

PV - Datenanalyse

09 Januar 2018

Contents

1	Präliminarien	1
2	Technische Vorbereitungen	2
2.0.1	Laden der nötigen Bibliotheken und Definition von Funktionen.	2
2.0.2	Einlesen der Dateien "Daten_dd_mm_yyyy.csv":	2
2.0.3	Ergänzende Spaltenoperationen und Datenkontrollen	2
3	Auswertungen	3
3.1	Einfache Summenbildungen	3
3.1.1	Wochen- und Monatssummen	3
3.1.2	Verbrauch und Erzeugung - Datenübersicht	4
3.1.3	Batteriezustand	5
3.2	Ladung und Entladung summieren und mit Ladezustand vergleichen	5
3.2.1	Abschätzung von Wirkungsgraden für die Ladung bzw. die Entladung der Batterie . .	5
3.2.2	Visualisierung der Approximationsqualität	5
3.3	Strecken monotoner Entladung	6
3.3.1	Monotonie im Ladeverhalten	6
3.3.2	Bilanzierung der Differenzen orientiert am Ladezustand im Vergleich zu den Lade-/Entladevorgängen	7
4	Reste	7
4.1	Tägliche Minima und Maxima identifizieren - optional	7
4.2	Perioden zwischen horizontalen Niveaus bilden - Neutrale Zyklen	7
4.2.1	Bildung der Grundfunktionen	7
4.2.2	Zusammenfassung dieses Vorgangs	8
5	Graphische Auswertungen	8
5.1	Darstellung der Wirkungsgrade in Abhängigkeit von Durchsatz	8
5.2	Darstellung der Wirkungsgrade in Abhängigkeit von der Mitte der Halbperiode	8
5.2.1	Das Gleiche mit Aufsummeln von Daten zu mehreren Levels	8

1 Präliminarien

Die Programmstücke dienen der Auswertung der Daten, die von der PV-Anlage erzeugt und mit Hilfe des SMA-Portals gelesen werden.

Die Daten liegen tageweise in Dateien vor. Beim Download werden diese von Hand benannt, sie enthalten Datensätze (Zeilen), die im 5-Minuten-Rhythmus erfasst wurden. Beim Einlesen werden sie zusammengefügt.

Die Datensätze enthalten die Größen

zeit — leistung.pv — leistung.stp — netzeinspeisung — netzbezug — batt_ladung — batt_entladung — ladezustand(%)

Einheiten:

- Zeit als Datum-Stunde-Min-Sek
- Alle anderen Größen in W außer

- Ladezustand in % der Batteriekapazität. Laut Herstellerangabe beträgt diese 9,8 kWh, von denen 9,3 kWh verfügbar sind.

Im folgenden wird mit einer Batteriekapazität von $0.93 \times 10 \text{ kWh}$ gerechnet.

Es wird sich herausstellen, dass dieser Wert für die Abschätzung von Teilwirkungsgraden eine wesentliche Bedeutung hat.

2 Technische Vorbereitungen

Dient nur der Darstellung des Codes, kann überlesen werden, wenn es nur um Anlagendaten geht.

2.0.1 Laden der nötigen Bibliotheken und Definition von Funktionen.

2.0.2 Einlesen der Dateien “Daten_dd_mm_yyyy.csv”:

Für jeden Tag liegt eine Datei vor, mit Messwerten im 5-min-Abstand. Alle in der Einheit W, mit Ausnahme von ‘ladezustand’. Dieser wird beim Lesen als Prozentsatz übergeben und anschließend auf $10000 = 100\%$ normiert. Weil die Batterie eine Kapazität von annähernd 10 kWh besitzt, kann die Zahl 10000 grob mit der Einheit Wh gelesen werden.

Beim Einlesen werden die Kopfzeilen und die erste, sonst leere Datenzeile für 0:00 Uhr ignoriert. Für jeden Tag gibt es also 288 Zeilen, endend mit 0:00 der Folgetages (diese Zeile wird aufgenommen).

