

Solarstromanlagen ermöglichen es, im Sonnenhaus auch den Energieverbrauch der elektrisch betriebenen Komponenten im Haushalt regenerativ und dezentral abzudecken. Dezentral soll hier speziell erwähnt werden, da man sich auf sehr einfache Art „grünen Strom“ am Markt kaufen kann. Es sollte aber hierbei dringend auf die Glaubwürdigkeit des Stromlieferanten und der entsprechenden Zertifikate geachtet werden. Für eine möglichst geringe Umweltbelastung ist aber auch bei der Stromerzeugung eine dezentrale Variante am Ort des Verbrauchs zu bevorzugen.

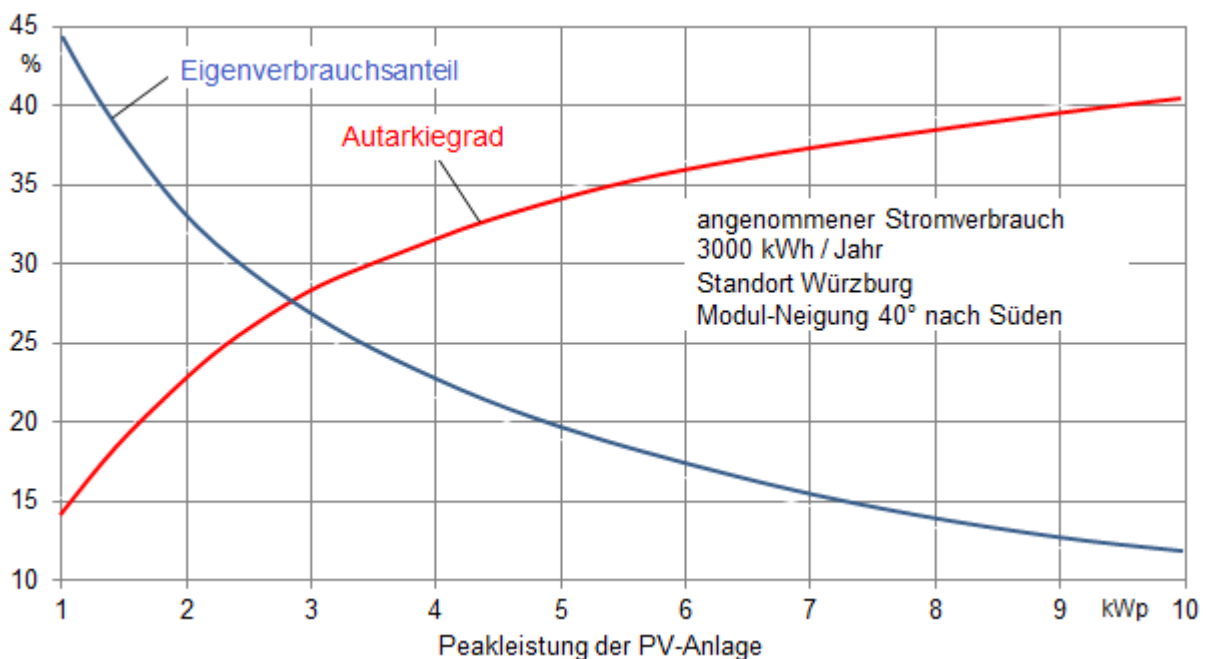
Dafür sind natürlich Grundvoraussetzungen notwendig. Zuallererst müssen die einzelnen Komponenten im Haushalt mit Augenmerk auf die Energieeffizienz ausgewählt werden. Die Unterschiede sind bei den meisten Geräten erheblich.

Eine andere für die Erzeugung des Solarstroms wesentliche Grundvoraussetzung ist die für Solarmodule zur Verfügung stehende Fläche, die beim Sonnenhaus durch die relativ große thermische Solaranlage am Gebäude selbst nur eingeschränkt verfügbar ist. Da die aktuell käuflichen Solarzellen unser Sonnenlicht nur zu 13 bis maximal 20% verwerten, benötigt man pro **Kilowatt-Peak** installierter Leistung etwa 6 bis 8 qm Platz. Dem im Vergleich zum thermischen Kollektor schlechteren Wirkungsgrad steht allerdings eine vergleichsweise gute Verwertung des diffusen Anteils gegenüber. Dies bedeutet auch an bewölkten Tagen einen nennenswerten Energieertrag.

