



Handbuch für stationäre geschlossene Bleibatterien

Teil 2:

Montage, Inbetriebnahme/Inbetriebsetzung und Betrieb

Inhaltsverzeichnis

1. Transport, Lieferung und Wareneingang	4
1.1 Landtransport von geschlossenen und verschlossenen Bleibatterien	4
1.2 Seetransport von geschlossenen Bleibatterien	4
1.3 Seetransport von verschlossenen Bleibatterien.....	5
1.4 Lufttransport von ungefüllten geschlossenen Bleibatterien.....	5
1.5 Lufttransport von gefüllten geschlossenen Bleibatterien.....	5
1.6 Lufttransport von verschlossenen Bleibatterien	5
1.7 Abkürzungen.....	6
1.8 Lieferung und Wareneingang	6
2. Sicherheit	7
3. Lagerung	8
3.1 Voraussetzungen und Vorbereitungen	8
3.2 Lagerbedingungen	9
3.3 Lagerzeit	9
3.3.1 Gefüllte und geladene Zellen / Blöcke	9
3.3.2 Ungefüllte und geladene (trockene, vorgeladene) Zellen / Blöcke	
.....	10
3.4 Maßnahmen während Lagerung oder Außerbetriebnahme	12
4. Montage und Installation	12
4.1 Batterieräume, Belüftung und allgemeine Anforderungen	12
4.1.1 Temperatur.....	13
4.1.2 Raumabmessungen und Bodenbeschaffenheit	13
4.1.3 Lüftung	14
4.1.3.1 Lüftungsanforderungen	15
4.1.3.2 Nahbereich der Batterie	16
4.1.4 Elektrische Anforderungen (Schutz, Isolierung, Widerstand etc.)	18
4.1.5 Installation (Gestelle, Schränke)	19
4.2 Vorbereitungen	20
4.3 Eigentliche Montage.....	20
4.4 Parallelschaltungen.....	21
5. Inbetriebnahme und Inbetriebsetzung	22
5.1 Inbetriebnahme von gefüllten und geladenen Zellen / Blöcken.....	22
5.2 Inbetriebsetzung von ungefüllten und geladenen (trockenen,	
vorgeladenen) Zellen / Blöcken.....	23
5.2.1 Allgemeines.....	23

5.2.2 Inbetriebsetzungsladung mit konstantem Strom / konstanter Spannung (IU-Kennlinie)	24
5.2.3 Inbetriebsetzungsladung mit konstantem (I-Kennlinie) oder fallendem Strom (W-Kennlinie).....	24
5.2.4 Erweiterte Inbetriebsetzungsladung.....	25
5.3 Elektrolyt und Nachfüllwasser	26
5.3.1 Füllsäure.....	26
5.3.2 Betriebselektrolyt	27
5.3.3 Nachfüllwasser	28
5.3.4 Mischen von Schwefelsäure zu Füllsäure	28
5.3.5 Korrektur der Betriebselektrolytdichte	30
6. Betrieb	31
6.1 Erhaltungsladespannung und -strom.....	31
6.2 Überlagerter Wechselstrom.....	33
6.3 Abweichung der Erhaltungsladespannung	35
6.4 Ladezeiten	36
6.5 Wirkungsgrad der Wiederaufladung	38
6.5.1 Ah-Wirkungsgrad.....	38
6.5.2 Wh-Wirkungsgrad.....	39
6.6 Ausgleichsladung	40
6.7 Entladung, Kapazitätstests.....	41
6.7.1 Allgemeines.....	41
6.7.2 Kapazitätstests	41
6.8 Zyklenbetrieb	44
6.8.1 Allgemeines.....	44
6.8.2 Spezielle Überlegungen zu Classic-Solar-Batterien.....	48
6.9 Innenwiderstand R_i	51
6.10 Temperatureinfluss	53
6.10.1 Temperatureinfluss auf die Elektrolytdichte	53
6.10.2 Temperatureinfluss auf Kapazität, Brauchbarkeitsdauer und Haltbarkeit in Zyklen	54
6.11 Pflege und Kontrollen.....	57
6.11.1 Allgemeines und Kontrollen gemäß Gebrauchsanweisung	57
6.11.2 Batterie-Tester und Batterie-Monitoring	59
6.11.3 Reinigen von Batterien	61
7. Recycling, Wiederaufbereitung	61
8. Literaturverzeichnis	61
Anhang: Verfügbare Kapazität versus Ladezeit.....	64

1. Transport, Lieferung und Wareneingang

1.1 Landtransport von geschlossenen und verschlossenen Bleibatterien

Zellen / Blöcke müssen aufrecht stehend transportiert werden.

Batterien, die in keiner Weise Schäden aufweisen, werden nach der Gefahrgutverordnung Straße (ADR) bzw. Gefahrgutverordnung Eisenbahn (RID) nicht als Gefahrgut befördert.

Sie müssen gegen Kurzschluss, Rutschen, Umfallen oder Beschädigung gesichert sein. Zellen / Blöcke können in geeigneter Weise, gesichert auf Palette, gestapelt werden (ADR bzw. RID, Sondervorschrift 598). Paletten dürfen nicht gestapelt werden.

An den Versandstücken dürfen sich von außen keine gefährlichen Spuren von Säure befinden.

Zellen / Blöcke, deren Gefäße undicht bzw. beschädigt sind, müssen als Gefahrgut der Klasse 8, UN-Nr. 2794, verpackt und befördert werden.

1.2 Seetransport von geschlossenen Bleibatterien

Geschlossene Zellen / Blöcke, gefüllt mit Säure, müssen gemäß IMDG als Gefahrgut verpackt und befördert werden.

Klassifizierung:

UN-Nummer: 2794

Klasse: 8

Der Transport ist in Verschlügen aus Holz oder auf Palette zugelassen, wenn folgende zusätzliche Vorschriften beachtet werden:

- Zellen / Blöcke müssen aufrecht transportiert werden, keine Schäden aufweisen, gegen Kurzschluss, Rutschen, Umfallen oder Beschädigung gesichert sein.
- Zellen dürfen nicht gestapelt werden.
- Blöcke können, gesichert durch isolierende Zwischenlagen, gestapelt werden, wenn die Pole durch die darüber liegende Einheit nicht belastet werden.
- Paletten dürfen nicht gestapelt werden.

-
- Bei einer Schräglage von 45° darf kein Elektrolyt aus der Zelle / dem Block austreten.

1.3 Seetransport von verschlossenen Bleibatterien

Folgende beispielhaft genannte Baureihen^{*)} sind kein Gefahrgut gemäß IMDG, da die Baureihen auch die IATA-Klausel A 67 erfüllen:

Sonnenschein GF-Y, GF-V, A200, A400, A500, A600, A600 SOLAR, A700, PowerCycle, dryfit military, SOLAR und SOLAR BLOCK

Absolyte

Element (früher: Champion)

Marathon

Sprinter

Powerfit

drysafe

AGM military

*) Zertifikate auf Anfrage

1.4 Lufttransport von ungefüllten geschlossenen Bleibatterien

Es bestehen keine Einschränkungen für den Transport.

1.5 Lufttransport von gefüllten geschlossenen Bleibatterien

Gefüllte und geladene geschlossene Batterien sind beim Lufttransport Gefahrgut und können nur mit Frachtflugzeugen geflogen werden. Die Verpackungsvorschrift 800 der IATA muss dabei eingehalten werden.

Um das Risiko irgendeines Ereignisses wie Feuer etc. zu verhindern, müssen für Lufttransport Batterien, die Teil irgendeines Gerätes sind, an ihren Polen abgeklemmt und diese gegen Kurzschluss geschützt werden.

1.6 Lufttransport von verschlossenen Bleibatterien

Folgende beispielhaft genannte Baureihen^{*)} sind kein Gefahrgut gemäß IATA-Klausel A67:

Sonnenschein GF-Y, GF-V, A200, A400, A500, A600, A600 SOLAR, A700, PowerCycle, dryfit military, SOLAR und SOLAR BLOCK

Absolyte

Element (früher: Champion)

Marathon

Sprinter

Powerfit

drysafe

AGM military

*) Zertifikate auf Anfrage

Um das Risiko irgendeines Ereignisses wie Feuer etc. zu verhindern, müssen für Lufttransport Batterien, die Teil irgendeines Gerätes sind, an ihren Polen abgeklemmt und diese gegen Kurzschluss geschützt werden.

1.7 Abkürzungen

- ADR: The European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road (covering most of Europe).
- RID: Regulations concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Rail (covering most of Europe, parts of North Africa and the Middle East).
- IMDG: The International Maritime Dangerous Goods Code.
- IATA: The International Air Transportation Association (worldwide).
- ICAO: Civil Aviation Organization's Technical Instructions for the Safe Transport of Dangerous Goods by Air.

1.8 Lieferung und Wareneingang

- Geschlossene Batterien der GNB Industrial Power werden von unseren Produktionsstätten, Logistikzentren oder über unsere Distributoren geliefert.
- Die Bestandteile der Lieferung können entweder durch die Anzahl und Type der Zellen / Blöcke oder auf Basis einer Batteriezeichnung identifiziert werden.

-
- Packstücke auf Unversehrtheit prüfen.
 - Paletten nicht übereinander stapeln.
 - Handhabungshinweise auf den Verpackungen beachten.
 - Während des Transports sind für die Produkte, die als „zerbrechlich“ gekennzeichnet sind, alle Maßnahmen zur Vermeidung von Transportschäden zu treffen.
 - GNB Industrial Power wählt für alle Produkte eine für die Versandart geeignete Verpackung. Wenn beim Entladen Beschädigungen an den Verpackungen festgestellt werden, ist das Transportunternehmen innerhalb 24 Stunden zu informieren.
 - Lieferungen können bis zur Lieferanschrift gemäß Auftrag versichert sein, wenn dies vertraglich vereinbart ist.

2. Sicherheit

Für den Umgang mit Batterien, von der Lagerung bis zur Entsorgung sind folgende Sicherheitsregeln zu beachten:

- Inbetriebsetzungsanweisung/-bericht, Montageanweisung und Gebrauchsanweisung gründlich lesen.
- Rauchen ist verboten. Keine offene Flamme!
- Immer Gummischutzhandschuhe, Schutzbrille und Schutzkleidung (inklusive Sicherheitsschuhe) tragen.
- Eine Batterie bleibt geladen, auch wenn sie abgeschaltet ist. Die Metallteile der Batterie sind immer elektrisch aktiv.
- Immer isoliertes Werkzeug verwenden.
- Niemals Werkzeug auf die Batterien legen (insbesondere Metallteile können gefährlich sein).

-
- Bei ungesicherten Schraubverbindungen Überprüfung des Anzugsdrehmoments der Zellen- / Block-Verbinder.
 - Niemals Zellen / Blöcke an den Polen anheben oder hochziehen.
 - Stöße bzw. schlagartige Belastungen vermeiden.
 - Niemals synthetische Tücher oder Schwämme zum Reinigen der Zellen / Blöcke verwenden, sondern nur Wasser (feuchte Tücher) ohne Zusätze [1].
 - Elektrostatische Auf- bzw- Entladungen/Funken sind zu vermeiden.



3. Lagerung

Die Lagerzeit sollte im Interesse des Nutzers so kurz wie möglich sein. Zellen/Blockbatterien sind bei Anlieferung nicht mehr voll geladen.

3.1 Voraussetzungen und Vorbereitungen

Verunreinigungen auf den Oberflächen, Staub etc. entfernen bzw. vermeiden.

Der Lagerbereich sollte die folgenden Voraussetzungen erfüllen:

- Zellen / Blöcke vor Witterungseinflüssen, Feuchte und Überflutung bewahren.
- Zellen / Blöcke gegen direkte und indirekte Sonneneinstrahlung schützen.
- Die Lagerfläche bzw. -umgebung muss sauber, trocken, frostfrei (siehe auch Punkt 3.2) und gepflegt sein.
- Zellen / Blöcke müssen gegen Kurzschluss durch Metallgegenstände oder leitfähigen Verschmutzungen geschützt sein.

-
- Zellen / Blöcke müssen gegen herab fallende Gegenstände, gegen Herabfallen und Umfallen geschützt sein.

3.2 Lagerbedingungen

- Die Temperatur beeinflusst die Selbstentladerate von gefüllten und geladenen Zellen und Blöcken (siehe Abb. 1 und 2).
- Die Oberfläche der Zellen / Blöcke muss trocken sein und bleiben. Flüssigkeitsfilme können zu erhöhter Selbstentladung führen.

Die Lagerung auf in Kunststoffolie verpackten Paletten ist prinzipiell erlaubt. Sie wird so aber nicht empfohlen, wenn in den Räumen hohe Temperaturschwankungen auftreten oder wenn allein hohe relative Luftfeuchtigkeit unterhalb der Folie zur Kondensation führt. Über die Zeit kann das Kondenswasser zu weißen Belägen auf den Bleipolen (Hydratisierung) und zu hoher Selbstentladung infolge von Kriechströmen führen.

In Ausnahmefällen kann die Lagerung von gefüllten und vollgeladenen Bleibatterien auch bei Minustemperaturen erfolgen, wenn sichergestellt ist, dass die Oberfläche der Zellen /Blöcke trocken ist und es zu keinen Kondensations- oder Betauungseffekten o.ä. kommen kann.

- Das Stapeln von Paletten ist nicht gestattet.
- Lagern von unverpackten Zellen / Blöcken auf scharfkantigen Ablagen vermeiden.
- Es wird empfohlen, innerhalb von Chargen, Paletten bzw. Räumen die gleichen Lagerbedingungen zu realisieren.

3.3 Lagerzeit

3.3.1 Gefüllte und geladene Zellen / Blöcke

Die maximale Lagerzeit bei einer Temperatur von 20 °C beträgt 3 Monate. Danach muss nachgeladen werden. Die Nachladeintervalle sind kurz gehalten, um Ablätterungen insbesondere an Polschäften und Polbrücken

mit möglichen Folgeeffekten (Kurzschlüsse) zu verhindern bzw. zu minimieren.

Höhere Temperaturen verursachen höhere Selbstentladung und verkürzen die Intervalle zwischen Aufladungen (siehe Abb. 1 und 2), z.B. bei 30 °C: Nachladen nach 1,5 Monaten.

OGi-Zellen haben wegen des höheren, aber innerhalb des Kriteriums < 3 % liegenden Antimongehaltes auch eine etwas höhere Selbstentladerate.

3.3.2 Ungefüllte und geladene (trockene, vorgeladene) Zellen / Blöcke

Trockene, vorgeladene Zellen / Blöcke sind theoretisch unbegrenzt lagerfähig. Die positiven Elektroden sind durch die PbO₂-Schicht geschützt, die negativen Elektroden extra konserviert. Aber durch klimatische Einflüsse (wechselnde Luftfeuchtigkeit, starke Temperaturschwankungen) kann der Schutz bzw. die Konservierung zurückgehen (siehe Inbetriebsetzungsanweisung). Daher wird eine maximale Lagerzeit von 2 Jahren empfohlen. Bei unsicheren Lagerbedingungen sind geeignete Gegenmaßnahmen zu treffen, z.B. Zellen/Blöcke in Schutzfolien zusammen mit Trocknungsmittel einschweißen.

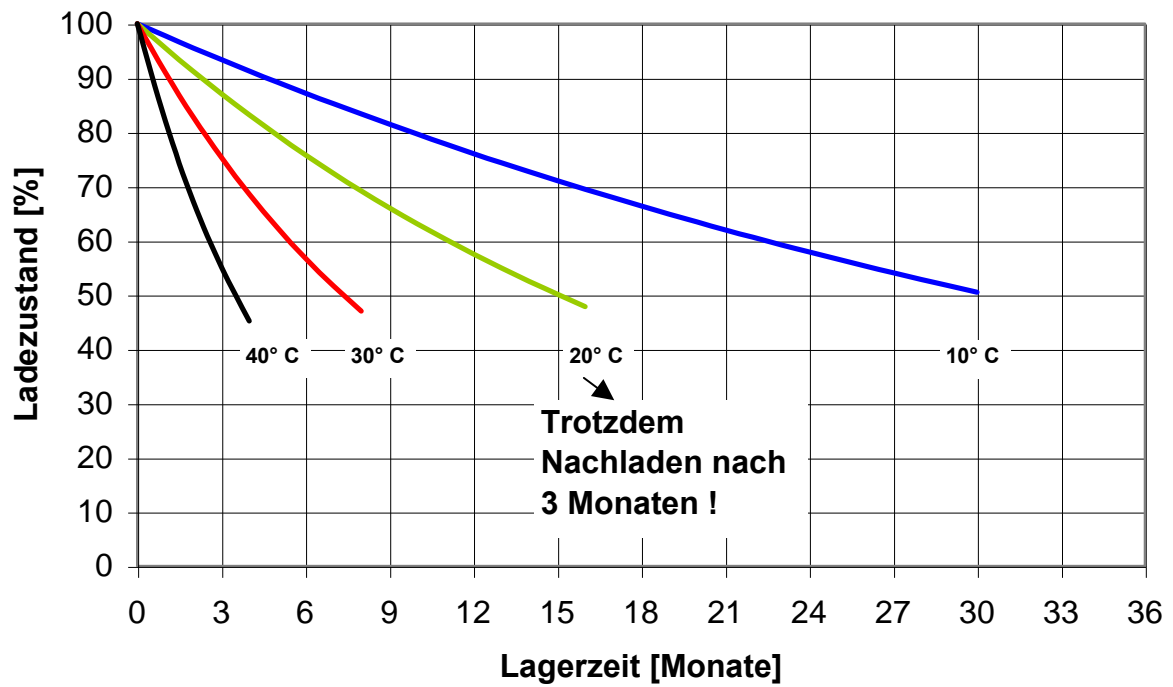


Abb. 1: OGi, OPzS, OCSM, Energy Bloc - Ladezustand bzw. verfügbare Kapazität versus Lagerzeit bei verschiedenen Temperaturen

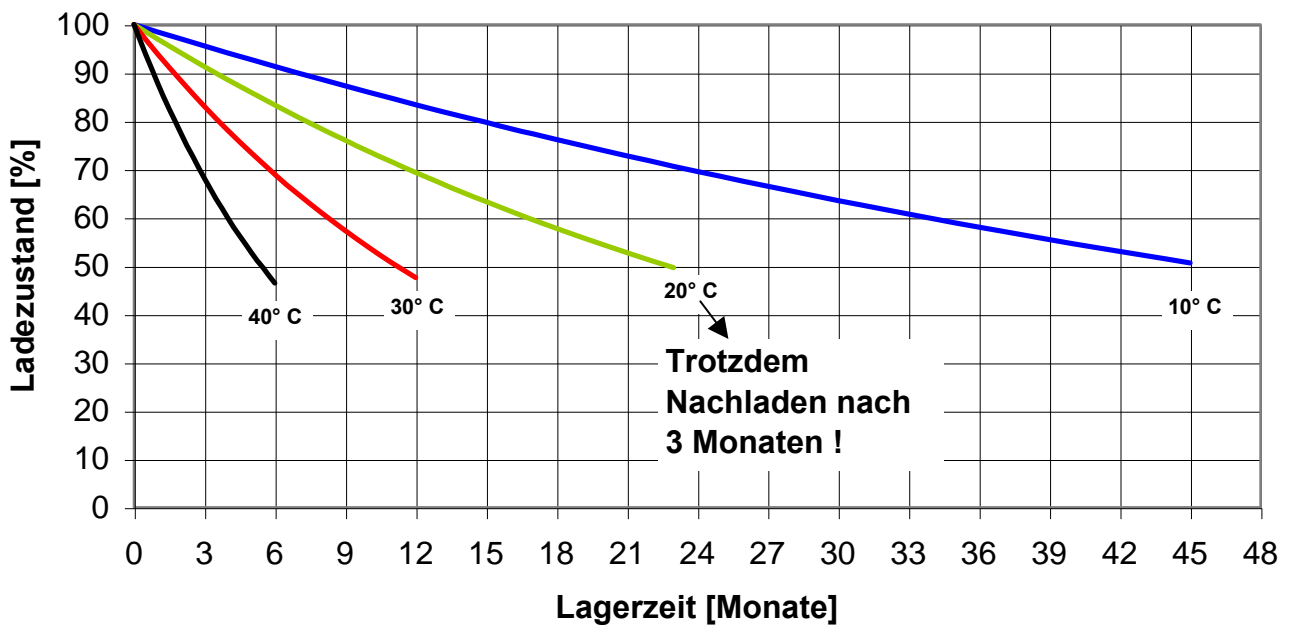


Abb. 2: GroE - Ladezustand bzw. verfügbare Kapazität versus Lagerzeit bei verschiedenen Temperaturen

3.4 Maßnahmen während Lagerung oder Außerbetriebnahme

- Geeignete Lagerhaltung basierend auf der FIFO-Methode (“First In-First Out” = Als erstes rein – Als erstes raus) vermeidet Überlagerung.
- Die nachfolgenden Maßnahmen gelten sinngemäß auch für gefüllte und geladene Zellen / Blöcke, die vorübergehend außer Betrieb genommen werden.
- Falls Zellen / Blöcke gereinigt werden müssen, niemals Reinigungsmittel, sondern mit Wasser getränkte Baumwolltücher ohne Zusätze verwenden [1].
- Nachladung (Intervalle gem. Kapitel 3.3.1): IU-Ladung (Konstantstrom / Konstantspannung – Ladung) bei Temperaturen zwischen 15 und 35 °C:

Max. Spannung [V/Z]	Min. Spannung [V/Z]	Strom [A]	Ladezeit [h] bei max. Spannung
2,40	2,23	unbegrenzt	72

Tab. 1: Ladespannungen und Ladezeit

Die Ladezeit muss abhängig vom Ladegerät um je 24 Stunden für jede 0,04 Volt unterhalb der maximalen Spannung verlängert werden, wobei 2,23 V/Z als minimale Spannung bleibt.

- Alternativ zum regelmäßigen Nachladen kann insbesondere bei vorübergehender Außerbetriebnahme auch Erhaltungsladung gem. Kapitel 6.1 angewandt werden.

4. Montage und Installation

4.1 Batterieräume, Belüftung und allgemeine Anforderungen

Allgemein: Dies ist nur ein Leitfaden und enthält Auszüge aus nationalen und internationalen Normen. Siehe DIN EN 50272-2 [2] bzw. entsprechende IEC 62485-2 [14] für ausführliche Informationen. Zu

beachten sind auch die Inbetriebsetzungsanweisung /-bericht, die Montageanweisung und die Gebrauchsanweisung.

4.1.1 Temperatur

Die Batterieraumtemperatur sollte zwischen + 10 °C und + 30 °C liegen. Die optimale Temperatur ist die Nenntemperatur 20 °C. Die Temperaturdifferenz zwischen Zellen bzw. Blöcken in einem Batteriestrang darf 5 °C (5 Kelvin) nicht überschreiten.

4.1.2 Raumabmessungen und Bodenbeschaffenheit

Die Batterieraumhöhe soll mindestens 2 m über dem Nutzboden sein. Der Boden der Batterieräume soll eben und geeignet sein, das Batteriegewicht zu tragen.

Die Oberfläche des Bodens muss für geschlossene Batterien elektrolytbeständig sein.

Anmerkung:

Eine Elektrolytbeständigkeit des Fußbodens muss beim Einsatz von geschlossenen Batterien nicht gegeben sein, wenn die Zellen / Batterien in Säureauffangwannen aufgestellt werden. Die Säureauffangwannen müssen in der Lage sein den gesamten Elektrolyt einer Zelle oder eines Blockes aufzunehmen.

