

## ZVEI Merkblatt Nr. 19

August 2019

# Brauchbarkeitsdauer – Betrachtungen bei stationären Bleibatterien im Bereitschaftsparallelbetrieb

### 1. Allgemeines

Stationäre Batterien übernehmen im täglichen Leben unzählige Funktionen im Bereich der Stromversorgung, die in allen Fällen der Sicherheit von Menschen, Fertigungsprozessen oder Datenspeichern dienen. Stationäre Batteriespeicher unterliegen – wie alle elektrochemischen Energiespeicher – einer Alterung. Diese äußert sich im Rückgang der Kapazität und im Anstieg des DC-Innenwiderstandes, da z.B. die inneren Ableitquerschnitte der Batterie reduziert werden (Korrosion). Können die Funktionen der stationären Batterie nicht mehr im ausreichenden Maß entsprechend den Vorgaben/ Definitionen gewährleistet werden, so ist das Ende der Brauchbarkeitsdauer (engl. Service Life) erreicht. Zur dauerhaften und zuverlässigen Sicherstellung der Funktionen ist die Kenntnis der Brauchbarkeitsdauer sehr wichtig. Die Definition von verschiedenen Lebensdauer-Begriffen für Batterien wird im ZVEI Merkblatt Nr. 23 erläutert.

Die Brauchbarkeitsdauer stationärer Batterien wird hauptsächlich bestimmt durch:

- die Bauart
- die Güte der verwendeten Materialien
- die Fertigungsqualität
- die Anwendungsbedingungen
- die Wartung

Während die ersten Faktoren durch den Hersteller von Batterien beeinflusst werden können, werden die Anwendungsbedingungen und die Wartung durch den Nutzer bestimmt.

Entscheidende Betriebsfaktoren, welche die Brauchbarkeitsdauer beeinflussen und stark verringern können, sind zum Beispiel:

#### – Erhöhte Betriebstemperatur

Die empfohlene Betriebstemperatur für Bleibatterien beträgt 10 °C bis 30 °C. Die technischen Daten gelten für die Nenntemperatur 20 °C. Der ideale Betriebs-temperaturbereich beträgt 20 °C ± 5 K. Höhere Temperaturen verkürzen die Brauchbarkeitsdauer (siehe Bild 1), niedrigere Temperaturen ver-

ringern die verfügbare Kapazität.

#### – Temperaturgradienten innerhalb einer Batterie

Die Temperaturdifferenz zwischen der Zelle mit höchster und niedrigster Temperatur sollte 3 K nicht überschreiten.

#### – Erhaltungsladespannung und deren Anpassung an Temperatur und Entladeregime

Zu geringe Erhaltungsladespannungen führen zu einem schnellen Kapazitätsverlust, der durch Sulfatierung irreversibel ist; zu hohe Erhaltungsladespannungen führen zu verstärkter Korrosion, Wasserzersetzung und Gasung der Batterie.

#### – Wechselstrombelastung

Wechselströme mit Frequenzen > 30 Hz führen hauptsächlich zu einer Erhöhung der Batterietemperatur und in Folge dessen zu einer erhöhten Wasserzersetzung und zu beschleunigter Korrosion. Wechselströme mit Frequenzen < 30 Hz führen hauptsächlich zu Mangelladung und Zyklenbelastung.

– **Art des Betriebs (Puffer- oder Bereitschaftsparallelbetrieb)**

Bei Pufferbetrieb tritt immer eine Zyklenbelastung auf; Zyklen beschleunigen das Altern der Batterie im Vergleich zum Bereitschaftsparallelbetrieb.

– **Anzahl der Entladungen / Ladungen**

Häufige Entladungen / Ladungen (Zyklenbelastung) führen zu beschleunigter Alterung.

– **Entladetiefe**

Tiefe Entladungen führen zu beschleunigter Alterung.

Ergebnisse von beschleunigten Lebensdauer tests in Laboren können nur bedingt auf zu erwartende Brauchbarkeitsdauern übertragen werden. Angegebene Richtwerte basieren deswegen auf den Ergebnissen der

beschleunigten Lebensdauer tests und auf den Praxiserfahrungen unter vergleichbaren Bedingungen.

