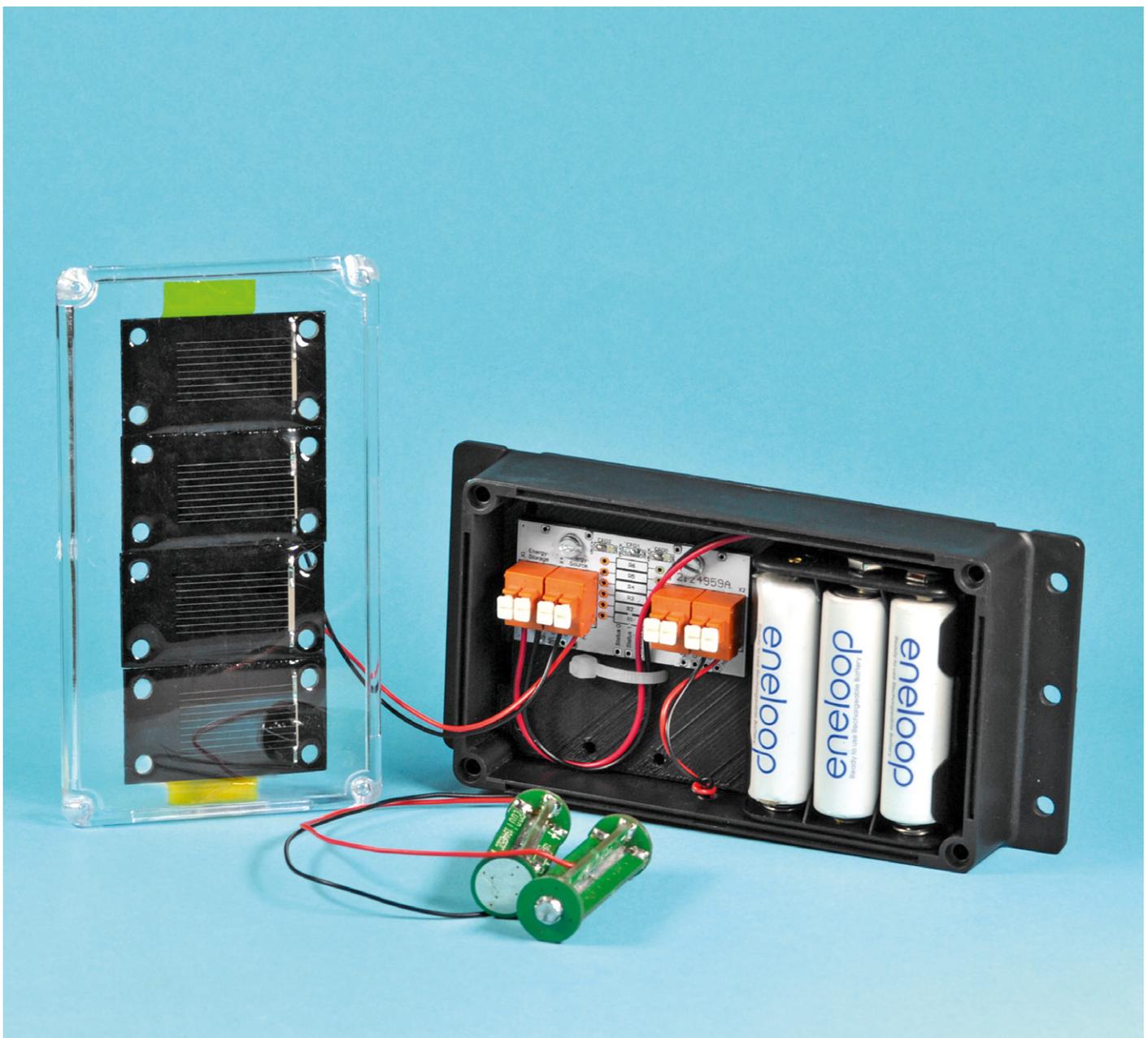




Solar-Lader

Projekt Energie-Ernte mit dem UEH80

Im ELVjournal 2/2021 haben wir den neuen ELV Bausatz Universelles Energy Harvesting Modul UEH80 vorgestellt. Der Bausatz dient dazu, aus der von der Sonne abgestrahlten Energie mithilfe von Solarmodulen einen angeschlossenen Energiespeicher aufzuladen. Gleichzeitig stehen an zwei Ausgängen Spannungen zur Verfügung, die beispielsweise zur Versorgung von energiesparenden Sensoren oder Mikrocontrollern genutzt werden können. In dieser Ausgabe des ELVjournal folgt nun ein Projekt, das die Anwendung des Bausatzes in einem praktischen Beispiel zeigt.



