

## Der neue Akku ist ein Li-Ion

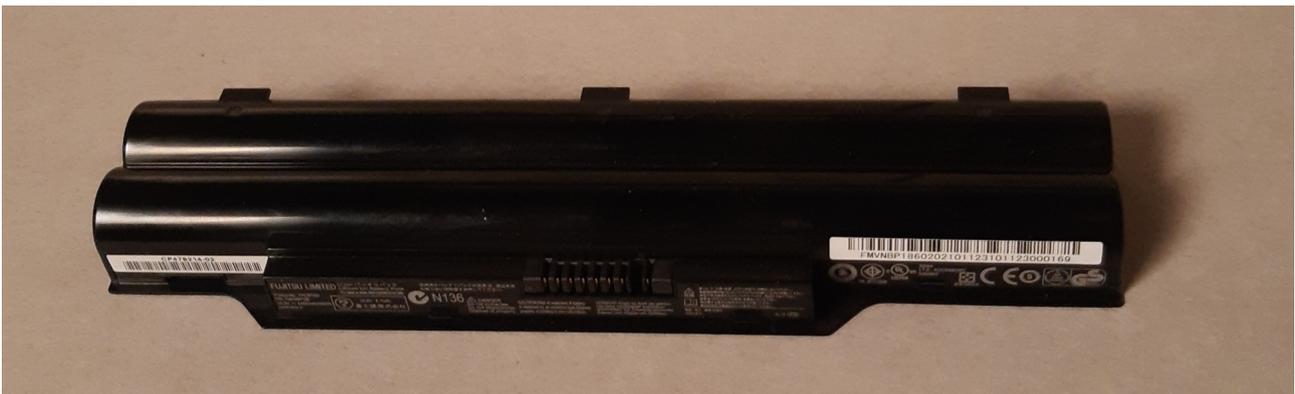
(09.04.2022, Hartmut Buschke)

Nachdem ich mit Bleiakkumulatoren in meiner Solaranlage nur schlechte Erfahrungen gemacht habe, entstand die Idee, es mit einem Li-Ion Akku zu probieren. Die Anschaffung eines industriell gefertigten Akkus ist allerdings mit erheblichen Kosten verbunden. Ich entschied mich, solch einen Akku selbst zu bauen und es wurde dann ein Gemeinschaftsprojekt mit einem IT-Experten aus der Familie.

Zunächst mussten die Zellen beschafft werden, für meinen Akku brauchte ich 240 Stück.

Man kann die Zellen auch kaufen, aber das ist ebenfalls ein teurer Spaß. Deshalb sollten die Zellen aus gebrauchten Akkupacks gewonnen werden. Wenn ein Laptopakku versagt und ausgetauscht werden muss, ist in dem Pack häufig nur eine einzelnen Zelle wirklich verbraucht oder defekt. Die anderen Zellen sind oft noch gut.

Es ist unglaublich, wie viele gebrauchte Akkus aus Laptops, Powerbanks, Werkzeugen, usw. ungenutzt in den Haushalten rumliegen. Sofern es sich um Li-Ion Akkus handelt, enthalten sie fast alle die gleichen standardisierten Einzelzellen des Typs 18650. Diese Zellen werden mit einer Nennspannung von 3,6 Volt und Kapazitäten zwischen 2000 und 4000 mA/h angeboten.



Die Packs werden vorsichtig demontiert und die einzelnen Zellen entnommen. Die im Pack enthaltenen Elektronik kann entsorgt werden, wir brauchen nur die Zellen.



Die Punktschweißverbindung lässt sich am besten lösen, indem die Metallbänder „abgerollt“ werden. Man greift sie an einem Ende mit einer spitzen Zange und wickelt sie auf. Besondere

Vorsicht ist am Pluspol nötig, damit der Isolierring (meistens weiß) nicht beschädigt wird. Auf keinen Fall darf es zum Kurzschluss mit dem Gehäuse der Zelle kommen, da dieses den Minuspol bildet. Nicht alle Zellen werden sauber zu lösen sein. Sollten Zellen dabei beschädigt werden, ist es besser, sie zu entsorgen.

