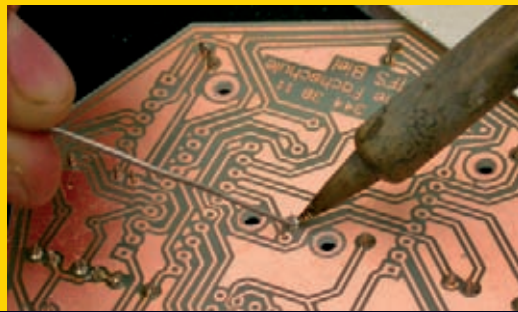


Bo Hanus

Praktische Solaranwendungen mit Leuchtdioden



Leicht gemacht, Geld und Ärger gespart!

- ▶ Anwendungen in Haus und Garten
- ▶ LED-Beleuchtungen im Selbstbau
- ▶ Hochleistungs-LEDs in der Praxis

Vorwort

Leuchtdioden als Lichtquellen gewinnen an Beliebtheit. Sie können bei winzigen Abmessungen ein verblüffend starkes Licht erzeugen und benötigen dazu nur sehr niedrige Versorgungsspannungen. Die meisten der kleineren Leuchtdioden wärmen sich zudem während des Betriebs nur wenig auf und können daher auch in einfache Selbstbauleuchten oder Vorrichtungen eingesetzt werden, die aus wärmeempfindlichen Materialien hergestellt sind.

Die niedrige Versorgungsspannung spricht für den Einsatz von Leuchtdioden in der Photovoltaik. Mit der Anpassung der Leuchtdioden an die Versorgungsspannung ist es jedoch etwas komplizierter als bei herkömmlichen Lampen, denn diese richtet sich nicht immer nach den Nennspannungen der etablierten Spannungsquellen. Zudem hängt die Lichtstärke der Leuchtdioden von dem Strom ab, den sie typenbezogen beziehen und der für sie optimal eingestellt werden sollte. Dies gilt zwar nicht für Fertigprodukte, dafür aber umso mehr bei Anwendungen von Leuchtdioden, die als kahle Bausteine für den Selbstbau in großer Auswahl erhältlich sind und eine faszinierende Spielfläche für die kreative Gestaltung interessanter Lichtquellen bieten.

Wir haben in diesem Buch erhöhte Aufmerksamkeit den Eigenschaften der Leuchtdioden gewidmet, über die Sie bei Anwendung, Installation und Selbstbau im Bilde sein sollten.

Viel Spaß beim Lesen und viel Erfolg bei den Vorhaben, die Sie in Angriff nehmen, wünschen Ihnen

Bo Hanus und seine Co-Autorin (und Ehefrau) Hannelore Hanus-Walther

Inhaltsverzeichnis

1	Leuchtdioden-Solarbeleuchtung in Haus und Garten	9
1.1	Leuchtdioden-Solarleuchten für den Außenbereich	11
1.2	Leuchtdioden-Solarleuchten für den Innenbereich	13
1.3	Bausteine einer Solarbeleuchtung mit Leuchtdioden	15
1.4	Solarbeleuchtung mit LEDs im Selbstbau	17
1.5	Verschalten der Leuchtdioden	18
1.6	Wissenswertes zum Thema „Batterien“ und „Akkus“	22
2	Wichtige Eigenschaften der Leuchtdioden	25
2.1	Standard-Leuchtdioden	35
2.2	Low-Current-LEDs	36
2.3	Superhelle und ultrahelle LEDs	39
2.4	Hochleistungs (High-Power)-Leuchtdioden	43
2.5	Blinkende Leuchtdioden	46
2.6	Zwei- und mehrfarbige Leuchtdioden	48
2.7	Leuchtdioden für die Überwachung der Batteriespannung	50
2.8	Spezial-LEDs für höhere Betriebsspannungen	52
2.9	Die Leuchtkraft der LEDs	53
3	Solarstrom für die LED-Beleuchtung	57
3.1	Funktionsweise der Solarzellen	61
3.2	Solarzellen messen?	66
3.3	Das richtige Solarmodul	71
3.4	Lädt Ihr Solarmodul die Batterie richtig?	74
3.5	Geregelte Ladung kleiner Akkus	78
3.6	Tipps und Tricks zur optimalen Einstellung der Ladespannung	87

Inhaltsverzeichnis

4	Bauanleitungen	91
4.1	Einfache Selbstbauleuchten mit LEDs _____	93
4.2	Beleuchtung kleinerer Objekte _____	99
4.3	Dekorative LED-Anwendungen _____	106
4.4	Blinkende LED-Sektionen _____	109
4.5	LED-Solar-Hausnummer im Selbstbau _____	111
4.6	Außenbeleuchtung mit LEDs _____	118
4.7	Timer für die Außenbeleuchtung _____	121
4.8	Leitungen für die Beleuchtung _____	123
	Stichwortverzeichnis	127

1 Leuchtdioden-Solarbeleuchtung in Haus und Garten

Leuchtdioden, abgekürzt LEDs (*light-emitting-diodes*) erfreuen sich großer Beliebtheit als energiesparende Lichtquellen in der Solartechnik. Sie sind in kompakten Leuchten, Reflektoren, Taschenlampen oder dekorativen Blickfängern eingebaut (*Abb. 1.1 a/b*), zum großen Teil aber auch als „kahle“ Bauteile (*Abb. 1.1 c*) erhältlich, die man kreativ vielseitig nutzen kann. Für spezielle Anwendungen oder hohe Leistungen gibt es weitere LEDs, die von der ursprünglichen Form abweichen (*Abb. 1.1 d*).

Die Preise der Leuchtdioden sinken, das Angebot wird immer größer und interessanter. Für die Anwen-

dungen in der Solartechnik haben die LEDs den besonderen Vorteil, dass sie nur niedrige Versorgungsspannungen benötigen. Sie verfügen jedoch noch über folgende allgemeine Vorteile:

- kleine Abmessungen
- relativ „kaltes“ Licht (mit Ausnahme einiger High-power-LEDs)
- hoher Wirkungsgrad (vor allem bei oranger und roter Farbe)
- lange Lebensdauer (auch beim Blinken)
- Unempfindlichkeit gegenüber Erschütterungen

1 Leuchtdioden-Solarbeleuchtung in Haus und Garten



Abb. 1.1 – Leuchtdioden als Lichtquellen: **a)** LED-Garten- und Wandleuchten. **b)** LED-Lampen und -Reflektoren. **c)** Gebräuchlichste Leuchtdioden als kahle Bauteile. **d)** Hochleistungs-LEDs (*High-power-LEDs*) haben oft besondere Formen und sind für die Montage auf Kühlkörper ausgelegt.

1.1 Leuchtdioden-Solarleuchten für den Außenbereich

Die Auswahl an handelsüblichen Solarleuchten ist groß, die Preise sind oft recht günstig, die Qualität ist aber sehr unterschiedlich. Viele dieser Leuchten haben überwiegend nur dekorativen Charakter, denn sie leuchten vorwiegend im Sommer, und dann auch nur in der ersten Nachthälfte, vorausgesetzt der Tag war tatsächlich sonnig. Im Winter leuchten sie nur noch gelegentlich. Das mag akzeptabel sein, wenn man keinen Wert darauf legt, dass die Leuchte als jederzeit aufrufbare Lichtquelle funktioniert. Gibt man sich damit zufrieden, dass man an dieser Solarbeleuchtung einfach nur Spaß hat, ist es ja auch in Ordnung. Einem verspielt beleuchteten Garten können die Hausbewohner ohnehin vor allem während der wärmeren und sonnigen Jahreszeit richtig genießen – und da funktionieren die meisten Solarleuchten zufriedenstellend.



Abb. 1.2 – Solar-LED-Außenleuchten gibt es in großer Auswahl und oft preisgünstig (Foto/Anbieter: Reichelt Elektronik).

