

Handbuch für stationäre verschlossene Gel-Bleibatterien

Teil 2: Montage, Inbetriebnahme 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
3.4 Maßnahmen während Lagerung oder Außerbetriebnahme	11
4. Montage und Installation	12
4.1 Batterieräume, Belüftung und allgemeine Anforderungen	12
4.1.1 Temperatur	12
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
4.1.3.3 Zentralentgasung.....	18
4.1.4 Elektrische Anforderungen (Schutz, Isolierung, Widerstand etc.)	21
4.1.5 Installation (Gestelle, Schränke).....	21
4.2 Vorbereitungen	22
4.3 Eigentliche Montage.....	23
4.4 Parallelschaltungen.....	23
4.5 Einbaulagen für Gel-Zellen und -Blöcke	25
5. Inbetriebnahme	26
6. Betrieb	27
6.1 Erhaltungsladespannung und -strom.....	27
6.2 Überlagerter Wechselstrom.....	29
6.3 Abweichung der Erhaltungsladespannung	31
6.4 Ladezeiten	37
6.5 Wirkungsgrad der Wiederaufladung	40
6.5.1 Ah-Wirkungsgrad	40
6.5.2 Wh-Wirkungsgrad.....	40
6.6 Ausgleichsladung	41
6.7 Entladung, Kapazitätstests.....	42

6.7.1 Allgemeines	42
6.7.2 Kapazitätstests	43
6.8 Zyklenbetrieb	45
6.8.1 Allgemeines	45
6.8.2 Spezielle Überlegungen zu Gel-Solar-Batterien.....	50
6.9 Innenwiderstand R_i	54
6.10 Temperatureinfluss	55
6.11 Pflege und Kontrollen.....	62
6.11.1 Allgemeines und Kontrollen gemäß Gebrauchsanweisung	62
6.11.2 Batterie-Tester und Batterie-Monitoring	63
6.11.3 Reinigen von Batterien	65
7. Recycling, Wiederaufbereitung	66
8. Literaturverzeichnis	66
Anhang: Verfügbare Kapazität versus Ladezeit.....	68

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 darüberliegende Einheit nicht belastet werden.
- Paletten dürfen nicht gestapelt werden.

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

1.3 Seetransport von verschlossenen Bleibatterien

Folgende exemplarisch genannten 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, dryfit military, SOLAR und SOLAR BLOCK

Absolyte

Element (früher: Champion)

Marathon

Sprinter

Powerfit

*) 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 exemplarisch genannten Baureihen^{*)} sind kein Gefahrgut gemäß IATA-Klausel A67:

Sonnenschein GF-Y, GF-V, A200, A400, A500, A600, A600 SOLAR, A700, Military Batteries, SOLAR und SOLAR BLOCK

Absolyte

Element (früher: Champion)



Marathon
Sprinter
Powerfit

* 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

- Verschlossene 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:

- 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.



Nur für A500 < 25 Ah

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 Kapitel 3.2) und gepflegt sein.
- Zellen / Blöcke müssen gegen Kurzschluss durch Metallgegenstände oder leitfähige Verschmutzungen geschützt sein.
- Zellen / Blöcke müssen gegen herabfallende Gegenstände, gegen Herabfallen und Umfallen geschützt sein.

3.2 Lagerbedingungen

- Die Temperatur beeinflusst die Selbstentladerate von 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 vollgeladener 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

Die maximale Lagerzeit bei Temperaturen ≤ 20 °C beträgt ab vollgeladenem Zustand

24 Monate für Standard-Gel-Batterien (Abb. 1) und
17 Monate für Gel-Solar-Batterien (Abb. 2).

Die kürzere Lagerzeit für Solar-Batterien ist bedingt durch geringe Zusätze von Phosphorsäure zum Elektrolyten. Phosphorsäure steigert die Zyklenzahl erhöht aber leicht die Selbstentladerate.

Höhere Temperaturen verursachen höhere Selbstentladung und verkürzen die Intervalle zwischen Aufladungen.

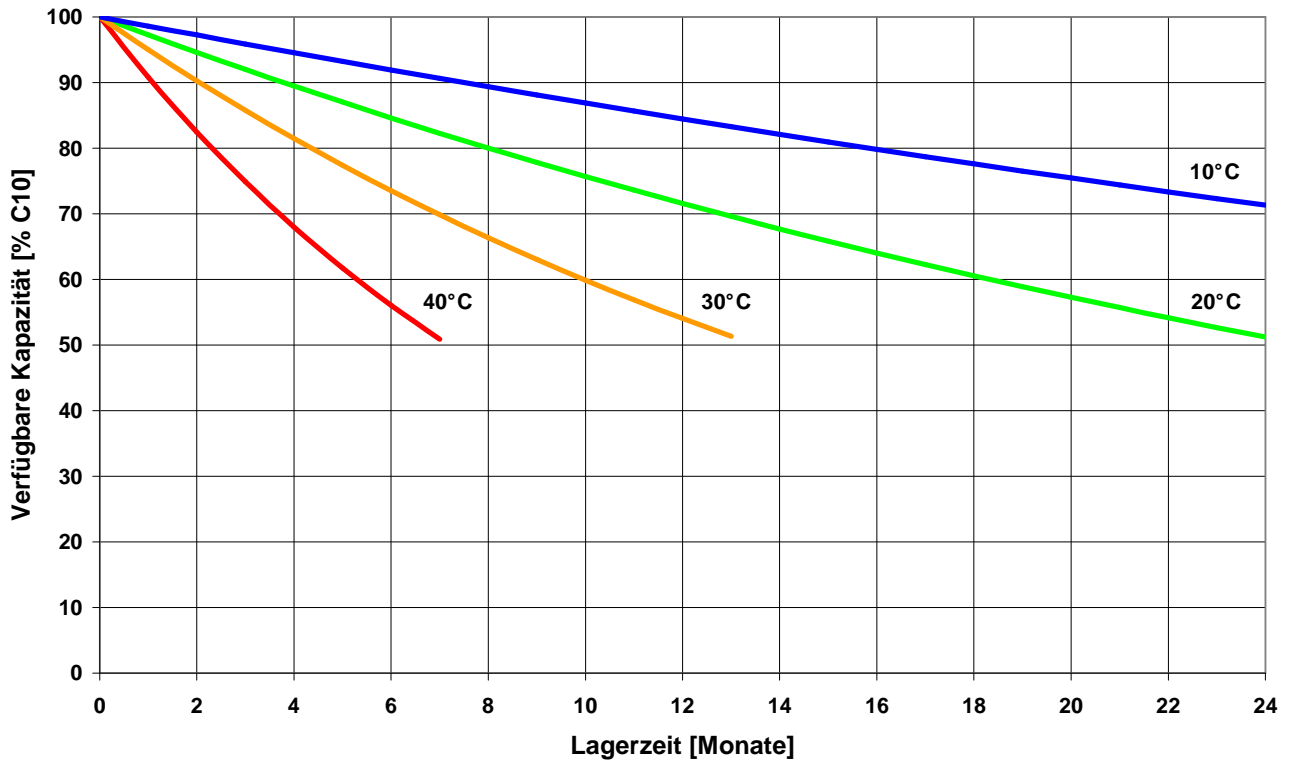


Abb. 1: Verfügbare Kapazität versus Lagerzeit bei verschiedenen Temperaturen (Standard-Gel-Batterien)

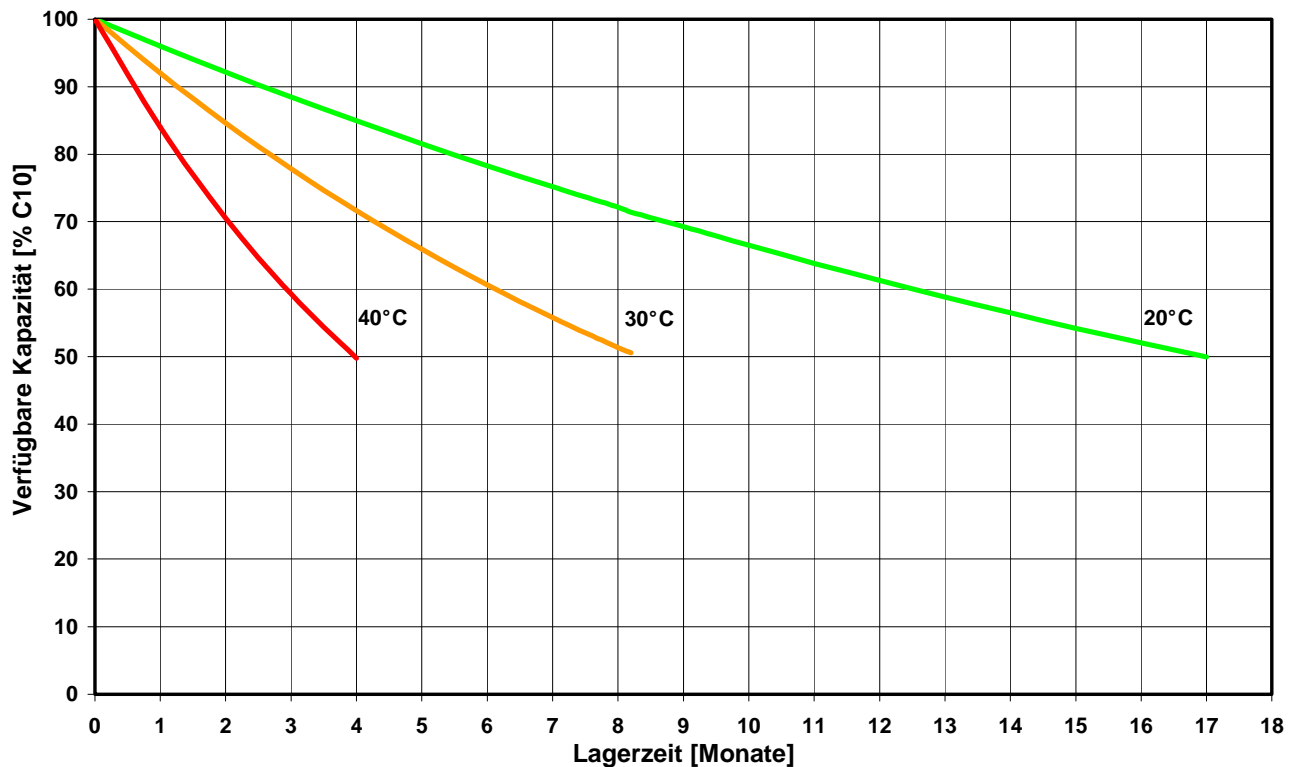


Abb. 2: Verfügbare Kapazität versus Lagerzeit bei verschiedenen Temperaturen (Gel-Solar-Batterien)

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 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].
- Bei längeren Lagerzeiten wird empfohlen, die Ruhespannung in folgenden Intervallen zu prüfen:
 - Lagerung bei 20 °C: Nach 12 Monaten, danach alle 3 Monate.
 - Lagerung bei 30 °C: Nach 6 Monaten, danach alle 2 Monate.

- Nachgeladen werden soll spätestens, wenn die Ruhespannung batterietypabhängig auf folgenden Wert (Richtwert) abgesunken ist:

Sonnenschein A400, A500, A600 (Zellen/Blöcke), A700: 2,075 V/Z

Sonnenschein A200, A600 Solar, SOLAR, SOLAR BLOCK: 2,115 V/Z

Bei Blockbatterien ist der entsprechende Wert jeweils mit der Anzahl der Zellen pro Block zu multiplizieren.

Beispiel: A412/100 A → 12V-Block → 6 Zellen * 2,075 V/Z → 12,45 V

- Nachladung: IU-Ladung (Konstantstrom / Konstantspannung – Ladung) bei Temperaturen zwischen 15 und 35 °C:

Spannung [V/Z]	Strom [A]	Max. Ladezeit [h]
2,40	unbegrenzt	48

Tab. 1: Ladespannung und Ladezeit

- 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] für ausführlichere Informationen. Zu beachten sind auch die Montageanweisung und die Gebrauchsanweisung (Anhang 2).

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. Für verschlossene Batterien ist diese Maßnahme nicht notwendig.

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:

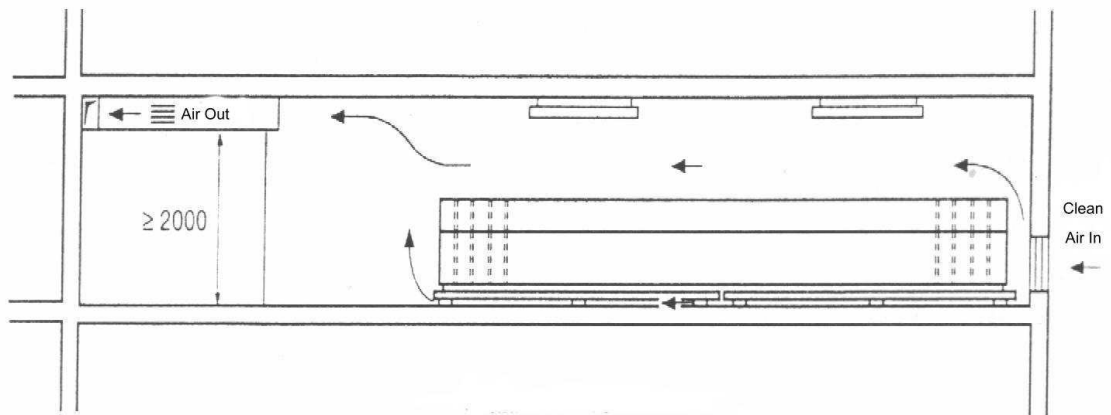
Um den ersten Teil der Forderung wirksam werden zu lassen, muss das Personal bei Wartungsarbeiten in der Nähe der Batterie elektrostatisch leitfähige Schuhe tragen. Das Schuhwerk muss der Norm EN 345 entsprechen.

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 I_{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 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 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 ($S_b < 3\%$) (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 [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 zugehörigen 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
→ $I_{gas} = 20$ (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
→ $I_{gas} = 20$ (nach Tab. 2)

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

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

4.1.3.3 Zentralentgasung

Grundsätzlich muss die Belüftung von Batterieräumen bzw. – schränken gem. DIN EN 50272-2 [2] erfolgen. Batterieräume gelten nicht als explosionsgefährdet, wenn die Wasserstoffkonzentration durch natürliche oder technische Lüftung unterhalb 4% Anteil in Luft bleibt.

Diese Norm enthält auch Hinweise und Berechnungen zum Sicherheitsabstand von Batterieöffnungen (Ventile) zu potentiellen Zündquellen, wie zuvor bereits gezeigt.

Die Zentralentgasung gibt dem Gerätehersteller die Möglichkeit zur Gasableitung. Sie verfolgt den Zweck, den geforderten Sicherheitsabstand zu potentiellen Zündquellen zu vermindern. Sie verringert grundsätzlich nicht die geforderten Belüftungsanforderungen gem. o.g. Norm.

Durch die Ventile entweichendes Gas wird zwar über das Schlauchsystem nach außen geleitet, Wasserstoff (H_2) diffundiert aber auch durch das Batteriegehäuse und durch die Schlauchwand und würde sich ohne ordnungsgemäße Belüftung ansammeln.

Es kommen für die Anwendung nur Blockbatterien in Betracht, die mit einem Schlauchanschluss zur Zentralentgasung ausgerüstet sind.

Die Installation der Zentralentgasung muss entsprechend der hierfür gültigen Montageanweisung erfolgt sein. Bei jedem Batterieservice ist auch die Zentralentgasung zu prüfen (fester Sitz der Verschlauchung, Verlegung in Richtung der elektrischen Verschaltung, Abführung des Schlauchendes nach außen).

Die folgende Berechnung zeigt, wann in einem hermetisch geschlossenen Raum (z.B. Batterieschrank) die kritische Grenze von 4% H₂ erreicht werden kann, um die Gefahr bei Missachtung der allgemeinen Belüftungsanforderungen zu demonstrieren. Die Berechnungen basieren auf Messungen und beziehen sich auf Schränke.

Zur Berechnung der Tage bis zum Erreichen des kritischen Gasgemisches wurde folgende Gleichung ermittelt:

$$x = \frac{k_{\text{Block}} * c1 * c2}{c3}$$

- mit: x = Tage bis zum Erreichen von 4% H₂
k_{Block} = Konstante pro spezifischem Blockbatterietyp gem. Tabelle 3
c1 = Koeffizient gem. Tabelle 4 für tatsächliches freies Schrankvolumen
c2 = Koeffizient gem. Tabelle 4 für tatsächliche Batterietemperatur
c3 = Koeffizient für tatsächliche Gesamtblockanzahl

Somit lässt sich unter Zuhilfenahme der Tabellen 3 und 4 für die angegebenen Batterietypen, unterschiedliche Konfigurationen und Bedingungen berechnen, nach wieviel Tagen im Schrank die 4% H₂-Grenze erreicht werden kann.

Berechnungsbeispiel:

- 48 V-Batterie (z.B. Telekom)
4 * M12V155FT → c3 = 4
→ k = 750
Freies Luftvolumen 70% → c1 = 0,9
Batterietemperatur 20 °C → c2 = 1

$$x = \frac{k_{\text{Block}} * c1 * c2}{c3} = 168 \text{ Tage}$$

Die 168 Tage reduzieren sich bei 30 °C wegen c2 = 0,59 auf nur noch 99 Tage.

Batterieblock- typ	Nenn- spannung [V]	C10 [Ah], 1,80 V/Z, 20 °C	Konstante k
M12V45F	12	45	1842
M12V35FT	12	35	2228
M12V50FT	12	47	1659
M12V60FT	12	59	1322
M12V90FT	12	85	1324
M12V105FT	12	100	1107
M12V125FT	12	121	930
M12V155FT	12	150	750
M6V200	6	200	873
A 412/85 F10	12	85	786
A 412/120 FT	12	120	743

Tab. 3: Konstante k für verschiedene Blockbatterietypen mit Zentralentgasung

V _{frei} [%]	c1	T [°C]	c2
10	0,13	≤ 25	1
15	0,19	26	0,91
20	0,26	28	0,73
25	0,32	30	0,59
30	0,38	32	0,48
35	0,45	34	0,40
40	0,51	36	0,34
45	0,58	38	0,29
50	0,64	40	0,25
55	0,70	42	0,21
60	0,77	44	0,18
65	0,83	46	0,16
70	0,90	48	0,14
75	0,96	50	0,12
80	1,02	52	0,11
85	1,09	54	0,10
90	1,15	55	0,09

Tab. 4: Koeffizienten für freies Luftvolumen (c1) und Temperatur (c2)

Geräte- bzw. Batteriefehler oder Missachtung der Batterie-Gebrauchsanweisung können zu einer schnelleren H₂-Ansammlung und somit Reduzierung der Zeiten führen. Die zuvor angegebenen Berechnungsmethoden lassen sich dann nicht mehr anwenden.

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 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 DIN EN 50272-2 [2]). Diese Isolation muss einer Wechselspannung 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 Kapitel 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 (gemäß 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

- 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.
- Für Schraubverbindungen gelten die folgenden Drehmomente entsprechend der Gebrauchsanweisung:

Gel-Type	G-M5	F-M5	F-M6	G- M6	A	F-M8	F-M10
A 400/FT*	5 Nm	--	--	6 Nm	8 Nm	--	17 Nm
A 500	5 Nm	--	--	6 Nm	8 Nm	--	--
A 600 cells	--	--	--	--	--	20 Nm	--
A 600 blocks	--	--	--	--	--	12 Nm	--
A 700	--	6 Nm	11 Nm	--	--	--	--

Tab. 5: Drehmomente (aus "Gebrauchsanweisung"). Für alle Werte gilt eine Toleranz von ± 1 Nm.

- 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:	$\pm 0,03$ V
4 V-Blöcke:	$\pm 0,042$ V
6 V-Blöcke:	$\pm 0,052$ V
12 V-Blöcke:	$\pm 0,073$ V

4.4 Parallelschaltungen

Die meisten Batteriehersteller, Standards und Richtlinien empfehlen maximal 4 parallelgeschaltete 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 parallelgeschaltet werden, solange die erforderliche Ladespannung je Zelle bzw. Block pro Strang gemäß Gebrauchsanweisung erfüllt ist.

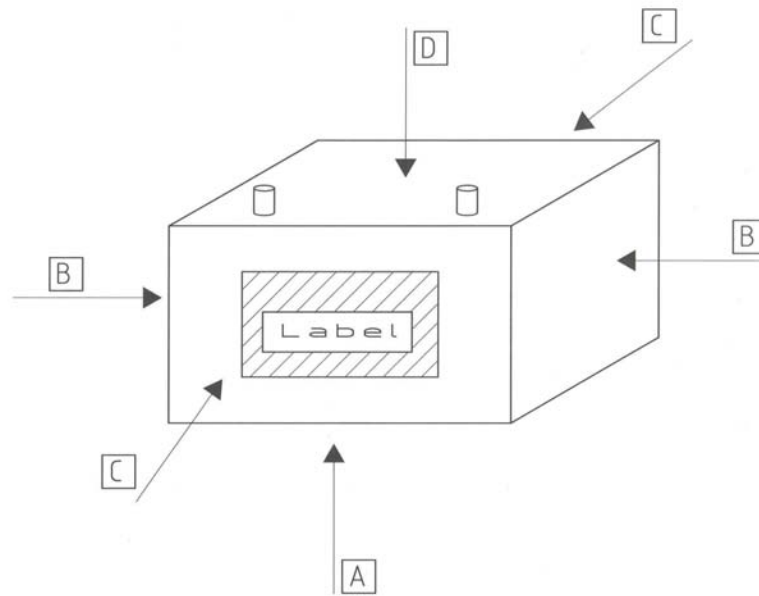
Unter diesen Voraussetzungen ist eine Parallelschaltung von bis zu 10 Strängen möglich. Die Entladedaten beziehen sich auf die Endpole eines jeden Stranges.

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

4.5 Einbaulagen für Gel-Zellen und -Blöcke

Nachfolgend die möglichen Einbaulagen für verschlossene Gel-Zellen und -Blöcke.

Bei horizontaler Installation ist sicherzustellen, dass die Deckel durch Liegen auf der Auflagefläche nicht mechanisch belastet werden.



A = Standardeinbauposition

D = generell nicht zugelassen (auch FT-Batterien niemals auf die Pole!)

A600 (Zellen, Blöcke), A600 SOLAR: Alle Einbaupositionen (außer D) zugelassen

A400, A500, A700, SOLAR, SOLAR BLOCK:

Batterien < 20 Ah C₁₀: Alle Einbaupositionen (außer D) zugelassen

Batterien ≥ 20 Ah C₁₀ bis 100 Ah C₁₀: Einbaupositionen A, B und C zugelassen; B und C: Kapazitätsverlust bis 10% möglich

Batterien > 100 Ah C₁₀: Einbauposition A und Kippwinkel 45 ° (in allen Achsen) zugelassen

5. Inbetriebnahme

- In Anwendungsfällen wie Erhaltungsladebetrieb, Inbetriebnahme nach Lagerung oder nach Montage, wie zuvor beschrieben, besteht die Inbetriebsetzung 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).

6. Betrieb

6.1 Erhaltungsladespannung und -strom

- Innerhalb eines Betriebstemperaturbereiches von 15 °C bis 35 °C darf eine temperaturbezogene Anpassung der Ladespannung nicht erfolgen. Liegt die Betriebstemperatur ständig außerhalb dieses Bereiches, ist die Ladespannung entsprechend Abb. 3, 4 und 5 anzupassen.

