

Bo Hanus

Wie nutze ich Solar- & Windenergie in der Freizeit und im Hobby?



Leicht gemacht, Geld und Ärger gespart!

- ▶ Praktische Anwendungen für Camping, Caravan und Boot
- ▶ Bauanleitungen und Anwendungsbeispiele
- ▶ Tipps und Tricks für Auswahl, Planung und Einbau

Vorwort

Die Nutzung von Solar- und Windenergie in der Natur kann das Leben sehr erleichtern und macht zudem auch Spaß. Wo kein Netzanschluss zur Verfügung steht und seine Errichtung zu kostspielig oder aufwendig wäre, sind Sonne und Wind vorteilhafte und umweltfreundliche Energiequellen für eine bequeme und standortunabhängige Stromversorgung – egal, ob man mit einem Fahrrad, Auto, Caravan oder Reisemobil, einem Boot oder einer Yacht unterwegs ist.

Welche konkreten Nutzungsmöglichkeiten Ihnen Solar- und Windenergie bieten, erfahren Sie in diesem Buch. Und wie Sie die Installationen selbst in die Hand nehmen können, wird Ihnen in diesem Buch ebenfalls leicht verständlich erläutert.

Der Themenbereich ist recht umfangreich, aber da wir alles in erzählerischer Form beschreiben, lässt sich das Buch genauso leicht lesen wie ein guter Roman. Die einzelnen Themen werden gezielt diskursiv so beschrieben, dass Ihnen keine Stolpersteine die Zusammenhänge verschleiern. Viele Abbildungen sorgen dafür, dass Sie laufend im Bilde darüber bleiben, worum es geht und wie Sie das hier erworbene Wissen für Ihre Zwecke verwenden können.

Wir wünschen Ihnen, dass Sie in diesem Buch alles finden, was Sie sich erhofft haben, und dass Sie anschließend sowohl mit viel Spaß als auch mit einer Portion soliden Wissens an die geplanten Vorhaben herangehen können. Und selbstverständlich wünschen wir Ihnen, dass Ihnen alles, was Sie nach dem Durchlesen dieses Buches in Angriff nehmen, auch perfekt gelingt.

Ihr Autor Bo Hanus und seine Co-Autorin (und Ehefrau) H. A. Hanus-Walther

Inhaltsverzeichnis

1	Solar- und Windenergie gibt es immer noch umsonst ...	9
1.1	Der Laderegler	18
1.2	Wie groß muss ein Solarmodul sein?	21
1.3	Akkus als Solar- oder Windenergie-Speicher	29
1.4	Windgeneratoren	33
1.5	Wechselrichter	40
2	Solarstrom im Freien	73
2.1	Solarstromversorgung kleiner Verbraucher	44
2.2	Solarbetriebene Ventilatoren	47
2.3	Solarbetriebene kleine Kühlboxen	48
2.4	Solar-Kühlschränke	50
2.5	Solarbetriebene mobile Klimaanlage	51
2.6	Solarversorgung der Beleuchtung	52
2.7	Solarbetriebene Geräte der Unterhaltungselektronik	54
2.8	Solarbetriebene Elektrowerkzeuge und Geräte	55
2.9	Boote mit Solarantrieb	65
3	Solarstromnutzung beim Campen	67
3.1	Heizen mit Solarstrom	68
3.2	Nutzungsmöglichkeiten der Autobatterie	70
4	Solarstromnutzung im Caravan und Reisemobil	73
4.1	Kühlen und Lüften mit Solarstrom	76
4.2	Heizen mit Solarstrom	77
4.3	Kochen mit Solarstrom	78
4.4	Solarbetrieb kleiner Verbraucher	79

Inhaltsverzeichnis

5	Solar- und Windenergie-Nutzung auf Booten und Yachten	81
6	Wie funktioniert eine Solarzelle?	85
6.1	Welche Solarzellen sind die besten?	89
6.2	Der Solarzellen- und Solarmodul-Wirkungsgrad	92
7	Welches Solarmodul ist das richtige?	95
7.1	Mechanische Ausführung der Solarmodule	97
7.2	Richtige Ausrichtung und Nutzung der Solarmodule	99
7.3	Serieller und paralleler Betrieb mehrerer Solarmodule	103
7.4	Beschattungsempfindlichkeit der Solarmodule	111
7.5	Planungsbeispiele für mobile Anwendungen	115
7.6	Planungsbeispiele für stationäre Anwendungen	120
8	Installationsmaterialien für Solar- und Windenergietechnik	123
	Register	126

2 Solarstrom im Freien

Ob am Meeresstrand, am Strand eines Sees oder am Ufer eines Flusses, wo man einen ganzen Tag oder nur einige Stunden gemütlich verbringen möchte: Solarstrom kann unter Umständen willkommene Dienste leisten.

Um sich eine objektive Vorstellung von den praktischen Nutzungsmöglichkeiten dieser Stromversorgung machen zu können, muss man sich allerdings die ganze Vielfalt dieser Freizeitgestaltung in bunteren Varianten vorstellen. Wie bunt? Das hängt nur von der individuellen Fantasie und der Beziehung zur Natur ab.

Was darunter zu verstehen ist, werden die nun folgenden Beispiele zeigen, bei denen gleich praxisbezogene Anwendungstipps gegeben werden.

2.1 Solarstromversorgung kleiner Verbraucher

Die Anwendungsmöglichkeiten kleinerer solarelektrisch betriebener Verbraucher im Freien hängen vor allem davon ab, welche dieser Geräte für eine Betriebsspannung von 12 V ausgelegt sind (sie werden meist als Autozubehör angeboten).

Unternimmt man während der kühleren Jahreszeit einen Tagesausflug in die Natur, könnte es begrüßenswert sein, wenn man sich etwas aufwärmen und Kaffee oder Tee kochen kann. Wenn zudem Kleinkinder dabei sind, kann ein kleiner elektrischer Wasserkocher das Aufwärmen von Getränken ermöglichen.

Wer auf seinen frischen Nachmittagskaffee nicht verzichten möchte, wird sich vielleicht einen kleinen 12-V-Wasserkocher anschaffen, um seinen Kaffee an

Zu beachten

Das direkte Nachladen eines Akkus (einer Batterie) mit einem Solarmodul kann nach *Abb. 2.1b* auch ohne Laderegler erfolgen, wenn folgende zwei Bedingungen erfüllt sind:

- Die Nennspannung des Moduls darf nicht höher als 14 V sein.
- In die Verbindung des Pluspols des Moduls und des Pluspols des Akkus muss eine Schottky-Diode eingebaut werden, um zu verhindern, dass sich der Akku über das Solarmodul entlädt, wenn dessen Spannung z. B. wegen vorbeiziehender Wolken niedriger wird als die des Akkus. Je nach Modul-Nennstrom (= Ladestrom) kann eine 1-A-Diode (z. B. der Type SB 130), eine 2-A-Diode (z. B. der Type BYV 2100) oder eine 5-A-Diode (z. B. der Type SB 530) verwendet werden.

Wird ein Solarmodul benutzt, dessen Nennspannung höher als 14 V ist, sollte das Laden des Akkus entweder über einen kleinen Solar-Laderegler nach *Abb. 2.2* oder wie in einem der Beispiele aus *Abb. 1.37* erfolgen.

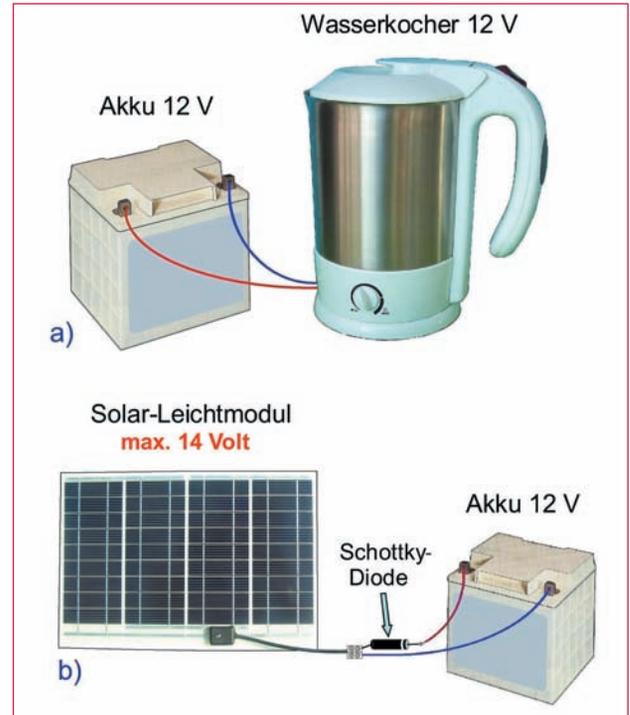


Abb. 2.1 – Ein Wasserkocher, ein kleiner Akku und ein Solarmodul können den Spaß an einem Ausflug in die Natur erhöhen: **a)** Erst kann das Wasser gekocht oder ein Getränk erwärmt werden; **b)** anschließend kann gleich an Ort und Stelle der Akku mit einem Solarmodul nachgeladen werden, um wieder zur Verfügung zu stehen (siehe hierzu den Buchtext).

Ort und Stelle mit Solarstrom kochen zu können. Hier ist eine direkte Stromversorgung ohne einen Zwischenspeicher (Akku) allerdings kritisch. Der Akku kann jedoch sehr klein und leicht sein, wenn er nur einen kleineren Wasserkocher ein einziges Mal mit Energie versorgen soll.

Ein praktisches Experiment hat Folgendes gezeigt: Ein 12-V-/300-W-Wasserkocher brauchte zehn Minuten (= 0,166 Stunden), um ca. 15 °C kaltes Wasser für vier

2.1 Solarstromversorgung kleiner Verbraucher

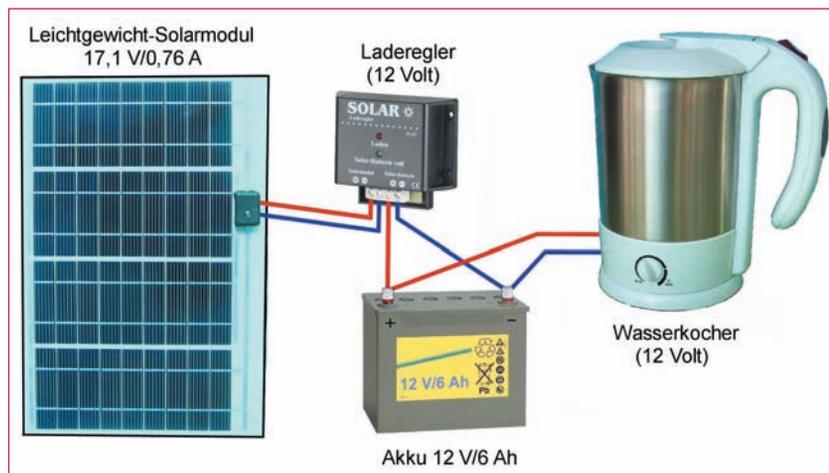


Abb. 2.2 – Wird zum Laden eines 12-V-Akkus ein Solarmodul verwendet, dessen Nennspannung höher als 14 V ist, darf das Laden **nicht** nach dem Beispiel aus *Abb. 2.1 b* erfolgen, sondern muss zumindest über einen kleinen Solar-Laderegler – wie abgebildet – stattfinden. Bei einer überschaubaren Stromabnahme (die weit unterhalb der Akku-Kapazität liegt) kann hier auf einen Tiefentladeschutz verzichtet werden.

