BI ENGINEERING

SACHVERSTÄNDIGENGUTACHTEN

Nr. BE-2026-017

über die Kapazitätsdegradation und den Garantieanspruch
eines netzgekoppelten Batteriespeichersystems
[redacted] MW / [redacted] MWh, Standort [redacted] (Bayern)

Auftraggeber:	[redacted] Speicher GmbH & Co. KG
Versicherer:	[redacted] Versicherung AG, Schaden-Nr. [redacted]/2026/[redacted]
Sachverständiger:	Michael Biberger, M.Sc. Elektromobilität und Energienetze
Ortsbesichtigung:	08.10.2026
Datum des Gutachtens:	26.10.2026
Ausfertigung:	1 von 2

BEISPIELGUTACHTEN – LESEPROBE
Konstruierter Sachverhalt. Beteiligte, Standort und Leistungsdaten sind geschwärzt. Das Dokument zeigt Aufbau, Methodik und Darstellungstiefe eines technischen Gutachtens von Biberger Engineering.

Inhaltsverzeichnis

Angaben zum Gutachten . . . 3

Zusammenfassung des Ergebnisses . . . 4

1. Auftrag und Beweisfragen . . . 5

2. Arbeitsunterlagen . . . 5

3. Beschreibung der Anlage . . . 6

4. Sachverhalt . . . 6

5. Vertragliche Grundlagen . . . 7

6. Untersuchungsumfang und Methodik . . . 8

7. Befund . . . 8

7.1 Kapazitätsverlauf . . . 9

7.2 Kapazität je Container . . . 9

7.3 Betriebsbedingungen . . . 10

7.4 Zellspreizung und Balancing . . . 11

7.5 Messkette, Betriebsspannungen und Parametrierung . . . 11

7.6 Zerlegung des Kapazitätsverlusts . . . 13

8. Gutachterliche Bewertung . . . 13

9. Bezifferung des technischen Anspruchs . . . 15

10. Technische Empfehlungen . . . 15

11. Versicherungstechnische Hinweise . . . 16

12. Vorbehalte und Erklärung des Sachverständigen . . . 17

Anlage A1 – Fotodokumentation Ortsbesichtigung 08.10.2026 . . . 19

Angaben zum Gutachten

Angabe	Inhalt
Gutachten-Nr.	BE-2026-017
Art des Gutachtens	Beispielgutachten (Leseprobe), Aufbau eines Privatgutachtens im Auftrag des Betreibers
Gegenstand	Kapazitätsdegradation und Garantieanspruch, Batteriespeicher [redacted] MW / [redacted] MWh, Standort [redacted] (Bayern)
Auftraggeber	[redacted] Speicher GmbH & Co. KG (nachfolgend „Betreiber“)
Vertreten durch	[redacted] Infrastructure Fund II SCSp, Asset Management
Anspruchsgegner	[redacted] Energy Storage Co., Ltd. (nachfolgend „Hersteller“)
Systemintegrator	[redacted] GmbH (nachfolgend „Integrator“)
Versicherer	[redacted] Versicherung AG, Technische Versicherungen
Sparte	Elektronik- und Maschinenversicherung (Allgefahren) inkl. Betriebsunterbrechung
Versicherungsschein-Nr.	[redacted]
Schaden-Nr.	[redacted]/2026/[redacted]
Schadenmeldung an Versicherer	22.09.2026
Aktenzeichen Auftraggeber	[redacted]-2026
Sachverständiger	Michael Biberger, M.Sc. Elektromobilität und Energienetze, Biberger Engineering
Ortsbesichtigung	08.10.2026, 09:30–16:15 Uhr, Anlagengelände
Umfang	21 Seiten einschließlich Anlage A1; Anlagen A2–A8 gesondert
Ausfertigung / Verteiler	Ausfertigung 1: Betreiber; Ausfertigung 2: Versicherer (mit Zustimmung des Auftraggebers)
Hinweis	Konstruierter Sachverhalt; Beteiligte, Standort und Leistungsdaten geschwärzt

Teilnehmer Ortsbesichtigung

Name	Funktion	Organisation
M. Biberger	Sachverständiger	Biberger Engineering
[redacted]	Asset Manager	Betreiber
[redacted]	Site Manager Betriebsführung	[redacted] Service GmbH
[redacted]	Service Engineer Field	Hersteller
[redacted]	Key Account Manager DACH	Hersteller
[redacted]	Projektleiter	Integrator

Zusammenfassung des Ergebnisses

Der Unterzeichner stellt fest, dass die nutzbare Energie des Speichersystems zum Ende des zweiten Garantiejahres **89,6 %** der Nennenergie beträgt. Die vertraglich zugesicherte Energie von **93,9 %** (nach Zyklenanpassung) wird damit um **4,3 Prozentpunkte** unterschritten.

Die vom Hersteller erhobenen Einwände sind aus technischer Sicht nicht geeignet, den Garantieanspruch auszuschließen. Ursächlich sind nach Überzeugung des Sachverständigen eine über die Herstellerprognose hinausgehende Zellalterung sowie eine fortschreitende Zellspannungsspreizung infolge der Balancing-Parametrierung der BMS-Firmware 2.3. Messkette, Betriebsspannungen und Parametrierung von EMS und SCADA wurden geprüft; sie sind für das Ergebnis nicht ursächlich.

Die technisch begründete Fehlmenge beträgt **4,3 MWh** nutzbare Energie.

Kennzahlen für die Schadenbearbeitung

Kennzahl	Wert
Schadenart	Allmähliche Kapazitätsdegradation; zusätzlich Sachschaden an zwei Klimageräten
Hauptursachen	Zellalterung über Prognose (mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit); Balancing-Parametrierung Firmware 2.3 (überwiegend wahrscheinlich)
Fehlmenge gegenüber Garantie	4,3 Prozentpunkte der Nennenergie (hilfsweise 4,0)
Wiederherstellungskosten	ca. 0,50–0,77 Mio. EUR (Ansatz)
Ertragsminderung	ca. 21.500 EUR je Monat bis zur Abhilfe (Ansatz)
Sachschaden Klimageräte C07/C12	18.600 EUR netto, vom Hersteller im Rahmen des LTSA getragen
Mögliche Regressadressaten	Hersteller (Garantie, Firmware); Integrator (Alarmklassifizierung)
Risikorelevante Feststellungen	4, davon 1 mit Priorität A (Abschnitt 11)

1. Auftrag und Beweisfragen

Mit Schreiben vom 02.10.2026 wurde der Unterzeichner vom Betreiber beauftragt, ein technisches Sachverständigengutachten zu erstatten. Anlass ist die Ablehnung des Garantieanspruchs durch den Hersteller mit Schreiben vom 30.09.2026 (U9).

Dem Gutachten liegen folgende Beweisfragen zugrunde:

1. Wurde der Kapazitätstest zum Ende des zweiten Garantiejahres gemäß der vertraglichen Testprozedur durchgeführt, und ist das Messergebnis belastbar?
2. Unterschreitet die gemessene nutzbare Energie die vertraglich garantierte Energie, und falls ja, in welchem Umfang?
3. Hat der Betreiber die Garantiebedingungen eingehalten, und sind die Einwände des Herstellers technisch begründet?
4. Sind Messeinrichtungen, Betriebsspannungen sowie die Parametrierung von BMS, EMS und SCADA ordnungsgemäß, und haben sie Einfluss auf das Ergebnis?
5. Worin liegt die technische Ursache der festgestellten Degradation?
6. In welcher Höhe besteht ein technisch begründeter Anspruch, und welche Abhilfemaßnahmen sind geeignet?

