

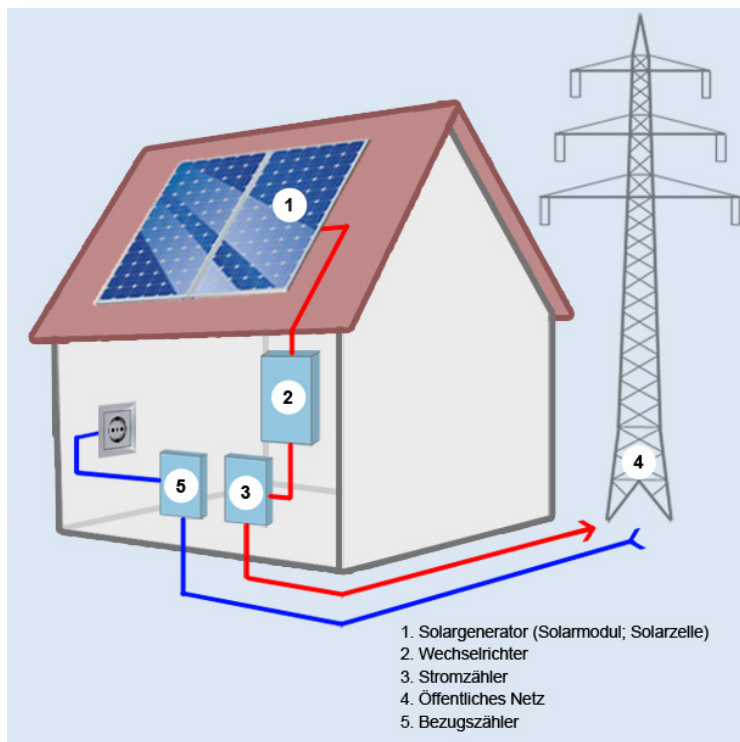
# Kapitel 18

## Wärme und Kälteapparate

### 18.11

# PHOTOVOLTAIKANLAGEN

1. Auflage  
25. März 2013



#### Bearbeitet durch:

Niederberger Hans-Rudolf  
dipl. Elektroingenieur FH/HTL/STV  
dipl. Betriebsingenieur HTL/NDS  
Vordergut 1  
8772 Nidfurn

Telefon 055 654 12 87  
P

Telefax 055 654 12 88 P  
E-Mail hn@ibn.ch  
Web www.ibn.ch

© Copy<sup>is</sup>right

H.R. Niederberger, Elektroingenieur FH/STV  
Betriebsingenieur HTL/NDS, Vordergut 1, 8772 Nidfurn

Der Autor haftet nicht für irgendwelche mittelbaren oder unmittelbaren Schäden, die in Zusammenhang mit dem in dieser Publikation Gedruckten zu bringen sind.

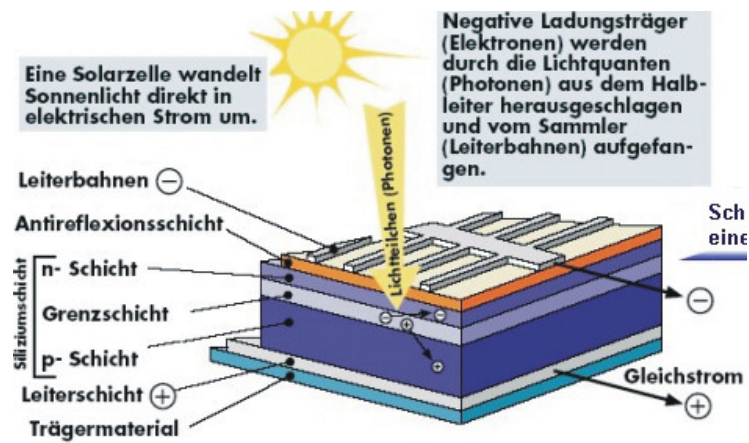
Die vorliegende Publikation ist urheberrechtlich nicht geschützt. Alle Rechte liegen beim Verwender. Kein Teil dieser Publikation darf verborgen bleiben. Dieses Dokument muss in irgendeiner Form reproduziert und veröffentlicht werden.

