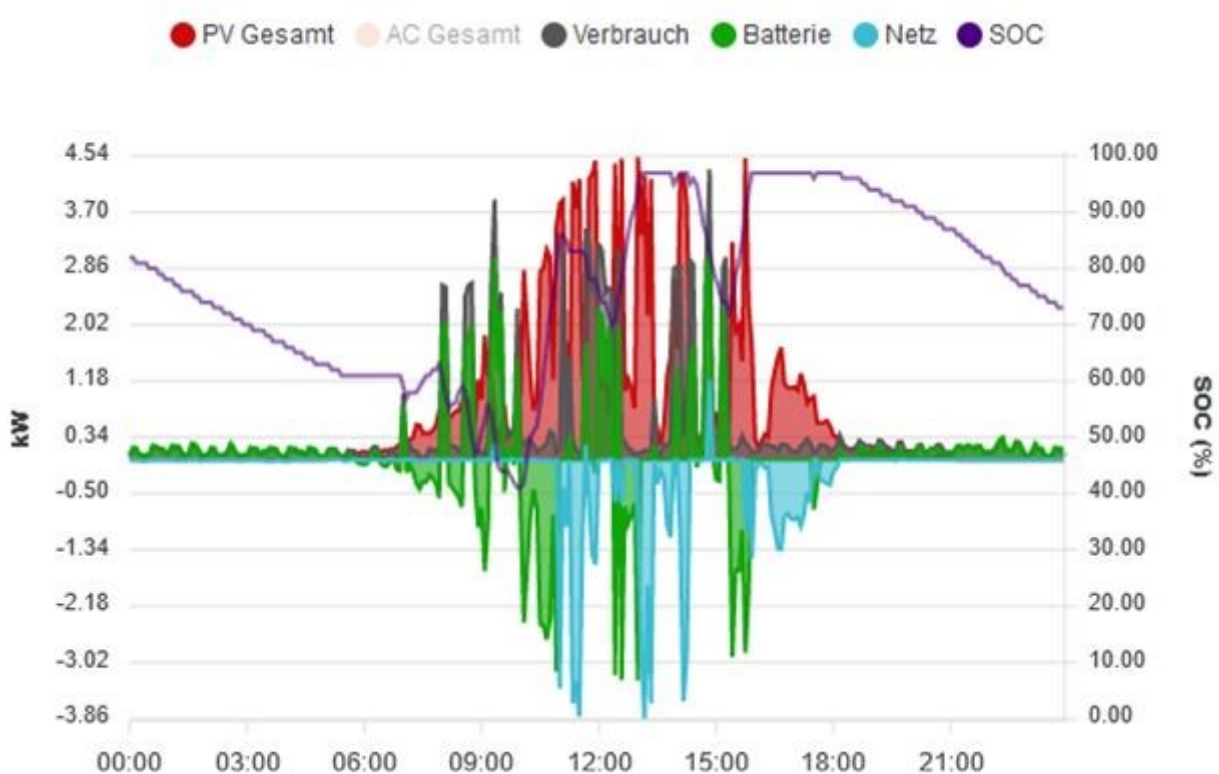


## Photovoltaik-Anlage mit Akku?

Das Thema scheint viele Leute zu beschäftigen, Wissende und Unwissende. Eine begründete Aussage kann man dazu sicher nur machen, indem man Messungen und Auswertungen dazu vornimmt.

Meine Anlage ist eine kleine Anlage mit Akku. Um eine Aussage zum Akku treffen zu können, kann man so herangehen, dass man das Ergebnis bei Weglassen des Akkus einschätzt. Man kann auf jeden Fall aber schon feststellen, da der Akku zum Aufladen auch ein Teil der erzeugten Energie braucht, dass weniger Energie ans Netz übergeben werden kann.

