

Multi-Use von Batteriespeichern: «Peak-Shaving» & «Notstrom» Modellierung

Matthias Berthold,
Institut für Energiesysteme (IES)
T direkt +41 58 257 31 51
Matthias.Berthold@ost.ch

Technologietag 2024, Buchs, am 11. Juni 2024

Technik Buchs / Institut für Energiesysteme (IES)



Fragestellung SGSW:

Kann ein Akku-Speicher in Kombination mit einer (grossen)

- ❖ PV-Anlage

im Multi-Use-Betrieb:

- ❖ Notstromversorgung
- ❖ Peak-Shaving Betrieb

wirtschaftlich betrieben werden?

Antwort → Modellierung mit Jahreszeitreihen



Bildquellen: <https://www.canva.com/>

Modellfeature 1: „Notstromversorgung“



Energiemenge für einen Notbetrieb („Stromausfall“) wird vorgehalten.

→ Akkuspeicher wird im Normalbetrieb nicht unter eine Mindestenergiemenge (Reserve-Kapazität) entladen

Modell-Algorithmus sehr einfach → „Eigener Akku“:

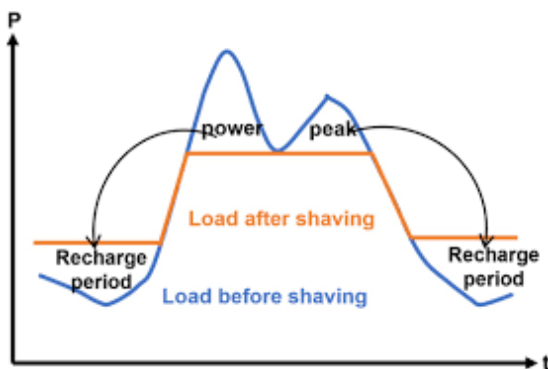
- Kosten (CAPEX und OPEX) sowie Verluste werden mit Akku_Ges berechnet & berücksichtigt
- Reserve-Kapazität hilft bei der Lebensdauer, da wegen der höheren Kapazität die „relativen“ Ladeleistungen kleiner sind (Wunsch: C-Rate ≤ 1)

Modellfeature 2: Peak-Shaving („Reduktion der Leistungsspitzen“)

Beim Peak-Shaving wird die maximale Netz-Bezugsleistung (und somit die „Netzbelastung“) reduziert.

Häufig Anreiz durch die Netzbetreiber bei Gewerbetarifen: Netzkosten sind z.B. abhängig von der monatlichen, maximalen Bezugsleistung: Netzkosten = $k \cdot P_{\text{MonMax}} + \text{Grundgebühr}$

Wichtig: Peak-Shaving **verändert den zeitlichen Verlauf** des Energiebezuges, nicht aber den Energiebedarf (eher geringfügige Erhöhung wegen Akku-Verluste)



Modell-Algorithmus (Grundprinzip):

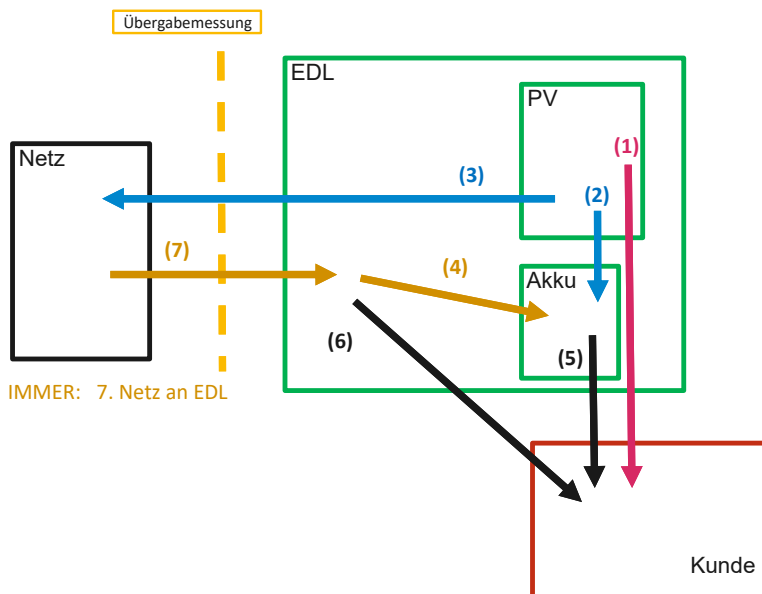
- Akku-Entladen, sobald:
 - ✓ $(P_{\text{Bezug}} > P_{\text{MonMax}})$ UND
 - ✓ solange („State-of-Charge“ (SOC) $> 0\%$)
- Akku-Laden, sobald:
 - ✓ $(\text{SOC} < 100\%)$ UND
 - ✓ $(P_{\text{Bezug}} < P_{\text{MonMax}})$

