

NORMGERECHTE PRÜFUNG VON BATTERIE- SPEICHERN

DIAGNOSE DER BATTERIE-
KOMPONENTEN SOWIE DURCH-
FÜHREN DER MESSUNGEN UND
FUNKTIONSPRÜFUNGEN



NORMGERECHTE UND FUNKTIONELLE PRÜFUNG VON BATTERIESPEICHERN

DIE BATTERIE

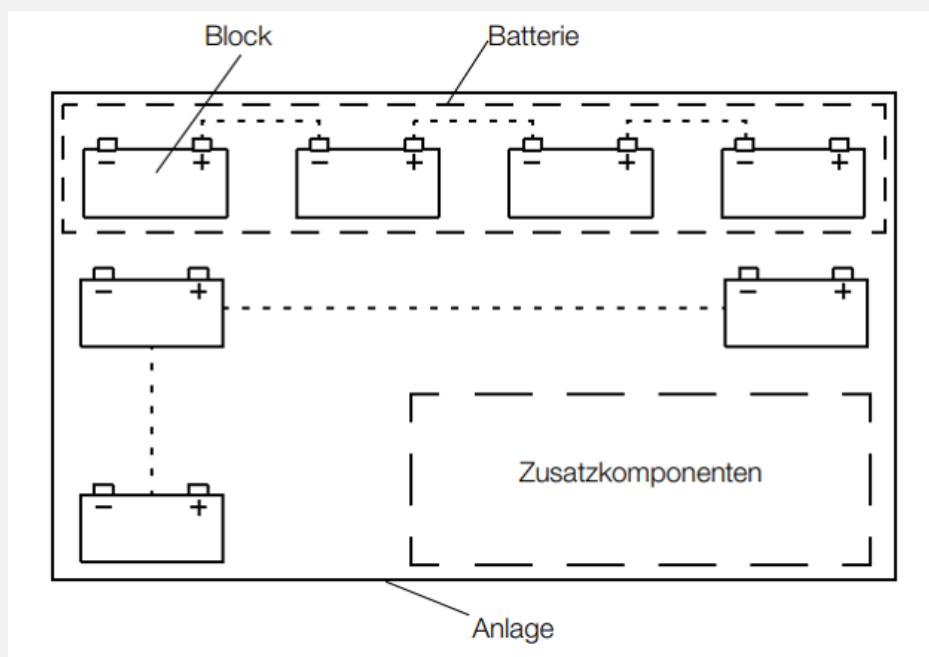
Der Begriff „Batterie“ ist aus dem Sprachgebrauch des Militärs entnommen, wo es eine Zusammenstellung mehrerer Geschütze bedeutet, analog dazu wurde eine Zusammenschaltung mehrerer galvanischer Zellen mit diesem Begriff belegt. Ab der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts dehnte sich die Verwendung des Begriffs „Batterie“ auch auf einzelne Primär- oder Sekundärzellen aus, wobei für letztere eher die Bezeichnung „Akkuzelle“ oder abgekürzt „Akku“ verwendet wird. Der geschilderte Wandel des Sprachgebrauchs wurde in der **DIN-Norm 40729** Akkumulatoren; Galvanische Sekundärelemente; Grundbegriffe angesprochen, welche unter Batterie „immer mehrere verbundene Zellen“ verstanden hat, wobei diese Begrifflichkeit sich bei der alltäglichen „Unterscheidung jedoch verwischt“ hat.¹

„Batterie“ ist sowohl der Oberbegriff für Energiespeicher, als auch die Bezeichnung für eine **Primärbatterie**. Nicht wieder aufladbare Batterien werden Primärbatterie genannt. Batterien, die wieder aufgeladen werden können, werden **Sekundärbatterie** oder landläufig **Akkumulator** (kurz Akku) genannt.²

Starterbatterien für Kraftfahrzeuge, Antriebsbatterien (Traktionsbatterien) bzw. zyklenfeste **Speicherbatterien** für Elektrofahrzeuge und stationäre, ortsfeste Anwendungen wie beispielsweise unterbrechungsfreie Stromversorgungen sind immer Akkumulatoren.

Gerätebatterien dienen zur Stromversorgung kleiner, meist tragbarer Geräte, beispielsweise von Uhren, Radios, Spielzeug, Taschenlampen u. Ä. aber auch von fest installierten Geräten wie z. B. Rauchmeldern. Meist kommen Standardbauformen zum Einsatz.

