

## 4. LADETECHNIK

Zweck einer Batterie ist es, möglichst viel elektrische Energie zu speichern, um sie bei Bedarf zur Verfügung stellen zu können. Wie lange eine Batterie funktioniert und wie hoch die Lebensdauer ist, hängt davon ab, wie die Batterie geladen wird: nur mit Gleichstrom (geringe Welligkeit), mit ausreichender Ladekapazität des Ladegerätes. Der Ladestrom sinkt, wenn die Zellenspannung steigt. Die Ladegeräte und/oder Lichtmaschinen sind daraufhin zu prüfen, da falsches Laden der Batterie, der Betriebssicherheit und der Belastbarkeit der Batterie schaden. Falsche Einstellungen können zum Überladen der Batterien führen und verringern ihre Lebensdauer. Es gibt für die Ladung von

Batterien kein einfaches Patentrezept, das allgemein anwendbar wäre. Es bestehen oft mehrere Lademöglichkeiten für eine Batterie. Welches Ladegerät hängt vom Einsatzprofil der Batterie ab (z. B. zyklischer Einsatz im Boot, der eine kurze Ladezeit wünscht). Bei der Ladung bzw. Entladung der Batterien ist die Selbstentladung dieser zu beachten. Sie gilt für neue ebenso wie für nachgeladene Batterien und beginnt mit dem Abklemmen des Ladegerätes. Je nach Technologie und Alter der Batterie kann sie 3 – 24 Monate betragen. Daher bringt es wenig, sich eine Batterie auf „Reserve“ zu legen, denn ohne Prüfung/Nachladung ist im Einsatzfall von der Reserve nichts vorhanden.

### 4.1 Lichtmaschine (Generator)

Die Lichtmaschine (Generator) in Verbindung mit dem Regler lädt mit Spannungsbegrenzung mit ca. 14 bzw. 28 Volt. Die Reglereinstellung berücksichtigt den Gasungsbereich von gealterten Batterien; d. h. mit einer derartigen Lademethode ergibt sich kein übermäßiges Gasen, wenn eine intakte Batterie und Generatoranlage vorausgesetzt wird.

Je nach Ladezustand der Batterie fließt ein mehr oder weniger hoher Strom, der mit zunehmendem Ladezustand abklingt und bei voller Batterie gegen null geht. Die Diagramme verdeutlichen, wie die Stromaufnahme gravierend durch die Temperatur und die Reglereinstellung beeinflusst wird.

Wichtig ist, dass die Generatorgröße bzw. -leistung der installierten Batteriekapazität angepasst wird, sofern nicht andere zusätzliche Ladeeinrichtungen vorhanden sind. An dieser Stelle kann nur der Hinweis gegeben werden, dass der Ladezustand der Batterie regelmäßig überprüft werden sollte. Daraus lässt sich leicht erkennen, ob die Kapazitätsentnahme eingeschränkt oder die Ladeeinrichtungen verstärkt werden müssen.

Für die Antriebs- und Beleuchtungsbatterien (Versorgerbatterien Bordnetz) übernimmt beispielsweise der Batterie-Controller DCC6000 die Kontrolle des Ladezustandes.

Bei der Starterbatterie stellt man gegen „Lebensende“ einen Leistungsabfall beim Startvorgang fest. Eine Säuredichtemessung gibt bei Batterien mit Füllstopfen Aufschluss über die Leistungsfähigkeit und den gegenwärtigen Ladezustand. Der

Ladezustand kann mit einem Säureheber ermittelt werden. Vollladezustand ist bei einer Säuredichte von 1,28 kg/l erreicht, 50 % Ladezustand entspricht einer Säuredichte von ca. 1,20 kg/l. Die Aufladung entladener Batterien ist möglichst umgehend vorzunehmen.

Bitte beachten Sie die Behandlungsvorschriften der Batterie und des Ladegerätes.

