

Die Batterie als Stromquelle

Es gibt verschiedene Arten wiederaufladbarer Batterien. Der gebräuchlichste Typ ist die Bleisäurebatterie. Weniger bekannt ist die Nickel-Cadmium (NiCad)-Batterie, die immer noch häufig in alten Notstromsystemen vorzufinden ist. Aufgrund der hohen Ladespannung, die eine NiCad-Batterie benötigt, und der Tatsache, dass sie sehr umweltschädlich sind, eignen sich diese Batterien nicht für den Einsatz an Bord eines Schiffs oder Pkws/Lkws.



Das Prinzip der Bleisäure-Batterie

Eine Batterie ist eine Vorrichtung, die elektrische Energie in Form von chemischer Energie speichert. Bei Bedarf wird die Energie erneut als elektrischer Strom für Gleichstrom-Verbraucher, wie Beleuchtung und Anlassmotoren, freigegeben. Eine Batterie besteht aus mehreren galvanischen Zellen mit einer Spannung von jeweils 2 V. Für eine 12 Volt-Batterie werden 6 Zellen reihenweise miteinander verbunden und in einem Gehäuse untergebracht. Zur Erreichung von 24 V werden also zwei 12 V-Batterien in Reihe geschaltet. Jede Zelle verfügt über positive Bleioxidplatten und negative Bleimetallplatten. Außerdem enthält sie einen aus Wasser und Schwefelsäure bestehenden Elektrolyt. Während des Entladevorgangs wird das Bleioxid auf den Bleiplatten in Bleisulfat umgewandelt. Der Säuregrad sinkt, weil für diesen Prozess Schwefelsäure benötigt wird.

Zum Wiederaufladen der Batterie muss eine externe Stromquelle – wie ein Batterielader, eine Lichtmaschine oder ein Solarpanel – mit einer Spannung von ungefähr 2,4 V/Zelle angeschlossen werden. Das Bleisulfat wird dann wieder in Blei und Bleioxid zurückverwandelt und der Schwefelsäuregehalt steigt wieder an. Die Ladespannung wird begrenzt, um die Freigabe von übermäßig viel Wasserstoff zu vermeiden. Bei einer Ladespannung von mehr als 2,4 Volt pro Zelle wird zum Beispiel viel Wasserstoffgas freigegeben, das mit dem Sauerstoff in der Luft eine hoch explosive Mischung bilden kann.

Die Obergrenze für die Ladespannung bei einer 12 Volt-Batterie beträgt 14,4 V und der entsprechende Wert für eine 24 Volt-Batterie beträgt 28,8 V bei 20 °C. Das Verhältnis zwischen dem Ladezustand einer Batterie und dem spezifischen Gewicht der Wasser-/Schwefelsäure-Mischung lautet wie folgt:

Prozentsatz der Ladung	Batteriespannung	spezifisches Gewicht	Prozentsatz der Entladung
0%	11.64 V	1.100	± 100%
20%	11.88 V	1.140	± 80%
40%	12.09 V	1.175	± 60%
60%	12.30 V	1.210	± 40%
80%	12.51 V	1.245	± 20%
100%	12.72 V	1.280	0%

Verschiedene Batterietypen – im Hinblick auf die Dicke und die Anzahl der Platten pro Zelle – eignen sich für verschiedene Anwendungen. Der maximale Strom, der geliefert werden kann, wird durch die Plattenoberfläche insgesamt festgelegt. Die Anzahl der Entlade- und Wiederaufladevorgänge – die Anzahl der Zyklen – hängt von der Dicke der Platten ab. Eine Batterie kann entweder viele dünne Platten oder ein paar dicke aufweisen.



Die Startbatterie

Eine Startbatterie hat viele dünne Platten pro Zelle und deshalb eine große Plattenoberfläche insgesamt. Dieser Batterietyp ist deshalb für die Bereitstellung von hohem Strom über einen kurzen Zeitraum besonders gut geeignet. Die Anzahl, wie oft eine Startbatterie stark entladen werden kann, ist auf ungefähr 50-80 begrenzt. Da der Start des Motors jedoch nur eine geringe Menge der gespeicherten Energie (ungefähr 0,01%) verbraucht, hält die Batterie viele Jahre. Dieser Batterietyp eignet sich nicht für den zyklischen Gebrauch als Service-Batterie.





Die Lithium-Ionen-Batterie

Noch bis vor kurzem waren Lithium-Ionen-Batterien vor allem als wiederaufladbare Batterien mit einer geringen Kapazität erhältlich, weshalb sie besonders beliebt in Handys und Laptops waren. Jetzt gibt es bei Mastervolt Lithium-Ionen-Batterien mit großen Kapazitäten. Unsere Lithium-Ionen-Batterien verfügen über eine hohe Energiedichte und eignen sich ausgezeichnet für zyklische Anwendungen. Im Vergleich zu herkömmlichen Bleisäurebatterien ermöglichen Lithium-Ionen-Batterien Einsparungen von 70% hinsichtlich des Volumen und des Gewichts, während die Anzahl der Ladezyklen dreimal höher ist im Vergleich zu Semi-Traktions-Bleisäurebatterien.

Ein zusätzlicher Vorteil besteht darin, dass Lithium-Ionen-Batterien unabhängig von der angeschlossenen Last eine konstante Kapazität bereitstellen können.

Die verfügbare Kapazität einer Bleisäurebatterie wird bei höheren Entladeströmen reduziert. Lithium-Ionen-Batterien können bis zu 80% entladen werden, ohne dass dies Auswirkungen auf ihre Lebensdauer hat, wohingegen Bleisäurebatterien durch tiefe Entladungen stärker beeinträchtigt werden.



Längere Haltbarkeit

Lithium-Ionen-Batterien bieten auch im Vergleich zu Nickel-Cadmium-Batterien große Vorteile, wie zum Beispiel eine viel größere Leistungsdichte und eine längere Lebensdauer. Und da Lithium das leichteste Metall ist, sind Lithium-Ionen-Batterien ebenfalls leichter. Sie können zudem jederzeit geladen werden, während Nickel-Cadmium-Batterien entladen sein müssen, um eine optimale Leistung zu gewährleisten und einen Memory-Effekt zu verhindern. Darüber hinaus können Lithium-Ionen-Batterien mit sehr hohem Strom geladen werden, bis zu 100% der Kapazität, was zu einer sehr kurzen Ladezeit führt und den Memory-Effekt verhindert.

Battery Management System

Mastervolt Lithium-Ionen-Batterien sind mit einem Battery Management System ausgestattet, das das Ungleichgewicht zwischen den Zellen automatisch ausgleicht und die Lebensdauer verlängert.

