

---

# “Handbuch für verschlossene Gel-Blei-Batterien”

## Teil 2: Montage, Inbetriebsetzung und Betrieb



“Sonnenschein A 400”

“Sonnenschein A 500”

“Sonnenschein A 600”

“Sonnenschein A 700”

./.

„Sonnenschein SOLAR“

„Sonnenschein SOLAR BLOCK“

„Sonnenschein A 600 SOLAR“

## Inhalt

### Handbuch für verschlossene Gel-Blei-Batterien

#### Teil 2: Montage, Inbetriebsetzung und Betrieb

	Seite
1. Lieferung / Wareneingang	5
2. Sicherheit	6
3. Lagerung	7
3.1 Voraussetzungen	7
3.2 Lagerbedingungen	8
3.3 Lagerzeit	8
3.4 Maßnahmen zur Batterielagerung	10
4. Montage	12
4.1 Batterieräume, Belüftung und allgemeine Anforderungen	12
4.2 Vorbereitungen	12
4.3 Eigentliche Montage	13
4.4 Parallelschaltungen	14
5. Inbetriebsetzung	15
6. Betrieb	16
6.1 Ladeerhaltungsspannung und -strom	16
6.2 Ladebedingungen	22
6.3 Wirkungsgrad bei Wiederaufladung	24
6.4 Ausgleichsladung	26
6.5 Entladung	27
6.6 Zyklenbetrieb	28
6.6.1 Allgemeines	28
6.6.2 Spezielle Überlegungen zu Gel-Solar-Batterien	32
6.7 Innenwiderstand $R_i$	35
6.8 Temperatureinfluss	36
6.9 Pflege und Kontrolle	40
6.9.1 Allgemeines und Kontrollen gemäss "Gebrauchsanweisung"	40
6.9.2 "Batterie-Tester" und "Batterie-Monitoring"	41

7. Recycling, Wiederaufbereitung 43

8. Literaturverzeichnis 43

Anhang

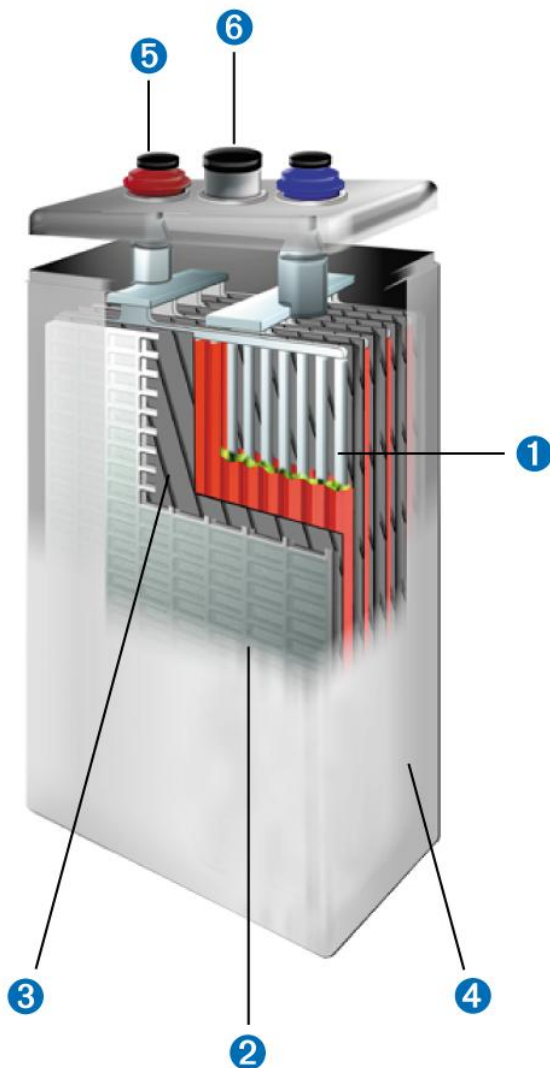
A 1 "Batterieräume, Belüftung, Installationen" 45

A 2 "Ladezeit = f (Strom, Spannung, Entladetiefe)" 51

## DESIGN EINER VERSCHLOSSENEN BLEI-GEL-ZELLE (TYP OPzV)

(Gel = in einer gelartigen Substanz gebundener Elektrolyt; ist nicht sichtbar im Bild unten.)

Andere Details sind symbolisch dargestellt.)



- ❶ Pos. Platten: Panzerplatten aus Blei-Calcium-Legierung, besonders robust durch stabilisierende Röhrchentasche, optimiert für hohe Korrosionsbeständigkeit
- ❷ Neg. Platten: Gitterplatten aus Blei-Calcium-Legierung
- ❸ Separator: Mikroporös und robust, zur elektrischen Isolation zwischen den Platten und optimiert für niedrigen Innenwiderstand
- ❹ Gehäuse: SAN, auf Anfrage schwerentflammables ABS gemäß UL 94-V0
- ❺ Pole: Schraubanschluß für einfache und sichere Montage sowie wartungsfreie Verbindung und exzellente Leitfähigkeit
- ❻ Ventil: Öffnet kurzzeitig bei Überdruck, verhindert den Eintritt von Luftsauerstoff

## 1. LIEFERUNG / WARENEINGANG

- EXIDE Technologies' verschlossene Batterien werden direkt von den Werken, aus zentralen Warenlagern oder über andere Verteiler geliefert.
- Die Bestandteile der Lieferung können entweder durch die Anzahl und Type der Zellen bzw. Blöcke oder auf Basis einer Batteriezeichnung identifiziert werden.
- Pakete, Kartons oder Paletten auf Zustand prüfen.
- Paletten nicht übereinander stapeln.
- Handhabungshinweise auf den Verpackungen beachten.
- Zum Transport alle Vorsichtsmaßnahmen treffen, um Beschädigungen an den Produkten, die z.B. durch "Fragile" (zerbrechlich) gekennzeichnet sind, zu vermeiden.
- Das Transportunternehmen innerhalb 24 Stunden informieren, wenn beim Entladen Beschädigungen an den Verpackungen festgestellt werden. Lieferungen sind bis zur Lieferanschrift gemäß Auftrag versichert. Die Schadensabdeckungen hängen vom Kaufvertrag ab.

## 2. SICHERHEIT

**Während irgendwelcher Arbeiten an Batterien, von der Lagerung bis zum Recycling, müssen die folgenden Sicherheitsregeln beachtet werden:**

- Nicht rauchen.
- Zum Anziehen von Zellen/Block-Verbindern isoliertes Werkzeug verwenden.
- Prüfen, ob die Zellen/Block-Verbinder korrekt angezogen sind.
- Niemals Werkzeug auf die Batterien legen (insbesondere Metallteile können gefährlich sein).
- Niemals Zellen oder Blöcke an den Polen anheben oder hochziehen.
- Niemals synthetische Tücher oder Schwämme zum Reinigen der Zellen oder Blöcke verwenden sondern nur Wasser (feuchte Tücher) ohne Zusätze.
- Stöße bzw. schlagartige Belastungen vermeiden.
- Eine Batterie bleibt geladen, auch wenn sie abgeschaltet ist.
- Immer Gummischutzhandschuhe und Schutzbrille tragen.
- “Montageanweisung” und “Gebrauchsanweisung” gründlich lesen. Anhänge A 1 und A 2 enthalten weitere Informationen



**Nur für A500, < 25 Ah**

### **3. LAGERUNG**

**Der Lagerzeitraum sollte im Interesse des Nutzers so kurz wie möglich sein.**

#### **3.1 Vorbereitungen**

Der Lagerbereich sollte die folgenden Bedingungen erfüllen:

- Die Zellen / Blockbatterien vor schlechtem Wetter und Überflutung bewahren.
- Die Zellen / Blockbatterien gegen Überhitzung durch direkte, evtl. durch Glasscheiben oder –wände verstärkte Sonneneinstrahlung schützen.
- Risiken bzgl. elektrischer Schocks z.B. durch Kurzschlüsse infolge elektrisch leitender Teile oder durch leitfähige Dämpfe vermeiden.
- Möglichkeiten mechanischer Schocks durch Herabfallen von Gegenständen auf die Zellen / Blockbatterien bzw. durch Um- oder Herunterfallen dieser selbst verhindern.
- Verunreinigungen auf den Oberflächen, Staub etc. entfernen bzw. vermeiden.

### 3.2 Lagerbedingungen

- Die Temperatur beeinflusst die Selbstentladerate (s. Bilder 1 und 2).
- 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 Kriechströme führen. Diese Effekte haben aber keinerlei Einfluss auf die spätere Batteriefunktion bzw. die Lebensdauer solange keine Korrosion auftritt.
- Das Stapeln von Paletten ist nicht gestattet.
- Lagern von unverpackten Zellen / Blockbatterien auf scharfkantigen Ablagen vermeiden.
- Es wird empfohlen, innerhalb von Chargen, Paletten bzw. Räumen die gleichen Lagerbedingungen zu realisieren.

### 3.3 Lagerzeit

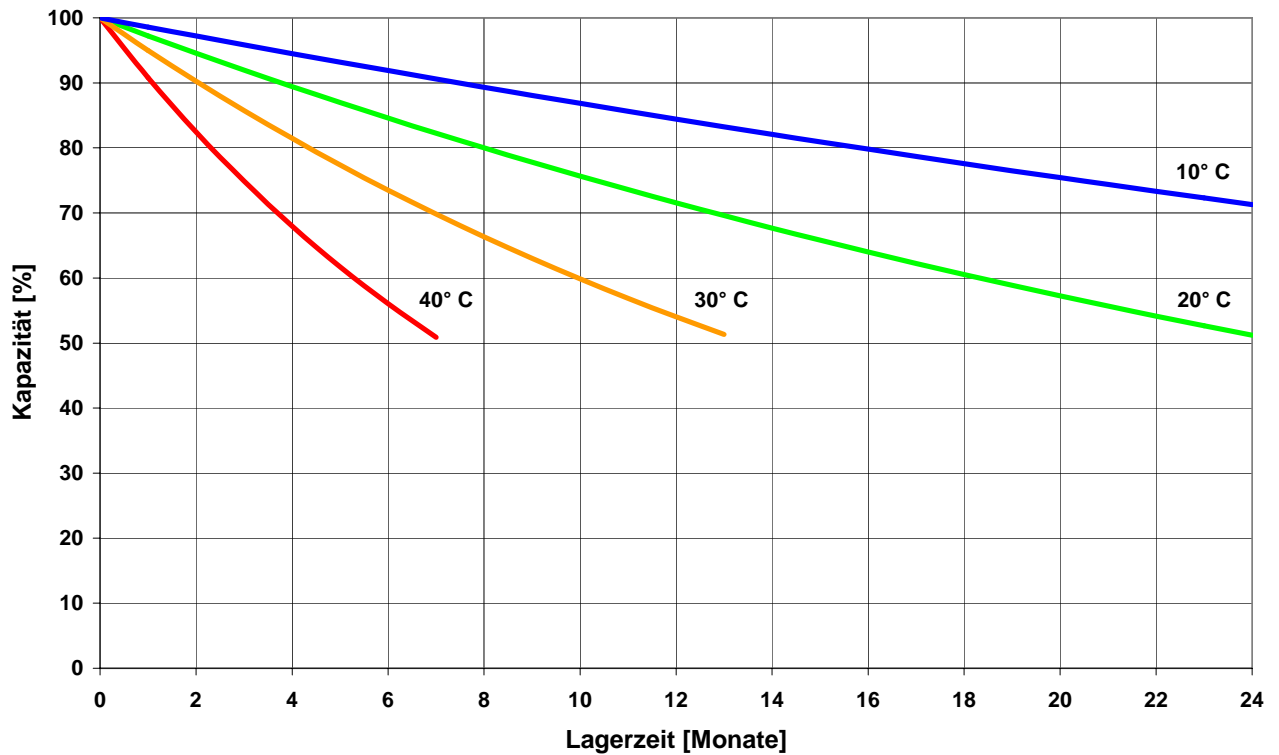
Die maximale Lagerzeit bei Temperaturen  $\leq 20^{\circ}$  C beträgt

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

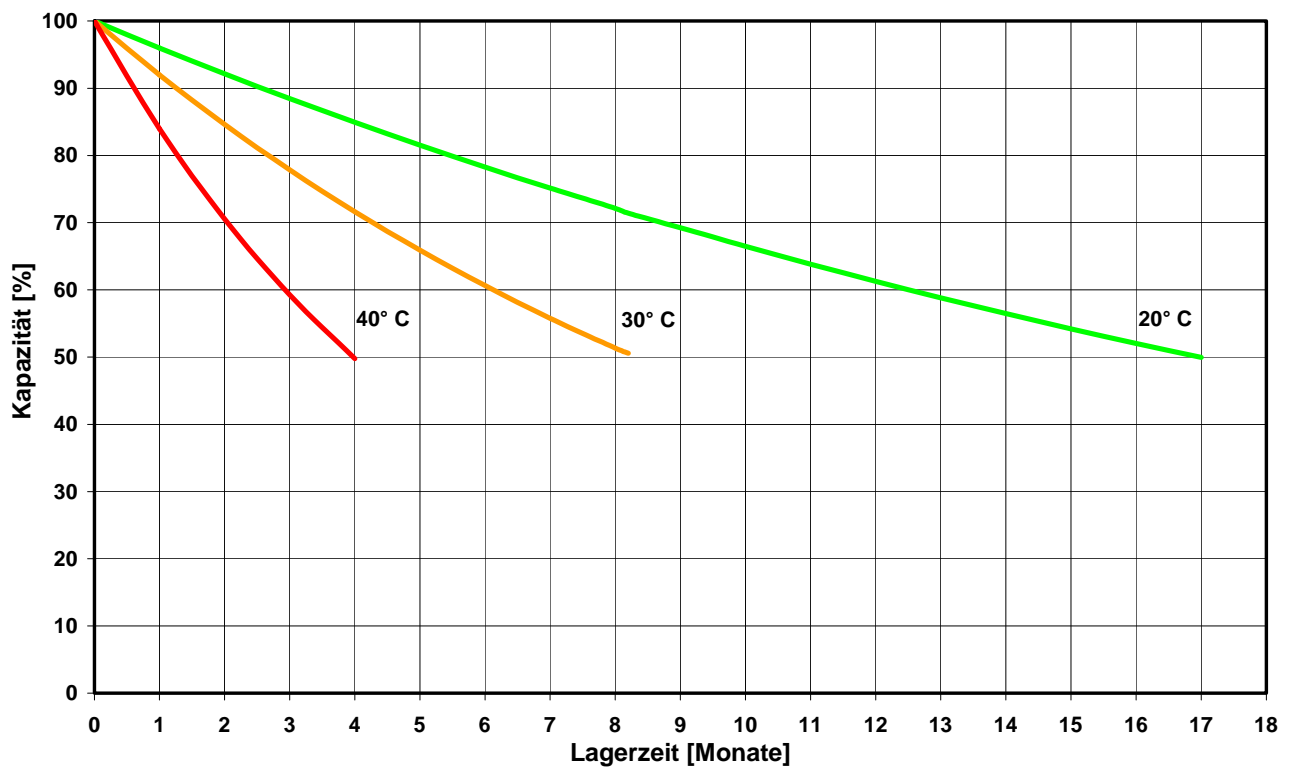
Die kürzere Lagerzeit für Solar-Batterien ist bedingt durch geringe Zusätze von Phosphorsäure zum Elektrolyten. Phosphorsäure steigert die Zyklenzahl erhöht aber leicht die Selbstentladerate.

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





**Bild 1:** Selbstentladung bzw. verfügbare Kapazität als Funktion der Temperatur (Standard-Gel-Batterien)



**Bild 2:** Selbstentladung bzw. verfügbare Kapazität als Funktion der Temperatur (Gel-Solar-Batterien)

### 3.4 Maßnahmen zur Batterielagerung

- Die Lagerfläche bzw. -umgebung muss sauber und gepflegt sein.
- Geeigneter Lagerumsatz basierend auf der FIFO-Methode ("First In-First Out" = Als erstes rein – Als erstes raus) gewährt bessere Produktqualität.
- Falls Zellen- bzw. Batteriegehäuse gereinigt werden müssen (z.B. vor der Installation), niemals Lösungs- oder Scheuermittel einsetzen. Wasser (feuchte Tücher) ohne Zusätze verwenden.
- Im Falle ausgedehnter Lagerzeiten wird ein Prüfen der Ruhespannung in folgenden Intervallen empfohlen:
  - Lagerung bei 20° C: Nach 12 Monaten, danach alle 3 Monate.
  - Lagerung bei 30° C: Nach 6 Monaten, danach alle 2 Monate.

Erhaltungsladen \*) ist als Möglichkeit anzusehen, wenn die gemessene Ruhespannung < 2,07 Volt pro Zelle ist.

\*) Erhaltungsladen bedeutet Dauerladen mit niedrigen Raten, ungefähr entsprechend der Selbstentladung und ausreichend, um die Batterie im Vollladezustand zu halten. Sie kann entweder durch IU-Laden (üblicher Ladeerhaltungsbetrieb) oder I-Laden (Konstantstrom) mit begrenztem Strom ausgeführt werden.

- Erhaltungsladung bei Lagerung

Konstantstrom- Konstantspannung- (IU) Laden (15 bis 35° C)

Max. Spannung [V/Z]	Min. Spannung [V/Z]	Max. Strom [A]	Ladezeit [h] bei max. Spannung
2,40	2,25 2,30 *)	3,5 * I <sub>10</sub>	48

\*) SOLAR, SOLAR BLOCK

Die Ladezeit kann abhängig vom Ladegerät um je 24 Stunden für jede 0,04 Volt unterhalb der maximalen Spannung verlängert werden, wobei 2,25 V/Z als minimale Spannung bleibt.

Konstantstrom- (I-) Laden (15 bis 30° C)

Gemessene Ruhespannung [V/Z]	Strom [A]	Ladezeit [h]
2,05	0,5 * I <sub>10</sub>	14
2,06	0,5 * I <sub>10</sub>	13
2,07	0,5 * I <sub>10</sub>	12

Bei Temperaturen <15° C wird eine Ladezeit von 20 Stunden empfohlen.

## 4. MONTAGE

### 4.1 Batterieräume, Belüftung und allgemeine Anforderungen

Anhang A 1 enthält allgemeine Regeln und Richtlinien über Batterieräume, deren Belüftung und elektrische Anforderungen an Installationen. Siehe auch "Montageanweisung" (Anhang A 3).

### 4.2 Vorbereitungen

- Jede Zelle / jede Blockbatterie durch Messen der Ruhespannung prüfen. Die Werte sollen sein...