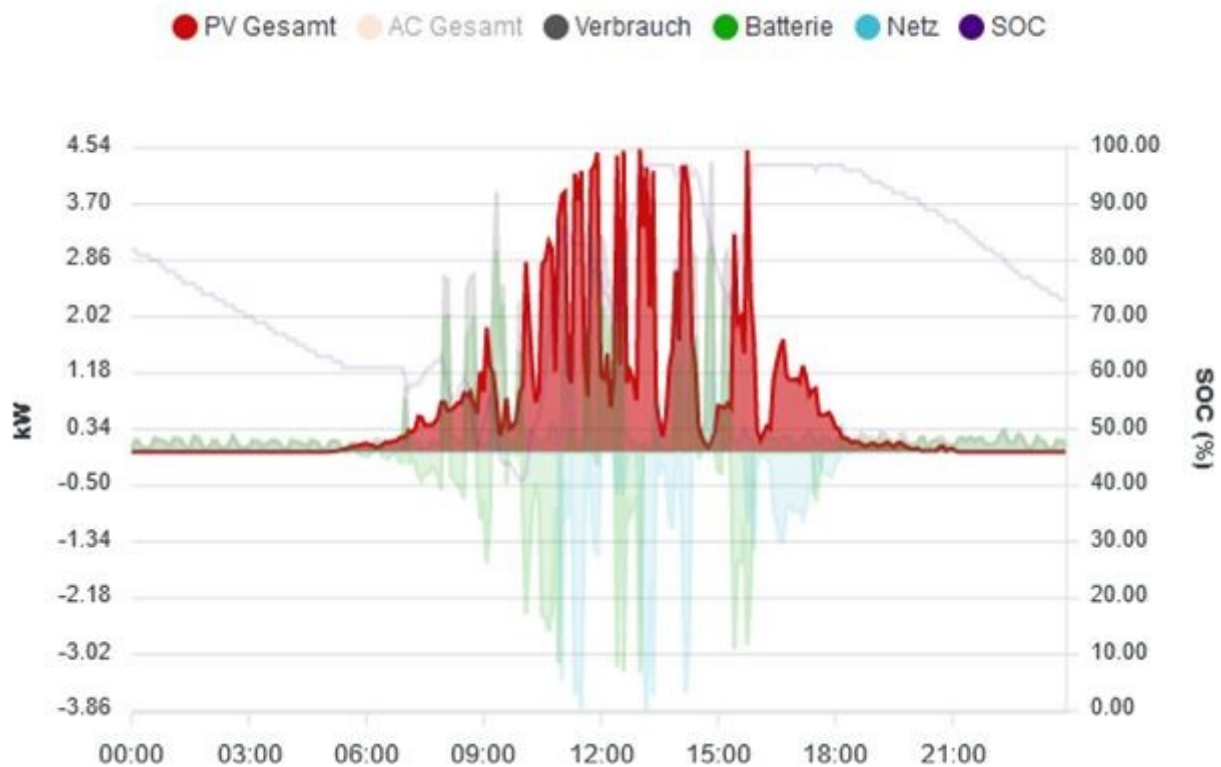
Meine Anlage hat eine maximale Leistung von 4,8KW, der Akku eine Kapazität von 3,8KW. Ein Wechselrichter PS 4.0 D7YG 10 (RCT) nimmt die Wandlungen AC/DC vor und steuert gleichzeitig die Anlage. Als Nutzer erhält man über WLAN Daten zum Stand und zur Historie der Anlage, dieses wird ebenfalls durch den Wechselrichter vorgenommen. Dadurch ist es nun möglich eine Auswertung zur Arbeit der Anlage vorzunehmen.



So sieht z.B. an einem Sommertag die Statistik zur Arbeit der Anlage aus. Es wurde bewusst ein nicht Super-Tag ausgewählt.

