

Bo Hanus

Wie nutze ich Solarenergie in Haus und Garten?



Leicht gemacht, Geld und Ärger gespart!

- ▶ Alles was Sie über Solarzellen und Solarmodule wissen müssen
- ▶ Solaranlagen in Haus und Garten selbst planen und installieren
- ▶ Über 100 Bauanleitungen und Montagehinweise

Inhaltsverzeichnis

1	Die Sonnenenergie gewinnt an Kraft	9
1.1	Solarelektrische Systeme (Photovoltaik-Systeme)	10
1.2	Solarthermische Systeme	17
2	Photovoltaik (Solarelektrik)	19
2.1	Solarzellen statt Batterie?	24
2.2	Wie groß muss eine Solarzelle sein?	28
2.3	Sonnenlichtintensität und Solarleistung	32
2.4	Einfache Experimente mit Solarzellen	37
2.5	Wissenswertes über Solarmodule	41
2.6	Welches Solarmodul ist das richtige?	43
3	Welche Akkumulatoren eignen sich für die Solartechnik?	51
3.1	Wie rechnet man die benötigte Akkukapazität aus?	53
3.2	Akkumulatoren richtig laden	54
3.3	Kleine NiCd-, NiMH- und NiH-Akkus als Energiespeicher	57
3.4	Solarakkumulatoren oder Autobatterien?	63
3.5	Tiefentladeschutz	65
4	Bypass-Dioden in Solarmodulen	67
5	Standorte für die Solarmodule	71
6	Netzgekoppelte Photovoltaik-Anlagen	77
6.1	Der Wechselrichter	80

Inhaltsverzeichnis

7	Selbstversorgung mit Solarstrom	87
7.1	Funktioniert Ihre Anlage perfekt?	93
8	Solarstrom für kleinere Vorhaben	99
8.1	Solarbetriebene Pumpen und Motoren	100
8.2	Solarspringbrunnen und Wasserfälle im Garten	102
8.3	Solarbelüftung des Gartenweiheres	104
8.4	Gartenbrunnen mit Solarpumpe	105
8.5	Markisen und Jalousien mit Solarantrieb	106
8.6	Garagen- und Hoftor mit Solarantrieb	107
8.7	Heizen mit Solarstrom	110
8.8	Lüften und Kühlen mit Solarstrom	113
8.9	Beleuchten mit Solarstrom	114
8.10	Eine Sonnenuhr anderer Art	119
8.11	Solarstrom an der Gartentür	120
8.12	Solarstromversorgung von Kleingeräten	121
9	Solarthermische Systeme	123
	Stichwortverzeichnis	127

1 Die Sonnenenergie gewinnt an Kraft

In den letzten Jahren gewinnt die Sonne spürbar an Kraft und während so mancher sonnenreichen Periode empfinden wir das Überangebot an Hitze sogar als „zu viel des Guten“. Dies gilt jedoch nicht in Bezug auf die Möglichkeiten der technischen Nutzung der „Sonnenspenden“.

Zu den altbekannten Vorrichtungen, die eine zusätzliche Nutzung der Sonnenenergie ermöglichen, gehören Gewächshäuser, Frühbeete und Wintergärten. Zu den moderneren gehören Solaranlagen, die sich hinsichtlich der Art der Energienutzung in zwei unterschiedliche Systeme teilen: in **solarelektrische** und in **solarthermische** Systeme bzw. Anlagen.

1.1 Solarelektrische Systeme (Photovoltaik-Systeme)

Photovoltaik-Systeme nutzen nicht die Sonnenwärme als solche, sondern die Energie der Photonen der Sonnenstrahlen. Diese bombardieren Solarzellen, die das Licht in elektrischen Strom umwandeln.

Eine kristalline Solarzelle nach Abb. 1.1 wandelt die Sonnenenergie bzw. beliebige Lichtstrahlen auf folgende Weise um: Wenn ihre Fläche von Photonen bombardiert wird, setzen sich in ihrer oberen Negativschicht sowie auch in ihrer unteren Positivschicht sogenannte *Ladungsträger* frei, geraten in das mittlere elektrische Feld und an ihren zwei äußeren Oberflächen (an der „Sonnenseite“ und an der Rückseite der Zelle) entsteht elektrisches Potenzial (elektrische Spannung). Eine belichtete Solarzelle funktioniert ähnlich wie eine Batterie (Abb. 1.2), allerdings nur in direkter Abhängigkeit von der jeweiligen Belichtung:

viel Licht =	hohe Spannung, hoher Strom
weniger Licht =	niedrigere Spannung, niedrigerer Strom
kein Licht =	keine Spannung und kein Strom.

Wird ein Verbraucher von einer Solarzelle oder von einem *Solarzel-*

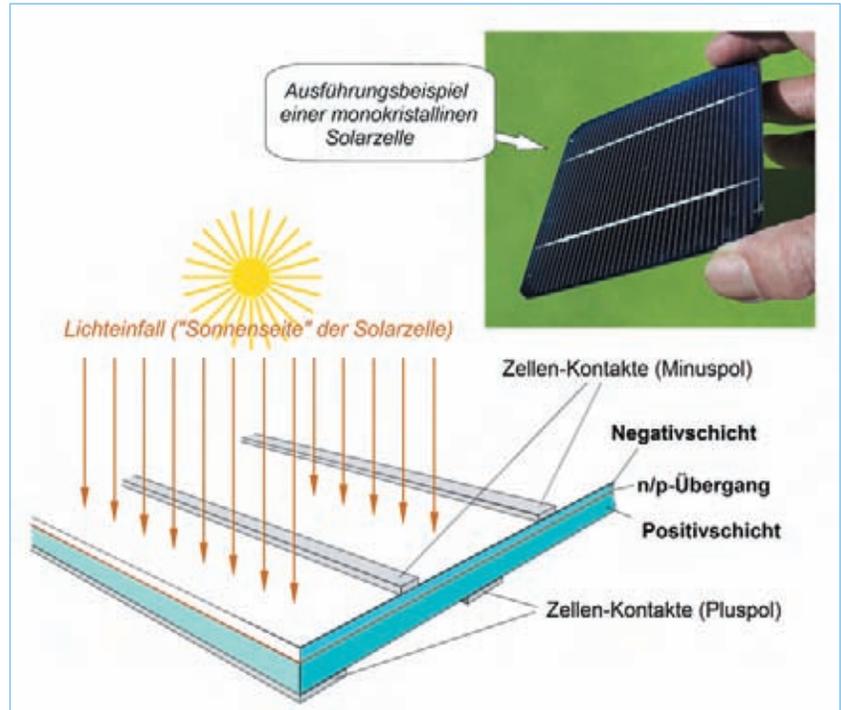


Abb. 1.1 – Eine kristalline Solarzelle im Schnitt.

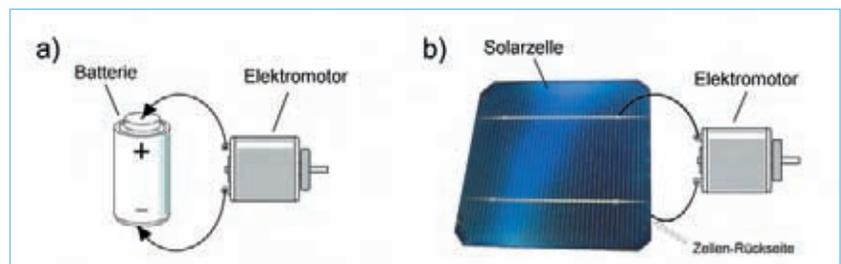


Abb. 1.2 – Eine belichtete Solarzelle funktioniert ähnlich wie eine Batterie. Die von ihr gelieferte elektrische Spannung (und Leistung) ist jedoch nicht konstant, sondern hängt von der Intensität der momentanen Belichtung der Zellenfläche ab.

1.1 Solarelektrische Systeme (Photovoltaik-Systeme)

lenmodul (Solarmodul) direkt mit Strom versorgt, hängt die Leistung des Verbrauchers von der Belichtung (und somit von der Leistung) des Solarmoduls ab. Wie sich dabei eine derartig wetterabhängige Stromversorgung z. B. auf die Leistung einer Springbrunnenpumpe auswirkt, zeigt *Abb. 1.3*.

Das Solarzellenmodul (Solarmodul) ist erklärungsbedürftig: Wir wissen, dass sowohl die meisten Taschenlampen als auch die meisten batteriebetriebenen Geräte mehrere Batterien (Batterieglieder) benötigen, da ein einziges Batterieglied nur eine bescheidene Spannung von z. B. 1,5 Volt (bei einer Einwegbatterie) liefern kann.

Benötigt eine Taschenlampe oder ein elektronisches Gerät eine höhere Spannung (von z. B. 4,5 Volt), müssen drei Batterieglieder nach *Abb. 1.4 links* in Reihe geschaltet werden, um diese Spannung aufbringen zu können: Die Spannungen der einzelnen Batterieglieder addieren sich. Dasselbe gilt für die Spannungen einzelner Solarzellen. Allerdings mit dem Unterschied, dass bei den Solarzellen die maximale Zellenspannung physikalisch bedingt nur ca. 0,46 bis 0,48 Volt pro Zelle (bei optimaler Belichtung) beträgt. Das sieht auf den ersten Blick nach ziemlich wenig aus, aber die relativ niedrige Zellen-Nennspannung wiegt wiederum der relativ hohe Zellen-Nennstrom von über 3 Ampere pro dm^2 Zellenfläche auf (darauf kommen wir später noch zurück).

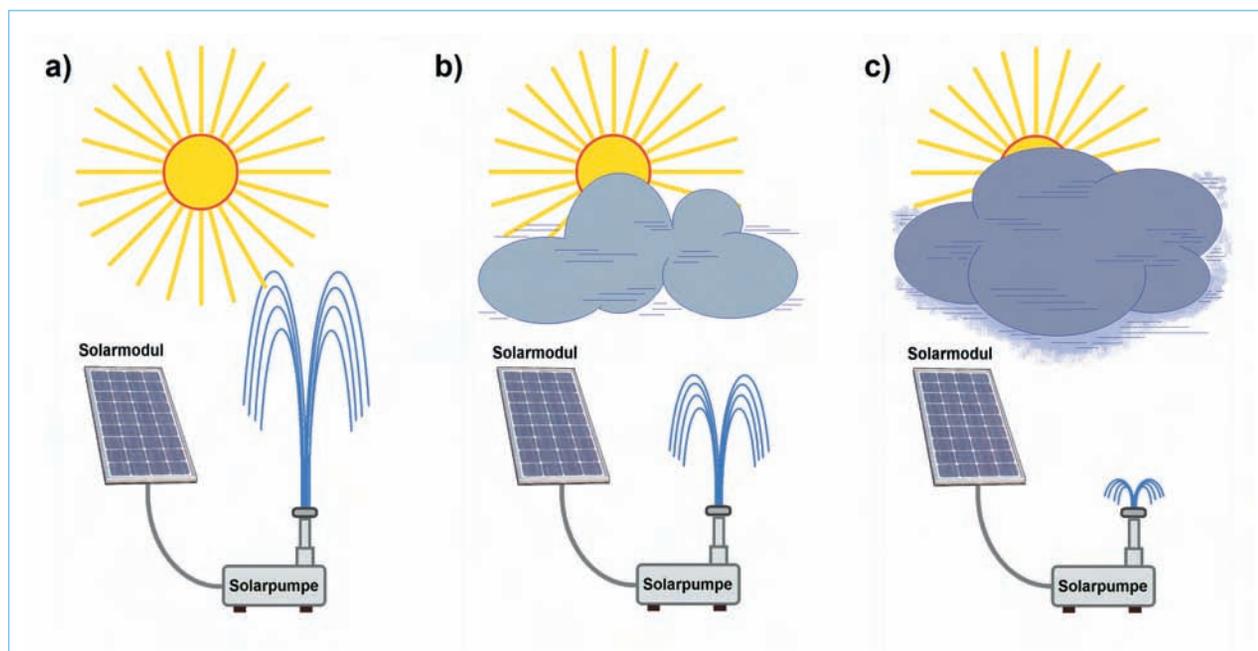
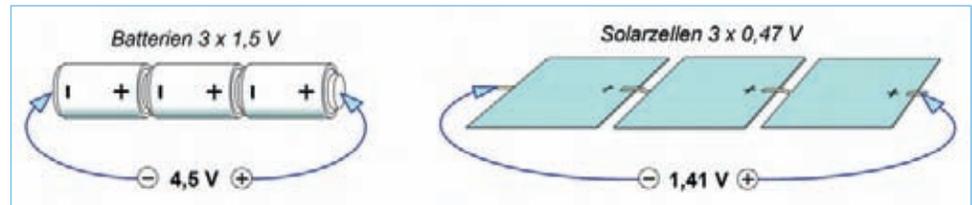


Abb. 1.3 – Wird eine Solar-Springbrunnenpumpe von einem Solarmodul direkt betrieben, hängt ihre Leistung von der Belichtung des Moduls ab.

1.1 Solarelektrische Systeme (Photovoltaik-Systeme)

Abb. 1.4 – Die Spannungen einzelner Batterien- oder Solarzellen, die in Reihe geschaltet sind, addieren sich.



Wichtige technische Daten eines Solarmoduls
(Beispiel):

Max. Leistung:	57,1 Watt [Wp]
Nennspannung:	17,3 Volt [V]
Leerlaufspannung:	21,5 Volt [V]
Nennstrom:	3,3 Ampere [A]

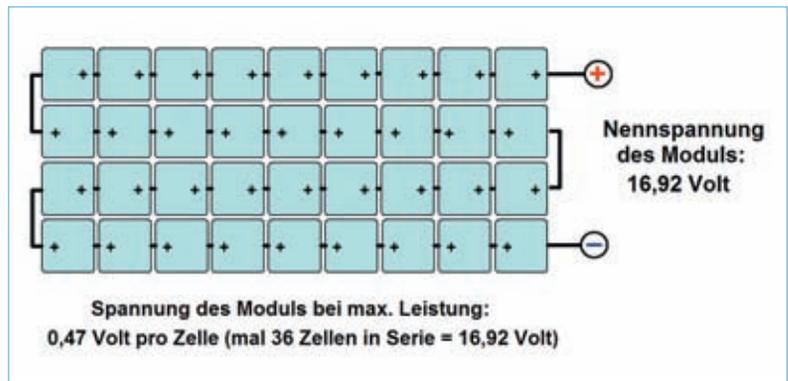


Abb. 1.5 – Um eine erforderlich hohe Solarspannung zu erhalten, werden längere Zellenreihen zu einer Kette zusammengelötet und zu einem Solarmodul zusammengebaut.

Um eine ausreichend hohe Solarspannung zu erhalten, werden längere Solarzellenreihen zu einer Kette nach *Abb. 1.5* zusammengelötet, anschließend unter einer Glasscheibe eingerahmt und mit einer speziellen lichtdurchlässigen Gussmasse eingegossen. Je nach Anzahl und Größe der angewendeten Solarzellen entstehen auf diese Weise Solarmodule unterschiedlicher Größe und Form nach *Abb. 1.6*.

Von einem Solarmodul – oder einigen zusammengelöteten Solarzellen – können wir den elektrischen Strom ähnlich wie aus einer Batterie beziehen. Allerdings nur dann, wenn – und so lange – das Solarmodul ausreichend von der Sonne bestrahlt bzw. künstlich beleuchtet wird. Für Anwendungen in Haus und Garten gibt es zwei Möglichkeiten der Solarstromnutzung, die *Abb. 1.7* zeigt.

Abb. 1.6 – Solarmodule sind in verschiedensten Größen und Ausführungen erhältlich.