Der Ertrag aus diffusem Licht ist bei einer waagrecht montierten Anlage am größten. Dies führt zu einem wesentlich größeren Spielraum bei der Ausrichtung der Module. Im Unterschied zu den Kollektoren ist eine steile Neigung zur Wintersonne nicht erforderlich, da sich der Haushaltsstrom - anders als der Heizenergieverbrauch - in etwa gleichmäßig auf die Jahreszeiten verteilt. Strom lässt sich zudem einfacher transportieren als Wärme, so dass auch die Anordnung von Anlagenteilen abseits des Hauptgebäudes möglich ist.

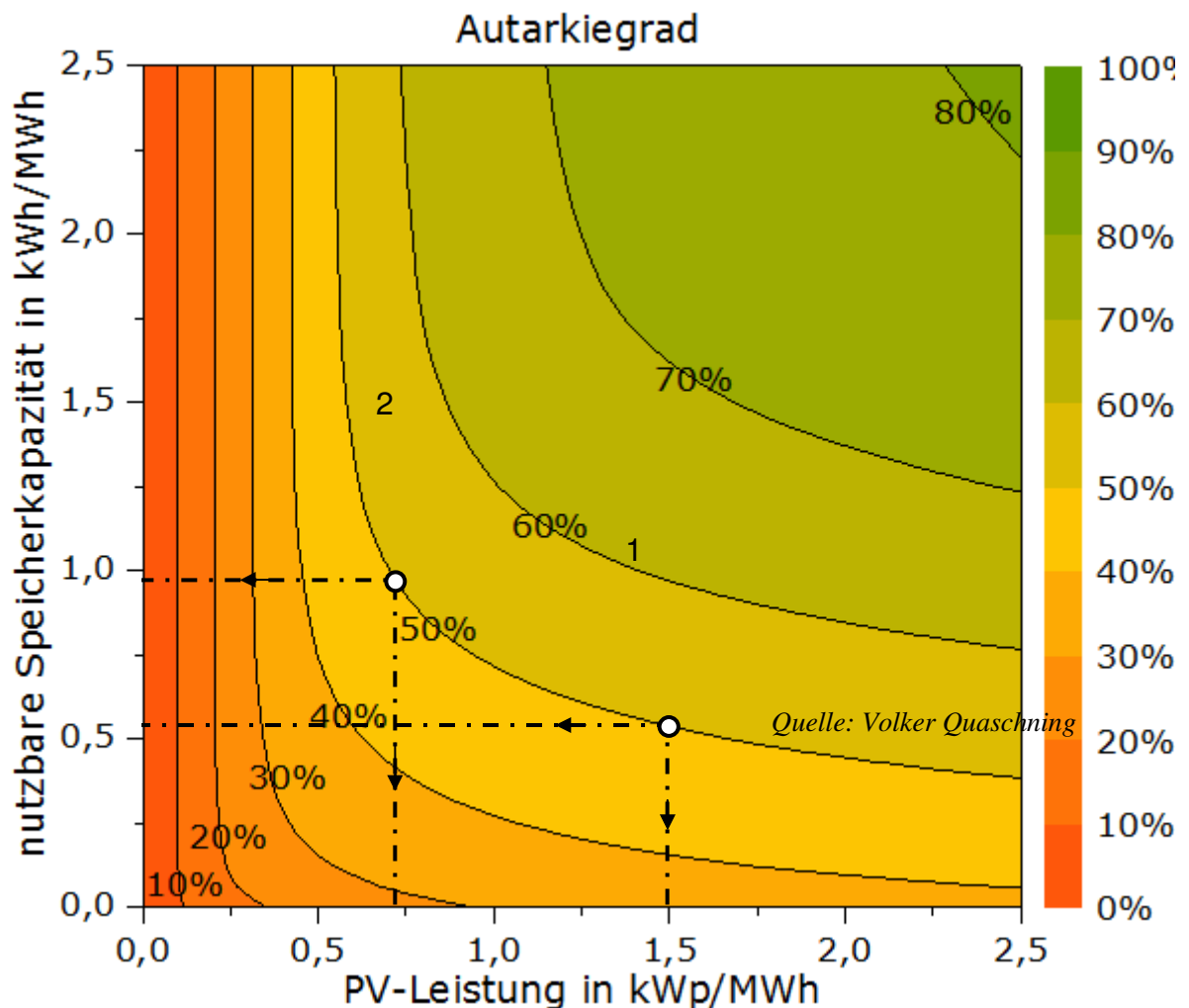
Sonnenhaus autark

Analog zum „solaren Deckungsgrad“ bei thermischen Solaranlagen spricht man bei für die Eigenstromnutzung konzipierten Photovoltaikanlagen vom **Autarkiegrad**. Wird auf einen Stromspeicher verzichtet, bewegt sich der Autarkiegrad für den Haushaltsstrom bei heute durchschnittlichem Stromverbrauch zwischen 10% (sehr kleine Anlagen mit hohem **Eigenverbrauchsanteil**) und 40% (sehr große Anlagen mit extrem geringem **Eigenverbrauchsanteil**). Ein dem Grundgedanken des Sonnenhauses angemessener Deckungsgrad von mindestens 50% (Variante „Sonnenhaus autark“) ist also mit dem fluktuierenden Energieangebot einer Photovoltaikanlage nicht darstellbar:



Ein hoher solarer Deckungsanteil am Verbrauch erfordert also zusätzlich zum Stromgenerator eine Speichermöglichkeit. Von den käuflichen Lösungen sind aufgrund ihrer Flexibilität Lithium-Ionen-Speicher am besten geeignet. Sie sind imstande, die Anpassung der Unterschiede zwischen Erzeugungs- und Verbrauchsverlauf am besten aneinander anzupassen. Nur aufgrund des oft großen Preisvorteiles werden auch Blei-Akkus (noch) in Betracht gezogen.

