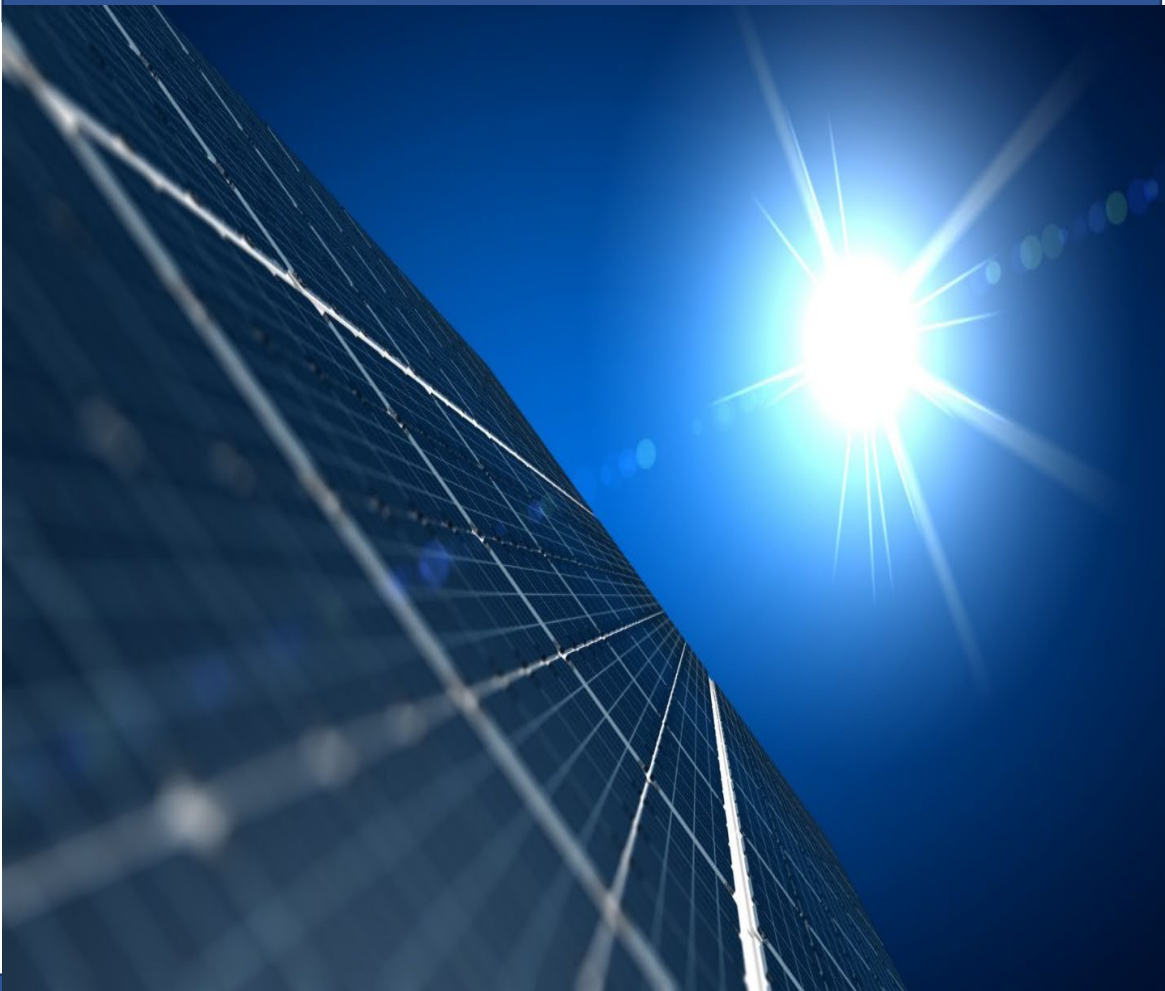


Gerald Kuntze-Fechner

Ratgeber zur eigenen Photovoltaikanlage



...für eine nachhaltige und zukunftsfähige Entwicklung in Gmund

Arbeitskreis Energie und Umwelt

1. Auflage, April 2024

Impressum:

Herausgeber: AGMUNDA21 – Arbeitskreis Energie und Umwelt Gmund
Redaktion/Inhalt: Gerald Kuntze-Fechner
Titelbild: aus dem Internetportal des Umweltbundesamtes *
Druck: WIRmachenDRUCK GmbH, Mühlbachstraße 7, 71522 Backnang
Auflage: 200 Stück – freie Verteilung
1. Auflage, April 2024

Diese Broschüre ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte vorbehalten © Gerald Kuntze-Fechner

* https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2294/bilder/solarpanel_vege_fotolia_52813117_m.jpg [abgerufen am 8.3.2024]



1

Vorwort

Die steigende Häufigkeit und die Schwere von Naturkatastrophen, wie auch der heftige Hagel im Jahr 2023 hier am Tegernsee, zeigen uns immer mehr die Klima- veränderungen auf. Was können wir persönlich tun? Eine Möglichkeit für Hausbesitzer ist es, eine Photovoltaikanlage auf seinem Dach zu installieren, um die eigenen Stromkosten zu senken und einen beträchtlichen Beitrag für das Klima zu leisten. So schafft man sich auch eine große Unabhängigkeit von externen Energiequellen und den weltweiten Preisverwerfungen.

Jedoch habe ich in verschiedenen Gesprächen immer wieder festgestellt, dass ein begrenztes Wissen über die Funktion und Möglichkeiten einer Photovoltaik-Anlage samt einer sinnvollen Projektierung herrscht. Deshalb haben wir im Arbeitskreis „Energie und Umwelt Gmund“ beschlossen, einen Ratgeber mit Tipps zur Umsetzung einer eigenen PV-Anlage zu erstellen. Die Richtwerte und Hinweise sind mithilfe eines eigenen Auslegungsprogramms und der Analyse von Daten einiger realisierten PV-Anlagen in dieser Gegend entstanden.

Dieser Ratgeber möchte möglichst viele in unserem Oberland dazu bewegen, eine PV-Anlage zu realisieren. Ich verspreche schon jetzt, dass alle nach der Inbetriebnahme Spaß an der eigenen Anlage haben werden, auf jede erzeugte Sonnenkilowattstunde stolz sind und achtsam mit dem Strom umgehen, der nicht durch die eigene PV-Anlage erzeugt wurde.

Gerald Kuntze-Fechner, im April 2024

¹ aus dem Internet: <http://www.wechsel-werk.de/wp-content/uploads/2011/04/photovoltaik.jpg> [abgerufen am 8.3.2024]



Inhaltsverzeichnis

1	Sinnhaftigkeit einer eigenen PV-Anlage	5
2	Aufbau des Ratgebers.....	6
3	Funktionsweise einer PV-Anlage.....	8
4	Persönlicher Energiebedarf – die Basis zur PV-Anlage.....	10
4.1	Energiebedarf Haushaltsstrom:.....	10
4.2	Energiebedarf Elektroauto:.....	10
4.3	Energiebedarf Heizung (Wärmepumpe):.....	10
4.4	Gesamt-Energiebedarf	11
5	Dimensionierung der PV-Anlage	12
5.1	Anlagengröße – Anzahl der Module.....	12
5.2	Größe des Batteriespeichers.....	14
5.3	Energiefluss eines Hausnetzes mit PV	15
6	Stromproduktion und Nutzung.....	16
6.1	Autarkie und Eigennutzungsgrad	18
7	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	18
7.1	Was kostet eine PV-Anlage?.....	18
7.2	Wie viel Stromkosten spare ich mir im Jahr?	19
7.3	Wann ist die PV-Anlage amortisiert?	19
8	Planung und Umsetzung	20
8.1	Eignung des Daches für eine PV-Anlage und Hinweise	20
8.2	Ortsnahe Firmen für PV-Anlagen.....	22
8.3	Bau der PV-Anlage	23
9	Bürokratisches	24
9.1	Genehmigung der PV-Anlage beim örtlichen Netzbetreiber	24
9.2	Anmeldung im Marktstammdatenregister der Bundesnetzagentur.....	25
9.3	Inbetriebnahme Protokoll.....	26
9.4	Steuerliche Behandlung von PV-Anlagen.....	26
9.5	Finanzielle Förderung der PV-Anlage	27
9.5.1	KfW Kredit 270 „Erneuerbare Energien Standard“	27
9.5.2	Einspeisevergütung.....	27
9.5.3	Entfall der Mehrwertsteuer bis 30 kWp Anlagen.....	28
10	Nachhaltigkeit und Recycling.....	28
10.1	PV-Module.....	28
10.2	Batteriespeicher	29
10.3	Einsparung von CO2 pro kWh	32
11	Schlussbemerkung.....	32
12	Anlage: Beispiele für PV-Anlagen	33



1 Sinnhaftigkeit einer eigenen PV-Anlage

Die Kernfrage ist: Macht eine eigene PV-Anlage überhaupt Sinn? Kann sie jemals die Investitionen decken? Ich denke, dass hierbei zwei Hauptpunkte eine Rolle spielen. Erstmal soll sie wirtschaftlich sein und mir Kosten ersparen und zweitens spielt sicher auch der Umweltgedanke eine Rolle. Jeder hat doch das Bedürfnis, einen positiven Beitrag für das Klima zu leisten.

Die PV-Module sind durch eine vollautomatisierte Massenfertigung, vor allem leider in China, richtig günstig geworden. Während vor 20 Jahren die Module den Löwenanteil der PV-Anlagenkosten ausmachten, liegen diese heute nur noch bei etwa 20% der Gesamtinvestition. Deshalb sollte die PV-Anlage lieber größer als zu klein geplant werden und mein Appell an alle ist: **Versucht so viele Module wie möglich auf euer Dach zu platzieren.**

Sicherlich wird zukünftig durchaus ein Elektroauto in der Garage stehen, das mit Sonnenstrom nicht nur umweltfreundlich, sondern auch kostengünstig fahren wird. Aufgrund des Verbots fossiler Heizungen ab 2045 sollte man in jedem Fall überlegen, ob nicht mittel- oder langfristig eine Wärmepumpe das Heizen des Hauses und die Warmwasserbereitung übernehmen könnte, betrieben mit eigenem Strom.

Nichtsdestotrotz wird eine PV-Anlage auch nur für die Bereitstellung für seinen eigenen Hausstrom Sinn machen. Durch den Wegfall der Mehrwertsteuer seit Anfang 2023 ist die Anlageninvestition deutlich günstiger geworden. Die Aufweitung von privaten Anlagen von 10 kWp auf 30 kWp erlaubt die einfache und unbürokratische Umsetzung, insbesondere auch bei der steuerlichen Behandlung. Weiterhin ist zu bedenken, dass Strom und Benzin aus fossilen Energieträgern durch die CO₂ Bepreisung zukünftig immer teurer werden.

Die gesamten Anlagenkosten für eine PV-Anlage mit einer Größe von etwa 9 kWp samt 14 kWh Batterie werden bei ca. 25.000 € liegen. Die jährliche Ersparnis beträgt für einen Stromverbrauch im Haushalt von 5500 kWh, einem Netzstrompreis von 30 Cent/kWh und einer Einspeisevergütung von 8 Cent/kWh, etwa 1.600 €. Mit einer Inflationsrate von 3% liegt die Amortisationszeit der Anlage bei etwa 13 Jahren. Diese Daten zeigen sehr wohl, dass es Sinn macht, eine eigene PV-Anlage umzusetzen und mit dem Vorhaben zu beginnen.

Die Frage eines Batteriespeichers wird häufig kontrovers diskutiert. Meine Empfehlung ist in jedem Fall, einen richtig dimensionierten Batteriespeicher einzusetzen. So steigert sich die Autarkie der Anlage, die Unabhängigkeit vom Netzbetreiber, von etwa 35% Direktnutzung um 30% mit einer Batterie auf etwa 65%. Auch rechnet sich die Amortisation eines Batteriespeichers, die bei etwa 12 Jahren liegt.

2 Aufbau des Ratgebers

Es wurde bereits gezeigt, dass es in jedem Fall Sinn macht, eine eigene PV-Anlage zu betreiben, denn mit etwa 11-13 Jahren Amortisationszeit ist es neben dem Umweltaspekt auch für seinen eigenen Geldbeutel eine lohnende Sache. Bevor es an die Auslegung und Planung einer PV-Anlage geht, werden allgemeine Informationen über die Funktionsweise einer Photovoltaikanlage gegeben.