1.1 Solarelektrische Systeme (Photovoltaik-Systeme)

Eine Lösung nach *Abb. 1.7 a* kommt nur für die Stromversorgung elektrischer Verbraucher in Frage, bei denen wir in Kauf nehmen, dass sie nur wetterbedingt arbeiten oder bei denen es sogar willkommen ist, dass sie nur dann arbeiten, wenn die Sonne scheint. Als Bei-

spiel kann hier z. B. ein Solarventilator dienen, der zum Lüften eines kleinen Gewächshauses nach *Abb. 1.8* verwendet wird: Er kann direkt an ein kleines Solarmodul angeschlossen werden und nur dann lüften, wenn die Sonne scheint – was in der Praxis ausreicht.

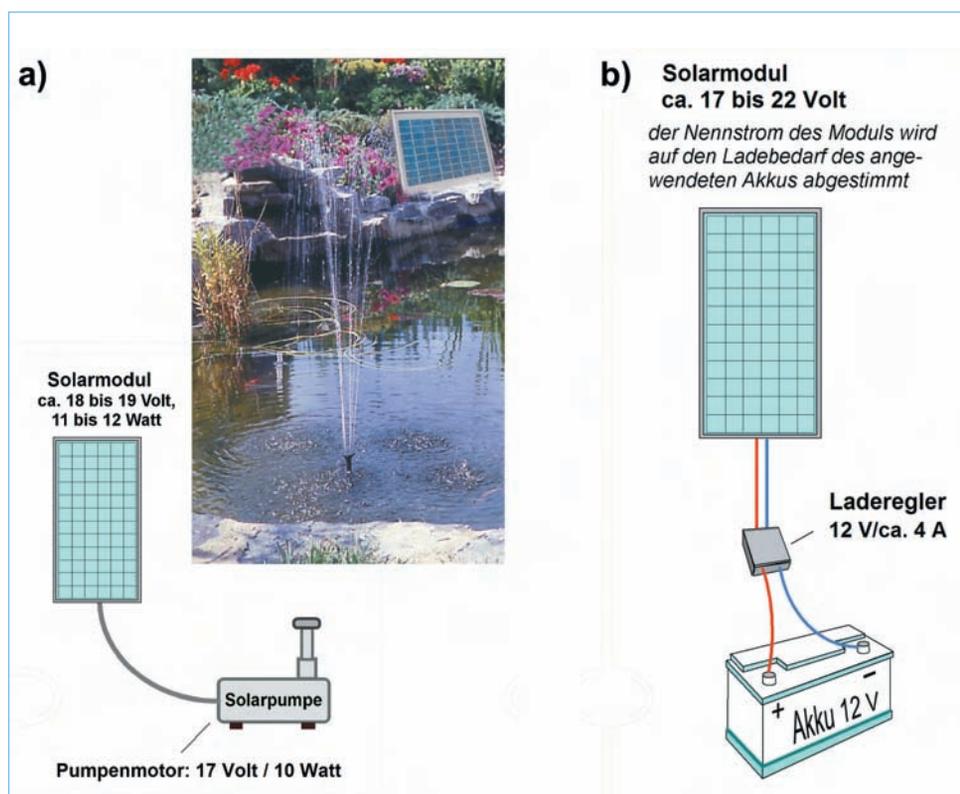


Abb. 1.7 – Für Anwendungen in Haus und Garten gibt es zwei Möglichkeiten der Solarstromnutzung: **a)** Bei einem Direktantrieb wird der elektrische „Verbraucher“ (in diesem Beispiel eine Springbrunnenpumpe) direkt an das Solarmodul angeschlossen und man gibt sich damit zufrieden, dass die Pumpe nur dann läuft, wenn die Sonne scheint. **b)** Möchte man Solarenergie speichern, fungiert das Solarmodul nur als eine Energiequelle, die über einen kleinen Laderegler den Ladestrom für die Batterie liefert.

1.1 Solarelektrische Systeme (Photovoltaik-Systeme)

Mithilfe eines zusätzlichen Akkus kann die Solarspannung nach *Abb. 1.7b* gespeichert und danach jederzeit auf Abruf für die Stromversorgung der Beleuchtung und beliebiger anderer Elektrogeräte und elektrischen Vorrichtungen bezogen werden. Von der Kapazität des Akkus hängt dann die Energiereserve ab. Die Leistung des Solarmoduls wird so gewählt, dass das Nach-

laden des Akkus kräftig genug ist, um die vom Akku bezogene Energie mit Solarstrom nachfüllen zu können.

Dies gilt auch für eine kompaktere Photovoltaik-Anlage, deren Solarmodul – oder auch mehrere Solarmodule – auf dem Dach des mit Solarstrom versorgten Objekts (Ferienhaus, Gartenlaube, Gartenpavillon u. Ä.) installiert sind. Eine

solche Anlage ist ebenfalls nach dem Prinzip aus *Abb. 1.7b* ausgelegt. Größe und Anzahl der Solarmodule sowie die Größe (Kapazität) der angewendeten Solarbatterie richten sich dann einfach nach dem Energiebedarf, der sich aus der Summe und aus den Betriebszeiten der vorgesehenen elektrischen Verbraucher ergibt. Grenzen setzt hier nur der wetterbedingt erzielbare Einklang zwischen dem Stromverbrauch, der Größe des Energiespeichers (der Batterie) und der Leistung der Solarmodule. Dies gilt allerdings nur für Photovoltaik-Anlagen, die als netzunabhängige Systeme für die Stromversorgung in Haus und Garten zuständig sind.

Die meisten der Photovoltaik-Dachanlagen an Wohnhäusern werden jedoch nicht für die eigene Stromversorgung genutzt. Der erzeugte Solarstrom wird vollständig in das öffentliche elektrische Netz nach *Abb. 1.10* eingespeist und von dem Netzbetreiber vergütet.

Im Vergleich mit der Anschaffung eines Gewächshauses oder Frühbeets ist bei den Solaranlagen das Preis-Leistungs-Verhältnis nicht mehr so leicht durchschaubar. Die Investition in eine Solaranlage soll-

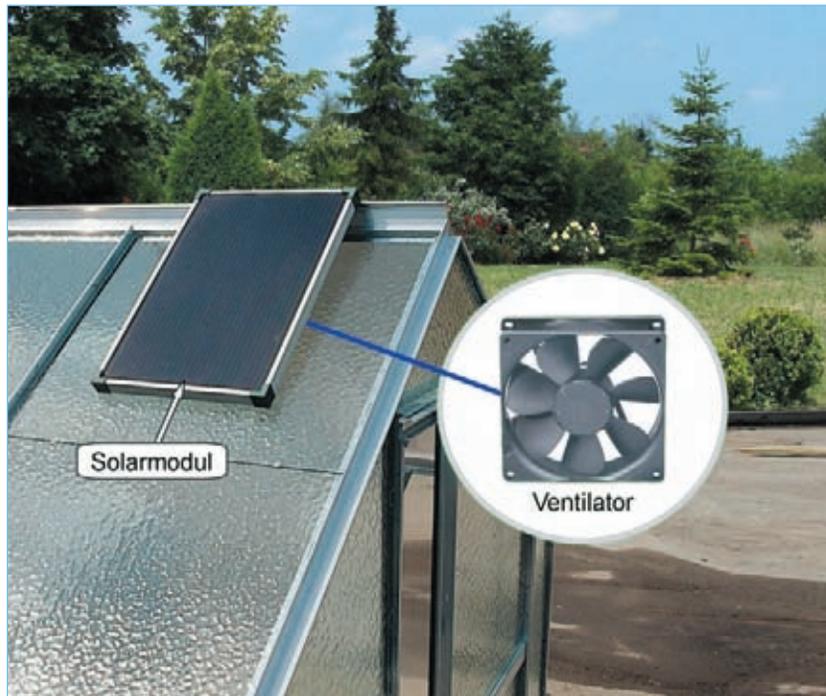


Abb. 1.8 – Der Solarventilator eines kleinen Gewächshauses kann direkt vom Solarmodul betrieben werden.

1.1 Solarelektrische Systeme (Photovoltaik-Systeme)

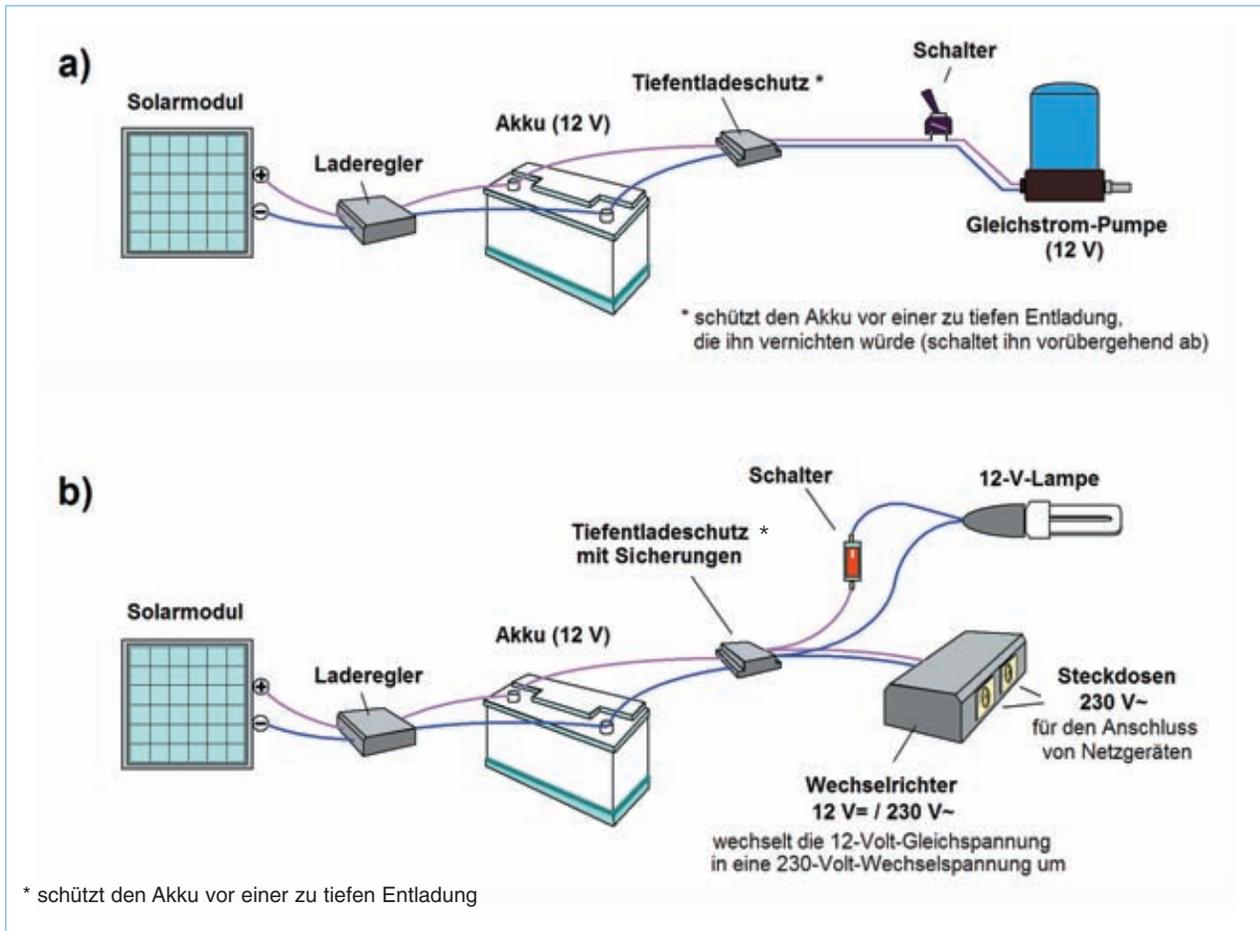


Abb. 1.9 – Ein Akku als Solarenergie-Zwischenspeicher: **a)** mit direkter Nutzung der 12-Volt-Spannung des angewendeten Akkus; **b)** wahlweise mit direkter Nutzung der Akkuspannung und einer „Netzspannung“, die über einen Wechselrichter bezogen wird.

1.1 Solarelektrische Systeme (Photovoltaik-Systeme)

te daher gut durchdacht, durchgerechnet und individuell geplant werden. Eine Solaranlage sollte nicht wie ein neuer Kühlschrank gekauft werden, bei dem man vor allem darauf achtet, ob er in die vorgesehene Nische in der Küche passt.

Gute Vorkenntnisse auf dem Gebiet der Solartechnik sind in dem Fall wichtig – sowohl für eine optimale Planung als auch für eventuellen Selbstbau bzw. Selbstbau-Anteil. Wissen kann Ihnen hier viel Geld und Ärger sparen. Das gilt sowohl für solarelektrische (photovoltaische) als auch für solarthermische Systeme.

Mehr zu diesem Thema erfahren Sie aus dem Buch: „Solar-Dachanlagen selbst planen und installieren“ von Bo Hanus (ISBN 978-3-7723-4146-5)

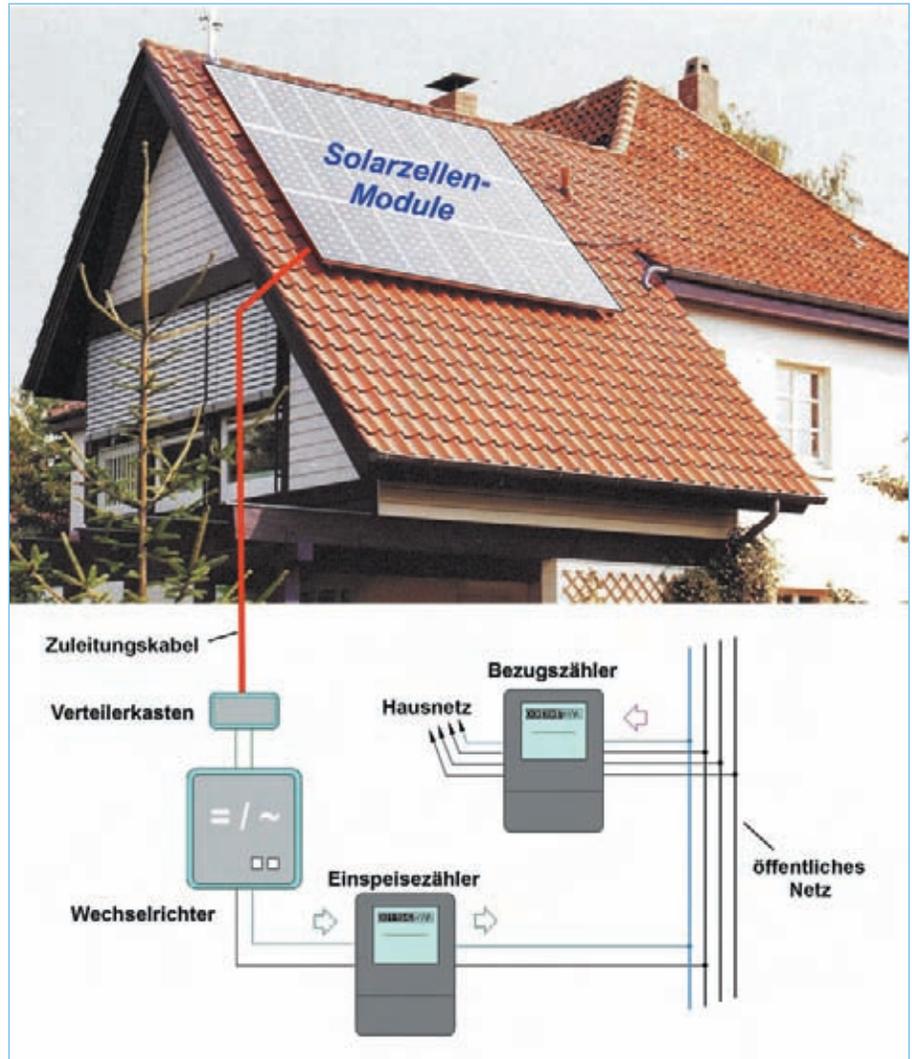


Abb. 1.10 – Prinzip einer netzgekoppelten Photovoltaik-Dachanlage.