Tassen Kaffee zum Kochen zu bringen. Daraus lässt sich nun der Stromverbrauch ausrechnen:

$$300 \text{ W} : 12 \text{ V} = 25 \text{ A.}$$

Bei einem Akku manifestiert sich der Stromverbrauch als *Verbrauch der Akku-Kapazität in Ah (Ampere-stunden)*. In unserem Fall sind das die 25 A multipliziert mit 0,166 Stunden. Das ergibt einen Kapazitätsverbrauch von bescheidenen 4,15 Ah. Mit anderen Worten: Um unter ähnlichen Vorbedingungen

Kaffee kochen zu können, wird ein 12-V-Akku benötigt, dessen Kapazität etwas größer sein sollte als die errechneten 4,14 Ah. Unter dem Begriff „etwas größere Kapazität“ ist zu verstehen, dass der Akku während des Wasserkochens nicht zu tief entladen werden darf (das könnte ihn schwer beschädigen). Zudem hängt die ganze Kochprozedur von der Wassermenge, der Wassertemperatur und der Umgebungstemperatur ab. Im Prinzip wäre für ein solches Vorhaben z. B. ein 12-V-/9-Ah-Bleiakku empfeh-

lenswert. Er wiegt nur etwa 2,4 kg, seine Abmessungen sind sehr bescheiden (ca. 13,5 × 7,5 × 13,5 cm), und er kann an einem sonnigen Tag auch mit einem kleineren Solarmodul nachgeladen werden.

Wer energiesparend frischen Kaffee kochen möchte, kann sich zu einem Tagesausflug heißes Wasser in einer Thermosflasche mitnehmen. Dieses kann sehr schnell zum Kochen gebracht werden und der Energiebedarf sinkt weit unter die Hälfte der vorhin angesprochenen 4,15 Ah. In diesem Fall reicht dann ein kleiner 12-V-/5-Ah-Bleiakku, der nur ca. 1,5 kg wiegt.

Dieses Beispiel hat nur informativen Charakter. Wer derartige Anwendungen nutzen möchte, kann selbst (rechtzeitig) praktisch austesten, welche Lösung sich für seinen Bedarf am besten eignet.

Ein elektrisches 12-V-Heizkissen kann das Wohlbefinden steigern (oder retten), wenn es z. B. beim Liegen am Ufer eines romantischen Flusses plötzlich zu kühl wird. Die Stromversorgung lässt sich hier nach dem bereits in *Abb. 1.22* dargestellten Beispiel leicht bewerkstelligen, denn es genügt meist die direkte Stromversorgung des Heizkissens von einem Solarmodul aus. Anstelle des Heizkissens können auch elektrisch beheizte Schuhe das Wohlbefinden aufrechterhal-

2.1 Solarstromversorgung kleiner Verbraucher

ten, wenn man z. B. beim Fischen während der kühleren Jahreszeit zu lange unbeweglich am Ufer eines Teiches oder Flusses sitzt.

Elektrische Heizkissen, Heizdecken, beheizte Schuhe und Fußwärmer, beheizte Autositze und ähnliche wärmespendende elektrische Gebrauchsgegenstände sind oft als Autozubehör für eine Versorgungsspannung von 12 V (oder 24 V) ausgelegt und können direkt von einem Solarmodul aus mit Strom versorgt werden. Sie sind für relativ kleine Abnahmeleistungen ausgelegt, die bei etwa 30 W beginnen.

Für eine solarelektrische Stromversorgung handelt es sich unter solchen Umständen um eine ziemlich hohe Leistung, die von einem relativ großen Solarmodul erbracht werden kann (vorausgesetzt, die Sonne macht mit). Wir sehen uns nun genauer an, mit welchen praktischen Problemen ein solcher Spaß verbunden ist:

Ein 12-V-Verbraucher, dessen Abnahmeleistung 30 W beträgt, bezieht einen Strom von 2,5 A ($30 \text{ W} : 12 \text{ V} = 2,5 \text{ A}$). Das benötigte Solarmodul müsste demnach theoretisch für eine Spannung von 12 V und einen Strom von 2,5 A ausgelegt sein. Eine solche Leistung würde ein kristallines Solarmodul mit einer Brutto-Fläche von etwa 23 dm² liefern können. Das Modul

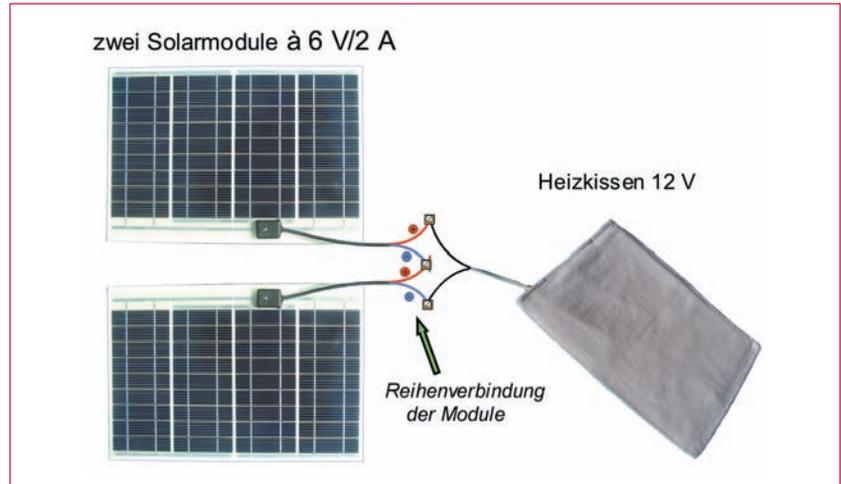


Abb. 2.3 – Bei einer direkten Solarstromversorgung benötigt ein elektrisches Heizkissen eine angemessen große Spannungsversorgung, die z. B. von zwei relativ kleinen Leichtgewicht-Solarmodulen bezogen werden kann.

könnte z. B. etwa 68 cm lang und 34 cm breit sein. An seiner Stelle ließen sich zwei flexible kristalline Solarmodule besser transportieren, die nur etwa 34 × 34 cm groß und nur ca. 3 mm dick sind.

In der Praxis kann man sich jedoch bei solchen Anliegen auch mit einer etwas geringeren Solarleistung zufriedengeben – wie es in dem Beispiel aus *Abb. 2.3* getan wurde. Wie gut wird unser Heizkissen seine Aufgabe dann noch erfüllen? Die Modul-Nennleistung beträgt hier 24 W ($12 \text{ V} \times 2 \text{ A} = 24 \text{ W}$). Das Heizkissen wird in diesem Fall zwar bestenfalls eine Wärmeleistung von ca. 24 W (anstelle von 30 W) aufbringen kön-

nen, was aber praktisch ausreicht. Meist genügt es, wenn ein relativ bescheidener Wärmenachschub den Körper vor Auskühlung schützt. Das gilt auch für elektrische Fußwärmer oder andere vergleichbare elektrische Wärmespenden.

Übernimmt ein kleiner, zu Hause aufgeladener Akku die Stromversorgung eines im Freien betriebenen elektrischen Verbrauchers – z. B. unseres Heizkissens – kann ein zusätzliches kleines Solarmodul den Energievorrat im Akku erhöhen und entweder durchlaufend oder auch nur zwischenzeitlich den Akku nachladen, wie es im Zusammenhang mit dem Wasserkocher (*Abb. 2.1*) erläutert wurde.

2.2 Solarbetriebene Ventilatoren

Elektrische Ventilatoren gehören zu den genügsamen Verbrauchern, die in einem ziemlich breiten Spannungsbereich arbeiten. Ein 12-V-Ventilator läuft oft bereits bei etwa 3 bis 5 V an und verkräftet auch eine etwas höhere Versorgungsspannung, als seiner Nennspannung entspricht. Ähnlich verhalten sich zwar die meisten Gleichstrommotoren, aber da ein Ventilator konstruktionsbedingt nur geringfügig belastet ist, gibt er sich oft schon mit einer niedrigeren Versorgungsspannung zufrieden als z. B. ein stärker belasteter Motorantrieb. Seine Drehzahl und seine Leistung hängen allerdings von der ihm zugeführten Versorgungsspannung ab: Sie erhöhen sich mit steigender Spannung (bei ausreichendem Stromangebot) und sinken mit abnehmender Spannung gleitend bis zum Stillstand.

Gibt man sich damit zufrieden, dass der Ventilator nur dann läuft, wenn die Sonne scheint, kann ein solarelektrischer Direktantrieb ohne Energie-Zwischenspeicher (Akku) verwendet werden. Zu diesem Zweck sind oft komplette Sets nach *Abb. 2.4* erhältlich.

Ist es erwünscht, dass der Ventilator z. B. auch noch nach Sonnenuntergang lüftet, müssen ein Akku und ein Laderegler zwischen das Solarmodul und den Ventilator geschaltet werden. Der Nennstrom des Solarmoduls ist auf die Kapazität des Akkus und auf den Nachladebedarf abzustimmen.



Abb. 2.4 – Die Suche nach dem passenden Solarmodul für einen Ventilator entfällt, wenn beides als Set gekauft wird (Foto/Anbieter: Conrad Electronic und Westfalia).

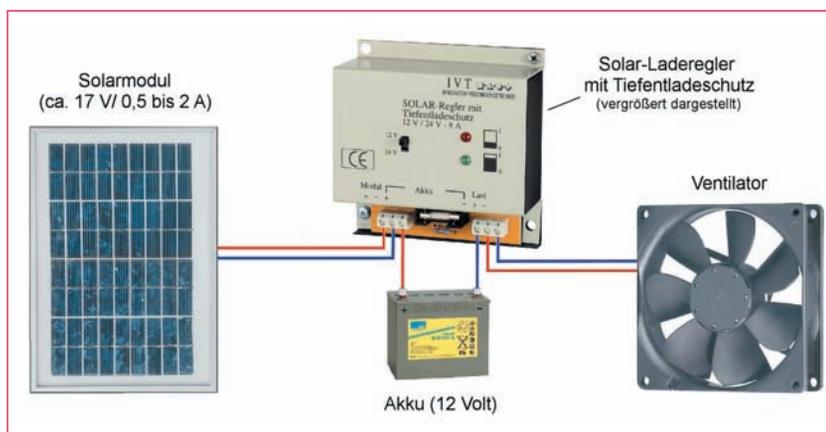


Abb. 2.5 – Wird ein Ventilator über einen solar geladenen Akku betrieben, richtet sich die Wahl des Solarmoduls nach der vorgesehenen Betriebsdauer und der Stromabnahme des Ventilators.

2.3 Solarbetriebene kleine Kühlboxen

Elektrische Hand-Kühlboxen (die für 12-V-Batteriebetrieb ausgelegt sind) werden immer preiswerter und sind in verschiedenen Größen und Leistungen erhältlich. Sie eignen sich insbesondere im Sommer zum Kühlen von Getränken, Obst, Schokolade und anderen Lebensmitteln, die einigermaßen kühl aufbewahrt werden müssen.

Für welche Art von Ausflügen man eine solche Kühlbox auch verwendet, ihr Vorteil besteht darin, dass sie während der Fahrt im Auto an die Autobatterie angeschlossen werden kann und bis ans Ziel optimal kühl. Das Auto muss allerdings oft weit vom Strand entfernt geparkt und der Rest des Weges mit der Kühlbox in der Hand gelaufen werden.

Die Kühlbox bleibt noch eine Zeitlang kühl – wie lange, hängt sowohl von der Umgebungstemperatur ab als auch davon, wie oft sie geöffnet wird. Wenn für die Box ein leichtes, flexibles Solarmodul als Stromgenerator mitgenommen wird, kann es sie z. B. am Strand weiterhin mit Strom versorgen. Dies zwar nur dann, wenn die Sonne scheint, was aber genügt – denn wenn die Sonne nicht scheint, sinkt ja die Umgebungstemperatur, und die Kühlbox bleibt ohnehin noch einige Stunden lang kühl.

Welches Solarmodul wird hier benötigt?

