3. Hausstromspeicher
4. E-Auto
5. Wärmepumpe
6. Heizstab / Warmwasserspeicher
7. Überschusseinspeisung

Weitere Möglichkeiten eines EnergieManagementSystems

- Unterstützung tageszeitabhängiger Stromtarife (24h-Preisvorschau)
 - In BRD: Gezieltes Laden mit günstigem Strom, Entladen nur zum Eigenverbrauch gestattet
 - Z.B. E-Auto-Laden zum Marktpreis (sommers von 12-13 Uhr zu 4 ct/kWh)
- PV-Ertrags- und Stromverbrauchsprognose nutzen (one day ahead)

Arten von Energiemanagementsystemen

- herstellerabhängig: oftmals in Hybridwechselrichtern integriert oder vom gleichen Hersteller als Zusatzmodul erhältlich (z.B. SMA [Home Manager](#))
- unzählige herstellerunabhängige
 - Programmierung/Regeln in gebrauchsfertigen Heimautomatisierungssystemen
 - DIY-Lösungen mit Raspberry Pi und z.B. [iobroker/nodered](#) oder [evcc.io](#) (mit App)
 - spezialisierte Geräte wie z.B. [SmartDog](#) und [SmartFox](#)
 - Teilfunktionen in smarten Wallboxen wie etwa [openWB](#), die direkt mit einem Zähler, Hybridwechselrichtern/BMS, smarten Heizstäben und der Cloud des Autofabrikanten kommuniziert.

Für die meisten Anwender und Installateure dürfte „alles aus einer Hand mit Kompromissen“ ausreichend und langfristig am leichtesten wartbar sein.

Thema	Referent	Rolle
Einführung und Vorteile einer PV; Pflichten	Christoph Lösel	Waiblingen-Klimaneutral und Anlagenbetreiber
Technik und Komponenten einer PV	Willy Reiss	Waiblingen-Klimaneutral und Anlagenbetreiber
Anlagenauslegung und Wirtschaftlichkeit	Willy Reiss	
Erfahrungsbeispiele	Willy Reiss Christoph Lösel	
Varianten des Eigenverbrauchs	Christoph Lösel	
Synergie in der Erneuerung	Christoph Lösel	
Diskussion	alle	



Denken Sie langfristig...



Dach

- Wie lange ist Ihre Dachhaut noch intakt? Wenn die Dachpfannen älter sind: Wie viel Ersatz haben Sie oder ist noch beschaffbar?
- Steht ein Verkauf oder Vermietung an? => Eventuelle Dämmpflicht des Daches?
- Kann das aufgestellte Gerüst auch für Fassadenarbeiten genutzt werden?
- Werden Sie eine Dachüberstandserhöhung benötigen, um die Fassade dämmen zu können? => Ggf. mehr Module platzierbar
- Stehen weitere Arbeiten an, z.B. eine Kaminkopfsanierung?
- Abspannung des Dachständers abänderbar?

Wird es ohnehin Zeit...

...für eine Erneuerung der Elektroinstallation?

- Ist sowieso eine Generalsanierung angebracht (noch zweiadrige Leitungen)?
- PV-Installation => Änderung Bestandsschutz
- Mit dem Netzbetreiber abklären, ob der neue Zähler aus Kulanzgründen im alten ZS gesetzt wird.
- Neuer Zählerschrank erforderlich?
 - Nicht mehr statthaft oberhalb von Treppenstufen etc.
 - Hauptstromleitung zw. HAK und ZS ist ggf. zu ersetzen ($4 \times 10 \text{ mm}^2 \Rightarrow 5 \times 16 \text{ mm}^2$)
 - Leitungsführung der HSL festlegen