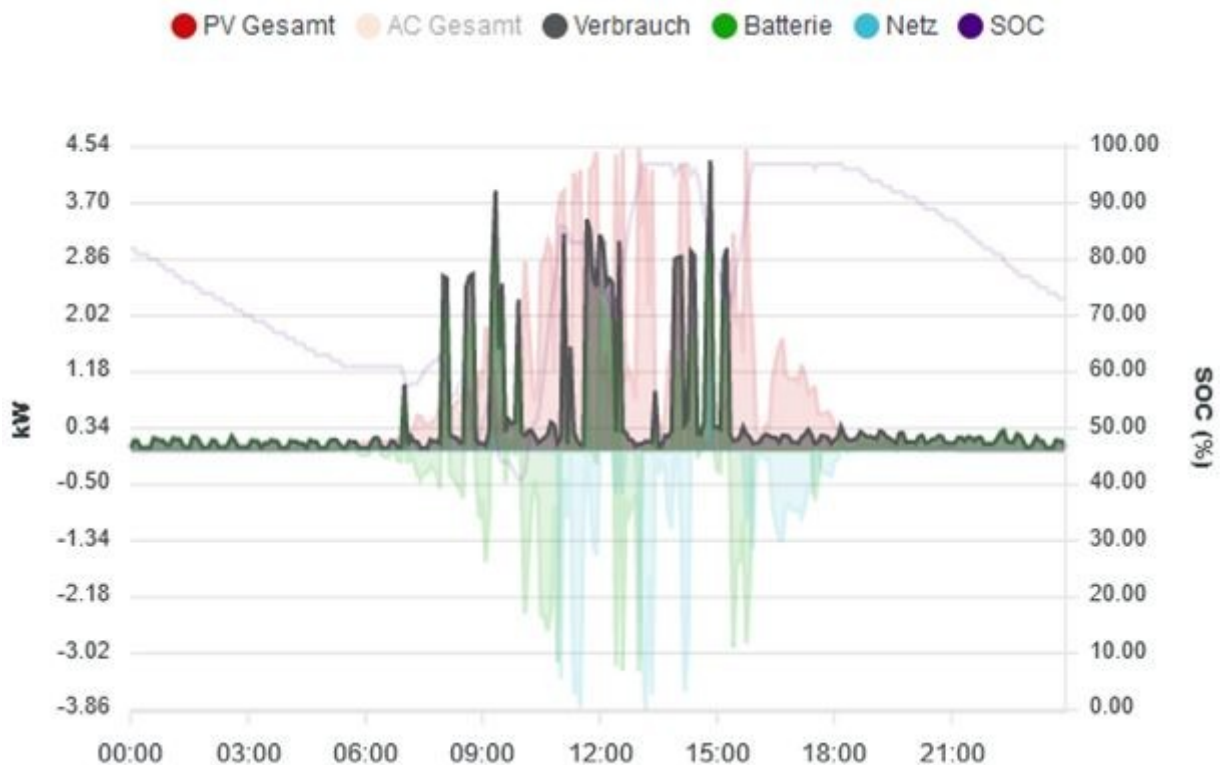
In den Diagrammen ist die Gesamt erzeugte Energie (rot), der Verbrauch im Haus (grau), Energie-Austausch mit dem Akku (grün), Energie-Austausch mit dem angeschlossenen Energie-Netz (blau) und Ladezustand des Akkus (einzelne Linie) dargestellt. Die Darstellung ist sehr unübersichtlich und verwirrend, aber man kann sich auch einzelne Teile ansehen!

## Erzeugte Energie der Anlage



Zunächst erkennt man, dass die Energie in der Zeit von etwa 6.00Uhr bis 19.00Uhr erzeugt wird. Dabei werden die Module noch nicht um 6.00Uhr von der Sonne beschienen, sondern ab einer bestimmten Helligkeit beginnt die Erzeugung, das geht also auch bei Regenwetter. Die sehr zersplittete Struktur zeigt, dass es an dem Tag sehr viele Wolken gab, die erzeugte Leistung schwankt zwischen etwa 200W bis 4500W.