1.2 Solarthermische Systeme

Solarthermische Systeme nutzen die Sonnenwärme zum direkten Aufwärmen von Luft, Wasser oder anderen Flüssigkeiten und Gasen. Im Grunde genommen fallen auch ein Gewächshaus oder ein Frühbeet in die Kategorie der *solarthermischen Systeme*, in denen die Luft von der Sonne aufgewärmt bzw. warm gehalten wird.

Moderne solarthermische Systeme machen sich meist spezielle Solarkollektoren zunutze, in denen Wasser oder eine andere Flüssigkeit (teilweise auch Gas) als sogenanntes *Wärmeträgermedium* fungiert.

Um z. B. das Badewasser in einem kleinen Gartenpool nach *Abb. 1.11* aufzuwärmen, ist kein zusätzliches Wärmeträgermedium erforderlich, da durch den Kollektor

(bzw. durch mehrere verbundene Kollektoren) nur das Pool-Wasser zirkuliert. Für die Zirkulation ist eine kleine Pumpe zuständig, die wahlweise als Solarpumpe (wie eingezeichnet) oder auch als eine 230-Volt-Pumpe zu diesem Zweck verwendet wird.

Für das Aufwärmen des Wassers in einem Warmwasserspeicher (*Abb. 1.12*) ist dagegen ein separater *Wärmeträger-Kreislauf* erforderlich, bei dem das im Dachkollektor aufgewärmte „Heizwasser“ (mit einer Beimischung von Frostschutzmittel) nur eine zweite Heizspirale (einen zweiten *Wärmetauscher*) im Warmwasserspeicher aufheizt.

Bei der thermischen Nutzung der Solarenergie wird in den meisten Fällen eine Flüssigkeit oder ein

Gas in Dachkollektoren mit der Sonnenwärme aufgeheizt und entweder als warmes Wasser direkt benutzt oder nur als Wärmeträger zum Aufwärmen von Wasser im Warmwasserspeicher eingesetzt (*Abb. 1.12/1.13*).

Solarthermische Systeme haben den Vorteil, dass sie unter optimalen Bedingungen einen viel höheren Wirkungsgrad aufweisen als photovoltaische Systeme. Dagegen haben sie den Nachteil, dass sie echte Sonnenwärme benötigen und dass die Installation (durch die Wasserleitungen) umständlicher ist als bei der Photovoltaik. Beide Systeme werden oft miteinander kombiniert. Auf dem Hausdach werden dann Solarmodule wie auch solarthermische Kollektoren angebracht. Soweit zu einer einleitenden Vorinformation. Nun sehen wir uns das Ganze näher an.



Abb. 1.11 – Das Aufwärmen des Wassers im Gartenpool kann an einem sonnigen Tag mithilfe zusätzlicher Solarkollektoren erfolgen: Eine kleine solarbetriebene Elektropumpe ist für die Zirkulation des Wassers zuständig, das in den Kollektoren aufgewärmt wird (für solche Vorhaben sind spezielle Leichtgewicht-Solarkollektoren erhältlich).

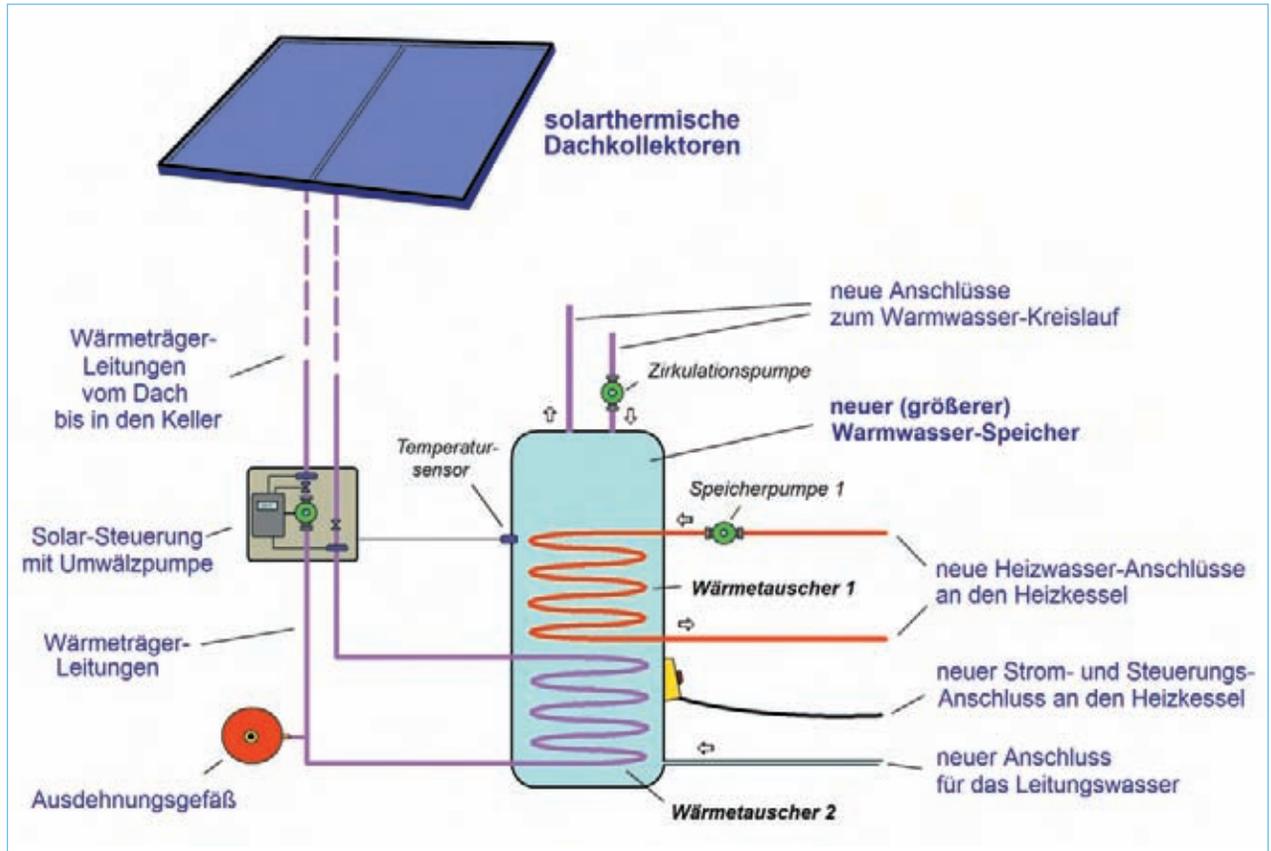


Abb. 1.12 – Funktionsweise einer solarthermischen Anlage zum Aufwärmen des Wassers im Warmwasserspeicher: Wird eine solche Anlage in einem Haus nachträglich errichtet, sind – wie hier aus der Beschriftung einzelner Komponenten hervorgeht – kostspielige zusätzliche Komponenten und relativ aufwendige Änderungen erforderlich.



Abb. 1.13 – Bei den meisten solarthermischen Anlagen wärmt die Sonne im Dachkollektor ein *Wärmeträger-medium* auf, das mithilfe isolierter Rohrleitungen in eine zusätzliche Heizspirale in den Warmwasserbehälter geleitet wird. Dort wird die gespeicherte Wärme an das Wasser abgegeben und dieses somit aufgewärmt.

3 Welche Akkumulatoren eignen sich für die Solartechnik?

Gliedes. Werden jedoch mehrere Akkus als einzelne Glieder zu einer Einheit zusammengesetzt, bezeichnet man sie ebenfalls als *Batterie*. So besteht z. B. eine 12-Volt-Autobatterie aus sechs Bleiakkugliedern à 2 Volt, die miteinander in Reihe zu einer *Batterie* verbunden und in einem gemeinsamen Gehäuse untergebracht werden.

In der Praxis kann allerdings nur ein Brancheninsider beurteilen, ob ein „wiederaufladbarer“ Energiespeicher nur aus einem oder aus mehreren Einzelgliedern besteht. Daher werden alle aufladbaren Energiespeicher wahlweise entweder als *Batterien* oder als *Akkus* bezeichnet. Wir sprechen von einer *Autobatterie*, die sechs Akkuglieder beinhaltet, aber den 12-Volt-Akkuschrauber bezeichnen wir nicht als *Batterieschrauber* – obwohl er seine Energie ebenfalls von einer *Batterie* mit zehn Akkugliedern à 1,2 Volt bezieht. Die unterschiedliche Bezeichnung hat hier also nur etwas mit Gewohnheit zu tun.

In der Solartechnik (Photovoltaik) wird für die „Energiespeicher“ sowohl die Bezeichnung *Solarakkus* als auch *Solarbatterien* für dieselben Produkte angewendet. Dagegen ist nichts einzuwenden. Falsch wäre nur, wenn man einen einzigen wiederaufladbaren Akku als *Batterie* bezeichnen würde. Möchte man wiederum in einem aufklärenden Text oder in einer Zeichnung hervorheben, dass es sich bei einem beschriebenen Energiespeicher nicht um eine „Wegwerfbatterie“, sondern um eine „wiederaufladbare Batterie“ handelt, bevorzugt man die Bezeichnung *Akku*, denn sie steht eindeutig für einen „wiederaufladbaren Energiespeicher“.

Es gibt eine enorme Menge von Akkumulatoren, die nach allen nur denkbaren Merkmalen katalogisiert werden könnten. Gängig ist hier:

- Für kleinere Leistungen sind NiCd-Akkus geeignet, die z. B. auch in Akkuwerkzeugen eingesetzt wer-

den. Infrage kämen hier auch umweltfreundlichere NiMH(Nickel-Metallhydrid)- und NiH(Nickel-Hydrid)-Akkus, die frei von Giftstoffen sind und einige weitere Vorteile haben, auf die wir noch zurückkommen. Die meisten dieser Akkus haben eine Spannung von 1,2 Volt pro Glied und eine Kapazität von max. 4,5 Ah.

- Für größere Leistungen eignen sich bevorzugt echte Solarakkus oder auch normale Auto- oder Rollstuhlbatterien und andere ähnliche Energiespeicher, die überwiegend als Bleiakkumulatoren nach *Abb. 3.1* konzipiert sind.

Bleiakkumulatoren haben in der Regel eine Spannung von 2 Volt pro Glied und sind als kompakte 6- oder 12-Volt-Einheiten bis zu einer Kapazität von einigen hundert Amperestunden erhältlich.



Abb. 3.1 – Als Energiespeicher eignen sich in der Photovoltaik alle Bleiakkumulatoren, die wahlweise in Form von Auto-, Solar-, Rollstuhlbatterien usw. erhältlich sind und meist eine Nennspannung von 6 oder 12 Volt haben (Foto/Anbieter: Conrad Electronic und Westfalia).

3.1 Wie rechnet man die benötigte Akkukapazität aus?

Bei der Kapazität in Ah (Amperestunden) handelt es sich nur um den energetischen Inhalt eines Behälters, in dem der Vorrat – im Gegensatz zu einem Weinfass nach *Abb. 3.2* – nicht in Litern, sondern in Amperestunden angegeben ist.

Nehmen wir als Beispiel den Akku eines kleinen Akkuschraubers, der eine Kapazität von 1,2 Ah hat. Er kann einen Motor, der einen Stromverbrauch von 1 A hat, theoretisch 1,2 Stunden lang mit Energie versorgen. Danach ist er leer. Falls der Motor einen doppelt so hohen Stromverbrauch (von 2 A) hat, reicht die Akkukapazität nur für 0,6 Stunden aus. Wie schon die eigentliche Bezeichnung **Ah** andeutet, handelt es sich hier immer um **Ampere mal Stunden**.

Ein anderes Beispiel: Die Autobatterie hat eine Kapazität von 60 Ah. Sie kann uns demnach entweder

60 Stunden lang 1 A,
30 Stunden lang 2 A oder
10 Stunden lang 6 A liefern usw.

So genau klappt es mit einer solchen Berechnung in der Praxis aus mehreren Gründen nicht. Schließlich schaltet auch der Tiefentladeschutz die Batterie oft etwas früher ab, als sie eventuell verkräften würde usw. Etwas Reserve bei der Batteriekapazität sollte daher immer einkalkuliert werden.

Bei der Planung einer Solarversorgung gehen wir von dem Energiebedarf des Verbrauchers bzw.

mehrerer Verbraucher und ihrer Betriebsdauer aus. Das ist nicht schwierig. Wir müssen nur notieren, welcher Stromverbrauch pro Verbraucher benötigt wird und wie viele Stunden pro Tag oder pro Woche der Verbraucher mit der Energie versorgt werden soll. Der Problemschwerpunkt liegt hier eher in der guten Einschätzung, als beim Rechnen. An konkreten Beispielen wird es in diesem Buch nicht fehlen.

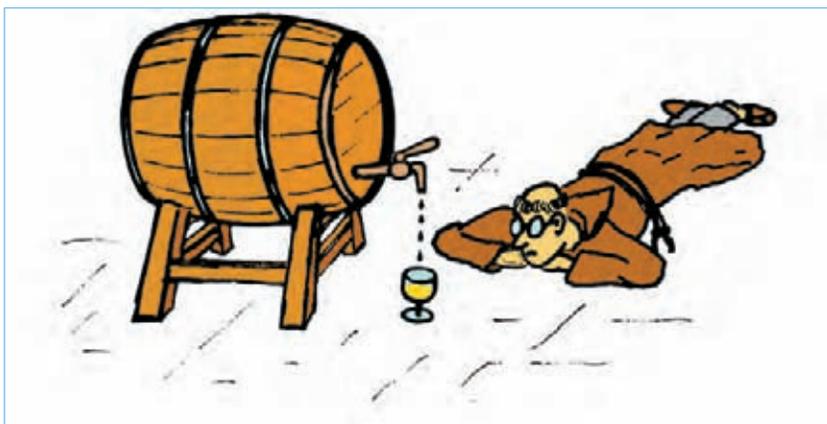


Abb. 3.2 – Mit der Kapazität einer Batterie ist es ähnlich, wie mit der eines Weinfasses: Die Größe bestimmt den maximalen Inhalt und es kommt nur darauf an, wie weit und wie oft jeweils der Hahn aufgedreht wird.

3.2 Akkumulatoren richtig laden

Die Lebensdauer eines Akkus hängt u. a. vom richtigen Laden ab. Beim Laden der Akkus von Solarzellen liegt das Hauptproblem darin, dass die Solarzellen weder eine konstante Spannung noch einen konstanten Strom liefern.

Aus diesem Grund wird zwischen das Solarmodul und den Akku ein Laderegler (Abb. 3.3) geschaltet, der dafür sorgt, dass der Akku möglichst optimal geladen wird.

Im Handel gibt es eine enorme Auswahl an Laderegler in verschiedenen Preisklassen und Leistungen. Wichtig ist, dass der angewendete Laderegler für einen Ladestrom ausgelegt ist, der **nicht unterhalb** des Nennstroms des vorgesehenen Solarmoduls liegt. Für einen höheren Ladestrom darf er natürlich ausgelegt sein.

Man könnte viel darüber schreiben, was ein Laderegler alles machen kann oder sollte und wie gut es einer Batterie tut, wenn sie mit einem „superintelligenten“ Laderegler geladen wird. In der Praxis kann jedoch auch ein Laderegler gehobener Preisklasse meist nur in

der Endphase des Ladens das Aufladen optimal steuern – vorausgesetzt, dass er oft genug in den Genuss kommt, die Batterie „randvoll“ (auf volle Kapazität und auf eine Spannung von ca. 14 Volt) aufladen zu können.