Die Traktionsbatterie

(Mastervolt hat diese Art von Batterien nicht im Portfolio)

Dieser Batterietyp hat sogar noch weniger, jedoch sehr dicke, flache oder zylindrische Platten. Er kann deshalb viele Male und recht vollständig (1000-1500 vollständige Zyklen) entladen werden. Aus diesem Grund werden Traktionsbatterien häufig für Gabelstapler und kleine Elektrogeräte, wie Industrie-Reinigungsmaschinen, eingesetzt.

Für nasse Traktionsbatterien ist jedoch eine spezielle Lademethode erforderlich. Da diese Batterien meistens groß sind, sind sie besonders empfindlich im Hinblick auf die Ansammlung von Schwefelsäure am Boden des Batteriebehälters. Dieses Phänomen wird Stratifikation genannt und tritt auf, weil Schwefelsäure dichter als Wasser ist. Der Säuregehalt steigt im unteren Bereich der Batterie an wodurch die Korrosion der Platten punktuell intensiviert wird, und er sinkt

im oberen Bereich und bewirkt eine Reduktion der Kapazität. Die Batterie wird ungleichmäßig entladen, was die Lebensdauer der Batterie erheblich senkt. Um die Säure wieder gleichmäßig zu verteilen, muss die Batterie absichtlich durch eine zu hohe Spannung überladen werden. Hierbei entsteht eine große Menge an Wasserstoffgas, das mit dem Sauerstoff in der Luft eine gefährliche Mischung bildet. Die für die Wiederaufladung dieser Batterien erforderliche Spannung beträgt etwa 2,7 V/ Zelle oder 16,2 Volt für ein 12 V-System sowie 32,4 Volt für ein 24 V-System. Diese hohen Spannungsniveaus sind für die angeschlossene Ausrüstung besonders gefährlich, und wegen der großen Menge an erzeugtem Gas sind diese Batterien nicht für den Einsatz in Schiffen und Fahrzeugen geeignet, außer für den Antrieb.

Die Semi-Traktionsbatterie



Eine Semi-Traktionsbatterie hat weniger, jedoch dickere Platten pro Zelle. Diese Batterien stellen relativ wenig Startstrom zur Verfügung, können jedoch häufiger und in einem größeren Umfang (etwa 200 bis 600 vollständige Zyklen) entladen werden. Dieser Batterietyp eignet sich ausgezeichnet für die kombinierte Funktion der Start-/Service-Batterie.

Häufig gestellte Fragen zu Batterien

■ Wie lange braucht meine Batterie zum Entladen?

Dies hängt von ihrer Kapazität und der Menge an verbrauchtem Strom durch die angeschlossenen Geräte ab. Als Regel gilt, je schneller eine Batterie entladen wird, desto weniger Strom stellt sie zur Verfügung. Dies gilt auch umgekehrt: Je länger es dauert, bis eine Batterie entladen ist, umso mehr Energie liefert sie. Eine Bleisäurebatterie von 100 Ah liefert 5 Ampere für 20 Stunden. In dieser Zeit sinkt die Spannung nicht unter 10,5 V: hierdurch erhält man 100 Ah. Wenn eine Last von 100 Ampere an dieselbe Batterie angeschlossen wird, kann die Batterie dieses nur für 45 Minuten betreiben. Danach fällt die Batteriespannung auf 10,5 V und die Batterie ist leer, wobei sie nur 75 Ah bereitgestellt hat. Im Gegensatz zu Bleisäurebatterien hat die angeschlossene Last keine Auswirkungen auf die Kapazität der Lithium-Ionen-Batterien. Eine Lithium-Ionen-Batterie liefert unabhängig von der angeschlossenen Last immer eine Kapazität von 100%.

■ Wie lange hält meine Batterie?

Die Lebensdauer einer Batterie hängt davon ab, wie oft und in welchem Umfang sie entladen wird. Das richtige Laden mit dem richtigen Ladegerät ist auch entscheidend. Bei normalem Einsatz im Urlaub und am Wochenende, ist eine Lebensdauer zwischen fünf und sieben Jahren für Gel- und AGM-Batterien üblich. Wenn die Batterie häufig entladen wird, müssen Sie die Kapazität entsprechend anpassen. Es besteht auch die Option, 2 Volt-Zellen zu verwenden. Für diesen Batterietyp ist eine Lebensdauer von 15 Jahren nichts Außergewöhnliches, so lange sie die richtige Kapazität haben und richtig geladen werden. Lithium-Ionen-Batterien sind das Nonplusultra. Sie können äußerst schnell geladen und wieder entladen werden und sie halten bis zu dreimal so viele Zyklen wie andere Batterietypen.

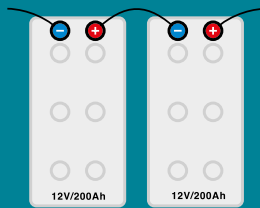
■ Was ist eine Reihenschaltung bzw. eine Parallelschaltung?

Durch eine Reihenschaltung wird die Spannung erhöht und die Kapazität bleibt auf demselben Niveau. Zwei in Reihe geschaltete Batterien von 12 V/120 Ah ergeben zusammen eine Batteriebank von 24 V/120 Ah. Bei einer Reihenschaltung wird der Pluspol der einen Batterie an den Minuspol der nächsten angeschlossen, wobei die Pole an den Enden an das System angeschlossen werden. Batterien mit unterschiedlichen Kapazitäten sollten niemals in Reihe geschaltet werden.

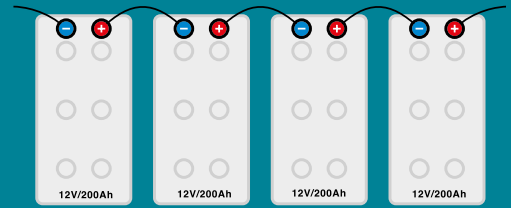
Beispiele

Die folgenden Beispiele beziehen sich auf den Einsatz normaler 12 V-Batterien. Bei Mastervolt erhalten Sie auch 2V-, 6V- und 24 V-Batterien; das Prinzip der Reihen- und Parallelschaltung bleibt gleich.

Reihenschaltung



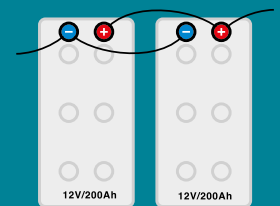
Reihenschaltung
24 V/200 Ah.



Reihenschaltung 48 V/200 Ah.

Parallelschaltung

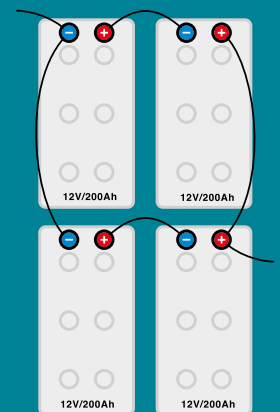
Sie können auf die Parallelschaltung zurückgreifen, wenn Sie Ihre Kapazität erhöhen müssen. Die Plusleitungen werden ebenso zusammen angeschlossen wie die Minusleitungen. Die Verkabelung von der Batterie zum System sollte wie folgt aussehen: Plus von Batterie 1 und Minus von Batterie 2 (oder der letzten Batterie bei der Parallelschaltung).