## Verbrauch im Haus



An dem Tag lief im Haus fast Alles was viel Energie verbraucht, Wasserkocher, Geschirrspüler, Waschmaschine, Wäschetrockner und der Backofen (zum Einwecken). Zwischendurch bzw. parallel wurden die Kochplatten gebraucht. Da kommen dann schon mal über 4000W zustande. Eine Kochplatte hat zumeist 2000W, jedoch läuft sie nicht immer mit voller Leistung, denn bei Stufen kleiner als 9 schaltet sie sich immer nur kurz an.

Die kleinen Wellen, etwa 200W in der Nacht werden durch den Kühlschrank und den Tiefkühlschrank bestimmt. Fernseher, Computer und Licht (es sind nahezu alles LED-Lampen), diese Verbraucher spielen kaum eine Rolle.

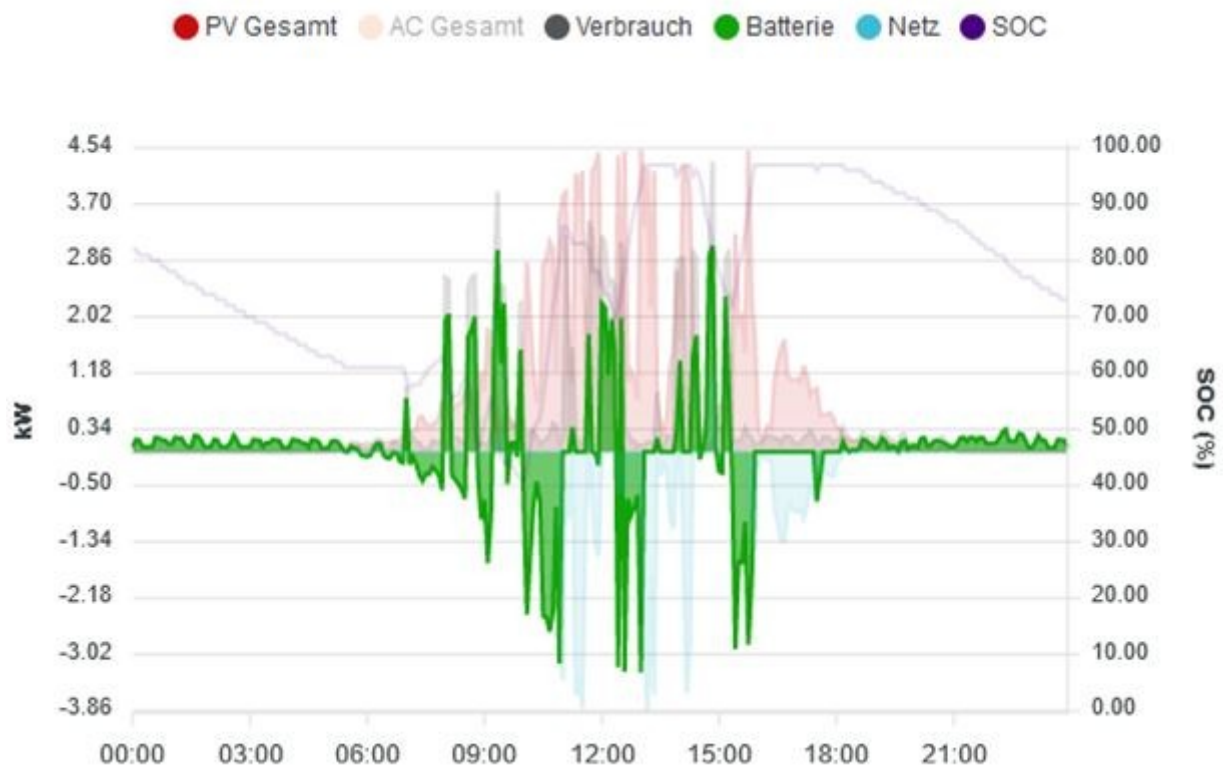
Die Heizung, eine Gasheizung, läuft im Moment nicht, aber auch hier sind überall Niedrig-Energie-Pumpen verbaut, die brauchen so 4 bis 14Watt, stellen sich selbst auf die notwendige Leistung ein.