**Ist trotz hoher und gleichmäßiger Säuredichte keine Startkraft zu erreichen, ist die Batterie verbraucht.**

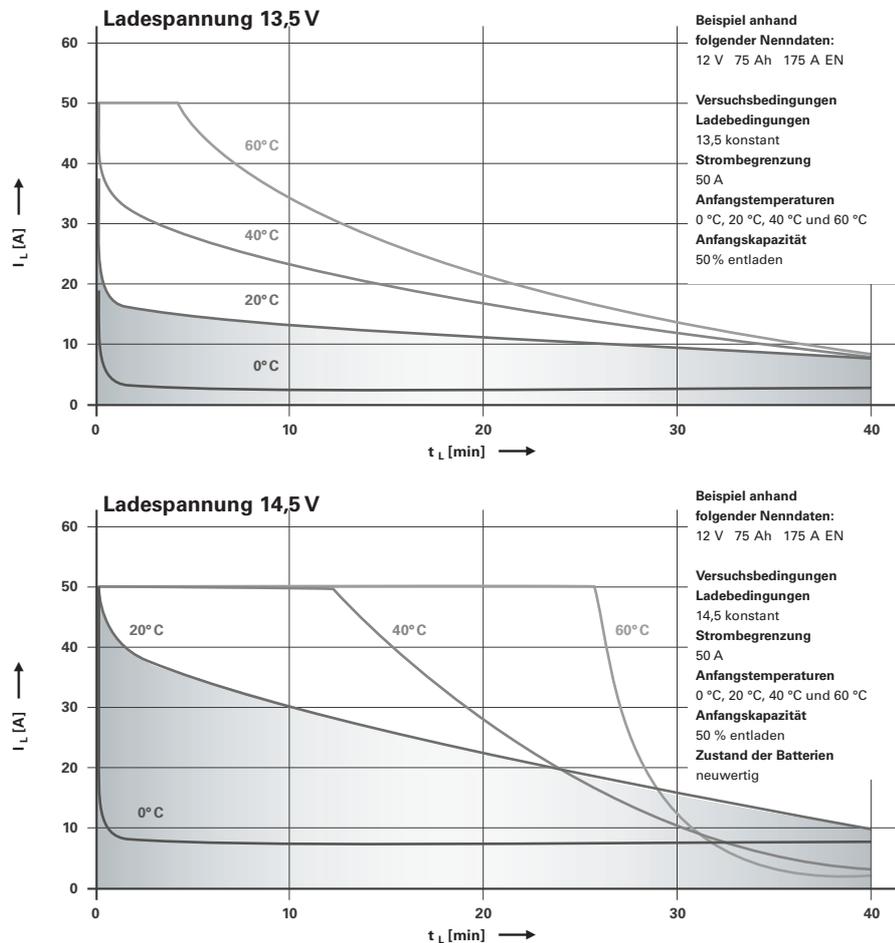
Bei optisch verschlossenen Batterien (z.B. VARTA Professional DC) ist eine Säuremessung nicht möglich. Durch Messen der Batteriespannung beim Startvorgang (nach ca. 5 Sekunden) kann man mithilfe einer Lastkurve (siehe 11.3 Seite 55) auf den Ladezustand schließen.

### 4.2 Zusatzgeneratoren – Solar-, Wind-, Wellengeneratoren – Lichtmaschinen

Die Anpassung an ein vorhandenes Bordnetz sollte mit dem jeweiligen Hersteller abgeklärt werden. Dabei sollte auf geregelte Ladung geachtet werden (ausreichende, aber nicht übermäßige Spannung). Siehe auch Kapitel 3 in „Photovoltaische Solaranlagen mit Blei-Gitter-Platten“.