Auf der nächsten Seite wird der Ablauf für eine Projektierung und Umsetzung einer PV-Anlage schematisch gezeigt. Zunächst muss der persönliche Energiebedarf ermittelt werden. Hier helfen für den Haushalt, das Elektroauto und die Wärmepumpe Näherungsformeln. Anschließend kann daraus die PV-Anlagengröße bzw. die Anzahl der Module sowie der Batteriespeicher definiert werden. Der grundsätzliche Aufbau einer PV-Anlage sowie deren Energiefluss wird dargestellt.

Einige Beispiele mit verschiedenen Ausbaustufen der PV-Anlage verdeutlichen die bis dahin gezeigten Grundlagen der Dimensionierung. Gezeigt werden schematische Jahresverläufe für Sonnenstrom-Erzeugung, Stromverbrauch, Direktnutzung, Batterienutzung, Einspeisung und dem leider noch notwendigen Zukauf von Strom aus dem Netz. So werden die Vorschläge für die Projektierung der PV-Anlage nochmals verdeutlicht und klarer.

Für die gesamte Anlage werden nun anhand Erfahrungskennwerten die Kosten ermittelt, um die finanzielle Belastung gut abschätzen zu können. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und Amortisationshinweise runden das Kapitel ab.

Dann kann es an die konkrete Planung und Umsetzung des Vorhabens gehen. Hinweise aus der Praxis liefern wichtige Punkte, die bei der Umsetzung und Installation beachtet werden sollten. Adressen von Firmen zeigen ortsnahe Solarteure, die PV-Anlagen planen, umsetzen, in Betrieb nehmen und anmelden können.

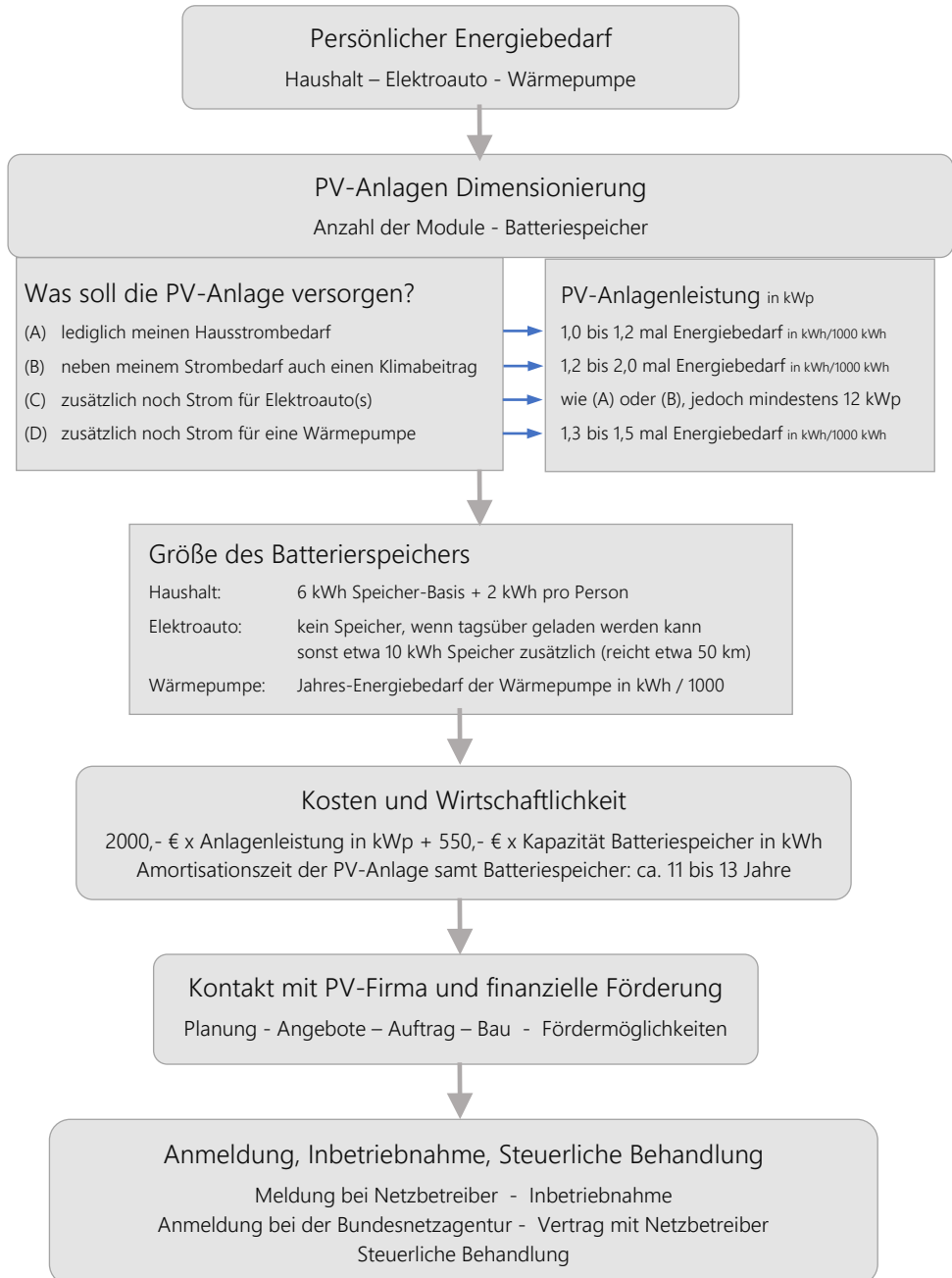
Interessant sind natürlich finanzielle Förderungen von staatlicher Seite, wie Kredite der Kreditanstalt für Wiederaufbau KfW, Vergütungen gemäß dem Erneuerbaren Energie Gesetz EEG und der Entfall der Umsatzsteuer für PV-Anlagen. Auch werden die Themen wie Meldung der PV-Anlage beim Netzbetreiber, Registrierung bei der Bundesnetzagentur, Vertrag mit dem Netzbetreiber sowie die steuerliche Behandlung von PV-Anlagen beleuchtet.

Zuletzt wird die Nachhaltigkeit und das Recycling der Solarmodule und Batteriespeicher diskutiert und entsprechende Sachverhalte dargestellt.

In der Anlage sind 4 Beispielanlagen mit relevanten Daten genauer beschrieben.



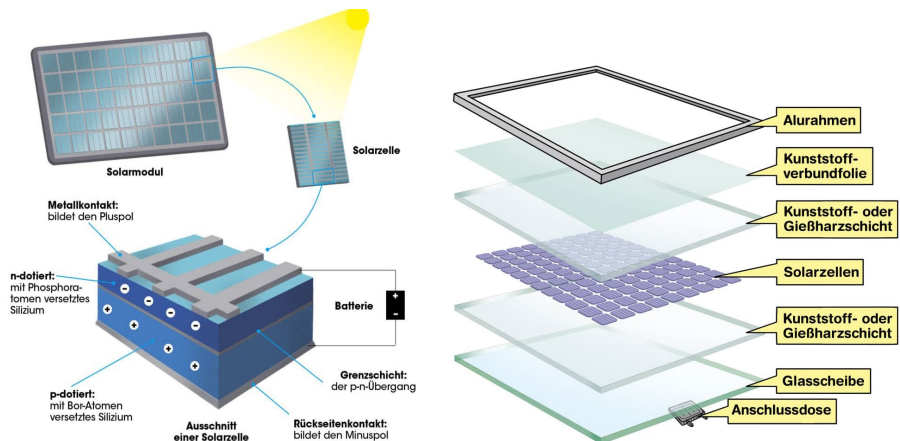
Ablauf eines persönlichen PV-Anlagen-Projektes



3 Funktionsweise einer PV-Anlage

Im Wort Photovoltaik steckt „Photos“ griechisch Licht und „Volt“, die Einheit für Spannung, die zu Ehren nach dem italienischen Physiker Alessandro Volta (1745-1827), ein Begründer der Elektrizitätslehre und Erfinder der elektrochemischen Batterie, benannt wurde. Photovoltaik bedeutet also einfach gesagt „Lichtstrom“. Und genau das machen diese bläulich schimmernden Platten auf den Dächern oder Wiesen. Sie erzeugen aus Licht Energie, den „Sonnenstrom“.

Die Entwicklung der Halbleitertechnik mit Phosphor und Bor versetztem Silizium ab 1950 hat auch zu dieser Zeit die ersten funktionstüchtigen Solarzellen für Satelliten hervorgebracht. Fällt Licht oder ein Sonnenstrahl auf das dotierte Silizium, werden durch diese „Photonenenergie“ Ladungsträger aus den Kristallbindungen gelöst und durch das elektrische Feld zu den außen liegenden Kontakten befördert. So entsteht ein durch Licht angetriggelter wiederholbarer Prozess, der an der Solarzelle eine Spannung von etwa 0,6 Volt liefert. Viele solcher etwa 0,2 mm dicker Solarzellen werden in einem Modul in Serie geschaltet und man erhält so eine Gleichspannung von etwa 40 Volt. Je nach Lichteinfall wird ein Strom von 0 bis 10 Ampere erzeugt, der dann pro Modul eine maximale Leistung von über 400 Watt zur Verfügung stellt. Heute liefern etwa 2,5 Module mit einer Fläche von um die 5 m² eine maximale Leistung von 1000 Watt oder 1 kW.



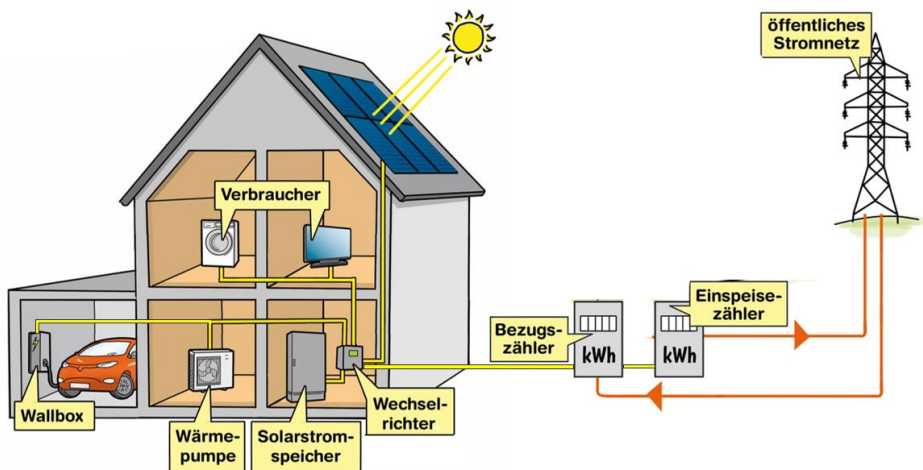
Funktion einer Solarzelle für das PV-Modul²

² aus <https://motorbootonline.de/app/uploads/2021/07/Solarzelle-Funktion-1024x935.jpg> (links)

und <https://www.solaranlage-ratgeber.de/wp-content/uploads/images/solarmodul-schematischer-aufbau-grafik-gb.jpg> (rechts) [abgerufen am 7.1.24]

Auf dem Ziegeldach des Hauses wird ein Aluminium-Montagegestell mit stabilen Dachhaken für die PV-Module angebracht. Dies ist die kostengünstigste Methode, die zugleich die Dichtigkeit des Daches und den Feuerschutz gewährleisten. Vom PV-Anlagenbauer werden die Module sinnvoll in Strings seriell verschaltet. Jeder String mit einer Spannung von 500 bis 800 V Gleichstrom wird mit dem Wechselrichter, der meist im Keller nahe des Netzkabels angebracht wird, verbunden. Dieser Wechselrichter ist das „Herzstück“ der PV-Anlage und er regelt und wandelt den Strom zwischen PV-Modulen, dem Solarstrom-Batteriespeicher, den Verbrauchern und dem öffentlichen Stromnetz. Hierbei muss für die Batterie Gleichstrom erzeugt werden, aber für die Verbraucher und das Netz wandelt der Wechselrichter den Gleichstrom in Wechselstrom. Der überschüssige Strom wird in das öffentliche Netz eingespeist, wofür man eine geringe Einspeisevergütung erhält.

Um optimaler hinsichtlich der Autarkie des Strombezugs zu werden, sollte die Anlage in jedem Fall einen Batteriespeicher erhalten. So erhöht man seinen Eigenverbrauch mit PV-Strom und reduziert die Einspeisung. Der Speicher arbeitet wie ein Puffer: Strom „rein“, wenn die PV-Anlage richtig gut liefert und Strom „raus“ wenn es Nacht ist oder Zusatz-Energie zum Laden des E-Autos benötigt wird. Mit einer Batterie, die aus den deutlich sichereren Lithium-Eisen-Phosphat Zellen (LiFePO₄) ohne Kobalt und Nickel bestehen sollte, wird die Autarkie deutlich gesteigert. Gerüchte, dass eine Batterie sich nicht rechnet, kann ich keinesfalls teilen.