Modell – Inputgrößen:

Wichtigsten Inputgrößen, welche abgebildet wurden:

- ❖ **Jahreszeitreihen in 15-Minutenauflösung** [35'040 Werte (= 365 d/a * 96 W/d)] des
 - ❖ Netzbezug des Kunden (Kundenlastgang) und die
 - ❖ PV-Einspeisung
- ❖ **Fünf Tarifsysteme** mit jeweils **zwei Zeitbereichen** (HT und NT) und einer **Netz- und Energiekomponente** (Grundgebühr, Energiepreis Rp./kWh, Leistungspreis CHF/kWh)
- ❖ **Akkuspeicher:**
 - ❖ Speicher-Kapazität («Hoher Impact auf Akku-Kosten»)
 - ❖ max. Lade-/Entladeleistung («Impact auf die Akku-Lebensdauer»)
 - ❖ Wirkungsgrade & Standby-Verluste («Effizienz & Kosten»)
 - ❖ Akku-Kosten (CAPEX, OPEX, Lebensdauer und Kapitalzins)

Energieflüsse (Physikalisch + Abrechnung)



Energieflüsse & Prio

- (1) PV an Kunde
- (2) PV an Akku (inkl. Verluste)
- (3) PV an Netz
- (4) EDL an Akku (inkl. Verluste)
- (5) Akku an Kunden
- (6) EDL an Kunde
- (7) Netz an EDL

5 Energie Tarife (Rp./kWh: HT & NT)

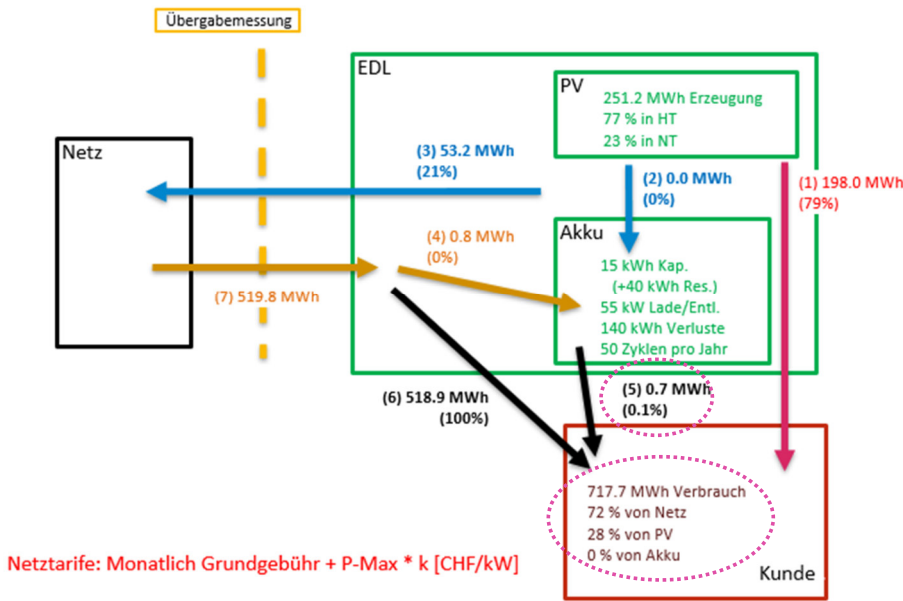
- (1) PV an Kunde (über EDL)
- (2) PV an Netz oder Akku (Gestehungskosten)
- (3) EDL an Netz von PV
- (4) EDL an Kunde (von Netz oder Akku)
- (5) Netz an EDL oder Akku