2 Volt-Zelle:	$U \geq 2,07 \text{ V}$
6 Volt-Block:	$U \geq 6,21 \text{ V}$
12 Volt-Block:	$U \geq 12,42 \text{ V}$

- Batteriegestelle müssen stabil und ausgerichtet sein. Bei Montagen auf 4 Ebenen zu je 2 Reihen oder 5 Ebenen zu je 3 Reihen muss Verankerung mit dem Gebäude erfolgen.
- Wurden Zeichnungen von EXIDE Technologies mitgeliefert, müssen diese bei der Montage auch eingehalten werden.
- Wenn Batterien in Metallschränken oder -gestellen montiert werden, müssen besondere Vorkehrungen getroffen werden. Ein Luftsicherheitsabstand von mindestens 10 mm muss zwischen isolierten Kabeln und elektrisch leitfähigen Teilen eingehalten werden, oder es muss zusätzlich Isolation der Zellen- bzw. Blockverbinder erfolgen.
- 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 ungefähr 10 mm, mindestens aber 5 mm betragen.  
Siehe Anhang A 1 und Standard EN 50 272-2 (/1/) speziell wegen Batterieraumbelüftung.
- Die Verwendung von Metallklemmen wird an Zellen / Blöcken nicht empfohlen. Für solche Zwecke sollen isoliertes Material bzw. Teile benutzt werden.

- Das Erden von Gestellen oder Schränken muss länderspezifisch entsprechend deren technischer Vorschriften erfolgen.
- Standards, die sich auf Montagen, Schränke, Geräte oder Batterieräume beziehen: EN 50 091-1 (/2/), IEC 896-2 (/3/) (Entwurf IEC 60896-21 (/4/)) und EN 50272-2 (/1/).

### 4.3 Eigentliche Montage

- Für die Montagearbeiten: Isolierte Werkzeuge benutzen. Gummihandschuhe und Schutzbrille tragen. Metallische Gegenstände wie Uhren oder irgendwelche andere Schmuckstücke ablegen, insbesondere im Falle von Schrankmontagen (siehe auch Punkt 2. Sicherheit).
- Poleinlagen und Verbinderkontaktzonen leicht mit Polfett (Silikon o.ä.) benetzen. Keine Mittel auf Petroleumbasis benutzen.

- Für Schraubverbindungen gelten die folgenden Drehmomente:

A-Verbinder:	$8 \pm 1$ Nm
G5/M5-Verbinder:	$5 \pm 1$ Nm
G6/M6-Verbinder:	$6 \pm 1$ Nm
M8-Bolzenverbinder:	$8 \pm 1$ Nm
M8-Schraub- und m10-verbinder:	$20 \pm 1$ Nm

- Batteriegesamtspannung prüfen. Sie sollte der Anzahl der in Reihe geschalteten Zellen bzw. Blöcke entsprechen. Die Ruhespannung einzelner Zellen soll untereinander nicht mehr als 0,02 Volt variieren. Bei Blockbatterien sind folgende maximale Abweichungen erlaubt:

4 V-Blöcke:	0,03 V
6 V-Blöcke:	0,04 V
12 V-Blöcke:	0,05 V

- Batterien mit einer Nennspannung  $> 75$  V erfordern eine EG-Konformitätserklärung entsprechend der Niederspannungsrichtlinie (73/23/EWG), die bestätigt, dass die CE-Kennzeichnung an der Batterie angebracht wurde. Der Errichter der Batterieanlage ist verantwortlich für die Erklärung und die Anbringung der CE-Kennzeichnung. Siehe /5/ für weitere Informationen.

## 4.4 Parallelschaltungen

Die meisten Batteriehersteller, Standards und Richtlinien empfehlen maximal 4 parallelgeschaltete Strängen. Mehr als 4 Stränge sind aber durchaus möglich, ohne die Lebensdauer zu reduzieren oder andere Probleme mit der Batterie zu bekommen.

Bedingungen und Merkmale für 2 bis 10 Stränge parallel:

- Allgemein: Von jedem Strang aus zum Endableiter muss der gleiche Spannungsabfall erreicht werden egal ob ein Strang aus nur einer Einheit (Zelle / Block) oder mehreren Einheiten besteht. Erreicht werden kann das durch entsprechende Wahl der Kabellängen, der Kabeldurchmesser und der Anordnung (z.B. durch kreuzweise Konfiguration).
- Die Kabelverbinder für die positiven und negativen Pole jedes Stranges müssen die gleiche Länge haben.
- Der minimale Kabelquerschnitt für die Endverbinder eines Stranges beträgt 25 mm<sup>2</sup> pro 100 Ah Strangkapazität.
- Die Endverbinderkabel müssen auf einer Kupferschiene mit mindestens 100 mm<sup>2</sup> pro 100 Ah Strangkapazität enden und zwar mit geringst möglichem Abstand.
- Jeder Strang, mindestens aber jeweils zwei Stränge haben eine Sicherung.
- Die Stränge müssen die gleiche Zellenanzahl und Temperatur haben..

Unter diesen Umständen ist eine Parallelschaltung bis zu 10 Strängen möglich. Die Entladedaten beziehen sich auf die Endpole jedes Stranges. Parallelschaltung erhöht die Systemzuverlässigkeit durch Redundanz. Weder Zuverlässigkeit noch Lebensdauer werden beeinträchtigt.

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. /6/ gibt weitere Informationen.

Auch der Bleibatterietyp kann variieren solange die erforderliche Ladespannung (V/Zelle) pro Strang erfüllt ist.

Zuerst jeden Strang einzeln vormontieren. Vergewissern, dass die Stränge auf gleichem Potential sind. Dann erst die Stränge parallelschalten.

## 5. INBETRIEBSETZUNG

- In Anwendungsfällen wie Ladeerhaltungsbetrieb, Inbetriebnahme nach Lagerung oder nach Montage, wie zuvor beschrieben, besteht die Inbetriebsetzung lediglich aus dem Anschließen der Batterie an das Ladesystem.

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,  $\geq 72$  Stunden.

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

Der zum Laden verfügbare Strom sollte 10 bis 35 A pro 100 Ah Nennkapazität betragen.

## 6. BETRIEB

### 6.1 Ladeerhaltungsspannung und -strom

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

Gel-Solar-Batterien: Siehe auch Kapitel 6.6.2

Die Ladeerhaltungsspannung 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, A 600 SOLAR und A700

2,27 V/Z für A400

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

Alle Ladevorgänge (Erhaltungsladen, Starkladen) müssen nach einer IU-Kennlinie mit Grenzwerten ausgeführt werden: I-konstant:  $\pm 2\%$ , U-konstant  $\pm 1\%$ . Diese Grenzwerte beschreiben die Toleranz der verwendeten Ladegeräte gem. DIN 41 773. 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).
- 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 bewirken, die Elektroden belasten und somit zur Verkürzung der Batteriebrauchbarkeitsdauer führen.



Beim Wiederaufladen bis 2,40 V/Z darf der Effektivwert des Wechselstromes vorübergehend max. 10 A pro 100 Ah Nennkapazität betragen. Im vollgeladenen Zustand während Ladeerhaltungs- oder Bereitschaftsparallelbetrieb darf der Effektivwert des überlagerten Wechselstromes 5 A pro 100 Ah Nennkapazität nicht übersteigen

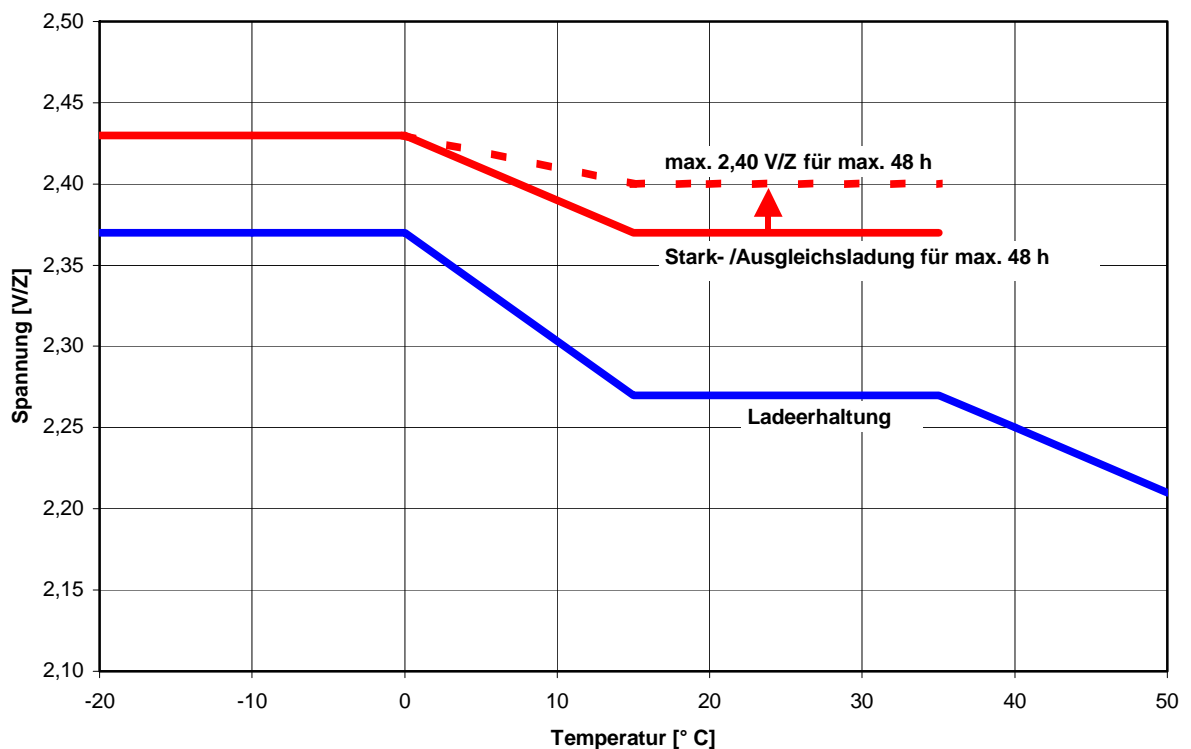
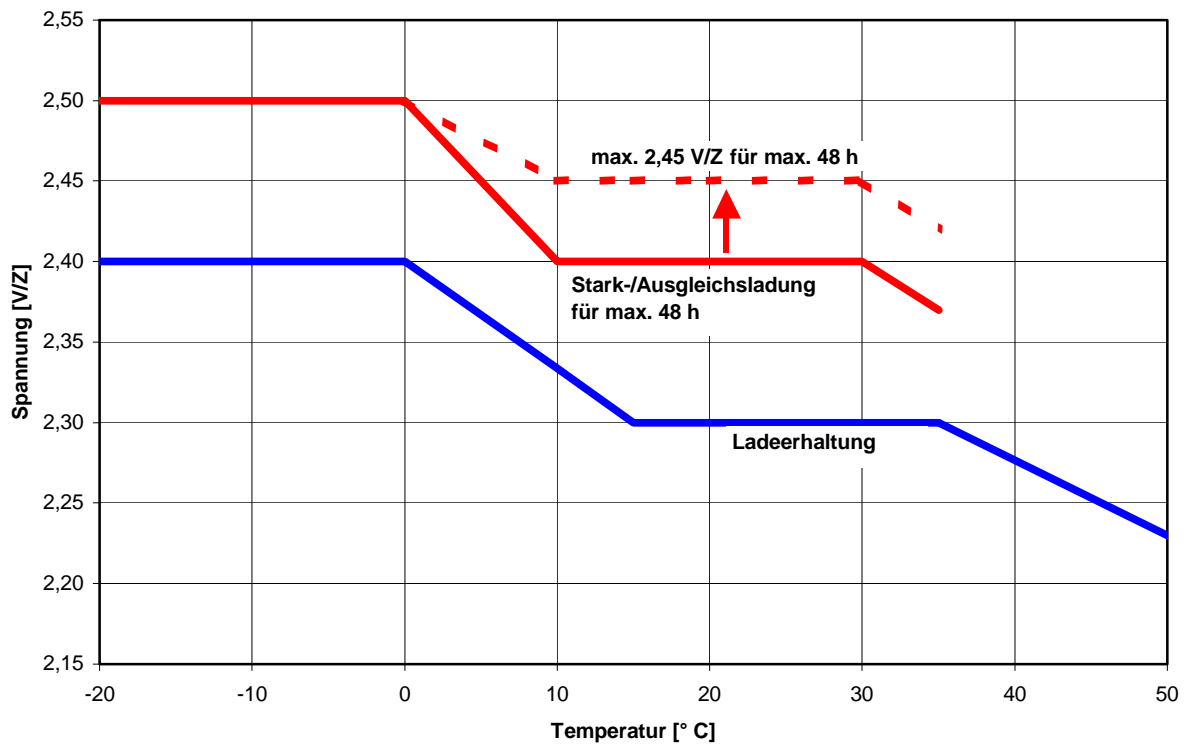
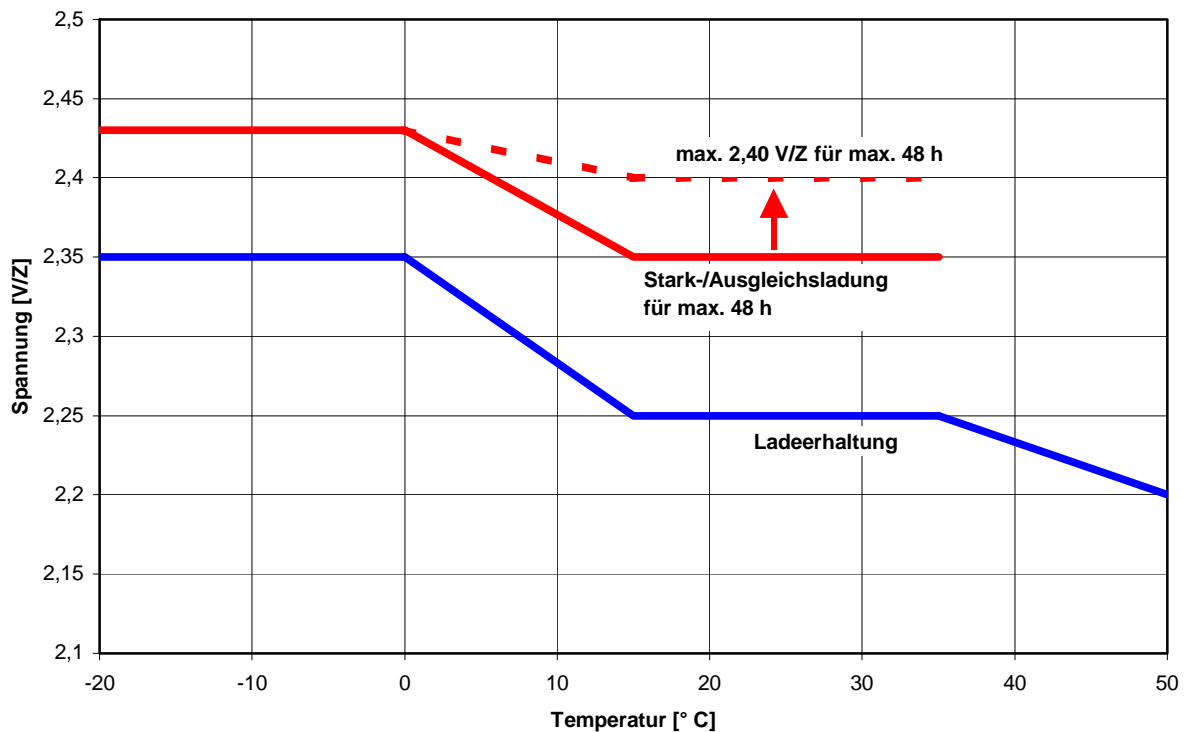


Bild 3: A 400, Ladespannung in Abhängigkeit von der Temperatur



**Bild 4:** A 500, (SOLAR, SOLAR BLOCK), Ladespannung in Abhängigkeit von der Temperatur



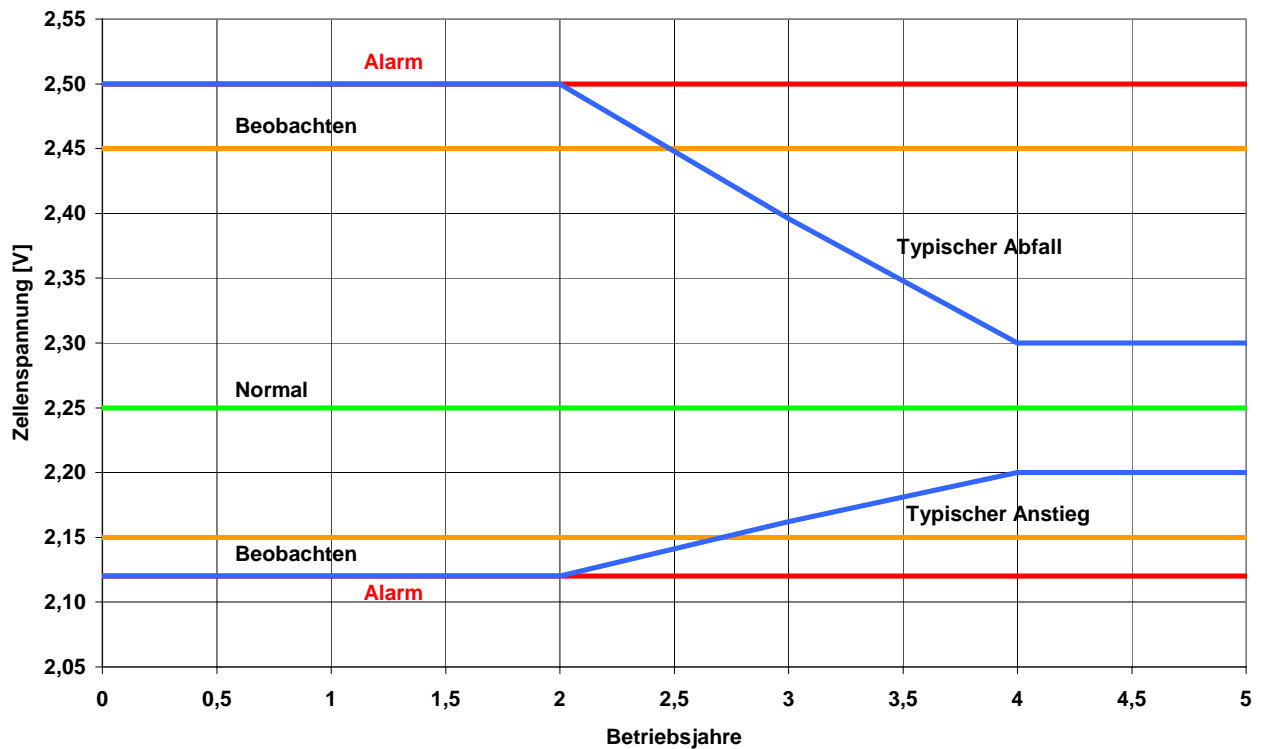
**Bild 5:** A 600, (A 600 SOLAR) und A 700, Ladespannung in Abhängigkeit von der Temperatur