Aus DIN EN 50272-2 [2]: "...Der Fußbodenbereich, in dem sich eine Person in Armreichweite zur Batterie befindet, muss so leitfähig sein, dass elektrostatische Aufladung vermieden wird. Der Ableitwiderstand zu einem geerdeten Punkt, gemessen nach IEC 61340-4-1, muss geringer als 10 MΩ sein.

Andererseits muss der Boden zur Sicherheit von Personen ausreichend isoliert sein. Deshalb muss der Ableitwiderstand des Fußbodens gegen einen geerdeten Punkt, gemessen nach IEC 61340-4-1, betragen:

- bei Batterienennspannung ≤ 500 V: $50 \text{ k}\Omega \leq R \leq 10 \text{ M}\Omega$ und
- bei Batterienennspannung > 500 V: $100 \text{ k}\Omega \leq R \leq 10 \text{ M}\Omega$.

Anmerkung 1:

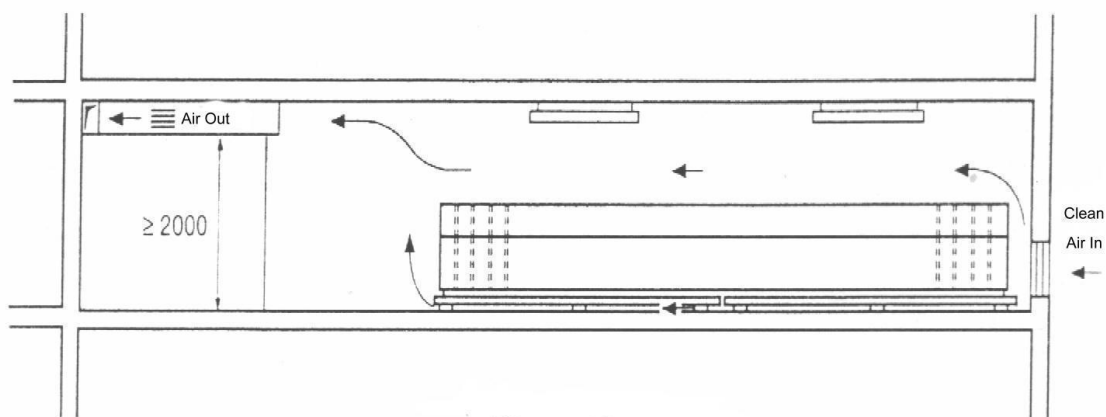
Um den ersten Teil der Forderung wirksam werden zu lassen, muss das Personal bei Wartungsarbeiten in der Nähe der Batterie elektrostatisch leitfähige Schuhe tragen. Das Schuhwerk muss der Norm EN 345 entsprechen.

Anmerkung 2:

Reichweite der Arme: 1,25 m Abstand (Für die Definition der Reichweite der Arme siehe HD 384.4.41.)...“

Lüftungseinlässe und –auslässe: Die Anordnung für die Zirkulation soll wie unten gezeigt sein.

Der geforderte Mindestabstand zwischen Einlass und Auslass ist 2 m gemäß DIN EN 50272-2 [2], wenn sich Einlass und Auslass an der gleichen Wand befinden.



4.1.3 Lüftung

Um Explosionen zu vermeiden, müssen Batterieräume nach DIN EN 50272-2 [2] belüftet werden, um Gas (Wasserstoff und Sauerstoff) zu verdünnen, welches während der Ladung und Entladung freigesetzt wird.

Dafür muss die elektrische Installation nicht EX-geschützt sein. Sie muss für Feuchtraumbedingungen ausgelegt sein.

Niemals die Batterie hermetisch, luftdicht abgeschlossen einbauen.

Funkenbildende Teile müssen gemäß DIN EN 50272-2 [2] einen Sicherheitsabstand von den Zellen- bzw. Blocköffnungen (Ventile bei verschlossenen Batterien) haben.

Heizelemente mit offenen Flammen oder glühenden Oberflächen sind verboten. Die Temperatur von Heizelementen darf 300 °C nicht überschreiten.

Es sind nur Handlampen erlaubt, die Schalter und Sicherheitsgläser mit Schutzklasse II und Schutzklasse IP 54 haben.

4.1.3.1 Lüftungsanforderungen

Gemäß DIN EN 50272-2 [2] ist der notwendige Luftvolumenstrom zur Lüftung eines Batterieraumes oder Batteriebehälters nach folgender Gleichung zu berechnen:

$$Q = 0,05 \cdot n \cdot I_{\text{gas}} \cdot C_N \cdot 10^{-3} \text{ [m}^3\text{/h] mit}$$

n = die Anzahl der Zellen
 I_{gas} = I_{float} oder boost [mA/Ah] relevant für die Gasentwicklung (siehe Tabelle 2)
 C_N = die Kapazität C_{10} für Bleibatterien (Ah), $U_S = 1,80$ V/Zelle, bei 20 °C.

Die folgende Tabelle 2 gibt die zu benutzenden Größen für I_{gas} an:

Betrieb	Geschlossene Zellen ($S_b < 3\%$)	Verschlossene Zellen
Erhaltungsladung (Float)	5	1
Starkladung (Boost)	20	8

Tab. 2: I_{gas} gemäß DIN EN 50272-2 [2] für IU- und U-Ladung in Abhängigkeit von der Lademethode und dem Bleibatterietyp (bis 40 °C Betriebstemperatur). Bei Verwendung von Rekombinationsstopfen (Katalysatoren) kann der Strom I_{gas} , der die Gasentwicklung verursacht, auf 50 % des Wertes für geschlossene Zellen verringert werden.

Mit natürlicher Lüftung (Konvektion) ist der Mindestquerschnitt A für die Einlass- und Auslassöffnungen wie folgt zu kalkulieren:

$$A \geq 28 \cdot Q \text{ [cm}^2\text{]}$$

(Konvektionsgeschwindigkeit $\geq 0,1$ m/s)

Beispiel 1:

Gegeben: 220 V Batterie, 110 Zellen, $C_{10} = 400$ Ah, geschlossene Type, Antimon (Sb) < 3 % (LA) im Erhaltungsladebetrieb (Float)

Berechnung für notwendige Frischluft:

$$Q = 0,05 \cdot n \cdot I_{\text{gas}} \cdot C_N \cdot 10^{-3} \text{ [m}^3\text{/h]}$$

Mit $n = 110$

$I_{\text{gas}} = 5$ (siehe Tabelle 2)

$C_N = 400$

$$Q = 11 \text{ m}^3\text{/h} \quad A \geq 308 \text{ cm}^2$$

Beispiel 2:

Dieselbe Batterie wie im Beispiel 1, aber verschlossene Type.

$I_{\text{gas}} = 1$ (anstatt 5).

$$Q = 2,2 \text{ m}^3\text{/h} \quad A \geq 62 \text{ cm}^2$$

Anmerkung: Auf Anfrage ist ein Kalkulationsprogramm verfügbar.

4.1.3.2 Nahbereich der Batterie

Aus DIN EN 50272 [2]: „...Im Nahbereich der Batterien ist die Verdünnung explosiver Gase nicht immer sichergestellt. Deshalb ist ein Sicherheitsabstand durch eine Luftstrecke einzuhalten, in dem keine funkenbildenden oder glühenden Betriebsmittel vorhanden sein dürfen (max. Oberflächentemperatur 300 °C). Die Ausbreitung der explosiven Gase hängt von der freigesetzten Gasmenge und der Lüftung in der Nähe der Gasungsquelle ab. Für die Berechnung des Sicherheitsabstands d von

der Gasungsquelle kann unter Annahme einer halbkugelförmigen Ausbreitung nachstehende Gleichung angewandt werden. ...

Anmerkung:

Der erforderliche Sicherheitsabstand d kann durch eine Trennwand zwischen Batterie und funkenbildendem Betriebsmittel erreicht werden.

In Fällen, in denen die Batterien integraler Bestandteil eines Stromversorgungssystems sind, wie z. B. in USV-Anlagen, darf der Sicherheitsabstand d entsprechend den Sicherheitsberechnungen oder Messungen des Geräteherstellers verringert werden. Durch die Höhe der Luftwechselrate muss sichergestellt sein, dass keine Explosionsgefahr besteht, indem der Wasserstoffanteil in Luft an der möglichen Zündquelle niedriger als 1 %_{vol} ist, einschließlich einer Sicherheitsmarge.“

Die Berücksichtigung der Anzahl der Zellen resultiert in folgender Formel für den Sicherheitsabstand d:

$$d = 28,8 \cdot \left(\sqrt[3]{N} \right) \cdot \sqrt[3]{I_{\text{gas}}} \cdot \sqrt[3]{C_N} \text{ [mm] *)}$$

„...*) Je nach Gasungsquelle muss die Anzahl der Zellen je Blockbatterie (N) oder der Entgasungsöffnungen je Zelle (1/N) berücksichtigt werden, z. B. durch einen Faktor $\sqrt[3]{N}$, bzw. $\sqrt[3]{1/N}$...“

Beispiel 1:

Zelle, geschlossene Type, eine Öffnung, 100 Ah. Erhaltungsladung
→ $I_{\text{gas}} = 5$ (nach Tab. 2).

Sicherheitsabstand $d = 28,8 \cdot 1 \cdot 1,71 \cdot 4,64 = 228,5 \text{ mm} \rightarrow 230 \text{ mm}$

Beispiel 2:

12 V-Block, sechs Zellen, eine Öffnung im Deckel, geschlossene Type, 100 Ah, Erhaltungsladung
→ $I_{\text{gas}} = 5$ (nach Tab.2).

$\sqrt[3]{N} = 1,82$, wegen sechs Zellen

Sicherheitsabstand $d = 28,8 \cdot 1,82 \cdot 1,71 \cdot 4,64 = 415,8 \text{ mm} \rightarrow 420 \text{ mm}$

Beispiel 3:

Zelle, verschlossene Type, eine Öffnung, 100 Ah. Erhaltungsladung
→ $I_{\text{gas}} = 1$ (nach Tab. 2).

Sicherheitsabstand $d = 28,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 4,64 = 133,6 \text{ mm} \rightarrow 135 \text{ mm}$

Beispiel 4:

Zelle, geschlossene Type, eine Öffnung, 1500 Ah. Starkladung
→ $I_{\text{gas}} = 20$ (nach Tab. 2)

Sicherheitsabstand $d = 28,8 \cdot 1 \cdot 2,71 \cdot 11,45 = 893,6 \text{ mm} \rightarrow 895 \text{ mm}$

Beispiel 5:

Zelle, geschlossene Type, drei Öffnungen, 3000 Ah. Starkladung
→ $I_{\text{gas}} = 20$ (nach Tab. 2)

$\sqrt[3]{1/N} = 0,69$ wegen drei Öffnungen pro Zelle

Sicherheitsabstand $d = 28,8 \cdot 0,69 \cdot 2,71 \cdot 14,42 = 776,6 \text{ mm} \rightarrow 780 \text{ mm}$

4.1.4 Elektrische Anforderungen (Schutz, Isolierung, Widerstand etc.)

Um elektrostatische Aufladungen beim Umgang mit Batterien zu vermeiden, müssen Material der Kleidung, Sicherheitsschuhe und Handschuhe einen Ableitwiderstand von $\leq 10^8 \Omega$ und einen Isolationswiderstand von $\geq 10^5 \Omega$ haben.

Aus DIN EN 50272-2 [2]: „...Um gegen Auswirkungen von Umgebungseinflüssen, wie Temperatur, Feuchtigkeit, Staub, Gase, Dämpfe und mechanischen Belastungen, widerstandsfähig zu sein, muss der Isolationswiderstand zwischen dem Batteriekreis und anderen örtlichen, leitfähigen Teilen größer 100 Ohm / V (Batterienennspannung) betragen. Dies entspricht einem Leckstrom von $< 10 \text{ mA}$.

Anmerkung:

Vor einer Prüfung ist die Batterieanlage von der festen Installation abzutrennen. Vor jeder Prüfung ist zu überprüfen, ob gefährliche

Spannungen zwischen der Batterie und dem zugehörigen Gestell oder Schrank bestehen....“

Bei Batteriesystemen $> DC\ 120\ V$ müssen Batteriegestelle oder Batterieschränke aus Metall entweder an den Schutzleiter angeschlossen oder gegen die Batterie und den Aufstellungsort isoliert sein (Kapitel 5.2 in EN 50272-2 [2]). Diese Isolation muss einer Wechselfspannung von $4000\ V$ für eine Minute widerstehen.

Anmerkung:

Schutz sowohl gegen direktes als auch indirektes Berühren dürfen nur bei Batterieanlagen mit einer Nennspannung bis zu $DC\ 120\ V$ angewendet werden. In diesen Fällen gelten die Anforderungen an metallene Batteriegestelle und – schränke gemäß 5.2 in DIN EN 50272-2 [2] nicht.

Alle aktiven Teile mit $> 60\ V\ DC$ müssen berührungssicher sein durch Isolation, Abdeckung oder Abstand.

4.1.5 Installation (Gestelle, Schränke)

Batterien sollen in sauberen und trockenen Räumen installiert werden. Die Batterien müssen gegen herunterfallende Gegenstände gesichert und Staub geschützt sein.

Die lichte Weite zwischen Batteriereihen ist gleich dem 1,5-fachen der Zellentiefe (Austausch) aber mindestens $600\ mm$ (nach DIN EN 50272-2 [2]).

Der Mindestabstand für $> 120\ V$ zwischen aktiven Teilen beträgt $1,5\ m$, sonst ist eine Isolierung, eine isolierte Abdeckung etc. notwendig.

Der empfohlene Mindestabstand zwischen verschlossenen Zellen oder Blöcken ist $10\ mm$. Mindestens sind aber $5\ mm$ nach DIN EN 50272-2 [2] gefordert (an der größten Abmessung). Dies ist notwendig, um die Wärmeabstrahlung zu gewährleisten.

Gestelle und Schränke sollen einen Abstand von mindestens $100\ mm$ zu Wänden haben, um die Verbinder besser installieren zu können und Platz zur Reinigung zu haben.

Batterien müssen einen Service mit normalen isolierten Werkzeugen zulassen (DIN EN 50272-2 [2]).

Batterien mit einer Nennspannung ≥ 75 V erfordern eine EG-Konformitätserklärung vom Errichter der Anlage; entsprechend der Niederspannungsrichtlinie 2006/95/EG (ersetzt 73/23/EWG). Die Konformitätserklärung des Errichters bestätigt, dass die Montage der Batterie nach den anzuwendenden Normen erfolgt ist und die CE-Kennzeichnung an der Batterie angebracht wurde. Der Errichter der Batterieanlage ist verantwortlich für die Erklärung und die Anbringung der CE-Kennzeichnung. Siehe [3] für weitere Informationen.

4.2 Vorbereitungen

- Trockene, vorgeladene Zellen und Blöcke müssen zunächst mit Säure befüllt und in Betrieb gesetzt werden (siehe Kapitel 5.2).
- Wurden Zeichnungen von GNB Industrial Power mitgeliefert, müssen diese bei der Montage auch eingehalten werden.
- Gestelle und Schränke sollen ober- und unterhalb entsprechende Belüftung gewähren, um ausreichende Ableitung der durch Batterien und deren Ladesystem erzeugten Wärme zu ermöglichen. Der Abstand zwischen Zellen oder Blöcken soll 10 mm, mindestens aber 5 mm betragen. Siehe Standard DIN EN 50272-2 [2].
- Das Erden von Gestellen oder Schränken muss gemäß DIN EN 50272-2 [2] erfolgen.

4.3 Eigentliche Montage

- Für die Montagearbeiten sind isolierte Werkzeuge zu benutzen. Gummihandschuhe, Schutzbrille und Schutzkleidung (inkl. Sicherheitsschuhe) tragen. Metallische Gegenstände wie Uhren und Schmuckstücke ablegen (siehe auch Kapitel 2.).
- Die Installation darf nur mit mitgeliefertem originalem oder von GNB Industrial Power empfohlenem Zubehör (z.B. Verbinder) erfolgen. Dies gilt auch für Ersatzteile im Falle späterer Reparaturen.

- Poleinlagen und Verbinderkontaktzonen leicht mit säurefreiem Polfett benetzen. Keine Mittel auf Petroleumbasis benutzen.
- Für Schraubverbindungen gelten die folgenden Drehmomente:

GroE, OCSM, OGi \geq 260 Ah, OPzS-Zellen, OPzS Solar- Zellen	Energy Bloc, OPzS-Blöcke, OPzS Solar- Blöcke	OGi \leq 250 Ah	EnerSol T
(20 \pm 1) Nm	(12 \pm 1) Nm	(8 \pm 1) Nm	(25 \pm 1) Nm

Tab. 3: Drehmomente

- Batteriegesamtspannung prüfen. Sie sollte der Anzahl der in Reihe geschalteten Zellen bzw. Blöcke entsprechen. Die Ruhespannungen der einzelnen Zellen / Blöcke sollen untereinander nicht mehr als um die nachfolgend aufgelisteten Plus/Minus- Toleranzen (Richtwerte) vom Mittelwert abweichen:

2 V-Zellen:	$\pm 0,02$ V
6 V-Blöcke:	$\pm 0,035$ V
12 V-Blöcke:	$\pm 0,049$ V

- Die Transportstopfen sind ggf. zu entfernen und durch die mitgelieferten Stopfen zu ersetzen.

4.4 Parallelschaltungen

Die meisten Batteriehersteller, Standards und Richtlinien empfehlen maximal 4 parallel geschaltete Stränge. Mehr als 4 Stränge sind aber durchaus möglich, ohne die Lebensdauer zu reduzieren.

Bedingungen und Merkmale für 2 bis 10 Stränge parallel:

- Die Kabelverbinder für die positiven und negativen Pole jedes Stranges müssen die gleiche Länge haben.
- Jeder Strang, mindestens aber jeweils zwei Stränge haben eine Sicherung.
- Die Stränge müssen die gleiche Temperatur haben.

Parallelschaltung von Strängen unterschiedlicher Kapazität oder unterschiedlichen Alters ist möglich. Sowohl während der Entladung als auch während der Wiederaufladung teilt sich der Strom entsprechend der Kapazität bzw. des Alters auf. [4] gibt weitere Informationen.

Auch verschiedene Bleibatteriemodelle oder Typen unterschiedlicher Technologie (geschlossen, verschlossen) können parallel geschaltet werden, solange die erforderliche Ladespannung je Zelle bzw. Block pro Strang gemäß Gebrauchsanweisung erfüllt ist.

Unter diesen Voraussetzungen ist eine Parallelschaltung von bis zu 10 Strängen möglich. Die Entladedaten beziehen sich auf die Endpole eines jeden Stranges.

Zuerst jeden Strang einzeln vormontieren. Vergewissern, dass die Stränge gleichen Ladezustand, also ähnliche Ruhespannungen haben. Dann erst die Stränge parallel schalten.

5. Inbetriebnahme und Inbetriebsetzung

5.1 Inbetriebnahme von gefüllten und geladenen Zellen / Blöcken

- In Anwendungsfällen wie Erhaltungsladebetrieb, Inbetriebnahme nach Lagerung oder nach Montage, wie zuvor beschrieben, besteht die Inbetriebnahme lediglich aus dem Anschließen der Batterie an das Ladesystem. Dies sollte sobald als möglich nach Erhalt der Batterie erfolgen. Ist das nicht möglich, so sind die Hinweise gem. Kapitel 3.4 zu beachten, da Zellen/Blockbatterien durch Transport und Zwischenlagerung schon Ladung verloren haben.
- Die Ladespannung soll entsprechend den Spezifikationen in Kapitel 6.1 angepasst werden.
- Die Sicherungssysteme: Sicherungen, Sicherungstrenner und Isolationsüberwachungen sollen unabhängig voneinander getestet werden.
- Im Falle eines erforderlichen Kapazitätstests, z.B. für eine Abnahme vor Ort, ist sicherzustellen, dass die Batterie vollgeladen ist. Hierzu können die folgenden IU-Lademethoden angewandt werden:

Option 1: Erhaltungsladung, ≥ 72 Stunden.

Option 2: 2,40 V/Z, ≥ 16 Stunden (max. 48 Stunden) gefolgt von Erhaltungsladung ≥ 8 Stunden.

- Der zum Laden verfügbare Strom kann bis zum Erreichen der Konstantspannung unbegrenzt sein (Richtwerte: 10 bis 35 A pro 100 Ah Nennkapazität).
- Nennelektrolytdichten:
 - GroE: 1,22 kg/l bei 20 °C
 - OPzS, OPzS-Block, Energy Bloc, OGi ≤ 250 Ah: 1,24 kg/l bei 20 °C
 - OPzS-Solar: 1,24 kg/l bei 25 °C
 - OCSM, OGi ≥ 260 Ah: 1,26 kg/l bei 20 °C
 - EnerSol T: 1,26 kg/l bei 25 °C
 - EnerSol: 1,28 kg/l bei 25 °C

Zugelassene Toleranz im Betrieb: $\pm 0,01$ kg/l

5.2 Inbetriebsetzung von ungefüllten und geladenen (trockenen, vorgeladenen) Zellen / Blöcken

5.2.1 Allgemeines

- Die Inbetriebsetzung erfolgt, indem die Zellen bzw. Blöcke mit Schwefelsäure der vorgesehenen Dichte gefüllt werden.

Füllsäuredichten:

- GroE: 1,21 kg/l bei 20 °C
- OPzS, OPzS-Block, Energy Bloc, OGi ≤ 250 Ah: 1,23 kg/l bei 20 °C
- OPzS-Solar: 1,23 kg/l bei 25 °C
- OCSM, OGi ≥ 260 Ah: 1,25 kg/l bei 20 °C
- EnerSol T: 1,25 kg/l bei 25 °C
- EnerSol: 1,27 kg/l bei 25 °C

Die Standzeit nach dem Befüllen ist mindestens 2 Stunden, damit das Plattenmaterial durchgängig aktiviert ist. Je nach Gesamtzahl der Zellen

ist an mindestens 4 bis 8 Zellen (Pilotzellen) die Temperatur und die Elektrolytdichte zu messen und im Inbetriebsetzungsbericht zu notieren.

- Die Verschlussstopfen bleiben bei undurchsichtigen Gefäßen geöffnet, um zu beobachten, ob gegen Ende der Ladung alle Zellen gleichmäßig gasen. Es ist wichtig, dass die erste Ladung vollständig durchgeführt wird. Dies ist nur bei einer Ladespannung größer 2,35 V/Zelle möglich. Unterbrechungen sind möglichst zu vermeiden. Die Inbetriebsetzung ist im Inbetriebsetzungsbericht zu protokollieren.
- Während der Inbetriebsetzung sind an den Pilotzellen die Zellenspannung und nach Abschluss der Inbetriebsetzung an allen Zellen die Zellenspannung, die Elektrolytdichte und die Temperatur zu messen und im Inbetriebsetzungsbericht mit der Zeitangabe zu protokollieren.
- Die Elektrolyttemperatur darf 55 °C nicht überschreiten. Gegebenenfalls ist das Laden zu unterbrechen.

5.2.2 Inbetriebsetzungsladung mit konstantem Strom / konstanter Spannung (IU-Kennlinie)

Es ist eine Ladespannung von (2,35 - 2,4) V / Zelle erforderlich. Der Ladestrom zu Beginn der Ladung sollte mindestens 5 A je 100 Ah C₁₀ betragen. Die Elektrolytdichte steigt während der Ladung nur langsam an. Daher kann die Ladezeit bis zum Erreichen einer minimalen Elektrolytdichte entsprechend Nennelektrolytdichte minus 0,01 kg/l mehrere Tage dauern. Danach ist auf die Erhaltungsladespannung gemäß Gebrauchsanweisung umzuschalten. Die Dichte des Elektrolyten steigt während des Betriebes auf den Nennwert an.