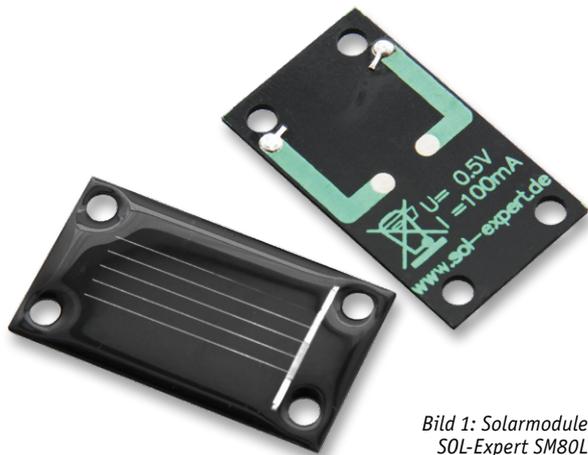


Bild 1: Solarmodule SOL-Expert SM80L



Bild 2: UEH80 in einer Abox-i 040-L (IP65)



Bild 3: Kemo Klarsichtdeckel-Wandgehäuse

Solarmodule

Bevor wir das Projekt beginnen, kommen wir noch einmal kurz zu den Grundlagen zurück. Der Bausatz ist dafür vorgesehen, Lichtenergie der Sonne (Quelle) durch die Nutzung von Solarmodulen (Energiewandler) in einem Energiespeicher zu speichern und an ein bzw. zwei Ausgängen Spannung zur Verfügung zu stellen. Details zu dem Bausatz und wichtige Hinweise zur Anwendung sind in dem Beitrag im ELVjournal 2/2021 [1] nachzulesen.

Das im Bausatz verwendete Power-Management-IC AEM10941 von ePeas [2] kann dabei aus Solarmodulen mit maximal 5-V-Ausgangsspannung mit einem maximalen Eingangsstrom von 110 mA betrieben werden (AEM10941 Datenblatt, [3]). Für erste Versuche eignen sich beispielsweise Solarmodule von Sol-Expert SM80L (Bild 1, [4]), wovon maximal sieben Stück in Reihe geschaltet werden dürfen. Einzelne Solarzellen aus Silizium haben eine Leerlaufspannung von typisch 0,5–0,6 V \rightarrow 7 x 0,6 V = 4,2 V, also $<$ 5 V.

Die Solarmodule sind mit den Abmessungen von 45 x 25 x 2 mm (B x H x T) verhältnismäßig klein, und mehrere von ihnen nehmen auch in Reihe geschaltet nur sehr wenig Platz ein.

Gehäuse

Am Markt gibt es die verschiedensten Gehäuse für den Einsatz im Innen- und Außenbereich. Der Bausatz UEH80 hat Platinenbohrungen, die u. a. für ein Gehäuse Abox-i 040-L (Bild 2, [5]) vorgesehen sind. Dort kann die Platine in der für den Outdoorbereich geeigneten Variante einfach eingeschraubt werden, und wird so entsprechend geschützt.

In dem wetterfesten Gehäuse können dann der Bausatz und der Energiespeicher (z. B. 3x Mignon-Akku mit Batteriehalter, s. u.) eingesetzt und die Solarmodule außerhalb des Gehäuses in geeigneter Position angebracht werden. Das zu versorgende Gerät kann mit im Gehäuse eingebaut oder über ein nach außen führendes Kabel gespeist werden. Alternativ gibt es von Bopla aus der Serie Bocube eine Reihe weiterer Gehäuse für den Außenbereich in den verschiedensten Ausführungen.

Für unsere Energy-Harvesting-Tests wählen wir ein Gehäuse mit transparentem Deckel (Kemo Klarsichtdeckel-Wandgehäuse – Bild 3, [6]), in das wir gleichzeitig Bausatz, Energiespeicher und Solarmodule einbauen können und so einen kompakten Versuchsaufbau erhalten.