Prinzip einer PV-Anlage³

³ aus <https://www.solaranlage-ratgeber.de/photovoltaik/photovoltaik-wartung/pv-anlage-liefert-keinen-strom-mehr-so-finden-sie-den-fehler> und <https://www.solaranlage-ratgeber.de/photovoltaik/elektromobilitaet/photovoltaik-anlage-fuers-elektroauto> (abgerufen am 7.12.24, Bilder modifiziert)



4 Persönlicher Energiebedarf – die Basis zur PV-Anlage.

Zunächst muss erst einmal der notwendige Jahres-Energiebedarf für seinen Haushalt ermittelt werden. Das Einfachste ist, diesen Bedarf aus den **Stromabrechnungen der letzten 3 Jahre** durchschnittlich zu ermitteln. Liegen diese nicht vor, oder plant man für die Zukunft ein Elektroauto oder eine Wärmepumpenheizung, so kann man sich mit den folgenden Abschätzungen einen Überblick verschaffen.

4.1 Energiebedarf Haushaltsstrom:

Grobberechnung für Verbrauch: **1500 kWh + (1000 kWh x Personen)**

Beispiel:

Es leben 3 Personen im Haushalt => $1500 \text{ kWh} + 1000 \text{ kWh} \times 3 = 4500 \text{ kWh}$

4.2 Energiebedarf Elektroauto:

Es macht absolut Sinn, ein Elektroauto mit seiner eigenen PV-Anlage zu laden, denn so kann sicher der größte Anteil der Energie mit Sonnenstrom „kostenfrei“ abgedeckt werden. Nur bei längeren Strecken muss dann noch Strom aus öffentlichen Ladesäulen eingekauft werden. Den Energiebedarf berechnet man überschlagsweise:

Geplante Jahreskilometer x 22 kWh / 100 km

Beispiel:

Man fährt im Jahr etwa 15000 km => $15000 \text{ km} \times 22 \text{ kWh} / 100 \text{ km} = 3300 \text{ kWh}$

Hinweis: Ein Elektroauto benötigt umgerechnet etwa 2 – 2,5 Liter Benzin auf 100 km, also deutlich weniger als ein Verbrenner! Auch dieser Aspekt spricht für ein Elektroauto, da man richtig viel Geld an Betriebskosten einsparen kann. Nebenbei bemerkt ist auch die Technik deutlich weniger komplex als beim Verbrenner, was als Folge zu geringeren Werkstattkosten führt (kein Motorenölwechsel oder Kühlwasser)

4.3 Energiebedarf Heizung (Wärmepumpe):

Dieser Energiebedarf hängt natürlich stark von der Größe der zu beheizenden Wohnfläche, vom Zustand der Hausdämmung, der Heizungsart (Radiatoren, Fußboden- oder Wandheizung) und dem Typ der Wärmepumpe (Luft, Erde, Grundwasser) ab.

Nachstehende Richtwerte gelten für eine Luftwärmepumpe mit einer Fußbodenheizung und geben zumindest eine gute Größenordnung für den Energiebedarf einer Wärmepumpenheizung. Detailliertere Angaben liefert während einer konkreten Planung und Umsetzung ihr Heizungsbauer und/oder der Energieeffizienzberater.



Der energetische Zustand des Hauses spielt die größte Rolle und der Heizwärme-Energiebedarf für Strom kann mit folgenden Richtwerten grob bestimmt werden:

Der energetische Zustand des Hauses ist ...		Z-Faktor*
... schlecht	sehr alte Häuser - 50 Jahre	250 kWh/m ² a
... befriedigend	alte Häuser - 30 Jahre, leichte Dach- oder Außendämmung	200 kWh/m ² a
... gut	Häuser - 10 Jahre, gute Dach- und Außendämmung, Kellerdäm.	100 kWh/m ² a
... sehr gut	neue Häuser, sehr gute Keller-/Dach-/Außendäm., 3-fach Fenster	60 kWh/m ² a

* Der Z-Faktor bezieht sich auf die echte Heizfläche (keine Wände, keine Treppen, keine Flure, im Keller nur die beheizten Räume....)

Der Strom-Energiebedarf für die Heizwärme setzt sich aus dem Anteil für die Heizung und der Warmwasserbereitung zusammen:

Jahres-Energie Strom für die Heizung: **Beheizte Wohnfläche x Z-Faktor / 3,2**
 Jahres-Energie Strom für die Warmwasserbereitung: **1200 kWh x Anzahl Personen / 2,8**

Anmerkung: Der Energiebedarf für die Heizung und Warmwasseraufbereitung ist 2,8 bzw. 3,2 mal höher als der Strombedarf der Wärmepumpe. Der Teilungsfaktor 3,2 bzw. 2,8 berücksichtigt die Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe und liefert somit den reinen Strombedarf für die Wärmepumpe. Die restliche Energie zum Heizen holt sich die Wärmepumpe aus der Umgebung (Luft oder Wasser).

Beispiel:

3 Personen leben in einem Haus mit 100 m² beheizter Wohnfläche, Baujahr 1992, befriedigend isoliert, 3 cm Außendämmung, leichte Dachdämmung, alte 2-fach Fenster

Es soll der Energiebedarf für eine Luftwärmepumpe ermittelt werden:

Strom Heizung: $100 \text{ m}^2 \times 200 \text{ kWh/m}^2 / 3,2 = 6250 \text{ kWh}$ (Heizen)
 Strom Warmwasser: $1200 \text{ kWh} \times 3 / 2,8 = 1280 \text{ kWh}$ (Warmwasser)
 Gesamt-Energiebedarf = 7530 kWh

Hinweis: Führt man neben der Installation der Wärmepumpe noch eine umfassende Hausdämmung durch (3-fach Fenster, Dach- und Außendämmung ...), kann der Heizstrom-Energiebedarf um etwa die Hälfte reduziert werden => statt 7500 kWh benötigt man dann nur noch etwa 4000 kWh Strom

4.4 Gesamt-Energiebedarf

Aus den vorher bestimmten Einzelenergiebedarfen kann nun der notwendige Gesamt-Jahres-Energiebedarf für den Haushalt festgelegt werden.

Beispiel:

Nehmen wir an, dass ein Haushaltstrom von 4500 kWh anfällt und 1 Elektroauto betrieben werden soll:

Haushaltsstrom 4500 kWh und 1 Elektroauto 3300 kWh =
 Gesamt-Jahres-Energiebedarf für Strom 7800 kWh

Dieser Gesamt-Energiebedarf stellt nun die Basis für die Dimensionierung der PV-Anlage dar.

5 Dimensionierung der PV-Anlage

5.1 Anlagengröße – Anzahl der Module

Die Leistungsfähigkeit einer PV-Anlagen wird mit dem sogenannten „Kilowatt-Peak-Wert“ angegeben. Dieser Wert ist derjenige Leistungswert, den die Anlage maximal erzeugen kann und ist nichts anderes als das Zusammenzählen aller Modul-Einzelleistungen.

Kann ein Modul zum Beispiel 420 Watt erzeugen, dann wird eine PV-Anlage mit 36 Modulen maximal (deshalb „peak“) $36 \times 420 \text{ W} = 15120 \text{ W}$ liefern und die Leistung wird mit 15,1 kWp angegeben.

Je nach Ausführung der PV-Anlage (Dachrichtung und Dachneigung sowie örtliche Lage mit Anzahl der Sonnenstunden) erzeugt diese in erster Näherung pro installiertem kWp etwa 1000 kWh Strom im Jahr. Für 1 kWp Leistung benötigt man etwa 2,5 Module auf ca. 5,0 m² Dachfläche.

$$\text{Anzahl der Module} \approx \text{PV-Anlagenleistung in kWp} \times 2,5$$

$$\text{Größe der Dachfläche} \approx \text{PV-Anlagenleistung in kWp} \times 5,0$$

Aber welche PV-Anlagenleistung oder Größe sollte ich denn nun für meine PV-Anlage vorsehen?

Das richtet sich nach dem gewünschten Bedarf und der hängt davon ab, ob die PV-Anlage

- (A) lediglich meinen derzeitigen Hausstromverbrauch gut abdecken und wirtschaftlich optimiert arbeiten soll
- (B) neben meinem Stromverbrauch mehr Strom produzieren soll, um auch einen Beitrag für das Klima zu leisten
- (C) so dimensioniert sein soll, dass sie zusätzlich auch ein Elektroauto weitgehend autark aufladen kann
(Elektroauto vorhanden oder geplant)
- (D) so dimensioniert sein soll, dass sie zusätzlich eine Wärmepumpe so gut wie möglich mit Strom versorgt
(Wärmepumpe für die Hausheizung und Warmwasseraufbereitung vorhanden oder geplant)



Je nach der persönlichen Auswahl für den gewünschten Bedarf erfolgt nun die Dimensionierung der PV-Anlage samt Batteriespeicher.

Die **PV-Anlagengröße** kann wie folgt bestimmt werden:

Auswahl



(A): PV-Anlagenleistung in kWp \approx 1,0 bis 1,2 mal Energiebedarf in kWh/1000 kWh

(B): PV-Anlagenleistung in kWp \approx 1,2 bis 2,0 mal Energiebedarf in kWh/1000 kWh

(C): PV-Anlagenleistung in kWp \approx wie (A) oder (B), jedoch mindestens 12 kWp*

(D): PV-Anlagenleistung in kWp \approx 1,3 bis 1,5 mal Energiebedarf in kWh/1000 kWh

*Die **Mindest-Ladeleistung eines Elektroautos an einer Wallbox mit 3 Phasen liegt bei etwa 4,2 kW**. Bedenken sie dies, wenn sie eine Wallbox für ihr Elektroauto installieren lassen. Ist eine PV-Anlage zu klein gewählt, kann das Auto häufig nicht direkt, sondern nur mit Unterstützung eines Batteriespeichers geladen werden. Die andere Möglichkeit ist die einphasige Ladung an der normalen Steckdose, die jedoch länger dauert, da hier maximal 3,7 kW möglich sind. Für eine Ladung mit akzeptablen Ladezeiten (1 oder 3-phasige Ladung) sollte die PV-Anlage deshalb mindestens mit 12 kWp dimensioniert sein.

Theoretisch kann eine PV-Anlage so geplant werden, dass die notwendige Energie (z.B. 7.800 kWh) genau mit der „Anlagen-Peakleistung“ von 7,8 kWp erzeugt wird. Jedoch kann dann der notwendige Energiebedarf nicht vollumfänglich aus der PV-Anlage direkt gedeckt werden, da der Strombedarf häufig zu einer anderen Zeit anfällt, als die PV-Anlage diesen liefert. Hier können aufgrund von Tag/Nacht, Regentage oder Winter nur etwa 30-40% des Strombedarfes gedeckt werden.

Hier erneut meine Bitte: **Versucht eure Dächer mit PV-Modulen so voll wie möglich zu machen**. Dies ist nicht nur für die allgemeine Klimasituation ein wünschenswerter Beitrag, sondern belastet auch euren eigenen Geldbeutel nur marginal. Die PV-Module sind durch die automatisierte Serienfertigung kostengünstig geworden und machen nicht mehr den Löwenanteil der Gesamtanlage aus (max. 20% der Kosten)

5.2 Größe des Batteriespeichers

Durch einen richtig dimensionierten Batteriespeicher steigert man seine Autarkie von etwa 30-40% auf beachtliche 60-70%. Untersuchungen zeigen, dass Batteriespeicher eine durchschnittliche Lebensdauer von 30 Jahren aufweisen, ohne dabei zu viel an Ladekapazität zu verlieren. Auch ist die Amortisation bei den günstiger werdenden Batteriespeichern mit etwa 12 Jahren mehr als akzeptabel.