Gel-Solar-Batterien: Siehe auch Kapitel 6.8.2

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:

2,25 V/Z für A600, A600 Block, A600 SOLAR und A700

2,27 V/Z für A400

2,30 V/Z für A500, SOLAR und SOLAR BLOCK

Alle Ladevorgänge (Erhaltungs-, Stark-, Ausgleichladen) 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, Teil 1 [5]. 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 negativen 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 während drei aufeinanderfolgenden Stunden nicht mehr wesentlich ändert.

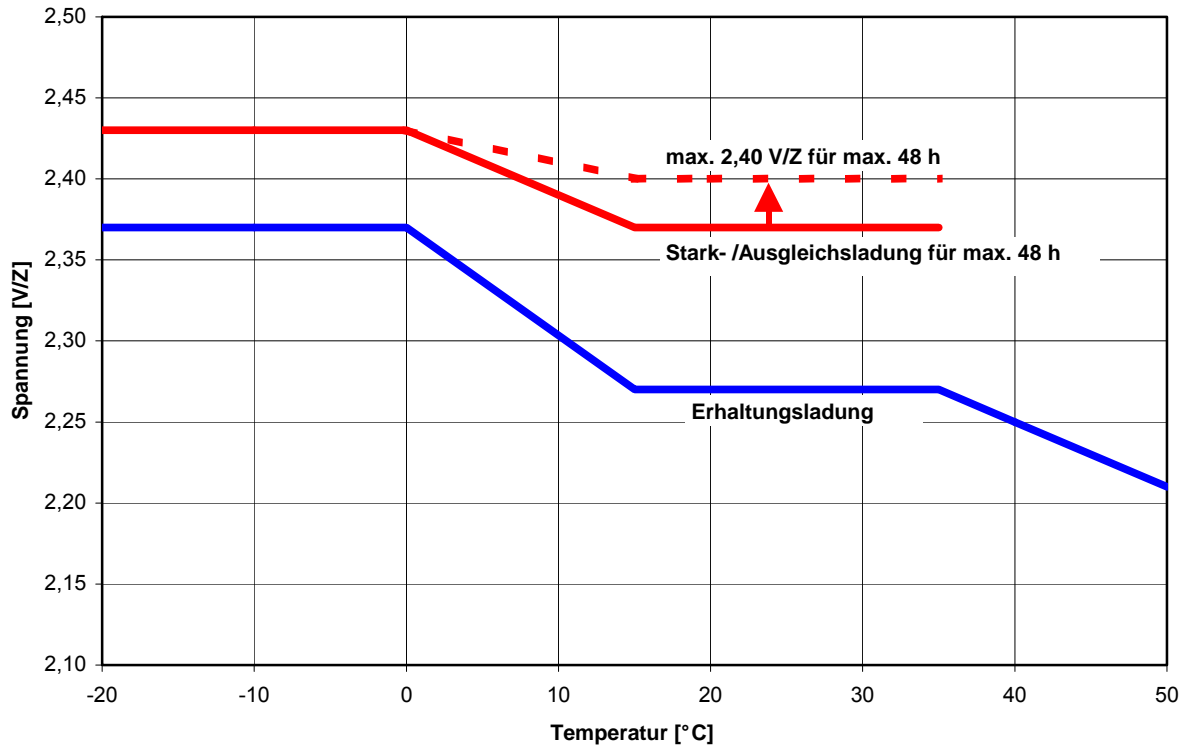


Abb. 3: A400 - Ladespannung versus Temperatur

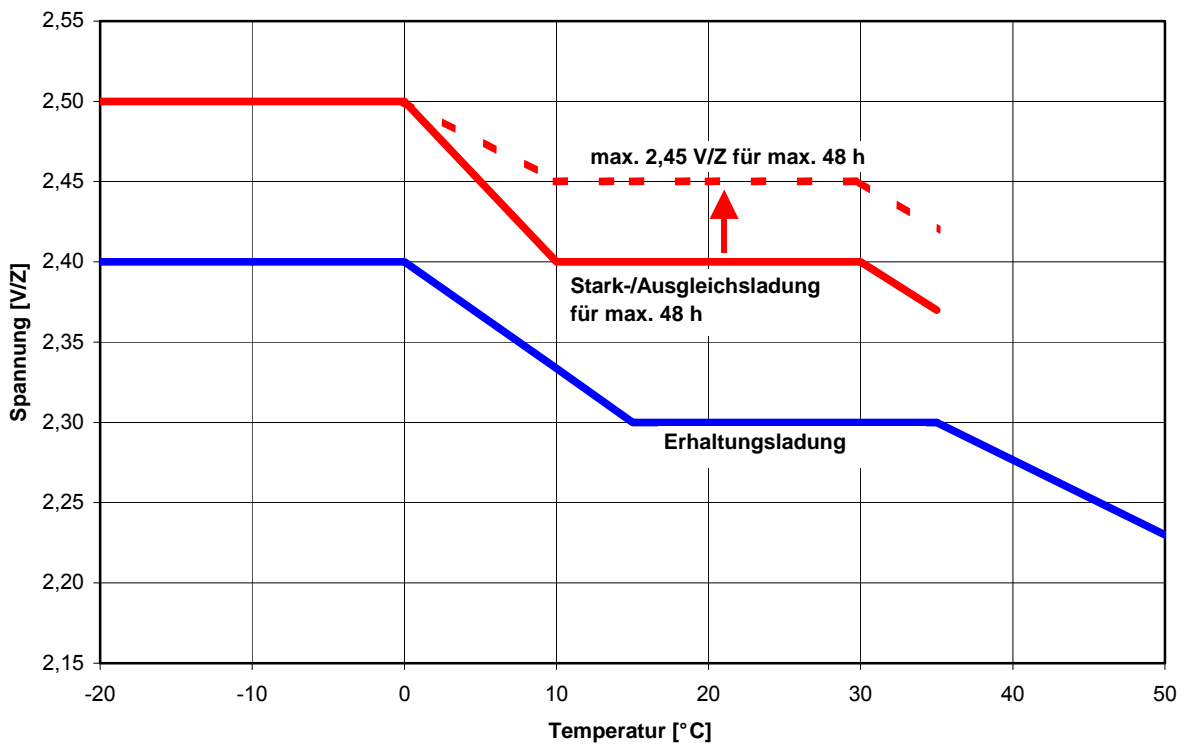


Abb. 4: A500, (SOLAR, SOLAR BLOCK) - Ladespannung versus Temperatur

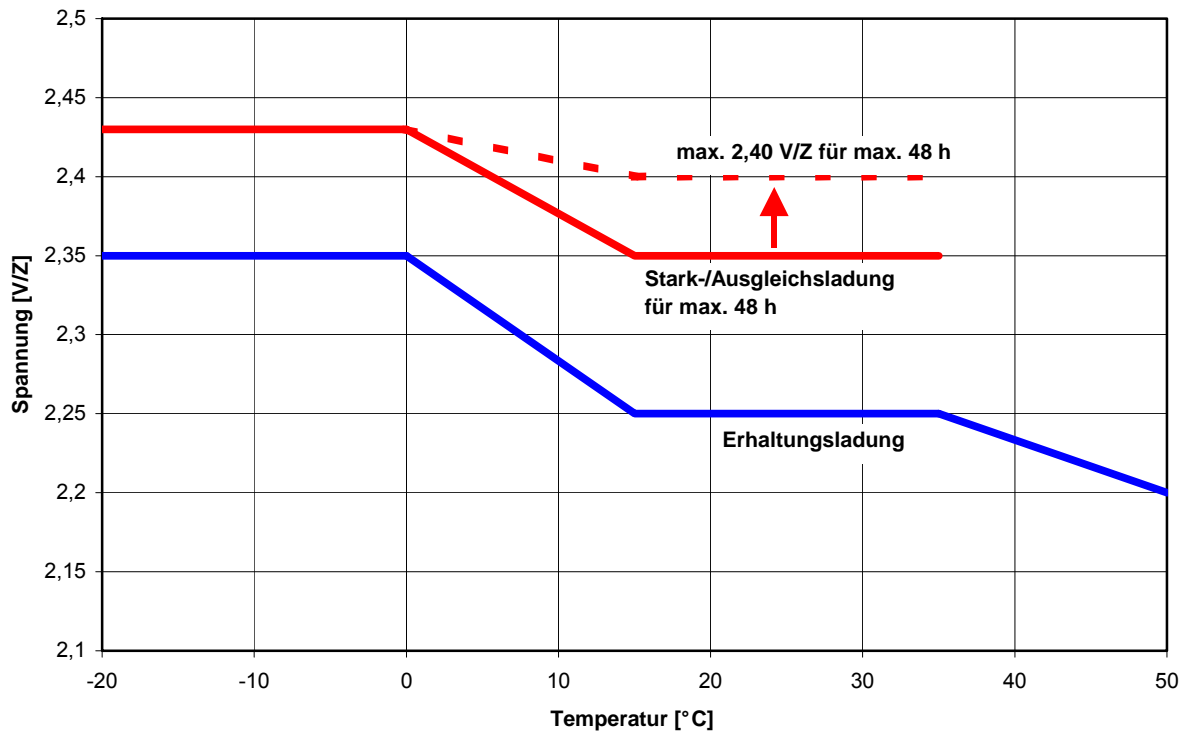


Abb. 5: A600, (A600 SOLAR), A600 Block, A700 - Ladespannung versus Temperatur

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 Zyklieren“ (d.h. Zyklieren 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 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 Ah C_{10} sein (s. auch DIN EN 50272-2 [2]).

Wie kritisch der Einfluss des überlagerten Wechselstromes gerade im Hinblick auf die unterschiedlichen Bleibatteriesysteme „geschlossen“ und „verschlossen“ gesehen wird, zeigt das Merkblatt des ZVEI „Brauchbarkeitsdauer-Betrachtungen bei stationären Batterien“ ([6]) auf. Hier werden unterschiedliche Grenzen für den überlagerten Wechselstrom (Effektivwert) im Erhaltungslade- bzw. Bereitschaftsparallelbetrieb empfohlen:

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

Max. 1 A/100 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 entsprechend der Abb. 6 bis 16 abweichen. Die folgende Tabelle 6 gibt einen Überblick über alle Batterietypen und deren Abweichungen vom Durchschnittswert unter Erhaltungsladebedingungen gem. 6.1.

	2 V-Zellen	4 V-Blöcke	6 V-Blöcke	8 V-Blöcke	12 V-Blöcke
A400	--	--	+0,35/-0,17	--	+0,49/-0,24
A500	+0,2/-0,1	+0,28/-0,14	+0,35/-0,17	+0,40/-0,20	+0,49/-0,24
A600	+0,2/-0,1	--	+0,35/-0,17	--	+0,49/-0,24
A700	--	+0,28/-0,14	+0,35/-0,17	--	--

Tab. 6: Zulässige Abweichung der Erhaltungsladespannung von den Vorgabewerten gem. 6.1. Die Werte entsprechen dem Kriterium „Beobachten“ in den Abb. 6 bis 16.

- Nach der Montage und innerhalb der ersten zwei oder drei Betriebsjahre ist diese Abweichung umso stärker. Sie ist auf die unterschiedlichen internen Zustände einzelner Zellen bzgl. Rekombination und Polarisation zurückzuführen. Im Laufe der Jahre kommt es dann zu einer Einschnürung des Streubereiches entsprechend Abb. 6 bis 16 („Typischer Anstieg“ bzw. „Typischer Abfall“).
- Es handelt sich um einen ganz normalen Effekt, der in [7] näher beschrieben wird.

