



## INTELLIGENTE SOLARLEUCHTENSTEUERUNG

**Die kompakte und intelligente Steuerung kann einfache Solarleuchtensteuerungen unmittelbar ersetzen, sie verwaltet die Akku-Energie des Solar-Akkus so, dass stets genügend Energie für die wichtigsten Betriebszeiten einer Solarleuchte vorhanden ist. So wird die Leuchte z. B. in der dunklen Jahreszeit am späten Abend abgeschaltet, um noch genügend Energie für das Wiedereinschalten am frühen Morgen zur Verfügung zu haben. Durch die geringe Größe ist die Schaltung in nahezu jeder Solarleuchte nachrüstbar.**

### Immer genug Energie

Nimmt man handelsübliche Solarleuchten in Betrieb, etwa als Hausnummernbeleuchtung, Wegebeleuchtung, Garten- oder Terrassenleuchte, Orientierungslicht o. Ä., so stellt man spätestens im Winterhalbjahr fest, dass die wenigen Stunden Helligkeit am Tage oft nicht ausreichen, den kleinen Solar-Akku in der Leuchte so weit zu laden, dass dessen Energie ausreicht, die Leuchte die ganze Nacht zu betreiben. Die Folge ist, dass die Leuchte am Abend nach wenigen Stunden Betrieb nicht mehr ihrer Funktion nachkommt. Dieses Defizit verstärkt sich bei lang anhaltenden Schlechtwetterperioden immer mehr.

Der Hauptgrund für die mangelhafte Verwaltung der in solchen Situationen knappen Akku-Energie ist die in den meisten Leuchten installierte einfache Elektronik (Abbildung 1), die oft nur aus einer auf das Minimum reduzierten Ladeschaltung besteht, die lediglich dafür sorgt, dass der volle Akku sich nicht über die bei Dunkel-

heit keine Spannung liefernde Solarzelle entlädt. Das Ganze wird noch durch einen ganz einfachen Dämmerungsschalter ergänzt. Da es bei diesen einfachen Schaltungen keine Spannungsregelung für die als Leuchtmittel dienenden Leuchtdioden gibt, wird auch die vorhandene Akku-Kapazität nicht ausgenutzt – die direkt an den Akku geschalteten LEDs werden mit jedem Zehntel Volt dunkler und dunkler, bis sie, an der Flussspannung angekommen, ausfallen, obwohl der Akku „noch etwas könnte“. „Bessere“ Leuchten verfügen dann noch über eine Spannungsverdopplerschaltung, um wenigstens überhaupt eine weiße LED mit ihrer bekanntermaßen recht hohen Flussspannung betreiben zu können. Solch eine Schaltung reagiert jedoch recht empfindlich auf den Spannungsabfall des Akkus – die LED schaltet schlagartig ab.

Unsere kleine Schaltung vermeidet eine Reihe dieser genannten Nachteile. Sie ist so kompakt, dass sie problemlos in den meisten Solarleuchten nachrüstbar ist, indem sie einfach gegen die dort installierte Elektronik ausgetauscht wird.

Der Hauptvorteil ist die selbstlernende, intelligente Energieverwaltung: Der steuernde Mikroprozessor erkennt selbstständig die Beleuchtungsdauer und teilt die eingeladene Energie so ein, dass die Leuchte dann ihre volle Energie erhält, wenn sie am meisten benötigt wird – z. B. im Winterhalbjahr am Abend und am frühen Morgen. Bei einer langen Ladedauer jedoch, wenn genügend Energie nachgeladen werden konnte (Sommerbetrieb), kann die Leuchte wie üblich die ganze Nacht hindurch leuchten.

Hinzu kommt hier eine effektive Ausnutzung des Akku-Spannungspotentials, so dass man eine konstante Helligkeit der Beleuchtung auch bei sinkender Akkuspannung realisieren kann.

Lassen Sie uns die Features der kleinen Schaltung genauer betrachten.

### Funktionsweise

Eine normale Solarleuchte wird bei Tageslicht geladen und bei einsetzender Dämmerung schaltet die Beleuchtung (LED) ein. Je nach gespeicherter Energie, die natürlich von der Sonnenscheindauer abhängt, leuchtet die LED so lange, bis der Akku leer ist bzw. die Akkuspannung unter der Flussspannung der LED liegt. Diese Prozedur wiederholt sich dabei jeden Tag aufs Gleiche. Da die Spannung der Akkus nicht kontrolliert wird, kann es unter Umständen auch zu einer Tiefentladung der Akkus kommen.