Am besten eignet sich für solche Zwecke das angesprochene Leichtgewicht-Solarmodul, das entweder

als flexibles Modul oder als in der Mitte zusammenklappbares Modul leicht transportierbar ist. Es sollte sich dabei bevorzugt um ein kristallines Modul, *nicht* um ein amorphes Dünnschichtmodul handeln. Amorphe (Dünnschicht-) Solarzellen haben einen zu niedrigen Wirkungsgrad; das Modul muss daher über eine mehr als doppelt so große Zellenfläche verfügen wie ein kristallines Modul (siehe hierzu auch Kapitel 7).

Die Nennleistung eines solchen Solarmoduls muss in diesem Fall nicht unbedingt auf die volle 35- bis 40-W-Nennleistung der Kühlbox abgestimmt sein. So kann zum Beispiel eine 12-V-/3-A-Kühlbox zufriedenstellend mit einem 12-V-/2-A-Solarmodul betrieben werden. Wenn die Kühlbox dabei im Schatten steht, wird sie auch an heißen Sommertagen ihren Inhalt ausreichend kühl halten. Bei großer Hitze sollte die Kühlbox nicht allzu oft geöffnet werden, denn der aufgewärmte Inhalt muss anschließend wieder intensiv gekühlt werden.

Gegen ein großzügiger dimensioniertes Solarmodul von z. B. 12 V/3 A wäre selbstverständlich nichts einzuwenden. Im Gegenteil: Die Zellen werden sich auch bei größerer Hitze weniger aufheizen.

Wir sind in diesem Beispiel von einer 12-V-/3-A-Kühlbox (36-W-

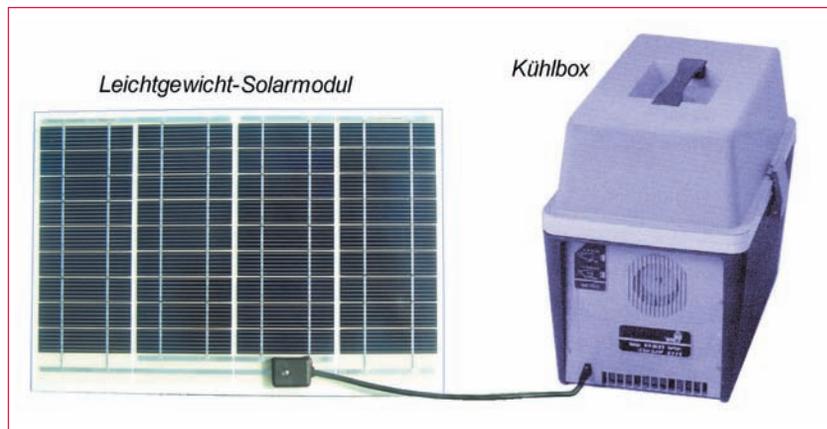


Abb. 2.6 – Eine kleinere 12-V-Elektro-Kühlbox kann von einem Leichtgewicht-Solarmodul auch direkt ausreichend mit Strom versorgt werden.

2.3 Solarbetriebene kleine Kühlboxen

Kühlbox) ausgegangen. Das ist zwar eine der kleineren Kühlbox-Typen, aber für normale Bedürfnisse reicht sie aus (vor allem, wenn man sie auch länger tragen muss). Es spricht jedoch nichts dagegen, sich eine wesentlich größere Kühlbox zuzulegen und das Solarmodul dementsprechend auch etwas großzügiger auf den Kühlbox-Verbrauch abzustimmen. Wenn eine solche Anlage des Öfteren dort genutzt wird, wo man andernfalls Getränke auch an einem Kiosk kauft, wird sie sich – bei den stolzen Kiosk-Preisen – schnell amortisieren.

In manchen Fällen wird es möglich sein, die elektrische Kühlbox im Auto zu lassen und die Getränke oder gekühlten Speisen jeweils bedarfsbezogen zu holen. Die Tatsache, dass sich die meisten dieser Kühlboxen an den Zigarettenanzünder des Autos anschließen lassen, darf jedoch nicht zu der Annahme verleiten, dass die Autobatterie mit dieser zusätzlichen Energieabnahme automatisch zurechtkommt. Es kann leicht vorkommen, dass die Kühlbox zwar den ganzen Tag einwandfrei gekühlt hat, das Auto aber abends nicht mehr starten will, weil die Autobatterie von der Kühlbox „leergesogen“ wurde.

Ob eine solche Kühlbox einen zu großen Teil der Autobatteriekapazität in Anspruch nimmt, lässt sich folgendermaßen ausrechnen:

Angenommen, auf der Kühlbox steht, dass sie für eine Spannung von 12 V und einen Strom von 4 A ausgelegt ist. Uns interessieren hier die 4 A. Wenn diese Box von einer Autobatterie eine Stunde lang 4 A bezieht, verringert sie den energetischen Inhalt der Auto-

batterie um 4 Amperestunden (4 Ah). Hat die Autobatterie z. B. eine Nennkapazität von 60 Ah, kann die Kühlbox ihren energetischen Inhalt innerhalb von zehn Stunden um bis zu 40 Ah verringern. Die Formulierung „um bis zu“ bezieht sich darauf, dass die Kühlbox unter Umständen (wenn es nicht zu heiß ist) nicht durchlaufend die vollen 4 A bezieht, sondern zwischendurch auch abschaltet.

Nicht zu unterschätzen ist jedoch die Tatsache, dass eine 60-Ah-Autobatterie nicht immer voll aufgeladen ist oder dass sie nach dem Aufladen nicht unbedingt auch tatsächlich über den theoretischen energetischen Inhalt von 60 Ah verfügt. Eine ältere 60-Ah-Autobatterie lässt sich möglicherweise nur noch auf etwa 80 % der Nennkapazität aufladen und könnte somit von einer Kühlbox schneller „leer gepumpt“ werden, als theoretisch zu erwarten ist. Aus diesem Grund ist es von Vorteil, wenn man in solchen Fällen durch solarelektrisches Nachladen der Autobatterie zumindest teilweise den Energieverbrauch kompensiert. Aber Vorsicht: Verschiedene Mini-Solarmodule, die nicht viel größer als zwei oder drei Sardinendosen sind, brauchen auch unter den günstigsten Umständen einen ganzen Tag, um den Akku um eine einzige Amperestunde nachzuladen und wirken sich auf die Akku-Kapazität im Prinzip nur wie ein Tropfen auf den heißen Stein aus.

Ein solches Nachladen kann dennoch z. B. die Selbstentlade-Verluste der Autobatterie kompensieren, wenn das Wetter mitmacht und das Solarmodul optimal von der Sonne bestrahlt wird.

2.4 Solar-Kühlschränke

Kühlschränke sind in zwei Ausführungen erhältlich: als Absorptions- und als Kompressorkühlschränke. Absorptionskühlschränke arbeiten zwar sehr leise (was für die Nachtruhe von Vorteil ist), aber sie haben einen wesentlich größeren Stromverbrauch als Kompressorkühlschränke. Deshalb sind Solarkühlschränke überwiegend als Kompressorkühlschränke angelegt und für eine 12-V-Gleichspannungsversorgung vorgesehen. Manche Solar-Kühlschränke sind mit einem internen Tiefentladeschutz ausgestattet.

Der Energieverbrauch kleinerer Solar-Kühlschränke liegt zwischen ca. 280 und 350 Wattstunden (Wh) pro 24 Stunden bzw. etwa 23,5 bis 29 Amperestunden, die der Kühlschrank dem verwendeten Akku (bzw. der Bordbatterie) pro Tag entzieht. Eine mittelgroße Autobatterie von 60 Ah würde demnach einen solchen Kühlschrank bestenfalls zwei Tage lang mit Energie beliefern können, danach wäre es mit dem ganzen Spaß vorbei. Eine größere Reisemobil- oder Bootbatterie würde mit einer solchen Aufgabe leichter zurechtkommen, müsste aber dennoch fast ununterbrochen (und angemessen kräftig) nachgeladen werden.

Wenn ein Reisemobil oder ein Boot tagsüber viel herumfährt und seine Lichtmaschine dabei die Bordbatterie ausreichend kräftig nachladen kann, kann ein zusätzliches Solarmodul mit Laderegler als eine Art Unterstützung der Lichtmaschine fungieren. Es dürfte ziemlich bescheiden dimensioniert werden – vorausgesetzt, alle weiteren „Stromfresser“ wie Beleuchtung, Unterhaltungselektronik oder elektrische Lüftung überstrapazieren nicht den jeweiligen Energievorrat der Bordbatterie. Mehr Klarheit über die Dimensionierung der Bordbatterie schafft hier die technische Dokumentation des Fahrzeuges bzw. eine Auskunft des Herstellers.

Bei einem Boot lohnt es sich in solchen Fällen, es mit einer Kombination aus Solarmodulen und kleinem



Abb. 2.7 – Solar-Kühlschränke verbrauchen ziemlich viel Strom und benötigen daher entsprechend große Bordbatterien als Energiespeicher.

Windgenerator nachzurüsten. Unter Umständen ist am See das Windaufkommen bei trübem Wetter kräftig genug, um aus dem Windgenerator solide Ladeleistungen beziehen zu können; wenn es wiederum ziemlich windstill und sonnig ist, können die Solarzellen die Bordbatterie laden.

Bei einem Reisemobil oder Caravan ist die Anwendung eines Windgenerators nicht immer so einfach wie bei einem Boot. Ein kleiner mobiler Windgenerator kann hier unter Umständen ebenfalls gute Dienste leisten, jedoch nur stationär (nicht während der Fahrt). Solarzellen dagegen können zwar auch während der Fahrt genutzt werden, wenn sie auf dem Dach des Fahrzeuges montiert sind, aber diese Lösung funktioniert verständlicherweise nur dann, wenn das Wetter mitmacht.

2.5 Solarbetriebene mobile Klimaanlage

Mit der Erholsamkeit eines Urlaubs ist es schnell vorbei, wenn die Nächte so heiß sind, dass man in seinem Caravan, Reisemobil oder Boot nicht schlafen kann. Wenn nicht bereits der Hersteller eine solide Klimaanlage eingebaut hat, schafft dann eine kleine mobile Klimaanlage Abhilfe. Sie stellt jedoch, im Vergleich zu einem Kühlschrank, wesentlich höhere Ansprüche an die Energieversorgung, denn unterhalb von etwa 1.000 W ist auch in einem nur mittelgroßen Caravan oder Reisemobil eine spürbare Kühlung nicht realisierbar. Zudem muss ein solches Klimagerät an heißen Tagen weitgehend ununterbrochen laufen, da andernfalls der Innenraum mit allen vorhandenen Möbeln die Wärme schnell speichert und danach in Hinsicht auf das Kühlen zum Spielverderber wird.

Eine solarelektrische Stromversorgung kann in einem solchem Fall meistens nur eine Hilfsfunktion übernehmen, denn um solarelektrisch 1.000 W zu erzeugen, würde man auch bei den besten monokristallinen Solarmodulen eine Fläche von etwa 8,2 bis 9 m² brauchen. Wird ein Wechselrichter benötigt, erhöht sich der Solarflä-

chen-Bedarf noch um die Verluste im Wechselrichter, die bei guten Wechselrichtern etwa 5 % betragen.

Eine derart große Solarzellenfläche kann z. B. auf dem Fahrzeugdach installiert werden, ist aber für einen Caravan oder ein Reisemobil unter Umständen zu kostspielig, denn für die wenigen Tage im Jahr, an denen eine Klimaanlage erforderlich ist, dürfte auch der teuerste Strom auf einem Campingplatz im-

mer noch preisgünstiger sein als eine teure solarelektrische Anlage. Für ein größeres Boot oder eine Yacht kann dagegen eine solche Lösung erstrebenswert sein, denn mitten auf dem Wasser gibt es keinen Netzanschluss. Hier ist dann eine Kombination von Solarmodulen und Windgeneratoren angesagt – wobei als Lückenbüßer gelegentlich auch die Lichtmaschine des Bootes oder der Yacht einspringen muss.