Solar-Außenleuchten, die mit einem IR-Annäherungsschalter ausgelegt sind, haben zwar in dieser Hinsicht einen längeren Atem, schalten jedoch das Licht auch dann ein, wenn eine Katze vorbeiläuft oder eine Fledermaus vorbeifliegt. Manche dieser „Bewegungsmelder“ schalten sogar das Licht ein, wenn eine wärmere Brise weht oder sich die Zweige einer nahestehenden Pflanze bewegen. Solche Leuchten sollten nicht im Sichtbereich des Schlafzimmerfensters stehen, denn das kann die Nachtruhe stören. Dennoch arbeiten Leuchten mit IR-Annäherungsschaltern energiesparend und halten ihren Vorrat an gespeicherter Energie vor allem dann verhältnismäßig lange, wenn sie jeweils nur kurzfristig betrieben werden – was eine dehnbare Aussage ist.



Abb. 1.3 – Ein romantisch verspielter Garten darf auch märchenhaft wirkende Komponenten haben: Die in den kleinen leuchtenden Skulpturen (Kolibri, Libelle, Lilie) integrierten Leuchtdioden wechseln ständig ihre Farbe. Ein kleines Solarmodul speichert hier tagsüber genügend Energie, um die kristallklaren Figuren die ganze Nacht zu erleuchten. Ein integrierter Dämmerungssensor aktiviert die Leuchtdiode automatisch beim Einsetzen der Dunkelheit (Foto/Anbieter: Westfalia).

Technische Fortschritte und fallende Preise der Leuchtdioden haben bei den Anwendungen

1.1 Leuchtdioden-Solarleuchten für den Außenbereich



Abb. 1.4 – In den abgebildeten leuchtenden LED-Pflastersteinen sind als Lichtquellen jeweils zwei superhelle LEDs eingebaut, die sich tagsüber aufladen und nach der Dämmerung leuchten.

dieser energiesparenden Leuchtkörper den Weg zu besseren Solar-Außenleuchten geebnet. Dennoch sollten die meisten dieser Leuchtkörper überwiegend als Gartendekorationen betrachtet werden, denn die in sie integrierten Solarzellen haben zu geringe Flächen, um die interne Batterie in unserem Breitengrad wetterunabhängig aufzuladen. Theoretisch müssten solche Außenleuchten fähig sein, z. B. auch nach drei völlig verregneten Wochen noch zu leuchten. Technisch ist es leicht machbar: Die Solarzellenfläche und die interne Batterie müssten großzügiger dimensioniert werden – aber das verteuert das Produkt und ist nicht unbedingt erforderlich, wenn eine solche Leuchte nur als Gartendekoration verwendet wird. Ist das nicht der Fall, kann die Leuchtdauer einer solchen Leuchte mithilfe eines zusätzlichen Solarmoduls und einer zusätzlichen Batterie nach eigenen Bedürfnissen verlängert werden.

Wer gehobenen Wert darauf legt, dass die Solar-Außenbeleuchtung jederzeit abrufbereit funktioniert, kann sich natürlich auch aus separaten LED-Leuchten, Solar-Minimodulen und Batterien solarelektrische Licht-

quellen selbst erstellen und anlegen. Die Auswahl an Fertigbausteinen, die man nur passend miteinander zu verbinden braucht, ist groß. Der technische Teil solcher Miniprojekte ist nicht kompliziert und setzt keine gehobenen Ansprüche an Fachwissen, Spezialwerkzeuge oder handwerkliches Können voraus. Wichtig ist nur zu wissen, worauf es bei einem solchen Vorhaben ankommt und wie die Bausteine aufeinander abgestimmt werden sollten. Eine gut durchdachte Beleuchtung kann dann ihren Zweck auch im Winter erfüllen und maßgeschneidert an die

individuellen Bedürfnisse angepasst werden.

Eine solarbetriebene Außenbeleuchtung mit Leuchtdioden arbeitet nicht nur energiesparend, sondern kann oft auch kostengünstiger und für den Garten schonender sein als eine Netzspannungs-Zuleitung. Führt z. B. der Graben für das Erdkabel über einen Rasen, kann es Jahre dauern, bevor sich die Erde so gesetzt hat, dass das jährliche Nachfüllen der Rinne entfallen kann.

Wenn Sie einmal eine kleine solarelektrische Beleuchtung errichtet haben, wird es Ihnen nicht mehr schwerfallen, auch weitere Vorhaben dieser Art zu bewerkstelligen. Die Umwandlung von Sonnenlicht in Solarstrom in den Griff zu bekommen, ist nur eine Frage der Übung. Wir werden Ihnen anhand vieler praktischer Beispiele in den folgenden Kapiteln zeigen, welche interessante Möglichkeiten es auf diesem Gebiet gibt und wie sich Leuchtdioden als energiesparende und umgangsfreundliche Leuchtkörper anwenden lassen.

1.2 Leuchtdioden-Solarleuchten für den Innenbereich

Unter der Bezeichnung „Innenbereich“ sind abgeschlossene Räume zu verstehen, in denen die LED-Solarleuchten nicht wettergeschützt sein müssen. Hier können auch nur kahle Leuchtdioden beliebiger Bauart und Ausführung verwendet werden. Die benötigte Versorgungsspannung kann dann sehr niedrig gehalten werden, womit ein Stromschlag problemlos vermieden wird (eine Gleichspannung unter 24 Volt ist sogar für Kinderspielzeuge zugelassen).

Es liegt dabei im persönlichen Ermessen, wie hoch die Gleichspannung für das eine oder andere Anliegen gewählt wird. Die meis-

ten Solar-Inselanlagen (= Solaranlagen, die nicht mit der Netzspannung kombiniert werden) wenden eine Nennspannung von 12 Volt an. Hier können dann bevorzugt Solarleuchten installiert werden, die ebenfalls für eine 12-Volt-Gleichspannung ausgelegt sind (Abb. 1.5). Wird dagegen eine Solarbeleuchtung für einen Standort geplant, bei dem die Solaranlage ausschließlich für die LED-Leuchte(n) angelegt werden soll, genügt es, wenn die Versorgungsspannung nur für von z. B. 3 bis 6 Volt ausgelegt ist. Dies setzt voraus, dass die LED-Leuchten (bzw. die einzelnen LEDs) in Hinsicht auf ihre Versor-

gungsspannung auf die Spannung der angewendeten Batterie abgestimmt werden.

Was man sich darunter konkret vorstellen dürfte, zeigt Abb. 1.6: Eine solche einfache LED-Beleuchtung kann unter Umständen nur aus einzelnen „kahlen“ Leuchtdioden zusammengelötet und z. B. an der Decke eines Geräteschuppens oder Carports angebracht wird. Wir haben in diesem Beispiel weiße „superhelle“ Leuchtdioden angewendet, die für eine Betriebsspannung von 3,6 Volt ausgelegt sind und somit ihren Strom direkt von einer 3,6-Volt-Batterie (die z. B. aus drei NiMH-Akku-Gliedern besteht)

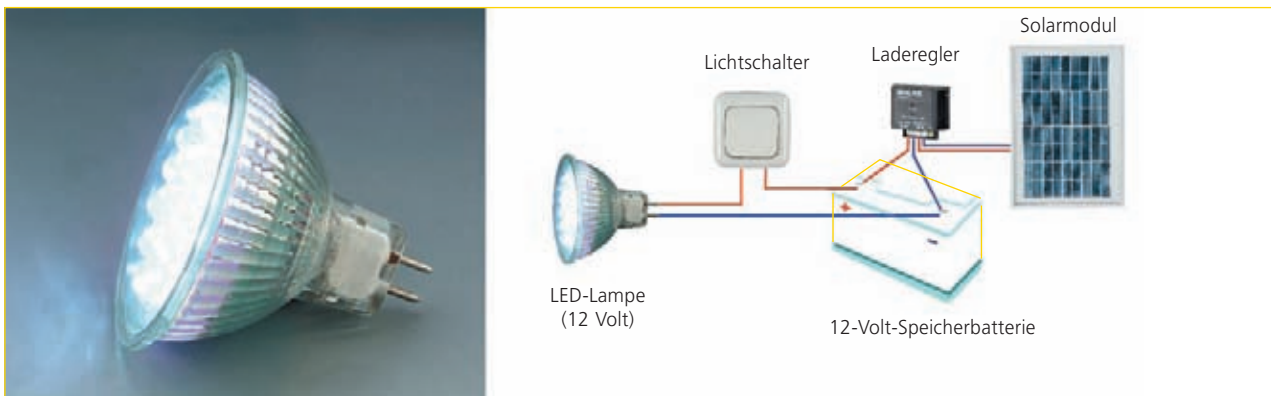


Abb. 1.5 – Für die LED-Beleuchtung im Innenbereich bzw. in überdachten Objekten können beliebige handelsübliche LED-Leuchten verwendet werden, die für eine angemessen niedrige Gleichspannung ausgelegt sind: Ausführungs- und Anschlussbeispiel einer LED-Leuchte an eine Batterie, die von einem Solarmodul geladen wird.