5.2.3 Inbetriebsetzungsladung mit konstantem (I-Kennlinie) oder fallendem Strom (W-Kennlinie)

Die maximal zulässigen Ströme sind der nachfolgenden Tabelle 4 zu entnehmen:

Kennlinie	Ladestrom pro 100 Ah C ₁₀
I-Kennlinie	5,0 A
W-Kennlinie bei: 2,0 V / Zelle	14 A
2,4 V / Zelle	7,0 A
2,65 V / Zelle	3,5 A

Tab. 4: Kennlinien
und Ladeströme

Es ist so lange zu laden, bis alle Zellen eine Spannung von mindestens 2,6 V erreicht haben, die Elektrolytdichte bei allen Zellen auf den Nennwert $\pm 0,01$ kg/l angestiegen ist und diese Werte während weiterer 2 Stunden nicht mehr steigen. Danach ist auf die Erhaltungsladespannung gemäß 6.1 umzuschalten (siehe auch Gebrauchsanweisung).

5.2.4 Erweiterte Inbetriebsetzungsladung

- Durch längere Lagerung oder durch klimatische Einflüsse (Feuchtigkeit, Temperaturschwankungen) verringert sich der Ladezustand der Zellen. Dadurch wird eine erweiterte Inbetriebsetzungsladung nach folgendem Ablauf erforderlich:
 - Laden mit 15 A je 100 Ah C₁₀ bis 2,4 V / Zelle erreicht sind (ca. 3-5 Stunden),
 - 14 Stunden laden mit 5 A je 100 Ah C₁₀ (Spannung übersteigt 2,4 V/Zelle),
 - Eine Stunde Pause,
 - 4 Stunden laden mit 5 A je 100 Ah C₁₀.
- Die letzten beiden Punkte sind so oft zu wiederholen, bis alle Zellen eine Spannung von mindestens 2,6 V erreicht haben, die Elektrolytdichte bei allen Zellen auf den Nennwert $\pm 0,01$ kg/l angestiegen ist und diese Werte während weiterer 2 Stunden nicht mehr steigen. Danach ist auf die Erhaltungsladespannung gemäß 6.1 umzuschalten (siehe auch Gebrauchsanweisung).
- Im Falle eines erforderlichen Kapazitätstests, z.B. für eine Abnahme vor Ort, ist die Batterie vor dem Test ≥ 8 Stunden mit der Erhaltungsladespannung zu laden.

5.3.2 Betriebselektrolyt

Für Betriebselektrolyt gelten die Maximalwerte der nachfolgenden Tabelle 6.

Lfd. Nr.	Verunreinigungen	mg/l ⁽²⁾ max.
1	Platinmetalle	n.n ¹⁾
2	Rhenium	n.n ¹⁾
3	Kupfer	n.n ¹⁾
4	Tellur und Selen	einzel 1,0
5	Sonstige Metalle der Schwefelwasserstoffgruppe außer Blei, z.B. Arsen, Wismut,	einzel zusammen 3,0 6,0
6	Antimon	
	a) Gro-, GroE-, OGi-Zellen	3
	b) GiS-, PzS-, OPzS-Zellen	10
7	Mangan, Chrom, Titan, Nickel	einzel 0,2
8	Eisen	100
9	Sonstige Metalle der Ammoniumsulfidgruppe außer Aluminium und Zink, z.B. Kobalt,	einzel zusammen 1,0 2,0
10	Halogene berechnet als Chlorid	
	a) Gro-, GroE-, OGi-, OPzS-Zellen	50
	b) GiS-, PzS-Zellen	500
11	Stickstoff in Form von Nitrat	10
12	Stickstoff in anderer Form z.B. Ammoniak	50
13	Flüchtige organische Säuren berechnet als Essigsäure	30
14	Oxidierbare organische Substanzen berechnet als KMnO ₄ -Verbrauch	50

¹⁾ Diese Metalle bleiben praktisch vollständig an der negativen Elektrode abgeschieden.

Bei Einwirkung dieser Schadstoffe wird eine erhöhte Selbstentladung festgestellt.

²⁾ Es ist nicht möglich, allgemeingültige Grenzwerte für Metall festzulegen. Die batterietechnisch schädlichen Gehalte sind u.a. abhängig von Typ, Alter und Betriebsbedingungen der Zelle.

Tab. 6: Zulässige Verunreinigung verdünnter Schwefelsäure als Betriebselektrolyt für Bleibatterien im Dichtebereich $\leq 1,30$ kg/l ([5])

5.3.3 Nachfüllwasser

Das Nachfüllwasser ist gereinigtes Wasser (max. Leitfähigkeit 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$), für welches die Maximalwerte der nachfolgenden Tabelle 7 gelten.

Lfd. Nr.	Verunreinigungen	mg/l max.
1	Eindampfrückstand	10
2	Oxidierbare organische Substanzen, berechnet als KMnO_4 -Verbrauch	20
3	Metalle der Schwefelwasserstoffgruppe (Pb, Sb, As, Sn, Bi, Cu, Cd)	
	je Element einzeln	0,1
	zusammen	0,5
4	Metalle der Ammoniumsulfidgruppe (Fe, Co, Ni, Cu, Cr)	
	je Element einzeln	0,1
	zusammen	0,5
5	Halogene, berechnet als Chlorid	0,5
6	Stickstoff in Form von Nitrat	2,0
7	Stickstoff in anderer Form, z.B. Ammoniak	40

Tab. 7: Chemische Anforderungen an gereinigtes Wasser ([5]).
Die angegebenen Werte dürfen nicht überschritten werden.

5.3.4 Mischen von Schwefelsäure zu Füllsäure

Beim Mischen von konzentrierter Schwefelsäure muss mit einer starken Wärmeentwicklung gerechnet werden. Daher dürfen keine Glasgefäße, sondern nur Hartgummi- oder wärmebeständige Kunststoffgefäße zum Mischen verwendet werden.

Der notwendige Elektrolyt zum Füllen von trocken vorgeladenen Zellen wird durch Mischen von gereinigtem (entmineralisiertem / vollentsalztem) Wasser mit Schwefelsäure einer Dichte von z. B. 1,71 kg/l hergestellt. Hierbei ist größte Vorsicht geboten. Die Schwefelsäure darf nur in einem dünnen Strahl unter ständigem Umrühren dem gereinigten Wasser zugegeben werden. Es darf niemals in umgekehrter Reihenfolge verfahren

werden, d. h. gereinigtes Wasser in die konzentrierte Schwefelsäure gegossen werden. **Ansonsten besteht Explosionsgefahr!**

Um die genaue Menge Elektrolyt mit der gewünschten Dichte zu erhalten, entnimmt man die Werte der Abb. 3.

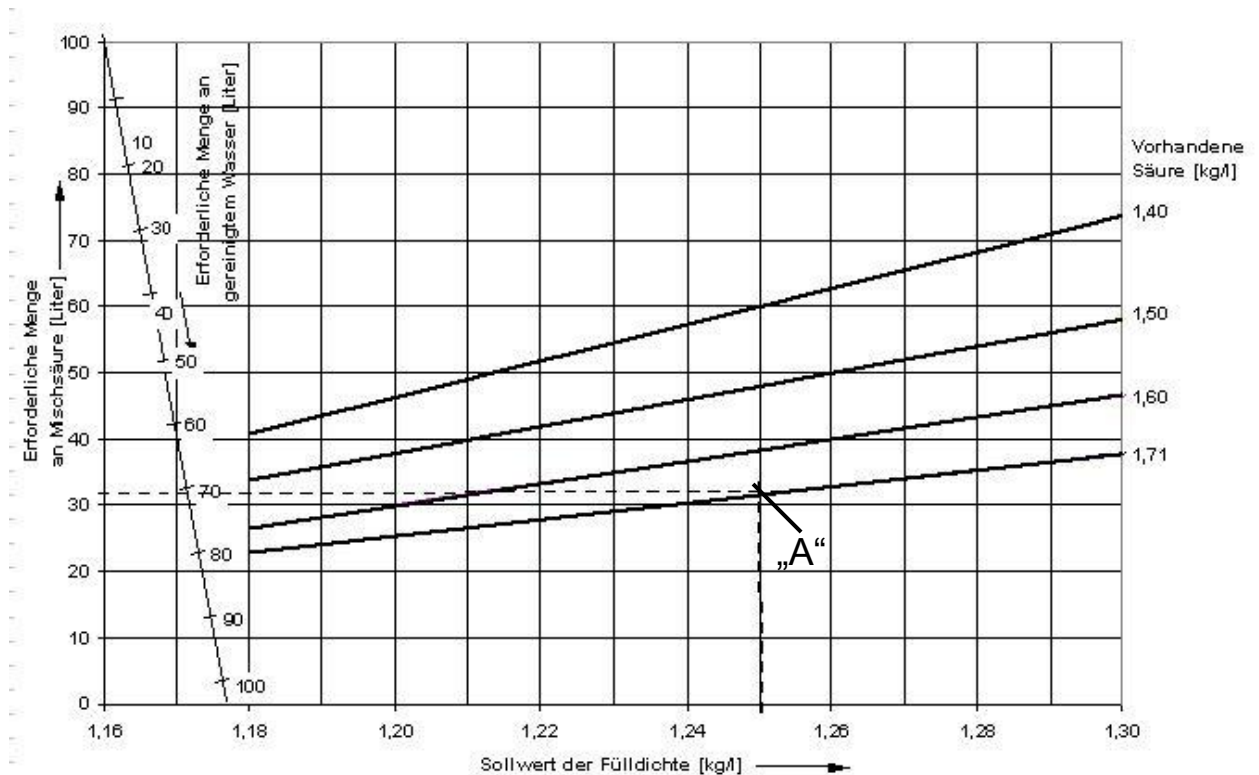


Abb. 3: Mischsäure- und Wassermenge versus Sollwert der Füllsäuredichte

Beispiel:

Es werden 40 Liter Füllsäure mit einer Dichte von 1,25 kg/l benötigt. Vorhanden ist Schwefelsäure mit einer Dichte von 1,71 kg/l.

In dem Diagramm Abb. 3 ermittelt man den Punkt "A" an dem Schnittpunkt der senkrechten Achse bei 1,25 kg/l "Sollwert der Füllsäuredichte" und der geneigten Achse 1,71 kg/l "Vorhandene Säure".

Bildet man die Waagerechte von Punkt "A" zur y-Achse, erhält man die Schnittpunkte 71 Liter "Erforderliche Menge an gereinigtem Wasser" und 32 Liter "Erforderliche Menge Füllsäure".

Diese Mengen 71 Liter gereinigtes Wasser
+ 32 Liter Schwefelsäure der Dichte 1,71 kg/l

ergeben, bedingt durch Kontraktion, 100 Liter Elektrolyt mit einer Dichte von 1,25 kg/l.

Die im Diagramm Abb. 3 angegebenen Mengen sind auf 100 Liter und 20 °C bezogen.

Für die 40 Liter Füllsäure benötigt man:

$$\begin{aligned} 0,4 \cdot 71 \text{ Liter} &= 28,4 \text{ Liter gereinigtes Wasser} \\ + 0,4 \cdot 32 \text{ Liter} &= 12,8 \text{ Liter Säure mit einer Dichte von } 1,71 \text{ kg/l.} \end{aligned}$$

Die Dichte hängt von der Temperatur ab (Abb. 4), siehe auch 6.10.

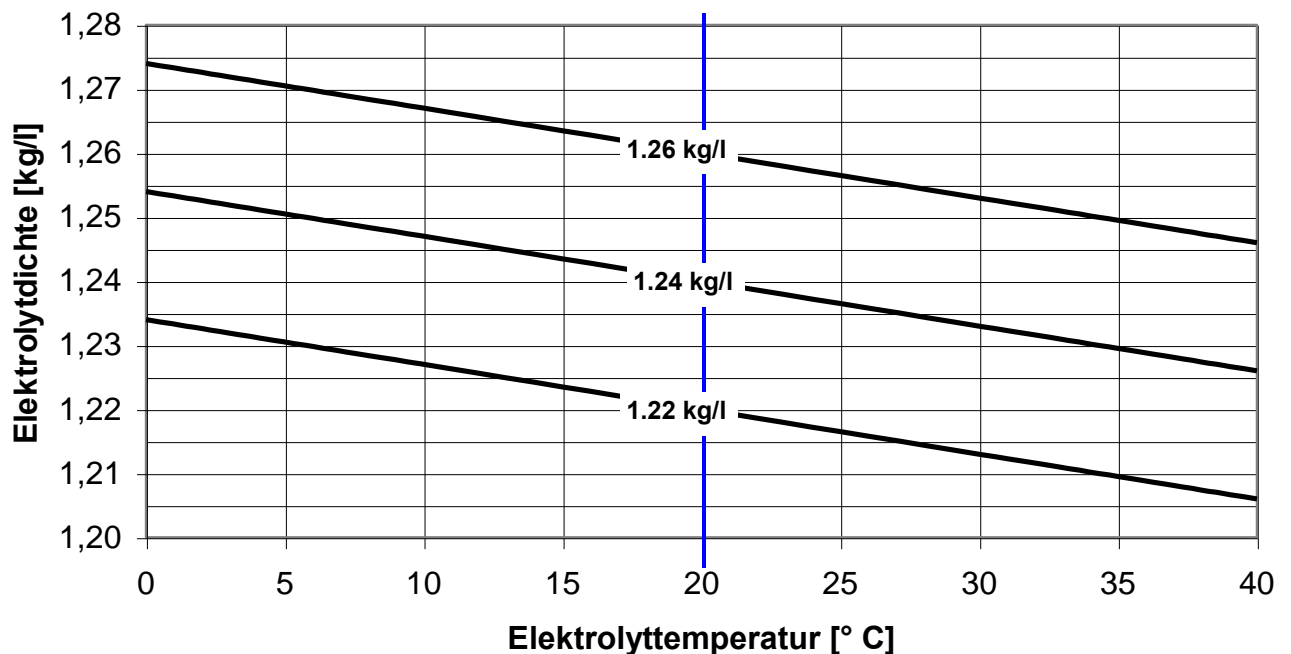


Abb. 4: Elektrolytdichte versus Elektrolyttemperatur

5.3.5 Korrektur der Betriebselektrolytdichte

Durch z.B. falsche Befüllung kann eine Korrektur der Betriebselektrolytdichte notwendig werden. Dabei müssen zwei Fälle unterschieden werden:

Fall A: Die gemessene Elektrolytdichte ist bei Nenntemperatur und Nennelektrolytstand zu hoch.

$$x = \frac{(b - a) \cdot 1000}{b - 1}$$

Fall B: Die gemessene Elektrolytdichte ist bei Nenntemperatur und Nennelektrolytstand zu niedrig.

$$y = \frac{(a - b) \cdot 1000}{c - b}$$

mit

x = durch Wasser zu ersetzende Elektrolytmenge in cm³/l

y = durch Säure höherer Dichte zu ersetzende Elektrolytmenge in cm³/l

a = kg/l H₂SO₄ der gewünschten Dichte

b = kg/l H₂SO₄ der gemessenen Dichte

c = kg/l H₂SO₄ der zur Richtigstellung benutzten Säure höherer Dichte

6. Betrieb

6.1 Erhaltungsladespannung und -strom

- Innerhalb eines Betriebstemperaturbereiches von 10 °C bis 30 °C ist eine temperaturbezogene Anpassung der Ladespannung nicht nötig. Liegt die Betriebstemperatur ständig außerhalb dieses Bereiches, ist die Ladespannung entsprechend Abb. 5 und 6 anzupassen.

Die Erhaltungsladespannung muss wie folgt eingestellt werden. Hierbei müssen die Volt pro Zelle, multipliziert mit der Anzahl der Zellen, an den Endpolen der Batterie gemessen werden:

2,23 V/Z für OPzS, OPzS-Block, OPzS Solar, OGi, Energy Bloc, GroE;
2,25 V/Z für OCSM, EnerSol T;
2,27 V/Z für EnerSol.

Alle Ladevorgänge (Erhaltungs-, Stark-, Ausgleichsladen) müssen nach einer IU-Kennlinie mit Grenzwerten ausgeführt werden: I-Phase $\pm 2\%$, U-Phase $\pm 1\%$. Diese Grenzwerte entsprechen der Toleranz für Ladegeräte gemäß DIN 41773-1 [6]. Die Ladespannung soll auf die oben genannten Spannungswerte eingestellt bzw. korrigiert werden.

- Bei Montage in Schränken oder Trögen misst man die repräsentative Umgebungstemperatur in 1/3-Höhe. Der Temperatursensor sollte auf dieser Höhe im Zentrum angeordnet werden.
- Der Anbringungsort von Temperatursensoren hängt von deren Design ab. Die Messung soll entweder an den Polen (bei punkt- oder ösenförmigen Metallsensoren) oder auf dem Kunststoffgehäuse erfolgen (flache Sensoren oberhalb oder zentrisch auf einer Seite anbringen).
- Als Anhaltspunkt für den Vollladezustand kann folgende Faustformel gelten: Die Batterie ist vollgeladen, wenn sich der Restladestrom innerhalb 3 Stunden nicht mehr wesentlich ändert. Die Elektrolytdurchmischung kann wesentlich länger dauern und ist beendet, wenn die Nennelektrolytdichte gemessen werden kann.

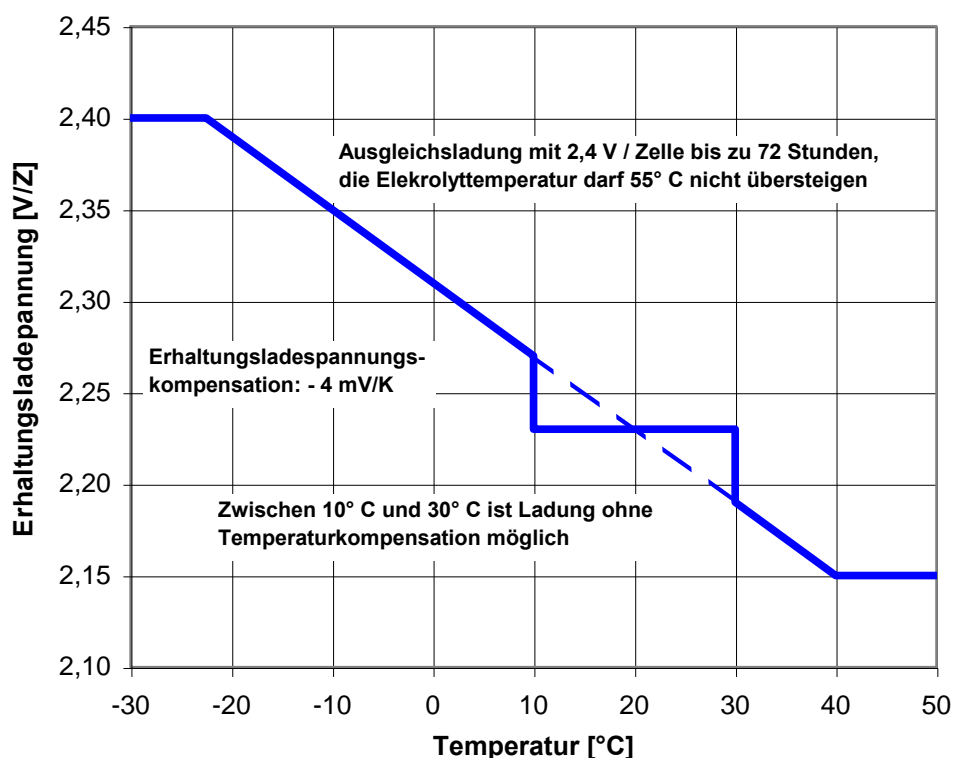


Abb. 5: Erhaltungsladespannung versus Temperatur für OPzS, OPzS Block, OPzS Solar, OGi, Energy Bloc, GroE

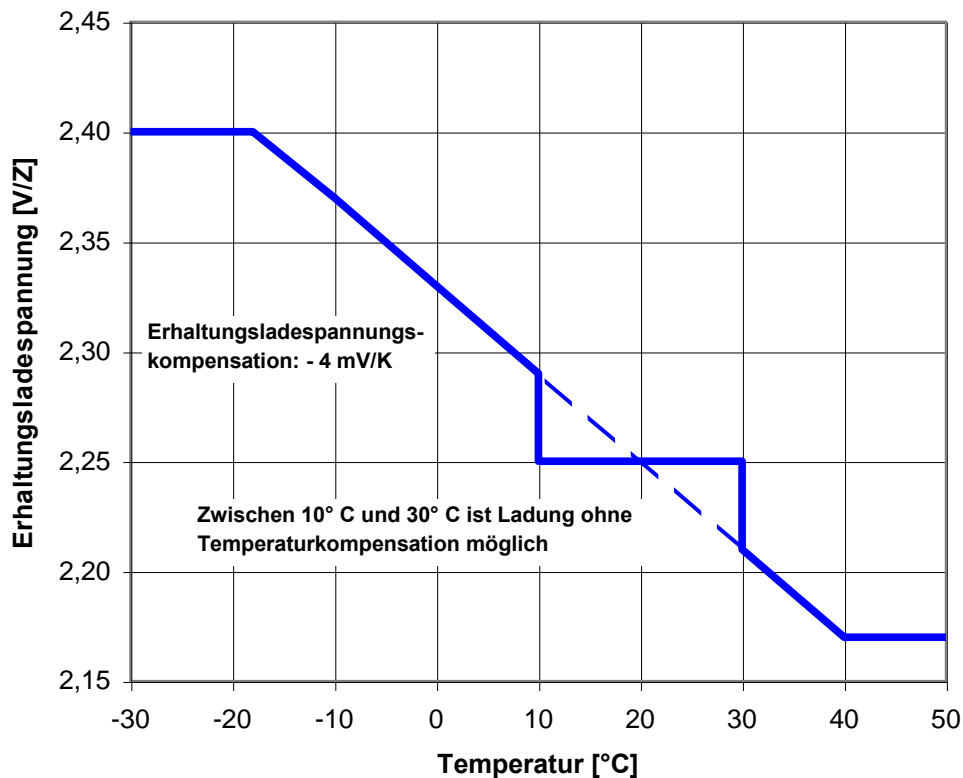


Abb. 6: Erhaltungsladespannung versus Temperatur für OCSM, EnerSol T

6.2 Überlagerter Wechselstrom

In Abhängigkeit von den elektrischen Geräten (z.B. Gleich- und Wechselrichter), deren Spezifikation und Ladekennlinie, können während der Ladung dem Gleichstrom Wechselströme überlagert sein.

Überlagerte Wechselströme und Rückkopplungen von den Verbrauchern können zusätzliche Erwärmung der Batterie und „Flaches Zyklisieren“ (d.h. Zyklisieren mit geringen Entladetiefen) bewirken und somit zur Verkürzung der Brauchbarkeitsdauer führen.

Mögliche Einflüsse können im Detail sein:

- Überladen und beschleunigte Korrosion,
- Wasserstoffherzeugung (Wasserverlust, Austrocknen),
- Kapazitätsabfall durch ungenügenden Ladefaktor.

Die Auswirkungen hängen von Amplitude, Frequenz und Wellenform des überlagerten Wechselstromes ab.

