

## ZVEI Merkblatt Nr. 34

Mai 2020

# Bewertung von Messwerten zur Kapazitäts- beurteilung von stationären Bleibatterien

### 1. Zielsetzung

Zur Prüfung des Ladezustandes oder der Kapazität von stationären Bleibatterien werden zunehmend andere Methoden als Kapazitätstests verwendet. Solche Methoden beruhen auf einem der folgenden Verfahren:

- Impedanz (Wechselstromwiderstand)
- Admittanz (Wechselstromleitwert).

Dieses Merkblatt soll die Aussagekraft unterschiedlicher Messwerte und –methoden für die Kapazitätsbewertung darstellen.

### 2. Anwendungsbereich

Die in diesem Merkblatt beschriebenen Messmethoden können sowohl auf einzelne Zellen bzw. Blockbatterien als auch für komplette Batterieanlagen angewendet werden

### 3. Messwerte und -methoden

#### 3.1 Leerlaufspannung

Die Messung der Leerlaufspannung dient in der Regel zur Abschätzung der Restkapazität von Zellen / Blockbatterien. Sie wird überwiegend bei der Lagerhaltung von Batterien

verwendet oder bei außer Betrieb genommenen Batterien. Diese müssen dafür seit mindestens 20 Stunden von der Ladeeinrichtung getrennt sein.

Diese Methode ist geeignet für neue bis mäßig gealterte Batterien.

Für die Beziehung der Leerlaufspannung zur Restkapazität können Informationen von den Batterieherstellern abgefragt werden.

#### 3.2 Erhaltungsladespannung und Erhaltungsladestrom

Die Erhaltungsladespannung muss gemäß den Vorgaben des Herstellers eingestellt sein. Bei stark schwankenden Betriebstemperaturen kann eine Temperaturkompensation der Spannung gemäß Herstellervorgaben erfolgen. Hat die Ladespannung den vom Hersteller vorgegebenen Wert der Erhaltungsladespannung erreicht und bleibt der Ladestrom (und bei geschlossenen Batterien die Elektrolytdichte) innerhalb von 2<sup>o</sup> Stunden konstant, kann davon ausgegangen werden, dass die Batterie vollständig geladen (Ladezustand = 100 %) ist.

Hinweis: bei Bleibatterien steigt während der Gebrauchsdauer

der Erhaltungsladestrom. Dies ist ein indirekter Indikator für die Alterung der Batterie.

#### 3.3 Impedanz

Die Bestimmung der Impedanz kann während des Betriebs der Batterieanlage durchgeführt werden. Dafür wird die Erhaltungsladespannung mit einem Wechselspannungssignal überlagert und daraus im Messgerät die Impedanz errechnet. Die so gemessene Impedanz ist nicht mit den von den Batterieherstellern veröffentlichten und mit Gleichspannungen und –strömen gem. DIN EN IEC 60896-11 (geschlossene Batterien) bzw. DIN EN IEC 60896-21 (verschlossene Batterien) ermittelten -ohmschen - Innenwiderständen vergleichbar. Ebenso ist der ggfs. von Impedanzmessgeräten ausgegebene Realteil nicht mit dem ohmschen Innenwiderstand vergleichbar, da die ermittelten Impedanzwerte von der Messfrequenz des verwendeten Messgerätes abhängig sind.

Wegen der Vielzahl der Geräte und damit auch der verwendeten Messmethoden, stehen Referenzwerte der Batteriehersteller nicht oder nur in begrenztem Maß zur Verfügung. Eine erste Messung der Werte sollte daher 2 – 3 Tage nach

Installation und Betrieb der vollständig geladenen Zellen/Blockbatterien in Erhaltungsladung erfolgen. Mit dieser Messung werden die Referenzwerte für regelmäßig wiederkehrende Messungen ermittelt. Um die Vergleichbarkeit der Messwerte über die Einsatzzeit der Batterieanlage zu gewährleisten, ist es wichtig immer unter denselben Bedingungen (vollständig geladen, gleiche Temperatur ...), und mit derselben Gerätetechnologie sowie Messspitzen und Messleitungen mit derselben Form und denselben Maßen zu messen. Besonders bei mehrpoligen Zellen (mehr als ein Pol pro Polarität) kann das Ergebnis von der Anordnung der Messspitzen (z.B. Messung an direkt gegenüberliegenden Polen oder diagonal über die Zelle) abhängig sein. Für die Vergleichbarkeit der Messwerte muss die Messung immer mit derselben Anordnung erfolgen.

