

ZVEI Merkblatt (Nr. 10)

Zwischenladen von Blei-Antriebsbatterien

1. Einleitung

Dieses ZVEI Merkblatt beschreibt Betriebsarten, Einsatzparameter und zu beachtende wichtige Grundregeln beim Zwischenladen von Blei-Säure-Batterien. Es soll als Ergänzung zur DIN EN 61044 dienen und die Anwendungsmöglichkeiten und Grenzen beim Zwischenladen darstellen.

Beim Zwischenladen wird eine teilladene Batterie geladen, um ihren Ladezustand zwischen zwei Vollladungen anzuheben. Dabei wird der Voll-ladezustand der Batterie **nicht** erreicht. Ziel des Zwischenladens (Teilladungen) ist es, die tägliche Einsatzdauer der Batterie zwischen zwei Voll-ladungen zu verlängern, indem entweder betriebsbedingte Einsatzpausen oder Nutzbremmung bzw. Nutzsenkung zum Teilladen der Batterie benutzt werden. Der Taktbetrieb, der insbesondere bei FTS Fahrzeugen angewendet wird, nutzt eine spezielle Form der Zwischenladung. Hierbei folgen in der Regel nach kurzen Entladephasen geplante kurze Ladephasen.

2. Effekte bei der Zwischenladung

2.1 Entladung und Energieumsatz

Der Zwischenladebetrieb zur Verlängerung der täglichen Einsatzdauer ist mit einem zusätzlichen Energieumsatz der Batterie verbunden (> 80% der Nennbatteriekapazität). Dieser erhöhte Energiedurchsatz wirkt sich auf die Brauchbarkeitsdauer der Batterie aus. Es gilt die im ZVEI Merkblatt „Lebensdauerbetrachtungen bei Antriebsbatterien“ gemachten Überlegungen zu berücksichtigen. Darüber hinaus werden durch den gesteigerten täglichen Energieumsatz die Betriebstemperaturen der Batterien signifikant erhöht (siehe Kapitel 4.3)

2.2 Ladung und Ladungsaufnahme

Die Ladungsaufnahme ist die Fähigkeit der Batterien, die ihr angebotene Ladungsmenge zu speichern. Die speicherbare Ladungsmenge ist keine Konstante, sondern eine Größe die von mehreren Parametern abhängig ist:

- vom Entladegrad der Batterien
- von der Höhe des Ladestromes
- von der Elektrolyttemperatur
- von der Zeitdauer der Ladung

Je geringer der Ladezustand einer Batterie, desto besser ist deren Ladungsaufnahme.

Jedes Zwischenladen einer Batterie ist eine Teilladung, in der Bleisulfate sowohl an der positiven Platte als auch an der negativen Platte abgebaut werden. Nicht zu vermeiden sind Ladungsverluste durch Elektrolyse.

Je höher die Ladeströme sind, desto höher werden die Verluste durch Wärmeentwicklung (RI^2). Bei Erreichen der Gasungsspannung kommen zusätzliche Verluste durch Gasung (Elektrolyse) und damit erhöhter Wasserverbrauch hinzu. Der Zeitpunkt bis zum Erreichen der Gasungsspannung ist von folgenden Parametern abhängig:

- Vom Ladezustand der Batterie (Momentanzustand).

Je höher der Ladezustand, desto kürzer der Zeitpunkt bis zum Erreichen der Gasungsspannung. Damit ist auch ein schlechterer Ladewirkungsgrad verbunden.

- Von der Höhe des Ladestromes.

Je höher der Ladestrom, desto kürzer ist die Zeit bis zum Erreichen der Gasungsspannung.

- Von der Betriebstemperatur der Batterie.

Batterien mit niedrigen Elektrolyttemperaturen haben eine höhere Gasungsspannung und Batterien mit höheren Elektrolyttemperaturen haben eine geringere Gasungsspannung.

Nennwerte:

2,4 V/Zelle für PzS und

2,35 - 2,4 V/Zelle (herstellerspezifisch) für GiS, PzV, GiV, jeweils bei 30°C.