2 Netztarife (CHF/Mon & CHF/kWh) – nur im HT:

Grund- & Leistungsabhängige Gebühren

Akku: Umwälzwirkungsgrad & StandBy-Verluste

Energieflüsse (Werte aus der Modellierung)



Energieaufteilung - Prio

- (1) PV an Kunde
- (2) PV an Akku (inkl. Verluste)
- (3) PV an Netz
- (4) EDL an Akku (inkl. Verluste)
- (5) Akku an Kunden
- (6) EDL an Kunde
- (7) Netz an EDL

5 Energie Tarife (Rp./kWh: HT & NT)

- (1) PV an Kunde (über EDL)
- (2) PV an Netz oder Akku (Gestehungskosten)
- (3) EDL an Netz von PV
- (4) EDL an Kunde (von Netz oder Akku)
- (5) Netz an EDL oder Akku

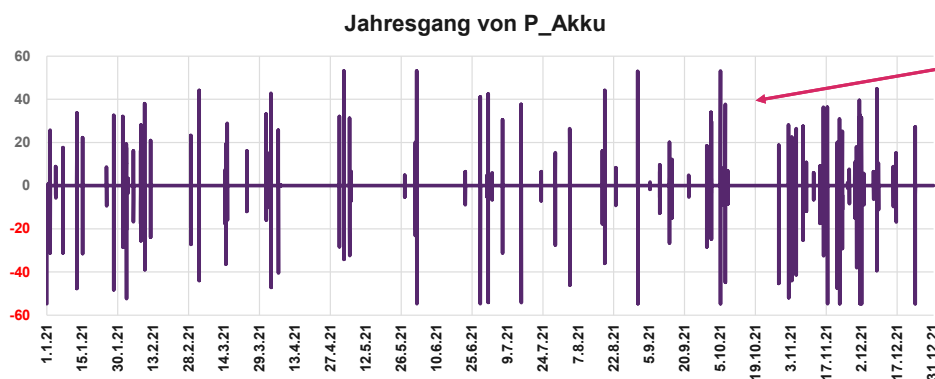
2 Netztarife (CHF/Mon & CHF/kWh) – nur im HT:

Grund- & Leistungsabhängige Gebühren

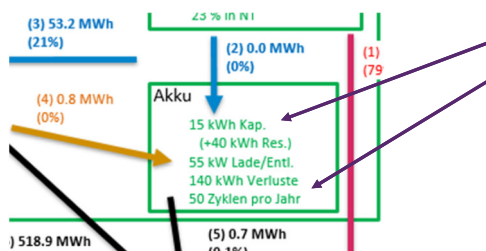
Akku: Umwälzwirkungsgrad & StandBy-Verluste



Einsatzweise des Akkus (Aus der Modellierung - Jahresdarstellung)



