PV - Datenanalyse

Contents

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.

2 Technische Vorbereitungen

2.0.1 Laden der nötigen Bibliotheken und Definition von Funktionen.

```
source("01-Bibliotheken-laden.R")
```

```
source("02-Funktionen-bilden.R")
```

2.0.2 Einlesen der Dateien "Daten__dd__mm__yyyy.csv":

Alle Größen 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 $10kWh$ besitzt kann dies auch als Wh gelesen werden.

Die beiden ersten Werte sind identisch, deswegen wird "leistung.stp"" in der Folge sofort gelöscht.

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

```
# Einlesen der Datenfiles-----notig: 02-Funktionen-bilden.R----------------------
source("03-Files-einlesen.R")
```

2.0.3 Ergänzende Spaltenoperationen und Datenkontrollen

a) Die neue Spalte 'ct' zählt die Datenzeilen
b) Über 'ladezustand' läuft eine Glättungsfunktion, um einzelne Ausfaelle 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 von Ladezustand zwischen dem aktuellen Zustand und dem vorangegangenen berechnet (NEIN: Prozent! Einheit Wh).
e) von W in Wh werden umgerechnet:
   i) batt_ladung, batt_entladung,
   ii) leistung.pv, leistung.stp,
   iii) netzeinspeisung, netzbezug Weil die Leistung jeweils zur Zeit t in 5min-Intervallen erhoben wird, wird jedem Intervall die Arbeit W = P 5min = P (1/12) 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

```
# Ergaenzende Spaltenoperationen ------------------------------------------------
source("03-Spalten-bearbeiten.R")
```

```
## Kontrolle auf redundante Zeilen
## Ok, es gibt keine doppelte Zeiten.
##
## Info: In  845  Zeilen der Originaldaten findet gleichzeitig Ladung und Entladung statt.
##
## Oct 2017 hat Daten von  31 Tagen
## Nov 2017 hat Daten von  30 Tagen
## Dec 2017 hat Daten von  11 Tagen
##
##  Warnung: An folgenden Tage liegen weniger als 288 Beobachtungen vor:
## 2017-10-01 hat nur  280  Beobachtungen.
## 2017-12-11 hat nur  1  Beobachtungen.
##
```

```
## Erzeuge Tabelle verbrauch
## Loesche aus data Spalten:  leistung.pv leistung.stp netzeinspeisung netzbezug .
## Der Datensatz enthaelt jetzt  20441 Zeilen.
```