Gerätebatterien müssen kompakt, lageunabhängig einsetzbar, leicht und trotzdem mechanisch robust sein. Bei normaler Lagerung und Verwendung im Gerät dürfen sie weder auslaufen noch ausgasen. Sie sind in einer Vielzahl von Ausführungen auf der Basis von Zink-Kohle oder Alkali-Mangan im Handel erhältlich. Zink-Kohle-Batterien werden seit den 2000er Jahren immer seltener angeboten und heute kaum noch hergestellt.



Aufbau einer stationären Batterie

¹ Dirk Flottmann, Detlev Forst, Helmut Roßwag: Chemie für Ingenieure: Grundlagen und Praxisbeispiele

² zvei.org Oktober 2019

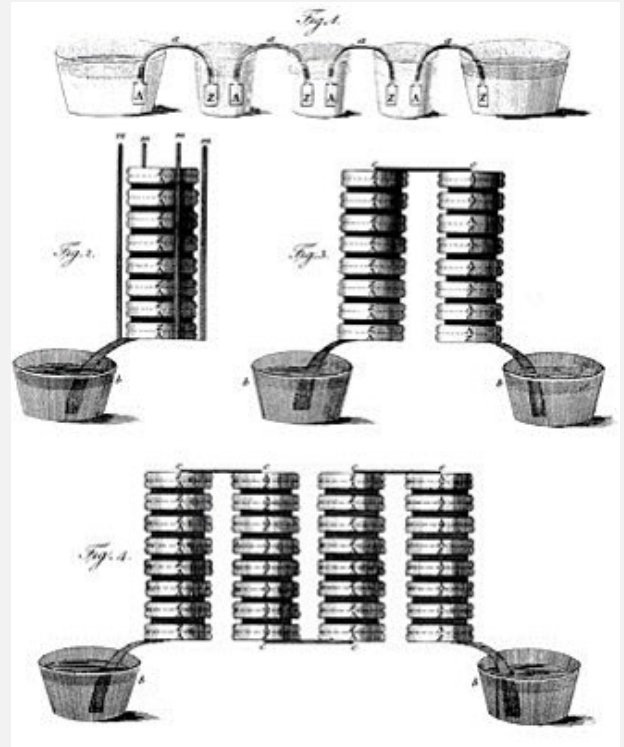
GESCHICHTE DER BATTERIE

Als Batterien gedeutete antike Gefäßanordnungen wie die „Bagdad-Batterie“ hätten durch ein Zusammenspiel von Kupfer, Eisen und Säure eine elektrische Spannung von circa 0,8 V erzeugen können. Ob diese Gefäße zum damaligen Zeitpunkt vor etwa 2.000 Jahren als Batterien im heutigen Sinn verwendet wurden, ist umstritten und konnte nicht zweifelsfrei nachgewiesen werden.³

Im Jahr 1780 bemerkte der italienische Arzt Luigi Galvani, dass ein Froschbein, das in Kontakt mit Kupfer und Eisen kam, immer wieder zuckte, und hielt das für eine elektrische Wirkung.

Das erste funktionierende galvanische Element und damit die erste Batterie wurde in Form der Voltaschen Säule im Jahr 1800 von Alessandro Volta erfunden. Es folgten in den Folgejahren konstruktive Verbesserungen wie die Trog-Batterie von William Cruickshank, welche den Nachteil des vertikalen Aufbaus der Voltaschen Säule vermied. Historisch wird zwischen Trockenbatterien – mit festem oder gelartigem Elektrolyt – und Nassbatterien – mit flüssigem Elektrolyt – unterschieden.⁴

Zu den historischen Nassbatterien, welche nur in bestimmter Lage betrieben werden können, zählen das Daniell-Element von John Frederic Daniell aus dem Jahre 1836 und die verschiedenen Variationen und Bauformen in Form der Gravity-Daniell-Elemente, das Chromsäure-Element von Johann Christian Poggendorff aus dem Jahre 1842, das Grove-Element von William Grove aus dem Jahre 1844 und das Leclanché-Element von Georges Leclanché aus dem Jahr 1866.⁴



Einsatzbereich dieser galvanischen Nasszellen war primär die Stromversorgung der drahtgebundenen Telegrafiestationen. Aus dem Leclanché-Element gingen über mehrere Entwicklungsschritte die noch heute üblichen lageunabhängigen Trockenbatterien hervor, erste Arbeiten dazu stammen von Carl Gassner, welcher die Trockenbatterie im Jahre 1887 patentierte.⁵

Im Jahr 1901 setzte Paul Schmidt in Berlin erstmals die Trockenbatterie bei Taschenlampen ein.