Die Ladungsaufnahme nimmt bei Erreichen der Gasungsspannung deutlich ab. Ab dieser Spannung wird ein Teil der Ladungsmenge in Nebenreaktionen umgesetzt. Wird oberhalb der Gasungsspannung mit hohem Ladestrom geladen, finden diese Nebenreaktionen verstärkt statt. Ein erhöhter Wasserverbrauch, eine erhöhte Gasung (Knallgas!), eine starke Temperaturentwicklung und eine

eventuelle Abschlämmung der aktiven Masse sind die Folge.

3. Betriebsarten beim Zwischenladen

Für unterschiedliche Betriebsarten von Antriebsbatterien ergeben sich unterschiedliche Zwischenladungsmöglichkeiten, um dadurch eine Verlängerung der Einsatzzeit sicherzustellen.

3.1 Zwischenladen in betrieblichen Pausen

Diese können z. B. in betrieblichen Pausen, Lkw-Beladungspausen, etc. liegen. Der Betreiber der Anlage bestimmt die Anzahl und den Zeitpunkt der Zwischenladungen.

Diese Zwischenladungen erfolgen an den zur Vollladung vorgesehenen Ladegeräten. Da diese Geräte in Ladestationen oder Ladestellen untergebracht sind, werden die bau- und lüftungstechnischen Anforderungen ohnehin erfüllt. Die Batterie kann bei Zwischenladung die Gasungsspannung erreichen und überschreiten. Die Gebrauchsanweisungen und insbesondere die Sicherheitsbestimmungen für Batterien und Fahrzeuge hinsichtlich der Belüftungsanforderungen müssen bei diesen Zwischenladungen beachtet werden.

3.2 Zwischenladen im Taktbetrieb

Ein Taktbetrieb besteht aus einer Folge von Teil-Entlade-/Ladezyklen. Der Zeitpunkt des Zwischenladens wird vom System automatisch vorgegeben. Die Auswahl des Batterie- und Ladesystems sowie die Festlegung der Betriebsparameter und Grenzwerte erfordern eine anwendungsbezogene Projektierung (siehe VDI 4451 Blatt 2) und Abstimmung mit dem Batteriehersteller. Bei dieser Projektierung werden auch die Besonderheiten hinsichtlich Ladekennlinienergebnisse, Sicherheitsmaßnahmen zwecks Lüftungsanforderungen (DIN EN 50272-3) und Säureschutz berücksichtigt.

3.3 Zwischenladen durch Energierückgewinnung

Nutzbremser oder Nutzenken bewirken Rückspeisungen der kinetischen bzw. der potenziellen Energien. Diese Umwandlung erfolgt mit Hilfe der Fahr- bzw. Hubmotoren im Generatorbetrieb. Um die Sicherheit des Flurförderzeuges, des Fahrers sowie der Umgebung nicht gefährden, darf die Gasungsspannung beim Zwischenladen durch Energierückgewinnung nicht überschritten werden.

Jedes Zwischenladen durch Energierückgewinnung ist batterietechnisch gesehen eine Teilladung. Die Lade-

zeiten sind in der Regel sehr kurz und die eingeladenen Kapazitäten sehr gering.

4. Randbedingungen für das Zwischenladen von Blei-Antriebsbatterien

4.1 Kennlinien, Grenzen der Ladeströme und Ladespannungen für Zwischenladen von Bleibatterien

Als Ladekennlinie sollen bevorzugt geregelte Kennlinien, wie IU-, IU0U- bzw. IU1a-Kennlinien verwendet werden. Bei geplanten Zwischenladungen ist hierbei die eingeladene Ladungsmenge besser zu berechnen. Für die Stromeckwerte der Ladegeräte sind die batteriebauart- und hersteller-spezifischen maximalen Ladeströme zu beachten. In der Regel sollen bei Batterien der Baureihe PzS Ladeströme von max. $1,5 \times I_5$ nicht überschritten werden. I_5 entspricht dem 5-stündigen Entladestrom, d.h. bei einer Batteriekapazität von 100 Ah ist dieser Strom 20 A. Darüber hinaus gilt es batteriebauart- und hersteller-spezifische Spannungseckwerte nicht zu überschreiten (siehe Kapitel 2.2). Dabei ist auch deren Temperaturabhängigkeit zu beachten.