Durch Einsatz einer intelligenten Steuerung werden diese Nachteile vermieden und sogar völlig neue Gebrauchseigenschaften der Leuchte realisiert. Der Mikrocontroller erkennt anhand der Länge von Sonnenscheindauer und Nachtphase, welche Jahreszeit gerade vorherrscht. Im Herbst und Winter wird die Leuchtdauer der LED so gewählt, dass die Solarleuchte nicht die ganze Nacht leuchtet, sondern am späten Abend ausschaltet. Die eingesparte Energie wird dazu genutzt, um dann am frühen Morgen die Beleuchtung wieder einzuschalten. In Abbildung 2 ist vergleichend dargestellt, wie sich eine „normale“ Solarleuchte und eine mit einer intelligenten Steuerung verhält.

Durch Messung der Akkuspannung bzw. der Spannung am Solarmodul erhält der Mikrocontroller Informationen, mit denen auch der Ladezustand des Akkus ermittelt

Technische Daten: Solarleuchtensteuerung	
Akkuspannung:	2,4–3,6 V (2 oder 3 Zellen)
LED-Ausgang:	Konstantstrom ca. 9 mA
Abm. (B x T):	31 x 22 mm



**Bild 1: Die Komponenten einer üblichen Solarleuchte**

werden kann. Alle diese Informationen und die selbstlernende Eigenschaft des Controllers führen zu einem Betrieb, bei dem auch die Akkus geschont werden.

Durch Einsatz eines Step-up-Wandlers für die Ansteuerung der LEDs bleibt die Helligkeit der LED(s) auch bei sinkender Akkuspannung konstant. Zudem können mehrere LEDs (bis zu drei) angeschlossen werden. Durch die ständige Spannungsüberwachung des Akkus wird zudem eine Tiefentladung der Akkus verhindert.

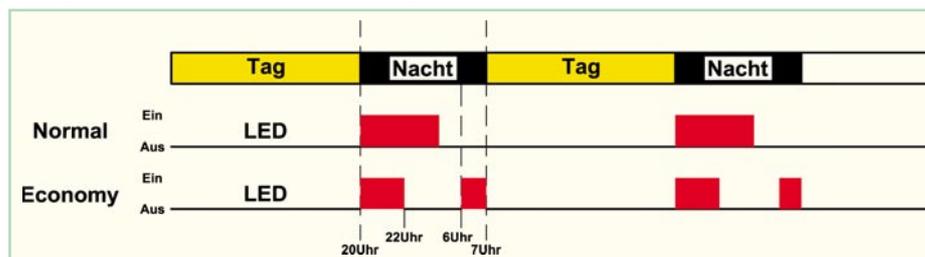
### Schaltung

Das Schaltbild der Solarsteuerung ist in Abbildung 3 dargestellt. Wie man erkennt, dominiert der Mikrocontroller IC 1. Der Akku wird mit den Anschlüssen ST 1 und ST 2 und die Solarzelle mit den Anschlüssen ST 3 und ST 4 verbunden.

Über die Schottky-Diode D 1 (die den Stromrückfluss zur Solarzelle verhindert) gelangt der Ladestrom von der Solarzelle zum Akku. Eine Ladestrombegrenzung ist nicht notwendig, da der Innenwiderstand der Solarzelle dies übernimmt. Der Mikrocontroller IC 1 vom Typ ATmega 48 verfügt über einen internen Analog-Digital-Wandler, mit dem die Akku- und die Solarzellenspannung gemessen werden. Da der A/D-Wandler mit einer Referenzspannung von 1,2 V arbeitet und dies somit die maximale messbare Spannung darstellt, sind entsprechende Spannungsteiler notwendig. Dies geschieht mit R 4 und R 7 für die Span-

ja vorwiegend in Solarlampen eingesetzt werden, eine relativ hohe Flussspannung (3 V bis 3,5 V) aufweisen. Bei 2 NC-Akkus beträgt die Betriebsspannung max. 2,4 V, was zur Versorgung einer weißen LED mit einer  $U_F$  von 3,5 V nicht ausreicht.