Parallelschaltung
12 V/400 Ah.

Reihen-/Parallelschaltung

Wenn Sie eine 24 V-Batterie mit einer höheren Kapazität benötigen, können Sie die Reihen- und Parallelschaltungen kombinieren. Die Kabel von der Batterie zum System müssen überkreuzt werden: Plus von Batterie 1 und Minus von Batterie 2 (oder der letzten Batterie bei der Parallelschaltung).



Reihen-/Parallelschaltung
24 V/400 Ah.

■ **Achten Sie darauf, dass bei der Installation mehrerer Batterien zwischen den Batterien ausreichend Platz ist: Dazwischen sollte ein Fingerbreit Platz sein, damit sich die Wärme verflüchtigen kann.**

■ Was Sie bei Batterien, insbesondere Gel und AGM, vermeiden sollten

- Falsche Ladespannung. Bei einer zu niedrigen Spannung kann die Batterie nicht zu 100% geladen werden - hierdurch verhärtet sich das Sulfat auf den Platten und die Batterie verliert ihre Kapazität. Eine zu hohe Spannung führt dazu, dass die Batterien Gas erzeugen, was zu einem Verlust von Wasser und demzufolge zum Austrocknen führt.
- Übermäßige Entladung. Durch das Entladen einer Batterie über ihre Kapazität hinaus wird ihre Lebensdauer verkürzt.
- Zu starke Welligkeit der Ladespannung. Günstige und altmodische Batterielader zeichnen sich häufig durch eine starke Spannungswelligkeit (Spannungsabweichung) der Ausgangsspannung aus.
- Den Einsatz einer Lichtmaschine ohne einen 3-stufigen Regler, eine sehr hohe Umgebungstemperatur oder das Laden ohne Temperatursausgleich.

■ Kann ich die Batterien über den Winter an Bord lassen?

Das ist gut für alle Batterien, da ihre Lebensdauer durch die niedrige Temperatur sogar noch verlängert wird. Denken Sie nur daran, die Batterien vollständig zu laden und achten Sie darauf, dass keine Verbraucher mehr angeschlossen sind. Messgeräte für die Batteriespannung, Zeitmesser und Autoradiospeicher gehören zu den versteckten Endgeräten, auf die besonders geachtet werden muss. Nasse Batterien müssen regelmäßig nachgefüllt werden, um ein Gefrieren zu verhindern. Es ist ratsam, die Batterien alle zwei bis drei Wochen einmal an Strom anzuschließen, damit sie wieder voll aufgeladen werden können. Wenn Sie im Winter keinen Zugang zu einer Stromquelle haben, raten wir Ihnen, die Batterien vor dem Winter vollständig aufzuladen und die Batteriepole dann abzuklemmen, damit kleine Verbraucher Ihre Batterie nicht entladen können. Wir raten Ihnen auch, Ihre Batterie alle zwei Monate aufzuladen.

■ Welche Wartung benötigen Gel-, AGM- und Lithium-Ionen-Batterien?

Für Gel-, AGM- und Lithium-Ionen-Batterien ist keine Wartung erforderlich, weshalb sie überall installiert werden können. Wir raten Ihnen jedoch, einmal im Jahr alle Anschlüsse zu überprüfen um sicherzugehen, dass sie ordnungsgemäß angebracht sind, und die Oberflächen mit einem leicht feuchten Tuch zu reinigen. Außerdem müssen die Batterien jedes Mal vollständig geladen werden, damit sie ihre maximale Lebensdauer erreichen.

Was sind wartungsfreie Batterien?

Verschiedene Batterietypen werden eingesetzt, von denen jede ihre eigenen spezifischen Eigenschaften hat. Hier ist eine Zusammenfassung:

■ Die Gel-Batterie

Bei nassen Bleisäurebatterien mit einem flüssigen Elektrolyt aus Wasser und Schwefelsäure wird das Wasser während des Ladevorgangs in Wasserstoff und Sauerstoff gespalten, und zwar meistens am Ende des Ladezyklus. Diese Gase entweichen daraufhin durch den Verschlussdeckel. Das heißt, Wasser wird verbraucht und destilliertes (Batterie-)Wasser muss hinzugefügt werden. Bei dem Elektrolyt in einer Gel-Batterie handelt es sich um ein Gel, welches das Wasser mit der Säure bindet. Während die Batterien aufgefüllt werden, erwärmt sich das Gel und wird flüssig. Nachdem die Batterie mit dem flüssigen Gel gefüllt wurde, kühlt dieses ab und erhärtet sich wieder.



Dieser Prozess führt zu winzigen Haarrissen in dem Gel zwischen den Platten. Während des Ladevorgangs wird auf der positiven Platte Sauerstoff und auf der negativen Wasserstoff erzeugt. Die Risse in dem Gel bewirken eine Verbindung der Gase, so dass Wasser entsteht. Dann absorbiert das Gel das Wasser, so dass kein Wasser aus dem System entweicht und keine Gase produziert werden.

Gel-Batterien sind keine neue Technik und bereits seit den 50er-Jahren auf dem Markt. Die wichtigsten Anwendungen sind der Notstrom-Bereich, Telekommunikationssysteme, die Stromversorgung und in den letzten 20-25 Jahren als Service-Batterien in verschiedenen Systemen. Gel-Batterien gibt es in zwei verschiedenen Ausführungen. Die 12-Volt-Batterie kann regelmäßig eingesetzt werden und ist in Kapazitäten bis zu 200 Ah erhältlich.



Die zweite Ausführung ist eine 2-V-Traktionsbatterie, die in Kapazitäten bis zu 2700 Ah erhältlich ist und sich besonders für Systeme mit häufigen und starken Entladungen eignet, für die eine lange Lebensdauer erforderlich ist. Für eine Batterie mit 12 oder 24 Volt müssen sechs bzw.

12 Gel-Batterien zur Erreichung der erforderlichen Spannung seriell angeschlossen werden.

Die wesentlichen Vorteile der Gel-Batterien sind u.a. ihre stark eingeschränkte Selbstentladung, die Möglichkeit einer kurzen Ladezeit und die fehlende Gasbildung unter normalen Umständen. All dies sind Gründe, weshalb Gel-Batterien sich äußerst gut für stark zyklische Anwendungen eignen.