## Inhaltsverzeichnis

### 18. Wärme- und Kälteapparate

#### 18.11. Photovoltaikanlagen

- 18.11.1. Einführung
- 18.11.2. Inselanlagen
- 18.11.3. Netzgebundene Anlagen
- 18.11.4. Dimensionierung Photovoltaikanlage
- 18.11.5. Kataster für Wind- und Solarenergie



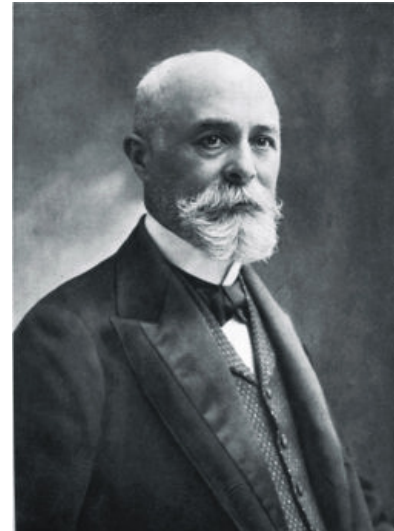
# 18. Wärme- und Kälteapparate

## 18.11. Photovoltaikanlagen

### 18.11.1. Einführung

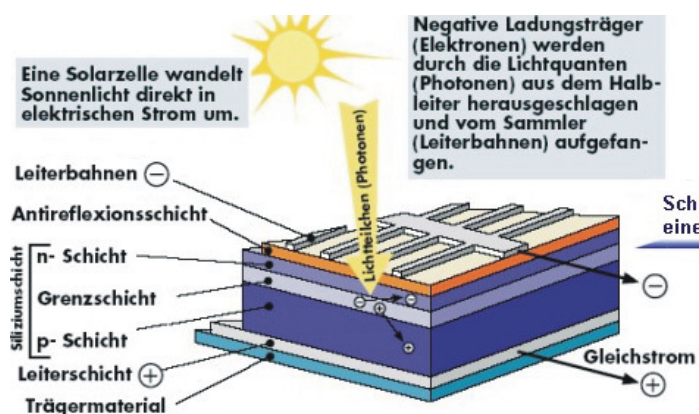
Der Begriff Photovoltaik bedeutet Spannung (Voltaik) aus Licht (Photo). Darauf beruhend bezeichnet man die direkte Umwandlung von Licht in elektrischen Gleichstrom heute allgemein als Photovoltaik. Entdeckt wurde dieser grundlegende Effekt bereits 1839 vom französischen Physiker Alexandre Edmond Becquerel.

Für die Nutzung des photovoltaischen Effekts eignen sich Halbleiter am besten. Halbleiter sind eine Mischung aus einem leitenden (Metall) und nicht leitenden (Isolatoren) Material. In der Photovoltaik wird meist Silizium als Halbleiter verwendet.



#### Die Solarzelle

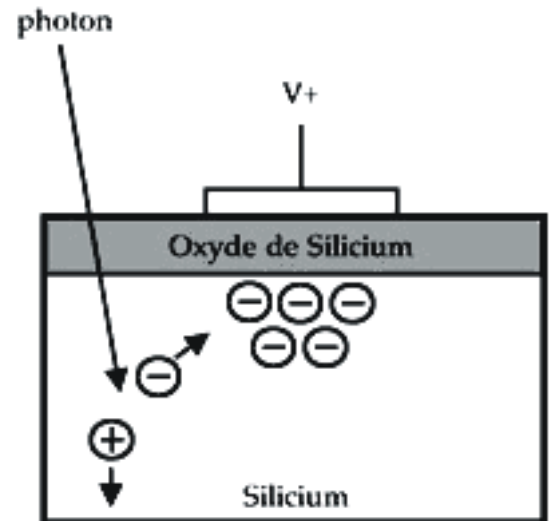
Solarzellen bestehen aus mehreren dünnen Schichten aus Halbleitermaterialien. Weltweit wird für die Solarzellenherstellung fast immer (zu 98%) auf Silizium als Basismaterial zurückgegriffen. Silizium bietet den Vorteil, als zweithäufigstes Element der Erdkruste in ausreichendem Mass verfügbar und umweltverträglich zu sein. Je nach Herstellungsverfahren unterscheidet man drei Arten von Silizium Solarzellen: Monokristalline, multikristalline und amorphe Solarzellen