1.2 Leuchtdioden-Solarleuchten für den Innenbereich

beziehen können. Eine solche Batterie kann kostengünstig von einem kleinen und preiswerten Solarmodul geladen werden – wie in diesem Buch später noch anhand mehrerer Beispiele erläutert wird.

Da Solarstrom ein Gleichstrom ist, können im Prinzip alle LED-Leuchten als Solarleuchten verwendet werden, sofern sie für eine Versorgungsspannung ausgelegt sind, die für das Vorhaben geeignet ist. Inwieweit die eine oder andere LED-Fertigleuchte auch tatsächlich energiesparend arbeitet und dabei als LED-Solar-Leuchte subjektiv klassifiziert werden kann, hängt von der

Qualität der angewendeten Leuchtdioden und den internen Verlusten in der Leuchte ab.

Die Leuchtkraftunterschiede sind bei Leuchtdioden sehr groß. Das gilt auch für die superhellen oder ultrahellen Leuchtdioden. Hier findet zwar der Anwender alle erforderlichen Daten der eigentlichen „kahlen“ LEDs (als Elektronik-Bauteile) in den Katalogen oder Datenblättern, aber nicht unbedingt auch bei LED-Leuchten, die als Fertigprodukte im Handel erhältlich sind.

Bei Anwendungen der Leuchtdioden im Innenbereich ist es nicht

erforderlich, dass für eine LED-Beleuchtung kompakte LED-Leuchten angewendet werden. Oft können einfach auch nur kahle einzelne LEDs in verschiedener Konfiguration zu einer LED-Leuchte oder LED-Reihe nach dem Beispiel aus *Abb. 1.7* zusammengelötet werden, wie es den Ansprüchen an Ästhetik oder Funktionalität genügt.

Wenn Sie Leuchtdioden als Bauelemente anwenden möchten, die Sie selbst nach Ihren Vorstellungen zusammensuchen und zusammenschweißen möchten, finden Sie das dazu notwendige Wissen in den folgenden Kapiteln.

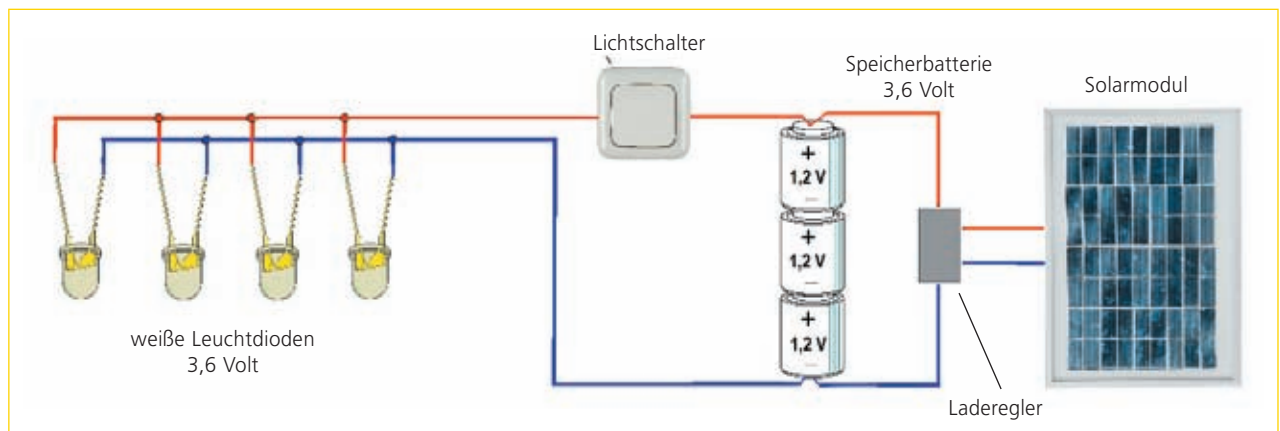


Abb. 1.6 – Für eine einfache solarbetriebene Beleuchtung können wahlweise auch nur kahle Leuchtdioden als „Leuchtkörper“ angewendet werden.

1.3 Bausteine einer Solarbeleuchtung mit Leuchtdioden

Eine Solaranlage beliebiger Größe und Leistung besteht im Prinzip nur aus vier Grundbausteinen, die in *Abb. 1.7* zeichnerisch dargestellt sind: Das Solarmodul fungiert als Ladestromquelle der Anlagenbatterie. Der Laderegler, der zwischen Solarmodul und Batterie eingezeichnet ist, hat zur Aufgabe, die Ladespannung unterhalb der Grenze zu halten, die – einfach formuliert – beim Nachladen der Batterie nicht überschritten werden darf. Der Tiefentladeschutz, der zwischen der Batterie und der Leuchte eingezeichnet ist, schützt die 12-Volt-Bleibatterie vor einer evtl. irreparablen Beschädigung, die durch zu tiefes Entladen entstehen kann.

Laderegler und Tiefentladeschutz sind als Fertigbausteine erhältlich. An ihre Anschlussklemmen werden nach *Abb. 1.8* die restlichen Anlagenbausteine angeschlossen – was keine gehobenen Ansprüche an technische Handfertigkeit voraussetzt. In einige Lade-

regler ist der Tiefentladeschutz bereits integriert (*Abb. 1.8 b*). An der eigentlichen Funktionsweise des Systems ändert sich dadurch nichts.

Wenn als Speicher der Solarenergie nicht Bleiakkumulatoren, sondern NiCd- oder NiMH-Akkus verwendet werden, entfällt der Tiefentladeschutz, da diesen Akkus das Tiefentladen nicht schadet. Genau genommen sollten NiCd-Akkus sogar etwa alle drei Monate entladen werden, da andernfalls ihre Fähigkeit, Energie zu speichern, durch ihren sogenannten *Memoryeffekt* nachlässt – bis sie sich gar nicht mehr nachladen lassen.

Handelsübliche Laderegler sind nur für das Laden von 12- oder 24-Volt-Batterien ausgelegt. Für Batterien mit niedrigeren bzw. abweichenden Spannungen muss die Laderegulierung individuell „zusammengebastelt“ werden. Das ist nicht schwer und wir zeigen Ihnen in den folgenden Kapiteln, wie es gemacht wird.