Die AGM-Batterie

Ein anderer Typ der Bleisäurebatterie ist die AGM (Absorbed Glass Mat = in Glasfasermatten gebundene) -Batterie. Bei diesem

Model wird das Elektrolyt (Wasser und Schwefelsäure) in einer äußerst feinen Glasfasermatte gebunden. Wie bei jeder anderen Batterie wird auch hier durch den Ladevorgang Wasserstoffgas und Sauerstoff erzeugt, die durch die Kapillare der Glasfasermatte transportiert werden. Sobald die zwei Gase wieder verbunden sind, entsteht erneut Wasser, das wieder in der Glasfasermatte gebunden wird. Der Rekombinationsvorgang ist dann abgeschlossen. Die Glasfasermatte dient auch als Isolierung zwischen den Platten, die auf diese Weise eng nebeneinander angeordnet werden können, so dass



nur ein sehr geringer Innenwiderstand entsteht. Ein hoher Entladestrom stellt also kein Problem dar. Der Ladestrom könnte etwas geringer als bei Gel-Batterien ausfallen (ungefähr 30%), da die Glasfasermatte auch ein effizienter Wärme-dämmstoff ist. Die durch den Ladevorgang erzeugte Wärme wird schrittweise aus dem Gehäuse abgeleitet. Der Ladestrom muss also gewissermaßen eingeschränkt sein, weshalb der Ladevorgang etwas länger dauert. AGM-Batterien eignen sich besonders gut für Anwendungen mit einem hohen Entladestrom, wie Bugstrahlruder oder Deckenwinden sowie für den Einsatz mit mittlerem Zyklus. Die AGM-Batterie ist komplett geschlossen und deshalb wartungsfrei.

Bei Überladung der AGM-Batterie, zum Beispiel aufgrund des Einsatzes eines (günstigen) nicht regulierten Batterieladers, entsteht eine geringe Menge an Wasserstoffgas. Das Gas entweicht durch eine spezielle Entlüftungsöffnung im Batteriegehäuse, die dazu dient, das Eindringen von Sauerstoff in die Batterie zu verhindern. Ein falscher Ladevorgang verkürzt die Lebensdauer der Batterie.

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

- Aufgrund des geringen Innenwiderstands eignen sich AGM-Batterien besonders für die Stromversorgung von Winden, Ankerwinden und Bugstrahlrudern, zum Starten von Motoren und für den begrenzten zyklischen Einsatz.
- Gel-Batterien sind besonders als Service-Batterien geeignet, da sie schnell wieder geladen werden können und eine lange Lebensdauer haben, auch bei zahlreichen Lade-/Entladezyklen
- Für eine Service-Batterie können Sie entweder eine 6 V-, 12 V- oder 24 V-Ausführung oder das 2 V-Modell wählen.
- Die Batterien von Mastervolt sind völlig wartungsfrei und geben unter normalen Umständen keine Säure ab bzw. erzeugen keine gefährlichen Gase. Sie können überall an Bord einfach installiert werden, wie z. B. neben der Bilgenpumpe oder im Maschinenraum (verringerte Lebensdauer aufgrund der hohen Temperaturen). Spezielle Batteriegehäuse oder eine externe Belüftung sind normalerweise nicht notwendig, da die natürliche Belüftung ausreicht.
- Lithium-Ionen-Batterien bieten Einsparungen an Platz und Gewicht von bis zu 70%, ihre Lebensdauer ist dreimal länger und sie können schnell wieder aufgeladen und entladen werden. 2000 Ladezyklen ist keine Ausnahme.

Die Lithium-Ionen-Batterie

Die Lithium-Ionen-Batterien von Mastervolt basieren auf Lithium-Ion Eisen-Phosphat, dessen Energiedichte dreimal höher als die der Bleisäurebatterien ist. Es gibt zwar Materialien mit einer noch höheren Energiedichte, diese werden im Allgemeinen jedoch als nicht so sicher erachtet. Die Lithium-Ionen-Batterien von Mastervolt sind die sichersten Batterien ihrer Art. Ein einzigartiges Merkmal ist ihr integriertes Battery Management System (BMS). Das System kontrolliert die Zellspannung sowie die Temperatur und garantiert optimale Sicherheit. Lithium-Ionen-Batterien sind mit dem MasterBus kompatibel und bis zu 15% effizienter als Bleisäurebatterien.



Deshalb können Sie von einer Batterie mit 400 Ah nur bis zu 200 Ah nutzen. Die Entladetiefe einer Lithium Ionen-Batterie von Mastervolt beträgt 80%, also nahezu 60% mehr nutzbare Batteriekapazität. Bei diesem Prozentsatz liefert eine Batterie von 400 Ah 320 Ah oder 120 Ah mehr.

Hierdurch erhalten Sie:

- Kürzere Ladezeiten.
- Weniger Zeit, die der Generator zum Laden benötigt.
- Mehr Strom als von einer herkömmlichen Batterie mit denselben Abmessungen.
- Eine normale offene Bleisäurebatterie zum Beispiel hat eine Entladetiefe (DOD = depth of discharge) von 50%.

- Lithium-Ionen-Batterien eignen sich auch ideal zum Segeln mit Elektro- oder Hybridantrieb. Bis zu zehn Mastervolt Lithium-Ionen-Batterien können parallel geschaltet werden.
- Ein weiterer Vorteil ist, dass Lithium-Ionen-Batterien leichter sind und weniger Platz beanspruchen.

Festlegung der Lebensdauer

Die durchschnittliche Lebensdauer einer 12 V-Gel- oder AGM-Batterie beläuft sich auf sechs Jahre, wenn die Batterie nicht genutzt und in einem geladenen Zustand gehalten wird. Nach fünf oder sechs Jahren Float-Spannung bei einer durchschnittlichen Umgebungstemperatur von 25 °C verfügt die Batterie immer noch über 80% ihrer ursprünglichen Kapazität. Höhere Durchschnittstemperaturen verkürzen die Lebensdauer der Batterie. Die Anzahl an Lade- und Entladezyklen steht bei einer 12 V-Batterie in einem engen Zusammenhang mit ihrer Struktur und Qualität. Bei 12 V-Gel-Batterien von Mastervolt können etwa 500 vollständige Zyklen bis auf 20% entladen und wieder bis zur vollen Kapazität aufgeladen werden.

Die meisten Hersteller gehen davon aus, dass Batterien bei einer verbleibenden Kapazität von 80% verbraucht sind. Dies bedeutet jedoch nicht, dass die Batterie sofort ausgetauscht werden muss. Die Batterie kann z. B. immer noch verwendet werden, wenn nur 50% der Batteriekapazität tatsächlich erforderlich sind.

Aus diesem Grund ist es nicht erforderlich, die Batterie nach sechs Jahren oder 500 vollständigen Zyklen auszutauschen. Eine durchschnittliche Nutzungsdauer von sieben Jahren ist für 12 V-Gel-Batterien völlig normal.

