

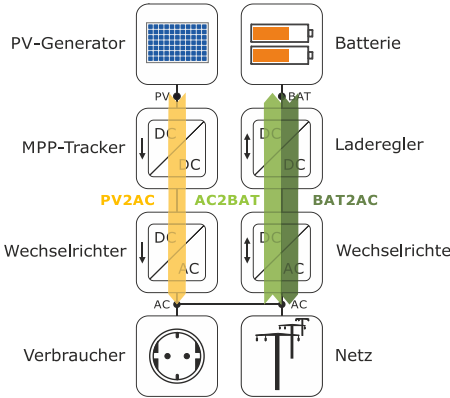


PRÜFBERICHT

Allgemeine Daten			
Prüflabor		Kontakt	BatterieIngenieure GmbH Zollamtstraße 10 52064 Aachen / Deutschland Tel: +49 (0)241 9128 2017 Fax: +49 (0)241 9903 2765 Internet: www.BatterieIngenieure.de E-Mail: info@batt-ing.de
Auftraggeber		Kontakt	ISEA RWTH Aachen Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe Jägerstraße 17/19 52066 Aachen / Deutschland
Prüfzeitraum			
01.11.2016 bis 24.11.2016			
Prüflingsnummer:		Prüflingsbeschreibung:	
Testsystem		Stationäres Batteriespeichersystem 4.5 kWh	

Prüfung	
Prüfspezifikation:	Effizienzleitfaden für PV-Speichersysteme, Stand: Version 1.0, Ausgabe 03/2017
Herstellerangaben zum System	<p>PV-Wechselrichter Bemessungsleistung: $P_{PV2AC,nom} = 4,6 \text{ kW}$</p> <p>Speichersystem: Testsystem 4.5 kWh</p> <p>Systemtopologie: AC-gekoppeltes PV-Batteriesystem, 1-phasig</p> <p>Nennleistung $P_{BAT2AC,nom}$: 2500 W</p> <p>Bruttokapazität: 4500 Wh</p> <p>Nettokapazität: 3500 Wh</p> <p>Batterietechnologie: LFP</p> <div style="text-align: right;">  </div> <p style="text-align: center;">Abbildung 1: Energiewandlungspfad [Quelle: HTW Berlin]</p>
Angaben zum genutzten Messequipment	<p>PV-Generator: Ametek ETS600</p> <p>DC-Messung: Gantner A127</p> <p>AC-Messung: Janitza UMG 104; Stromwandler ASK31.3</p> <p>AC-Last: Höcherl & Hackl AC/DC Load</p>
Prüfumfang:	<p>Vermessung der Wandlungspfade PV2AC, BAT2AC, AC2BAT und Verluste im Leerlauf, Standby oder ausgeschalteten Zustand [nach Kapitel 7]</p> <p>Vermessung des Batteriewirkungsgrads [nach Kapitel 8]</p> <p>Bestimmung der stationären und dynamischen Regelabweichung [nach Kapitel 9]</p>

Wirkungsgrad und Standby-Verbrauch des Leistungswandlungssystems [nach Kapitel 7]

Die Bestimmung des Wirkungsgrades bzw. auftretender Verluste des Leistungsumwandlungssystems (Wechselrichter / Konverter) wird nach Kapitel 7 durchgeführt.

Wirkungsgrad PV-Direktnutzung oder Netzeinspeisung (PV2AC) [nach Kapitel 7.3]

PRÜFBESCHREIBUNG

Der Leistungsfluss PV2AC tritt bei Direktnutzung oder Netzeinspeisung der PV-Erzeugung auf. Das System muss durch das Maximum Power Point Tracking (MPPT) möglichst die maximal vom PV-Simulator bereitgestellte Leistung beziehen. Hierbei können MPPT-Anpassungsverluste entstehen. Zusätzlich treten Verluste bei der Umwandlung der DC- in AC-Leistung auf.

PRÜFBEDINGUNGEN UND BETRIEBSPUNKTE

- Prüfbedingungen für den Pfad PV2AC [nach Tabelle 7]:

Parameter	Wert
P_{LAST}	0
$P_{PVS,MPP}$	Vorgabewert
$P_{PV2AC,nom}$	4,6 kW
Batteriezustand	Vollständig geladene Batterie
T_A	25°C ± 5°C

- Betriebspunkte für den Pfad PV2AC [nach Tabelle 8]:

MPP-Leistung der simulierten I/U-Kennlinie bezogen auf die Bemessungseingangsleistung							
$P_{PVS,MPP}/P_{PV2AC,nom}$							
0,05	0,10	0,20	0,25	0,30	0,50	0,75	1,00
jeweils bei $U_{MPP,min}$, $U_{PV,nom}$ und $U_{MPP,max}$. Sollte $U_{MPP,max}$ nicht möglich sein, kann auch $0,8 \cdot U_{PV,max}$ gewählt werden.							
simulierte I/U-Kennlinie: c-Si							

MESSDATEN UND AUSWERTUNG

Tabellarische Darstellung der Messergebnisse für den Umwandelungspfad PV2AC [nach Tabelle 9]:

$U_{MPP,min} = 175 \text{ V}$									
$P_{PVS,MPP}/P_{PV2AC,nom}$		0,05	0,10	0,20	0,25	0,30	0,50	0,75	1,00
$\eta_{PV2AC,t}$	%	88,8	94,0	96,0	96,4	96,3	95,7	81,8	64,6
$\eta_{PV2AC,MPPT}$	%	99,6	99,7	99,6	99,8	99,5	99,2	85,2	67,3
$\eta_{PV2AC,conv}$	%	89,2	94,3	96,3	96,6	96,7	96,4	96,0	96,0
$\bar{P}_{PVS,MPP}$	W	230	460	920	1147	1380	2300	3450	4552
$\bar{U}_{PVS,DC}$	V	175	176	176	176	176	176	196	204
$\bar{P}_{PVS,DC}$	W	229	459	917	1145	1374	2282	2939	3062
\bar{P}_{PV-WR}	W	204	433	883	1106	1328	2201	2821	2940
\bar{P}_{BAT}	W	0	0	0	0	0	0	0	0
\bar{U}_{BAT}	V	-	-	-	-	-	-	-	-
$\bar{P}_{PV-WR}/\bar{P}_{PV-WR,nom}$	-	0,04	0,09	0,18	0,22	0,27	0,44	0,56	0,59
$U_{PV,nom} = 400 \text{ V}$									
$P_{PVS,MPP}/P_{PV2AC,nom}$		0,05	0,10	0,20	0,25	0,30	0,50	0,75	1,00
$\eta_{PV2AC,t}$	%	95,7	94,6	97,0	97,3	97,6	97,8	97,0	95,7
$\eta_{PV2AC,MPPT}$	%	99,7	99,7	99,9	99,9	99,8	99,8	99,8	99,0
$\eta_{PV2AC,conv}$	%	95,9	94,9	97,1	97,5	97,8	98,0	97,3	96,7
$\bar{P}_{PVS,MPP}$	W	230	460	920	1150	1380	2300	3450	4600
$\bar{U}_{PVS,DC}$	V	500	402	399	402	402	399	398	413
$\bar{P}_{PVS,DC}$	W	229	459	919	1149	1378	2295	3442	4555
\bar{P}_{PV-WR}	W	220	435	892	1119	1347	2249	3348	4403
\bar{P}_{BAT}	W	0	0	0	0	0	0	0	0
\bar{U}_{BAT}	V	-	-	-	-	-	-	-	-
$\bar{P}_{PV-WR}/\bar{P}_{PV-WR,nom}$	-	0,05	0,09	0,18	0,22	0,27	0,45	0,67	0,88

min($U_{MPP,max}$; 0,8 $U_{PV,max}$) = 500 V									
$P_{PVS,MPP}/P_{PV2AC,nom}$		0,05	0,10	0,20	0,25	0,30	0,50	0,75	1,00
$\eta_{PV2AC,t}$	%	94,6	93,1	96,3	96,8	97,1	97,6	96,9	95,6
$\eta_{PV2AC,MPPT}$	%	99,6	99,6	99,8	99,9	99,9	99,9	99,9	99,5
$\eta_{PV2AC,conv}$	%	95,0	93,5	96,5	96,9	97,2	97,7	97,1	96,1
$\bar{P}_{PVS,MPP}$	W	230	460	920	1150	1380	2300	3450	4600
$\bar{U}_{PVS,DC}$	V	500	497	499	499	500	499	501	491
$\bar{P}_{PVS,DC}$	W	229	458	918	1149	1379	2297	3446	4576
\bar{P}_{PV-WR}	W	218	429	886	1113	1341	2245	3345	4400
\bar{P}_{BAT}	W	0	0	0	0	0	0	0	0
\bar{U}_{BAT}	V	-	-	-	-	-	-	-	-
$\bar{P}_{PV-WR}/\bar{P}_{PV-WR,nom}$	-	0,05	0,09	0,19	0,24	0,29	0,49	0,73	0,96

Simulierte I/U Kennlinie: c-Si

Zusammenfassung des PV2AC-Wirkungsgrads [nach Tabelle 11]:

$P_{PV-WR}/P_{PV2AC,nom}$		0,05	0,10	0,20	0,25	0,30	0,50	0,75	1,00
$U_{MPP,min} = 175 V$									
$\eta_{PV2AC,t}$	%	89,4	94,1	96,0	96,4	96,2	93,5	-	-
$U_{PV,nom} = 400 V$									
$\eta_{PV2AC,t}$	%	95,7	94,7	97,0	97,4	97,6	97,7	96,9	95,5
$min(U_{MPP,max} ; 0,8 U_{PV,max}) = 500 V$									
$\eta_{PV2AC,t}$	%	94,6	93,4	96,4	96,9	97,2	97,6	96,8	95,4

ANMERKUNGEN

-

Wirkungsgradbestimmung Batterieendladung (BAT2AC) [nach Kapitel 7.5]

PRÜFBESCHREIBUNG

Der Wirkungsgrad des Systems bei der Batterieentladung hängt von Entladeleistung der Batterie P_{BAT} und der Batteriespannung U_{BAT} ab, die wiederum vom Ladezustand SOC, Batteriestrom I_{BAT} sowie der Batteriekonfiguration abhängig ist. $P_{BESS,nom}$ und $P_{BATT2AC,nom}$ wurden nach Datenblattangabe gewählt.

PRÜFBEDINGUNGEN UND BETRIEBSPUNKTE

- Allgemeine Prüfkonfiguration im Betriebsmodus Batterieladung [nach Tabelle 12]

Parameter	Wert
P_{LAST}	Vorgabewert
$P_{BAT2AC,nom}$	2,5 kW
$P_{BESS,nom}$	2,5 kW
$P_{PVS,MPP}$	0
P_{AC}	$P_{AC} \sim P_{Last}$
Batteriezustand	50% ($SOC_{avg,area}$)
T_A	25 °C ± 5 °C

- Zu vermessende Betriebspunkte für BAT2AC [nach Tabelle 13]

Normierte Leistung der Last								
$P_{LAST}/P_{BAT2AC,nom}$ bzw. $P_{LAST}/P_{BAT2PV,nom}$								
0,05	0,10	0,20	0,25	0,30	0,50	0,75	1,00	

MESSDATEN UND AUSWERTUNG

Tabellarische Darstellung der Messergebnisse für den Umwandlungspfad BAT2AC [nach Tabelle 14]:

$P_{LAST}/P_{BAT2AC,nom}$		0,05	0,10	0,20	0,25	0,30	0,50	0,75	1,00
η_{BAT2AC}	%	87,9	90,0	94,0	94,9	95,4	96,0	95,6	94,9
$P_{LAST,SOLL}$	W	125	250	500	625	750	1250	1875	2500
\bar{P}_{LAST}	W	120	246	497	622	747	1249	1871	2494
\bar{P}_{BESS}	W	123	234	479	600	724	1213	1804	2361
$\bar{P}_{BESS}/P_{BESS,nom}$ (Entladen)	-	0,05	0,09	0,19	0,24	0,29	0,49	0,72	0,94
\bar{P}_{BAT}	W	140	260	509	632	759	1263	1886	2487
\bar{U}_{BAT}	V	46	46	46	46	46	45	45	45
C_{BAT} (Entladen)	A h	0,10	0,19	0,37	0,46	0,55	0,94	1,40	1,84
C_{BAT} (Entladen)/ $C_{BAT,nom}$	-	0,001	0,002	0,005	0,006	0,007	0,012	0,017	0,023
\bar{P}_{NETZ} (Bezug)	W	0	12	18	22	23	36	67	133
\bar{P}_{NETZ} (Abgabe)	W	3	0	0	0	0	0	0	0

Zusammenfassung des BAT2AC-Wirkungsgrads [nach Tabelle 15]:

$P_{BESS}/P_{BESS,nom}$	-	0,05	0,10	0,20	0,25	0,30	0,50	0,75	1,00
η_{BAT2AC}	%	88,0	90,3	94,2	95,0	95,4	96,0	95,6	94,7

ANMERKUNGEN

-

Wirkungsgradbestimmung Batterieladung (AC2BAT) [nach Kapitel 7.6]

PRÜFBESCHREIBUNG

Der Wirkungsgrad der AC-Batterieladung (AC2BAT) bei AC-gekoppelten Systemen entspricht dem Umwandlungswirkungsgrad η_{AC2BAT} des Batterie-Wechselrichters. $P_{BAT,nom}$ und $P_{AC2BAT,nom}$ wurden nach Datenblattangabe gewählt.

PRÜFBEDINGUNGEN UND BETRIEBSPUNKTE

- Allgemeine Prüfkonfiguration im Betriebsmodus PV-Batterieladung [nach Tabelle 19]:

Parameter	Wert
P_{LAST}	0
$P_{AC2BAT,nom}$	2,5 kW
$P_{BAT,nom}$	2,5 kW
$P_{PVS,MPP}$	Vorgabewert
Batteriezustand	50% ($SOC_{avg,area}$)
T_A	25 °C ± 5 °C

- Zu vermessende Betriebspunkte für Batterieladung (AC2BAT) [nach Tabelle 21]:

Normierte Leistung der Last								
$P_{PVS,MPP}/P_{AC2BAT,nom}$								
0,05	0,10	0,20	0,25	0,30	0,50	0,75	1,00	
bei $U_{PV,nom}$								

MESSDATEN UND AUSWERTUNG

Tabellarische Darstellung der Messergebnisse für den Umwandlungspfad AC2BAT [nach Tabelle 24]:

$P_{PVS,MPP}/P_{AC2BAT,nom}$		0,05	0,10	0,20	0,25	0,30	0,50	0,75	1,00
η_{AC2BAT}	%	88,2	92,1	94,1	94,4	94,4	94,1	93,2	92,1
$\bar{P}_{PVS,MPP}$	W	-	-	-	-	-	-	-	-
$\bar{U}_{PVS,MPP}$	U	-	-	-	-	-	-	-	-
$\bar{P}_{PVS,DC}$	W	-	-	-	-	-	-	-	-
\bar{P}_{PV-WR}	W	124	254	495	625	749	1250	1883	2503
\bar{P}_{AC}	W	-	-	-	-	-	-	-	-
\bar{P}_{BESS}	W	138	275	515	655	776	1316	1995	2675
\bar{P}_{BAT}	W	122	254	485	619	732	1239	1859	2462
$\bar{P}_{BAT}/P_{BAT,nom}$ (Laden)	-	0,05	0,10	0,19	0,25	0,29	0,50	0,74	0,98
\bar{U}_{BAT}	V	47	47	47	47	47	47	47	48
C_{BAT} (Laden)	Ah	0,09	0,18	0,34	0,44	0,52	0,88	1,32	1,71
C_{BAT} (Laden)/ $C_{BAT,nom}$	-	0,001	0,002	0,004	0,005	0,006	0,011	0,016	0,021
\bar{P}_{NETZ} (Bezug)	W	14	21	20	30	27	66	112	172
\bar{P}_{NETZ} (Abgabe)	W	0	0	0	0	0	0	0	0

Zusammenfassung des AC2BAT-Wirkungsgrads [nach Tabelle 25]:

$\bar{P}_{BAT}/P_{BAT,nom}$	-	0,05	0,10	0,20	0,25	0,30	0,50	0,75	1,00
η_{AC2BAT}	%	87,8	92,1	94,1	94,4	94,4	94,2	93,4	92,3

ANMERKUNGEN

-

Verluste im Leerlauf, Standby oder ausgeschalteten Zustand [nach Kapitel 7.7]

PRÜFBESCHREIBUNG

Neben den Umwandlungswirkungsgraden gilt es, Verbräuche des Gesamtsystems im Leerlauf, Bereitschaftsbetrieb und auch im ausgeschalteten Zustand zu messen. Je nach System kann zwischen folgenden Zuständen unterschieden werden: Leerlauf (Idle), Standby (Bereitschaftsbetrieb), ausgeschalteter Zustand (Off-Mode).