Die entnehmbare Kapazität von stationären Batterien ändert sich im Laufe der Betriebszeit (Bild 2). Üblicherweise ist die Brauchbarkeitsdauer beendet, wenn 80 % der projektierten Kapazität unterschritten werden. Grundsätzlich altern Batterien auch unabhängig von der Betriebsart. Alterungsprozesse führen u.a. zur Reduzierung der Ableitquerschnitte innerhalb der Batterie. Die reduzierten Querschnitte sind ab einem gewissen Alterungsfortschritt nicht mehr in der Lage, den für den Lastfall ausgelegten Strom über den definierten Zeitraum zu leiten. Beim Entladen mit hohen Strömen entsteht überproportional mehr Wärme, die zu einer thermischen Überbelastung der reduzierten Ableitquerschnitte führen kann. Dies kann im Extrem-

fall zu einem unerwarteten Ausfall der Batterie führen.

Die üblichen Aussagen zur Brauchbarkeitsdauer beziehen sich auf den Nennstrom einer 10-stündigen Entladung (Langzeitentladung). Das Kriterium für das Lebensdauerende (80 % der projektierten Überbrückungszeit) wird bei Auslegungen mit deutlich höheren Strömen (Entladungen < 1 h) signifikant früher erreicht (Bild 3). Das Maß des Kapazitätsrückgangs auf Grund der Alterung bei Entladungen mit hohen Strömen hängt stark vom Batterietyp (interne Konstruktion, Elektroden typ und Bauart der Batterie) ab. Die Folge ist, dass die Batterie bei der Auslegung überdimensioniert werden muss. Der dafür zu verwendende Alterungsfaktor sollte entsprechend mit dem Hersteller der Batterie abgestimmt werden.

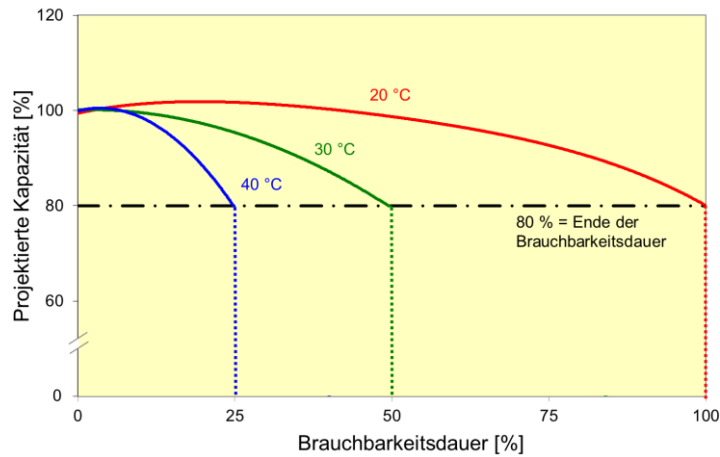


Bild 1: Schematische Darstellung der Abhängigkeit der Brauchbarkeitsdauer von Batterien von der Umgebungstemperatur

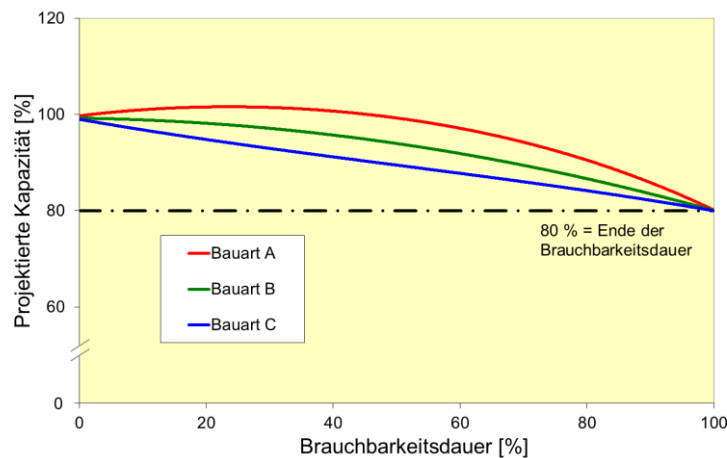


Bild 2: Typische Verläufe der Batteriekapazität über die Brauchbarkeitsdauer



### 3. Prinzipieller Ausfallverlauf

Den Ausfallverlauf von Bauelementen stellt man üblicherweise durch die sogenannte Badewannenkurve (Bild 4) dar. Der Kurvenverlauf ist auch für Batterien charakteristisch und in drei Ausfallkategorien unterteilt.