2-Volt-Traktions-Gel-Batterien

Die Lebensdauer für 2-Volt-Traktions-Gel-Batterien beträgt ungefähr 10 bis 15 Jahre und die maximale Anzahl an vollständigen Zyklen 1000-1500 bei einer Entladung von 20% der Kapazität. Deshalb eignen sich diese Batterien besonders gut für größere Systeme, bei denen eine intensive Nutzung und eine sehr lange Lebensdauer erforderlich sind.

Lithium-Ionen-Batterien

Lithium-Ionen-Batterien haben eine Lebensdauer von mehr als 2000 Zyklen. Das ist dreimal länger als bei den meisten Standard-Bleisäurebatterien. Dies kann man auf die große Anzahl an Funktionen zurückführen, wie dem Zellenmanagement, der äußerst geringen Selbstentladung, dem fehlenden 'Memory-Effekt' und einer Entladung von 20%.

Transport

Beförderung der Gel- und AGM-Batterien von Mastervolt

Die Gel- und AGM-Batterien von Mastervolt gelten als auslaufsichere Batterien. Deshalb können sie als ungefährliche Güter transportiert werden, da sie nicht unter die Dangerous Goods Regulations (Vorschriften über die Beförderung gefährlicher Güter) fallen, die die Beförderung auf der Straße, auf der Schiene, auf See oder in der Luft regeln. Sie können also schnell und relativ günstig an jeden Ort der Welt verschickt werden.

Beförderung der Lithium-Ionen-Batterien von Mastervolt

Die ordnungsgemäße Beförderung von Lithium-Ionen-Batterien erfordert besondere Sorgfalt. Die Lithium-Ionen-Batterien von Mastervolt sowie deren Verpackung haben alle hierfür erforderlichen Sicherheitsprüfungen durchlaufen, die durch die Vereinten Nationen und die Verkehrsbehörden (sowohl Straße, Schiene, See als auch Luft) vorgeschrieben sind. Im Folgenden sind die diesbezüglichen technischen Einzelheiten aufgeführt.

Die Lithium-Ionen-Batterien von Mastervolt wurden gemäß dem UN Handbook of Tests and Criteria (UN Handbuch der Prüfungen und Kriterien), Teil III, Unterabschnitt 38.3 (ST/SG/AC.10/11/Rev.5) geprüft. Hinsichtlich der Beförderung fallen die Batterien unter die Kategorie UN3480, Klasse 9, Verpackungsgruppe II, und müssen in Übereinstimmung mit dieser Vorschrift befördert werden. Dies bedeutet, dass sie für den Transport über Land und auf See (ADR, RID & IMDG) gemäß der Verpackungsanweisung P903 gepackt werden müssen und für den Transport in der Luft (IATA) gemäß der Verpackungsanweisung P965. Die Original-Verpackung der Mastervolt Lithium-Ionen-Batterien stimmt mit diesen Anweisungen überein.



3-Stufiger+-Ladevorgang

Durch diese moderne Ladetechnik kann eine Batterie schnell und sicher in drei Phasen (Stufen) geladen werden.

Der erste Schritt ist die **BULK**- oder Hauptladephase, in der die Batterie schnell geladen wird. Der Ausgangsstrom des Batterieladers beträgt während dieser Phase maximal 100% und die Batteriespannung hängt von dem Ladegrad der Batterie ab. Die Dauer dieser Phase hängt von dem Verhältnis zwischen Batterie und Kapazität des Batterieladers ab und natürlich auch davon, bis zu welchem Grad die Batterien zu Beginn entladen waren. Auf die Hauptladephase folgt die **ABSORPTIONS**- oder Nachladephase, die beginnt, sobald eine Batterie bis zu ± 80% (90% bei Gel- und AGM-Batterien) geladen wurde, und endet, wenn die Batterie vollständig geladen ist. Während dieser Phase bleibt die Batteriespannung

konstant. Der Ladestrom hängt von dem Grad der ursprünglichen Entladung der Batterie, von dem Batterietyp, der Umgebungstemperatur usw. ab. Bei einer nassen Batterie dauert diese Phase etwa vier Stunden, bei Gel- und AGM-Batterien etwa drei.

Dies gilt nicht für Lithium Ionen-Batterien, da diese zu 100% vollständig mit Strom geladen werden. Sobald die Batterie zu 100% geladen ist, schaltet der Mastervolt Batterielader automatisch in die **FLOAT**- oder Erhaltungsphase um.

Während dieser Phase wird die Batterie in einem optimalen Zustand gehalten und angeschlossene Endgeräte werden mit Strom versorgt. Wenn der Stromverbrauch höher als die Kapazität des Batterieladers ist, wird der erforderliche zusätzliche Strom durch die Batterie beigesteuert. Die Batterie wird dann (teilweise) entladen und

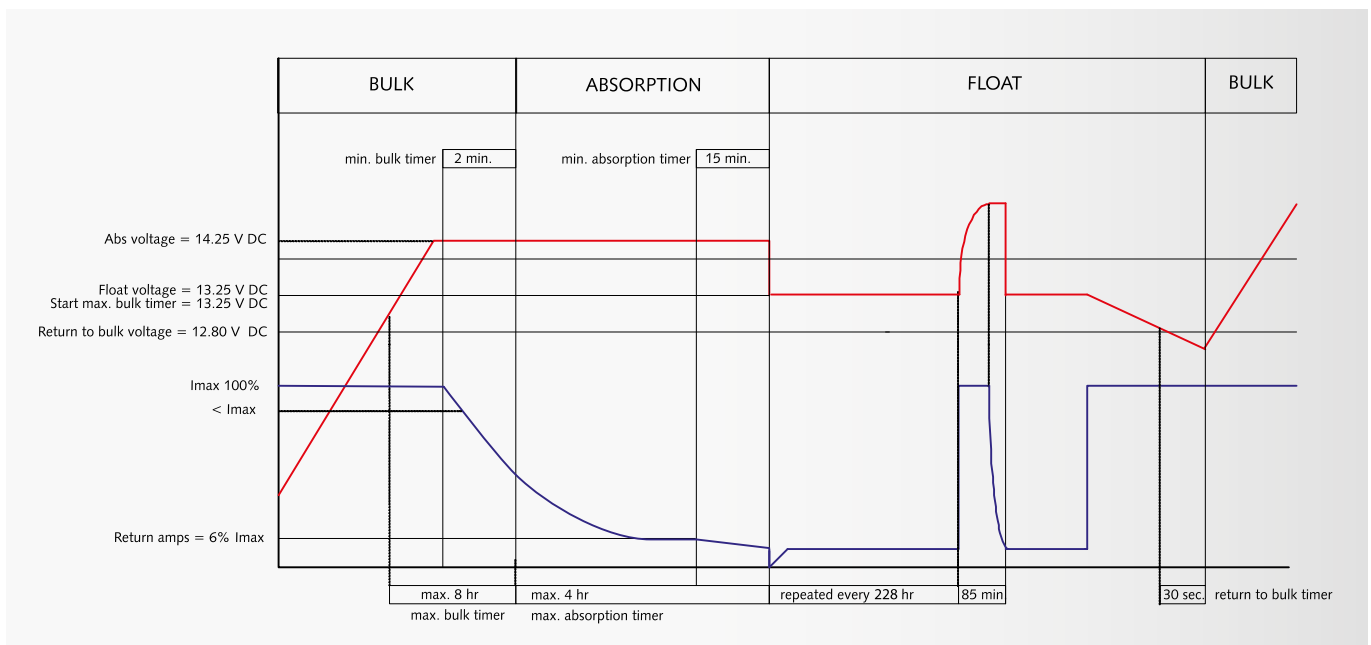
der Batterielader schaltet automatisch wieder in die Hauptladephase zurück. Sobald der Verbrauch nachlässt, beginnt der Batterielader wieder mit dem Laden der Batterie durch die 3-stufige+ Lademethode.