## 4. LADETECHNIK



### 4.3 Ladetechnik für Batterien mit flüssigem Elektrolyt

Der Nennstrom des Ladegerätes sollte ein Zehntel der Batteriekapazität ( $K_{20}$ ) betragen (bei OPTIMA® 25 %), d. h. bei einer 100-Ah-Batterie sollte der Strom 10 A betragen. Zur Erzielung optimaler Ladezeit und Batterieladung sollten Ladegeräte benutzt werden, die nach Erreichen der Gasung eine zeitlich begrenzte Nachlade-phase haben. Es sind die Gerätebeschreibungen der Hersteller zu berücksichtigen, ggf. mit dem Fachhändler Rücksprache halten. Ungeregelte kostengünstige Ladegeräte mit W-Charakteristik sollten nur dann verwendet werden, wenn die Ladung überwacht wird. Diese Ladegeräte laden

bis in den Gasungsbereich, d. h. bei längerem, unkontrolliertem Laden kommt es zu einer Überladung und damit zur Schädigung der Batterie. Eine manuelle Abschaltung des Ladegerätes nach Aufladung ist erforderlich. Ladegeräte mit geregelter Kennlinie (WU-, Wae- oder auch IU-Charakteristik) laden bis zur Gasungsspannung. Längeres unkontrolliertes Laden ist je nach Gerät (Herstellerangabe beachten!) möglich; deshalb sollte man unbedingt die Zwischenschaltung einer Schaltuhr vornehmen.

Als Faustregel sollte gelten: Batterie-Kapazität  $K_{20} \times 0,1 =$  Ladegeräte-Nennstrom [A]. Im Allgemeinen ordnet der Ladegerät-Hersteller dem Ladegerät die entsprechenden Batterie-Kapazitäten zu.

## 4. LADETECHNIK

### Hinweise:

- Sind parallel zu der zu ladenden Batterie ständige Verbraucher angeschlossen, so muss das bei der Geräteauswahl, beim Nennstrom, berücksichtigt werden.
- Beim Festeinbau von Ladegeräten ist auf ausreichende Belüftung (Wärmeabfuhr) zu achten.
- Abändern von Ladeleitungen durch Zwischenschaltung von Schaltern oder Klemmstellen und das Verlängern müssen ohne große Übergangswiderstände ausgeführt werden.
- Beim Anschluss von Ladegeräten an ein Batterie-Bordnetz können Störungen an Verbrauchern durch Spannungswelligkeit auftreten. Auch Lichtmaschinendioden können evtl. durch Spannungsspitzen beim An- oder Abklemmen von Ladegeräten zerstört werden.
- Batterien sollten regelmäßig auf Funktionsfähigkeit geprüft werden, weil die Ladetechnik nur für intakte Batterien ausgelegt ist.
- Geben Sie beim Kauf von Ladegeräten besondere Umgebungsbedingungen an.
- Nennen Sie die Anzahl der Batterien, die Schaltung und die Größe (Kapazität), wenn mehrere Batterien gleichzeitig geladen werden sollen.

### 4.4 Ladetechnik für optisch geschlossene Batterien mit flüssigem Elektrolyt

Die neue innovative Blei-Calcium-Silbertechnologie (z.B. VARTA Professional DC) kann mit den herkömmlichen Ladegeräten geladen werden. Mit diesen handelsüblichen Geräten wird z. B. mit zunächst 8–10 A geladen. Der Strom fällt im Verlauf der Ladung asymptotisch auf weniger als 1 A. Die Batteriespannung steigt kontinuierlich an. Die Blei-Silber-Calciumtechnologie ist jedoch vorwiegend als Starterbatterie zu verwenden. Bei dieser Lademethode wird in den Batterien Säureschichtung produziert. In Anwendungen, in denen es anschließend durch mechanische Bewegung zur Durchmischung kommt, ist dies nicht relevant. Sollte sich das Boot oder das Wohnmobil jedoch im Winterlager befinden bzw. die Batterie nach Ladung nicht mehr bewegt werden (Lagerung), so ist unbedingt eine mechanische Durchmischung erforderlich, um eine Säureschichtung zu vermeiden. Mit dem „Kaufhaus-Ladegerät“ erzielt man keine 100 %ige Vollladung. Wir empfehlen Ladegeräte der Firmen Midtronics, Elektron, Bosch oder Benning (s. S. 71).