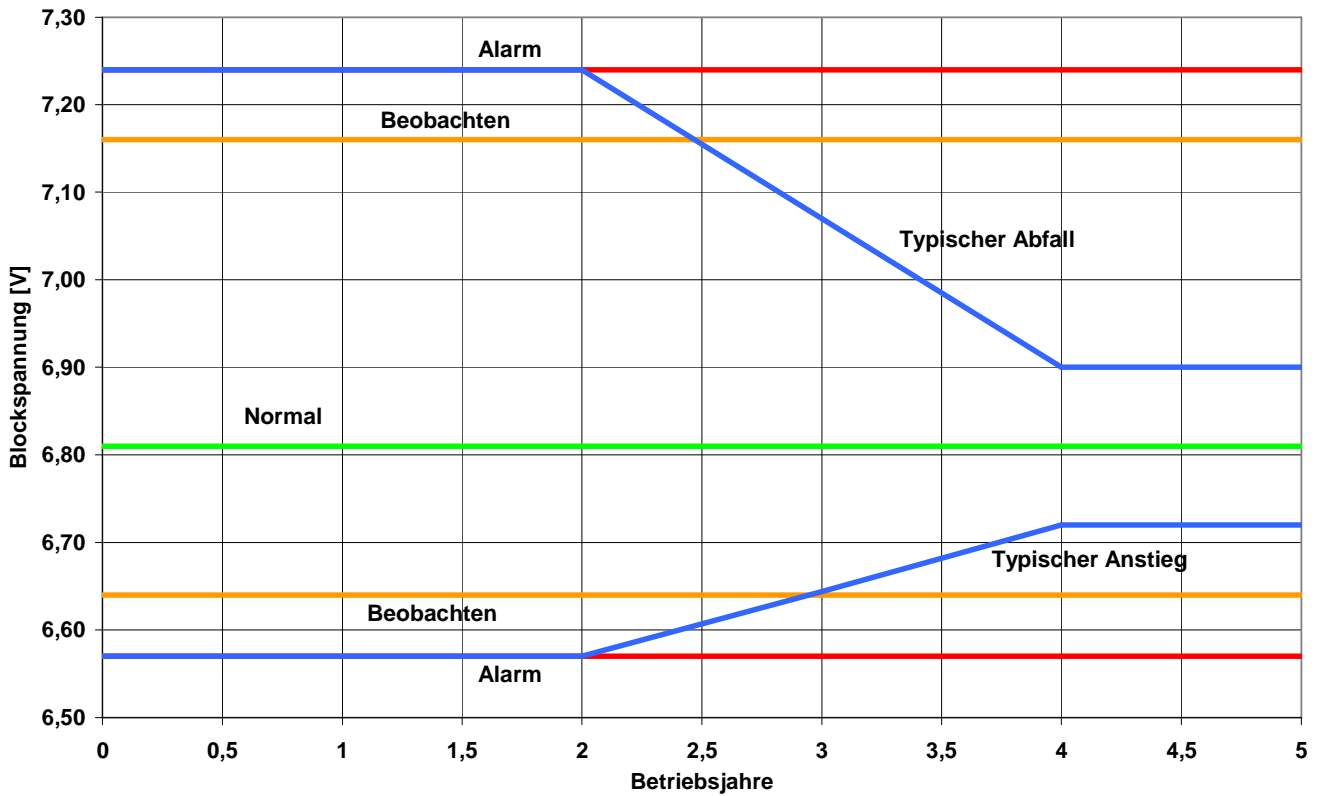


Abb. 6: A400 (6 V) – Spannungsabweichung versus Jahre

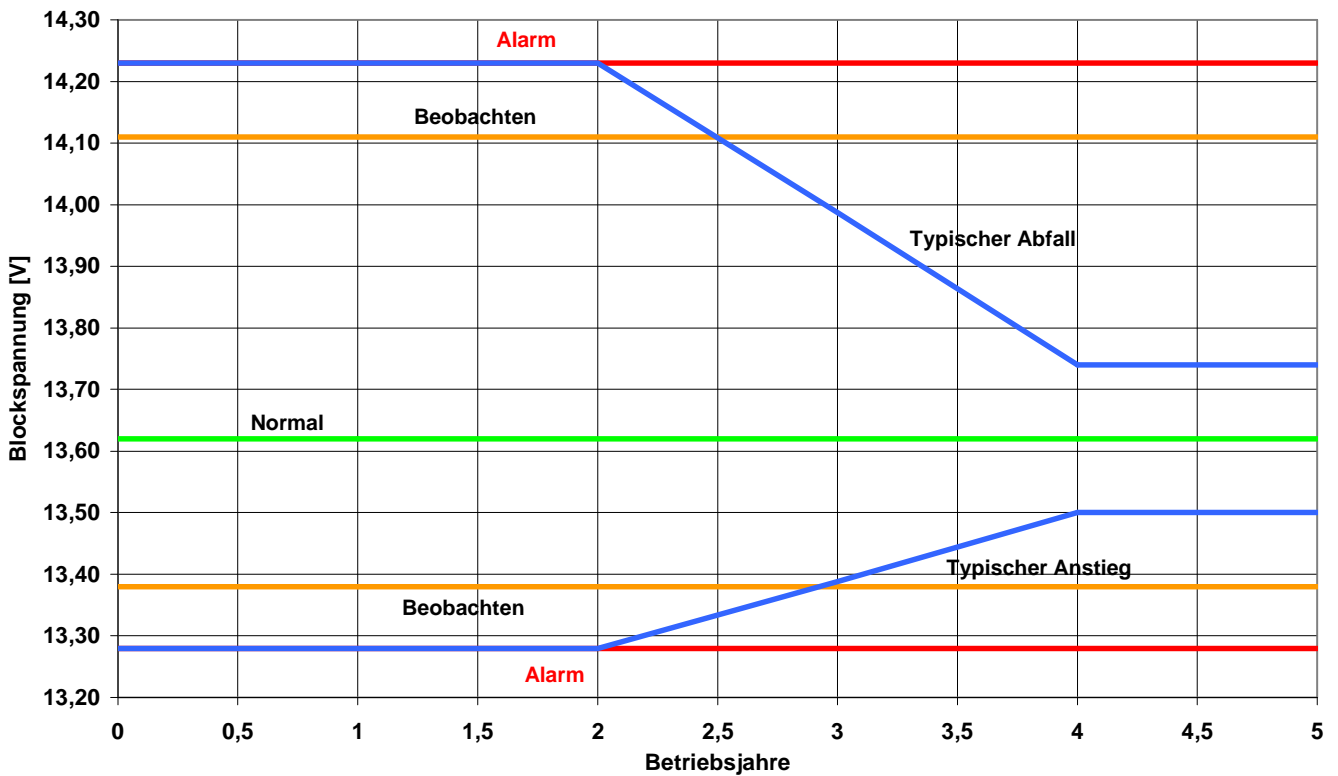


Abb. 7: A400 (12 V) – Spannungsabweichung versus Jahre

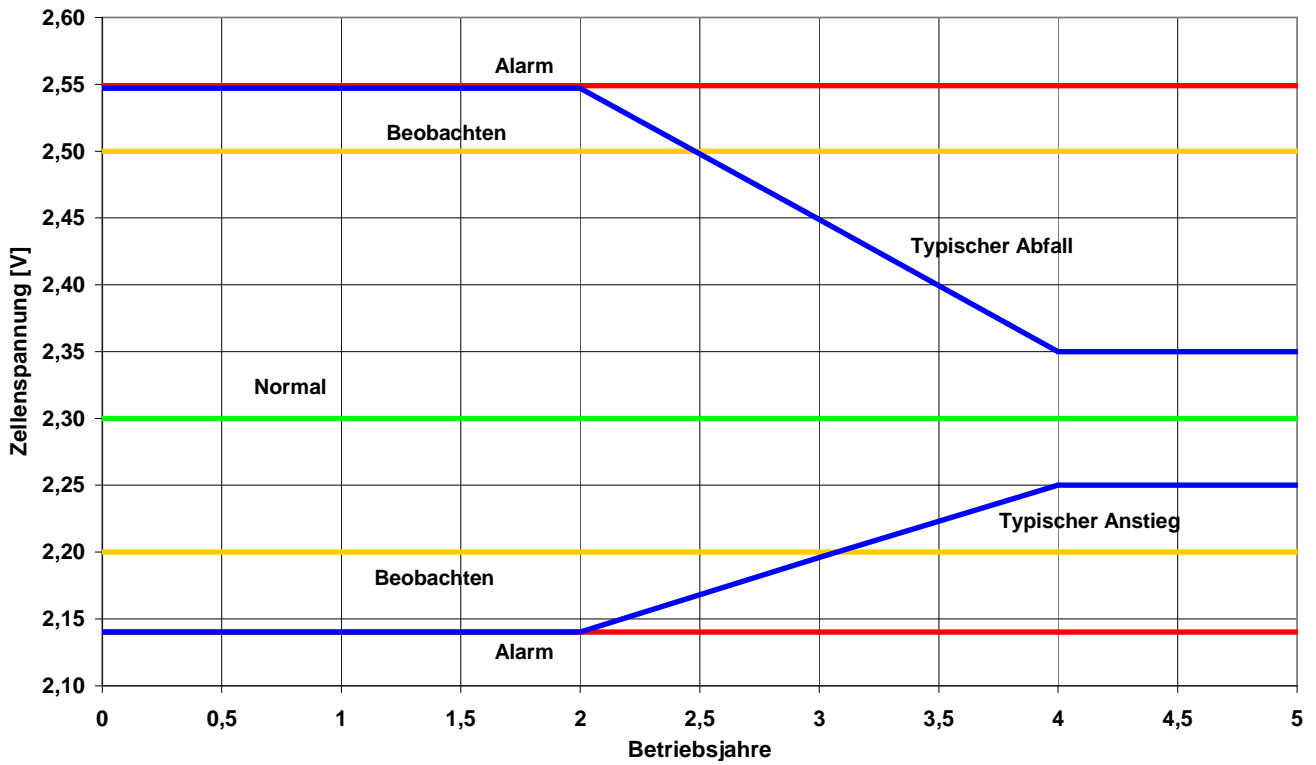


Abb. 8: A500 (2 V) – Spannungsabweichung versus Jahre

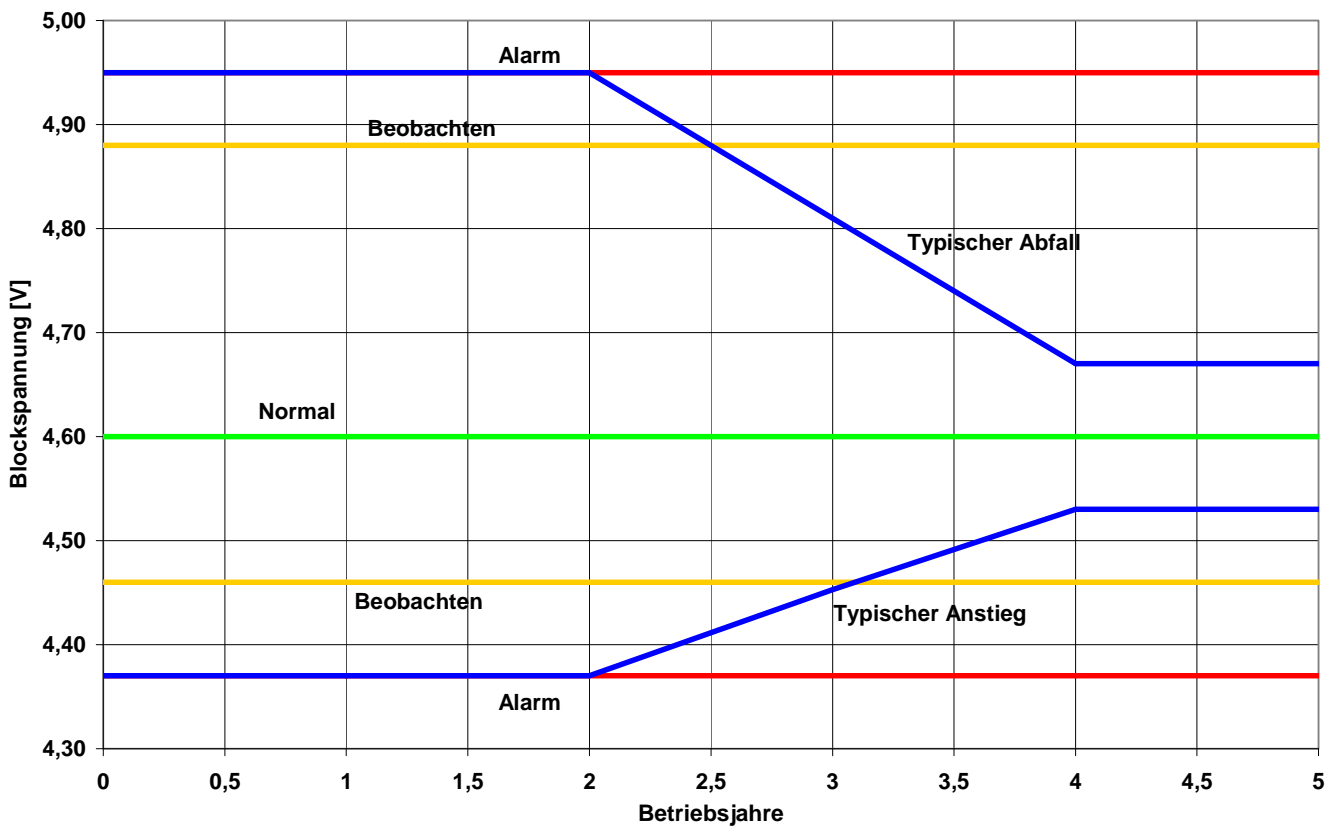


Abb. 9: A500 (4 V) – Spannungsabweichung versus Jahre



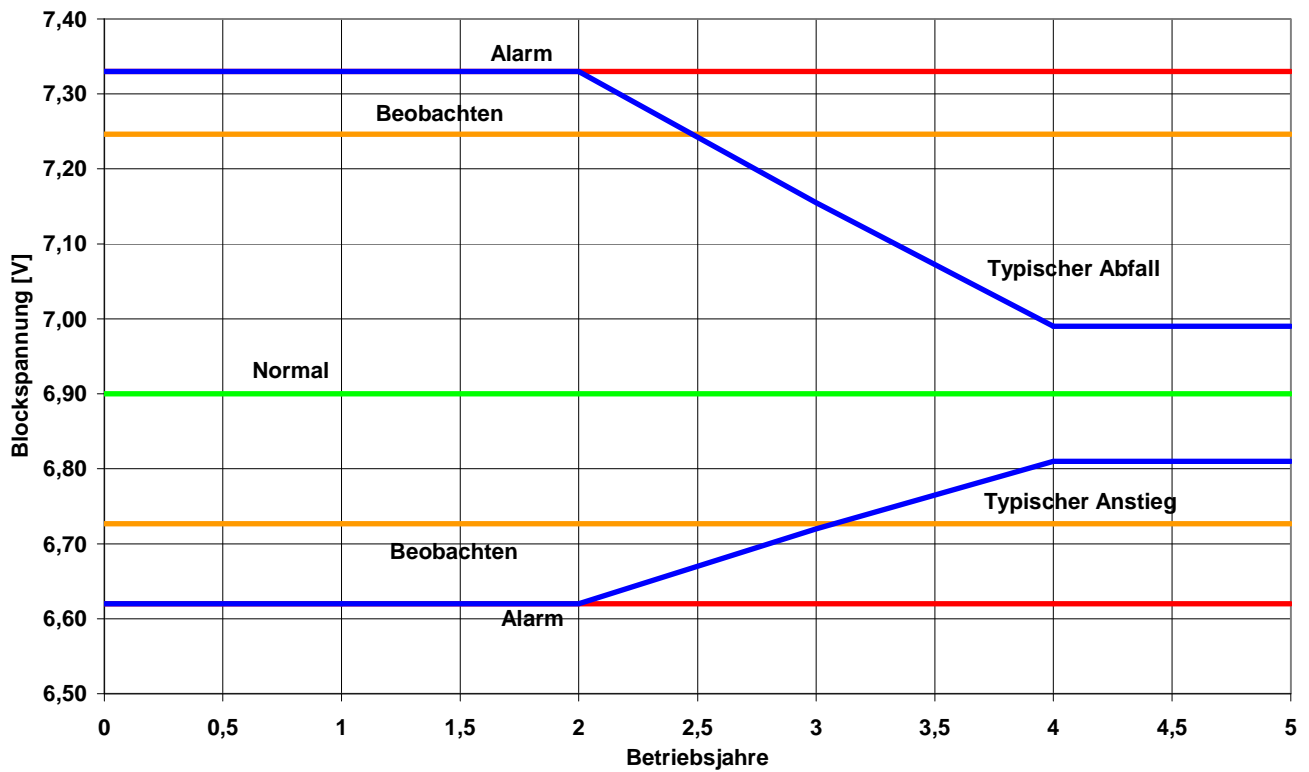


Abb. 10: A500 (6 V) – Spannungsabweichung versus Jahre

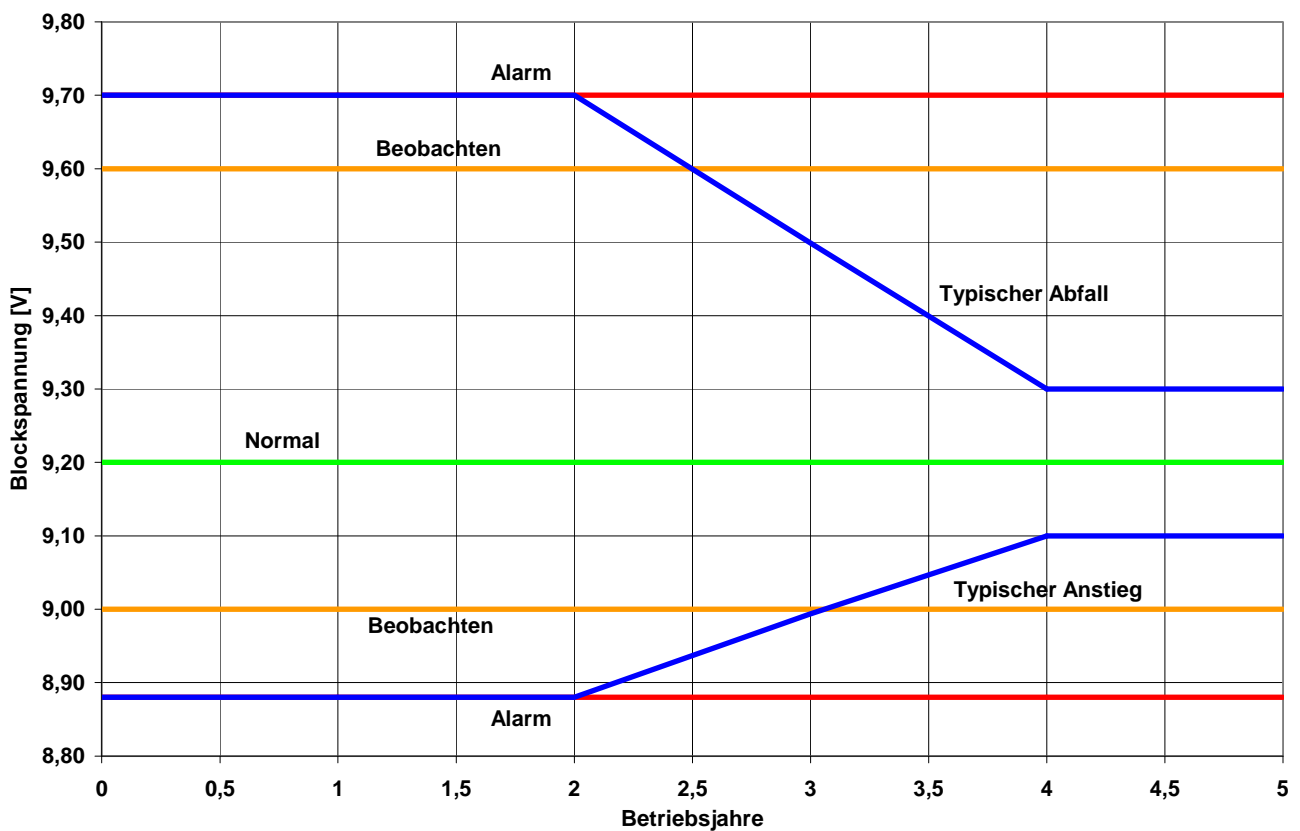


Abb. 11: A500 (8 V) – Spannungsabweichung versus Jahre

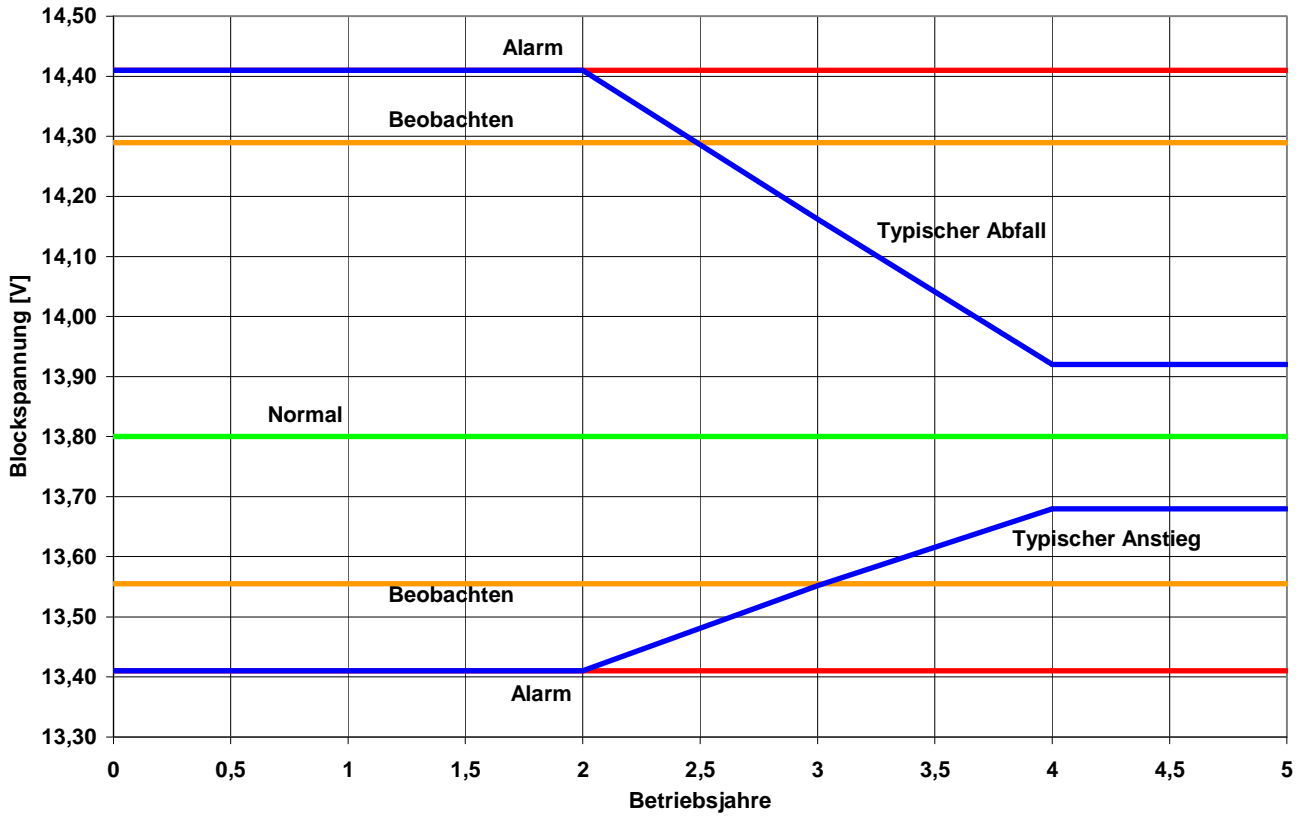


Abb. 12: A500 (12 V) – Spannungsabweichung versus Jahre

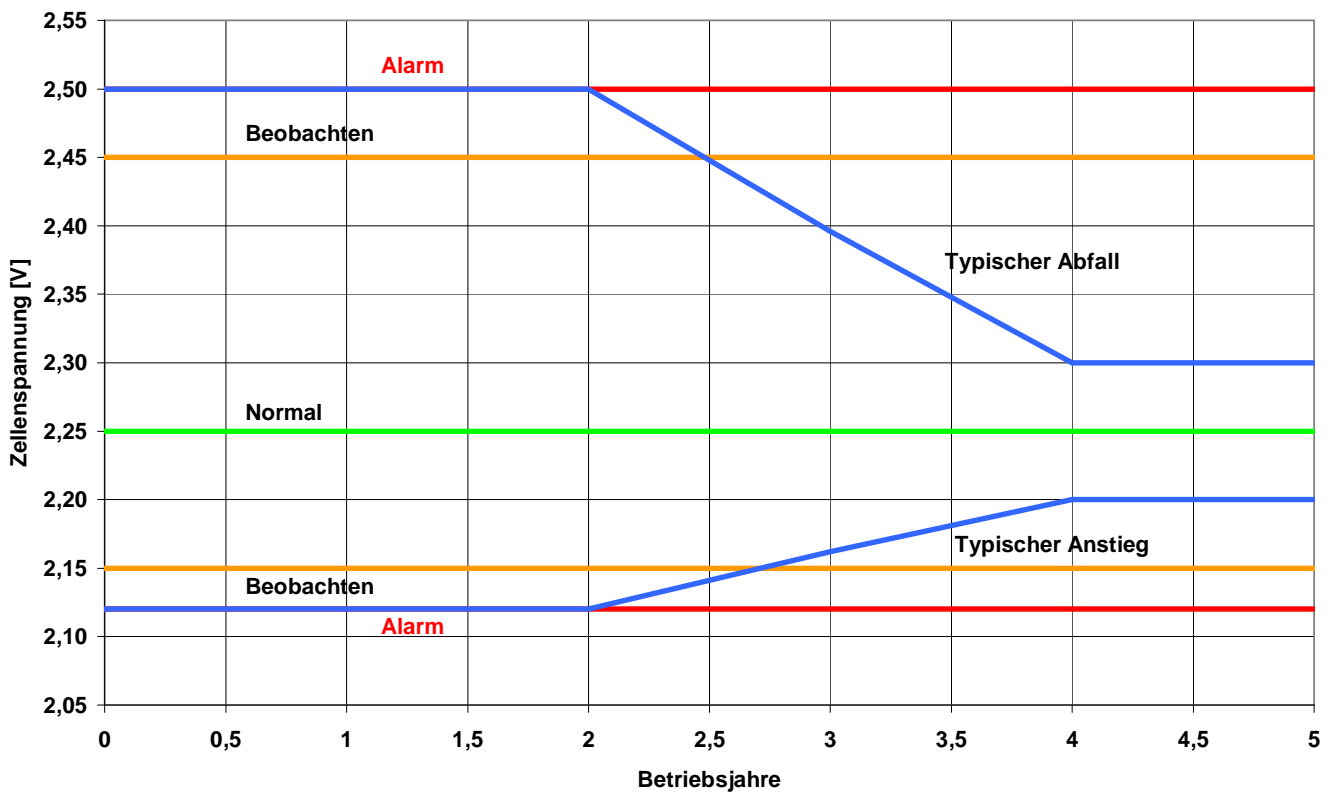


Abb. 13: A600 (2 V) – Spannungsabweichung versus Jahre



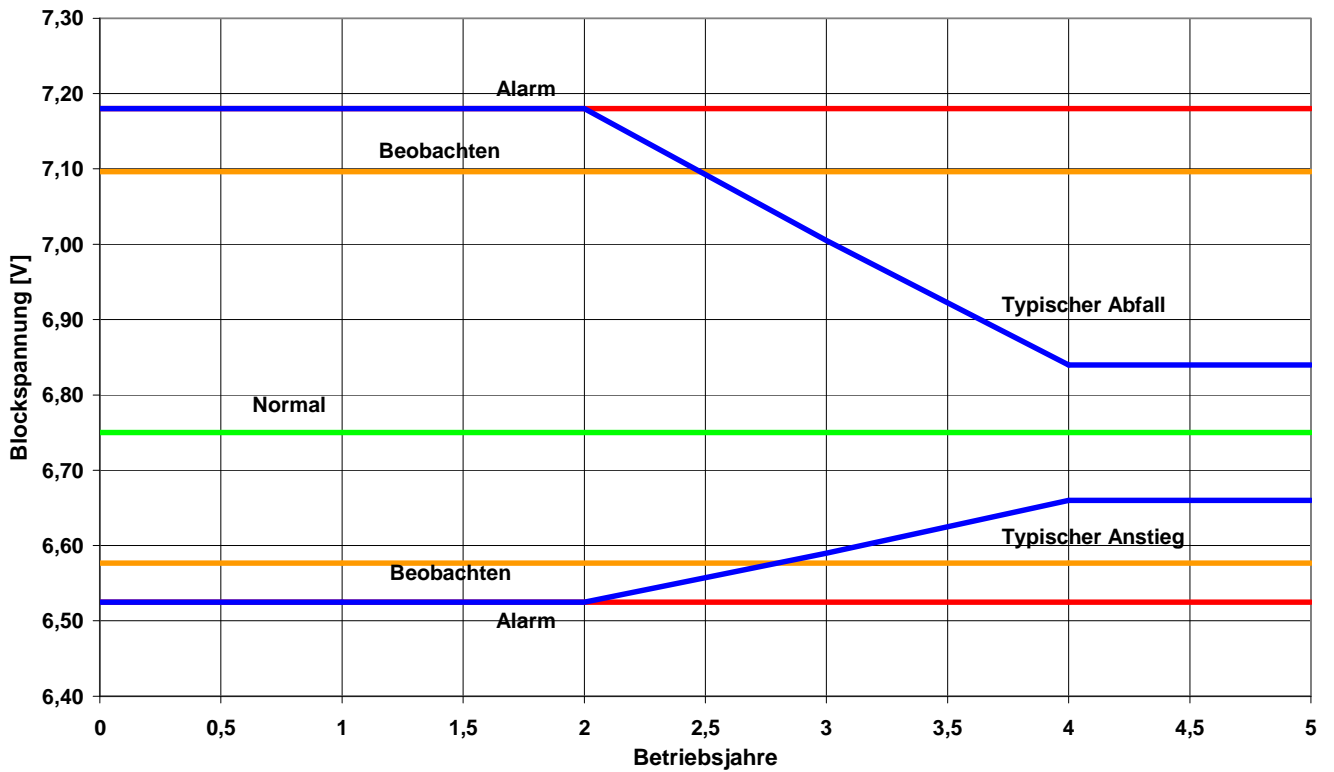


Abb. 14: A600 (6 V), A700 (6 V) – Spannungsabweichung versus Jahre

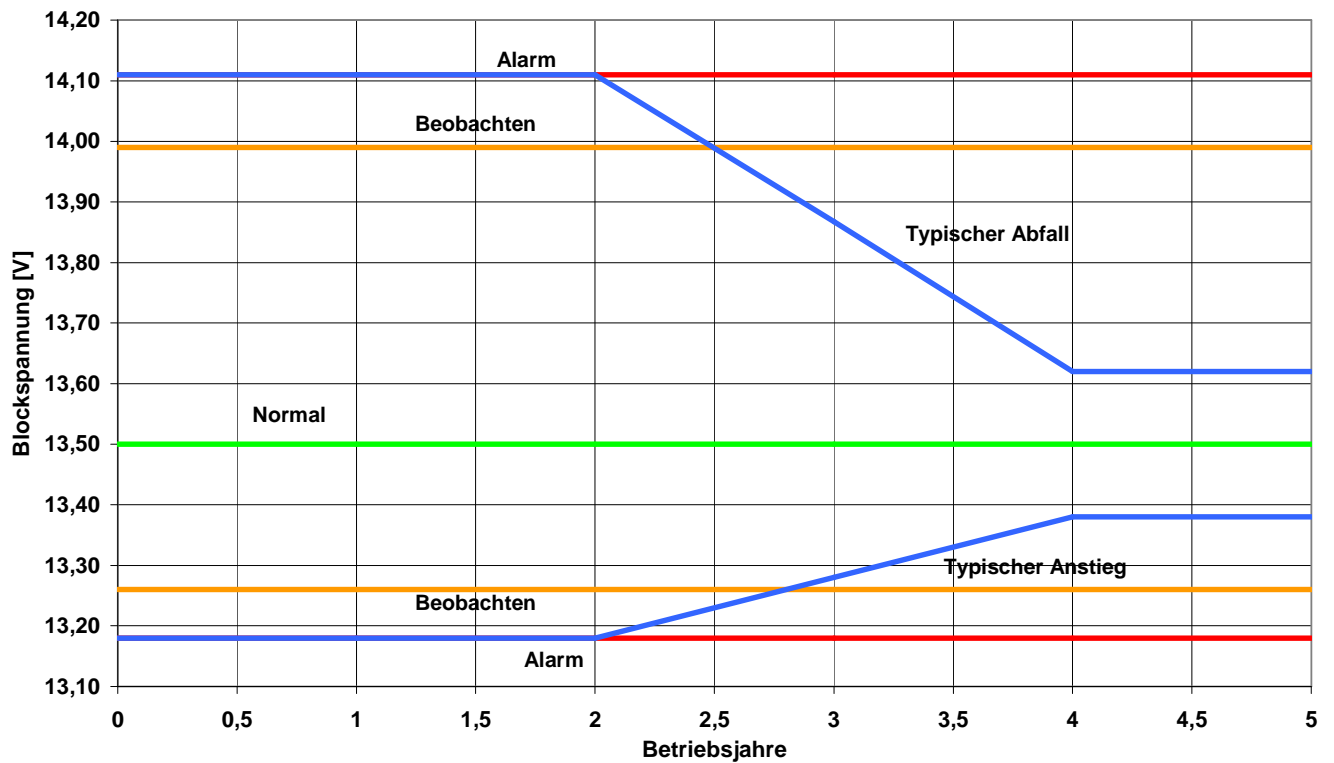


Abb. 15: A600 (12 V) - Spannungsabweichung versus Jahre



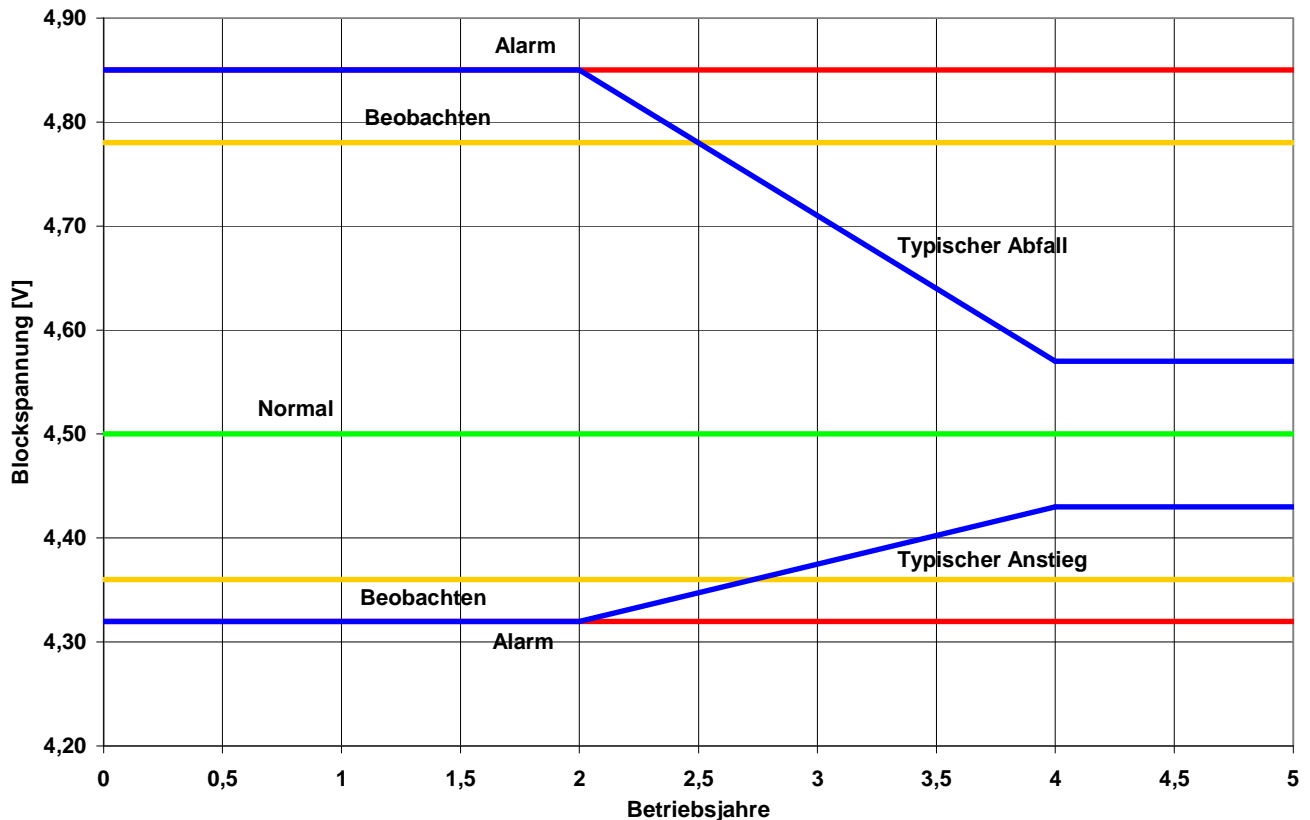


Abb. 16: A700 (4 V) – Spannungsabweichung versus Jahre

6.4 Ladezeiten

- Die Konstantspannung-Konstantstrom-Lademethode (IU) ist die gebräuchlichste, um sehr lange Brauchbarkeitsdauern von verschlossenen 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.
Laden von Gel-Solar-Batterien: siehe Kapitel 6.8.2.
- Wie die Diagramme zu interpretieren sind:

Bei Spannungen höher als die 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 Herunterschalten auf 2,25 V/Z. Bei Beibehalten von 2,40 V/Z verkürzen sich die Wiederaufladezeiten deutlich.

