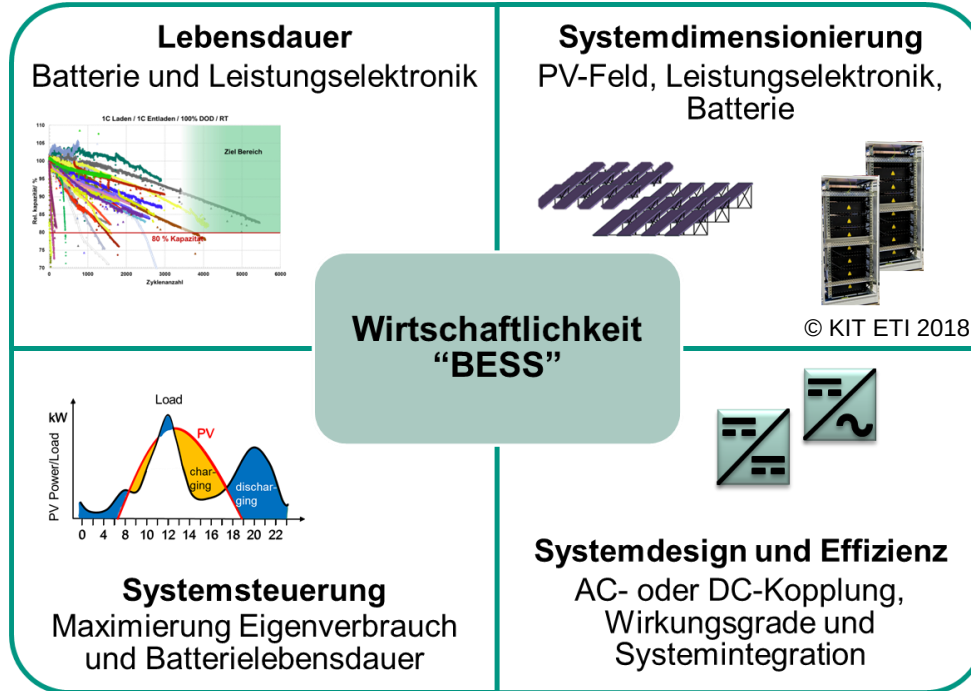


Status Quo Stromspeichertechnik

Nina Munzke



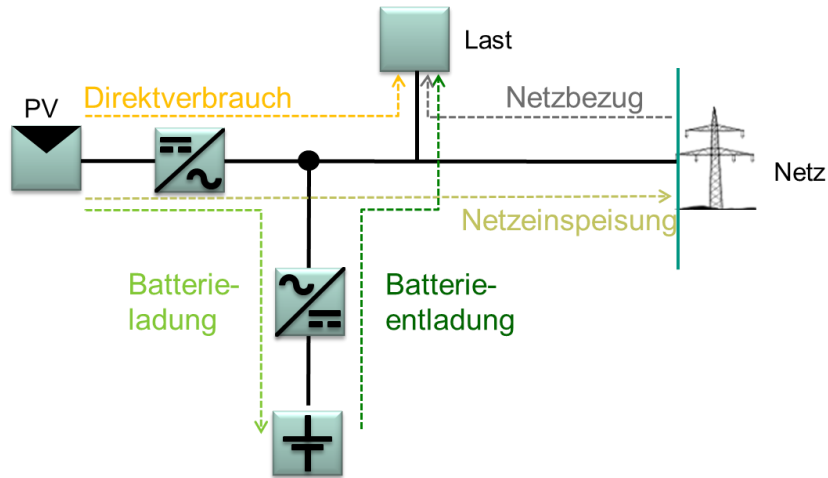
Wirtschaftlichkeit von Batteriespeichersystemen



Quelle: Munzke N. (2018), „Dimensionierung und Auslegung von PV-Speichersystemen“, in Stromspeicher für Gewerbe und Industrie: Technik, Auswahl und Auslegung Mit Anmerkungen für Heimspeicher (Beuth Praxis), 1. Aufl., Beuth, 2018, S. 114–153, ISBN 978-3-410-25755-4.

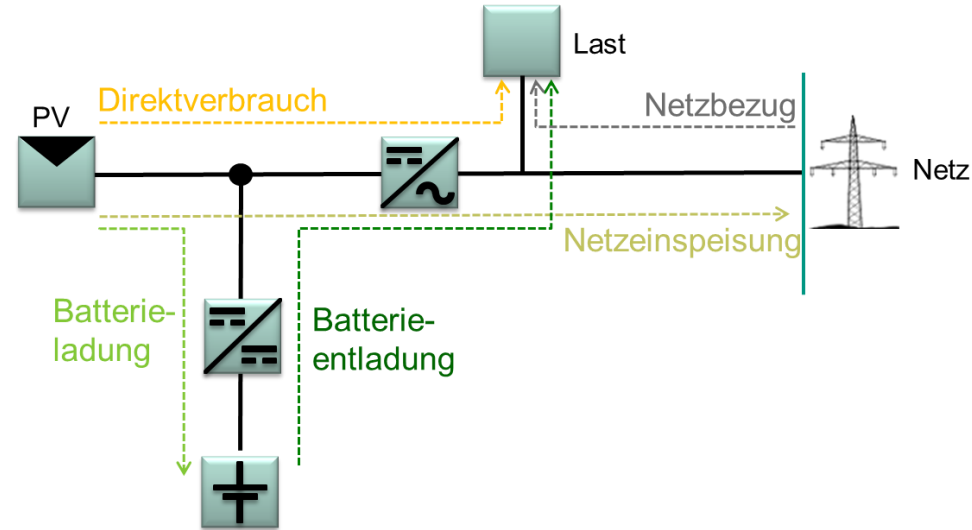
AC- oder DC-Kopplung

AC-gekoppelt



© KIT ETI 2018 Li-Ionen Batterie

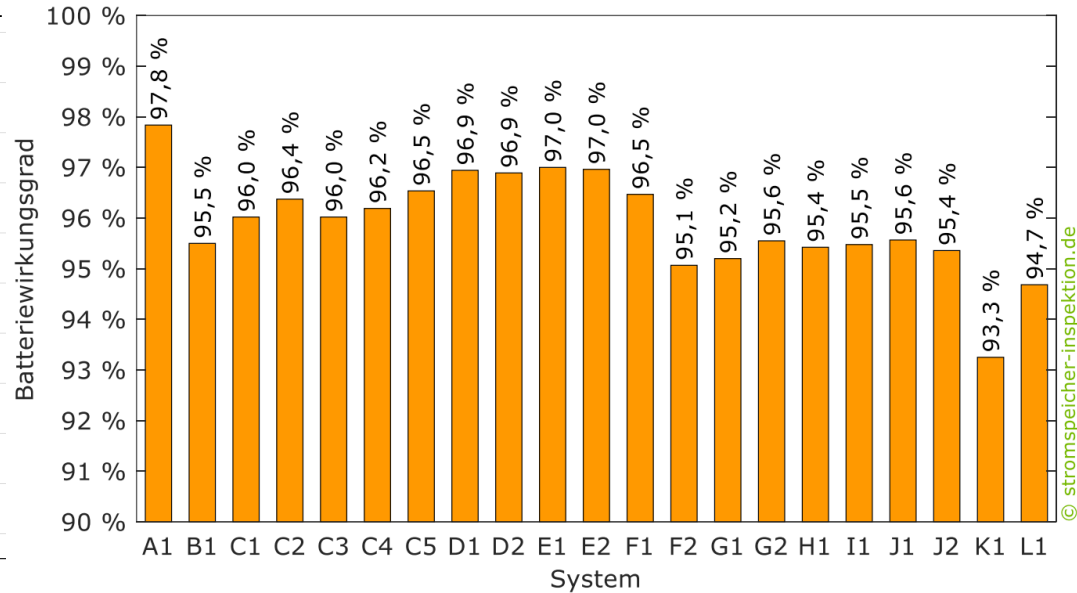
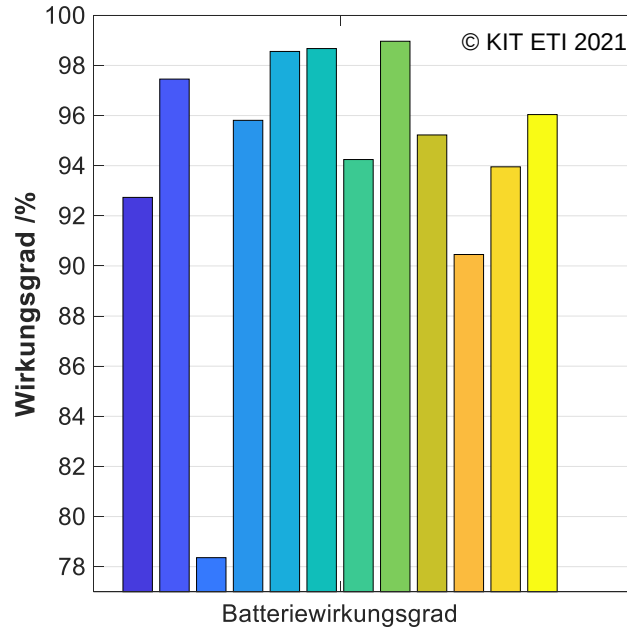
DC-gekoppelt