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

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

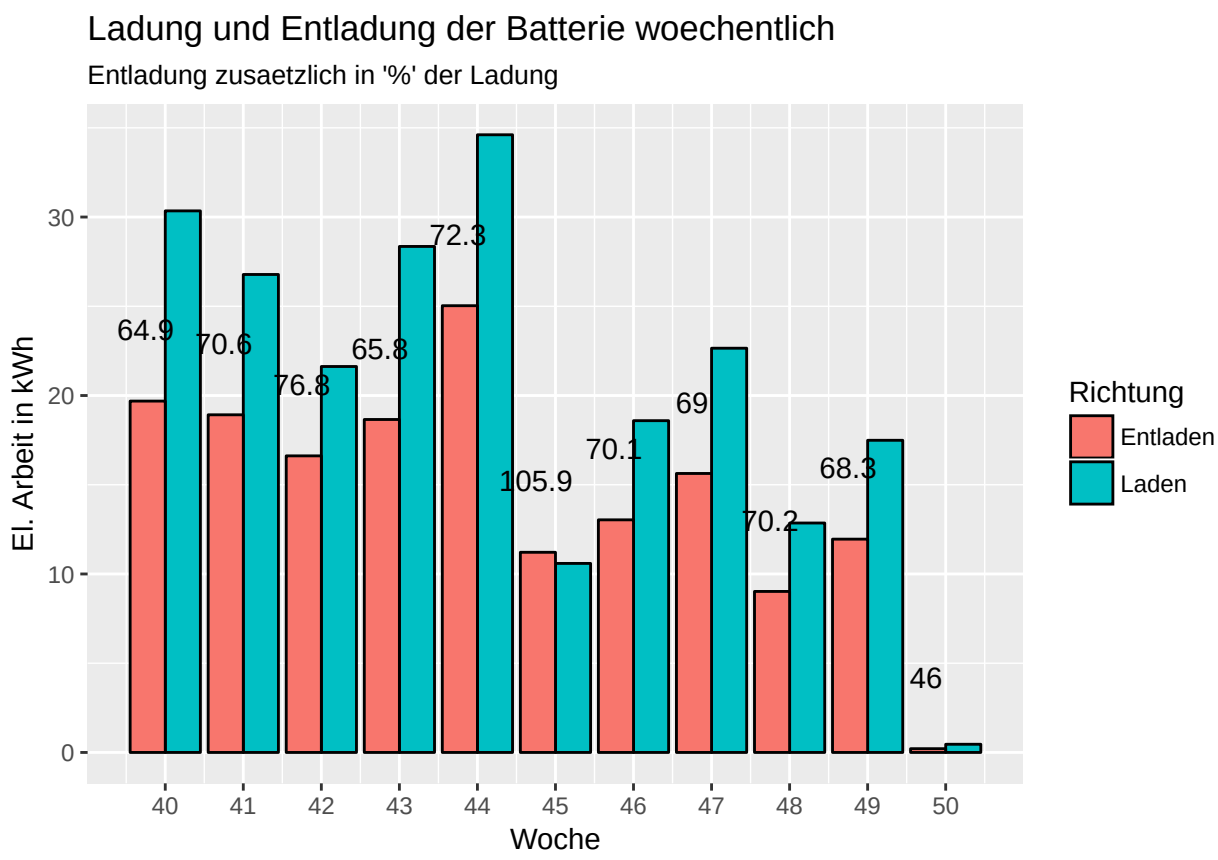
3 Auswertungen

3.1 Einfache Summenbildungen

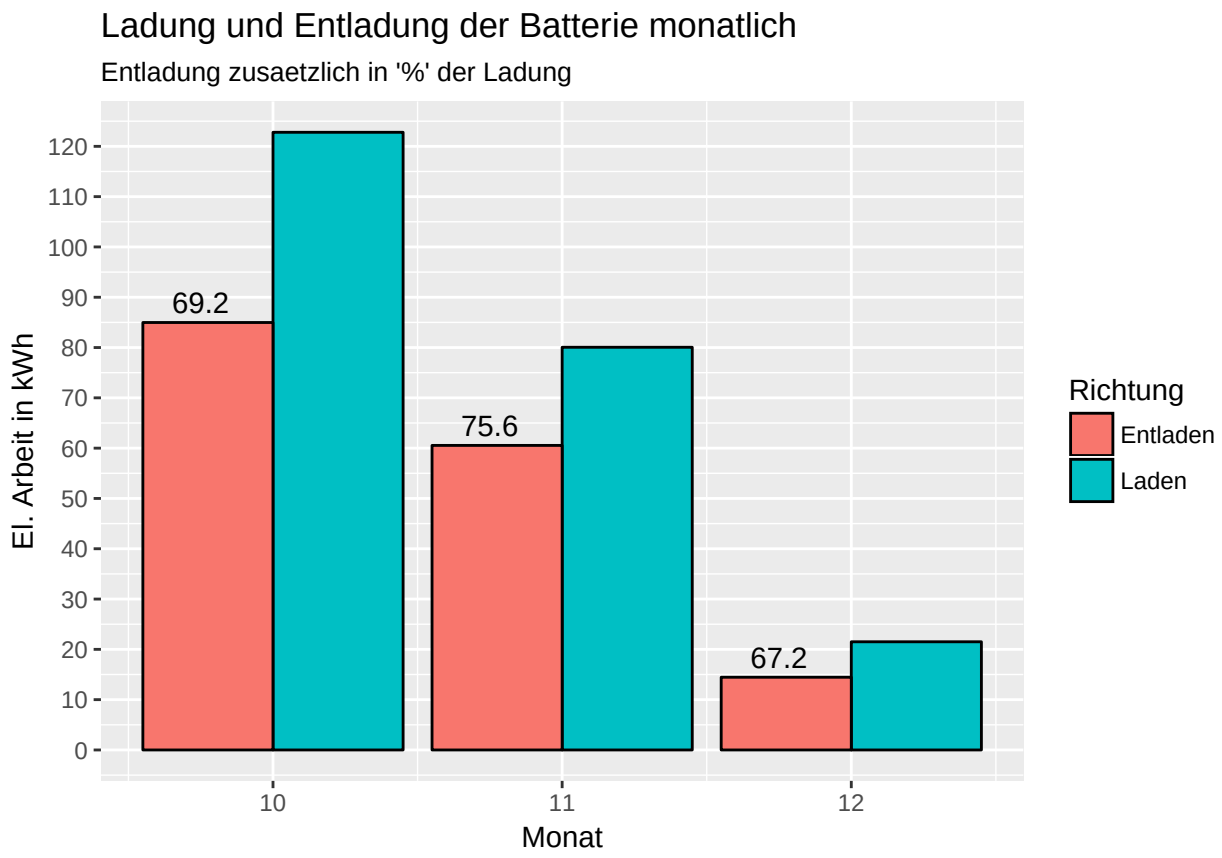
3.1.1 Monatssummen

Jetzt neuen code mit Variable fuer Woche und Monat

```
source("04_Batterie_Ent_ladung.R")                # Funktion bilden
erzeuge_ent_lade_diagramm(data,week,"woechentlich","Woche")
```

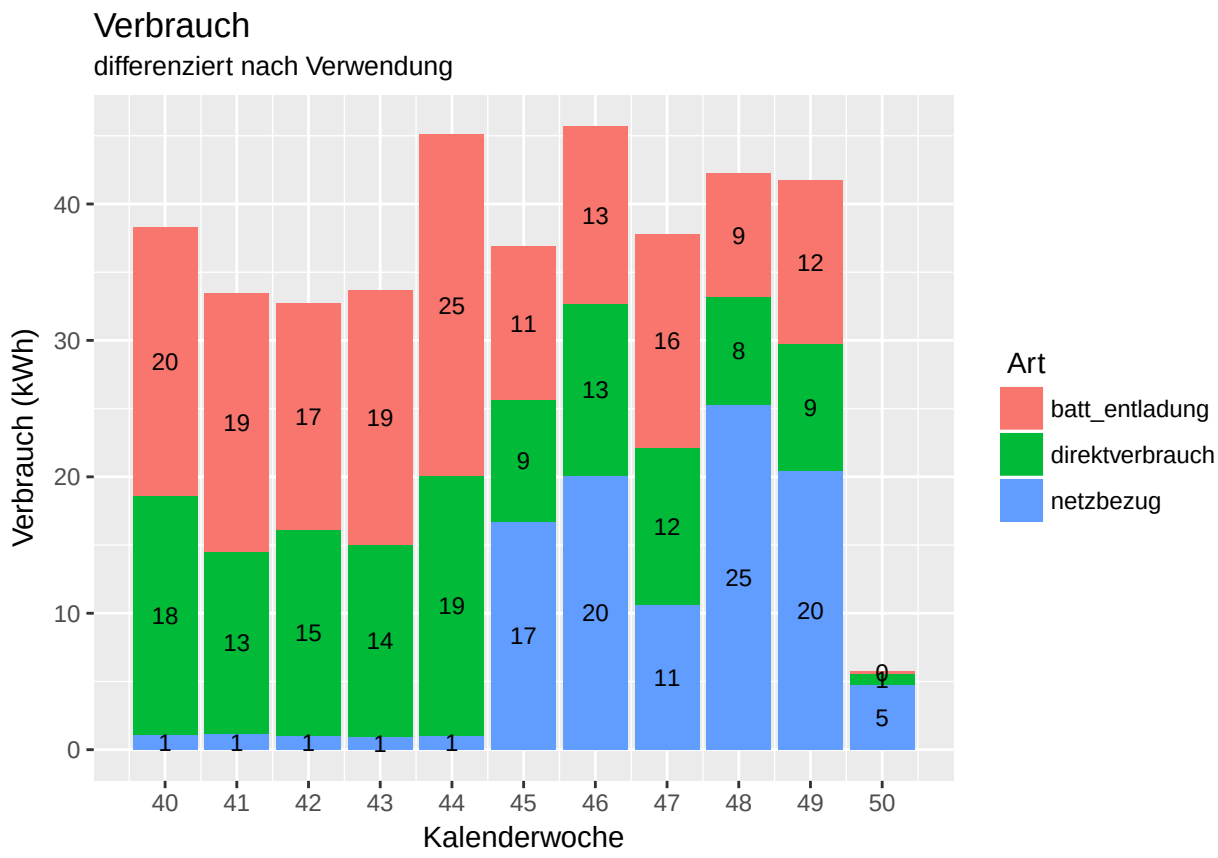



```
erzeuge_ent_lade_diagramm(data,month,"monatlich", "Monat")
```

