

## ZVEI Merkblatt Nr. 8

Ausgabe Dezember 2013

# Brauchbarkeitsdauer (service life) von Antriebsbatterien

### 1. Allgemeines

Die Wirtschaftlichkeit von elektrischen Flurförderzeugen wird wesentlich durch die Antriebsbatterien und deren Nutzung geprägt.

Antriebsbatterien sind so konstruiert, dass sie ein Flurförderzeug über einen Arbeitseinsatz, im Regelfall eine Schicht, mit der nötigen elektrischen Energie versorgen können.

Die Brauchbarkeitsdauer bzw. Haltbarkeit in Zyklen wird durch die Bauart, die Auswahl geeigneter Materialien und durch die Fertigungsqualität bestimmt.

In der Norm EN 60254-1 sind Laborprüfungen und Prüfbedingungen festgelegt, um einen vergleichenden und neutralen Wertmaßstab für die wichtigsten Eigenschaften von Antriebsbatterien zu haben.

Dies gilt zum Beispiel für:

- Vergleichbarkeit von Produkten
- Prüfung der Fertigungsqualität
- Vorgaben für Entwicklungsaufgaben

Bei labormäßigen Messungen nach dieser Norm wird für Antriebsbatterien mit positiven Panzerplatten (PzS-Zellen gem. EN 60254-2) üblicherweise eine Haltbarkeit von 1500 Zyklen und für Antriebsbatterien mit Panzerplatten und festgelegtem Elektrolyt (PzV-Zellen) von 900 Zyklen festgestellt.

Eine Zyklenprüfung besteht aus vorgeschriebenen Lade- und Entladefolgen. Diese Haltbarkeitsprüfung gilt als beendet, wenn die gemessene Kapazität kleiner 80% der Nennkapazität ist.

Diese so ermittelte Haltbarkeit<sup>\*)</sup> ist jedoch nicht ohne weiteres auf den praktischen Einsatz übertragbar, da bei der Laborprüfung nicht alle in der Praxis auftretenden Betriebsbedingungen abgebildet werden können.

Bei der Abschätzung der Brauchbarkeitsdauer<sup>\*)</sup> der Batterie in der praktischen Anwendung sind die jeweiligen Einsatzparameter zu berücksichtigen.

<sup>\*)</sup> Begriffsdefinitionen siehe ZVEI-Merkblatt Nr. 23

### 2. Belastungen im praktischen Betrieb

#### Mechanisch

Anders als bei Laborprüfungen ist die Batterie im praktischen Einsatz zusätzlich mechanischen Belastungen ausgesetzt, die auf alle Batterie- und Zellen-Komponenten wirken. Einen signifikanten Einfluss haben die mechanischen Belastungen auf die Haftung und den elektrischen Kontakt der aktiven Massen in den Gittern.

#### Entladen

Die Entladung während der Haltbarkeitstestung im Labor wird mit konstantem Strom durchgeführt. Im Gegensatz dazu liegen in der Praxis dynamisch variierende Stromprofile vor.

Während bei den Laborprüfungen definiert entladen wird, ist in der Praxis nicht immer sichergestellt, dass die zulässigen Entladetiefen mit max. 80% der Nennkapazität eingehalten werden.

Entladungen >80% sind Tiefentladungen mit stark negativen Auswirkungen auf die Brauchbarkeitsdauer.

## Laden

Einen weiteren Einfluss auf die Brauchbarkeitsdauer hat die Ladetechnik bzw. Betriebsweise.

Schlecht angepasste Ladekennlinien, überalterte Gerätetechnik und unzureichende Kennliniensteuerung führt zu Mangel- und Überladung.

Zwischenladungen der Batterie ohne Elektrolytumwälzung oder ohne regelmäßige Ausgleichladungen führen zu Säureschichtung mit erhöhter Korrosion und Masseschädigung.

Schnellladebetrieb mit erhöhtem Energiedurchsatz pro Tag und sehr hohen Ladeströmen führt zu hohen Temperaturen und damit zu verstärkter Korrosion.

Bei Zwischen- und Schnellladung müssen die betrieblichen Vorteile gegen die Reduzierung der Brauchbarkeitsdauer abgewogen werden.

Flurförderzeuge mit Energierückspeisung bei Bremsvorgängen und Lastabsenkungen führen zu einem höheren Energiedurchsatz der Batterie pro Arbeitsschicht.