Die kommerziell bedeutendsten Batterien sind heutzutage überwiegend Sekundärbatterien⁶, darunter spielen der Blei-Säure-Akkumulator und der Lithium-Ionen-Akkumulator die größte Rolle.⁷

Primärbatterien sind dennoch aufgrund deren geringen Kosten für viele kleinere Geräte, wie Taschenlampen und Uhren, weiterhin gefragt. Unter den Primärbatterien ist die Alkali-Mangan-Batterie die wirtschaftlich bedeutsamste.⁸

³ Riddle of ‚Baghdad's batteries‘. In: news.bbc.co.uk. BBC, 27. Februar 2003.

⁴ William Edward Ayton: Practical Electricity. Cassell, London 1891, S. 212 und folgend. (Online).

⁵ Patent US373064: Galvanic Battery. Veröffentlicht am 15. November 1887, Erfinder: Carl Gassner.

⁶ The Global Battery Market – an Industry Report Review, Batteries, Climate Change and the Environment. 2. August 2014

⁷ Battery Market Size & Share | Industry Report, 2020-2027

⁸ Primary Battery Market | Growth, Trends, and Forecast (2020 - 2025). Abgerufen am 16. Oktober 2020 (englisch)



Moderne Primärbatterien

PRÜFEN VON BATTERIE-ANLAGEN

Batteriespeicher nehmen in Bezug auf die Versorgungssicherheit eine immer wichtigere Stellung ein. Jedoch werden sie bereits seit vielen Jahrzehnten gerade – aber nicht nur – im Bereich der Notstromversorgungen eingesetzt. Batterien unterliegen jedoch im Laufe der Zeit irreversiblen und nicht zu verhindernden Alterungsprozessen, die zu einer Abnahme der verfügbaren Kapazität führen. Um nun die Verfügbarkeit der Nennkapazität von stationären Batterieanlagen zu sichern, sind wiederkehrende Prüfungen und gut organisierte Wartungen notwendig. Ziel ist es den momentanen Batteriezustand zu bestimmen und gealterte Blöcke zu lokalisieren, bevor ein größerer Schaden entsteht und somit die Kapazität der Batterie beeinträchtigt wird.

Anzuwenden sind	Inhalt der Richtlinien und Normen
IEEE 450-2010	Recommended Practice for Maintenance, Testing, and Replacement of Vented Lead-Acid Batteries for Stationary Applications
IEEE 1188-2005	Recommended practice for maintenance, testing and replacement of VRLA batteries for stationary applications
EPRI	Stationary battery guide: Design, application and maintenance
DIN IEC 21/455/CD: 1998-12	Leitfaden für den Einsatz von Überwachungssystemen für ortsfeste Blei-Batterien
DIN EN 50272-2 VDE 0510-2:2001-12	Sicherheitsanforderungen an Batterien und Batterieanlagen (Übernahme ab April 2021 in DIN EN IEC 62485-2)
DIN EN IEC 62485-2 (VDE 0510-485-2)	Sicherheitsanforderungen an Sekundär-Batterien und Batterieanlagen – Teil 2: Stationäre Batterien

■ Relevanten Messungen in einer USV-Anlage:

- ▶ AC- und DC-Spannung
- ▶ DC-Strom
- ▶ Innenwiderstand
- ▶ Säuredichte
- ▶ Temperatur

■ **SICHTPRÜFUNGEN:** Hierfür sind die in den o.g. Normen dargelegten Regularien anzuwenden.

■ **LADEERHALTUNG:** Alle Spannungswerte einzelner Batterieblöcke einer Batterieanlage werden aufgenommen, häufig in mittleren Zeitabständen (1/4 jährliche Inspektion).