Abb. 2.8 – Klimaanlagen sind leider meistens nur für Versorgungsspannungen von 230 V~ erhältlich und müssen daher unterwegs über einen zusätzlichen 12 V=/230 V~-Wechselrichter betrieben werden.

2.6 Solarversorgung der Beleuchtung

Solarversorgte Leuchten aller Art gehören zu den bekanntesten und am häufigsten verwendeten Solarprodukten. In den meisten Fällen handelt es sich jedoch um Solar-Leuchtkörper, in denen sowohl Solarzellen als auch eventuelle Akkus bereits integriert sind. Bei diesen Solarprodukten wird der Anwender nicht mit zusätzlichen Planungsüberlegungen konfrontiert und braucht sich mit den technischen Hintergründen gar nicht zu befassen.

Für unsere themenbezogenen Anwendungen brauchen wir aber manchmal zuverlässige Lichtquellen, die nicht nur von gelegentlichen Launen der Natur abhängen, wie es bei vielen Solar-Außenleuchten mit integrierten Solarzellen der Fall ist.

Die solarelektrische Versorgung von Lampen ist ziemlich einfach zu bewerkstelligen, denn jede Lampe benötigt einen fest vorgegebenen Strom, und ihre Leuchtdauer bestimmt dann den leicht nachvollziehbaren Strom- bzw. Energieverbrauch, der aus dem dafür vorgesehenen Akku gedeckt wird.

Während die Sonne scheint, ist elektrische Beleuchtung – bis auf einige Ausnahmen – verständlicherweise nicht erforderlich, daher muss die Solarenergie in einem Akku zwischengespeichert werden. Bei Campingfahrzeugen und Booten kann in den meisten Fällen einfach die Bordbatterie als gemeinsamer Energiespeicher benutzt und bei Bedarf mit einem Solarmodul etwas nachgeladen werden, wenn sie mehrere zusätzliche Leuchtkörper mit Strom versorgen muss und kein Netzanschluss vorhanden ist.

Beim Zelten oder ähnlichen Gelegenheiten ist eine gute Beleuchtung von Vorteil. Hier kann dann ein kleiner, leichter Akku tagsüber von einem kleinen Solarmodul nachgeladen werden. Die Akku-Kapazität ist dann so zu wählen, dass der Akku auch bei regnerischem Wetter die Stromversorgung der Beleuchtung angemessen lange aufrechterhalten kann. Dabei liegt es na-



Abb. 2.9 – Ausführungsbeispiel eines solarbetriebenen 10-W-Halogenstrahlers, der als Bausatz mit einem leistungsstarken Solarmodul angeboten wird: Ein im Strahler integrierter Bewegungsmelder schaltet den Strahler für eine einstellbare Leuchtdauer ein (Foto/Anbieter: Westfalia).

türlich im individuellen Ermessen, unter welchen Umständen eine solche Lösung sinnvoll ist.

Die Dimensionierung des benötigten Solarmoduls oder Akkus ist einfach, da man sich nach dem Verbrauch der einzelnen Leuchtkörper richten kann, die der Akku betreiben soll. Jede Lampe hat einen Energieverbrauch, der ihrer Leistung entnommen werden kann bzw. der nach dem Beispiel in *Abb. 2.11* einfach in den Stromverbrauch (in Ampere) umgerechnet wird. Der tägliche Stromverbrauch muss dann mit der Anzahl der Tage multipliziert werden, an denen ein Nachladen des Akkus vom Solarmodul erwartet wird.

2.6 Solarversorgung der Beleuchtung

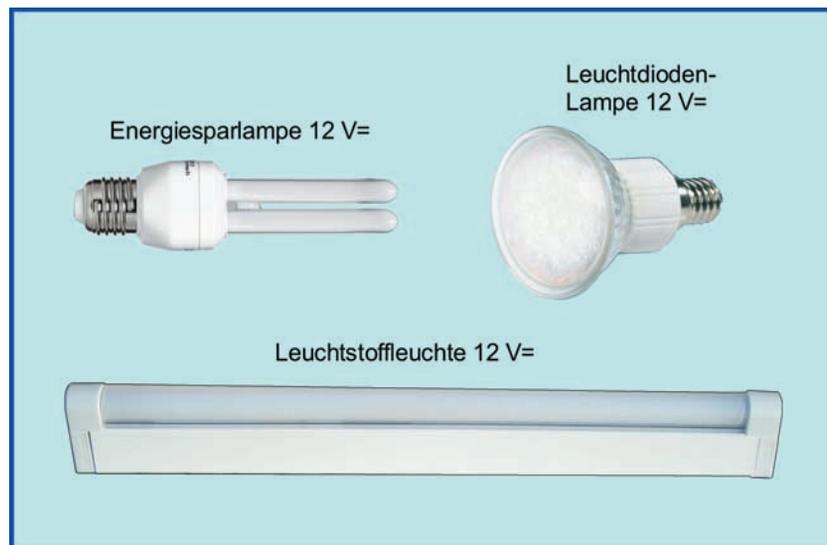


Abb. 2.10 – Für den „teuren“ Solarstrom sollten als Leuchtkörper unbedingt nur energiesparende Lampen verwendet werden: 12-V-Energiesparlampen, 12-V-Leuchtdioden (LED)-Leuchten oder 12-V-Leuchtstofflampen benötigen im Durchschnitt nur $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{5}$ der Energie, die herkömmliche Glühbirnen beanspruchen.

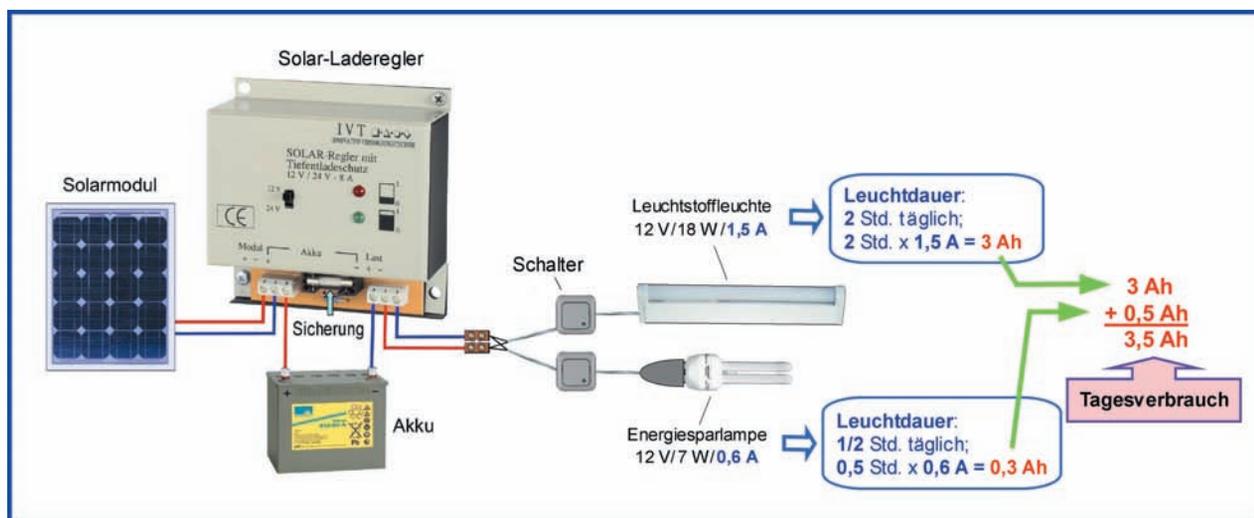


Abb. 2.11 – Aus dem Verbrauch der einzelnen Lampen und ihrer vorgesehenen Leuchtdauer kann die Kapazität des benötigten Akkus errechnet werden.

2.7 Solarbetriebene Geräte der Unterhaltungselektronik

Ähnlich wie die vorhin behandelten Lampen benötigen auch Geräte der Unterhaltungselektronik einen Akku als Energie-Zwischenspeicher. Es kann sich dabei sowohl um einen kleinen Akku handeln, der z. B. nur für die Stromversorgung eines kleinen Fernsehers vorgesehen ist, als auch um einen gemeinsamen Akku, der nach Bedarf auch diverse andere Geräte mit Strom versorgt. In beiden Fällen wird der Energiebedarf in Amperestunden (Ah) ausgerechnet und bei der Wahl der Akkukapazität nach dem Beispiel in *Abb. 2.12* berücksichtigt.

Der Nachladebedarf des Akkus ergibt sich dann automatisch aus dem errechneten Verbrauch. Dabei liegt es auch hier im persönlichen Ermessen, welche Zeitspanne für das

Nachladen des Akkus eingeplant wird. Geht man beispielsweise davon aus, dass nur jeder zweite Tag sonnig sein wird, müsste das vorgesehene Solarmodul innerhalb von sieben bis acht Stunden die Akkukapazität nachladen können, die innerhalb von zwei Tagen verbraucht wurde. Das wäre allerdings unter Umständen ein ziemlich knapp kalkuliertes Nachladen. Die Umstände spielen hier jedoch eine bedeutende Rolle, denn sie bestimmen auch den Stellenwert der einen oder anderen solarelektrischen Stromversorgung, denn nicht alle elektrischen Geräte müssen unbedingt abrufbereit betrieben werden.

Unter den Geräten der Unterhaltungselektronik gibt es keine Produkte, die als ausgesprochen ener-

giesparend zu klassifizieren wären. Sie können aber bei der Anschaffung solcher Geräte gezielt auf den in ihren technischen Daten angegebenen Verbrauch achten, denn die Unterschiede sind ziemlich groß. Wie das Beispiel in *Abb. 2.12* zeigt, gehört der Fernseher mit seinem Receiver nicht unbedingt zu den großen „Energiefressern“. Bei schlechtem Wetter kann sich allerdings die Betriebsdauer des Fernsehers ziemlich in die Länge ziehen – demgegenüber wird aber höchstwahrscheinlich der Ventilator nicht benötigt. Was jedoch früher oder später benötigt wird, ist die Sonne. Die Akku-Kapazität sollte daher den Wetteraussichten angemessen nach Möglichkeit etwas großzügiger dimensioniert werden.

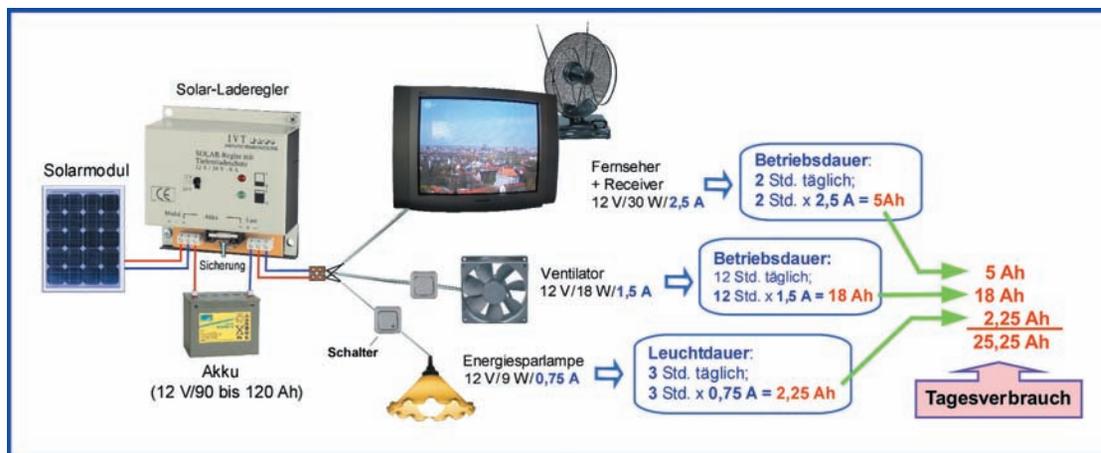


Abb. 2.12 – Aus der täglichen Betriebsdauer und dem Stromverbrauch der einzelnen Verbraucher errechnet sich auch hier der Energiebedarf, der einem Akku an Amperestunden z. B. pro Tag und pro Woche entnommen wird.