Die **richtige Größe des Batterie-Speichers** kann mit folgenden Angaben bestimmt werden. Hier wurde eine angemessene Amortisation der Investition des Batteriespeichers zur eigenen Stromnutzung berücksichtigt:

- Haushalt: 6 kWh Speicher-Basis + 2 kWh pro Person
Beispiel: 2 Personen-Haushalt 10 kWh Speicher
- Elektro-Auto: kein Speicher, wenn häufig tagsüber geladen werden kann; sonst etwa 10 kWh Speicher zusätzlich, was für eine Fahrleistung von etwa 50 km ausreicht.
- Wärmepumpe: Jahres-Energiebedarf der Wärmepumpe in kWh / 1000
Beispiel: WP braucht 5300 kWh/Jahr => 5 kWh

In jedem Fall werden für PV-Energiespeicher Lithium-Eisen-Phosphat Batterien empfohlen. Diese haben zwar eine geringere Energiedichte, was bedeutet, dass sie im Volumen größer bauen, aber dieser Nachteil ist für Batteriespeicher unerheblich, da im Keller in der Regel genügend Stellplatz vorhanden ist. Die Vorteile der LiFePO₄ Batterie sind, dass keine „kritischen“ Rohstoffe wie Kobalt und Nickel verbaut sind, eine deutlich geringere Brandgefahr von den Zellen ausgeht und es die Batterien mit der längsten Lebensdauer sind, die bis zu 10.000 Ladezyklen zulassen. Bei etwa 250 Ladezyklen im Jahr wären dies theoretisch 40 Jahre und so sollte man bei der Lebensdauer in jedem Fall doch 30 Jahre erreichen.

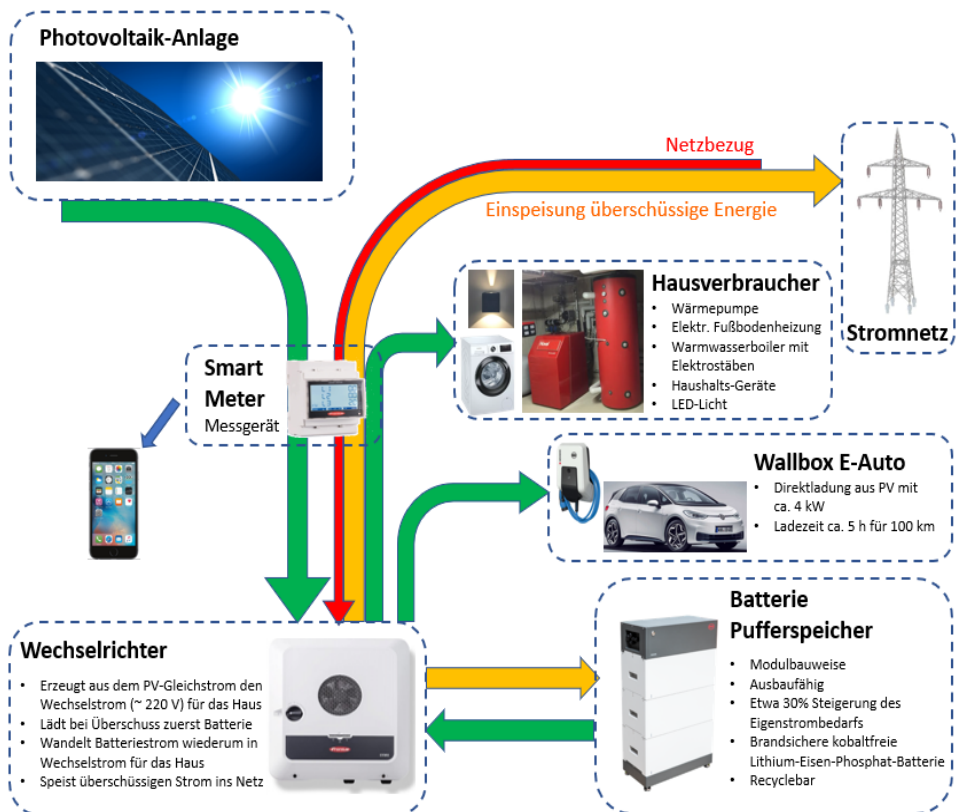
Ein Batteriespeicher von etwa 16 kWh ist etwa 30 cm tief, 70 cm lang und 120 cm hoch. Somit passt er sehr leicht in den Keller. Die Speicher sind in der Regel ausbaubar. Man kann bei schwieriger Finanzierungslage auch gerne mit einem kleinen Speicher anfangen (ca. 8 kWh) und wenn man wieder „flüssiger“ ist, weitere 4 kWh Module dazukaufen. Die Erweiterung ist sehr einfach und funktioniert ähnlich einem Legobausystem.



Batteriespeicher von BYD

5.3 Energiefluss eines Hausnetzes mit PV

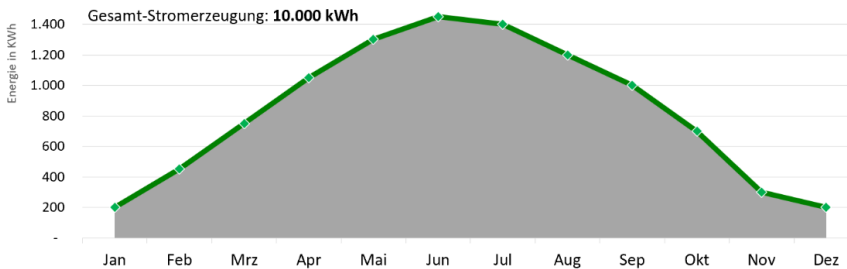
Nachfolgendes Bild zeigt den Energiefluss eines Hausnetzes, das mit einer PV-Anlage betrieben wird. Untertags kann der Solarstrom „direkt“ von den Verbrauchern genutzt werden. Nachts liefert hier die Batterie den über tags gepufferten Strom an diese. Das Herzstück ist der Wechselrichter, der alles zwischen Haus und Netz, sowie Wechselstrom und Gleichstrom automatisch regelt. Die überschüssige Energie wird im Netz eingespeist und im Winter oder regenreichen dunklen Tagen ist leider auch etwas Strom von außen notwendig. Alle Daten werden aufgezeichnet und können nicht nur im PC, sondern auch jederzeit über das Handy abgelesen werden. Ich verspreche Ihnen jetzt schon, dass Sie hier häufig in diese App schauen werden, und eine Genugtuung empfinden, wenn die eigene Anlage mal so schöne 8 kW Strom produziert.



Energiefluss in einer PV-Anlage

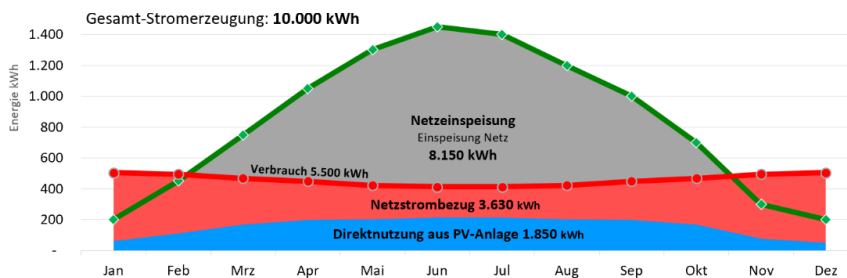
6 Stromproduktion und Nutzung

In diesem Kapitel möchte ich auf grundsätzliche Punkte einer PV-Anlage bei der Erzeugung und Nutzung des Sonnenstroms eingehen. Wie vorher bereits beschrieben, erzeugt jedes kWp einer Anlage etwa 1000 kWh Strom im Jahr. Durch die unterschiedliche „Tagdauer“ und den nutzbaren Sonnenschein sowie den Sonnenstand im Sommer und Winter hat man keine konstante Stromerzeugung. So werden in Wintermonaten weniger als 20% Strom, verglichen zu den Sommermonaten, erzeugt. Nachfolgend wird die Stromproduktion einer 10 kWp-Anlage über das ganze Jahr dargestellt.



Stromerzeugung einer 10 kWp PV-Anlage über das Jahr

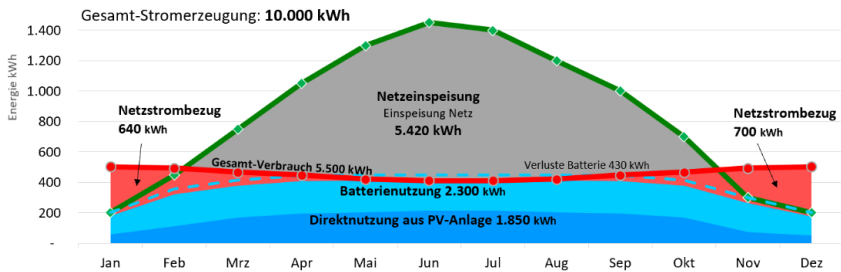
Nun sehen wir uns die Verbrauchsseite an, die nicht konstant ist. Gerade im Sommer, wo viel Sonnenenergie vorhanden ist, brauchen wir weniger Strom. Das Günstigste wäre natürlich, wenn der Strom direkt von der Sonnenerzeugung in die Verbraucher fließt. Das funktioniert natürlich nur bedingt, da der Nutzungsbedarf nicht unbedingt immer mit guter PV-Stromerzeugung zusammenfällt. Welche arbeitende Person lässt mittags die Waschmaschine laufen oder geht hier in die Sauna? Deshalb kann der erzeugte PV-Strom nur zu gewissen Anteilen direkt genutzt werden. Dieser Anteil liegt bei einer gut dimensionierten Anlage nur bei etwa 30% (dunkelblaue Fläche im folgenden Diagramm) vom gesamten Verbrauch (rote Linie mit Punkten).



Direktnutzung Strom aus einer 10 kWp PV-Anlage

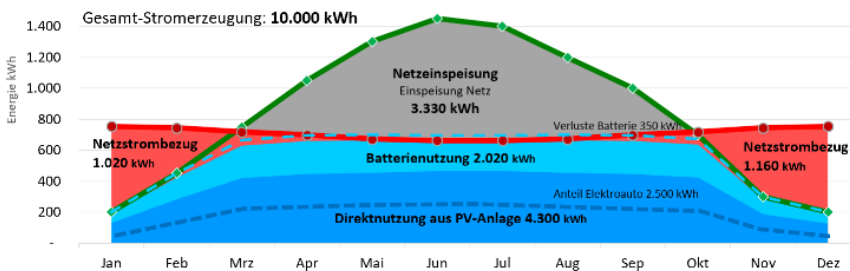


Aus diesem Grund ist es überaus sinnvoll, den tagsüber erzeugten Strom in einer Batterie zu puffern, um den in der Regel höheren Strombedarf nach der Arbeit und nachts auch durch eigenen PV-Strom abzudecken. Diese Batterienutzung liegt auch bei über 30% des Gesamtverbrauchs, verdoppelt also den Gewinn aus der eigenen PV-Anlage, auch wenn hier gewisse Speicher und Umwandlungsverluste auftreten.



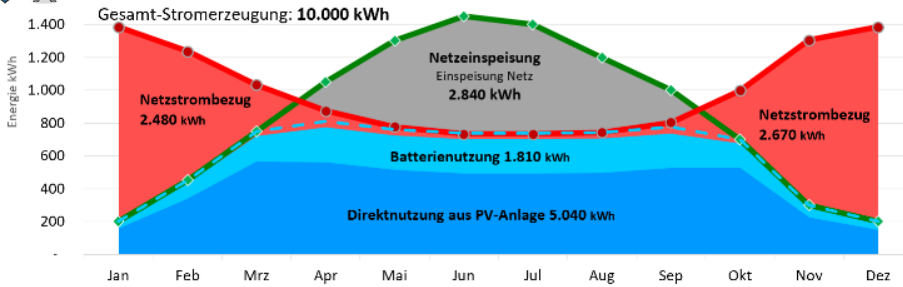
Batterienutzung aus einer 10 kWp PV-Anlage

Die Erzeugung und Nutzung des Sonnenstroms müssen an den tatsächlichen Verbrauch angepasst werden, was mit der richtigen Dimensionierung der PV-Anlage geschieht. In der Regel existiert im Sommer Sonnenenergie-Überschuss. So bietet sich hier an, ein Elektroauto zu betreiben, das bei Sonnenschein tagsüber aufgeladen werden kann. Ohne große Anlagen-Mehrkosten könnte man den PV-Strom direkt in das Elektroauto laden und so ohne „Spritkosten“ umweltfreundlich fahren.



Direktnutzung mit Elektroauto

Zuletzt wird auf den Strombedarf einer Wärmepumpe für die Heizung und die Warmwasser-Aufbereitung eingegangen. Vor allem in den Wintermonaten ist ein erhöhter Bedarf für eine Wärmepumpe notwendig. Und genau hier ist deutlich weniger Sonnenstrom vorhanden. Deshalb kommt man hier nicht umhin, extern Strom einzukaufen. Dies soll aber nicht heißen, dass das Heizen mit Wärmepumpen Unsinn ist. Durch die Energienutzung aus der Umwelt (Luft/Wasser) ist nur etwa 1 kWh Stromenergie für 4 kWh Heizenergie notwendig, was in jedem Fall für die Energiebereitstellung einer Wärmepumpe spricht.