Investieren in die Zukunft

Zählerschrank

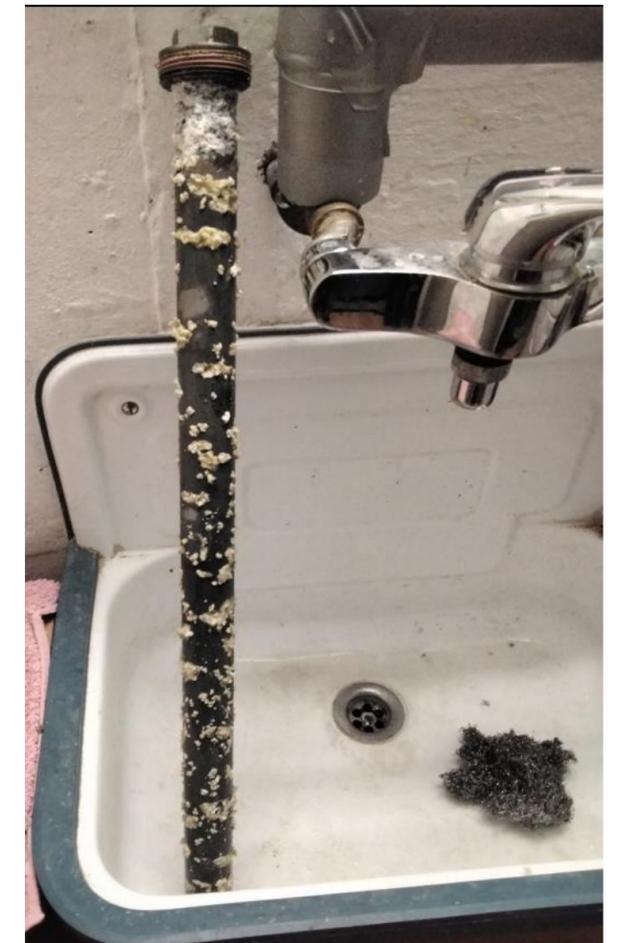
- Neue Anforderungen: Blitz- und Überspannungsschutz, Selektive Hauptschalter, Fehlerstromschutzautomaten
- Kein Platzmangel im Verteilerfeld für Einbauten der PV-Anlage + eigenen Zähler
- Platz für ein Rundsteuergerät/TSG für 22 kW-Wallbox und künftige Wärmepumpe
- Zweiter Zählerplatz für Wallbox und/oder WP für günstigen Stromtarif
- Platz für den Router des SmartMeters, um zeitvariable Tarife nutzen zu können

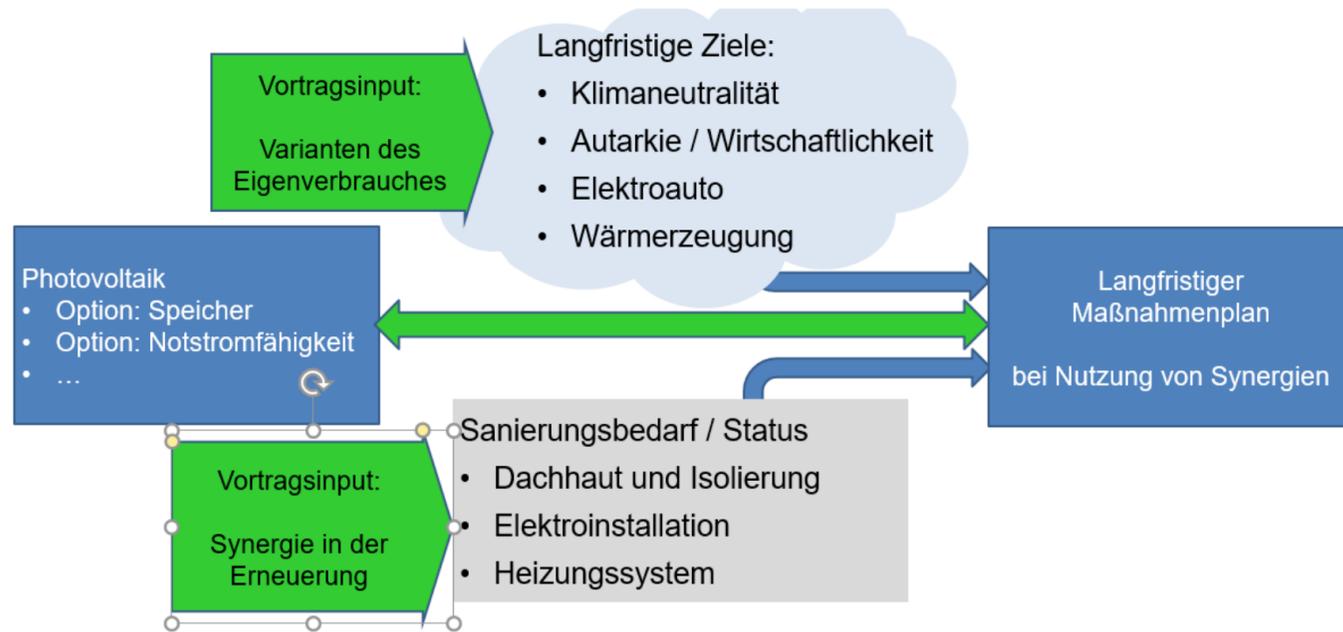


Überlegungen zur Warmwasserbereitung

Ist eine Warmwasserbereitung mit Überschussstrom gewünscht?