Soweit ein „intelligenter“ Laderegler an einer konstanten Spannung angeschlossen ist, kann er sich ziemlich genau an ein vorgegebenes Programm halten. Ein Laderegler, der mit Energie aus Solarzellen versorgt wird, kann dagegen immer nur mit der Spannung und mit dem Strom arbeiten, die ihm gerade zur Verfügung stehen. Einen zu hohen Strom oder eine zu hohe Spannung kann er zwar nach unten reduzieren, in umgekehrter Richtung ist er aber meist hilflos. Es gibt zwar Spezialgeräte, die eine unbrauchbar niedrige Solarspannung auf ein brauchbares Niveau erhöhen (auf Kosten eines niedrigeren Solarstroms), aber die sind für kleinere Anlagen zu teuer.

Nur während etwa 4 bis 6 % der jährlichen Betriebsstunden bekommt eine Solaranlage so viel

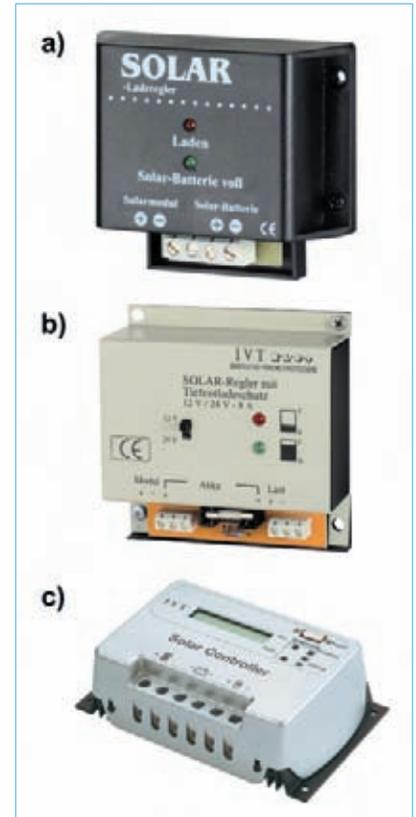
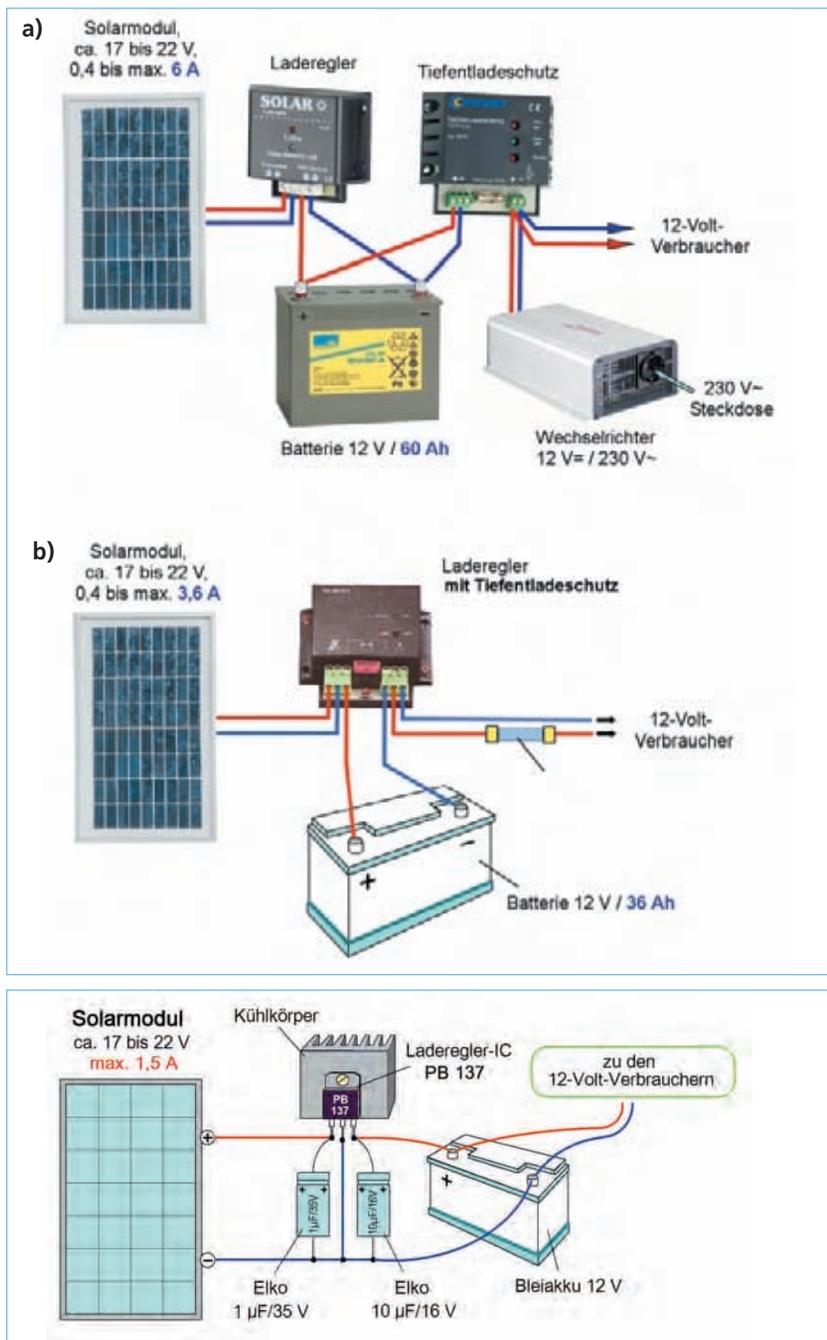


Abb. 3.3 – Ausführungen einiger handelsüblicher Laderegler: a) Laderegler ohne Tiefentladeschutz; b)/c) Laderegler mit integriertem Tiefentladeschutz (Fotos/Anbieter: Conrad Electronic und Westfalia).

3.2 Akkumulatoren richtig laden

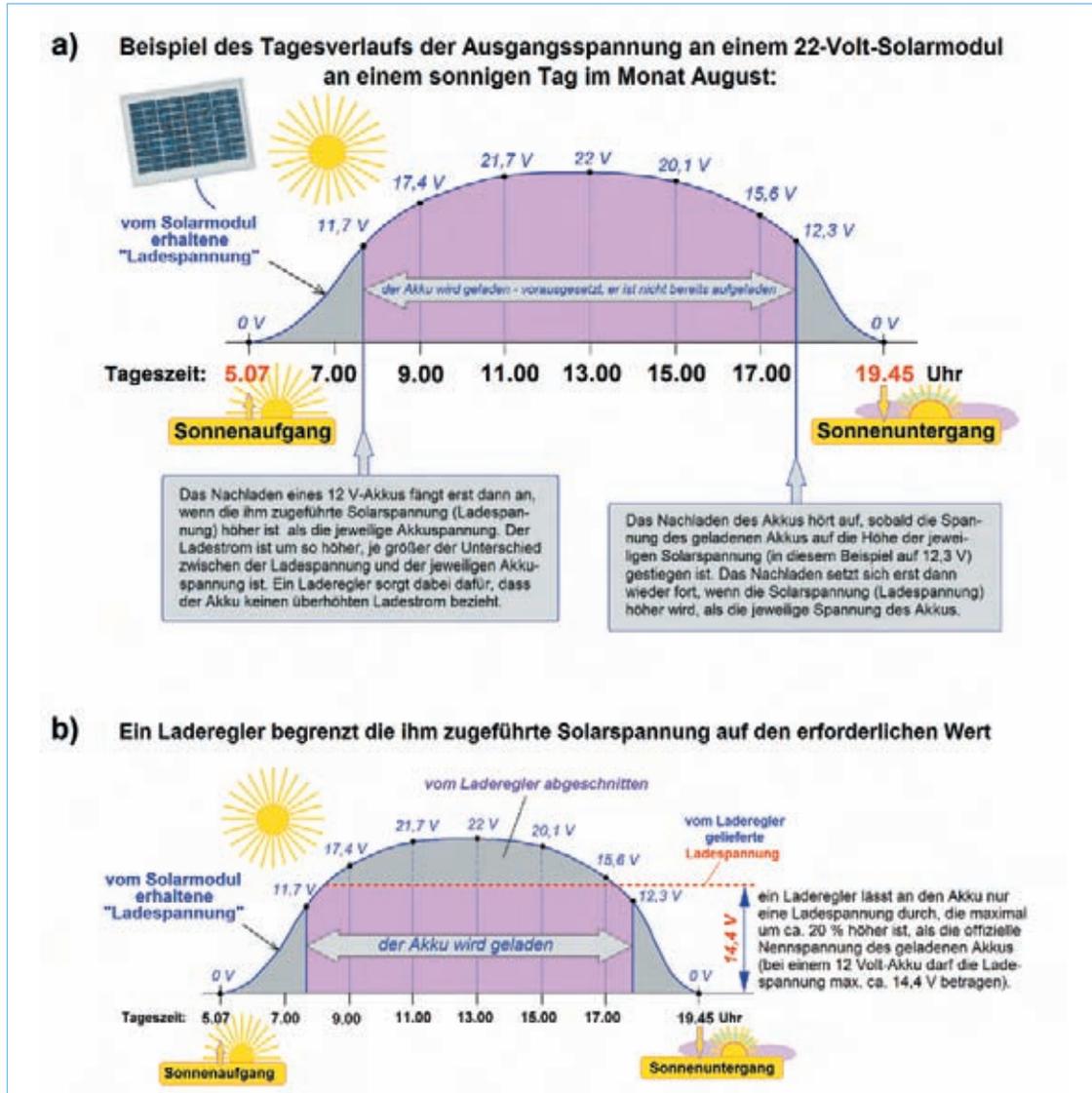


Sonnenenergie, dass sie ihre volle Leistung (ihre Maximumwerte) liefern kann. Selbst der beste Laderegler kann nur dann perfekt arbeiten, wenn ihm auch die vorgesehene Ladespannung und der vorgesehene Ladestrom zur Verfügung stehen. Soweit diese Bedingungen nicht optimal erfüllt sind, funktioniert er nicht wesentlich anders als ein einfaches und preiswertes Gerät bzw. eine einfache Selbstbauladeregulation mit dem IC „PB 137“ nach Abb. 3.5.

Abb. 3.4 – Zwei Möglichkeiten der Laderegulation: **a)** Anwendung eines separaten Ladereglers und eines separaten Tiefentladeschutzgeräts (der hier eingezeichnete Wechselrichter kann nur bedarfsbezogen verwendet werden); **b)** Anwendung eines Ladereglers, in dem ein Tiefentladeschutz eingebaut ist.

Abb. 3.5 – Für das Laden kleinerer Bleiakumulatoren bietet Conrad Electronic einen speziellen Solarladeregler-IC „BP 137“ (Bestellnr. 17 94 18) an, das für einen Ladestrom von bis zu 1,5 A und eine Solareingangsspannung von bis zu 40 V ausgelegt ist.

3.2 Akkumulatoren richtig laden



5 Standorte für die Solarmodule

Beim Planen des Aufstellplatzes für Solarmodule muss an erster Stelle die Frage einer optimalen Ausrichtung der Solarzellenfläche zur Bahn der Sonne geklärt werden (siehe Kapitel 2).

Da im Winter die Sonne recht tief steht, würde die Solarfläche einen viel größeren Neigungswinkel benötigen als im Sommer bei fast senkrechtem Sonnenstand. Dem-

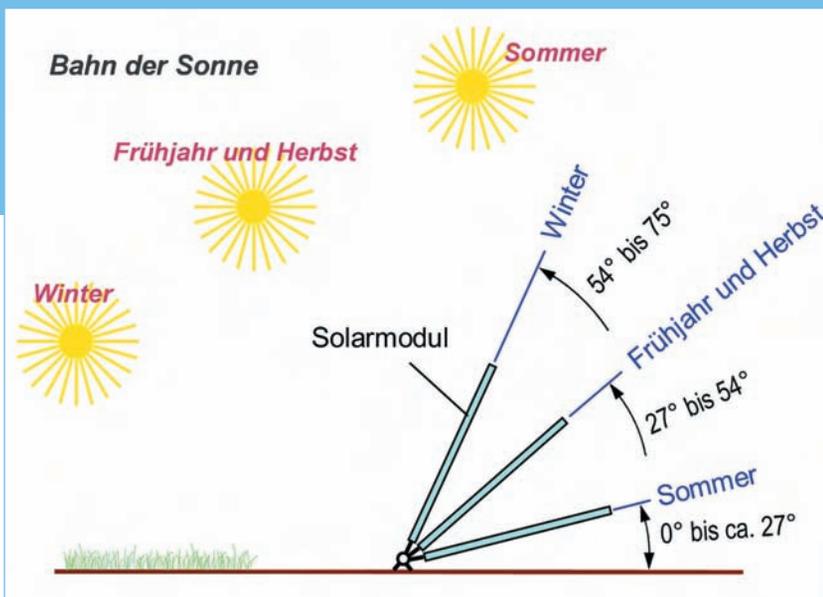


Abb. 5.1 – Optimale Neigungswinkel der Solarzellenflächen.

5 Standorte für die Solarmodule

entsprechend müsste sich zumindest der Solarflächen-Neigungswinkel jahreszeitbezogen jeweils der Sonnenbahn nach *Abb. 5.1* anpassen.

Es leuchtet ein, dass eine verstellbare Solarflächenkonstruktion vorteilhaft wäre. Notfalls genügt aber auch eine Neigungswinkelverstellung in zwei Stufen: eine Stufe für die Periode von Frühjahr bis Herbst und eine für die kalte Jahreshälfte. Ein kleineres Solarmodul kann unter Umständen im Selbstbau mechanisch oder elektrisch verstellbar so montiert werden, dass sich sein Neigungswinkel zumindest in einigen Stufen nach dem Prinzip aus *Abb. 5.1* jahreszeitbezogen verstellen lässt.

In der Praxis ist es jedoch viel einfacher und zudem oft preiswerter, wenn man gleich eine etwas größere Solarzellenfläche einplant und für den Ganzjahresbetrieb aufstellt. Aus ästhetischen Gründen verdient die

bereits bestehende Dachneigung Vorrang, sofern sie selbst zufriedenstellend nach Süden ausgerichtet ist. Notfalls müssen die Solarmodule mithilfe passender Halterungen z. B. nach dem Beispiel aus *Abb. 5.1* gegen Süden ausgerichtet montiert werden.

Netzgekoppelte Photovoltaik-Anlagen, bei denen es nur auf eine möglichst hohe Energieausbeute pro Jahr ankommt, sollten einen Neigungswinkel haben, der sich überwiegend an der Jahreshälfte von Anfang April bis Ende September orientiert. Ein Neigungswinkel um die 35° bis 40° ist hier demnach günstiger als die oft empfohlenen 45° . Dieser Neigungswinkel hat auch bautechnische Vorteile: Ein Dach mit einem Neigungswinkel unterhalb von 40° lässt sich gut warten (man rutscht auf den Dachziegeln nicht so leicht ab).

Oft ist jedoch das Dach bereits vorhanden. Dann bringt man die Solarzellenmodule so an, dass sie sich optisch und damit gleichzeitig sturmfest mit dem Dach



Abb. 5.2 – Hochgestellte Solarmodule auf dem Dach eines landwirtschaftlichen Objekts.



Abb. 5.3 – In der Praxis werden Solarmodule so auf einem Dach montiert, dass sie mit der Dachhaut eine Einheit bilden.