Li-Ionen Batterie © KIT ETI 2018

Quelle: Munzke N. (2018), „Dimensionierung und Auslegung von PV-Speichersystemen“, in Stromspeicher für Gewerbe und Industrie: Technik, Auswahl und Auslegung Mit Anmerkungen für Heimspeicher (Beuth Praxis), 1. Aufl., Beuth, 2018, S. 114–153, ISBN 978-3-410-25755-4.

Wirkungsgrade - Vergleiche



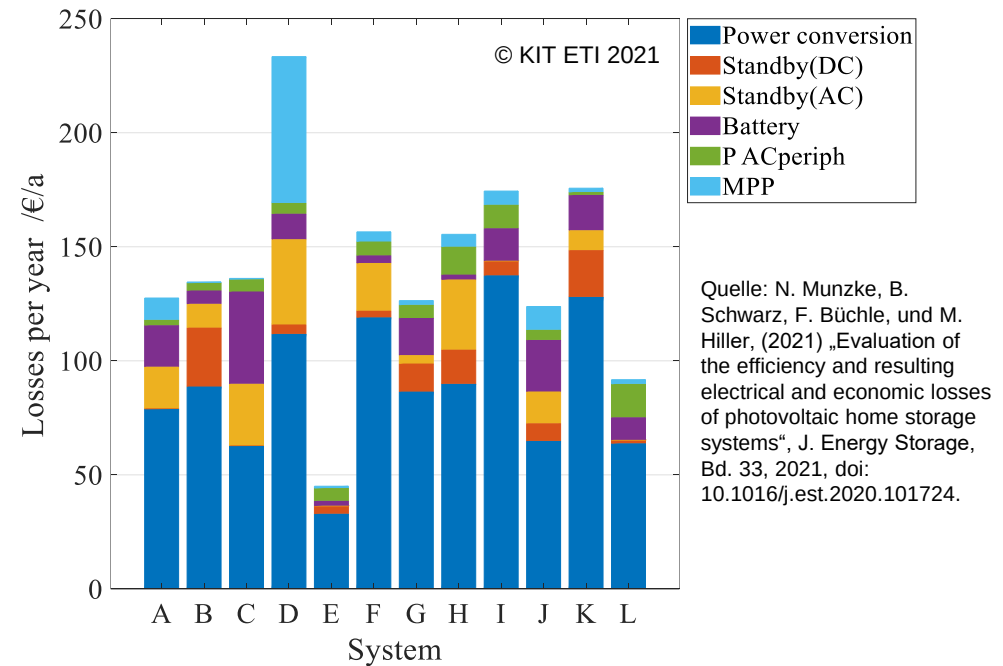
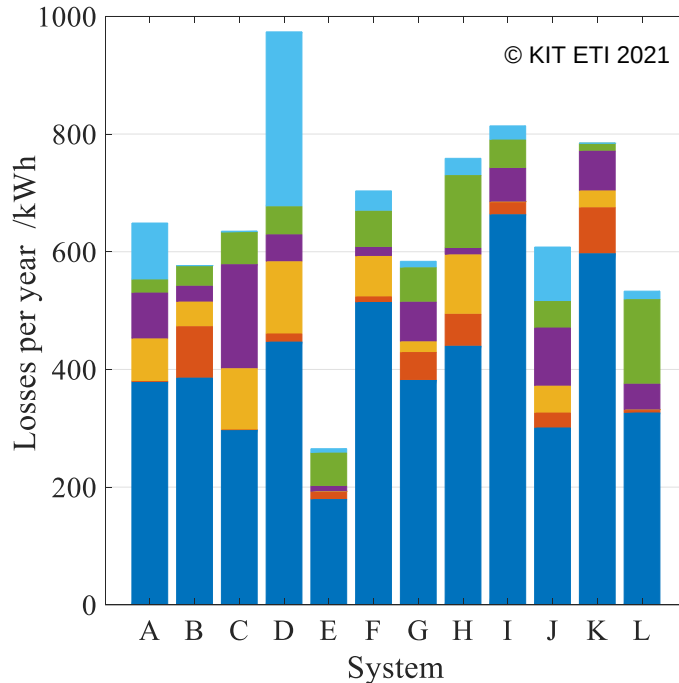
Quelle: N. Munzke, B. Schwarz, F. Büchle, und M. Hiller, (2021) „Evaluation of the efficiency and resulting electrical and economic losses of photovoltaic home storage systems“, J. Energy Storage, Bd. 33, 2021, doi: 10.1016/j.est.2020.101724.

Quelle: Stromspeicher-Inspektion 2022 - <https://solar.htw-berlin.de/studien/speicher-inspektion-2022/>

Referenzhaushalt: Strombedarf: **4.200 kWh/ 5 Personenhaushalt**, PV-Anlage: **3,5 kWp**

Wirkungsgrad Batterie zwischen 78 % und 98 %

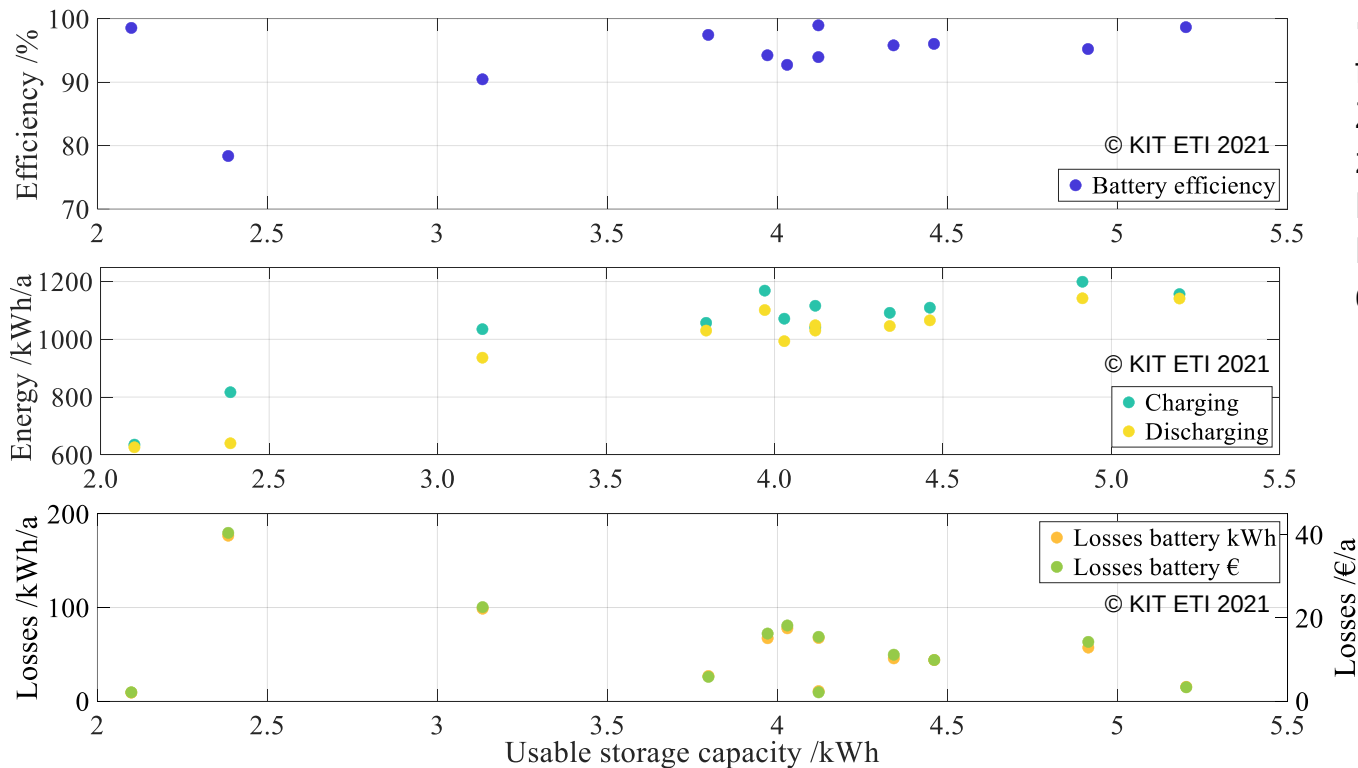
Performance Tests – Verluste



Quelle: N. Munzke, B. Schwarz, F. Büchle, und M. Hiller, (2021) „Evaluation of the efficiency and resulting electrical and economic losses of photovoltaic home storage systems“, J. Energy Storage, Bd. 33, 2021, doi: 10.1016/j.est.2020.101724.