2.8 Solarbetriebene Elektrowerkzeuge und Geräte

Kleinere Elektrowerkzeuge sind oft als Akku-Werkzeuge ausgelegt und benötigen eine zusätzliche Stromversorgung nur für eventuelles Nachladen, das über einen Wechselrichter vorgenommen wird. Er hat ausgangsseitig eine normale Steckdose mit einer 230-V-Wechselspannung, wie *Abb. 2.13* zeigt. Über den Wechselrichter können bei Bedarf auch beliebige andere 230-V-~-Werkzeuge oder -Geräte betrieben werden. Zu achten ist dabei nur darauf, dass die Nennleistung des verwendeten Wechselrichters die von ihm bezogene elektrische Leistung auch verkraftet.

Möchten Sie gelegentlich auch Kleingeräte mit Solarstrom versorgen, die für eine niedrigere Gleichspannung als 12 V ausgelegt sind, kann dies mit Hilfe eines Festspannungsreglers oder einer Zenerdiode nach *Abb. 2.14* bewerkstelligt werden. Wird eine andere Spannung als die hier eingezeichneten 9 V benötigt, kommt ein entsprechender Festspannungsregler zum Einsatz bzw. kann ein einstellbarer Spannungsregler verwendet werden. Für Stromabnahmen unterhalb von ca. 0,6 A genügt ein 1-A-Spannungsregler, für höhere Stromabnahmen muss ein Spannungsregler verwendet werden, der

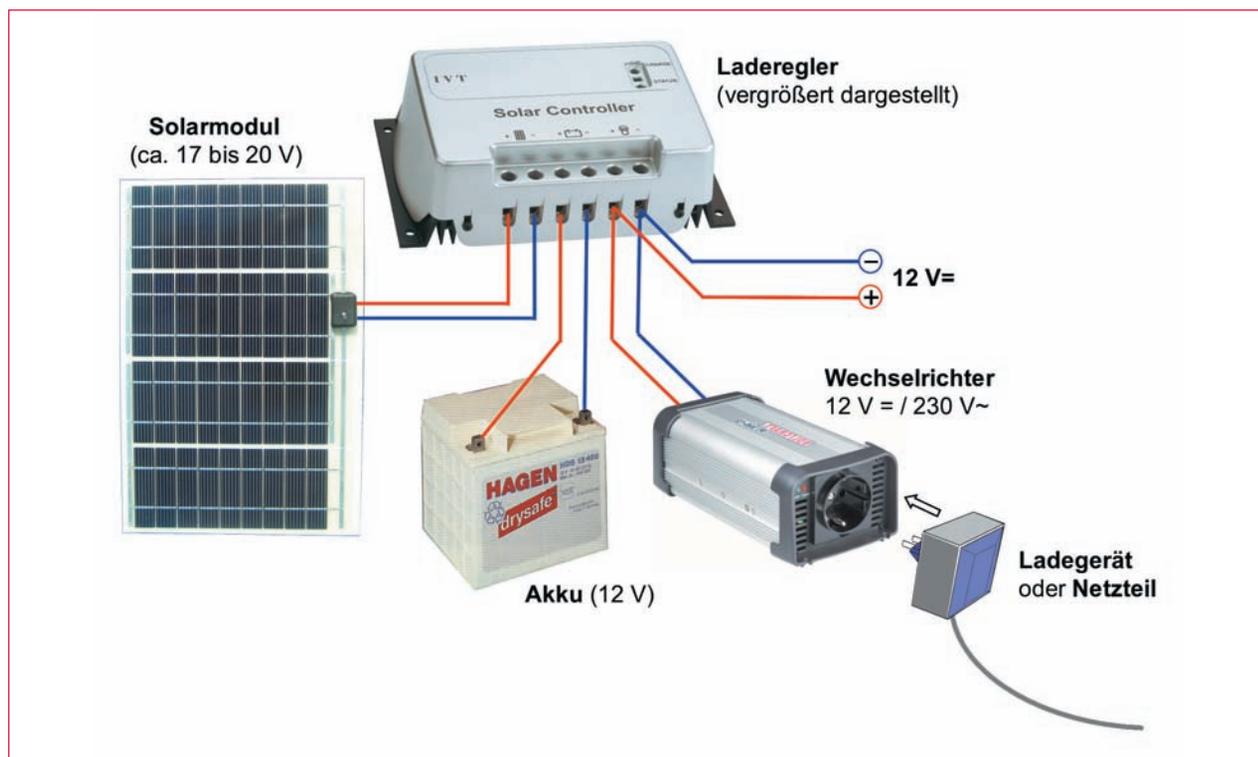


Abb. 2.13 – Grundschialtung einer Mini-Solaranlage, von der ausgangsseitig sowohl eine Gleichspannung von 12 V als auch eine 230-V-Wechselspannung bezogen werden kann: Der Nennstrom des Solarmoduls muss so gewählt werden, dass er den Akku ausreichend nachladen kann.

2.8 Solarbetriebene Elektrowerkzeuge und Geräte

den vorgesehenen Strom verkraftet. Die Spannungsregler benötigen in jedem Fall einen Kühlkörper.

Für kleinere Stromabnahmen kann die Spannung z. B. mit Hilfe mehrerer 1-V-Zenerdioden begrenzt werden, die nach *Abb. 2.15* in Reihe geschaltet sind. Die Zenerdioden müssen jedoch imstande sein, die Leistung, die sie abfangen, in Wärme umzuwandeln, ohne dass sie dabei verbrennen. Eine preiswerte 1-W-/1-V-

Zenerdiode müsste theoretisch einen Strom von bis zu 1 A verkraften (= einen Strom, den der angeschlossene Verbraucher bezieht). Praktisch würde sie sich aber bei einem Strom, der höher als ca. 0,5 A ist, zu sehr aufheizen. Es müsste also eine 2-W- (bzw. eine noch leistungsstärkere) Zenerdiode verwendet werden.

Die Funktion einer Spannungsregelung nach *Abb. 2.16* sollte mit einem Voltmeter kontrolliert werden, da

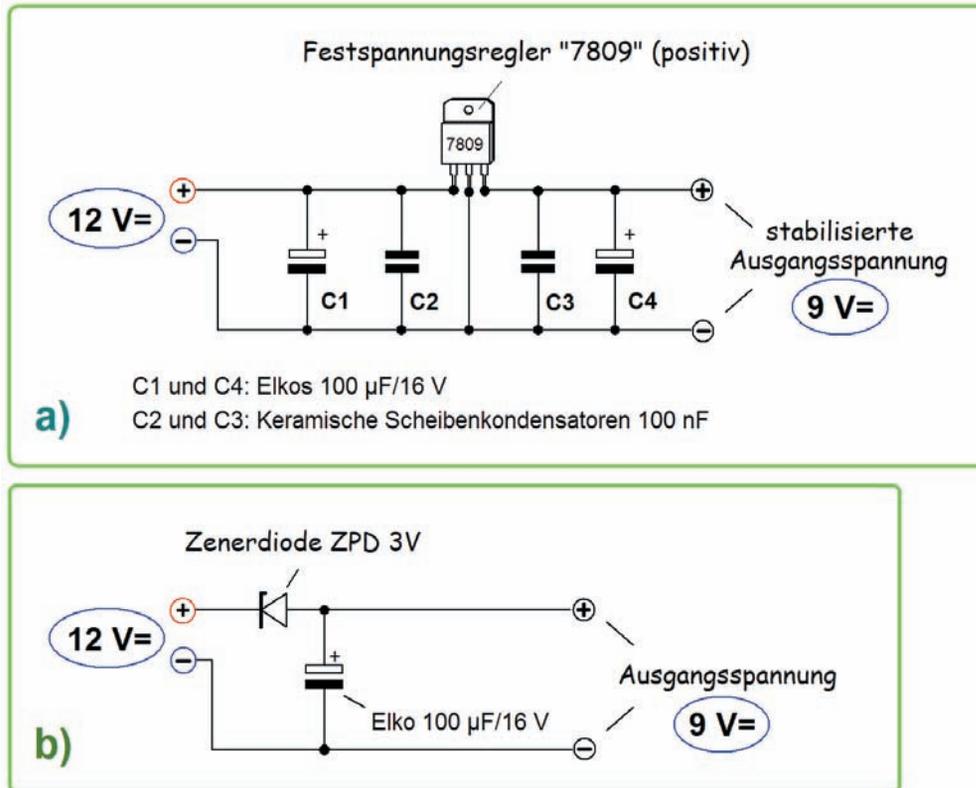


Abb. 2.14 – Mit Hilfe eines Spannungsreglers oder einer Zenerdiode kann die Spannung des Solar-Akkus auf den benötigten Wert (hier 9 V) reduziert werden: **a)** Schaltung einer Selbstbau-Spannungsregelung für höhere Stromabnahmen; **b)** Schaltung einer Spannungsreduktion mithilfe einer Zenerdiode, die die überflüssige Spannungsdifferenz abfängt.

2.8 Solarbetriebene Elektrowerkzeuge und Geräte

manche Zenerdioden eine zu große Toleranzabweichung aufweisen. Spannungsabweichungen nach unten sind nicht kritisch, aber nach oben sollte die Ladespannung maximal ca. 20 % mehr betragen, als der Akku-Nennspannung (bzw. der Nennspannung der Akku-Kette) entspricht. Da jedoch die Spannungen der Zenerdioden ziemlich grob abgestuft sind, gibt man sich beim Laden auch mit einer etwas niedrigeren Lade-

spannung zufrieden, als mit der Obergrenze von 120 % übereinstimmt.

Die überflüssige Spannung wird von den Zenerdioden abgefangen und als *Verlustleistung* in Wärme umgewandelt. Dies bedeutet, dass die zu diesem Zweck verwendete Zenerdiode quasi wie ein kleiner Heizkörper funktioniert. Die elektrische Leistung, die die Zenerdiode in Wärme umwandelt, muss sie allerdings

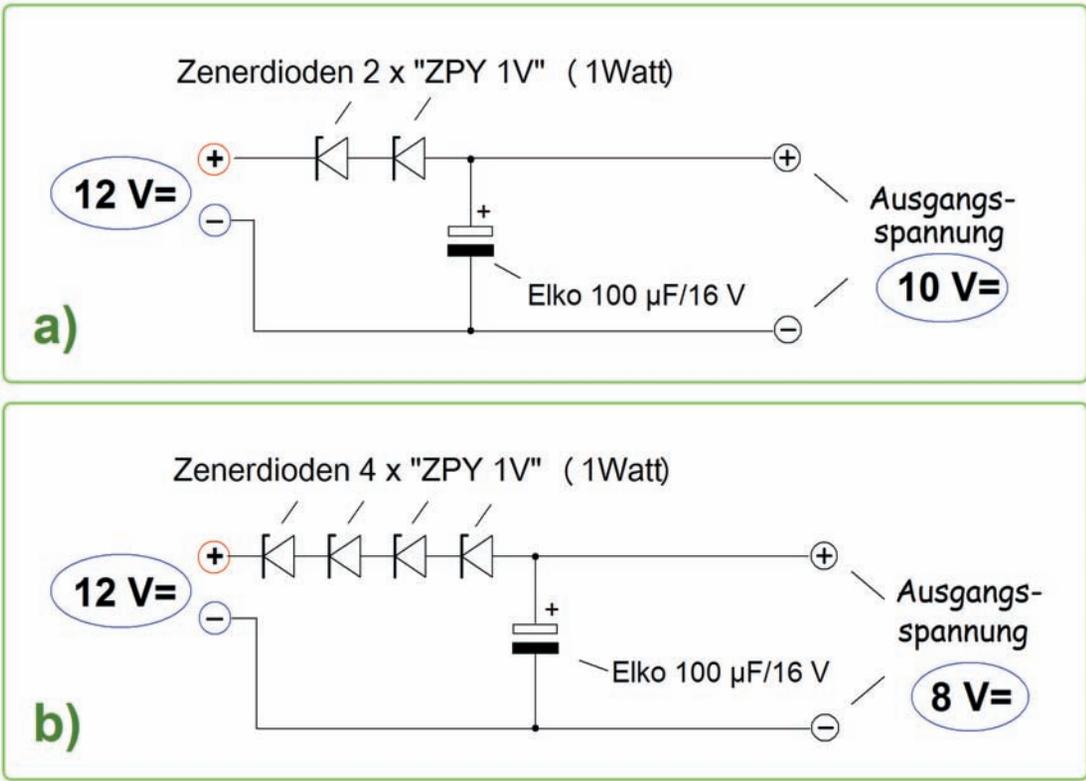


Abb. 2.15 – Eine unerwünscht hohe Spannung können bei Bedarf auch mehrere 1-V-Zenerdioden abfangen, die in Reihe geschaltet sind.