Die Zeilen müssen sortiert werden, weil die Dateien nicht in der korrekten zeitlichen Reihenfolge eingelesen werden.

```
## Kontrolle der Kopfzeilen auf Gleichheit.
## Die Kopfzeilen aller Dateien stimmen ueberein.
##
## Kontrolle auf redundante Zeilen:
## Ok, es gibt keine doppelte Zeiten.
```

2.0.3 Ergänzende Spaltenoperationen und Datenkontrollen

- a) Die neue Spalte ‘ct’ zählt die Datenzeilen
- b) **Ausgeschaltet:** Über ‘ladezustand’ läuft eine Glättungsfunktion, um einzelne Ausfalle in den Messungen zu beseitigen.
- c) ‘month’, ‘day’ und ‘hour’ werden aus der Variablen ‘zeit’ extrahiert und im Datumsformat “yyyy-mm-dd” bzw. als Zahl 0 - 23 gespeichert.
- d) ‘ladediff’ wird als Differenz zwischen dem aktuellen Zustand und dem vorangegangenen Ladezustand berechnet.
- e) von W in Wh werden umgerechnet:
 - i) batt_ladung, batt_entladung,
 - ii) leistung.pv, leistung.stp, (bei der bestehende Anlage identisch)
 - iii) netzeinspeisung, netzbezug

Weil die Leistung jeweils zur Zeit t in 5min-Intervallen erhoben wird, wird in jedem Intervall die Arbeit $W = P \cdot 5\text{min} = P \cdot (1/12) \text{ h}$ verrichtet. Anm.: In der späteren Auswertung wird dies so interpretiert: Diese el. Arbeit von $P \cdot 5\text{min}$ wird im Zeitintervall $t \pm 2,5\text{min}$ erbracht

```
## Oct 2017 hat Daten von 31 Tagen
## Nov 2017 hat Daten von 30 Tagen
## Dec 2017 hat Daten von 31 Tagen
```

```

## Jan 2018 hat Daten von 9 Tagen
##
## Warnung: An folgenden Tage liegen weniger als 288 Beobachtungen vor:
## 2017-10-01 hat nur 280 Beobachtungen.
## 2018-01-09 hat nur 1 Beobachtungen.
##
## Info: In 1089 Zeilen der Originaldaten findet gleichzeitig Ladung und Entladung statt.
##
## Der Datensatz enthaelt jetzt 28793 Zeilen.
##
## Erzeuge Tabelle verbrauch
## Loesche aus data Spalten: leistung.pv leistung.stp netzeinspeisung netzbezug .

```

Die Rohdaten werden gespalten in **data** mit den Variablen: zeit, batt_ladung, batt_entladung, ladezustand, month, week, day, hour, ladediff, ct, ladezustand_Wh

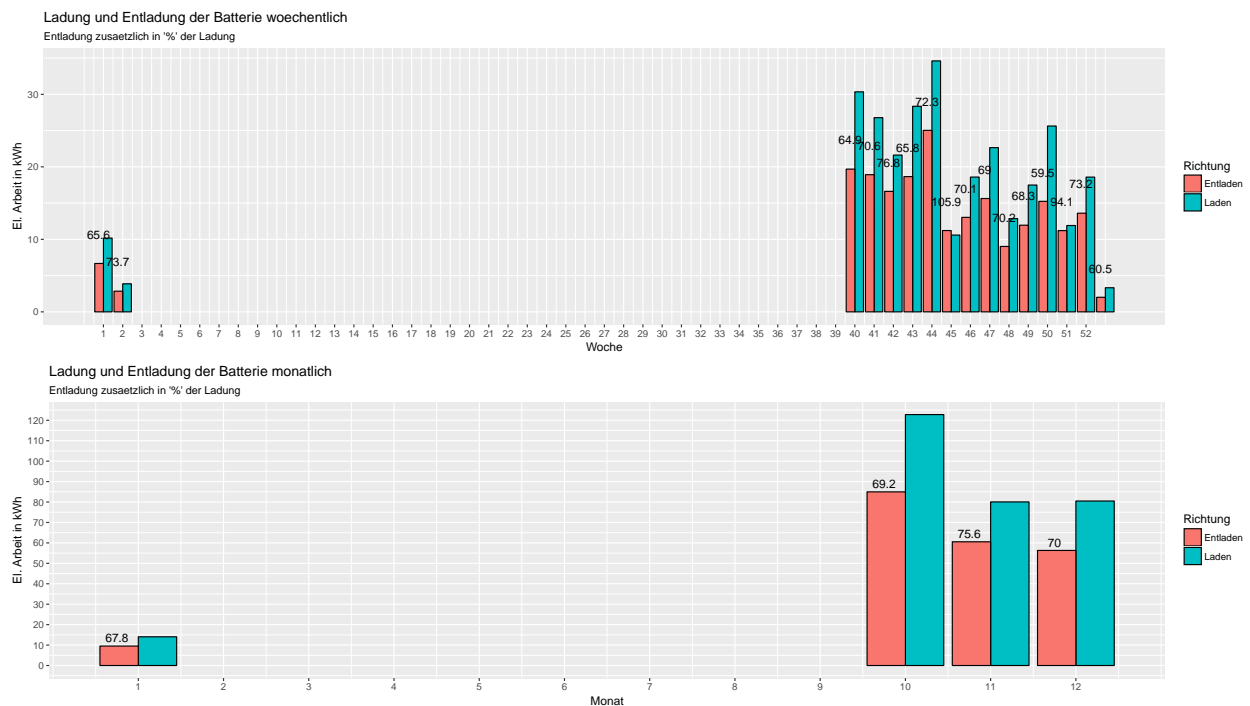
sowie **verbrauch** mit den Variablen: zeit, leistung.pv, netzeinspeisung, netzbezug, batt_ladung, batt_entladung, ladezustand, month, week, day, hour, ladediff, ct, ladezustand_Wh