➔ Höchste Verluste durch die Leistungselektronik

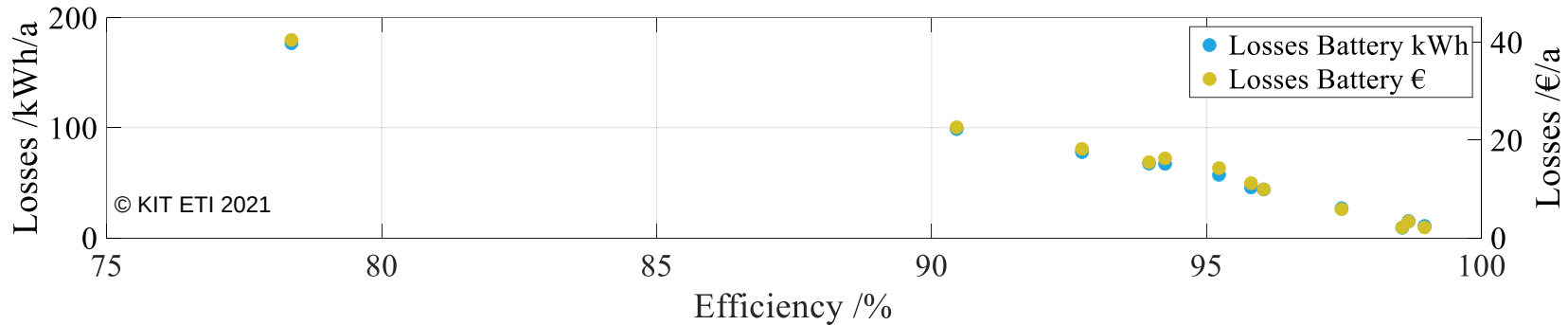
Auswirkung der Effizienz der Batterie auf die Verluste der Batterie



➔ Kein ersichtlicher funktionaler Zusammenhang zwischen dem Energieinhalt der Batterie und der Höhe der Verluste

Quelle: N. Munzke, B. Schwarz, F. Büchle, und M. Hiller, (2021) „Evaluation of the efficiency and resulting electrical and economic losses of photovoltaic home storage systems“, J. Energy Storage, Bd. 33, 2021, doi: 10.1016/j.est.2020.101724.

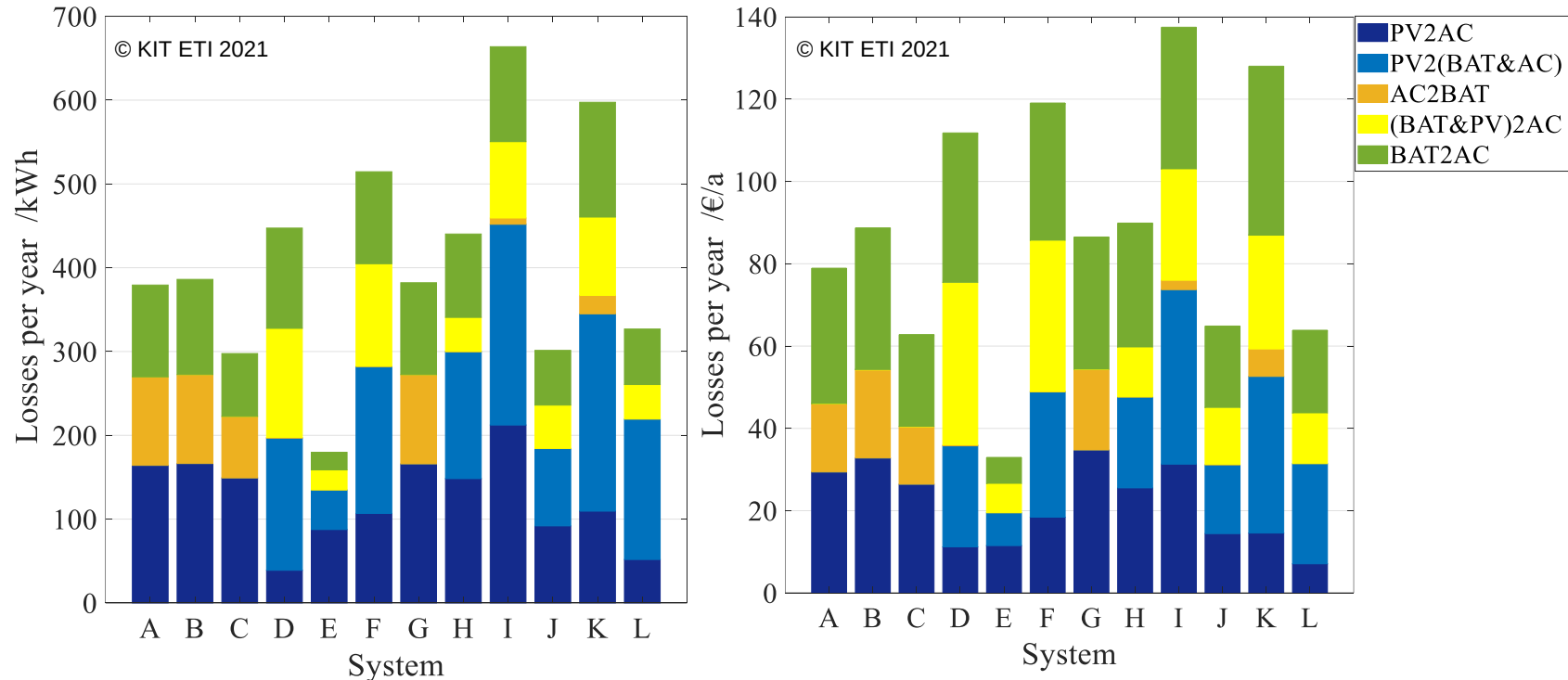
Auswirkung der Effizienz der Batterie auf die Verluste der Batterie



➔ Energetische und monetäre Verluste der Batterie sind hauptsächlich von der Effizienz der Batterie abhängig!

Quelle: N. Munzke, B. Schwarz, F. Büchle, und M. Hiller, (2021) „Evaluation of the efficiency and resulting electrical and economic losses of photovoltaic home storage systems“, J. Energy Storage, Bd. 33, 2021, doi: 10.1016/j.est.2020.101724.

Verluste der Leistungselektronik



Quelle: N. Munzke, B. Schwarz, F. Büchle, und M. Hiller, (2021) „Evaluation of the efficiency and resulting electrical and economic losses of photovoltaic home storage systems“, J. Energy Storage, Bd. 33, 2021, doi: 10.1016/j.est.2020.101724.

