

## Merkblatt

# Anforderungen an Batterie-Entladeanzeiger für Blei-Antriebsbatterien

## zur Erreichung einer hohen Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit einer Antriebsbatterie wird im Wesentlichen durch ihre Brauchbarkeitsdauer geprägt. Neben einer optimalen anwendungsorientierten Zuordnung des Batteriesystems wird die Brauchbarkeitsdauer entscheidend durch die Betriebsweise und Wartung beeinflusst. Hohe Betriebstemperaturen und Tiefentladungen sind Haupteinflussgrößen, die sich besonders negativ auf die Brauchbarkeitsdauer auswirken und daher vermieden werden müssen. Zur Vermeidung von Tiefentladungen ist anstelle der Batterie-Nennkapazität für die Anwendung die Betriebskapazität  $K_B$ , die 80 % der Nennkapazität  $K_N$  ( $100 \% K_B = 80 \% K_N$ ) beträgt, von Bedeutung. Denn im normalen Entladebetrieb darf zur Erreichung einer optimalen Brauchbarkeitsdauer nur diese Betriebskapazität entnommen werden.

Entladeanzeiger haben die Funktion, die Batterie vor tieferen Entladungen zu schützen.

Dieses Merkblatt beinhaltet Erklärungen hinsichtlich des Entladeverhaltens von Antriebsbatterien und der Thematik Tiefentladung sowie generelle Anforderungen an Batterie-Entladeanzeiger.

### 1 Warum sollen Entladeanzeiger eingesetzt werden?

Entladeanzeiger dienen dem Schutz der Batterie vor Tiefentladung. Tiefentladungen sind schädlich für die Batterie und reduzieren die Brauchbarkeitsdauer (siehe auch ZVEI Merkblatt „Lebensdauerbetrachtung bei Antriebsbatterien“ und Batteriegebrauchsanweisung des Herstellers). Entladeanzeiger können die Batterie aber nur dann schützen, wenn sie an die Batterietechno-

logie und die tatsächlichen Einsatzbedingungen angepasst und korrekt eingestellt sind.

### 2 Was passiert bei einer Tiefentladung?

Eine Tiefentladung ist eine Entladung von mehr als 80 % der Nennkapazität ( $K_5$ ). Bei PzS-Batterien (geschlossen, flüssiger Elektrolyt) entspricht dieses z.B. einer Elektrolytdichte kleiner 1,13 kg/l (30 °C) bzw. einer Ruhespannung kleiner 1,97 V/Z.

#### Tiefentladungen führen zu:

- übermäßig starker Beanspruchung der aktiven Massen aufgrund der Volumenzunahme (bis zum Faktor 3) durch die Bleisulfatbildung
- erhöhter Korrosion der Elektroden infolge niedriger Säuredichten und höherer Temperaturen

Dieses Merkblatt wurde vom Arbeitskreis „Industrie Technik“ im Fachausschuss „Industriebatterien“ des Fachverbandes Batterien im ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. erarbeitet. (Revidierte Ausgabe Juli 2008).

- gegebenenfalls zur Nichtaufnahme bzw. zum unmittelbaren Abbruch des Ladevorganges durch das Ladegerät
- deutlicher Verlängerung der Ladezeiten mit der Gefahr von Minderladungen
- im Extremfall zur Umpolung einzelner Zellen

### Wiederholte Tiefentladungen führen zu:

- irreversibler Verhärtung der aktiven Massen in den Elektroden durch Sulfatation und somit zu vorzeitigem Kapazitätsverlust
- extremer Abschlämmung der aktiven Masse der positiven Elektroden und somit zu Kurzschlüssen

Jede Tiefentladung erfordert wegen der erschwerten Ladungsaufnahme und der Gefahr der Mangelladung eine Ausgleichsladung im Anschluss an die nor-

male Vollladung. Grundsätzlich führt jede Art von Tiefentladung zu einer signifikanten Verkürzung der Brauchbarkeitsdauer. Eine 100 % Kapazitätsentnahme führt gegenüber einer Entnahme der Betriebskapazität zu einer um ca.  $\frac{1}{3}$  verkürzten Brauchbarkeitsdauer.

