

PV - Wirkungsgrad

Contents

1	Vorbereitungen	1
1.0.1	Laden der nötigen Bibliotheken.	1
1.0.2	Zur Auswertung werden einige Funktionen benötigt, die hier definiert werden.	1
1.0.3	Einlesen der Dateien "Daten_dd_mm_yyyy.csv":	2
1.0.4	Einige Spalten werden erzeugt, gelöscht, bearbeitet und z.B. neu normiert:	2
2	Auswertungen	2
2.1	Einfache Summenbildungen	2
2.1.1	Monatssummen	2
2.1.2	Eigenverbrauch - auch fürs Finanzamt	4
2.1.3	Batteriezustand	8
2.2	Tägliche Minima und Maxima identifizieren - optional	9
2.3	Perioden zwischen horizontalen Niveaus bilden - Neutrale Zyklen	9
2.3.1	Bildung der Grundfunktionen	9
2.3.2	Zusammenfassung dieses Vorgangs	10
2.4	Strecken monotoner Entladung	10
3	Graphische Auswertungen	13
3.1	Darstellung der Wirkungsgrade in Abhängigkeit von Durchsatz	13
3.2	Darstellung der Wirkungsgrade in Abhängigkeit von der Mitte der Halbperiode	15
3.2.1	Das Gleiche mit Aufsammlern von Daten zu mehreren Levels	16

Geladen werden die Daten, die von der PV-Anlage mit Hilfe des SMA-Portals gewonnen werden. Ziel ist es, in der Tabelle *data* alle Datensätze aus den SMA-Daten, ergänzt um Hilfsgrößen, zur Verfügung zu stellen.

Die Daten liegen in Dateien tageweise 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

leistung.pv — leistung.stp — netzeinspeisung — netzbezug — batt_ladung — batt_entladung — ladezustand

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

1 Vorbereitungen

1.0.1 Laden der nötigen Bibliotheken.

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

1.0.2 Zur Auswertung werden einige Funktionen benötigt, die hier definiert werden.

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

1.0.3 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 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")
```

```
## gelesen:
```

```
## Daten_01_10_2017.csv Daten_01_11_2017.csv Daten_01_12_2017.csv Daten_02_10_2017.csv Daten_02_11_2017.csv
```

1.0.4 Einige Spalten werden erzeugt, gelöscht, bearbeitet und z.B. neu normiert:

- a) Die neue Spalte ‘ct’ zaeht die Datenzeilen
- b) Über ‘ladezustand’ laeuft eine Glaettungsfunktion, 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 (Einheit Wh).
- e) ‘batt_ladung’ und ‘bat_entladung’ werden von W in Wh umgerechnet (W in der Zeit 5 min, deswegen Division durch 12). Anm.: In der späteren Auswertung wird dies so interpretiert: Eine zur Zeit t erbrachte Leistung P führt zu einer el. Arbeit von $P \cdot 5\text{min}$ im Zeitintervall $t \pm 2,5\text{min}$

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

```
## Erzeuge Tabelle Verbrauch
```

```
## Loesche Spalten aus data leistung.pv leistung.stp netzeinspeisung netzbezug .
```

```
## Der Datensatz enthaelt jetzt 17849 Zeilen.
```

2 Auswertungen

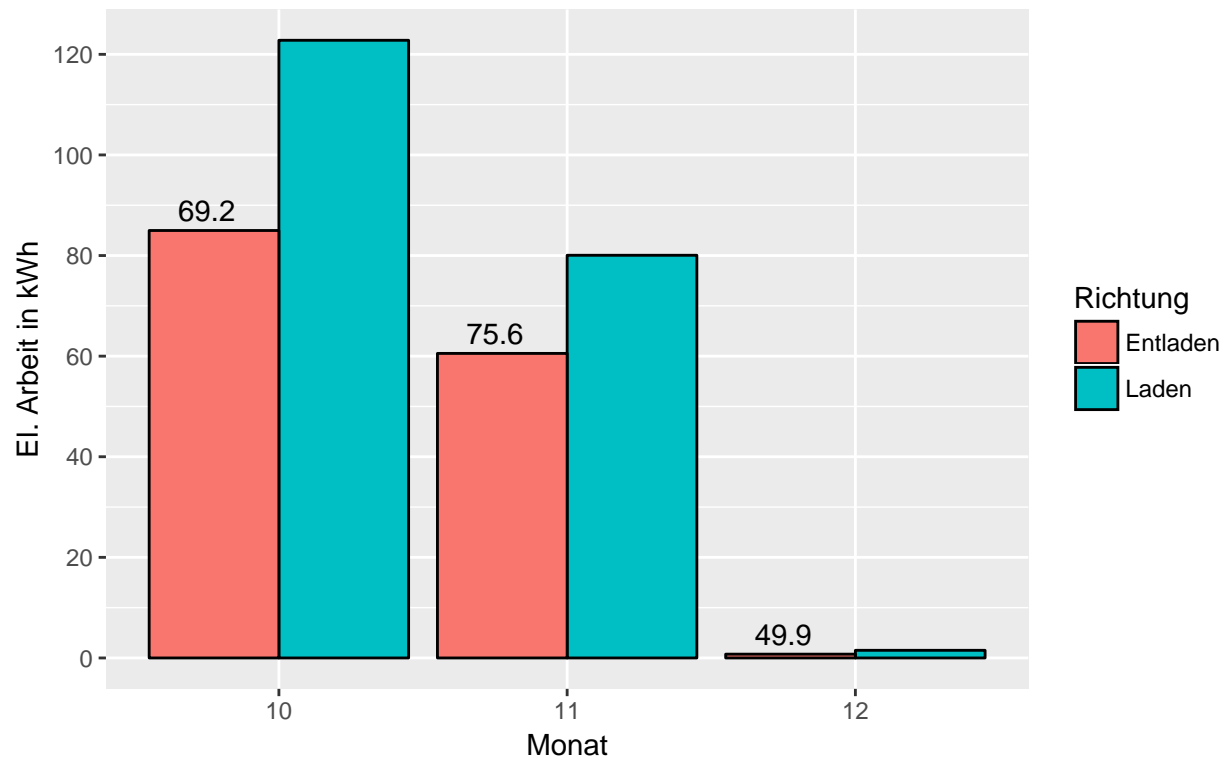
2.1 Einfache Summenbildungen

2.1.1 Monatssummen