Verluste der Leistungselektronik

System	Verluste kWh/a				
	PV2AC	PV2BAT&AC	AC2BAT	BAT&PV2AC	BAT2AC
A	164.1	0.0	105.6	0.0	109.6
B	166.3	0.0	106.2	0.0	113.6
C	149.2	0.0	73.4	0.0	75.1
D	38.9	157.8	0.8	130.2	119.7
E	87.6	47.3	0.0	23.9	21.1
F	106.8	175.5	0.2	122.4	109.8
G	165.9	0.0	106.5	0.0	109.7
H	148.3	151.7	0.0	40.7	99.5
I	212.3	239.6	7.5	91.1	113.4
J	91.9	92.3	0.3	51.6	65.3
K	109.5	235.5	21.9	93.5	137.0
L	51.8	167.6	0.0	41.1	66.3

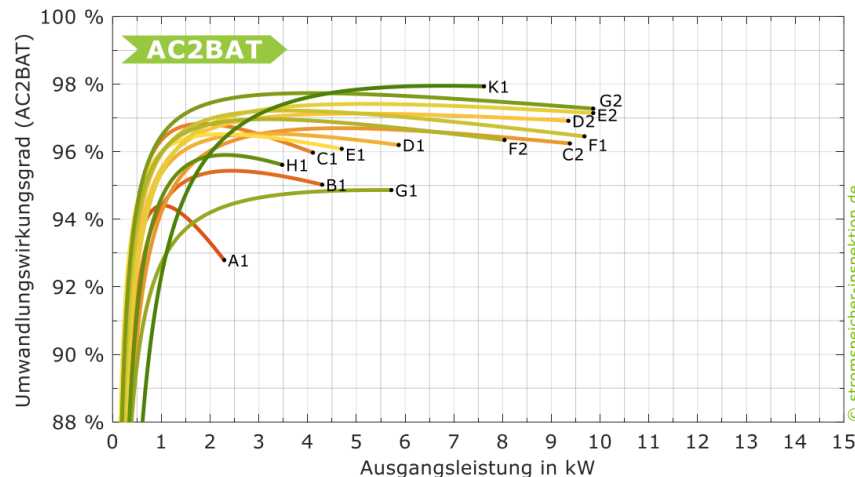
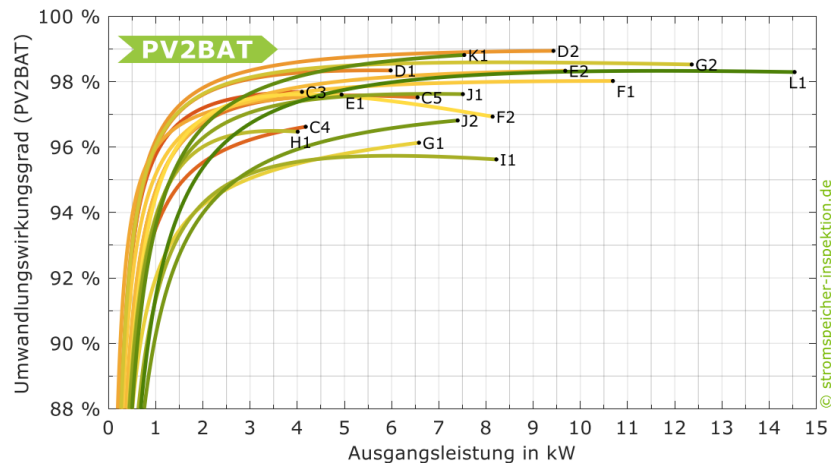
PV2AC und PV2BAT&AC
Höchster Anteil der Verluste in
kWh

Quelle: N. Munzke, B. Schwarz, F. Büchle, und M. Hiller, (2021) „Evaluation of the efficiency and resulting electrical and economic losses of photovoltaic home storage systems“, J. Energy Storage, Bd. 33, 2021, doi: 10.1016/j.est.2020.101724.

System	Verluste €/a				
	PV2AC	PV2BAT&AC	AC2BAT	BAT&PV2AC	BAT2AC
A	29.4	0.0	16.5	0.0	33.0
B	32.8	0.0	21.4	0.0	34.5
C	26.4	0.0	14.0	0.0	22.4
D	11.2	24.6	0.2	39.4	36.4
E	11.5	8.0	0.0	7.0	6.4
F	18.4	30.5	0.0	36.7	33.4
G	34.8	0.0	19.5	0.0	32.2
H	25.5	22.1	0.0	12.0	30.2
I	31.3	42.4	2.3	27.0	34.5
J	14.4	16.7	0.1	13.7	19.9
K	14.6	38.1	6.7	27.5	41.2
L	7.1	24.4	0.0	12.2	20.2

Verschiebung der des
hohen Einflusses in €
zu BAT2AC

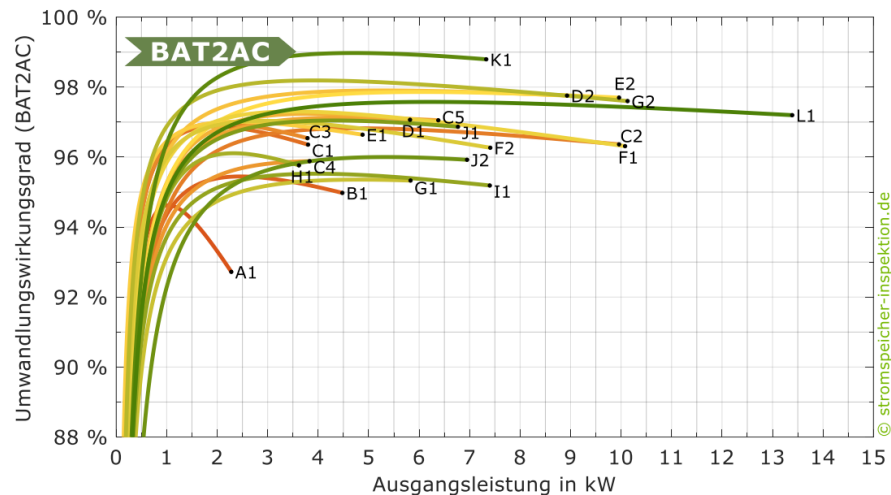
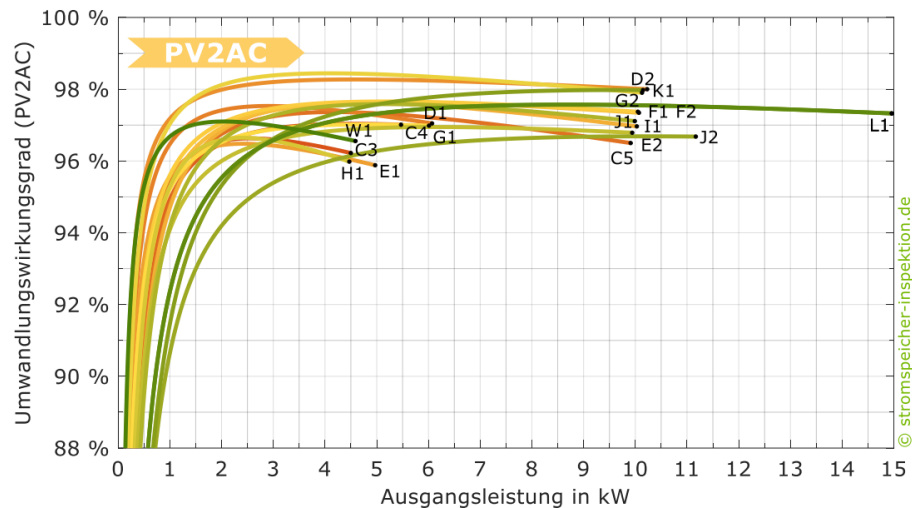
Vergleich Leistungsumwandlungswirkungsgrade - Batterieladen



Quelle: Stromspeicher-Inspektion 2022 - <https://solar.htw-berlin.de/studien/speicher-inspektion-2022/>

➔ ca. 3- 5 % Effizienzunterschiede!