Es wird empfohlen, danach in Intervallen von 6 oder 12 Monaten Messungen durchzuführen. Bei kritischen Anwendungen in Bezug auf Systemzuverlässigkeit und -verfügbarkeit können die Messungen auch in kürzeren Abständen durchgeführt werden. Aus den gemessenen absoluten Impedanzwerten kann keine direkte Schlussfolgerung auf die verfügbare Kapazität gezogen werden. Als Relativmessungen erlauben sie jedoch Rückschlüsse über

1. den aktuellen Zustand einzelner Zellen/Blöcke im Vergleich zu vorherigen Messungen. Hierzu wird der aktuelle Messwert der Zelle / des Blocks mit vorherigen Messwerten verglichen. Abweichungen zwischen den Messwerten einzelner Zellen/ Blöcke sind in Bezug auf die Streuung vorheriger Messungen zu bewerten.
2. den aktuellen Zustand der Batterie im Vergleich zum

Zustand der Batterie zu einem früheren Zeitpunkt. Hierzu wird der Mittelwert der aktuellen Messwerte aller Zellen/Blöcke verglichen mit dem Mittelwert der Messwerte aller Zellen/Blöcke zu einem früheren Zeitpunkt des Batteriealters.

Welche relativen Abweichungen als normal zu betrachten sind und bei welchen relativen Abweichungen welche Maßnahmen zu ergreifen sind, kann vom Batteriehersteller erfragt werden

Die Änderung der Impedanz hat signifikanten Einfluss auf die Kurzzeitentladung (Hochstromanwendung, s.a. Merkblatt Nr. 19). Demzufolge wird das Brauchbarkeitsdauerende (80 % der projektierten Überbrückungszeit) signifikant früher erreicht.

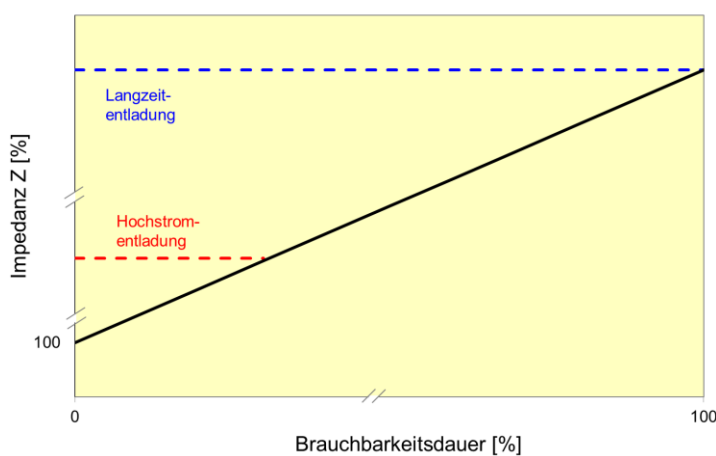


Bild 1: schematischer Verlauf der Impedanz über die Brauchbarkeitsdauer

Im Bereitschaftsparallelbetrieb wird die Veränderung der Impedanz hauptsächlich durch die Korrosion der positiven Gitter verursacht. Bei verschlossenen Batterien kommt noch die Austrocknung des festgelegten Elektrolyten hinzu. Daher ist bei verschlossenen Batterien im gleichen Zeitraum mit größeren Veränderungen im Vergleich zu geschlossenen Batterien zu rechnen.

Durch die Parallelschaltung von Elektroden in Zellen steigt nicht nur die Zellenkapazität, sondern verringert sich auch die Impedanz. Das kann dazu führen, dass Veränderungen der Impedanz im Bereich der Messgerädetoleranz stattfinden und so zu Fehlinterpretationen führen können.

### 3.4 Admittanz

Für die Admittanzmessung gilt sinngemäß das gleiche wie in 3.3 für Impedanz beschrieben. Die Admittanz nimmt jedoch während der Brauchbarkeitsdauer ab.