```
source("04_Monatliche_Batterie_Ladung.R", print.eval=TRUE)
```

Ladung und Entladung der Batterie monatlich

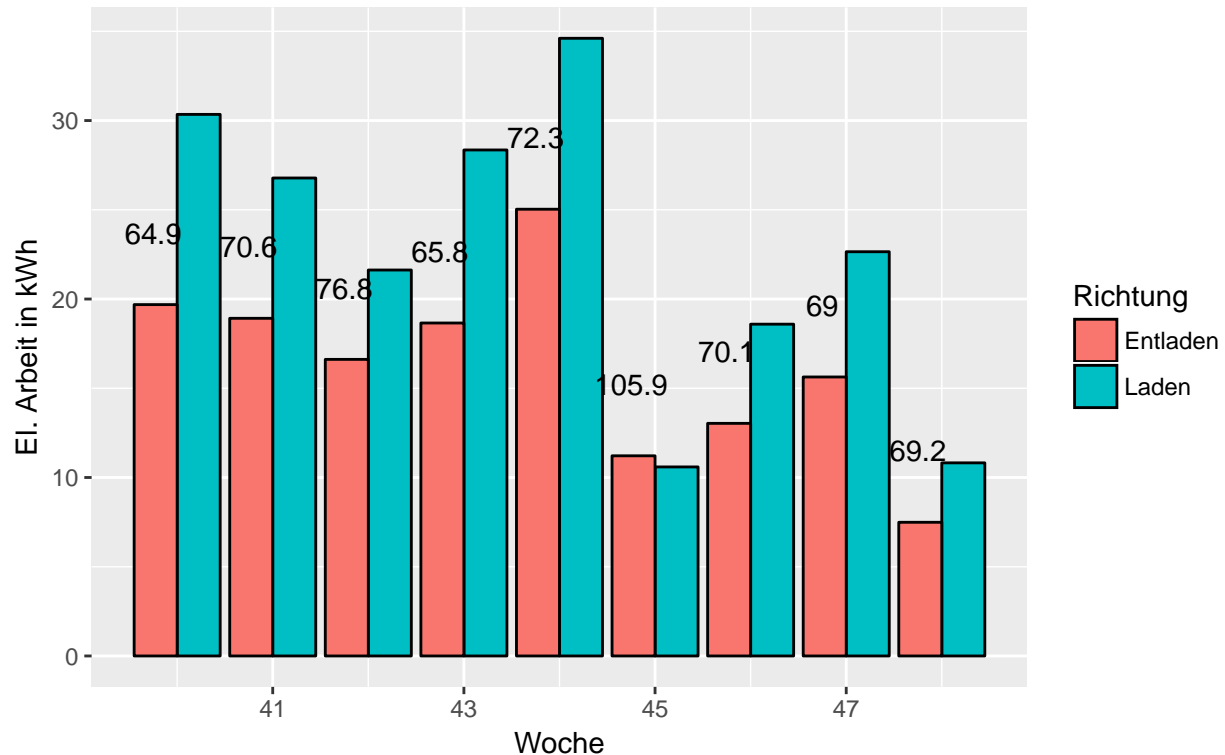
Entladung zusaetzlich in '%' der Ladung



```
source("04_Woechentliche_Batterie_Ladung.R", print.eval=TRUE)
```

Ladung und Entladung der Batterie woeentlich

Entladung zusaetzlich in '%' der Ladung

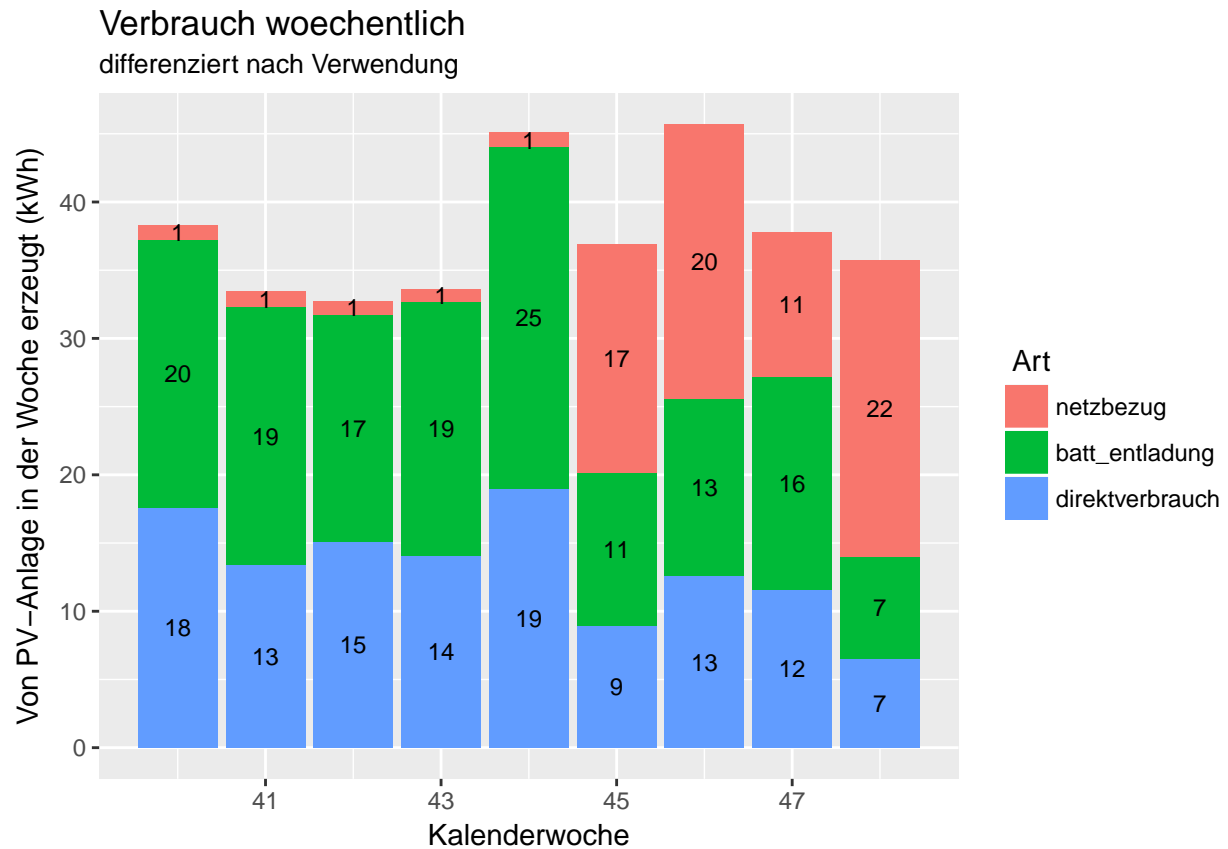


