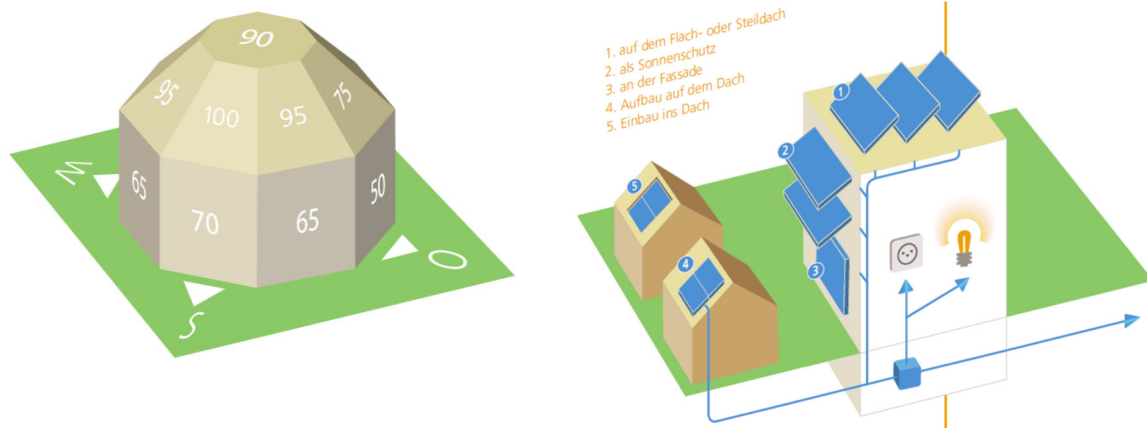


Merkblatt Sonnen-Energie

Grundlagen

Die Sonne scheint mit einer **Strahlungsleistung** von $1'367 \text{ W / m}^2$ auf die Erdatmosphäre ein (**Solar-konstante**). Dabei fallen in unseren Breitengraden und bei wolkenlosem Himmel auf der Erdoberfläche immer noch etwa $1'000 \text{ W / m}^2$ an. Diese gigantische Energiemenge machen sich nicht nur die Lebewesen zu Nutze, sondern sie kann auch mit technischen Hilfsmitteln in Strom oder Heizwärme umgewandelt werden.

Im Schweizer Mittelland kann mit einer jährlichen **Voll-Sonnenscheindauer** von etwa **800 Stunden** gerechnet werden. Dieser Wert ist abhängig von der Lage und den lokalen klimatischen Bedingungen.



Ausrichtungen und Montagemöglichkeiten (Quelle: Swissolar).

Die Sonneneinstrahlung ist auf eine **geneigte Südfläche** am grössten: Es werden 100 % des möglichen Ertrages am betreffenden Standort erreicht. Bei nach Südosten oder Südwesten ausgerichteten Solaranlagen ist nur mit geringen Einbussen von rund 5 % zu rechnen (siehe obige Abbildung). Anlagen können auch **horizontal oder vertikal** angebracht werden, womit immer noch vernünftige Erträge realisiert werden können.

In der Regel werden Solaranlagen an ein bestehendes Gebäude angebaut bzw. in ein Gebäude integriert, womit keine zusätzliche Landfläche verbaut wird.

Von einer **dachintegrierten Solaranlage (Indach)** wird gesprochen, wenn sie die Dachhaut **ersetzt**. Bei einem Schrägdach werden somit die Ziegel entfernt und die Solaranlage auf die Unterkonstruktion (Ziegellattung) montiert. Auch **Fassaden-Anlagen** (ab einem Neigungswinkel von 75°) werden immer beliebter.

Eine **angebaute Solaranlage (Aufdach)** hingegen wird auf ein bestehendes Dach – also auf die Ziegel – montiert, oder aber an eine Brüstung, Fassade etc. Es muss eine feste Verbindung zu einem Gebäude bestehen. Alle auf einem Flachdach aufgeständerten Solaranlagen fallen in diese Kategorie.

Die **freistehenden Anlagen** besitzen keine konstruktive Verbindung zu Bauten und werden „auf der grünen Wiese“ erstellt.