5 Standorte für die Solarmodule

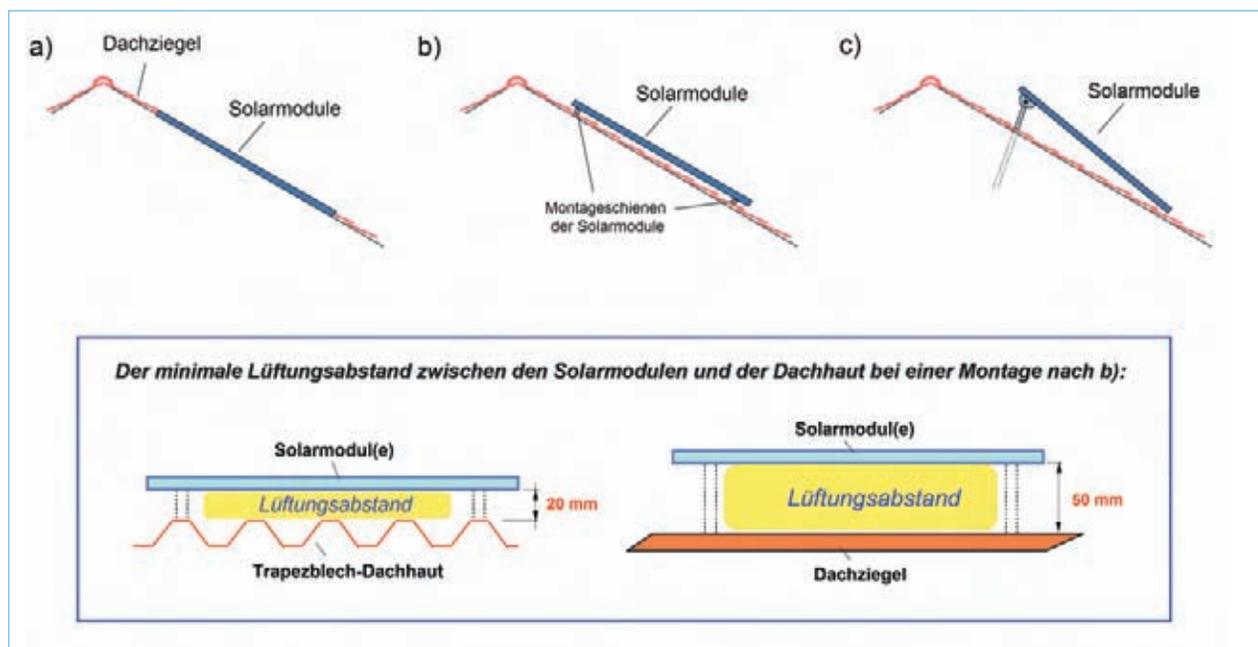


Abb. 5.4 – Solarmodule können an einem Dach auf drei Grundarten montiert werden: **a)** in die Dachhaut integriert (Indach-Montage), **b)** mit mindestens 5 cm Lüftungsabstand zu der Dachhaut (Aufdach-Montage) oder **c)** mit einem (eventuell verstellbarem) Neigungswinkel, der von der Dachneigung abweicht bzw. auf nicht verstellbare Konsolen auf Flachdächern.

zu einer kompakteren Einheit verbinden – wie z. B. *Abb. 5.3* zeigt.

Das Anbringen der Solarmodule am Dach kann auf drei verschiedene Grundarten nach *Abb. 5.4* erfolgen.

Die Lösung nach *Abb. 5.4 a* (*Indach-System*) dürfte zwar aus ästhetischen Gründen Vorrang haben, ist aber bautechnisch sehr aufwendig und verhindert, dass die Solarmodule an ihrer Unterseite gelüftet werden. Für solche Zwecke sind Solarmodule erhältlich, die

sich wasserfest aneinander montieren lassen und als „Solar-Dachziegel“ bezeichnet werden. Auch normale Solarmodule kann man auf diese Weise in das Dach integrieren, aber sie benötigen unter ihrer ganzen Fläche eine wasserdichte Kupfer- oder Kunststoffwanne.

Die Lösung nach *Abb. 5.4 b* (*Aufdach-System*) wird in den meisten Fällen angewendet. Sie ermöglicht eine Lüftung der Module und eignet sich für Dächer mit einer entsprechenden Ausrichtung nach Süden

und einer Dachneigung von ca. 35° bis 45°. Nach *Abb. 5.4 c* werden Solarmodule auf Flachdächer oder auf Dächer mit einer zu niedrigen Neigung aufgestellt. Die tragenden Konstruktionen sind meist als feste Metallhalterungen nach *Abb. 5.5* ausgelegt, können jedoch beim Selbstbau auch mit einem elektrisch oder mechanisch verstellbaren Neigungswinkel ausgeführt werden. Dies kann vor allem bei kleineren Inselanlagen (mit kleineren Solarzellenflächen) den Energiegewinn

5 Standorte für die Solarmodule

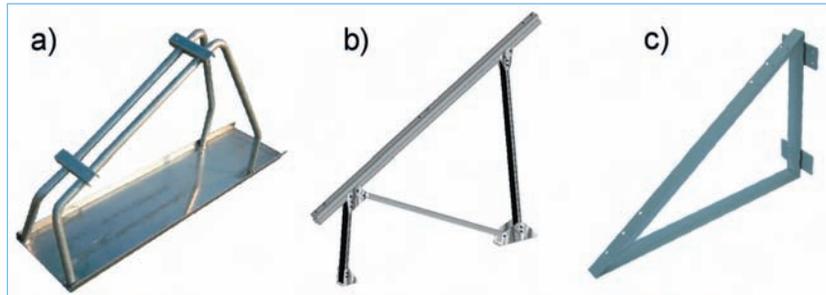


Abb. 5.5 – Einige Ausführungsbeispiele von Modulträgern für Flachdach- und Wandmontage (Foto/Anbieter: Schletter GmbH).

auch dann steigern, wenn die Modulneigung nur etwa zwei- bis viermal im Jahr etwas verändert wird, um gegen die Sonnenbahn besser ausgerichtet zu sein. Eine Konstruk-

tion mit verstellbarem Neigungswinkel stellt höhere Ansprüche an das handwerkliche Können und muss auch kräftigeren Stürmen widerstehen können.

Größere Solarflächen werden auf Dächern meist nach *Abb. 5.6* auf parallel angeordnete Schienen montiert, die als handelsübliches Montagematerial für diese Zwecke mit allem Zubehör erhältlich sind. Kleinere Solarmodulflächen können nach *Abb. 5.7* auch nur auf Aluminium-U-Profile oder Rechteckrohre montiert werden. Wenn es die Dachform oder andere Gegebenheiten erlauben, können Solarmodule auch auf einen selbsttragenden Rahmen montiert werden, der sich z. B. nach *Abb. 5.8* auch leicht selbst anfertigen lässt.

Das Anbringen der Solarmodule auf einem Ziegeldach ist oft viel



Abb. 5.6 – Beispiel einer Solarmodul-Dachmontage auf speziellen Alu-Schienen.

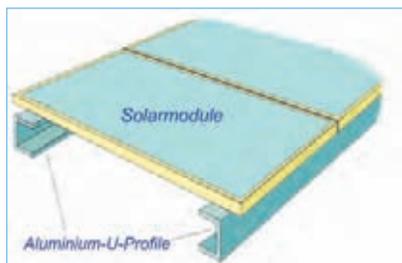


Abb. 5.7 – Beispiel einer Solarmodul-Montage auf zwei Alu-U-Profilen.

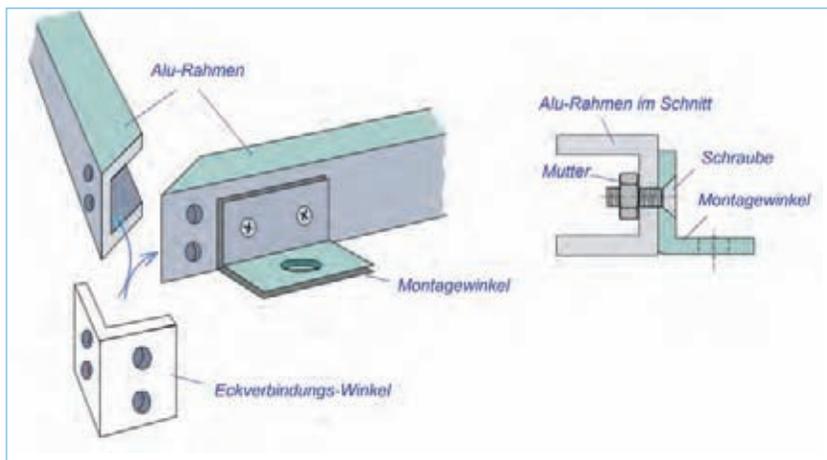


Abb. 5.8 – Beispiel eines Selbstbau-Montagerahmens aus Aluminium-U-Profil.

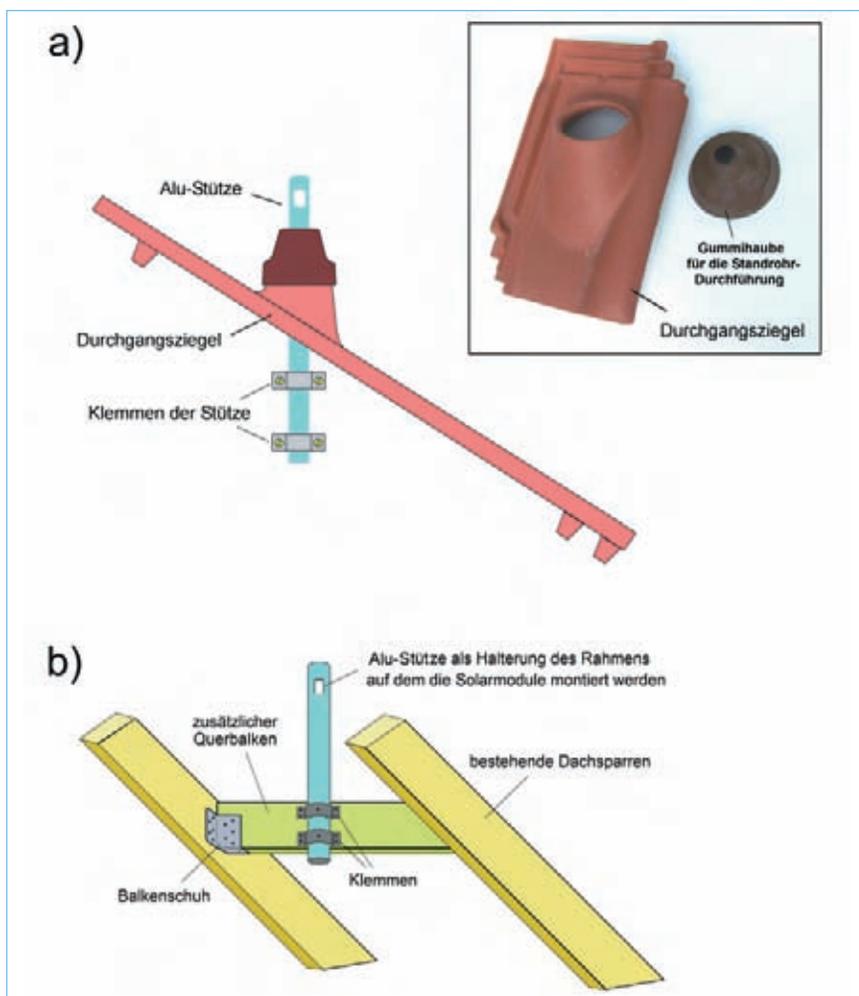


Abb. 5.9 – a) Durch die Antennen-Durchgangs-Dachziegel werden runde Alustäbe geführt, die wie Tischbeine z. B. den Modulrahmen halten. b) Unten können die Metallstäbe an die bestehenden Balken der Dachkonstruktion oder an zusätzlich angebrachte Balken mittels Klemmen befestigt werden.

5 Standorte für die Solarmodule

schwieriger, als es in verschiedenen technischen Unterlagen gezeichnet wird. Der Durchgang durch die Dachziegel ist deshalb kompliziert, weil diese passend ineinander sitzen und weder Schlitzte noch einen Zwischenraum für zusätzliche Dachanker haben. Hier eignen sich für Selbstbau-Montagezwecke sehr gut die sogenannten „Antennendurchgangs-Dachziegel“. Es gibt sie in fast allen Dachziegelansführungen und somit lassen sich die bestehenden Dachziegel leicht durch diese Spezialziegel nach *Abb. 5.9* austauschen.

Falls die Solarmodule auf ein Flachdach angebracht werden sollen, ist es wichtig vorher in Erfahrung zu

bringen, ob es sich nur um ein Beton- oder Warmdach handelt. Warmdächer haben eine weiche Dachhaut, in die sich nicht bohren lässt. Hier lässt sich eine schwere Konstruktion nicht so leicht aufstellen, wie es in manchen Prospekten vorgeschlagen wird. Konkret sieht ein modernes Warmdach im Schnitt meistens wie in *Abb. 5.10* aus.

Bei solchen Flachdächern muss die Tragekonstruktion schwerer Solarmodule durch die weiche Dachhaut bis an die feste Unterkonstruktion wasserdicht befestigt werden. Ein kleines Solarmodul kann auf ein Flachdach auch nur auf einem einfachen Rohrgestell frei aufgestellt und mit Betonsteinen beschwert werden.

In letzter Zeit werden oft auch Hausfassaden zu Solarflächen umgestaltet. Damit erhält allerdings die Solarfläche gezwungenermaßen einen Neigungswinkel von 90°. Im Hinblick auf die jährliche Solarenergie-Ausbeute ist dieser Neigungswinkel sehr ungünstig. Er bringt dagegen einen erhöhten Energiegewinn in den Monaten Dezember und Januar.

Kleinere Solarzellenmodule, die im Garten oder am Hauseingang gebraucht werden, lassen sich in den meisten Fällen unauffällig unterbringen. Zu diesem Zweck kann auch eine zusätzliche „Unterkunft“ künstlich erstellt werden. Näheres wird später bauleitungsbezogen erläutert.

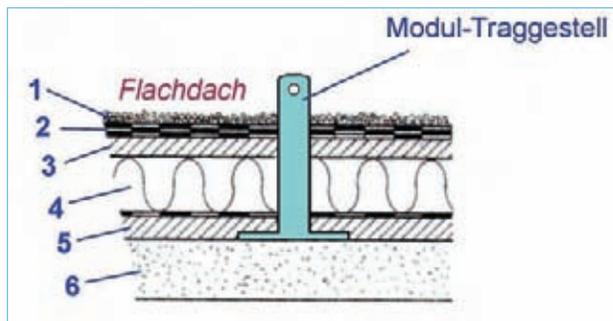


Abb. 5.10 – Modernes Warmdach im Schnitt:
1 = Bekiesung, 2 = Dachpappe, 3 = Dachhaut-Trägerschicht, 4 = Wärmedämmung, 5 = Dampfsperre, 6 = Beton oder andere Unterkonstruktion

7 Selbstversorgung mit Solarstrom

Die Leistung einer netzunabhängigen Solaranlage (*Solar-Inselanlage*) muss selbstverständlich auf den Strombedarf, sowie auch auf die Möglichkeit der Energiespeicherung (in Akkus), abgestimmt sein. Hat man aber Bedenken, dass es mit der Solarenergie während der Winterwochen knapp wird, kann parallel zu den Solarmodulen ein Windgenerator (*Abb. 7.1*) eingesetzt werden. Reicht eine Kombination von diesen zwei unterschiedlichen umweltfreundlichen Energiequellen nicht aus, oder ist der Standort für den Einsatz eines Windgenerators ungünstig, wird als „Lückenbüßer“ ein Benzinaggregat eingesetzt.

7 Selbstversorgung mit Solarstrom

Wenn in einem Ferienhaus oder einer Berghütte erwünscht ist, dass auch in der letzten Dezember- und ersten Januarwoche genügend Strom vorhanden ist, dürfte als dritte Energiequelle ein kleines Diesel- oder Benzinaggregat als Notreserve für alle Fälle zu empfehlen sein. Das hat jedoch nur dann eine Berechtigung, wenn es zu kompliziert wäre, in der nahen Umgebung den Solarakku notfalls vom Netz nachladen zu können.