3 Auswertungen

3.1 Einfache Summenbildungen

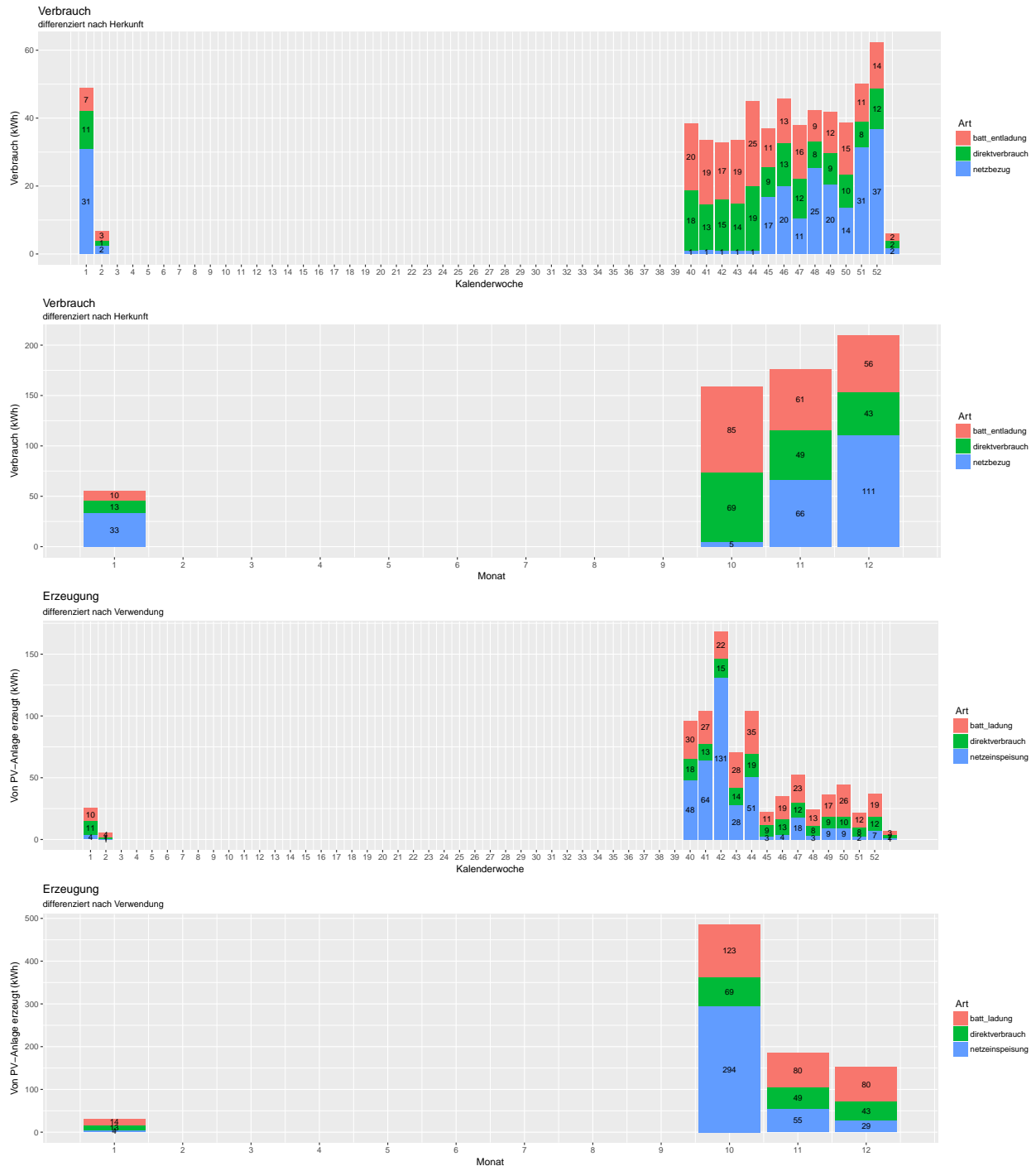
3.1.1 Wochen- und Monatssummen

Die folgenden Diagramme fassen die Lade- und Entladevorgänge der Batterie zusammen. Die daraus berechneten Wirkungsgrade sind