Verbrauch (rot) mit Wärmepumpe und Elektroauto

Anhand dieser Diagramme mit dem zusätzlichen Verbrauch für das Elektroauto und die Wärmepumpe erkennt man gut, wie eine PV-Anlage dimensioniert werden muss. Am Ende der Broschüre werden noch weitere konkrete Beispiele dargestellt.

6.1 Autarkie und Eigennutzungsgrad

Immer wieder wird die Frage gestellt, wie autark man mit der eigenen PV-Anlage beim Strombezug werden kann. Was bedeutet Autarkie? Es ist die wirtschaftliche Unabhängigkeit vom Stromnetz durch die teilweise Selbstversorgung aus der eigenen PV-Anlage. **Autarkie** bedeutet also das prozentuale Verhältnis aus dem verbrauchten Strom aus der eigenen PV-Anlage bezogen auf den Gesamtstromverbrauch: $(\text{Direktnutzung} + \text{Batterienutzung}) / \text{Gesamt-Stromverbrauch}$

Ohne einen Batteriespeicher wird man nur auf etwa 30-40% Autarkie kommen. Das bedeutet, nur 30-40 % des notwendigen Stroms für den Haushalt kommt direkt von der PV-Anlage. Deutlich besser sieht es dann aus, wenn man einen Batteriespeicher installiert. Hier steigt der **Gesamtautarkiewert auf 65-75%**.

Der **Eigennutzungsgrad** ist das prozentuale Verhältnis aus dem verbrauchten Strom der PV-Anlage bezogen auf den gesamten Strom, den die PV-Anlage produziert hat: $(\text{Direktnutzung} + \text{Batterienutzung}) / \text{Gesamt-PV-Stromerzeugung}$

Dieser Wert spiegelt in gewisser Weise wider, wie gut die Anlage für die gewünschte Nutzung dimensioniert ist. Ist der Wert sehr klein (<40%), bedeutet dies eine recht mächtige Anlage und eine hohe Netzeinspeisung. Werte für die Eigennutzung sollten bei etwa 45-60% liegen.

7 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

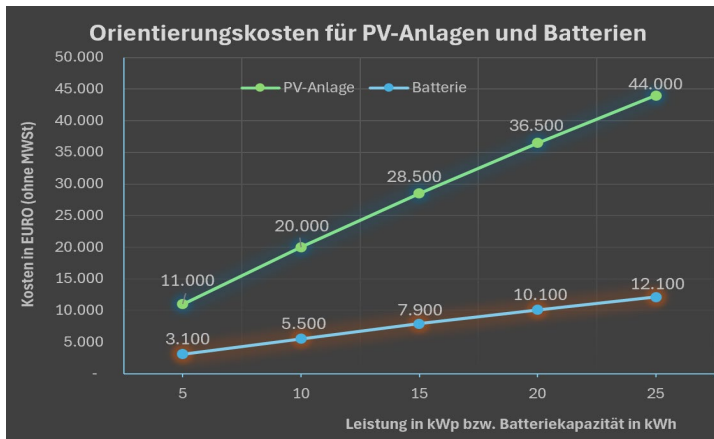
7.1 Was kostet eine PV-Anlage?

Es sind heute im Jahr 2024 pro 1 kWp installierte Leistung etwa 2000,-€ für die PV-Module, das Montagegestell auf dem Dach, den Wechselrichter, das Datenmana-



gementsystem, die Arbeitskosten und die Anmeldung der Anlage anzusetzen. Für die Batterie kommen nochmals etwa 550,- € pro 1 kWh Speicher dazu. Größere Anlagen über 10 kWp werden pro installiertem kWp etwas günstiger.

Damit liegt eine 9 kWp Anlage mit 12 kWp Batterie bei etwa 25.000,-€ und eine 16 kWp Anlage mit 15 kWh Batterie kommt auf etwa 38.500,-€.



Orientierungskosten für PV-Anlagen und Batterien (Stand 2024)

7.2 Wie viel Stromkosten spare ich mir im Jahr?

Mit einer gut dimensionierten Anlage samt Batterie wird man eine Autarkie von etwa 70% erreichen. Dies bedeutet, dass man 70% des notwendigen Stroms mit der PV-Anlage einspart und nur 30% zugekauft werden muss. Heute liegt der Preis für ein Kilowatt Strom bei etwa 30 Cent inklusive aller Kosten wie Grund- und Zählerkosten. Wenn man von einem 4 Personen Haushalt ausgeht, der etwa 5500 kWh verbraucht, können somit $0,70 \times 5500 \text{ kWh} \times 0,3 \text{ €/kWh} = 1155,- \text{ €}$ pro Jahr eingespart werden. Die Einspeisungsvergütung mit etwa 8 Cent/kWh kommt noch hinzu. Dies sind dann zusätzlich für etwa $4000 \text{ kWh} \times 0,08 \text{ €/kWh} = 320,- \text{ €}$ pro Jahr, was zu einer Jahresersparnis von fast 1500,- € führt. Mit einem Elektroauto geht die Ersparnis sogar auf etwa 2500,-€ pro Jahr.

7.3 Wann ist die PV-Anlage amortisiert?

Aus heutiger Sicht mit den unsicheren Energiepreisen muss in jedem Fall von steigenden Strompreiskosten ausgegangen werden. Rechnet man mit einer jährlichen Preissteigerung von 3%, dann hat sich eine PV-Anlage inklusive dem Batteriespeicher in der Regel nach etwa 11 – 13 Jahren amortisiert.



Mit einem Elektroauto verkürzt sich die Amortisationszeit aufgrund der gut planbaren Ladezeiten am Tage um etwa 2-3 Jahre, wenn man zusätzlich die gesparten fossilen Spritkosten einrechnet (ein Elektroauto verbraucht deutlich weniger Energie als ein Verbrenner).

Insgesamt zeigt diese Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sehr gut, dass hier mittelfristig neben dem sauber erzeugten Strom und der guten Tat für die Umwelt auch richtig viel eigenes Geld eingespart werden kann.

Das selbst erzeugte Kilowatt der PV-Anlage (ohne Speicher) kostet bei einer Laufzeit von 30 Jahren etwa 6,5 Cent. Auch dies ist doch ein sehr guter Wert, wenn man bedenkt, dass der Kilowattpreis der Erneuerbaren bei großtechnischen Anlagen im Bereich um 3-6 Cent liegt.

8 Planung und Umsetzung

8.1 Eignung des Daches für eine PV-Anlage und Hinweise

Meine Ansicht ist, die Anlage so groß wie möglich auf das Dach zu planen, wenn die finanziellen Möglichkeiten bestehen. Eine gut dimensionierte Anlage eröffnet neben einer hohen Autarkie für die Strom-Selbstversorgung andere großartige Möglichkeiten. So kann man für ein vorhandenes oder geplantes Elektroauto den Strom selbst erzeugen und nahezu ohne CO₂ Belastung umweltschonend fahren. Auch sind eigene PV-Anlagen die Basis für die Heizung mit Wärmepumpen, die immer mehr Verbreitung finden werden.

Grundsätzlich eignet sich nahezu jedes Dach für die Installation einer PV-Anlage und es ist ein Irrglaube, dass nur auf Süddächern PV-Anlagen installiert werden sollten. Im Gegenteil: Hat man ein Ost- und Westdach, können beide Seiten mit PV-Modulen belegt werden. Durch die deutlich größere Fläche bei einem Wirkungsgrad von noch 80%, verglichen zum Süddach, kann man in der Regel eine mächtigere PV-Anlage realisieren, zumal die Kosten für die PV-Module nicht der treibende Faktor der Gesamtinvestition sind. Sogar Norddächer kann man aufgrund der günstigen Modulpreise durchaus in die Planung mit einbeziehen (Wirkungsgrad immerhin noch über 60%).

Einige Dinge sollten jedoch vor der Umsetzung überprüft werden:

- Wie gut ist der Zustand meines Daches und sind demnächst Sanierungs- oder Dämmmaßnahmen geplant? Eine PV-Anlage sollte man für etwa 30 Jahre planen. Zuerst sollte das Dach in einwandfreien Zustand gebracht werden.



- Aufpassen, dass bei der Planung Dachfenster oder Lüftungsöffnungen berücksichtigt werden und ein akzeptables Modul-Dachbild entsteht. Mittlerweile bieten einige Modulhersteller sogar dreieckige Module an, die die meist unruhigen „Zackenschrägen“ in eine schöne Linie verwandeln.
- Der Aufbau der Module auf dem Dach ist so zu gestalten, dass keine Bäume, Kamine oder andere Gebäude Schatten auf die Module werfen. Hier sollte auch an die tieferstehende Sonne im Winter gedacht werden. Wird nur ein Modul einer zusammengeschalteten Gruppe verschattet, sinkt die Gesamtleistung der PV-Anlage ab. Hier könnten dann einzelne sogenannte Modul-Leistungsoptimierer verwendet werden, die bei Verschattung das Modul „bypassen“. Sonst sind diese nicht notwendig.
- Kann man den Schnee ohne Gefahr frei abrutschen lassen? Wenn ja, Module etwa 10-20 cm vor der Dachrinne enden lassen; dann kann und wird der Schnee relativ leicht abrutschen. Über Eingängen, Wintergärten, Gehwegen, Parkplätzen, Terrassen oder Spielplätzen sollte die unterste Modulreihe frei bleiben und mit etwas Abstand ein Schneefang montiert werden. So entsteht etwas Platz für den abgerutschten Schnee, und die Module können auch im Winter Energie liefern.
- Der Schnee rutscht von den Modulen im Winter relativ leicht ab. Bitte gehen Sie auf keinen Fall auf das Dach und versuchen Sie den Schnee abzuschaukeln. Dies ist lebensgefährlich und die Sache nicht wert! Manchmal muss man einfach ein paar Tage Geduld haben. Durch den Klimawandel mit wärmeren Tagen oder Regen auch im Winter bleibt der Schnee auf den Modulen nicht lange liegen. Der Schnee wird etwa 2-3 m außerhalb der Dachkante am Boden landen und hier sollten sich keine Pflanzen oder andere zerbrechliche Gegenstände befinden.
- Die Statik für das Hausdach sollte hier bei uns im Oberland eigentlich kein Problem darstellen. Wir befinden uns in der Schneelastzone 3, wobei die Hausdächer mit etwa 350 kg/m² Schneelast (etwa 70 cm Nassschnee) ausgelegt sein sollten. Mit einer PV-Anlage sind etwa 25 kg/m² zusätzlich zu rechnen, was somit mit der Schneelastdimensionierung abgedeckt sein sollte.
- Gibt es eine Möglichkeit, die Stromkabel von den Modulen bis zum Wechselrichter, der nahe dem Sicherungskasten und der Stromversorgung vom Netzanbieter positioniert wird, zu führen (freier Schacht)?
- Ist das Haus denkmalgeschützt? Dann sollte man sich gesondert bei der Denkmalbehörde erkundigen, welche Möglichkeiten bestehen.



8.2 Ortsnahe Firmen für PV-Anlagen

Die Frage stellt sich nun, nachdem man sich einen groben Überblick über Größe und Kosten der PV-Anlage verschafft hat, wer kann mir meine PV-Anlage bauen?

Nachfolgend finden sie eine Aufstellung von ortsnahen Elektrofachfirmen:

Elektro Hafner GmbH

Münchner Str. 142, 83703 Gmund-Dürnbach, Tel: 08033 / 673990

Mail info@hafner-elektro.de

Elektro Miklautz Ralph

Bachmairweg 19, 83700 Weißbach, Tel: 08022 / 661633

Mail: info@miklautz-elektro.de

Elektro Niedermaier Andreas

Ludwig-Thomas-Str. 17, 83700 Rottach-Egern, Tel: 08022 / 2246

Mail: elektro-niedermaier@t-online.de

Elektro Schmidbauer GmbH

Münchner Str. 148, 83703 Gmund-Dürnbach, Tel: 08022 / 7372

Mail: info@elektro-schmidbauer.de

In jedem Fall sollten Sie für die Umsetzung der PV-Anlage eine Fachfirma beauftragen. Diese führt für Sie neben der Planung und Auslegung nicht nur alle formellen Anmeldungen mit dem Netzbetreiber und der Bundesnetzagentur, die sachgemäße Installation gemäß den geltenden Vorschriften, sondern auch die offizielle Inbetriebnahme der Anlage samt Protokollierung durch. Ebenso wird Ihnen Ihre Firma des Vertrauens bei Anlaufschwierigkeiten helfend zur Seite stehen. Sollte mal später eine Reparatur oder ein anderweitiger Schaden auftreten, so wird durch die ortsnahe Firma schnelle Unterstützung sicher sein.