## Einfluss hoher Lade- und Entladeströme

Hohe Entladeströme und kurzzeitige hohe Ladeströme aus Energierückspeisung durch Nutzbremsen und -senken des Flurförderzeuges führen zu inhomogenen und überproportionalen Masseausnutzungen. Daraus resultierende Verluste von aktiver Masse beschleunigen die Alterung der Batterie.

## Temperatur

Bei den Laborprüfungen werden die Temperaturen in engen Grenzen gehalten. In der Praxis weicht die mittlere Temperatur stark von der Nenntemperatur 30 °C ab. Darüber hinaus gibt es zwischen den Zellen der Batterie Temperaturunterschiede.

Höhere Temperaturen haben einen stark negativen Einfluss auf die Brauchbarkeitsdauer, weil sie Nebenreaktionen wie z.B. Korrosion und Alterung beschleunigen.

## 3. Hinweise für wartungsfreie verschlossene Batterien

Bei verschlossenen (VRLA) Antriebsbatterien der Baureihe PzV mit festgelegtem Gel-Elektrolyt wird bei einer Entladetiefe von 60% der Nennkapazität eine vergleichbare Brauchbarkeitsdauer erreicht, wie bei einer PzS-Batterie mit 80% Entladetiefe (je nach Anwendung und Batteriegröße können nach Angaben der Hersteller auch Entladungen bis 80% Entladetiefe zulässig sein).

## 4. Umrechnung der Brauchbarkeitsdauer einer Batterie in FFZ-Betriebsstunden

Die nach diesem Merkblatt aus den betrieblichen Bedingungen für die Batterie ermittelte Brauchbarkeitsdauer kann wie folgt in Betriebsstunden für eine Batterie umgerechnet werden.

Die Berechnung der betrieblich üblichen Fahrzeugnutzung erfolgt gemäß der VDI-Richtlinie VDI 3960. Dort sind folgende Anteile der Nutzungszeit definiert:

|                     |         |
|---------------------|---------|
| Nutzungszeit (ges.) | 100,0 % |
| Fahrer abwesend     | 20,0 %  |
| Fahrer belädt       | 8,5 %   |
| Fahrer sitzt        | 7,0 %   |
| Lastlaufzeit        | 64,5 %  |

Bei der Erfassung der Nutzungszeit eines Flurförderzeuges (FFZ) wird angestrebt, die wirklichen Betriebszeiten möglichst genau und zuverlässig zu erfassen, da das Fahrzeug nur dann Energie verbraucht und einem Verschleiß unterliegt.

Üblicherweise werden dazu Betriebsstundenzähler verwendet, die allerdings unterschiedlich geschaltet sein können.

Bei Elektro-Flurförderzeugen sind **drei Schaltungsarten** für die Betriebsstundenzähler üblich:

- (1) Betriebsstunden werden erfasst, wenn der Schüsselschalter eingeschaltet ist und mindestens ein Motor läuft. Es werden nur die effektive Lastlaufzeit und somit die effektiven Batterie-Betriebsstunden erfasst. Betriebsstundenzähler zeigt 100% der Lastlaufzeit.
- (2) Betriebsstunden werden erfasst, wenn der Schüsselschalter und der Sitzschalter eingeschaltet sind, d. h. Betriebsstunden werden auch im Stillstand erfasst.

Erfahrungswert: Die angezeigten Betriebsstunden entsprechen ca. 110% der effektiven Lastlaufzeit

- (3) Betriebsstunden werden erfasst, wenn der Schüsselschalter eingeschaltet ist, d. h. Betriebsstunden werden auch im Stillstand erfasst.

Erfahrungswert: Die angezeigten Betriebsstunden entsprechen ca. 125% der effektiven Lastlaufzeit

Je nach Betriebsstundenzähler-schaltung werden z. B. bei 240 Schichten pro Jahr und einer Lastlaufzeit von 5 Stunden<sup>1</sup> pro Schicht die folgenden Zeiten vom Betriebsstundenzähler angezeigt:

- (1) 1200 Stunden,
- (2) 1320 Stunden,
- (3) 1500 Stunden

<sup>1</sup> Die realen Zeiten der Energieentnahme liegen üblicherweise bei 4 bis 5 Stunden. Die Nennkapazität  $K_N$  einer Antriebsbatterie für FFZ wird auf eine fünfständige Entladung bezogen und als  $K_5$  angegeben.