Solarstrom-Anlagen (Photovoltaik)

Allgemeines

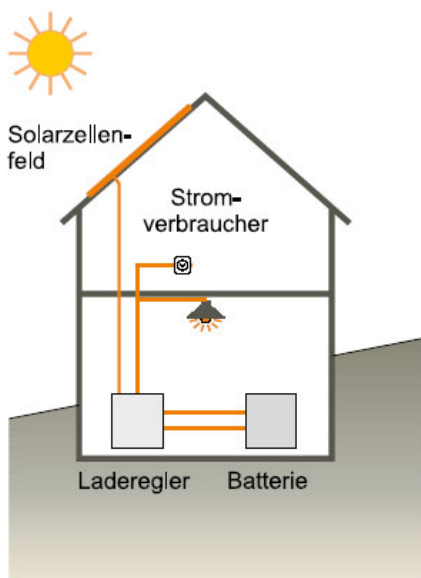
Solarzellen wandeln das Sonnenlicht direkt in elektrischen Strom um. Meistens werden 60 Zellen miteinander elektrisch verschaltet und bilden so ein sogenanntes **Solarmodul** mit einer Grösse von etwa 1.9 m² (Abmessungen 1.1 m x 1.75 m).

Monokristalline Solarzellen weisen derzeit die höchsten **Wirkungsgrade** von bis zu 25 % auf. Polykristalline Zellen erreichen ca. 20 % während amorphe Zellen bzw. Dünnschichtzellen auf rund 14 % kommen. Die besten Zellen sind in der Regel jedoch die teuersten, weshalb sie nicht automatisch die erste Wahl darstellen. Die **Zellenwahl** hängt vielmehr von der Fragestellung ab: Möglichst hohe Energieproduktion? Möglichst hohe Wirtschaftlichkeit? Möglichst wenig zusätzliches Gewicht auf dem Dach?

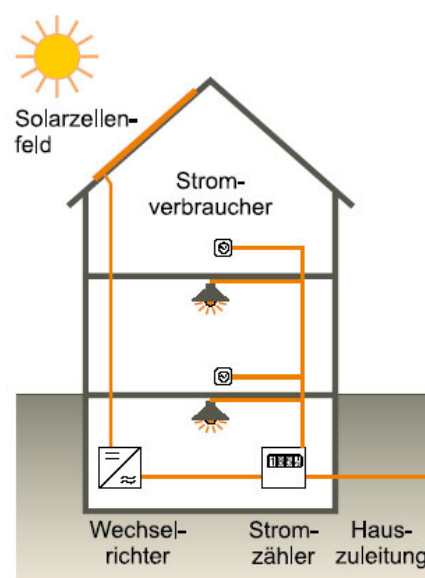
Durch den Preiszerfall der letzten Jahre spielt die optimale Ausrichtung nicht mehr *die* zentrale Rolle. Nebst den südausgerichteten Anlagen werden immer mehr auch **Ost-West-Anlagen** gebaut, bei welchen die Solarmodule nach Osten und Westen ausgerichtet sind. Damit können mehr Module auf einem Flachdach platziert werden, da sie sich gegenseitig nicht beschatten.

Inselanlagen sind nicht mit dem Elektrizitätsnetz verbunden und kommen hauptsächlich in Berg- oder Alphütten zur Anwendung. Sie verfügen über eine Batterie als Energiespeicher, damit die Stromproduktion vom Stromverbrauch entkoppelt werden kann.

Netzverbundanlagen hingegen sind mit dem Netz (230 V bzw. 400 V Wechselspannung) verbunden und speisen den produzierten Strom ins Netz ein. Eine Faustregel besagt, dass bei einer jährlichen Stromproduktion, welche gleich hoch ist wie der jährliche Verbrauch (also beispielsweise 5'000 kWh), der Anteil **Eigenverbrauch** bei etwa 25 % liegt. Das heisst, dass etwa 25 % des produzierten Solarstroms direkt im Haus verbraucht werden können, die restlichen 75 % werden als Überschuss ins Netz zurückgespeist. Um den Anteil Eigenverbrauch zu erhöhen, kann deshalb auch bei Netzverbundanlagen ein Batteriespeicher sinnvoll sein.