Parameter: - Ladespannung 2,25, 2,30 und 2,40 V/Z,
- Ladestrom 0,5, 1,0, 1,5 und $2,0 \cdot I_{10}$,
- Entladetiefe (englisch: Depth of Discharge = DOD)
25, 50, 75 und 100% C_{10}

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. 17 und 18 sind Beispiele für die Interpretation der Diagramme. Eine Zusammenstellung aller verfügbaren Diagramme findet man im Anhang.

Abb. 17: 2,25 V/Z, $1 \cdot I_{10}$. Entladetiefe 50%. Wiederaufladung auf 80% verfügbare Kapazität innerhalb 4 Stunden. Die Vollladung dauert bis zu 48 Stunden.

Abb. 18: 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.

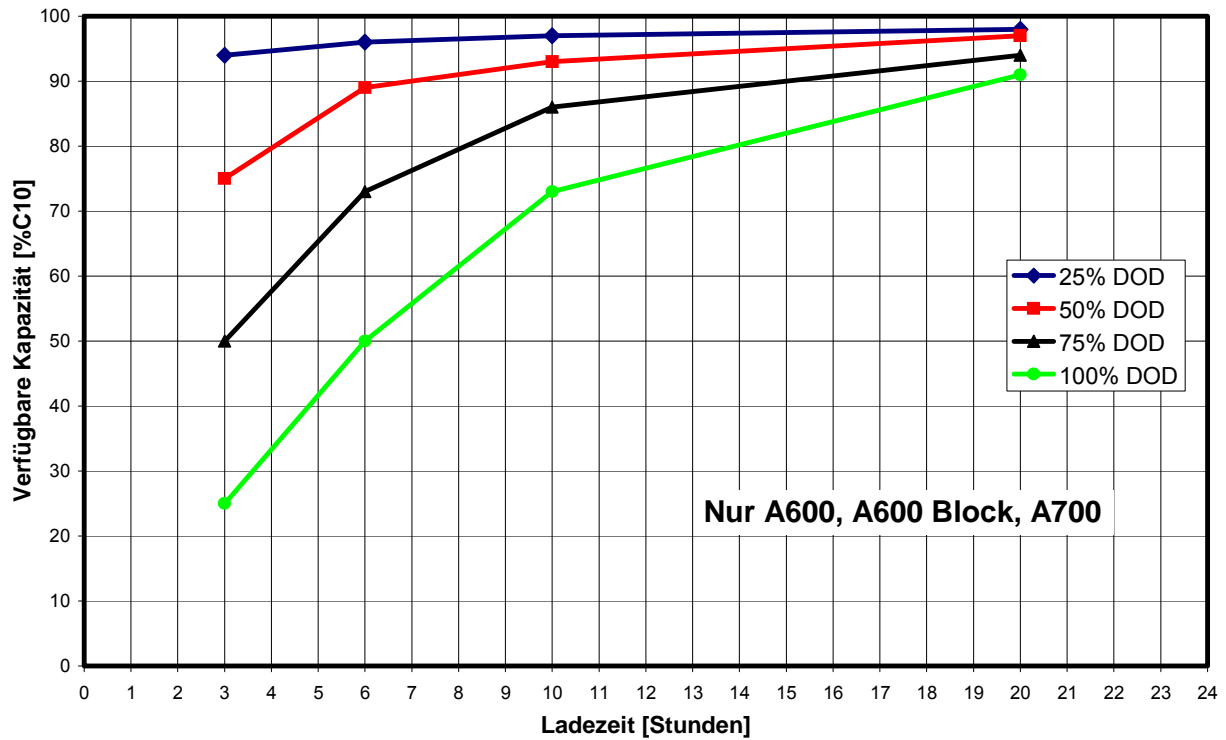


Abb. 17: Verfügbare Kapazität versus Ladezeit bei 2,25 V/Z,
Ladestrom $1 \cdot I_{10}$, DOD = Entladetiefe

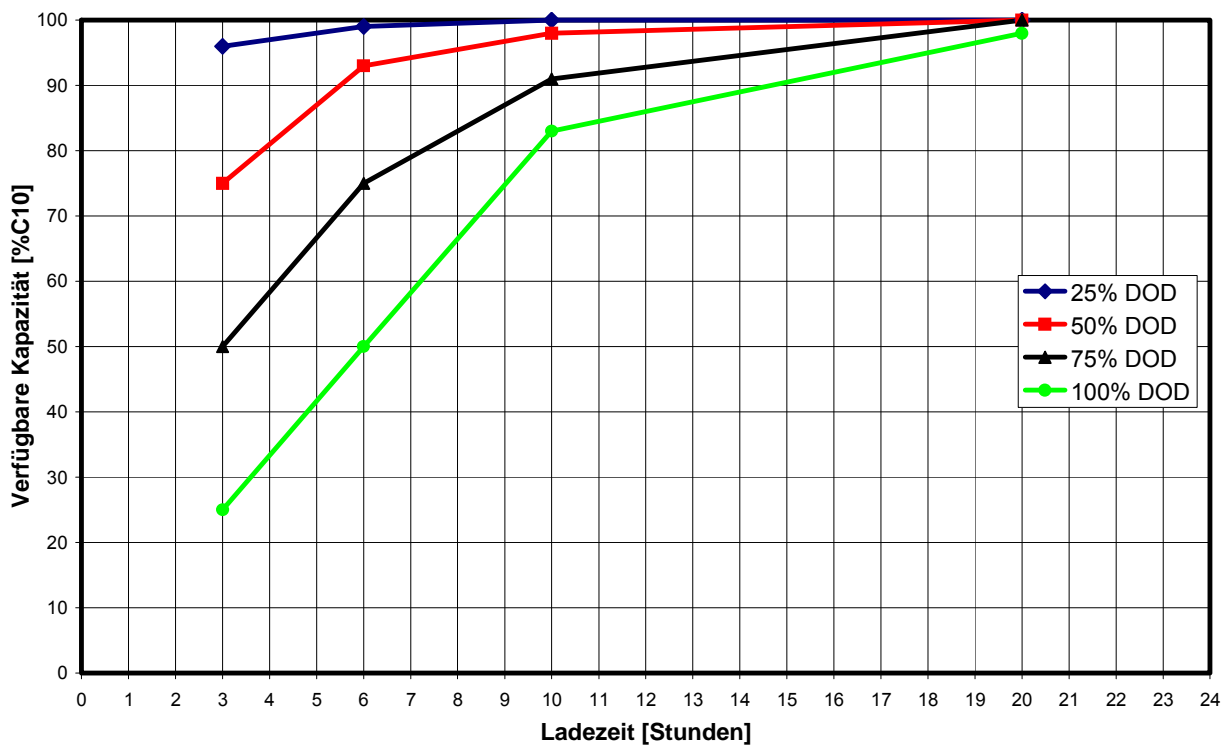


Abb. 18: Verfügbare Kapazität versus Ladezeit bei 2,40 V/Z,
Ladestrom $1 \cdot I_{10}$, DOD = Entladetiefe

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):

1,05 (10stündige Entladung)

1,10 (einstündige Entladung)

1,20 (10minütige Entladung)

$$\text{Ah-Wirkungsgrad} = 1/1,05 \dots 1/1,20 = 95\% \dots 83\%$$

Erklärungen:

Der notwendige Ladefaktor steigt mit steigender Entladerate (wobei die Entladetiefe sinkt). Das liegt daran, dass ohmsche Verluste, Wärmeentstehung durch Rekombination usw. 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)
Durchschnittsentladespannung bei C_{10} -Entladung: $2,0 \text{ V/Z}$
(abgeschätzt)



Wiederaufladung: IU-Laden 2,25 V/Z, 1 • I₁₀,

Voraussichtliche Wiederaufladezeit (einschließlich Ladefaktor 1,05):

32 Stunden

Abschätzung der Durchschnittsspannung während Wiederaufladung:

Die Spannung steigt von 2,1 V/Z auf 2,25 V/Z innerhalb 9 Stunden → durchschnittlich 2,17 V/Z.

Die Spannung ist konstant bei 2,25 V/Z über (32-9) Stunden = 23 Stunden.

Abgeschätzte Durchschnittsspannung während 32 Stunden: 2,23 V/Z

$$\text{Wh-Wirkungsgrad} = \frac{100 \text{ Ah} \cdot 2,0 \text{ V/Z}}{105 \text{ Ah} \cdot 2,23 \text{ V/Z}} = 0,854 = 85 \%$$

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 den Abb. 6 bis 16 gezeigten, erlaubten Bereiche liegen.

Sie sind folgendermaßen durchzuführen:

- Bis zu 48 Stunden bei max. 2,40 V/Z.
- Der Ladestrom ist bis zum Erreichen von U-konstant unbegrenzt.
- Die Zellen- bzw. Blocktemperatur darf niemals über 45°C steigen. In diesem Fall muss die Ladung unterbrochen oder auf Erhaltungsladespannung heruntergeschaltet werden, um ein Absinken der Temperatur zu bewirken.

Gel-Solar-Batterien mit Systemspannungen ≥ 48 V

Alle ein bis drei Monate:

Methode 1: IUI

I-Phase = Bis zur Spannung gemäß Abb. 26 (Kapitel 6.8.2) 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 4 Stunden

Methode 2: IUI (Pulsen)

I-Phase = Bis zur Spannung gemäß Abb. 26 (Kapitel 6.8.2) 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 4-6 Stunden mit Pulsen 15 min. 2 A/100 Ah und 15 min. 0 A/100 Ah.

6.7 Entladung, Kapazitätstests

6.7.1 Allgemeines

Wenn verschlossene Gel-Bleibatterien auch als widerstandsfähig gegenüber Tiefentladungen (Entnahme von mehr als 100% der Nennkapazität) gelten, muss doch mit einer Minderung der Brauchbarkeitsdauer bei zu vielen und aufeinanderfolgenden Tiefentladungen gerechnet werden.

Daher:

- 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 sofort wieder vollgeladen werden.

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.
- Verslossene Bleibatterien werden grundsätzlich geladen ausgeliefert. 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 (s. hierzu „5. Inbetriebnahme“).
- Vor dem Kapazitätstest sollen nach Möglichkeit die Gesamtspannung und die Einzelspannungen im Erhaltungsladebetrieb und im Leerlauf gemessen werden.
- Kapazitätstests sollen gemäß DIN EN 60896-21 [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
 $U_{\min} =$ Entladeschlussspannung U_S [V/Z] $- 0,2$ V

Beispiel:

Entladeschlussspannung $U_s = 1,75 \text{ V/Z}$. 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. 7: 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 60896-21 [8] zwischen 18 und 27 °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 $\geq C_3$ bzw.
 $0,01$ bei Tests von $< C_3$ und
Anfangstemperatur ϑ in $^{\circ}\text{C}$.

- 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 Zyklisieren gleichkommen.

Nachfolgend ein Beispiel für eine denkbare Vorgehensweise bei einer OPzV-Batterie (Brauchbarkeitsdauer z.B. 20 Jahre bei 20°C):

Erster Test nach 1 oder 2 Jahren *);
danach alle 3 bis 5 Jahre;
jährlich sobald die Kapazität anfängt kontinuierlich zu fallen.

*) Anstelle des ersten Tests nach 1 oder 2 Jahren kann auch der Abnahmetest nach der Inbetriebnahme stehen.

6.8 Zyklenbetrieb

6.8.1 Allgemeines

Gel-Batterien können auch im Entlade-/Ladebetrieb eingesetzt werden (ein Zyklus besteht aus einer Entladung und einer Wiederaufladung).

Gel-Solar-Batterien sind für den Zyklenbetrieb optimiert (Zusatz zum Elektrolyten: Phosphorsäure, - erhöht die Zyklenzahl).

Die nachfolgend genannten Zyklenzahlen wurden gemäß DIN EN 60896-2 [9]*) bestimmt:

A500: 600 Zyklen
A400: 600 Zyklen
A700: 700 Zyklen
A600 Block: 1000 Zyklen
A600: 1200 Zyklen

SOLAR: 800 Zyklen
SOLAR BLOCK: 1200 Zyklen
A600 SOLAR: 2400 Zyklen *)
≥ 3000 Zyklen **)

*) Entlade-/Ladebedingungen gemäß DIN EN 60896-2 [9]: 20 °C, Entladung über 3 h mit einem Strom $I = 2,0 \cdot I_{10}$. Dies entspricht einer Entladetiefe von 60% C₁₀. IU-Laden bei 2,4 V/Z.

***) 20 °C, Entladetiefe 60% C₁₀, IUI-Laden. Details auf Anfrage.

Die mögliche Zyklenanzahl hängt von verschiedenen Parametern ab, z.B. ausreichende Wiederaufladung, Entladetiefe und Temperatur.

Tiefere Entladungen (höhere Entladetiefen) bewirken eine geringere Zyklenanzahl, weil die aktive Masse viel stärker beansprucht wird und eine stärkere Wiederaufladung nötig ist (Korrosion!). Entsprechend resultieren niedrigere Entladetiefen in höheren Zyklenzahlen. Siehe Abb. 19 bis 25 für nähere Angaben.

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

Bezüglich Temperatureinfluss auf die Zyklenanzahl 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.