## 5. Beispiel zur Ermittlung der Brauchbarkeitsdauer für PzS und PzV Batterien

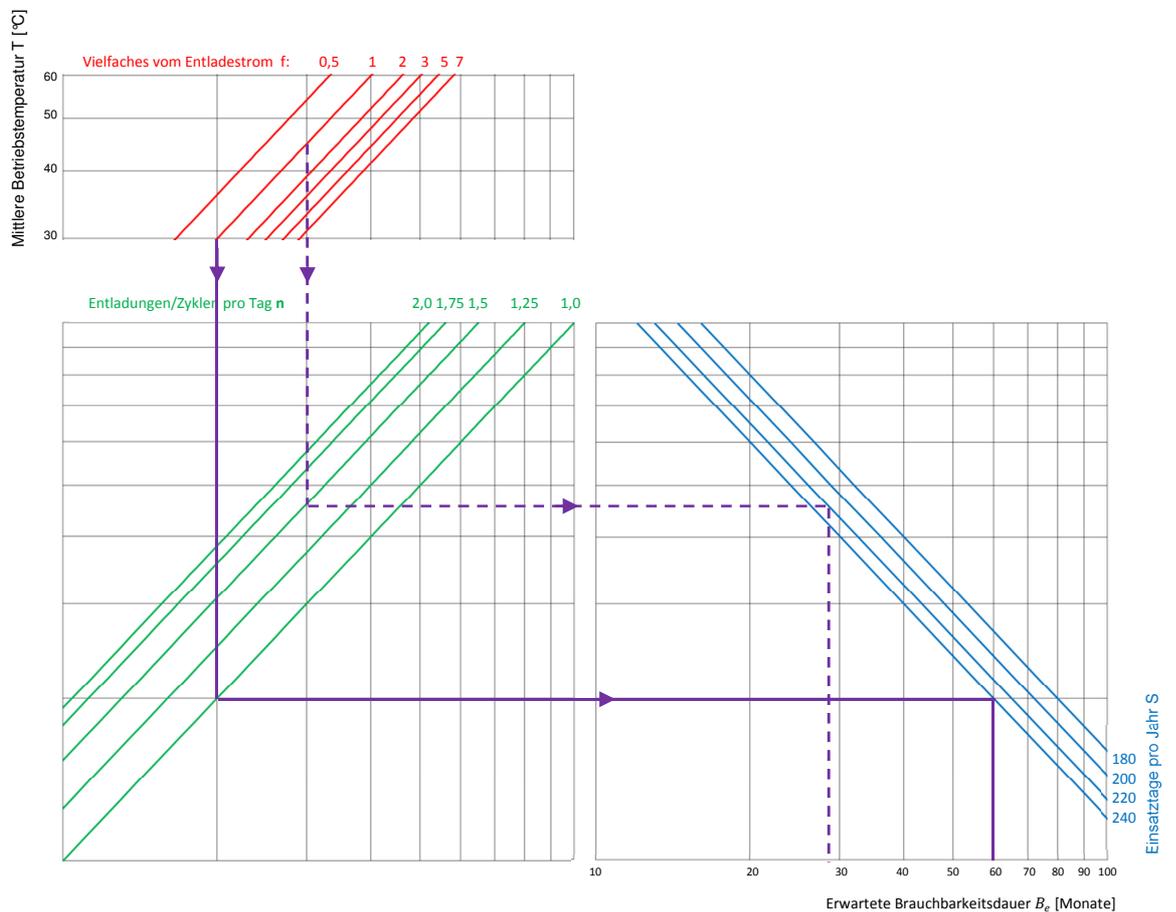
Zwei Beispiele in nachstehender Abbildung zeigen, wie das Diagramm anzuwenden ist

|                             | Beispiel 1<br>→    | Beispiel 2<br>- - - → |
|-----------------------------|--------------------|-----------------------|
| Einsatzparameter            | für PzS und PzV    | für PzS               |
| Mittlerer Entladestrom      | $1 \times I_5$ (A) | $1 \times I_5$ (A)    |
| Mittlere Betriebstemperatur | 30 °C              | 45 °C                 |
| Entladungen/Zyklen pro Tag  | 1                  | 1,5                   |
| Einsatztage pro Jahr        | 240                | 220                   |
| Entladetiefe PzS            | 80%                | 80%                   |
| Entladetiefe PzV            | 60%                |                       |

Aus dem Diagramm ablesbar  
ist eine zu erwartende

|                                |    |    |
|--------------------------------|----|----|
| Brauchbarkeitsdauer in Monaten | 60 | 29 |
|--------------------------------|----|----|

Analog zu diesen Beispielen lassen sich mit anderen betrieblich vorkommenden Parametern die für diesen Einsatz zu erwartenden Brauchbarkeitsdauern ablesen.



