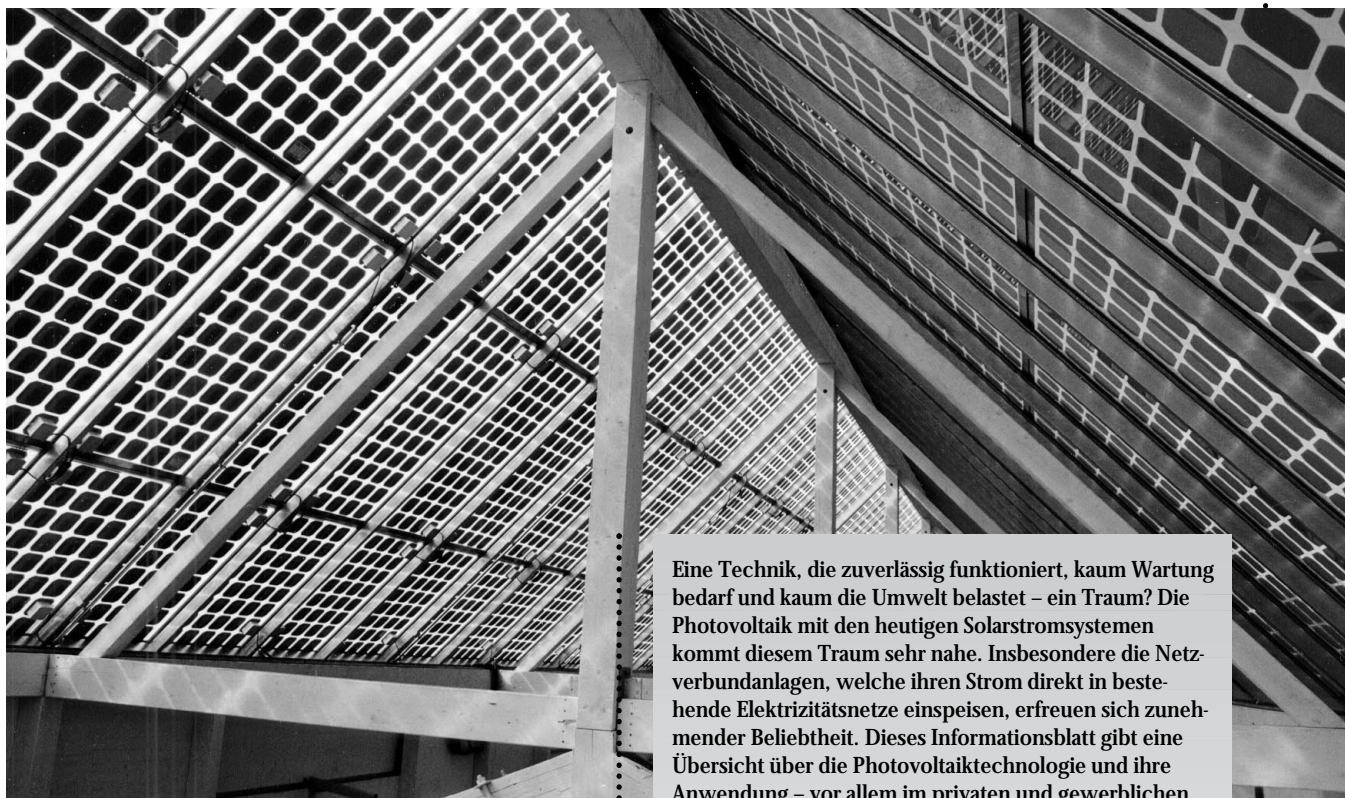


Photovoltaik

Strom aus der Sonne



Gewinner Schweizer Solarpreis 1998, Kategorie F,
bestintegrierte Anlagen: Lokomitivdepot SBB, Bern
(© by Atlantis Solar Systeme AG)

Das Informationsblatt «Photovoltaik» vermittelt Tips für den Bau einer Solarstromanlage. Ein kurzer Überblick über die Technik sowie Angaben zur Standortwahl und zu den Kosten bieten ausserdem einen Einstieg in dieses faszinierende Gebiet der Sonnenenergienutzung.