Eine rechtliche Würdigung des Liefervertrages ist nicht Gegenstand dieses Gutachtens; sie bleibt den Rechtsberatern der Parteien vorbehalten.

2. Arbeitsunterlagen

Dem Gutachten liegen die nachstehend aufgeführten Unterlagen zugrunde. Weitere Unterlagen wurden nicht vorgelegt oder waren für die Beantwortung der Beweisfragen nicht erforderlich.

Tabelle 1: Arbeitsunterlagen

Nr.	Unterlage	Quelle
U1	Liefervertrag Batteriesystem inkl. Anhang W „Garantiebedingungen“	Betreiber
U2	Anhang W-2 Garantiekurve, Anhang W-3 Testprozedur Kapazitätstest	Betreiber
U3	Long Term Service Agreement (LTSA) des Herstellers, Laufzeit 10 Jahre	Betreiber
U4	Protokoll Site Acceptance Test (SAT), 09/2024	Betreiber
U5	Protokolle Kapazitätstests Ende Jahr 1 (10/2025) und Ende Jahr 2 (09/2026)	Betriebsführer
U6	BMS-Rohdaten aller 20 Container, 10/2024 bis 09/2026, Auflösung 1 min	Betriebsführer
U7	EMS- und SCADA-Daten inkl. Alarm- und Ereignisprotokolle	Integrator
U8	Störmeldungen und Servicetickets HVAC, 07–08/2026	Betriebsführer
U9	Ablehnungsschreiben des Herstellers vom 30.09.2026	Betreiber
U10	Datenblätter Zelle, Modul und BMS; Firmware-Versionshistorie mit Release Notes	Hersteller
U11	Parameterexport EMS/SCADA (Stand 08.10.2026) und Alarmierungskonzept	Integrator
U12	Datenblatt Wechselrichter (PCS) inkl. DC-Eingangsspannungsbereich und Parametrierung	Integrator
U13	Kalibrierschein Referenzmessgerät (Präzisions-Multimeter, kalibriert 03/2026)	Sachverständiger

Die Rohdaten wurden am Tag der Ortsbesichtigung in Anwesenheit der Parteien gesichert. Ihre Integrität ist durch SHA-256-Prüfsummen dokumentiert (Anlage A4).

Ferner wurden folgende Regelwerke herangezogen:

- DIN EN IEC 62933-2-1: Elektrische Energiespeichersysteme – Kenngrößen und Prüfverfahren
- DIN EN IEC 62619: Sicherheitsanforderungen an Lithium-Sekundärzellen und -batterien für industrielle Anwendungen
- DIN EN IEC 62620: Lithium-Sekundärzellen und -batterien für industrielle Anwendungen – Leistungsanforderungen
- VDE-AR-E 2510-50: Stationäre Energiespeichersysteme mit Lithium-Batterien – Sicherheitsanforderungen
- VDE-AR-N 4120: Technische Anschlussregeln Hochspannung (TAR Hochspannung)
- VdS 3856: Merkblatt zur Schadenverhütung bei Lithium-Batteriespeichern

3. Beschreibung der Anlage

Bei dem Untersuchungsgegenstand handelt es sich um ein netzgekoppeltes Batteriespeichersystem in LFP-Technologie mit einer Speicherdauer von 2 Stunden, angeschlossen an das 110-kV-Netz.

Tabelle 2: Technische Daten der Anlage

Merkmal	Wert
Nennleistung	[redacted] MW
Nennenergie (DC, nutzbar bei Inbetriebnahme)	[redacted] MWh
Zellchemie	LFP, prismatisch, 280 Ah, 3,2 V nominal
Aufbau	20 Batteriecontainer à [redacted] MWh mit je 14 Strängen; je Container ein Wechselrichter (PCS) mit [redacted] MW
DC-Spannungsbereich je Strang	1.165–1.498 V (416 Zellen in Reihe, 2,80–3,60 V je Zelle)
DC-Eingangsspannungsbereich PCS	1.050–1.500 V
Netzanschluss	110 kV über eigenes Umspannwerk, interne Mittelspannung 30 kV
Leittechnik	BMS des Herstellers; EMS und SCADA des Integrators; Kopplung über Modbus TCP
Vermarktung	Arbitrage am Day-Ahead- und Intraday-Markt, Regelleistung (FCR, aFRR)
Kommerzielle Inbetriebnahme (COD)	01.10.2024
Lieferumfang Hersteller	Batteriecontainer inkl. Zellen, BMS, Klimatisierung (HVAC), Brandschutz; Wartung inkl. HVAC über LTSA
Lieferumfang Integrator	PCS, EMS, SCADA, Alarmierung, Mittelspannung

Hervorzuheben ist, dass die Klimatisierung der Batteriecontainer zum Liefer- und Wartungsumfang des Herstellers gehört, während EMS, SCADA und die Weiterleitung von Störmeldungen im Verantwortungsbereich des Integrators liegen.

4. Sachverhalt

Der Sachverhalt stellt sich nach Aktenlage und den Feststellungen der Ortsbesichtigung wie folgt dar:

Tabelle 3: Chronologie

Datum	Ereignis
08.10.2026	Ortsbesichtigung und Datensicherung durch den Sachverständigen in Anwesenheit von Betreiber, Hersteller und Integrator
02.10.2026	Beauftragung des Sachverständigen
30.09.2026	Ablehnung des Garantieanspruchs durch den Hersteller (U9)
18.09.2026	Anmeldung des Garantieanspruchs durch den Betreiber
15.09.2026	Kapazitätstest Ende Jahr 2: 89,6 MWh (89,6 %)
02.08.2026	Instandsetzung der Klimageräte C07 und C12 durch den Herstellerservice abgeschlossen
21.07.2026	Weiterleitung der HVAC-Störmeldung an den Herstellerservice, 7 Tage nach Erstalarm
14.07.2026	Erstalarm HVAC-Störung C07 und C12 im SCADA, klassifiziert als „Information“
19.11.2025	Einspielen der BMS-Firmware 2.3 durch den Hersteller
14.10.2025	Kapazitätstest Ende Jahr 1: 95,1 MWh (95,1 %); Garantiewert 97,0 % unterschritten, nicht gemeldet
01.10.2024	Kommerzielle Inbetriebnahme (COD)
26.09.2024	SAT-Kapazitätstest: 100,8 MWh

Der Hersteller begründet die Ablehnung im Wesentlichen mit drei Einwänden (U9):

- **E1 Temperatur:** Die Zellen seien außerhalb des zulässigen Temperaturbereichs betrieben worden.
- **E2 Zyklen:** Die zulässige Anzahl an Vollzyklen sei überschritten worden.
- **E3 Testprozedur:** Der Kapazitätstest sei nicht gemäß Anhang W-3 durchgeführt worden, die Messung sei AC-seitig erfolgt.

5. Vertragliche Grundlagen

Maßgeblich für die technische Beurteilung sind die nachfolgend auszugsweise wiedergegebenen Garantiebedingungen (U1, U2). Garantiert sind 94,0 % der Nennenergie zum Ende des zweiten Garantiejahres, gebunden an die genannten Betriebsbedingungen.