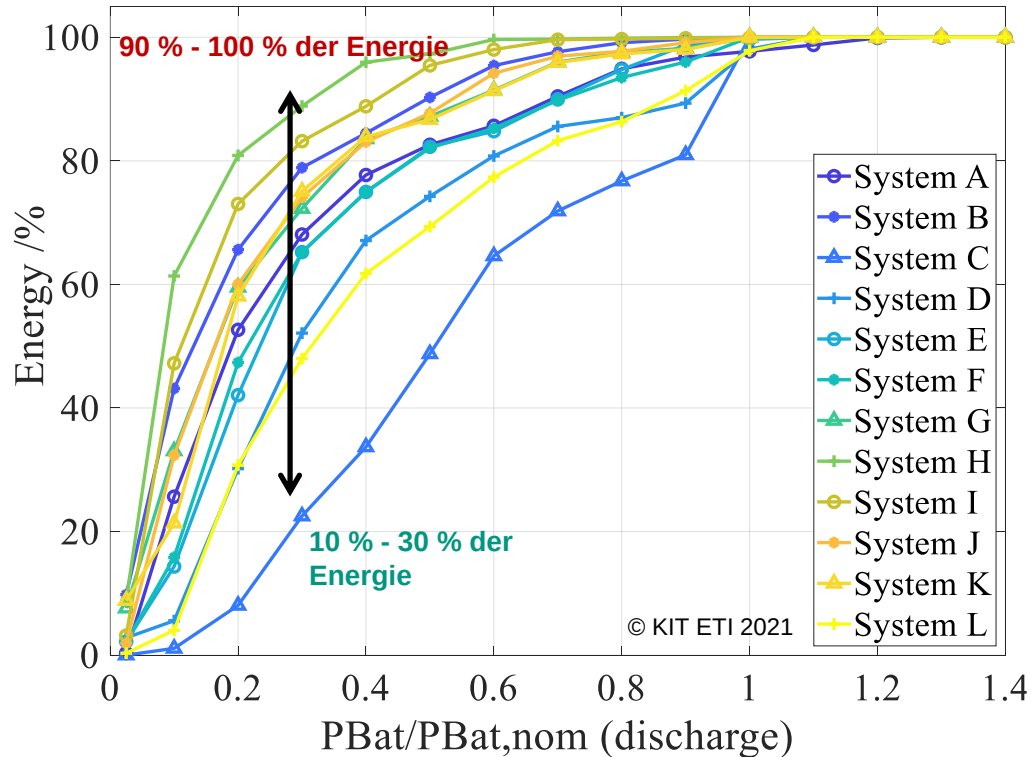
Vergleich Leistungsumwandlungswirkungsgrade – PV Einspeisung und Batterieentladen



Quelle: Stromspeicher-Inspektion 2022 - <https://solar.htw-berlin.de/studien/speicher-inspektion-2022/>

➔ ca. 3- 5 % Effizienzunterschiede!

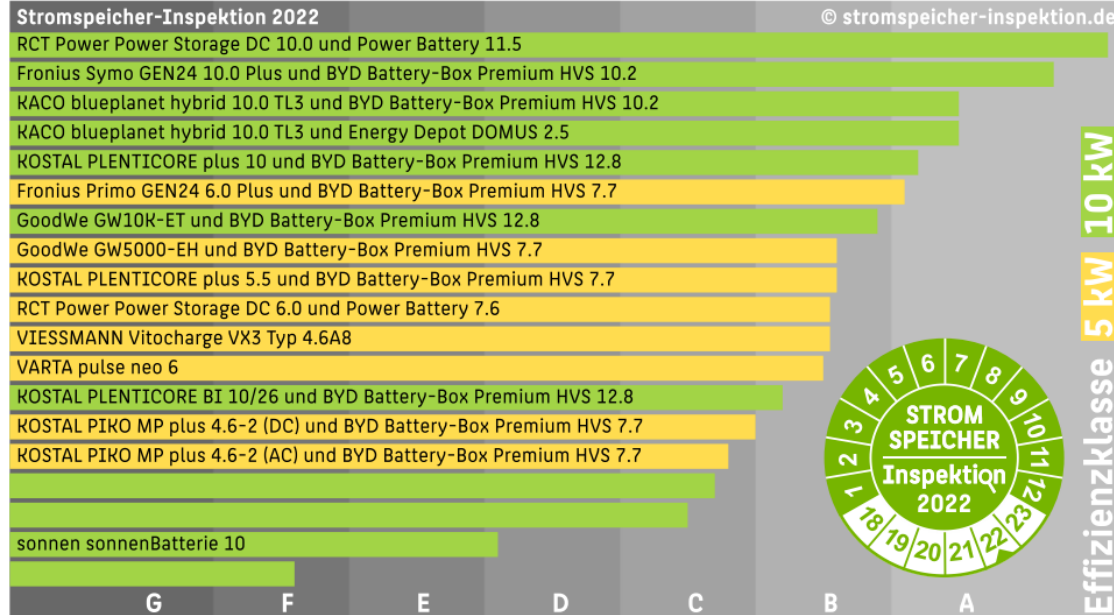
Akkumulierte energetische Verteilung der Leistung beim Batterieentladen



Je nach Systemgröße variiert die umgesetzte Energie im Teillastbereich beim Entladen deutlich!
➔ Auswirkung auf die Effizienz

Quelle: N. Munzke, B. Schwarz, F. Büchle, und M. Hiller, (2021) „Evaluation of the efficiency and resulting electrical and economic losses of photovoltaic home storage systems“, J. Energy Storage, Bd. 33, 2021, doi: 10.1016/j.est.2020.101724.

Effizienzvergleiche -SPI



Quelle: Stromspeicher-Inspektion 2022 - <https://solar.htw-berlin.de/studien/speicher-inspektion-2022/>

Entwicklung von Effizienzwerten

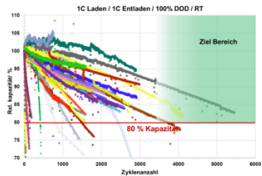
		2018	2019	2020	2021	2022	Min	Max	Mittelwert	Median
mittlerer Umwandlungswirkungsgrad		94,5 %	95,5 %	96,1 %	96,0 %	96,2 %	92,1 %	97,9 %	95,6 %	95,5 %
mittlerer Umwandlungswirkungsgrad		92,6 %	93,8 %	94,7 %	95,2 %	95,8 %	86,6 %	98,2 %	94,4 %	95,1 %
mittlerer Umwandlungswirkungsgrad		92,3 %	93,8 %	94,1 %	95,0 %	95,3 %	87,6 %	97,2 %	94,2 %	94,4 %
mittlerer Umwandlungswirkungsgrad		92,0 %	93,7 %	94,2 %	94,9 %	95,5 %	87,4 %	97,7 %	93,8 %	94,5 %
Batteriewirkungsgrad		94,6 %	94,9 %	95,1 %	96,2 %	95,9 %	87,9 %	98,0 %	95,3 %	95,4 %
Einschwingzeit der Systemregelung		8,1 s	4,7 s	4,3 s	4,5 s	4,2 s	0,3 s	32,5 s	5,7 s	2,8 s
Systemverbrauch im Stand-by-Modus		10,4 W	11,6 W	14,0 W	17,7 W	20,3 W	1,4 W	70,7 W	16,2 W	11,0 W

Quelle: Stromspeicher-Inspektion 2022 - <https://solar.htw-berlin.de/studien/speicher-inspektion-2022/>

Wirtschaftlichkeit von Batteriespeichersystemen

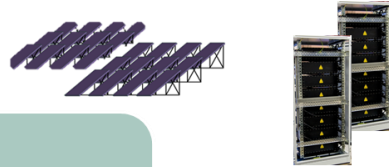
Lebensdauer

Batterie und Leistungselektronik



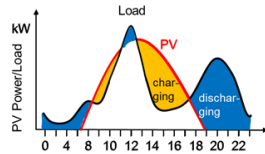
Systemdimensionierung

PV-Feld, Leistungselektronik, Batterie



© KIT ETI 2018

Wirtschaftlichkeit “BESS”