## Ladeerhaltungsspannungsabweichung

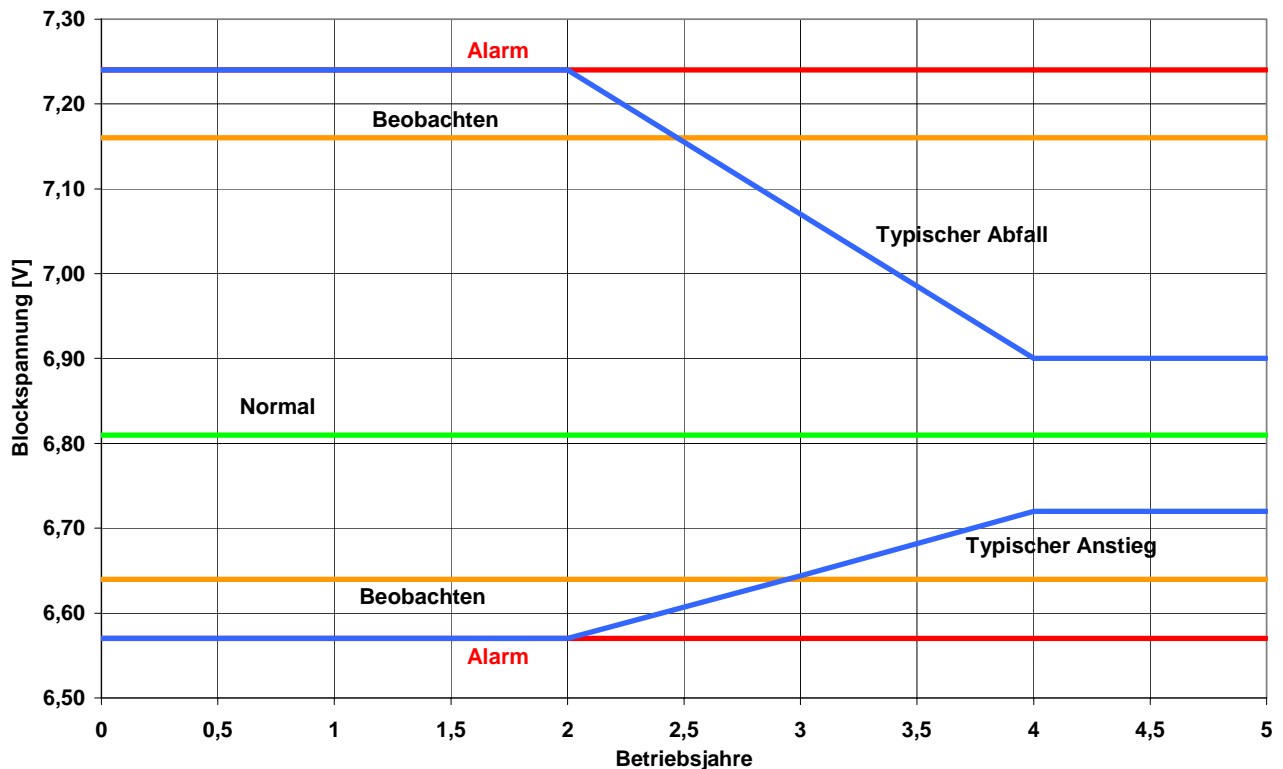
- Die einzelnen Zellen- bzw. Blockspannungen dürfen innerhalb eines Stranges vom Durchschnittswert entsprechend der Bilder 6, 7 und 8 abweichen. Diese Grafiken stellen Beispiele dar, da die Spannungsabweichungen und Grenzwerte vom Batterietyp und der zellenanzahl pro Block abhängen. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über alle Batterietypen und deren Abweichungen vom Durchschnittswert unter Erhaltungsladebedingungen. Der „Typische Abfall“ und „Typische Anstieg“ ist jeweils äquivalent zu dem in den Bildern 6 bis 8 gezeigten Verlauf.

	2V	4V	6V	8V	12V
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	--	--

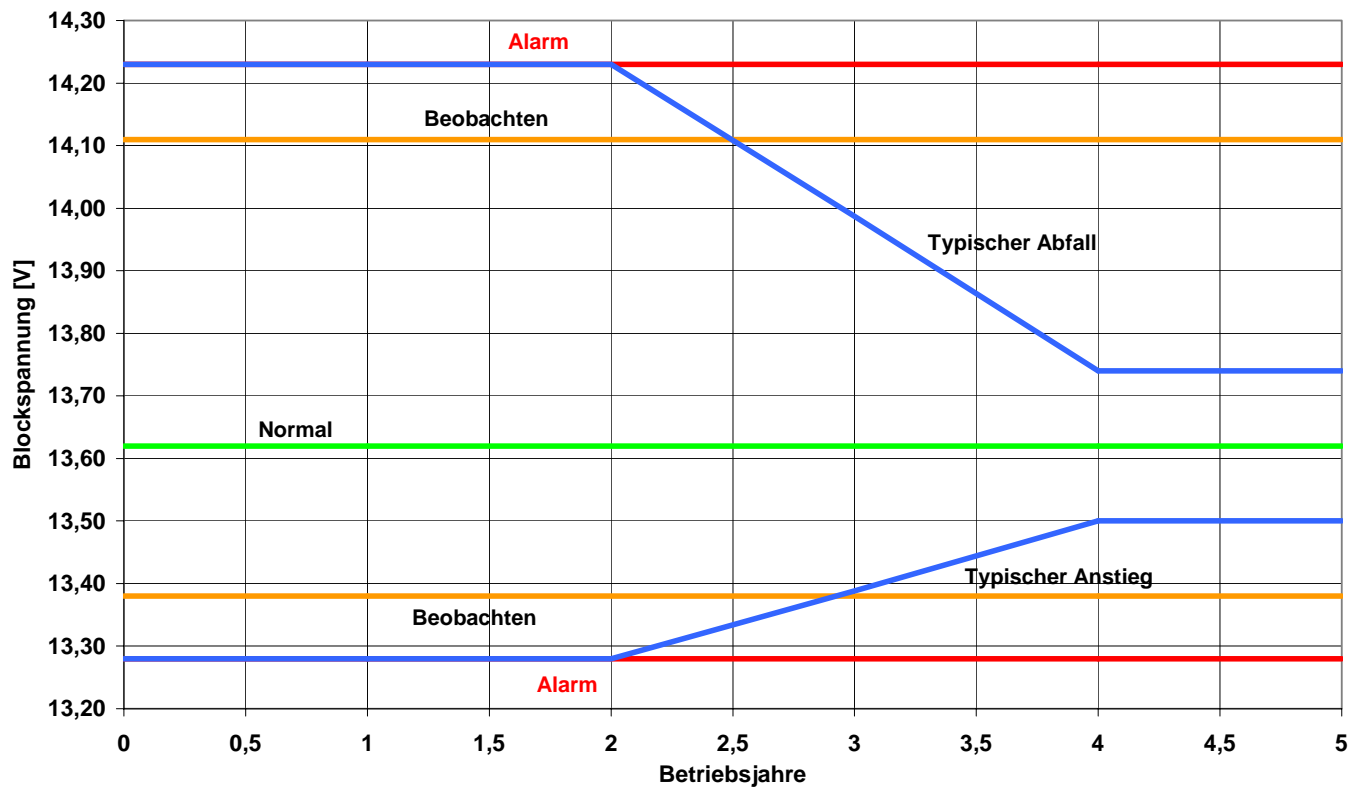
- Nach der Montage und innerhalb der ersten zwei oder drei Betriebsjahre ist diese Abweichung um so stärker. Sie ist auf die unterschiedlichen internen Zustände einzelner Zellen bezgl. Rekombination und Polarisation zurückzuführen
- Es handelt sich um einen ganz normalen Effekt, der in /7/ näher beschrieben wird.



**Bild 6:** Ladeerhaltungsspannungsabweichung in A 600, (A 600 SOLAR) –Batterien



**Bild 7:** Ladeerhaltungsspannungsabweichung in A 400-Batterien, 6V-Blöcke



**Bild 8:** Ladeerhaltungsspannungsabweichung in A 400-Batterien, 12V-Blöcke

## 6.2 Ladebedingungen

- Die Konstantspannung-Konstantstrom-Lademethode (IU) ist die gebräuchlichste, um sehr lange Brauchbarkeitsdauern von verschlossenen Blei-Batterien zu erreichen. Die folgenden Diagramme geben Richtwerte über erforderliche Zeiten zum Wiederaufladen einer Batterie bei Ladeerhaltungsspannung oder erhöhter Spannung (Starkladung) bis zu 2,40 V/Z (bei 20° C) in Abhängigkeit von der Entladetiefe und dem Anfangsstrom.  
Gel-Solar-Batterien: Siehe Kapitel 6.6.2
- Wie die Diagramme zu interpretieren sind:

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

Beispiel: IU-Laden mit 2,40 V/Z. Wenn die Spannung 2,40 V/Z erreicht hat, erfolgt Herunterschalten auf 2,25 V/Z.

Parameter: Ladespannung 2,25, 2,30 und 2,40 V/Z,  
Ladestrom 0,5, 1,0, 1,5 und 2,0 \* I<sub>10</sub>,  
Entladetiefe (englisch: Depth of Discharge = DOD)  
25, 50, 75 und 100% C<sub>10</sub>

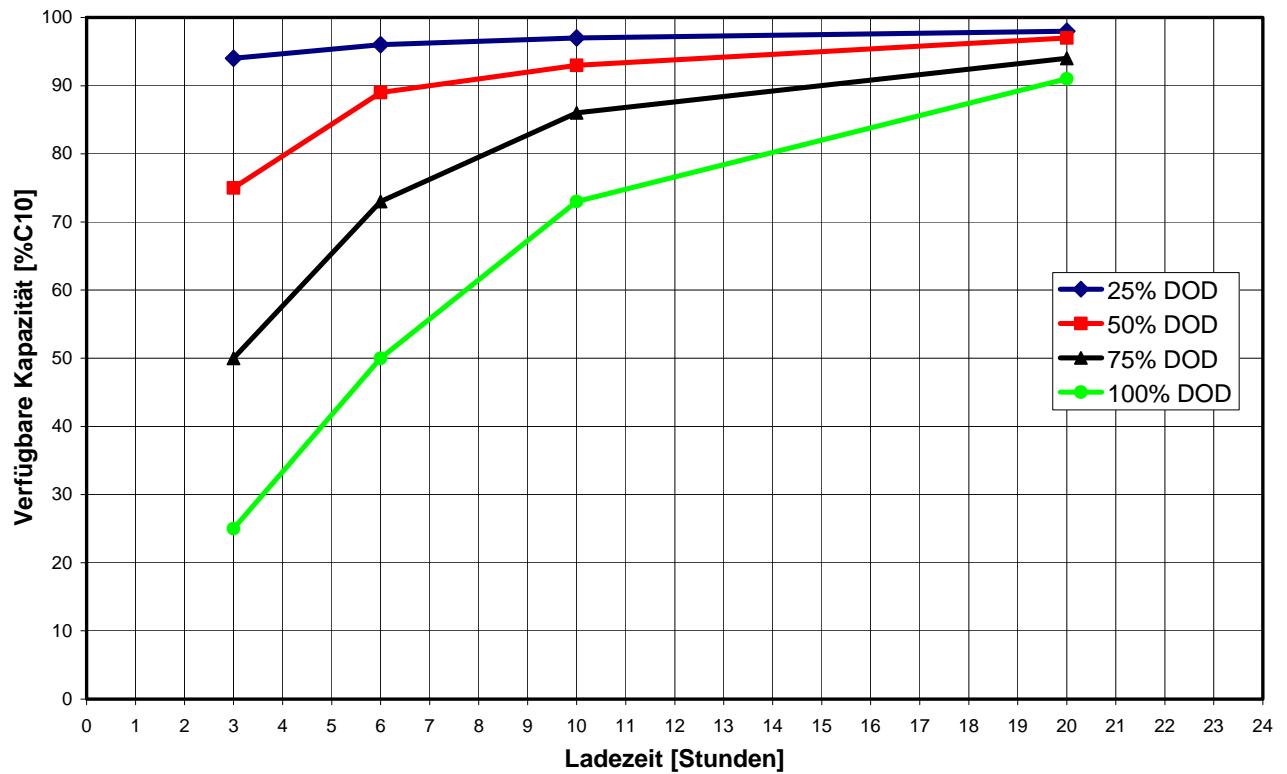
Die unterschiedlichen Entladetiefen wurden durch entsprechend unterschiedliche Entladeraten erreicht: 25%: 10 Minuten, 50%: 1 Stunde, 75%: 3 Stunden und 100%: 10 Stunden.

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

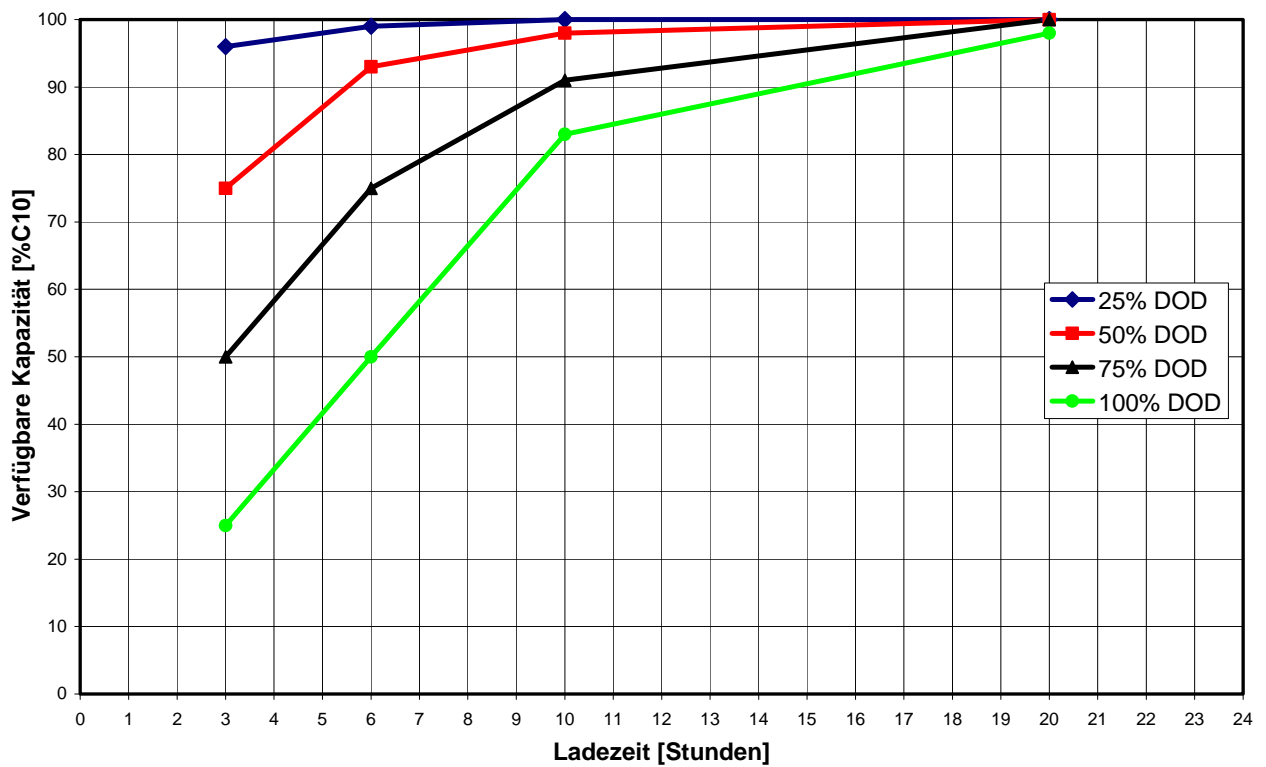
Bilder 9 und 10 sind Beispiele für die Nutzung der Diagramme. Weitere Diagramme findet man im Anhang A 2.

Bild 9: 2,25 V/Z, 1 \* I<sub>10</sub>. Entladetiefe 50%. Wiederaufladung auf 80% verfügbare Kapazität innerhalb 4 Stunden. Vollladung dauert etwas mehr als 24 Stunden.

Bild 10: 2,40 V/Z, 1 \* I<sub>10</sub>. Wiederum Entladetiefe 50%. Die gleiche Batterie wäre wiederaufladbar auf 80% verfügbare Kapazität innerhalb 3,7 Stunden und voll aufladbar innerhalb 20 Stunden.



**Bild 9:** Wiederaufladung bei 2,25 V/Z, 1 \* I<sub>10</sub>, DOD = Entladetiefe



**Bild 10:** Wiederaufladung bei 2,40 V/Z, 1 \* I<sub>10</sub>, DOD = Entladetiefe

### 6.3 Wirkungsgrad der Wiederaufladung

- Ah-Wirkungsgrad

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

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.

- Wh-Wirkungsgrad

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

Definition:

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

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\*I<sub>10</sub>,

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

$$\begin{aligned} \text{Wh-Wirkungsgrad} &= \frac{100 \text{ Ah} * 2,0 \text{ V/Z}}{105 \text{ Ah} * 2,23 \text{ V/Z}} \\ &= 0,854 = 85 \% \end{aligned}$$

## 6.4 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 Bildern 6, 7 oder 8 gezeigten, erlaubten Bereiche liegen.

Sie sind folgendermaßen durchzuführen:

Bis zu 48 Stunden bei max. 2,40 V/Z.

Der Ladestrom darf 35 A pro 100 Ah Nennkapazität nicht überschreiten.

Die Zellen- bzw. Blocktemperatur darf niemals über 45°C steigen. In diesem Fall muss die Ladung unterbrochen oder auf Ladeerhaltungsspannung heruntergeschaltet werden, um ein Absinken der Temperatur zu bewirken.

### **Gel-Solar-Batterien mit Systemspannungen $\geq 48$ V**

Alle 1 bis 3 Monate:

#### Methode 1: IUI

I-Phase = Bis zur Spannung gem. Bild 17 (Kapitel 6.6.2) bei 20°C

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

I-Phase = 1,2 A/100Ah über 4 Stunden

#### Methode 2: IUI (Pulsen)

I-Phase = Bis zur Spannung gem. Bild 17 (Kapitel 6.6.2) bei 20°C

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

I-Phase = Laden mit 2 A/100 Ah über 4-6 Stunden mit Pulsen 15 min.  
2 A/100Ah und 15 min. 0 A/100 Ah.