Zudem stellen wir für das Gehäuse eine 3D-Druckdatei zur Verfügung [7], die optional genutzt werden kann und der Aufnahme des Bausatzes und der Energiespeicher dient (Bild 4). Der 3D-gedruckte Adapter wurde in OpenSCAD erstellt und kann entsprechend modifiziert werden. Dazu stellen wir im Downloadbereich des Beitrags ebenfalls die Originaldatei zur Verfügung.

Energiespeicher

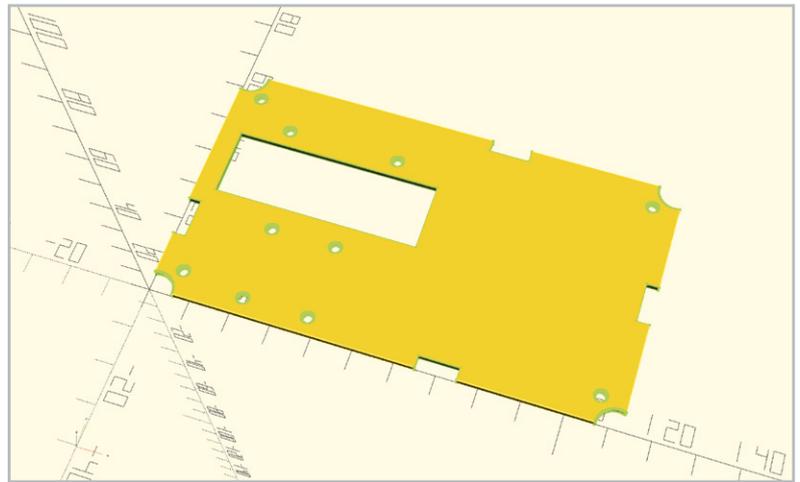
Der im Bausatz verwendete PMIC AEM10941 ermöglicht den Einsatz unterschiedlichster Energiespeicher (s. Tabelle 1), die beim UEH80 mittels Lötbrücken ausgewählt werden.

Configuration pins			Storage element threshold voltages			LDOs output voltages		Typical use
CFG[2]	CFG[1]	CFG[0]	Vovch	Vchrdy	Vovdis	Vhv	Vlv	
1	1	1	4.12 V	3.67 V	3.60 V	3.3 V	1.8 V	Li-ion battery
1	1	0	4.12 V	4.04 V	3.60 V	3.3 V	1.8 V	Solid state battery
1	0	1	4.12 V	3.67 V	3.01 V	2.5 V	1.8 V	Li-ion/NiMH battery
1	0	0	2.70 V	2.30 V	2.20 V	1.8 V	1.2 V	Single-cell supercapacitor
0	1	1	4.50 V	3.67 V	2.80 V	2.5 V	1.8 V	Dual-cell supercapacitor
0	1	0	4.50 V	3.92 V	3.60 V	3.3 V	1.8 V	Dual-cell supercapacitor
0	0	1	3.63 V	3.10 V	2.80 V	2.5 V	1.8 V	LiFePO4 battery
0	0	0	Custom mode - Programmable through R1 to R6				1.8 V	

Tabelle 1: Konfigurationsmöglichkeiten mittels Lötbrücken (Quelle: Datenblatt AEM10941, [3])



Bild 4: 3D-Druck-Datei zur Aufnahme von Bausatz und Energiespeicher



Für unser Beispiel verwenden wir Akkus mit NiMH-Technik (3x Panasonic eneloop Mignon-Akku [8]), die wir in einem Batteriehalter [9] befestigen und später per Batterieclip [10] mit dem Bausatz verbinden (Bild 5). Je nach Einsatzzweck sind natürlich auch Zellen im Micro-Format möglich.

Hinweis: Der Energiespeicher sollte so gewählt werden, dass seine Spannung auch bei gelegentlichen Spitzen des Laststroms nicht unter Voris (s. Tabelle 1) fällt. Wenn der Innenwiderstand des Speicherelements diese Spannungsgrenze nicht halten kann, ist es ratsam, den Energiespeicher mit einem Kondensator zu puffern. Der Pin, an dem das Speicherelement angeschlossen ist, darf niemals potentialfrei bleiben. Wenn die Anwendung eine Abschaltung der Batterie erwartet (z. B. wegen eines vom Benutzer abnehmbaren Steckers), sollte die Schaltung einen Kondensator von mindestens 150 μF enthalten. Der Leckstrom des Kondensators sollte klein sein, da Leckströme sich direkt auf den Ruhestrom auswirken können.

