

# Photovoltaik

## Strom aus der Sonne

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

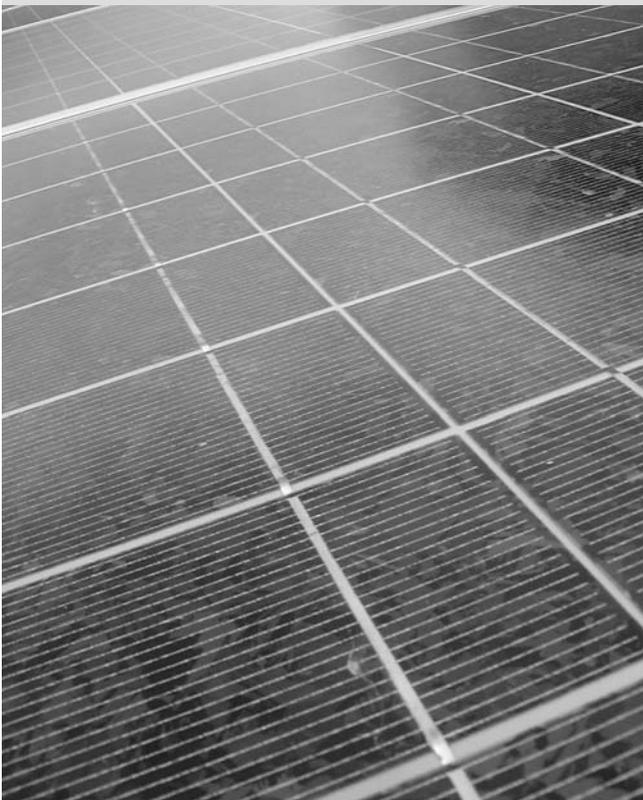
Eine Technik, die zuverlässig funktioniert, wenig Wartung bedarf und kaum die Umwelt belastet – ein Traum? Nein, denn die Photovoltaik mit den heutigen Solarstromsystemen kommt

diesem Traum sehr nahe. Insbesondere die Netzverbundanlagen, die ihren Strom direkt in das bestehende Elektrizitätsnetz 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.



## 2 Wie funktioniert die 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 – auch Solarpaneele genannt – werden, geschützt vor Umwelteinflüssen in einer Verpackung aus Glas und Kunststoff, als Bausteine für Solarstromanlagen angeboten.



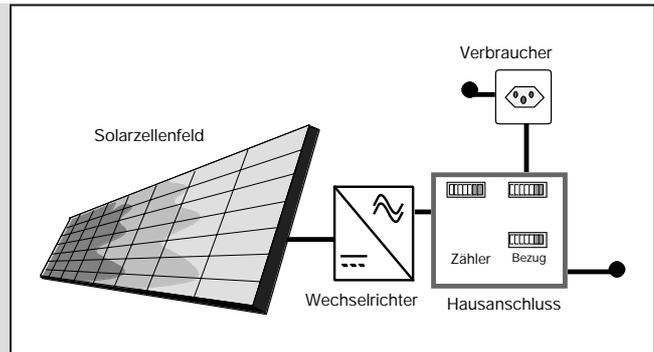
PV-Module mit polykristallinen Zellen (Bild: Corina L. Hawkins)

### Netzverbund- und Inselanlagen

Solarstromanlagen werden normalerweise entweder als sogenannte «Insel»-Anlagen oder als «Netzverbund»-Anlagen betrieben.

### Netzverbundanlagen

Die Netzverbundanlagen bieten eine energie- und kostenoptimale Lösung für die Erzeugung von Solarstrom. Diese Anlagen bestehen aus mehreren zusammengeschalteten Solarmodulen, einem (oder mehreren) Wechselrichtern und einem Anschluss an das lokale Elektrizitätsnetz (Figur 1). Der Wechselrichter erzeugt aus dem Gleichstrom der Solarzellen den netzkonformen Wech-



Figur 1: Photovoltaik-Anlage im Netzverbund (Grafik: TNC)

selstrom (230 V/ 50 Hz). Er übernimmt auch Steuer- und Regelfunktionen, um den Energieertrag zu optimieren. Der so erzeugte Solarstrom kann lokal verbraucht werden. Überschüsse werden ins Netz des örtlichen Elektrizitätsunternehmens gespeist. Das Elektrizitätswerk sorgt ebenfalls für den Ausgleich zwischen Angebot und Nachfrage. Es gibt Netzverbundanlagen mit Leistungen von etwa 1 kW<sub>p</sub> bis zu über 1'000 kW<sub>p</sub>.