Bei den meisten kleineren Solaranlagen sind üblicherweise die wenigen sonnenarmen Winterwochen nicht zu schwerwiegend. Wir werden uns bei den noch folgenden Bauanleitungen auch mit diesem Aspekt auseinandersetzen.

Soweit für eine selbstständig arbeitende „Inselanlage“ ein Akku als Zwischenspeicher benötigt wird, müssen am Anfang der Planung zwei Fragen geklärt werden:

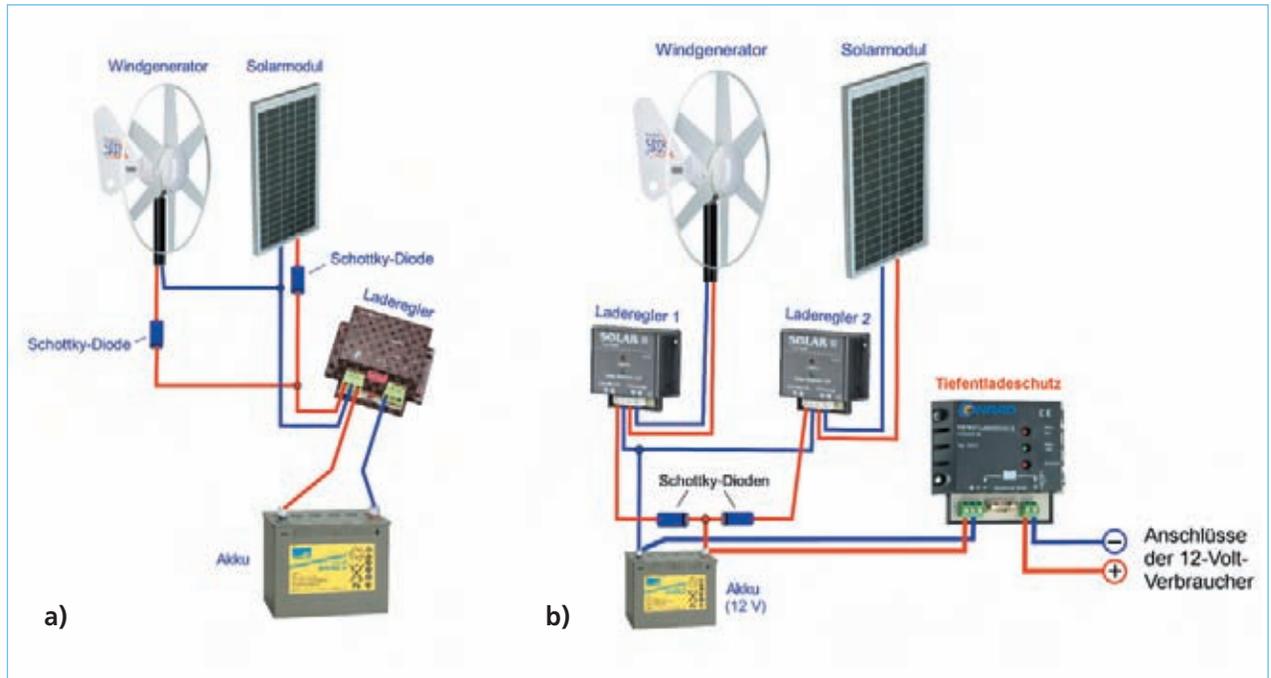


Abb. 7.1 – In windreichen Gegenden kann zusätzlich auch ein Windgenerator den Speicherakku laden: **a)** Wenn der angewendete Windgenerator eine Gleichspannung und einen Gleichstrom liefert, die der Solarladeregler problemlos verarbeitet, reicht ein gemeinsamer Laderegler für beide Stromquellen aus, **b)** ist dem nicht so, sind zwei separate Laderegler notwendig (für dessen Auswahl die technischen Daten des Windgenerators maßgeblich sind).

7 Selbstversorgung mit Solarstrom

- Welche Akkukapazität ist für das Vorhaben notwendig?
- Wie groß muss das Solarmodul sein, um den Akku nachladen zu können?

Um die Akkukapazität feststellen zu können, müssen wir Antworten auf folgende Fragen ermitteln:

- Welchen Stromverbrauch haben die betriebenen Verbraucher pro Tag?
- Werden die Verbraucher regelmäßig, also täglich oder wöchentlich betrieben, oder handelt es sich nur um gelegentliche Nutzung?
- Ist ein ununterbrochener Ganzjahresbetrieb vorgesehen, oder wird die Anlage während der Winter-

monate außer Betrieb gesetzt – wie z. B. bei einem Schrebergartenhaus?

- Kann der Akku, wenn Winterbetrieb erwünscht ist, notfalls problemlos woanders nachgeladen bzw. ausgewechselt werden?

Zur Erinnerung: die Kapazität eines Akkus wird in Ah (Amperestunden) angegeben und sagt uns, wie viele Ampere mal Stunden der Akku in etwa liefern kann. Abb. 7.2 zeigt an einem praktischen Beispiel die Aufstellung der Solarstromversorgung eines kleineren Wochenendhäuschens mit der Aufstellung des Tagesverbrauchs an „Amperestunden“ (Ah).

Wird ein solches Wochenendhäuschen zwei bis drei Tage pro Woche benutzt – und werden alle aufgeführ-

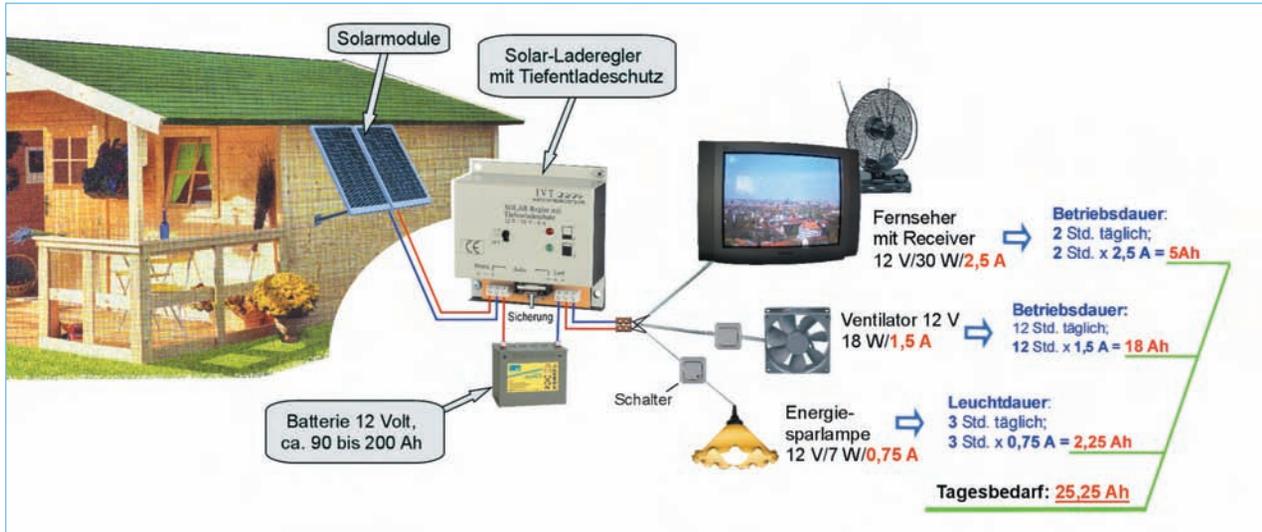


Abb. 7.2 – Beispiel einer Photovoltaik-Anlage für die Stromversorgung eines Wochenendhäuschens mit der Aufstellung der Tagesverbrauchs der Solarenergie, die in der Form von Batteriekapazität für die Stromversorgung zur Verfügung steht: Nach diesem Beispiel können Sie sich eine eigene Auflistung der elektrischen Verbraucher erstellen und den vorgesehenen täglichen oder wöchentlichen Stromverbrauch direkt als Verbrauch der Batteriekapazität betrachten.

7 Selbstversorgung mit Solarstrom

ten Verbraucher tatsächlich im vorgesehenen Umfang betrieben –, würde der Amperestundenverbrauch zwischen ca. 50 und 76 Ah pro Woche betragen.

Den größten „Energiefresser“ stellt in diesem Beispiel der Ventilator dar, der für die Raumkühlung während der heißen Jahreszeit zuständig wäre. Da sein Einsatz nur bei sonnigem Wetter erforderlich sein dürfte, klappt es mit dem Nachladen der Speicherbatterie (wenig Sonne = wenig Stromverbrauch) problemlos.

Welche Batteriekapazität für eine solche Anlage optimal wäre, ist nun eine Ermessensfrage. Wird gesteigerter Wert darauf gelegt, dass die Batterie z. B. auch ohne Nachladen etwa an zwei bis drei Wochenenden die Energieversorgung be-



Bei den meisten Lampen wird nur die Betriebsspannung (in Volt) und die bezogene Leistung (in Watt) angegeben. Für Fotovoltaik-Anwendungen können wir uns den Strom, den die Lampe vom Akku bezieht, leicht ausrechnen:

Leistung [Watt] : Spannung [Volt] = Strom [Ampere]

Beispiel: eine 12 V/15 W-Lampe bezieht einen Strom von

15 W : 12 V = 1,15 A

Um die benötigte Akku-Kapazität auszurechnen, die für die Beleuchtung beansprucht wird, brauchen wir nur den von der Lampe bezogenen Strom mit der vorgesehenen Leuchtdauer (in Stunden) zu multiplizieren.

*Beispiel: bezieht eine Lampe eine Stunde lang vom Akku einen Strom von 1,15 Ampere, entzieht sie dem Akku von seiner vorhandenen Kapazität **1,15 Amperestunden (Ah)**. Leuchtet die Lampe 3 Stunden täglich, entzieht sie dem Akku **3,45 Ah** (3 Std. x 1,15 Ah = 3,45 Ah). Diese 3,45 Ah sollten von dem angewendeten Solarmodul oder Windgenerator im Durchschnitt täglich nachgeladen werden.*

Abb. 7.3 – Nach diesem Beispiel können Sie sich den Stromverbrauch einer Lampe ausrechnen, mit dem sie an der Kapazität eines Akkus zehrt.



Bei den Geräten der Unterhaltungselektronik wird - ähnlich, wie bei den vorhergehenden Lampen - meist auch nur die Betriebsspannung (in Volt) und die Abnahmeleistung (in Watt) aufgeführt. Den Strom, den das Gerät vom Akku bezieht, können wir uns nach der bereits aufgeführten Formel ausrechnen:

Leistung [Watt] : Spannung [Volt] = Strom [Ampere]

Beispiel: ein 12 V/30 W-Fernseher bezieht einen Strom von

30 W : 12 V = 2,5 A

*Wird dieser Fernseher 2 Stunden pro Tag betrieben, verbraucht er von der Akku-Kapazität **5 Ah** täglich.*

Abb. 7.4 – Fehlt bei einem elektrischen Verbraucher die Angabe über seinen Strombedarf? Kein Problem, denn der lässt sich in Handumdrehen leicht ausrechnen!

wältigt, dürfte eine Kapazität von maximal 100 Ah völlig ausreichen. Wenn es im Spätherbst öfter bewölkt ist und die Batterie vom Solarmodul drei Wochen lang nicht nachgeladen wird, kommen wir dennoch ganz gut „über die Runden“. Der Ventilator wird bei einem schlechten Wetter ohnehin nicht gebraucht, aber dafür werden wir vielleicht einen

7 Selbstversorgung mit Solarstrom

elektrischen Kaffeekocher verwenden – oder der Fernseher läuft täglich etwas usw.

Das Solarmodul muss imstande sein, die 12-Volt/100-Ah-Speicherbatterie (Speicher-Akku) ordentlich nachladen zu können. Auch hier dürfte das persönliche „Gefühl für Proportionen“ die Hauptrolle spielen – wobei es u. a. darauf ankommt, wie oft das Sommerhäuschen auch noch im Spätherbst benutzt wird. Der Spätherbst ist in manchen Jahren sonnig, in anderen Jahren eher bedeckt. Wenn erwünscht ist, dass auch während der trüben Herbsttage der Akku vom Solarmodul gut nachgeladen werden kann, wäre hier eine Nennspannung des Solarmoduls von ca. 19 bis 22 V keinesfalls übertrieben.

Jetzt befinden wir uns auf einem Planungsterrain, auf dem uns nicht mehr die Mathematik, sondern nur das persönliche Ermessen helfen kann. Dazu gehört erstens die Frage, inwiefern es sinnvoll ist, die ganze Anlage z. B. nur wegen der zwei letzten Novemberwochen stärker zu dimensionieren. Zweitens stellt sich die Frage, ob notfalls nicht ein Zweitakku für die Anlage oder für ein einzelnes Gerät (z. B. für den Fernseher) woanders aufgeladen werden kann. Hier geht es natürlich nicht um das Problem des eigentlichen Nachladens, sondern um den Transport. Wenn man am Wochenendhaus mit dem Auto bis vor die Tür vorfahren kann, ist es einfacher als bei einer Berghütte ohne Zufahrt.

Wenn notfalls ein gelegentliches Nachladen der Anlagenbatterie (bzw. einer Ersatzbatterie) möglich ist, dürfte eine Solarmodul-Nennspannung um die 19 Volt ausreichen. Andererseits muss das Dilemma zwischen einer höheren Nennspannung (um die 22 V) und einem Verzicht auf einen sicheren Vorrat an gespeicherter Solarenergie während einer oder zwei Wochen im Jahr überlegt werden.

Nun stellt sich die Frage nach dem optimalen Nennstrom. Wir wissen, dass beim „einfachen Laden“ der Akku höchstens einen Ladestrom verkraftet, der bei maximal 10 % seiner Kapazität liegt. Das sind nach diesem Beispiel 10 % von den 100 Ah, also 10 A. Dies wäre aber in den meisten Fällen unnötig viel, denn wenn das Solarmodul diesen Strom etwa 14 bis 16 Stunden lang liefern könnte, wäre ein leerer Akku voll nachgeladen (zwei bis vier der Ladestunden rechnen wir auf Ladeverluste). Ein so flottes Laden brauchen wir meist gar nicht. Unser Solarmodul hat in diesem Beispiel jeweils zwei bis drei Wochen Zeit, um die verbrauchte Energie nachzufüllen. Ein Ladestrom von ca. 2 bis 4 Ah dürfte bei etwas Risikofreude genügen.

Ein 2-A-Solarmodul würde somit während ca. drei Wochen etwa 75 Sonnenstunden bzw. ca. sieben längere sonnige Tage benötigen, um eine ziemlich leere 100-Ah-Batterie nachladen zu können. Ein Solarmodul mit einem Nennstrom von stolzen 4 A würde dazu nur die halbe Ladezeit – also ca. 3½ längere sonnige Tage benötigen (usw.).

Die Herbsttage sind kürzer und bewölker, aber das Solarmodul hat dennoch ca. drei Wochen Zeit, um mit einem „wetterbedingt“ schwächeren Strom und niedrigerer Spannung den Akku nachladen zu können.

All die aufgeführten Überlegungen zeigen Ihnen, dass das Gefühl für die Launen der Natur bei der Planung eine wichtige Rolle spielt. Daher beruht hier auch die eigentliche Berechnung des Ladestrombedarfs nur auf ungefähren Einschätzungen. Zahl und Betriebsdauer der vorgesehenen elektrischen Verbraucher können in der Praxis umständehalber von einem theoretischen Planungsbedarf sehr abweichen.

Zum Glück ist es meist nicht schwierig, die Kapazität der Batterie durch den Anschluss einer weiteren Batterie (oder auch mehreren parallel angeschlossenen Batterien) bedarfsgerecht zu vergrößern.