Zusätzlich lässt sich der Solarstromverbrauch mit einer flexiblen Ansteuerung diverser Geräte wie Waschmaschine, Wäschetrockner oder Kühlgeräte optimieren („smart-home“). Die Möglichkeiten hierzu sind aber sehr begrenzt, da die meisten Geräte nicht mit diesem Hintergrund entwickelt wurden. Bei entsprechender Akku-Größe wird so ein „intelligentes Lastmanagement“ ganz überflüssig.



Eigenverbrauchsanteil und Autarkiegrad in Abhängigkeit der nutzbaren Speicherkapazität und PV-Leistung, jeweils normiert auf den Jahresstrombedarf in MWh (Megawattstunden). Durch die Normierung lassen sich die Bewertungsgrößen für Haushalte je nach der Höhe des Jahresstrombedarfs abschätzen.

Ablesebeispiel für einen Haushaltsstromverbrauch von 3000 kWh (= 3 Mwh):

Ein Autarkiegrad von 50% kann mit einer PV-Anlagengröße von $1,5 \times 3 = 4,5$ kWp und einem Akku mit nutzbarer Speicherkapazität von $0,6 \times 3 = 1,8$ kWh erreicht werden. Alternativ könnte man beispielsweise die Modulfläche auf $0,7 \times 3 = 2,1$ kWp verkleinern und dafür die Akku-Größe auf $1,0 \times 3 = 3$ kWh erhöhen.

Bei den aktuell noch hohen Marktpreisen eines Speichersystems lässt sich ein Autarkiegrad von mindestens 50% am wirtschaftlichsten mit einem eher kleinen Speicher und einer relativ großen Anlagenfläche verwirklichen. Sinken die Investitionskosten für Stromspeicher, stellt sich angesichts abnehmender Einspeisevergütung einerseits und steigenden Strombezugspreisen andererseits die Wirtschaftlichkeit von Stromspeichern bzw. hoher Autarkiegrade deutlich günstiger dar.