PRÜFBEDINGUNGEN UND BETRIEBSPUNKTE

Der Verlustleistungen für Leerlauf und Standby werden gemessen, wenn sich die Batterie bei SOC_{max} und SOC_{min} befindet. Nachdem das System einen regelungstechnisch stabilen Zustand erreicht hat, müssen die Leistungen P_{BAT} , P_{AC} und P_{NETZ} über 1 min gemittelt gemessen werden.

MESSDATEN UND AUSWERTUNG

Tabellarische Darstellung der Messergebnisse für die Verluste im Leerlauf, Standby und Off-Mode [nach Tabelle 26]

		SOC_{max}		SOC_{min}		SOC_{min}
		Leerlauf	Standby	Leerlauf	Standby	Off-Mode
P_{BAT} (Entladen)	W	10,94	10,80	10,89	10,94	0
P_{NETZ} (Bezug)	W	15,70	14,28	15,66	15,49	0
P_{AC} (Bezug)	W	15,70	14,28	15,66	15,49	0
P_{PV-WR} (Bezug)	W	0	0	0	0	0
		$P_{V,Idle,AC}$	$P_{V,Standby,AC}$	$P_{V,Idle,AC}$	$P_{V,Standby,AC}$	$P_{V,Off,AC}$
AC-Bezug	W	15,70	14,28	15,66	15,49	0
		$P_{V,Idle,DC}$	$P_{V,Standby,DC}$	$P_{V,Idle,DC}$	$P_{V,Standby,DC}$	$P_{V,Off,DC}$
DC-Bezug	W	10,94	10,80	10,89	10,94	0

ANMERKUNGEN

Herstellerangaben wurden nicht geprüft.

Wirkungsgrad und Standby-Verbrauch der Batterie (BAT) [nach Kapitel 8]

Batteriewirkungsgrad [nach Kapitel 8.1]

PRÜFBESCHREIBUNG

Der Wirkungsgrad von Batterien variiert unter anderem in Abhängigkeit der Lade- und Entladeleistung. Ausgangszustand des Tests ist eine vollständig geladene Batterie. Die Batterie wird durch Vorgabe einer konstanten Last (Erzeugung gleich null) vollständig entladen (vgl. Kapitel 6.3) und anschließend durch Vorgabe einer konstanten Erzeugung (Last gleich null) wieder vollständig geladen (Vollzyklus). Der Wirkungsgrad wird durch das Verhältnis aus zugeführter und entnommener DC-seitiger Energie bestimmt.

PRÜFBEDINGUNGEN UND BETRIEBSPUNKTE

- Allgemeine Prüfkonfiguration im Betriebsmodus PV-Batterieladung [nach Tabelle 27]:

Parameter	Wert
Batteriezustand	Start mit SOC_{max}
T_A	$25\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$

- Betriebspunkte [nach Tabelle 28]:

Leistungsvorgabe	Zyklus 1	Zyklus 2	Zyklus 3
Entladeleistung	$P_{BAT2AC,nom}$	$0,5 \cdot P_{BAT2AC,nom}$	$0,25 \cdot P_{BAT2AC,nom}$
Ladeleistung	$P_{PV2BAT,nom}$	$0,5 \cdot P_{PV2BAT,nom}$	$0,25 \cdot P_{PV2BAT,nom}$
Iterationen	3	3	3