### 3 Methoden zur Feststellung der Entladetiefe

Die Entladetiefe kann mittels folgender Methoden bestimmt werden:

- Messung der Ruhespannung
- Messung der Entladespannung
- Messung der Elektrolytdichte
- Integration des Entladestromes über die Entladezeit bzw. der entnommenen Amperestunden

In der heutigen Praxis kommen überwiegend Entladeanzeiger zum Einsatz, bei denen die Batterie-Entladespannung und/oder die Batterie-Ruhespannung gemessen und ausgewertet wird (siehe Punkt 4).

Zunehmend werden Entladeanzeiger für BATTERIEBUS-fähige Batteriecontroller eingesetzt, die Spannung, Strom und Temperatur auswerten (siehe Punkt 5.).

Zur manuellen Kontrolle der Entladeanzeiger-Einstellung sind folgende Messungen möglich:

- Messung der Elektrolytdichte unter Berücksichtigung der Elektrolyttemperatur <sup>1</sup>
- Messung der Ruhespannung.

Hierbei gilt:

Ruhespannung pro Zelle

$$U_o = \text{Elektrolytdichte} + 0,84$$

gemessen nach mindestens 2 h Ruhe (PzS und GiS)

### 4 Wie verhält sich die Batteriespannung über die Entladetiefe?

Die Einstellungen spannungsführter Entladeanzeiger müssen an die einzelnen Anwendungen mit unterschiedlichen Verläufen der Entladespannung und an die Batteriebaureihe angepasst werden.

In den folgenden Diagrammen ist die verfügbare Kapazität und der Verlauf der Ruhe- und Entladespannung in Abhängigkeit vom Entladestrom und des Entladezustandes für drei typische Anwendungsbereiche (A, B und C) dargestellt:

<sup>1</sup> Korrekturfaktor -0,0007 kg/l/K  
Beispiel: Der Wert 1,29 kg/l bei 30 °C entspricht dem Wert 1,28 kg/l bei 45 °C

In der Praxis sind nur Mittelwerte für die Abschaltspannung (Tiefentladeschutz) der jeweiligen Bereiche einstellbar. Hierdurch kommt es zu Ungenauigkeiten. Einerseits wird nicht die komplette entnehmbare Kapazität ausge-

nutzt, andererseits kann mehr als die zulässige entnehmbare Kapazität entnommen werden (Tiefentladung).

#### Anwendungsbereich

<b>A</b>	<b>Schlepper und Transportfahrzeuge</b> typische Entladezeit: 5 bis 10 Stunden typische Entladeströme: 10 bis 20 A/100Ah
<b>B</b>	<b>Gabelstapler</b> typische Entladezeit: 3 bis 5 Stunden typische Entladeströme: 20 bis 30 A/100Ah
<b>C</b>	<b>Kleintraktion (z.B. Kehr- und Reinigungsmaschinen)</b> typische Entladezeit: 1 bis 2 Stunden typische Entladeströme: 40 bis 65 A/100Ah