Tabelle 4: Maßgebliche Garantiebedingungen (Auszug)

Klausel	Inhalt
W-2.1 Garantiekurve	Nutzbare DC-Energie ≥ 97,0 % (Ende Jahr 1), ≥ 94,0 % (Ende Jahr 2) der Nennenergie
W-2.4 Zyklenanpassung	Je Vollzyklus (FEC) über 365 pro Garantiejahr vermindert sich der Garantiewert um 0,05 Prozentpunkte
W-3 Testprozedur	Volladung, 60 min Ruhezeit, Entladung mit 0,5 C bis Entladeschluss des BMS; Messung DC am Containerausgang; Starttemperatur 25 ± 5 °C; Messunsicherheit der Energiezählung ≤ ±0,5 %
W-4.1 Temperatur	Mittlere Zelltemperatur im Garantiejahr 15–35 °C; Zelltemperatur zu keinem Zeitpunkt über 45 °C
W-4.2 Laderate	Lade- und Entladeleistung höchstens 0,5 C
W-4.3 SoC-Fenster	Betrieb innerhalb des vom BMS freigegebenen Fensters; Empfehlung des Herstellers für das EMS: 5–90 %
W-4.5 Wartung	Wartung gemäß LTSA; Störungen im Lieferumfang des Herstellers gehen nicht zulasten des Betreibers
W-4.6 Meldepflicht	Störungen im Lieferumfang des Herstellers sind unverzüglich, spätestens binnen 24 Stunden, an den Herstellerservice zu melden

6. Untersuchungsumfang und Methodik

Die Untersuchung folgt zunächst den Einwänden des Herstellers, prüft sodann die Messkette und die Parametrierung der Leittechnik und klärt abschließend die Ursache der Degradation.

1. **Kapazitätstest (zu E3):** Abgleich des Testablaufs mit Anhang W-3; Vergleich der DC-Energiezählung des BMS mit der DC-Messung der Wechselrichter; Abschätzung der Messunsicherheit.
2. **Betriebsbedingungen (zu E1, E2):** Auswertung der BMS-Rohdaten je Container über 24 Monate hinsichtlich Zelltemperatur, Vollzyklen, Laderate und SoC-Verteilung.
3. **Messkette Zellspannung:** Vergleichsmessung an 24 Zellen in vier Containern (C03, C07, C12, C15) mit einem kalibrierten Referenzmessgerät (U13) und Gegenüberstellung mit den zeitgleich vom BMS gemeldeten Werten.
4. **Betriebsspannungen:** Prüfung der DC-Spannungsgrenzen von BMS und PCS sowie der Netzspannung am Netzverknüpfungspunkt während des Kapazitätstests.
5. **Parametrierung EMS und SCADA:** Abgleich des Parameterexports (U11) mit den Freigaben des Herstellers; Prüfung von Alarmklassen, Weiterleitungsregeln und Zeitsynchronisation.
6. **Ursachenanalyse:** Vergleich der Kapazität je Container; Analyse der Zellspannungsspreizung am Entladeschluss; Prüfung der Balancing-Logik der BMS-Firmware 2.1 bis 2.3.
7. **Plausibilisierung:** Vergleich mit der Degradationsprognose des Herstellers für das vereinbarte Betriebsprofil.

Die Auswertungen sind mit Skripten reproduzierbar dokumentiert (Anlage A4).

Anlässlich der Ortsbesichtigung am 08.10.2026 wurden die Container C07 und C12 sowie die Referenzcontainer C03 und C15 geöffnet und in Augenschein genommen. Die Feststellungen sind in Anlage A1 fotografisch dokumentiert.

7. Befund

Die Auswertung ergibt eine systematische Unterschreitung der garantierten Energie. Sie betrifft sämtliche Container, setzt bereits im ersten Betriebshalbjahr ein und beschleunigt sich nach dem Einspielen der Firmware 2.3.

7.1 Kapazitätsverlauf

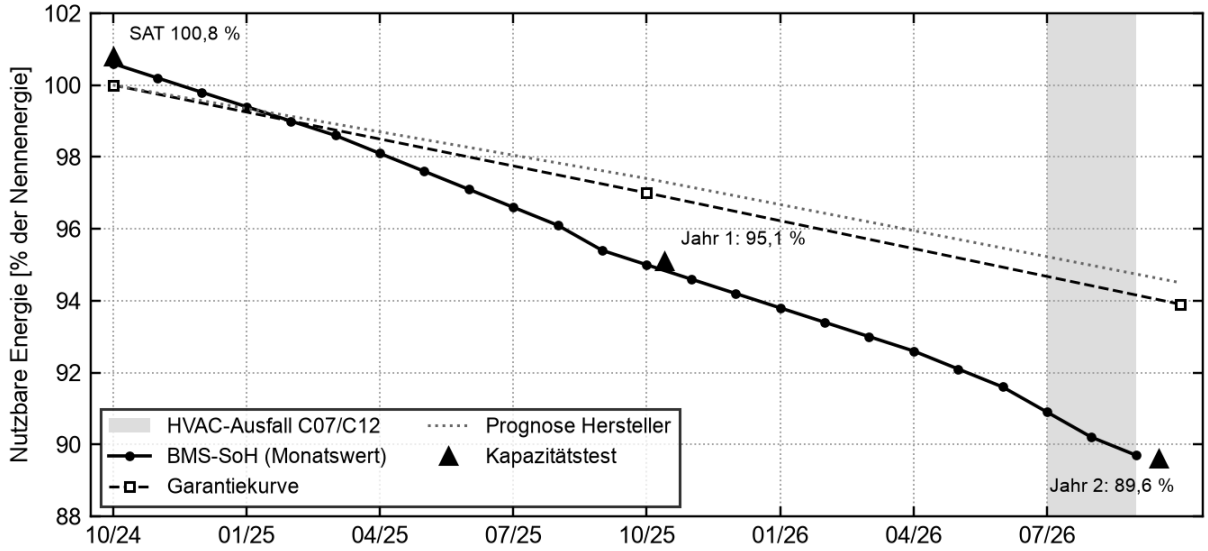


Abbildung 1: Verlauf der nutzbaren Energie mit Garantiekurve und Herstellerprognose
Quelle: BMS-Rohdaten (U6) und Testprotokolle (U4, U5), Auswertung Sachverständiger

Die monatlichen SoH-Schätzungen des BMS und die drei Kapazitätstests stimmen auf ±0,3 Prozentpunkte überein. Es ist festzustellen, dass bereits der Kapazitätstest zum Ende des ersten Garantiejahres mit 95,1 % unterhalb des Garantiewertes von 97,0 % lag.