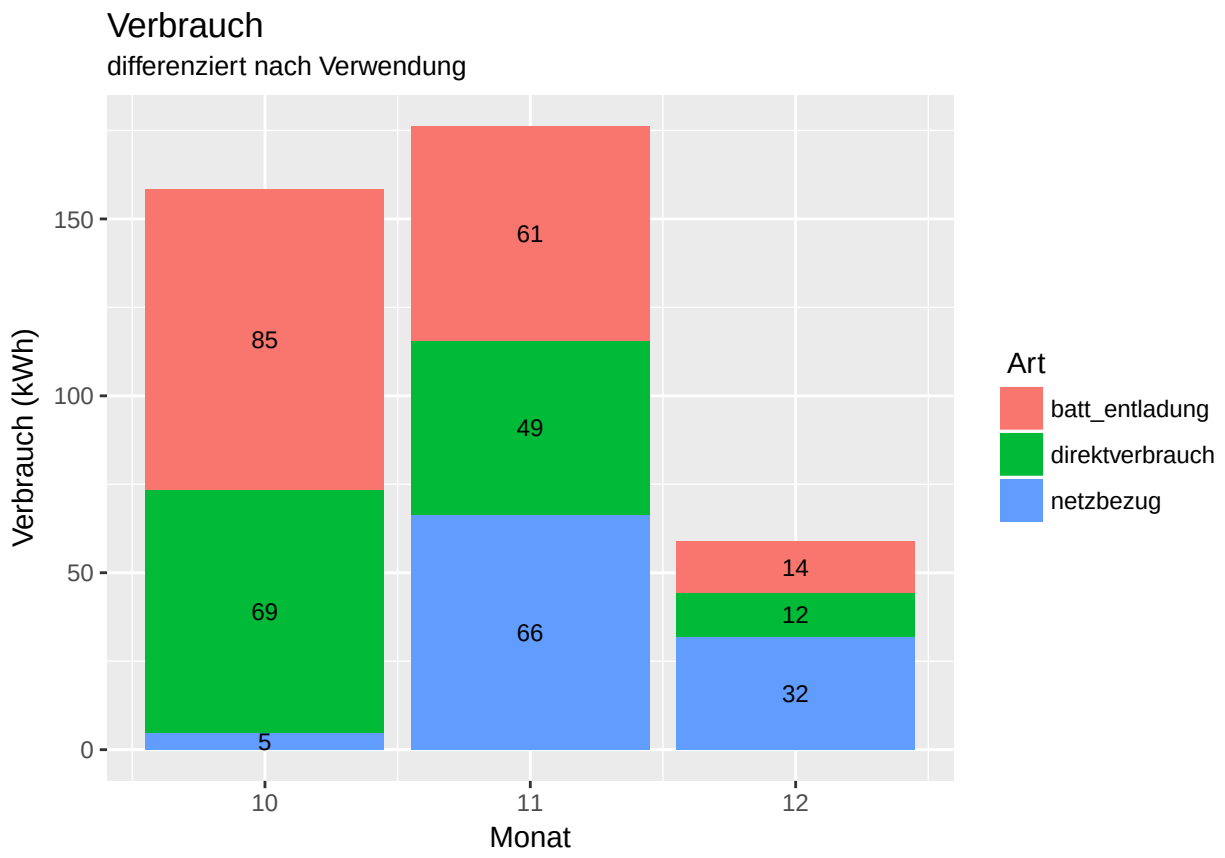


3.1.2 Verbrauch und Erzeugung - Datenübersicht (Eigenverbrauch fürs Finanzamt)

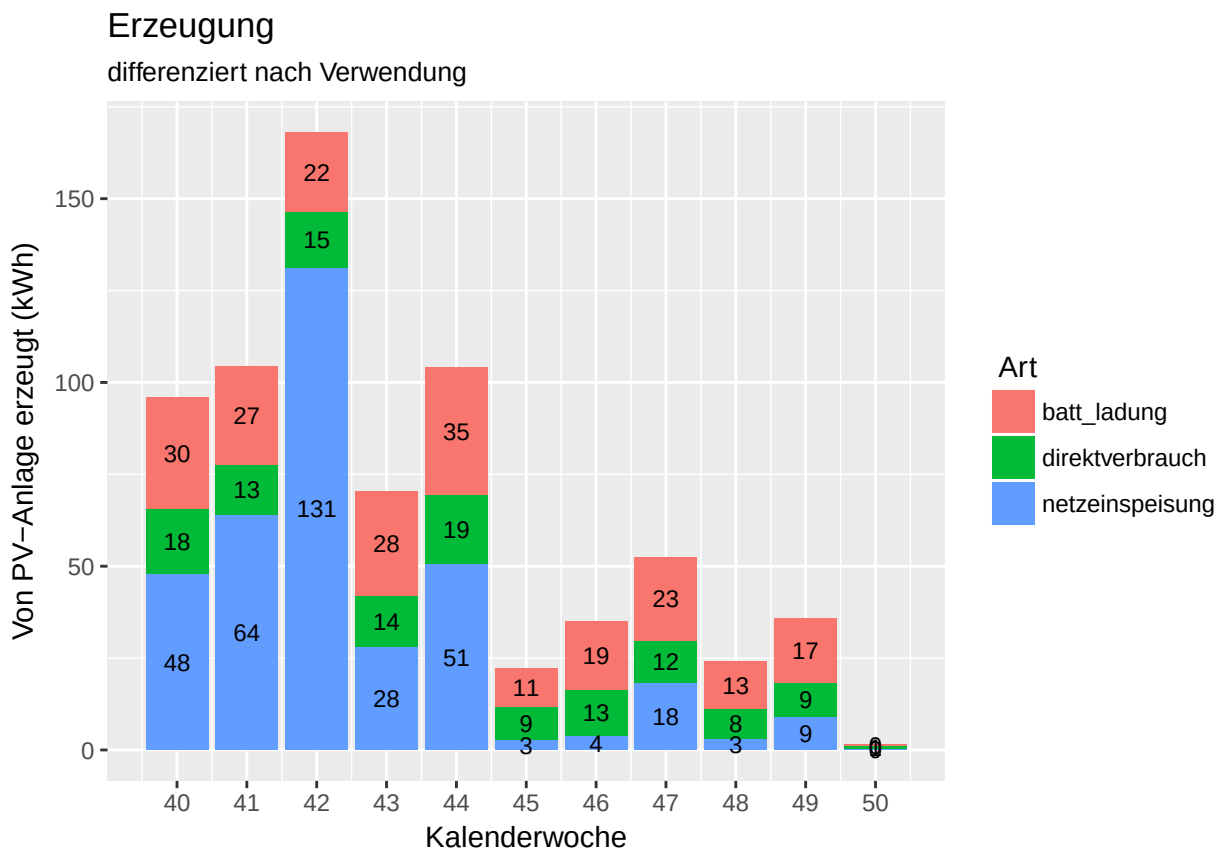
```
source("04_Verbrauch_u_Erzeugung.R")
verb_u_erzeugung(verbrauch, "Verbrauch", "Woche")
```