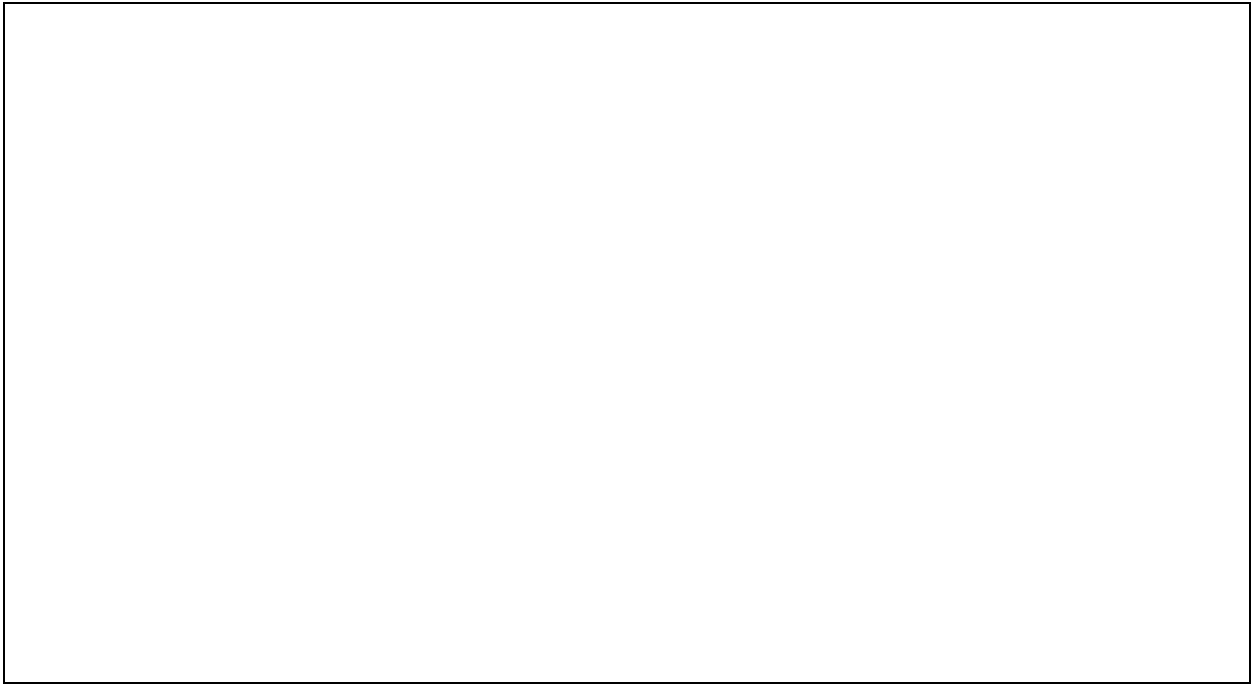


Abb. 1  
Kapazität in Abhängigkeit vom Entladestrom (Richtwerte für die Baureihe PzS)

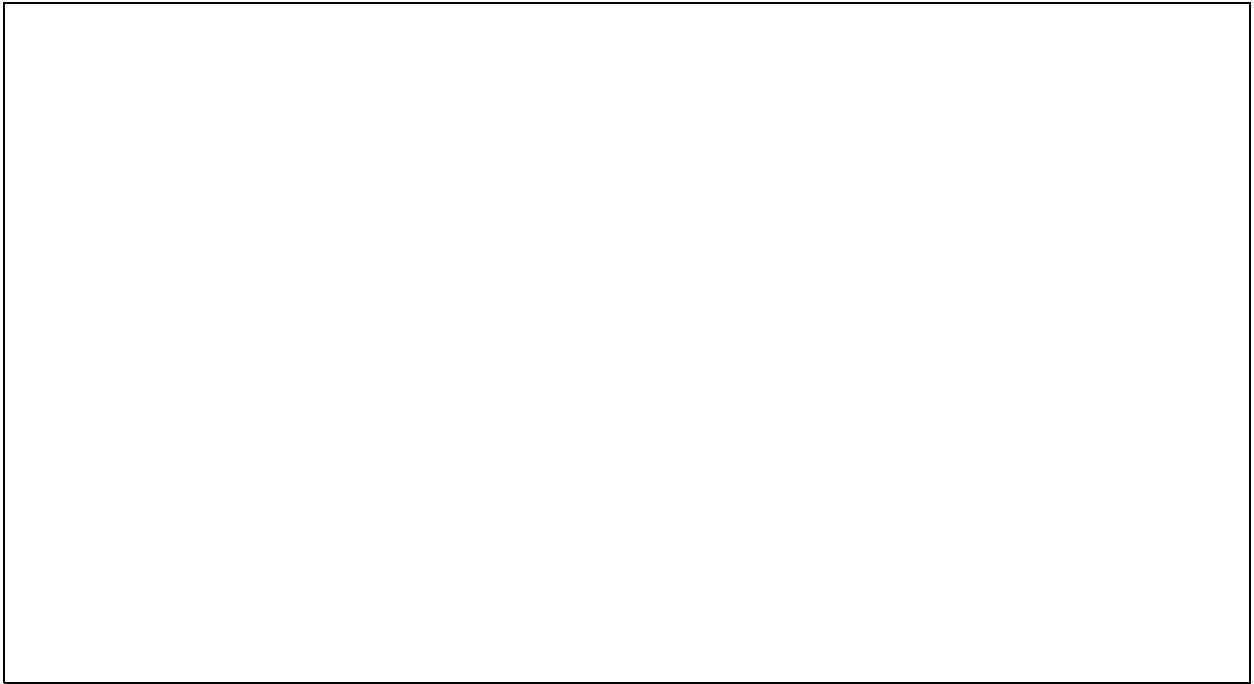


Abb. 2  
Zeitlicher Verlauf der Entladespannung bei Entladung mit konstantem Strom in Abhängigkeit von der Entladetiefe (Richtwerte für die Baureihe PzS)

Entladeanzeiger müssen aus den o.g. Gründen entsprechend der Anwendung und dem damit verbundenen mittleren Entladestrom und der verwendeten Batteriebaureihe gemäß der Tabelle auf Seite 5 eingestellt werden.