Zuerst stellen Sie mit der Fachfirma ihrer Wahl einen Kontakt her und schildern Sie dem Ansprechpartner gemäß dem Ratgeber ihr geplantes Projekt mit allen Überlegungen dazu. So kann sich der „Solarteur“ ein gutes Bild machen und Ihnen ein entsprechendes zielgerichtetes Angebot unterbreiten. Nach der gemeinsamen Abstimmung aller Punkte kommt es zum Auftrag und zur Umsetzung des PV-Projektes.

8.3 Bau der PV-Anlage

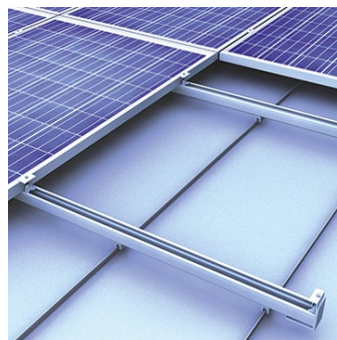
Die Detail-Konstruktion einer PV-Anlage samt der Befestigung auf dem Dach führt die Installationsfirma durch. Hier werden auch Themen im Detail projektiert wie Stringfestlegung (sinnvolle parallele/serielle Verschaltung von Solarmodulen), Längs- oder Querorientierung der PV-Module, Aluminiumleisten-Trägerstruktur, Schneefang, Kabeldurchführung durch das Dach, Verbindung zum Wechselrichter, Blitzschutz und Erdung, sowie Wechselrichter- und Batterieanschluss.

Zunächst wird über massive Dachhaken eine Verbindung der Aluminiumleisten-Trägerstruktur zu den Dachsparren hergestellt. Blechziegel verhindern eine Beschädigung des Daches an den Krafteinleitungen.



Befestigung von Dachhaken an den Sparren - Blechziegel⁴

Auf die Aluminium-Trägerstruktur, die in der Regel mit Leisten in Längs- und Quer- richtung hergestellt wird, werden über Klemmen die PV-Module montiert.



Aluminium-Trägerstruktur und Klemmen⁵

⁴ aus dem Internet: <https://www.marzari-technik.de/metalldachplatten> [abgerufen am 16.04.2024]

⁵ aus dem Internet: [PV-Modul-Montage: Befestigung, Abstand & Kosten \(energie-experten.org\)](https://www.energie-experten.org/pv-modul-montage-befestigung-abstand-&kosten) [abgerufen am 16.04.2024]

Nun werden die Module über wasserdichte Stecker miteinander verbunden und zu sinnvollen Strings verschaltet. Über ein Plus- und Minuskabel werden die einzelnen Strings durch das Dach und über einen Schacht zum Keller geführt.

Dort wird man nahe dem Elektroschaltschrank, wo meistens auch die Verbindung zum Netz besteht, den Wechselrichter montieren und mit den PV-Modulen auf dem Dach verbinden. Günstig wäre es, wenn dort auch etwas Platz für den Batteriespeicher zur Verfügung steht und man so kurze Wege für alle stromführenden Verbindungen hat.

In jedem Fall sollte um den Wechselrichter an der Wand genügend freier Raum (min. 20 cm) für die Belüftung und Kühlung bestehen, da bei der Umwandlung des Stromes Wärme entsteht.

Insgesamt benötigt man im Keller an einer freien Wand für den Batteriespeicher und den Wechselrichter lediglich etwa 30 cm Tiefe und 80 cm Breite, wie das Bild rechts zeigt.⁶



9 Bürokratisches

9.1 Genehmigung der PV-Anlage beim örtlichen Netzbetreiber

In der Regel werden heute PV-Anlagen mit dem öffentlichen Netz verbunden, und überschüssiger Strom wird eingespeist. Um die Einspeisevergütung von ihrem Netzbetreiber zu erhalten, muss die PV-Anlage beim dem für Sie verantwortlichen Netzbetreiber angemeldet werden. Die Anmeldung muss **vor der Montage** erfolgen, da der Netzbetreiber ein Recht auf die Prüfung der Anlage zur Netzverträglichkeit hat. In der Vergangenheit konnte dieser Vorgang durchaus 8 Wochen dauern. Um diesen Vorgang zu beschleunigen und zu verbessern, hat das Bundeskabinett im September 2023 die Erweiterung des vereinfachten Netzanschlussverfahrens beschlossen. Mit hoher Wahrscheinlichkeit wird im April 2024 dies endgültig durch den Bundestag bestätigt werden. Bisher galt dieses Verfahren für PV-Anlagen bis zu 10,8 kWp. Nun soll es auf 30 kWp ausgeweitet werden. Im vereinfachten Netzanschlussverfahren muss der Netzbetreiber binnen 4 Wochen auf ihr Netzanschlussbegehren

⁶ aus dem Internet: https://www.swissolar.ch/01_wissen/fachwissen/photovoltaik/merkblaetter/21013d_merkblatt_pv_speicher.pdf [abgerufen am 16.04.2024]

reagieren, andernfalls gilt der Anschluss als genehmigt und kann unter Einhaltung der maßgeblichen Regelungen angeschlossen werden. Nach der Freigabe können Sie mit dem Bau der Anlage beginnen. Den Vorgang der Anmeldung beim Netzbetreiber führt in der Regel Ihre Installationsfirma durch.

Der Netzbetreiber wird in jedem Fall prüfen, ob Sie über die richtigen Zähler verfügen. Mit der PV-Anlage muss der Strom in 2 Richtungen gemessen werden. Der Eingang für den Strom, den Sie „leider“ noch beziehen müssen und den Strom, der auf der Ausgangsseite bei Überproduktion in das Netz gespeist wird.

9.2 Anmeldung im Marktstammdatenregister der Bundesnetzagentur

Die Energiewende erfordert eine gute Übersicht über die Energiewirtschaft mit ihren vielfältigen Energieerzeugern. Insbesondere im Strommarkt ist die Erzeugungslandschaft durch eine sehr große Zahl von kleinen und kleinsten Anlagen gekennzeichnet. Die Zahl der Stromerzeuger hat längst mehrere Hunderttausend überschritten. Wer für den Netzausbau zuständig ist, für die Versorgungssicherheit sorgen muss, oder die Energiewende weiterentwickeln will, benötigt umfassende, einheitliche und verlässliche Daten.

Deshalb hat der Gesetzgeber 2014 die Bundesnetzagentur beauftragt, eine neue zentrale Datenbank, das Marktstammdatenregister (MaStR) einzuführen. Hier werden seitdem alle Strom- und Gaserzeugungsanlagen mit den Hauptstammdaten erfasst, jedoch keine Betriebsdaten wie Produktionsmengen. Dieses Register ist öffentlich zugänglich und kann von jedem genutzt werden. Der Klein-PV-Anlagenbetreiber ist somit verpflichtet, seine Anlagendaten bei der Bundesnetzagentur anzumelden. Dies muss spätestens innerhalb **eines Monats nach Inbetriebnahme der PV Anlage** erfolgen. Die Registrierung erfolgt recht einfach über das Internetportal der Bundesnetzagentur, wird aber in der Regel von ihrer Anlagenbaufirma übernommen. Wer die Anlage nicht anmeldet, dem drohen ein Bußgeld und der Verlust der EEG Vergütung.

7



Internetlink: <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStRHilfe/subpages/regCheck.html>

⁷ aus dem Internet: https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Mediathek/Verbraucherhilfe/Energie/Mastr.pdf?__blob=publicationFile&v=1 (abgerufen am 13.4.2024)

9.3 Inbetriebnahme Protokoll

Die Inbetriebnahme ist der offizielle Zeitpunkt des ersten Einsatzes einer PV-Anlage, nachdem diese fertig installiert wurde und technisch betriebsbereit ist und stellt einen wichtigen Stichtag für einige Themen rund um den Betrieb einer PV-Anlage dar.

Die Fertigstellung und Inbetriebnahme-Bereitschaft wird dem Netzbetreiber durch die Fachfirma gemeldet. Die Inbetriebnahme einer PV-Anlage erfolgt dann durch den beauftragten Elektriker der Installationsfirma in Gegenwart des Netzbetreibers. In Abstimmung mit dem Netzbetreiber kann der Elektriker die Inbetriebnahme der PV-Anlage auch ohne Netzbetreiber durchführen. Es werden verschiedene Tests und Prüfungen durchgeführt. Neben der Übereinstimmung mit den Antragsunterlagen, werden Komponenten- und Systemzugänglichkeiten inklusive der Schutzeinrichtungen geprüft. Auch muss sichergestellt sein, dass der Stromzähler den Vorgaben des Netzbetreibers genügt. Zuletzt werden an diesem Tag die Erztählerstände für Ein- und Ausgang notiert.

Bei der Inbetriebnahme erstellt die Elektrofachkraft ein Inbetriebnahmeprotokoll. Dieses Protokoll wird dem Netzbetreiber zusammen mit dem Dokument der Registrierung bei der Bundesnetzagentur (Marktstammdatenregister) übermittelt.

9.4 Steuerliche Behandlung von PV-Anlagen

Vor 2023 haben private PV-Anlagenbetreiber durch Eigennutzung und Einspeisung von PV-Strom finanztechnisch eine „unternehmerische Tätigkeit“ aufgenommen, was zu komplexen Vorgängen mit der steuerlichen Behandlung führte. Bürokratische Vorgänge mit einer Gewerbeanmeldung, Gewerbesteuer, Umsatzsteuer und Einkommenssteuer waren die Folge und schreckte viele Privatleute von der Umsetzung einer PV-Anlage ab. Aber der Umgang mit dem Finanzamt ist erheblich vereinfacht worden und auf nahezu „Null“ gebracht worden.

Durch das Jahressteuergesetz 2022 ist die Bürokratie für die steuerliche Behandlung von PV-Anlagen massiv reduziert worden. Seit dem Jahr 2023 gilt für den Erwerb, die Lieferung und die Installation von PV-Anlagen bis 30 kWp auf Einfamilienhäusern, einschließlich der Stromspeicher, ein Nullsteuersatz. Dies bedeutet, dass der Erwerb und das Betreiben einer PV-Anlage inklusiv der Stromeinspeisung von der Einkommensteuer und der Umsatzsteuer befreit sind. Somit entfällt die Umsatzsteuer auch bei der Abrechnung der Einspeisevergütung durch den Netzbetreiber.



Auch müssen Betreiber von privaten PV-Anlagen dem Finanzamt nicht mehr mitteilen, dass Sie eine „Erwerbstätigkeit“ aufgenommen haben. Damit können sie auf das Ausfüllen eines Fragebogens für das Finanzamt verzichten.

Mehr Infos dazu können Sie dem Schreiben des Bundesministerium der Finanzen vom 12. Juni 2023 entnehmen:

https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Downloads/BMF_Schreiben/Weitere_Steuerthemen/Abgabenordnung/2023-06-12-Stl-Erfassung-Betreiber-Photovoltaikanlagen.pdf?__blob=publicationFile&v=3

9.5 Finanzielle Förderung der PV-Anlage

Für PV-Anlagen gibt es diverse Fördermöglichkeiten. Leider war eine sehr gute Förderidee im September 2023, der KfW Kredit 442 „Solarstrom für Elektroautos“, innerhalb von wenigen Tagen ausgeschöpft. Hier wurden PV-Anlagen, Speicher und eine Wallbox bis zu 10.200,-€ gefördert, wenn man ein Elektroauto besitzt oder bestellt hat. Ob diese Förderung wieder aufgelegt wird, steht in den Sternen. Jedoch gibt es einige andere Unterstützungen.

9.5.1 KfW Kredit 270 „Erneuerbare Energien Standard“

Die KfW Bank (Kreditanstalt für Wiederaufbau) stellt ein vergünstigtes Darlehen für den Bau einer PV-Anlage samt Batteriespeicher zur Verfügung. Im Frühjahr 2024 lag der effektive Jahreszins bei etwas über 5%, was gegenüber Bank-Konsumkrediten etwa 2-3% günstiger ist. Die Laufzeit kann von 5 – 30 Jahre gewählt werden und enthält je nach Darlehenslänge 1-5 Jahre tilgungsfreie Zeit. Für die Antragstellung sollte man seine Hausbank kontaktieren, die bei allen Belangen diesbezüglich unterstützt und abwickelt. Dabei ist jedoch zu beachten, dass der Kreditantrag samt Bewilligung vor dem Baubeginn der PV-Anlage zu erfolgen hat.