Inselanlage (Quelle: Swissolar).



Netzverbundanlage (Quelle: Swissolar).

Die **Anlagegrösse** wird über die installierte Leistung definiert und mit **kW_P** abgekürzt (**Kilowatt Peak**, maximale Leistung). Das entspricht der Leistung, welche die Anlage bei einer normierten und senkrechten Einstrahlung erbringt.

Eckwerte

In der folgenden Tabelle sind einige **Kennzahlen** für eine Anlagegrösse von 1 kW_P zusammengefasst. Sie dienen lediglich der groben Abschätzung und ersetzen keinesfalls die detaillierte Planung und Ertragsberechnung. **Heutige Solarmodule mit 60 Zellen** weisen eine Grösse von etwa 1.1 m x 1.75 m auf und eine Nennleistung von bis zu 400 Wp.

| Parameter | Wert | Bemerkungen |
|--|----------------------------|--|
| Flächenbedarf für 1 kW _P | ca. 5 m ² | Abhängig vom Typ der Solarzellen |
| Jahresertrag bei 1 kW _P | ca. 1'000 kWh (Mittelland) | Abhängig vom Standort (Ausrichtung, Verschattung, klimatische Bedingungen) |
| Investitionskosten für 1 kW _P | Fr. 1'200 ~ 3'000 | Je grösser die Anlage, desto geringer sind die spezifischen Kosten |

Integrierte Solarstromanlagen sind in der Regel etwas teurer als angebaute Anlagen.

Solarstrom einer Aufdach-Photovoltaikanlage kann heute für 6 – 14 Rp. / kWh produziert werden (**Gestehungskosten**). Der tiefe Wert bezieht sich auf unkomplizierte Grossanlagen auf einem Schrägdach mit rund 100 kW_P, der höhere Wert für eine Kleinanlage < 10 kW_P. Darin enthalten sind Amortisation sowie Kosten für Betrieb und Unterhalt. Eine Kapitalverzinsung ist nicht berücksichtigt.

Eigenverbrauch und ökologischer Mehrwert

Den Investitionen stehen auch Erträge gegenüber. Einerseits kann der Solarstrom direkt im Gebäude verbraucht werden (**Eigenverbrauch**) und es können so Stromkosten eingespart werden. Je nach Stromtarif des Energieversorgers beträgt diese während des Hochtarifes (also tagsüber) zwischen 12 und 24 Rp. / kWh. Andererseits muss der **lokale Netzbetreiber** den als Überschuss in sein Netz eingespeisten **Solarstrom vergüten**. Das ist heute in der Grössenordnung von 5 Rp. / kWh. Damit ist die „physikalische“ Strom-Rücklieferung abgegolten.

Der Solarstrom weist zusätzlich einen **ökologischen Mehrwert** auf, da er aus einer nach heutigen Gesichtspunkten unerschöpflichen und sauberen Quelle gewonnen wird. Dieser Mehrwert kann unter Umständen in Form von Zertifikaten (**Herkunftsnachweise HKN**) z.B. dem Energieversorger verkauft werden. So können im besten Fall zusätzliche Erlöse von bis zu 8 Rp. / kWh erzielt werden. Die Praxis liegt heute aber eher bei einigen wenigen Rappen.

Damit ist es aus finanzieller Sicht interessant, möglichst viel selbst produzierten Strom direkt im Gebäude zu verbrauchen (nennen (**hoher Anteil Eigenverbrauch**)), um möglichst wenig Überschuss-Strom ins Netz abgeben.

Die einzelnen Strombezüger eines Mehrfamilienhauses können einen **Zusammenschluss zum Eigenverbrauch ZEV** bilden, so dass alle Parteien von der Solarstromanlage profitieren können. Auch benachbarte Grundstücke dürfen angeschlossen werden, selbst wenn Strassen oder Bäche dazwischen liegen.

Kostendeckende Einspeisevergütung KEV

Per 1.1.2009 wurde die **kostendeckende Einspeisevergütung (KEV)** schweizweit eingeführt. Wie es der Name sagt, soll ins Netz eingespeister Strom aus erneuerbaren Quellen kostendeckend vergütet werden. Die Produktionsanlagen sollten also über die angenommene Lebensdauer amortisiert und das eingesetzte Kapital verzinst werden können.