```
#ggsave("Wochen_Wirkungsg.pdf")
```

2.1.2 Eigenverbrauch - auch fürs Finanzamt

```
zusfg <- verbrauch %>%
  group_by(week) %>%
  summarise(batt_ladung = sum(batt_ladung)/1000,
            batt_entladung = sum(batt_entladung)/1000,
            leistung.pv = sum(leistung.pv)/1000,
            netzeinspeisung = sum(netzeinspeisung)/1000,
            netzbezug = sum(netzbezug)/1000) %>%
  mutate(direktverbrauch = leistung.pv - netzeinspeisung - batt_ladung,
         eigenverbrauch = batt_entladung + direktverbrauch
        )

zusfg.long <- melt(zusfg, id = "week", measure = c("netzbezug", "batt_entladung", "direktverbrauch"))
ggplot(zusfg.long, aes(week, value, fill = variable)) +
  geom_bar(stat = "identity", position = "stack") +
  labs(x = "Kalenderwoche",
       y = "Von PV-Anlage in der Woche erzeugt (kWh)",
       fill = "Art",
       title = "Verbrauch woeentlich",
       subtitle = "differenziert nach Verwendung") +
  geom_text(aes(label=round(value,-0)), size = 3, data = zusfg.long, position = position_stack(vjust=0.1))
```



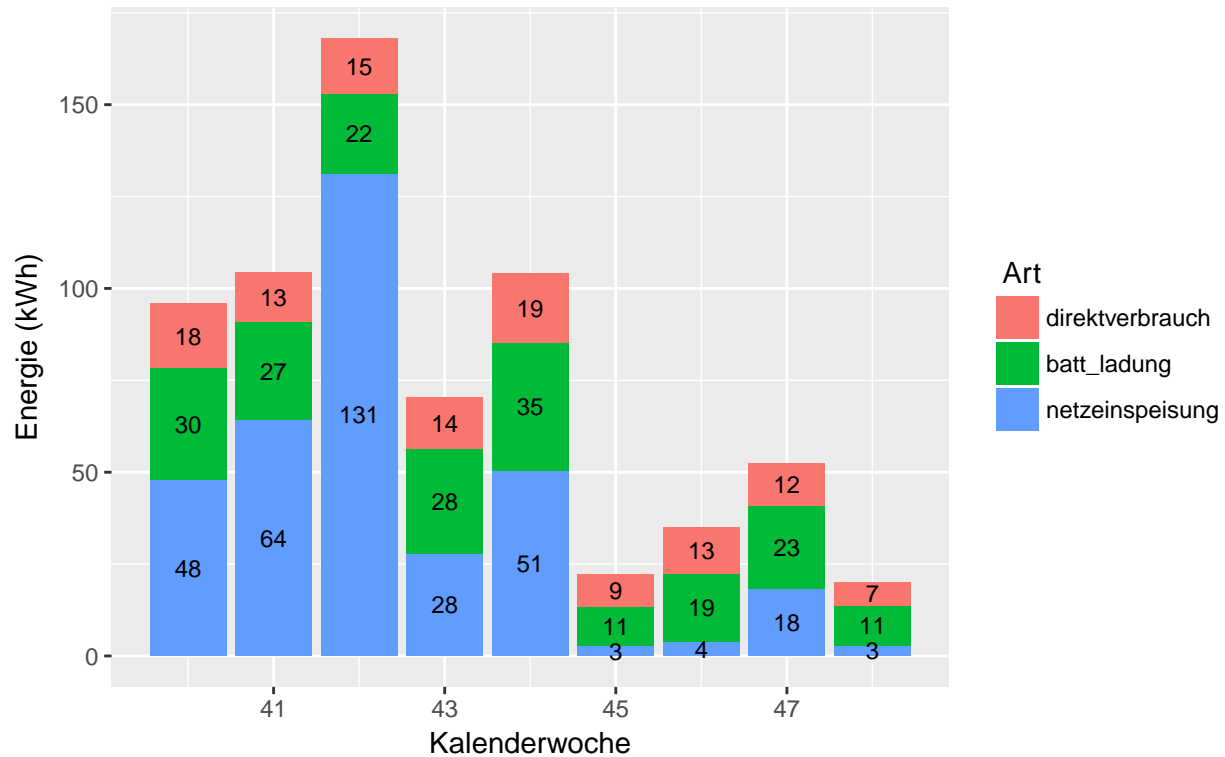
```