Ein Batterielader mit einem 3-stufen+ -Ladesystem kann auch im Winter an die Batterie angeschlossen bleiben und gewährleistet eine hohe Lebensdauer der Batterie. Es ist auch für alle angeschlossenen Geräte sicher.

Absorptions- oder Nachladezeit

Die Dauer der zweiten Phase während des Ladevorgangs einer Batterie. Während dieser Phase wird die Batterie generell von 80 auf 100 % geladen. Sie dauert etwa vier Stunden bei nassen Bleibatterien und zwei Stunden bei Gel- und AGM-Batterien. Bei Lithium-Ionen-Batterien ist die Nachladezeit sehr kurz, da sie zu 100% vollständig mit Strom geladen werden können. Diese Phase wird für Mastervolt Batterielader automatisch eingestellt.

3-Stufige+-Ladekennlinie (IUoUo)





■ Ladefaktor

Der Ladefaktor gibt den Wirkungsgrad einer Batterie an, der sich bei einer durchschnittlichen nassen Batterie auf etwa 80% beläuft. Das heißt, sie muss um das 1,2-fache der tatsächlichen Kapazität in Ah wieder aufgeladen werden, um dieselbe Kapazität zu erhalten, was einen Ladefaktor von 1,2 ergibt. Je niedrigerer der Ladefaktor oder je größer der Wirkungsgrad der Batterie, desto besser die Qualität der Batterie. Die Gel- und AGM-Batterien von Mastervolt haben einen Wirkungsgrad von >90% sowie einen niedrigen Ladefaktor von 1,1 bis 1,15 und bieten die allerbeste Qualität.

■ Entladefaktor

Dieser ist auch als Peukert-Exponent bekannt. Mit seiner Hilfe können Sie festlegen, wie lange eine Batterie bei

einer bestimmten Last verwendet werden kann, bevor sie wieder aufgeladen werden muss.

■ Zyklus

Eine Batterie hält nur eine bestimmte Anzahl an Lade-/Entladezyklen, je nach Typ und Qualität. In der Theorie, ein Lade-/Entladezyklus ist der Vorgang, bei dem eine Batterie auf 0% ihrer Kapazität entladen und wieder auf 100% aufgeladen wird. Zweimaliges Wiederaufladen, nachdem auf 50% entladen wurde, ist ebenfalls ein Zyklus wie viermaliges Entladen auf 75% und Wiederaufladen. Eine Startbatterie zum Beispiel kann etwa 50 bis 80 Zyklen haben. Dies erscheint vielleicht wenig, ist in Wirklichkeit jedoch mehr als ausreichend. Es stimmt zwar, dass für das Starten eines Motors viel Strom

verbraucht wird, doch dieser Vorgang dauert nur kurze Zeit und entspricht 0,001 Zyklen. Mit anderen Worten, ein Motor kann 80.000 Mal gestartet werden, bevor die Batterie verbraucht ist. Eine qualitativ hochwertige Semi-Traktions-Batterie hält ungefähr 250 bis 300 Zyklen.

Wenn die Batterie nur auf 50% der Kapazität entladen wird, stehen 600 Zyklen zur Verfügung. Gehen wir von 25 Segel-Wochenenden (50 Tagen) zuzüglich 20 Tagen Ferien aus und entladen die Batterie nur zu 50%, durchläuft die Batterie 70 halbe Zyklen bzw. 35 ganze.

Laden der Batterien

Ladespannung

Gel- (12 und 2 V) sowie AGM- (6 und 12 V) Batterien müssen mit einer Spannung von 2,4 V/Zelle bei einer Temperatur von 25 °C geladen werden. Dies entspricht 14,4 V bei einer 12 V-Batteriebank sowie 28,8 V bei einer Batteriebank von 24 V. Die maximale Zeit, in der eine Batterie bei dieser Spannung geladen werden kann, beläuft sich auf vier Stunden. Danach muss die Spannung auf 2,2 V/Zelle oder entsprechend 13,25 bzw. 26,5 V reduziert werden. Lithium-Ionen-Batterien müssen mit einer Spannung von 29,2 V bei einem 24 V-System und 14,6 V bei einem 12 V-System geladen werden. Die Erhaltungsspannung beträgt 26,5 bzw. 13,25 Volt.

Bei Notstromsystemen, bei denen Gel-Batterien problemlos eine lange Zeit (sogar über drei Jahre) im Erhaltungsmodus bleiben können, muss die Erhaltungsspannung auf etwa 13,8 bzw. 27,6 Volt bei einer Temperatur von 25 °C angehoben werden. Mastervolt liefert DC-DC-Wandler, die die Spannung auf ein niedrigeres Niveau regulieren (13,8 oder 27,6 Volt), um so zu gewährleisten, dass (Halogen-) Lampen während des Ladevorgangs nicht ausfallen.

Der Ladestrom

Eine Faustregel für Gel- und AGM-Batterien lautet, dass der minimale Ladestrom 15 bis 25% der Batteriekapazität entsprechen sollte. Während des Ladevorgangs müssen normalerweise angeschlossene Geräte ebenfalls eingeschaltet werden. Dies bedeutet, dass mit einem Batteriesatz von 400 Ah und einer Anschlussleistung von 10 Ampere, die Laderkapazität zwischen 70 und 90 A liegen muss, um die Batterie in einer angemessenen Zeit zu laden. Der maximale Ladestrom beläuft sich auf 50% bei einer Gel-Batterie und 30% bei einer AGM-Batterie. Bei einer Lithium-Ionen-Batterie kann der Ladestrom mit der Kapazität übereinstimmen. Eine Lithium-Ionen-Batterie von 180 Ah kann z. B. mit 180 A wieder aufgeladen werden.