7.2 Kapazität je Container

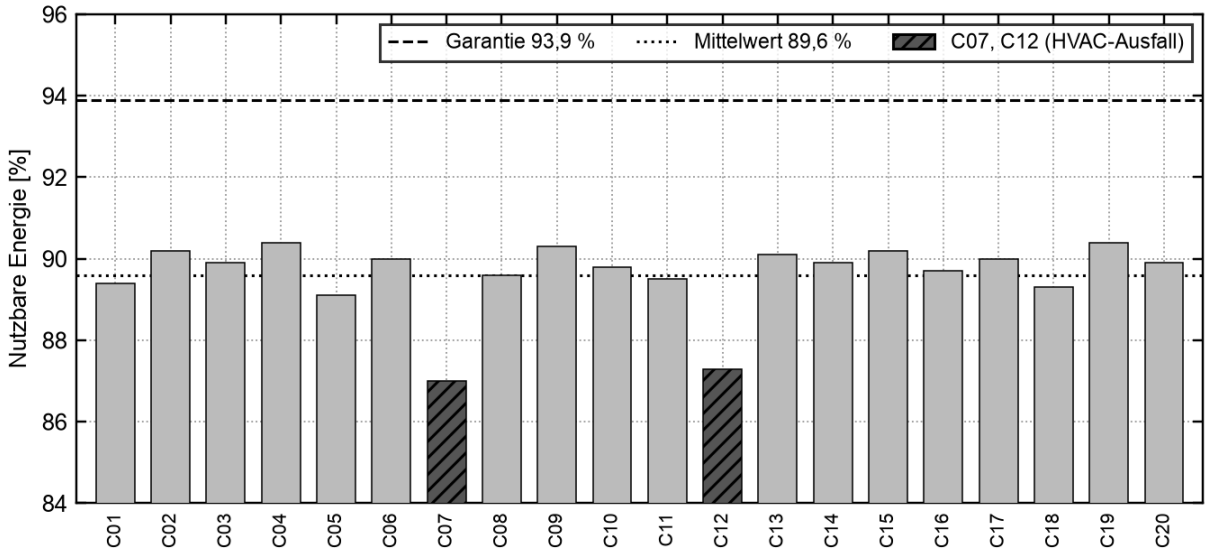


Abbildung 2: Nutzbare Energie je Container, Kapazitätstest 15.09.2026
Quelle: BMS-Energiezählung je Container, Kapazitätstest 15.09.2026

Die 18 Container ohne Temperaturereignis weisen Werte zwischen 89,1 und 90,4 % auf, die Container C07 und C12 Werte von 87,0 und 87,3 %. Der Mehrverlust in C07 und C12 beträgt gegenüber dem Mittel der übrigen Container rund 2,7 Prozentpunkte, bezogen auf die Gesamtanlage rund 0,3 Prozentpunkte (Abbildung 2).

7.3 Betriebsbedingungen

Tabelle 5: Betriebsbedingungen im Vergleich zu den Garantiegrenzen

Kriterium	Grenze	Jahr 1	Jahr 2	Soll-Ist-Abgleich
Mittlere Zelltemperatur	15–35 °C	24,1 °C	25,3 °C	eingehalten
Maximale Zelltemperatur	≤ 45 °C	33,8 °C	41,0 °C (C07)	eingehalten
Vollzyklen (FEC)	≤ 365	331	367	2 über Grenze, Anpassung 0,1 Pp
Maximale Laderate	≤ 0,5 C	0,50 C	0,50 C	eingehalten
SoC-Fenster	5–90 %	5–90 %	5–90 %	eingehalten

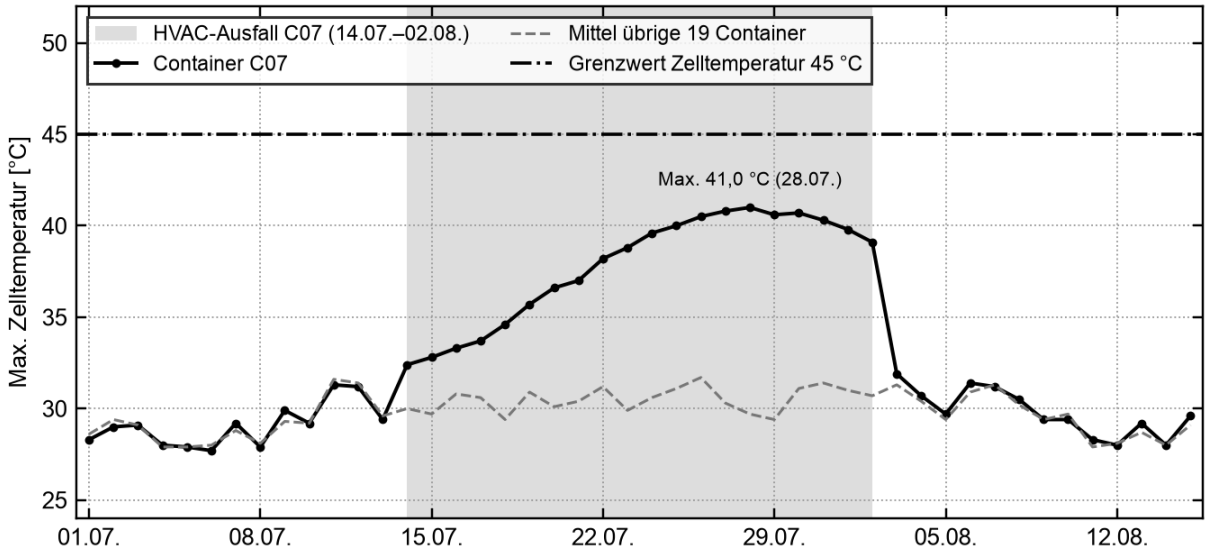


Abbildung 3: Maximale Zelltemperatur Container C07 und übrige Container, 01.07.–15.08.2026
Quelle: BMS-Rohdaten (U6), Tagesmaxima der Zelltemperatur

Die maximale Zelltemperatur in C07 stieg binnen 14 Tagen nach dem Ausfall auf 41,0 °C. Der Grenzwert von 45 °C wurde zu keinem Zeitpunkt erreicht. Die übrigen Container lagen durchgehend zwischen 28 und 32 °C.

7.4 Zellspreizung und Balancing

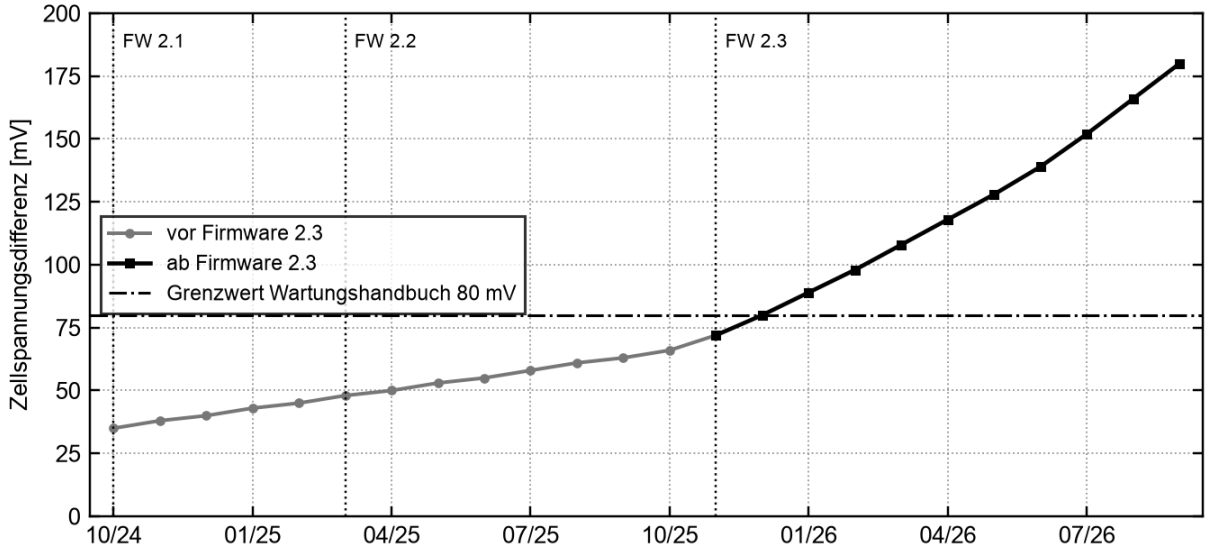


Abbildung 4: Verlauf der Zellspannungsspreizung und Firmware-Stände
Quelle: BMS-Rohdaten (U6), Firmware-Historie und Release Notes (U10)