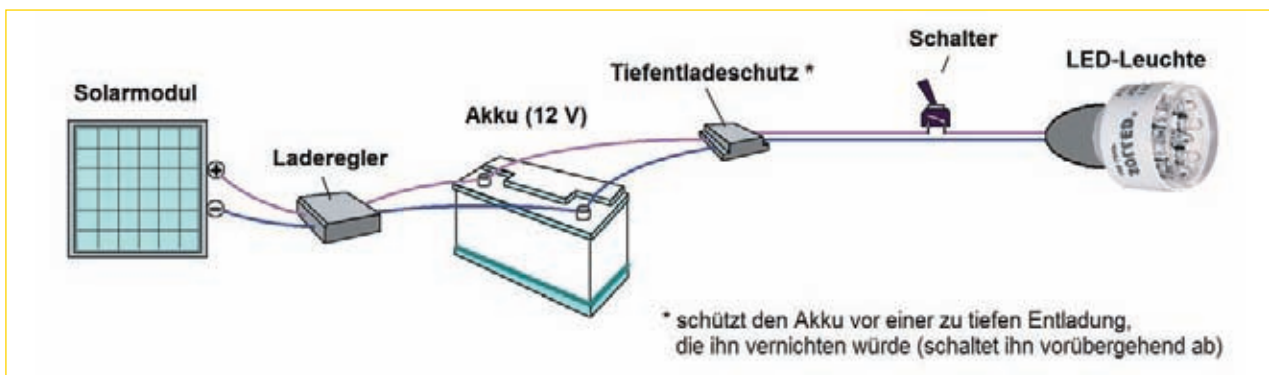


Abb. 1.7 – Grundbausteine einer Solar-Beleuchtung

1.3 Bausteine einer Solarbeleuchtung mit Leuchtdioden

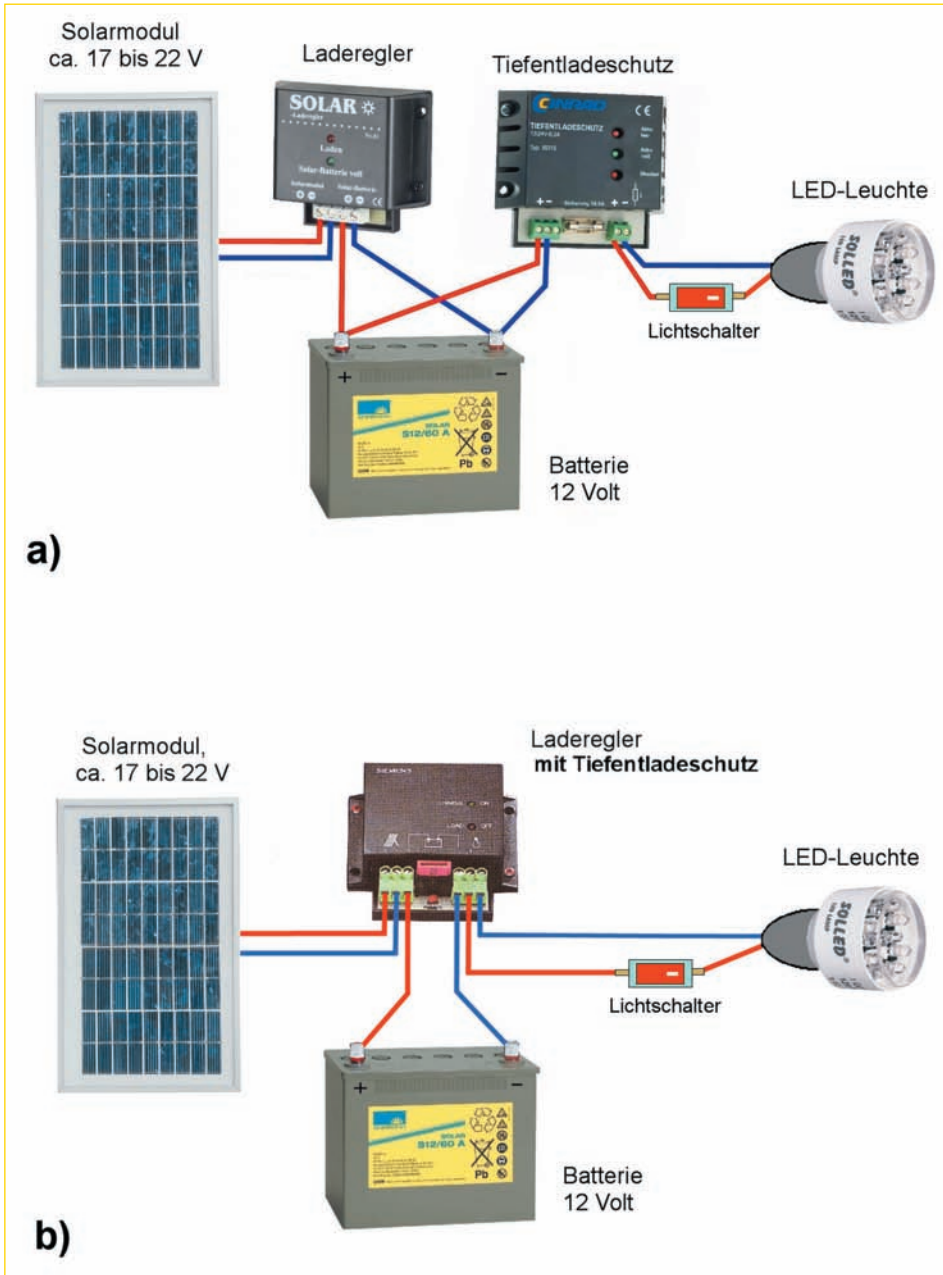


Abb. 1.8 – Beispiel praktischer Ausführungen des Ladereglers und des Tiefentladeschutz-Geräts inklusive Anschlüssen:
a) Laderegler und Tiefentladeschutz als zwei separate Geräte.
b) Laderegler mit integriertem Tiefentladeschutz.

1.4 Solarbeleuchtung mit LEDs im Selbstbau

Wenn Sie Ihre Solarbeleuchtung für die 12-Volt-Betriebsspannung auslegen, stehen Ihnen alle benötigten Bauteile als Fertigbausteine zur Verfügung. Sie brauchen sich nur einen angemessen einfachen (kleinen) Laderegler auszusuchen (der nur für einen niedrigeren Ladestrom ausgelegt ist) und diesen nach *Abb. 1.8* mit den restlichen Bauteilen der Mini-Solaranlage elektrisch zu verbinden. Auf praktische Bauanleitungen kommen wir in weiteren Kapiteln noch zurück. Jetzt sehen wir uns erst an, welche Fragen beim Selbstbau auftauchen und worauf es dabei ankommt.

Mit der Planung eines Selbstbauvorhabens kann auf zweierlei Weise angefangen werden:

- Ist bereits eine Solaranlage mit einer Speicherbatterie vorhanden, wird bei der Planung der Beleuchtung von der Spannung dieser Batterie ausgegangen. Da es sich in einem solchen Fall meist um eine 12-Volt-Batterie handelt, sollte die LED-Beleuchtung in Hinsicht auf diese Spannung ausgelegt werden.
- Wird die Solarstromversorgung speziell für die LED-Beleuchtung konzipiert, kann die Spannung der Speicherbatterie gezielt an die Spannung der vorgesehenen LEDs angepasst werden. Die Planung fängt hier somit bei den Leuchtdioden an, die sich für das Vorhaben am besten eignen bzw. die zweckentsprechend kostengünstigste Lösung bieten.

Die zweite Lösung bietet mehr Planungsspielraum und kann u. a. für die Beleuchtung von kleinen Objekten genutzt werden, da durch die niedrige Versorgungsspannung nur ein kleines, kostengünstiges Solarmodul genügt, bzw. einige einzelne Solarzellen und eine

kleine Batterie ausreichen. Ein Garten-Gerätehaus, ein Carport, eine kleine Gartenlaube oder eine Sitzcke im Garten können auf diese Weise eine solarelektrische Beleuchtung erhalten.

Wenn dabei das Solarmodul nicht auf der Überdachung des Objekts aufgestellt werden kann, muss ein passender Standort gefunden werden. So kann z. B. ein kleines Solarmodul in einem Rosenbogen nach *Abb. 1.9* dezent untergebracht werden.



Abb. 1.9 – In einem Rosenbogen kann z. B. ein kleines Solarmodul so untergebracht werden, dass darunter das Gartenambiente nicht in Mitleidenschaft gezogen wird.

1.5 Verschalten der Leuchtdioden

Bevor wir zu den spezifischen Eigenschaften der Leuchtdioden übergehen, dürfte eine Vorinformation über die Möglichkeiten des Verschaltens dieser Bausteine so manche praxisbezogene Überlegung erleichtern.

Ähnlich wie z. B. Batterien, Solarzellen oder Solarmodule können auch Leuchtdioden sowohl seriell (in Reihe) als auch parallel miteinander verschaltet werden, wenn ein kräftigeres Licht erwünscht ist oder mehrere LEDs gleichzeitig leuchten sollen.

Zwei oder auch mehrere LEDs können nach *Abb. 1.10 a* nur dann in Reihe geschaltet werden, wenn sie für exakt denselben Strom (I_F) ausgelegt und bevorzugt auch auf die gleiche Lichtstärke vorselektiert sind (was bei einfacheren Vorhaben durch einen nur optischen Vergleich vorgenommen werden kann). Bei einer parallelen Verschaltung von zwei oder mehreren LEDs nach *Abb. 1.10 b* ist es wiederum wichtig, dass sie alle für die gleiche Betriebsspannung (U_F) ausgelegt sind. Auch hier ist jedoch eine Vorselektion auf eine möglichst einheitliche Lichtstärke angesagt.