Beim Wiederaufladen bis $2,40 \text{ V/Z}$ darf der Effektivwert des Wechselstromes vorübergehend max. 10 A pro 100 Ah Nennkapazität C_{10} betragen. Im vollgeladenen Zustand während Erhaltungslade- oder Bereitschaftsparallelbetrieb soll der Effektivwert des überlagerten Wechselstromes so gering wie möglich aber nicht größer als 5 A pro $100 \text{ Ah } C_{10}$ sein (s. hierzu auch DIN EN 50272-2 [2]).

Wie kritisch der Einfluss des überlagerten Wechselstromes gerade im Hinblick auf die unterschiedlichen Bleibatteriesysteme „geschlossen“ und „verschlossen“ gesehen werden muss, zeigt das Merkblatt des ZVEI „Brauchbarkeitsdauer-Betrachtungen bei stationären Batterien“ ([7]) auf. Hier werden unterschiedliche Grenzen für den überlagerten Wechselstrom (Effektivwert) im Erhaltungslade- bzw. Bereitschaftsparallelbetrieb empfohlen:

Max. $2 \text{ A}/100 \text{ Ah } C_{10}$ für geschlossene Bleibatterien.

Max. $1 \text{ A}/100 \text{ Ah } C_{10}$ für verschlossene Bleibatterien.

Frequenzabhängig können die Effekte sein:

Bei > 30 Hz:

- Kein oder vernachlässigbarer Masseumsatz wegen zu schneller Richtungswechsel des Stromes, aber
- Erhöhung der Batterietemperatur,
- erhöhter Wasserverbrauch,
- beschleunigte Korrosion.

Bei < 30 Hz:

- Spürbarer Masseumsatz wegen langsamerer Richtungswechsel des Stromes und somit
- Mangelladung und
- Verschleiß durch Zyklisieren.

Mangelladung kann insbesondere dann auftreten, wenn die Anteile negativer Halbwellen die positiver übersteigen oder die Kurvenform in Richtung höherer Amplituden der negativen Halbwellen verzerrt ist. Ein

Anheben der Erhaltungsladespannung um ca. 0,01 bis 0,03 V/Zelle kann in solchen Fällen helfen. Dies sollte allerdings nur als vorübergehende Maßnahme angesehen werden.

Oberstes Anliegen sollte sein, zu hohe überlagerte Wechselströme bei der Konzeption der Geräte von vorn herein auszuschließen bzw. beim späteren Auftreten die Ursache schnell zu finden und abzustellen (z.B. defekter Kondensator).

6.3 Abweichung der Erhaltungsladespannung

- Die einzelnen Zellen- bzw. Blockspannungen dürfen innerhalb eines Stranges vom Durchschnittswert 2,23 bzw. 2,25 V/Z abweichen. Die folgende Tabelle 8 gibt einen Überblick über alle Batterietypen und deren Abweichungen vom Durchschnittswert unter Erhaltungsladebedingungen.

2 V-Zellen	4 V-Blöcke	6 V-Blöcke	10 V-Blöcke	12 V-Blöcke
+0,1/-0,05	+0,14/-0,07	+0,17/-0,09	+0,22/-0,11	+0,24/-0,12

Tab. 8: Zulässige Abweichung der Erhaltungsladespannung bei eingestelltem Mittelwert 2,23 bzw. 2,25 V/Z

Daraus resultieren die in Tabelle 9 dargestellten zulässigen Streubereiche.

	2 V	4 V	6 V	10 V	12 V
OPzS					
OGi					
Energy Bloc	2,18-2,33	4,39-4,60	6,60-6,86	11,04-11,37	13,26-13,62
GroE	2,18-2,33	--	--	--	--
OCSM	2,20-2,35	--	--	--	--

Tab. 9: Zulässiger Bereich der Erhaltungsladespannung in V. Bezugspunkt ist der vorgegebene Mittelwert 2,23 bzw. 2,25 V/Z gem. Kapitel 6.1.

6.4 Ladezeiten

- Die Konstantspannung-Konstantstrom-Lademethode (IU) ist die gebräuchlichste, um sehr lange Brauchbarkeitsdauern von geschlossenen Bleibatterien zu erreichen. Die folgenden Diagramme geben Richtwerte über erforderliche Zeiten zum Wiederaufladen einer Batterie bei Erhaltungsladespannung oder erhöhter Spannung (Starkladung) bis zu 2,40 V/Z (bei 20 °C) in Abhängigkeit von der Entladetiefe und dem Anfangsstrom.
- Wie die Diagramme zu interpretieren sind:

Bei Spannungen höher als Erhaltungsladespannung erfolgt bei Erreichen des eingestellten U-Konstantwertes ein automatisches Umschalten auf das niedrigere Erhaltungsladespannungsniveau.

Beispiel:

IU-Laden mit 2,40 V/Z. Wenn die Spannung 2,40 V/Z erreicht hat, erfolgt Umschaltung auf 2,23 V/Z bzw. 2,25 V/Z bei OCSM. Durch Beibehalten von 2,40 V/Z verkürzen sich die Wiederaufladezeiten deutlich.

Parameter: - Ladespannung 2,23, 2,30 und 2,40 V/Z,
- Ladestrom 0,5, 1,0, 1,5 und 2,0 • I₁₀,
- Entladetiefe (englisch: Depth of Discharge = DOD)
25, 50, 75 und 100% C₁₀

Die unterschiedlichen Entladetiefen wurden durch entsprechend unterschiedliche Entladeraten erreicht:

25%: 10 Minuten,
50%: 1 Stunde,
75%: 3 Stunden und
100%: 10 Stunden.

Höhere Ströme führen zu keinem bedeutenden Gewinn an Ladezeit. Niedrigere Ströme verlängern die Wiederaufladungszeit erheblich.

Abb. 7 und 8 sind Beispiele für die Interpretation der Diagramme. Eine Zusammenstellung aller verfügbaren Diagramme findet man im Anhang.

Abb. 7: 2,23 V/Z, $1 \cdot I_{10}$. Entladetiefe 50%. Wiederaufladung auf 80% verfügbare Kapazität innerhalb 4 Stunden. Die Vollladung dauert bis zu 48 Stunden.

Abb. 8: 2,40 V/Z, $1 \cdot I_{10}$. Wiederum Entladetiefe 50%. Die gleiche Batterie wäre wiederaufladbar auf 80% verfügbare Kapazität innerhalb 3,7 Stunden und voll aufladbar innerhalb 20 Stunden.

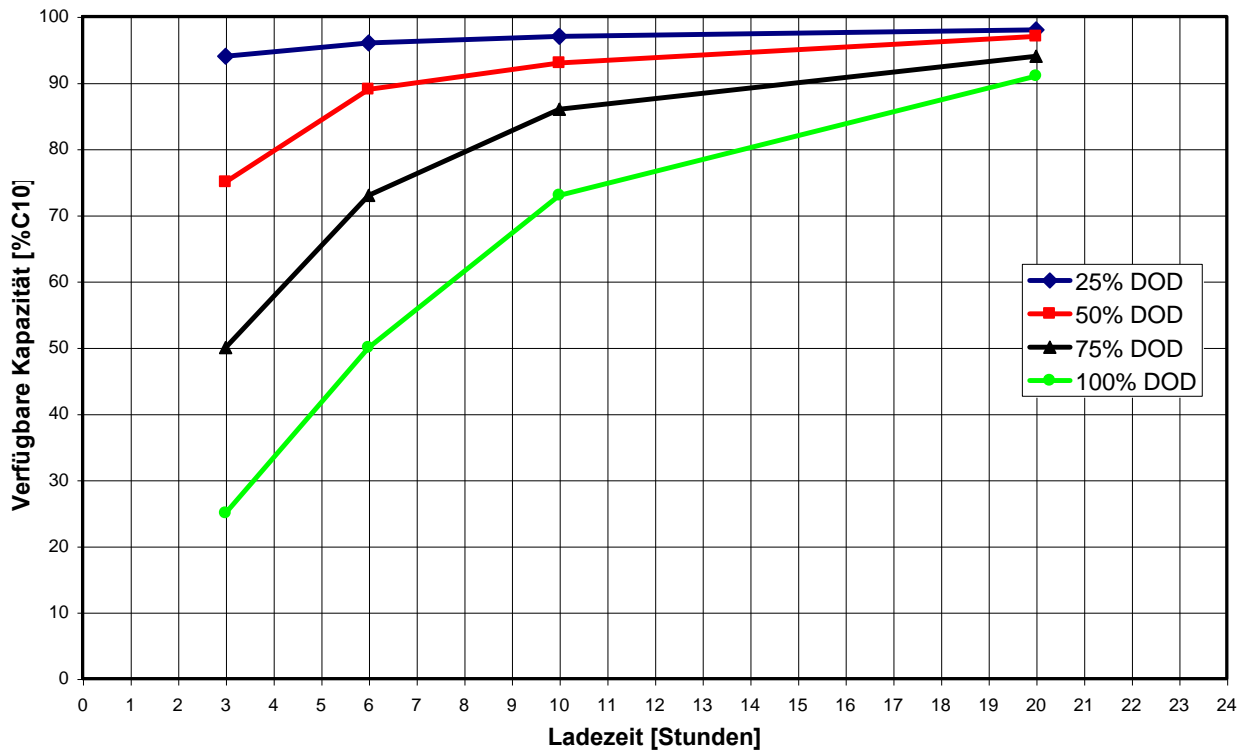


Abb. 7: Verfügbare Kapazität versus Ladezeit bei 2,23 V/Z, Ladestrom $1 \cdot I_{10}$, DOD = Entladetiefe

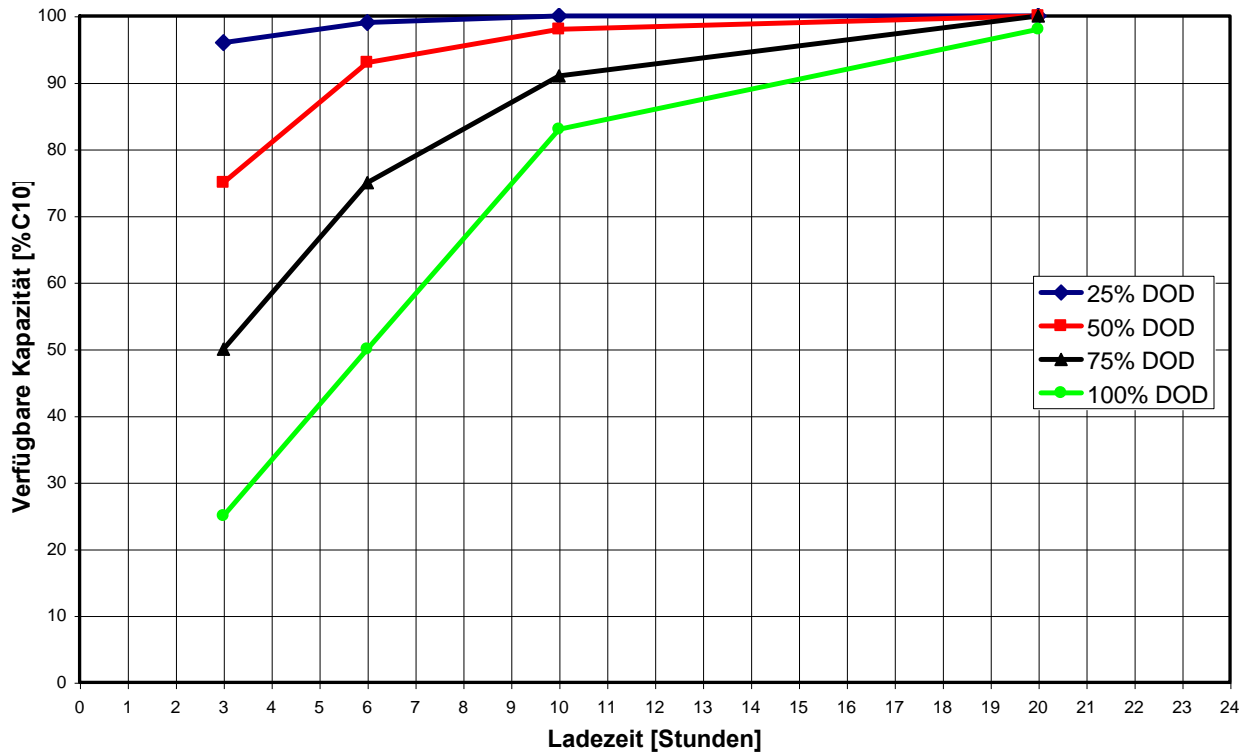


Abb. 8: Verfügbare Kapazität versus Ladezeit bei 2,40 V/Z, Ladestrom $1 \cdot I_{10}$, DOD = Entladetiefe

6.5 Wirkungsgrad der Wiederaufladung

6.5.1 Ah-Wirkungsgrad

Definition:

$$\text{Ah-Wirkungsgrad} = \frac{\text{Entladene Ah}}{\text{Wiedereingeladene Ah}}$$

Kehrwert = Ladefaktor (wiedereingeladene Ah / entladene Ah)

Übliche Ladefaktoren (vorgegebene Ladezeit z.B. 24 Stunden):

- 1,20 (10stündige Entladung)
- 1,25 (einstündige Entladung)
- 1,30 (10minütige Entladung)

$$\text{Ah-Wirkungsgrad} = 1/1,20 \dots 1/1,30 = 83\% \dots 77\%$$

Erklärungen:

Der notwendige Ladefaktor steigt mit steigender Entladerate (wobei die Entladetiefe sinkt). Das liegt daran, dass ohmsche Verluste und Wärmeentstehung für eine vorgegebene Ladezeit gleich sind, relativ gesehen.

6.5.2 Wh-Wirkungsgrad

Zusätzlich zum Punkt "Ah-Wirkungsgrad" müssen die Durchschnittsspannungen während Entladung und Ladung berücksichtigt werden.

Definition:

$$\text{Wh-Wirkungsgrad} = \frac{\text{Entladene Ah} \cdot \text{Durchschnittsspannung Entladung}}{\text{Wiedereingeladene Ah} \cdot \text{Durchschn.-Spannung Ladung}}$$

Beispiel:

Entladung: Batterie $C_{10} = 100 \text{ Ah}$

10h-Entladung mit $I_{10} \rightarrow$ entladen: $C_{10} = 100 \text{ Ah}$

(100% Entladetiefe)

Durchschnittsspannung Entladung bei C_{10} -Entladung: $2,0 \text{ V/Z}$

(abgeschätzt)

Wiederaufladung: IU-Laden $2,23 \text{ V/Z}$, $1 \cdot I_{10}$

Voraussichtliche Wiederaufladezeit (einschließlich Ladefaktor 1,20):

32 Stunden

Abschätzung der Durchschnittsspannung während Wiederaufladung:

Die Spannung steigt von $2,1 \text{ V/Z}$ auf $2,23 \text{ V/Z}$ innerhalb 9 Stunden \rightarrow durchschnittlich $2,16 \text{ V/Z}$.

Die Spannung ist konstant bei $2,23 \text{ V/Z}$ über $(32-9)$ Stunden = 23 Stunden.

Abgeschätzte Durchschnittsspannung während 32 Stunden: $2,21 \text{ V/Z}$

$$\text{Wh-Wirkungsgrad} = \frac{100 \text{ Ah} \cdot 2,0 \text{ V/Z}}{120 \text{ Ah} \cdot 2,21 \text{ V/Z}} = 0,754 = 75 \%$$

6.6 Ausgleichsladung

Möglicherweise wird hierbei die erlaubte Verbraucherspannung überschritten. Daher müssen geeignete Maßnahmen getroffen werden, z.B. Abschalten der Verbraucher.

Ausgleichsladungen sind erforderlich nach Tiefentladungen und/oder ungenügenden Ladungen, oder wenn die Spannungen einzelner Zellen oder Blöcke außerhalb der in der Tabelle 8 bzw. 9 in Kapitel 6.3 genannten Bereiche liegen.

Sie sind folgendermaßen durchzuführen:

- Bis zu 72 Stunden bei max. 2,40 V/Z.
- Der Ladestrom ist bis zum Erreichen von U-konstant unbegrenzt.
- Die Zellen- bzw. Blocktemperatur darf niemals über 55°C steigen. In diesem Fall muss die Ladung unterbrochen oder auf Erhaltungsladespannung heruntergeschaltet werden, um ein Absinken der Temperatur zu bewirken.

Classic-Solar-Batterien mit Systemspannungen ≥ 48 V

Alle ein bis drei Monate:

Methode 1: IUI

I-Phase = Bis zur Spannung von 2,35 bis 2,4 V/Z bei 20°C

U-Phase = Bis zum Umschalten bei einem Strom 1,2 A/100 Ah zur zweiten I-Phase

I-Phase = 1,2 A/100 Ah über 12 Stunden

Methode 2: IUI (Pulsen)

I-Phase = Bis zur Spannung von 2,35 bis 2,40 V/Z bei 20°C

U-Phase = Bis zum Umschalten bei einem Strom 1,2 A/100 Ah zur zweiten I-Phase (gepulst)

I-Phase = Laden mit 2 A/100 Ah über 8-12 Stunden mit Pulsen 15 min.
2 A/100 Ah und 15 min. 0 A/100 Ah.

Achtung: Verbraucher wegen ansteigender Spannung während zweiter I-konstant-Phase eventuell abklemmen!

6.7 Entladung, Kapazitätstests

6.7.1 Allgemeines

- Die dem Entladestrom zugeordnete Entladeschlussspannung der Batterie darf nicht unterschritten werden.
- Tiefere Entladungen dürfen nicht durchgeführt werden, es sei denn, dies wurde ausdrücklich mit GNB Industrial Power vereinbart.
- Nach jeder Entladung, also auch Teilentladung, muss die Batterie sofort wieder vollgeladen werden (s. Besonderheiten in Kapitel 6.8.2, Unterpunkte „Laden“ und „Betrieb im kontrollierten Teilladezustand“).

6.7.2 Kapazitätstests

- Es muss sichergestellt sein, dass die Batterie vor dem Kapazitätstest vollgeladen ist. Bei bereits in Betrieb befindlichen Batterien muss im Zweifel zuvor eine Ausgleichladung erfolgen.
- Geschlossene Bleibatterien werden gefüllt und geladen oder ungefüllt und geladen (trocken, vorgeladen) ausgeliefert. Bei Letzteren ist durch richtig ausgeführte Inbetriebsetzung in der Regel eine Vollladung sichergestellt.

Gefüllt und geladen gelieferte und neu errichtete Batterieanlagen weisen aber einen Kapazitätsmangel infolge Selbstentladung während Transport und Lagerung auf. Der Grad der Selbstentladung hängt von Dauer und Umgebungstemperatur ab. Eine Abschätzung ist nur grob über die Ruhespannung möglich. Deshalb ist gerade bei Abnahmen vor Ort unmittelbar nach Errichten der Anlage ein gezieltes Nachladen wichtig (siehe hierzu 5. „Inbetriebnahme“).

- Vor dem Kapazitätstest sollen nach Möglichkeit die Gesamt- und Einzelspannungen im Erhaltungsladebetrieb und im Leerlauf gemessen werden.
- Kapazitätstests sollen gemäß DIN EN 60896-11 [8] durchgeführt werden. Die Spannung an den Einzelzellen bzw. Blockbatterien soll entweder automatisch aufgezeichnet oder von Hand gemessen werden.

Im letzteren Fall sind die Werte mindestens nach 25%, 50% und 80% der voraussichtlichen Entladezeit aufzunehmen und danach in angemessenen Abständen, so dass auch die Entladeschlussspannung erfasst werden kann.

- Der Test soll beendet werden, wenn eines der folgenden Kriterien erfüllt ist, je nachdem, welches zuerst eintritt:
 - Die Batteriespannung hat $n \cdot U_S$ [V/Z] erreicht, mit n = Zellenanzahl pro Strang und U_S = Entladeschlussspannung pro Zelle.

Beispiel:

$U_S = 1,75$ V/Z, $n = 24$ Zellen,

Batteriespannung = 24 Zellen \cdot 1,75 V/Z = 42 V

- Die schwächste Zelle ist abgefallen auf
 $U_{\min} = \text{Entladeschlussspannung } U_S \text{ [V/Z]} - 0,2 \text{ V}$

Beispiel:

Entladeschlussspannung $U_S = 1,75$ V/Z. Die schwächste Zelle darf also haben: $U_{\min} = U_S - 0,2 \text{ V} = 1,55 \text{ V}$.

Einzelzellen und Blöcke müssen bei der Bewertung der niedrigsten zulässigen Spannung von verschiedenen Gesichtspunkten aus betrachtet werden, da im Falle von Blöcken die Statistik eine Rolle spielt. Daher ergeben sich hier folgende Berechnungsgrundlagen:

Niedrigste zulässige Spannung (U_{\min}) pro Einzelzelle:

$$U_{\min} = U_S \text{ [V/Zelle]} - 0,2 \text{ V}$$

Niedrigste zulässige Spannung (U_{\min}) pro Block:

$$U_{\min} = U_S \text{ [V/Block]} - \sqrt{n} \cdot 0,2 \text{ V}$$

(U_S = Entladeschlussspannung, n = Anzahl der Zellen)

Somit ergeben sich folgende Werte:

2 V	4 V	6 V	10 V	12 V
- 0,2	- 0,28	- 0,35	- 0,45	- 0,49

Tab. 10: Spannungstoleranzen am Ende der Entladung

Beispiel:

12 V-Blockbatterie

Entladeschlussspannung

$$U_S = 1,75 \text{ V/Z}$$

Entladeschlussspannung pro Block:

$$U_S = 10,50 \text{ V}$$

Berechnung: $10,50 \text{ V} - 0,49 \text{ V} = 10,01 \text{ V}$

Niedrigste zulässige Spannung pro Block: $U_{\min} = 10,01 \text{ V}$

- Für die Temperaturkorrektur des Testergebnisses ist die Anfangstemperatur entscheidend. Sie soll gem. DIN EN 60896-11 [8] zwischen 15 und 30 °C liegen.

Vorgehensweise:

Die Prüfung ergibt eine gemessene Kapazität

$$C [\text{Ah}] = I [\text{A}] \cdot t [\text{h}]$$

Die temperaturkorrigierte Kapazität $C_{\text{korr.}}$ [Ah] ergibt sich dann zu

$$C_{\text{korr.}} = \frac{C}{1 + \lambda (\vartheta - 20)} \quad \text{mit}$$

Temperaturkoeffizient $\lambda = 0,006$ bei Tests von $> C_3$ bzw.
 $0,01$ bei Tests von $\leq C_3$ und

Anfangstemperatur ϑ in °C.

- Bzgl. Häufigkeit durchzuführender Kapazitätstests gibt es keine festen Vorgaben. Der Nutzer kann selbst darüber befinden. Zu häufiges Testen macht allerdings kaum Sinn, weil das Ergebnis ohnehin nur den Augenblickszustand der Batterie widerspiegelt. Übertriebenes Testen könnte einem Zyklieren gleichkommen.

Nachfolgend ein Beispiel für eine denkbare Vorgehensweise bei einer OPzS-Batterie (Brauchbarkeitsdauer 15 – 20 Jahre bei 20 °C):

niedrigere Entladetiefen in höheren Zyklenzahlen. Siehe Abb. 9 bis 13 für nähere Angaben.

Die Zusammenhänge zwischen Entladetiefe und Zyklanzahl sind nicht immer exakt proportional. Sie hängen auch vom Verhältnis von Menge aktiver Masse zu Menge des Elektrolyten ab.

Bezüglich Temperatureinfluss auf die Zyklanzahl s. Kapitel 6.10.