zusfg.long <- melt(zusfg , id = "week", measure = c("direktverbrauch","batt_ladung","netzeinspeisung" ))
ggplot(zusfg.long, aes(week, value, fill = variable)) +
  geom_bar(stat = "identity", position = "stack") +
  labs(
    x = "Kalenderwoche",
    y = "Energie (kWh)",
    fill = " Art",
    title = "Erzeugung woeentlich",
    subtitle = "differenziert nach Verwendung") +
  geom_text(aes(label=round(value,-0)), size= 3, data = zusfg.long, position = position_stack(vjust=0.1))

```

Erzeugung woeentlich

differenziert nach Verwendung

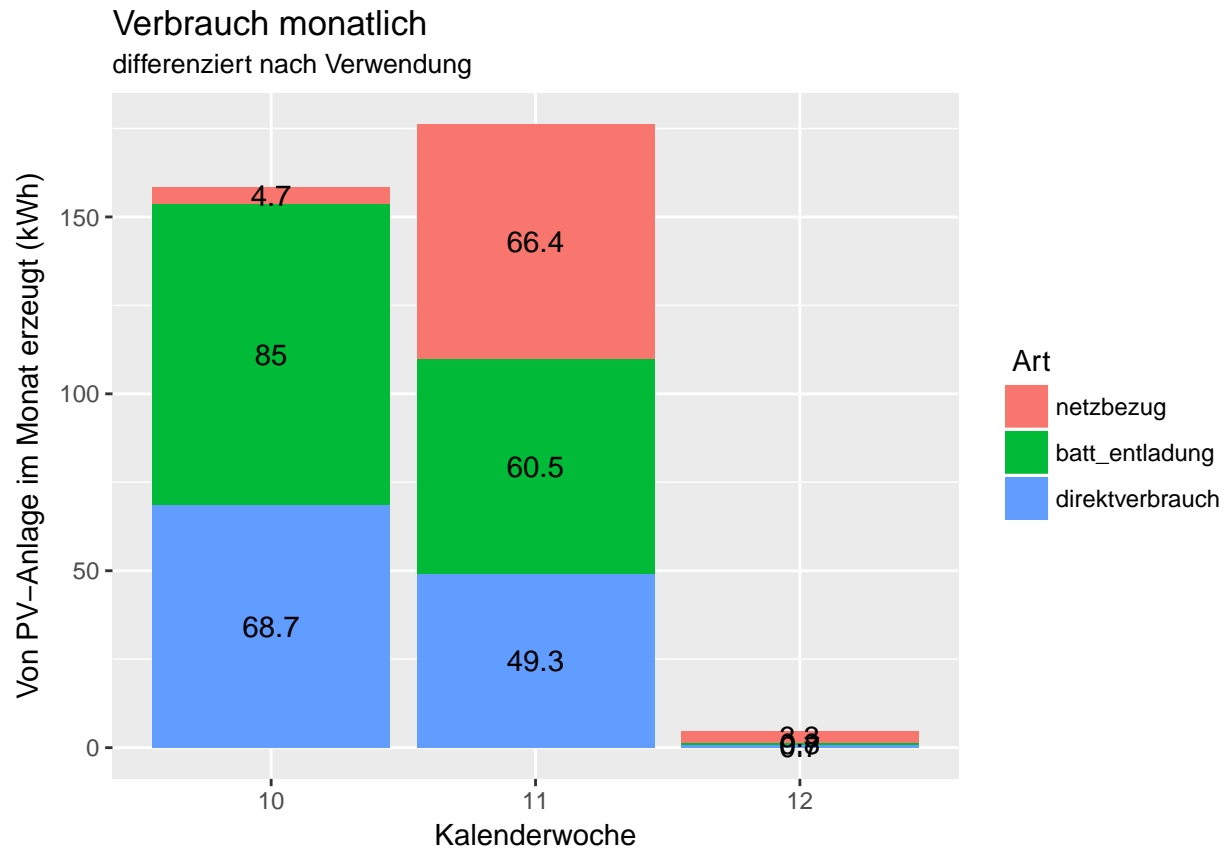


```

zusfg <- verbrauch %>%
  group_by(month) %>%
  summarise(batt_ladung      = sum(batt_ladung)/1000,
            batt_entladung  = sum(batt_entladung)/1000,
            leistung.pv     = sum(leistung.pv)/1000,
            netzeinspeisung = sum(netzeinspeisung)/1000,
            netzbezug       = sum(netzbezug)/1000) %>%
  mutate(direktverbrauch = leistung.pv - netzeinspeisung - batt_ladung,
         eigenverbrauch  = batt_entladung + direktverbrauch
        )

zusfg.long <- melt(zusfg , id = "month", measure = c( "netzbezug", "batt_entladung", "direktverbrauch"))

ggplot(zusfg.long, aes(month, value, fill = variable)) +
  geom_bar(stat = "identity", position = "stack") +
  labs(
    x = "Kalenderwoche",
    y = "Von PV-Anlage im Monat erzeugt (kWh)",
    fill = " Art",
    title = "Verbrauch monatlich",
    subtitle = "differenziert nach Verwendung") +
  geom_text(aes(label=round(value,1)), data = zusfg.long, position = position_stack(vjust=0.5))
  
```

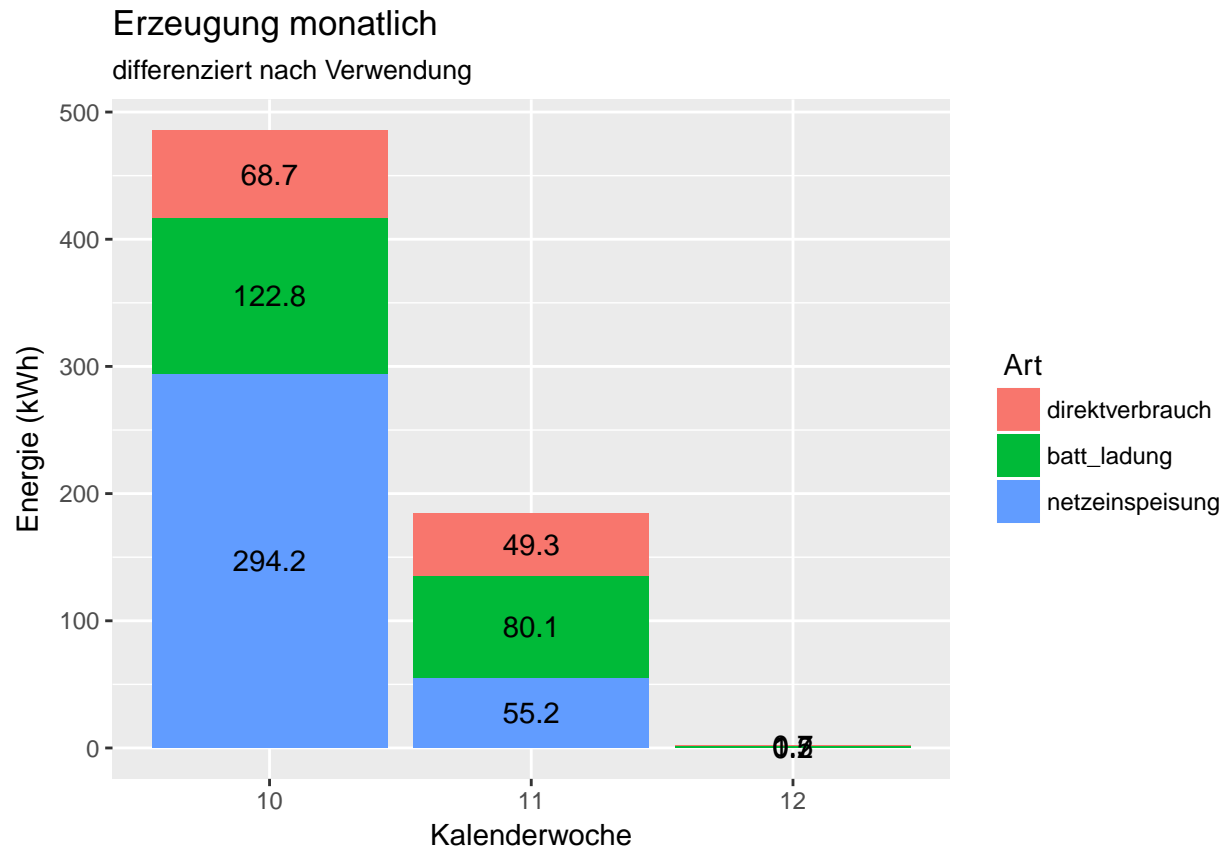