- Speicher dafür vorbereitet oder speicherexterne Lösung erforderlich?
- Heizstabausführung passend zum Speicher-material (Edelstahl/Kunststoff/emailliert, mit/ohne isoliertem Einbau der Heizwendel zur Korrosionsvermeidung)
- stufenlose Ansteuerbarkeit sinnvoll
- Heizstab mit Sicherheitstemperaturbegrenzer!
- Temperaturregler intern oder extern
- Opferanode ggf. erneuern oder eine Fremdstromanode einbauen
- manuelle Entkalkung alle ein bis zwei Jahre!





PV soll in die Landschaft der künftigen Maßnahmen passen und sie mit vorbereiten

Podiumsdiskussion nach den Vorträgen



Vielen Dank für Ihr Interesse!

Download des Vortrags

<https://waiblingen-klimaneutral.de/pv>



Weiterführende Informationen

Link	Inhalt
https://waiblingen-klimaneutral.de/balkon-pv/	Präsentation zu Mini-PV-Anlagen
https://eg-naturstrom.de/	Präsentation von 2023 mit umfangreichem Teil zum Energiemanagement
https://www.energie-wt.de/	Bürgerenergiegemeinschaft Weissacher Tal eG
https://energieagentur-remsmurr.de/	Energieagentur Rems-Murr gGmbH
https://www.buergerenergie-schwaikheim.de/post/vortragsfolien-vom-solarstrom-infoabend	Präsentation von 2022 mit umfangreicherem Teil zur PV-Technik
https://www.test.de/Photovoltaik-rechner-1391893-0/	Wirtschaftlichkeitsberechnung
https://www.solarserver.de	Rechner zur Abschätzung des Jahresertrags
https://solar.htw-berlin.de/rechner/	Mehrere PV-Rechner
https://energieagentur-remsmurr.de/	Beratung für Bürger des Rems-Murr-Kreises
https://www.stadtwerke-waiblingen.de/EEG_u_Einspeiser.html	Informationen und Formulare der Stadtwerke Waiblingen
https://www.waiblingen.de/de/Die-Stadt/Unsere-Stadt/Nachhaltigkeit-Umwelt/Energie-Klimaschutz/Foerderprogramm-Klimaschutz	Förderprogramm der Stadt Waiblingen
https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/erneuerbare-energien	Zahlreiche Informationen zu PV
https://www.photovoltaikforum.com/	Großes, deutschsprachiges Diskussionsforum rund um PV
pv-magazine.de	Ratgeber Balkon-PV

Blitzschutz und Überspannung

„Eine Photovoltaik-Anlage auf dem Dach eines Gebäudes erhöht die Wahrscheinlichkeit eines Blitzeinschlags nicht!“ Quelle: [VDE](#)

- Blitzableiter vorhanden: PV muss eingebunden/daran angeschlossen/ sein
- Kein Blitzableiter vorhanden:
 - Potentialausgleich (=Erdung) ist auszuführen; Empfehlung: ähnlich Blitzableitung
 - Bei vorhandenem Dachständer: 1 m Abstand zur PV

Zum Schutz der vorhandenen Hauselektrik

- Überspannungsableiter (SPD Typ II) im Zählerschrank
- Ggf. zusätzlich SPD Typ II nahe der Solarkabeleinführung in das Haus (oft schon im WR integriert)
- bei „Dachständer“ außerdem ein Blitzstromableiter (SPD Typ I)

Brandschutz

- Fachgerecht installierte und gewartete Photovoltaikanlagen bedeuten keine erhöhte Brandgefahr.
- Im Fall eines Brandes wird die PV-Anlage mit dem vorgeschriebenen DC-Freischalter getrennt und der Wechselstromkreis abgeschaltet.
- Die Feuerwehren können mit PV-Anlagen umgehen!
- Es gibt Schutzkleinspannungs-PV-Anlagen, z.B. mit 4x/6x-Modulwechselrichtern. Diese sind etwas aufwändiger in der Installation.
- Lesenswerter Studienbericht: <http://www.pv-brandsicherheit.de>.