Anmerkung:

Die Zyklenlebensdauer (Jahre, berechnet auf der Basis einer täglichen Entladung mit gegebener Entladetiefe) kann niemals die Brauchbarkeitsdauer im Erhaltungsladebetrieb übersteigen! Die Zyklenlebensdauer ist wegen nicht vorhersehbarer Einflüsse eher geringer.

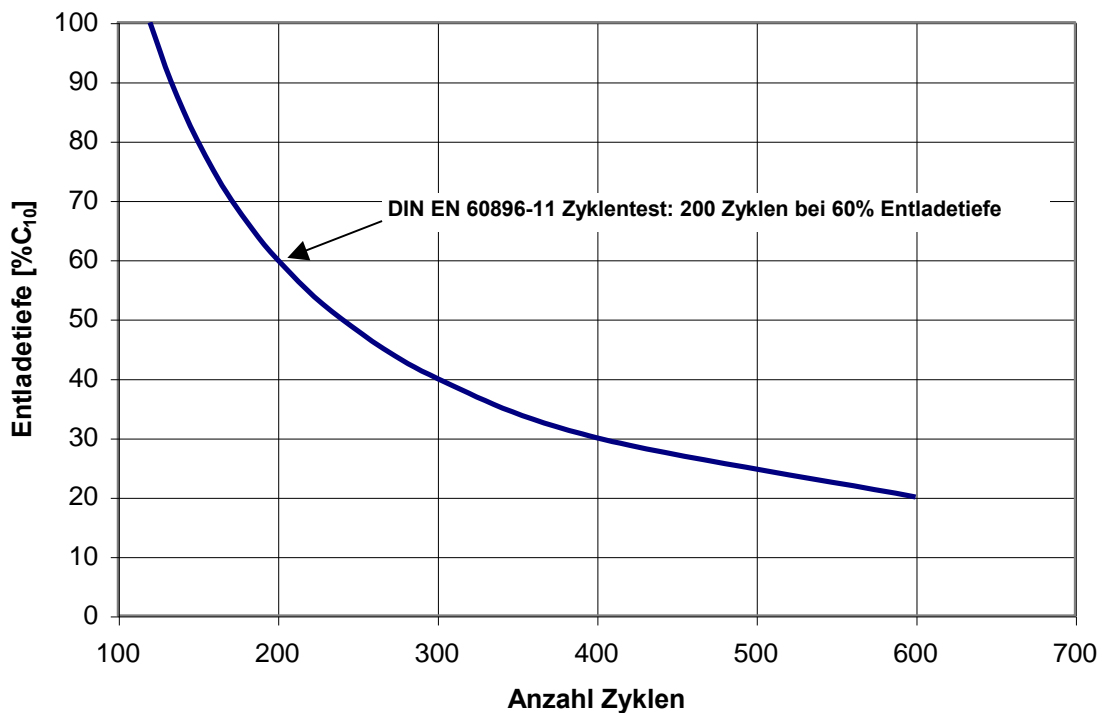


Abb. 9: GroE - Anzahl Zyklen versus Entladetiefe

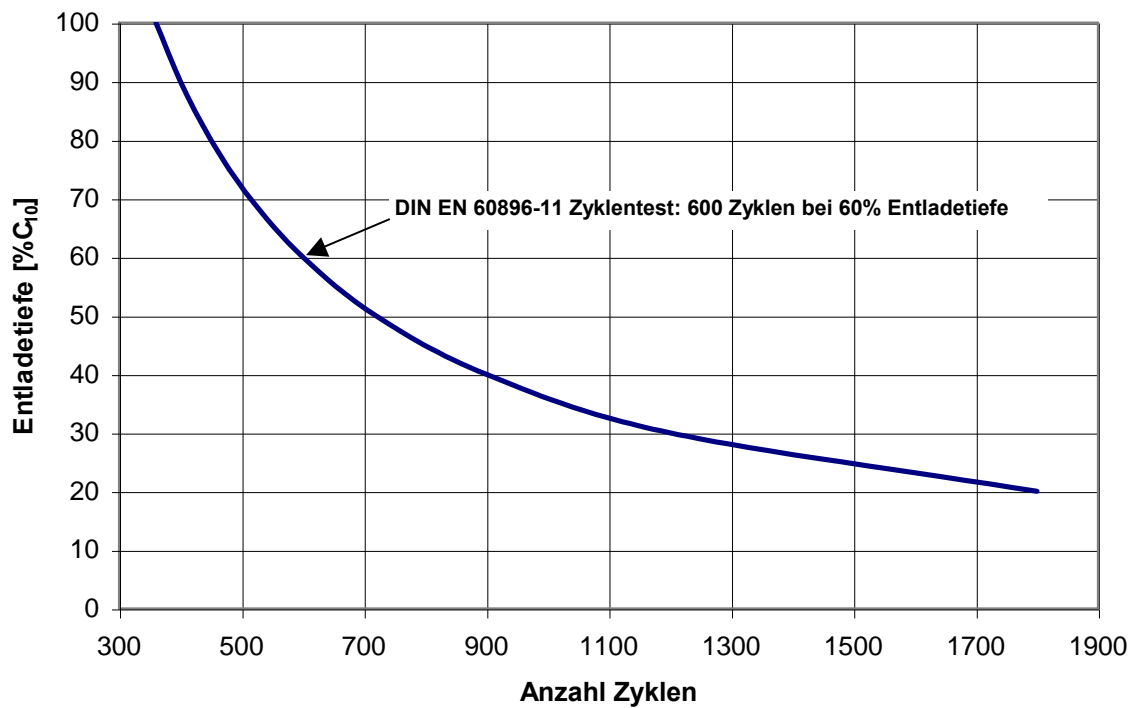


Abb. 10: OGi, Energy Bloc - Anzahl Zyklen versus Entladetiefe

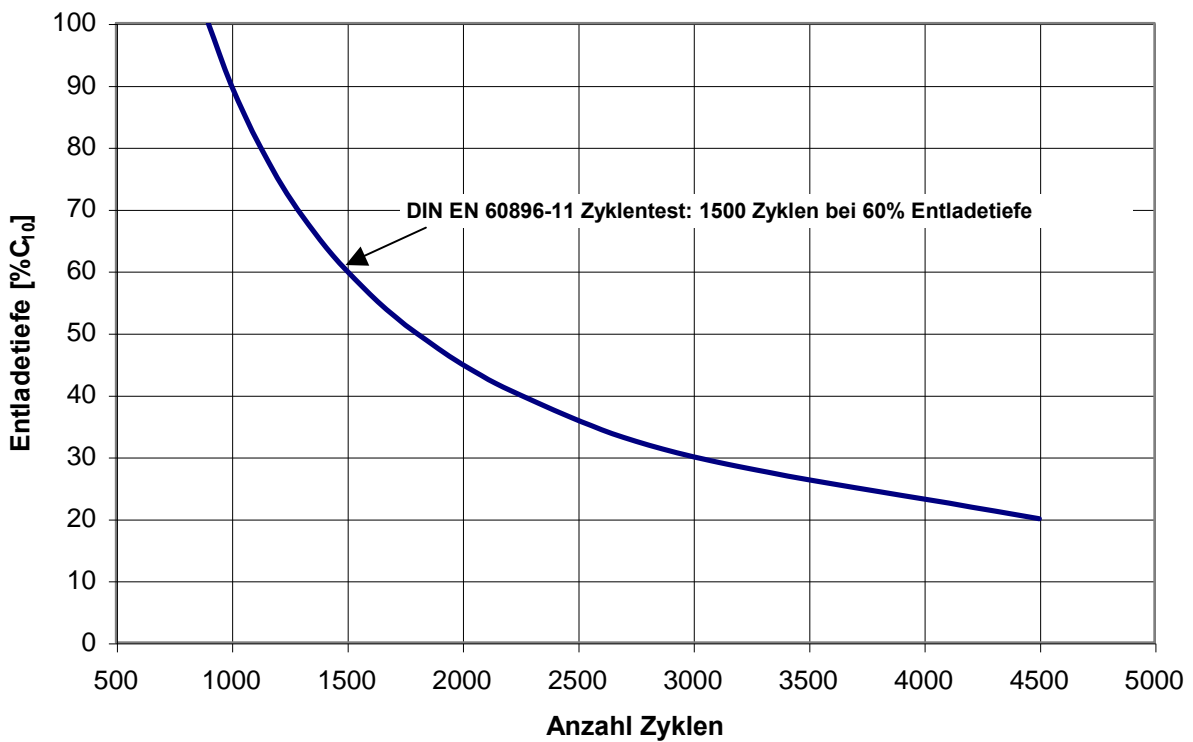


Abb. 11: OPzS, OPzS-Block, OCSM - Anzahl Zyklen versus Entladetiefe

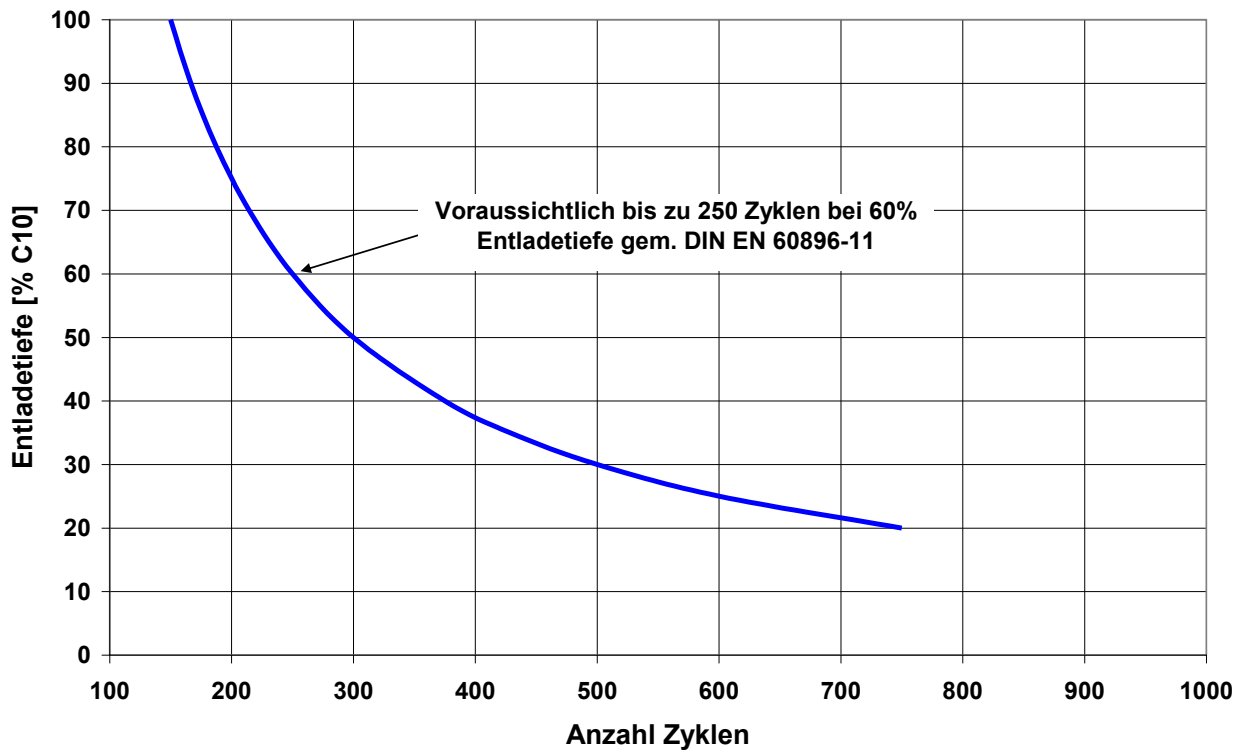


Abb. 12: EnerSol - Anzahl Zyklen versus Entladetiefe

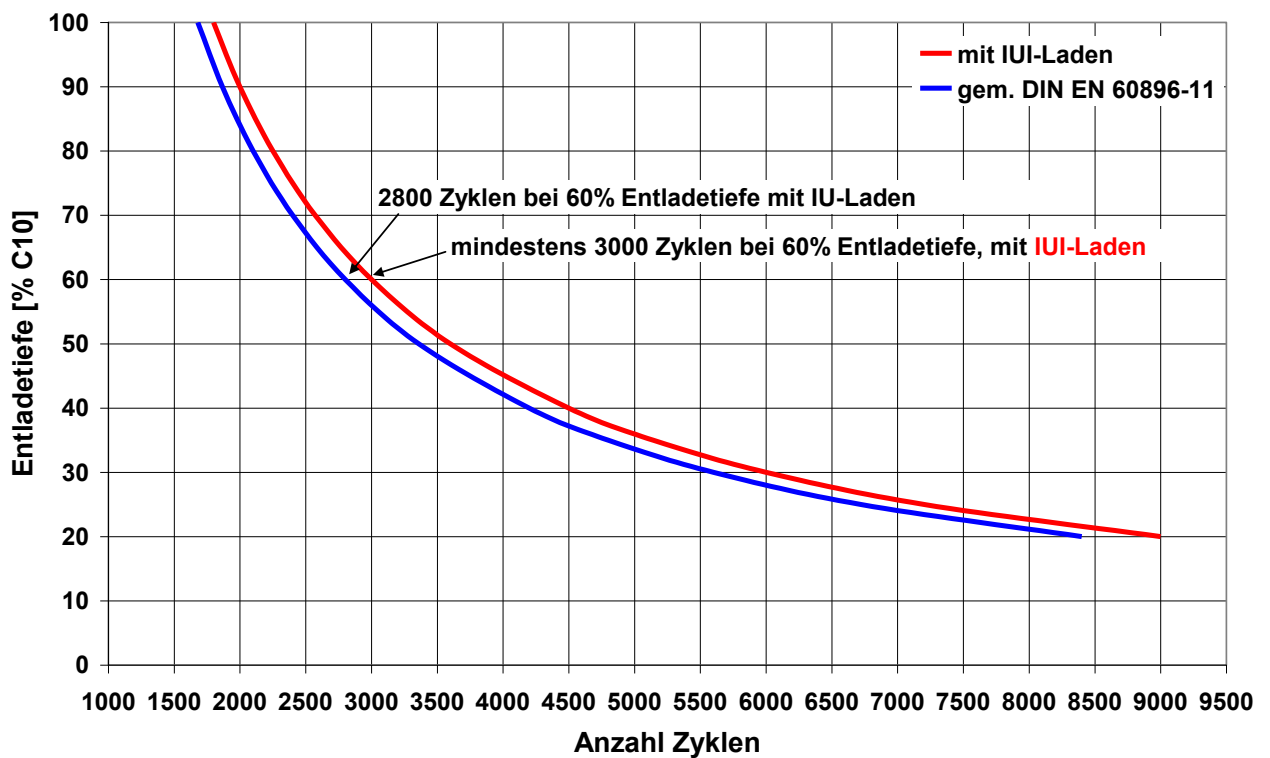


Abb. 13a: OPzS Solar-Zellen - Anzahl Zyklen versus Entladetiefe

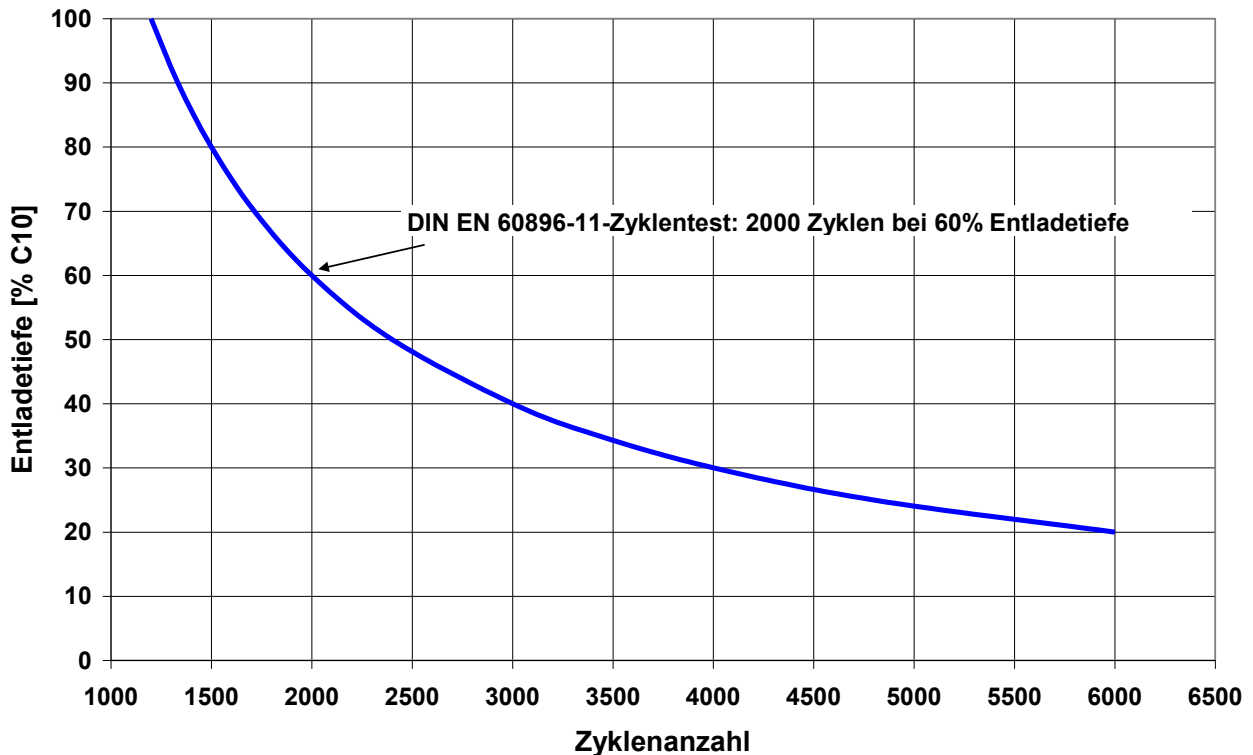


Abb. 13b: OPzS Solar-Blöcke, EnerSol T - Anzahl Zyklen versus Entladetiefe

6.8.2 Spezielle Überlegungen zu Classic-Solar-Batterien

- Solar-Modul(e)
 - Ausreichende Leistung zum Laden der Batterie ist wichtig.
 - Optimale Aufstellung realisieren (Kriterien u.a.: Ausrichtung, Neigungswinkel, Beschattung, mögliche Verschmutzung)
- Laderegler
 - Entwickelt für gesteuerte Überladung
 - Entwickelt zur Verhinderung von Tiefentladung
 - Optional mit Temperaturanpassung
 - Wichtig für Batterielebensdauer (z.B. Spannungseinstellungen)
- Batterieauslegung: Allgemeine Überlegungen
 - Spannungsfall minimieren

-
- Überdimensionierte Kabel benutzen
 - Batterie und Verbraucher nahe beim Solar-Modul
 - Ausreichend große Batterie wählen, um allen verfügbaren Solar-Strom zu speichern
 - Batterie belüften bzw. kühlen, um Speicherverluste und Lebensdauereinbuße durch Wärme zu mindern
 - Diesel-Aggregat für Starkladung vorhanden?
- Batterieauslegung: Details
 - Erforderliche Stunden/Tage Batteriereserve?
 - Entladeschlussspannung der Batterie?
 - Last/Profil: Momentaner, ständiger, parasitärer Strom?
 - Umgebungstemperatur: Maximal, minimal, Durchschnitt?
 - Laden: Spannung, verfügbarer Strom, Zeit ? „Balance“ zwischen entnommener und zurückgeladener Ampere-Stunden?
 - Optimale tägliche Entladung: $\leq 30\% C_{10}$, typisch 2 bis $20\% C_{10}$
 - Empfohlene maximale Entladetiefe bei Langzeitentladungen ≥ 48 h: 80%. Dies entspricht einem Zuschlag von 25% auf die errechnete Kapazität z.B. C_{100} oder C_{120} .
Ein Zuschlag von 25 % wird ebenfalls empfohlen, wenn mehr als C_3 entnommen wird und die Solar-Energie zum Aufladen unzureichend ist und andere Quellen, z.B. Diesel-Generator, nicht verfügbar sind.
- Batterieauslegung: Leitfaden
 - Standard IEEE P1013/D3, April 1997 [9] einschließlich Arbeitsblatt und Beispiel
- Batterieauslegung: Zusammenfassung
 - System muss gut durchdacht sein.
 - System muss die Erwartungen über das gesamte Jahr erfüllen!
 - Richtiges System-Design Modul-Laderegler-Batterie!
 - Verbrauch und Sonneneinstrahlung müssen im Gleichgewicht sein (wie viele Stunden/Tage im Sommer/Winter)?
 - Gesamtes System mit möglichst wenig Wartungsaufwand, besonders in entlegenen Gegenden
- Temperaturdifferenz

Die Batterieaufstellung muss so erfolgt sein, dass Temperaturdifferenzen zwischen einzelnen Zellen/Blöcken 10 Grad Celsius (Kelvin) nicht übersteigen.

- Laden

Das Laden von Classic-Solar-Batterien soll gem. der dazugehörigen Gebrauchsanweisung erfolgen.

Bedingt durch saisonale oder andere Umstände müssen Solar-Batterien auch in Ladezuständen kleiner als 100% betrieben werden können, z.B. (gemäß IEC 61427 [10]):

Sommer: 80 bis 100% Ladezustand

Winter: bis zu 20% Ladezustand hinunter.

Wenn nicht mindestens monatlich einmal die Nennsäuuredichte erreicht wird, muss entweder die Ladespannung erhöht werden oder eine Ausgleichsladung erfolgen.

Insgesamt entspricht dies Betrieb im unkontrollierten Teilladezustand. Die gem. DIN EN 60896-11 [8] ausgewiesenen Zyklenzahlen werden dadurch unter Umständen nicht erreicht.

- Betrieb im kontrollierten Teilladezustand

(„kontrollierter Teilladezustand“ im Engl.: controlled partial state of charge („cPSOC“))

Die Zyklenanzahl kann im täglichen Betrieb im Teilladezustand erhöht werden, wenn außer der Installations- und Gebrauchsanweisung und einer max. Entladetiefe von 80 % C_{10} die folgenden Bedingungen eingehalten werden:

1. Bei täglicher Wiederaufladung bis 90 % C_{10} nach Entladung:

Mindestens wöchentlich: Vollladung plus Ausgleichsladung bei 2,4 V/Z für mindestens 12 h (besser 24 h) und einem Strom von mindestens 20 A/ 100 Ah C_{10} (max. 35 A/ 100 Ah C_{10}).

2. Bei täglicher Wiederaufladung bis 95 % C_{10} nach Entladung:

Mindestens alle 2 Wochen: Vollladung plus Ausgleichladung bei 2,4 V/Z für mindestens 12 h (besser 24 h) und einem Strom von mindestens 20 A/ 100 Ah C_{10} (max. 35 A/ 100 Ah C_{10}).

Die regelmäßige Vollladung zuzüglich Ausgleichladung ist notwendig, um Sulfatierung zu überwinden und die Batterie wieder in einen optimalen Ausgangszustand zu bringen. Die Zyklenlebensdauer wird im Hinblick auf die veröffentlichten Zyklenzahlen gem. DIN EN 60896-11 [8] erhöht, weil lebensdauerermindernde Effekte, insbesondere Korrosion der positiven Platten, reduziert werden.

6.9 Innenwiderstand R_i

- Der Innenwiderstand R_i wird gemäß DIN EN 60896-11 [8] bestimmt. Er ist ein wichtiger Parameter beim Auslegen von Batterien. Zum Beginn der Entladung muss insbesondere bei Entladeraten ≤ 1 h ein merklicher Spannungsfall berücksichtigt werden.
- Der Innenwiderstand R_i hängt von der Entladetiefe und der Temperatur ab, wie nachfolgend in den Abb. 14 und 15 dargestellt. Hierbei stellt der R_i -Wert bei 20 °C und 0% Entladetiefe (Vollladezustand) die Basis dar (R_i -Faktor = 1). Der R_i -Basiswert ist dem jeweiligen Katalog zu entnehmen.