Der Step-up-Wandler besteht im Wesentlichen aus IC 2, T 1 und L 1. Die grundlegende Funktion eines solchen Wandlers wurde ja schon mehrfach in ELV-Artikeln beschrieben, weshalb wir hier nicht ins Detail gehen wollen. IC 2 vom Typ ZXSC400 des Herstellers Zetex ist das Steuerelement des Wandlers, der den Schalttransistor T 1 ansteuert. Um



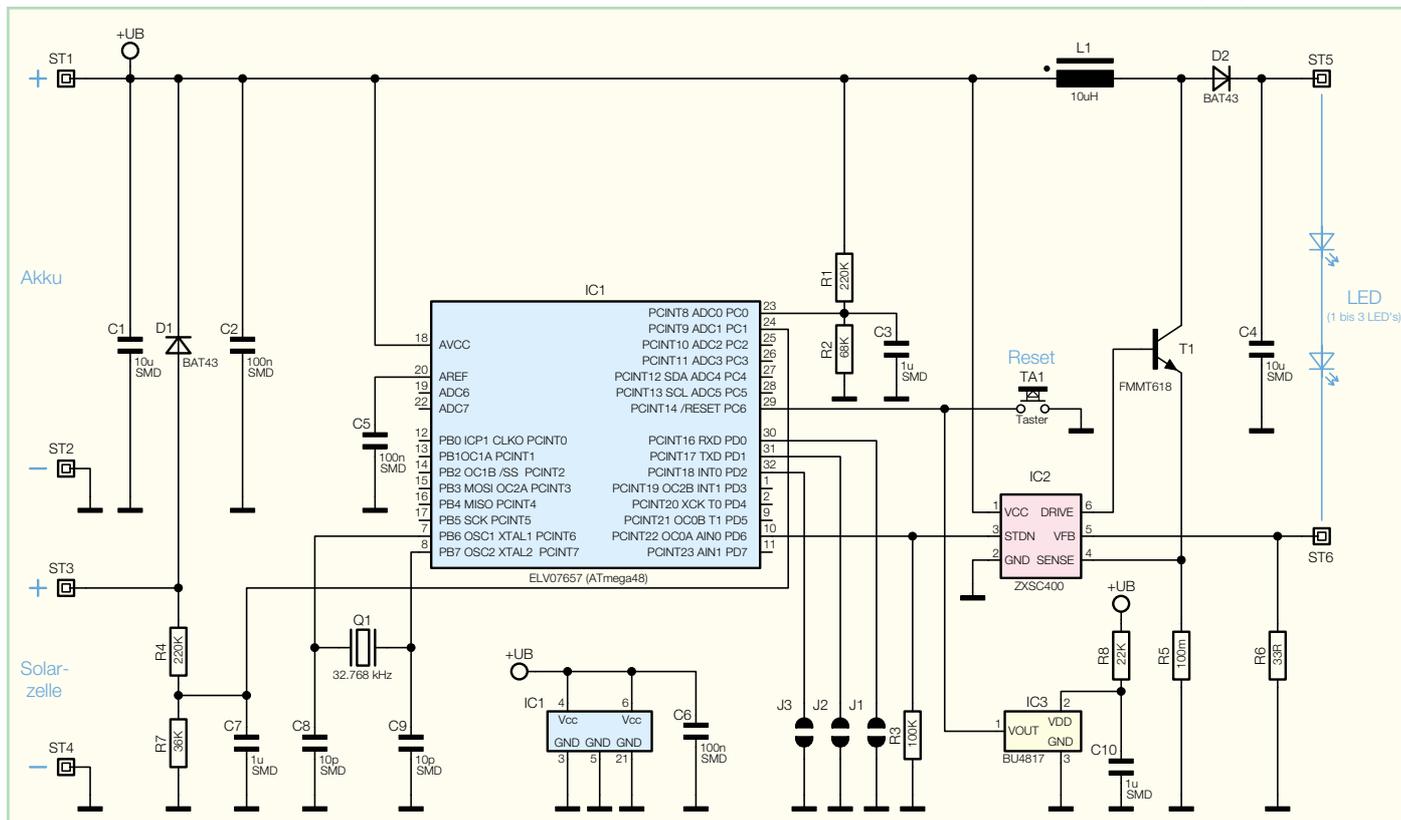
**Bild 2: Das Ablaufdiagramm für die Steuerung**

nung der Solarzelle und mit R 1 und R 2 für die Akkuspannung. Weitere Eingänge des Controllers sind mit den Lötbrücken J 1 bis J 3 verbunden. Hiermit werden bestimmte Betriebsarten eingestellt, die in der Tabelle 1 dargestellt sind.