Weitere Einflussgrößen wie niedrige Temperatur oder Batteriealterungseffekte, die eine niedrige Batteriespannungslage nach sich ziehen, führen bei spannungsabhängigen Entladeanzeigen zu verminderter Anzeigegenauigkeit.

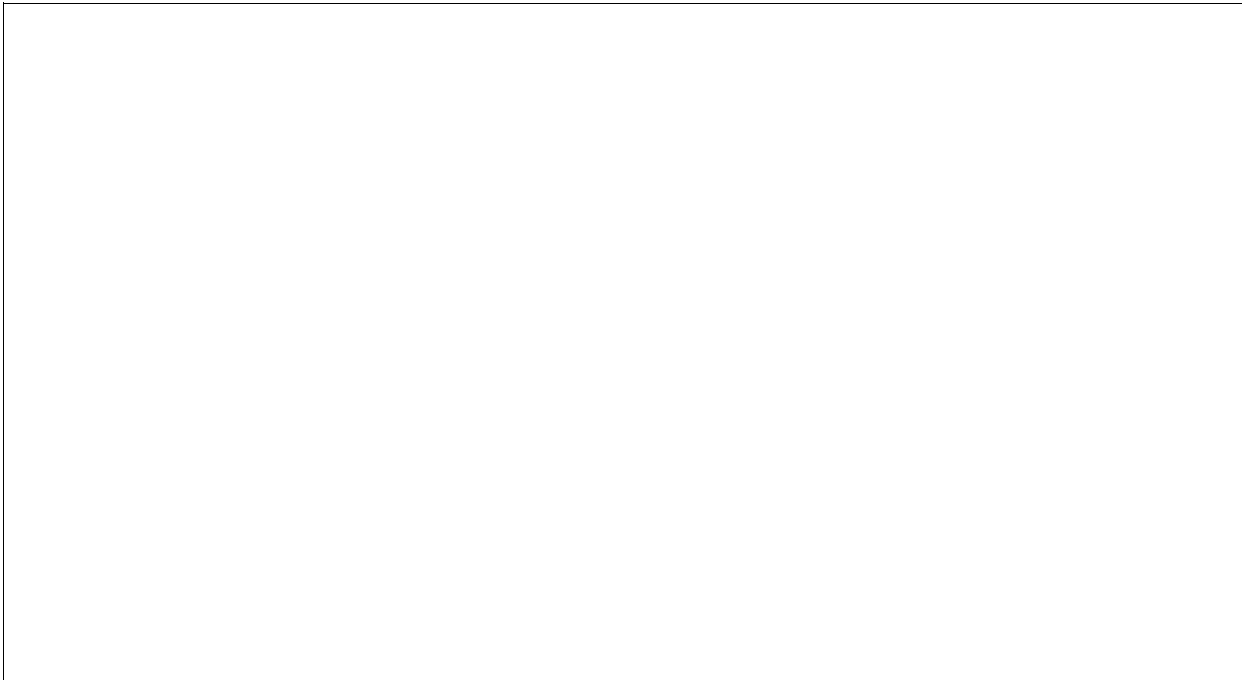


Abb. 3  
Entladespannung in Abhängigkeit vom Entladestrom zur Einstellung der Entladeanzeige (Richtwerte für die Baureihe PzS)

### Beispiel im Anwendungsbereich **B** Gabelstapler:

(siehe Abb. 1 und Abb. 2)

- Vorgegebene Abschaltspannungen unter Last für Batteriebaureihe PzS:

Beispiel a) = 1,86 V/Z für 5h-Kapazität mit mittlerem Entladestrom 20 A/100 Ah

Beispiel b) = 1,79 V/Z für 3h-Kapazität mit mittlerem Entladestrom 30 A/100 Ah

- Fehler, der zur Tiefentladung führt:

Beispiel b)            eingestellt: 1,79 V/Z für mittlerem Entladestrom 30 A/100 Ah  
                                 tatsächlicher Entladestrom: 20 A/100 Ah

Dies führt zu einer Entnahme von 95 % der verfügbaren Kapazität und somit zu einer Tiefentladung (siehe Abb. 2).