Eine Technik, die zuverlässig funktioniert, kaum Wartung bedarf und kaum die Umwelt belastet – ein Traum? Die Photovoltaik mit den heutigen Solarstromsystemen kommt diesem Traum sehr nahe. Insbesondere die Netzverbundanlagen, welche ihren Strom direkt in bestehende Elektrizitätsnetze einspeisen, erfreuen sich zunehmender Beliebtheit. Dieses Informationsblatt gibt eine Übersicht über die Photovoltaiktechnologie und ihre Anwendung – vor allem im privaten und gewerblichen Bereich. Die ersten Schritte auf dem Weg zur Realisierung einer eigenen Anlage werden beschrieben sowie Tips und Tricks vermittelt. Kennzahlen erleichtern die Dimensionierung und Entscheidungsfindung bei der Planung.

Wie funktioniert Photovoltaik?

Bei der Photovoltaik wird Licht in elektrische Energie umgewandelt. Dazu sind Halbleiter notwendig mit ähnlicher Struktur, wie sie bei der Herstellung von integrierten Schaltkreisen («Chips») in der Elektronik verwendet werden. Die Solarzellen bestehen aus solchen Halbleitern – meistens aus Silizium – und wandeln eintreffende Lichtquanten (Photonen) in elektrischen Gleichstrom um. Der Strom wird durch metallische Kontakte gesammelt. Mehrere Solarzellen lassen sich in Serie zusammenschliessen. Diese Solarmodule oder -paneele werden, geschützt vor Umwelteinflüssen in einer Verpackung aus Glas und Kunststoff, als Bausteine für Solarstromanlagen angeboten.



Herzberg, Haus für Bildung und Begegnung, Solarzellen (oben) und Sonnenkollektoren (unten) auf dem gleichen Dach, Bild ADEV Aarau

Netzverbund- und Inselanlagen

Im Normalfall bieten Netzverbundanlagen (= mit Anschluss an das Elektrizitätswerk) eine energie- und kostenoptimale Lösung für die Erzeugung von Solarstrom. Diese Anlagen bestehen aus mehreren zusammenschalteten Solarmodulen, einem (oder mehreren) Wechselrichtern und einem Anschluss an das lokale Elektrizitätsnetz (Figur 1). Der Wechselrichter erzeugt aus dem Gleichstrom der Solarzellen den netzkonformen Wechselstrom (230 V / 50 Hz). Er übernimmt auch Steuer- und Regelfunktionen, um den Energieertrag zu optimieren. Anstelle eines Speichers sorgt das Elektrizitätswerk für den Ausgleich zwischen Angebot und Nachfrage. Wo ein Netzanschluss entweder zu teuer oder nicht sinnvoll ist, erlauben Inselanlagen die ideale Nutzung der Solarenergie. Anstelle des Wechselrichters sorgt eine Regelelektronik für das Laden und Entladen von Batterien (genauer: Akkumulatoren), welche die Speicherfunktion übernehmen. Solche Inselanlagen eignen sich gut für die Stromversorgung von netzfernen Objekten wie Berghütten, Ferienhäusern und Notrufsäulen oder für Gartenhäuschen, Parkscheinautomaten usw.

Potenzial in der Schweiz

Wenn die gesamte Dachfläche der Schweiz (ca. 400 km²) mit Solarzellen belegt würde, könnten diese im Jahresmittel etwa den Strombedarf der Schweiz decken. Das technisch mögliche Potential ist etwa fünf bis zehn mal kleiner und damit immer noch sehr beachtlich.

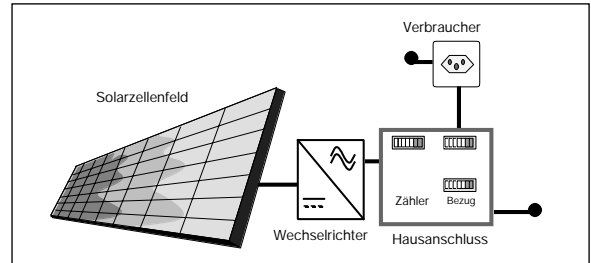
Warum Netzverbund?