In der Tabelle 1 sehen wir dazu die erforderliche Konfiguration der Konfigurationspins CFG[2:0], die bei dem Bausatz per Lötbrücken gesetzt werden. In Bild 6 sieht man die Möglichkeiten der Lötbrücken-Konfiguration im Detail. Für unser Projekt müssen wir später diese Lötbrücken noch setzen.

In unserem Beispiel mit den NiMH-Akkus wählen wir folgende Lötbrücken-Konfiguration:

- CFG2: 1
- CFG1: 0
- CFG0: 1

Spannungsausgang

Beim UEH80 stehen zwei Spannungsausgänge (LV_{out} und HV_{out}) zur Auswahl, die 20 mA bzw. 80 mA zur Verfügung stellen können. In unserem Beispiel stehen 1,8 V am LV_{out} und 2,5 V am HV_{out} an, womit wir z. B. ein Gerät, welches zwei Akkus in Reihe benötigt, an HV_{out} betreiben könnten.

Benötigt man andere Spannungen, kann man diese entweder über den Custom-Mode (s. Datenblatt AEM10941 [3]) realisieren oder einen anderen Energiespeicher mit den vorgegebenen Konfigurationsmodi nutzen.

Die Verkabelung kann direkt oder mithilfe unseres Bausatzes Batterie-Dummy-Set BD-AA (Mignon, Bild 7, [11]) erfolgen. Bei Verwendung der Batterie-Dummys können diese später in ein geeignetes Gerät eingesetzt werden.

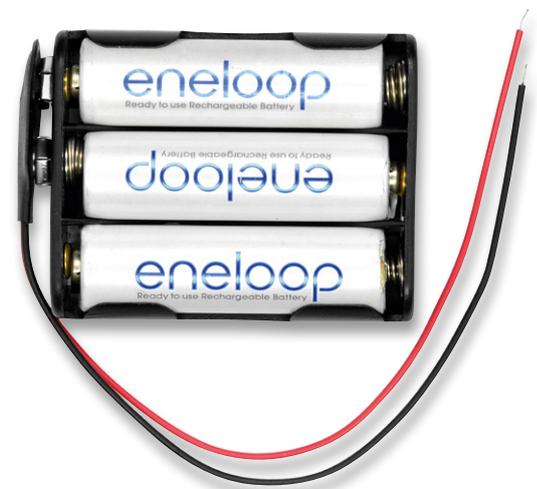


Bild 5: Panasonic eneloop Akkus mit Batteriehalter und Batterieclip



Bild 6: Konfiguration der Lötbrücken



Bild 7: Batterie-Dummy-Set BD-AA (Mignon)

**Schritt 1****Setzen der Konfigurationspins**

Beginnen wir nun mit unserem Energy-Harvesting-Testaufbau. Als Erstes verbinden wir die Lötjumper nach obiger Konfiguration (CFG2: 1, CFG1: 0, CFG0: 1, Bild 8) für unseren Energiespeicher mit den NiMH-Akkus.

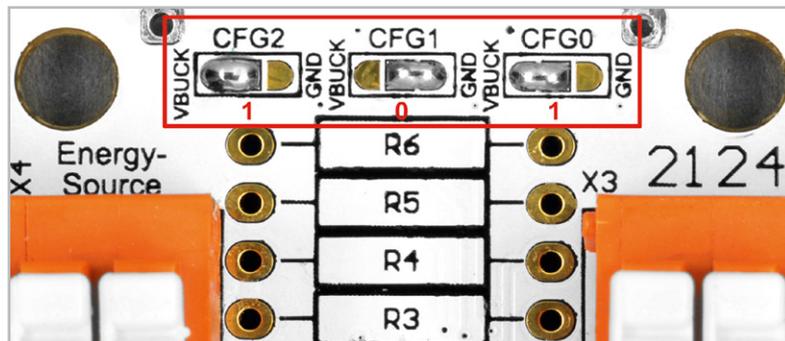


Bild 8: Konfiguration der Lötjumper

Schritt 2**Vorbereitung der Solarmodule**

Als Nächstes müssen wir die Solarmodule in Reihe verbinden. In den transparenten Deckel des Kemo-Gehäuses passen vier SOL-Expert-Module SM80L, die wir entsprechend vorbereiten. Zur Fixierung und besseren Bearbeitung können die Module mit Kapton-Tape oder einem anderen Klebefilm fixiert werden (Bild 9).