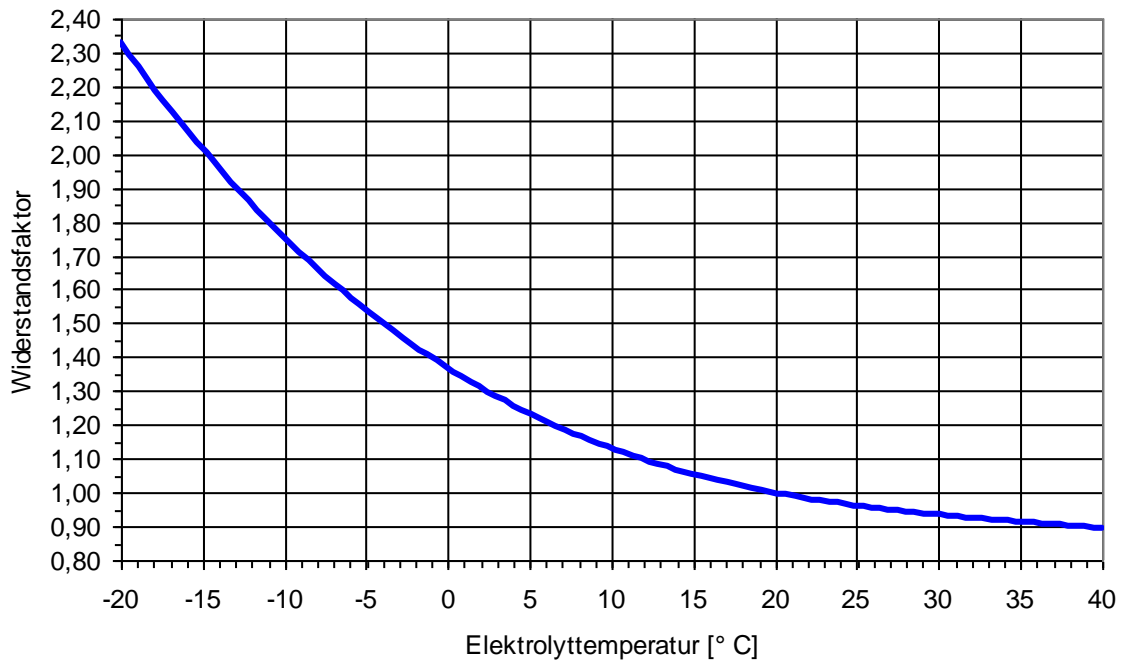


Abb. 14: R_i -Widerstandsfaktor versus Elektrolyttemperatur

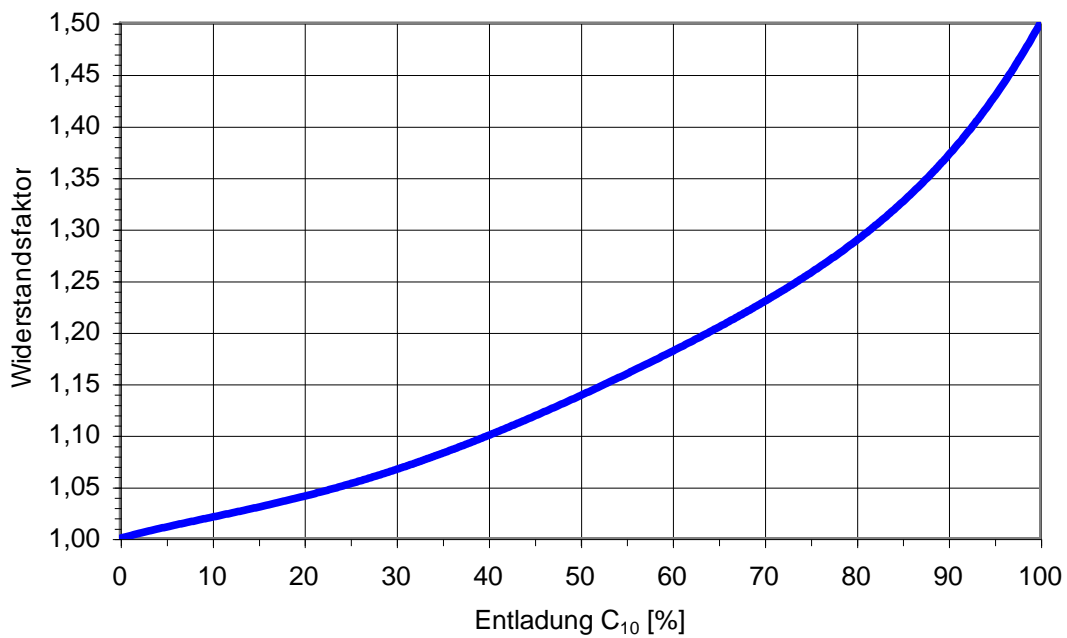


Abb.15: R_i -Widerstandsfaktor versus Entladetiefe (DOD)

6.10 Temperatureinfluss

Das Design von geschlossenen Bleibatterien erlaubt den Einsatz in einem weiten Temperaturbereich von -20 °C bis $+55\text{ °C}$.

6.10.1 Temperatureinfluss auf die Elektrolytdichte

Die Elektrolytdichte ist temperaturabhängig. Höhere Temperaturen verringern, tiefere Temperaturen erhöhen die Elektrolytdichte. Der entsprechende Koeffizient beträgt $-0,0007\text{kg/l je K}$ (vergleiche 5.3).

Unterhalb ca. -5 °C besteht in Abhängigkeit von der Entladetiefe das Risiko des Einfrierens des Elektrolyten, siehe Abb. 16.

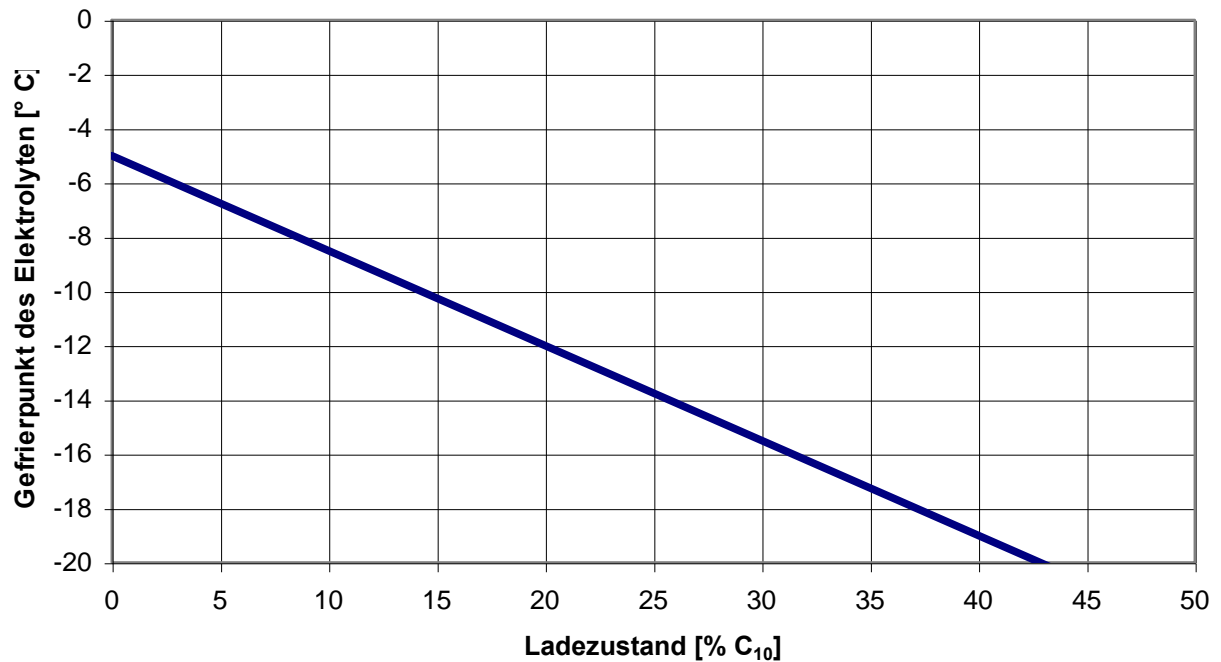


Abb. 16: Gefrierpunkt des Elektrolyten versus Ladezustand

6.10.2 Temperatureinfluss auf Kapazität, Brauchbarkeitsdauer und Haltbarkeit in Zyklen

- 20 °C (25 °C für „Classic-Solar“) ist die Nenntemperatur und die optimale Temperatur in Bezug auf Kapazität und Brauchbarkeitsdauer. Tiefere Temperaturen verringern die verfügbare Kapazität und verlängern die Wiederaufladezeit. Höhere Temperaturen verringern die Brauchbarkeitsdauer und die Anzahl der Zyklen.
- Die Batterietemperatur beeinflusst die verfügbare Kapazität entsprechend Abb. 17.

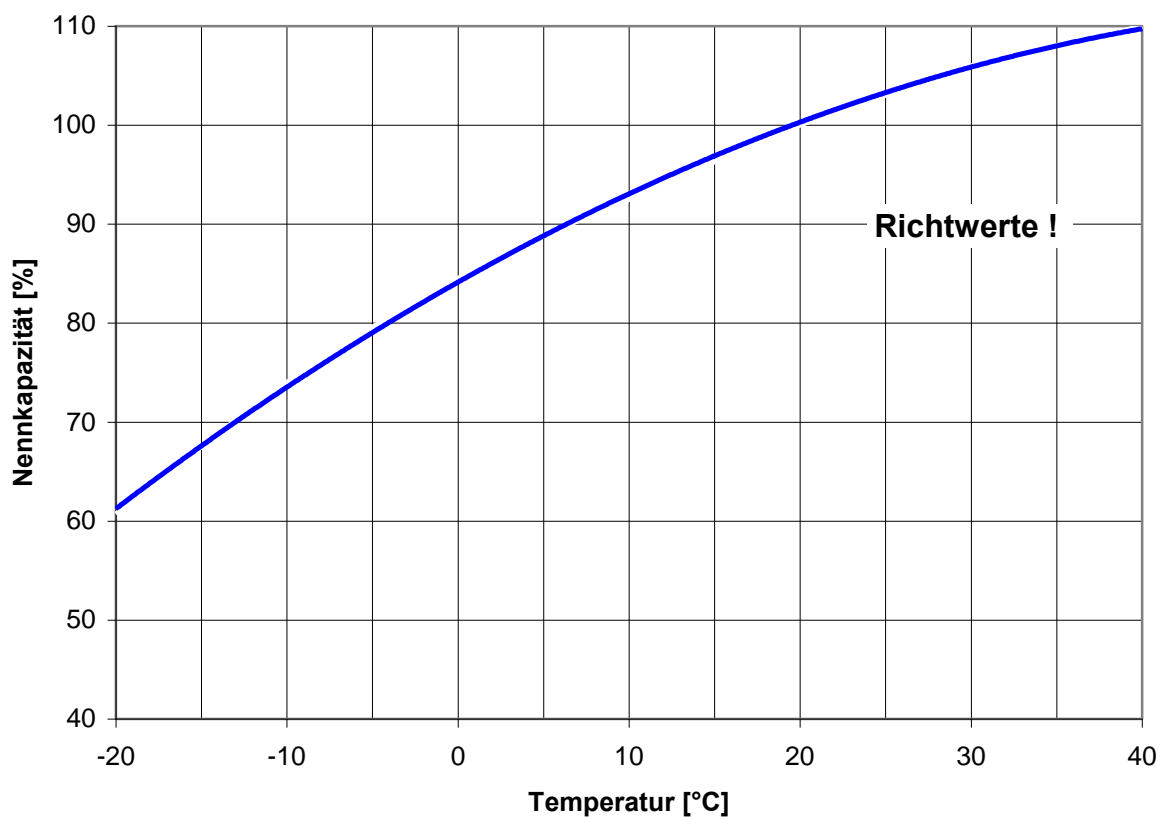


Abb. 17: Nennkapazität versus Temperatur

- Übliche Brauchbarkeitsdauern, bezogen auf die Nennkapazität, 20 °C und bei gelegentlichen Entladungen:

GroE:	20 bis 25 Jahre
OCSM:	15 bis 20 Jahre
OPzS ≤ 3000 Ah:	15 bis 20 Jahre

OPzS > 3000 Ah:	15 Jahre
OPzS Block:	15 bis 20 Jahre
OGi:	18 Jahre
Energy Bloc:	13 bis 15 Jahre

im Vergleich zu den ermittelten Design-Lebensdauern, bezogen auf die Nennkapazität und 20 °C:

GroE:	25 Jahre
OCSM:	20 Jahre
OPzS ≤ 3000 Ah:	20 Jahre
OPzS > 3000 Ah:	15 Jahre
OPzS Block:	20 Jahre
OGi:	20 Jahre
Energy Bloc:	15 Jahre

- Hohe Temperaturen beeinflussen die Brauchbarkeitsdauer nach einer bekannten Faustformel (Gesetz von Arrhenius):

Die Korrosionsgeschwindigkeit verdoppelt sich pro 10 °C. Demnach halbiert sich die Brauchbarkeitsdauer pro 10 °C Temperaturanstieg.

Beispiel:

- 15 Jahre bei 20 °C werden reduziert zu ...
- 7,5 Jahren bei 30 °C.

Dies gilt auf jeden Fall für alle Batterien mit positiven Gitterplatten.

Es gibt Ausnahmen, wo der Einfluss nicht dem "Arrhenius"-Gesetz folgt, - das sind die Typen OCSM, OPzS und OPzS Block mit positiven Panzerplatten. Der Temperatureinfluss ist geringer als bei anderen Batterien. Z.B. verursacht ein Anstieg um 10 Grad von 20 auf 30 °C nur eine Reduzierung der Brauchbarkeitsdauer um 30% anstelle von 50%.

Gründe:

- Die positiven Röhrenelemente werden im Druckgussverfahren hergestellt. Der Druck beträgt hierbei 100 bar. Dies gewährleistet eine überaus feinkristalline Struktur, die sehr widerstandsfähig gegenüber Korrosion ist.

- Die aktive Masse, aber auch die Korrosionsschicht befindet sich unter hohem Druck infolge der Gewebetasche (Röhrchen), wodurch ein Wachstum der Korrosionsschicht wie beim positiven Gitterplatten-Design verhindert wird.
- Die Röhrchenseelen werden von einer ca. 3 mm dicken Schicht aktiver Masse bedeckt. Daher werden die Seelen nicht so stark durch Umsatz von Masse und Elektrolyt beansprucht wie in Gitterplatten. Der Umsatz erfolgt hauptsächlich in den äußeren Bereichen der Röhrchenplatten.

Die Abb. 18 zeigt die Abhängigkeit der Brauchbarkeitsdauer von der Temperatur für verschiedene Baureihen.

Abb. 19 bezieht sich auf den Einfluss der Temperatur auf die Haltbarkeit in Zyklen (Anzahl der Zyklen). Dabei sind tägliche Zyklen mit Entladetiefen bis 60 % C₁₀, typisch 5 bis 20 % berücksichtigt. Der Temperatureinfluss ist nicht so stark wie im Erhaltungsladebetrieb wegen vernachlässigbarer Korrosion während der Entladungen im Vergleich zum Wiederaufladen, aber die obere Kurve in Abb. 19 rückt an die untere heran je länger die Dauer im vollgeladenen oder fast vollgeladenen Zustand.

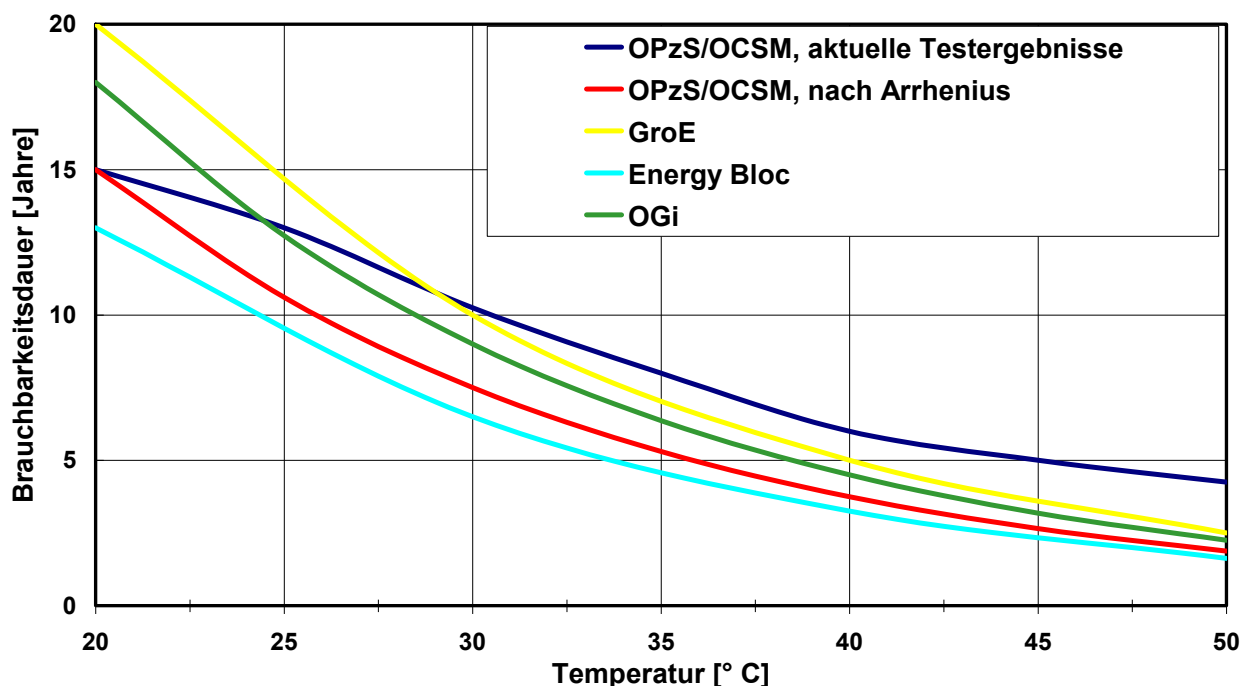


Abb. 18: GroE, OCSM, OPzS, OGi, Energy Bloc - Brauchbarkeitsdauer versus Temperatur. Die blaue Kurve gilt in der Praxis.

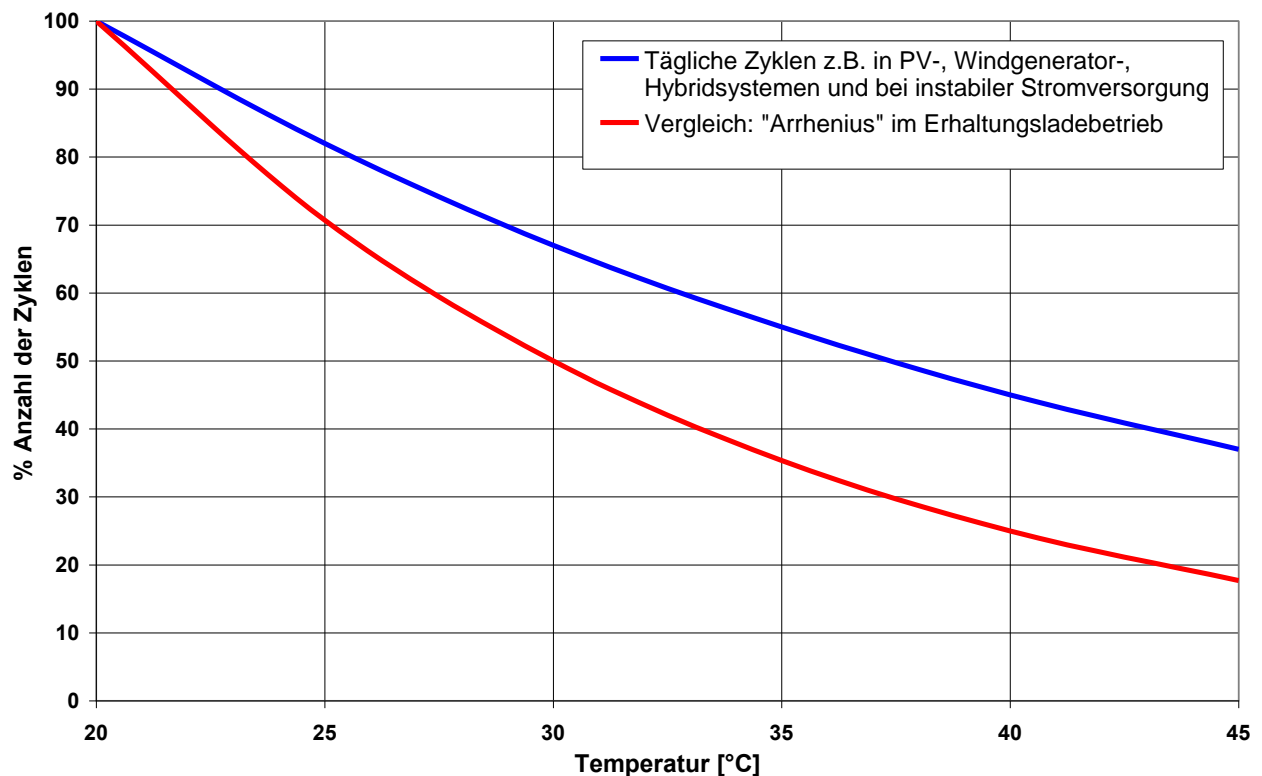


Abb. 19: Blaue Kurve: Haltbarkeit in Zyklen (in % der Anzahl der Zyklen) versus Temperatur; tägliche Entladetiefe max. 60% C₁₀, typisch 5 bis 20 %

6.11 Pflege und Kontrollen

6.11.1 Allgemeines und Kontrollen gemäß Gebrauchsanweisung

- Regelmäßige Kontrollen und Pflege sind nötig in Bezug auf:
 - die vorgegebenen Ladespannungen und -ströme,
 - die Entladebedingungen,
 - die Temperaturverteilungen,
 - die Lagerbedingungen,
 - die Sauberkeit von Batterie und Ausrüstung
 - andere Bedingungen, die Sicherheit und die Brauchbarkeitsdauer der Batterie betreffen (z.B. Belüftung des Batterieraumes).

-
- Regelmäßige Kontrollen dienen der Beurteilung des Betriebszustandes, dem Erkennen fehlerhafter Zellen bzw. Blöcke oder Alterungserscheinungen, um den Batterieaustausch rechtzeitig vorzunehmen.
 - Batterie sauber halten, um Kriechströme zu vermeiden. Kunststoffteile der Batterie, insbesondere die Gefäße, müssen mit klarem Wasser ohne Zusätze gereinigt werden.
 - Mindestens alle 6 Monate messen und aufzeichnen:
 - Batteriespannung
 - Elektrolytdichte, Elektrolyttemperatur und Spannung einzelner Zellen/Blöcke (ca. 20%)
 - Batterieraumtemperatur
 - Jährlich messen und aufzeichnen:
 - Batteriespannung
 - Spannungen aller Zellen/Blöcke
 - Elektrolytdichten und Elektrolyttemperaturen aller Zellen
 - Batterieraumtemperatur

Jährliche Sichtkontrollen:

- Schraubverbindungen (ungesicherte Schraubverbindungen auf festen Sitz prüfen).
- Batterieaufstellung und -unterbringung
- Belüftung

Liegen Zellen-/Blockspannungen beim Mittelwert 2,23 oder 2,25 V/Z entsprechend Kapitel 6.1 außerhalb des in Tabelle 9 genannten Bereiches (siehe Kapitel 6.3), ist der Kundendienst anzufordern.