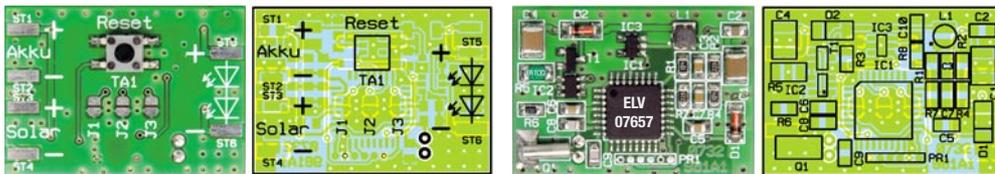
Kommen wir nun zur LED-Ansteuerung, die mit einem Step-up-Wandler zur Spannungserhöhung ausgestattet ist. Dies ist notwendig, da weiße und blaue LEDs, die

einen möglichst hohen Wirkungsgrad zu erzielen, ist dies ein spezieller Transistor mit einer sehr niedrigen  $U_{CE}$ .

Durch die Induktion in der Spule L 1 entsteht eine Spannung, die höher ist als die Versorgungsspannung. Gleichgerichtet mit D 2, steht diese am Anschluss ST 5 an. Die Regelung des Step-up-Wandlers ist eine Stromregelung, d. h., der Ausgang liefert einen konstanten Ausgangsstrom.



**Bild 3: Das Schaltbild der intelligenten Solarleuchtensteuerung**



**Ansicht der fertig bestückten Platine der Solarleuchtensteuerung mit zugehörigem Bestückungsplan, links von der Bestückungsseite, rechts von der Lötseite**

## Stückliste: Intelligente Solarleuchtensteuerung SLS 2

### Widerstände:

0,1 Ω/SMD/1206	.....	R5
33 Ω/SMD/0805	.....	R6
22 kΩ/SMD/0805	.....	R8
36 kΩ/SMD/0805	.....	R7
68 kΩ/SMD/0805	.....	R2
100 kΩ/SMD/0805	.....	R3
220 kΩ/SMD/0805	.....	R1, R4

### Kondensatoren:

10 pF/SMD/0805	.....	C8, C9
100 nF/SMD/0805	.....	C2, C5, C6
1 µF/SMD/0805	.....	C3, C7, C10
10 µF/SMD/1210	.....	C1, C4

### Halbleiter:

ELV07657/SMD	.....	IC1
ZXSC400/SMD	.....	IC2
BU4817G/SMD	.....	IC3
FMMT618/SMD	.....	T1
BAT43/SMD	.....	D1, D2

### Sonstiges:

Quarz, 32,768 kHz	.....	Q1
SMD-Induktivität, 10 µH/0,9 A	.....	L1
Mini-Drucktaster, 1 x ein	.....	TA1

Eine Regelung benötigt ja bekanntlich einen Ist- und einen Soll-Wert. Der Soll-Wert ist die interne Referenzspannung von IC 2 (300 mV), der Ist-Wert die Spannung, die über dem Widerstand R 6 abfällt. Die Spannung an R 6 ist proportional zum Ausgangsstrom.

Der Ausgangsstrom errechnet sich nach folgender Formel:

$$I_{OUT} = \frac{U_{Ref}}{R6} = \frac{300\text{ mV}}{33\ \Omega} = 9\text{ mA}$$

Am Ausgang (ST 5 und ST 6) können bis zu 3 LEDs in Reihe angeschlossen werden. Ein Vorwiderstand ist durch die Stromregelung nicht notwendig.

IC 3 ist ein Spannungswächter, der die

Tabelle 1: Betriebsarten		
	Offen	Geschlossen
J 1	2 Zellen	3 Zellen
J 2	Normal	Economy
J 3	Schaltswelle normal	Schaltswelle hoch

Schaltung bei einer zu niedrigen Betriebsspannung (<1,7 V) in einen definierten Reset-Zustand versetzt. Ein manueller Reset ist durch Betätigen des Tasters TA 1 (Reset) möglich.

### Nachbau

Durch die schon vorbestückten SMD-Teile beschränkt sich der Nachbau auf die Kontrolle der Platine auf Lötzinnbrücken. Damit gehen wir gleich weiter zur Inbetriebnahme und Installation

### Inbetriebnahme und Einbau

#### Wichtig!

Für eine korrekte Funktion der Schaltung ist mit der Lötbrücke J 1 festzulegen, ob der Akku-Pack aus 2 oder 3 Zellen besteht. Lässt man die Brücke offen, ist der 2-Zellen-Betrieb aktiv. Schließt man die Lötbrücke, ist der Betrieb für 3 Zellen ausgelegt. Das „Schließen“ geschieht mit einem LötKolben und etwas Lötzinn, wobei hier absichtlich eine Lötzinnbrücke erzeugt wird, was eigentlich nicht in der Natur eines Elektronikers liegt. Das Entfernen der Brücke kann bei Bedarf mit etwas Entlötlitze erfolgen.