Grundsätzlich kann der Autarkiegrad durch folgende Maßnahmen erhöht werden:

- geringerer Stromverbrauch
- größere Dimensionierung (und optimale Ausrichtung) der Solarfläche
- Vergrößerung des Stromspeichers
- Anpassung des Lastganges (Energiemanagement)
- Nutzung von Überschüssen für die Elektro-Mobilität
- Nutzung der PV-Anlage auch zur Wärmeerzeugung via Wärmepumpe oder / und E-Heizstab in Kombination mit einem thermischem Speicher

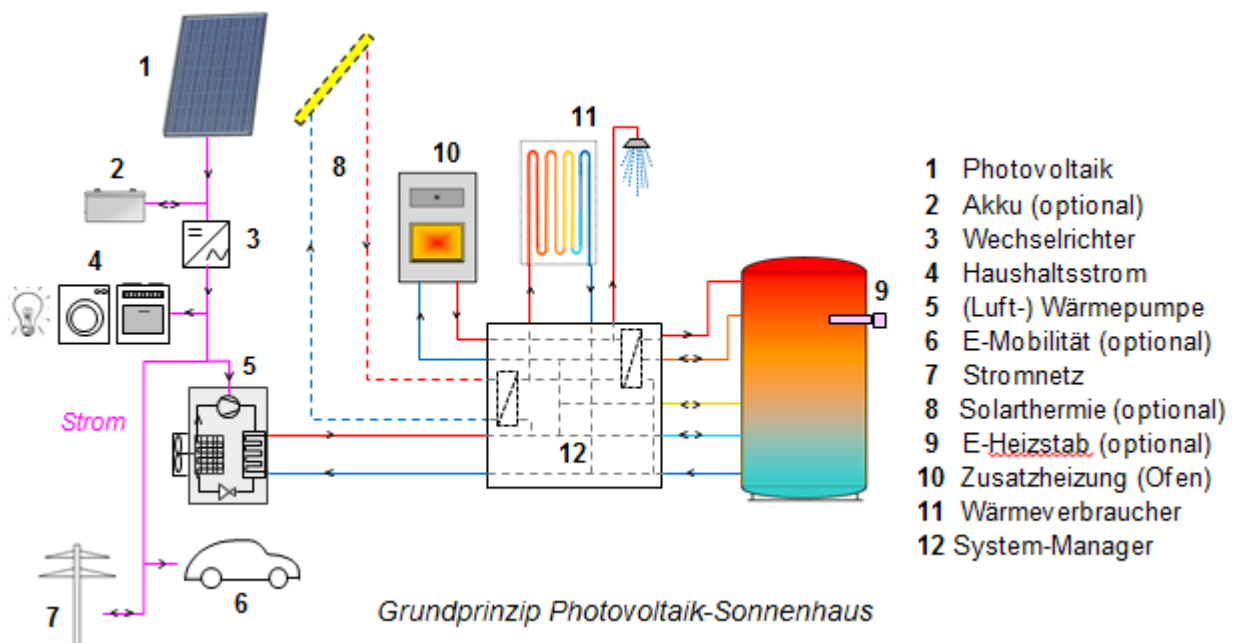
Heizen mit Solarstrom

Man kann mit der Nutzung des Solarstroms über die Deckung des normalen Bedarfes noch einen Schritt hinausgehen. Das heißt, man unterstützt neben den üblichen Stromverbrauchern auch die Raumheizung und Warmwasserbereitung elektrisch. Dazu bedarf es aber einer nochmals erheblich größeren Nutzfläche für den Stromgenerator. Um den Flächenbedarf der Solarstromanlage zu begrenzen wird eine elektrische Wärmepumpe eingesetzt, die vor allem im Bereich niedriger Heizungsvorlauftemperaturen den Solarertrag vervielfacht.

Der Typ der Wärmepumpe muss allerdings sorgfältig ausgewählt werden, da nicht jedes am Markt erhältliche Fabrikat auf das Zusammenspiel mit der Solarstromerzeugung abgestimmt werden kann. Sie muss entsprechend dem fluktuierenden Sonnenergieangebot in ihrer Leistung regelbar sein. Damit auch Leistungsbereiche, die unterhalb der Einschaltchwelle der Wärmepumpe oder oberhalb deren Leistungsgrenze liegen, genutzt werden können, ist ein – ebenfalls in der Leistung abgestufter – Elektro-Heizeinsatz im Wärmespeicher eine sinnvolle Ergänzung. Er kann zudem, wenn auch mit geringerer Effizienz, höhere Temperaturen als die Wärmepumpe liefern, wie sie für die Warmwasserbereitung sinnvoll genutzt werden können.