Systemsteuerung

Maximierung Eigenverbrauch und Batterielebensdauer

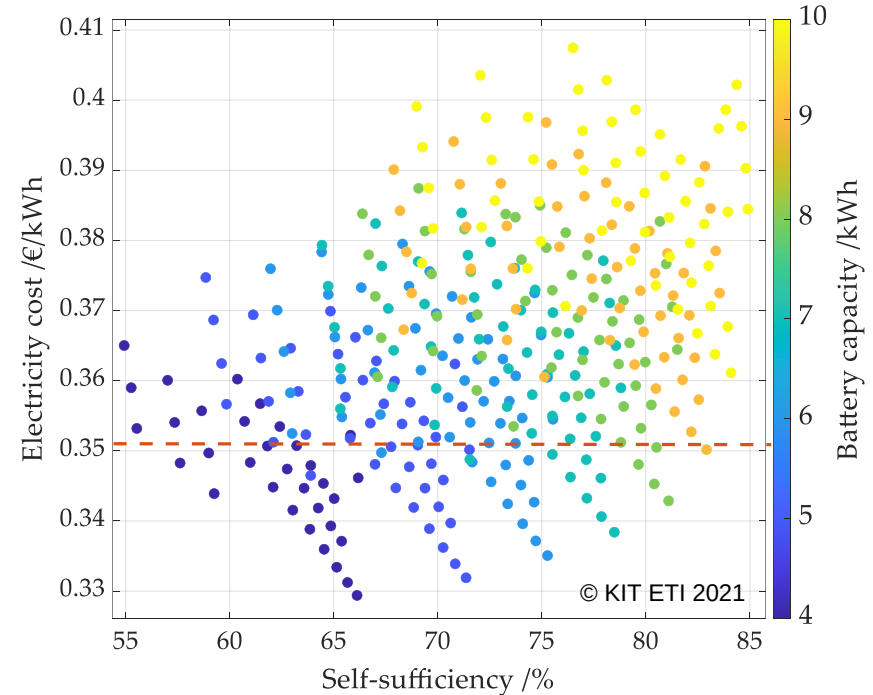
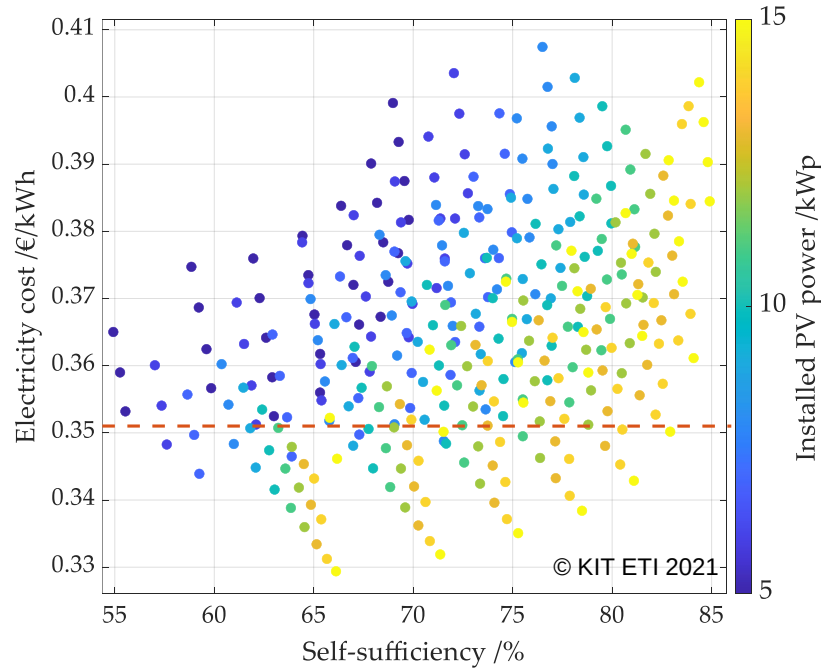


Systemdesign und Effizienz

AC- oder DC-Kopplung, Wirkungsgrade und Systemintegration

Quelle: Munzke N. (2018), „Dimensionierung und Auslegung von PV-Speichersystemen“, in Stromspeicher für Gewerbe und Industrie: Technik, Auswahl und Auslegung Mit Anmerkungen für Heimspeicher (Beuth Praxis), 1. Aufl., Beuth, 2018, S. 114–153, ISBN 978-3-410-25755-4.

Wirtschaftliche Auslegung

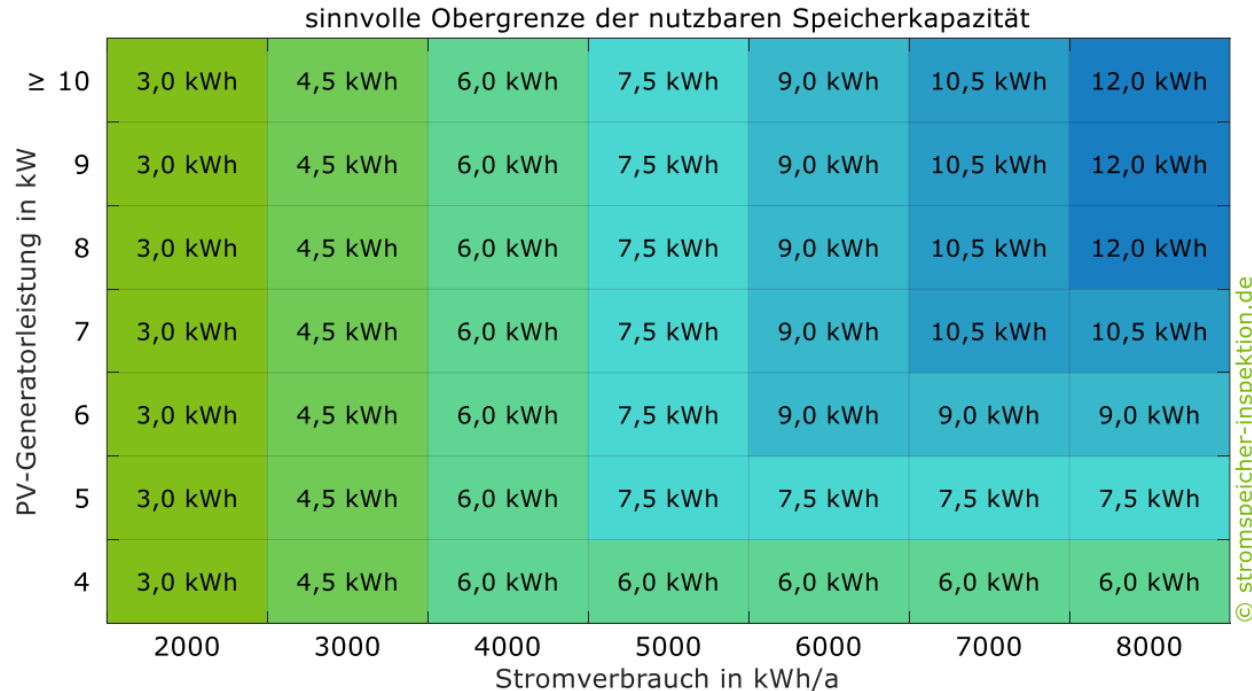


Haushalt:

Strombedarf: 4.213 kWh/ 5 Personenhaushalt

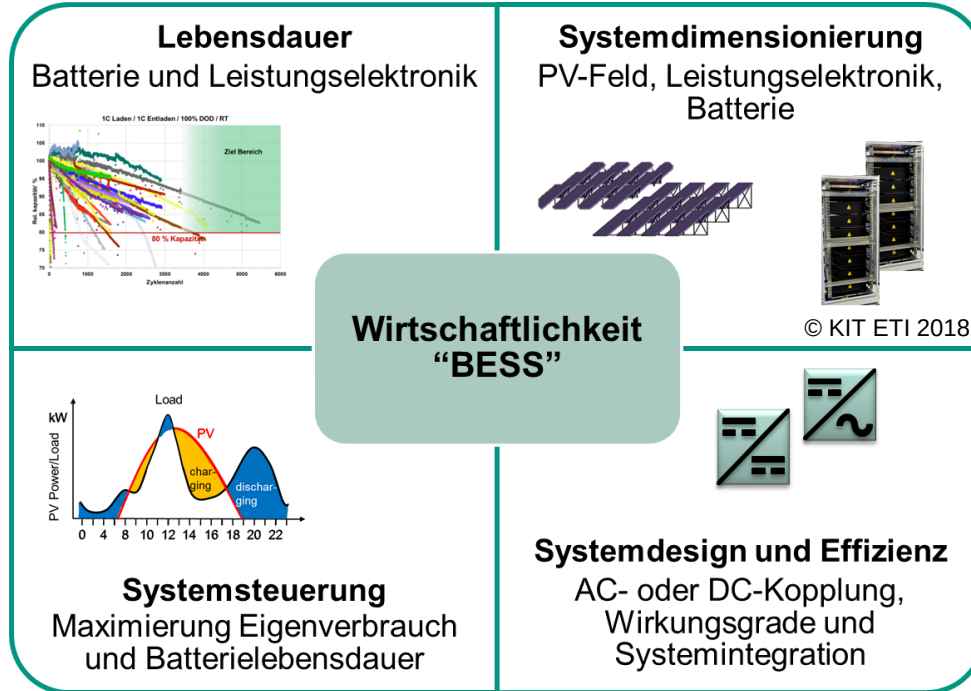
Quelle: Munzke, N., Büchle, F., Smith, A., Hiller, M., (2021). Influence of Efficiency, Aging and Charging Strategy on the Economic Viability and Dimensioning of Photovoltaic Home Storage Systems. Energies 14, 7673. <https://doi.org/10.3390/en14227673>