Garantien - Gewährleistung

- Nahezu alle Komponentenhersteller geben eine **Produkt- und eine Leistungsgarantie**.
- Die **Produktgarantie** geht zeitlich über die gesetzliche Gewährleistung hinaus.
- Die **Leistungsgarantie** sichert eine festgelegte Leistung für Laufzeiten von 10 bis 25 Jahren zu. Da die Module herstellungsbedingt Leistungstoleranzen aufweisen, ist es wichtig zu prüfen, welche Leistung für welchen Zeitraum garantiert wird.
- Die **Gewährleistungsfrist ist gesetzlich vorgeschrieben**: sie beträgt bei Auf-Dach-Anlagen 2 Jahre, bei In- Dach-Anlagen 5 Jahre. Während dieser Fristen muss der Installateur für den einwandfreien Betrieb der Photovoltaikanlage einstehen und gegebenenfalls Nachbesserungen vornehmen oder die Anlage austauschen.

Anmeldung und Registrierung

- Meldung bei der Bundesnetzagentur im **Marktstammdatenregister**: Alle Photovoltaikanlagen und Batteriespeicher sind der Bundesnetzagentur zu melden. Die Meldung muss **innerhalb eines Monats** nach Inbetriebnahme durch den Anlagenbetreiber unter www.marktstammdatenregister.de erfolgen.
- Anmeldung bei, und Genehmigung (Speicher) durch den **Netzbetreiber** ist Pflicht ([Stadtwerke Waiblingen](#)). Dies übernimmt der Installateur zusammen mit der Zähleranforderung.
- Bei geplanter Wallbox um Netzverträglichkeitsprüfung bitten. (Ergebnis: 11 kW oder 22 kW)
- Einspeisevertrag: Nach dem Erneuerbare-Energien- Gesetz (EEG) ist der Stromnetzbetreiber (SWWN) verpflichtet, den Strom von PV-Anlagen abzunehmen. Die meisten Netzbetreiber schlagen den Abschluss eines Einspeisevertrags vor.

Versicherungen

- Gute, private **Haftpflichtversicherungen** decken PV-Anlagen i.d.R. bis 10 kWp ab.
- Grundsätzlich sollten Investitionen abgesichert werden => Sachversicherungen
 - Photovoltaikanlagen können über eine **bestehende Wohngebäudeversicherung** mitversichert sein, sofern sie nicht in den Versicherungsbedingungen ausdrücklich ausgeschlossen sind. Wurde zusätzlich eine Elementarschadenversicherung als Ergänzung zur Wohngebäudeversicherung abgeschlossen, ist die Anlage auch gegen Schäden durch Überschwemmung, Schneedruck, Lawinen, Erdbeben, Erdsenkung und Erdrutsch versichert.
- **Premiumschutz:** Eine **PV-Anlagenversicherung** inkl. Ertragsausfall, falls durch Schaden kein Ertrag erwirtschaftet werden kann.
 - Alle Schäden sind versichert, außer Verschleiß, Abnutzung, ältere Wechselrichter.
 - Kosten ca. 60 € - 75 € für guten Schutz.
- PV-Anlagen müssen einer bestehenden HP- oder WG-Versicherung gemeldet werden.

Was sie für sich festlegen müssen...

• Zieldefinition: Maximale Rendite, maximale Einsparung, maximale CO²-Reduktion?

• Was wollen Sie? Nur die PV-Anlage oder

- mit Batteriespeicher?
- Ersatzstrom: Manuelle oder automatische Umschaltung? Schwarzstartfähig? Generatoransteuerung? Ein- oder dreiphasig / für ausgewählte oder alle Stromkreise?
- mit Warmwasserbereitung?
- PV-Überschussladen des E-Autos oder nur eine „dumme“ Wallbox?
- Energiemanagementsystem / Einbindung in ein vorhandenes Hausautomatisationssystem?
- Alles von einem Hersteller oder ein „offenes“ System?
- Größe des Budgets? DIY denkbar ([OpenDTU-OnBattery](#))?
- Selber mit ein, zwei Mini-PV-Anlagen ergänzen (z.B. mit Ost- und Westausrichtung)?