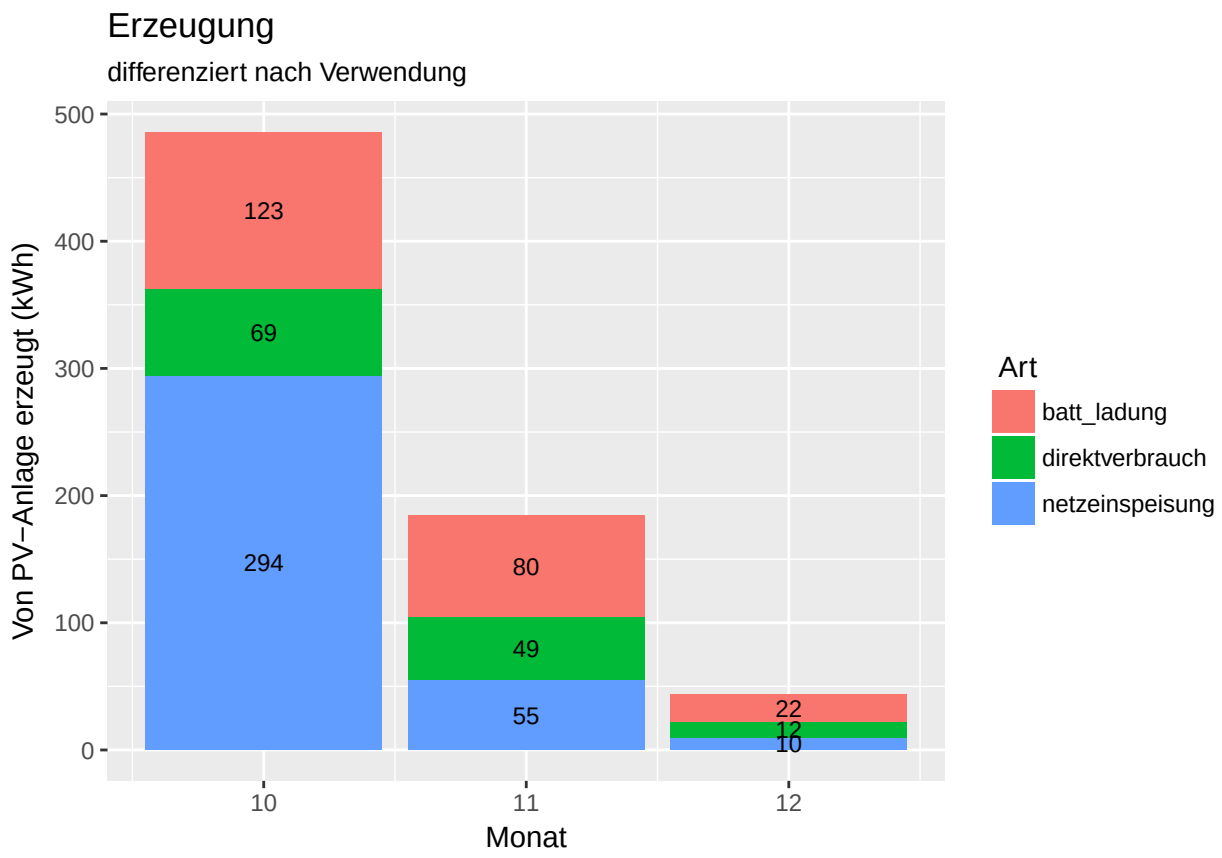

```
verb_u_erzeugung(verbrauch, "Verbrauch", "Monat")
```




```
verb_u_erzeugung(verbrauch, "Erzeugung", "Woche")
```




```
verb_u_erzeugung(verbrauch, "Erzeugung", "Monat")
```

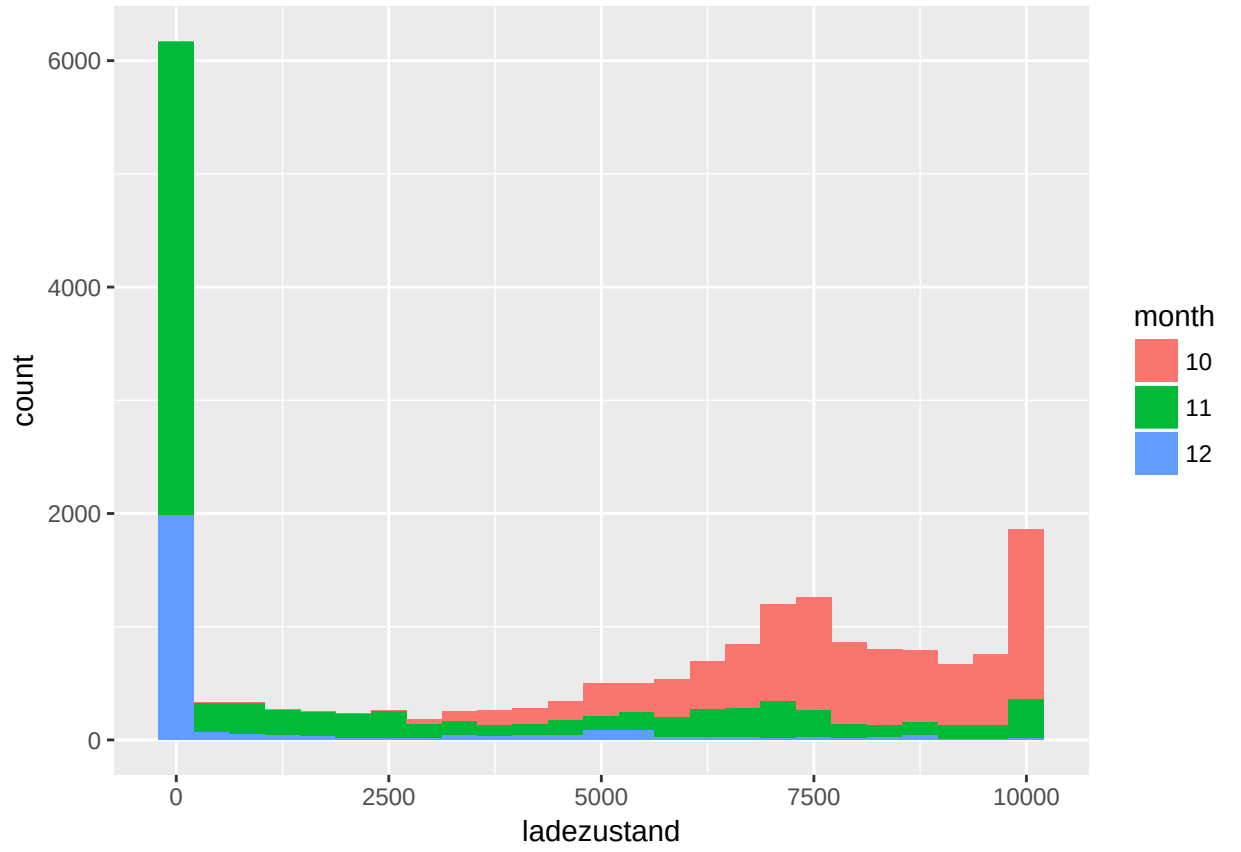


3.1.3 Batteriezustand

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. (Amn: Ränder prüfen!)

```
batt.zustand <- data %>%
  select(zeit, month, week, day,hour, ladezustand)
ggplot(batt.zustand) +
 #geom_bar(mapping = aes(x = ladezustand, fill=month ))
 stat_bin(mapping = aes(x = ladezustand, fill=month, order=month ), bins = 25) #+
```

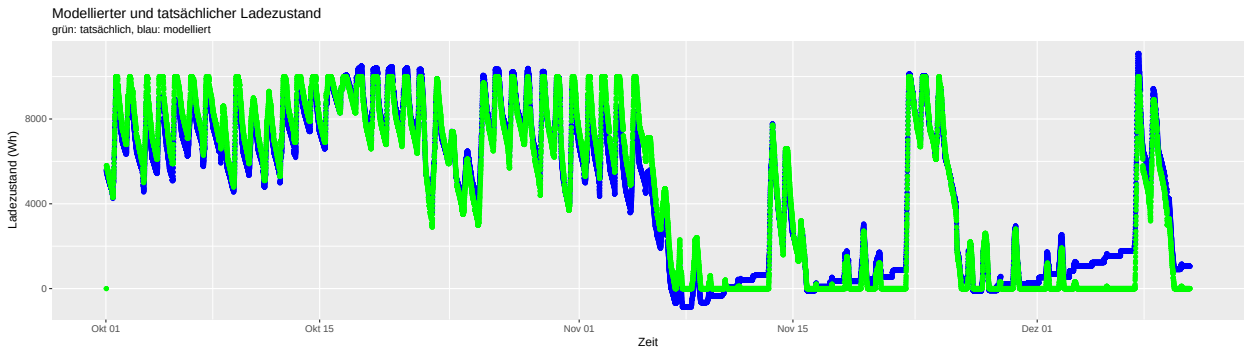
```
## Warning: Ignoring unknown aesthetics: order
```




```
   #scale_fill_brewer(palette="red")
```