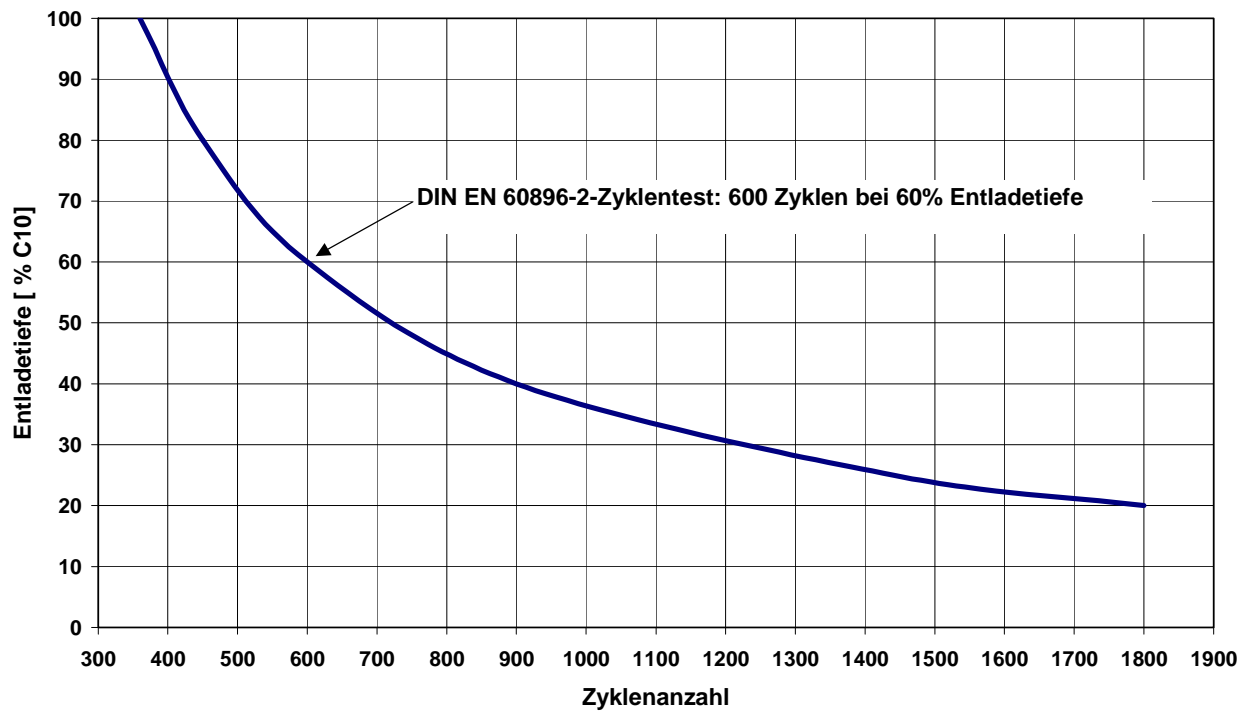


Abb. 19: A500, A400 - Zyklusanzahl versus Entladetiefe

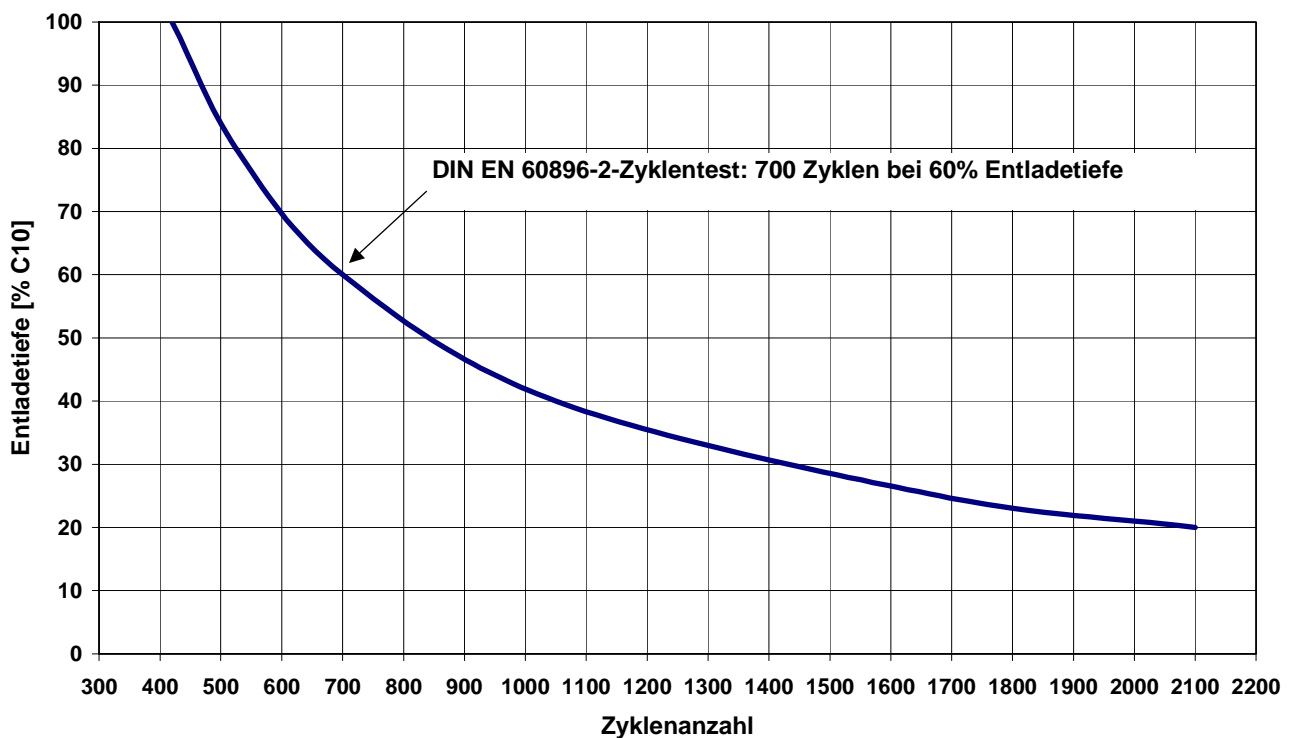


Abb. 20: A700 - Zyklusanzahl versus Entladetiefe

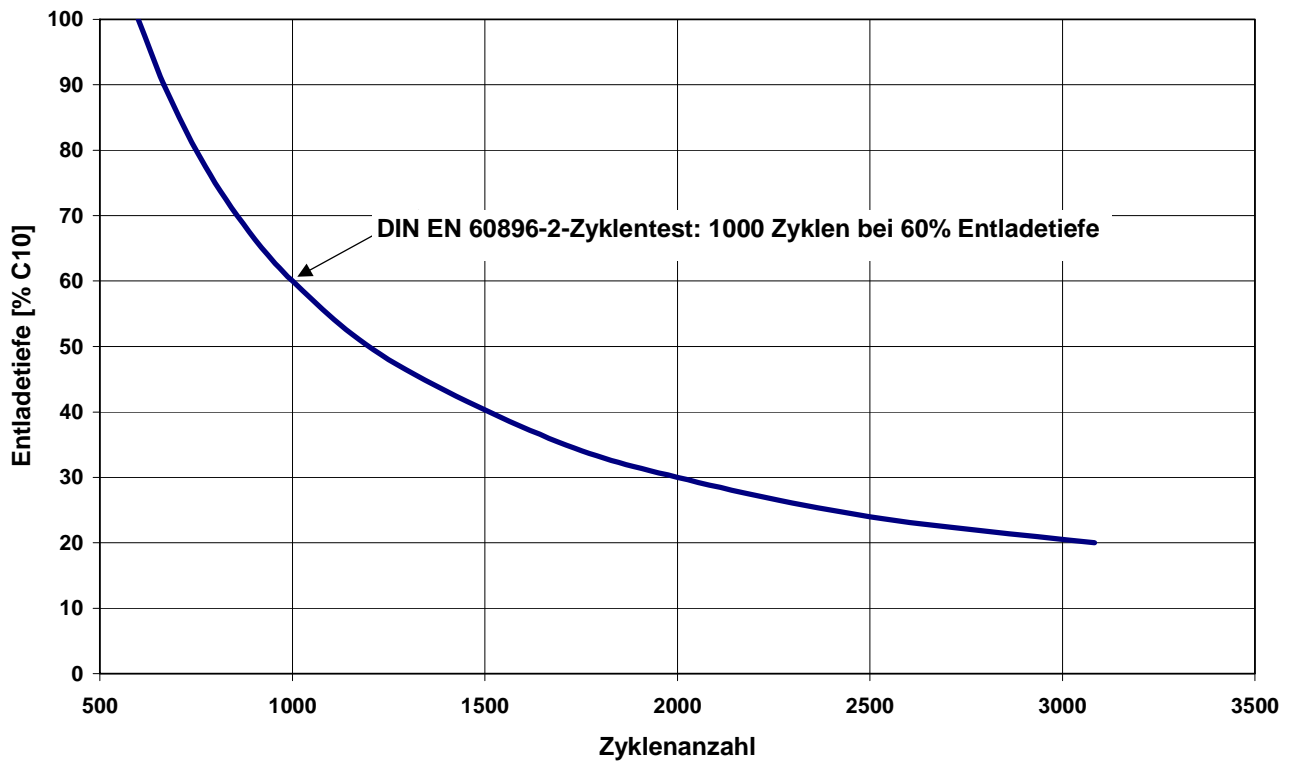


Abb. 21: A600 Block - Zyklusanzahl versus Entladetiefe

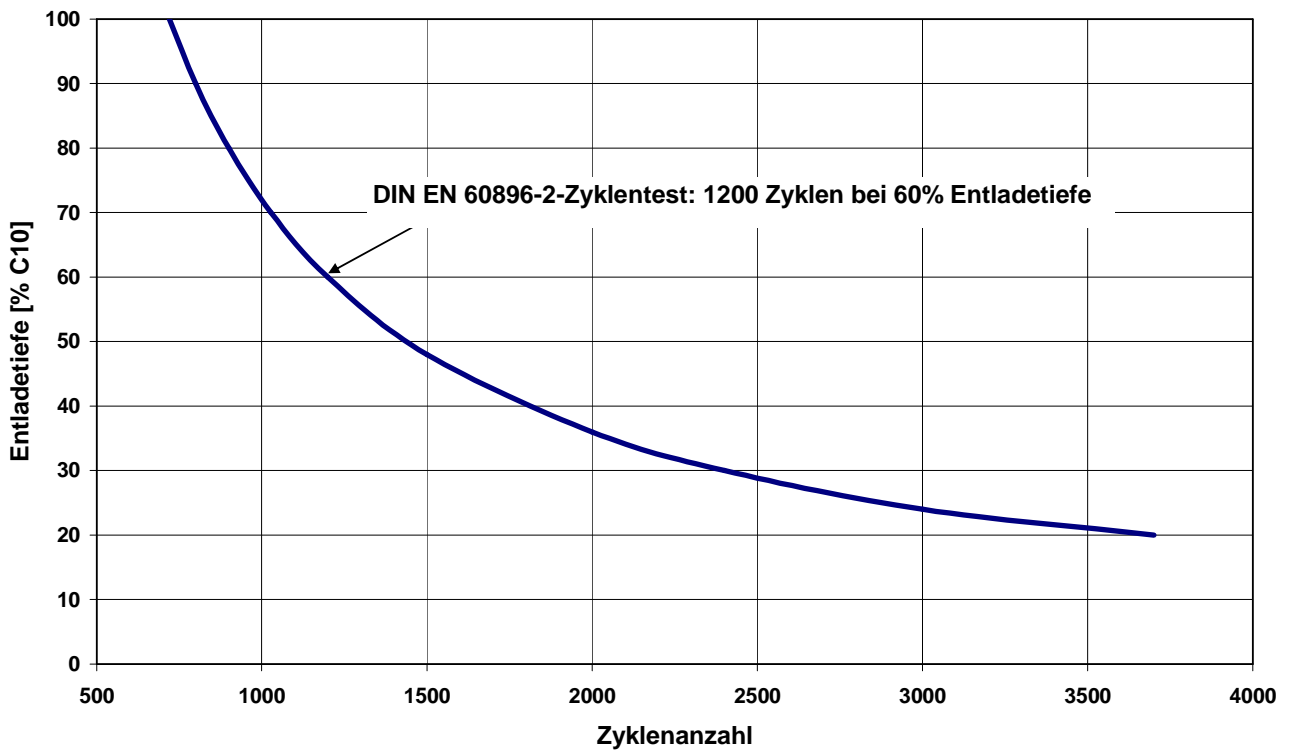


Abb. 22: A600 – Zyklusanzahl versus Entladetiefe

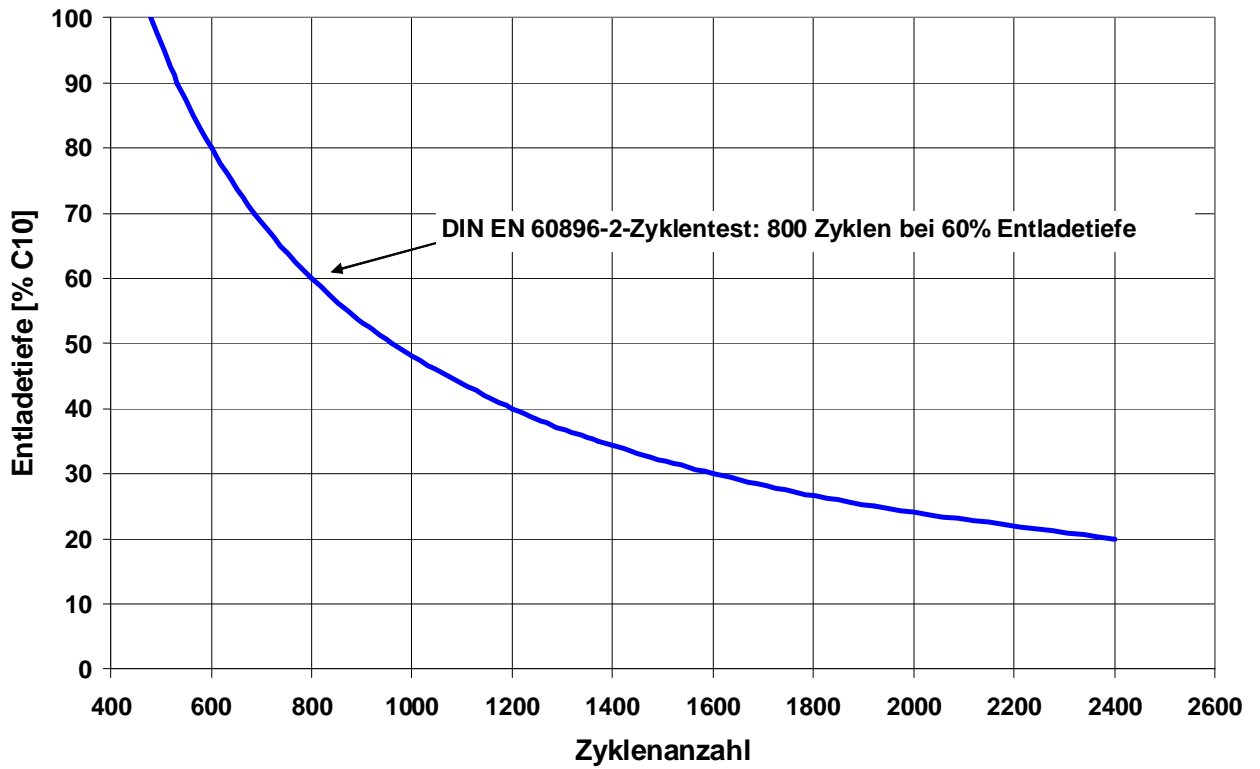


Abb. 23: SOLAR - Zyklusanzahl versus Entladetiefe

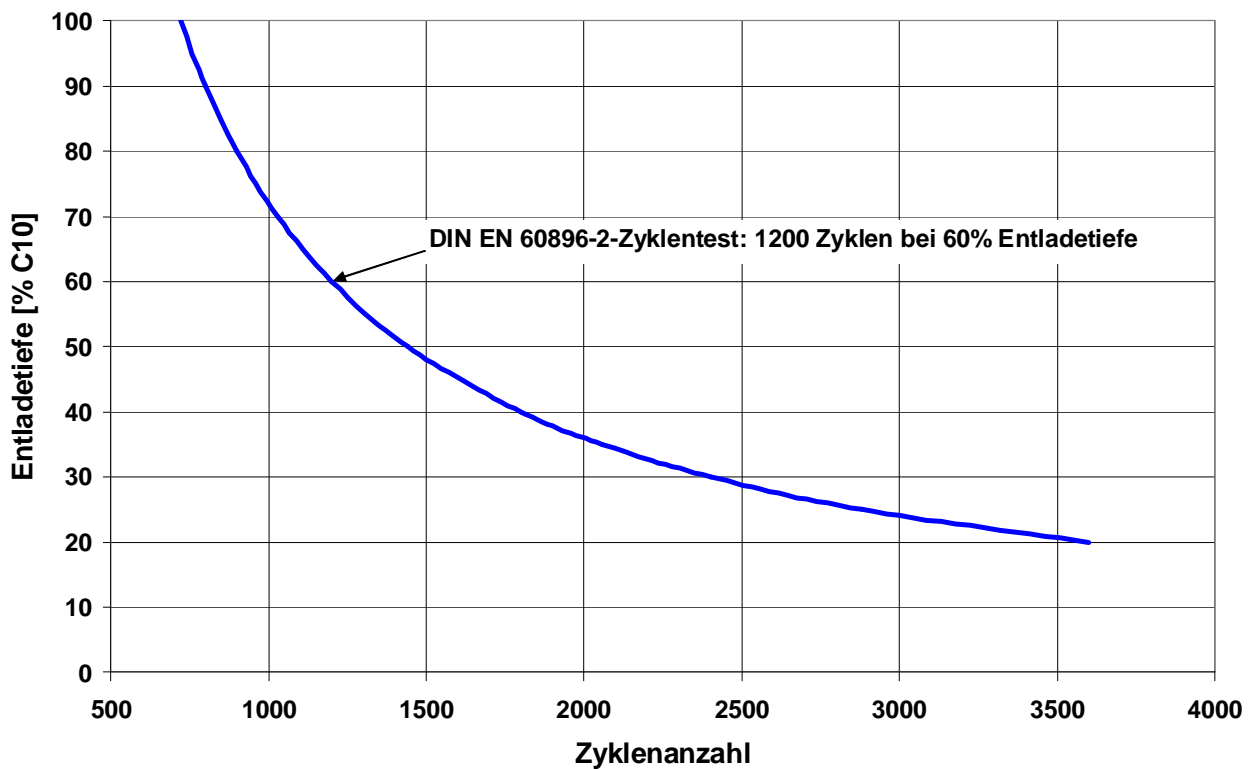


Abb. 24: SOLAR BLOCK - Zyklusanzahl versus Entladetiefe

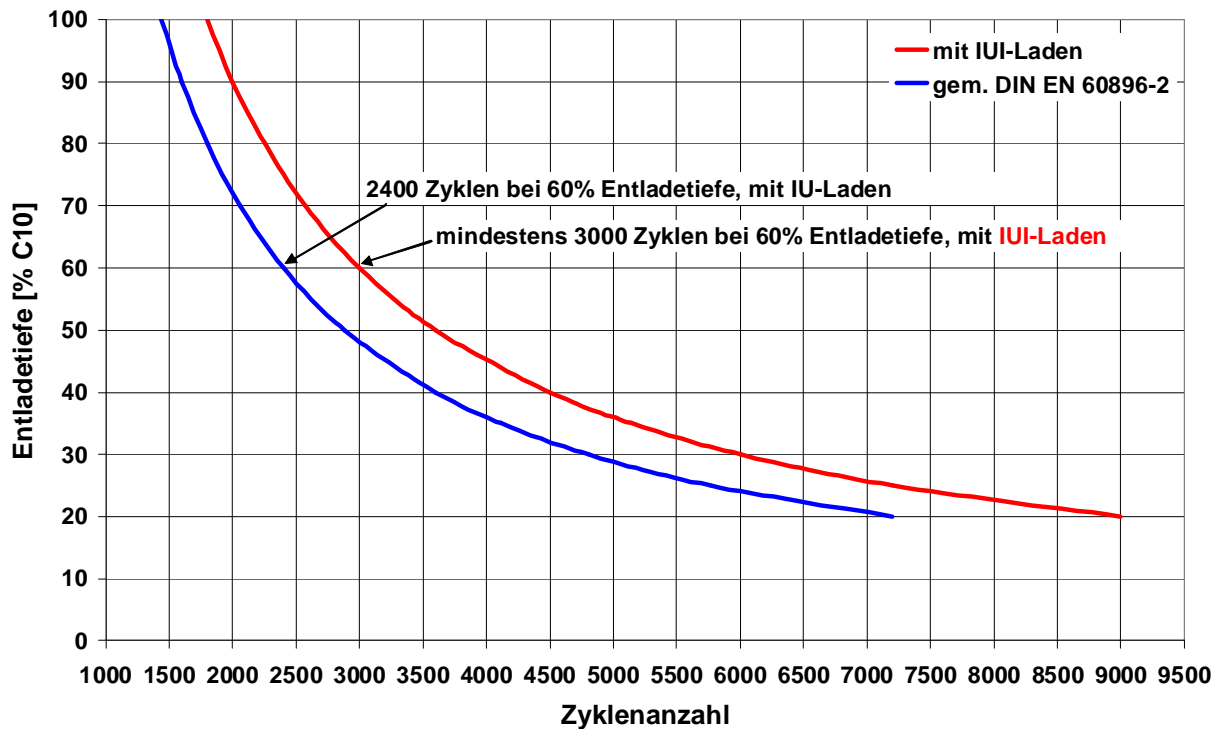


Abb. 25: A600 SOLAR - Zyklusanzahl versus Entladetiefe

6.8.2 Spezielle Überlegungen zu Gel-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 (ein Muss für verschlossene Batterien)
 - 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 [10] 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)?
 - Auto-Starter-Batterien sind nicht geeignet für professionelle Solar-Systeme
 - Gesamtes System mit möglichst wenig Wartungsaufwand, besonders in entlegenen Gegenden

- Temperaturdifferenz

Die Batterieaufstellung muss so erfolgt sein, dass Temperaturdifferenzen zwischen einzelnen Zellen/Blöcken 3 Grad Celsius (Kelvin) nicht übersteigen.

- Laden

Das Laden von Gel-Solar-Batterien soll gemäß Abb. 26 erfolgen. Eine temperaturabhängige Anpassung der Ladespannung innerhalb der Betriebstemperatur von 15 °C bis 35 °C darf nicht erfolgen. Liegt die Betriebstemperatur dauernd außerhalb dieses Temperaturbereiches, soll die Spannung gemäß Abb. 26 angepaßt werden.

Bedingt durch saisonale oder andere Umstände müssen Solar-Batterien auch in Ladezuständen kleiner als 100% betrieben werden können, z.B. (gemäß IEC 61427 [11]):

Sommer: 80 bis 100% Ladezustand

Winter: bis zu 20% Ladezustand hinunter.

Deshalb sollten alle 3 bis 12 Monate Ausgleichladungen erfolgen, abhängig von den tatsächlichen Ladezuständen über längere Perioden.

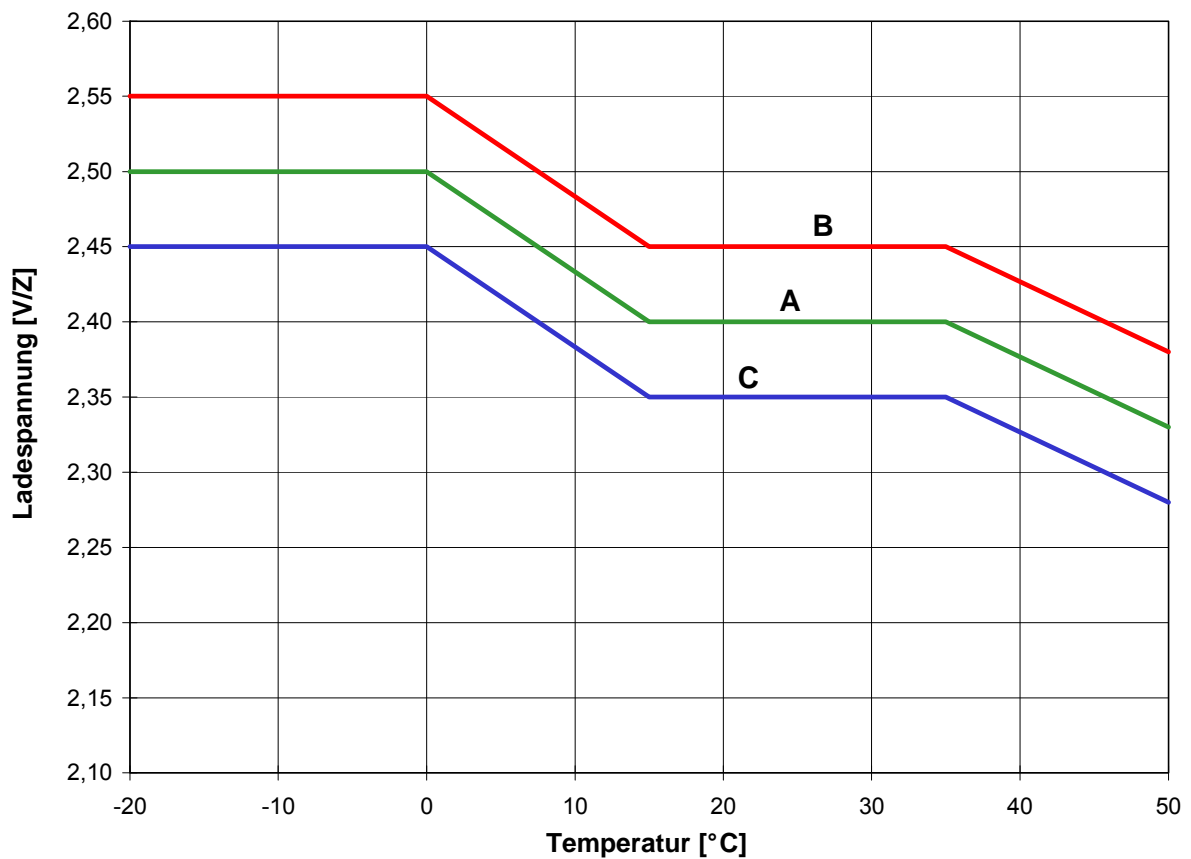


Abb. 26: Laden von Gel-Solar-Batterien versus Ladeart und Temperatur

- Mit Laderegler (Zwei-Stufen-Regler): Laden gemäß Kurve B (max. Ladespannung) für max. 2 h pro Tag, dann Umschalten auf Dauerladen gemäß Kurve C
- Standardladen (ohne Umschalten) - Kurve A
- Starkladung (Ausgleichsladen mit externem Generator): Laden gemäß Kurve B für max. 5 h pro Monat, dann Umschalten auf Kurve C.

6.9 Innenwiderstand R_i

- Der Innenwiderstand R_i wird gemäß DIN EN 60896-21 [8] bestimmt. Er ist ein wichtiger Parameter beim Auslegen von Batterien. Zum Beginn der Entladung muss insbesondere bei Entladeraten ≤ 1 h ein merklicher Spannungsabfall berücksichtigt werden.
- Der Innenwiderstand R_i hängt von der Entladetiefe und der Temperatur ab, wie unten in Abb. 27 dargestellt. Hierbei stellt der R_i -Wert bei 0% Entladetiefe (Vollladezustand) und 20 °C die Basis dar (R_i -Faktor = 1). Der R_i -Basiswert ist dem jeweiligen Katalog zu entnehmen.

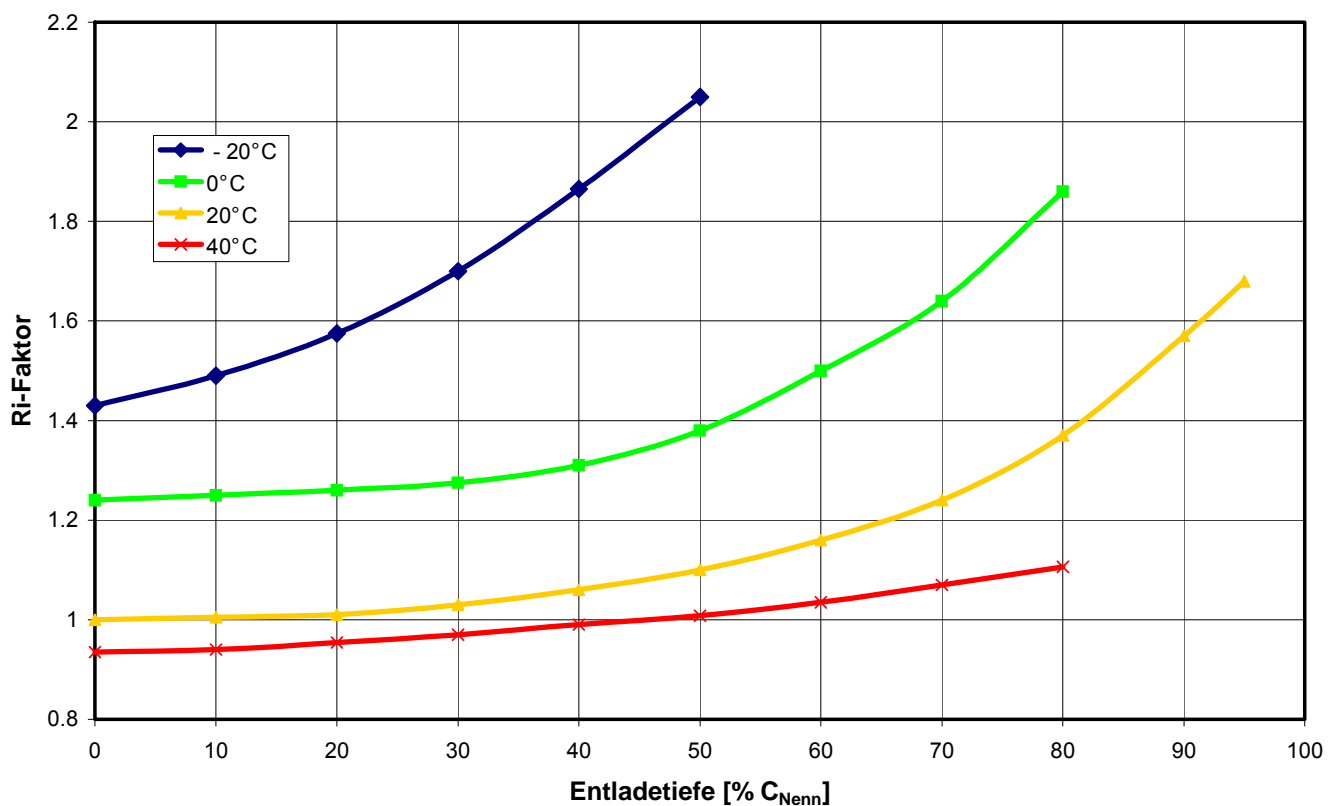


Abb. 27: R_i -Widerstandsfaktor versus Entladetiefe und Temperatur

6.10 Temperatureinfluss

- Das Design von Gel-Batterien erlaubt den Einsatz in einem weiten Temperaturbereich von – 40 °C bis +55 °C.
- Unterhalb ca. – 15 °C besteht in Abhängigkeit von der Entladetiefe bzw. der entnommenen Kapazität das Risiko des Einfrierens des Elektrolyten (siehe Abb. 28 und 29).
- 20 °C 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. 28 und 29.
- Übliche Brauchbarkeitsdauern, bezogen auf die Nennkapazität, 20 °C und bei gelegentlichen Entladungen:

A500:	> 6 Jahre
A400:	> 10 Jahre
A700:	12 Jahre
A600 Block:	13 bis 15 Jahre
A600:	bis zu 20 Jahre

SOLAR:	5 bis 6 Jahre
SOLAR BLOCK:	7 bis 8 Jahre
A600 SOLAR:	bis zu 15 Jahre

im Vergleich zur Design-Lebensdauer, bezogen auf die Nennkapazität und 20 °C:

A500:	7 Jahre
A400:	12 Jahre
A700:	> 12 Jahre
A600 Block:	15 Jahre
A600:	20 Jahre

SOLAR, SOLAR BLOCK und A600 SOLAR: Design nur für Zyklenbetrieb.