Anlagen, welche nicht schon bis Mitte 2012 an die KEV angemeldet wurden, werden keine KEV mehr erhalten. Seit dem 1.1.2018 können jedoch alle Anlagen an die Einmalvergütung EIV angemeldet werden.

Einmalvergütung für Anlagen bis 50 MWp

Für **Anlagen bis 50 MWp** gibt es seit 1.1.2018 eine Einmalvergütung EIV, welche rund 25 % der Investitionskosten beträgt. Die Anmeldung für Anlagen < 100 kWp ist nur nach erfolgter Inbetriebnahme möglich. Die Anmeldung zur GREIV geschieht weiterhin vor Inbetriebnahme. Der ökologische Mehrwert (Herkunftsnachweise) darf weiter genutzt bzw. zusätzlich vermarktet werden.

Infolge der grossen Nachfrage ist mit einer **Wartezeit** von etwa 1 Jahr (KLEIV) bzw. 3 Jahren (GREIV) zu rechnen, bis die Fördergelder ausbezahlt werden.

| Anlagegrösse bis 50 MWp | Aufbauart ¹ | | |
|----------------------------|------------------------|---------------|------------------|
| | Aufdach | Indach | Fassaden (> 75°) |
| Grundbeitrag | Fr. 350.- | Fr. 385.- | Fr. 385.- |
| Leistungsbeitrag < 30 kWp | Fr. 380.-/kWp | Fr. 420.-/kWp | Fr. 670.-/kWp |
| Leistungsbeitrag < 100 kWp | Fr. 300.-/kWp | Fr. 330.-/kWp | Fr. 580.-/kWp |
| Leistungsbeitrag ≥ 100 kWp | Fr. 270.-/kWp | | - |

Einmalvergütung EIV. Ansätze gültig bei Inbetriebnahme ab 1.4.2022.

Um keine Sprünge zu erhalten, wird die Vergütungshöhe fließend berechnet. Rechnungsbeispiel für eine angebaute Anlage auf einem Flachdach mit 85 kW_p:

$$Fr. 350 + (30 \text{ kWp} \cdot 380Fr.) + (55 \text{ kWp} \cdot 300Fr.) = Fr. 28'250$$

Förderprogramme

Einige wenige Kantone, Gemeinden oder Energieversorger führen ein zusätzliches Förderprogramm für Photovoltaikanlagen. Das **Nachfragen kann sich lohnen!** Siehe auch www.energiefranken.ch.

Thermische Solaranlagen (Wärme)