## 6.5 Entladung

Wenn verschlossene Gel-Blei-Batterien auch als widerstandsfähig gegenüber Tiefentladungen gelten, muss doch mit einer Minderung der Brauchbarkeitsdauer bei zu vielen und aufeinanderfolgenden Tiefentladungen gerechnet werden.

Daher...

- Eine Entladung darf nicht tiefer als bis zu der der Entladezeit zugeordneten Entladeschlussspannung erfolgen.
- Tiefere Entladungen dürfen nicht durchgeführt werden, es sei denn, dies wurde ausdrücklich mit EXIDE Technologies vereinbart.
- Nach Voll- oder Teilentladungen sofort wiederaufladen.
- Kapazitätstests sollten gem. IEC 896-2 (/3/) bzw. Entwurf IEC 60896-21 (/4/) durchgeführt werden.

### Wie ist es mit der schwächsten Einheit während eines Kapazitätstests ?

- Einzelzellen und Blöcke müssen von verschiedenen Gesichtspunkten aus betrachtet werden. Im Falle von Blöcken spielt die Statistik eine Rolle.

- Die schwächste Einzelzelle darf abfallen auf

( $U_s$  = Entladeschlussspannung,  $U_{\min}$  = minimale Spannung)

$$U_{\min} = \text{Entladeschlussspannung } U_s \text{ [V/Z]} - 0,2 \text{ V}$$

Beispiel: Entladeschlussspannung der Batterie  $U_s = 1,75 \text{ V/Z}$

➔ Schwächste Zelle darf haben  $U_{\min} = U_s - 0,2\text{V} = 1,55 \text{ V}$

- Der schwächste Block darf abfallen auf

$$U_{\min}/\text{Block} = \text{Entladeschlussspannung } (U_s * n/\text{Block}) - (\sqrt{n} * 0,2 \text{ V/Z})$$

(  $n$  = Anzahl der Zellen pro Block)

Beispiel: Entladeschlussspannung der Batterie  $U_S = 1,75 \text{ V/Z}$

→ Schwächster Block darf haben  $U_{\min} = U_S - \sqrt{n} * 0,2\text{V}$

$$12 \text{ V-Block: } U_S = 1,75 \text{ V} * 6 = 10,5 \text{ V}$$

$$6 \text{ V-Block: } U_S = 1,75 \text{ V} * 3 = 5,25 \text{ V}$$

→ ein 12V-Block darf 10,01 V haben

→ ein 6V-Block darf 4,90 V haben

## 6.6 Zyklenbetrieb

### 6.6.1 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 gem. IEC 896-2 (/3/)\* bestimmt:

A 500: 600 Zyklen

A 400: 600 Zyklen

A 700: 700 Zyklen

A 600: 1200 Zyklen

SOLAR: 800 Zyklen

SOLAR BLOCK: 1200 Zyklen

A 600 SOLAR: 1600 Zyklen

\*) Entladebedingungen gem. IEC 896-2: 20° C, Entladung über 3 h mit einem Strom  $I = 2,0 * I_{10}$ . Dies entspricht einer Entladetiefe von 60%  $C_{10}$ .

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

Tiefere Entladungen (höhere Entladetiefen) bewirken eine geringere Zyklanzahl, weil die aktive Masse viel stärker beansprucht wird und eine stärkere Wiederaufladung nötig ist (Korrosion!). Entsprechend resultieren niedrigere Entladetiefen in höheren Zyklanzahlen. S. Bilder 11 bis 16 für nähere Angaben (Bilder 14 bis 16 mit anderem Bezug zu IEC 896-2 auf der x-Achse).

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 des Temperatureinflusses müssen die gleichen Gesetzmäßigkeiten wie beim Einfluss auf die Brauchbarkeitsdauer angewandt werden (s. Kapitel 6.8).