Die Netzverbundlösung bietet gegenüber der Inselanlage einige Vorteile:

- Der erzeugte Strom ist netzkonform (230 V, 50 Hz), es können weiterhin die gleichen Verbraucher (Haushaltgeräte, Lampen usw.) benützt werden.
- Es ist kein separates Netz für die «Solarstromverbraucher» notwendig.
- Der Energieaustausch bei Mehrproduktion, beziehungsweise Bedarf geschieht automatisch über den Netzanschluss.
- Die «Speicherung» der produzierten Energie erfolgt im Elektrizitätsnetz.

Welche Objekte eignen sich?

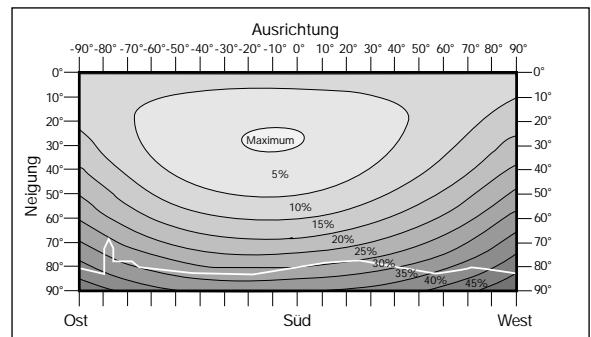
Grundsätzlich lassen sich Solarzellen überall dort anwenden, wo genügend Sonnenlicht einstrahlt. Die beste Ausrichtung



Figur 1: Photovoltaik-Netzverbundanlage. Graphik TNC.

ist eine leichte Neigung gegen Süden (von Südost bis Südwest, Figur 2). Solaranlagen sollen vorzugsweise auf Flächen bestehender oder neuerellter Bauten installiert werden, um Kosten zu reduzieren und die Beeinträchtigung der Umwelt klein zu halten. Folgende Objekte sind geeignet:

- Bestehende Gebäude mit besonnten Flächen (Flach- und Steildächer, Fassaden)
- Neubauten, evtl. mit Integration der Solarzellen in die Gebäudehülle



Figur 2: Jahresertrag in Abhängigkeit von Neigung und Ausrichtung. Standort Zürich. Graphik TNC.

- Infrastrukturbauten (Umfassungsmauern, Lärmschutzwände usw.)

Genau abzuklären ist ein möglicher Schattenwurf durch Kamine, Antennen, Nachbargebäude usw. Die Beschattung von nur einem Teil eines Panels kann die Produktion der ganzen Anlage empfindlich vermindern.

Welche Technologie?

Solarzellen sind in verschiedenen Formen und Technologien erhältlich.

- Monokristalline Zellen: Jede Zelle wird von einem Silizium-Einkristall geschnitten. Dieser Zellentyp weist die höchste Umwandlungseffizienz auf.
- Polykristalline Zellen: Die einzelnen Siliziumkristalle dieser Zellen sind gut sichtbar. Die Effizienz gegenüber den monokristallinen Zellen ist leicht reduziert, dafür sind polykristalline Zellen kostengünstiger.
- Amorphe Zellen: Bei diesem Zellentyp ist keine Kristallstruktur erkennbar. Der Wirkungsgrad der Zellen ist tiefer. Dieser Zellentyp wird häufig in portablen Geräten verwendet (Taschenrechner usw.).

Zukünftige Entwicklungen: Die erwähnten Zellen werden aus Silizium gefertigt. Ein Blick auf neue Technologien zeigt, dass heute Zellen aus anderen Materialien, wie beispielsweise die Farbstoffzelle, im Labormassstab funktionieren, die Marktreife werden sie aber erst in einigen Jahren erreichen. Die heutige (Silizium-)Technologie ist ausgereift und problemlos in Solarstromanlagen zu verwenden.