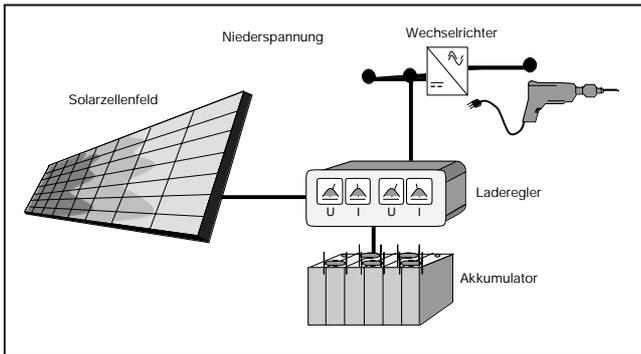
Die Netzverbundlösung bietet gegenüber der Inselanlage einige Vorteile:

- 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 erfolgt automatisch über den Netzanschluss.
- Die «Speicherung» der produzierten Energie erfolgt ebenfalls im Elektrizitätsnetz. Lokale Akkumulatoren werden nicht benötigt
- Die Anlage schaltet sich bei Netzausfall automatisch ab

**kW<sub>p</sub>**, Kilowatt-Peak: Definierte Leistung der Solarzellen unter Standard-Testbedingungen (25° C, Einstrahlung 1000 W/m<sup>2</sup>). Dies entspricht in etwa der maximalen Leistung der Solarpaneele an einem sehr sonnigen Tag um die Mittagszeit.

### AC-Module

Die kleinsten Netzverbundanlagen mit Leistungen um 0.1 bis 1.5 kW<sub>p</sub> sind meistens mit einem gewöhnlichen Stecker ausgerüstet und können an jeder normalen Haushalts-Steckdose angeschlossen werden. Ihr Betrieb bedingt jedoch das Vorhandensein von Netzspannung: Bei einem Netzausfall schalten die AC-Module – wie die grösseren Netzverbundanlagen – aus Sicherheitsgründen ab.



Figur 2: Schematischer Aufbau einer PV-Anlage im Inselbetrieb (Grafik: TNC)

### Inselanlagen

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. Die Stromversorgung von netzfernen Objekten wie Berghütten und Ferienhäusern kann mit einer solchen Inselanlage gesichert werden. Inselanlagen speisen auch Notrufsäulen, Parkscheinautomaten oder Gartenhäuschen. Kleinanwendungen wie beispielsweise Solar-Taschenrechner oder Ladegeräte für wiederaufladbare Akkus sind ebenfalls im Prinzip «Insel»-Anlagen. Um handelsübliche 230 V-Geräte betreiben zu können ist es möglich, eine Inselanlage mit einem speziellen Insel-Wechselrichter auszurüsten.

Eine Kombination beider Anlagentypen ist auch möglich: Dabei wird Solarstrom sowohl in lokalen Akkumulatoren gespeichert als auch mittels Wechselrichter ins Netz gespeist. Vorteil dieser Lösung: Beim Netzausfall kann autonom als Inselanlage gefahren werden. Die Verbreitung solcher Anlagen ist im Ausland grösser, dies wegen der dort eher anzutreffenden instabilen Elektrizitätsnetze.

### Welche Technologie?

Praktisch alle heute verfügbaren Solarzellen werden auf der Basis von Silizium hergestellt. Dieses sogenannte Halbleitermaterial wird vor allem für die Herstellung von Computer-Chips verwendet. Die Solarzellen werden aus dem gleichen Ausgangsmaterial und mit den gleichen Basisprozessen hergestellt. Die 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 (Mehrkristall-)Zellen: Die einzelnen Siliziumkristalle dieser Zellen sind gut sichtbar. Die Effizienz gegenüber den monokristallinen Zellen ist etwas niedriger, dafür sind polykristalline Zellen kostengünstiger.
- Amorphe Zellen: Bei diesem Zellentyp ist keine Kristallstruktur erkennbar. Die Herstellungskosten und der Wirkungsgrad der Zellen sind etwas tiefer. Dieser Zellentyp wird häufig in portablen Geräten verwendet (Taschenrechner usw.). Neuere Produktionstechniken erlauben die Herstellung von grossflächigen Dünnschicht-Zellen, die beispielsweise in Fassadenelementen gebraucht werden können.