■ **LADUNG/ENTLADUNG:** Hier werden die Blockspannungswerte mehrmals beispielsweise während einer kontrollierten Entladung aufgenommen. Es müssen mindestens zwei Prüfdurchgänge absolviert werden.

■ **WIDERSTAND:** Neben den Messwerten der Blockspannung (siehe LADEERHALTUNG) werden zusätzlich die zugehörigen Innenwiderstandswerte der Batterieblöcke abgespeichert.

■ **INTERVAL U/INTERVAL U + I:** Über freidefinierbare Zeitintervalle können die Spannungs- und Stromverläufe während eines Lade und Entladevorganges aufgenommen werden.

■ **VERBINDER:** Messung des Spannungsabfalls an den Verbindern – ebenfalls während einer Entladung.

■ **TEMPERATUR:** Erfassung der Blocktemperaturen – erfolgt häufig zusammen mit der Ladeerhaltungsmessung.

■ **DICHTE:** Dichtemessung des Elektrolyts der Batterieblöcke (bei geschlossenen Batterien).

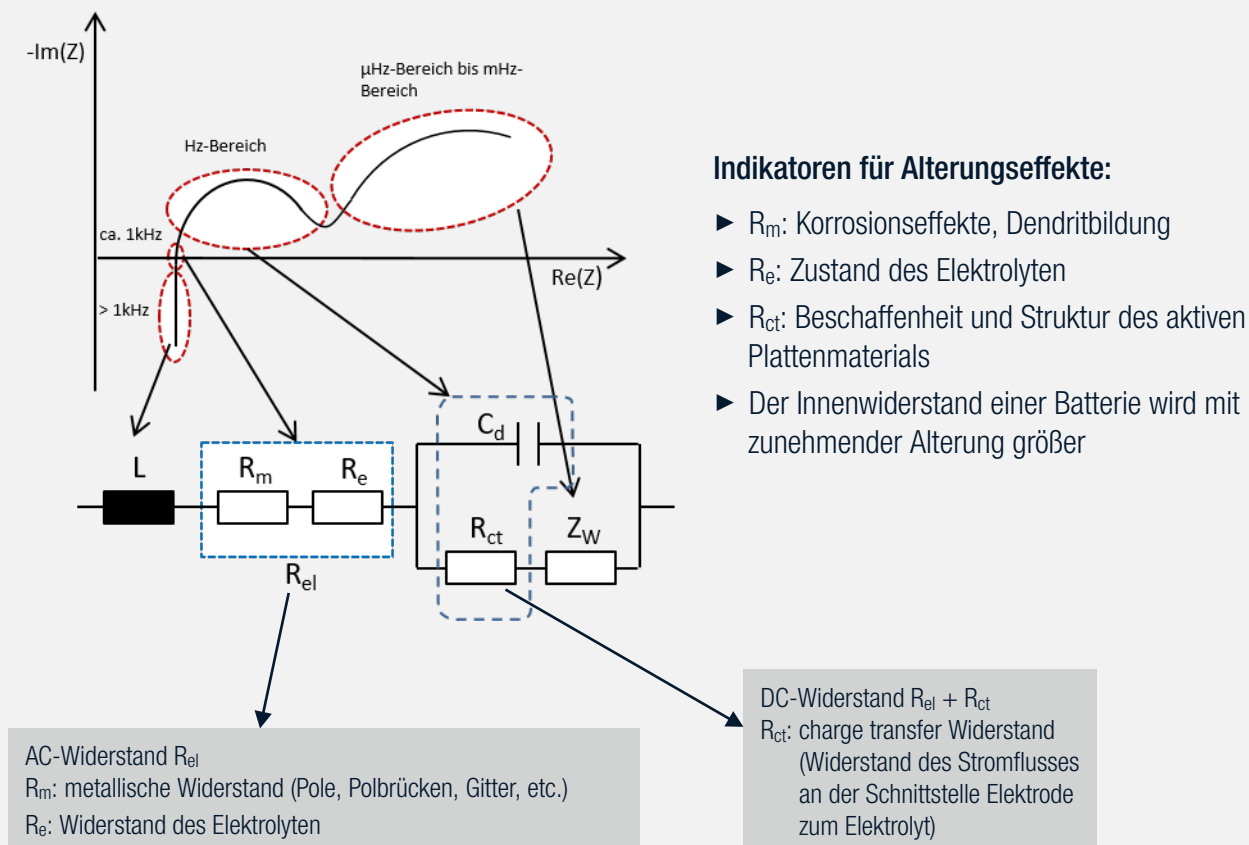
LADEERHALTUNG – Hintergrund

- Bei Anwendungen im USV-Bereich ist eine Ladeerhaltung notwendig, um eine Selbstentladung der Batterien vorzubeugen.
- Ab einer Spannung von 2,4 V pro Zelle, der sogenannten Gasungsspannung, entstehen Gasblasen im Bleiakkumulator. Dabei wird die Korrosion der Elektroden beschleunigt und es kann im Verlauf einer lang andauernden Überladung zur Knallgasbildung kommen.
- Eine optimale Ladeerhaltungsspannung für Bleibatterien mit einem korrosionsminimierenden Effekt liegt zwischen 2,20 V und 2,25 V pro Zelle.
- Bei kritischen Anwendungen ist eine Temperaturkorrektur vorzunehmen. Der Korrekturfaktor liegt bei Bleibatterien zwischen -0,004 V/K und -0,003 V/K.