```

zusfg.long <- melt(zusfg , id = "month", measure = c("direktverbrauch", "batt_ladung", "netzeinspeisung"))

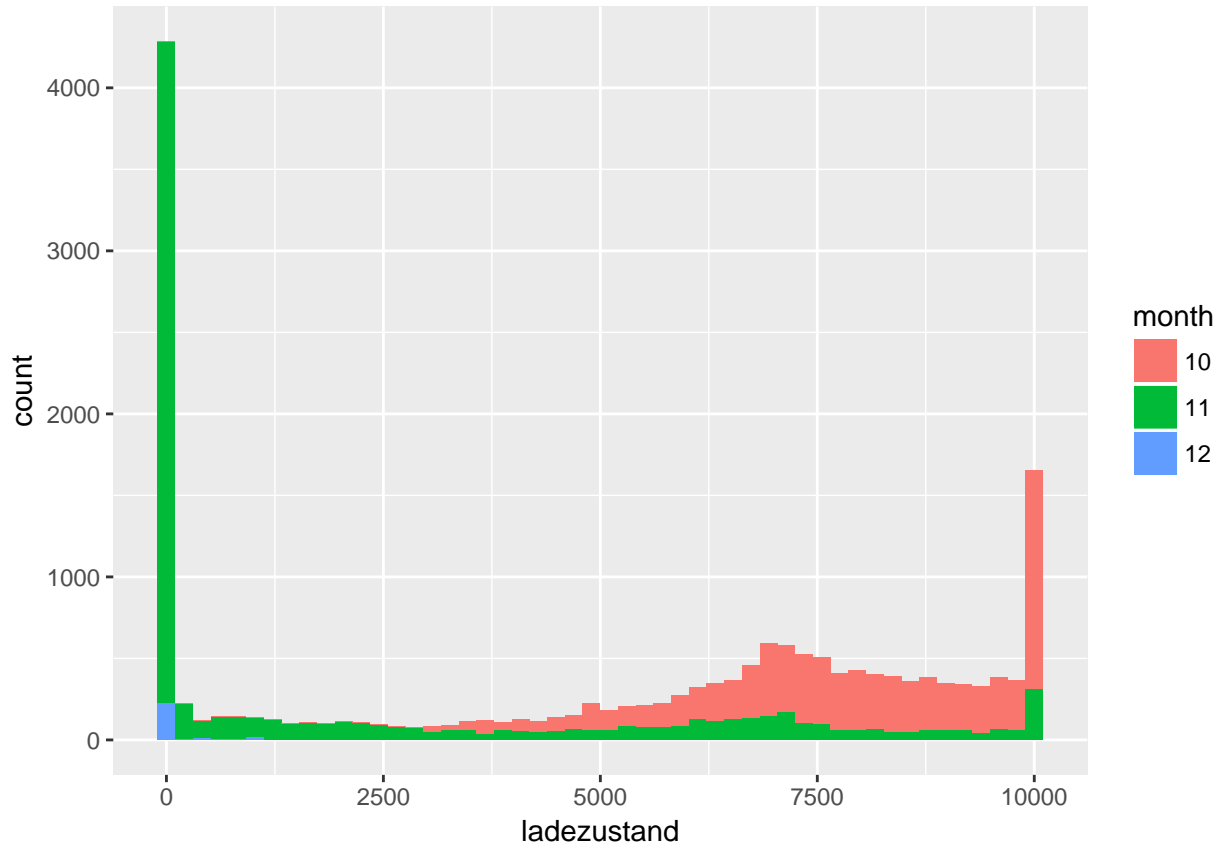
ggplot(zusfg.long, aes(month, value, fill = variable)) +
  geom_bar(stat = "identity", position = "stack") +
  labs(
    x = "Kalenderwoche",
    y = "Energie (kWh)",
    fill = " Art",
    title = "Erzeugung monatlich",
    subtitle = "differenziert nach Verwendung") +
  geom_text(aes(label=round(value,1)), data = zusfg.long, position = position_stack(vjust=0.5))

```



2.1.3 Batteriezustand

```
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 ), bins = 50)
```

2.2 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")

## 04_Auswertungen_Summ_Ent_Ladung_in_Tagesper.R
```

2.3 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).