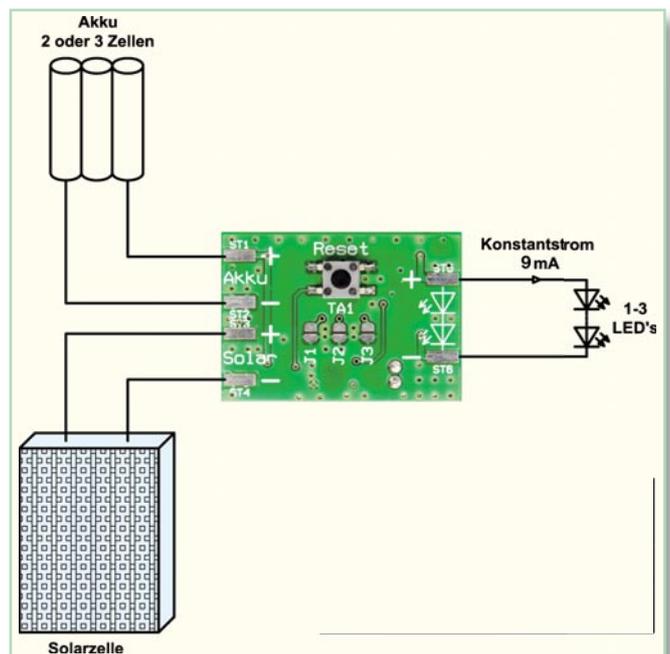
In Abbildung 1 ist eine geöffnete Solarlampe dargestellt, so dass man die einzelnen Komponenten erkennt. Dieser Typ Lampe ist natürlich sehr gut für den nachträglichen Einbau unserer Schaltung geeignet, da zum einen sehr viel Platz vorhanden ist, und zum anderen sind die Anschlüsse für den Akku und die Solarlampe gut zu lokalisieren. Nachdem man die „alte“ Elektronik ausgebaut hat, erfolgt der Einbau unserer intelligenten Steuerplatine. Die Abbildung 4 zeigt das Abschlusschema der Platine mit allen Komponenten. Alle Anschlussleitungen werden direkt an die Platine

gelötet. Wenn man sich nicht sicher über die Polarität der Anschlussleitungen des Akkus ist, sollte man ein Multimeter zu Hilfe nehmen und die Leitungen durchmessen. Die Befestigung der Platine kann z. B. mit Heißkleber erfolgen. Um die Platine gegen Feuchtigkeitseinflüsse zu schützen, kann hier Plastikspray, Isolierschutzlack o. Ä. verwendet werden.

Nachdem man die Schaltung so weit eingebaut und angeschlossen hat, betätigt man die Taste „Reset“, wodurch die Elektronik neu startet und der Lernmodus aktiviert wird, sofern dieser Modus (Economy) mit der Lötbrücke J 2 eingestellt wurde. Der Lernmodus dauert 2 Tage bzw. so lange, bis ein eindeutiger Tag-Nacht-Rhythmus gefunden wurde. In dieser Zeit werden auch das Ladeverhalten und die Akku-Kapazität ermittelt bzw. getestet.

**Normaler Modus:** Soll die Elektronik sich wie eine „normale“ Lampensteuerung verhalten, ist die J 2 zu schließen (überbrücken). Lässt man diese Brücke offen, ist der (als Grundbetriebsart definierte) Economy-Mode aktiviert.

**Einstellen der Schaltschwelle:** Die Dämmerung wird anhand der von der Solarzelle abgegebenen Spannung erkannt. Sinkt die Spannung der Solarzelle unter einen bestimmten Wert, erkennt dies der Controller als Dämmerung/Nacht. Da sich die Solarzellen je nach Typ unterschiedlich verhalten, lässt sich entsprechend Tabelle 1 mit J 3 die Schaltschwelle an die jeweiligen Verhältnisse anpassen. ELV



**Bild 4: Das Anschlusschema für die Solarleuchtensteuerung**