Standortwahl

Solarstromanlagen können überall in der Schweiz gebaut werden. Tabelle 1 zeigt das Strahlungsangebot für einzelne, ausgewählte Standorte. Die Unterschiede zwischen Basel, Buchs-Suhr und Locarno sind nicht gross. Für das Schweizerische Mittelland variieren die Werte gegenüber Buchs-Suhr um maximal 10%.

Monat	Basel-Binnigen	Buchs-Suhr	Jung-fraujoch	Same-dan	Locarno-Magadino
Januar	30	25	51	54	41
Februar	45	42	74	75	55
März	79	78	123	126	95
April	107	105	166	156	110
Mai	143	137	191	177	136
Juni	155	147	193	179	158
Juli	173	166	196	190	178
August	147	137	169	162	156
September	101	93	134	124	111
Oktober	62	54	99	88	68
November	33	25	65	54	43
Dezember	25	19	49	44	34
Jahr	1098	1025	1506	1426	1183

Tabelle 1: Strahlungssumme der Globalstrahlung horizontal [kWh/m²],
Quelle: Meteonorm 95

Eine Solarstromanlage: die wesentlichen Komponenten

Photovoltaik-Netzverbundanlagen bestehen aus verschiedenen Komponenten:

- Anschlussfertige, zu Solarpaneelen zusammengefasste Solarzellen in Grössen von etwa 0.5 - 2 m². Die für den sicheren Betrieb der Anlage notwendigen Schutzelemente sind zum Teil bereits integriert
- Montagestrukturen: Eine wind- und schneelastsichere Befestigung der Solarpaneele auf Dächern und Fassaden ist wichtig. Auf dem Markt sind verschiedene standardisierte Montagesysteme verfügbar.
- Verkabelung: Die Solarpaneele müssen untereinander und mit dem Wechselrichter verbunden werden. Eine richtig dimensionierte und korrekt ausgeführte Verkabelung des Solarpaneele gewährleistet die Sicherheit der Anlage und vermeidet Leitungsverluste.
- Wechselrichter: Der Umformungswirkungsgrad Gleichstrom-Wechselstrom muss höher als 90% sein. Zudem müssen die Sicherheitsbestimmungen der Elektrizitätswerke bezüglich Netzanschluss erfüllt werden
- Netzanschluss: Der Anschluss ans örtliche Stromnetz ist bewilligungspflichtig. Laut Gesetzgebung sind die Elektrizitätswerke dazu verpflichtet, überschüssigen Strom aus kleineren Anlagen zur Nutzung erneuerbaren Energiequellen zu übernehmen und mit durchschnittlich 16 Rp. pro Kilowattstunde zu vergüten. Anlagen >3.3 kW_p werden vom Eidg. Starkstrominspektorat (ESTI) abgenommen.

kWp

Kilowatt-Peak: Definierte Leistung der Solarzellen unter Standard-Testbedingungen (25°C, Einstrahlung 1000 W/m²). Dies entspricht in etwa der maximalen Leistung der Solarpaneele an einem sehr sonnigen Tag um die Mittagszeit.

Eckwerte für die Planung

Ein Quadratmeter Solarzellenfläche kann etwa 90 bis 125 kWh Wechselstrom pro Jahr produzieren (Standort Mittelland), dies entspricht etwa 110 bis 140 W_p installierter Leistung. Die Produktion beträgt im Winterhalbjahr etwa 1/3, im Sommerhalbjahr etwa 2/3 des Jahresertrages.

Fragen an den Anlagebesitzer:

- Wieviel Prozent des Stromverbrauchs soll solar erzeugt werden (Deckungsgrad)?
- Wieviel Geld kann ich in die Anlage investieren?