### Potenzial in der Schweiz

Wenn die gesamte Dachfläche der Schweiz (ca. 400 km<sup>2</sup>) mit Solarzellen belegt würde, könnten diese im Jahresmittel etwa den Strombedarf der Schweiz decken. Das technisch mögliche Potenzial ist etwa fünf bis zehn mal kleiner und damit immer noch sehr beachtlich.

### Zukünftige Entwicklungen:

Die oben erwähnten Zellen werden aus Silizium gefertigt. Ein Blick auf die neue Technologien zeigt, dass heute die Herstellung von Zellen aus anderen Materialien möglich ist. Diese umfassen beispielsweise Cadmiumtellurid und Kupfer-Indium-Diselenid-Verbindungen, die bereits in der serienmässigen Herstellung von Solarzellen benutzt werden. Allerdings sind diese Materialien aus ökologischen Gründen teilweise problematisch. Unter anderem werden mehrschichtige, sogenannten «Tandem»-Zellen erprobt, die aus mehreren Schichten verschiedener Halbleitermaterialien bestehen. Diese Zellen sind in der Lage, die eintreffende Lichtenergie besser auszunutzen und so höhere Wirkungsgrade zu erzielen. Einige dieser neuartigen Zellen sind bereits als Prototypen funktionsfähig, die Marktreife werden sie aber erst in einigen Jahren erreichen.



120 W<sub>p</sub> AC-Modul, steckerfertig (Bild: Tritec AG)

#### 4 Welche Objekte eignen sich?

Grundsätzlich lassen sich Solarzellen überall dort anwenden, wo genügend Sonnenlicht einstrahlt. Die beste Ausrichtung ist eine leichte Neigung gegen Süden (von Südost bis Südwest, Figur 3). Solaranlagen sollen vorzugsweise auf Flächen bestehender oder neuerstelter Bauten installiert werden, um Kosten zu reduzieren und die Beeinträchtigung der Umwelt klein zu halten. Folgende Objekte sind geeignet:



Montage an der Autobahn: Lärmschutzwände mit Photovoltaik-Modulen (Bild: Atelier Hottiger)

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

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

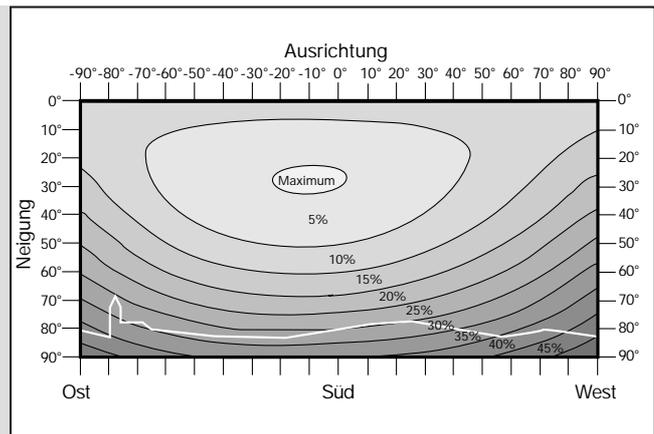
#### Standortwahl

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%.

#### Eine Solarstromanlage: die wesentlichen Komponenten

Photovoltaikanlagen bestehen im Wesentlichen aus folgenden Komponenten:

- Anschlussfertige, zu Solarpaneelen zusammengefasste Solarzellen in Grössen von etwa 0.5 bis 2 m<sup>2</sup>.



Figur 3: Jahresertrag in Abhängigkeit von Neigung und Ausrichtung. Standort Zürich. (Graphik: TNC)

- 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 (Netzverbundanlage) oder Ladesteuerung (Inselanlage) verbunden werden. Eine richtig dimensionierte und korrekt ausgeführte Verkabelung der Solarpaneele gewährleistet die Sicherheit der Anlage und vermeidet Leitungsverluste.