3.2 Ladung und Entladung summieren und mit Ladezustand vergleichen

```
source("04_Modell_Ent_Lade_Wirkungsgrad.R") #

ggplot(lade_data) +
  geom_point(mapping = aes(x=zeit,y=cum_ladung),  color = "blue")  +
  geom_point(mapping = aes(x=zeit,y=ladezustand), color = "green") +
  labs(x = "Zeit",
       y = "Ladezustand (Wh)",
       title = "Modellierter und tatsächlicher Ladezustand",
       subtitle = "grün: tatsächlich, blau: modelliert")
```



3.3 Tägliche Minima und Maxima identifizieren - optional

```
# Minima und MAxima markieren frueher R_Min_Max_mark.R
# source("04_Auswertungen_Min_Max_tgl_Per.R")
#-------------------------------------------------------------------------------------
```

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

3.4 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).

3.4.1 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 charakteriseren 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 mehrere
   ```

3.4.2 Zusammenfassung dieses Vorgangs

Dazu wird folgende Funktion definiert

```
zyklen_bilden <- function(xdata, x) {   # xdata =Datensatz, x Vorgabe eines Levels
  xdata = zyklus_daten_gen(xdata, x)
  xdata = zyklus_summen_gen(xdata,x)
  red_data = zyklus_reduzieren(xdata)
  return(red_data)
}
```

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

3.5 Strecken monotoner Entladung

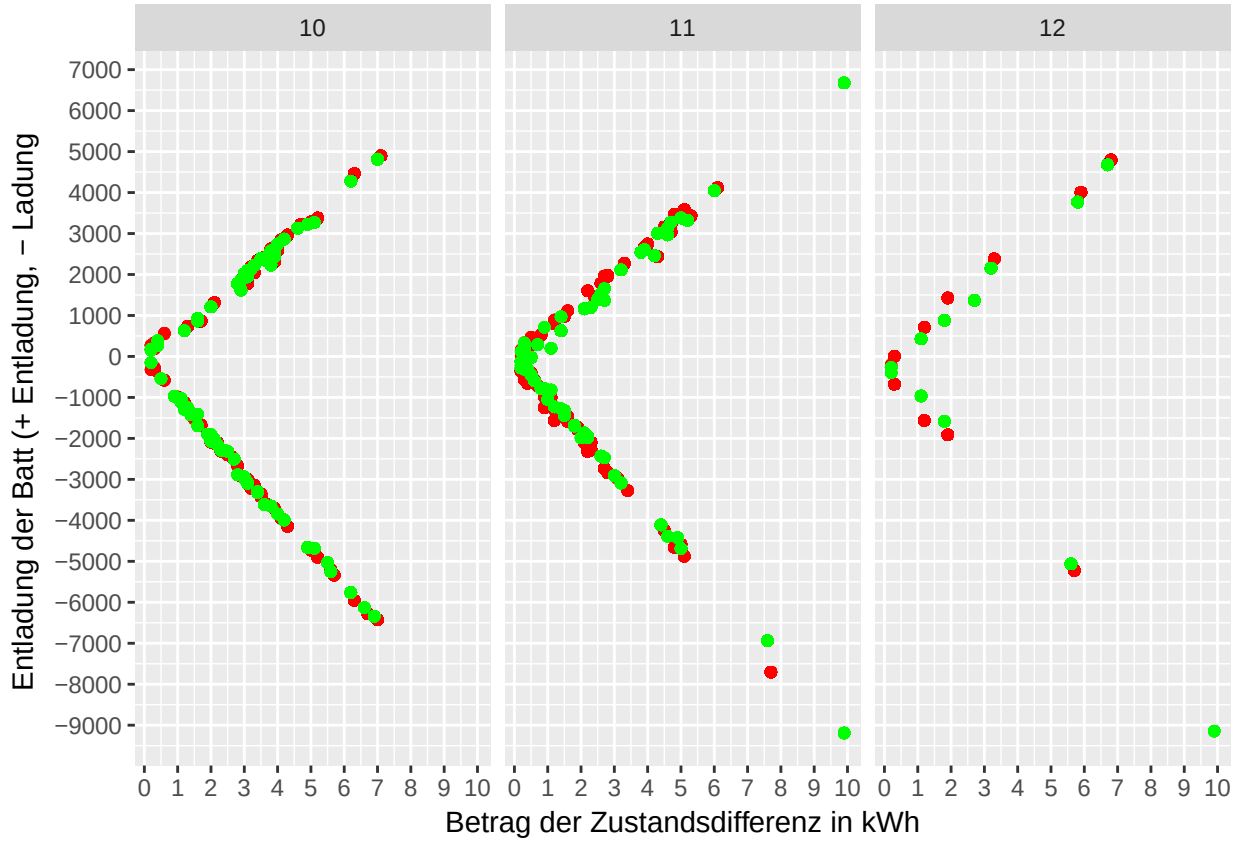
```
source("04_Auswertungen_Monotone_Entladung_finden.R")
```

```
temp <- monotonie_mark(data)
temp[is.na(temp)] <- 0

temp <- temp %>%
    mutate( r_mono  = mono,
            l_mono  = mono)

sp_vec <- temp %>%
    filter(mono != 0) %>%
    mutate(pos = mono*ct)      # pos enthält an Platz p den Wert +/- p wenn ein Anstieg/Abfall vorliegt

sp_vec   = sp_vec$pos           # Vektor der Sprünge
l_sp_vec = length(sp_vec)-1     # dessen Laenge -1

for (i in 1:l_sp_vec) {             # Auffüllen nach rechts  / links
    a <- sp_vec[i]                  # Sprung bei Pos a
    o <- sp_vec[i+1]                # nächster bei Betrag von o
    up <- abs(o)-1                  # letzte zu ändernde Position
    dn <- abs(a)+1                  # erste zu ändernde
    sa <- sign(a)
    so <- sign(o)
    for (j in dn:up ) {temp$l_mono[j] <-  so}
    for (j in dn:up ) {temp$r_mono[j] <-  sa}
}

temp    <- temp %>% select(-one_of(c("is_min","is_max","day_bat_in","day_bat_out","day_period_ladehub",

temp <- temp %>%
   ungroup() %>%
   mutate(  rup   = ifelse(r_mono ==  1, 1, 0) ,
            rdown = ifelse(r_mono == -1, 1, 0),
            rsu   = ifelse(lag(rup)   != rup,   1, 0),
            rsd   = ifelse(lag(rdown) != rdown, 1, 0),
            rs    = rsu | rsd) %>%
   mutate(  lup   = ifelse(l_mono ==  1, 1, 0),
            ldown = ifelse(l_mono == -1, 1, 0),
            lsu   = ifelse(lag(lup)   != lup,   1, 0),
            lsd   = ifelse(lag(ldown) != ldown, 1, 0),
            ls    = lsu | lsd) %>%
   ungroup()

temp[is.na(temp)]<- 0

temp <- temp %>%
      mutate( lnr   = cumsum(ls),
              rnr   = cumsum(rs),
              eins = 1 ) %>%
      select(-one_of(c("lsu", "lsd", "ls","rsu", "rsd", "rs")))   %>%
      group_by(lnr) %>%
```