Wie reagiert nun die Anlage?

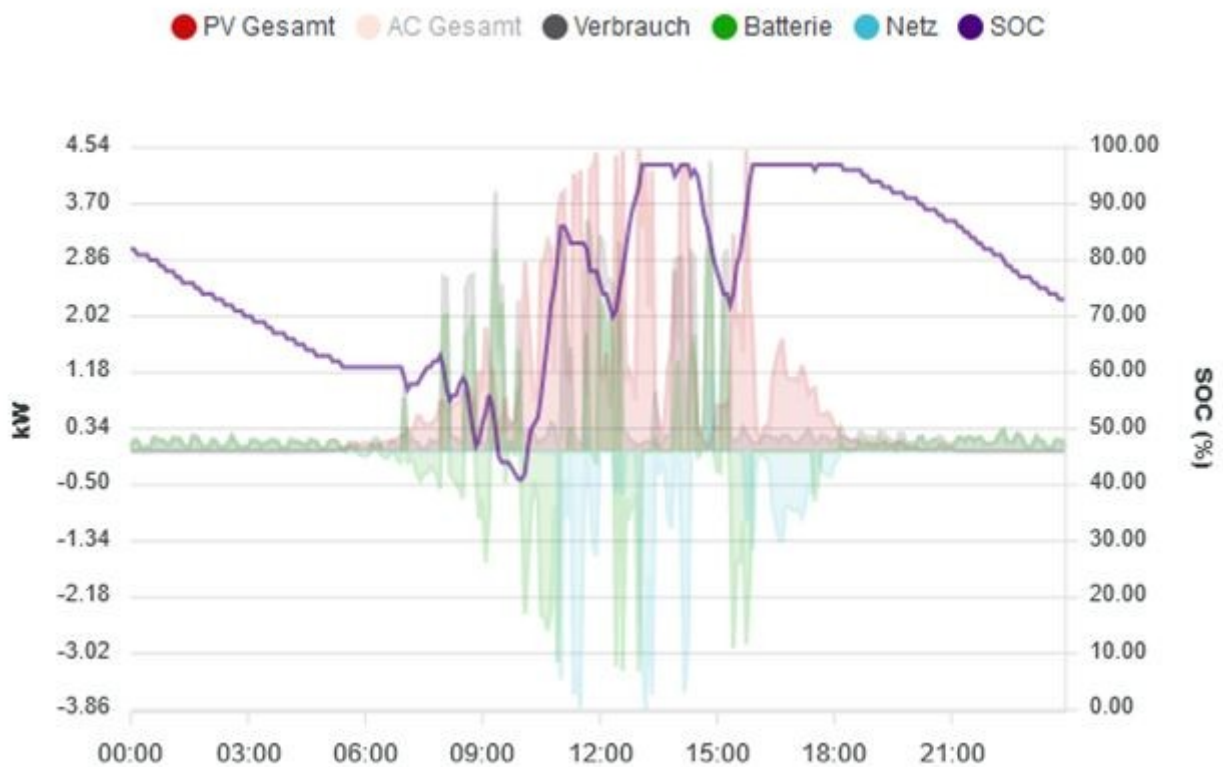
Sie muss Entscheidungen treffen, wie der Verbrauch im Haus durch die Energie der Module, dem Akku und eventuell dem Netz zusammengesetzt wird. Ziel ist natürlich, keine Energie aus dem Netz zu beziehen.

Wird mehr Energie erzeugt als gebraucht wird, muss entschieden werden ob der Akku geladen wird oder alles ans Netz abgegeben wird. Das stellt eine Optimierung dar mit den Parametern Statistik und Prognose (vom Wetter).