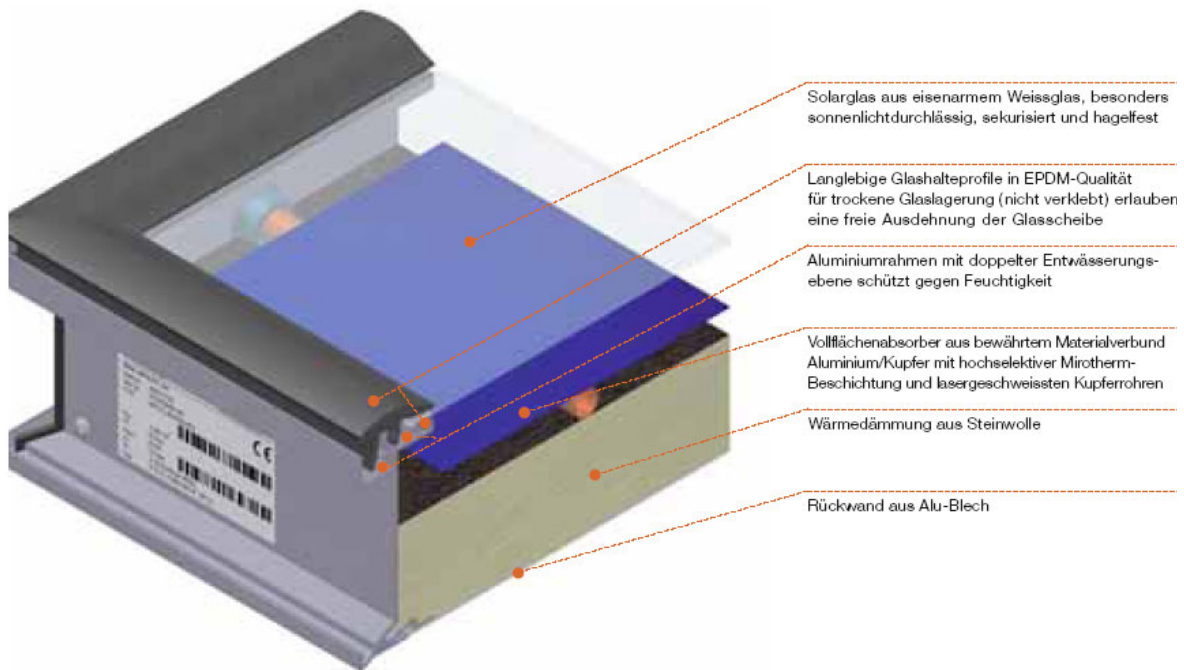
Allgemeines

In einem **geschlossenen Kreislauf** wird im **Sonnenkollektor** Wasser von der Sonne erwärmt und im Boiler (oder Heizungsspeicher) wird die gewonnene Sonnen-Wärme wieder an das Brauchwasser bzw. Heizungswasser abgegeben.

Der **Flachkollektor** ist ein flacher Kasten, welcher auf der Unterseite und an den Seitenwänden gegen Wärmeverluste isoliert ist und auf der Oberseite eine Glasabdeckung aufweist. Im Inneren ist auf ein dunkles **Absorberblech** meist mäanderförmig ein Kupferrohr aufgelötet. Das Absorberblech erwärmt sich durch die Sonneneinstrahlung stark und gibt die Wärme an das in den Kupferrohrchen zirkulierende Wasser ab.

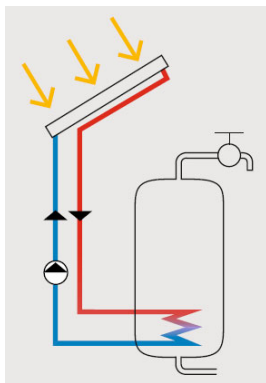
Der **Röhren-** oder **Vakuurröhrenkollektor** besteht aus einzelnen vakuumierten Glasröhren, in welchen die länglichen Absorber-Bleche eingelegt sind. Durch das Vakuum sind die Röhren hervorragend gegen Wärmeverluste geschützt. Röhrenkollektoren weisen höhere Wirkungsgrade auf und erreichen höhere Temperaturen, sind jedoch teurer als Flachkollektoren.

¹ *Integriert:* Die Solaranlage ersetzt die Fassaden- bzw. Dachhaut. / *Angebaut:* Auf dem bestehenden Dach (ersetzt nicht die Dachhaut), an Brüstung etc., es muss eine feste Verbindungen zu einem Gebäude o.ä. bestehen. / *Freistehend:* Keine konstruktive Verbindung zu Bauten.

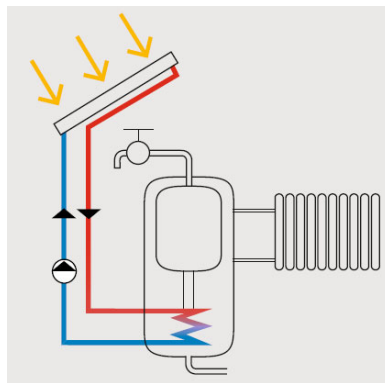


Aufbau eines Flachkollektors (Quelle: Ernst Schweizer AG).

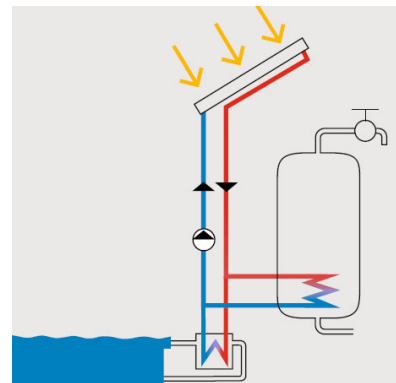
Die **Anwendungsmöglichkeiten** sind extrem vielfältig; nachfolgend sind drei davon schematisch dargestellt (Quelle: Ernst Schweizer AG). Am meisten kommt die reine Brauchwassererwärmung zum Zuge.