```
            mutate(l_input    = sum(batt_ladung),
                   l_output   = sum(batt_entladung),
                   l_netto_output = (l_output - l_input),
                   l_signum = sign(l_output-l_input),
                   l_entladung= max(ladezustand)-min(ladezustand),
                   l_dauer = sum(eins) /12 ) %>%  # Dauer in Stunden, vorher 1 entspricht 5 min
      ungroup() %>%
      group_by(rnr) %>%
            mutate(r_input    = sum(batt_ladung),
                   r_output   = sum(batt_entladung),
                   r_netto_output = (r_output - r_input),
                   r_signum = sign(r_output-r_input),
                   r_entladung= max(ladezustand)-min(ladezustand),
                   r_dauer = sum(eins) /12 ) %>%  # Dauer in Stunden, vorher 1 entspricht 5 min
      ungroup()

# workleft <- temp %>%
#       group_by(lnr) %>%
#       slice(1) %>%
#       ungroup()
#
# workright <- temp %>%
#       group_by (rnr) %>%
#       slice(1) %>%
#       ungroup()
#
# workleft %>%
#    filter(day >= "2017-10-01") %>%
#    filter(l_entladung < 10000 & l_entladung > 100) %>%
#    ggplot(aes(x = l_entladung, y = l_netto_output)) +
#    geom_point(aes(x = l_entladung, y = l_netto_output, color=l_dauer)) +
#    geom_smooth(mapping = aes(x = l_entladung, y = l_netto_output ),method=lm, se =FALSE) +
#    labs(
#       x = "Ladung / Entladung",
#       y = "netto_output",
#       color = "Dauer" ) +
#    facet_wrap(~ l_signum)
```

```
temp %>%
   filter(day >= "2017-10-01") %>%
   filter(r_entladung < 9990 & r_entladung > 100) %>%
   filter(l_entladung < 9990 & l_entladung > 100) %>%
   ggplot() +
   #ggplot(aes(x = r_entladung, y = r_netto_output)) +
   geom_point(aes(x = l_entladung/1000, y = l_netto_output), color= "red") +
   geom_point(aes(x = r_entladung/1000, y = r_netto_output), color= "green") +
   #geom_point(aes(x = r_entladung/1000, y = r_netto_output, color= as.logical((1+r_signum)/2))) +
   scale_y_continuous(breaks = seq(-10000, 10000, by = 1000)) +
   scale_x_continuous(breaks = seq(0, 10, by = 1)) +
   #geom_smooth(mapping = aes(x = l_entladung, y = l_netto_output )) + #,method=lm, se =FALSE) +
   #geom_smooth(mapping = aes(x = r_entladung, y = r_netto_output ),method=lm, se =FALSE) +
   labs(
     x = "Betrag der Zustandsdifferenz in kWh",
     y = "Entladung der Batt (+ Entladung, - Ladung ",
```

```
    color = "Vorzeichen" ) +
  facet_wrap(~ month)
```



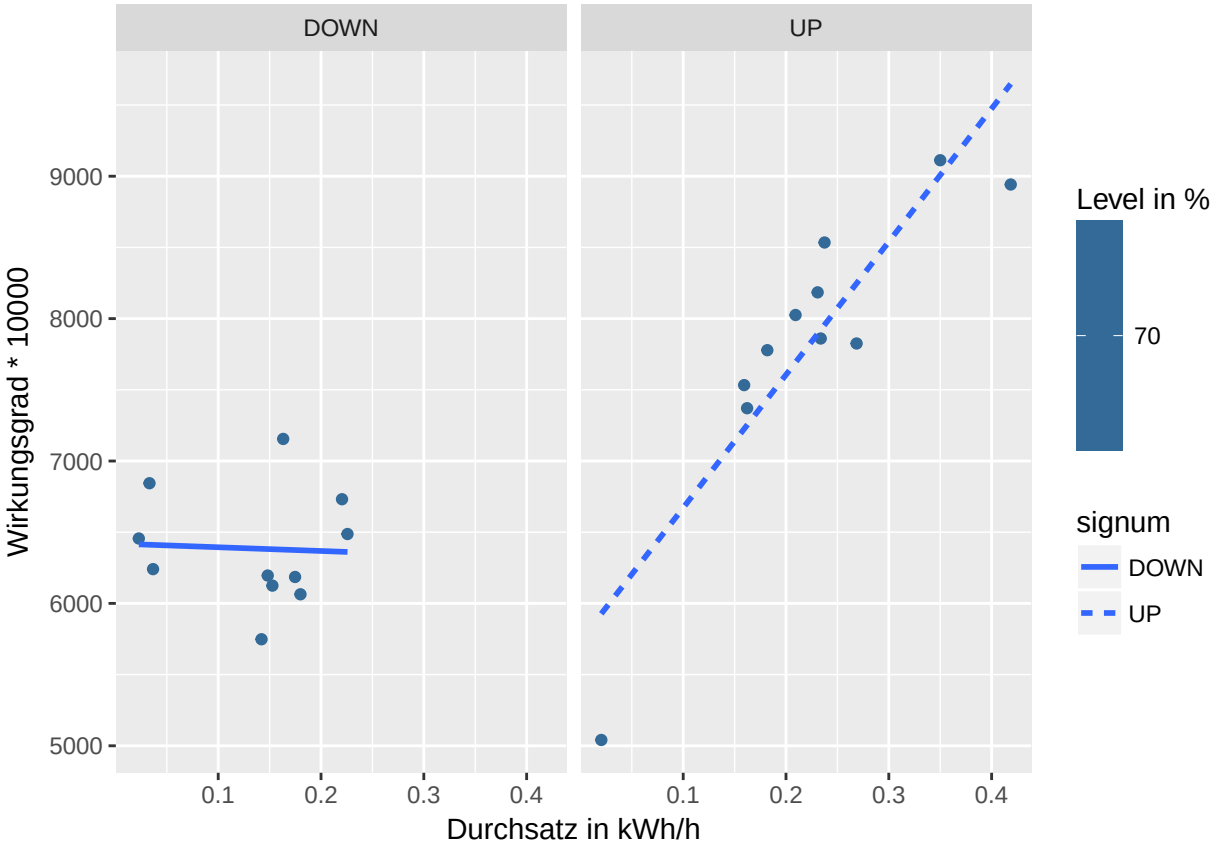
4 Graphische Auswertungen

4.1 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.

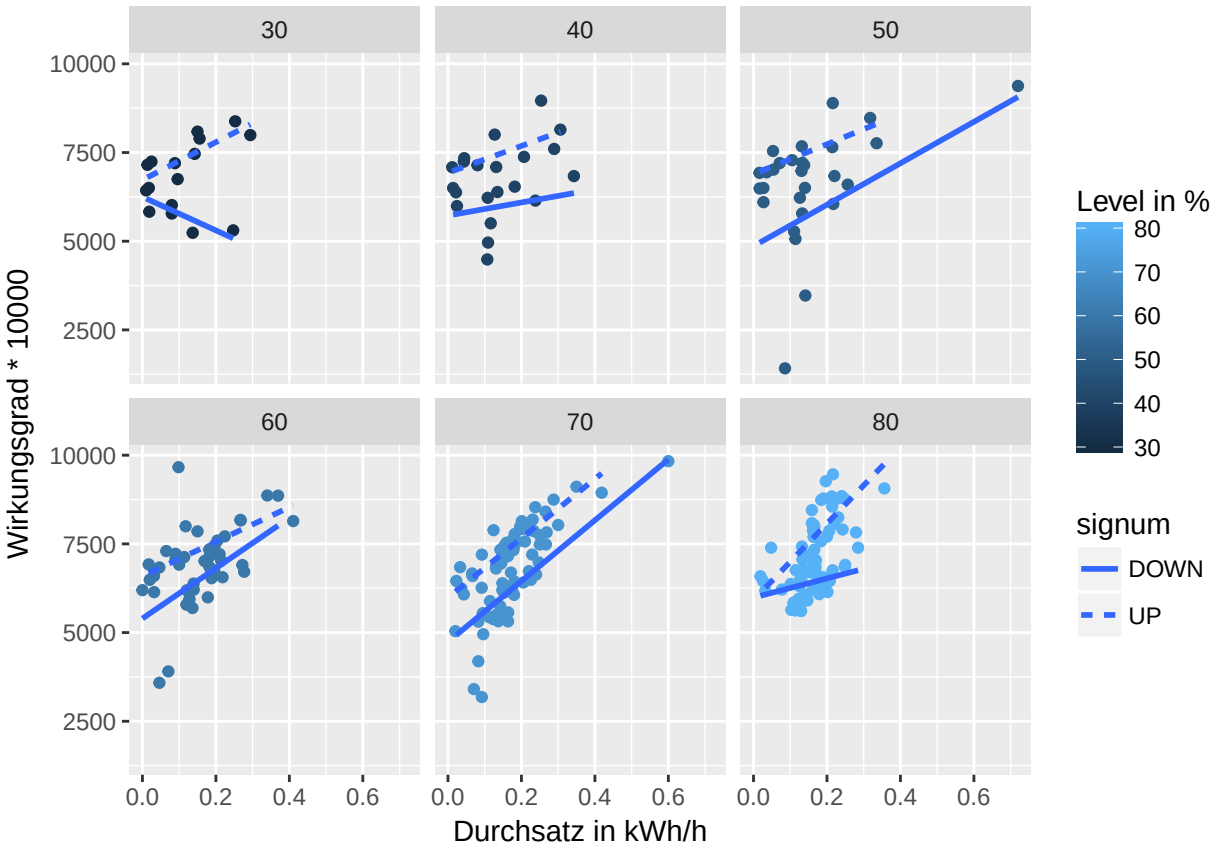
```
#-------------------------------------------------------
# Auswertung der Zyklen