Für die elektrische Verbindung der einzelnen Module können beispielsweise übrig gebliebene Beinchen von Durchsteckbauteilen verwendet werden, die der Konstruktion zusätzlichen Halt verleihen, es gehen natürlich auch normale Kabel. Am Ende werden an die Pole (+, -) die Kabel für die spätere Verbindung am UEH80 angelötet. Danach kann die Konstruktion zu Testzwecken per Klebefilm oder mit Heißkleber am Deckel befestigt werden. Alle offen liegenden Kontakte der Solarmodule sollten mit Isolierband o. Ä. gegen Kurzschluss geschützt werden.

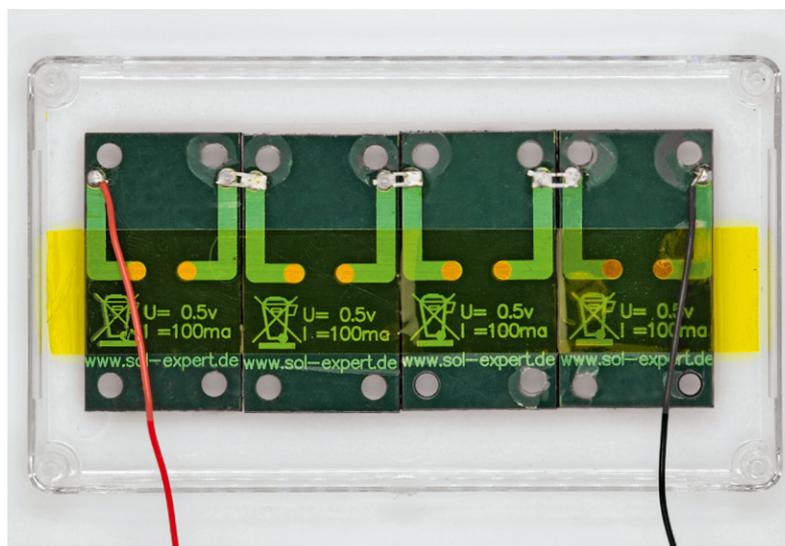


Bild 9: Vorbereitung der Solarmodule

Schritt 3**Energiespeicher und 3D-Druck-Adapter**

Anschließend können der Bausatz und der bestückte Batteriehalter mit Batterieclip in das Gehäuse mit Doppelklebeband eingeklebt oder mithilfe des 3D-gedruckten Adapters und entsprechender Schrauben befestigt werden (Bild 10).

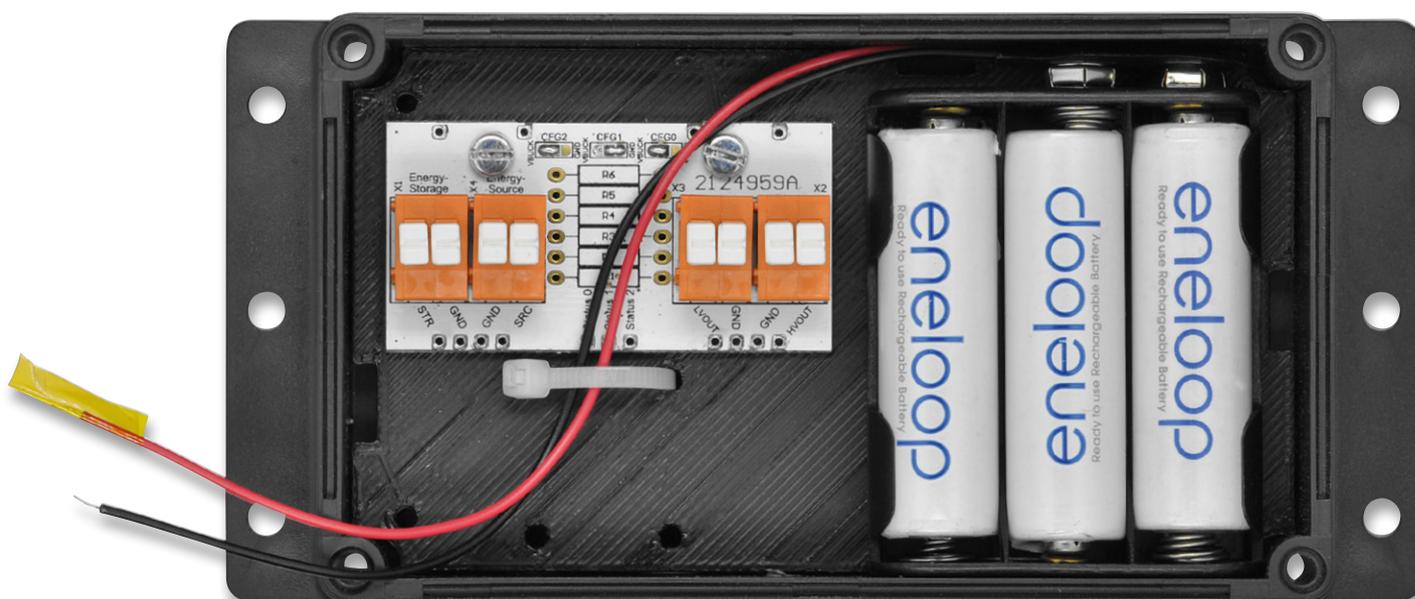


Bild 10: Montage der Komponenten im Gehäuse

**Schritt 4****Verbinden der Komponenten**

Wir kontrollieren jetzt noch einmal die für den Energiespeicher passende Konfiguration der CFG-Pins am UEH80. Danach wird zunächst (s. a. Hinweis zum Energiespeicher oben) der Energiespeicher (STR/GND) angeschlossen und die Akkus in den Batteriehalter eingelegt. Dann erst werden die Solarmodule (SRC/GND) am UEH80 angeschlossen. Dabei sollte unbedingt auf die richtige Polung geachtet werden. Bild 11 zeigt den schematischen Aufbau für unser Anwendungsbeispiel.

Der gesamte Aufbau ist im Titelfoto zu sehen. Ist die Spannung des Energiespeichers für die jeweilige Konfiguration ausreichend (s. Tabelle 1, Vchrdy), sollte an den Ausgängen LV_{out} bzw. HV_{out} bereits eine Spannung anliegen. Hier kann man anschließend den

vorgesehenen Verbraucher direkt per Kabel oder mithilfe unserer Batterie-Adapter (Bild 7, [11]) anschließen und das Kabel durch eine Bohrung im Gehäuse nach außen führen.

Den Aufladevorgang kann man über den Status-Pin 2 bzw. die ausreichende Spannung am Energiespeicher über den Status-Pin 0 abfragen. Detaillierte Hinweise zu den Status-Pins gibt es im Beitrag zum UEH80 [1] oder im Datenblatt [3]. **ELV**

Wichtiger Hinweis: Da beim UEH80 für die Anschlüsse der Solarzelle und des Energiespeichers keine Schutzfunktionen vorgesehen sind, muss dies in der externen Beschaltung berücksichtigt werden. Die Leistung muss entweder durch Sicherungselemente auf 15 W begrenzt werden, oder die angeschlossenen Solarzellen und Energiespeicher dürfen nicht mehr als 15 W liefern.

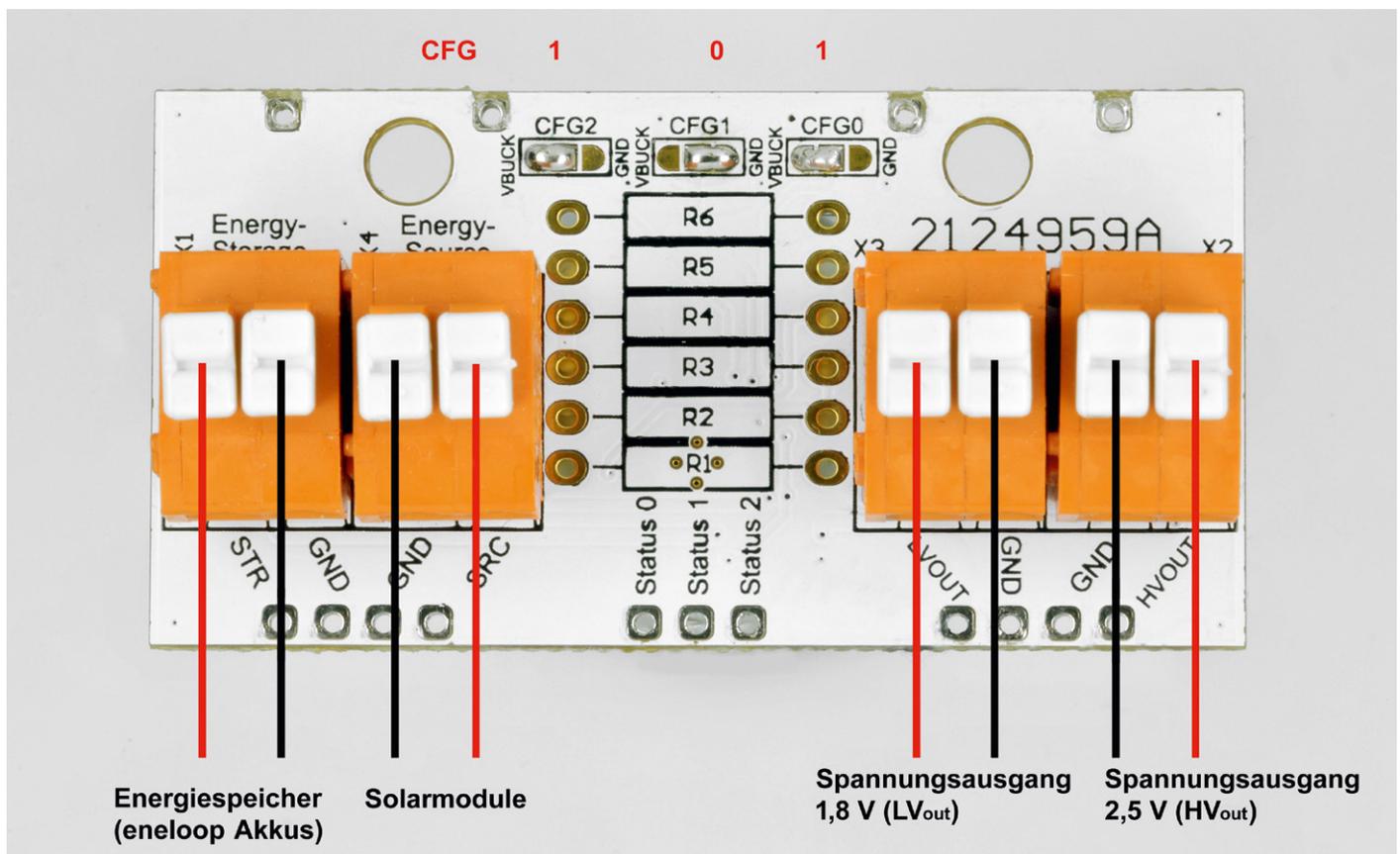


Bild 11: Schematischer Anschluss der Elemente an den UEH80

**Weitere Infos:**

- [1] ELVjournal 2/2021, Einfach Energie ernten – Universelles Energy Harvesting Modul UEH80: Artikel-Nr. 251978
- [2] ePeas-Website: <https://www.e-peas.com>
- [3] Datenblatt PMIC AEM10941: <https://e-peas.com/product/aem10941/>
- [4] Solarmodule SOL-Expert SM80L: Artikel Nr. 118141
- [5] Spelsberg Verbindungsdose Abox-i 040-L, grau, IP65, halogenfrei, witterungsbeständig: Artikel-Nr. 251439
- [6] Kemo Klarsichtdeckel-Wandgehäuse: Artikel-Nr. 129129
- [7] Downloads zum Beitrag – Artikel-Nr. 252097
- [8] Panasonic eneloop NIMH-Akkus Mignon (AA), 1900 mAh, 4er-Pack: Artikel-Nr. 071500
- [9] Batteriehalter für 3x Mignon mit Druckknopf-Anschluss: Artikel-Nr. 081530
- [10] goobay Batterieclip für 9-V-Blöcke, I-Form: Artikel-Nr. 117342
- [11] ELV Bausatz Batterie-Dummy-Set BD-AA, 4x Mignon: Artikel-Nr. 153809