Wenn Gel-Solar-Batterien auch nicht für den Bereitschaftsparallelbetrieb optimiert sind, sie können dafür auch benutzt werden. Die erreichbare Brauchbarkeitsdauer ist kürzer als die von Standard-Gel-Batterien mit äquivalentem Design, weil zur Erhöhung der Zyklenzahl Phosphorsäure zugesetzt ist. Durch Phosphorsäure wird sowohl die Korrosionsrate als auch die Selbstentladerate leicht erhöht.

- 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 A400, A500 und A700.

Es gibt Ausnahmen, wo der Einfluss nicht dem "Arrhenius"-Gesetz folgt, - das sind die Typen A600 und A600 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 Röhrenseelen 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 Röhrenseelen 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 Röhrenplatten.

Die Abb. 30 bis 34 zeigen die Abhängigkeit der Brauchbarkeitsdauer von der Temperatur für verschiedene Baureihen.

Abb. 35 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. 35 rückt an die untere heran je länger die Dauer im vollgeladenen oder fast vollgeladenen Zustand.

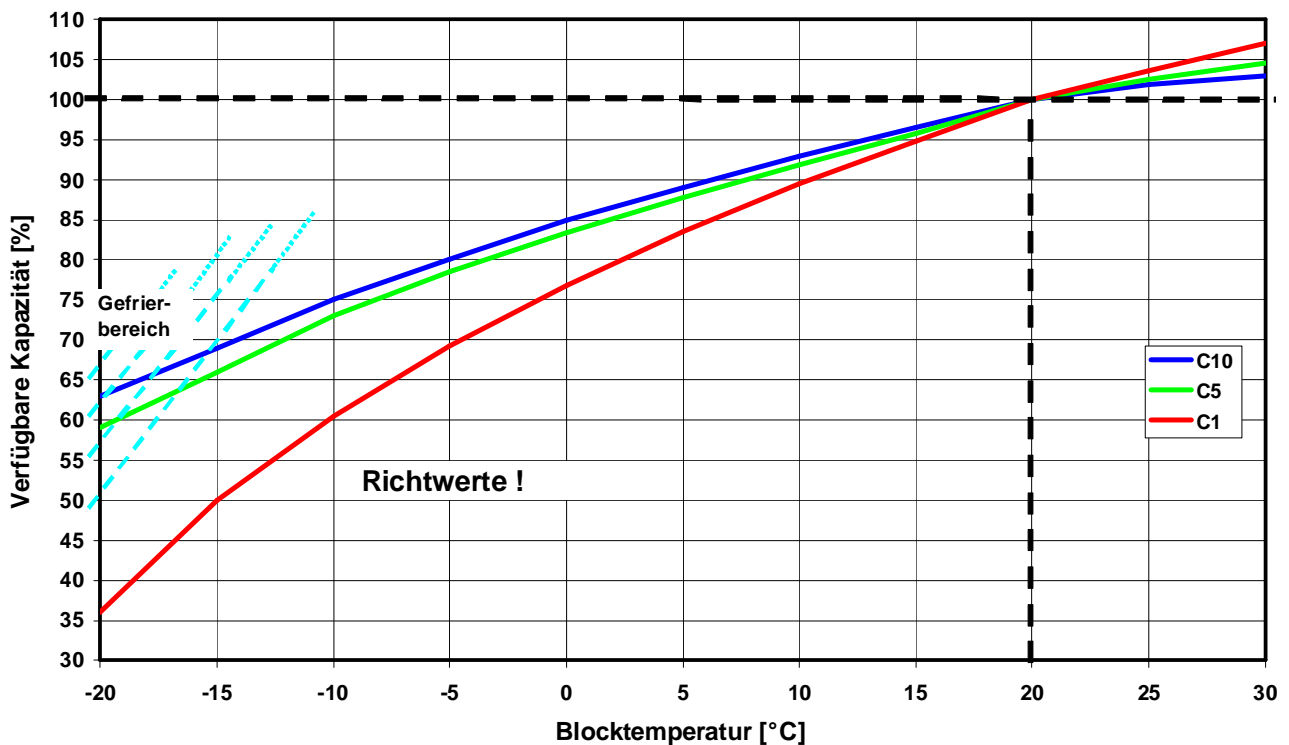


Abb. 28: A400, A500, SOLAR, SOLAR BLOCK- Verfügbare Kapazität (in % der ...-stündigen Kapazität) versus Temperatur

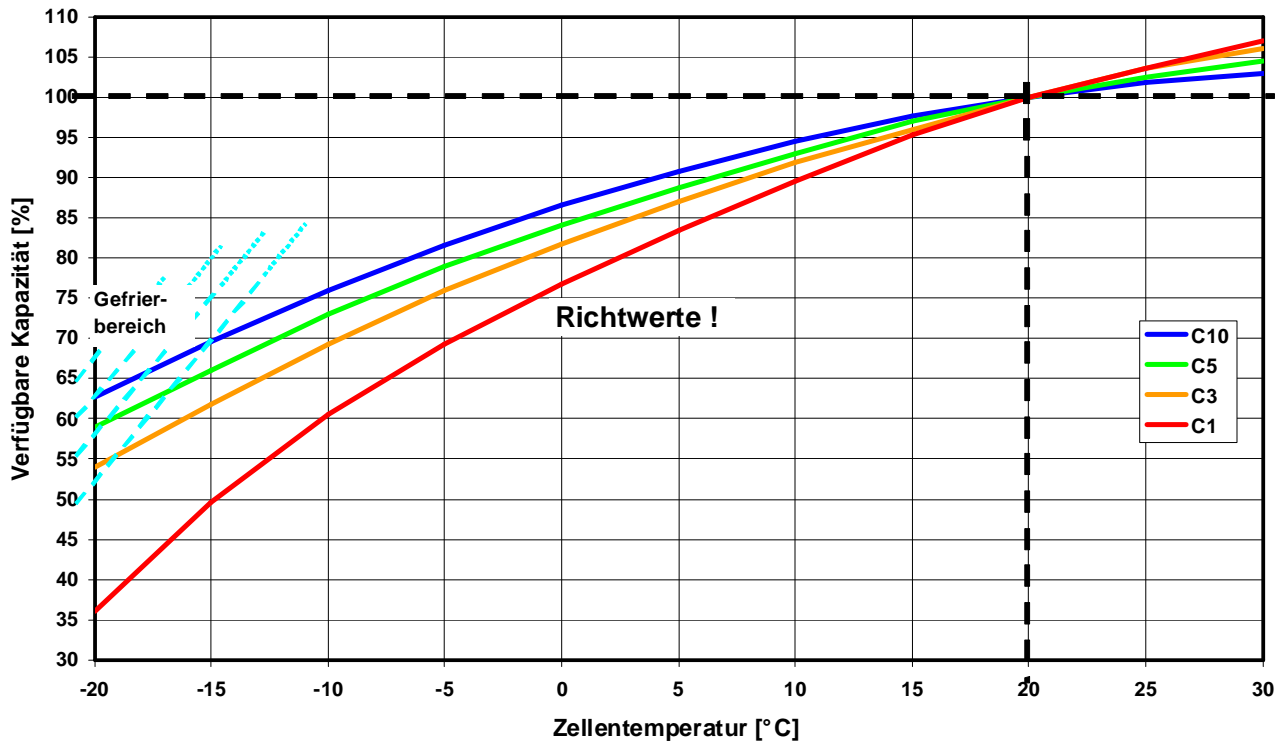


Abb. 29: A600, A600 SOLAR, A700 - Verfügbare Kapazität (in % der ...-stündigen Kapazität) versus Temperatur

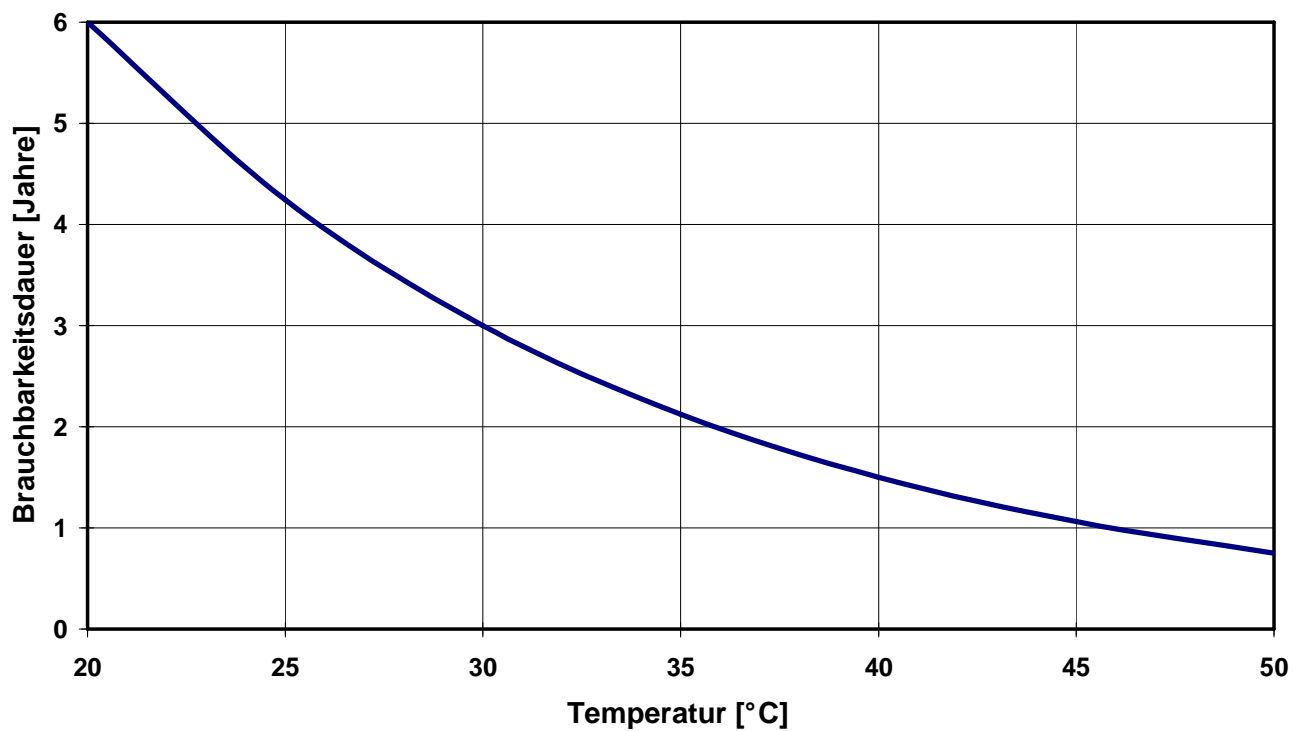


Abb. 30: A500 - Brauchbarkeitsdauer versus Temperatur (= "Arrhenius")

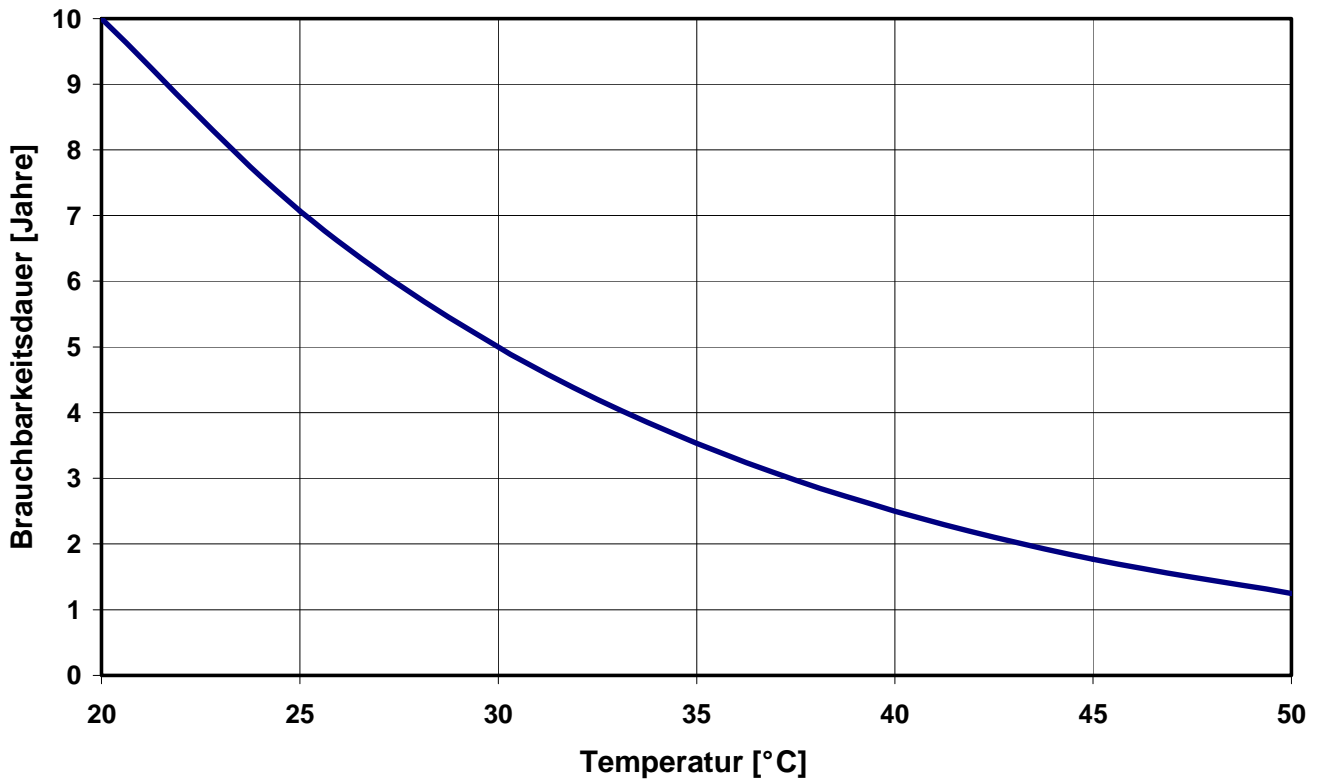


Abb. 31: A400 - Brauchbarkeitsdauer versus Temperatur (= "Arrhenius")

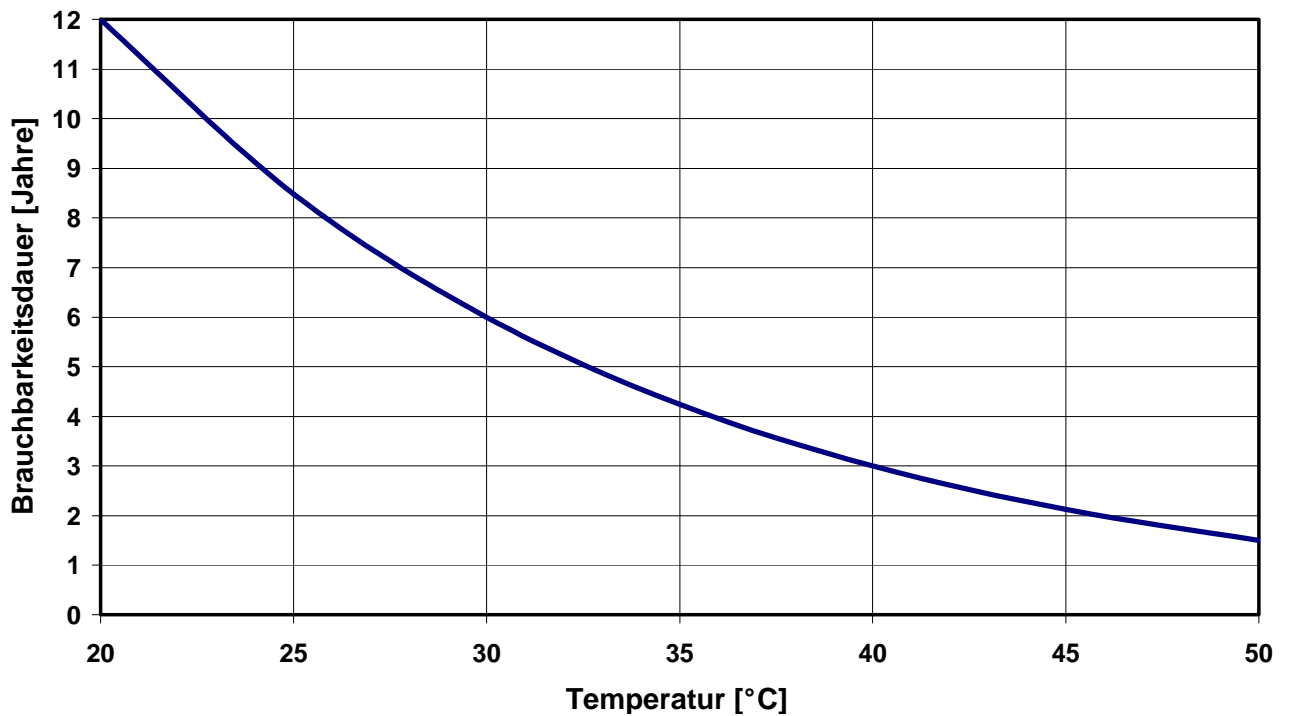


Abb. 32: A700 - Brauchbarkeitsdauer versus Temperatur (= "Arrhenius")

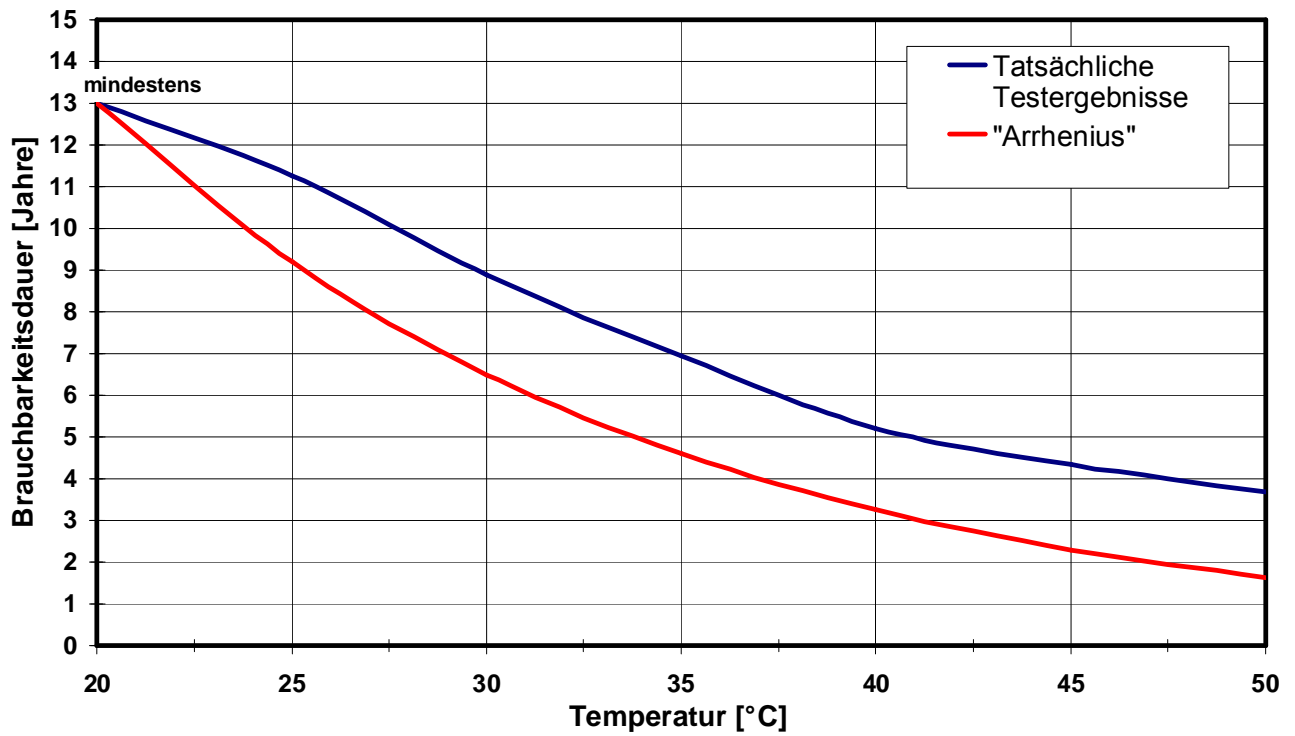


Abb. 33: A600 Block - Brauchbarkeitsdauer versus Temperatur. In der Praxis gilt die blaue Kurve.