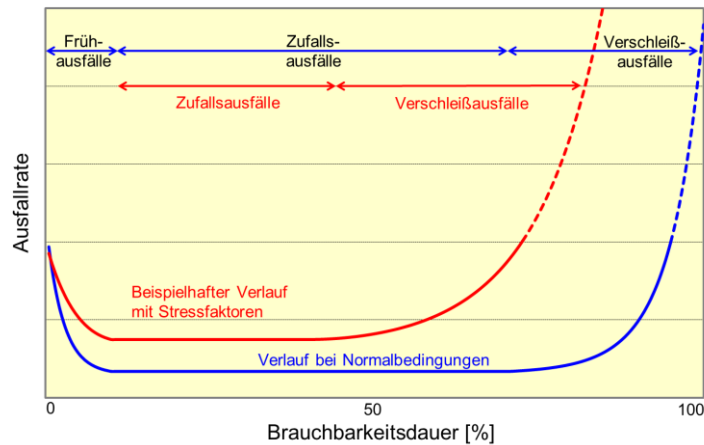


Bild 4: Ausfallverlauf von Batterien („Badewannenkurve“)

#### – Frühausfälle

Die Ausfallrate in diesem Abschnitt wird im Wesentlichen durch Fertigungsfehler des Produktes und dessen Installation / Inbetriebnahme bestimmt.

#### – Zufallsausfälle

Die Ausfallrate in diesem Bereich wird wesentlich durch die Betriebsbedingungen und die damit verbundenen Stress-Faktoren (siehe Kapitel 4) bestimmt.

#### – Verschleißausfälle

In diesem Zeitabschnitt treten die ersten Verschleißausfälle auf, d. h., das Ende der Brauchbarkeitsdauer ist für einen Teil der Gesamtheit (Batterie) erreicht. Beginn und Rate der Verschleißausfälle sind stark abhängig von der Pflege und Wartung und liegen daher außerhalb der Beeinflussung des Batterieherstellers, es sei denn, es besteht ein entsprechender Service-Vertrag. Die Zuverlässigkeit des Gesamtsystems (Gesamtbatterieleistung, Streubreite der Einzelkomponenten) nimmt zum Ende dieser Phase exponentiell ab. Der Austausch der Batterie sollte vor dem Steilanstieg der Ausfallrate erfolgen.

Neben den in Kapitel 1 beschriebenen Stressfaktoren haben auch die Einhaltung der Erhaltungsladespannung und die Qualität der Wartung nach Herstellervorgaben einen erheblichen Einfluss auf den Ausfallverlauf sowie auf den Absolutwert der Ausfallrate.

### 4. Betriebssicherheit der Batterieanlage

Generell muss die Funktionsfähigkeit der Batterie durch einen Kapazitätstest regelmäßig überprüft werden um die Betriebssicherheit der Anlage zu gewährleisten. Es ist zu beachten, dass der Kapazitätstest mit dem maximal zulässigen Strom, für den

die Batterie im Lastfall ausgelegt ist, durchgeführt werden muss. Die regelmäßige Überprüfung der Batterie kann das Risiko von unerwarteten Ausfällen deutlich verringern. Es wird deshalb empfohlen, einen fachgemäßen Kapazitätstest in regelmäßigen Abständen, mindestens einmal jährlich, durchzuführen, wobei erfahrungsgemäß in den ersten 3 Jahren der Nutzungsdauer der Batterien eine solche unterbleiben kann.

Zusätzliche regelmäßige Impedanzmessungen (z.B. in jährlichem Abstand) an den Zellen/Blockbatterien können wichtige Hinweise auf mögliche Abweichungen von der erwarteten Brauchbarkeitsdauer geben. Dazu muss nach der Installation der Batterie eine Referenzmes-

sung aufgenommen werden, wobei die Batterie bereits mindestens 2-3 Tage mit Erhaltungsladespannung betrieben werden sollte. Weitere Messungen sind dann unter stets gleichen Bedingungen (empfohlen wird der Vollladezustand) aufzunehmen. Die aus den regelmäßigen Messwerten zu ermittelnde Trendlinie dient dazu, signifikante Änderungen des Innenwiderstands zu erkennen. Diese dienen als Hinweis für die Durchführung von zusätzlichen Kapazitäts- oder Belastungstests.



**Herausgeber:**

ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V.  
Fachverband Batterien  
Lyoner Straße 9  
60528 Frankfurt

Fon.: +49 69 6302-283  
Fax: +49 69 6302-362  
Mail: [batterien@zvei.org](mailto:batterien@zvei.org)  
[www.zvei.org](http://www.zvei.org)

© ZVEI 2019

Trotz größtmöglicher Sorgfalt kann keine Haftung für  
Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität übernommen werden.