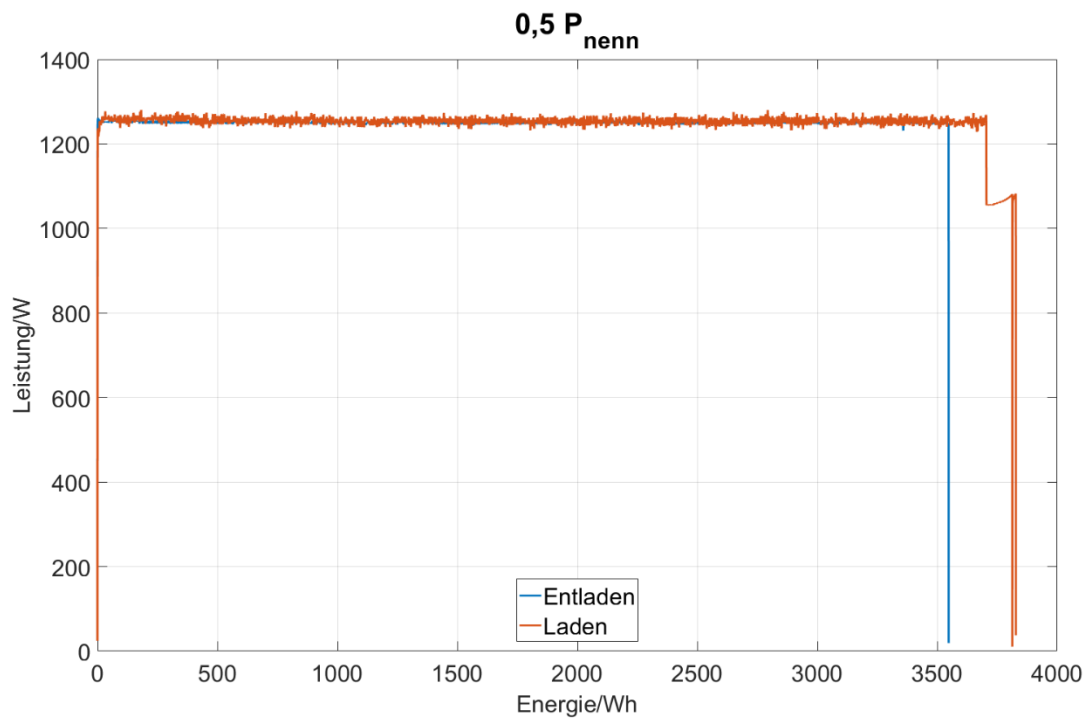
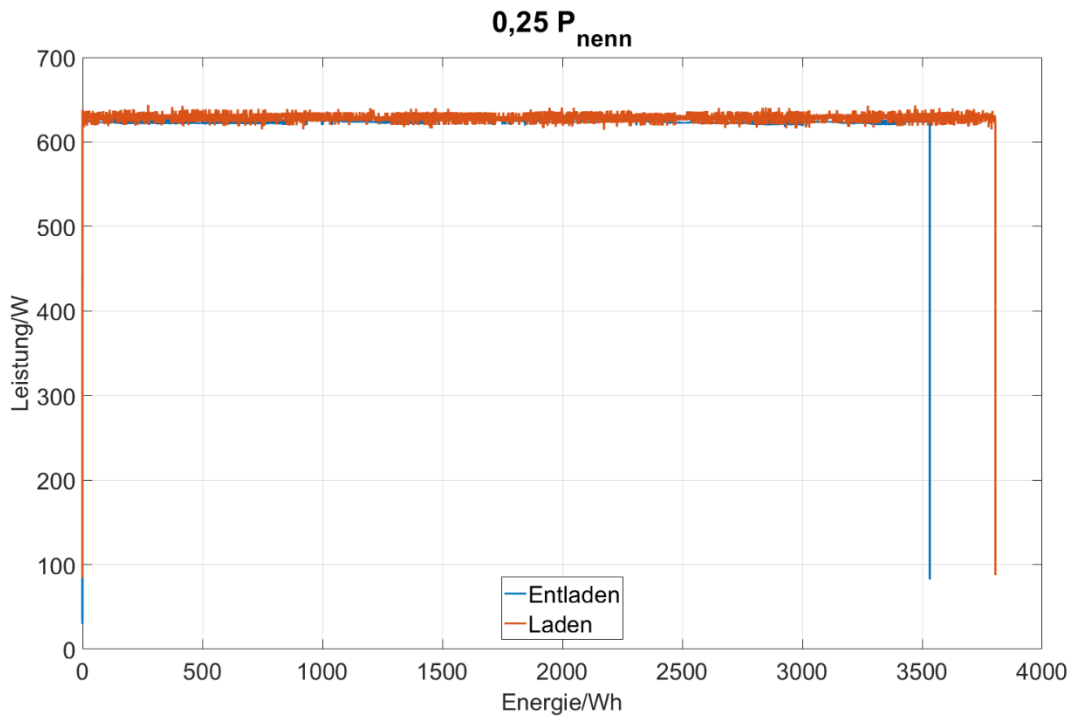
MESSDATEN UND AUSWERTUNG

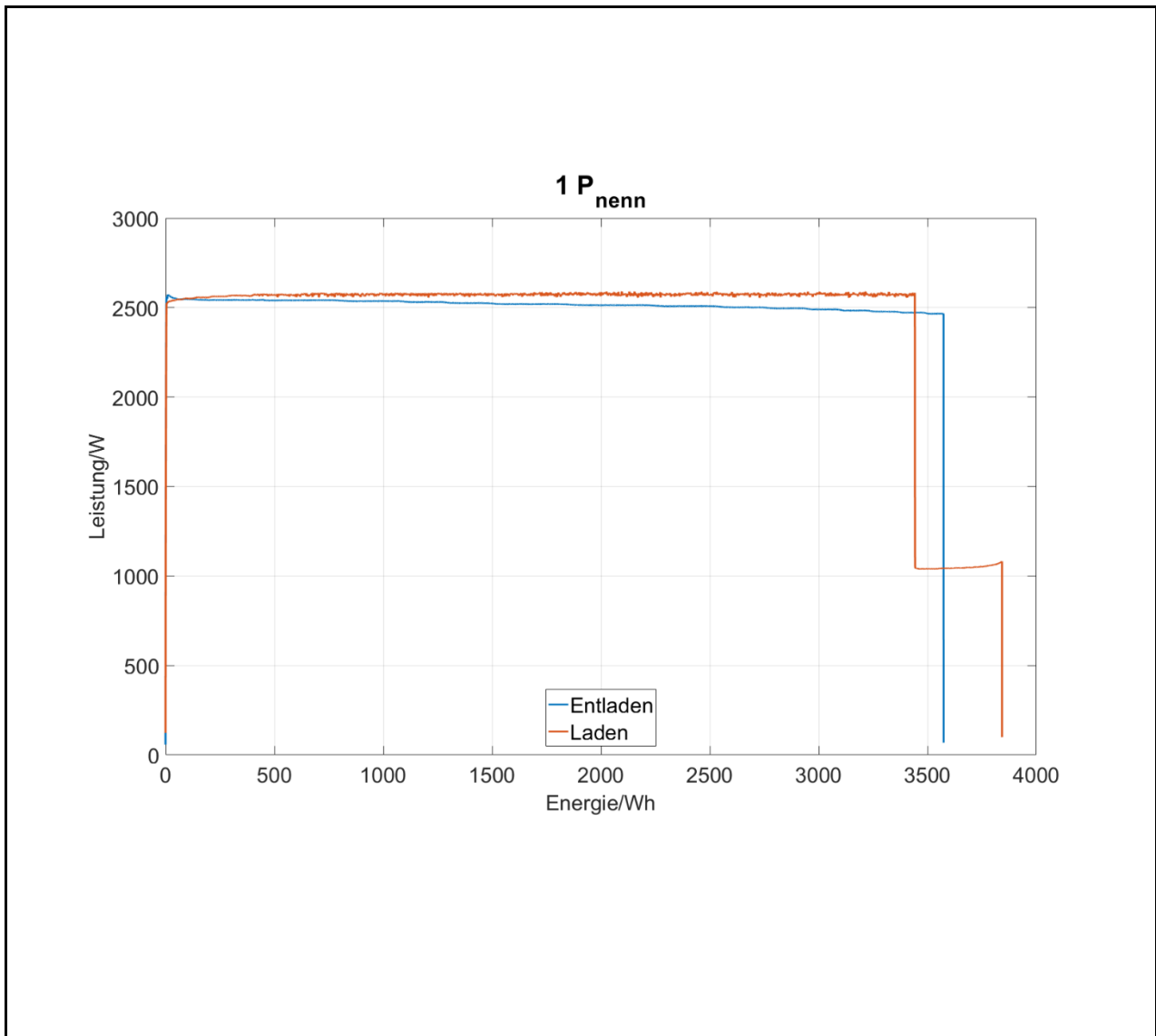
Tabellarische Darstellung der Messergebnisse [nach Tabelle 29]:

		Zyklus								
		1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3
$\eta_{BAT,RTE}$	%	92,8	93,0	92,7	93,0	93,0	93,9	92,5	92,8	92,2
$\eta_{BAT,RTE}$ (Coulomb)	%	98,0	98,1	97,8	96,9	96,7	97,9	95,1	95,4	94,8
\bar{P}_{BAT} (Laden)	W	2227	2229	2215	1239	1247	1227	625	629	620
\bar{P}_{BAT} (Entladen)	W	2499	2507	2481	1241	1248	1274	624	624	623
$t_{(Laden)}$	s	6208	6204	6211	11015	11008	11071	21979	21787	22171
$t_{(Entladen)}$	s	5135	5131	5138	10223	10219	10011	20362	20385	20339
E_{BAT} (Laden)	Wh	3840	3842	3821	3791	3813	3773	3813	3805	3819
E_{BAT} (Entaden)	Wh	3564	3574	3541	3524	3548	3543	3527	3532	3522
C_{BAT} (Laden)	Ah	80,6	80,7	80,2	80,0	80,7	79,7	80,9	80,8	81,1
C_{BAT} (Entaden)	Ah	79,0	79,2	78,5	77,6	78,0	78,0	77,0	77,1	76,9
$\max(U_{BAT})$	V	49,4	49,4	49,4	49,4	49,3	49,4	49,4	49,4	49,4
$\min(U_{BAT})$	V	44,2	44,2	44,1	44,6	44,6	44,7	45,1	45,0	45,1

		Mittelwerte			
		1	2	3	1-3
$\eta_{BAT,RTE}$	%	92,8	93,5	92,5	92,9
$\eta_{BAT,RTE}$ (Coulomb)	%	97,9	97,3	95,1	96,8
\bar{P}_{BAT} (Laden)	W	2222	1237	625	1361
\bar{P}_{BAT} (Entladen)	W	2494	1261	624	1460
$t_{(Laden)}$	s	6208	11040	21979	13075
$t_{(Entladen)}$	s	5135	10115	20362	11871
E_{BAT} (Laden)	Wh	3832	3793	3812	3812
E_{BAT} (Entaden)	Wh	3557	3546	3527	3543
C_{BAT} (Laden)	Ah	80,5	80,2	81,0	80,5
C_{BAT} (Entaden)	Ah	78,8	78,0	77,0	77,9
$\max(U_{BAT})$	V	49,4	49,4	49,4	49,4
$\min(U_{BAT})$	V	44,2	44,6	45,1	44,6

Grafische Darstellung der Messungen:





ANMERKUNGEN

Herstellerangaben wurden nicht geprüft.

Regelabweichungen [nach Kapitel 9]

Aus Gründen der begrenzten Messgenauigkeit oder aus regelungstechnischen Einstellungen treten in der Praxis unter stationären und dynamischen Bedingungen Abweichungen zwischen der geforderten und bereitgestellten AC-seitigen Batterieleistung auf. Je nach Leistungsbilanz kann dies einen ungewollten Energieaustausch zwischen dem Batteriespeichersystem und dem Netz zur Folge haben. Die Regelgüte unter stationären und dynamischen Bedingungen ist somit ein weiteres Kriterium, die zur Charakterisierung der Batteriespeichersysteme erforderlich ist.

Bestimmung der stationären Regelabweichungen [nach Kapitel 9.1]

PRÜFBESCHREIBUNG

Die stationären Regelabweichungen lassen sich direkt aus den Ergebnissen der Messung der Wirkungsgrade der Wandlungspfade AC2BAT und BAT2AC ableiten. Dabei gilt sowohl für den Entlade- als auch Ladefall typologieübergreifend:

- $P_{abw}(\text{Laden}) = \bar{P}_{\text{NETZ}}(\text{Bezug}) - \bar{P}_{\text{NETZ}}(\text{Abgabe})$
- $P_{abw}(\text{Entladen}) = \bar{P}_{\text{NETZ}}(\text{Abgabe}) - \bar{P}_{\text{NETZ}}(\text{Bezug})$

Hierbei beschreibt P_{abw} wie gut das untersuchte System in Abhängigkeit der Auslastung den AC-seitigen Bezug bzw. die AC-seitige Einspeisung unterbinden kann.