### 4.5 Ladetechnik für verschlossene Batterien mit festgelegtem Elektrolyt (AGM, OPTIMA, Gel)

#### 1. AGM-Batterien

Der Anfangsladestrom sollte  $0,15$  bis  $0,20 \times K_5$  betragen. Dies ist bei der Zuordnung der Batterie zum Ladegerät zu beachten. Grundsätzlich gelten für AGM-Batterien die gleichen Hinweise wie zur Ladung von Batterien mit flüssigem Elektrolyt (s. 4.3).

Hinweise zur Ladung sind in der EN 50342-1 aufgeführt. Verwenden Sie nur ein passendes Gleichstrom-Ladegerät. Beachten Sie seine Anwendungshinweise.

#### Standardladen:

Ladestrom mit IU-Kennlinie bei 25 % der Nennkapazität. Die maximale Ladespannung beträgt 14,1 bis 14,8 V.

#### Dauerladen:

Begrenzen Sie die Ladespannung auf 13,65 bis 13,8 V. Bei einer Ladespannung unter 13,2 V (2,20 V/Zelle) sind zusätzliche Ladevorgänge mit einer höheren Spannung in regelmäßigen Abständen notwendig, damit die vollständige Ladung der Batterie gewährleistet ist. Alternativ kann ein Ladegerät mit IUoU-Kennlinie verwendet werden, das mit  $I = 10\%$  der Nennkapazität lädt. Die Ruhespannung sollte 12,7 bis 12,8 V betragen. Pro 0,1 V Differenz zu 12,7/12,8 V sollte die Batterie für eine Stunde geladen werden. Laden Sie niemals eine eingefrorene Batterie oder Batterien mit einer Temperatur über 40 °C oder Batterien, die sich bei Berührung warm anfühlen. Schließen Sie den positiven Anschluss (+) der Batterie an den positiven Anschluss des Ladegerätes an und den negativen Anschluss der Batterie an den negativen Anschluss des Ladegerätes. Schalten Sie das Ladegerät nicht ein, bevor die Batterie vollständig angeschlossen ist. Wenn die Batterie vollständig geladen ist, schalten Sie zuerst das Ladegerät aus. Brechen Sie den Ladevorgang ab, wenn die Batterie heiß wird oder Säure austritt!



## 4. LADETECHNIK

Die Batterie ist vollständig geladen, wenn (siehe Hinweis in der Betriebsanleitung des Ladegerätes) bei Verwendung von spannungsgeregelten Ladegeräten Stromstärke und Spannung konstant bleiben; oder wenn bei Verwendung von stromgeregelten Ladegeräten die Ladespannung nicht weiter ansteigt, das automatische Ladegerät ausgeschaltet wird oder es auf Ladeerhaltung umschaltet. Sorgen Sie während des Ladens für gute Belüftung.

### 2. OPTIMA® Batterien

Grundsätzlich sind verschlossene Batterien (zu denen auch die OPTIMA® Batterien gehören) so zu laden, dass sie nicht exzessiv während der Ladepause in die Gasung getrieben werden. Für die Anwendung als Starterbatterie im Fahrzeug ist die Generatorenladung im Spannungsbereich von 13,8 bis 15 Volt zulässig. Dies wird bei allen Fahrzeugen durch den intakten Regler gewährleistet. Das Standardladeverfahren entspricht dem Ladeverfahren für AGM Batterien.