2.8 Solarbetriebene Elektrowerkzeuge und Geräte

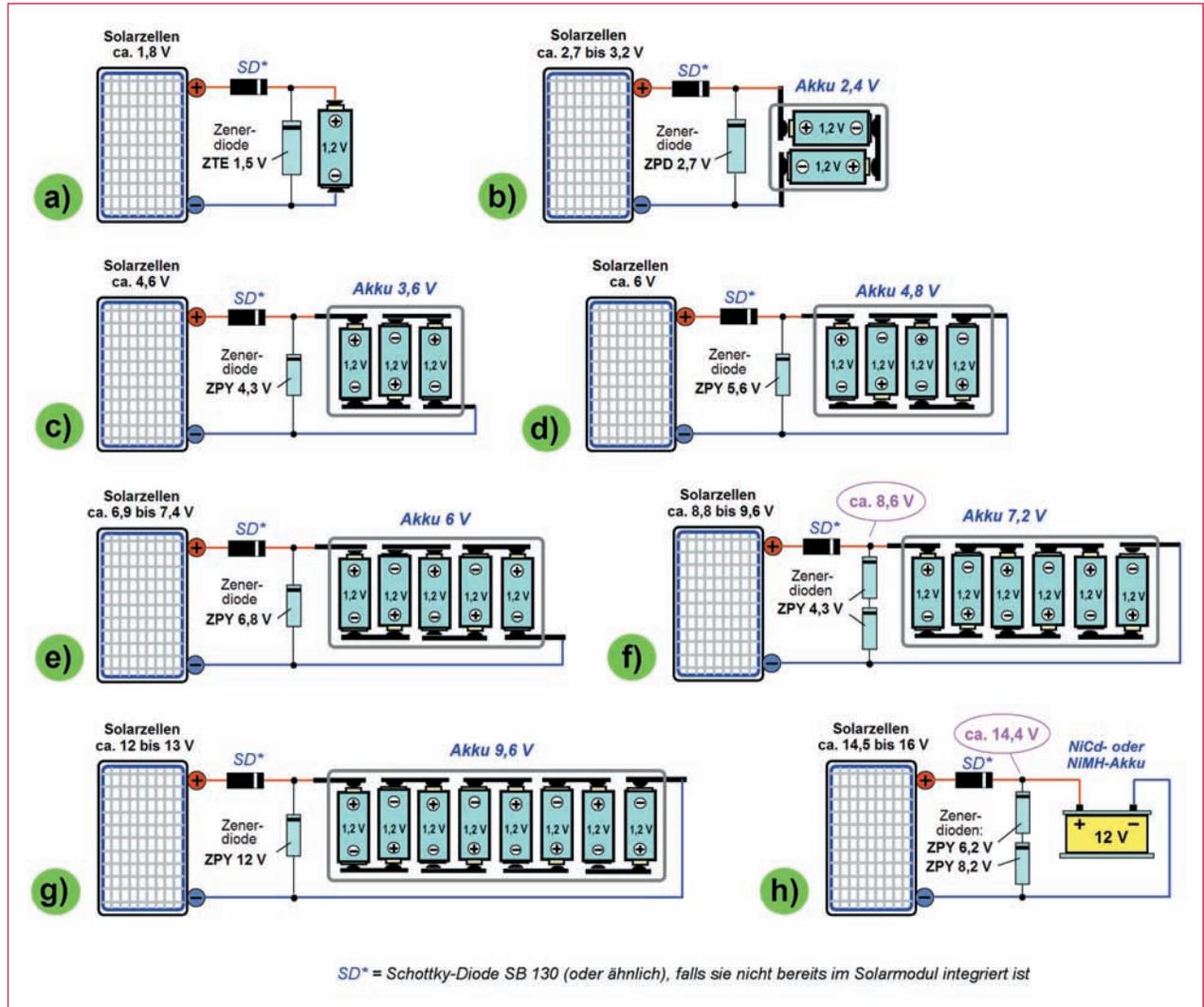


Abb. 2.16 – Da es für Spannungen unterhalb von 12 V keine Laderegler gibt, kann die Spannungsregelung bei kleinen Ladeströmen mit Hilfe von Zenerdioden vorgenommen werden: Es ist jedoch unbedingt darauf zu achten, dass die Zenerdioden nicht überbelastet werden (siehe hierzu unseren erklärenden Text).

2.8 Solarbetriebene Elektrowerkzeuge und Geräte

auch verkraften können. Wir haben bei den Beispielen in *Abb. 2.16* Zenerdioden eingezeichnet, deren Leistung zwischen 0,25 und 1 W liegt.

Die Zenerdiode *ZTE 1,5 V* (*0,25 W*) aus *Abb. 2.16 a* eignet sich nur für einen Solar-Ladestrom, der bei einem 1,8-V-Solargenerator ca. 0,5 A nicht überschreitet – was in der Praxis für das Nachladen von kleineren Akkus ohnehin kaum vorkommt. Die Zenerdiode *ZPD 2,7 V* ist für eine Leistung von 0,5 W, alle weiteren Zenerdioden für eine Leistung von 1 W ausgelegt.

Die Problematik des Ladens bedarf zwar theoretisch einer aufwen-

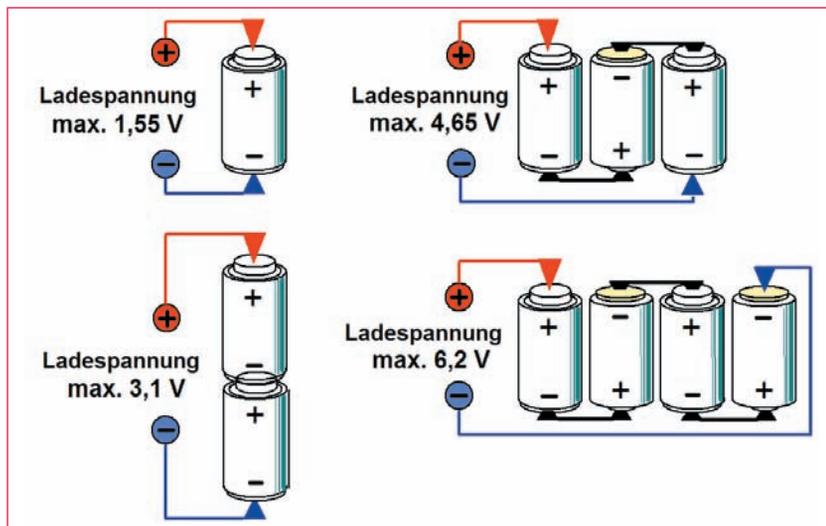


Abb. 2.17 – Empfohlene Höchstgrenzen der Ladenspannung für NiCd- oder NiMH-Akkus, deren offizielle Nennspannung 1,2 V pro Glied beträgt.

Die Leistung, mit der die Zenerdioden in dieser Schaltung zurechtkommen müssen, ergibt sich aus der „überschüssigen“ Differenzspannung, die sie in Wärme umwandeln müssen und aus dem Strom, den das kleine Solarmodul liefert bzw. der geladene Akku bezieht (Differenzspannung [in Volt] × Ladestrom [in Ampere] = Leistung [in Watt]).

Ein praktisches Beispiel dürfte es am schnellsten erläutern:

Angenommen, die Nennspannung des Solarmoduls aus dem Beispiel in *Abb. 2.16g* beträgt 13,1 V und sein Nennstrom 0,38 A. Die Ladenspannung, die die eingezeichnete Zenerdiode *ZPY 12V (1W)* durchlässt, beträgt 12 V. Die Zenerdiode muss daher die überschüssige Spannung von 1,1 V quasi „in sich hineinfressen“, in Wärme umwandeln und an die Umgebung abgeben. Durch die Zenerdiode wird dabei gelegentlich der volle Modul-Nennstrom von 0,38 A fließen.

Die Leistung, die die Zenerdiode in Wärme umwandeln muss, errechnen wir einfach durch Multiplizieren der Differenzspannung von **1,1 V** mit dem Strom von **0,38 A**. Das geht mit einem Taschenrechner blitzschnell: Es sind **0,418 W**. Unsere 1-W-Zenerdiode wird diese Leistung problemlos verkraften und – wie vorgesehen – als Wärme „entsorgen“.

Wenn zwei Zenerdioden in Reihe geschaltet sind, teilen sie sich die Leistung. So können z. B. die beiden in *Abb. 2.16 f* eingezeichneten Zenerdioden *ZPY 4,3 V* die für eine Leistung von 1 W pro Diode ausgelegt sind, als eine einzige 2-W-Zenerdiode mit einer Zenerspannung von 8,6 V ($2 \times 4,3$ V) betrachtet werden.

2.8 Solarbetriebene Elektrowerkzeuge und Geräte

digeren Erklärung, aber in der Praxis können wir einfach davon ausgehen, dass die Ladespannung ca. 20 % höher liegen soll als die Nennspannung des geladenen NiCd-Akkus bzw. der in Reihe geschalteten Glieder. *Abb. 2.17* verdeutlicht die Höchstgrenzen der Ladespannung entsprechend den jeweiligen Nennspannungen dieser Energie-Zwischenspeicher.

Viele batteriebetriebene Klein-geräte – wie z. B. Alarm- und Sicherheitsgeräte – lassen sich leicht mit einigen zusätzlichen kleinen Solarzellen nachrüsten, die entweder anstelle der Batterien als sonnen-scheinabhängige Energiequellen oder nur für das Nachladen der bestehenden kleinen Akkus oder Speicherkondensatoren (Gold-Caps) verwendet werden.

Dem Bastler stehen zu diesem Zweck sowohl *nicht gekapselte (kahle)* als auch *gekapselte* Solarzellen und Solar-Minipaneele zur Verfügung.

Gekapselte Solarzellen sind nach *Abb. 2.18* ähnlich ausgeführt wie kleine Solarmodule, in denen jeweils nur eine einzige Solarzelle untergebracht ist. Somit entspricht die

Nennspannung dieser gekapselten Zellen der gängigen Nennspannung normaler kristalliner Zellen (meistens zwischen ca. 0,45 und 0,46 V). Abhängig von der Modulgröße liegt der *Nennstrom* zwischen ca. 0,1 A (bei einer Modulfläche von 46 × 26 mm) und 0,7 A (bei Modulabmessungen von 96 × 66 mm).

Diese gekapselten Zellen können – ähnlich wie nicht gekapselte Solarzellen – beliebig zu Ketten oder Flächen verschaltet werden, um die benötigten elektrischen Nennwerte zu erhalten.

Gekapselte Solar-Minipaneele unterscheiden sich optisch nicht von gekapselten Solarzellen nach *Abb. 2.18*, beinhalten aber mehrere Solarzellen und sind für eine höhere Spannung ausgelegt. Im Prinzip handelt es sich hier um kleine Solarmodule, die sowohl miteinander als auch mit gekapselten Einzelzellen verschaltet werden können, um die benötigte Spannung bzw. Leistung zu erhalten.