Als nächstes müssen die Zellen auf ihre weitere Verwendbarkeit geprüft werden. Wir haben sie dazu alle mit einer laufenden Nummer versehen und eine Tabelle angelegt, in die wir zunächst für alle Zellen die noch vorhandene Leerlaufspannung eingetragen haben. Zellen die noch mehr als 3 Volt Spannung an den Klemmen hatten, haben bei der späteren Prüfung fast alle gut abgeschnitten, aber auch Zellen, die teilweise nur noch 1 Volt hatten, ließen sich wieder laden.

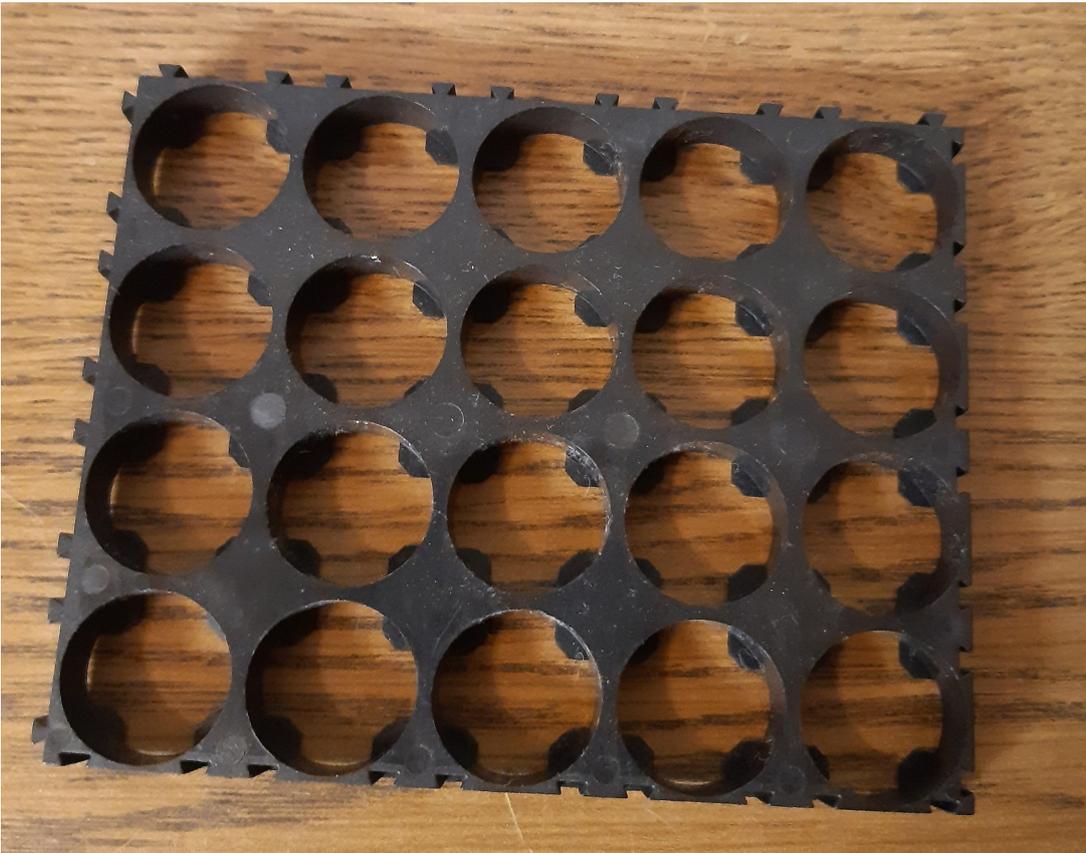
Für die Prüfung der Zellen benutzten wir ein LiitoKala Lii-500