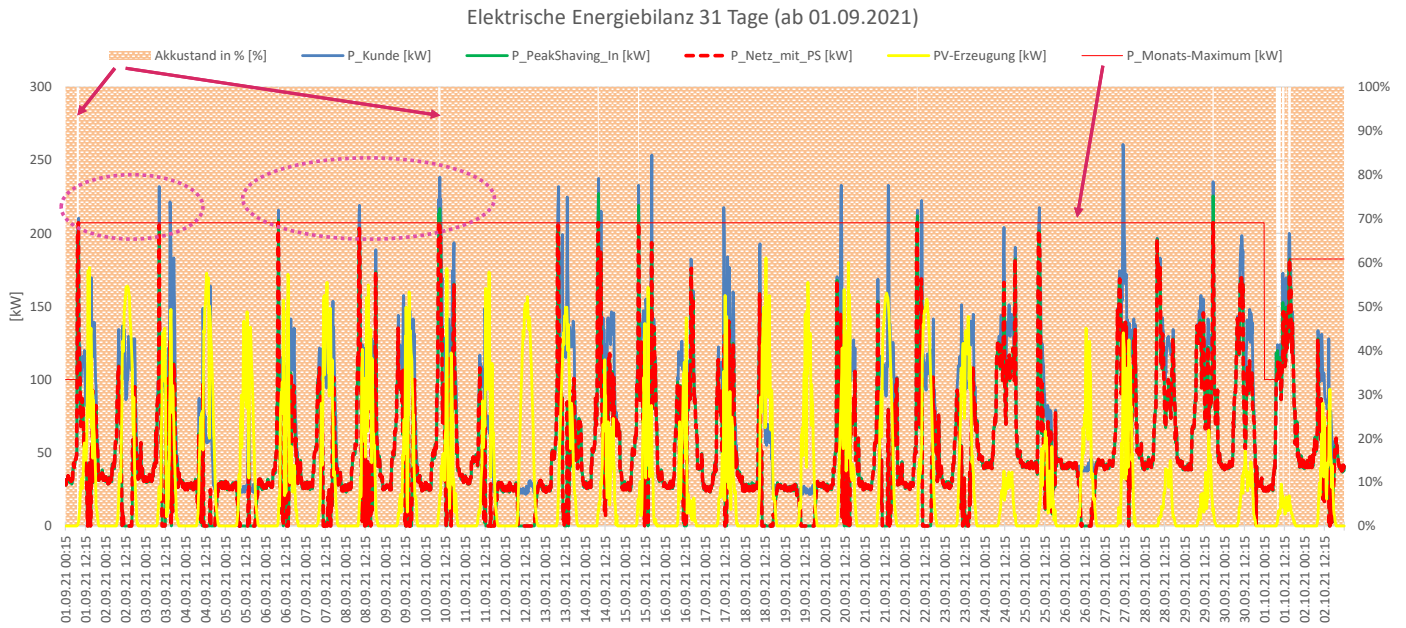
Akku-Einsatz: Nur sehr kurze, aber hohe „Leistungsspitzen“ (15 kWh / 55 kW → kaum Energie-Umsatz)



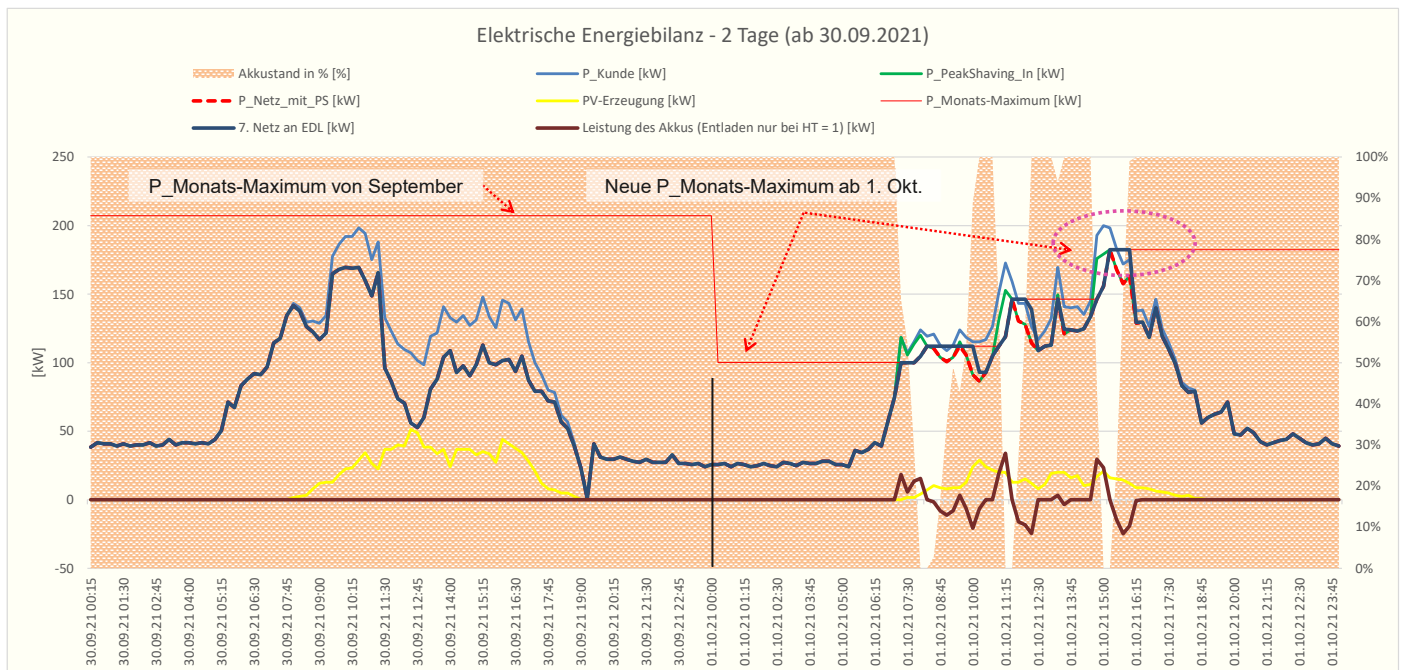
- Sehr geringe Akkukapazität von 15 kWh,
- Nur 50 Vollzyklen mit je 15 kWh waren für Peak-Shaving im Jahresverlauf erforderlich (0.1% des Kundenverbrauchs vom Akku!)
- Akku-Ladung erfolgt vollständig über das Netz (keine Gleichzeitigkeit mit PV-Einspeisung & Akku-Lade-Anforderung)
- PV-Anlage reduziert auch Netzbezugsleistungs-Spitzen (Im Jahresschnitt um 20.5 kW pro Monat, wird separat ausgewiesen)