### Schnellladeverfahren (Boosting):

Aufgrund des niedrigen Innenwiderstandes der OPTIMA® Wickeltechnik ist z. B. eine schnelle Wiederaufladung möglich. Die **Höchstspannung** von **15,6 Volt** sollte jedoch dabei **nicht überschritten** werden. Der Strom kann beliebig hoch sein, solange keine Temperatur  $>50\text{ °C}$  an der Batterie erreicht wird. Die Ladezeit hängt von der möglichen Anfangsstromhöhe des Ladegerätes und dem Ladezustand der Batterie vor der Ladung ab. Die Ladung ist fast abgeschlossen, wenn der Ladestrom auf unter 1 A gesunken ist. Dann wird entweder mit 2 A konstant für 1 h nachgeladen oder aber mit  $U_{\text{konstant}} = 13,8$  Volt und kleinen durch die Batterie bestimmten  $<1$  A Strömen auf Bereitschaft gehalten. Ideal sind Kennlinien nach IU0U oder IUa, ausreichend jedoch auch die einfache I/U Ladung.

### Dauerladung:

Die OPTIMA® Batterie ist – wie alle verschlossenen Batterien – auch dauerladefähig, und das, ohne Säureschichtung zu entwickeln! Die Dauerladespannung liegt zwischen 13,5 bis 15 Volt. Die Ladezeit ist unbegrenzt. In unterbrechungsfreien Stromversorgungen (UPS), in denen es auf schnelle Wiederverfügbarkeit ankommt, kann mit  $U_{\text{konstant}} = 14,7$  Volt geladen werden (Strom begrenzt  $I_{\text{max}} = 10$  A), so lange, bis die Stromstärke unter 1 A gesunken ist. Danach ist auf eine Spannung von 13,8 Volt zu reduzieren.

### Anmerkung:

Beachten Sie bitte immer die Instruktionen zu Ihrem Ladegerät. Die Verwendbarkeit zur Nachladung von verschlossenen Batterien muss gegeben sein.

Bei Rückfragen nennen Sie bitte:

- Batterietyp, Kapazität, Zusammenschaltung
- Ladegerättyp, Hersteller, techn. Daten
- Einsatz, Anwendung
- Problemstellung

### 3. Gel-Batterien

- Gel-Batterien sollten hin und wieder zu 100% vollgeladen werden (z. B. vierteljährlich). Ansonsten besteht die Gefahr eines Memoryeffektes (Batteriekapazität ist rückläufig – Folge: Teilsulfation). Bei den meisten Anwendungen ist dies durch ein entsprechendes Ladegerät sichergestellt.
- Der Anfangsladestrom sollte  $0,15$  bis  $0,20 \times K_5$  betragen. Dies ist bei der Zuordnung der Batterie zum Ladegerät zu beachten. Eventuelle Erweiterungen der Versorger-Batteriebank sind in die Überlegungen – genauso wie parallele Verbraucher während der Ladung – mit einzubeziehen. Der Anfangsladestrom ist wichtig für die Gaskanalbildung innerhalb der Batterie in der ersten Zeit der zyklischen Anwendung. Für den gesamten Ladevorgang ist der Anfangsladestrom insofern wichtig, als er vertretbare Ladezeiten für die vorher leere Batterie von 11–14 h sicherstellt.
- Bordnetzladungen über den Generator sind problemlos möglich, sofern die Reglerspannung nicht zu hoch ist und die Ladespannung an der Batterie eine Spannung von nicht mehr als 14,2 V erreicht (Temperaturkompensation beachten).
- Für eine **Solar-Ladung** gilt ebenfalls die Spannungsbegrenzung von 14,2 V. Bedenken Sie, dass der alleinige Betrieb in einer Solaranlage nicht ausreicht, die Batterien genügend zu laden. Aus Gründen der leichteren Ladezustandserfassung (Säureheber) empfehlen wir nasse Antriebs- und Beleuchtungsbatterien (Ausnahme: Batteriecontroller DCC6000 ist in der Anlage integriert).
- Die Ladebedingungen, Kennlinien und Eckwerte entnehmen Sie bitte aus der folgenden Tabelle (s. 4.6). Je nach Anwendungsfall kommen bestimmte Kennlinien zur Anwendung: Zum Beispiel: Ladung mit anschließender Erhaltungsladung = WUoU, IUoU Ladung für zyklische Anwendungen = WUa, IUa.