gerade bei wöchentlicher Berechnung allenfalls Anhaltspunkte, weil der Batteriezustand zu Anfang bzw. zum Ende der Woche i.d.R. nicht gleich sein wird.



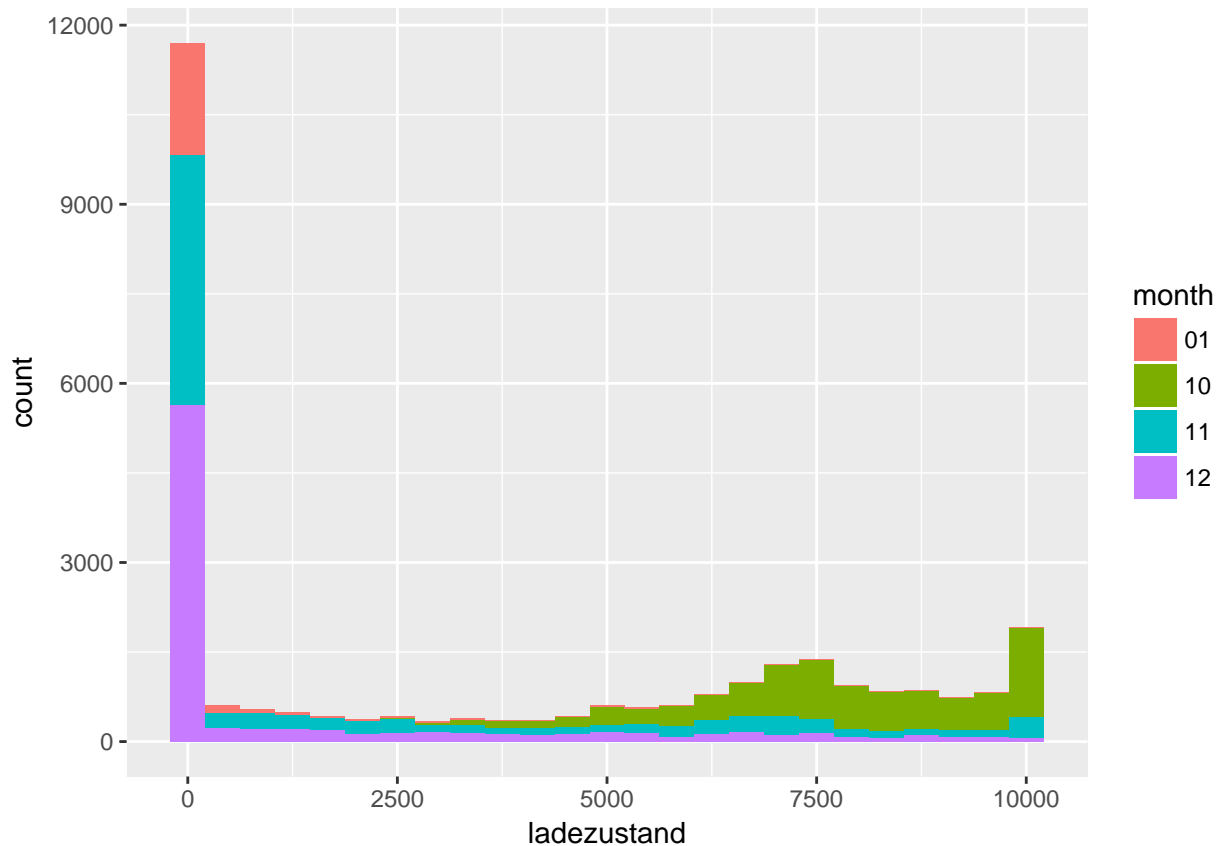
3.1.2 Verbrauch und Erzeugung - Datenübersicht