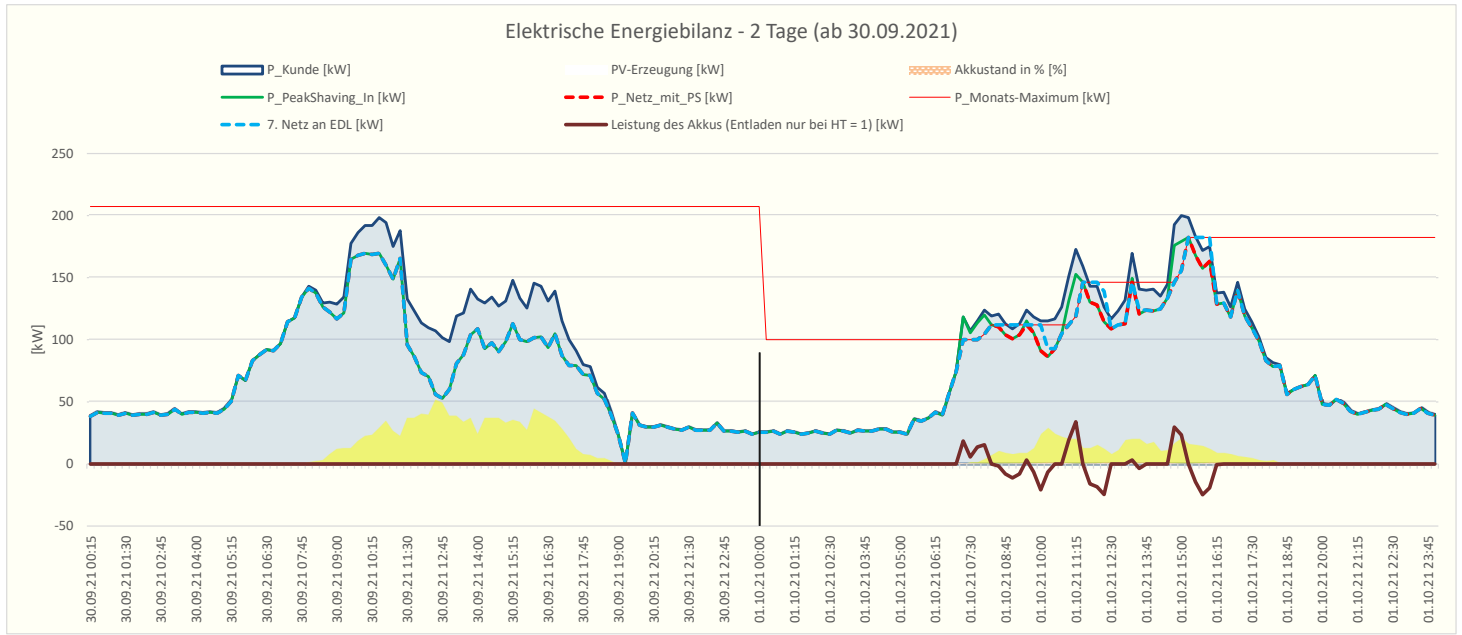
Einsatzweise des Akkus (Aus der Modellierung - Monatsdarstellung)



Einsatzweise des Akkus (Aus der Modellierung - Zweitages Darstellung)



Einsatzweise des Akkus (Aus der Modellierung – Zweitages Darstellung)



Viele Infos (z.B. Netzkosten auf „Monatsbasis“) → Analyseaufwand?