Mit der Firmware 2.3, eingespielt am 19.11.2025, wurde die Schwelle für das passive Balancing von 90 % auf 95 % SoC angehoben (U10, Release Notes). Im vom Hersteller selbst empfohlenen Betriebsfenster von 5–90 % wird diese Schwelle nicht erreicht. Die Zellen werden folglich nicht mehr ausgeglichen; die schwächste Zelle eines Strangs löst den Entladeschluss vorzeitig aus. Der hierdurch bedingte Verlust an nutzbarer Energie wird auf ca. 1,5 Prozentpunkte geschätzt.

7.5 Messkette, Betriebsspannungen und Parametrierung

Geprüft wurden die Messkette der Zellspannung, die Betriebsspannungen von BMS, PCS und Netz sowie die Parametrierung von EMS und SCADA.

Messgenauigkeit der Zellspannungsmessung

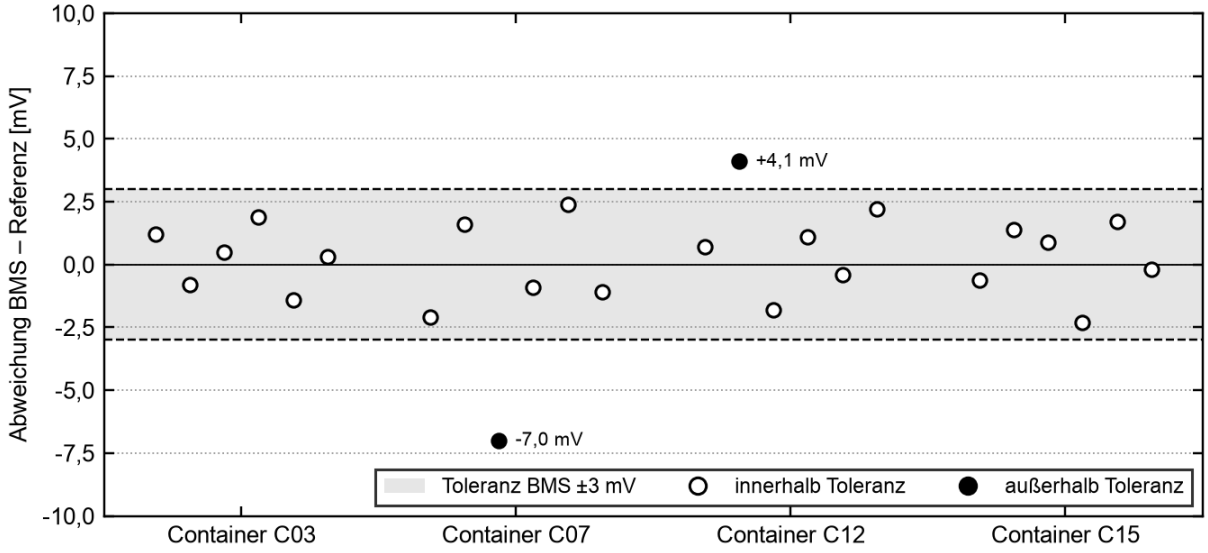


Abbildung 5: Vergleichsmessung der Zellspannungen, BMS gegenüber Referenzmessung
Quelle: Vergleichsmessung 08.10.2026, Referenzmessgerät gemäß Kalibrierschein (U13)

Die Abweichungen zwischen BMS und Referenzmessung betragen höchstens 7,0 mV (C07, Modul 4, Zelle 7). Zwei von 24 Messpunkten liegen außerhalb der Datenblatt-Toleranz von ±3 mV (Abbildung 5). Die in Abschnitt 7.4 festgestellte Zellspreizung beträgt demgegenüber 180 mV.

Betriebsspannungen

Tabelle 6: Betriebsspannungen

Größe	BMS	PCS bzw. Netz	Feststellung
Untere DC-Spannung je Strang	1.165 V (2,80 V je Zelle)	Unterspannungsabschaltung 1.150 V	PCS begrenzt die Entladung nicht
Obere DC-Spannung je Strang	1.498 V (3,60 V je Zelle)	max. DC-Eingang 1.500 V	eingehalten, Reserve nur 2 V
Spannung bei Entladeschluss, Test 15.09.2026	1.168 V	–	Abbruch durch BMS, nicht durch PCS
Netzspannung am Netzverknüpfungspunkt während des Tests	–	112,4–113,1 kV (zulässig 99–123 kV)	ohne Einfluss

Die Entladung beim Kapazitätstest wurde bei 1.168 V durch das BMS beendet; die Unterspannungsabschaltung des PCS bei 1.150 V hat nicht angesprochen. Die Spannungsreserve zwischen Ladeschlussspannung und maximaler PCS-Eingangsspannung beträgt 2 V.

Parametrierung EMS und SCADA

Tabelle 7: Parametrierung EMS und SCADA

Parameter	Freigabe Hersteller	Ist-Wert (U11)	Soll-Ist-Abgleich
SoC-Untergrenze	5 %	5 %	konform
SoC-Obergrenze	90 %	90 %	konform
Max. Leistung je Block	[redacted] MW (0,5 C)	[redacted] MW	konform
Temperatur-Derating	ab 40 °C	ab 40 °C	konform
Alarmklasse HVAC-Störung	Störung, Weiterleitung an Service	Information, keine Weiterleitung	nicht konform
Zeitsynchronisation BMS/SCADA	NTP, Abweichung ≤ 1 s	Abweichung 43 s	nicht konform
Aufzeichnungsintervall	≤ 1 min	1 min	konform

Infolge der Klassifizierung der HVAC-Störmeldung als „Information“ wurde die Störung erst nach 7 Tagen an den Herstellerservice weitergeleitet. Die Zeitabweichung von 43 s zwischen BMS und SCADA wurde bei der Auswertung rechnerisch korrigiert.