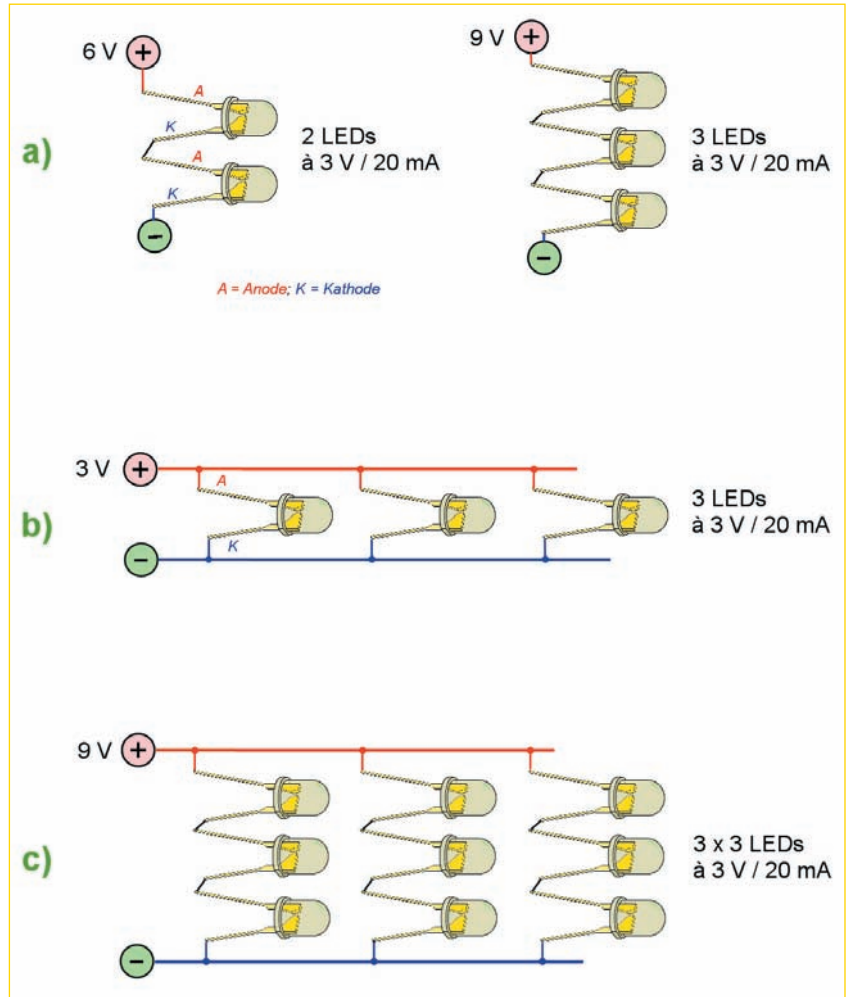


Abb. 1.10 – Verschaltung der Leuchtdioden: **a)** LEDs in Reihe (seriell betrieben) **b)** LEDs parallel betrieben **c)** LEDs seriell/parallel betrieben.

1.5 Verschalten der Leuchtdioden

Bei Bedarf können LEDs auch seriell/parallel nach *Abb. 1.10 c* verschaltet werden. Die in *Abb. 1.10* angegebenen technischen Daten der LEDs sowie die Batteriespannungen sind nur als Beispiele anzusehen, die nicht automatisch für alle LEDs bzw. Lösungen zutreffen.

Werden mehrere LEDs in Reihe (seriell) geschaltet, fließt durch alle derselbe Strom (*Abb. 1.11*). Handelt es sich dabei z. B. um 20-mA-LEDs, fließt durch alle ein Strom von 20 mA – vorausgesetzt die Versorgungsspannung der LED-Reihe wurde so eingestellt, dass der volle Strom von 20 mA durch die LEDs auch tatsächlich fließen kann (*Abb. 11a*). Ist die Versorgungsspannung

niedriger, als es der Summe der einzelnen LED-Versorgungsspannungen entspricht – wie das Beispiel in *Abb. 11b* zeigt –, fließt durch die LEDs ein niedrigerer Strom. In dem Fall leuchten die LEDs entweder proportional schwächer oder – wenn der Strom zu niedrig ist – gar nicht.

Ist es erwünscht, dass die LEDs optimal leuchten, muss die **Versorgungsspannung** der in Reihe geschalteten LEDs so hoch – oder annähernd so hoch – eingestellt werden, dass durch die LEDs ein Strom fließt, dessen Höhe den typenbezogenen (= im Katalog angegebenen) LED-Strom „ I_F “ entspricht. Die Einstel-

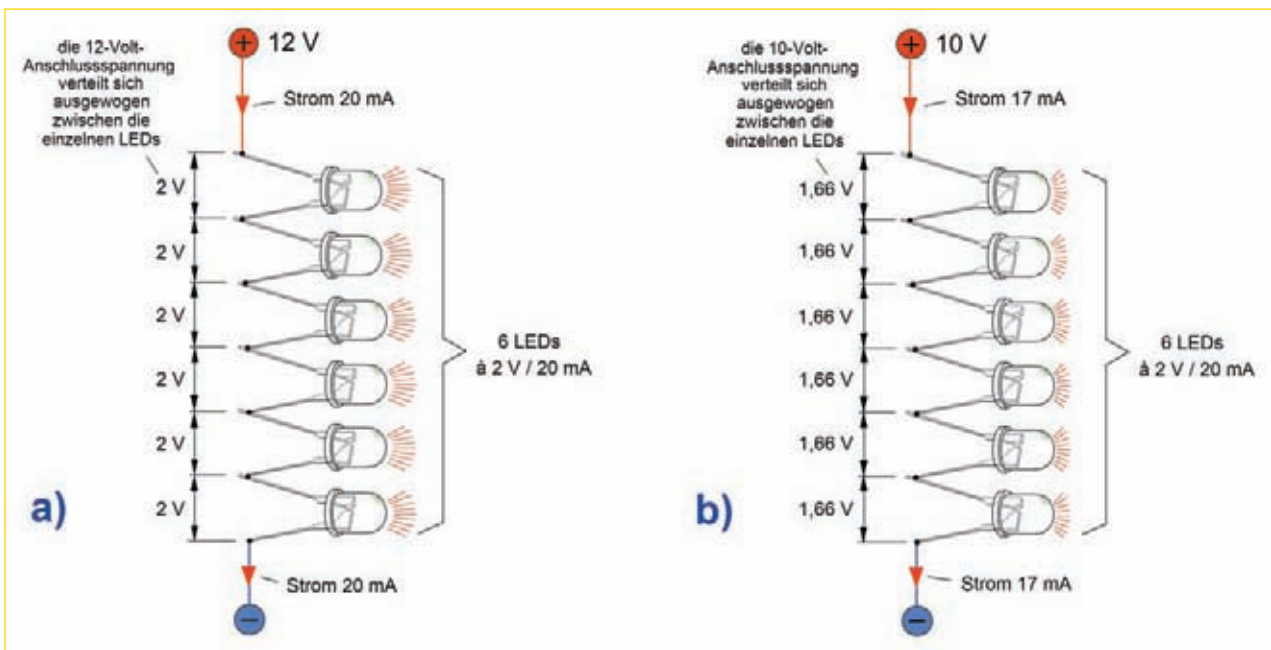


Abb. 1.11 – LEDs in Reihenschaltung

1.5 Verschalten der Leuchtdioden

lung der LED-Versorgungsspannung – und somit des LED-Stroms kann z. B. nach *Abb. 1.12a* mithilfe eines Einstellreglers vorgenommen werden, der anschließend durch einen Kohleschicht-Vorwiderstand ersetzt wird. Der ohmsche Wert dieses Vorwiderstands wird so ermittelt, dass der am Einstellregler eingestellte Widerstand **nach vorhergehendem Abschalten der Versorgungsspannung** mit einem Multimeter gemessen wird.

Ist bei einer LED-Hintergrundbeleuchtung oder bei einem LED-Mosaik nicht die volle Lichtstärke erforderlich, kann durch die Einstellung der Versorgungsspannung der LED-Strom so verringert werden, dass die LEDs wunschgerecht etwas schwächer leuchten.