## Akku-Nutzung



Die Flächenrichtung zeigt den Modus des Akkus, Fläche nach oben – Energie wird aus dem Akku genutzt (Akku wird entladen), Fläche nach unten – Akku wird aufgeladen. Parallel dazu sollte man den Ladezustand des Akkus betrachten:

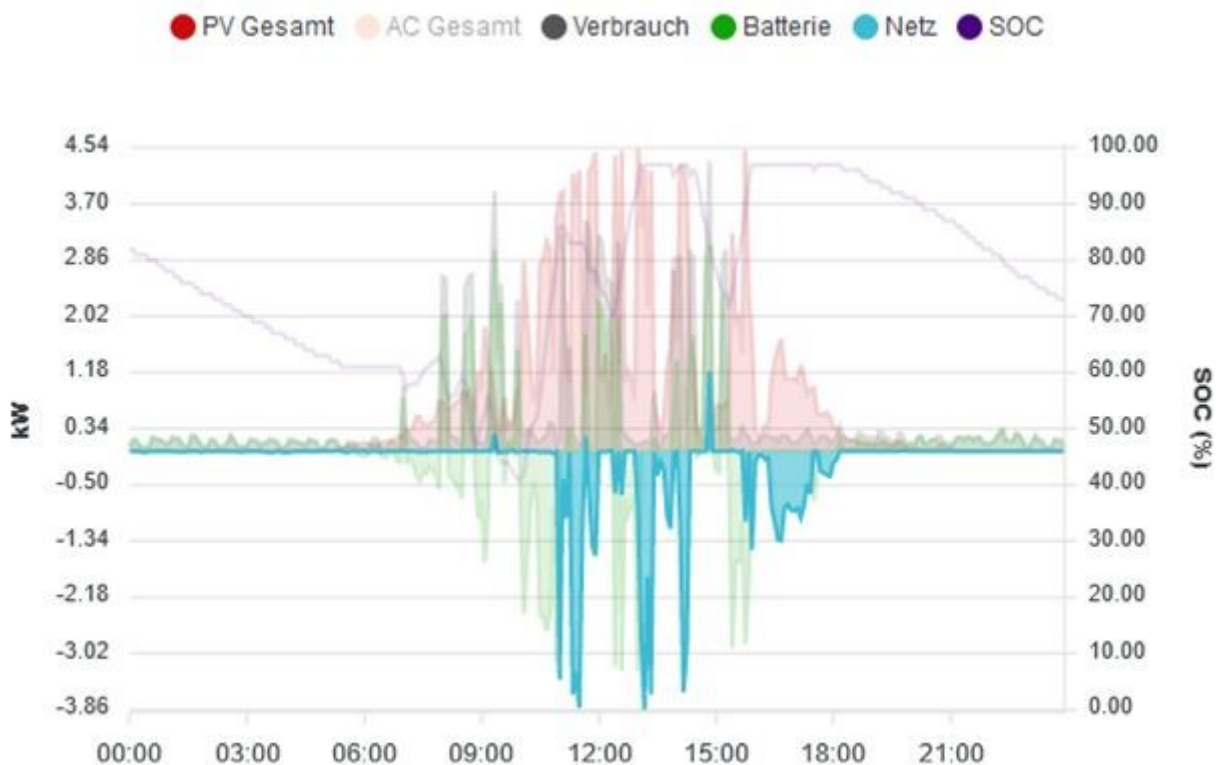


Man sieht, dass der Akku in der Nacht den Energiebedarf im Haus komplett deckt. Der Ladezustand sinkt auf etwa 60%.