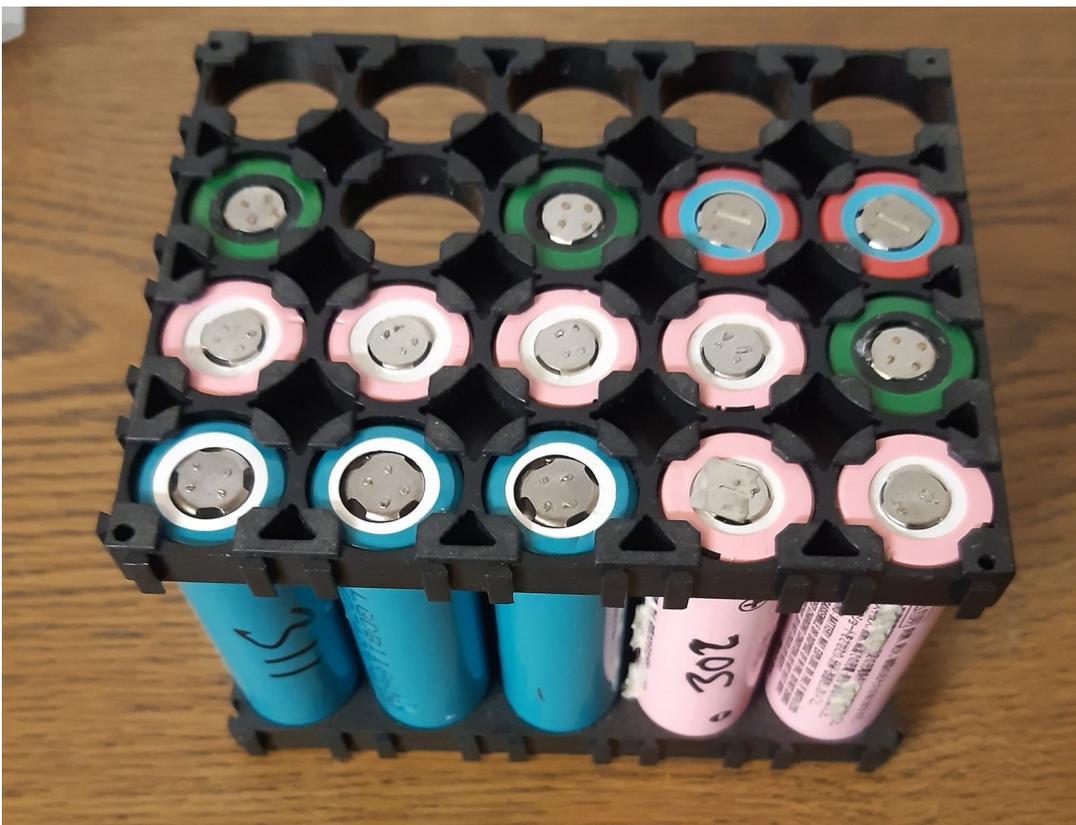
Nach der ersten Ladung wurden die Zellen einzeln gelagert und die Selbstentladung beobachtet. Der erste Wert wurde etwa 1 Stunde nach der Ladung gemessen und in die Tabelle eingetragen. Der zweite Wert nach 24 Stunden und der dritte Wert nach 14 Tagen. Bei Abweichung der Spannung zwischen zwei Messungen, also entweder schon nach einem Tag oder zwischen der zweiten und dritten Messung, die größer als 0,05 Volt war, wurde die entsprechende Zelle ebenfalls aussortiert.

Die verbliebenen Zellen wurden dann mit dem speziellen Prüfgerät auf ihre Leistungsfähigkeit geprüft. Gemessen wurde der Innenwiderstand und die mögliche Ladung in mA/h. Es war erstaunlich, wie viele sehr gute Zellen noch in den alten vermeintlich verbrauchten Akkus enthalten waren. Bei etwa 300 geprüften Zellen fanden wir schließlich 240 Zellen, die noch mehr als 1500 mA/h Ladung abgeben konnten.