Für den Modell- oder Spielzeugbau können auch „kahle“ Solarzellen (*Abb. 2.19*) – ähnlich wie Batterien – seriell, parallel oder auch kombiniert (seriell-parallel) verschal-

tet und für die ersten Experimente eventuell zum Schutz mit einem dünnen Plexiglas abgedeckt wer-

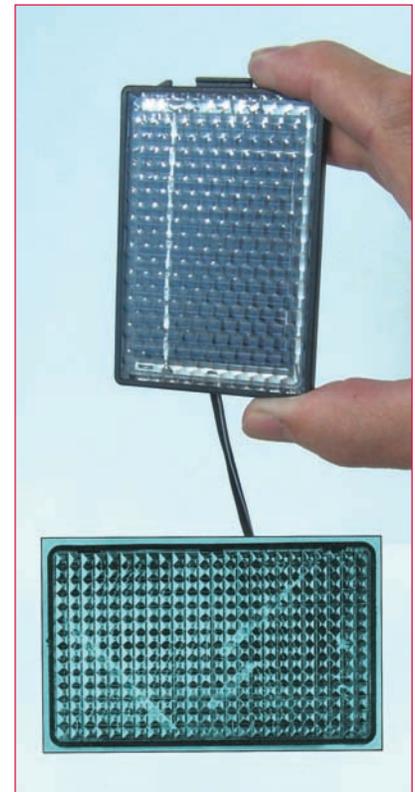


Abb. 2.18 – Gekapselte Solarzellen oder Minipaneele sind in verschiedenen Größen und mit verschiedenen Nennspannungen und Nennleistungen erhältlich.

2.8 Solarbetriebene Elektrowerkzeuge und Geräte

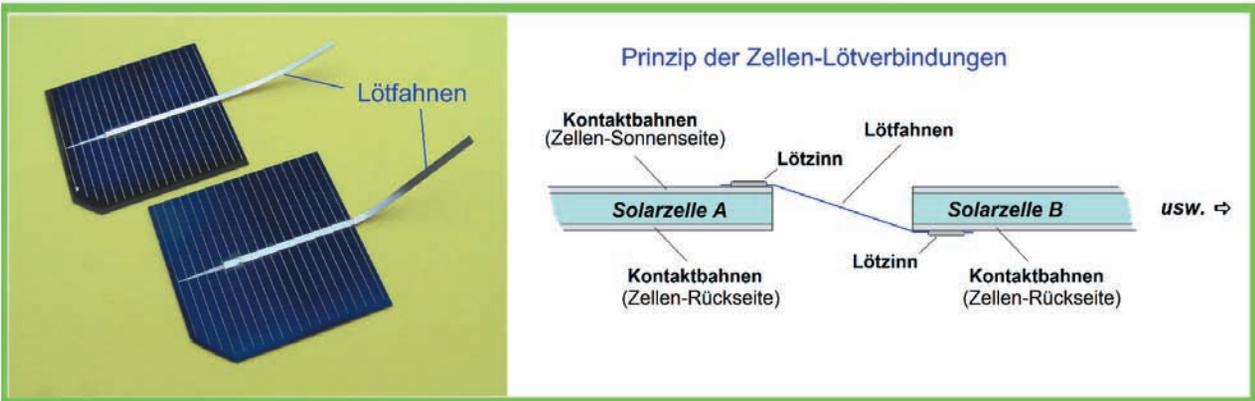
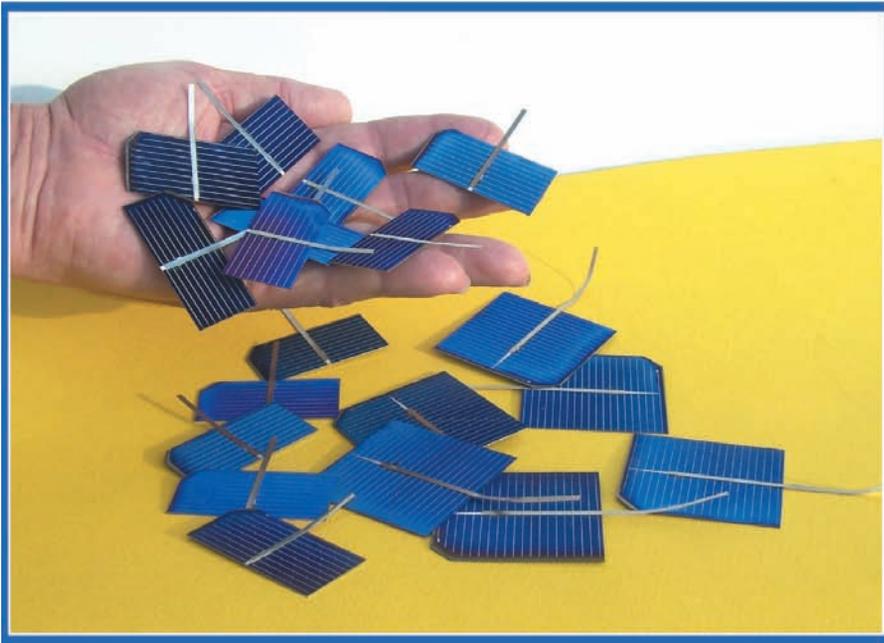


Abb. 2.19 – Kahle Solarzellen können z. B. für das Nachladen von kleineren Akkus oder Speicherkondensatoren auch unvergossen zu Mini-Solargeneratoren zusammengelötet werden.

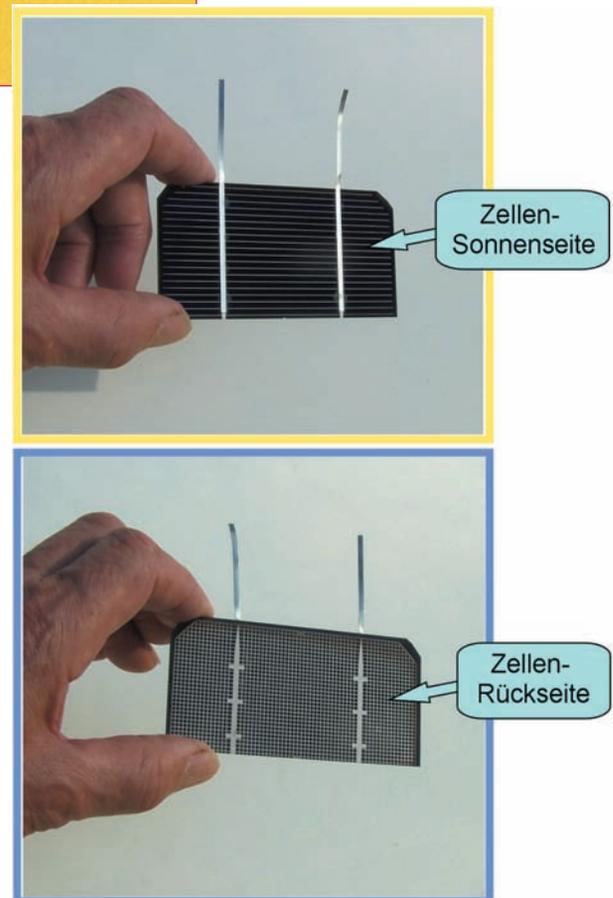
2.8 Solarbetriebene Elektrowerkzeuge und Geräte



Abb. 2.20 – Die gewünschte Solarspannung wird einfach durch die passende Anzahl der Zellen in der Kette, der benötigte Solarstrom durch die Größe der Zellen bestimmt.

den. Wenn solche kahlen Solarzellen stärker belastet werden, heizen sie sich jedoch zu sehr auf. Eine technisch günstigere Lösung ist es, solche Zellen an ihrer Rückseite wärmeleitend in Silikon (z. B. in transparentes Bau- oder Fugensilikon) einzubetten. Die „Sonnenseite“ der Zellen darf dabei jedoch nicht verschmiert werden. Da eine echte Gussmasse für die Zellen-sonnenseite im Einzelhandel nicht erhältlich ist, sollte diese Zellenseite einfach unvergossen bleiben. Ein durchsichtiger Schutz (Glas, Plexiglas o. Ä.) der Sonnenseite ist unter Umständen günstig, sollte jedoch die Zelle nicht luftdicht abschließen, da sie ansonsten im Freien mit Vorliebe beschlägt und lichtundurchlässig wird.

Abb. 2.21 – Ausführungsbeispiel der Zellenoberfläche, die bei herkömmlichen kristallinen Zellen an beiden Seiten mit leitenden verzinnnten Kupferbahnen versehen ist.



2.8 Solarbetriebene Elektrowerkzeuge und Geräte

Manche Kleingeräte, zu denen auch diverse Alarmgeber (Mini-Sirenen oder Piepser) gehören, werden als Einbruchschutz oder Warnung beim Campen nur sehr selten bzw. nur „unter Umständen“ beansprucht und benötigen keinen zu großen Energiespeicher. Zudem sind viele solcher Mini-Sirenen oder auch Sound-Module für eine breite Versorgungsspannung ausgelegt (z. B. von 2,5 bis 9 V). In solchen Fällen kann, anstelle eines Akkus, ein Speicherkondensator (Gold-Cap) nach *Abb. 2.22* verwendet werden. Zum Nach-

laden bzw. zur Aufrechterhaltung der gespeicherten elektrischen Energie genügen oft sehr kleine Solarzellen, die z. B. auch aus ausrangierten Solar-Taschenrechnern demontiert werden können.

Die Abstimmung einer Mini-Sirene bzw. eines *Piezo-Elektronik-Schallwandlers* auf die Kapazität des Kondensators (oder auch umgekehrt) muss allerdings „projektbezogen“ erfolgen. Bei unseren Experimenten zu diesem Buch reichte die gespeicherte Energie des auf 5 V aufgeladenen 1-F-/5,5-V-Gold-Caps für etwa

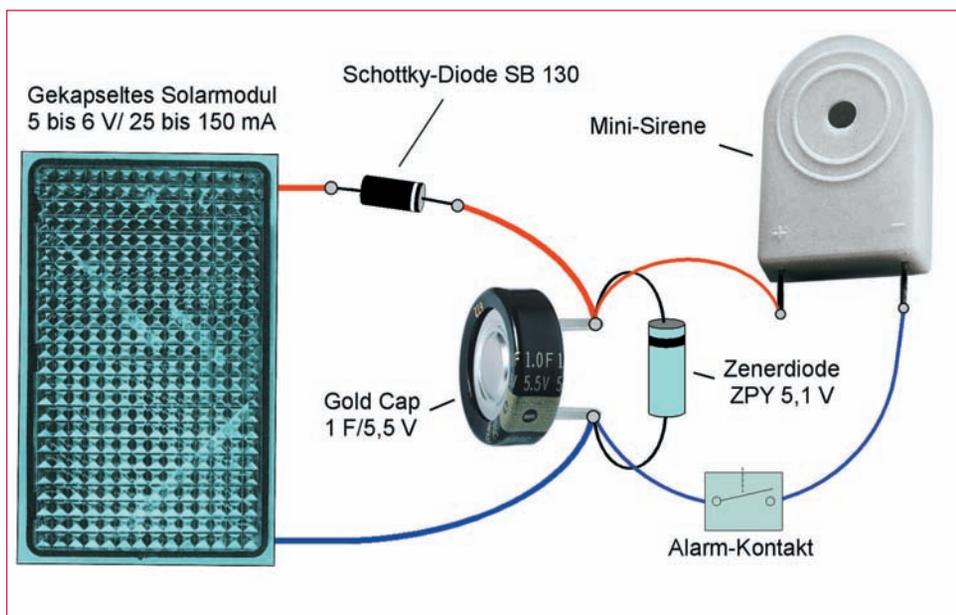


Abb. 2.22 – Als Energiespeicher für Mini-Alarmgeber eignen sich hervorragend kleine Gold-Caps, die als Speicherkondensatoren ausreichend viel Energie vorrätig halten, um z. B. eine Mini-Alarm-sirene mit Strom versorgen zu können: Die Speicherkapazität kann hier durch paralleles Verschalten zweier oder mehrerer dieser Gold-Caps erhöht werden.