Erste Zeilen:
MIN, MAX, AVG, SUM

Auch schon Reduktion wegen
PV im HT

Kosten mit / ohne PS, Diff in CHF

| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------|------------|------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------|-----------|-----------|---|-------|-----------|-----------|------------|------------|--------|------------|-------------|-------------------|-----------|----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------------------------|---------|----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-----------------|------|------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----------|------|----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---------------------|--|------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-----------------|----------|----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| MIN: | 1.00 | 37.20 | 37.20 | - | 204.00 | 204.00 | 240.00 | 2'039.99 | 2'400.00 | -480.01 | | 40.7% | 589.10 | 103.90 | 31'792.00 | 14'285.40 | - | 12'057.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MAX: | 12.00 | 72.40 | 72.40 | 80.00 | 303.20 | 303.20 | 308.00 | 3'032.00 | 3'080.00 | - | | 43.5% | 9'627.50 | 2'858.10 | 47'513.40 | 28'639.60 | 323.11 | 28'168.51 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AVG: | | 58.97 | 58.97 | 6.67 | 251.40 | 251.40 | 264.80 | 2'514.00 | 2'648.00 | -139.00 | | 42.3% | 5'266.56 | 1'587.73 | 38'639.07 | 21'169.03 | 26.93 | 19'066.33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SUM: | | 707.60 | 707.60 | 80.00 | | | | 30'167.99 | 31'776.00 | -1'608.01 | | | 63'198.70 | 19'052.70 | 463'668.80 | 254'028.40 | 323.11 | 237'675.91 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Anteil_HT | | | | DIFF: | -13.40 | | | | | | | | 77% | | 65% | | 0% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Leistungen: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| VZ-Faktor: | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | MAX & HT [kW] | MAX [kW] | MAX [kW] | MAX & HT [kW] | MAX & HT [kW] | MAX & HT [kW] | MAX & HT [kW] | Netz CHF | Netz CHF | Diff | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Monat | P_PV | PV_anKunde | EDL_anAkku | Netz_anEDL | P_MonMax | P_Kunde | P_MonMax | P_Kunde | Diff | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 40.0 | 40.0 | 80.0 | 204.0 | 204.0 | 252.0 | 2'040.0 | 2'520.0 | -480.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 39.2 | 39.2 | - | 271.2 | 271.2 | 271.2 | 2'712.0 | 2'712.0 | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 60.0 | 60.0 | - | 259.6 | 259.6 | 260.8 | 2'596.0 | 2'608.0 | -12.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 69.6 | 69.6 | - | 265.2 | 265.2 | 270.4 | 2'652.0 | 2'704.0 | -52.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 69.2 | 69.2 | - | 254.8 | 254.8 | 259.2 | 2'548.0 | 2'592.0 | -44.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 72.4 | 72.4 | - | 230.4 | 230.4 | 264.8 | 2'304.0 | 2'648.0 | -344.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 64.0 | 64.0 | - | 242.8 | 242.8 | 248.8 | 2'428.0 | 2'488.0 | -60.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 60.8 | 60.8 | - | 238.4 | 238.4 | 240.0 | 2'384.0 | 2'400.0 | -16.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 61.6 | 61.6 | - | 235.2 | 235.2 | 260.8 | 2'352.0 | 2'608.0 | -256.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 67.2 | 67.2 | - | 250.4 | 250.4 | 264.8 | 2'504.0 | 2'648.0 | -144.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 66.4 | 66.4 | - | 261.6 | 261.6 | 276.8 | 2'616.0 | 2'768.0 | -152.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | 37.2 | 37.2 | - | 303.2 | 303.2 | 308.0 | 3'032.0 | 3'080.0 | -48.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <td>Akku</td><td>Jahreskosten Akku</td><td>-14'611.4</td><td>CHF/Jahr</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td></td><td>Energieumsatz (Entlad)</td><td>1'938.0</td><td>kWh/Jahr</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td></td><td>Zyklen pro Jahr</td><td>19.4</td><td>-/pro Jahr</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td></td><td>Verluste</td><td>-9.4</td><td>kWh/Jahr</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td></td><td>Stillstandsverluste</td><td></td><td>(Noch nicht umgesetzt)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td></td><td>Erlös wegen PS:</td><td>1'608.01</td><td>CHF/Jahr</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Akku | Jahreskosten Akku | -14'611.4 | CHF/Jahr | | | | | | | | | | | | | | | | | Energieumsatz (Entlad) | 1'938.0 | kWh/Jahr | | | | | | | | | | | | | | | | | Zyklen pro Jahr | 19.4 | -/pro Jahr | | | | | | | | | | | | | | | | | Verluste | -9.4 | kWh/Jahr | | | | | | | | | | | | | | | | | Stillstandsverluste | | (Noch nicht umgesetzt) | | | | | | | | | | | | | | | | | Erlös wegen PS: | 1'608.01 | CHF/Jahr | | | | | | | | | | | | | | | |
| Akku | Jahreskosten Akku | -14'611.4 | CHF/Jahr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Energieumsatz (Entlad) | 1'938.0 | kWh/Jahr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Zyklen pro Jahr | 19.4 | -/pro Jahr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Verluste | -9.4 | kWh/Jahr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Stillstandsverluste | | (Noch nicht umgesetzt) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Erlös wegen PS: | 1'608.01 | CHF/Jahr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Energie-Verteilungen (Monat) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Akku-Kennwerte | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the Solver tool open. The Solver Parameters dialog box is set to maximize 'Gewinn' (Profit) by changing 'Akku_Pmax' and 'Akku_Emax'. The spreadsheet shows monthly data for power (P_PV, P_Kunde) and power factor (VZ-Faktor) over 12 months, with a total profit of 5'744.07 CHF.