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

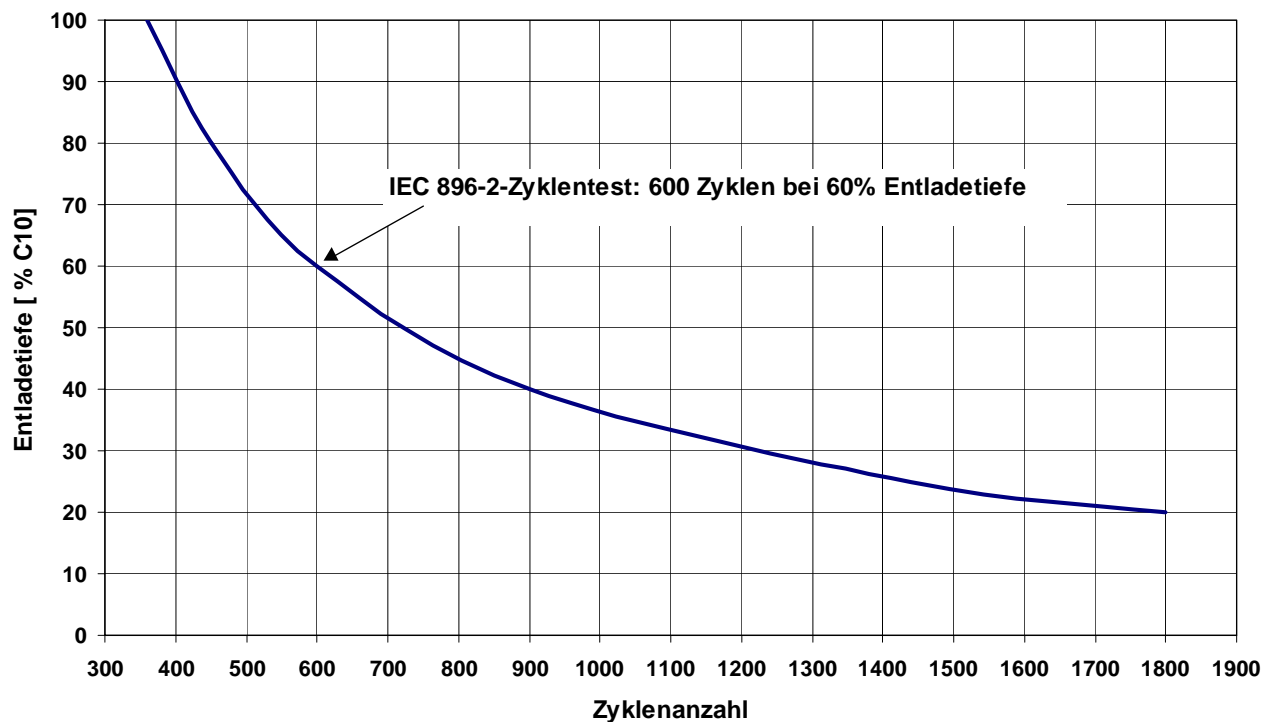


Bild 11: A 500, A 400; Zyklanzahl über Entladetiefe

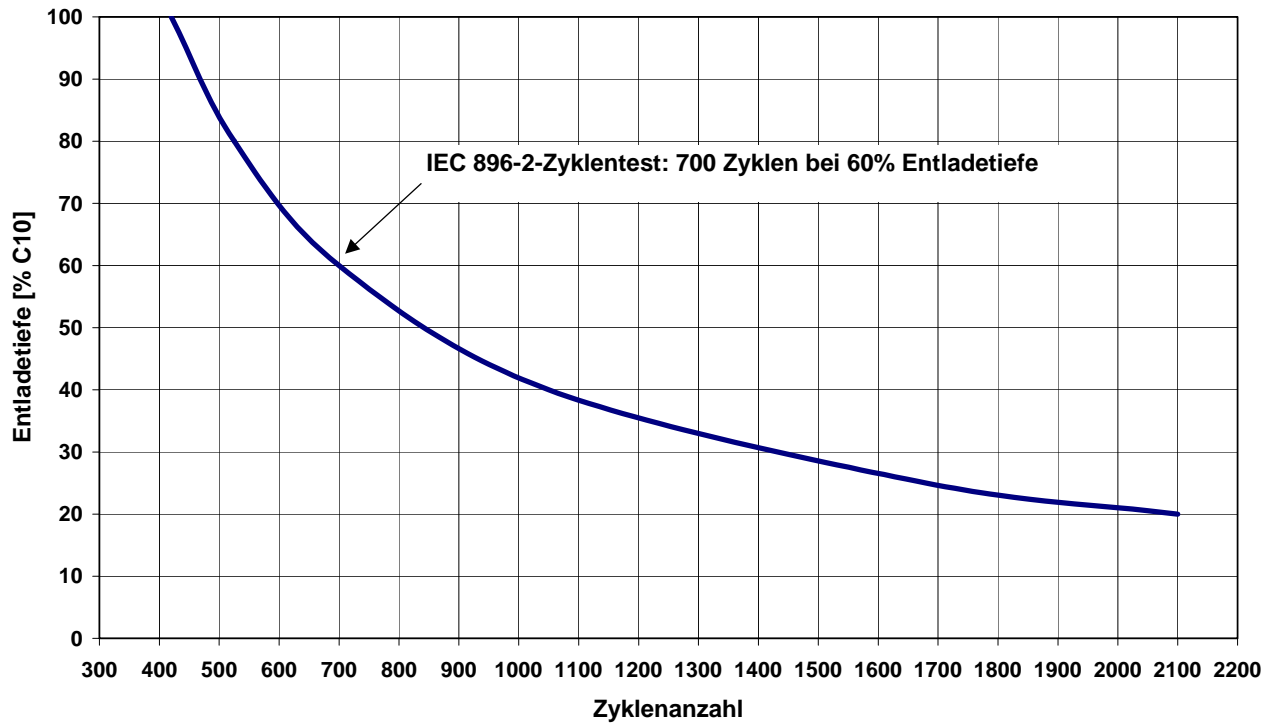


Bild 12: A 700; Zyklusanzahl über Entladetiefe

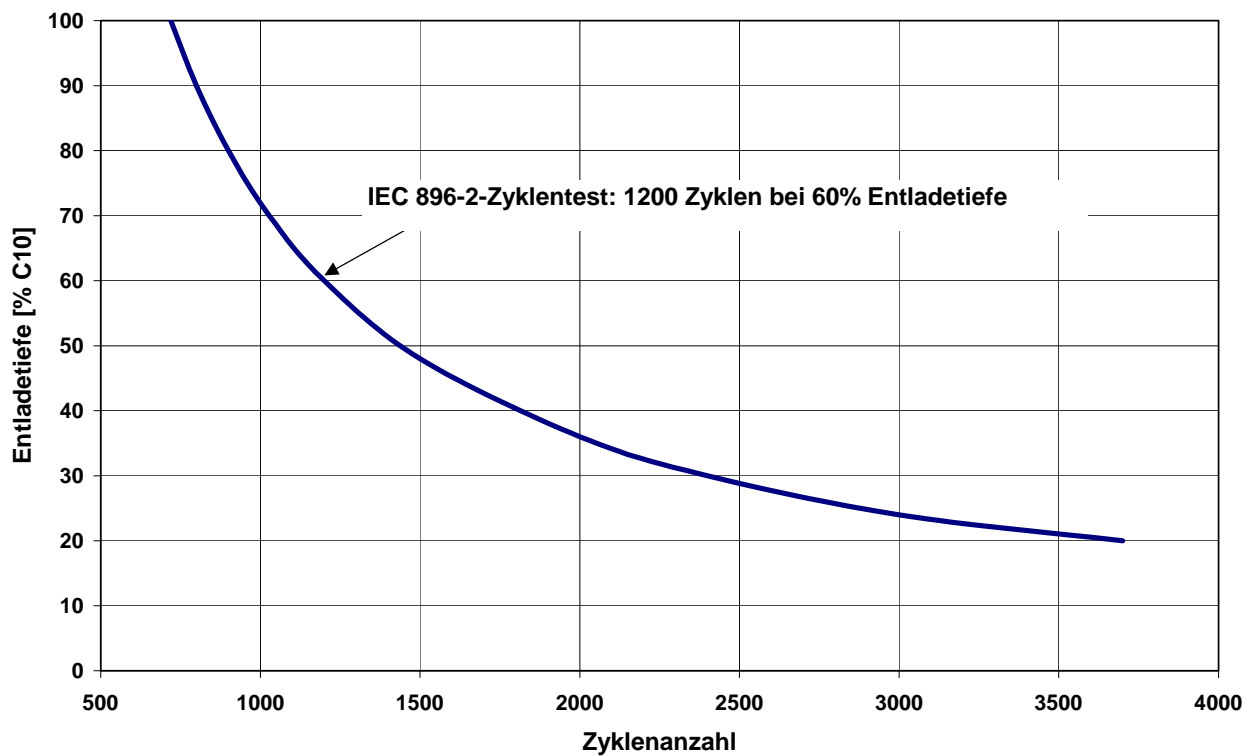


Bild 13: A 600; Zyklusanzahl über Entladetiefe

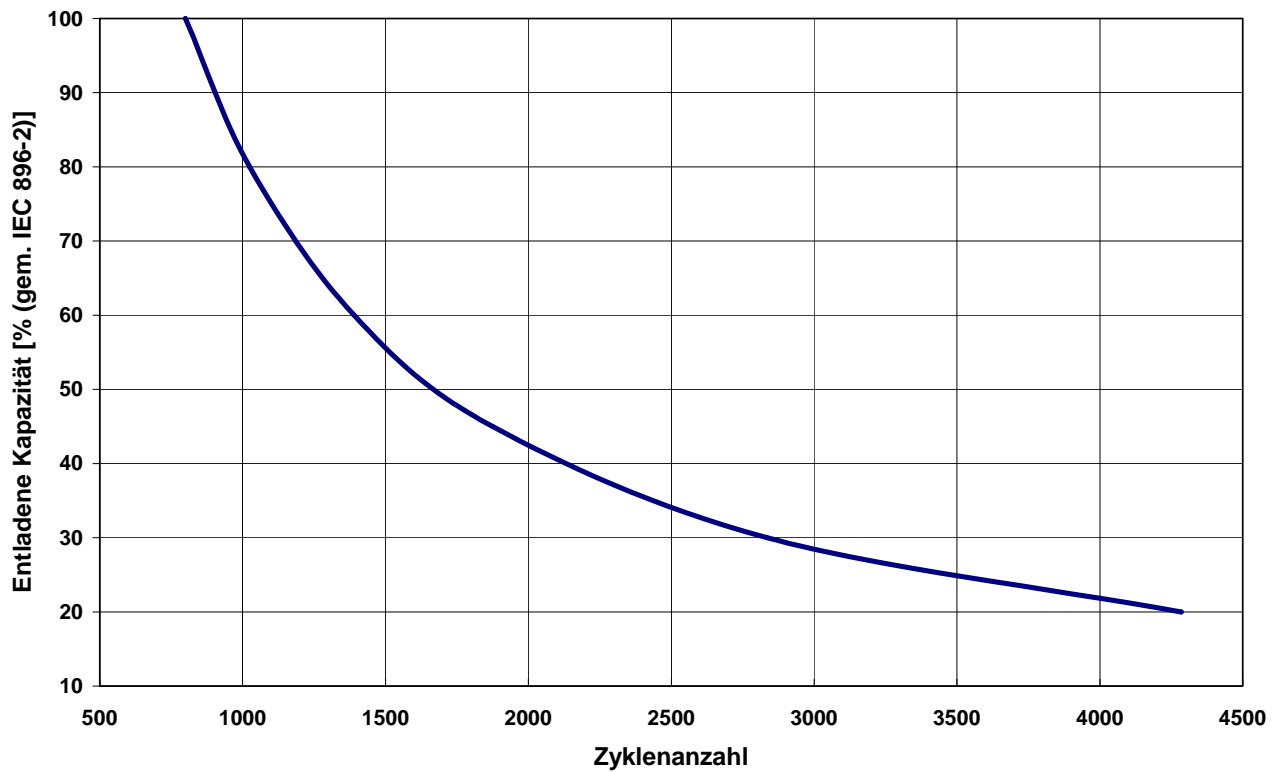


Bild 14: SOLAR; Zyklusanzahl über Entladetiefe

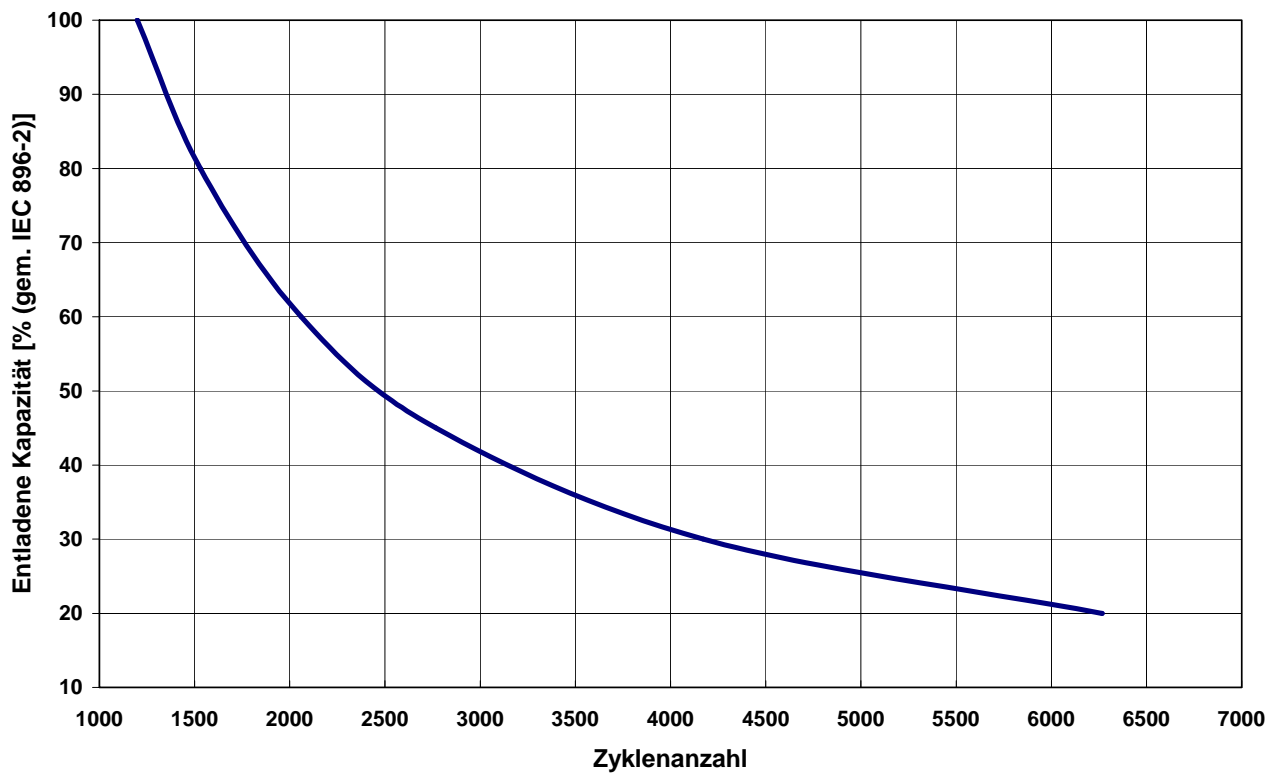


Bild 15: SOLAR BLOCK; Zyklusanzahl über Entladetiefe

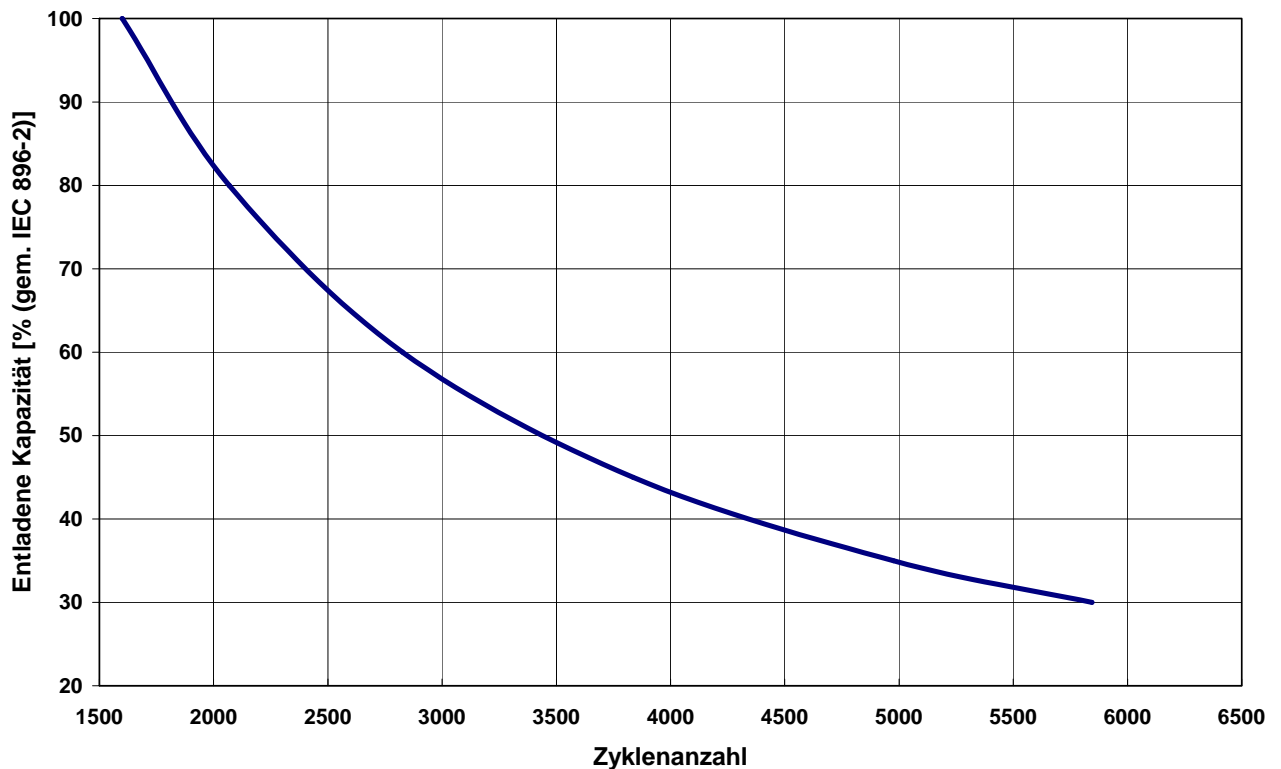


Bild 16: A 600 SOLAR; Zyklusanzahl über Entladetiefe

### 6.6.2 Spezielle Überlegungen zu Gel-Solar-Batterien

#### 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

- Spannungsabfall 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 Lebensdauereintrübe 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? „Balanz“ zwischen entnommener und zurückgeladener Ampere-Stunden?
- Optimale tägliche Entladung:  $\leq 30\% C_{10}$ , typisch 2 bis 20%  $C_{10}$

### Batterieauslegung: Leitfaden

Standard IEEE P1013/D3, April 1997 (/8/) einschließlich Arbeitsblatt und Beispiel

### Batterieauslegung: Zusammenfassung

- System muss gut durchdacht sein. Sich sicher fühlen!
- System muss die Erwartungen über das gesamte Jahr erfüllen!
- Richtiges System-Design Modul-Laderegler-Batterie!
- Verbrauch und Sonneneinstrahlung müssen im Gleichgewicht sein (wieviele 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 gem. Bild 17 erfolgen.

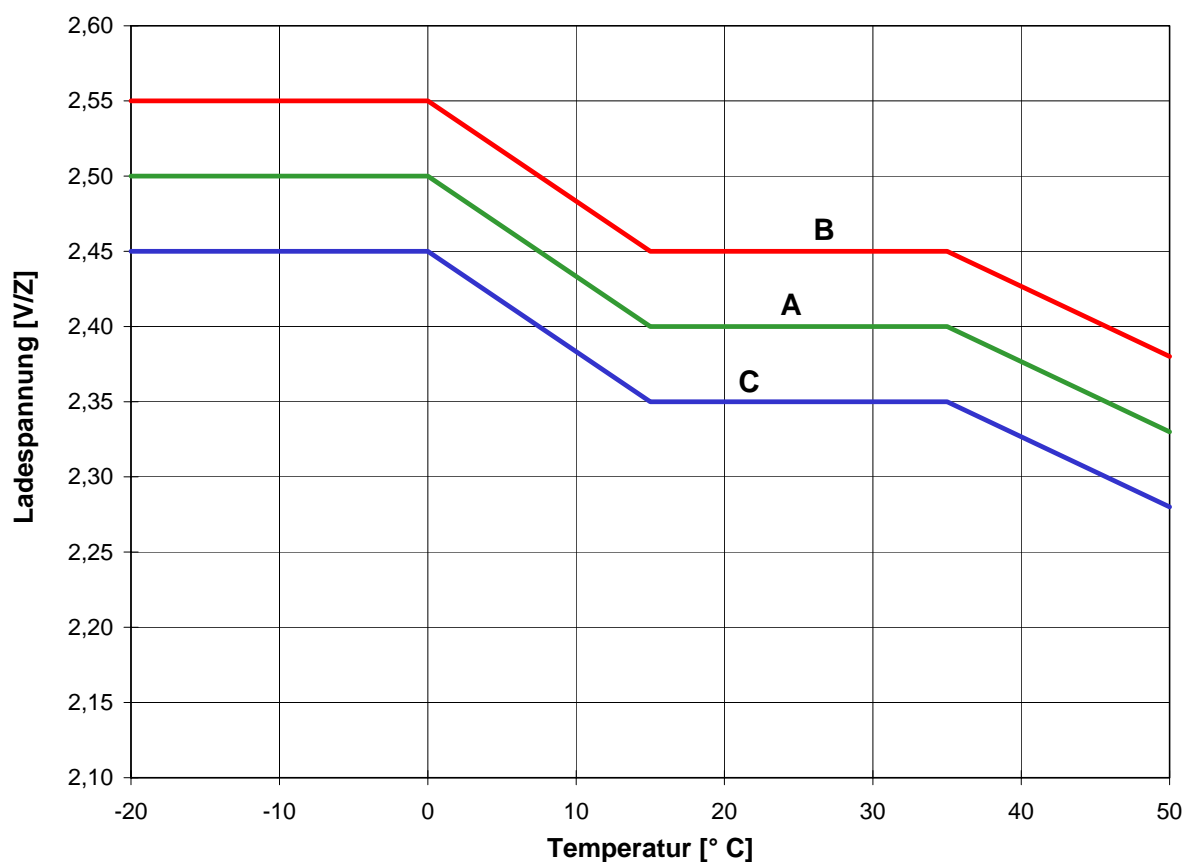
Eine temperaturabhängige Anpassung der Ladespannung innerhalb der Betriebstemperatur von 15° C bis 35° C ist nicht erforderlich. Liegt die Betriebstemperatur dauernd außerhalb dieses Temperaturbereiches, soll die Spannung gem. Bild 1 angepasst werden.

Bedingt durch saisonelle oder andere Umstände müssen Solar-Batterien auch in Ladezuständen kleiner als 100% betrieben werden können, z.B. (gem. IEC 61427, /9/):

Sommer: 80 bis 100% Ladezustand

Winter: bis zu 20% Ladezustand hinunter.

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

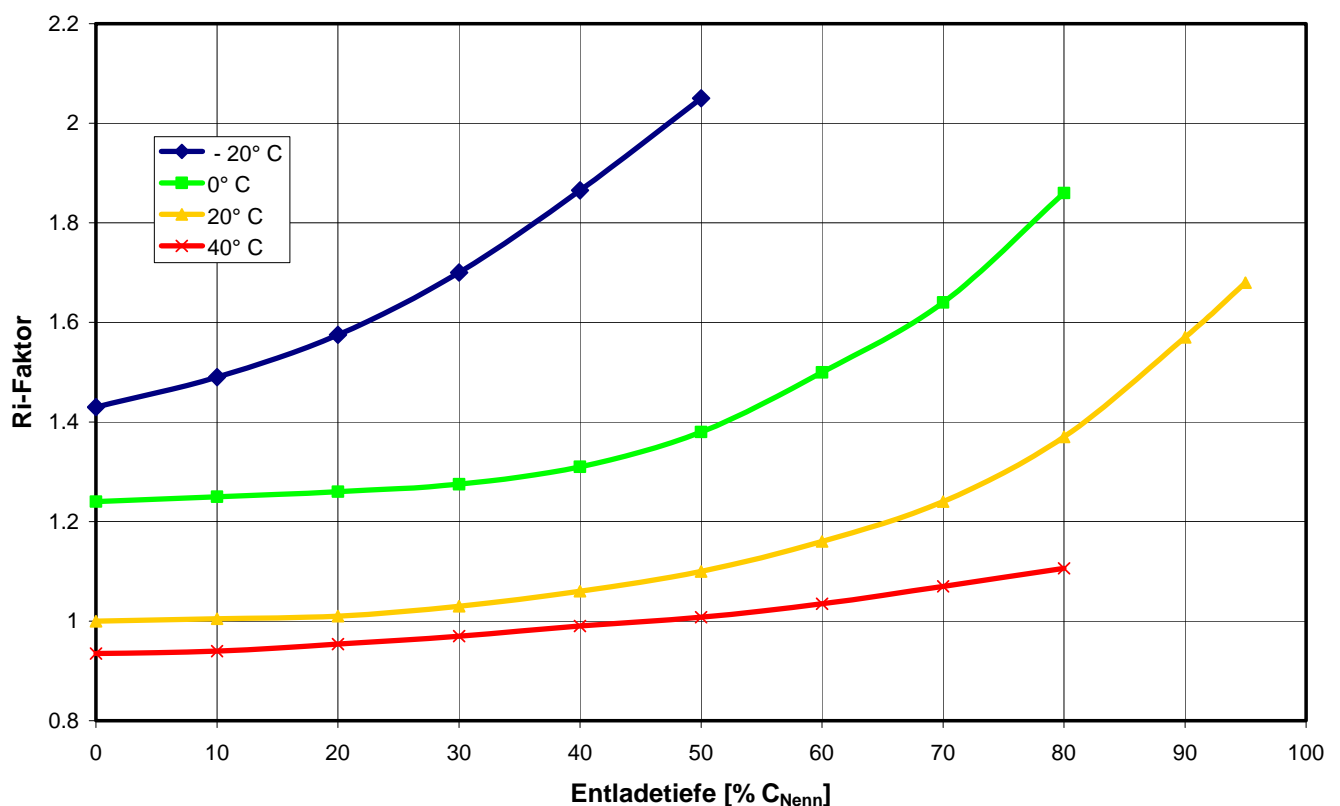


**Bild 17:** Laden von Gel-Solar-Batterien in Abhängigkeit von der Ladeart und der Temperatur

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

## 6.7 Innenwiderstand $R_i$

- Der Innenwiderstand  $R_i$  wird gem. IEC 896-2 (/3/) bestimmt. Er ist ein wichtiger Parameter beim Auslegen von Batterien. Zum Beginn der Entladung muss insbesondere bei Entladeraten  $\leq 1$  h ein merklicher Spannungsabfall berücksichtigt werden.
- Der Innenwiderstand  $R_i$  hängt von der Entladetiefe und der Temperatur ab, wie unten im Bild 18 dargestellt. Hierbei stellt der  $R_i$ -Wert bei 0% Entladetiefe (Vollladezustand) und 20° C die Basis dar ( $R_i$ -Faktor = 1).



**Bild 18:** Innenwiderstand  $R_i$  in Abhängigkeit von Entladetiefe und Temperatur

## 6.8 Temperatureinfluss

- 20° C ist die Nenntemperatur und die optimale Temperatur in Bezug auf Kapazität und Brauchbarkeitsdauer. Höhere Temperaturen verringern die Brauchbarkeitsdauer und die Anzahl der Zyklen. Tiefere Temperaturen verringern die verfügbare Kapazität und verlängern die Wiederaufladezeit.
- Übliche Brauchbarkeitsdauern bei 20° C und gelegentlichen Entladungen:

A 500: 6 Jahre  
A 400: 10 Jahre  
A 700: 12 Jahre  
A 600: 15 bis 18 Jahre

SOLAR: 5 bis 6 Jahre  
SOLAR BLOCK: 7 bis 8 Jahre  
A 600 SOLAR: 12 bis 15 Jahre

Wenn Gel-Solar-Batterien auch nicht für den Bereitschaftsparallelbetrieb optimiert sind, sie 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.

- 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 ein gewisses Risiko des Einfrierens. Andererseits ist eine Nutzung der Batterien bei tieferen Temperaturen unter bestimmten Bedingungen durchaus möglich (zuständigen Mitarbeiter von EXIDE Technologies kontaktieren!).
- Die Batterietemperatur beeinflusst die verfügbare Kapazität entsprechend Bilder 14 und 15.
- Hohe Temperaturen beeinflussen die Brauchbarkeitsdauer nach einer bekannten "Faustregel" (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

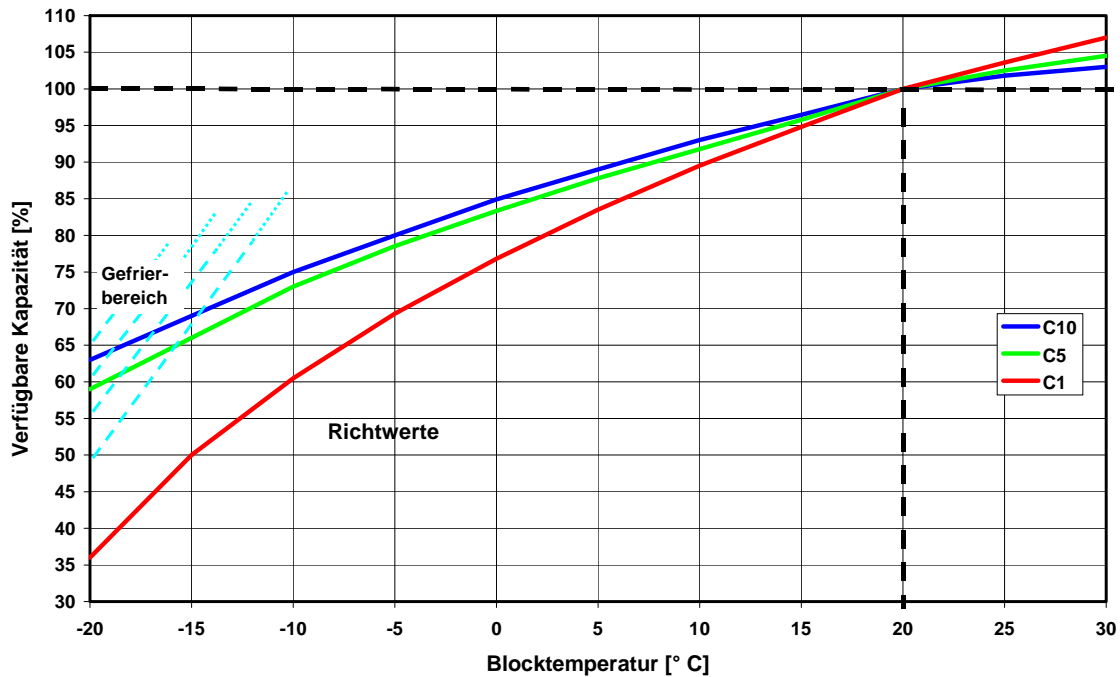
Dies gilt auf jeden Fall für alle Batterien mit positiven Gitterplatten (A 400, A 500 and A 700; auch auf SOLAR und SOLAR BLOCK bezgl. Einfluss auf die Zyklenanzahl anzuwenden).

Es gibt eine Ausnahme, wo der Einfluss nicht dem "Arrhenius"-Gesetz folgt, - das ist die A 600 mit positiven Panzerplatten (auch auf A 600 SOLAR bezgl. Einfluss auf die Zyklenanzahl anzuwenden). Der Temperatureinfluss ist geringer als bei anderen Batterien. Tatsächlich verursacht ein Anstieg um 10° C nur eine Reduzierung der Brauchbarkeitsdauer von 30%.