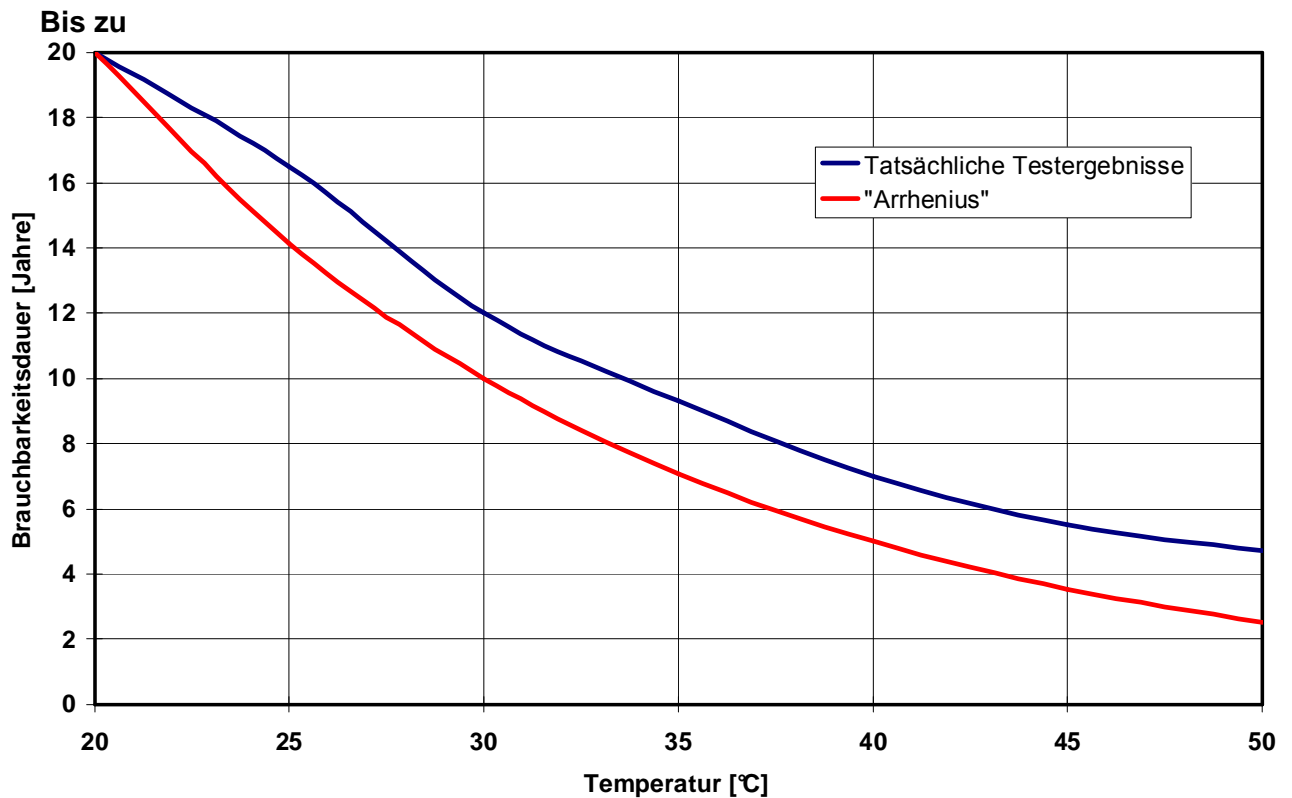


Abb. 34: A600 - Brauchbarkeitsdauer versus Temperatur. In der Praxis gilt die blaue Kurve.

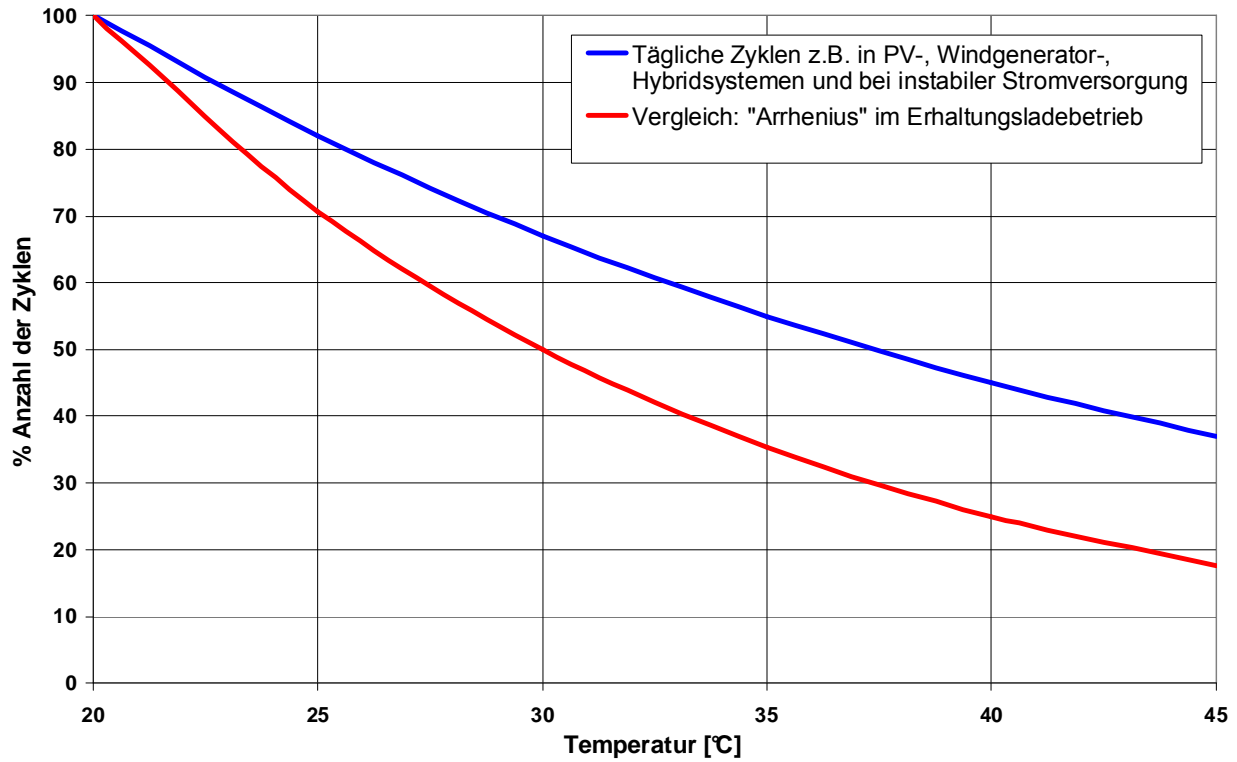


Abb. 35: Blaue Kurve: Haltbarkeit in Zyklen (in % der Anzahl der Zyklen) versus Temperatur; tägliche Entladetiefe max. 60% C₁₀, typisch 5 bis 20 %

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.
- Verschlussene Bleibatterien erfordern kein Nachfüllen von Wasser. Deshalb wurden sie als “wartungsfrei” bezeichnet. Der Verschluss erfolgt durch Überdruckventile, die ohne Zerstörung nicht geöffnet werden können. Daher rührt die Definition “Ventilgeregelte” Bleibatterien (engl.: Valve-Regulated Lead-Acid Batteries).
- Obwohl mitunter noch “wartungsfrei” benannt, benötigen verschlossene Batterien Kontrollen (s. Gebrauchsanweisung für weitere Details).
- 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
 - Spannung einzelner Zellen/Blöcke (ca. 20%)
 - Oberflächentemperatur einzelner Zellen/Blöcke
 - Batterieraumtemperatur

-
- Jährlich messen und aufzeichnen:
 - Batteriespannung
 - Spannungen aller Zellen/Blöcke
 - Oberflächentemperatur aller Zellen/Blöcke
 - Batterieraumtemperatur

Jährliche Sichtkontrollen:

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

Weichen Zellen- bzw. Blockspannungen von der durchschnittlichen, unter 6.1 vorgegebenen Erhaltungsladespannung um mehr als die in den Abb. 6 bis 16 spezifizierten Plus-Minus-Toleranz oder Oberflächentemperaturen verschiedener Zellen/Blöcke um mehr als 5 K ab, so ist der Kundendienst anzufordern.

Abweichungen der Batteriespannung von dem entsprechend der Batterietype und der Zellenzahl angegebenen Mittelwert (s. 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 [12] und [13] 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 verschlossenen Batterien vollzogen werden, wird empfohlen, nach der Batterieinstallation die Batterie mindestens zwei 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 Zellenventile dürfen nicht geöffnet werden.
- 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 wiederverwendbares 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“ [14].

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] Deutsche Norm DIN 41773 “Halbleiter-Gleichrichtergeräte mit IU-Kennlinie für das Laden von Bleibatterien – Richtlinien“, Teil 1, Februar 1979

-
- [6] Merkblatt des ZVEI „Brauchbarkeitsdauer-Betrachtungen bei stationären Batterien“, Frankfurt/M., Ausgabe Januar 2013
 - [7] F. Kramm, Dr. H. Niepraschk (Akkumulatorfabrik Sonnenschein GmbH): “Phenomena of Recombination and Polarization for VRLA Batteries in Gel Technology”, proceedings INTELEC 1999
 - [8] Internationaler Standard DIN EN 60896-21 “Ortsfeste Blei-Akkumulatoren – Teil 21: Verschlossene Bauarten – Prüfverfahren“, Dezember 2004
 - [9] Internationaler Standard DIN EN 60896-2 “Ortsfeste Blei-Akkumulatoren, Allgemeine Anforderungen und Prüfungen, Teil 2: Wartungsfreie und verschlossene Batterien“, Dezember 1996
 - [10] International Standard IEEE P1013/D3: “IEEE Recommended Practice for Sizing Lead-Acid Batteries for Photovoltaic (PV) Systems“, Entwurf April 1997
 - [11] Internationaler Standard IEC 61427 “Secondary cells and batteries for photovoltaic energy systems (PVES) - General requirements and methods of test“, zweite Ausgabe 2005-05
 - [12] B. A. Cole, R. J. Schmitt (GNB Technologies): “A Guideline for the Interpretation of Battery Diagnostic Readings in the Real World“, Battconn 1999
 - [13] PPT-Präsentation “Monitoring” (GNB Industrial Power, GCS), Oktober 2002
 - [14] Merkblatt des ZVEI „Rücknahme gebrauchter Industriebatterien gemäß Batterieverordnung“, Frankfurt/M., Ausgabe Juli 2007

Anhang: Verfügbare Kapazität versus Ladezeit

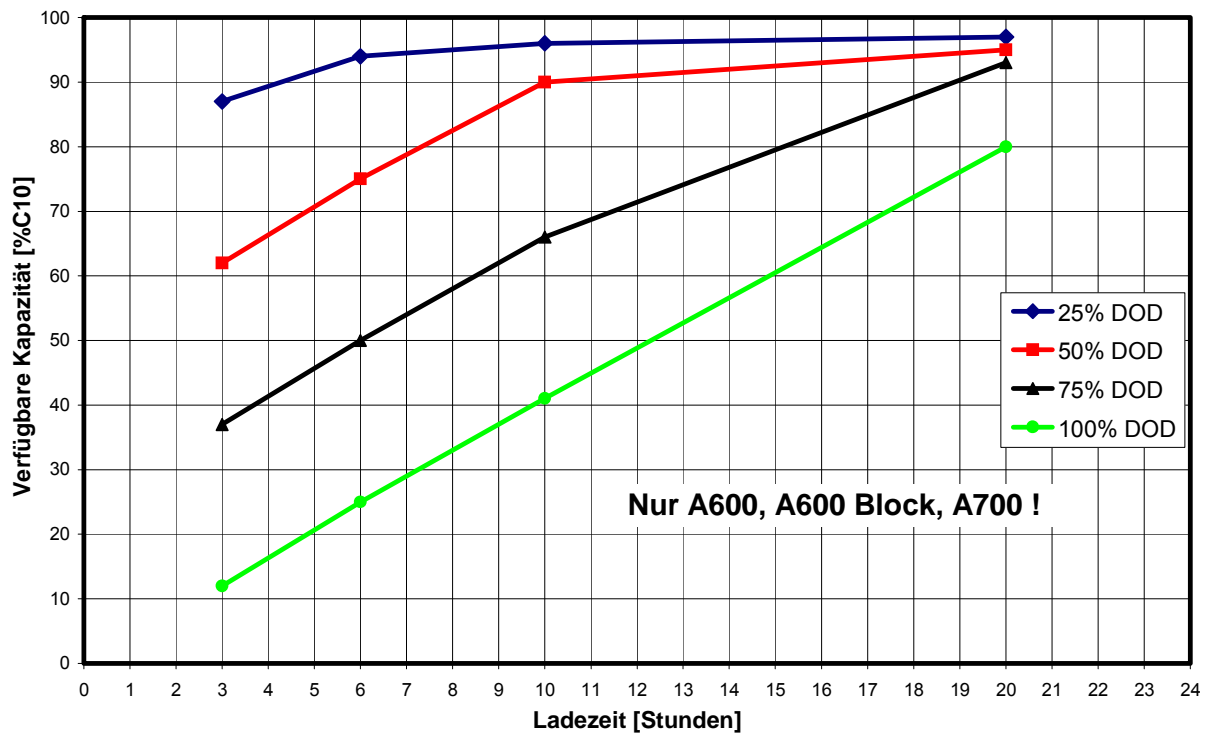


Abb. 36: Verfügbare Kapazität versus Ladezeit bei Ladespannung 2,25 V/Z, Ladestrom $0,5 \cdot I_{10}$, DOD = Entladetiefe

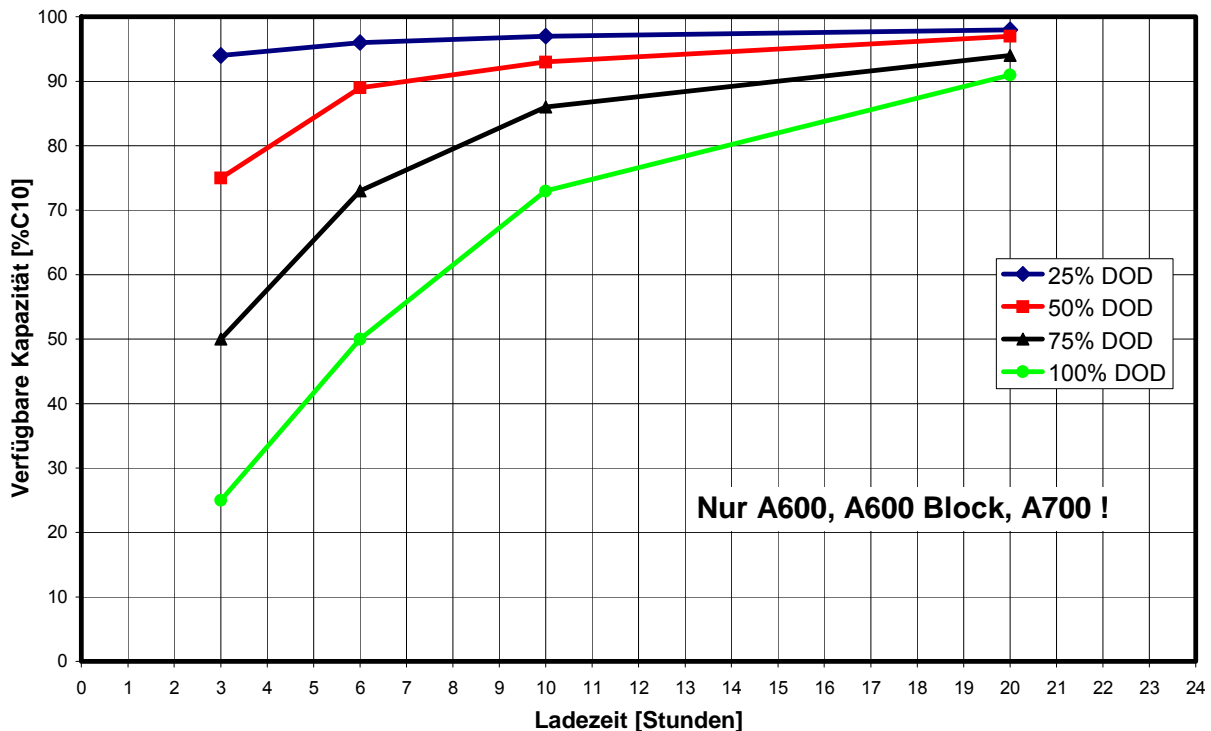


Abb. 37 (wie Abb. 17 im Textteil): Verfügbare Kapazität versus Ladezeit bei 2,25 V/Z, Ladestrom $1 \cdot I_{10}$, DOD = Entladetiefe

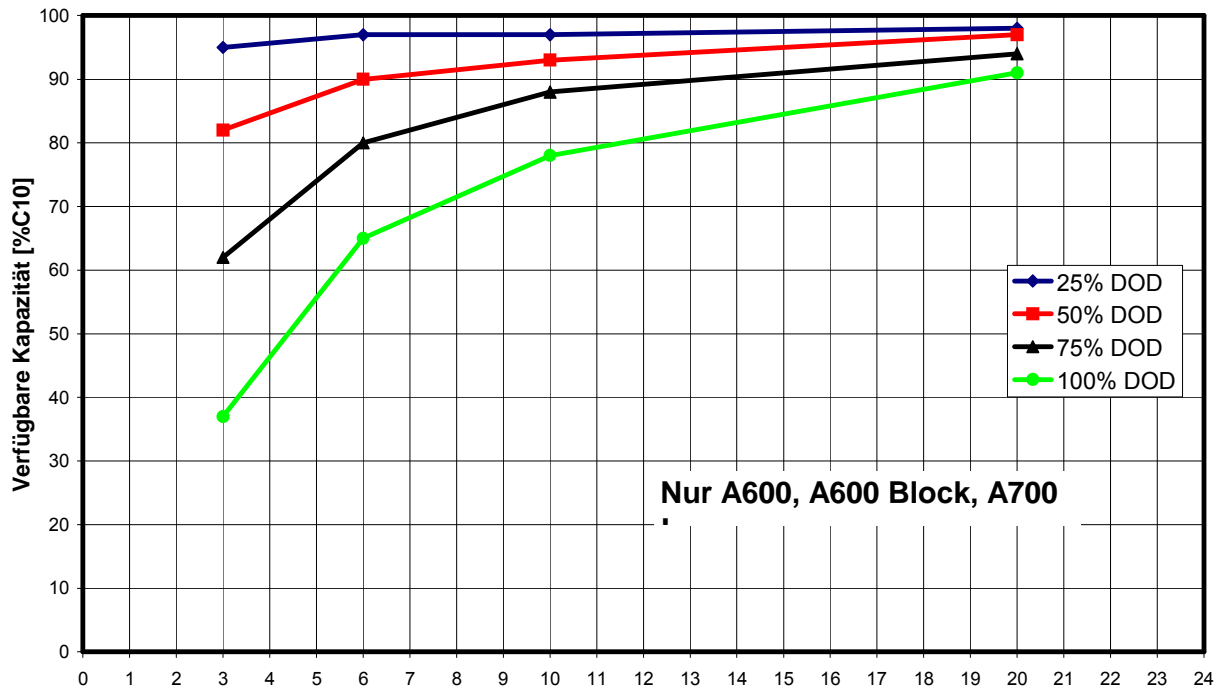


Abb. 38: Verfügbare Kapazität versus Ladezeit bei Ladespannung 2,25 V/Z, Ladestrom $1,5 \cdot I_{10}$, DOD = Entladetiefe

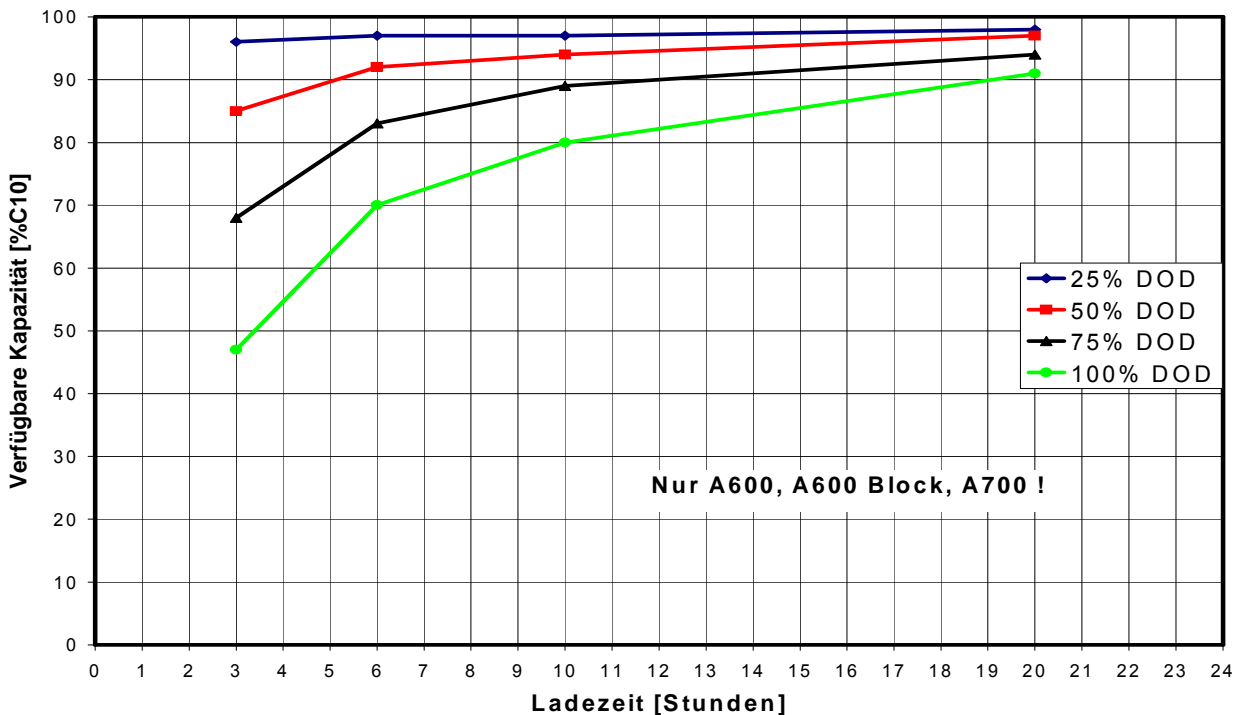


Abb. 39: Verfügbare Kapazität versus Ladezeit bei Ladespannung 2,25 V/Z, Ladestrom $2,0 \cdot I_{10}$, DOD = Entladetiefe

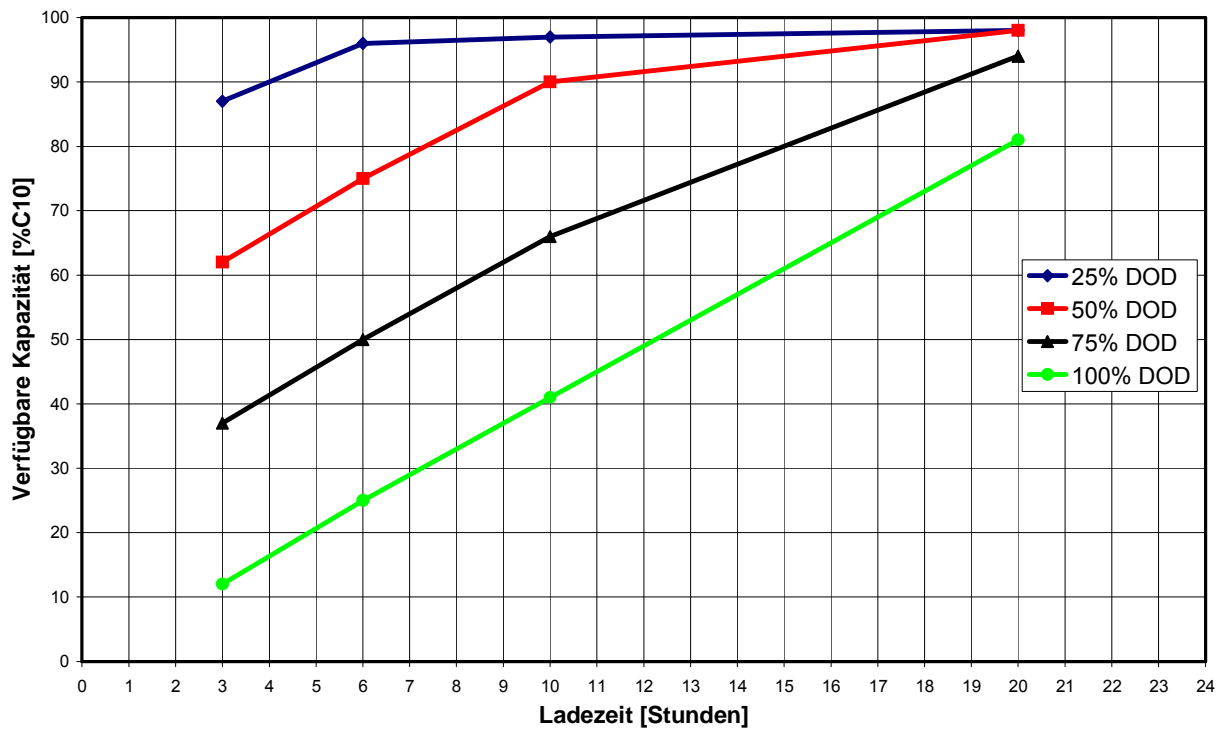


Abb. 40: Verfügbare Kapazität versus Ladezeit bei Ladespannung 2,30 V/Z, Ladestrom $0,5 \cdot I_{10}$, DOD = Entladetiefe