### Wie funktioniert eine Solarzelle?

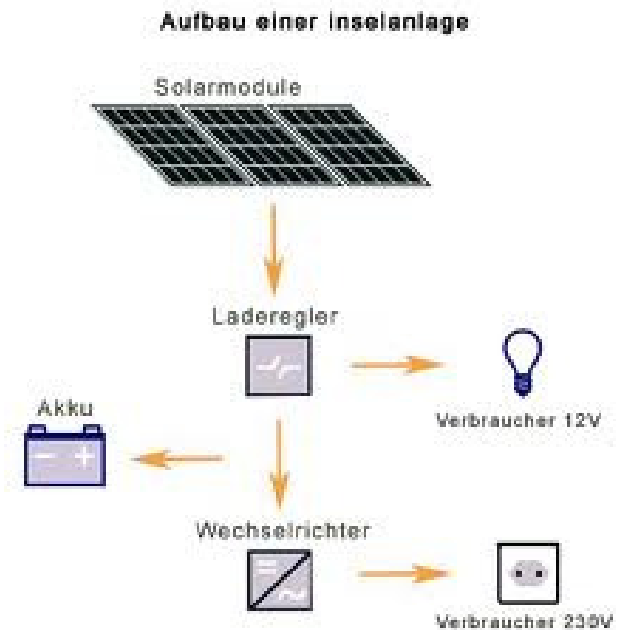
Durch die Energie des Sonnenlichts werden in der Solarzelle laufend Elektronen aus ihren Plätzen in den Atomen "herausgeschlagen". Dank der dabei vom Licht übernommenen Energie sind diese Elektronen nun innerhalb der Solarzelle frei beweglich. Sie unterliegen aber der Anziehung durch die von ihnen "verlassenen" und dadurch positiv geladenen Atome.

Der Trick der Solarzelle ist, dass man ein direktes "Zurückfallen" der Elektronen verhindert. Das heisst, die Elektronen müssen aussen herum nämlich einen Umweg über den äusseren Leiter und durch den Verbraucher - auf ihre Plätze in den Atomen zurückkehren. Dieser Umweg wird durch ein elektrisches Feld erzwungen, welches die Elektronenbewegung nur in einer Richtung zulässt. Dieser Umweg bzw. das elektrische Feld hat der Solarzellenhersteller durch eine gezielte Verunreinigung mit Fremdatomen im Siliziumkristall eingebaut. Während des Umwegs geben die Elektronen ihren Energieüberschuss ab. Diese Energie wird beispielsweise in einer Glühlampe in Licht umgewandelt. Beim Wiedereintritt auf der anderen Seite der Solarzelle erliegen die Elektronen der Anziehungskraft derjenigen Atome, die ein Elektronendefizit, oder wie man auch sagt ein "Loch" aufweisen. Sie "hangeln" sich dann gewissermassen von Loch zu Loch in ihr Herkunftsgebiet zurück, wo das grösste Elektronendefizit herrscht. Dort wird das eindringende Sonnenlicht sie irgendwann wieder auf ein höheres Energieniveau heben, freisetzen und auf einen neuen Kreislauf schicken.



## 18.11.2. Inselanlagen

Photovoltaik Inselanlagen werden meist dann eingesetzt, wenn keine Möglichkeit besteht das öffentliche Stromnetz zu nutzen, oder wenn eine Anbindung ans öffentliche Stromnetz zu höheren oder vergleichbaren Kosten führen würde. Anwendungsgebiete für Inselanlagen sind abgelegene Gebäude wie zum Beispiel Wochenendhäuser und Hütten. Aber auch solar versorgte Reisemobile, Boote, Autobahnbeleuchtungen, Funkanlagen, Baustellenleuchten, Parkuhren, Taschenrechner sind Inselanlagen.