Für PzV Batterien mit Entladetiefe von 80% sind 2/3 der abgelesenen Werte als zu erwartende Brauchbarkeitsdauer anzunehmen.

## 6. Vorlage zur Ermittlung der Brauchbarkeitsdauer für PzS und PzV Batterien

Hinweis:

Die Formel gilt nur für Betriebstemperaturen T oberhalb der Nenntemperatur  $T_N \geq 30^\circ\text{C}$

Als max. zulässige Betriebstemperatur gilt für PzS  $55^\circ\text{C}$  und für PzV  $45^\circ\text{C}$

$$B_e = \frac{E_N \times T_N \times M}{T \times \left[1 + \frac{7}{T_N} \times \ln f\right] \times n \times S}$$

$B_e$  = Erwartete Brauchbarkeitsdauer  
(mit M=1 in Jahren oder mit M=12 in Monaten)

T = mittlere Betriebstemperatur

$T_N$  = Nenntemperatur ( $30^\circ\text{C}$ )

$E_N$  = Nennenergiedurchsatz  
(1200) für PzS bei 80% Entladetiefe  
(1200) für PzV bei 60% Entladetiefe  
(800) für PzV bei 80% Entladetiefe

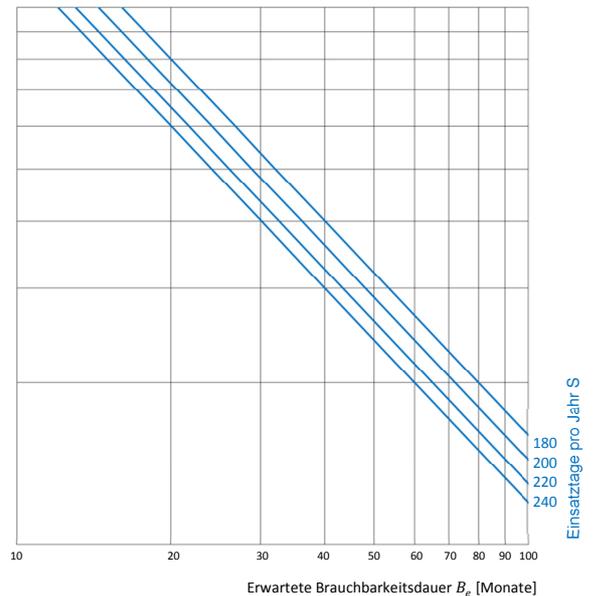
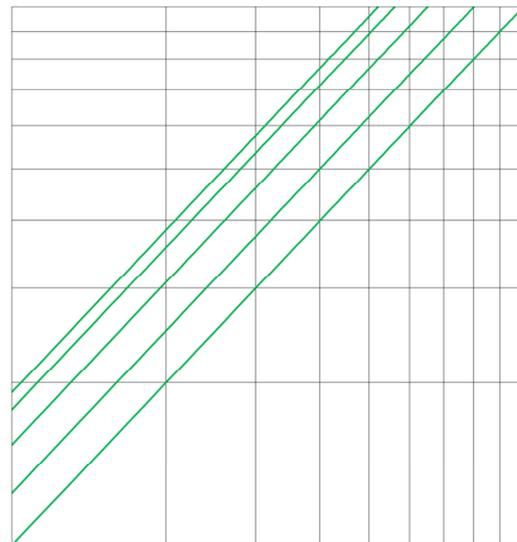
f = Vielfaches vom Entladestrom  $I_5$

n = Entladungen/Zyklen pro Tag

S = Einsatztage pro Jahr



Entladungen/Zyklen pro Tag n: 2,0 1,75 1,5 1,25 1,0



Für PzV Batterien mit Entladetiefe von 80% sind 2/3 der abgelesenen Werte als zu erwartende Brauchbarkeitsdauer anzunehmen.

**ZVEI:**  
Die Elektroindustrie

**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 2013

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