Empfohlene Speichergröße



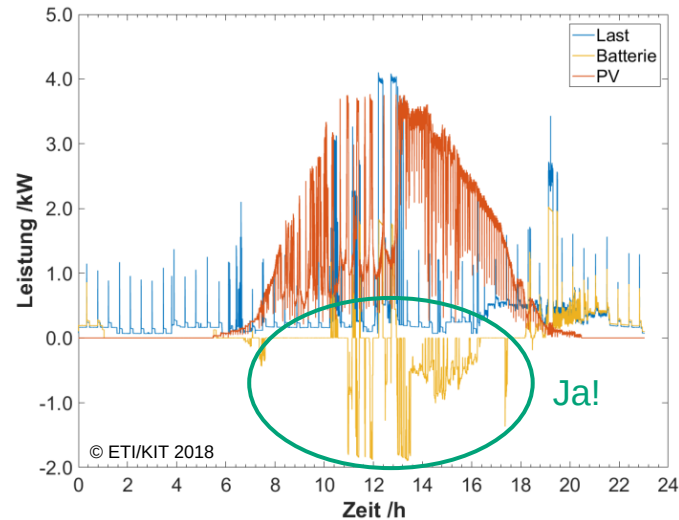
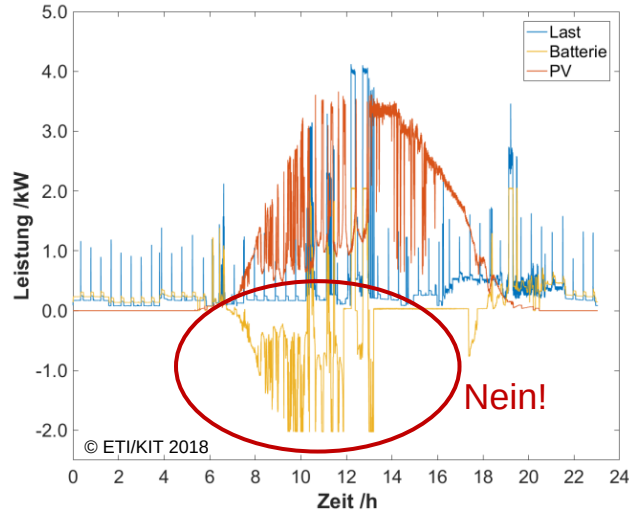
Quelle: Stromspeicher-Inspektion 2022 - <https://solar.htw-berlin.de/studien/speicher-inspektion-2022/>

Wirtschaftlichkeit von Batteriespeichersystemen



Quelle: Munzke N. (2018), „Dimensionierung und Auslegung von PV-Speichersystemen“, in Stromspeicher für Gewerbe und Industrie: Technik, Auswahl und Auslegung Mit Anmerkungen für Heimspeicher (Beuth Praxis), 1. Aufl., Beuth, 2018, S. 114–153, ISBN 978-3-410-25755-4.

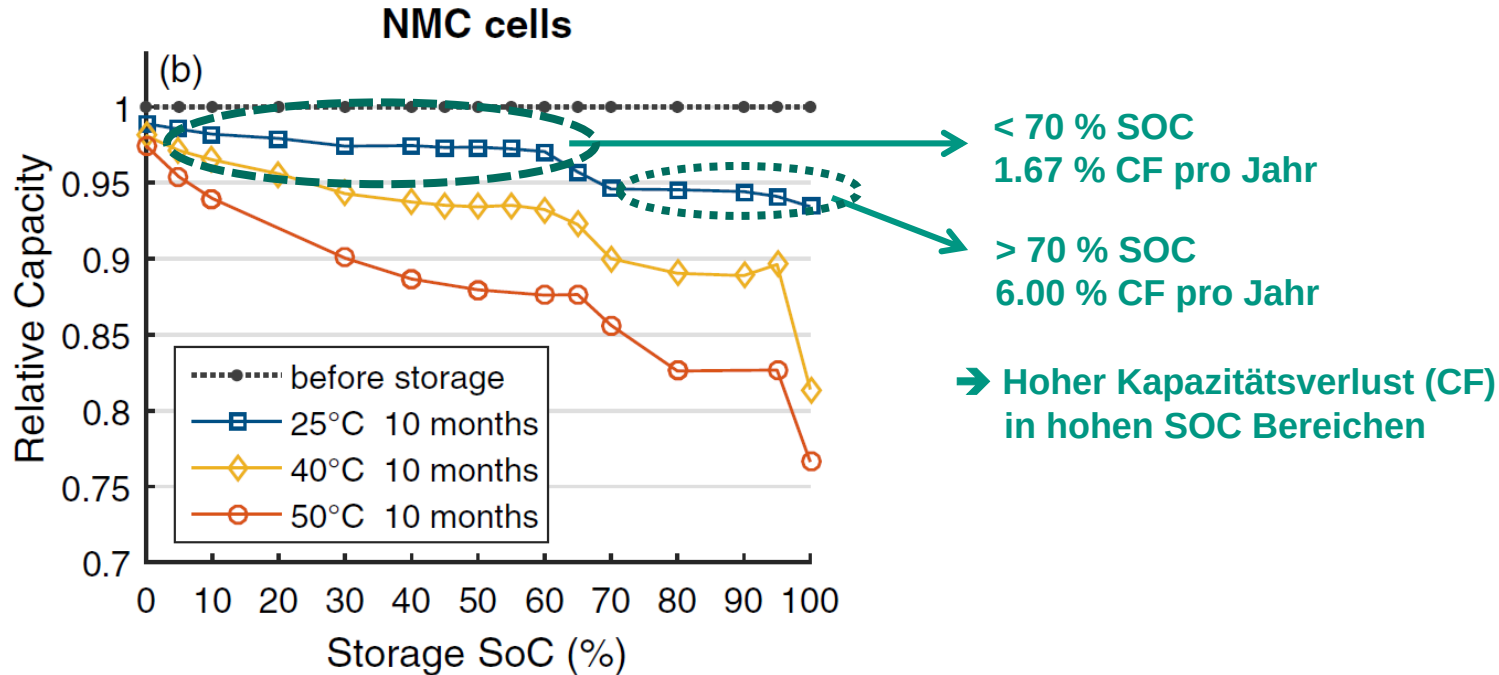
Batterieladestrategien - Vergleich zwei verschiedener kommerzieller Heimspeichersystem



System	A	B	C	D	E	F
Speicherkapazität /kWh	4,3	3,8	2,1	5,2	4,9	4

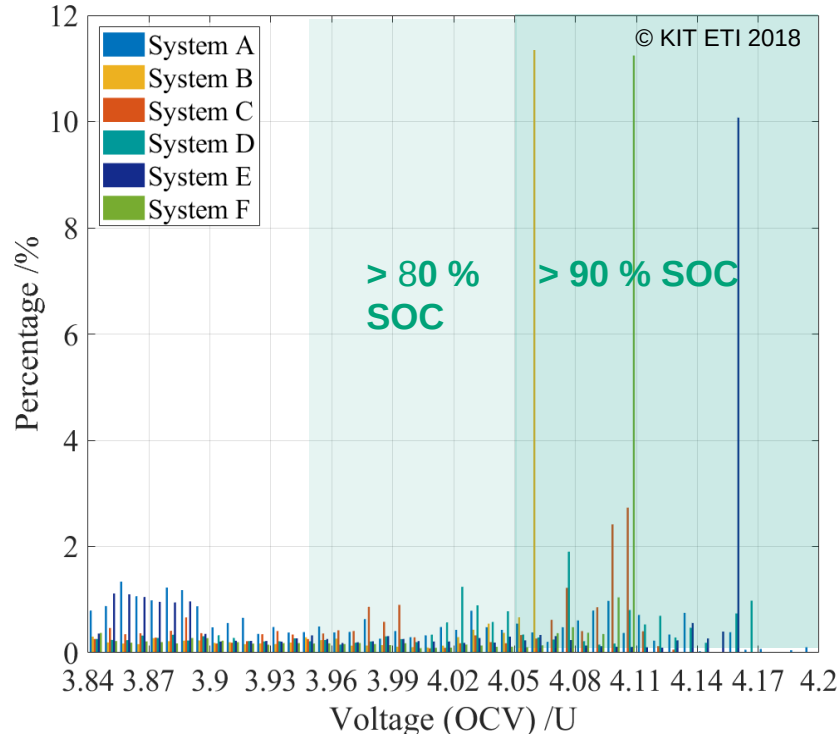
Quelle: Munzke N., Schwarz B. und M. Hiller (2018): „Intelligent control of household Li-ion battery storage systems“, Energy Procedia, 155 S. 17-31 11.2018