7.6 Zerlegung des Kapazitätsverlusts

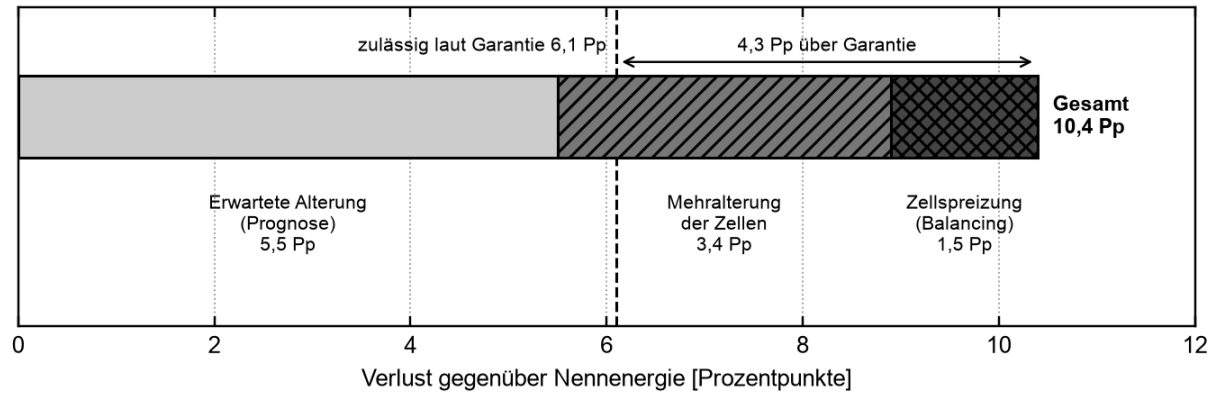


Abbildung 6: Zerlegung des Kapazitätsverlusts nach 24 Monaten
Quelle: Auswertung Sachverständiger auf Basis U2, U5, U6 und Degradationsprognose des Herstellers

Die Prognose des Herstellers ließ für das vereinbarte Betriebsprofil 94,5 % nach zwei Jahren erwarten. Die Zellen altern um ca. 3,4 Prozentpunkte stärker als prognostiziert. Zusammen mit der Zellspreizung ergibt sich die Fehlmenge von 4,3 Prozentpunkten gegenüber der Garantie.

8. Gutachterliche Bewertung

Auf Grundlage des Befundes werden die Beweisfragen wie folgt beantwortet. Für die Beurteilung von Ursachenzusammenhängen verwendet der Unterzeichner die folgenden Wahrscheinlichkeitsgrade:

- **mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit:** vernünftige Zweifel sind ausgeschlossen
- **überwiegend wahrscheinlich:** mehr spricht dafür als dagegen
- **möglich:** technisch denkbar, anhand der vorliegenden Befunde jedoch weder zu belegen noch auszuschließen

Zu Beweisfrage 1 (Kapazitätstest): Der Kapazitätstest wurde DC-seitig am Containerausgang und damit gemäß W-3 durchgeführt. Die Energiezählung des BMS und die DC-Messung der

Wechselrichter weichen um 0,3 % voneinander ab und liegen innerhalb der vertraglichen Messunsicherheit von ±0,5 %. Abweichend von W-3 betrug die Ruhezeit 45 statt 60 Minuten; der Einfluss wird auf höchstens 0,2 Prozentpunkte geschätzt. Auch im für den Hersteller günstigsten Fall (89,8 %) verbleibt das Ergebnis unterhalb der Garantie. Die AC-Werte im Protokoll waren lediglich nachrichtlich angegeben. Der Einwand E3 ist technisch nicht begründet. Die Beweisfrage ist mit Ja zu beantworten.

Zu Beweisfrage 2 (Unterschreitung): Die gemessene nutzbare Energie von 89,6 % unterschreitet die garantierte Energie von 93,9 % um 4,3 Prozentpunkte. Die Beweisfrage ist mit Ja zu beantworten.

Zu Beweisfrage 3 (Garantiebedingungen): Die mittlere Zelltemperatur lag in beiden Garantiejahren in allen Containern zwischen 15 und 35 °C. Die maximale Zelltemperatur betrug 41,0 °C und lag damit unter dem Grenzwert von 45 °C. Der Einwand E1 ist technisch nicht begründet.

Die Vollzyklenzahl überschritt im zweiten Garantiejahr die Grenze um 2 Zyklen (0,5 %). Diese Überschreitung ist in W-2.4 abschließend geregelt und führt zu einer Absenkung des Garantiewertes um 0,1 Prozentpunkte, nicht zum Wegfall der Garantie. Der Einwand E2 ist insoweit nur in geringem Umfang begründet.

Abweichend von W-4.6 wurde die HVAC-Störung nicht binnen 24 Stunden, sondern erst nach 7 Tagen an den Herstellerservice gemeldet. Ursache war die fehlerhafte Alarmklassifizierung im SCADA (Abschnitt 7.5), die dem Verantwortungsbereich von Betreiber und Integrator zuzuordnen ist. Die Temperaturgrenzen wurden gleichwohl eingehalten. Die Beweisfrage ist mit dieser Einschränkung im Wesentlichen mit Ja zu beantworten.

Zu Beweisfrage 4 (Messkette, Spannungen, Parametrierung): Die Zellspannungsmessung des BMS überschreitet an 2 von 24 Messpunkten die Datenblatt-Toleranz, höchstens um 4,0 mV. Gegenüber der festgestellten Spreizung von 180 mV ist diese Messunsicherheit vernachlässigbar; der Befund zur Zellspreizung wird hierdurch nicht in Frage gestellt. Der Einfluss auf die gemessene Energie liegt unter 0,1 Prozentpunkten. Die Betriebsspannungen von BMS und PCS sind aufeinander abgestimmt; da die Entladung durch das BMS und nicht durch das PCS beendet wurde, sind sie für das Ergebnis nicht ursächlich. Die Spannungsreserve von 2 V zum PCS-Eingang ist allerdings als gering zu bewerten. Die Parametrierung von EMS und SCADA entspricht hinsichtlich SoC-Fenster, Leistung und Derating den Freigaben des Herstellers. Die Abweichungen bei Alarmklassifizierung und Zeitsynchronisation haben keinen messbaren Einfluss auf die festgestellte Unterschreitung. Messeinrichtungen und Betriebsspannungen sind somit ordnungsgemäß; die Parametrierung ist in zwei Punkten zu korrigieren.

Zu Beweisfrage 5 (Ursache): Dass die Zellen stärker altern als vom Hersteller prognostiziert, und zwar um ca. 3,4 Prozentpunkte, steht nach den übereinstimmenden Ergebnissen aus BMS-Daten und Kapazitätstests **mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit** fest. Dass die fortschreitende Zellspannungsspreizung auf die mit Firmware 2.3 geänderte Balancing-Schwelle zurückzuführen ist, ist **überwiegend wahrscheinlich**; dafür sprechen der zeitliche Zusammenhang mit dem Update, der in den Release Notes dokumentierte Mechanismus und das Auftreten in allen Containern. Ein Fertigungsfehler einzelner Zellchargen als zusätzliche Ursache ist **möglich**, kann jedoch ohne Zellöffnung im Labor weder belegt noch ausgeschlossen werden. Der HVAC-Ausfall erklärt bezogen auf die Gesamtanlage lediglich rund 0,3 Prozentpunkte und damit nicht die Unterschreitung insgesamt. Die maßgeblichen Ursachen liegen im Verantwortungsbereich des Herstellers.

Zu Beweisfrage 6 (Anspruch und Abhilfe): Der technisch begründete Anspruch beträgt 4,3 MWh fehlende nutzbare Energie. Hinsichtlich Bezifferung und Abhilfemaßnahmen wird auf die Abschnitte 9

und 10 verwiesen.

9. Bezifferung des technischen Anspruchs

Die technisch begründete Fehlmenge beträgt 4,3 MWh. Die Kosten der Wiederherstellung werden nach erster Schätzung mit 0,5 bis 0,8 Mio. EUR angesetzt.