Die folgenden Diagramme haben die selbe Struktur, wie entsprechende Seiten der Website <http://sunnyportal.com/>.



3.1.3 Batteriezustand

Das folgende Diagramm zählt die Häufigkeit, mit der die Ladezustände der Batterie in den Monaten aufgetreten sind. Ausgezählt wird in Intervallen der Breite 0,400 kWh. (Amm: Ränder prüfen!)



3.2 Ladung und Entladung summieren und mit Ladezustand vergleichen

3.2.1 Abschätzung von Wirkungsgraden für die Ladung bzw. die Entladung der Batterie

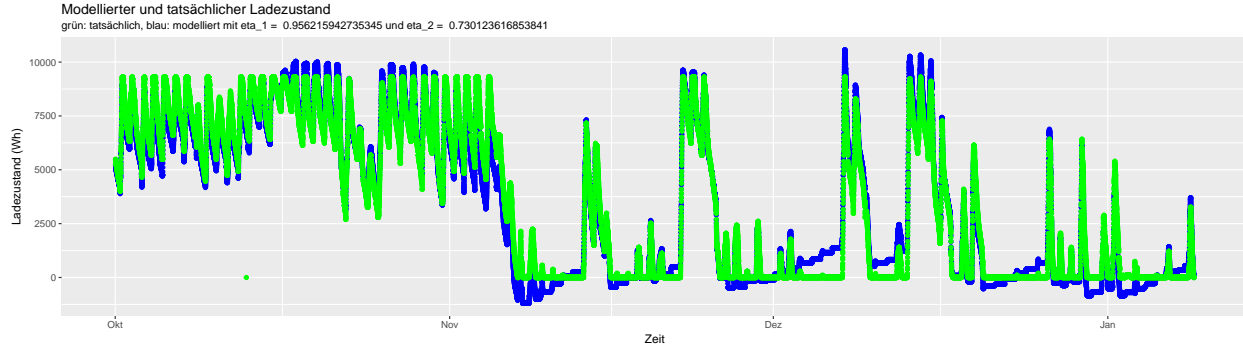
Durch die Annahme von zwei (konstanten) Wirkungsgraden für den Ladevorgang und den Entladevorgang kann aus den gemessenen Werten für die Batterieladung und -entladung fiktiv ein Ladezustand der Batterie berechnet und mit den Messwerten für den Ladezustand verglichen werden. Durch Auswahl der besten Approximation im Sinn einer geeigneten Norm ergibt sich eine Schätzung für die beiden Wirkungsgrade.

Mit Hilfe nichtlinearer Anpassung mit der Methode der kleinsten Quadrate erhält man Wirkungsgrade:

Fuer Ladung und Entladung ergeben sich die Wirkungsgrade 0.9562159 und 0.7301236

3.2.2 Visualisierung der Aproximationsqualität

Zum Vergleich: Verlauf des gemessenen und des modellierten Ladezustands



Aus dem Diagramm lässt sich erkennen, dass die Modellvorstellung eines konstanten Wirkungsgrades offensichtlich nur sehr grob gültig ist. Zu vermuten sind geänderte Wirkungsgrade im Bereich der beiden extremen Ladezustände nahe 100 bzw. 0 %.