Eine LED-Reihe kann sich bei Bedarf auch aus LEDs zusammensetzen, die zwar für eine unterschiedlich hohe Versorgungsspannung (U_F), aber für denselben Strom (I_F) ausgelegt sind. Die Anschlussspannung verteilt sich dann in der LED-Kette entsprechend der U_F einzelner LEDs nach dem Beispiel in *Abb. 1.13*. Die Spannungsdifferenz, die in diesem Beispiel 0,9 Volt beträgt, muss der Vorwiderstand abfangen. Wäre er in einer solchen Schaltung nicht vorhanden, würde sich die Anschlussspannung nur

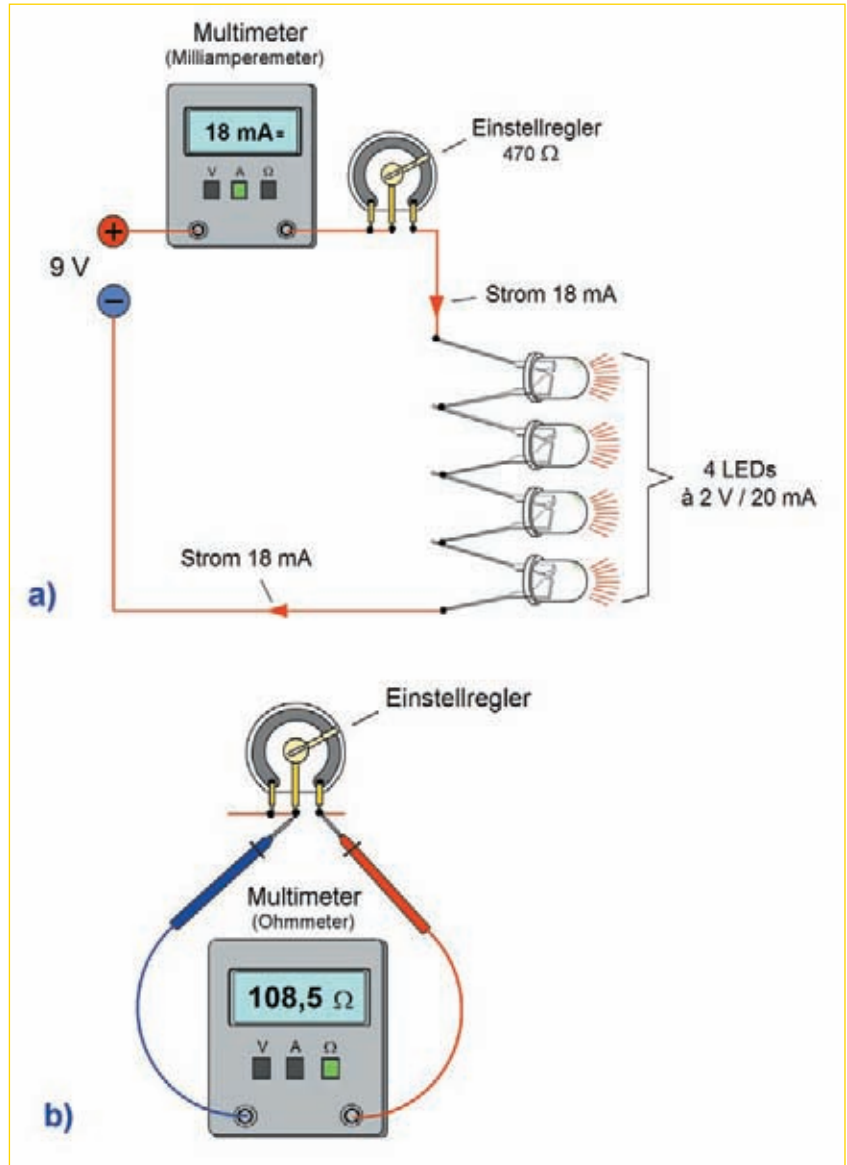


Abb. 1.12 – a) Einstellung des optimalen Stroms, der durch eine LED-Reihe fließt. **b)** Messen des am Einstellregler eingestellten Widerstands.

1.5 Verschalten der Leuchtdioden

unter den einzelnen LEDs verteilen. Die LEDs würden dadurch einen höheren Strom beziehen als die erlaubten 20 mA. Dabei würden sie zwar kräftiger leuchten, aber diese überhöhte Leistung (LED-Spannung multipliziert mit dem LED-Strom) würde sie auf die Dauer vernichten.

Werden in solchen kombinierten Anordnungen (nach Abb. 1.13) Leuchtdioden unterschiedlicher Herkunft, Type oder Lichtstärke (I_V) verwendet, wird die Lichtintensität einzelner LEDs nicht ausgewogen sein. In diesem Fall ist eine Vorselektion einzelner LEDs erforderlich.

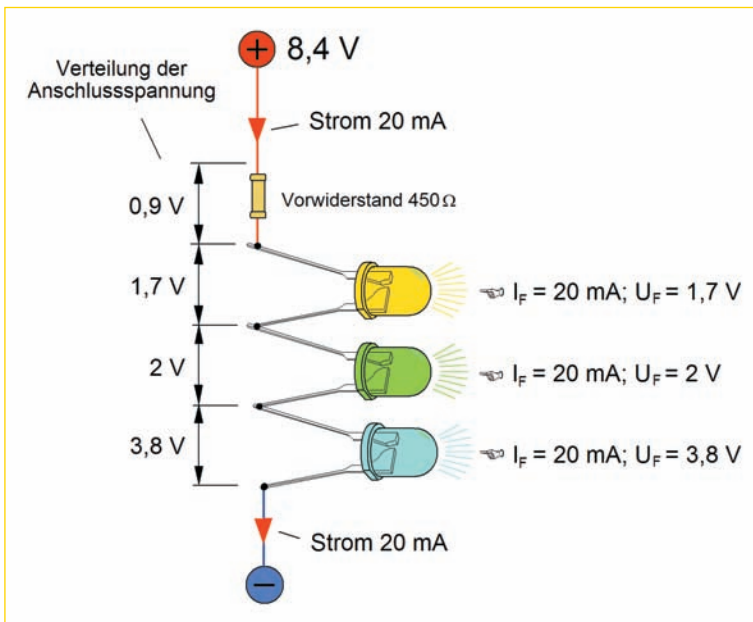


Abb. 1.13 – LEDs, die für unterschiedliche Betriebsspannungen (U_F) ausgelegt sind, dürfen in Reihe geschaltet werden, wenn sie für den gleichen Strom (I_F) ausgelegt sind – vorausgesetzt, die Ausgewogenheit der einzelnen Lichtstärken ist zufriedenstellend.

1.6 Wissenswertes zum Thema „Batterien“ und „Akkus“

Solarbetriebene Leuchtdioden, wie auch andere Leuchtkörper, benötigen einen Energie-Speicher in der Form einer Batterie.

Eine solarelektrisch betriebene Beleuchtung ist im Prinzip ähnlich ausgelegt wie z. B. die Beleuchtung eines Kraftfahrzeuges: Ein elektrischer Generator, der bei dem Kraftfahrzeug als „Lichtmaschine“ bezeichnet wird, lädt über eine Laderegulierung die Autobatterie automatisch immer dann nach, wenn das Fahrzeug fährt. Bei einer solarelektrischen Beleuchtung fungiert ein Solarmodul – bzw. eine Reihe von Solarzellen – als **Generator der elektrischen Energie**, die ebenfalls die Speicherbatterie über einen Laderegler jeweils dann nachlädt, wenn die Sonne ausreichend scheint.

Als Energiespeicher können in der Solartechnik generell alle wiederaufladbaren Batterien verwendet werden. Für größere Anlagen eignen sich sowohl die „echten“ Solar- als auch Auto- oder diverse kleinere Bleibatterien (Bleiakkus), die meist für Spannungen von 6 und 12 Volt ausgelegt sind.