Internetlink: [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/Foerderprodukte/Erneuerbare-Energien-Standard-\(270\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Energie-Umwelt/Foerderprodukte/Erneuerbare-Energien-Standard-(270)/)

9.5.2 Einspeisevergütung

Das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) soll den Ausbau der Sonnenenergie beschleunigen. Profitieren können alle, die eine PV-Anlage mit Netzanschluss betreiben. Den selbst erzeugten Solarstrom, der abzüglich des Eigenverbrauchs in das öffentliche Stromnetz eingespeist wird, müssen die Netzbetreiber nach den Vorgaben des EEG abnehmen und vergüten. Voraussetzung hierbei ist der Eintrag im Marktstammdatenregister.

Im neuen EEG 2023 sind einige Vereinfachungen gekommen.

Im Frühjahr 2024 lag die feste Vergütung bei PV-Anlagen mit Eigenversorgung bei 8,11 Cent/kWh für Anlagen bis 10 kWp (über 10 kWp 7,03 Cent/kWh). Die Höhe der Vergütung wird pro halbes Jahr um 1 % sinken, was bedeutet, dass sie in 10 Jahren nur noch 6,64 Cent/kWh beträgt. Die Vergütungsvereinbarung mit dem Netzbetreiber wird ab der Inbetriebnahme der PV-Anlage für 20 Jahre festgeschrieben, was bedeutet, dass sich der Betrag der Vergütung in Cent pro eingespeister kWh nicht mehr ändert.

Die aktuellen EEG-Einspeisevergütungssätze können wie folgt abgerufen werden:

https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/ErneuerbareEnergien/EEG_Foerderung/start.html

Erst nach der Inbetriebnahme, mit der Übermittlung des Protokolls an den Netzbetreiber, kann man die Einspeisevergütung für die eigene PV-Anlage erhalten. Der Netzbetreiber bereitet einen „Einspeisevertrag“ vor, der nach beidseitiger Unterschrift ab dem Inbetriebnahmedatum gültig wird.

9.5.3 Entfall der Mehrwertsteuer bis 30 kWp Anlagen

Wie oben bereits erwähnt, ist seit 2023 bei der Anschaffung aller PV-Anlagen-Komponenten sowie der Installation keine Mehrwertsteuer mehr zu entrichten. Damit sind PV-Anlagen um 19% günstiger geworden, was eine erhebliche Förderung des Staates zu den Erneuerbaren Energien darstellt.

10 Nachhaltigkeit und Recycling

10.1 PV-Module

Aufgrund des heutigen starken Ausbaus von PV-Anlagen wird es in einigen Jahrzehnten eine riesige Menge an PV-Modulen geben, die „entsorgt“ werden müssen. Mit der EU-Richtlinie von 2012 über Elektro- und Elektronik Altgeräte müssen sich die Hersteller gesetzlich um die Verwertbarkeit der alten PV-Module kümmern. Sobald die Module ausgedient haben, landen sie auf dem Recyclingmarkt. Der Endkunde kann die Module einfach und unentgeltlich am Wertstoffhof abgeben.

Aber wie ist es hier um die Umweltverträglichkeit bestellt? In der Regel werden bei den PV-Modulen bei der Herstellung keine bedenklichen Stoffe verbaut. Auch das Silizium für die Solarzellen, das aus Sand gewonnen wird, ist überall auf der Erde verfügbar. Über 80 % der PV-Module bestehen aus Glas und Aluminium. Der Rest sind neben Silizium verschiedene Kunststoffe, Silikone, sowie auch Silber, Kupfer und



andere Metalle. All diese Materialien können heute problemlos wiederverwendet werden. Die Recyclingquote bei den PV-Modulen liegt heute bei über 95%. Das Fraunhofer-Center für Silizium-Photovoltaik (CSP) forscht hier an weiteren Verbesserungen und hat mit dem Unternehmen Solar Materials GmbH nun ein neues Verfahren entwickelt, das mit einem digitalisierten PV-Modul-Recyclingprozess eine nachhaltigere Kreislaufwirtschaft erreichen soll. Eine Quote von 98% Recyclingquote wurden hier bereits gezeigt.

Betrachten muss man bei solchen Komponenten aber auch, wieviel Treibhausgasemissionen während der Fertigung entstehen. Gerade die Herstellung von Glas und Aluminium ist relativ energieaufwändig. Setzt man den Energieaufwand von Beginn der Rohstoffförderung über die Produktion bis zum Ende des Lebenszyklus mit dem Recycling in Relation zur PV-Energieproduktion, so dauert es etwa 2 Jahre, bis alles energetisch amortisiert wurde („Energy Payback Time“). Mit der Laufzeit von etwa 30 Jahren für die PV-Module produzieren die Module also etwa 15 mal mehr Energie wie für ihre Herstellung benötigt wurde, was einen sehr guten Wert hinsichtlich der Betrachtung für die gesamte Wertschöpfungskette liefert.

10.2 Batteriespeicher

Für die Batteriespeicher ist eine positive Nachhaltigkeitsaussage nicht so offensichtlich wie für die PV-Module. Gerade die Förderung des Lithiums in Südamerika in der Atacama Wüste und der Kobalt-Bergbau im Kongo mit Kinderarbeit sind vor längerer Zeit in die Schlagzeilen gekommen und bleiben bei vielen Leuten im Gedächtnis fest verankert. Der ökologische Fußabdruck von Batterien mit den verwendeten Rohstoffen bis hin zum Recycling wirft Fragen auf. Die Situation hier ist jedoch aufgrund guter Recherchen, dem geänderten Verhalten der Unternehmen für „fairen Abbau“ und innovativer Weiterentwicklung der Batterie-Technologien samt Recycling deutlich klarer und besser geworden.

Die Gewinnung der Rohstoffe für die Batterien findet überwiegend außerhalb Europas statt. Die Rohstoffe dafür stehen derzeit zwar in ausreichender Menge zur Verfügung, jedoch stellen der Abbau ökologische und soziale Belastungen für die Bergbauregionen dar.

Für die Herstellung effizienter Stromspeicher spielt Lithium eine zentrale Rolle. Die Nachfrage nach dem Rohstoff steigt rasant. Australien ist mittlerweile der größte Produzent von Lithium, das im Tagebau aus Erzen gewonnen wird. Anders in Chile, wo aus den Salzseen der Atacama-Wüste das Salzwasser aus der Erde gepumpt wird

und mit Hilfe der Sonne das Lithium aus der Salzlauge gelöst wird. Das Argument, dass durch den Lithiumabbau der Grundwasserspiegel sinkt und es zu Problemen beim Wasserhaushalt führt, scheint nicht die alleinige Ursache zu sein, da es in der Wüste schon seit den 1960er Jahren intensiven Kupferabbau mit sehr hohem Wasserbedarf gibt. Interessant ist auch die Tatsache, dass es für 1 kg Lithiumförderung in Chile etwa 2000 Liter Salzwasser bedarf und im gleichen Land für den Anbau von nur 3 Avocados die gleiche Menge Süßwasser benötigt werden. Für eine Li-Ion-Autobatterie mit etwa 6 kg Lithium bedeutet dies, Wasser gleichbedeutend für etwa 20 Avocados. Trotzdem muss vor allem durch die Autoindustrie, den größten zukünftigen Nutzer des Lithiums, ein gewisser Druck und Kontrolle auf die wenigen Bergbauunternehmen für einen fairen und umweltschonenden Abbau ausgeübt werden. Es besteht eine Sorgfaltspflicht der Batteriehersteller, insbesondere der Autoindustrie gegenüber der gesamten Wertschöpfungskette für „saubere Rohstoffe“ und hier wurden in letzter Zeit deutliche Verbesserungen und Fortschritte erzielt. Im Übrigen wurde bereits für die Kobalt-Minen erreicht, dass in den Autobatterien heute keine Kinderarbeit mehr steckt.

Durch die Notwendigkeit der Elektromobilität sowie der Stromspeicherung und den damit verbundenen extrem steigenden Mengen an Batteriekomponenten wird auf den Batterierecyclingmarkt in der nahen Zukunft eine entscheidende Rolle zukommen. Viele neue innovative und automatisierbare Technologien bei zahlreichen Firmen stimmen sehr zuversichtlich, dass diese Herausforderung gut gemeistert werden kann.

Beim Recycling der Batteriespeicher gilt das gleiche wie für die PV-Module. Die Hersteller sind verpflichtet, ausgediente Batterien wieder zurückzunehmen. Alte Batterien werden beim Recycling in ihre Bestandteile zerlegt. Nach EU-Vorgaben müssen bis 2030 mindestens 70 Prozent der Ausgangsmaterialien rückgewonnen werden. Die wertvollen Werkstoffe wie Lithium, Nickel, Kupfer, Blei und Kobalt werden dann zu mindestens 95 Prozent recycelt werden. Aufgrund der großen Mengen, die hier zukünftig anfallen werden, gibt es einen riesigen Markt und immer mehr Firmen beschäftigen sich mit der effizienten Wiederverwendung der kostbaren Werkstoffe und entwickeln neuartige Verfahren.

Recycling von Batterien geschieht mit den Schritten Entladung, Zerlegung, Vorsortierung, mechanische Aufbereitung, Sortierung und Trennung in die verschiedenen wertvollen Rohstoffe. Es kann davon ausgegangen werden, dass in naher Zukunft eine nahezu 100% Wiederverwertung der Rohstoffe gewährleistet ist. Bevor Autobatterien jedoch dem Recyclingprozess zugeführt werden, werden diese ein „zweites



Leben“ in Batteriespeichereinheiten bekommen. Studien zeigen, dass heutige modernen Elektroauto-Batterien auch nach 160.000 km Fahrleistung noch eine Kapazität von über 90% besitzen. Wenn ihre Kapazität aufgrund des Schnellladens etwas erschöpft ist, jedoch die Lebensdauer als Speicher mit etwas geringerer Kapazität noch gut über 10 Jahre verlängert werden kann, ist in naher Zukunft geplant, diese Batterien in großen Energiespeichern weiter zu nutzen. Einige Firmen in Deutschland zeigen bereits die Machbarkeit und bieten solche Speicher an.

Wie bereits erwähnt, ist die Rücknahme gesetzlich klar geregelt. Im Batteriegesetz ist der Hersteller gesetzlich verpflichtet, die ausgediente Batterie wieder zurückzunehmen. In der Praxis funktioniert das so, dass der Installateur der PV-Anlage diese Rücknahme übernehmen wird und die Batterie so dem Recyclingprozess zugeführt wird. Batteriespeicherbesitzer brauchen sich also keine Gedanken machen, auf den ausgedienten Batterien sitzen zu bleiben, noch dass der Speicher unsachgemäß entsorgt wird.

Bezüglich der Ökobilanz für Speicher zeigen verschiedene sehr genau recherchierte neue Studien (Fraunhofer Institut, Argonne Laboratory, Hochschule Landshut), dass für 1 kWh Speicher für den gesamten Lebenszyklus von Herstellung bis Recycling etwa 180 kWh Energie benötigt werden und hier in etwa 80 kg CO₂ equ. anfallen. Ein gut dimensionierter Batteriespeicher stellt jährlich pro kWh Speicher etwa 150 kWh zur Verfügung. Somit kommt man auf eine ökologische Amortisationszeit von 1,2 Jahren „Energy Payback Time“. Mit einer Lebensdauer von 30 Jahren ist dies immerhin die 25-fache Menge der „Life Cycle Energy“, was ein hervorragender Wert ist. Dies zeigt auch, dass ein Batteriespeicher nicht nur wirtschaftlich, sondern auch ökologisch überaus sinnvoll ist.

Aufgrund der immens steigenden Elektromobilität gibt es heute weltweit intensive Forschungen zu neuen Batterietechnologien. Hier ist in absehbarer Zeit mit neuen Batterien mit umweltverträglicheren Aufbauten zu rechnen (z.B. Natrium-Ionen, Feststoff oder Metall-Luft-Batterie). Die Kosten werden sinken und die Energiedichte der Batterien wird steigen, was bei gleichem Volumen und ähnlichem Gewicht deutlich mehr Kapazität bedeutet. Dies ist zwar für die Batteriespeicher bei PV-Anlagen eher unerheblich, führt aber insbesondere bei den Elektroautos zu kleineren und leichteren Batterien, womit dann deutlich höhere Reichweiten möglich sind.