Abweichungen der Batteriespannung von dem entsprechend der Batterietype und der Zellenzahl angegebenen Mittelwert 2,23 bzw. 2,25 V/Z (siehe Kapitel 6.1) sind zu korrigieren.

6.11.2 Batterie-Tester und Batterie-Monitoring

Mitunter werden zum Prüfen des „Gesundheitszustandes“, des Ladezustandes oder der Kapazität andere Methoden als der Kapazitätstest angeboten. Derartige Geräte beruhen auf einer der folgenden ohmschen Verfahren: Leitwert, Wechselstromwiderstand (Impedanz), Gleichstromwiderstand.

Sogenannte Batterie-Tester sind transportabel. Irgendeine beliebige der oben genannten ohmschen Methoden kann in Batterie-Monitoring-Systemen integriert werden. Hierbei bedeutet Monitoring, dass das System „on-line“ (d.h. kontinuierlich angeschlossen) arbeitet und ständig mit der Batterie verbunden ist.

Gleichgültig ob Batterie-Tester oder Monitoring-System, die oben genannten ohmschen Methoden können eingesetzt werden, um den Trend von Daten zu verfolgen. Sie können aber niemals einen Kapazitätstest gemäß Standard ersetzen.

Dies ist so, weil keine der oben genannten Methoden absolute Ergebnisse liefern kann. Tatsächlich hängen die Messergebnisse von der Methode im Detail (Frequenz, Amplitude usw.), vom Bediener (Batterie-Tester!) und anderen Parametern ab, z.B. Temperatur und Positionierung der Messsonden auf den Zellen oder Blöcken. Siehe auch [11] und [12] für weitere Informationen.

Die folgenden Ausführungen können als Leitfaden für die Beurteilung von Impedanz-/Leitwert- oder auch Widerstandsmessungen verwendet werden:

- Wenn Impedanz- oder Leitwertmessungen an geschlossenen Batterien vollzogen werden, wird empfohlen, nach der Batterieinstallation die Batterie mindestens drei Tage in Erhaltungsladung zu betreiben. Nach diesen zwei bis maximal sieben Tagen können die ersten Messungen durchgeführt werden. Diese stellen die Anfangsimpedanzwerte / Anfangsleitwerte für die Zellen/Blöcke dar.
- Es wird empfohlen, dann alle 6 oder 12 Monate Messungen durchzuführen. Bei kritischen Anwendungen in Bezug auf Systemzuverlässigkeit und -verfügbarkeit können die Messungen auch in kürzeren Abständen durchgeführt werden.

-
- Aus den gemessenen Impedanz-/Leitwerten können jedoch keine Schlussfolgerungen bzgl. volle, geringe oder gar keine Kapazität gezogen werden. Daher können nachfolgende Empfehlungen gegeben werden:
 - Wenn die Impedanz-/Leitwerte von Zellen/Blöcken um mehr als 35% in ungünstiger Weise (*) vom Anfangswert abweichen, wird als erste Maßnahme eine Starkladung über 12 Stunden empfohlen, gefolgt von 2 Tagen Erhaltungsladung. Danach ist die Messung erneut durchzuführen. Wenn sich danach die Messwerte nicht unter die 35 %-Marke verbessert haben, sollte ein Batterie-Kapazitätstest durchgeführt werden.
 - Wenn die Impedanz-/Leitwerte von Zellen/Blöcken eine ungünstige Abweichung (*) von mehr als 35% vom Batteriedurchschnittswert (pro Batterie) haben, wird als erste Maßnahme eine Starkladung über 12 Stunden empfohlen, gefolgt von 2 Tagen in Erhaltungsladung. Danach ist die Messung erneut durchzuführen. Wenn sich die Messwerte nicht unter die 35 %- Marke verbessert haben, sollte ein Batterie-Kapazitätstest durchgeführt werden.
 - Falls keine Anfangswerte für eine Batterie ermittelt wurden, kann nur die zweite Methode angewandt werden.

(*) Impedanz zu höheren Werten und Leitwert zu niedrigeren Werten hin!

Alle Impedanz-/Leitwertmessungen können nur bei einer Temperaturdifferenz von +/- 2°C miteinander verglichen werden.

Bei günstigen Abweichungen (Impedanz geringer oder Leitwert höher) besteht kein Handlungsbedarf (Es sei denn, dies geht mit niedrigen DC-Erhaltungsladespannungen einher), da diese Abweichung mit einem normalen Kapazitätsanstieg von Batterien im Erhaltungsladebetrieb im Zusammenhang steht.

Falls eine Zelle bzw. ein Block aufgrund der Impedanz-/ Leitwertmessung ausgetauscht und an den Hersteller zur Beurteilung gesandt werden soll, wird unbedingt empfohlen, den Messwert mit einem wasserfesten Stift auf der Zelle bzw. dem Block zu vermerken.

6.11.3 Reinigen von Batterien

- Die Zellenstopfen dürfen nicht abgenommen oder geöffnet werden, sondern müssen die Zellen geschlossen halten [1].
- Die Kunststoffteile der Batterie, insbesondere der Zellengefäße dürfen nur mit Wasser bzw. wassergetränkten Putztüchern ohne Zusätze gereinigt werden [1].
- Nach dem Reinigen ist die Batterieoberfläche mit geeigneten Mitteln zu trocknen, z. B. mit Druckluft oder mit Putztüchern [1].

7. Recycling, Wiederaufbereitung

Bleibatterien sind wieder verwendbares Wirtschaftsgut. Werke von GNB Industrial Power bereiten Blei wieder auf und verstehen sich so mit Blick auf den Umweltschutz als Teil des gesamten Lebenszyklus einer Batterie. Kontaktieren Sie Ihren Ansprechpartner bei GNB Industrial Power. Er wird Sie über weitere Details unterrichten.

Dies gilt auch für gebrauchte Zellen/Blöcke.

Der Transport von gebrauchten Akkumulatoren unterliegt besonderen Vorschriften, es wird daher empfohlen zum Verpacken und Ausstellen der Frachtpapiere ein Fachunternehmen zu beauftragen.

Einzelheiten zum Transport von gebrauchten Akkumulatoren finden sich im Merkblatt des ZVEI „Rücknahme gebrauchter Industriebatterien gemäß der Batterieverordnung“ [13].

8. Literaturverzeichnis

- [1] Merkblatt des ZVEI “Reinigen von Batterien“, Frankfurt/M., Ausgabe Oktober 2006
- [2] Europäischer Standard DIN EN 50272-2 “Sicherheitsanforderungen an Batterien und Batterieanlagen, Teil 2: Stationäre Batterien“, Dezember 2001

-
- [3] Deutsche Fassung: Richtlinie 2006/95/EG betreffend elektrische Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen, sogenannte "Niederspannungsrichtlinie", ergänzt durch die Richtlinie 93/68/EWG, die sogenannte Richtlinie zur "CE-Kennzeichnung"
 - [4] B. A. Cole, R. J. Schmitt, J. Szymborski (GNB Technologies): "Operational Characteristics of VRLA Batteries Configured in Parallel Strings", proceedings INTELEC 1998
 - [5] Merkblatt des ZVEI, "Anforderungen an Elektrolyt und Nachfüllwasser für Blei-Batterien", Frankfurt/M., Ausgabe Juli 1999
 - [6] Deutsche Norm DIN 41773, "Halbleiter-Gleichrichtergeräte mit IU-Kennlinie für das Laden von Bleibatterien - Richtlinien", Teil 1, Februar 1979
 - [7] Merkblatt des ZVEI „Brauchbarkeitsdauer-Betrachtungen bei stationären Batterien“, Frankfurt/M., Ausgabe Januar 2013
 - [8] Internationaler Standard DIN EN 60896-11 "Ortsfeste Bleiakkumulatoren – Teil 11: Geschlossene Batterien – Allgemeine Anforderungen und Prüfverfahren“, Juli 2003
 - [9] Internationaler Standard IEEE P1013/D3: "IEEE Recommended Practice for Sizing Lead-Acid Batteries for Photovoltaic (PV) Systems", Entwurf April 1997
 - [10] Internationaler Standard IEC 61427 "Secondary cells and batteries for photovoltaic energy systems (PVES) - General requirements and methods of test", zweite Ausgabe 2005-05
 - [11] B. A. Cole, R. J. Schmitt (GNB Technologies): "A Guideline for the Interpretation of Battery Diagnostic Reading in the Real World", Battconn 1999
 - [12] PPT-Präsentation "Battery-Tester, -Monitoring, -Management" (GNB Industrial Power, Applications Engineering), aktuelle Version
 - [13] Merkblatt des ZVEI, "Rücknahme gebrauchter Industriebatterien gemäß der Batterieverordnung“, Frankfurt/M., Ausgabe Juli 2007

-
- [14] Internationaler Standard IEC 62485-2 “Safety requirements for secondary batteries and battery installations - Part 2: Stationary batteries”, Juni 2010

Anhang: Verfügbare Kapazität versus Ladezeit

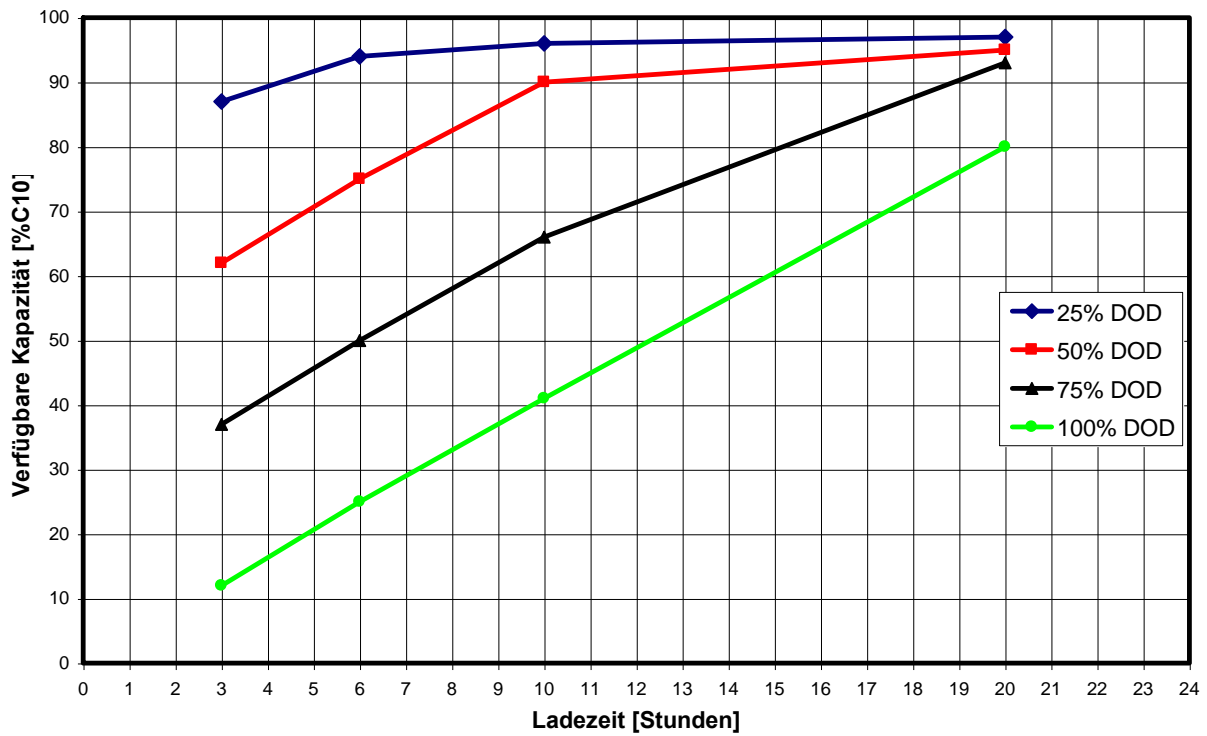


Abb. 20: Verfügbare Kapazität versus Ladezeit bei Ladespannung 2,23 V/Z, Ladestrom $0,5 \cdot I_{10}$, DOD = Entladetiefe

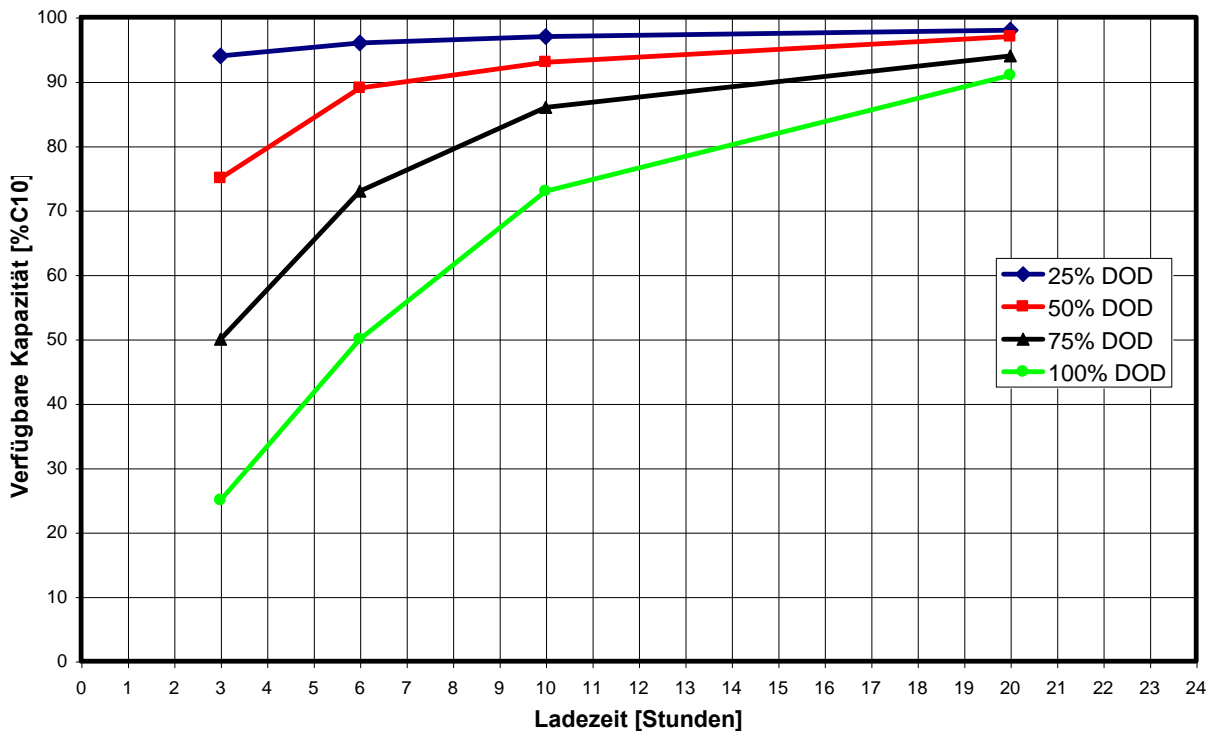


Abb. 21 (wie Abb. 7 im Textteil): Verfügbare Kapazität versus Ladezeit bei 2,23 V/Z, Ladestrom $1 \cdot I_{10}$, DOD = Entladetiefe

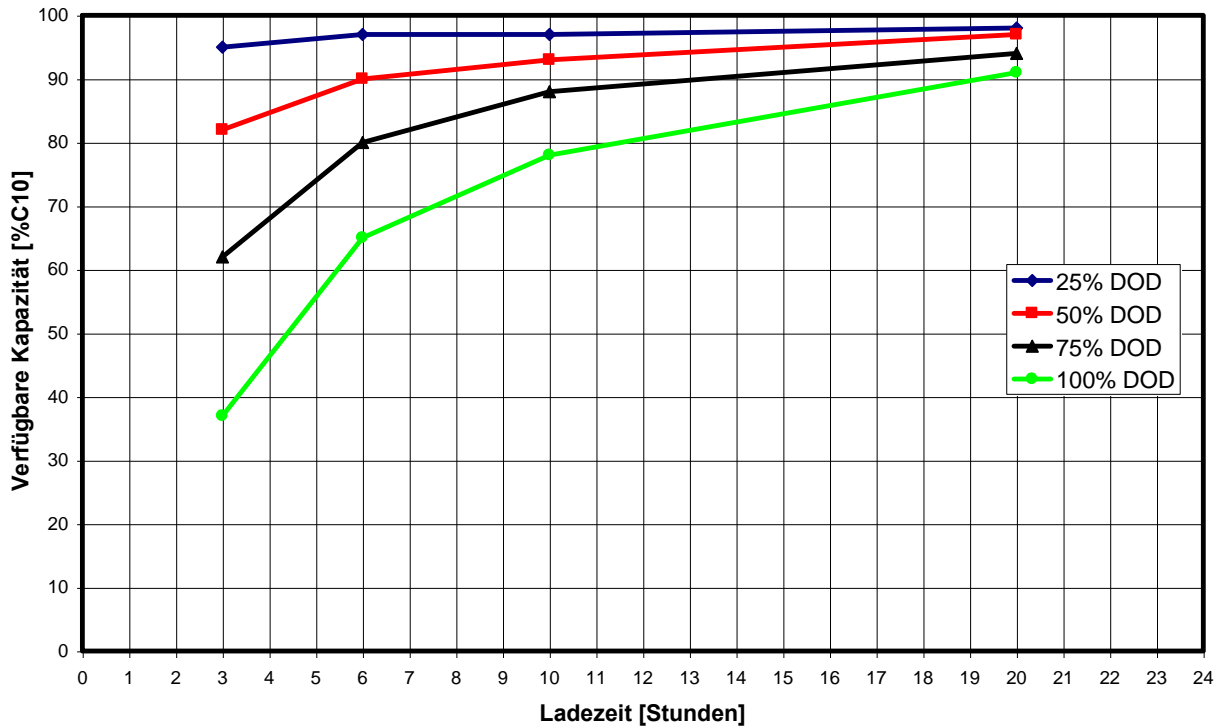


Abb. 22: Verfügbare Kapazität versus Ladezeit bei Ladespannung 2,23 V/Z, Ladestrom $1,5 \cdot I_{10}$, DOD = Entladetiefe

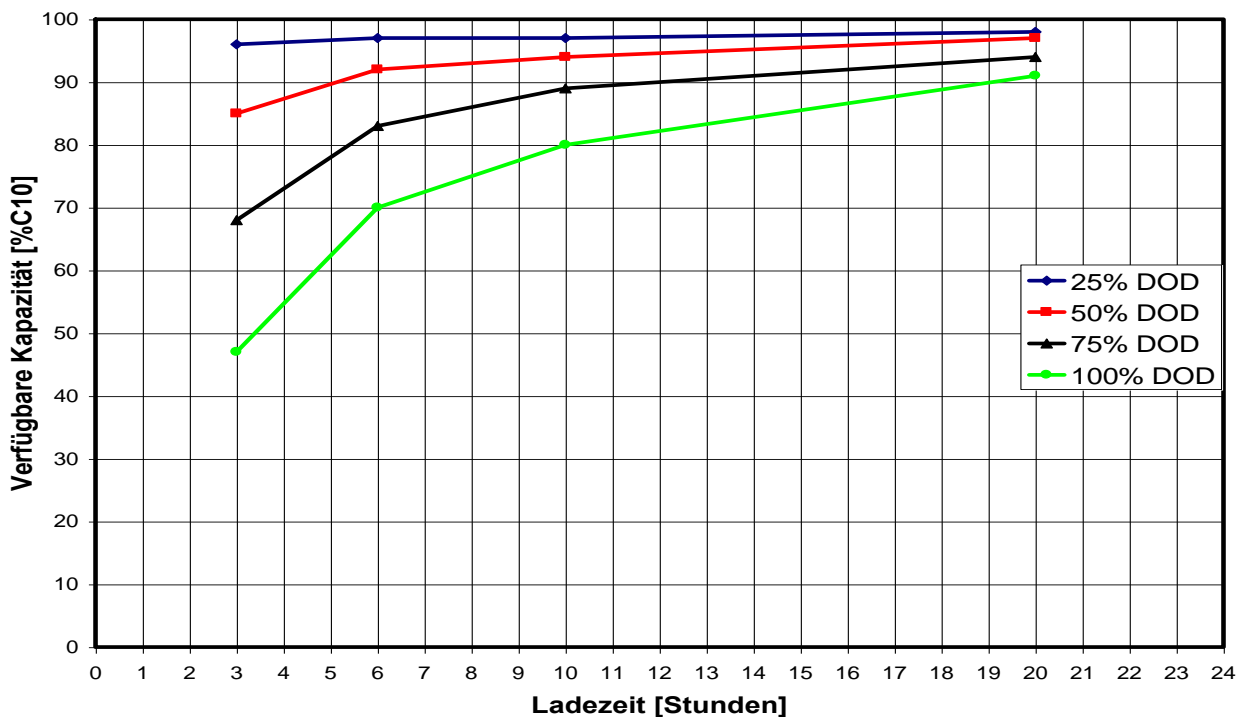


Abb. 23: Verfügbare Kapazität versus Ladezeit bei Ladespannung 2,23 V/Z, Ladestrom $2,0 \cdot I_{10}$, DOD = Entladetiefe

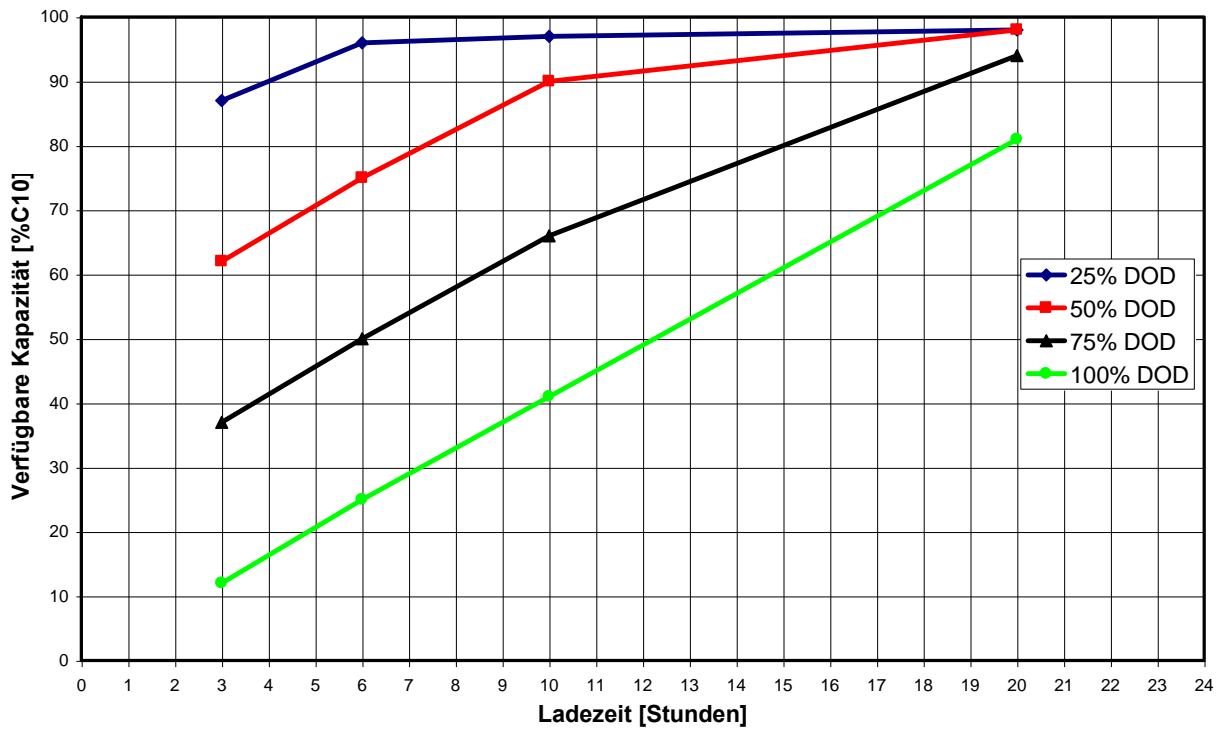


Abb. 24: Verfügbare Kapazität versus Ladezeit bei Ladespannung 2,30 V/Z, Ladestrom $0,5 \cdot I_{10}$, DOD = Entladetiefe