Gut zu wissen

Der Unterschied zwischen der Bezeichnung „Akku“ und „Batterie“ ist erklärungsbedürftig. In der Grundform eines kleinen Gliedes wird als **Batterie** üblicherweise eine **nicht wiederaufladbare „Einwegbatterie“** bezeichnet. Spricht man dagegen von einem **Akku** (Akkumulator), handelt es sich um einen nachladbaren Energiespeicher in der Form eines einzigen Gliedes. Werden jedoch mehrere Akkus als einzelne Glieder zu einer Einheit zusammengesetzt, bezeichnet man sie ebenfalls als „Batterie“. So besteht z. B. eine Autobatterie aus sechs Bleiakku-Gliedern à 2 Volt, die miteinander in Reihe zu einer „Batterie“ verbunden und in ein gemeinsames Gehäuse untergebracht werden.

In der Praxis kann allerdings nur ein Branchen-Insider beurteilen, ob ein „wiederaufladbarer“ Energiespeicher nur aus einem oder aus mehreren Einzelgliedern besteht. Daher werden – je nach Lust und Laune – eigentlich alle nachladbaren Energiespeicher wahlweise entweder als Batterien oder als Akkus bezeichnet. Wir sprechen von einer *Autobatterie*, die sechs Akku-Glieder beinhaltet, aber den 12-Volt-Akkuschrauber bezeichnen wir nicht als „Batterieschrauber“ – obwohl er seine Energie ebenfalls von einer „Batterie“ mit zehn Akku-Gliedern à 1,2 Volt bezieht. Die unterschiedliche Bezeichnung hat hier also nur etwas mit der 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 Text oder in einer Zeichnung hervorheben, dass es sich bei einem Energiespeicher nicht um eine Einweg-, sondern um eine wiederaufladbare Batterie handelt, bevorzugt man die Bezeichnung Akku, denn die steht eindeutig *nur* für einen wiederaufladbaren Energiespeicher.

1.6 Wissenswertes zum Thema „Batterien“ und „Akkus“



Abb. 1.14 – Als Energiespeicher können in der Solartechnik generell alle wiederaufladbaren Batterien (Akkus) verwendet werden: Der Handel führt eine große Auswahl an Batterien verschiedener Größen, Spannungen und Kapazitäten.

Wie viel Energie eine Batterie speichern kann, hängt bekanntlich von ihrer Größe ab. Die optisch wahrnehmbare Größe sagt natürlich nichts über das eigentliche Fassungsvermögen aus – wohl aber ihre Kapazität in Amperestunden (Ah). Bei einem Wein- oder Bierfass (Abb. 1.15) wird das Fassungsvermögen in Liter, bei einer Batterie in Amperestunden angegeben.

Kennt man die Kapazität einer Batterie und den Strombedarf des an sie angeschlossenen elektrischen Verbrauchers, kann man sich – ähnlich wie beim Anzapfen eines Weinfasses – leicht ausrechnen, wie lange man mit dem vorhandenen Vorrat auskommt. Die **Nennkapazität der Batterie in Amperestunden (Ah)** kann man vereinfacht als ihren energetischen Inhalt an „Ampere mal Betriebsstunden“ betrachten: Von einer Batterie, deren Kapazität 10 Ah beträgt, können wir beispielsweise 10 Stunden lang einen

Strom von einem Ampere (A) oder 20 Stunden lang einen Strom von 0,5 Ampere oder 100 Stunden lang einen Strom von 0,1 Ampere (usw.) beziehen, bevor die Batterie leer ist. Die eigentliche Batteriespannung darf dabei außer Acht gelassen werden.

Beim Selbstbau einer eigenen Solaranlage – egal, welcher Größe – ist es wichtig, dass die Kapazität der vorgesehenen Batterie groß genug gewählt wird, um die erforderliche elektrische Energie für eine lückenlose Stromversorgung der elektrischen Verbraucher zu gewährleisten. Dies beinhaltet, dass auch die sonnenarmen „Durststrecken“ zu berücksichtigen sind, die während trüber oder regnerischer Tage zu erwarten sind. Die Zeitspannen, während denen die Speicherbatterie voraussichtlich nicht geladen werden kann, hängen zum Teil von der Jahreszeit ab.

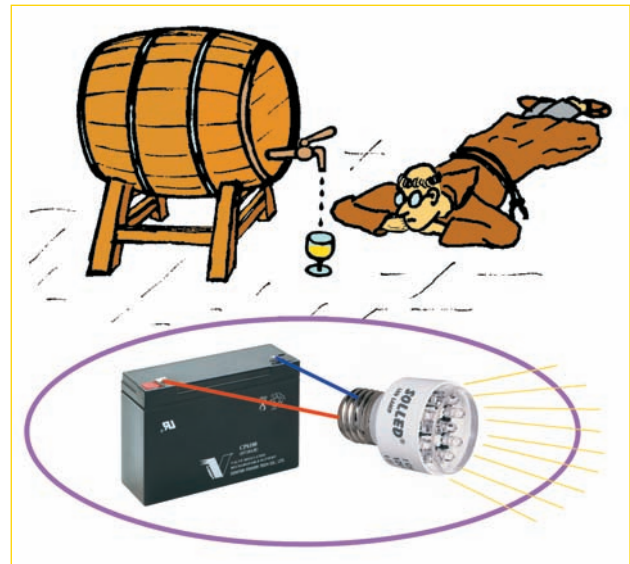


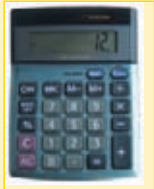
Abb. 1.15 – Bei einem Wein- oder Bierfass wird das Fassungsvermögen in Liter, bei einer Batterie in Amperestunden angegeben.

1.6 Wissenswertes zum Thema „Batterien“ und „Akkus“

Beispiel

Für die Beleuchtung einer Gartenlaube werden wir acht superhelle Leuchtdioden verwenden, die für eine Betriebsspannung (U_F) von 3 Volt und einen Betriebsstrom (I_F) von 20 mA (Milliampere) pro LED ausgelegt sind. Wir wählen eine Anordnung nach dem Prinzip aus *Abb. 1.16*, bei der die LEDs als Duos geschaltet sind, somit eine Versorgungsspannung von 6 Volt benötigen und einen Strom von $4 \times 20 \text{ mA}$ (= 80 mA bzw. 0,08 A) beziehen.

Die Beleuchtung in der Gartenlaube wird voraussichtlich nur während der wärmeren Jahreszeit etwa 4 bis 6 Stunden pro Woche benötigt. Wir wollen dabei nicht ausschließen, dass sich eventuell auch zwei Wochen lang die Sonne nicht zeigen könnte, und daher die verwendete Batterie über eine Kapazität verfügen sollte, die etwa 12 Stunden lang die Beleuchtung mit Strom versorgen kann.



Das sehen wir uns genauer an: 12 Stunden mal 0,08 Ampere ergibt 0,96 Ah. Das stellt aufgerundet eine Akku-Kapazität von 1 Ah dar.

Hinweis

Sollten Sie in Zusammenhang mit der Anwendung von Solarzellen und Solarmodulen noch Fragen haben, auf die Sie in diesem Buch keine ausführlichen Antworten finden, empfehlen wir Ihnen folgende themenverwandte Bücher:

- Wie nutze ich Solarenergie in Haus und Garten? (ISBN 978-3-7723-4449-7)
- Experimente mit superhellen Leuchtdioden (978-3-7723-4208-0.)
- Wie nutze ich Solar- und Windenergie in der Freizeit und im Hobby? (ISBN 978-3-7723-4419-0)

Weitere Beispiele der Berechnung einer optimalen Kapazität und das solarelektrische Laden von Batterien, die als Speicher der benötigten Solarenergie dienen sollen, werden in diesem Buch noch anhand konkreter Lösungsvorschläge detailliert erläutert.

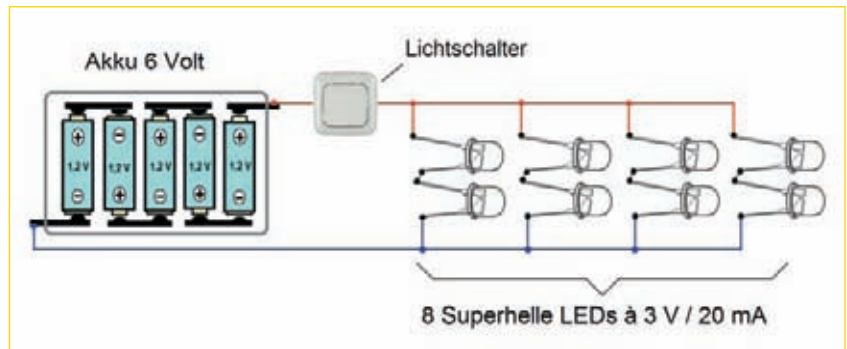


Abb. 1.16 – Ein kleiner 6-Volt-Akku, der sich aus fünf NiMH-Zellen zusammensetzt, kann für eine wenig beanspruchte Beleuchtung als Speicher der Solarenergie dienen.