PRÜFBEDINGUNGEN UND BETRIEBSPUNKTE

- Zu berechnende Betriebspunkte für Batterieentladung (BAT2AC) [nach Tabelle 30]:

Normierte Leistung der Last								
$P_{LAST}/P_{BAT2AC,nom}$								
$P_{LAST}/P_{BAT2AC,nom}$	0,05	0,10	0,20	0,25	0,30	0,50	0,75	1,00

- Zu berechnende Betriebspunkte für Batterieladung (AC2BAT) [nach Tabelle 33]:

MPP-Leistung der simulierten I/U-Kennlinie bezogen auf die Bemessungseingangsleistung								
$P_{PVS,MPP}/P_{AC2BAT,nom}$								
$P_{PVS,MPP}/P_{AC2BAT,nom}$	0,05	0,10	0,20	0,25	0,30	0,50	0,75	1,00

MESSDATEN UND AUSWERTUNG

Tabellarische Darstellung der Messergebnisse [nach Tabelle 30 und Tabelle 33]:

Normierte Leistung der Last									
$P_{LAST}/P_{BAT2AC,nom}$									
$P_{LAST}/P_{BAT2AC,nom}$		0,05	0,10	0,20	0,25	0,30	0,50	0,75	1,00
P_{abw} (Entladen)	W	3	-12	-18	-22	-23	-36	-67	-133
MPP-Leistung der simulierten I/U-Kennlinie bezogen auf die Bemessungseingangsleistung									
$P_{PVS,MPP}/P_{AC2BAT,nom}$									
$P_{PVS,MPP}/P_{AC2BAT,nom}$	-	0,05	0,10	0,20	0,25	0,30	0,50	0,75	1,00
P_{abw} (Laden)	W	14	21	20	30	27	66	112	172

ANMERKUNGEN

-

Bestimmung der dynamischen Regelabweichungen [nach Kapitel 9.2]

PRÜFBESCHREIBUNG

Neben stationären Regelabweichungen treten in der Praxis zusätzlich dynamische Regelabweichungen auf. Aufgrund von zeitlichen Verzögerungen in der Messwerterfassung und -abfrage sowie Regelung kann die Lade- und Entladeleistung des Batteriespeichers Leistungssprüngen nicht ohne Zeitverzug folgen. Zudem ist aus regelungstechnischen Gründen oftmals eine gedämpfte Anpassung der Batterieleistung gewünscht, wodurch zusätzliche Verzögerungen auftreten können.

In erster Näherung lässt sich das Sprungantwortverhalten mit einer Totzeit, einer Einschwingzeit und der erreichbaren stationären Genauigkeit beschrieben, die durch einen Sprungantworttest ermittelt werden. Die Charakterisierung erfordert das Prüfen des Systems im netzgekoppelten Betrieb ohne Ansteuerung über eine Kommunikationsschnittstelle.

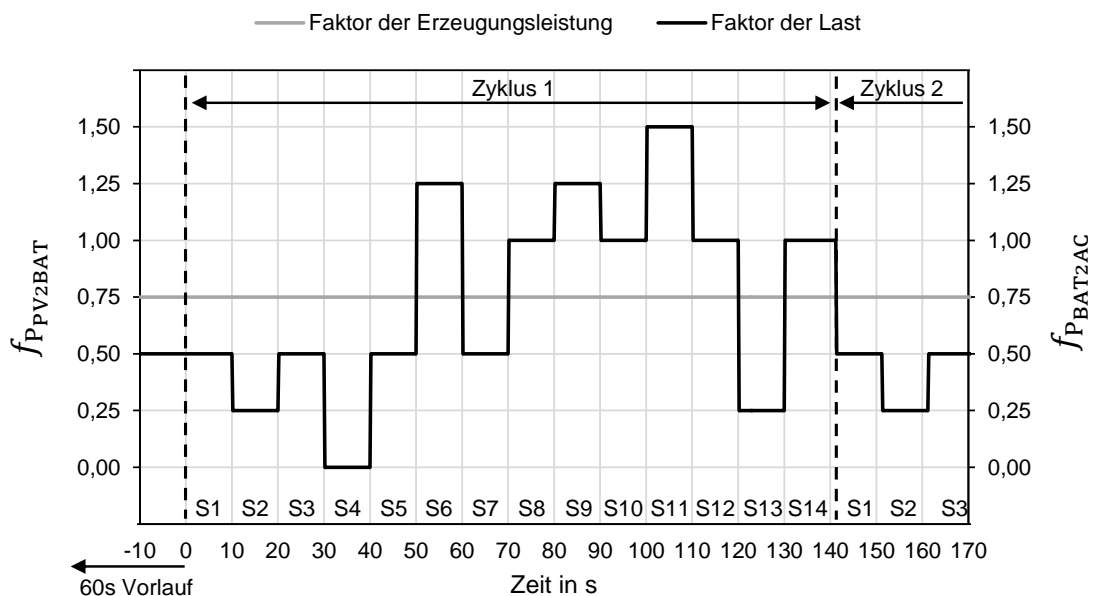
PRÜFBEDINGUNGEN UND BETRIEBSPUNKTE

Das Batteriespeichersystem muss einen mittleren Ladezustand SOC_{avg} aufweisen. Durch einen Vorabtest (Sprung von 10% der nominalen Entladeleistung $P_{BAT2AC,nom}$ auf 90%) wird die ungefähre Einschwingzeit $t_{E,ref}$ gerundet auf ganze Sekunden bestimmt. Das Sprungantwortverhalten des Systems wird gemäß des in der nachfolgenden Abbildung [nach Abbildung 6] dargestellten Stufenprofils erfasst. Die einzustellende Erzeugung $P_{PVS,MPP(Profil)}$ und Last $P_{LAST(Profil)}$ der einzelnen Stufen S1 bis S14 errechnet sich nach:

- $P_{PVS,MPP(Profil)} = f_{P_{PV2BAT}} \cdot P_{PV2BAT,nom}$
- $P_{LAST(Profil)} = f_{P_{BAT2AC}} \cdot P_{BAT2AC,nom} \cdot k$

wobei k etwaige Unterschiede in der nominalen Lade- und Entladeleistung kompensieren soll, sodass der Ladezustand der Batterie während des Tests im Bereich $SOC_{avg,area}$ bleibt.

$$k = \frac{P_{PV2BAT,nom}}{P_{BAT2AC,nom}}$$



Die Haltedauer t_H der einzelnen Stufen entspricht dem Zweifachen der vorab ermittelten Einschwingzeit $t_{E,ref}$, mindestens jedoch 10 s. Die letzte Stufe (S14) ist dabei um 1 s länger und sollte, wenn möglich, um die gewählte Abtastrate der Messung verlängert werden, da hierdurch eine statische Abtastrate des Energiemanagementsystems sichtbar gemacht werden kann. Das Testprofil wird nahtlos zehnmals hintereinander durchgeführt. Die zeitliche Auflösung der Messwerterfassung sollte konstant sein und maximal 200 ms betragen.