Das Ladesystem

Um eine möglichst hohe Lebensdauer der Gel-, AGM- und Lithium-Ionen-Batterien zu erhalten, benötigen Sie einen modernen Batterielader mit einer 3-stufigen-Ladekennlinie und einem Sensor zum Messen der Batterietemperatur. Diese Batterielader regulieren kontinuierlich die Ladespannung und den Ladestrom und passen die Ladespannung der Batterietemperatur an.

Da sich an Bord immer Geräte befinden, wie zum Beispiel Kühlschränke, die einer Batterie Strom entziehen, auch wenn diese geladen wird, wurde eine maximale Ladespannung festgelegt, um die angeschlossenen Geräte zu schützen. Der maximale Wert beträgt 14,55 Volt für ein 12 Volt-System und 29,1 Volt für ein 24 Volt-System. Diese Ladespannung gilt auch bei einer Umgebungstemperatur von 12 °C.

Damit die Batterien nicht vorzeitig ausfallen, muss die Brummspannung des Batterieladers unter 5% liegen. Versorgt die Batterie auch die Navigations- oder Kommunikationsausrüstung, wie GPS oder VHF, mit Strom, darf die Brummspannung nicht mehr als 100 mV (0,1 Volt) betragen, ansonsten könnten Probleme mit der Ausstattung auftreten. Ein weiterer Vorteil einer niedrigen Brummspannung besteht darin, dass Stromsysteme an Bord nicht beschädigt werden, wenn ein Batteriepol nicht richtig angebracht oder korrodiert ist. Bei einer niedrigen Brummspannung kann der Batterielader das System sogar antreiben, ohne an eine Batterie angeschlossen zu werden.



Die Batterielader von Mastervolt sind natürlich alle mit einer ausgezeichneten Spannungsregulierung ausgestattet, durch die die Brummspannung unter 100 mV liegt. Für GMDSS (Global Maritime Distress Safety System)-Systeme an Bord größerer Hochseeschiffe kann der Batterielader auch mit einem Strom- und Voltmeter zuzüglich Alarmkontakt ausgestattet werden. Der Alarmkontakt wird an das Alarmsystem der Yacht angeschlossen, so dass irgendwelche Unterbrechungen hinsichtlich des Betriebs des Batterieladers – möglicherweise aufgrund einer Unterbrechung der 230 Volt-Versorgung – rechtzeitig entdeckt werden. Durch die optionale Mass Charger Interface sind Mass-Ladegeräte besonders gut als GMDSS-Ladegeräte geeignet.





Mit Hilfe der folgenden Formel kann die Ladezeit einer Gel- oder AGM-Batterie berechnet werden:

$$L_t = \frac{C_o \times \text{eff}}{A_l - A_b} + 4h$$

- L_t** = Ladezeit
- C_o** = Kapazität, die der Batterie entzogen wurde
- eff** = Wirkungsgrad; 1,1 bei einer Gel-Batterie, 1,15 bei einer AGM-Batterie und 1,2 bei einer nassen Batterie
- A_l** = Strom des Batterieladers
- A_b** = Verbrauch der angeschlossenen Geräte während des Ladevorgangs

Wenn wir eine Batterie nehmen, die zu 50% entladen ist, und das zuvor genannte Beispiel einer 400 Ah Gel-Batterie sowie einen Batterielader von 80 Ampere zugrunde legen, dauert das Laden der Batterie auf 100% wie folgt:

$$L_t = \frac{200 \times 1,1}{80 - 10} + 4h \approx 7h$$

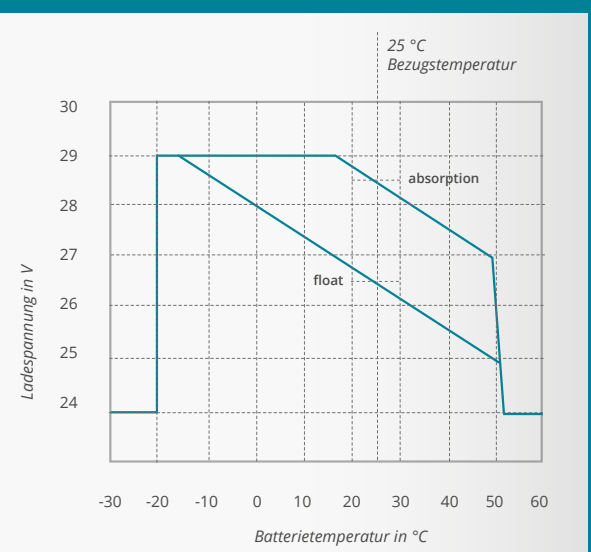
Berechnung der Ladezeit

Bei der Berechnung der Ladezeit einer Batterie müssen verschiedene Faktoren berücksichtigt werden.

Die erste Überlegung gilt dem Wirkungsgrad der Batterie. Bei einer Standard-Nasszellenbatterie liegt der Wirkungsgrad bei ungefähr 80%. Dies bedeutet, dass die Batterie mit 120 Ah geladen werden muss, damit ihr später 100 Ah entzogen werden können. Bei Gel-, AGM- und Lithium-Ionen-Batterien ist der Wirkungsgrad größer – 85 bis 90% – weshalb es geringere Verluste und kürzere Ladezeiten im Vergleich zu Nasszellenbatterien gibt.

Ein weiterer, bei der Berechnung der Ladezeit zu berücksichtigender Punkt ist die Tatsache, dass die letzten 20% des Ladevorgangs (80-100%) ± vier Stunden in Anspruch nehmen (dies gilt nicht für Lithium-Ionen-Batterien). Bei der zweiten Stufe, die auch als Absorptionsphase bekannt ist, legt die Batterie fest, wie viel Strom sie unabhängig von der Ausgangsleistung des Batterieladers absorbieren muss.

Die Menge an Strom hängt von dem Batterietyp ab (nass, AGM, Gel oder Lithium-Ionen) sowie von weiteren Faktoren, wie dem Umfang, in dem sie zu Beginn geladen wurde, der Temperatur, der Lebensdauer und der Umgebungstemperatur.



Temperaturausgleichskurve

Überprüfung der verbleibenden Kapazität einer versiegelten AGM- oder Gel-Batterie

Die verbleibende Kapazität oder der Zustand einer Batterie lässt sich am einfachsten mit Hilfe eines Ah-Messgerätes überprüfen, wie dem MasterShunt oder BTM-III Batteriemonitor von Mastervolt. Zusätzlich zum Lade- und Entladestrom gibt dieser Monitor auch die Batteriespannung und die Anzahl der verbrauchten Amperestunden wieder. Außerdem zeigt er an, wie lange es noch dauert, bis die Batterie wieder aufgeladen werden muss. Das Gerät liefert auch Daten darüber, wie oft und in welchem Umfang die Batterie entladen wurde, wobei sowohl das durchschnittliche als auch das höchste Entladenniveau angezeigt werden. Der MasterShunt kann problemlos an das MasterBus-Netz angeschlossen werden, und mit Hilfe der integrierten Systemuhr in Kombination mit den auf Befehlen basierenden Ereignissen können Sie das System entsprechend Ihren Wünschen programmieren.