Intelligente Regelung: Kalendarische Alterung von Li-Ionen Zellen



Quelle: Keil et al., Calendar Ageing of Lithium-Ion Batteries I. Impact of the Graphite Anode on Capacity Fade, J. Electrochem. Soc., 2016

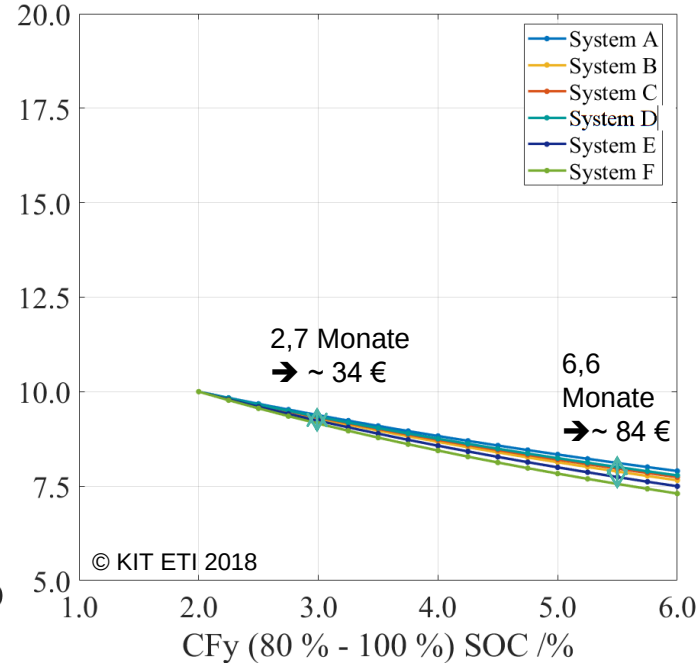
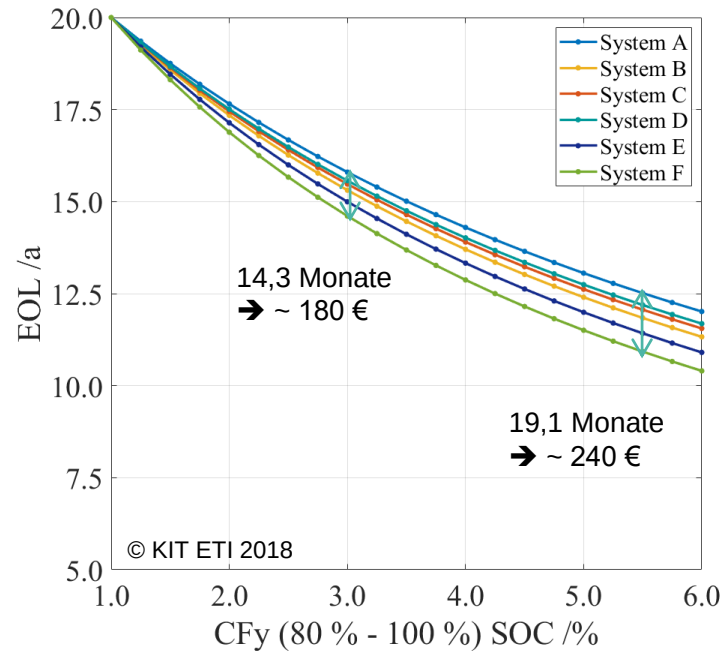
Verteilung des Ladezustands im Jahresverlauf



System	Percentage of time spent
	> 90 % SOC
A	7,1
B	12,0
C	9,4
D	8,1
E	13,3
F	14,1

Quelle: Munzke N., Schwarz B. und M. Hiller (2018): „Intelligent control of household Li-ion battery storage systems“, Energy Procedia, 155 S. 17-31 11.2018

Kapazitätsverlust pro Jahr



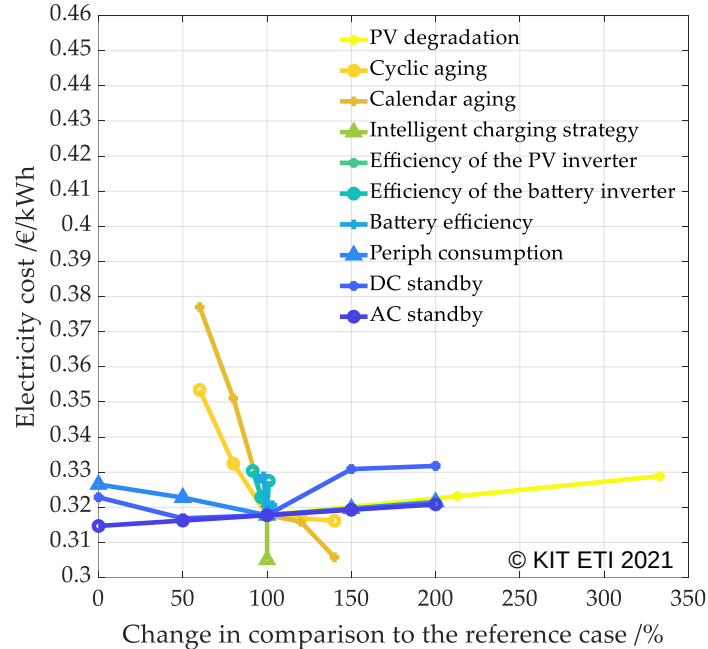
85 € - 415 €
(ohne EEG)

Berechnung der
potentiell gekappten
Energie auf
70 % der installierten
PV-Leistung

55 € - 254 €

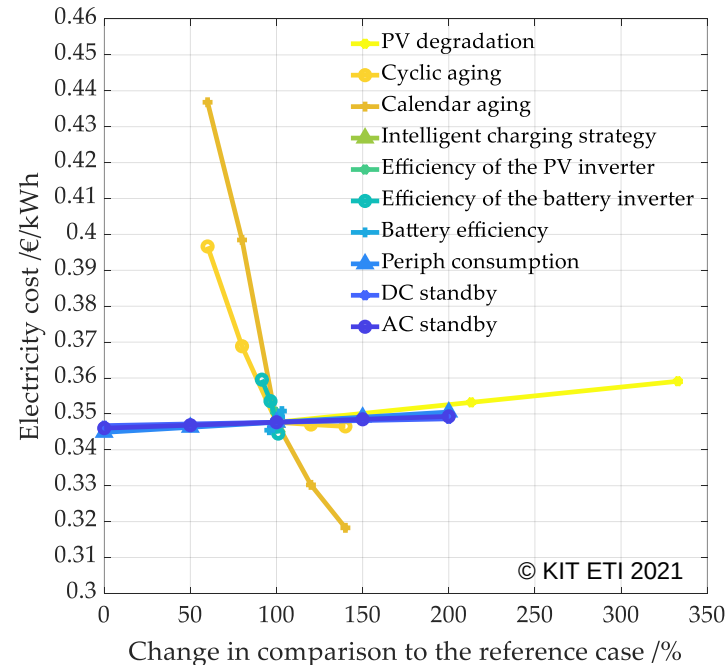
Quelle: Munzke N., Schwarz B. und M. Hiller (2018): „Intelligent control of household Li-ion battery storage systems“, Energy Procedia, 155 S. 17-31 11.2018

Einfluss verschiedener technischer Parameter auf die Wirtschaftlichkeit



15 kWp PV/ 5 kWh Batterie

➔ Hoher positiver Einfluss durch geringerer kalendarische Alterung und intelligente Ladestrategie!



15 kWp PV/ 10 kWh Batterie

Quelle: Munzke, N., Büchle, F., Smith, A., Hiller, M., (2021). Influence of Efficiency, Aging and Charging Strategy on the Economic Viability and Dimensioning of Photovoltaic Home Storage Systems. Energies 14, 7673. <https://doi.org/10.3390/en14227673>

Kontakt:
M.Sc. Nina Munzke
Teamleitung
Systemsteuerung und –
analyse

**Karlsruher Institut für
Technologie (KIT)**
Elektrotechnisches
Institut (ETI) –
Energiespeichersysteme
Tel.: 0721 / 608 28283
E-Mail:
nina.munzke@kit.edu
Web:
www.batterietechnikum.kit.edu



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**