Tabelle 8: Bezifferung der Fehlmenge und Kostenansätze

Position	Wert	Grundlage
Garantierte nutzbare Energie Ende Jahr 2	93,9 MWh	94,0 % abzüglich 0,1 Prozentpunkte Zyklenanpassung
Gemessene nutzbare Energie	89,6 MWh	Kapazitätstest 15.09.2026
Fehlmenge	**4,3 MWh**	Differenz
davon durch Korrektur des Balancings rückgewinnbar	ca. 1,5 MWh	Abschnitt 7.4
davon dauerhafte Zellalterung	ca. 2,8 MWh	Rest
Kosten Augmentation ohne Balancing-Korrektur	ca. 774.000 EUR	4,3 MWh × 180 EUR/kWh (Ansatz inkl. Racks und Integration)
Kosten Augmentation nach Balancing-Korrektur	ca. 504.000 EUR	2,8 MWh × 180 EUR/kWh (Ansatz)
Erlösminderung bis zur Abhilfe	ca. 21.500 EUR je Monat	4,3 % von 6,0 Mio. EUR Jahreserlös (Ansatz aus Erlösprognose des Betreibers)

Hilfsweise Betrachtung: Sollte der auf den HVAC-Ausfall entfallende Mehrverlust wegen der verspäteten Störungsmeldung dem Betreiber zugerechnet werden, verminderte sich die Fehlmenge um rund 0,3 MWh auf rund 4,0 MWh. Die Zurechnung ist eine Rechtsfrage und wird hier nicht beurteilt.

Die Kostenansätze sind durch Angebote zu verifizieren. Ob die Erlösminderung als Folgeschaden ersatzfähig ist, richtet sich nach der Haftungsregelung des Liefervertrages und ist rechtlich zu prüfen. Ferner lag bereits zum Ende des ersten Garantiejahres eine Unterschreitung vor (95,1 % statt 97,0 %); ob hierfür noch ein Anspruch besteht, hängt von den vertraglichen Meldefristen ab.

10. Technische Empfehlungen

Aus technischer Sicht werden folgende Maßnahmen empfohlen. Fragen der Anspruchsdurchsetzung und der Fristwahrung sind nicht Gegenstand dieses Gutachtens.

1. **Korrektur der BMS-Firmware:** Anpassung der Balancing-Logik durch den Hersteller, sodass das Balancing innerhalb des empfohlenen SoC-Fensters von 5–90 % wirksam wird.
2. **Wiederholungstest:** Nach der Korrektur und einem Ausgleichszeitraum von ca. 4 Wochen Durchführung eines Kapazitätstests unter Aufsicht aller Parteien, mit vollständiger Einhaltung der Ruhezeit gemäß W-3.
3. **Augmentation der verbleibenden Fehlmenge:** durch zusätzliche Module oder Austausch, mit Reserve für den weiteren Verlauf der Garantiekurve.
4. **Korrektur der SCADA-Parametrierung:** Klassifizierung der HVAC-Störung als „Störung“ mit automatischer Weiterleitung an den Herstellerservice; Abgleich des Alarmierungskonzepts mit W-4.6; Zeitsynchronisation aller Teilsysteme über NTP.
5. **Kalibrierung der Zellspannungsmessung:** Prüfung und gegebenenfalls Nachkalibrierung der Messkanäle C07, Modul 4, und C12, Modul 5.

6. **Spannungsreserve PCS:** Bewertung der Reserve von 2 V zwischen Ladeschlussspannung und maximaler PCS-Eingangsspannung durch Hersteller und Integrator; eine Absenkung der Ladeschlussspannung um 5–10 V wird angeregt.
7. **Laufendes Monitoring:** monatliche Auswertung von Zellspreizung, Temperaturen und Vollzyklen; Begrenzung der Vollzyklen je Garantiejahr im EMS auf höchstens 365.

11. Versicherungstechnische Hinweise

Die nachfolgenden Hinweise dienen der technischen Einordnung für den Versicherer. Eine Deckungsentscheidung ist damit nicht verbunden; sie obliegt allein dem Versicherer.

Einordnung der Schadenursachen

Tabelle 9: Technische Einordnung der Schadenursachen

Ursache	Verlauf	Anteil	Technische Einordnung	Möglicher Regressadressat
Zellalterung über Prognose	allmählich	ca. 3,4 Pp	Abnutzung bzw. Qualitätsmangel der Zellen; kein plötzliches Ereignis	Hersteller (Garantie)
Zellspreizung durch Balancing-Parametrierung (FW 2.3)	allmählich, beschleunigt ab 11/2025	ca. 1,5 Pp, rückgewinnbar	Parametrier- bzw. Softwarefehler	Hersteller
HVAC-Ausfall C07/C12	plötzlich (Verdichterausfall)	ca. 0,3 Pp, in der Zellalterung enthalten	Sachschaden am Klimagerät mit Folgeschaden an Zellen	Hersteller (LTSA); hinsichtlich der verspäteten Meldung Integrator bzw. Betreiber

Nach technischer Einschätzung des Unterzeichners beruht die Kapazitätsunterschreitung überwiegend auf allmählich wirkenden Ursachen. Als plötzliches Ereignis ist allein der Ausfall der Klimageräte einzuordnen.

Sachschaden und Ertragsausfall

Tabelle 10: Schadenpositionen

Position	Betrag	Hinweis
Instandsetzung Klimageräte C07 und C12 (2 Verdichter, Kältemittel, Arbeitszeit)	18.600 EUR netto	vom Hersteller im Rahmen des LTSA ausgeführt und getragen
Leistungsreduzierung durch Temperatur-Derating C07/C12, 14.07.–02.08.2026	ca. 6.900 EUR	Erlösminderung, Ansatz auf Basis der Marktdaten des Betreibers
Wiederherstellung der Kapazität (Augmentation)	ca. 504.000–774.000 EUR	abhängig vom Erfolg der Balancing-Korrektur (Tabelle 8)
Erlösminderung bis zur Abhilfe	ca. 21.500 EUR je Monat	Tabelle 8
Wertverbesserung (neu für alt)	zu prüfen	Zusätzliche Module weisen eine höhere Restlebensdauer auf als der Bestand

Risikorelevante Feststellungen

Tabelle 11: Risikorelevante Feststellungen und Maßnahmen

Nr.	Feststellung	Risiko	Priorität	Maßnahme
R 1	HVAC-Störmeldung als „Information“ klassifiziert, keine Weiterleitung	Verzögerte Reaktion auf Temperaturereignisse; erhöhtes Risiko thermischer Schäden	A	Alarmklasse korrigieren, Weiterleitung binnen 24 h, Funktionstest der Alarmkette
R 2	Zellspannungsspreizung 180 mV, weiter zunehmend	Beschleunigte Alterung; lokale Überladung einzelner Zellen bei Ausfall der Zellspannungsüberwachung	B	Firmware-Korrektur, monatliches Monitoring; höchste Zellspannung im Betrieb 3,612 V (Grenze 3,65 V)
R 3	Spannungsreserve 2 V zwischen Ladeschluss und max. PCS-Eingangsspannung	Störabschaltungen und erhöhte Beanspruchung des PCS bei Messtoleranzen	B	Ladeschlussspannung um 5–10 V absenken
R 4	Zeitabweichung 43 s zwischen BMS und SCADA	Erschwerte Ereignisrekonstruktion im Schadenfall	C	NTP-Synchronisation aller Teilsysteme

Priorität A: umgehend; B: innerhalb von drei Monaten; C: im Rahmen der nächsten Wartung.