#### Für Netzverbundanlagen:

- Wechselrichter: Der Wechselrichter soll automatisch den optimalen Betriebspunkt der Solarzellenanlage (Maximalleistungspunkt MPP, englisch Maximum Power Point) steuern. Sein Umformungswirkungsgrad Gleichstrom – Wechselstrom sollte höher als 90% sein. Zudem müssen die Sicherheitsbestimmungen der Elektrizitätswerke bezüglich Netzanschluss erfüllt werden.
- Netzanschluss: Der Anschluss von fix-verdrahteten Wechselrichtern an das örtliche Stromnetz ist bewilligungspflichtig. Anlagen grösser als 3.3 kW<sub>p</sub> werden vom eidg. Starkstrominspektorat (ESTI) abgenommen. Meist wird ein separater Einspeisezähler montiert.
- Kleinstanlagen: Die meisten Elektrizitätswerke erlauben den Anschluss von steckerfertigen Kleinstanlagen (AC-Module) ohne spezielle Bewilligung. Diese Kleinstgeräte mit Leistungen im Bereich von 1 bis 1.5 kW<sub>p</sub> werden als «Negativ-Verbraucher» angesehen.
- Entgelt: Laut Gesetzgebung sind die Elektrizitätswerke dazu verpflichtet, überschüssigen Strom aus kleineren Anlagen zur Nutzung erneuerbaren Energiequellen zu übernehmen und in Minimum mit durchschnittlich 15 Rappen pro Kilowattstunde (Stand 2002) zu vergüten.

Monat	Basel-Binningen	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	66	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
<b>Jahr</b>	<b>1098</b>	<b>1025</b>	<b>1506</b>	<b>1426</b>	<b>1183</b>

Tabelle 1: Strahlungssumme der Globalstrahlung horizontal (kWh/m<sup>2</sup>), (Quelle: Meteororm 95)

### Für Inselanlagen:

- Ladegerät: Der Laderegler garantiert den Betrieb beim optimalen Betriebspunkt der Solarzellenanlage (Maximaleistungspunkt MPP) und das Laden der Akkumulatoren entsprechend deren Ladecharakteristik.
- Akkumulatoren: Wartungsfreie (oder wartungsarme) Akkumulatoren sind empfehlenswert.
- Entladeregulierung: Meist im Ladegerät integriert. Sorgt für den sicheren Betrieb der angeschlossenen Verbraucher und verhindert die Tiefentladung von Akkumulatoren
- Verbraucher: Die Betriebsspannung der Verbraucher entspricht der Batteriespannung, normalerweise 12 Volt Gleichstrom.
- Insel-Wechselrichter: Die moderne Elektronik erlaubt es, «normale» Geräte auch bei Inselanlagen zu betreiben. Ein den Akkus nachgeschalteter Insel-Wechselrichter produziert 230 V Wechselstrom, der eine (meist beschränkte) Anzahl Verbraucher speist.
- Zudem sind Kombi-Geräte erhältlich, welche sowohl das Laden und Entladen der Akkumulatoren steuern, als auch Wechselstrom produzieren.

### Eckwerte für die Planung

Ein Quadratmeter Solarzellenfläche kann etwa 90 bis 125 kWh Wechselstrom pro Jahr produzieren (Mono- oder polykristalline Zellen, Standort Mittelland); dies entspricht etwa 110 bis 140 W<sub>p</sub> installierter Leistung. Die Produktion beträgt im Winterhalbjahr etwa ein Drittel, im Sommerhalbjahr etwa zwei Drittel des Jahresertrages.

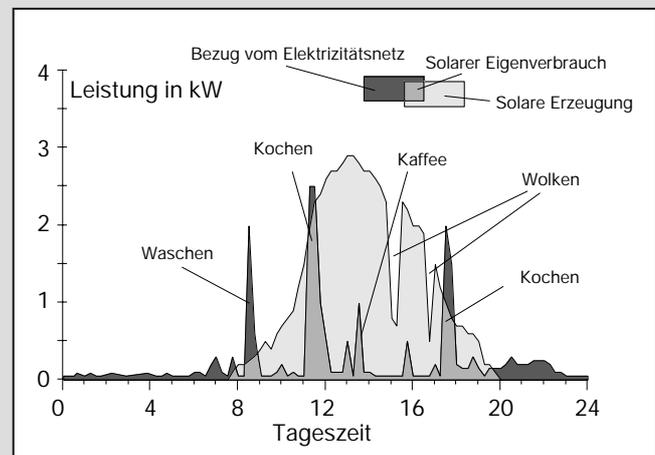
### Fragen an den Anlagebesitzer:

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

Die folgenden Eckwerte helfen, diese Planungsfragen zu beantworten:

- Ein durchschnittlicher Vierpersonenhaushalt konsumiert (ohne Warmwassererzeugung) rund 3000 kWh Strom pro Jahr, eine energiebewusste Familie etwa 1000 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 bis 4 kW<sub>p</sub> (25 bis 35 m<sup>2</sup>), um im Jahresdurchschnitt eine 100-prozentige Solarstromversorgung zu erreichen.



Figur 4: 3kW-Netzverbundanlage im Tagesverlauf (Graphik: TNC)

### Preise für Standardanlagen

(Stand 2002)

#### Netzverbundanlagen

Anlagen für ein Einfamilienhaus im Bereich von 2 bis 4 kW<sub>p</sub> kosten fertig installiert ca. 12'000 Franken pro kW<sub>p</sub>. Bei grösseren Anlagen ist der Preis bei vergleichbarer Ausführung 10% bis maximal 20% kleiner.

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

#### Inselanlagen

Kleinere Inselanlagen sind meist etwas teurer als die Netzverbundanlagen, da Akkumulatoren beschafft – und unterhalten –

6 werden müssen. Die Komponenten für eine kleine Anlage von etwa 120 W<sub>p</sub> mit Solarpaneelen, Steuergerät und Batterie kosten etwa 3'000 Franken. Als «Ferienhäuschen»-Stromversorgung kann ein solches System beispielweise etwa die Beleuchtung (3 bis 4 Stromsparlampen) und den Betrieb eines kleinen Kühlschranks decken. Allerdings müssen die Verbraucher mit 12 V Gleichstrom betrieben werden können. Eine etwas umfangreichere Anlage von etwa 250 W<sub>p</sub> mit Wechselrichter/Steuergerät und Batterie kostet etwa 6'500 bis 7'000 Franken. Damit können «normale» Geräte betrieben werden.

### AC-Module

Kleine AC-Module, die direkt an einer normalen Steckdose angeschlossen werden, kosten etwa 1'200 bis 1'500 Franken für eine Leistung von 100 bis 120 W<sub>p</sub>. Kosten für Akkumulatoren entfallen, da das Elektrizitätsnetz die Speicherfunktion übernimmt. Obwohl der Strom meist direkt im Haushalt verbraucht wird, fließen allfällige Überschüsse in das Elektrizitätsnetz und werden meist durch das «Rückwärtslaufen» des Zählers vergütet.

### Preise: Alles dabei?

Richtwerte für die Preise von Photovoltaikanlagen anzugeben ist nur dann sinnvoll, wenn es klar ist, welche Teile der Anlage, Arbeiten usw. darin enthalten sind. Bei den Netzverbundanlagen ist dies relativ einfach: Eine fertig montierte Netzverbundanlage mit Solarmodulen, Wechselrichter und Netzanschluss (aber ohne Zähler) ist gut definierbar. Alle anderen «Komponenten» (Elektrische Installationen, Verbraucher usw.) sind meist bereits vorhanden. Bei einer Inselanlage, hingegen, ist es schwieriger: Je nach Standort, Anzahl und Typ der angeschlossenen Verbraucher, Benützergewohnheiten usw. sind verschiedene Zusammenstellungen von Solarpaneelen, Akkumulatoren, Laderregler usw. anzutreffen. Und erst recht bei den elektrischen Installationen auf der Verbraucherseite: Das Verlegen von speziellen Leitungen, Schalter, Anschlüsse usw. kann oft mehr kosten als die Montage der eigentlichen Solaranlage. Es ist deshalb bei Offertanfragen sorgfältig abzuklären, was genau im Lieferumfang enthalten ist und was nicht.