Die folgende Eckwerte helfen, diese Planungsfragen zu beantworten:

- Ein durchschnittlicher Vierpersonenhaushalt konsumiert (ohne Warmwassererzeugung) rund 3 000 kWh Strom pro Jahr, eine energiebewusste Familie etwa 1 000 kWh weniger.
- Pro Kilowatt installierte Leistung ("Peak"-Leistung) werden im Mittelland etwa 800 bis 900 kWh Strom pro Jahr produziert.

Ein typischer Haushalt benötigt eine installierte Leistung von 3 - 4 kW_p (25 - 35 m²) um im Jahresdurchschnitt eine 100%ige Solarstromversorgung zu erreichen.

Preise für Standardanlagen (Stand 1999)

Anlagen für ein Einfamilienhaus im Bereich von 2 bis 4 kW_p kosten fertig installiert ca. Fr. 12'000.- pro kW_p. Bei grösseren Anlagen ist der Preis bei vergleichbarer Ausführung 10 bis maximal 20% kleiner.

Der aus der Amortisation der Anlage berechnete Kilowattstundenpreis liegt für heutige Photovoltaikanlagen bei etwa Fr. 0.80 - 1.00 pro Kilowattstunde, das heisst etwa vier bis fünfmal höher als der Einkaufspreis für konventionellen Strom (Hochtarif, Haushaltstrom).

Finanzhilfen und Unterstützung durch die öffentliche Hand

Der Bund fördert Solarstromanlagen im Moment mit Fr. 3000.- pro kW_p. Einige Kantone und Gemeinden unterstützen Solarstromanlagen mit direkten oder in direkten Beiträgen. Nähere Angaben sind bei den kantonalen Energiefachstellen und den Energieberatungsstellen erhältlich sowie auf www.swissolar.ch. Dazu kommen steuerliche Begünstigungen bei Anlagen auf bestehenden Gebäuden. Alle Fördermassnahmen und Steuervorteile führen dazu, dass in einzelnen Kantonen der Solarstrom nur noch unwesentlich teurer ist als Netz-Strom.



Stadtmühle CMZ, Zürich,
Bild Coop Schweiz

Eine Photovoltaikanlage entsteht: Der Planungs- und Realisierungsablauf

- Standort der Anlage abklären, möglichst eine Exposition Südost - Südwest wählen, Beschattung vermeiden.
- Grösse der Anlage nach Wunsch (und Portemonnaie!) auswählen, evtl. einen Energieberater beiziehen
- Finanzielle Unterstützung von Bund, Kanton und Gemeinde abklären.

- Offerten für die Realisierung einholen, Referenzanlagen anschauen
- Die Koordination der Arbeiten sicherstellen, Garantien verlangen, evtl. eine «schlüsselfertige» Anlage verlangen
- Unternehmer wählen, Anlage realisieren
- Korrekte Abnahme der Anlage durchführen (lassen), die offerierten Leistungen kontrollieren (ab 3.3 kW_p durch ESTD).

Betrieb Ihrer Photovoltaikanlage

- Im Normalfall produziert die Anlage störungsfrei. Eine regelmässige Kontrolle verhindert, dass ein unbemerkter Ausfall zu einer Produktionseinbusse führt. Der Einbau eines Kontrollzählers für die produzierte elektrische Energie ist sehr zu empfehlen.
- Da die Photovoltaikanlage über keine beweglichen Teile verfügt, ist die Lebensdauer recht lang. Die Zellen nützen sich nicht ab. Höchstens mechanische Schäden können zu einem Ausfall führen. Es kann mit einer Lebensdauer von 20 bis 30 Jahren gerechnet werden.