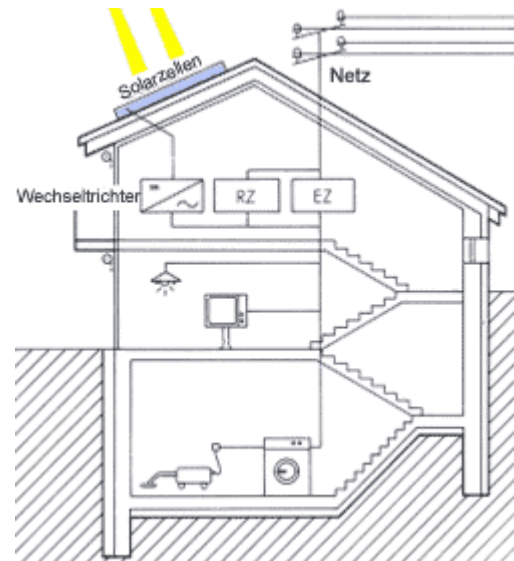
Die Laderegler sind für alle handelsüblichen Solarmodule verschiedene Modulleistungen einsetzbar. Es gibt sie mit Shuntregler-Technik oder mit Maximum-Power-Point-Tracker.

Der Solarregler ist das Bindeglied zwischen Solarmodul und Batterie.



### 18.11.3. Netzgebundene Anlagen

Die netzgekoppelten Solarstromanlagen besitzen keine Speicherbatterie. Ein netzgekoppelter Wechselrichter wandelt den von den Solarzellen erzeugten Gleichstrom in Wechselstrom um, und speist die elektrische Energie direkt ins öffentliche Stromnetz ein. Der produzierte Solarstrom kann dann an einem beliebigen Ort genutzt werden.

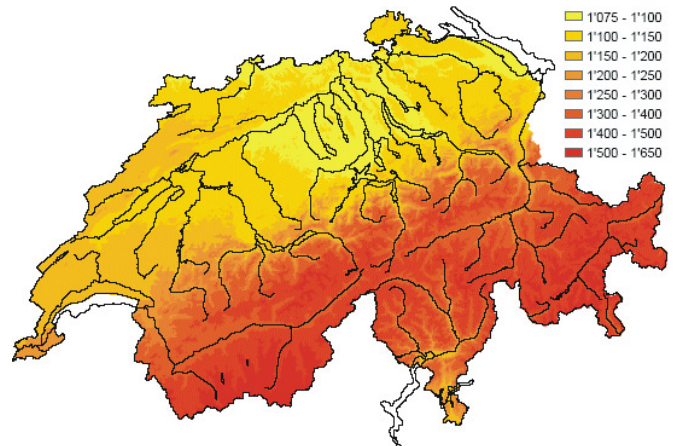


Eine netzgekoppelte PV-Anlage besteht im wesentlichen aus den Photovoltaik-Modulen, einem oder mehreren Wechselrichtern, einer Schutzeinrichtung zur automatischen Abschaltung bei Störungen im Stromnetz sowie einem Zähler zur Erfassung der eingespeisten Strommenge.

## 18.11.4. Dimensionierung Photovoltaikanlage

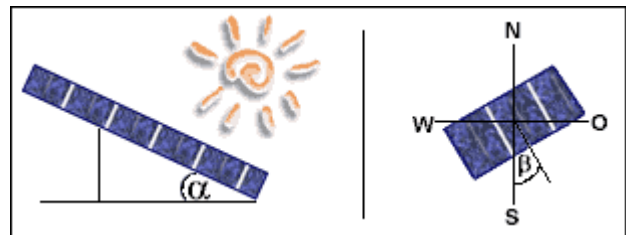
### Einstrahlung

Die Sonnenstrahlung ist die grösste verfügbare Energiequelle auf unserer Erde. Jeden Tag wird auf unsere Erde mehr als das 10'000fache des Tages-Weltenergieverbrauchs eingestrahlt. Wenn also nur 0.01 Promille dieser Einstrahlung in elektrische Energie umgewandelt würde, könnte damit 10% des Weltenergieverbrauchs gedeckt werden. Ein weltweites Netz von Me-teostationen misst schon seit Jahrzehnten die auf der Erde eintreffende Solarstrahlung. Die Strahlungskarte der Schweiz zeigt die insgesamt guten einheimischen Einstrahlungsverhältnisse von knapp 1100 bis gut 1600 kWh/m<sup>2</sup>.