Ab 7.00Uhr wurde der Wasserkocher und der Geschirrspüler genutzt. Die Leistung von nun etwa teilweise 3700W kann nicht durch die Module gedeckt werden, das schafft nun der Akku, dessen Ladezustand auf endlich 40% absinkt. Da diese Leistung nicht ständig gebraucht wird, wird in der Zwischenzeit der Akku immer wieder etwas aufgeladen. In der folgenden Zeit, in der keine großen Verbraucher bedient werden müssen, wird der Akku bis auf etwa 85% aufgeladen. Dann wird die Waschmaschine und der Trockner genutzt. Teilweise kann das schon durch die Module abgedeckt werden, aber Wolken reduzieren die Erzeugung immer wieder, so dass dann immer der Akku die Energie liefern muss. Der Ladezustand sinkt wieder auf 70%. Zwischenzeitlich kann der Akku dann auf 97% aufgeladen werden, der Backofen und die Wolken benötigen erneut den Akku, der wieder auf 70% sinkt. Nach 15.00Uhr muss kein großer Verbraucher mehr versorgt werden. Die erzeugte Energie reicht noch aus, um den Akku auf 97% für die Nacht aufzuladen (100% wird gemäß der Strategie nicht erreicht).

Interessant ist nun was mit dem Netz in der Zeit passiert.

### Netz-Einspeisung / -Bezug

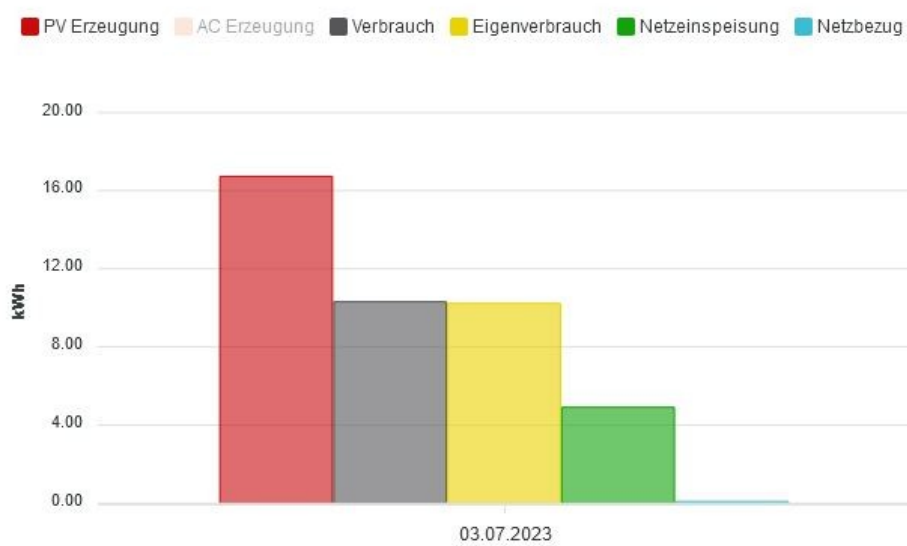


Wie beim Akku gilt auch hier, nach unten – Einspeisung ins Netz, nach oben – Bezug aus dem Netz. Es ist schon erstaunlich, dass zwischendurch bei der Nutzung des Akkus auch noch Energie übrig bleibt, um sie ins Netz einzuspeisen.

An dem doch nicht so guten Tag wird nur gegen 15.00Uhr Energie aus dem Netz bezogen (offensichtlich war eine dicke Wolke am Himmel und genau da wurden 4300W gebraucht, soviel kann der Akku nicht leisten. Aber die durch die blauen Flächen nach unten dargestellte überflüssige Energie wird ins Netz eingespeist.

Würde kein Akku vorhanden sein, müsste die grüne Fläche (nach oben) als Energie aus dem Netz bezogen werden, aber was nach unten zeigt könnte auch ins Netz eingespeist werden.

Eine andere Darstellung zeigt die Werte für den Tag:



Immerhin konnten noch etwa 4kWh ins Netz eingespeist werden, im Verhältnis zum Bezug ist das bedeutend mehr. Bei all diesen Betrachtungen muss man aber auch die Preise berücksichtigen. Man muss etwa 5-mal soviel Energie ins Netz einspeisen wie man bezieht um den Wert 0 zu erreichen (Bezug: ~44Ct, Einspeisung: 8,2Ct)

Aber alles was ich nicht gebraucht habe, zählt auch. Hier kommt der Akku in Aktion, so komme ich durch die Nacht ohne Energie zu beziehen. Im vergangenen Monat hatte ich einen