Grundsätzlich kann so ein System sogar im Sonnenhaus die Solarthermie komplett ersetzen oder zumindest ergänzen, wobei der Solarspeicher und der Holzofen für kalte Wintertage bestehen bleiben. Eine Luft-Wasser-Wärmepumpe, die ausschließlich oder überwiegend bei Sonnenschein betrieben wird, erreicht so eine Jahresarbeitszahl von etwa 3,0 und gleicht damit die geringere Umwandlungseffizienz der Photovoltaik gegenüber der Solarthermie ziemlich genau aus. Für höhere solare Deckungsgrade bei der Heizungsunterstützung sollten die Module steiler zur Winter-sonne ausgerichtet werden.

Eine langjährige Erfahrung mit dieser strombasierten Sonnenheizung besteht noch nicht, so dass ein abschließendes Urteil über deren Effizienz und Wirtschaftlichkeit erst nach Auswertung der Pilotprojekte möglich ist.



Sonnenhaus Plus

Wird in der Jahresbilanz im Gebäude mehr Energie (Wärme und Strom) produziert, als verbraucht, spricht man ganz allgemein von einem Plusenergiehaus. Es gibt allerdings unterschiedliche Interpretationsweisen dieses Begriffes. Beim Energiestandard „Sonnenhaus Plus“ betrachtet man bei dieser Bilanzierung nicht die **Endenergie**, sondern ausschließlich die **Primärenergie**. Dabei spielt es keine Rolle, wieviel des erzeugten Solarstromes direkt verbraucht oder ins Netz eingespeist wird. Wird die Wärme im Haus mit den regenerativen Energieträgern Sonne und Holz erzeugt, fällt hier nur ein sehr geringer Primärenergieverbrauch an, nämlich maximal 15 kWh pro qm Nutzfläche und Jahr. Dieser beinhaltet bereits den Hilfsstromverbrauch für die Anlagentechnik. Beim Haushaltsstrom kann man bei sparsamem Nutzerverhalten überschlägig von einem Endenergieverbrauch von 2500 kWh pro Haushalt Jahr ausgehen (entspricht $2500 \times \text{Primärenergiefaktor } 2,4 = 6000 \text{ kWh Primärenergie}$), wenn hocheffiziente Geräte zum Einsatz kommen und Wasch- und Spülmaschine an das Warmwassernetz angeschlossen werden. Somit ergibt sich für ein Einfamilienhaus mit 250 m² Gebäudenutzfläche folgende Rechnung:

Primärenergiebedarf nach EnEV	$15 \text{ kWh/m}^2\text{a} \times 250 \text{ m}^2 =$	3.750 kWh/a
Primärenergiebedarf für Haushaltsstrom	$2.500 \text{ kWh/a} \times 2,4 =$	6.000 kWh/a
Summe Primärenergiebedarf		9.750 kWh/a

Um den Standard „Sonnenhaus Plus“ zu erreichen, muss also die PV-Anlage eine jährliche Strommenge produzieren, die diesen Primärenergieverbrauch übersteigt, nämlich $9.750 / 2,4 = 4.063 \text{ kWh}$. Dies entspricht etwa einer installierten Modul-Leistung von 4,5 kWp.



Die Dachflächen von Einfamilienhäusern in etwa zu gleichen Teilen für die Solarthermie und Photovoltaik zu nutzen, erweist sich in vielen Fällen als vernünftig; nicht nur zur Erfüllung der Kriterien, sondern auch in wirtschaftlicher Hinsicht (Kosten-Nutzen).

Glossar:

Autarkiegrad

Verhältnis von selbst erzeugtem und eigenverbrauchttem Solarstrom zum gesamten Stromverbrauch („Technikstrom“ plus Haushaltsstrom).

Eigenverbrauchsanteil

Verhältnis von eigenverbrauchttem PV-Strom zum insgesamt erzeugtem PV-Strom

Kilowatt-Peak

Mit (Kilo-)Watt Peak bezeichnet man die von Solarmodulen abgegebene elektrische Leistung unter optimalen Bedingungen bzw. Standard-Testbedingungen (Bestrahlungsstärke 1000 W/m², Zelltemperatur 25 °C)

Endenergie

Energieverbrauch an der Systemgrenze Gebäude (Brennstoffenergie, Stromverbrauch laut Zähler)

Primärenergie