Eine andere, jedoch sehr ungenaue Methode zur Überprüfung Ihrer Batterie besteht darin, die Batteriespannung zu messen. Dies kann jedoch nur geschehen, wenn die Batterie für mindestens 24 Stunden nicht benutzt wurde. Die Messung der Batteriespannung liefert zwar eine ungefähre Schätzung des Umfangs, in dem die Batterie entladen wurde, doch bei geringen Spannungsabweichungen ist ein präzises digitales Voltmeter erforderlich.

Verbleibende Batteriekapazität	Batteriespannung
25%	zwischen 11.7 und 12.3 Volt
50%	zwischen 12.0 und 12.6 Volt
75%	zwischen 12.1 und 13.0 Volt
100%	zwischen 12.6 und 3.35 Volt

Diese Methode ist nur zu 15-20% genau und gibt deshalb nur ungefähr an, wie viel Strom noch in der Batterie übrig ist.

Die Peukert-Gleichung

Oberflächlich betrachtet scheint man einfach berechnen zu können, wie lange eine Batterie noch ausreichend Strom liefert. Eine der gebräuchlichsten Methoden besteht darin, die Batteriekapazität durch den Entladestrom zu teilen. In der Praxis erweisen sich solche Berechnungen jedoch häufig als falsch. Die meisten Batteriehersteller legen die Batteriekapazität unter der Annahme fest, dass die Entladezeit 20 Stunden beträgt.

Es wird zum Beispiel davon ausgegangen, dass eine Batterie von 100 Ah 20 Stunden lang 5 Ampere pro Stunde liefert, wobei die Spannung in dieser Zeit nicht unter 10,5 V (1,75 V/Zelle) sinken sollte. Leider liefert eine Batterie von 100 Ah, wenn sie mit einem Strompegel von 100 Ampere entladen wird, nur 45 Ah, was bedeutet, dass sie nur weniger als 30 Minuten eingesetzt werden kann. Dieses Phänomen wird in einer Formel beschrieben – der Peukert-Gleichung – die vor mehr als einem Jahrhundert von den Batteriepionieren Peukert (1897) und Schroder (1894) erstellt wurde.

Die Peukert-Gleichung beschreibt die Auswirkung verschiedener Entladewerte auf die Kapazität einer Batterie, das heißt, die Batteriekapazität nimmt bei höherem Entladestrom ab. Sämtliche Batteriemonitore von Mastervolt berücksichtigen diese Gleichung, weshalb Sie immer den korrekten Status Ihrer Batterien kennen.

Die Peukert-Gleichung gilt nicht für Lithium-Ionen-Batterien, da die angeschlossene Last keine Auswirkung auf die verfügbare Kapazität hat.

Die Peukert-Formel für die Batteriekapazität bei einem festgelegten Entladestrom lautet:

$$C_p = I^n \cdot t$$

C_p = Batteriekapazität, die bei dem festgelegten Entladestrom verfügbar ist

I = das Niveau des Entladestroms

$$n = \text{der Peukert-Exponent} = \frac{\log T_2 - \log T_1}{\log I_1 - \log I_2}$$

T = Entladezeit in Stunden

I₁, I₂ und T₁, T₂ können durch zwei Entladetests ermittelt werden. Das heißt, dass die Batterie zweimal bei zwei unterschiedlichen Stromniveaus entladen wird.

Eines hoch (I₁) – sagen wir 50% der Batteriekapazität – und eines niedrig (I₂) – ungefähr 5%. In jedem der Tests wird die Zeit T₁ und T₂, die vergeht, bevor die Batteriespannung auf 10,5 V gesunken ist, aufgezeichnet. Es ist nicht immer einfach, zwei Entladetests durchzuführen. Häufig steht keine große Last zur Verfügung oder man hat keine Zeit für einen langsamen Entladetest.

Belüftung

Unter normalen Bedingungen produzieren Gel-, AGM- und Lithium-Ionen-Batterien nur wenig oder gar kein gefährliches Wasserstoffgas. Die geringe Gasmenge, die entweicht, kann man vernachlässigen. Während des Ladevorgangs wird jedoch Wärme erzeugt, wie dies bei allen Batterien der Fall ist. Zur Gewährleistung der längsten möglichen Lebensdauer ist es wichtig, dass diese Wärme so schnell wie möglich aus der Batterie entfernt wird. Die für Batterielader von Mastervolt notwendige Belüftung kann mit der folgenden Formel berechnet werden.

- $Q = 0.05 \times I \times f1 \times f2 \times n$
- Q = erforderliche Belüftung in $m^3/Std.$
- I = maximaler Ladestrom des Batterieladers
- $f1$ = Kürzung um 0,5 für Gel-Batterien
- $f2$ = Kürzung um 0,5 für geschlossene Batterien
- n = Anzahl an genutzten Zellen (eine 12-Volt-Batterie hat sechs Zellen von jeweils 2 Volt)

Bei dem zuvor genannten Beispiel einer 12V/400Ah-Batteriebank und eines Batterieladers von 80 Ampere sieht die erforderliche Mindestbelüftung wie folgt aus:

$$Q = 0.05 \times 80 \times 0.5 \times 0.5 \times 6 = 6 \text{ m}^3/h$$

Dieser Luftstrom ist so gering, dass die natürliche Belüftung normalerweise ausreicht. Wenn die Batterien in ein geschlossenes Gehäuse installiert werden, sind zwei Öffnungen erforderlich, und zwar eine oben und eine unten. Die Abmessungen der Belüftungsöffnung können mit Hilfe der folgenden Formel berechnet werden:

- $A = 28 \times Q$
- A = Öffnung in cm^2
- Q = Belüftung in m^3

In unserem Fall erhält man folgenden Betrag: $28 \times 6 = 168 \text{ cm}^2$ (etwa $10 \times 17 \text{ cm}$) für jede Öffnung.

Lithium-Ionen-Batterien erzeugen überhaupt kein Wasserstoffgas und sind deshalb sicher in der Anwendung. Wenn Batterien schnell geladen werden, wird ein gewisser Grad an Wärme erzeugt. In diesem Fall kann die o.g. Formel angewendet werden, um die Wärme zu beseitigen.

Setzen Sie sich bei größeren Systemen mit mehreren Batterieladern mit Ihrem Techniker in Verbindung.