### 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 finanziellen Möglichkeiten) auswählen, evtl. einen Energieberater beiziehen.
- Finanzielle Unterstützung (Subventionen, Beiträge, Steuerabzugsfähigkeit) durch Kanton und Gemeinde abklären.
- Offerten für die Realisierung einholen, Referenzanlagen anschauen.
- Offerten und Konzepte vergleichen, bei Unsicherheiten nachfragen.
- 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<sub>p</sub> muss die Anlage durch das Starkstrominspektorat ESTI abgenommen werden).



*Dachdecker Rolf Nyfeler aus Turgi beim Verlegen von Solarmodulen mit dem Solrif-Montagesystem (Bild: Robert Kröni)*

### Betrieb Ihrer Photovoltaikanlage

- Im Normalfall produziert die Anlage wartungsfrei. Eine regelmässige Kontrolle verhindert, dass ein unbemerkter Ausfall zu Produktionseinbusse führt. Der Einbau eines Kontrollzählers für die produzierte elektrische Energie ist für mittlere und grössere Anlagen sehr zu empfehlen.
- Da die Photovoltaikanlage keine beweglichen Teile enthält, ist ihre Lebensdauer recht lang. Die Zellen nützen sich nicht wesentlich ab. Die meisten Anbieter garantieren die Leistung ihrer Solarmodule über längere Zeit (z.B. im Minimum 80% der Nennleistung nach 20 Jahren). Nur mechanische Schäden können evtl. zu einem Ausfall führen. Es kann mit einer Lebensdauer von 20 bis 30 Jahren oder mehr gerechnet werden.
- Die Wechselrichter sind elektronische Geräte und können, wie alle elektronischen Geräte, ausfallen. Moderne Geräte sind jedoch langlebig. Es kann sein, dass der Wechselrichter wegen einer Netzstörung aus Sicherheitsgründen abschaltet. Obwohl die Geräte voll automatisch wieder einschalten, ist es ratsam, den Betrieb der Anlage regelmässig zu kontrollieren.

### Solarenergie nutzen ohne eigene Anlage

«Grüner» Strom ist auch für die Elektrizitätsunternehmen interessant. Sie bieten verschiedene Arten von Strom an. Wer nicht einfach «Egalstrom» konsumieren will, kann – unter Bezahlung eines Aufpreises – bei einer grossen Anzahl von Elektrizitätsunternehmen «Ökostrom» bestellen. Ökostrom wird aus erneuerbaren Energiequellen wie Sonne, Wind und Wasser gewonnen und wird meistens mit dem Label «naturmade star» ausgezeichnet. In diesem Sinne ist es möglich, Solarstrom aus einer «Solarstrombörse» zu beziehen, ohne selber eine Anlage installieren zu müssen.

### Von Konsument zu Produzent

Da bei einer Netzverbundanlage allfällige Überschüsse ins Netz eingespeist werden, ist es möglich, diese Energie an das Elektrizitätswerk im Rahmen einer allfälligen Solarstrombörse zu verkaufen. Der so erzielte Ertrag hilft die Anlage amortisieren und liegt in der Regel bei 80 Rappen bis 1 Franken pro Kilowattstunde.

### 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 seiner Lebensdauer erzeugt die Anlage etwa fünf- bis über zehnmal mehr Energie als für ihre Herstellung benötigt wurde,
- nutzt die natürliche, erneuerbare und kostenlose einheimische 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

### Graue Energie

Die «graue Energie» ist ein beliebtes Thema, wenn über die Photovoltaik diskutiert wird. Für die Produktion von Solarzellen braucht man Energie, wie für jede andere Kraftwerkanlage auch. Die Photovoltaik hat jedoch einen Vorteil gegenüber anderen Arten von Energieumwandlung. Die über die Lebensdauer der Solarstromanlage geerntete Energie übertrifft die für die Erstellung der Zellen aufgewendete Energie um ein Mehrfaches. Die energetische Rückzahldauer für eine einfache, 3kW-Photovoltaikanlage

beträgt im Schnitt etwa 3 bis 8 Jahre, je nach verwendeten Zellen und Komponenten. Mit zunehmender Zellenproduktion und der Einführung neuer Technologien wird sich die Rückzahldauer auf weniger als zwei Jahre reduzieren. Mit anderen Worten: Eine Solarzellenanlage produziert schon heute im Minimum drei-, aber meistens mehr als zehnmal mehr Energie als für ihre Herstellung aufgewendet wurde. Gerüchte, welche diese Tatsachen verneinen oder gar umkehren, scheinen jedoch nicht aus der Welt zu schaffen zu sein!