## 4. LADETECHNIK

### 4.6 Testmethoden für verschlossene Batterien

Verschlossene Batterien lassen sich **nicht** durch Säuredichtmessung befunden. Über Gebrauchsfähigkeit und Ladezustand der Batterie bekommt man nur über folgende Testmöglichkeiten Aufschluss:

1. Bei Verdacht auf Überladung der Batterie (optisch weiße Spuren auf dem Deckel) kann ein Wiegen der Batterie mit Vergleich des Sollgewichtes eine Bewertung ermöglichen. Dabei sind fertigungstechnische Toleranzen mit zu berücksichtigen.

2. Der Test erfolgt – sofern kein geeignetes Leitwertmessgerät zur Verfügung steht – mit einem Belastungstester:

#### Faustregel:

$K_{20} \times 0,85 = K_5$ ,  $3 \times K_5 =$  Stromwert bei Raumtemperatur. Die nach 5 Sekunden unter Last anliegende Spannung an den Batteriepolen gibt Auskunft über den Ladezustand der Batterie. (s. 11.3 S. 55 Spannungsverlauf).

#### Batterie-Ladeübersicht Bleibatterien

Batterietyp	max. Lagerzeit (in Monaten)	Typische Anwendung	Ladungseckwerte	Ladekennlinien	Ströme
<b>Starterbatterien</b>					
Blei-Antimon	6	Motorstart	ideal: Ladestrom = $1/10 \cdot K_{20}$ Ladespannung = max. 14,4 V evtl. Nachladung 5 h mit $I_{20}^*$	IU, Ukonst.	$0,1 \cdot K_{20}$ bis $5 \cdot I_{20}$
Blei-Calcium (-Silber) z. B. VARTA Promotive Silver, VARTA Blue Dynamic	15–18	Motorstart	ideal: Ladestrom = $1/10 \cdot K_{20}$ Ladespannung = max. 14,4 V evtl. Nachladung 5 h mit $I_{20}^*$	IU, Ukonst.	$0,1 \cdot K_{20}$ bis $5 \cdot I_{20}$
AGM z. B. VARTA Professional AGM	18	Bordnetz- versorgung	ideal: Ladestrom = $25/10 \cdot K_{20}$ Ladespannung = max. 14,8 V evtl. Nachladung 5 h mit $I_{20}^*$	IU, IUoU	$0,25 \cdot K_{20}$ bis $5 \cdot I_{20}$
<b>Batterien für die Bordnetzversorgung</b>					
Blei-Antimon	6	Kleintraktion, Beleuchtung, Solar	14,4 V / 13,8 V / 13,5 V**	IU, Ukonst.	$0,1 \cdot K_{20}$ bis $5 \cdot I_{20}$
Blei-Calcium (-Silber)	15–18	Beleuchtung, Solar	14,4 V / 13,8 V / 13,5 V**	IU, Ukonst.	$0,1 \cdot K_{20}$ bis $5 \cdot I_{20}$
DC AGM	18	Kleintraktion, Beleuchtung	14,4 V / 13,8 V / 13,5 V**	IU, IUla, IUoU	$0,15 - 0,20 \cdot K_5$
Gel	15–18	Kleintraktion, Beleuchtung	14,4 V / 13,8 V / 13,5 V**	WUla, IUla, IUoU	$0,15 - 0,20 \cdot K_5$
OPTIMA® AGM, AGM	18	Motorstart und Bordnetz- versorgung, Kleintraktion	ideal: Ladestrom = $25/10 \cdot K_{20}$ Ladespannung = max. 14,8 V evtl. Nachladung 5 h mit $I_{20}^*$	IU, IUoU	$0,25 \cdot K_{20}$ bis $5 \cdot I_{20}$

\*  $I_{20} = K_{20} / 20 \text{ h}$

\*\* Anwendungsabhängige Ladespannungen (grundsätzlich gilt: Je mehr Stand-by-Betrieb desto geringer die Ladespannung)