Für die Lagerung der Zellen nutzten wir solche im Handel erhältlichen Kunststoffrahmen, die wir später auch für die Zusammenschaltung der Packs verwendet haben.



Wir haben dann immer 20 Zellen zu einem Block parallel zusammen geschaltet und wollten 6 Blöcke in Reihe schalten, um auf eine Nennspannung von 21,6 Volt zu kommen.



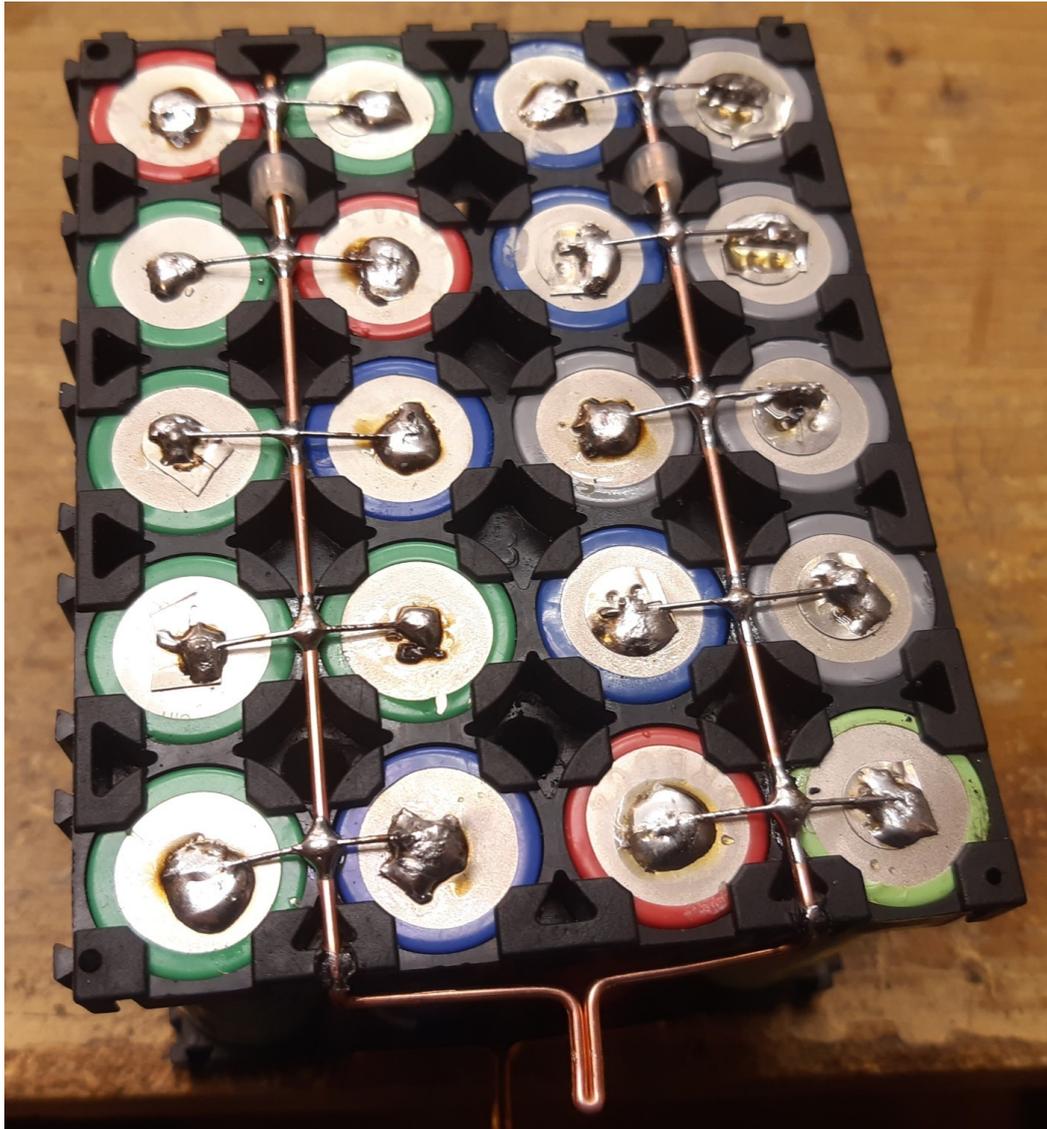
Da alle Zellen unterschiedlich sind, mussten sie so auf die 6 Blöcke verteilt werden, dass sich eine annähernd gleiche Ladungsmenge pro Block ergibt. Deshalb haben wir unsere Tabelle nach der Ladung der Zellen absteigend sortiert und den Blocks folgendermaßen zu sortiert:

<b>Block 1</b>	<b>Block 2</b>	<b>Block 3</b>	<b>Block 4</b>	<b>Block 5</b>	<b>Block 6</b>
1	2	3	4	5	6
12	11	10	9	8	7
13	14	15	16	17	18
24	23	22	21	20	19
25	26	27	...		

und immer so weiter im Zickzack, bis allen Blöcken 20 Zellen zugeteilt waren. Wobei die „1“ die Zelle mit der höchsten Ladekapazität war.



Jetzt mussten die jeweils 20 Zellen parallel verlötet werden. Zuerst wurde ein Sammler aus massivem Kupferdraht (2,5 m<sup>2</sup>) gebogen und zwischen die Reihen der Minuspole gelegt. Mit dünnerem Draht (0,5 mm Durchmesser) wurde die einzelnen Zellen mit dem Sammler verbunden. Beim Löten ist darauf zu achten, dass die Zellen nicht zu warm werden. Das geht am besten mit einem leistungsstarken LötKolben (40 bis 80 Watt) und großer Lötspitze. Damit kann die Löttemperatur an der Oberfläche erreicht werden, bevor die Wärme tiefer eindringt. Auch zusätzliches Flussmittel ist sehr hilfreich.



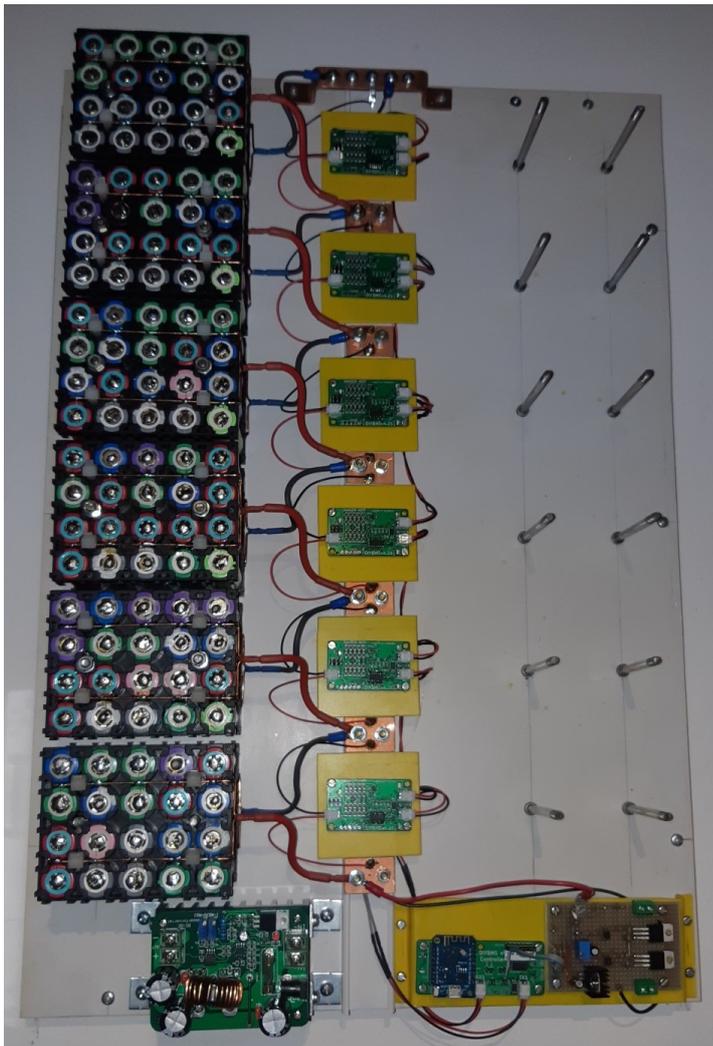
Komplizierter ist die Verbindung der Pluspole. Der hierfür verwendete Draht sollte sehr dünn sein, da er eine Sicherungsfunktion übernimmt.