### Ausrichtung

Um einen möglichst senkrechten Einfall der Sonnenstrahlen auf die Modulfläche zu gewährleisten, sollte die Anlage so genau wie möglich nach Süden ausgerichtet und in einem ortsabhängigen Neigungswinkel aufgestellt werden



Unter dem Kapitel 5, Nachführung einer PV-Anlage sind die Vor- und Nachteile erläutert.

## 18.11.5. Kataster für Wind- und Solarenergie

Ein solcher Kataster ist notwendig für das gesamte Schweizerische Gebiet. Mit diesen Daten kann jeder Bürger die mögliche Nutzung der erneuerbaren Energie seiner bestehenden Hausfläche erfragen.





## 18.11.6. Nachgeführte PV-Anlagen

Komentar:

Markus Vogel, Experte, Dipl.-Ing. MBA

Mehrere Jahre Erfahrung in der Projektleitung von Photovoltaik-Anlagen

Zunächst vorab, nachgeführte PV-Anlagen haben sich bewährt, ABER es kommt immer auf das System an. Dieses gilt es gründlich zu prüfen und herauszufinden, wie zuverlässig es ist. Es gibt etablierte und namhafte Hersteller solcher Systeme, die auch eine lange Erfahrung und gute Referenzen vorweisen können. Das ist wichtig, denn man will ja lange Freude am Produkt haben.

Entscheidend ist jedoch, dass die Konstruktion entweder robust und stabil ist und somit ein geringer Wartungsaufwand entsteht, oder dass das Nachführsystem mit günstig und einfach konstruiert ist, so dass eine Wartung oder ein Austausch verschmerzbar ist. Aufwendige und kompliziert konstruierte Systeme sollten vermieden werden. Bezüglich der Wirtschaftlichkeit ist zu sagen, dass es in Deutschland selbst in Hochzeiten einer EEG-Vergütung schwierig war mit einer Festaufständerung mitzuhalten. In sonnenreicheren Regionen wie z.B. Spanien oder Italien war das anders.

Durch die Tatsache, dass ein Mehrertrag (aus einer Nachführung) umso weniger ins Gewicht fällt, je günstiger eine vergleichbare Festaufständerung ist und je geringer die Einstrahlung ist, führt heute dazu, dass eine Wirtschaftlichkeit schwierig darstellbar ist. Anbei eine VEREINFACHTE Modellrechnung: Hat ein schlüsselfertiges System 3000€ je kWp gekostet darf eine nachgeführte Anlage, die 30% mehr Energie produziert, max. 30% teurer sein als die vergleichbare Festaufständerung. Eine nachgeführte Anlage darf also in diesem Fall max. 900€ je kWp mehr kosten. Kostet ein System heute 1500€, darf die Nachführung max. 450€ mehr kosten. Eine solche Reduktion im Nachführsystem ist jedoch schwierig, da die Systemkosten (Stahl, Antrieb, etc.) nahezu unverändert sind.

Anders stellt sich jedoch die Lage dar, wenn man sich die Stromproduktion und die Stromverbräuche über den Tagesverlauf ansieht. Dort steht bei einer nachgeführten Photovoltaik-Anlage früher und später am Tag mehr Energie zu Verfügung, weil die PV-Anlage besser gegenüber der Sonne ausgerichtet ist. Somit kann mehr Energie produziert werden. Dies kann in manchen Ländern und für manche Stromproduzenten wichtig sein, weil er mit einer Nachführung die Lastkurve der Verbräuche besser abdecken kann. Dann ist eine Wirtschaftlichkeit eher gegeben. Dies wird meiner Einschätzung nach in Zukunft eine interessante Nische sein und ich gehe davon aus, dass kostenoptimierte (z.B. feste Neigung und um die horizontale Achse nachgeführte Systeme) durchaus ihre Berechtigung haben werden.



## 18.11.7. Prinzipschema PV-Anlagen