2.8 Solarbetriebene Elektrowerkzeuge und Geräte

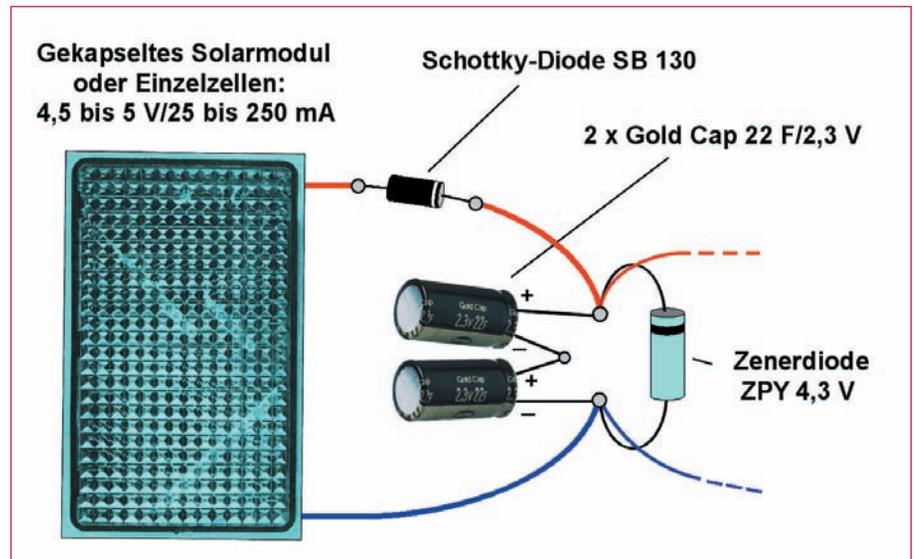
20 kurze Alarmsignale aus. Ein Voice-Modul (von Conrad Electronic) konnte mit einer Gold-Cap-Ladung den aufgenommenen Hilferuf bis zu 25 Mal über einen Lautsprecher wiederholen.

Die in *Abb. 2.22* eingezeichnete Zenerdiode schützt den Gold-Cap vor einer zu hohen Spannung, indem sie maximal eine Spannung durchlässt, die der Zenerspannung entspricht. Die eingezeichnete Schottkydiode schützt den Gold-Cap davor, sich über das Solarmodul

zu entladen – was automatisch passieren würde, sobald die Spannung des Solarmoduls niedriger wird als die Spannung, auf die der Gold-Cap aufgeladen ist.

Nach Bedarf kann die gespeicherte Spannung eines Gold-Cap-Speichers durch serielle Verschaltung von zwei Gold-Caps nach *Abb. 2.23* verdoppelt werden. Auch hier schützt die Zenerdiode das Gold-Cap-Duo vor gefährlicher Überspannung.

Abb. 2.23 – Zwei in Reihe geschaltete 22-F-/2,3-V-Gold-Caps ergeben einen Speicherkondensator von 11 F [Farad] und 4,6 V (die Kapazität halbiert sich, die gespeicherte Spannung verdoppelt sich).



Stichwortverzeichnis

A

Absorptionskühlschränke 50
Akku 25, 30
 Kapazität 23, 26, 69
 Nennspannung 39
 Spannung 25
 Werkzeuge 55
Akkuspannung 19
Amperemeter 25
Amperestunden (Ah) 118
Anlagenplanung 26
Antireflex-Schicht 87
Ausgangsleistung 40
Ausgangsspannung 40
Ausrichtung der Solarmodule 99
Autobatterie 32, 70

B

Batterie-Anschlussklemmen 31
Batterien 29, 31
Beleuchtung 52
Beschattungsempfindlichkeit 111
Bleiakku-Laderegler 24
Bleiakkus 32
Boote mit Solarantrieb 65
Boote und Yachten 82
Bordbatterie 74
Bordbatterien 29
Bypass-Dioden 111, 114

C

Caravan 74

D

DC (direct current) 12
Dimensionierung eines
 Solarmoduls 102

Direktbetrieb 22
Dünnschichtzellen 86

E

Eierkocher 78, 80
Eingangsspannung 40
elektrische Vakuum-Box 79
Elektrische Ventilatoren 47
elektrisches Heizkissen 27, 45
Elektrolyt 30
Elektrolyt-Spiegel 31
Elektrowerkzeuge 55
Elkos 56
Endphase des Ladens 25
Energiesparlampe 54
Energie-Zwischenspeicher 16
Entlade-Endspannung 19
Entlade-Schlussspannung 19

F

Fernseher 54
Festspannungsregler 55, 56
Flexible Solarmodule 97
flexibles Solarmodul 71
Fugensilikon 62
Funktionsweise eines elektrischen
 Generators 34

G

gekapselte Solarzellen 60
Geräte der
 Unterhaltungselektronik 54
Gleichrichter 39
Gleichstrom-Motorantriebe 65
Gleichstrommotoren 47, 65
Gussmasse 62

H

Heizen mit Solarstrom 68, 77
Heizkissen 45, 68
Heizlüfter 77
Höchstgrenzen der Ladespannung
 für NiCd- oder NiMH-Akkus 59

I

Infrarotlampe 77

K

Kaffeemaschinen 78
Kahle Solarzellen 61
Kapazität eines Akkus 23
Kenndaten 21
Kleine Windgeneratoren 39
Klemmen und Schalter 32
Klimaanlagen 51, 76
Kochen (oder Aufwärmen) mit
 Solarstrom 78
Kompressorkühlschränke 50
Kühlbox 23, 76
Kühlboxen 48
Kühlbox-Verbrauch 49
Kühlen mit Solarstrom 76
Kupferdraht Querschnitt 124

L

Lade-/Entladeverhalten 29
Laden eines Akkus 28
Laderegler 18, 24, 25, 38
Ladespannung 18, 26
Ladestrom 16, 25, 26, 115
Ladestrom-Abnahme 25
Ladeverhalten 32
Ladeverluste 23, 115
Langsamläufer 33

Stichwortverzeichnis

Leerlaufspannung 91
Leichtgewicht, flexible
 Solarmodule 10
leichtgewichtige Solarmodule 98
Leichtgewicht-Solarmodul 48
Leistung des Solarmoduls 16
Lichtmaschine 16, 20
Lüften mit Solarstrom 76

M

Mikrowellen-Anwendung 78
Minipaneele 60
Mini-Solarmodule 49
mobiler Windgenerator 50
Modul-Nennleistung 21
Modul-Nennstrom 21
monokristalline Zellen 87

N

Nachladen eines Bleiakkus 23
Negativschicht 86
Nennleistung 12, 21, 48, 91
Nennspannung 12, 21
Nennstrom 21, 91

P

paralleler Betrieb mehrerer
 Solarmodule 104
Piepser 63
Planungsbeispiele 115
polykristalline (multikristalline)
 Zellen 87
Positivschicht 86
Propeller-Windgenerator 33

Q

Qualität des Ladereglers 26

R

Receiver 54
Rechteckspannung 40
Reihenverschaltung 103
Reisemobil 74
Rotordurchmesser 37
Rückenkontaktzellen 96
Rutland-Windgenerator 36, 37

S

Savonius-Windgenerator 33
Scheibenkondensatoren 56
Schiffsmotoren 65
Schnelllade-Verfahren 24
Schnellläufer 33
Schottky-Diode 44, 108
Schottky-Dioden 109
Selbstentladung 29, 30
sinusförmige Spannung 41
Solar-Außenleuchten 52
Solarbatterien 30
solarelektrische Stromversorgung
 17, 23
Solar-Garagentorantriebe 20
Solarheizung 69
Solar-Katamaran 65
Solar-Kühlschrank 20, 50,
 76
Solar-Ladegerät 18
Solar-Laderegler 17
Solar-Ladespannung 27
Solar-Minipaneele 60

Solarmodul 10, 17, 21
 auf dem Auto- bzw.
 auf dem Caravan-Dach 74
 auf dem Reisemobil-Dach 75
 auf einem Segelboot 83
 Caravandach 75
 in Serie (Reihe) 106
Solarmodul-Wirkungsgrad 92
Solar-Produkte 20
Solarspannung 27
Solarstromleitungen 124
Solarzelle 10, 12, 13, 85
 im Schnitt 86
Solarzellen unterschiedlicher
 Größe 93
Solarzellen-Bruchstücke 13
Sonnenbestrahlung 16
Spannungsmessung 30
Spannungsregelung 56, 58
Spannungswandler 40
Speicher kondensator
 (Gold-Cap) 63
Springbrunnen-Pumpe 16, 22
Standard-Testbedingungen 90
Streuung der Zellenparameter 90

T

technische Parameter einer
 Batterie 31
Teilbeschattung 111
temperaturabhängige
 Veränderung der Zellenleistung
 100
Tiefentladeschutz 18, 19, 42
 Geräte 19

Stichwortverzeichnis

U

Umwandlungswirkungsgrad 92
Unterspannung 27

V

Ventilator 17, 27, 47, 54
Verbrauch der Akku-Kapazität
in Ah 45
Verlustleistung 57

W

Wasserfahrzeuge 66
Wasserkocher 17, 44
Wechselrichter 18, 40, 42, 55
Wirkungsgrad 40
Windenergie-Speicher 29
Windgenerator 33, 38, 84
Laderegler 39
Windgeschwindigkeit 36, 37, 39

Windrad 34
Typen 35
Wirkungsgrad 91

Z

Zellen-Lötverbindungen 61
Zellen-Nennstrom 91
Zenerdiode 56, 57, 59
zusätzliche Solarmodule 105
Zweitakku 20

Bo Hanus

FRANZIS
DO IT YOURSELF

IM HAUS BAND 13

Wie nutze ich **Solar- & Windenergie** in der Freizeit und im Hobby?

Dieses Buch informiert Sie über die praktischen Nutzungsmöglichkeiten der Solar- und Windenergie in der Freizeit und im Hobby. Es zeigt, wie Sie die notwendigen Installationsarbeiten selbst vornehmen und so Geld sparen können.

Sie finden hier eine Vielzahl praktischer Nutzungsmöglichkeiten der Solar- und Windenergie beim Campen, im Caravan, Wohnmobil oder auf dem Boot.

Aus dem Inhalt

- Welche Solarmodule sind die besten?
- Kleine Windgeneratoren im Selbstbau
- Solarstrom-Möglichkeiten beim Campen sowie in Caravan und Wohnmobil
- Kombination von Solarmodulen mit Windgeneratoren

Zum Autor

Bo Hanus zählt zu den erfahrensten Autoren von „Do-it-yourself“-Büchern. Mit seinen über 40 Ratgebern zu den verschiedensten Themen hat er wohl so manchem aus der sprichwörtlichen Patsche geholfen.

Den Schwerpunkt dieses Buchs bilden viele konkrete Anleitungen rund um die Nutzung von Photovoltaik und Windenergie als Ersatz für teure und schwere Batterien oder Ladestromquellen für Akkus aller Art.

Alle aufgeführten Anwendungsbeispiele werden leicht verständlich erklärt, sodass auch ein technisch unerfahrener „Einsteiger“ verblüfft sein dürfte, wie einfach die Planung und Installation einer Solar- oder Windanlage ist. Mit vielen Abbildungen und Zeichnungen zeigt Ihnen der Autor aus der Praxis, wie Sie selbst Hand anlegen und was bei der Planung zu beachten ist. Sie finden detaillierte Beschreibungen und Unterstützung bei allen auftretenden Fragen.

Leicht gemacht, Geld und Ärger gespart!

Besuchen Sie uns im Internet: www.franzis.de

EUR 14,95 [D]

ISBN 978-3-7723-4419-0



9 783772 344190