3.3 Strecken monotoner Entladung

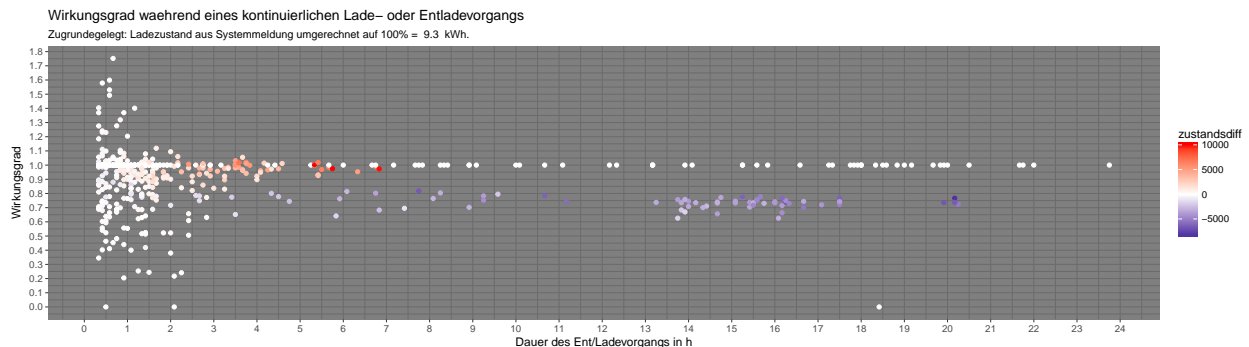
Die beiden oben gefundenen Wirkungsgrade für das Laden der Batterie und für den Entladevorgang sollten sich auch wiederfinden lassen, wenn man Perioden beobachtet, in den die Batterie monoton geladen oder entladen wird. Dies ist das Ziel der folgenden Auswertung.

3.3.1 Monotonie im Ladeverhalten

Es werden die zeitlichen Abschnitte erfasst, in denen die Ladebilanz ($\text{batt_ladung} - \text{batt_entladung}$) konstantes Vorzeichen (+/-1 oder 0) hat. Das Resultat des Ladevorgangs wird mit der Änderung des Ladezustands verglichen. Als Ausgangspunkt dient also das Ladeverhalten, die Summation der Werte wird verglichen mit dem tatsächlich erreichten Ladezustand.

Problematisch ist dabei, dass die Erfassung des **Ladezustands** wesentlich gröber ist (Schritte von ca. 100 Wh) als die des **Ladevorgangs**.

```
## Vorkontrolle: Es werden
## 11998 5min-Intervalle negativer und
## 5892 Intervalle positiver Bilanz registriert.
## 10903 Intervalle sind neutral.
```

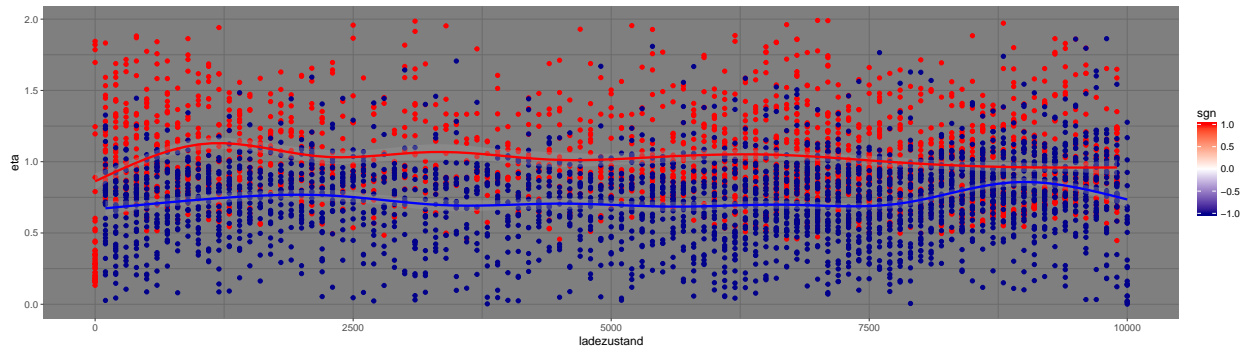


Bei kurzen Ladevorgängen streuen die Wirkungsgrade erwartungsgemäß sehr stark. Die Wirkungsgrade für Ladevorgänge (positiver Bilanz) streuen um Werte Nahe Eins (rote Punkte). Wegen der begrenzten Sonnenscheindauer kann die zugehörige Ladedauer bei den ausgewerteten Jahreszeiten 7 Stunden natürlich nicht überschreiten. Anders die Entladevorgänge, die bis zu fast einen Tag andauern können. Ihre Wirkungsgrade gruppieren sich um Werte bei 0,7 wie dies von der obigen Modellierung schon nahegelegt wurde.