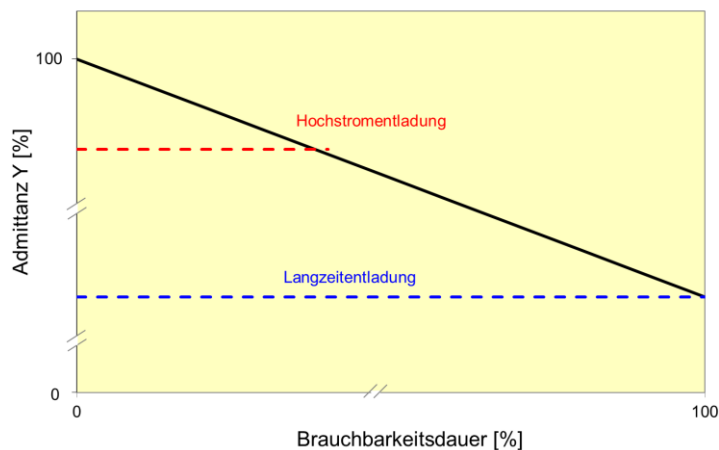


Bild 2: schematischer Verlauf der Admittanz über die Brauchbarkeitsdauer

### 3.5 Kapazitätstest

Grundsätzlich müssen Kapazitätstests durchgeführt werden gem. den in

- DIN EN IEC 60896-11, Kapitel 14, für geschlossene Bleibatterien, bzw.
  - DIN EN IEC 60896-21, Kapitel 6.11, für verschlossene (AGM, Gel) Bleibatterien.
- genannten Kriterien.

Besonderes Augenmerk ist dabei auf die Vorbereitung des Kapazitätstests zu legen:

- Die Batterien müssen vollständig geladen sein.
- Bei geschlossenen Batterien muss der Elektrolytstand auf Maximalniveau eingestellt sein. Sofern vor dem Kapazitätstest der Elektrolytstand korrigiert wurde, muss vor Testbeginn die Durchmischung des Elektrolytes durch eine Ausgleichladung sichergestellt sein, um Kapazitätsabweichungen durch Elektrolytschichtung auszuschließen.
- Wurde die Batterieanlage vor dem Kapazitätstest nachweislich für einige Wochen in Erhaltungsladung betrieben, kann mit dem Test unmittelbar begonnen werden.
- Wurde die Batterieanlage vor dem Kapazitätstest mit einer Stark- bzw. Ausgleichladung, z.B. nach Korrektur des Elektrolytstand (s.o.) vorbereitet, ist die durch die o.g. Normen vorgeschriebene

Ruhezeit von mindestens einer Stunde vor Testbeginn einzuhalten. Um die Leitfähigkeit der Batterie zu verbessern ist eine längere Ruhezeit anzustreben.

Für die Beurteilung des Testergebnisses sind besonders einzuhalten

- als Abschaltkriterium die Entladeschlussspannung gem. DIN EN IEC 60896-11, Kapitel 14.6 für geschlossene Batterien, bzw. DIN EN IEC 60896-21, Kapitel 6.11.10 für verschlossene Batterien,
- die Temperaturkorrektur der ermittelten Kapazität basierend auf der Anfangstemperatur der Batterie (Elektrolyttemperatur bei geschlossenen Batterien, Gehäusetemperatur bei verschlossenen Batterien)

Abweichend von normativen Vorgaben, gibt es für die Häufigkeit durchzuführender Kapazitätstests keine festen Regeln. Zu häufiges Testen kann zusätzlichen Stress für die Batterieanlage bedeuten.

Vielfach werden die folgenden Intervalle verwendet:

Erster Test nach Inbetriebnahme der Batterieanlage, danach alle drei bis fünf Jahre. Sobald die Kapazität beginnt kontinuierlich zu fallen, sollten jährliche Tests durchgeführt werden.

Alternativ zum Test direkt nach der Inbetriebnahme kann der erste Test ein oder zwei Jahren nach der Inbetriebnahme erfolgen.

Neben der Prüfung der meist 10-stündigen Nennkapazität können auch Tests mit kürzeren Entladezeiten (ein-, drei, fünfstündig) gewählt werden, um eine qualifizierte Aussage treffen zu können.

### 4. Zusammenfassung

Messungen des Erhaltungsladestroms, der Impedanz und Admittanz können verwendet werden um den Alterungsfortschritt einer Batterieanlage zu bestimmen. Veränderungen der Impedanz/Admittanz dienen als Hinweis für die Durchführung von zusätzlichen Kapazitäts- oder Belastungstests.

Die Bestimmung der tatsächlichen Batteriekapazität ist nur mit einem Kapazitätstest gem. den genannten Normen möglich.



**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 2020

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