Stichwortverzeichnis

A

Abstrahlwinkel 39, 42, 55, 95
Abzweigdosen (Aufputz-Installationsdosen) 123
Amorphe-Dünnschicht-Solarmodule 59
Amperestunden 23
Analogmultimeter 67
Außenbeleuchtung 118

B

Batterien und Akkus 22
Beleuchtung
 einer Gartenlaube 24
 eines Raums 95
Beobachtungswinkel 40
Berechnung der Zenerdioden-Leistung 81
Betriebsspannung (U_F) 26
Betriebsstrom (I_F) 26
Blinkende
 LED-Sektionen 109
 Leuchtdioden 46
Blinker mit dem IC NE 555 109

C

Candela (cd) 53
Carports 99

D

Dekorative
 LED-Anwendungen 106
Digitalmultimeter 67
Dosenklemmen 123
Duo-LEDs/Bicolor-LEDs 48

E

Einstellbare Spannungsregelung 83
Einstellregler 20, 107

Einstellung

 der Ladespannung 87
 der LED-Lichtstärke 107
 des optimalen Stroms 20
Elektromagnetische Relais 47
Elliptische LED 40
Erhöhung
 der Akkukapazität 120
 der Solar-Ladeleistung 102
 der Solarspannung 101

F

Full-Color-LEDs 48
Funktionsweise der Solarzellen 61

G

Garten-Gerätehaus 99
Gartenlaube 99
Gartenlauben-Beleuchtung 105
Gekapselte Solarzellen 58, 77

H

Hausnummer 36
High-Power-LEDs 104
Hochleistungs
 (High-Power)-Leuchtdioden 43
 SMD-LEDs 41
Höchstgrenzen der Ladespannung für NiMH-Akkus 88

I

internationale Standard-Testbedingungen 62

K

Kapazitäten der Elkos 87
Kontrollmessung des Ladens 75
Kontrollvoltmeter am Akku 104
Kristalline Solarzellen 59
Kühlkörper 43, 45

L

Laden eines Akkus 71
Laderegler 15, 73
 mit Tiefentladeschutz 16
Ladespannung 72, 79
Ladestrom 75
Ladung kleiner Akkus 78
Ladungsträger 61
LEDs (light-emitting-diodes) 9
 Anordnung in einer Selbstbauleuchte 94
 Außenleuchten 11
 Betriebsstrom (I_F) 27
 Durchlassspannung (U_F) 27
 für höhere Betriebsspannungen 52
 Garten- und Wandleuchten 10
 in Reihe 18
 in Reihenschaltung 19
 Nennleistung (P) 27
 parallel betrieben 18
 Pflasterstein 12
 Schaltzeichen 26
 seriell/parallel betrieben 18
 Solar-Hausnummer 111
Leerlaufspannung 62
Leiterdurchmesser 125
Leiterquerschnitt 125
Leitungen für die Beleuchtung 123
Leuchtdioden für die Überwachung der Batteriespannung 50
Leuchtende Flächen oder Mosaiken 106
Leuchtkraft 39
 der LEDs 53
Lichtstärke 39
Lichtstrom 39, 53
Löten 92
Lötflächen 65

Stichwortverzeichnis

Low-Batt-Warndiode 50
 Low-Current-LEDs 36
 Lumen (lm) 53
 Lüsterklemmen 123

M

Messbereiche 68
 Messgenauigkeit 67
 Millicandel (mcd) 53
 Minimodule 70
 Modul-Leerlaufspannung 86
 Monokristalline Zellen 59
 Mosaik 35
 Multimeter 20, 66

N

Negativschicht 61
 Neigungsschalter 121
 Nennkapazität 23
 Nennleistung 62
 eines Vorwiderstands 34
 Nennspannung 69
 einer Solarzelle 61
 einer Batterie 29
 NiCd-Akkus 78
 NiMH-Akkus 78

O

Ohmsche
 Widerstand der Kupferleiter 125
 Gesetz 33
 Optik für ausgewogene
 Lichtverteilung 42
 Ornamente 35

P

Pin-Belegung des ICs 4066 112
 Polykristalline (multikristalline)
 Zellen 59

Positivschicht 61

R

Regelung der Ladespannung bei
 kleineren Akkus 80
 Relais 47

S

Schaltstrom der Relaiskontakte 47
 Schottky-Dioden 102
 Schutzdiode (Schottky-Diode) 75
 Selbstbau-Dämmerungsschalter 113
 Selbstbauleuchten 93
 Selbstbau-Spannungsregelung 45, 83
 SMD-Leuchtdioden 95
 Solarelektrisch Laden 74
 Solar-Hausnummer 115, 117
 Solar-Inselanlagen 13
 Solar-Laderegler-IC PB 137 90
 Solar-Ladevorrichtung 74
 Solar-Minimodule 58, 105
 Solarmodul 16, 64, 71
 Solarspannung 64
 Solarzellen 57, 58
 Spannung
 bei maximaler Belastung 69
 bei maximaler Leistung 62
 Spulenwiderstand 47
 Standard-LEDs 35
 Standard-Leuchtdioden 27
 Superhelle und ultrahelle LEDs 39

T

Temperaturabhängige Veränderung der Zellenleistung 86
 Tiefentladeschutz 15
 Tiefentladeschwelle 71

Timer für die Außenbeleuchtung 121
 Tricks zur optimalen Einstellung der Ladespannung 89
 Trittmatten-Schalter 121

U

Überprüfung der Zenerdioden-Funktionsweise 85

V

Verschalten der Leuchtdioden 18
 Versorgungsspannung 100
 Versuchsschaltung mit dem IC 4066 113
 Verzinnen der LED-Anschlüsse 96
 Vorwiderstände 106, 107

W

Widerstände 31
 Widerstandsmessung 107
 Wochenendhäuser 120

Z

Zellenkette 63
 Zenerdiode 50, 101, 104, 111, 115
 Sperrspannungen 117
 Zungenschalter (Reed-Schalter) 121
 Zwei
 oder mehrere LEDs in Reihe 93
 und mehrfarbige Leuchtdioden 48
 Zweitbatterie 76

Bo Hanus

Praktische Solaranwendungen mit Leuchtdioden

Leuchtdioden gewinnen als Lichtquellen in Haus und Garten immer mehr an Beliebtheit. Sie können bei winzigen Abmessungen ein verblüffend starkes Licht erzeugen und benötigen dazu nur sehr niedrige Versorgungsspannungen. Außerdem bieten Ihnen LEDs eine faszinierende Spielfläche für kreative Gestaltungen interessanter Lichtquellen. Dieses Buch informiert Sie über viele praktische Nutzungsmöglichkeiten von Solaranwendungen mit Leuchtdioden in Haus und Garten.

Den Schwerpunkt dieses Buchs bilden viele konkrete Bauvorschläge für Solaranwendungen mit Leuchtdioden. Alle aufgeführten Beispiele werden leicht verständlich erklärt, sodass auch ein technisch unerfahrener „Einsteiger“ verblüfft sein dürfte, wie einfach zum Beispiel der Bau von LED-Solarleuchten für Haus und Garten ist. Durch zahlreiche praktische Bauanleitungen und Montagehinweise ist dieses Buch ein wertvoller Praxisratgeber, bei dem jeder Leser auf seine Kosten kommt. Sie finden detaillierte Beschreibungen und Unterstützung bei allen auftretenden Fragen.

Aus dem Inhalt

- LED-Solarbeleuchtung in Haus und Garten
- Solarbeleuchtung mit LEDs im Selbstbau
- Hochleistungs-LEDs in der Praxis
- Selbstbauleuchten mit LEDs

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.

Leicht gemacht, Geld und Ärger gespart!

Besuchen Sie uns im Internet: www.franzis.de

EUR 14,95 [D]

ISBN 978-3-7723-4410-7



9 783772 344107