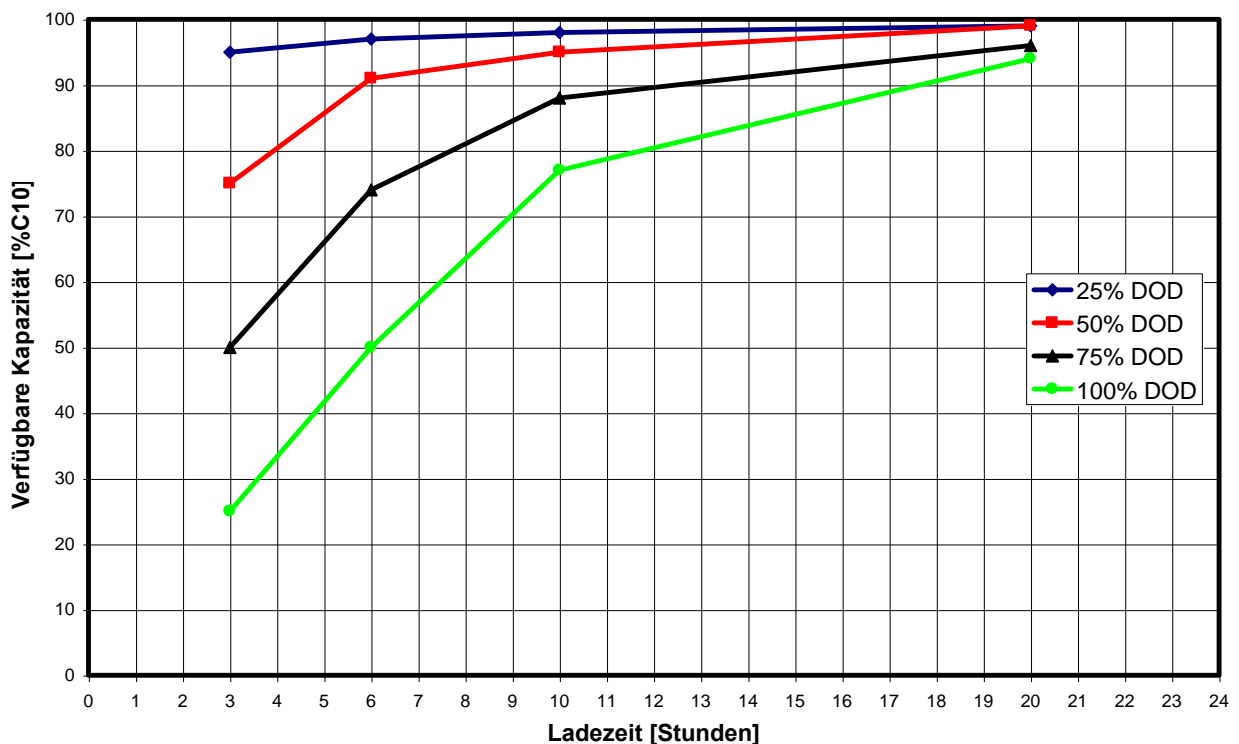


Abb. 25: Verfügbare Kapazität versus Ladezeit bei Ladespannung 2,30 V/Z, Ladestrom $1,0 \cdot I_{10}$, DOD = Entladetiefe

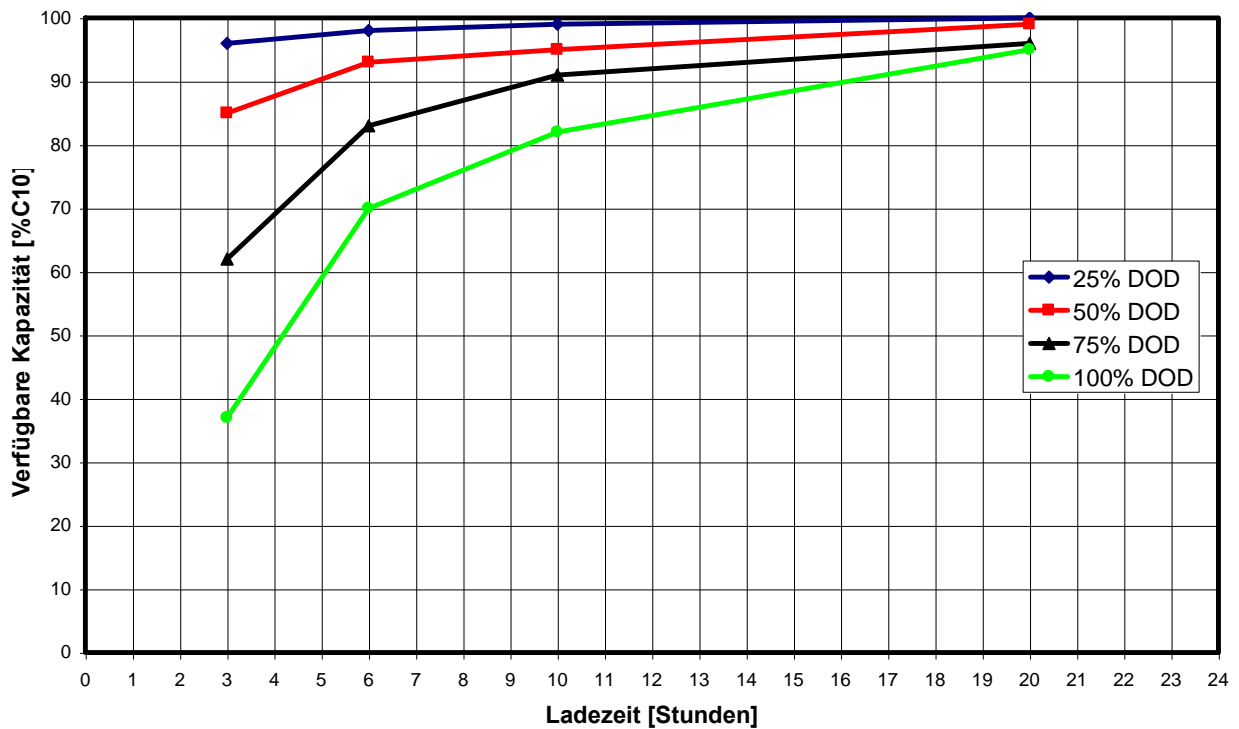


Abb. 26: Verfügbare Kapazität versus Ladezeit bei Ladespannung 2,30 V/Z, Ladestrom $1,5 \cdot I_{10}$, DOD = Entladetiefe

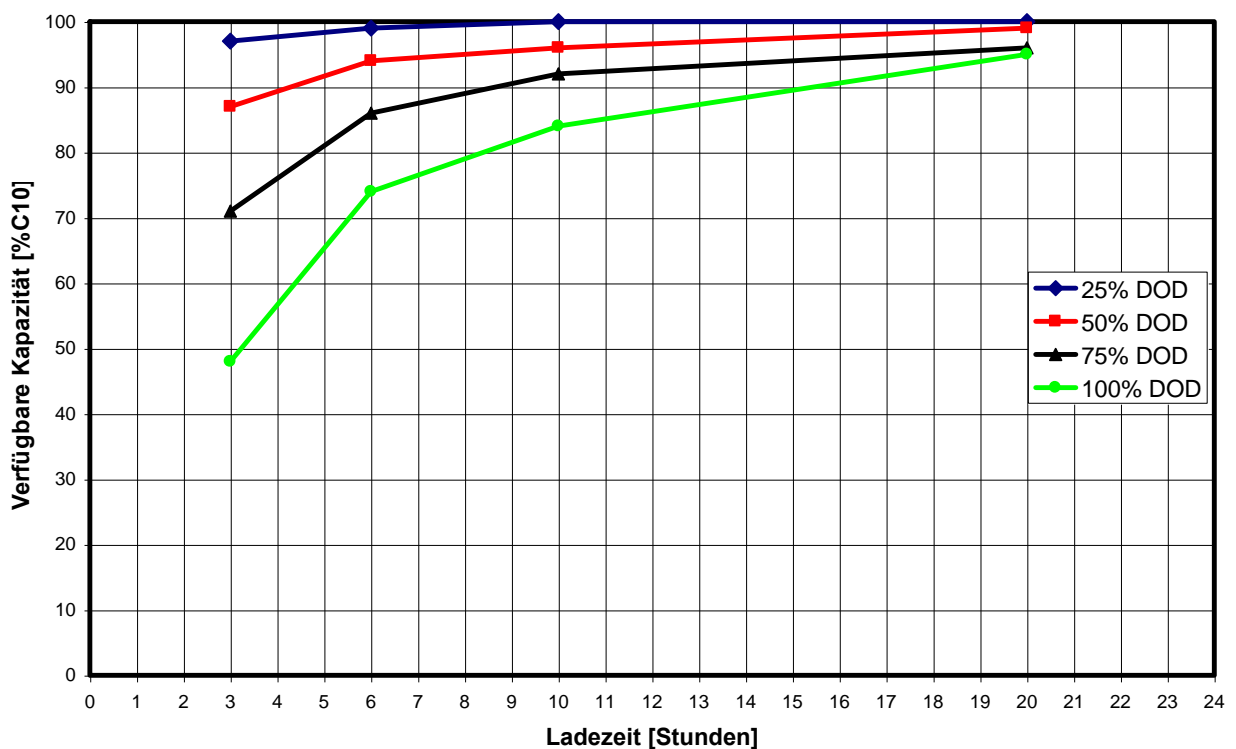


Abb. 27: Verfügbare Kapazität versus Ladezeit bei Ladespannung 2,30 V/Z, Ladestrom $2,0 \cdot I_{10}$, DOD = Entladetiefe

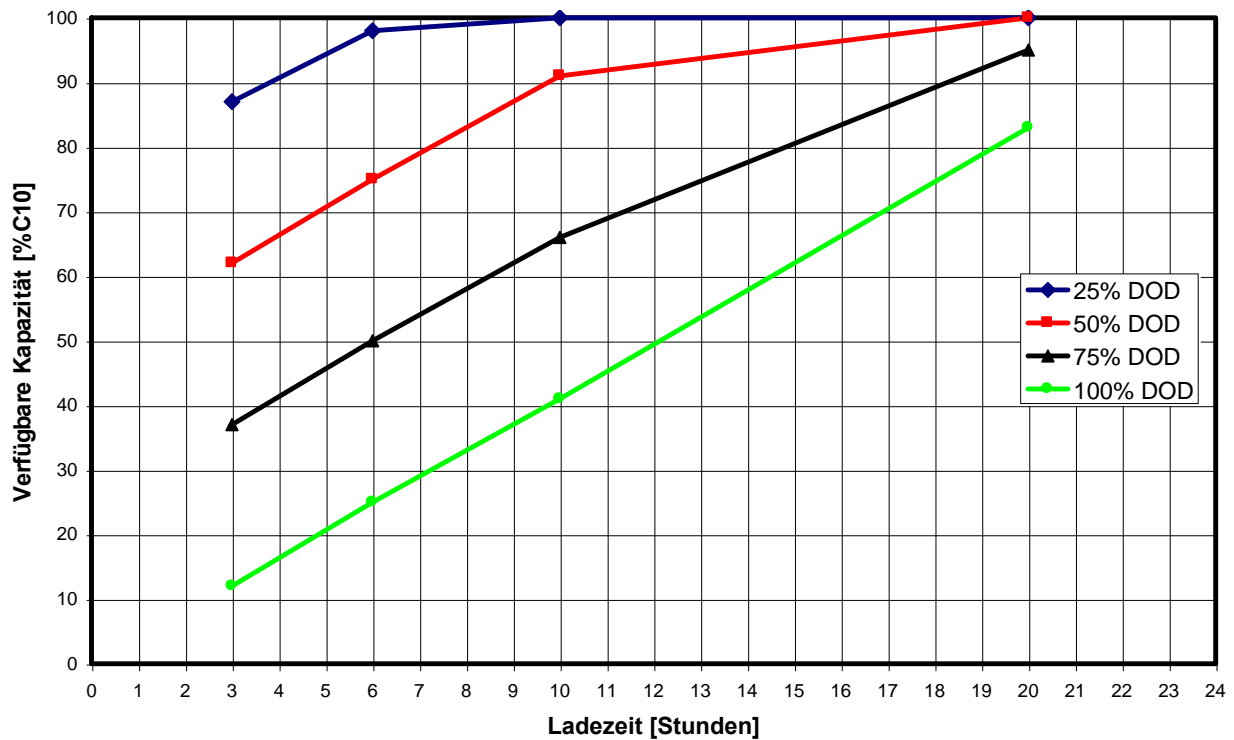


Abb. 28: Verfügbare Kapazität versus Ladezeit bei Ladespannung 2,40 V/Z, Ladestrom $0,5 \cdot I_{10}$, DOD = Entladetiefe

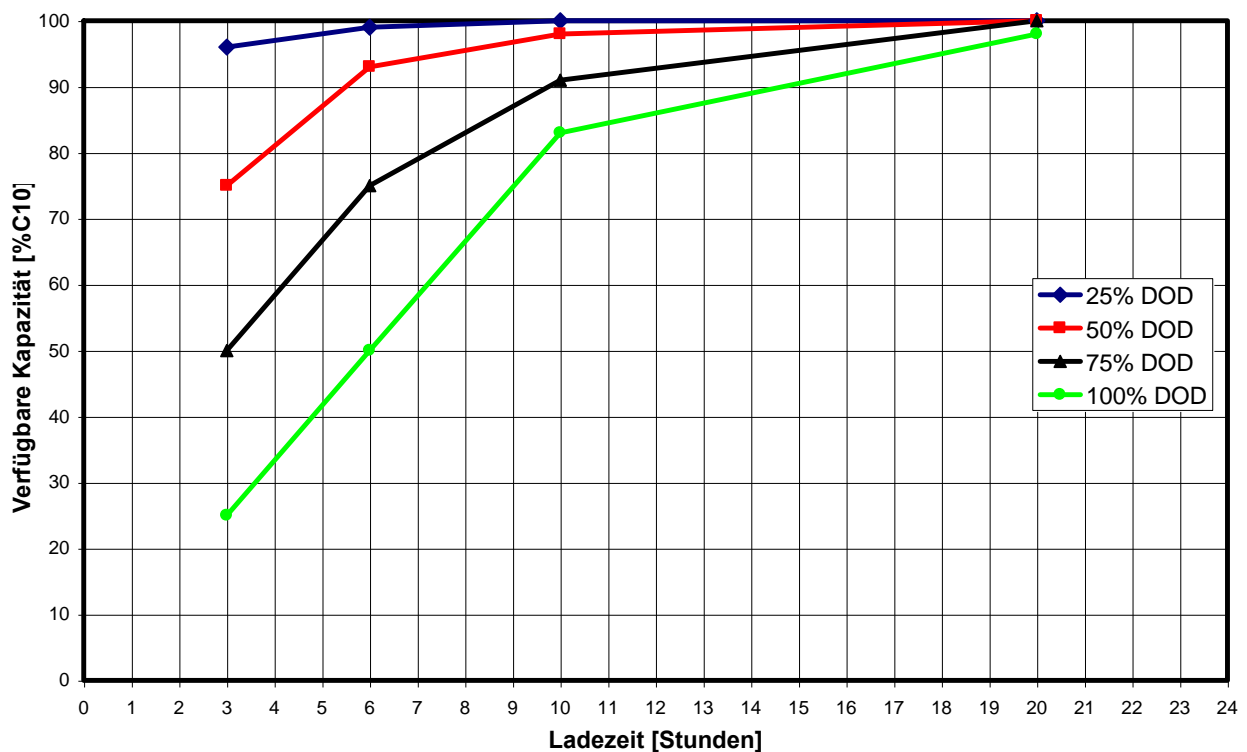


Abb. 29 (wie Abb. 8 im Textteil): Verfügbare Kapazität versus Ladezeit bei 2,40 V/Z, Ladestrom $1 \cdot I_{10}$, DOD = Entladetiefe

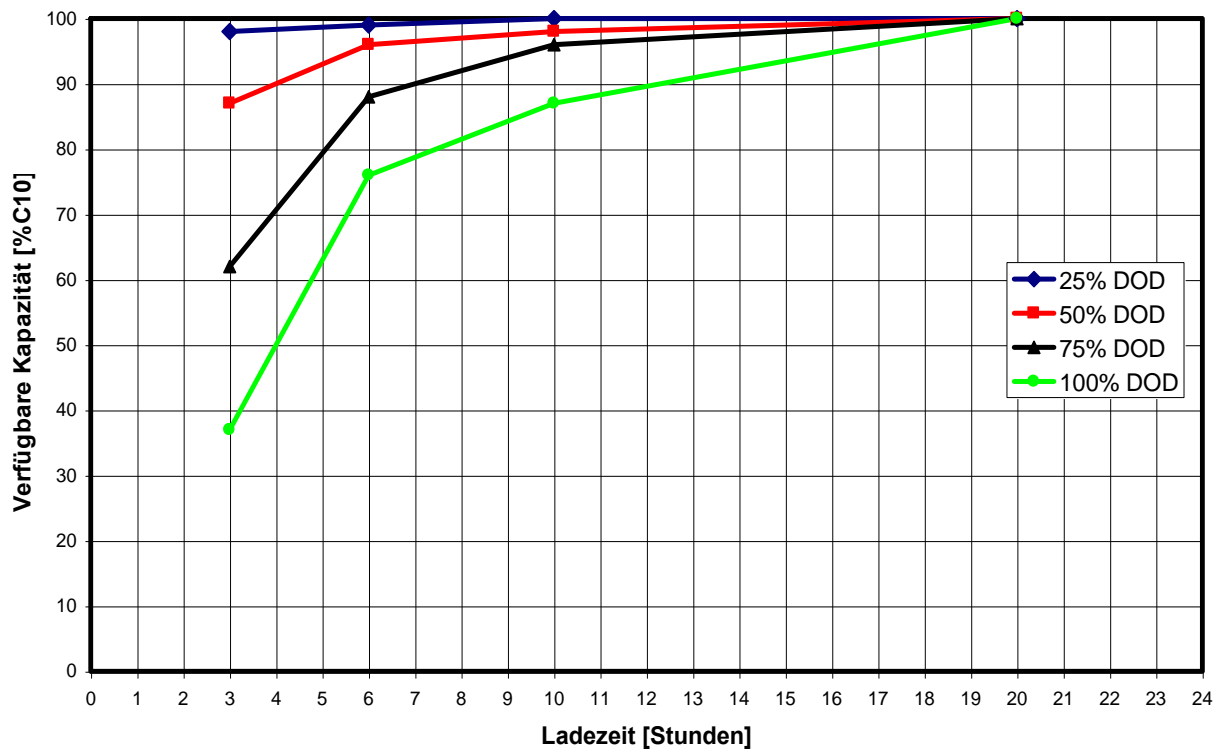


Abb. 30: Verfügbare Kapazität versus Ladezeit bei Ladespannung 2,40 V/Z, Ladestrom $1,5 \cdot I_{10}$, DOD = Entladetiefe

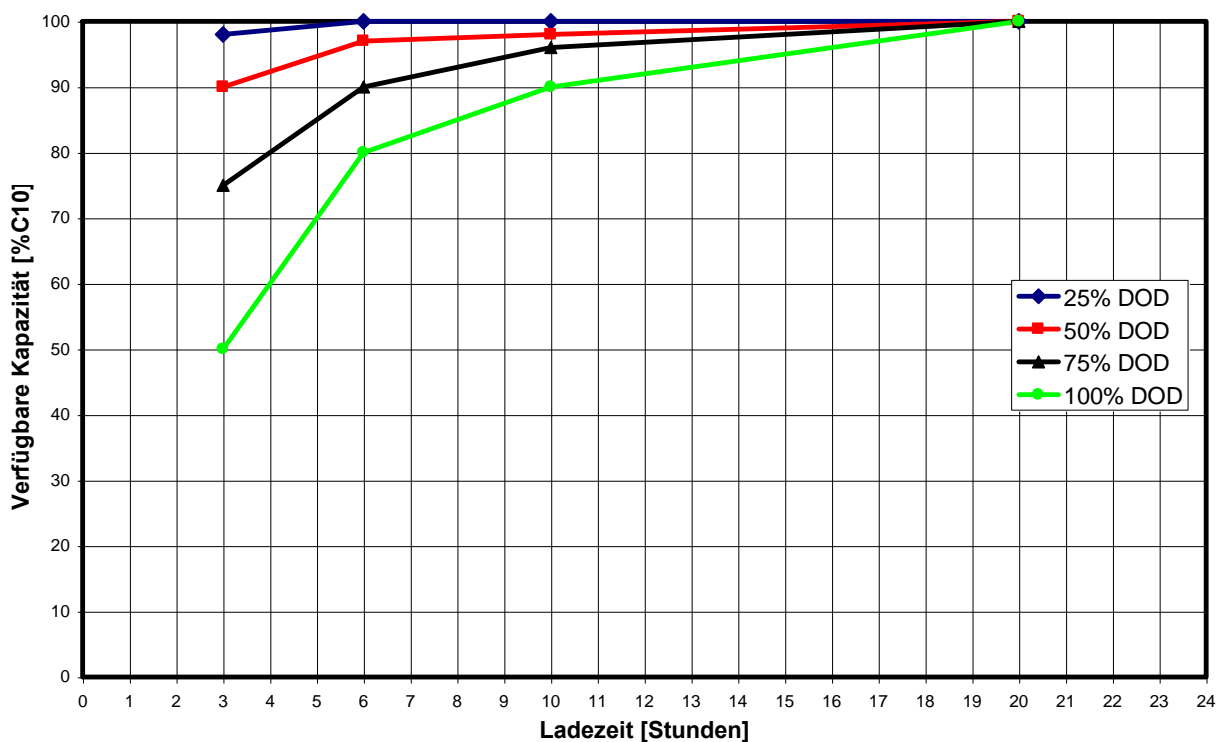


Abb. 31: Verfügbare Kapazität versus Ladezeit bei Ladespannung 2,40 V/Z, Ladestrom $2,0 \cdot I_{10}$, DOD = Entladetiefe

Wichtiger Hinweis: Der Batteriehersteller “GNB Industrial Power” übernimmt keine Haftung, weder für die Angaben aus dieser Produktinformation oder Änderungen der angegebenen Normen, noch im Zusammenhang mit anderen nationalen Normen, die möglicherweise existieren und von Installateuren, Planern und Architekten beachtet werden müssen.

EXIDE Distributionscenter Berlin
ELEKTRO.TEC GmbH
Eichborndamm 129-139
D-13403 Berlin

Tel.: 030/4111024
Fax: 030/4111025

www.elektrotec-berlin.de

info@elektrotec-berlin.de

Stand: Juni 2015