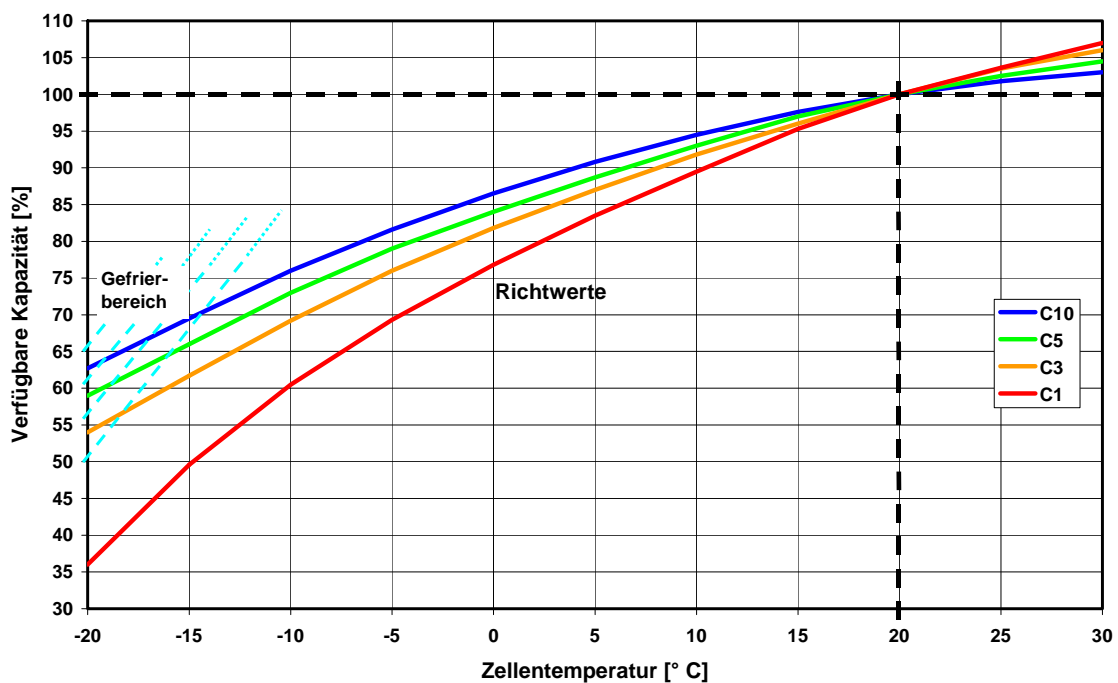
Gründe:

1. 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.
2. Die aktive Masse, aber auch die Korrosionsschicht befinden sich unter hohem Druck infolge der Gewebetasche (Röhrchen), wodurch ein Wachstum der Korrosionsschicht wie beim positiven Gitterplatten-Design verhindert wird.
3. 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 Röhrchenplatten.

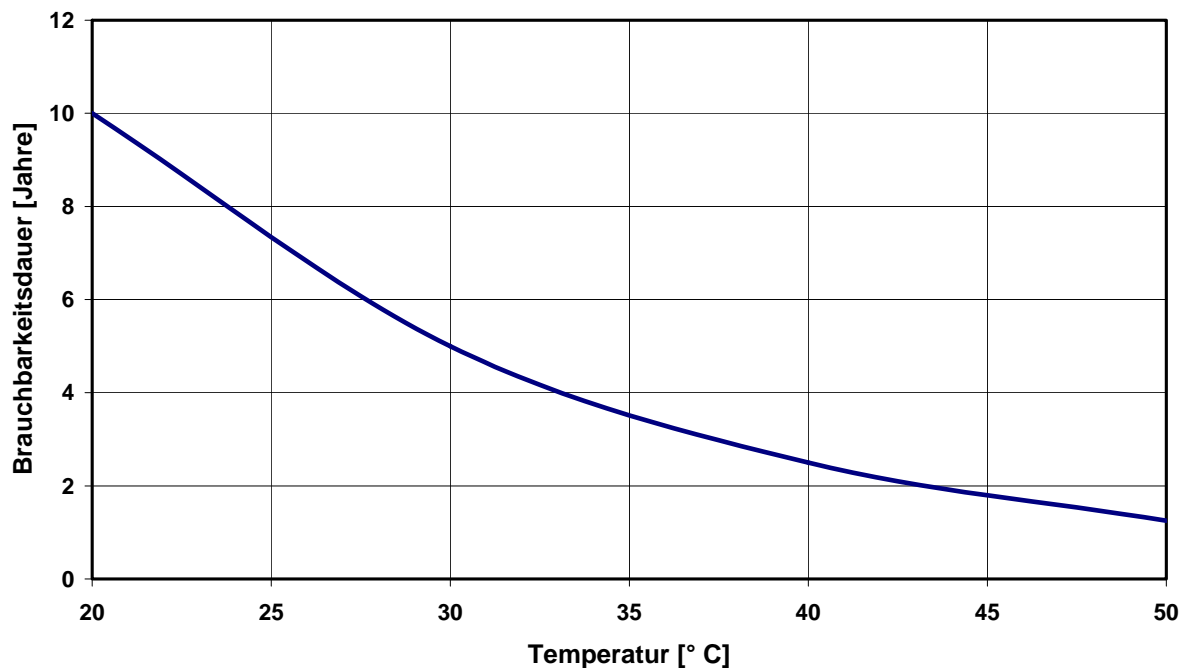
Bilder 21 und 22 enthalten weitere Informationen.



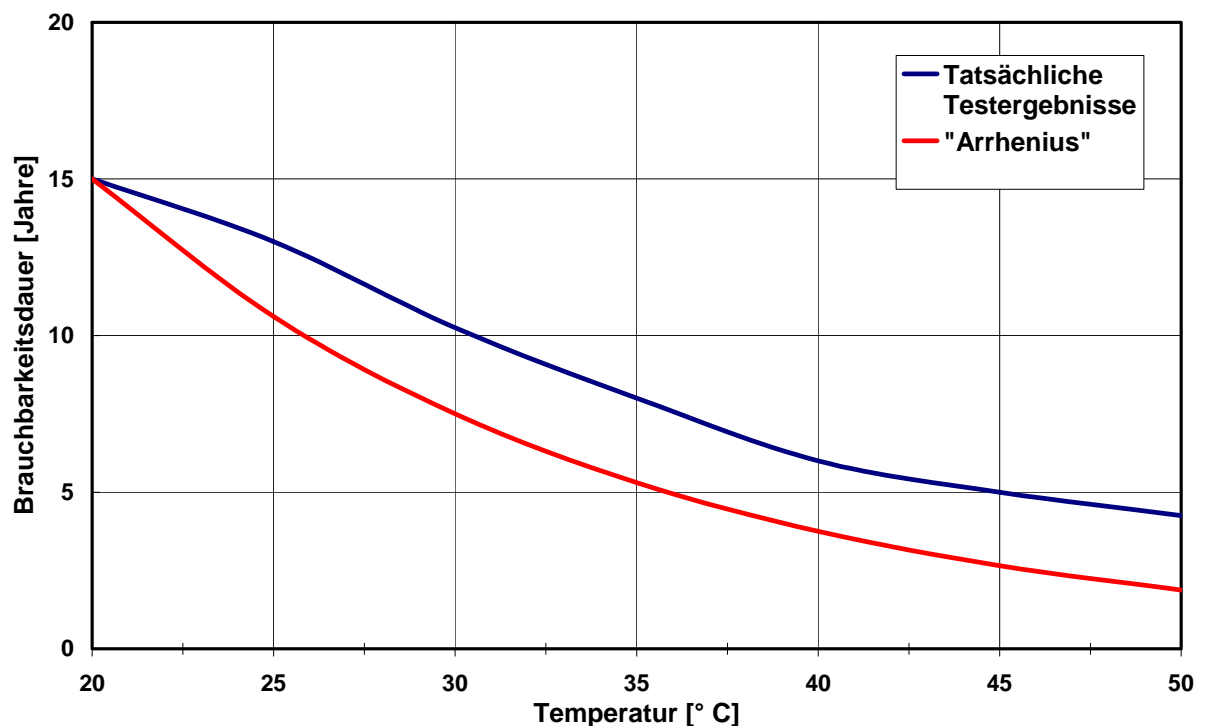
**Bild 19:** A 400, A 500, SOLAR, SOLAR BLOCK:  
Kapazität (% der ...-stündigen Kapazität) in Abhängigkeit von der Temperatur



**Bild 20:** A 600, A 600 SOLAR, A 700:  
Kapazität (% der ...-stündigen Kapazität) in Abhängigkeit von der Temperatur



**Bild 21:** A 400; Brauchbarkeitsdauer über Temperatur (= "Arrhenius"). Äquivalente Grafiken sind für A 500 und A 700 aufstellbar für 6 bzw. 12 Jahre bei 20° C. Ebenso für SOLAR und SOLAR BLOCK bezgl. Zyklenanzahl (Jahre bei 20° C = 100% Anzahl der Zyklen).



**Bild 22:** A 600; Brauchbarkeitsdauer über Temperatur. Die A 600 verhält sich entsprechend der blauen Kurve. Äquivalent für A 600 SOLAR bezgl. Zyklenanzahl (Jahre bei 20° C = 100% Anzahl der Zyklen).

## 6.9 Pflege und Kontrolle

### 6.9.1 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 Brauchbarkeits-dauer der Batterie betreffen (z.B. Belüftung des Batterieraumes).
- Regelmäßige Entladungen 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" Blei-Batterien (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

Weichen Zellen- bzw. Blockspannungen von der durchschnittlichen Ladeerhaltungsspannung um mehr als die in den Bildern 6 bis 8 spezifizierten Plus-Minus-Toleranz oder Oberflächentemperaturen



verschiedener Zellen/Blockbatterien um mehr als 5 K ab, so ist der Kundendienst anzufordern.

Zusätzlich jährlich messen und aufzeichnen:

- Spannungen aller Zellen/Blöcke
- Oberflächentemperatur aller Zellen/Blöcke
- Batterieraumtemperatur

Jährliche Sichtkontrollen:

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

#### 6.9.2 "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: Leitfähigkeit, 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.
- Egal, 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 /10/ und /11/ für weitere Informationen.

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

Wenn Impedanz- oder Leitfähigkeitsmessungen 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 Anfangsimpedanz- /-leitfähigkeitswerte 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-/Leitfähigkeitswerten können jedoch keine Schlussfolgerungen bzgl. volle, geringe oder gar keine Kapazität gezogen werden. Daher können nachfolgende Empfehlungen gegeben werden:

1. Wenn die Impedanz-/Leitfähigkeitswerte von Zellen/Blöcken um mehr als 35% in ungünstiger Weise (\*) vom Anfangswert abweichen, empfehlen wir als erste Maßnahme eine Starkladung über 12 Stunden, 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.
2. Wenn die Impedanz-/Leitfähigkeitswerte von Zellen/Blöcken eine ungünstige Abweichung (\*) von mehr als 35% vom Batteriedurchschnittswert (pro Batterie) haben, empfehlen wir als erste Maßnahme eine Starkladung über 12 Stunden, 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.
3. Falls keine Anfangswerte für eine Batterie ermittelt wurden, kann nur Methode 2. angewandt werden.

(\*) Impedanz zu höheren Werten und Leitfähigkeit zu niedrigeren Werten hin!

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

Bei günstigen Abweichungen (Impedanz geringer oder Leitfähigkeit 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-/Leitfähigkeitsmessung ausgetauscht und an den Hersteller zur Beurteilung gesandt werden soll, empfehlen wir unbedingt, den Messwert mit einem wasserfesten Stift auf der Zelle bzw. dem Block zu vermerken.

## **7. RECYCLING, WIEDERAUFBEREITUNG**

Blei-Batterien sind wiederaufbereitbare Produkte. Werke von "EXIDE Technologies" 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 "EXIDE Technologies". Er wird Sie über weitere Details unterrichten.

## **8. LITERATURVERZEICHNIS**

- /1/ Europäischer Standard EN 50272-2 "Safety requirements for secondary batteries and battery installations, Part 2: Stationary batteries", Juni 2001, bzw. deutsche Fassung DIN EN 50272-2 "Sicherheitsanforderungen an Batterien und Batterieanlagen, Teil 2: Stationäre Batterien", Dezember 2001 (Klassifikation: VDE 0510, Teil 2)
- /2/ Europäischer Standard EN 50091-1 "Uninterruptible power systems (UPS); Part 1: General and safety requirements", 1993, bzw. deutsche Fassung DIN EN 50091, Teil 1 "Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV), Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Sicherheitsbestimmungen", März 1994

- /3/ Internationaler Standard IEC 896-2 "Stationary lead-acid batteries – General requirements and methods of test - Part 2: Valve regulated types", 1995, bzw. deutsche Fassung DIN EN 60896-2 "Ortsfeste Blei-Akkumulatoren, Allgemeine Anforderungen und Prüfungen, Teil 2: Wartungsfreie und verschlossene Batterien", Dezember 1996
- /4/ Internationaler Standard (Entwurf, zweite Ausgabe 2002) IEC 60896-21 "Stationary Lead-Acid Batteries, Part 2: Valve Regulated Types, Section 1: Functional characteristics and methods of test", keine deutsche Fassung verfügbar
- /5/ "Council Directive of 19 February 1973 on the harmonization of laws of member of states relating to electrical equipment designed for use within certain voltage limits (73/23/EEC)" amended in 1993 by the Directive 93/68/EEC, the so-called "CE marking Directive", deutsche Fassung: Richtlinie 73/23 /EWG "Elektrische Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen", sogenannte "Niederspannungsrichtlinie", ergänzt durch die Richtlinie 93/68/EWG, die sogenannte Richtlinie zur "CE-Kennzeichnung"
- /6/ B. A. Cole, R. J. Schmitt, J. Szymborski (GNB Technologies): "Operational Characteristics of VRLA Batteries Configured in Parallel Strings", proceedings INTELEC 1998
- /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 IEC 61427 "Secondary Cells and Batteries for Solar Photovoltaic Energy Systems, - General Requirements and Methods of Test", Entwurf (IEC 21/548/CD: 2001)
- /9/ International Standard IEEE P1013/D3: "IEEE Recommended Practice for Sizing Lead-Acid Batteries for Photovoltaic (PV) Systems", Entwurf April 1997
- /10/ B. A. Cole, R. J. Schmitt (GNB Technologies): "A Guideline for the Interpretation of Battery Diagnostic Readings in the Real World", Battconn '99
- /11/ PPT-Präsentation "Monitoring" (Exide Technologies, GCS), Oktober 2002

## Anhang A 1:

### Batterieräume, Lüftung, Installation

Allgemein: Dies ist nur ein Leitfaden und enthält Auszüge aus nationalen und internationalen Normen. Siehe EN 50272-2 und VDE 0510 Teil 1 für ausführlichere Informationen. Zu beachten sind auch die Gebrauchsanweisungen und die Installationsanweisung.

#### 1. Temperatur

Die Batterieraumtemperatur sollte zwischen + 5° C und + 30° C liegen. Die optimale Temperatur ist die Nenntemperatur 20° C (oder 25° C für amerikanische Produkte). Die Temperaturdifferenz zwischen Zellen bzw. Blöcken in einem Batteriestrang darf 5° C (5 Kelvin) nicht überschreiten.

#### 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, sein.

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 EN 50 272-2: "...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:

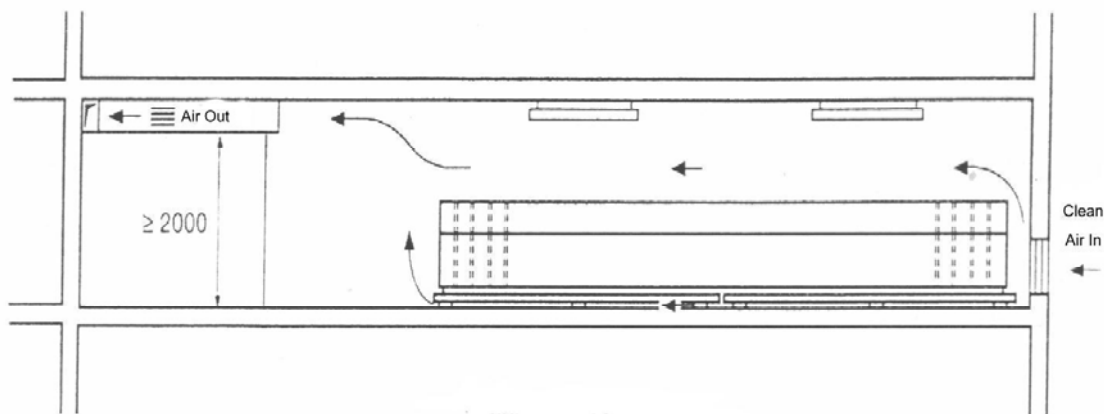
bei Batterienennspannung  $\leq 500$  V:  $50 \text{ k}\Omega \leq R \leq 10 \text{ M}\Omega$  und  
bei Batterienennspannung  $> 500$  V:  $100 \text{ k}\Omega \leq R \leq 10 \text{ M}\Omega$ .

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 EN 50272-2, wenn sich Einlass und Auslass an der gleichen Wand befinden.



### **3. Lüftung**

Um Explosionen zu vermeiden, müssen Batterieräume nach EN 50 272-2 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 EN 50272-2 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.

#### **3.1. Lüftungsanforderungen**

Gemäß EN 50 272-2 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
  - $I_{\text{gas}}$  =  $I_{\text{float}}$  oder boost [mA/Ah] relevant für die Gasentwicklung (siehe Tabelle 1)
  - $C_N$  = 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  $I_{\text{gas}}$  an:

Betrieb	Geschlossene Zellen (Sb<3%)	Verschlossene Zellen
Erhaltungsladung (Float)	<b>5</b>	<b>1</b>
Starkladung (Boost)	<b>20</b>	<b>8</b>

Tabelle 1:  $I_{\text{gas}}$  gemäß EN 50 272-2 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  $I_{\text{gas}}$ , der die Gasentwicklung verursacht, auf 50 % des Wertes für geschlossene Zellen verringert werden.

Mit natürlicher Lüftung (Konvektion) sind die Mindestquerschnitte für die Einlass- und Auslassöffnungen wie folgt zu kalkulieren:

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

(Konvektionsgeschwindigkeit  $\geq 0.1 \text{ m/s}$ )

### Beispiel 1:

Gegeben: 220 V Batterie, 110 Zellen,  $C_{10} = 400 \text{ Ah}$ , geschlossene Type, Antimon (Sb) < 3 % (LA) im Ladeerhaltungsbetrieb (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 1)  
 $C_N = 400$

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

### Beispiel 2:

Dieselbe Batterie wie im Beispiel 1, aber verschlossene Type.

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

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

Anmerkung: Auf Anfrage steht ein Kalkulationsprogramm verfügbar.

### 3.2 Nahbereich der Batterie

Aus EN 50 272: „...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:

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

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

#### Beispiel 3:

Zelle, geschlossene Type, eine Öffnung, 100 Ah. Erhaltungsladung →  $I_{\text{gas}} = 5$  (nach Tab. 1).

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

#### Beispiel 4:

12V-Monoblock, **sechs Zellen, eine Öffnung im Deckel**, geschlossene Type, 100 Ah, Erhaltungsladung →  $I_{\text{gas}} = 5$  (nach Tab.1).