2.3.1 Bildung der Grundfunktionen

1. Initialisieren der Funktion “zyklus_dateng(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
```

2.3.2 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.

2.4 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()
#

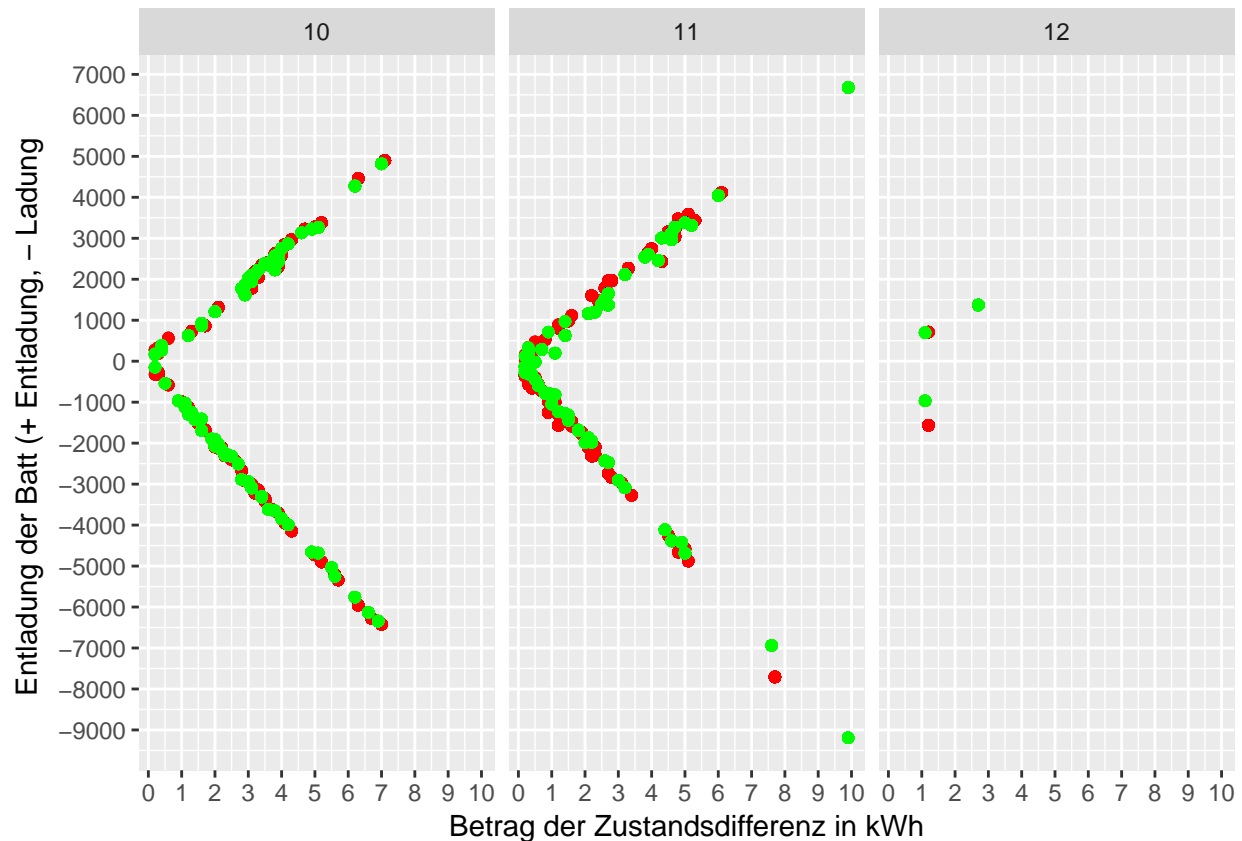
```

```

# 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)

```



3 Graphische Auswertungen

3.1 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.