### 5 Entladeanzeiger für BATTERIEBUS-fähige Batteriecontroller

Diese Entladeanzeiger basieren auf dem vom Batteriecontroller berechneten Entladegrad, unter Berücksichtigung der Stromhöhe, der Temperatur und der Batteriebaureihe. Im System mit einem Batteriecontroller stellen sie die mit Abstand genauesten Entladeanzeiger auf dem Markt dar:

- Die Entladetiefe wird prozentgenau angezeigt
- Bilanzierungen von Zwischenladungen sind hiermit möglich. Damit werden auch Forderungen bzgl. einer sicheren Vollladungserkennung und Manipulationssicherheit erfüllt

## 6 Welche Probleme treten in der Praxis auf?

### ■ Die übliche Entladezeit wird nicht erreicht bzw. der Entladeanzeiger schaltet zu früh ab

Ursachen hierfür können sein:

- die Nennkapazität ist nicht richtig dimensioniert
- die Batterie ist gealtert oder defekt
- die Abschaltspannung ist zu hoch eingestellt
- die Abschaltspannung ist auf eine falsche Batteriebaureihe eingestellt
- die Batterie wurde nur unzureichend geladen (Mangelladung)

### ■ Tiefentladung trotz Entladeanzeiger

Diese werden oft erst im Schadensfall erkannt.

Hinweise auf eine Tiefentladung können sein:

- lange Ladezeiten
- die am Ladegerät ausgewiesene Ah-Menge ist zu hoch
- das Ladegerät schaltet nicht ein bzw. geht in Sicherheitsabschaltung
- die Elektrolytdichte am Ende der Entladung ist geringer als 1,13 kg/l (30 °C)

Ursachen hierfür können sein:

- Batterie wird nicht unmittelbar aufgeladen und es kommt zu Selbstentladung aufgrund von Standzeiten
- die Abschaltspannung ist zu tief eingestellt

- die Abschaltspannung ist auf eine andere Batteriebaureihe eingestellt
- die Rückfahrzeiten zur Ladestation sind zu lang
- der Entladeanzeiger wurde überlistet (Manipulation)

### ■ Nichtbeachtung des Signals „Warnung vor Tiefentladung“

Besonders kritische Auswirkungen ergeben sich bei Entladeanzeigern die bei Erreichen der Abschaltspannung anstelle einer Hubabschaltung eine z. T. mehrstufige automatische Stromreduzierung durchführen. Da dabei die Abschaltspannung nicht an den niedrigeren Strom angepasst wird, sind Tiefentladungen mit Kapazitätsentnahmen von mehr als 100 % der Nennkapazität vorprogrammiert.

## 7 Anforderungen an Entladeanzeiger

Für den Entladeanzeiger gelten die im Folgenden spezifizierten Anforderungen:

- Der Entladeanzeiger sollte vor Manipulation geschützt sein z.B. darf das Trennen von der Batterie nicht zu einem Rücksetzen der Anzeige führen
- Die Tiefentladungs-Signalgebung bzw. Hubabschaltung beim Stapler bei einer Entla-

detiefe von max. 80 %  $K_5$  muss in jedem Fall gewährleistet sein. Ein Betrieb darüber hinaus ist unzulässig  
Längere Rückfahrten zur Ladestation erfordern daher eine erhöhte Restkapazität von mehr als 20 % der Nennkapazität

- Die Rücksetzung der Anzeige bzw. der Hubabschaltung darf erst nach Erkennung einer ausreichenden Ladung erfolgen, oder z.B. nach Erreichen einer bestimmten Ruhespannung über einen bestimmten Zeitraum oder –

bei On-Board-Ladern – nach Erreichung einer bestimmten Ladespannung

- Kurzzeitige Rückspeisungen im Sekundenbereich wie z.B. durch Nutzbremssungen oder Nutzsenkungen des Flurförderzeuges liefern keine derartigen Amperestundenmengen, die eine Rücksetzung der Anzeige bzw. Hubabschaltung rechtfertigen