3.3.2 Bilanzierung der Differenzen orientiert am Ladezustand im Vergleich zu den Lade-/Entladevorgängen

Umgekehrt wie im vorigen Abschnitt erfolgt die Orientierung an den vorliegenden Ladezuständen bzw. ihren Sprüngen. Die Abschnitte zwischen zwei Sprüngen werden erfasst und die in dieser Zeit zugeführte/entnommene Energie bilanziert. Dies führt wieder zu einer Abschätzung der Wirkungsgrade.

Angezeigt werden für jeden Ladezustand zwischen 0% und 100% die Mediane der Wirkungsgrade jeweils in positiver und negativer Richtung getrennt. Werte kleiner als -1 und größer 2 werden ignoriert. Ladeperioden kleiner als 4 werden ebenfalls ignoriert. VORSICHT FEHLER: Durch slice wird nur eine zufällige periodenlaenge ausgewählt. ÄNDern!!!! Derzeit: Alle Wirkungsgrade für die Änderung eines Ladezustands werden gezeigt.



4 Reste

4.1 Tägliche Minima und Maxima identifizieren - optional

```
# Minima und MAXima markieren frueher R_Min_Max_mark.R  
# source("04_Auswertungen_Summ_Ent_Ladung_in_Tagesper.R")
```

4.2 Perioden zwischen horizontalen Niveaus bilden - Neutrale Zyklen

Ein *neutraler Zyklus* ist eine Lade-Entlade-Vorgang der von einem Ladezustand des Akkus ausgehend zu diesem zurückkehrt. Für diese ist es sinnvoll, Wirkungsgrade als Verhältnis von Output zu Input zu bilden.

“level” legt die Höhe des Ausgangszustands fest, der als Basis für die Berechnung von Wirkungsgraden dient. Ein solcher Zyklus kann jeweils über oder unter dem Ausgangslevel bleiben (später mit UP bzw. DOWN gekennzeichnet).

4.2.1 Bildung der Grundfunktionen

1. Initialisieren der Funktion “zyklus_daten_gen(xdata, l)” mit den Parametern xdata zur Übergabe der Daten und l zur Übergabe des Levels

Erzeugt die Spalten, die einen Zyklus mit einem Zähler charakterisieren und dessen Länge zählen:
zyklus --- len_of_zyklus

2. Initialisieren der Funktion “zyklus_summen_gen(xdata)” mit dem Parameter xdata zur Übergabe von data

```

Erzeugt die innerhalb eines Zyklus konstanten Werte:
max_level : max(ladezustand),
min_level : min(ladezustand),
hub_level : max_level - min_level,
mit_level : (min_level+max_level)/2,
durchsatz : hub_level/len_zyklus*12, Einheit Wh zwischen Min und Max / Stunde
signum     : Wenn max_level über dem vorgegebenen Level "UP" sonst "DOWN"
lev        : Der gewählte Level gespeichert in % im Hinblick auf die Verkettung der Daten zu mehreren

```

4.2.2 Zusammenfassung dieses Vorgangs

Dazu wird folgende Funktion definiert

Sie gibt die Auswertung zurück mit jeweils einem Wert pro Zyklus.

5 Graphische Auswertungen

5.1 Darstellung der Wirkungsgrade in Abhängigkeit von Durchsatz

Die maximale Energiedifferenz zwischen höchsten und niedrigsten Wert im Speicher in einer Halbperiode dividiert durch die Dauer der Halbperiode wird als (Energie-)Durchsatz bezeichnet angegeben in Wh/h. 'lev' bezeichnet dem gewählten level dividiert durch 1000.

Durch Wahl mehrerer Levelwerte erhält man folgende Darstellung

5.2 Darstellung der Wirkungsgrade in Abhängigkeit von der Mitte der Halbperiode

5.2.1 Das Gleiche mit Aufsummieren von Daten zu mehreren Levels

Wirkungsgrade $\eta = 0$ oder $\eta > 10000$ werden ausgeblendet.