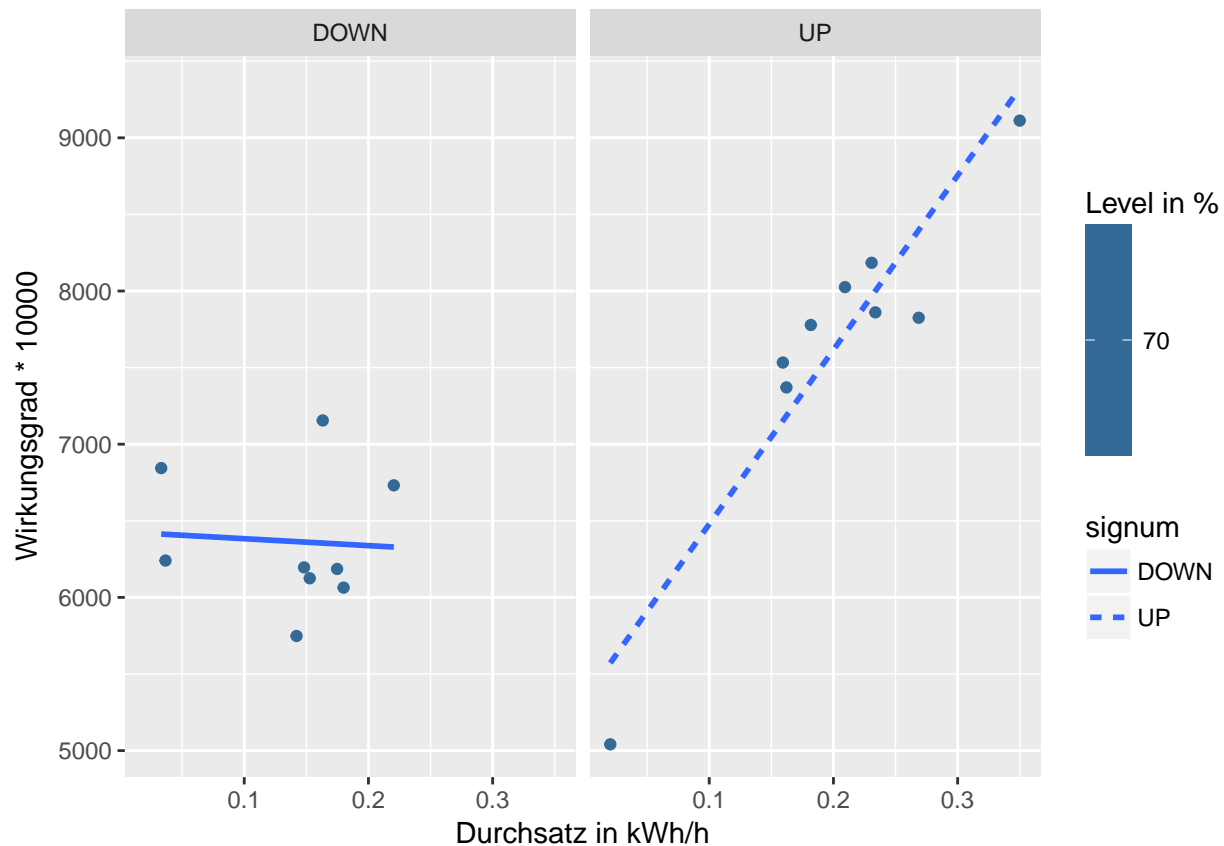
```
#-----
# Auswertung der Zyklen

proj_level = zyklen_bilden(data, 7000)

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

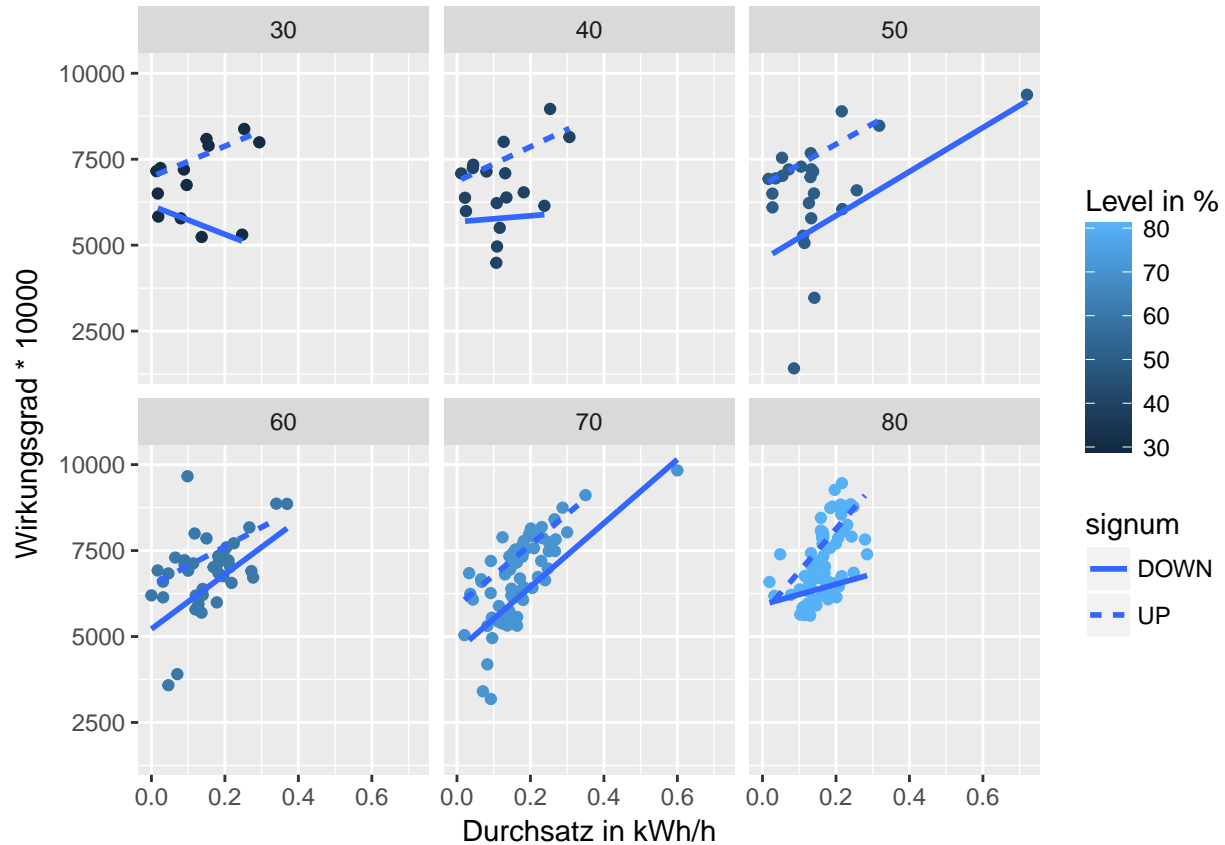
proj_level %>%
  ggplot(aes(x = durchsatz/1000, y = eta)) +
  geom_point(aes(x = durchsatz/1000, y = eta, color=lev)) +
  geom_smooth(mapping = aes(x = durchsatz/1000, y = eta, linetype = signum ),method=lm, se =FALSE) +
  labs(
    x = "Durchsatz in kWh/h",
    y = "Wirkungsgrad * 10000",
```

```
color = "Level in %" )+
facet_wrap(~ signum)
```



Durch 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)
```

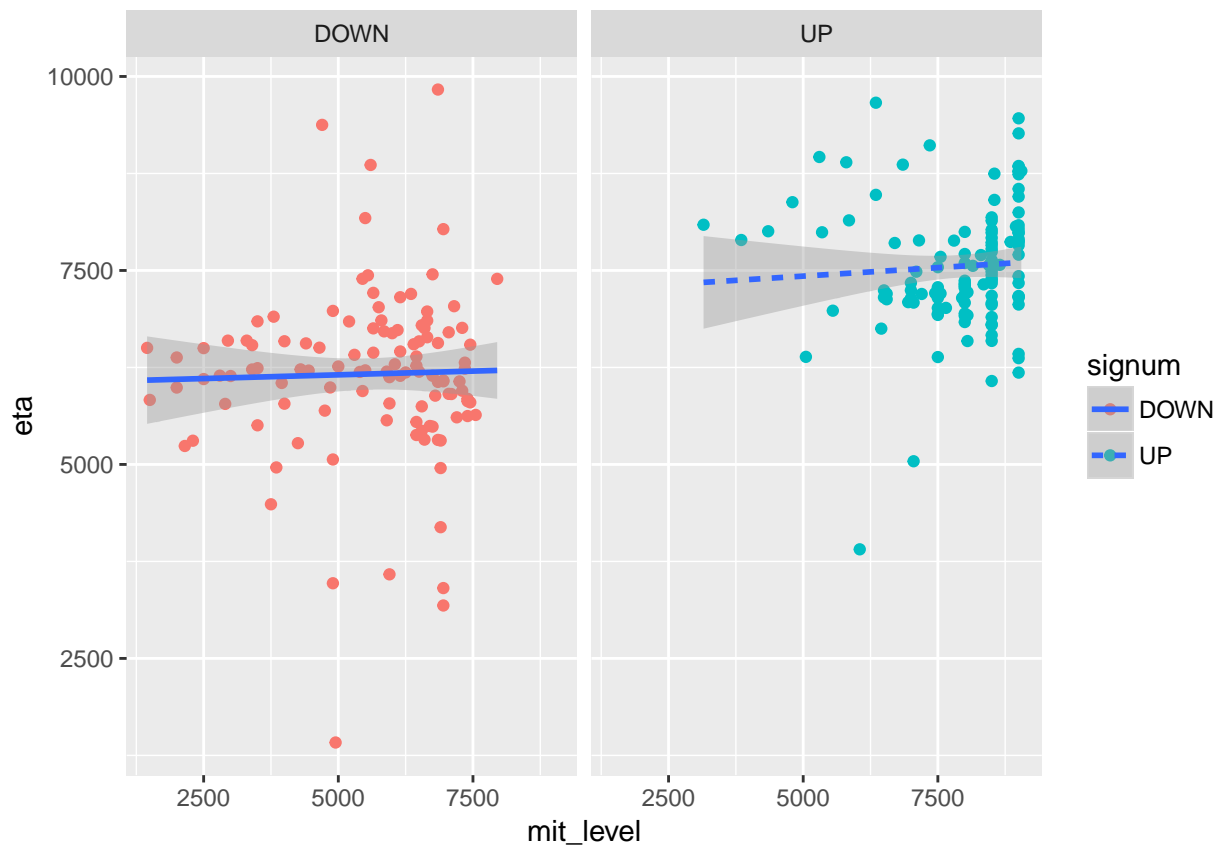


3.2 Darstellung der Wirkungsgrade in Abhängigkeit von der Mitte der Halbperiode

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