Unser fertige Akku hat nämlich eine enorme Leistung. Sollte eine einzelne Zelle einen inneren Kurzschluss bekommen, wird ihre eigene plötzliche Entladung schon ein schwieriges Problem. Wenn sich aber die anderen 19 parallel geschalteten Zellen auch noch über diesen Kurzschluss entladen, dürfte es ein ansehnliches Feuerwerk geben. Das kann mit einem dünnen Draht am Anschluss verhindert werden, der dann zwar maximal 1 Ampere Normalbetrieb für die einzelne Zelle aushält aber bei 10 Ampere in einem eventuellen Fehlerfall sicher ab schmilzt und die defekte Zelle vom Block trennt.

Wir entschieden uns für Kupferlackdraht mit einem Durchmesser von 0,22 mm, von dem an den Lötstellen der Lack entfernt wurde. Wenn dieser Draht zu einer Spule gewickelt wird, gehen die Hersteller von einer maximalen Strombelastung mit 140 mA aus. Ein 3 cm langes Drahtstück erwärmte sich allerdings bei 1 A nur um wenige Grad. Bei 3 A lag die Temperatur dann mit 60 °C deutlich über der Zimmertemperatur. Mehr gab mein Netzteil nicht her, aber es ist davon auszugehen, dass der Draht bei 5 A schmilzt, aber 1 A gut transportieren kann. Da 20 Zellen parallel arbeiten, kann der Block mit 20 A belastet werden. Ideale Verhältnisse für meinen Anwendungsfall.



Die fertigen Blöcke verhalten sich wie eine einzelne Zelle mit sehr großer Ladekapazität (mehr als 40 A/h). Sie wurden alle einzeln noch einmal bis zu einer Spannung von 4,1 Volt aufgeladen und anschließend für 10 Stunden untereinander verbunden. Dadurch hatten sie bei der Montage exakt die gleiche Spannung.



Den Batterieträger habe ich aus einer 3 mm dicken Aluminiumtafel angefertigt, die am Rand auf Aluminiumprofile geschraubt wurde. Zur Isolierung wurde eine 2 mm dicke Kunststoffplatte darüber montiert. Um die Batterieblöcke befestigen zu können, wurden 5 mm Stehbolzen in die Grundplatte eingeschraubt. Die Anordnung in zwei parallel geschalteten Gruppen zu je sechs Blöcken macht es möglich, später einzelne Batterieblöcke auszutauschen, ohne dass der ganze Akku abgeschaltet werden muss.

Zu sehen sind hier auch schon die Baugruppen des BMS, die sechs Zellsensoren und der Mikrocontroller.

Der hier noch vorhandene DC-DC-Wandler wurde später wieder entfernt, nachdem die Gesamtarchitektur meiner Solaranlage an den neuen Akku angepasst war.

# Das Batterie Management System

Da die Zellblöcke kaskadiert werden, um eine höhere Spannung zu erreichen, muss ein Batterie Management System (BMS) dafür sorgen, dass die Spannung zwischen den Zellen ordentlich aufgeteilt wird, keine Zelle über ihre Entladeschlussspannung hinaus aufgeladen wird und dass eine Tiefentladung verhindert wird.