Brauchwassererwärmung.



Brauchwassererwärmung und Heizungsunterstützung.



Brauch- und Schwimmbadwassererwärmung.

Eckwerte

In der folgenden Tabelle sind einige **Kennzahlen** für Anlagen zur Brauchwassererwärmung bzw. Heizungsunterstützung zusammengefasst. Sie dienen lediglich der groben Abschätzung und ersetzen keinesfalls die detaillierte Planung und Ertragsberechnung.

Bei einer Solaranlage für die Brauchwassererwärmung kann mit einem Ertrag von etwa 400 – 600 kWh pro m² Sonnenkollektor gerechnet werden (entsprechend 40 – 60 Liter Heizöl bzw. m³ Erdgas).

| Parameter | Wert | Bemerkungen |
|----------------------------------|--|---|
| Brauchwassererwärmung EFH | | |
| Flächenbedarf Sonnenkollektoren | ca. 4 m ² Absorberfläche (AF) | 1 m ² pro Person |
| Solarboiler | 500 Liter | 100 Liter pro m ² Kollektorfläche; Typische Anwendung EFH |
| Investitionskosten | ca. 14'000 Fr. (inkl. Solarboiler) | Bzw. 10'000.- Fr. Mehrkosten gegenüber konventioneller Warmwasseraufbereitung |
| Spezifischer jährlicher Ertrag | Ca. 500 kWh / m ² KF | Mittelland |
| Deckungsgrad | 60 – 70 % | des gesamten jährlichen Warmwasserverbrauchs |
| Zusatznutzen | Die Lebensdauer des Wärmeerzeugers wird um bis zu 25 % erhöht; geringere Wartungs- und Unterhaltsarbeiten. | |

| Brauchwassererwärmung und Heizungsunterstützung | | |
|--|---|--|
| Flächenbedarf Sonnenkollektoren | 0.6 – 1.2 m ² AF pro MWh/a Heizwärmebedarf | |
| Heizungsspeicher | 100 Liter pro m ² AF | z.B. Kombispeicher mit 1'500 Heizungsspeicher und 200 Liter Boilerinhalt |
| Investitionskosten | 1'500 – 2'500 Fr./m ² AF | Gesamtanlage |
| Spezifischer Ertrag | Ca. 350 kWh / m ² AF | Mittelland |
| Deckungsgrad | 25 – 30 % | des jährlichen Energiebedarfs für Warmwasser und Heizung |

| Brauchwasservorwärmung MFH | | |
|-----------------------------------|---|--|
| Flächenbedarf Sonnenkollektoren | 0.5 – 1 m ² pro Bewohner bzw. 1.5 – 3 m ² pro Wohnung | |
| Vorwärmespeicher | 30 – 50 Liter pro m ² AF | |
| Investitionskosten | 1'200 – 2'000 Fr./m ² AF | Gesamtanlage |
| Spezifischer Ertrag | Ca. 600 kWh / m ² AF | Mittelland |
| Deckungsgrad | 30 – 50 % | des jährlichen Energiebedarfs für das Warmwasser |

Förderung

Unter anderem **fördert** der Kanton **Luzern** die **Erstellung thermischer Solaranlagen**. Die detaillierten Förderbedingungen sind unter www.energie.lu.ch (Kanton Luzern) abrufbar.

Weitere Informationen

www.swissolar.ch
www.solarprofis.ch

Schweizerischer Fachverband für Sonnenenergie
Adress-Verzeichnis von Händlern, Planern und Installateuren von Solaranlagen

www.pronovo.ch
www.energie-schweiz.ch

Anmeldung an die Einmalvergütung
Programm EnergieSchweiz

www.energiefranken.ch

Förderprogramme in Ihrer Gemeinde

© 2022

Lindenberg Energie GmbH
Franz Ulrich
Oberebersol 16
6276 Hohenrain

Tel. 041 910 41 42

info@lindenberg-energie.ch
www.lindenberg-energie.ch