10.3 Einsparung von CO₂ pro kWh

Nach Berechnungen des Umweltbundesamts (UBA) verursachte die Erzeugung einer Kilowattstunde Strom im deutschen Strommix im Jahr 2022 durchschnittlich 434 g CO₂, unter Berücksichtigung der Vorketten (Gewinnung und Bereitstellung der Energieträger) zur Stromerzeugung sogar 498 g CO₂/kWh.

Jedes kWp Leistung einer PV-Anlage mit einem Batteriespeicher benötigt für den gesamten Lebenszyklus von Rohstoffgewinnung bis zum Recycling etwa 200 kg CO₂ (pro kWp PV-Modul Herstellung etwa 120 kg und pro kWh Li-Ion Speicher etwa 80 kg).

Mit der Produktion von 1000 kWh im Jahr für 1 kWp werden fast 500 kg CO₂ eingespart. Dies bedeutet, dass bereits nach 0,4 Jahren das CO₂ ausgeglichen ist und ab diesem Zeitpunkt kein CO₂ mehr für die Atmosphäre aus der eigenen Stromerzeugung produziert wird.

Mit einer 10 kWp PV-Anlage werden somit pro Jahr 5 to CO₂ eingespart, etwas über die Hälfte, die ein Bundesbürger in Deutschland pro Jahr insgesamt verursacht.

11 Schlussbemerkung




Ich hoffe, wir vom Arbeitskreis Energie und Umwelt, haben Sie mit diesem informativen Ratgeber neugierig auf die Verwirklichung einer eigenen PV-Anlage gemacht. Wenn man das Wissen um das WIE bekommt, eine Übersicht über die Kosten und die Umsetzung der Baumaßnahmen hat, kann man dieses Projekt sicherlich gestärkt angehen. Die Umsetzung wird für Sie jetzt planbarer und schont dazu in einigen Jahren kräftig ihren Geldbeutel. Mit Ihrer PV-Anlage werden Sie einen wertvollen Beitrag für unser Klima leisten. Und ich versichere, es wird Ihnen auch großen Spaß bereiten, Ihre Anlage auf dem Handy zu verfolgen, wenn die Kilowatt in das eigene Hausnetz gehen oder den Batteriespeicher füllen. Ich freue mich, Sie in Kürze unter den Sonnenstrom-Erzeugern begrüßen zu dürfen.



12 Anlage: Beispiele für PV-Anlagen

Nachfolgend werden für verschiedene PV-Anlagengrößen die Sonnenstromproduktion über die 12 Monate im Jahr gezeigt. Außerdem stellen die Diagramme auf der Verbrauchsseite neben dem Stromverbrauch die Verteilung nach Direktnutzung, Batterienutzung, Netzeinspeisung und Netzstrombezug dar.

In allen Diagrammen werden die verschiedenen Bereiche wie folgt dargestellt:

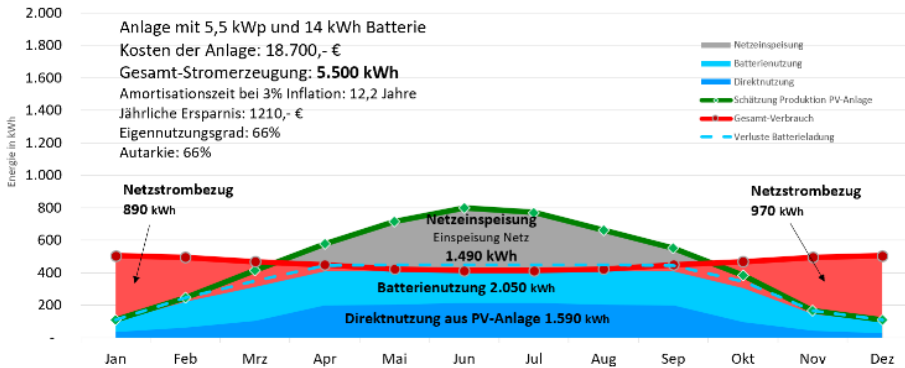
Grüne Linie		Stromproduktion der PV-Anlage (Schätzung)
Graue Fläche		Netzeinspeisung
Hellblaue Fläche		Batterienutzung (Notwendiger Strom kommt aus Batterie)
Blaue Fläche		Direktnutzung (Strom von PV wird sofort verbraucht)
Rote Linie		Stromverbrauch im Haushalt
Rote Fläche		Zukauf Strom aus dem Netz
Blau gestrichelte Linie		Verluste Batterie

Zuerst werden 2 Beispielanlagen für einen 4-Personen-Haushalt dargestellt. Die erste Anlage wird mit „1,0 mal dem Gesamtenergiebedarf“ knapp dimensioniert und die zweite Anlage großzügiger mit „1,6 mal dem Gesamtenergiebedarf“, was ich empfehlen würde, um auch etwas „Wachstumspotenzial“ für die Zukunft zu haben (Elektroauto).

Strombedarf für den Haushalt:

$$1500 \text{ kWh} + 4 \text{ Personen} \times 1000 \text{ kWh/Person} = 5500 \text{ kWh}$$

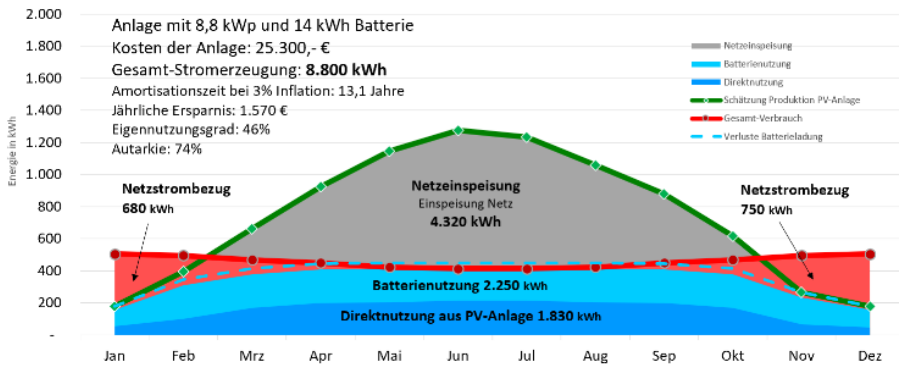
Anlage 1: Die Größe der „Minimal“-Anlage ist derart dimensioniert, dass die PV-Anlagenleistung $\approx 1,0$ mal den Energiebedarf in kWh/1000 kWh liefern soll. Somit wird die PV-Anlage genau auf eine Leistung von $5500 \text{ kWh} \times 1,0 \text{ kWh}/1000 \text{ kWh} = 5,5 \text{ kWp}$ ausgelegt. Die Batteriegröße wird berechnet mit $(6 \text{ kWh} + (4 \times 2 \text{ kWh/Person})) = 14 \text{ kWh}$



4-Personen-Haushalt, minimale Dimensionierung

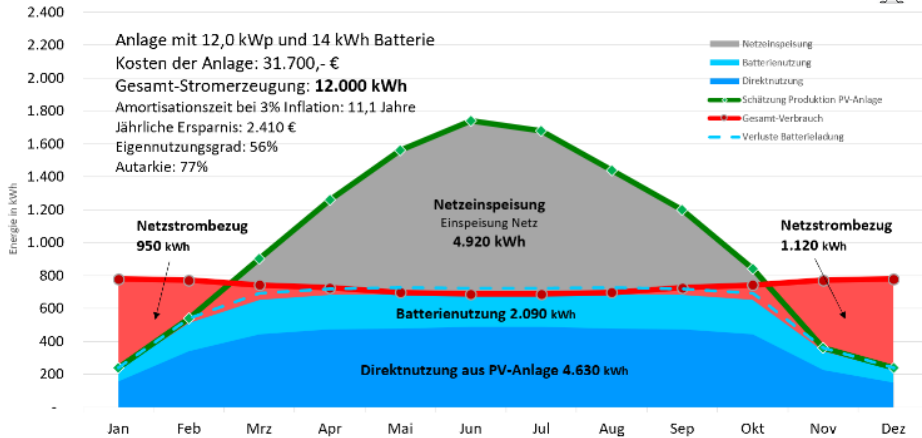
Diese Anlage ist zwar relativ kostengünstig, hat jedoch keinerlei Reserven für weitere Verbraucher wie zum Beispiel ein zukünftiges Elektroauto. Auch ist der „Umwelt“-Beitrag mit etwa 1500 kWh Netzzeinspeisung relativ klein.

Anlage 2: Die Leistung der großzügiger geplanten PV-Anlage ist so gewählt, dass die PV-Anlagenleistung $\approx 1,6$ mal den Energiebedarf in kWh/1000 kWh liefern soll. Somit wird die PV-Anlage auf eine Leistung von **8,8 kWp** ausgelegt. Die Batteriegröße bleibt bei 14 kWh



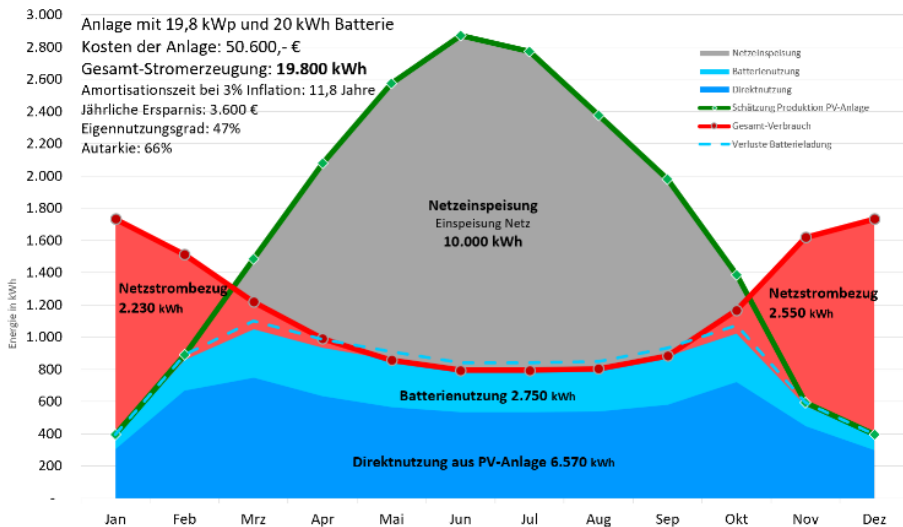
4-Personen-Haushalt, großzügige Dimensionierung

Der gleiche Haushalt soll nun noch ein Elektroauto mit einer Jahresfahrleistung von 15.000 km erhalten. Nachdem eine 3-phasige Wallbox am Eigenheim installiert werden soll, sollte die PV-Anlage eine Mindestleistung von **12 kWp** haben, um sinnvoll direkt mit der PV-Anlage laden zu können. Die gesamten Anlagenkosten samt der 14 kWh Batterie werden bei ca. 31.700 € und die jährliche Ersparnis bei ca. 2.400 € liegen. Hier ist aber der Vorteil der deutlich günstigeren „Spritkosten“ noch gar nicht eingerechnet, was mit etwa 600 € jährlich eine weitere Ersparnis bringt.



4-Personen-Haushalt mit 1 Elektroauto

Im letzten Schritt kommt nun noch eine Luftwärmepumpe für die Heizung und Warmwasserbereitung dazu. Die beheizte Wohnfläche des gut isolierten Hauses beträgt 125 m². Der Jahresenergiebedarf an Strom liegt für die Wärmepumpe bei 5300 kWh für etwa 16.000 kWh Heizenergie. Würde man mit Öl oder Gas heizen, müsste man dafür etwa 1500 – 1700 € aufbringen. Mit einem Gesamt-Energiebedarf von 14.100 kWh für Haushalt, Elektroauto und Wärmepumpe wird eine PV-Anlage mit **19,8 kWp** und 20 kWh Batterie vorgesehen. Die gesamten Anlagenkosten liegen bei ca. 51.000 € und die jährliche Ersparnis beträgt ca. 3.600 €. Mit einer Inflationsrate von 3% liegt die Amortisationszeit der Anlage bei nur etwa 12 Jahren.



4-Personen-Haushalt mit 1 Elektroauto und Wärmepumpe



ELEKTRO SCHMIDBAUER ^{GmbH}

Münchener Straße 148 - 83703 Gmund
Telefon 08022/7372
info@elektro-schmidbauer.de
www.elektro-schmidbauer.de

Ihr Partner für

PHOTOVOLTAIK

BERATUNG | PLANUNG | MONTAGE

Elektro Hafner

www.e-hafner.de
08022 | 67 399 - 0
info@hafner-elektro.de