MESSDATEN UND AUSWERTUNG

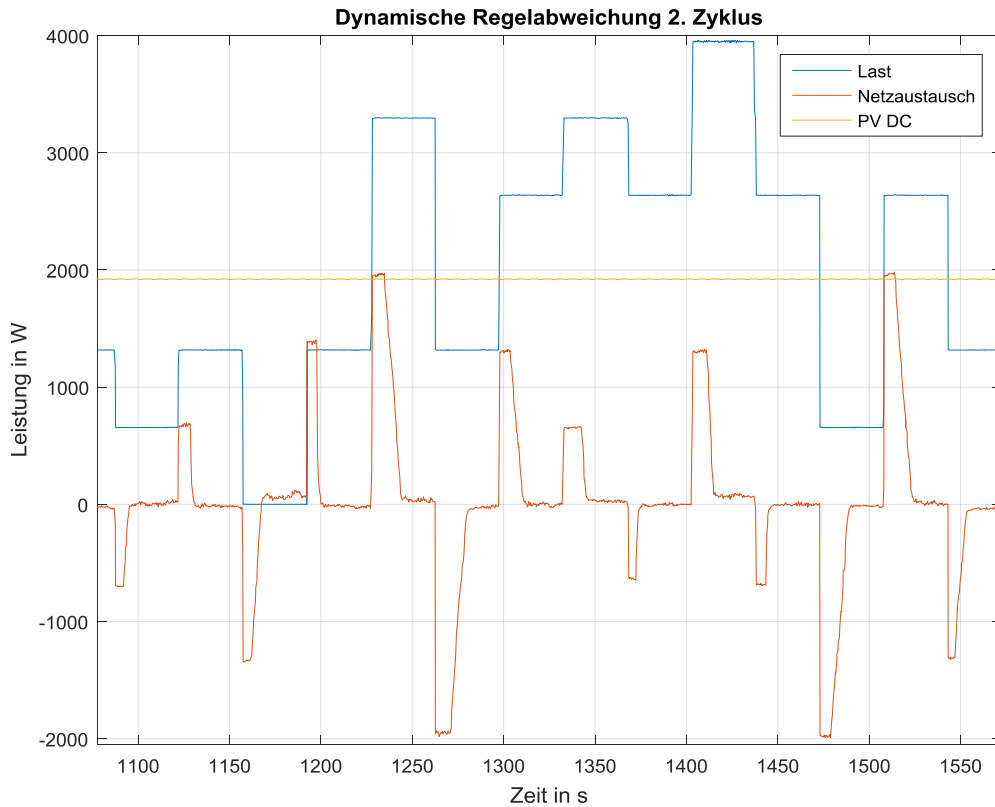
Messergebnisse der Leistungen für den Test zur dynamischen Regelabweichung [nach Tabelle 34]:

		Stufen													
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14
		Mittelwerte der Leistungen ¹⁾													
\bar{P}_{Last}	W	1328	659	1314	6	1300	3288	1338	2629	3289	2640	3941	2642	669	2625
\bar{P}_{NETZ} (Bezug)	W	0	0	0	56	0	27	0	0	30	0	83	0	0	10
\bar{P}_{NETZ} (Abgabe)	W	32	5	13	0	15	0	33	2	0	8	0	4	20	0
$\bar{P}_{PVS,DC}$	W	1922	1922	1922	1922	1922	1922	1922	1922	1922	1922	1922	1922	1922	1922
\bar{P}_{BAT}	W	-491	-1198	-555	-1855	-554	1407	-548	750	1406	753	2016	752	-1188	743
\bar{A}	W	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
max(A)	W	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
min(A)	W	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1) für die Dauer im ausgeregelten Zustand

Messergebnisse der Tot- und Einschwingzeit für den Test zur dynamischen Regelabweichung [nach Tabelle 35]:

		Stufen													
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14
		Zeitliche Analyse der Netzaustauschleistung													
\bar{t}_T	s	4,64	6,77	4,99	4,32	5,60	5,78	5,25	5,42	5,66	4,78	6,07	6,34	4,32	5,40
max(t_T)	s	7,32	9,25	9,03	6,16	8,72	8,12	9,02	8,33	9,41	8,10	9,10	8,87	7,10	8,86
min(t_T)	s	2,93	4,09	3,23	2,32	2,85	2,32	1,54	1,70	2,31	3,23	1,30	3,47	0,93	2,84
\bar{t}_E	s	11,25	9,40	6,92	9,59	7,99	14,56	16,15	11,99	8,17	6,44	9,02	7,93	14,39	14,86
max(t_E)	s	14,26	11,94	11,19	11,40	11,18	16,95	18,49	14,88	11,56	9,64	11,56	10,40	16,58	17,88
min(t_E)	s	9,25	6,79	5,40	7,72	4,77	11,19	14,42	8,25	5,55	5,01	3,99	5,24	10,18	12,33



Visualisierung der Leistungsverläufe [nach Abbildung 7]

ANMERKUNGEN

-