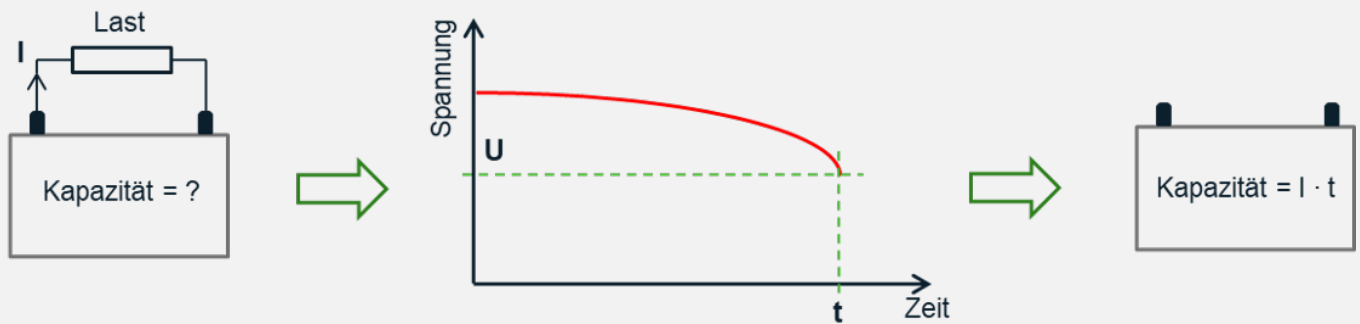
INNENWIDERSTAND – Indikator für SOH

- Bleibatterien altern irreversibel im Verlauf ihres Lebens ab dem Herstellungszeitpunkt.
- Mit der zunehmenden Alterung der Komponenten einer Batterie, steigt der Innenwiderstand.
- Anhand der Änderung des Innenwiderstandes einer Batterie über die Zeit kann der Gesundheitszustand SOH abgeschätzt werden.
- Dies setzt voraus, dass bei der Installation der Batterie der Innenwiderstand gemessen wird, um darauf zu referenzieren.

INNENWIDERSTAND – ELEKTRO-CHEMISCHES Modell (für bleibasierte Typen)



KAPAZITÄSTEST – Hintergrund



Blockbezogen: Ladung/Entladung

- Mehrmalige Messung der Blockspannungen bei Lade- / Entladevorgängen
- Durch die Messung können gealterte Blöcke an Hand abweichender Spannungswerte (z.B. vorzeitiger Spannungsabfall bei einem Entladevorgang) identifiziert werden

Batteriebezogen: Intervall U/ Intervall U+I

- Aufzeichnung eines kompletten Lade- / Entladevorganges der Batterie in Bezug auf die Spannungs- und Stromkurve
- Eingespeiste / entnommene Amperestunden können bestimmt werden. Auf diese Weise wird die Kapazität der Batterie identifiziert

VERBINDER – Messroutine

Messung des Spannungsabfalls an den Verbindern.

- Die Messung ist während einer Entladung vorzunehmen
- Durch diese Messung kann überprüft werden, ob die Verbindern der Blöcke beschädigt oder nicht ausreichend festgeschraubt sind

TEMPERATUR – Hintergrund

Temperatur einer Zelle ist ein wichtiger Indikator für den Gesundheitszustand.