Motivation, Tips

Ökologischer Tatbeweis:

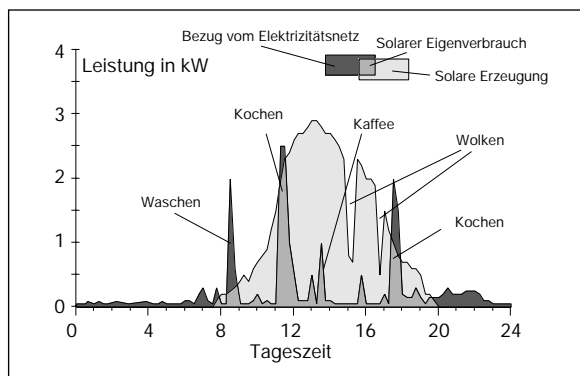
- sehr niedrige Umweltbelastung (nur «graue» Energie der Komponenten)
- die Anlage produziert in wenigen Jahren die in sie «investierte» Energie: Im Laufe der Lebensdauer erzeugt die Anlage etwa sechs- bis zehnmals mehr Energie als für ihre Herstellung benötigt wurde.
- nutzt die natürliche, erneuerbare und kostenlose Ressource «Sonne».
- produziert keine Abgase oder sonstigen Abfälle während des Betriebs

Dezentrale Produktion:

- niedrige Transportverluste: der Strom wird dort produziert, wo er gebraucht wird
- Unterstützung des lokalen Gewerbes

Einheimische Energiequelle:

- keine Energieimporte



Figur 3: 3kW-Netzverbundanlage im Tagesverlauf, Graphik TNC

Eigene Solarstromanlage oder Gemeinschaftsanlage?

Wer keinen Platz findet oder eine ganze Anlage nicht finanzieren kann oder will, hat trotzdem Möglichkeiten, Solarstrom zu nutzen:

- Beteiligung an einer Gemeinschaftsanlage, z.B. durch eine Solargenossenschaft
- Bezug eines Teils des Elektrizitätsbedarfs aus solarer Produktion über die Solarstrombörse eines Elektrizitätswerks.

Literatur

- Photovoltaik, Planungsunterlagen für autonome und netzgekoppelte Anlagen, PACER-EDMZ 1992, ISBN 3-905232-12-X, Bezug: INFOENERGIE Beratungszentrale, Aarau
- Solararchitektur für Europa, Focus Film / Schneider A. (HRSG.), Birkhäuser 1996, ISBN 3-7643-5381-3

Weitere Informationen

Die kantonalen Energiefachstellen sowie die INFOENERGIE-Beratungszentralen erteilen Ihnen gerne weitere Auskünfte und bieten weiterführendes Informationsmaterial zu den Themen dieser Broschüre an. Dort erhalten Sie auch eine Liste der öffentlichen Energieberatungsstellen und Energieberater.

Beratung

**Swissolar Hotline «Der gelbe Draht»
Telefon 0900 55 23 45 (1.– Fr./Min.)**

Swissolar, Schachenallee 29, 5000 Aarau
Internet: www.swissolar.ch
E-mail: info@swissolar.ch

Adressliste

Die Liste der öffentlichen Energieberatungsstellen erhalten Sie bei:

- INFOENERGIE Beratungszentrale Nordwestschweiz
AG, BE, BL, BS, SO, VS (D), FR (D)
Schachenallee 29, 5000 Aarau
Tel: 062/834 03 03, Fax: 062/834 03 23
Internet: www.infoenergie.ch
E-Mail: beratung@infoenergie.ch
- INFOENERGIE Beratungszentrale Ostschweiz
AI, AR, GR, GL, SH, SG, TG, ZH
c/o FAT, 8356 Tänikon
Tel: 052/368 34 85, Fax: 052/368 34 89
- INFOENERGIE Beratungszentrale Zentralschweiz
LU, NW, OW, SZ, UR, ZG
Weissenbrunnstr. 41, 8903 Birmensdorf
Tel: 01/737 14 45 Fax: 01/737 03 17

Impressum

Text: Alan C. Hawkins, Energieberater
Redaktion: Pius Hüsler, Gaby Roost, Nova Energie GmbH
Photos: CMZ Stadtmühle Zürich, Atlantis Solar Systeme AG, ADEV Aarau
Graphiken: TNC, Männedorf

Copyright: INFOENERGIE, Swissolar 1999

Dieser Nachdruck wurde finanziert durch

SWISSOLAR

Arbeitsgemeinschaft für Sonnenenergie
Das Actor-Netzwerk Sonne von Energie 20000