**Bezug von 5kWh = 2,1€**

im Vergleich dazu im gleichen Monat im Jahr zuvor von 159kWh, also eine

**Einsparung von 154kWh = 154kWh x 0,44Ct = 68€**

Eingespeist hat die Anlage im vergangenen Monat:

**Einspeisung: 679kWh = 56€**

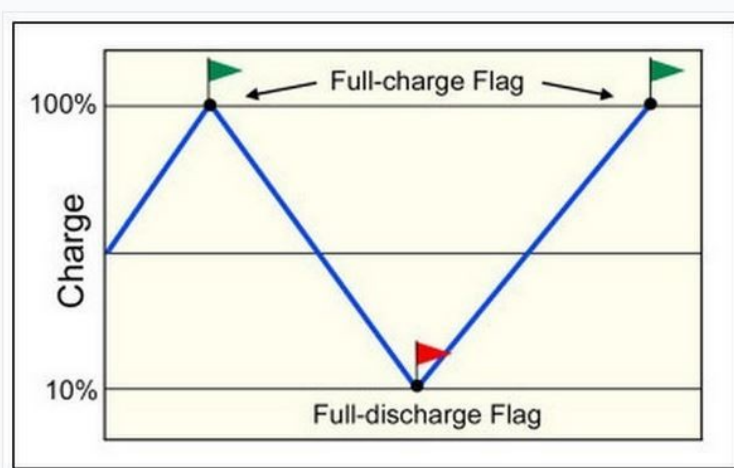
Rechnet man das zusammen entsteht ein

**Gewinn von 120€** (mit den Preisfestlegungen von 2022)

## Ich denke, ein Akku in einer PV-Anlage lohnt sich!

### Bemerkungen zur Akku-Nutzung

Das Computer-Programm im Wechselrichter steuert den Akku nach neuesten Erkenntnissen, d.b. der Akku wird bis 97% aufgeladen und nur bis 7% entladen. Wird dann noch Energie aus dem Akku gebraucht, schaltet sich die gesamte Anlage ab, wird vom Netz getrennt, so dass nun ein Zustand entsteht, als wäre keine PV-Anlage vorhanden. Der Akku wird niemals aus dem Netz aufgeladen! Die neuesten Erkenntnisse zur Akku-Nutzung beziehen auch die möglichst genaue Ermittlung des Ladezustandes mit ein, durch das ständige Auf- und Entladen ist das Computerprogramm wohl nicht mehr in der Lage den genauen Wert festzustellen. Deshalb wird, so sagt man, einmal im Monat der **Akku kalibriert**, d.b. der Akku wird auf 100% aufgeladen und dann bis auf 0% entladen. Nach einem erneuten Aufladen wieder auf 100% lässt sich der nahezu exakte Akku-Zustand ermitteln, der bis zur nächsten Kalibrierung gilt.



So soll es nach verschiedenen Meinungen passieren. Einheitlich ist, dass der Akku vor der Aktion auf 100% aufgeladen werden muss. Nicht so einheitlich ist die Entladung, meine Anlage läuft bis auf 0% runter.

Nicht so günstig kann der Beginn der Kalibrierung sein. Wenn der Beginn so liegt, dass der zur der Nacht auf

0% kommt, ist keine Möglichkeit vorhanden den Akku wieder aufzuladen. Erst am nächsten Tag, wenn Sonne scheint, werden wieder alte Zustände geschaffen, da braucht man das Netz.

Diese Empfehlung gilt für alle Akkus (denke Lithium-Ionen) also Handy, Laptop usw. Für E-Bikes ist das nicht so einfach, denn irgendwann ist 0% dann weit von zu Hause (nach Murphysche Regeln ist das so), aber alle anderen mit Akku betriebenen technischen Geräte sollte man so behandeln (erst aufladen, wenn sie nicht mehr laufen).