7 Selbstversorgung mit Solarstrom

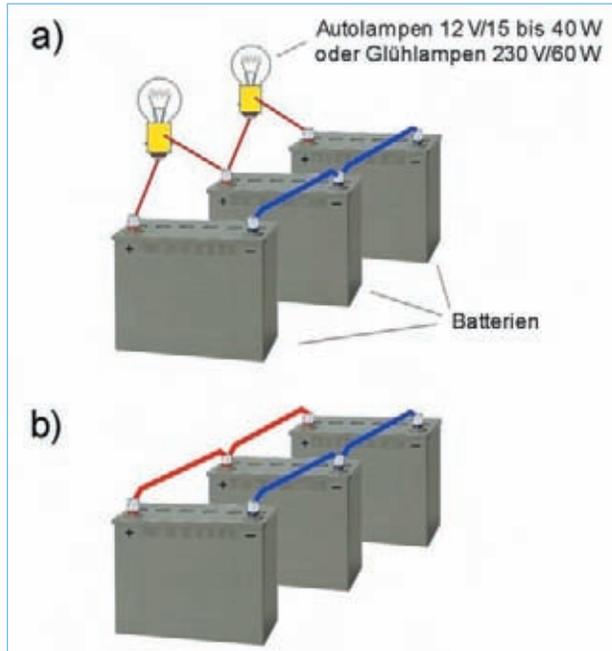


Abb. 7.5 – Mehrere Batterien im Parallelbetrieb: **a)** Nachdem jede der Batterien erst separat aufgeladen wurde, sollten sie miteinander einige Stunden lang über Autolampen verbunden werden, damit sich ihre Spannungen exakt aneinander angleichen. **b)** Nachdem die Lampen entfernt, die Spannungen aller Batterien nochmals mit einem Voltmeter (Multimeter) nachgemessen wurden und ersichtlich keine Spannungsabweichungen aufgetreten sind, können die Batterien miteinander zu einem kompakten Energieweltenspeicher leitend verbunden werden.

Wichtig

Batterien, die miteinander zu einem Energiespeicher parallel verbunden und von einem gemeinsamen Laderegler geladen werden, sollten von derselben Type und Marke sein und dieselbe Kapazität (in Ah) haben, da andernfalls das Nachladen nicht ausgewogen verlaufen wird. Bevor Sie an eine bestehende Batterie eine zweite oder auch mehrere weitere Batterien nach *Abb. 7.5 b* anschließen, sollten alle diese Batterien vorher voll aufgeladen werden. Nach einer vorhergehenden Kontrollmessung der Spannungen sollten sie für einige Stunden lang nach *Abb. 7.5 a* erst über zusätzliche Autolampen miteinander verbunden werden, damit sich ihre Spannungen exakt ausgleichen.

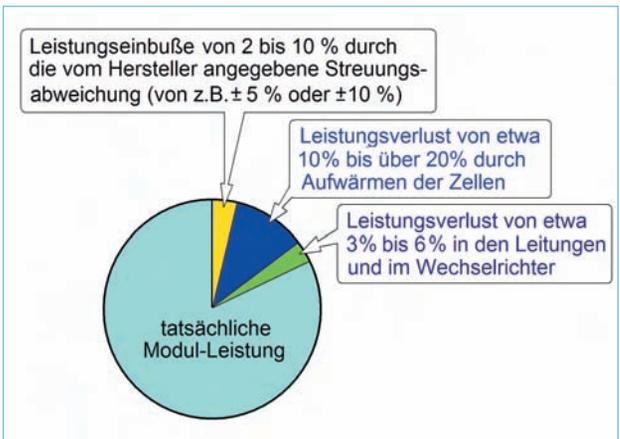


Abb. 7.6 – Bei der Dimensionierung einer Photovoltaik-Anlage für die Selbstversorgung sollten die Verluste im System, auf die meist zu wenig hingewiesen wird, in die Planungsüberlegungen einbezogen werden.

7.1 Funktioniert Ihre Anlage perfekt?

Die Ermittlung einer perfekten Funktion ist bei einer netz-unabhängigen Photovoltaik-Anlage sehr einfach: Da eine solche Anlage als Ladestromquelle für die Speicherbatterie dient, muss das System fähig sein, die Speicherbatterie mit ihrem vollen Nennstrom zu laden – sofern das Wetter mitspielt.

Wir haben bereits im 2. Kapitel darauf hingewiesen (und in *Abb. 2.28* grafisch verdeutlicht), dass die offizielle (Katalog-)Nennspannung eines Solarmoduls zwar laut internationaler Testbedingungen korrekt ist, aber in der Praxis nur dann erzielbar wäre, wenn die Solarzellen eine Arbeitstemperatur von 25 °C hätten. Diese an sich unsympathische Eigenheit der Solarzellen wirkt sich vor allem bei netzgekoppelten Solaranlagen „spielverderbend“ aus, denn da sollten die Solarzellen bevorzugt auf „Voll-dampf“ arbeiten, um möglichst viel Strom in das öffentliche Netz einzuspeisen. Sie heizen sich dabei jedoch kräftig auf, wodurch ihre Leistung sinkt.

Wird aber ein Solarmodul – oder ein aus mehreren Solarmodulen zusammengestellter Solargenerator – zum Nachladen einer Batterie genutzt, wird seine maximale Leistung nur teilweise in Anspruch genommen. Somit heizt sich das

Solarmodul nur relativ selten so auf, dass seine Nennleistung merklich sinkt. Weshalb dem so ist, wurde bereits im Kapitel 3 und mithilfe *Abb. 3.7* erklärt.

Vereinfacht formuliert, bezieht eine Batterie während des Ladens von „ihrem“ Solarmodul den vollen Modul-Nennstrom nur dann, wenn sie weitgehend leer ist (denn nur dann ist der Ladestrom am höchsten), die jeweilige Solarspannung ausreichend hoch und der Innenwiderstand der Batterie entsprechend niedrig ist. Das bedeutet jedoch nicht, dass man in Kauf nehmen sollte, dass z. B. ein 5-Ampere-Solarmodul auch unter den günstigsten Bedingungen „seine“ Batterie nur mit einem Ladestrom von z. B. maximal 2 Ampere lädt. Ist dem so (und das kommt oft vor), hat man sein Geld für ein zu großes (und teures) Solarmodul verschwendet und – wie es so schön heißt – „schießt man mit Kanonen auf Spatzen“.

Glücklicherweise kann man leicht überprüfen, ob das Solarmodul auf die Speicherbatterie gut abgestimmt ist. Auch im Nachhinein kann man leicht Maßnahmen treffen, um so eine „faule Anlage“ dazu anzuregen ihre volle Leistung zu erbringen. Hierfür sollte man jedoch einigermaßen über die Funktion des Ladens eines Akkus im Bilde sein. Wir behelfen uns mit einem

Beispiel von zwei Wasserbehältern, die miteinander nach *Abb. 7.7* mit einem Wasserrohr verbunden sind.

Der bildlichen Darstellung lässt sich leicht entnehmen, dass der Höhenunterschied der zwei Wasserspiegel die Stärke des Wasserstroms bestimmt, der durch das Verbindungsrohr zwischen den zwei Behältern fließt. Es fällt nicht schwer, sich anstelle der Wasserspiegelunterschiede in den Behältern einfach die Spannungsunterschiede zwischen der jeweiligen Solarspannung und der Spannung eines geladenen Akkus vorzustellen: Ein Ladestrom kann vom Solarmodul in eine Batterie nur dann fließen, wenn ihre momentane Spannung niedriger ist, als die – ebenfalls momentane – Solarspannung, die der Laderegler an die Batterie liefert (bzw. als intelligenter Laderegler in der Lade-Endphase liefern darf).

Ein Laderegler kann jedoch den eigentlichen Ladestrom in die Batterie nicht hineinpumpen, sondern nur auf ähnliche Weise hineinfließen lassen wie das Verbindungsrohr zwischen den zwei Wasserbehältern in *Abb. 7.7*. Die Höhe des jeweiligen Ladestroms bestimmt dabei die Batterie selbst – vorausgesetzt das Solarmodul ist im Stande den Ladestrom zu liefern. In dem Beispiel mit den zwei Wasser-

7.1 Funktioniert Ihre Anlage perfekt?

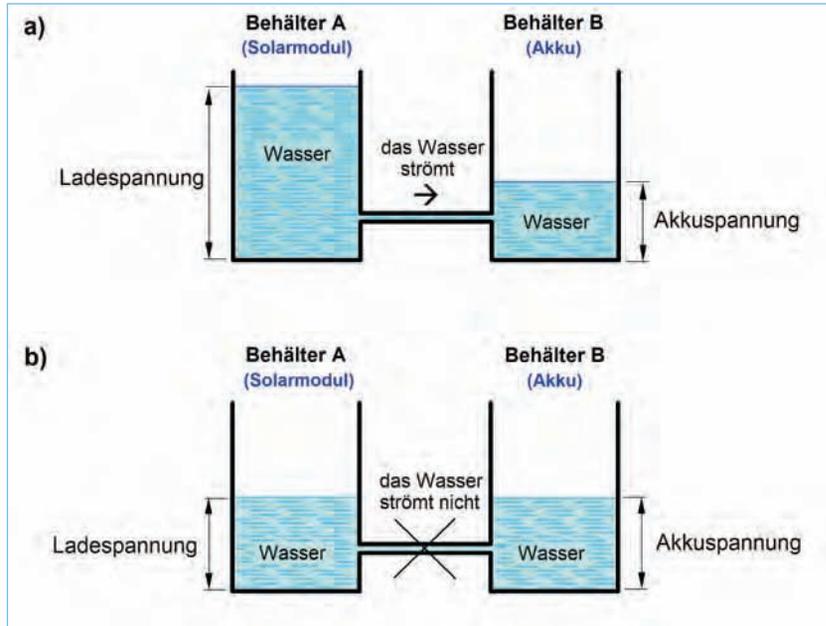


Abb. 7.7 – Wie kräftig (und wie lange) das Wasser von Wasserbehälter **A** in **B** strömt, hängt von dem Höhenunterschied der Wasserspiegel in den Behältern ab.

behältern haben wir die Solarladespannung mit der Spannung des Akkus verglichen. Das war aber nur der eine Faktor, der für den Ladestrom bestimmend ist. Es gibt noch einen zweiten wesentlichen Faktor: den Innenwiderstand des Akkus, der vor allem von der Größe (Kapazität) des Akkus – oder einer aus mehreren Akkus zusammengesetzten Batterie – bestimmt ist.

Der Innenwiderstand (der ohmsche Widerstand) ist – physikalisch bedingt – nicht nur bei einer Batterie, sondern bei jedem elektrischen Verbraucher dafür bestimmend, welchen Strom er von seiner „Stromquelle“ bezieht. So hat beispielsweise die in *Abb. 7.8* oben eingezeichnete 6-Watt-Glühlampe einen – vom Hersteller vorgegebenen – Widerstand von 24 Ohm (Ω) und bezieht daher (laut ohmschem Gesetz) bei einer Span-

nung von 12 Volt vom Solarmodul einen Strom von 0,5 Ampere. Die darunter stehende 30-Watt-Glühlampe hat dagegen einen Widerstand von 4,8 Ohm und bezieht vom Solarmodul einen Strom von 2,5 Ampere. Das Solarmodul muss in diesem Fall zwar die 12-Volt-Spannung sowie auch den benötigten Strom aufbringen können, aber es spielt dabei keine Rolle, für welchen überhöhten Nennstrom es typenbezogen ausgelegt ist. Dasselbe gilt auch für eine Batterie, die vom Solarmodul geladen wird: Sie verhält sich einfach nur wie ein „Verbraucher“, der von der Solarspannung „versorgt“ wird. Allerdings mit dem „feinen“ Unterschied, dass der von ihr bezogene Strom nicht nur von ihrem Innenwiderstand, sondern auch von dem Spannungsunterschied zwischen ihrer

momentanen Spannung und der Spannung, die sie als Solarspannung vom Laderegler bezieht, abhängt.

Der Innenwiderstand einer Batterie bleibt für den normalen Anwender allerdings immer ein Geheimnis, denn er lässt sich nicht mit einem normalen Ohmmeter messen. Die Spannung der Batterie würde das Ohmmeter (Multimeter) eventuell vernichten. Zum Glück erübrigt sich eine solche Messung, denn beim solarelektrischen Laden können wir den Ladestrom genauso einfach messen wie beim Laden einer Autobatterie – und darauf kommt es an. Wir können den Ladeverlauf kontrollieren und im Griff behalten, soweit das Wetter mitspielt. Wichtig ist dabei, zumindest gelegentlich zu prüfen, ob eine weitgehend entladene Batterie bei sonnigem Wetter und einem optimal zur Sonne ausgerichteten Solarmodul

7.1 Funktioniert Ihre Anlage perfekt?

auch tatsächlich den vollen Nennstrom bezieht, den das Solarmodul aufbringt (das dürften ca. 90 % des offiziellen Modul-Nennstroms sein).

Um den Ladestrom messen zu können, benötigen Sie ein Amperemeter. Manche Multimeter sind zwar

für einen ausreichend hohen Gleichstrom-Messbereich ausgelegt, der eine Kontrollmessung nach *Abb. 7.8* ermöglicht, in der Praxis ist es jedoch von Vorteil, wenn eine netzunabhängige Solaranlage ein eigenes Amperemeter erhält, das z. B. als preiswertes Einbauzeigerinstrument nach *Abb. 7.9* in die Anlage fest installiert wird. Der parallel zum Amperemeter eingezeichnete Schalter schaltet das Amperemeter nur bedarfsbezogen ein, um den geringen, aber dennoch überflüssigen Energieverlust am Amperemeter zu ver-

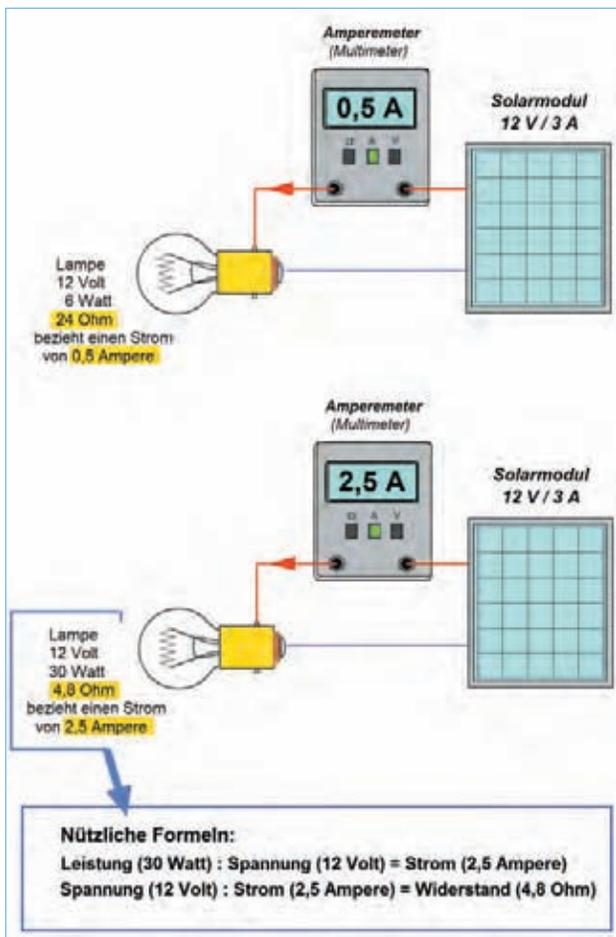


Abb. 7.8 – Der ohmsche Widerstand eines elektrischen Verbrauchers (hier einer Glühlampe) ist dafür bestimmend, welchen Strom der Verbraucher aus einer elektrischen Energiequelle (Batterie oder Steckdose) bezieht.