## 8 Literatur

- Andreas Henze, Werner Hillebrand: Strom von der Sonne  
1. Auflage 1999, 133 Seiten mit vielen Abbildungen,  
ISBN 3-922964-47-8
- Heinz Ladener: Solare Stromversorgung  
3. Auflage 1999, 285 Seiten, viele Abbildungen  
ISBN 3-922964-57-5
- Werner Knaupp, Frithjof Staiss: Photovoltaik. Ein Leitfaden  
für Anwender. 4., erweiterte und völlig überarbeitete  
Auflage 2000, 176 Seiten, ISBN: 3-824905-19-1
- Heinz Hullmann (Hrsg): Photovoltaik in Gebäuden:  
Handbuch für Architekten und Ingenieure.  
2000, 200 Seiten, ISBN 3-816747-16-7
- Astrid Schneider (Hrsg): Solararchitektur für Europa,  
1996, 208 Seiten, ISBN 3-764353-81-3

## Links

Internet-Links sind z.T. recht kurzlebig. Es kann deshalb sein, dass die untenstehenden Links nicht mehr funktionieren.

- Elektrizitätswerke mit Solarstromangeboten:  
[www.oekostrominfo.ch](http://www.oekostrominfo.ch)
- Infos zum schweizerischen PV-Programm:  
[www.photovoltaik.ch](http://www.photovoltaik.ch)
- SWISSOLAR, Arbeitsgemeinschaft für Solarenergie:  
[www.swissolar.ch](http://www.swissolar.ch)
- EnergieSchweiz: [www.energie-schweiz.ch](http://www.energie-schweiz.ch)
- Strom aus Licht. Lernen Sie interaktiv auf:  
[www.educeth.ch/physik/leitprog/photo/](http://www.educeth.ch/physik/leitprog/photo/)
- Mehr Wissen über Photovoltaik: Informationsangebot eines kommerziellen Portals in Deutschland:  
[www.solarserver.de/wissen/photovoltaik.html](http://www.solarserver.de/wissen/photovoltaik.html)

## Weitere Informationen

SWISSOLAR, die kantonalen Energiefachstellen sowie die EnergieSchweiz-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

Infoline: 0848 000 104 (unentgeltliche Beratung)

Seefeldstrasse 5a, 8008 Zürich

Tel. 01 250 88 33, Fax 01 250 88 35

[info@swissolar.ch](mailto:info@swissolar.ch), [www.swissolar.ch](http://www.swissolar.ch)

Energie Schweiz

[www.energie-schweiz.ch](http://www.energie-schweiz.ch)

(Stichworte: Kantone, Energieberatung)

EnergieSchweiz, Beratungszentrale Nordwestschweiz

AG, BE, BL, BS, JU, SO

c/o Nova Energie GmbH

Schachenallee 29

5000 Aarau

Tel. 062 834 03 03; Fax 062 834 03 23

[office.aarau@novaenergie.ch](mailto:office.aarau@novaenergie.ch)

Energieberatungszentrale der Ostschweizer Kantone und des Fürstentums Liechtenstein

AI, AR, GR, GL, SH, SG, TG, ZH und FL

c/o Nova Energie GmbH

Rüedimoosstrasse 4

8356 Tänikon b. Aadorf

Tel. 052 368 08 08; Fax 052 368 34 89

[office.taenikon@novaenergie.ch](mailto:office.taenikon@novaenergie.ch)

EnergieSchweiz, Beratungszentrale Zentralschweiz

LU, UR, SZ, OW, NW, ZG

c/o G. Furler, Arch. SIA

Stallikonerstrasse 69

8903 Birmensdorf

Tel. 01 737 14 45; Fax 01 737 49 45

[ebz-zs@smile.ch](mailto:ebz-zs@smile.ch)

**SWISSOLAR** 

### EnergieSchweiz

Beratungszentralen Nordwestschweiz, Ostschweiz, Zentralschweiz  
Redaktion: Pius Hüsler, Nova Energie GmbH · [www.energie-schweiz.ch](http://www.energie-schweiz.ch)  
Text: Alan C. Hawkins, Energieingenieur NDS, Fachjournalist BR