proj_level = zyklen_bilden(data, 7000)

proj_level <- proj_level %>%
  filter(eta > 0 & eta <= 10000) %>%
  filter(day >= "2017-11-01")

proj_level %>%
   ggplot(aes(x = durchsatz/1000, y = eta)) +
   geom_point(aes(x = durchsatz/1000, y = eta, color=lev)) +
   geom_smooth(mapping = aes(x = durchsatz/1000, y = eta, linetype = signum ),method=lm, se =FALSE) +
```

```
   labs(
      x = "Durchsatz in kWh/h",
      y = "Wirkungsgrad * 10000",
      color = "Level in %" )+
   facet_wrap(~ signum)
```



Duch Wahl mehrerer Levelwerte erhält man folgende Darstellung

```
some_levels <- c(3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000)
proj_level <- tibble()
for ( level in some_levels) {          # zu jedem level den Datensatz auswerten und reduzieren auf eine
  proj_level <- rbind(proj_level, zyklen_bilden(data, level)) # ueber mehrere Level aufsammeln
}
proj_level %>%
   filter(eta <= 10000 & eta  != 0) %>%
   filter(day >= "2017-10-01") %>%
   ggplot(aes(x = durchsatz/1000, y = eta)) +
   geom_point(aes(x = durchsatz/1000, y = eta, color=lev)) +
   geom_smooth(mapping = aes(x = durchsatz/1000, y = eta, linetype = signum ),method=lm, se =FALSE) +
   labs(
      x = "Durchsatz in kWh/h",
      y = "Wirkungsgrad * 10000",
      color = "Level in %"
   )  +                                        #+
   #geom_line(mapping = aes(x = durchsatz, y = eta, linetype = signum )) #+
   facet_wrap(~ lev)
```

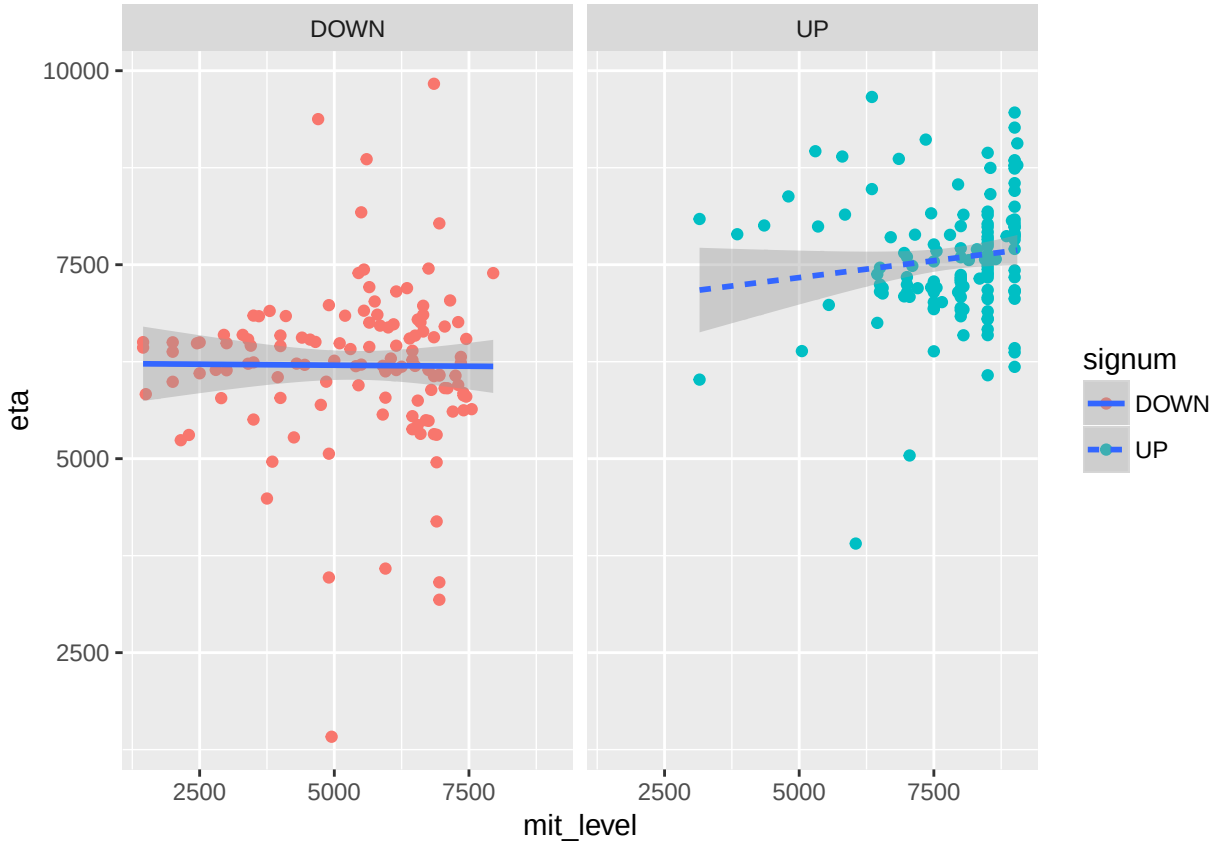


4.2 Darstellung der Wirkungsgrade in Abhängigkeit von der Mitte der Halbperiode