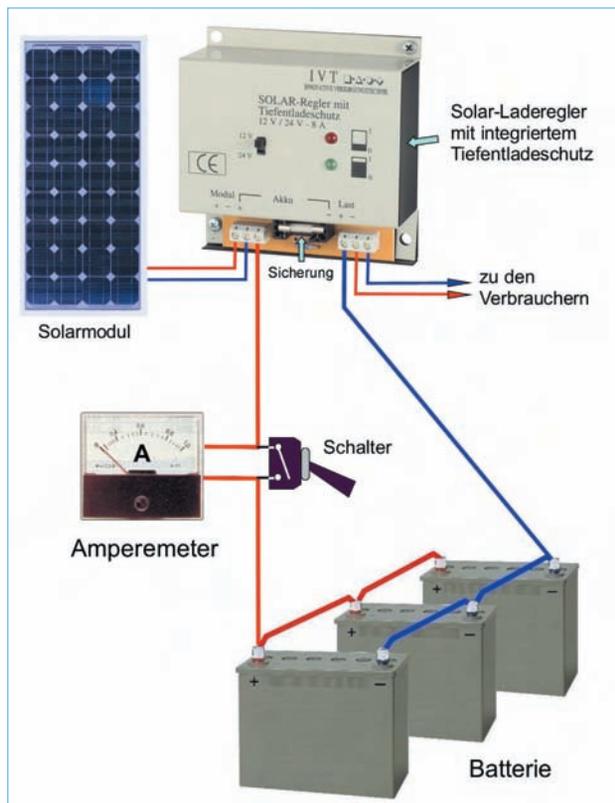


Abb. 7.9 – Ein im Ladekreis angeschlossener Amperemeter zeigt jederzeit den tatsächlichen Ladestrom an, der vom Solarmodul in die Batterie fließt.

7.1 Funktioniert Ihre Anlage perfekt?

meiden (die Kontrolle der Messwerte findet ja nur sehr sporadisch statt).

Wir zeigen Ihnen nun in einzelnen Schritten, wie Sie einfach überprüfen können, ob Ihr Solarmodul – oder ein aus mehreren Modulen zusammengestellter Solargenerator – die Speicherbatterie der Anlage perfekt lädt. Sie sollten sich zu diesem Zweck das in *Abb. 7.9* eingezeichnete Amperemeter beschaffen, das als ein preiswertes Einbaugerät bei Elektronik-Versandhäusern erhältlich ist. Der Messbereich des Amperemeters sollte zumindest so hoch sein wie der Nennstrom des Solarmoduls bzw. eines, aus mehreren Solarmodul bestehenden, Solargenerators. Falls Sie ein Zeiger-Amperemeter verwenden, sollte sein Messbereich nicht übertrieben höher als notwendig sein, denn das erschwert das Ablesen der Messwerte.

Da eine Kontrolle des Ladevorgangs vom Wetter abhängig ist, muss die nun beschriebene Messung gezielt an einem sonnigen Tag (bevorzugt während der Sommerzeit) vorgenommen werden.

Schritt 1: Entladen der Batterie

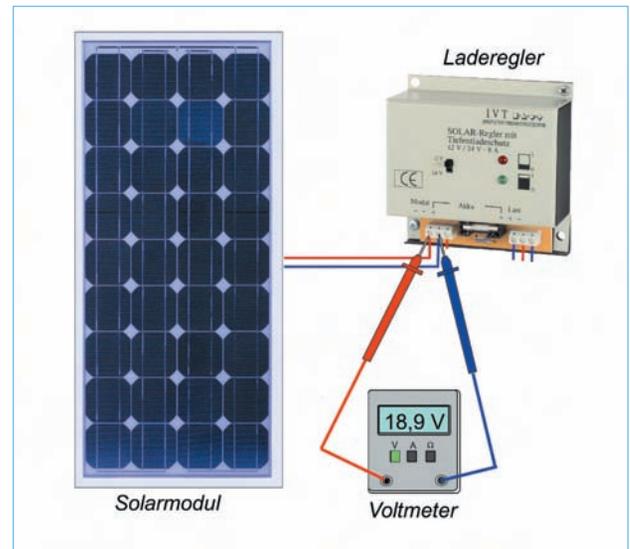


Trennen Sie die Batterie vom Laderegler und entladen sie durch Zuschalten passender Verbraucher auf eine Spannung von ca. 11 Volt. Kontrollieren Sie dabei die Spannung der Batterie mit einem Multimeter. Schließen Sie danach die Batterie wieder an den Laderegler an.

Schritt 2: Messen der Solarspannung

Messen Sie mit dem Multimeter die Solarspannung des Moduls am Ladereglereingang unter optimalen Bedingungen: Das Solarmodul sollte dabei möglichst genau gegen die Sonne (Mittagssonne) ausgerichtet sein, die ausreichend kräftig strahlen sollte. Wenn alles stimmt, müsste die ermittelte Solarspannung ca. 85 bis 90 % der offiziellen Modul-Nennspannung betragen. Für die Größe der Abweichung der Modulspannung ist auch die Toleranz maßgeblich, die der Modulhersteller bei seinen Modulen aufgeführt hat (das können bei einigen Marken ca. 2 %, bei anderen 10 % sein). Weichen die ermittelten Messwerte zu sehr von der Modul-Nennspannung ab, kann für einen Messfehler von bis zu etwa 5 % das Multimeter verantwortlich sein (das können Sie in einem Elektrofachgeschäft überprüfen lassen).

Erweist sich die Messung der Solarspannung als zufriedenstellend, können Sie zum nächsten Schritt übergehen:



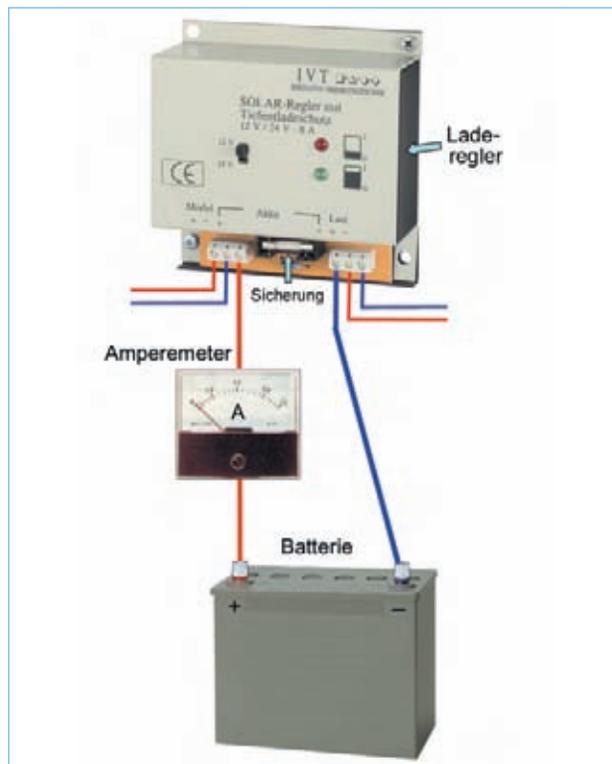
7.1 Funktioniert Ihre Anlage perfekt?

Schritt 3: Messen des Ladestroms

Schließen Sie – vorerst zumindest provisorisch – das Amperemeter zwischen den Pluspol-Ausgang des Ladereglers und den Pluspol-Anschluss der Batterie an. Das Amperemeter müsste nun einen Ladestrom anzeigen, der nur ca. 5 bis 15% niedriger ist als der offizielle Nennstrom des Solarmoduls bzw. des Solargenerators. Auch hier ist die vom Hersteller angegebene Streuung (= eine Toleranz, die typenbezogen zwischen ca. 2 und 10 % liegen darf) zu berücksichtigen. Alles in Ordnung?

Liegt der ermittelte Ladestrom zu tief unterhalb der zumutbaren Toleranz, dürfte es in den meisten Fällen dadurch verursacht sein, dass die Solarspannung nicht ausreichend an die Anlagenbatterie angepasst ist. Man könnte es auch so formulieren, dass die Solarspannung nicht hoch genug ist, um die Anlagenbatterie ordentlich nachladen zu können. Da hier aber auch der Innenwiderstand der Batterie eine Rolle spielt, hat man die Wahl zwischen zwei Lösungsmöglichkeiten:

- Durch parallelen Anschluss einer weiteren Batterie an die bestehende Anlagenbatterie verringert sich der Innenwiderstand des geladenen Energiespeichers, woraufhin der Ladestrom steigt. Nicht vergessen: Wie bereits in Zusammenhang mit Abb. 7.7 erklärt wurde, ist ein Spannungsausgleich beider Batterien vor ihrer leitenden Verbindung erforderlich.
- Die Solarspannung kann durch ein kleines zusätzliches Solarmodul etwas erhöht werden, damit der Spannungsunterschied zwischen der Solar- und der Batteriespannung größer wird, wodurch der Ladestrom (laut ohmschem Gesetz) automatisch steigt. Der damit verbundene Kostenaufwand ist meist viel kleiner als der Leistungsverlust, der ansonsten



durch die unzureichende Nutzung der bestehenden Solarleistung entsteht.

Beide Lösungen können– oder müssen notfalls – bei Bedarf miteinander kombiniert werden. Die Suche nach passenden kleinen Solarmodulen mit einer relativ niedrigen Nennspannung und einem angemessen hohen Nennstrom kann strapazierend sein, denn das Angebot ist auf diesem Gebiet noch recht begrenzt. Die theoretischen Nennspannungen vieler handelsüblicher Solarmodule liegen bedauerlicherweise oft nur zwischen ca. 16,5 und 17,5 Volt. Ziehen wir davon 5 bis 10 % auf Herstellungstreuung und weitere ca. 8 bis 10 % auf die Aufwärmung der Solarzellen ab,

7.1 Funktioniert Ihre Anlage perfekt?

bleibt uns eine zu niedrige Spannung für ein technisch zufriedenstellendes Laden einer kleineren 12-Volt-Batterie übrig, deren Kapazität unterhalb ca. 120 Ah liegt.

Daher bietet sich oft als einfachster Weg eine Erhöhung der Kapazität der Anlagenbatterie an. Der Innenwiderstand einer Batterie halbiert sich, wenn die Batteriekapazität durch eine Zweitbatterie derselben Type und Größe erhöht wird. Der Ladestrom wird sich bei einer solchen Aufrüstung verdoppeln – vorausgesetzt das Solarmodul verfügt noch über diese Stromreserve. Besteht die Anlagenbatterie bereits aus zwei parallel verbundenen Akkus, sinkt bei einer Nachrüstung um einen dritten Akku (derselben Marke und Kapazität) der Innenwiderstand des ganzen Energiespeichers um ein Drittel und der Ladestrom steigt dadurch um ca. 50 %.

Der spezielle Sinuswechselrichter aus *Abb. 7.10* ermöglicht eine laufende Kontrolle der Solaranlagenleistung und des Ladens der Anlagenbatterie. Reichelt bietet zwei Typen dieser Wechselrichter an: den *Solarix 550RI (550 Watt/ 12 Volt)* und den *Solarix 900 RI*

(*900 Watt/24 Volt*). Die in die Wechselrichter integrierten Laderegler sind für einen Modulstrom (Ladestrom) von max. 25 A und eine DC-Stromabnahme von max. 15 A aus-

gelegt. Bei Anwendung dieses Geräts erübrigen sich zusätzliche Messinstrumente, die vorher im Zusammenhang mit der Kontrolle des Ladens angesprochen wurden.

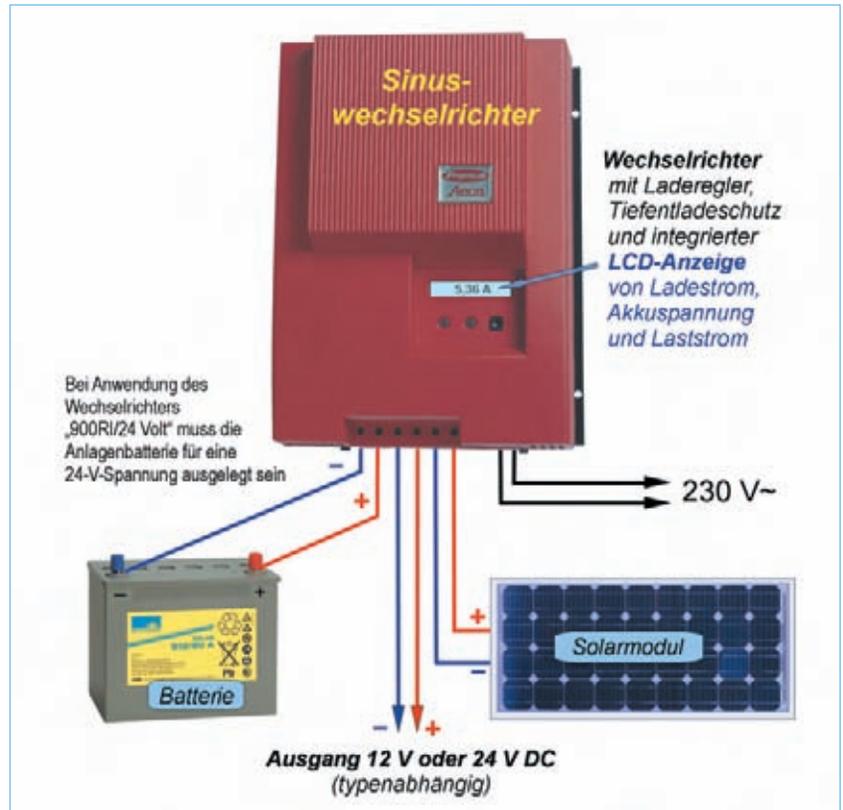


Abb. 7.10 – Der spezielle Fronius-Sinuswechselrichter ist für netzunabhängige Solaranlagen vorgesehen, beinhaltet einen Laderegler mit Tiefentladeschutz und ein Messsystem mit einer LCD-Anzeige, die den Ladestrom, die Modulspannung und die jeweilige Batteriespannung anzeigt (Foto/Anbieter: Reichelt Elektronik).

Bo Hanus

FRANZIS
DO IT YOURSELF

IM HAUS BAND 14

Wie nutze ich Solarenergie in Haus und Garten?

Sie wollen Geld sparen und die notwendigen Installationsarbeiten selbst vornehmen? Dann haben Sie mit diesem Buch die richtige Entscheidung getroffen. In diesem Buch finden Sie eine große Menge praktischer Nutzungsmöglichkeiten der Solarenergie in Haus und Garten. Den Schwerpunkt dieses Buchs bilden viele konkrete Anleitungen sowie Tipps und Tricks rund um die Photovoltaik.

Aus dem Inhalt

- Welche Solarmodule sind die besten?
- Akkus für den Solarstrom berechnen und anschließen
- Selbstversorgung mit Solarstrom
- Experimente mit Solarzellen

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.

Dieses Buch ermöglicht einen Einstieg in die Solartechnik ohne unnötiges Kopfzerbrechen über Grafiken und graue Theorien.

Durch die Auswahl zahlreicher praktischer Bauanleitungen und Montagehinweise ist dieses Buch ein wertvoller Praxisratgeber, bei dem jeder Leser auf seine Kosten kommt. Anhand vieler konkreter Installationsbeispiele erfahren Sie, welche Solaranlage für welchen Einsatzzweck und -ort am besten geeignet ist.

Der verständliche und lockere Stil des kompetenten Autors sorgt dafür, Berührungsängste vor der Solartechnik abzubauen.

Leicht gemacht, Geld und Ärger gespart!

Besuchen Sie uns im Internet: www.franzis.de

EUR 14,95 [D]

ISBN 978-3-7723-4449-7



9 783772 344497