Excel – Solver:

Optima automatisch suchen:

- Zielzelle «**Gewinn**» → soll «**Maximiert**» werden
- Variablenzellen sind hier
 - ❖ «Akku_Pmax» (Leistung [kW]) und
 - ❖ «Akku_Emax» (Kapazität [kWh])
- Weitere Nebenbedingungen:
 - z.B. «C-Rate ≤ 1» (Akku_Eges ≥ Akku_Pmax)

Wichtig: Startbedingungen ggf. variieren, da je nach Lösungsmethode ein lokales Optimum gefunden wird



Wirtschaftlichkeit → Ergebnisse I (überraschend)

Startwerte (Generell):

- ❖ Netztarif 10 CHF/ kW & Monat
- ❖ Spez. Akkukosten = 800 CHF/kWh
- ❖ Nur Peak-Shaving (keine Reservekapazität für «Notstrom»)



A) «Meine erste Abschätzung»: Akku mit **150 kWh** & **100 kW** Lade-/Entladeleistung

- Peak wurde in 8 Monaten um die max. möglichen 100 kW reduziert (!), im Jahresschnitt waren es **86 kW**. Dies entspricht einer Reduktion von 36%! [AVG(P_{Kunde_MonMax}) von 244 kW auf 158 kW]
- ABER: **Gewinn = - 2'395 CHF/Jahr** (wie erwartet nicht rentabel)

B) «Solver – Lösung»: Akku-Kapazität von 150 kWh auf **14.7 kWh** reduziert, Lade-/Entladeleistung von 100 kW auf **53.7 kW**

- Ergebnis: **Gewinn = + 5'383 CHF/Jahr**
- «...nur Peak-Shaving rentabel...» (ohne «Notstromfunktion!», aber C-Rate ~ 4!)



Wirtschaftlichkeit → Ergebnisse II (überraschend)

Weitere Solver-Lösungen mit folgenden Parametern:

- ❖ Netztarif 10 CHF/ kWh & Monat / Betrachtung des reinen Peak-Shaving Gewinnes!
- ❖ Nebenbedingungen: Reservekapazität von 40 kWh, C-Rate ≤ 1



Wie verändern sich die **Akku-Parameter** sowie der **Peak-Shaving Gewinn** in Abhängigkeit der spez. **Akkukosten** (CHF/kWh)?