```
# ------------------------------------------------------------------ Proj_Level_Eta_vs_mit_level.R
source("05_Grafik_Eta_vs_Mitte.R", print.eval=TRUE)
```

```
## level  8000
## # A tibble: 116 x 22
##                   zeit batt_ladung batt_entladung ladezustand month  week
##                 <dttm>       <dbl>          <dbl>       <dbl> <chr> <dbl>
##  1 2017-10-01 00:40:00     0.00000     19.3333333           0    10    40
##  2 2017-10-01 14:10:00   115.08333      0.0000000        8000    10    40
##  3 2017-10-01 14:15:00    87.33333      0.1666667        8100    10    40
##  4 2017-10-02 00:15:00     0.00000      9.0833333        8000    10    40
##  5 2017-10-02 09:40:00   108.50000      0.0000000        8000    10    40
##  6 2017-10-02 09:45:00   163.50000      0.0000000        8200    10    40
##  7 2017-10-02 21:50:00     0.00000     23.5000000        8000    10    40
##  8 2017-10-03 14:30:00   172.08333      0.0000000        8000    10    40
##  9 2017-10-03 14:35:00   105.66667      0.0000000        8200    10    40
## 10 2017-10-03 21:45:00     0.00000     23.9166667        8000    10    40
## # ... with 106 more rows, and 16 more variables: day <date>, hour <dbl>,
## #   ladediff <dbl>, ct <dbl>, zyklus <dbl>, len_zyklus <dbl>,
## #   lev_bat_in <dbl>, lev_bat_out <dbl>, eta <dbl>, max_level <dbl>,
## #   min_level <dbl>, hub_level <dbl>, mit_level <dbl>, durchsatz <dbl>,
```

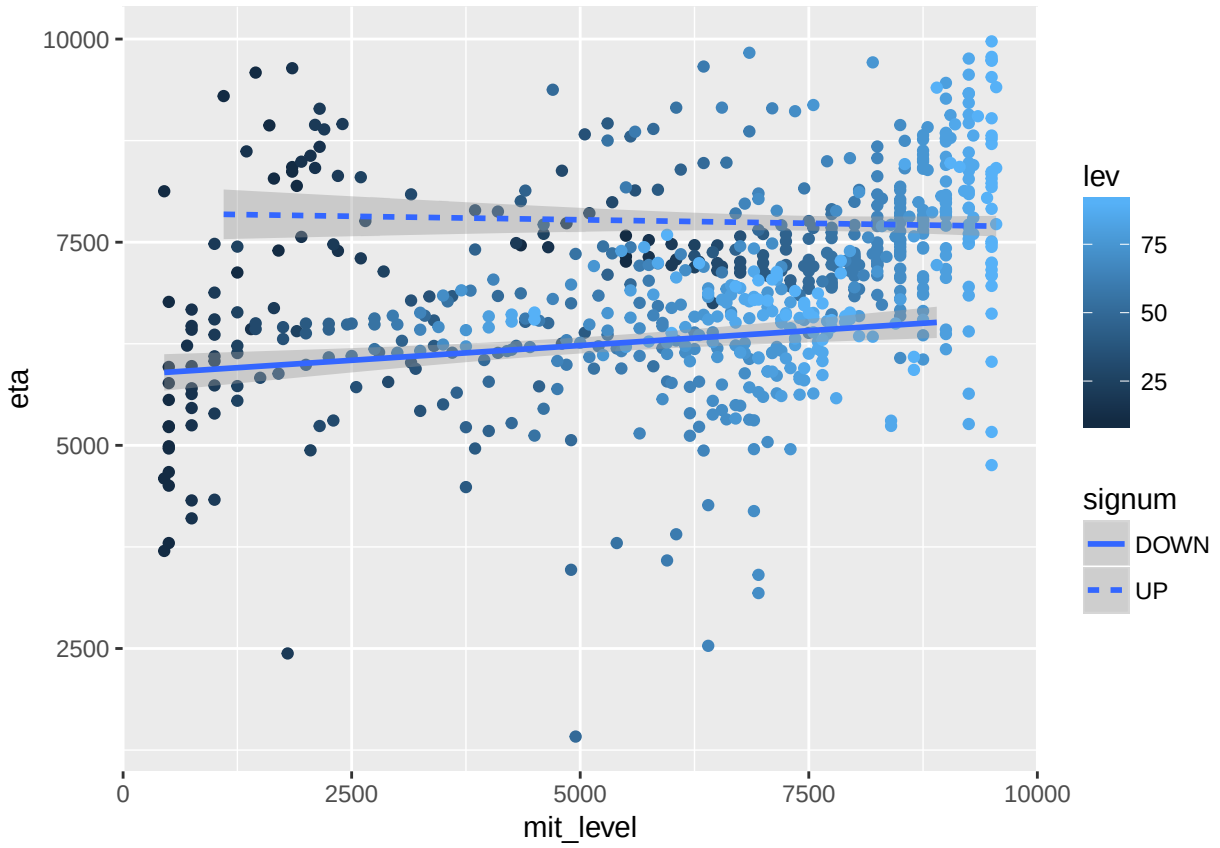
```
## #   signum <chr>, lev <dbl>
```



4.2.1 Das Gleiche mit Aufsammeln von Daten zu mehreren Levels

Wirkungsgrade eta=0 oder eta > 10000 werden ausgeblendet.

```
some_levels <- c(1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500, 5000,5500, 6000,6500, 7000,7500, 8000,
proj_level <- tibble()
for (level in some_levels) {
   proj_level <- rbind(proj_level, zyklen_bilden(data,level))
}
proj_level %>%
   filter(eta  != 0 & eta <= 10000) %>%
   ggplot(aes(x = mit_level, y = eta)) +
   geom_point(aes(x = mit_level, y = eta, color=lev)) +
   geom_smooth(mapping = aes(x = mit_level, y = eta, linetype = signum ), method=lm) #+
```




```
#geom_line(mapping = aes(x = durchsatz, y = eta, linetype = signum )) +
#facet_wrap(~ signum)
```