Wir nutzen das System diyBMS das hier als GitHub-Projekt dokumentiert ist:

<https://github.com/stuartpittaway/diyBMSv4>

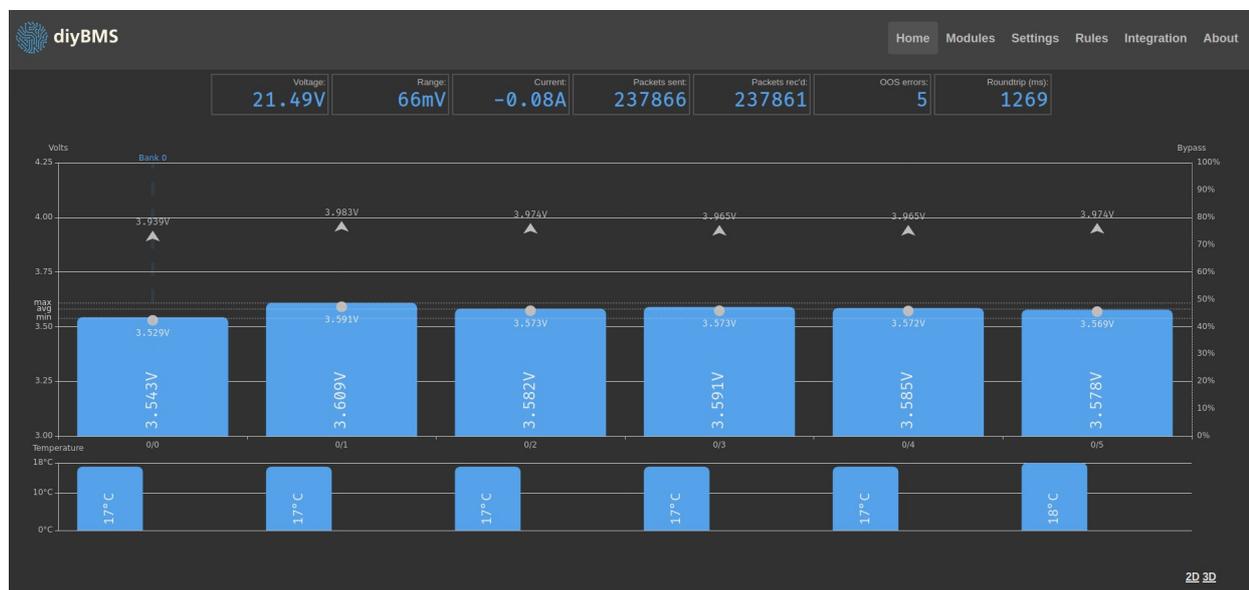
(Link vom 17.02.2022)

Dort wird beschrieben, wie die Hardwarekomponenten angefertigt werden, mit Schaltbildern und fertigen Leiterplattenentwürfen sowie das Programm für den Mikrocontroller.

Es geht auch einfacher, aber wir haben uns für dieses System entschieden, weil diyBMS Daten an einen Server schickt, die aufgezeichnet und grafisch dargestellt werden können, z.B. mit dem Programm „Grafana“.