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

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

#### Beispiel 5:

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

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



### **Beispiel 6:**

Zelle, geschlossene Type, eine Öffnung, 1500 Ah. Starkladung →  $I_{\text{gas}} = 20$  (nach Tabelle1)

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

### **Beispiel 7:**

Zelle, geschlossene Type, drei Öffnungen, 3000 Ah. Starkladung →  $I_{\text{gas}} = 20$  (nach Tabelle1)

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

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

## **4. Elektrische Anforderungen (Schutz, Isolierung, Widerstand etc.)**

Um elektrostatische Aufladungen beim Umgang mit Batterien zu vermeiden, müssen Kleidung/Material, Sicherheitsschuhe und Handschuhe

- einen Ableitwiderstand von  $\leq 10^8 \Omega$ , und
- einen Isolationswiderstand von  $\geq 10^5 \Omega$  haben.

Aus EN 50 272-2: "...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  $> \text{DC } 120 \text{ V}$  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). 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 gem. 5.2 in EN 50272-2 nicht.

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

Anmerkung: Lasttrenner sind nicht erforderlich für kleine Lasten ( $\leq 30 \text{ W}$ ) wenn die Nominalspannung 12 V nicht überschreitet. Es sind Brandschutzmaßnahmen für Fehlerfälle zu treffen.

Isolation ist notwendig oder Abstände von mindestens 10 mm für  $\geq 24 \text{ V}$  Potentialdifferenz, um parasitäre Ströme zu vermeiden (Brandschutz !).

## **5. Installation (Gestelle, Schränke)**

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

Die lichte Weite zwischen Batteriereihen ist gleich dem 1,5-fachen der Zellentiefe (Austausch) aber mindestens 600 mm (nach EN 50 272-2).

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

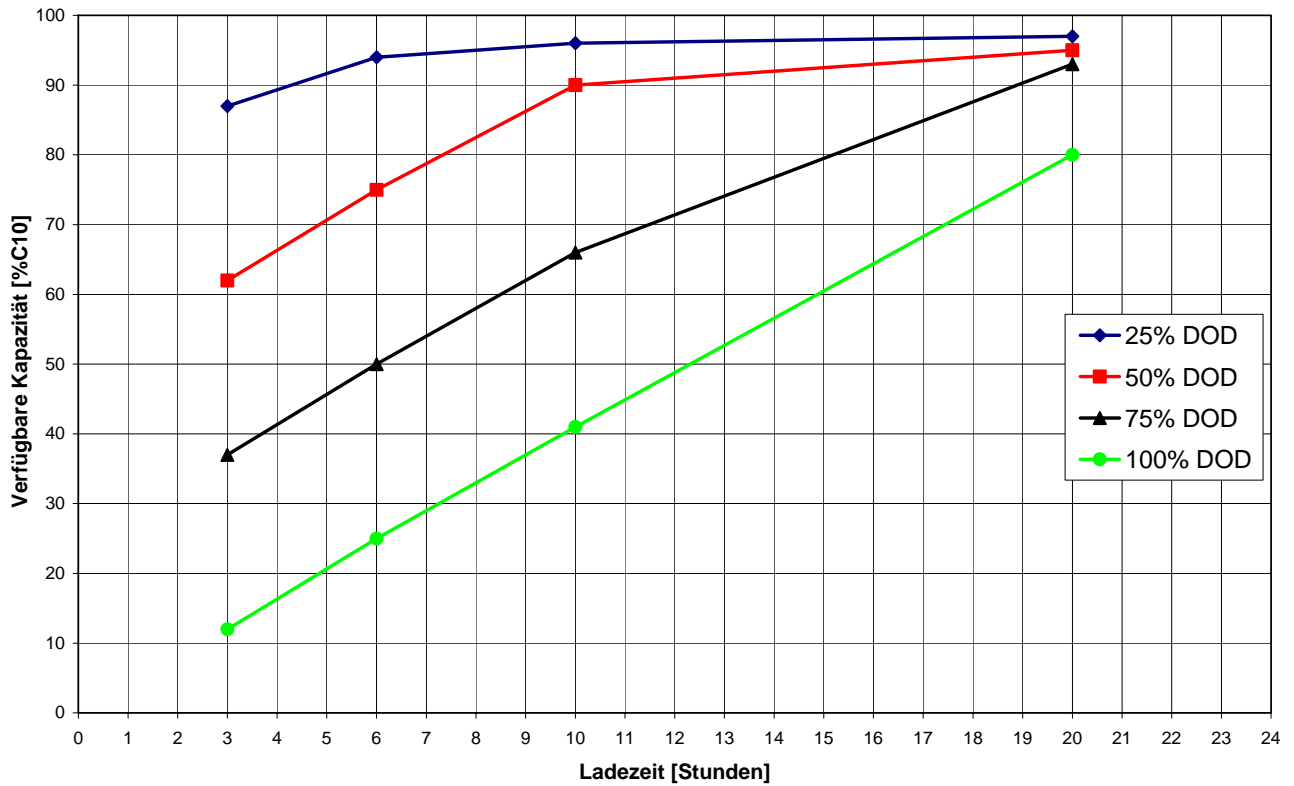
Der empfohlene Mindestabstand zwischen verschlossenen Zellen oder Blöcken ist 10 mm. Mindestens sind aber 5 mm nach EN 50272-2 gefordert (an der größten Abmessung). Dies ist notwendig, um die Wärmeabstrahlung zu gewährleisten.

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.

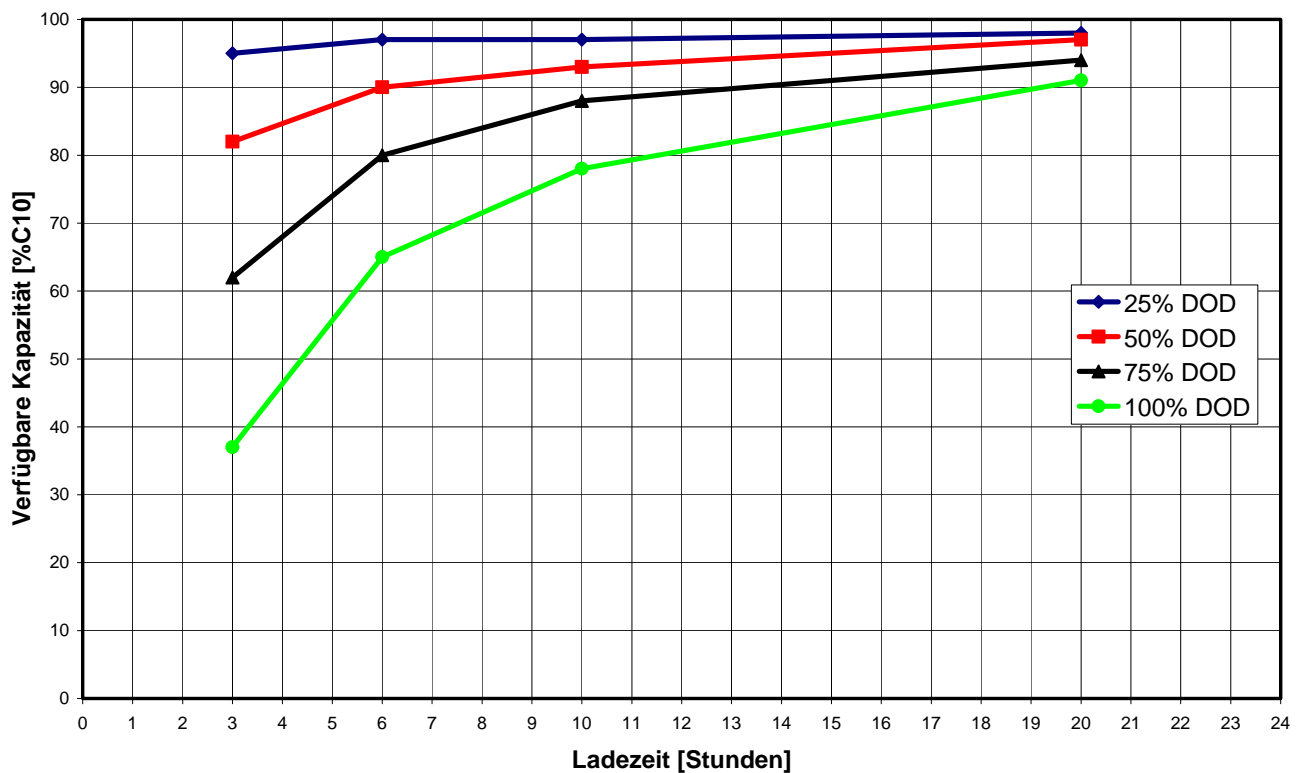
Batterien müssen einfach installierbar sein und müssen einen Service mit normalen isolierten Werkzeugen zulassen (EN 50272-2).

CE-Kennzeichen : Jede Batterie mit einer Nennspannung größer 75 V erfordert eine CE-Konformitätsbescheinigung nach der Niederspannungsrichtlinie. Für das Ausstellen der Konformitätserklärung und das Anbringen des CE-Kennzeichens ist der Errichter der Batterie verantwortlich.

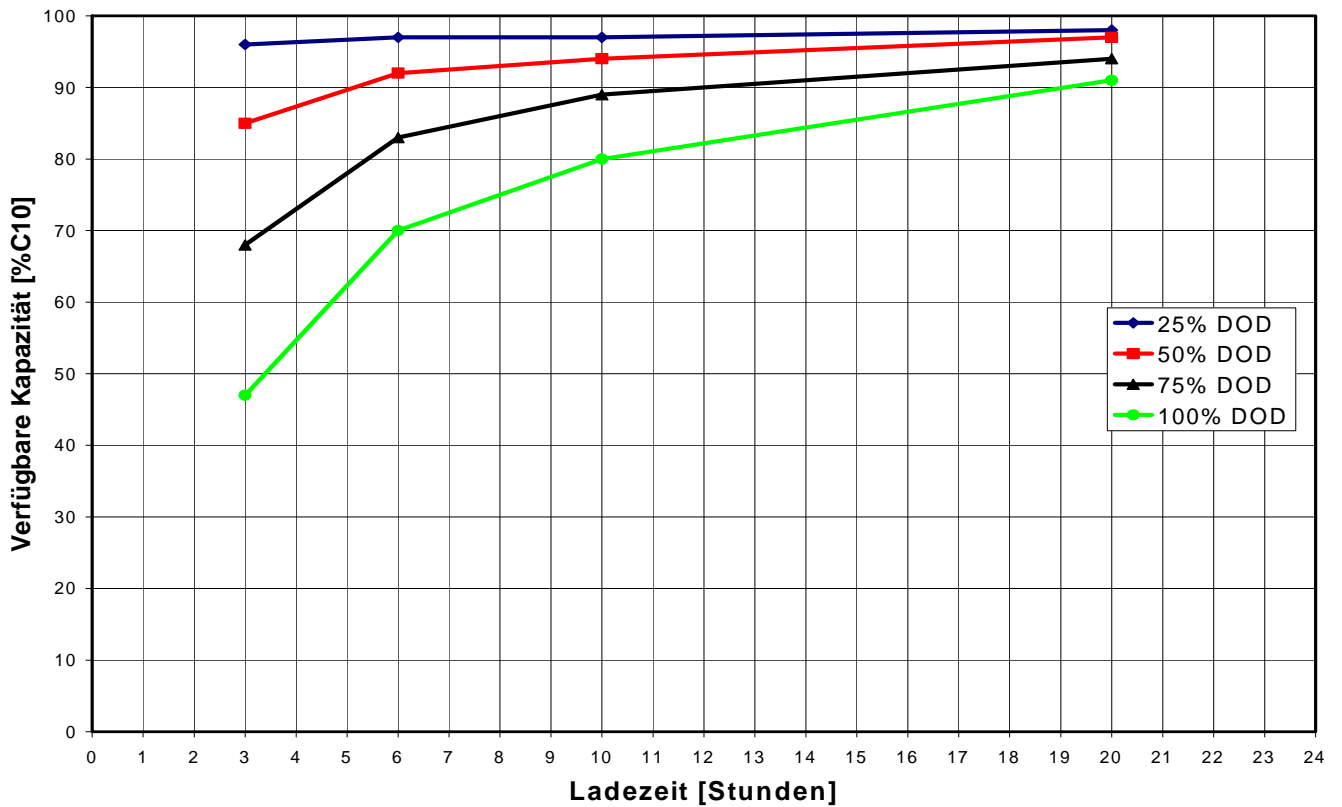
**Anhang A 2: Ladezeit über Spannung und Strom (s. auch Bilder 9, 10)**



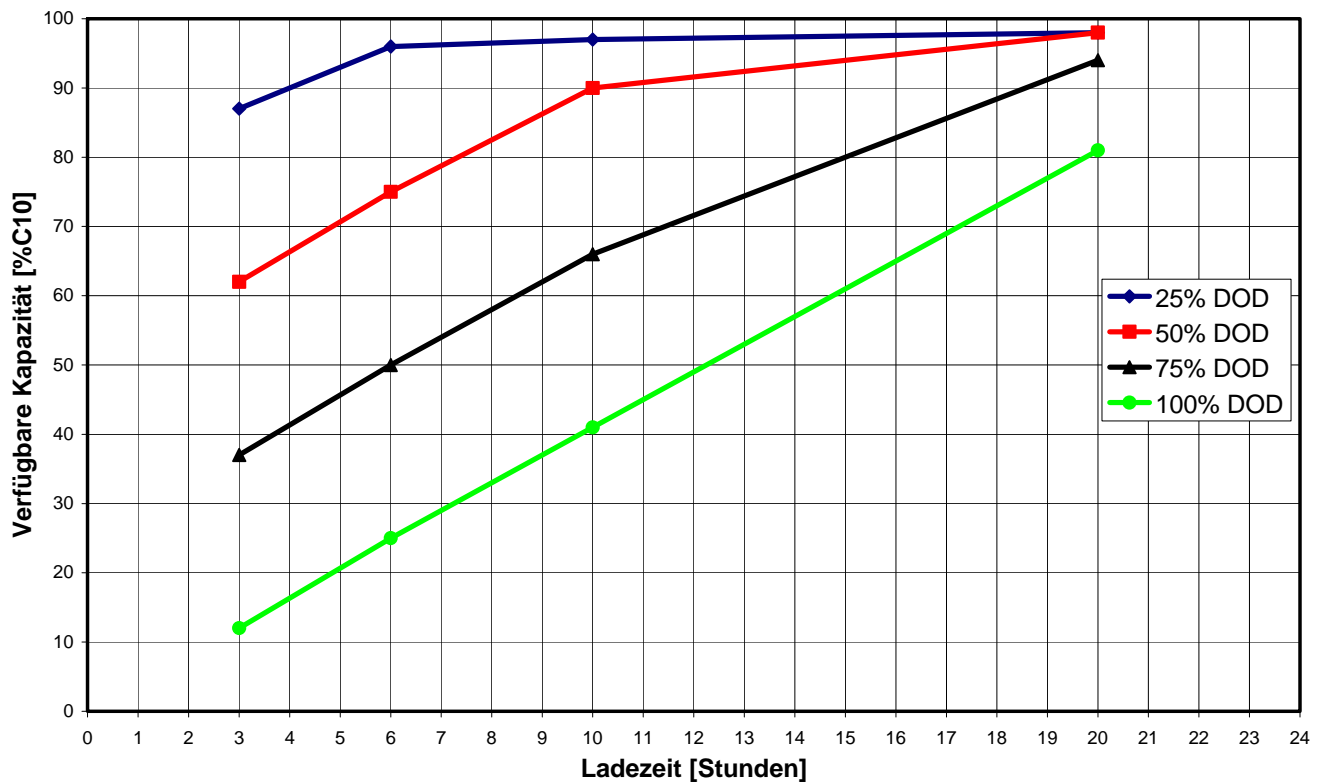
**Bild 23: Wiederaufladung bei 2,25 V/Z und 0,5 \* I<sub>10</sub>, DOD = Entladetiefe**



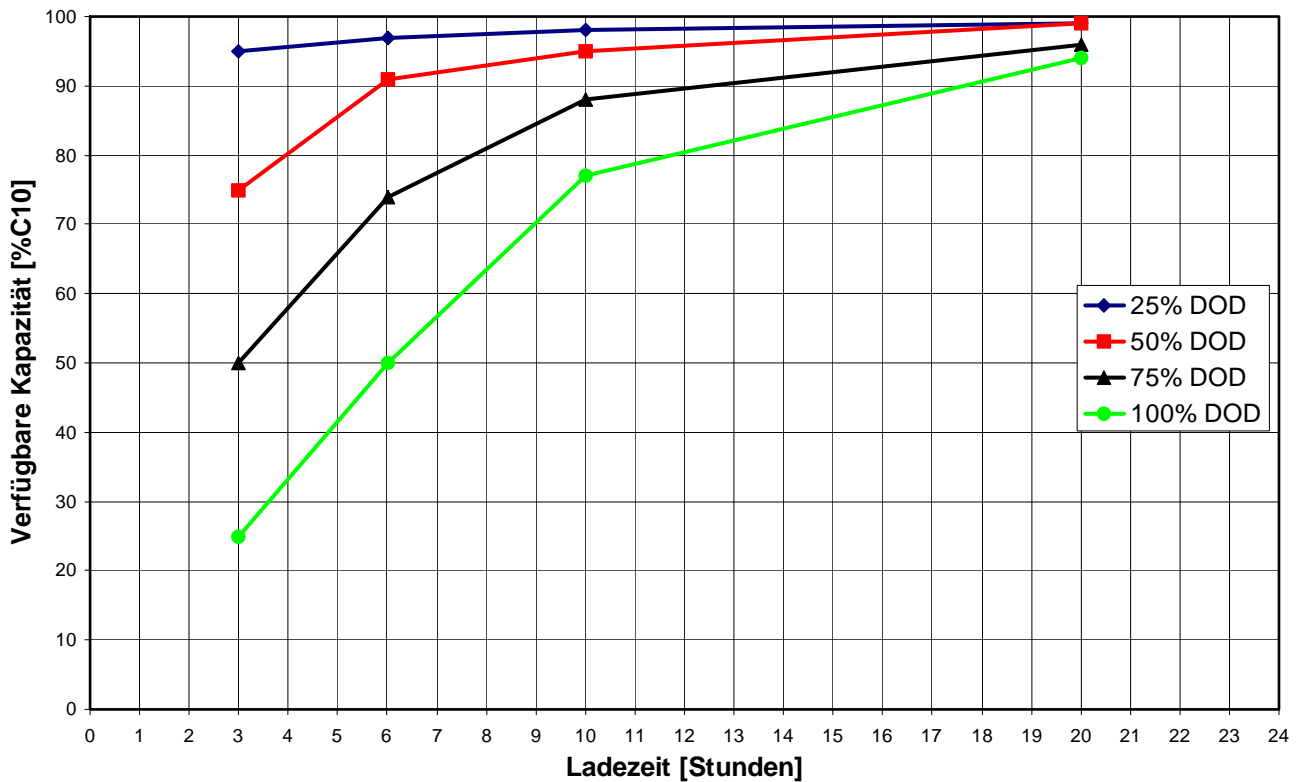
**Bild 24: Wiederaufladung bei 2,25 V/Z und 1,5 \* I<sub>10</sub>, DOD = Entladetiefe**