```
## level 8000
## # A tibble: 109 x 29
##       zeit batt_ladung batt_entladung ladezustand month week
##       <dtm>         <dbl>         <dbl>         <dbl> <chr> <dbl>
## 1 2017-10-01 00:40:00 0.00000 19.33333333 0 10 40
## 2 2017-10-01 14:10:00 115.08333 0.00000000 8000 10 40
## 3 2017-10-01 14:15:00 87.33333 0.16666667 8100 10 40
## 4 2017-10-02 00:15:00 0.00000 9.08333333 8000 10 40
## 5 2017-10-02 09:40:00 108.50000 0.00000000 8000 10 40
## 6 2017-10-02 09:45:00 163.50000 0.00000000 8200 10 40
## 7 2017-10-02 21:50:00 0.00000 23.50000000 8000 10 40
## 8 2017-10-03 14:30:00 172.08333 0.00000000 8000 10 40
## 9 2017-10-03 14:35:00 105.66667 0.00000000 8200 10 40
## 10 2017-10-03 21:45:00 0.00000 23.91666667 8000 10 40
## # ... with 99 more rows, and 23 more variables: day <date>, hour <dbl>,
## # ladediff <dbl>, ct <dbl>, is_min <dbl>, is_max <dbl>, daypd <dbl>,
## # len_daypd <dbl>, day_bat_in <dbl>, day_bat_out <dbl>,
## # day_period_ladehub <dbl>, zyklus <dbl>, len_zyklus <dbl>,
```

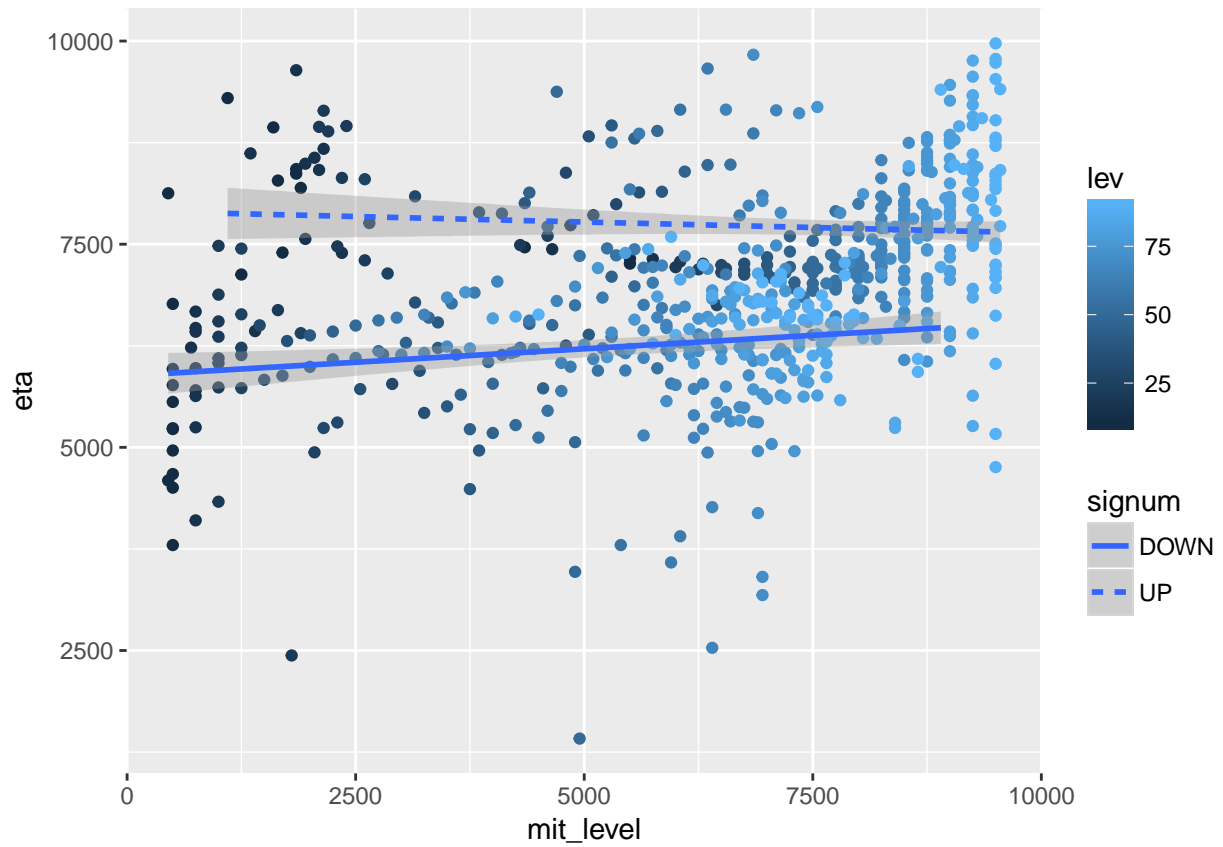
```
## # lev_bat_in <dbl>, lev_bat_out <dbl>, eta <dbl>, max_level <dbl>,
## # min_level <dbl>, hub_level <dbl>, mit_level <dbl>, durchsatz <dbl>,
## # signum <chr>, lev <dbl>
```



3.2.1 Das Gleiche mit Aufsummieren 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)
```