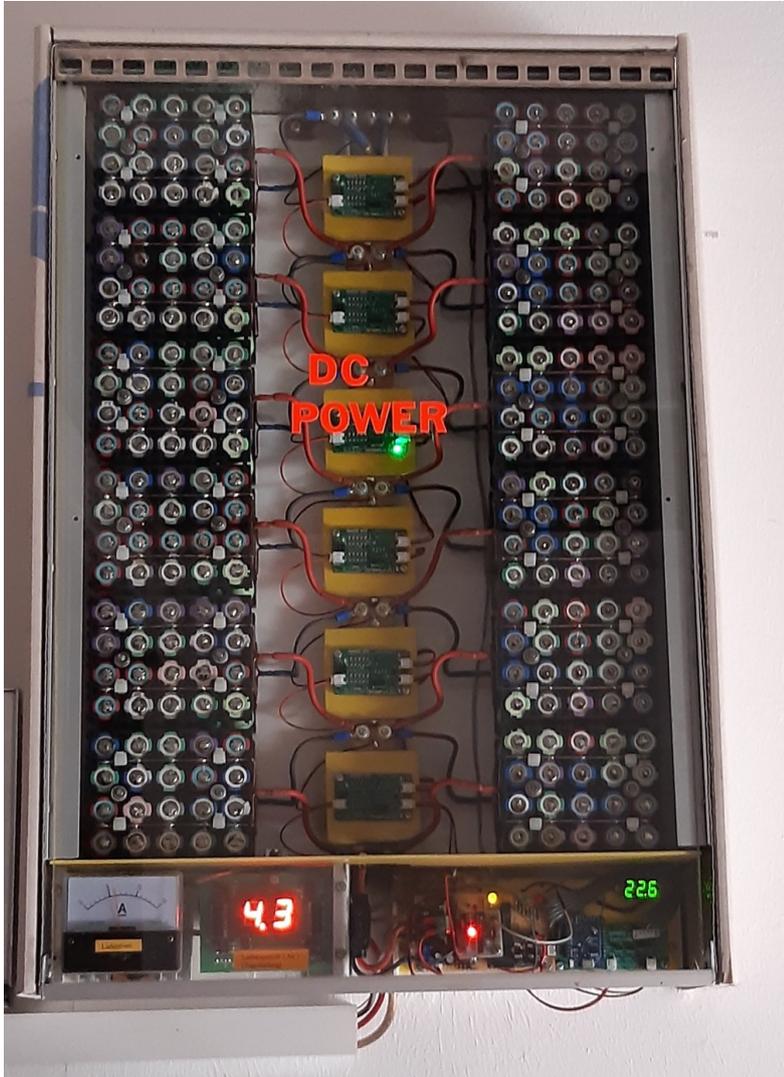


Möglich ist auch die lokale Abfrage der gerade aktuellen Daten im eigenen Heimnetz mit einem einfachen Browser.



Das diyBMS ist ausreichend Leistungsfähig für unseren Akku und lässt sich flexibel auf eine unterschiedliche Anzahl von Zellen anpassen. Die sechs Zellsensoren, die wir in meinem Fall benötigen, sind zwischen den beiden Gruppen montiert.

Was nicht gleich zu sehen ist, die Zellsensoren arbeiten völlig getrennt von der sonstigen Installation. Sie haben nur eine Verbindung zu dem Zellpaket, das sie überwachen sollen und werden von dort auch mit der Betriebsspannung versorgt.



Sie sind untereinander sowie mit dem BMS Controller über eine Zweidrahtleitung verbunden, die über Optokoppler eine galvanisch getrennte Datenverbindung ermöglicht. Der Controller fragt alle zwei Sekunden die Daten aus den Sensoren ab und schaltet den Dump Load Widerstand ein, falls es im Ladevorgang erforderlich wird.

Gleichzeitig überwacht der Controller die eingestellten Ladeschluss- und Entladeschlussspannungen für einzelne Blöcke oder das Gesamtpaket und schaltet den Strom ab, wenn Spannungen über oder unterschritten werden.

Aus Sicherheitsgründen wurde der Akku mit Gipskartonplatten verkleidet und vorn mit einer Verbundsicherheitsglasscheibe abgedeckt.

Der fertige Akku hat eine Ladekapazität von etwa 90 A/h und speichert etwa 2 kW.

Im Sommer 2021 arbeitete meine Solaranlage über mehrere Monate völlig unabhängig und versorgte die dort angeschlossenen Verbraucher zuverlässig mit Solarenergie, ohne die Ersatzstromversorgung aus dem öffentlichen Netz einzuschalten.