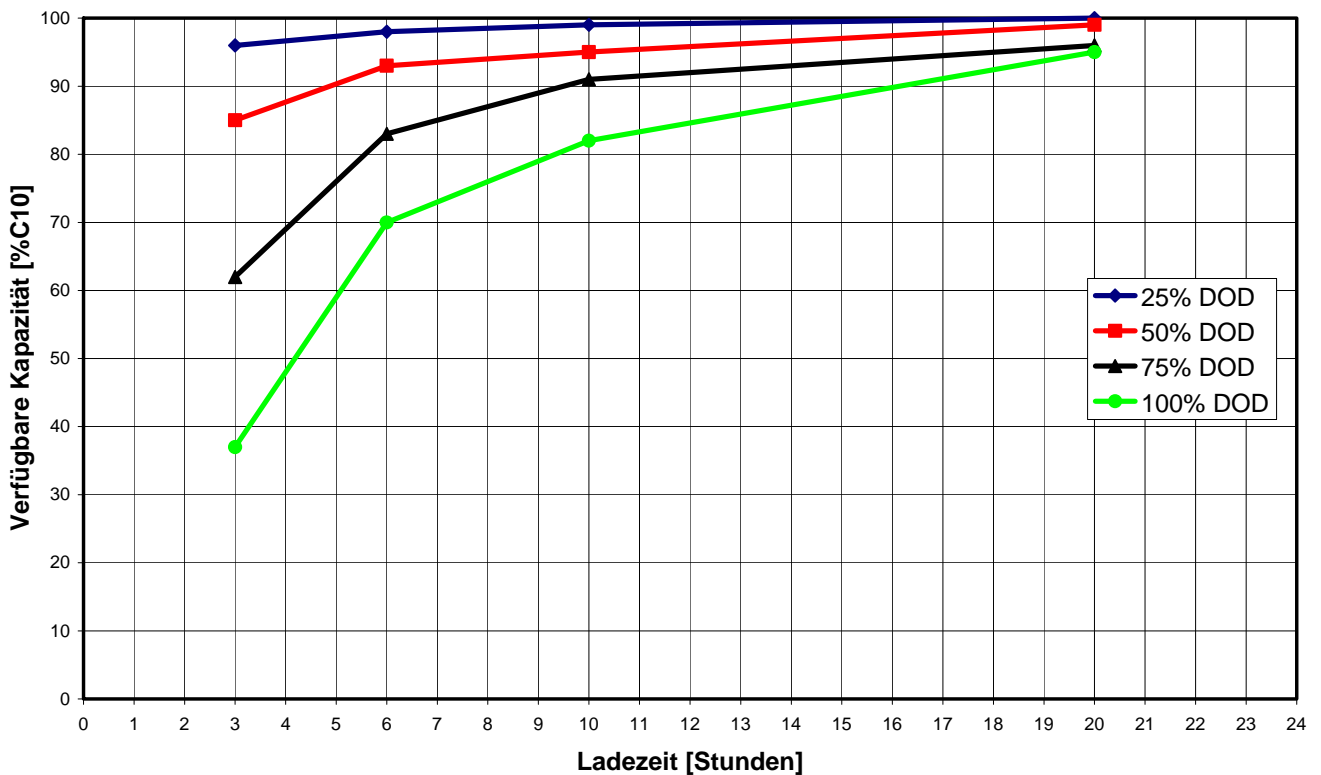
**Bild 25:** Wiederaufladung bei 2,25 V/Z und 2,0 \* I<sub>10</sub>, DOD = Entladetiefe



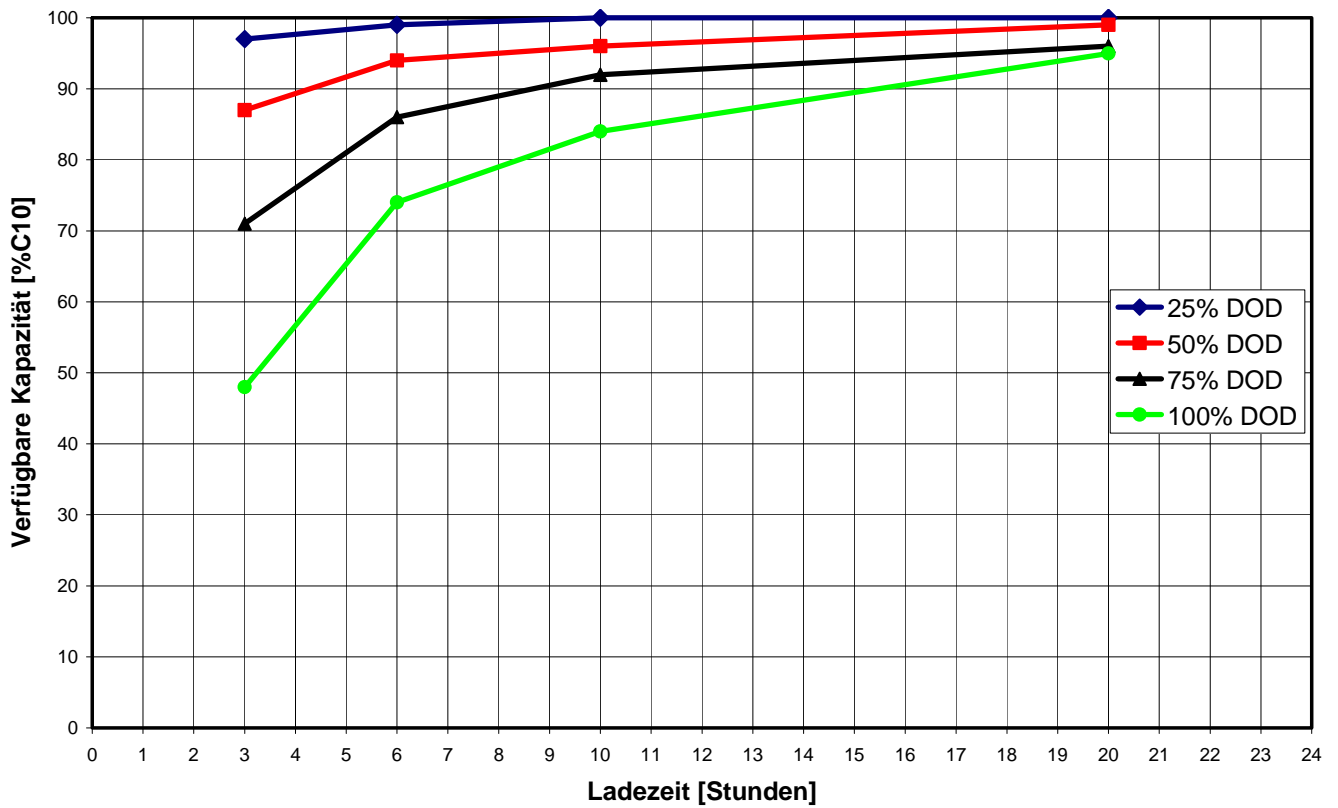
**Bild 26:** Wiederaufladung bei 2,30 V/Z und 0,5 \* I<sub>10</sub>, DOD = Entladetiefe



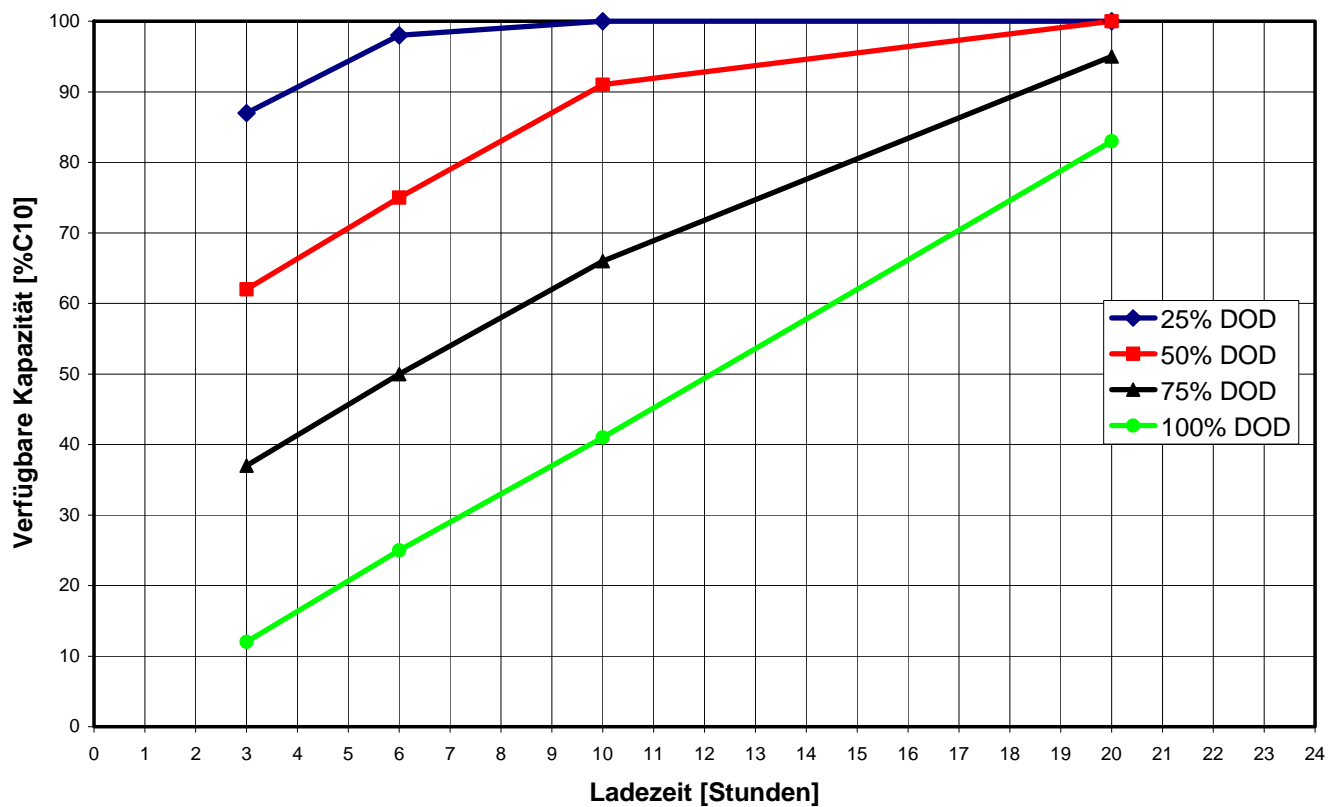
**Bild 27:** Wiederaufladung bei 2,30 V/Z und 1,0 \* I<sub>10</sub>, DOD = Entladetiefe



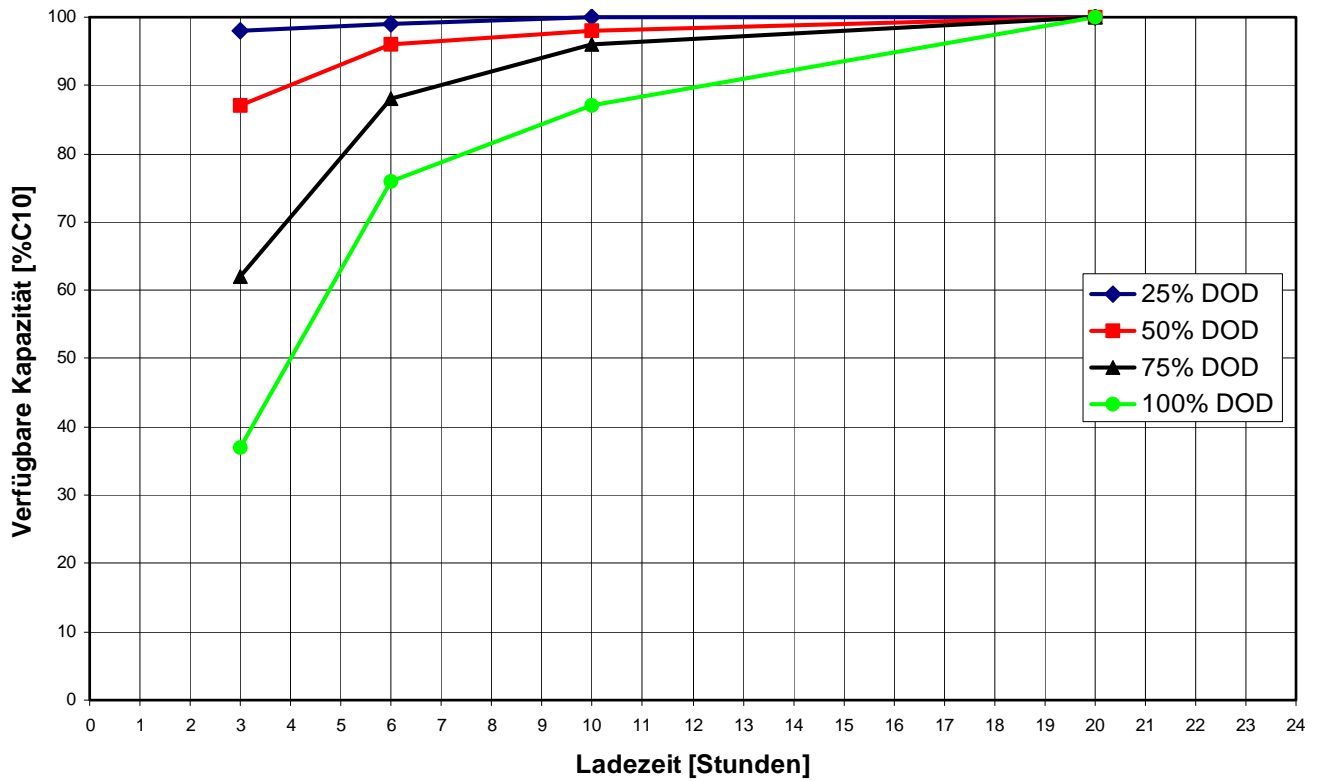
**Bild 28:** Wiederaufladung bei 2,30 V/Z und 1,5 \* I<sub>10</sub>, DOD = Entladetiefe



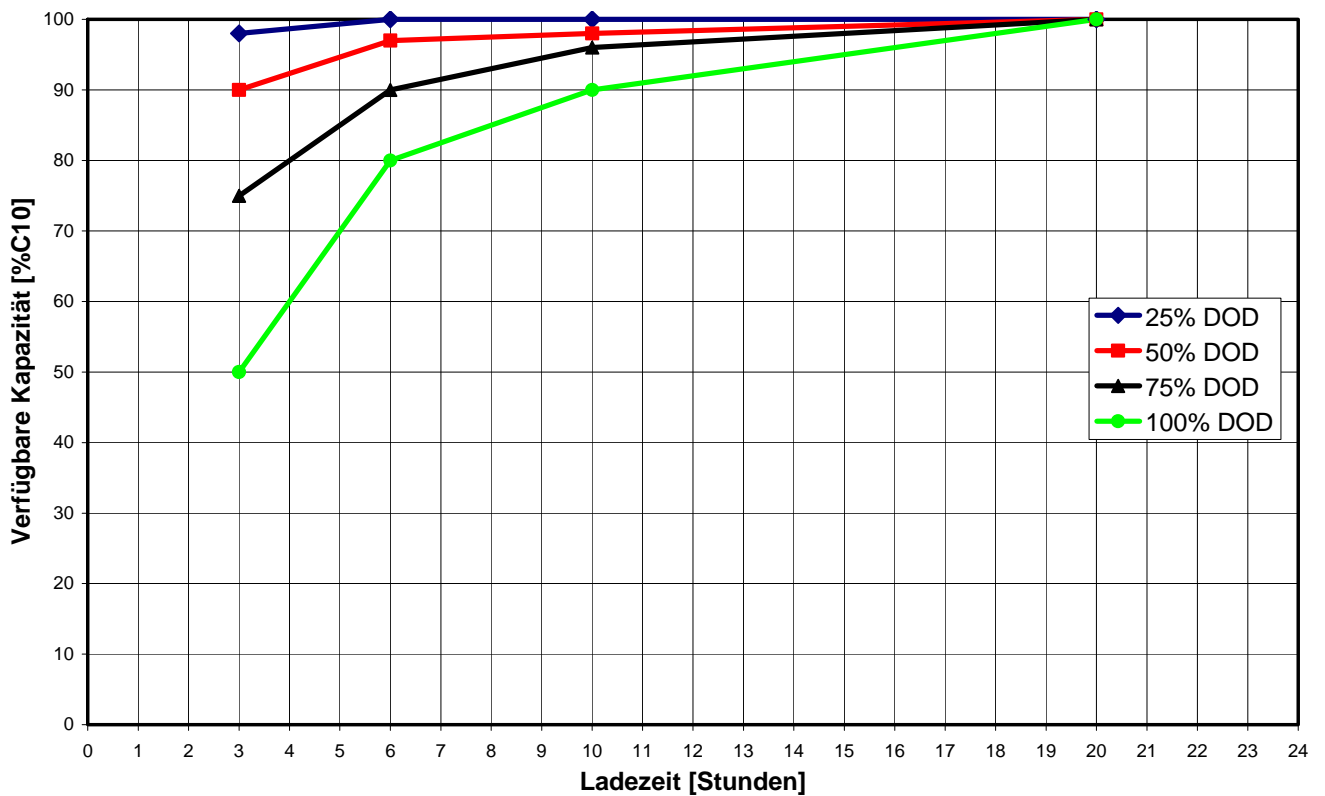
**Bild 29:** Wiederaufladung bei 2,30 V/Z und  $2,0 \cdot I_{10}$ , DOD = Entladetiefe



**Bild 30:** Wiederaufladung bei 2,40 V/Z und  $0,5 \cdot I_{10}$ , DOD = Entladetiefe



**Bild 31:** Wiederaufladung bei 2,40 V/Z und 1,5 \* I<sub>10</sub>, DOD = Entladetiefe



**Bild 32:** Wiederaufladung bei 2,40 V/Z und 2,0 \* I<sub>10</sub>, DOD = Entladetiefe