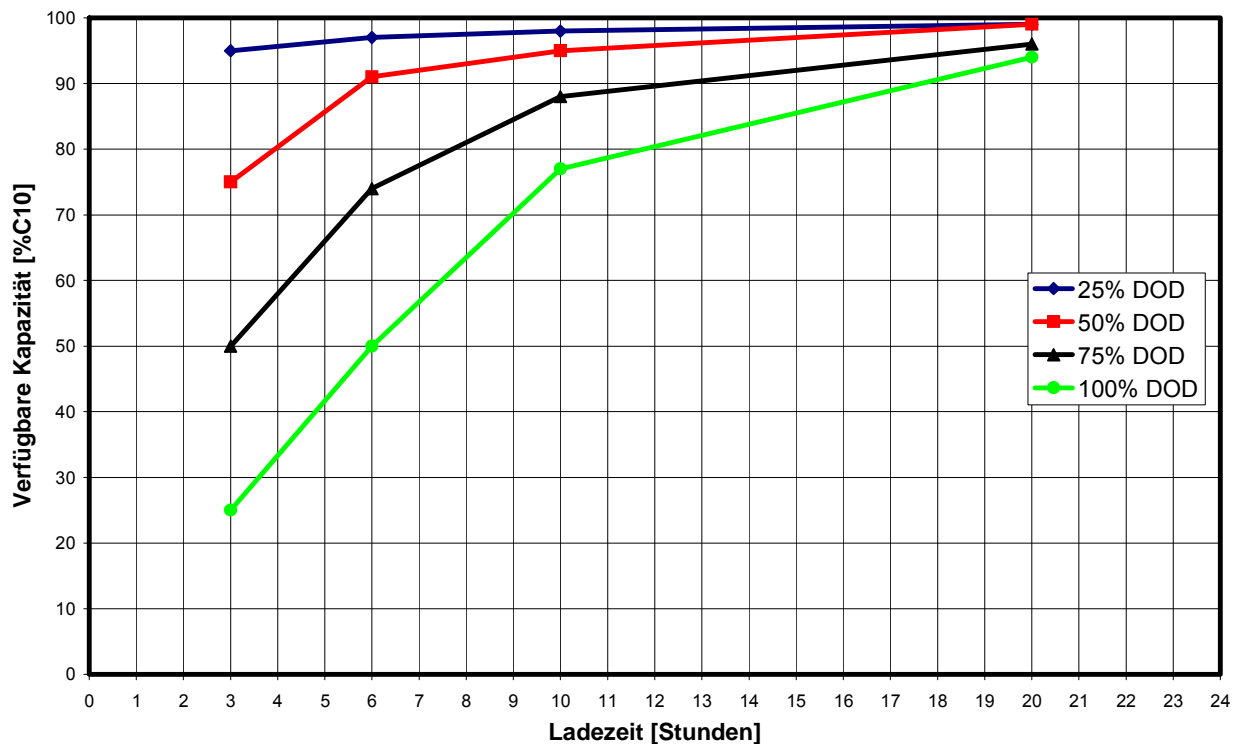


Abb. 41: Verfügbare Kapazität versus Ladezeit bei Ladespannung 2,30 V/Z, Ladestrom $1,0 \cdot I_{10}$, DOD = Entladetiefe

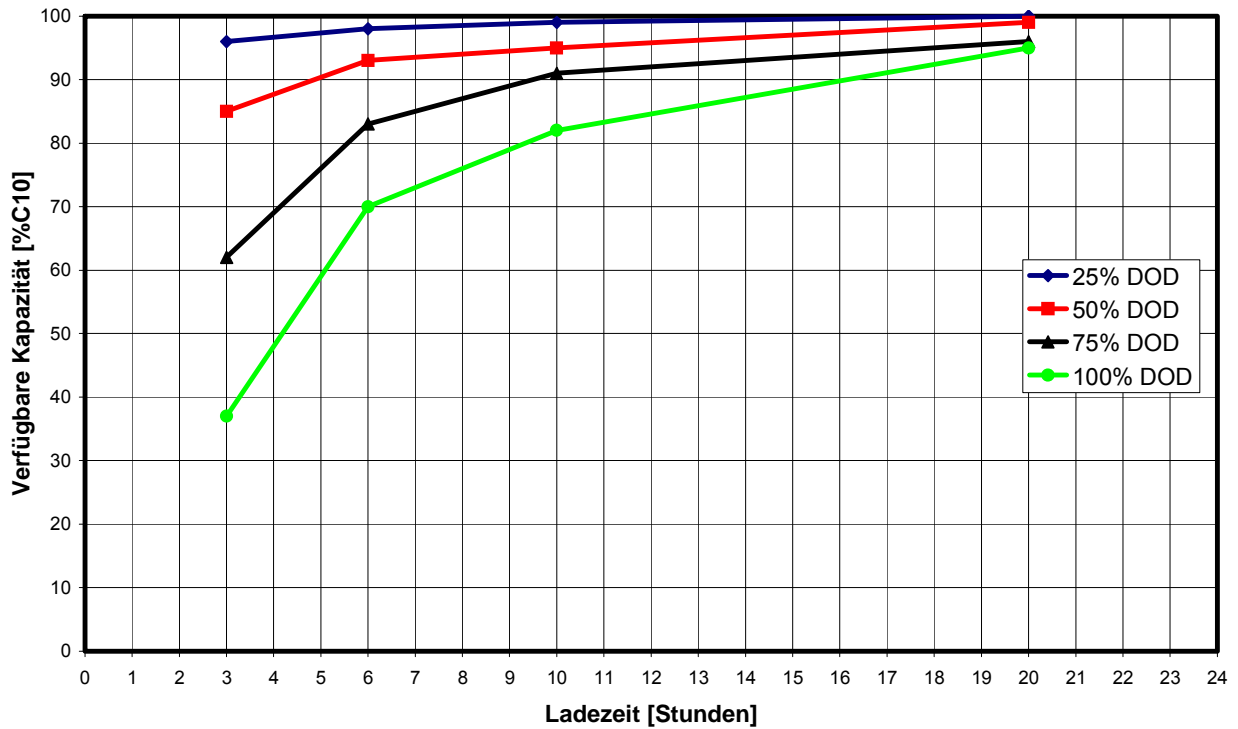


Abb. 42: Verfügbare Kapazität versus Ladezeit bei Ladespannung 2,30 V/Z, Ladestrom $1,5 \cdot I_{10}$, DOD = Entladetiefe

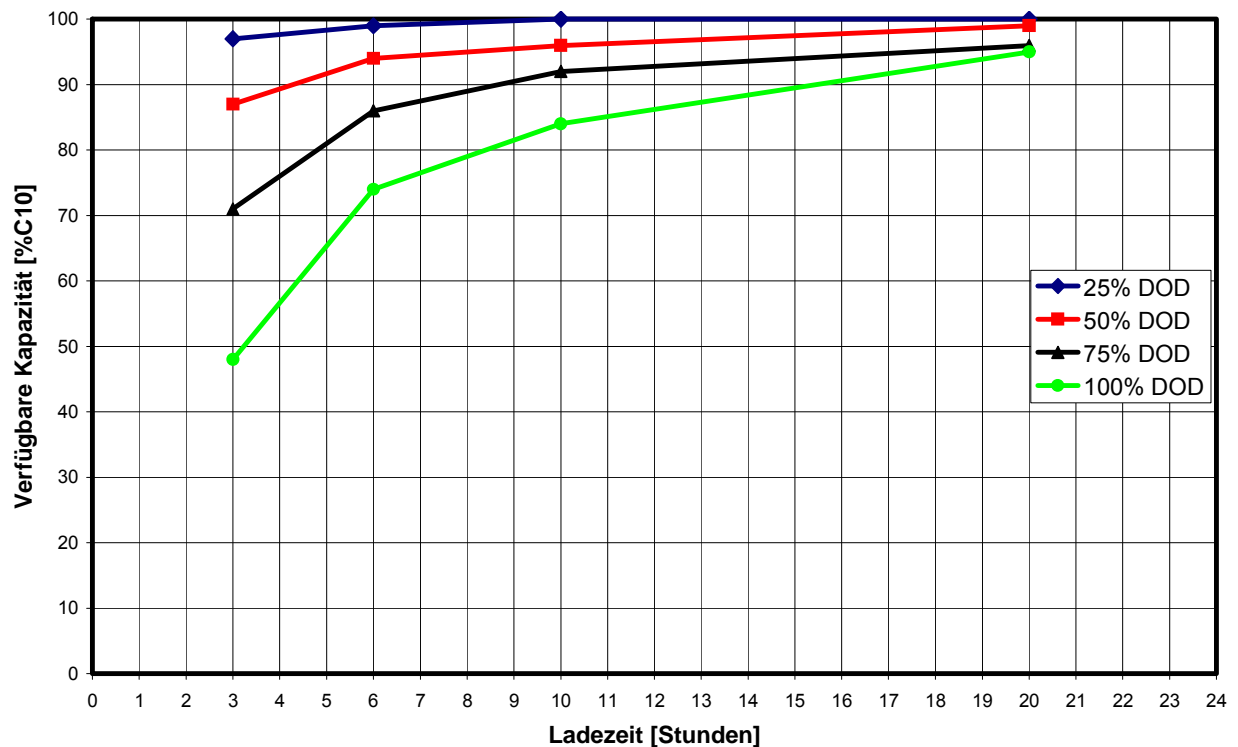


Abb. 43: Verfügbare Kapazität versus Ladezeit bei Ladespannung 2,30 V/Z, Ladestrom $2,0 \cdot I_{10}$, DOD = Entladetiefe

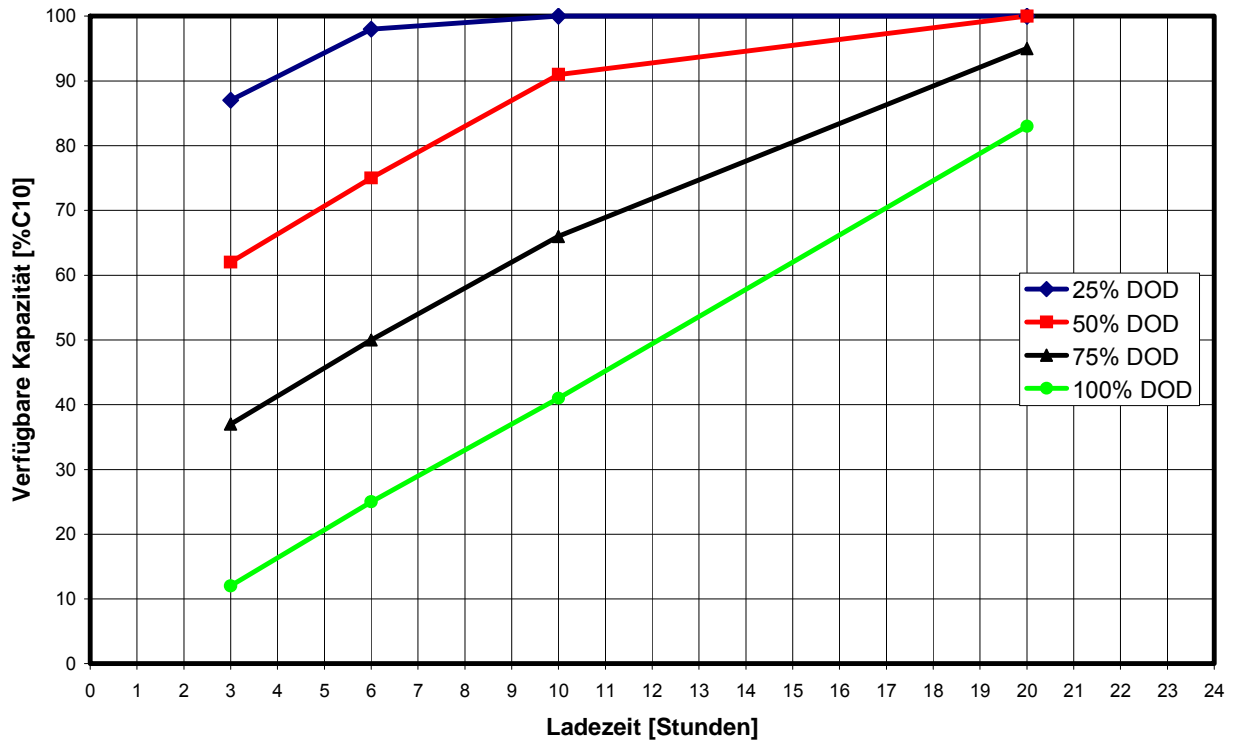


Abb. 44: Verfügbare Kapazität versus Ladezeit bei Ladespannung 2,40 V/Z, Ladestrom $0,5 \cdot I_{10}$, DOD = Entladetiefe

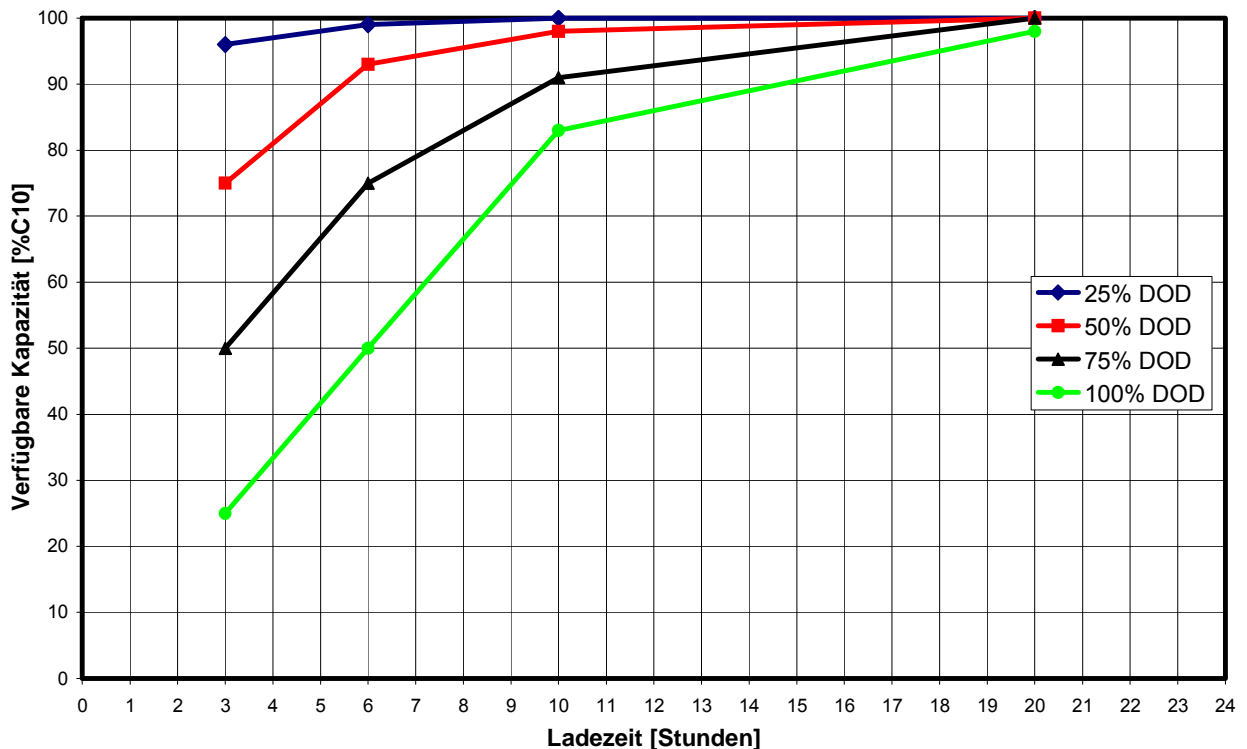


Abb. 45 (wie Abb. 18 im Textteil): Verfügbare Kapazität versus Ladezeit bei 2,40 V/Z, Ladestrom $1 \cdot I_{10}$, DOD = Entladetiefe

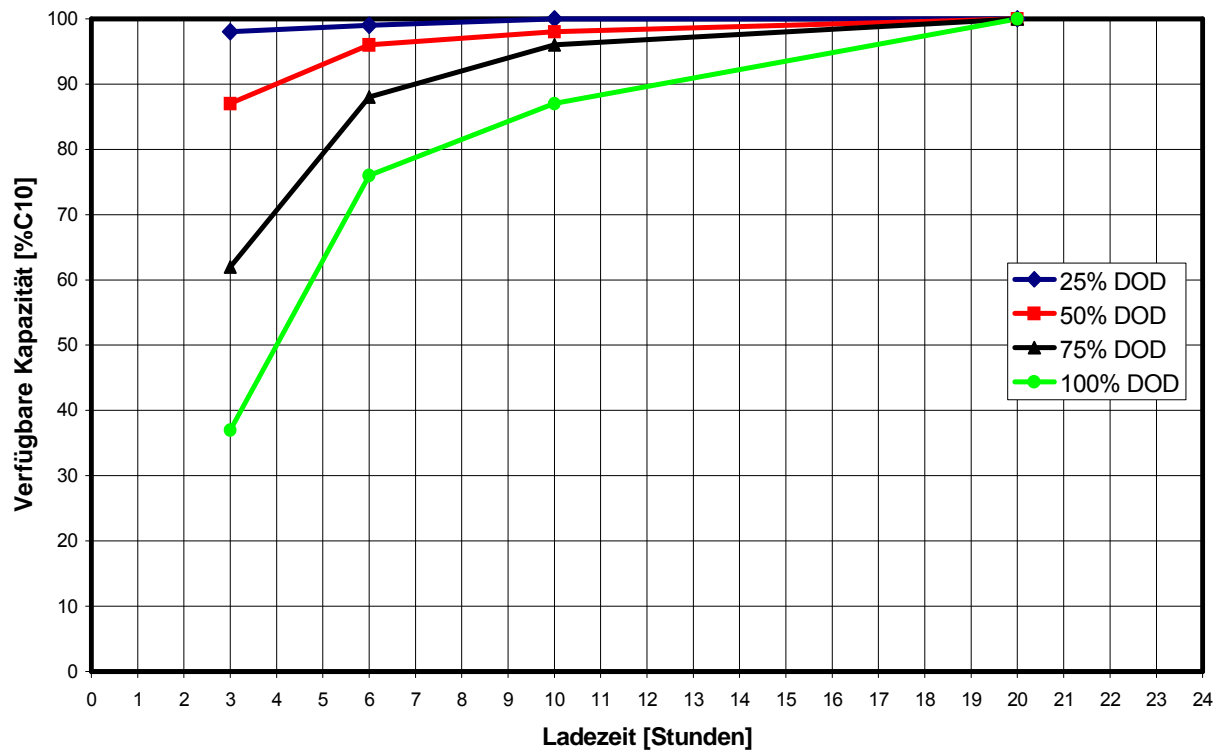


Abb. 46: Verfügbare Kapazität versus Ladezeit bei Ladespannung 2,40 V/Z, Ladestrom $1,5 \cdot I_{10}$, DOD = Entladetiefe

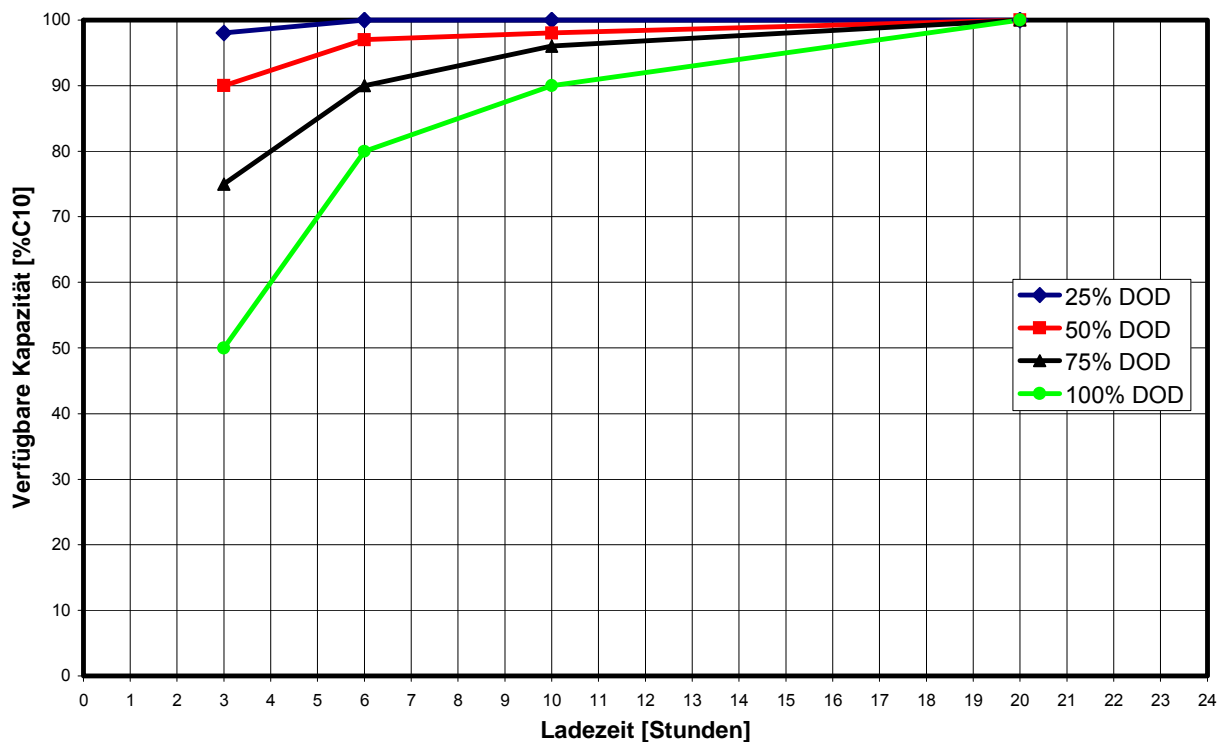


Abb. 47: Verfügbare Kapazität versus Ladezeit bei Ladespannung 2,40 V/Z, Ladestrom $2,0 \cdot I_{10}$, DOD = Entladetiefe

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.: +49 (0)30/4111024
Fax: +49 (0)30/4111025

Stand: Juni 2013

www.elektrotec-berlin.de

info@elektrotec-berlin.de