Die Effektivität der Zwischenladung sinkt, wenn eine Zwischenladung durchgeführt wird, bevor ca. 30 % Entladetiefe erreicht wurde.

4.2 Temperatur

Die maximale Grenztemperatur (Elektrolyttemperatur) liegt bei **+55 °C für geschlossene Batterien** (flüssiger Elektrolyt) und bei **+45 °C für verschlossene Batterien** (festgelegter Elektrolyt Gel / Vlies).

Beim Zwischenladen mit erhöhtem Energiedurchsatz (max. $1,2 \times$ Nennkapazität zwischen 2 Vollladungen) treten höhere mittlere Batterietemperaturen auf als bei Anwendungen ohne Zwischenladungen.

Höhere Temperaturen verringern die Brauchbarkeitsdauer (siehe ZVEI Merkblatt „Lebensdauerbetrachtungen bei Antriebsbatterien“).

Bei regelmäßigen Zwischenladungen mit einem höheren Energiedurchsatz als $1 \times$ Nennkapazität sind Wechselbatterien zu empfehlen.

Ursachen für die höheren Temperaturen während des Zwischenladens sind:

- Anzahl und Dauer der Zwischenladungen pro Tag
- Höhe des Ladestromes
- Einbauverhältnisse im Flurförderzeug

Bei Anwendungen, in denen mit einer erhöhten Batterietemperatur zu rechnen ist, sind **temperaturgesteuerte Ladekennlinien** zu empfehlen. Der Korrekturfaktor für die Ladekennlinien ist batteriehersteller- und bauartspezifisch. Die Einhaltung der vorgenannten Eckwerte muss sichergestellt werden, um eine Schädigung der Batterie zu vermeiden.

4.3 Lüftungsanforderungen

Um im Batterieeinbauräum während der Zwischenladungen eine Aufkonzentration von Ladegasen zu verhindern, muss ein entsprechender Lüftungsquerschnitt A [cm²] jeweils als Zu- und Abluftöffnung vorhanden sein.

Zur Berechnung der Querschnitte bei Begrenzung auf 2,4 V/Zelle (30 °C) gilt die Formel:

$$A = \frac{28 * 0,05 * n * I_{Gas} * K_5}{100}$$

hier bedeuten:

n – die Anzahl der Zellen die gleichzeitig geladen werden,

I_{Gas} – der Ladeschlussstrom [A] von 2A bei IU Ladung nach DIN EN 50272-3: 2003-05, Tabelle 1.

K₅ – 5-stündige Kapazität [Ah]

Die Berechnung bei den beispielhaft aufgeführten Batterien ergibt z.B. die folgenden Lüftungsquerschnitte (jeweils für Zu- und Abluft):

$A = 126 \text{ cm}^2$
für 24 V 3 PzS 375

$A = 420 \text{ cm}^2$
für 48 V 5 PzS 625

$A = 868 \text{ cm}^2$
für 80 V 5 PzS 775

Für Zwischenladungen an Standardladegeräten in Ladestationen bzw. Ladestellen sind immer die Lüftungsanforderungen,

sowie die Sicherheitsbestimmungen nach DIN EN 50272-3 zu beachten.

Bei unregelmäßigen Ladegeräten sind die Abdeckungen der Batterien bzw. der Batterieeinbauträume zu öffnen.

5. Anwendungsanforderungen

Bei geschlossenen Batteriesystemen der Bauart PzS / PzB ist Säureschichtung, die sich sowohl leistungsmindernd als auch brauchbarkeitsdauer-

verkürzend auswirkt, zu vermeiden. Dieses kann bei mehreren hintereinander folgenden Zwischenladungen mit erhöhtem Energiedurchsatz auftreten (> 80% Kn pro Tag).

Geeignete Maßnahmen zur Verhinderung von Säureschichtung sind z.B.:

- Tägliche Vollladungen,
- Elektrolytumwälzung mit Luftsystemen
- Pulsladungen zur Elektrolytumwälzung und wöchentliche Ausgleichsladung.



ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.
Fachverband Batterien
Lyoner Straße 9
60528 Frankfurt am Main
Tel.: 069-6302-251
Fax: 069-6302-407
e-mail: batterien@zvei.org
www.zvei.org/batterien