- Durch Korrosion oder Dendriten-Bildung können sich interne Kurzschlüsse bilden. Als Folge erhöht sich die Temperatur der Zelle. Durch die Temperaturerhöhung trocknet das Elektrolyt schneller aus, was wiederum die Korrosionsprozesse begünstigt. Verstärkte Korrosion bedeutet höhere Temperatur -> Thermal Runaway (Brandgefahr)
- Oft bilden sich Kurzschlüsse zwischen einzelnen Platten. Mit gleichbleibender Ladeerhaltungsspannung, erhöht sich die Spannung an nicht kurzgeschlossenen Zellen und es kommt zu Wasserstoffbildung -> Explosionsgefahr

SÄUREDICHTE – Hintergrund

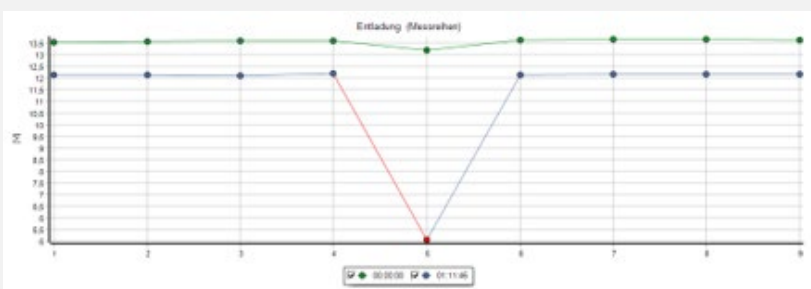
Bestimmung des Ladezustandes durch die Messung der Säuredichte.

- Geschlossene Bleibatterie, Säuredichte im Vollzustand: $1,22-1,26 \text{ kg/m}^3$ (je nach Batterietyp) Vollständig entladener Zustand: $1,1 \text{ kg/m}^3$
- Messung der Säuredichten bei vollgeladenen Batterien
- Vergleich der Säuredichten der einzelnen Zellen untereinander -> Identifizierung defekter Zellen
- Messung der Temperatur des Elektrolyts

PRÜFGERÄT FÜR BATTERIETECHNIK: das METRACELL BT PRO

Anwendung: Prüfung und Wartung von verschlossenen und geschlossenen Bleibatterien. Prüfung auf mechanische (z.B. Polkorrosion) und elektrochemische (z.B. Übergangswiderstand Elektrode zu Elektrolyt) Alterungserscheinungen der Batterie.

- Sichtprüfungen gemäß relevanten Normen
- Wiederholungsprüfungen an einer USV-Anlage
 - ▶ Messung der Ladeerhaltungsspannung zur Prüfung auf Schädigungen von Batterieblöcken (erhöhte Leistungsaufnahme)
 - ▶ Erfassung von Spannung und Stromverlauf während Batterie-Entladungen (mit opt. Stromzange) -> Kapazitätstest auf Batterieebene
 - ▶ Messung von Blockspannungen während Batterieladungen oder – entladungen -> Kapazitätstest auf Blockebene
 - ▶ Ermittlung des Innenwiderstands zur referenzierenden Prüfung von Batterieblöcken auf Blei-Basis
 - ▶ Erfassung der Temperatur des Blocks über optionalen Infrarotsensor
 - ▶ Erfassung Säuredichtewerte zur Bestimmung der Qualität des Elektrolyts (bei geschlossenen Batterien) – Einlesen über externes Messgerät
- Abschätzung des SOH (state of health) von Batterien anhand der Historiendaten (Vergleichswerte)



Visualisierte Auswertungen von Messdaten





Autor

ANDREAS STOLLBERG
Produkt Manager Laborstromversorgungen
Gossen Metrawatt GmbH

Tel: + 49 911 8602-717
Fax: + 49 911 8602-80717
E-mail: andreas.stollberg@gossenmetrawatt.com

GMC INSTRUMENTS

 **GOSSEN METRAWATT**
 **CAMILLE BAUER**

Gossen Metrawatt GmbH

Südwestpark 15 ■ 90449 Nürnberg ■ Deutschland
Tel.: +49 911 8602-0 ■ Fax: +49 911 8602-669

www.gossenmetrawatt.com ■ info@gossenmetrawatt.com