Schadenminderung und Beweissicherung

Nach Kenntnis des Unterzeichners wurden folgende Maßnahmen ergriffen: Sicherung der Rohdaten am 08.10.2026 in Anwesenheit der Parteien; Asservierung der ausgebauten Verdichter aus C07 und C12 (Anlage A8); Begrenzung der Vollzyklen im EMS; Anmeldung des Garantieanspruchs beim Hersteller am 18.09.2026. Bis zur Korrektur der Firmware schreitet die Zellspreizung um ca. 10,8 mV je Monat fort; eine zeitnahe Abhilfe dient daher auch der Schadenminderung.

12. Vorbehalte und Erklärung des Sachverständigen

Vorbehalte: Das Gutachten beruht auf den in Abschnitt 2 genannten Unterlagen, den am 08.10.2026 gesicherten Daten und den Feststellungen der Ortsbesichtigung. Eine Zellöffnung im Labor wurde nicht durchgeführt. Die Kostenansätze sind Schätzungen. Sollten weitere Unterlagen oder Erkenntnisse bekannt werden, behält sich der Unterzeichner eine Ergänzung des Gutachtens vor. Das Gutachten enthält keine Rechtsberatung.

Verwendung: Das Gutachten ist ausschließlich für den Auftraggeber und den in Abschnitt 1 genannten Zweck bestimmt. Eine Weitergabe an Dritte oder eine Veröffentlichung, auch auszugsweise, bedarf der schriftlichen Zustimmung des Unterzeichners. Gegenüber Dritten wird keine Haftung übernommen.

Erklärung: Der Unterzeichner versichert, das vorstehende Gutachten unabhängig, unparteiisch und nach bestem Wissen und Gewissen erstattet zu haben. Zum Hersteller und zum Integrator bestehen keine geschäftlichen Beziehungen, die die Unabhängigkeit beeinträchtigen könnten. Der Unterzeichner ist nicht öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger.

Qualifikation: M.Sc. Elektromobilität und Energienetze, B.Eng. Elektro- und Informationstechnik (Schwerpunkt Energie- und Automatisierungstechnik). Mehr als zehn Jahre Erfahrung in Entwicklung, Systemintegration und Inbetriebnahme elektrischer Energiesysteme, davon mehrere Jahre mit Schwerpunkt Batteriespeicher und Netzintegration bis 380 kV, u. a. Gesamtsystemverantwortung für Großspeicher von 10–150 MW.

Berufshaftpflicht: ████████ Versicherung, Deckungssumme ▉ Mio. EUR je Schadenfall.

München, 26.10.2026

(Unterschrift, Stempel)
Michael Biberger, M.Sc. Elektromobilität und Energienetze

Biberger Engineering · Biberger Innovation UG (haftungsbeschränkt)

Anlagenverzeichnis

- A1 Fotodokumentation Ortsbesichtigung
- A2 Prüfprotokoll Kapazitätstest mit Abgleich gegen W-3
- A3 Auswertung der Betriebsbedingungen je Container
- A4 Auswerteskripte und Prüfsummen der Rohdaten
- A5 Analyse Zellspreizung und BMS-Firmware
- A6 Vergleichsmessung Zellspannungen mit Kalibrierschein
- A7 Parameterabgleich EMS/SCADA
- A8 Asservatenliste (Verdichter C07 und C12)

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
BESS	Battery Energy Storage System (Batteriespeichersystem)
BMS	Batteriemanagementsystem
COD	Commercial Operation Date (kommerzielle Inbetriebnahme)
EMS	Energiemanagementsystem
FEC	Full Equivalent Cycles (Vollzyklen)
HVAC	Heizung, Lüftung, Klimatisierung
LFP	Lithium-Eisenphosphat
LTSA	Long Term Service Agreement (Wartungsvertrag)
NTP	Network Time Protocol
PCS	Power Conversion System (Wechselrichter)
Pp	Prozentpunkte
SAT	Site Acceptance Test (Abnahmeprüfung)
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition (Leittechnik)
SoC	State of Charge (Ladezustand)
SoH	State of Health (Alterungszustand)

Anlage A1 – Fotodokumentation Ortsbesichtigung 08.10.2026

Die Aufnahmen wurden anlässlich der Ortsbesichtigung gefertigt. Personen, Firmenlogos und Typenschilder sind unkenntlich gemacht.

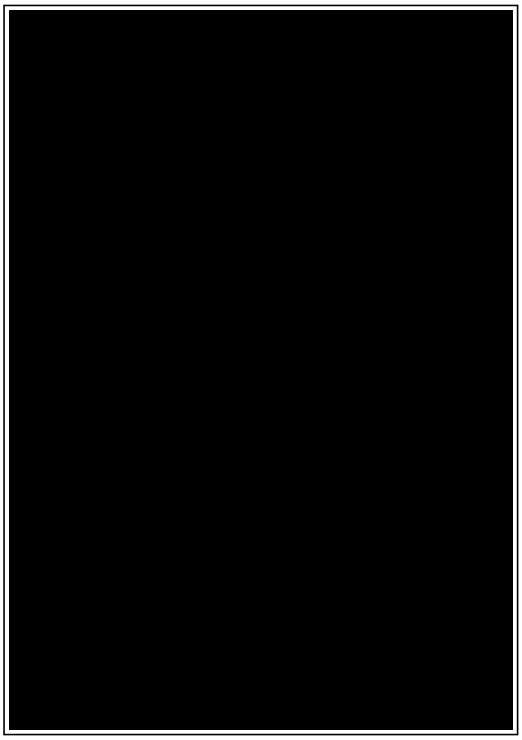


Bild 1: Geöffneter Batterieschrank, Container C07. Modulreihe mit DC-Steckverbindern und Hauptschalter; keine Verfärbungen oder mechanischen Schäden an Steckern und Leitungen. Bild aus Gründen der Vertraulichkeit geschwärzt.



Bild 2: Containerauflager mit Erdungsband. Verbindung fest, keine Korrosion. Bereich unter dem Container unkenntlich gemacht.



Bild 3: Klimagerät (HVAC) Container C07 nach Instandsetzung am 02.08.2026. Regler zeigt Sollwert 25 °C; Typenschilder unkenntlich gemacht.



Bild 4: DC-Sammelschienen im Verteilerfeld. Anzugsmarkierungen intakt, keine thermischen Auffälligkeiten bei der Thermografie.

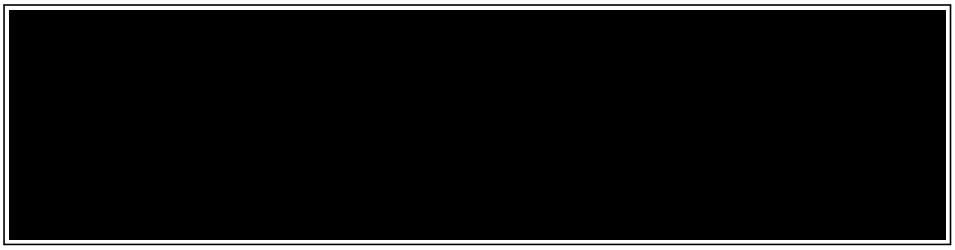


Bild 5: Wechselrichterreihe (PCS) am Batterieblock. AC-Anschlüsse und Kabelführung ohne Befund. Bild aus Gründen der Vertraulichkeit geschwärzt.



Bild 6: Hilfstransformator im Schutzgitterfeld. Typenschild unkenntlich gemacht.