- Spez. Akkukosten haben kaum einen Einfluss auf die «optimalen» Akku-Kenndaten (→ spez. Akkukosten steigen um Faktor 12 → Optimale Akkukapazität reduziert sich nur um 10% von 15.4 kWh auf 13.9 kWh)
- Aber deutlichen Einfluss auf den Gewinn (fällt mit steigenden Akkukosten)!

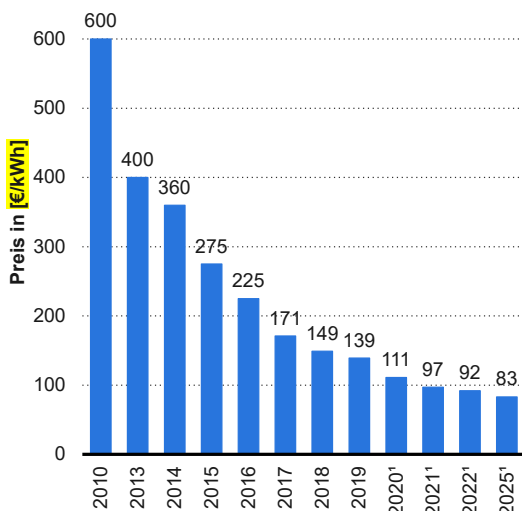
| Akku-Kosten pro kWh | Akku (Kapazität / Leistung) | Gewinn |
|---|--|-------------|
| 100 CHF/kWh (40 kWh Reserve, C-Rate ≤1) | 40 + 15.4 kWh / 55.4 kW | 4'767 CHF |
| 200 CHF/kWh (40 kWh Reserve, C-Rate ≤1) | 40 + 15.4 kWh / 55.4 kW | 4'065 CHF |
| 600 CHF/kWh (40 kWh Reserve, C-Rate ≤1) | 40 + 14.7 kWh / 54.7 kW +10 % | 1'256 CHF |
| 800 CHF/kWh (40 kWh Reserve, C-Rate ≤1) | 40 + 14.7 kWh / 54.7 kW | -148 CHF |
| 1'200 CHF/kWh (40 kWh Reserve, C-Rate ≤1) | 40 + 13.9 kWh / 53.9 kW | -2'843 CHF |
| (800 CHF/kWh (keine Reserve, beliebige C-Rate)) | (14.6 kWh / 52.8 kW) | (3'950 CHF) |

15 | Technologietag 2024, Buchs - 11. Juni 2024 (Matthias.Berthold@ost.ch - IES)



Anhang: Entwicklung der Akkukosten & Multi-Use (mit E-Auto)

Preise für Lithium-Ionen-Akkus (bis 2025)



Details: Horváth & Partners; BloombergNEF; 2010 bis 2019

Richtpreis-Angebote für stationäre Speicher:

- Speicher inkl. Wechselrichter: 1'000 CHF/kWh
- Installationskosten (hier) 200 CHF/kWh
- Gesamtkosten: 1'200 **CHF/kWh**

Multi-Use Akku inklusive Auto (Bidirektionales Laden):

| Kfz-Modell | Kapazität | | Preise Auto (ges.) [k€] | spez. Preise (Akku + Auto) | |
|---------------|--------------|-------------|-------------------------|----------------------------|---------------|
| | Brutto [kWh] | Netto [kWh] | | Brutto [€/kWh] | Netto [€/kWh] |
| VW Id.3 Pro | 62 kWh | 58 kWh | 40 k€ | 645 | 690 |
| VW Id.3 Pro S | 82 kWh | 77 kWh | 44 k€ | 536 | 570 |
| VW id.4 | 82 kWh | 77 kWh | 46 k€ | 561 | 597 |
| Renault Zoe | 55 kWh | 52 kWh | 37 k€ | 673 | 712 |
| Tesla Model 3 | - | 60 kWh | 48 k€ | - | 800 |
| Tesla Model Y | - | 60 kWh | 48 k€ | - | 800 |

Quellen (Akku-Preise): <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/534429/umfrage/weltweite-preise-fuer-lithium-ionen-akkus/>
 (Auto-Preise): <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/kaufen/elektroautos-uebersicht/>

16 | Technologietag 2024, Buchs - 11. Juni 2024 (Matthias.Berthold@ost.ch - IES)



Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit!