

BORDNETZBUCH

***Batterieratgeber für das Bordnetz und den Elektroantrieb
in Segelbooten, Motoryachten und Wohnmobilen***



1. DAS BORDNETZ

1. Einleitung	6
2. Batterietechnik	7
2.1 Grundlagen	7
2.2 Entladevorgang	7
2.3 Ladevorgang	8
Elektrochemische Vorgänge	9
Selbstentladung, Sulfatierung	10
Aufbau einer VARTA Professional DC Batterie	11
3. Batteriearten	12
Eigenschaften der VARTA Professional	12
3.1 Antimon- und Hybridtechnologien	
Batterieprüfung, Nachfüllung	12
3.2 Neue Batterietechnologien – Calcium- und Reinbleitechnologie	13
3.3 VARTA Professional	14
3.3.1 VARTA Professional Starter	14
3.3.2 VARTA Professional Deep Cycle	14
3.3.3 VARTA Professional AGM	15
3.3.4 VARTA Professional Deep Cycle AGM	16
3.3.5 Vergleichsliste Typenprogramm VARTA Hobby mit VARTA Professional	19
3.3.6 Übersicht Typenprogramm VARTA Professional	20
3.4 OPTIMA® Batterien	22
3.4.1 OPTIMA® Red Top	25
3.4.2 OPTIMA® Yellow Top	27
3.4.3 OPTIMA® Blue Top	29
3.5 Verschlussene Batterien mit festgelegtem Elektrolyt (AGM, Gel)	31
3.5.1 Allgemeines	31
3.5.2 Aufbau	31
3.5.3 Wirkungsweise des Sauerstoffverzehr	31
3.6 Preis pro Zyklus	32
4. Ladetechnik	33
4.1 Lichtmaschine	33
4.2 Zusatzgeneratoren	33
4.3 Ladetechnik für Batterien mit flüssigem Elektrolyt	34
4.4 Ladetechnik für optisch geschlossene Batterien mit flüssigem Elektrolyt	35
4.5 Ladetechnik für verschlossene Batterien mit festgelegtem Elektrolyt	35
4.6 Testmethoden für verschlossene Batterien	37
5. Kapazität	38
5.1 Kapazitätsangaben	38
Bedingungen	39
Kapazitätskurve in Abhängigkeit von der Höhe der Entladung	39
5.2 Kapazitätsbedarfsbestimmung	40
6. Richtlinien für die Zusammenschaltung von Batterien	41
6.1 Reihenschaltung	41
6.2 Parallelschaltung	42
6.3 Reihen-Parallelschaltung	42

7. Bordnetz mit zwei Batterie-Stromkreisen	43
7.1 Schaltungsmöglichkeiten	44
7.2 Neue Schaltungstechnik	45
7.2.1 Ladestromverteiler	46
7.2.2 Ah-Zähler DCC 6000	46
Moderne Bordnetzschaltung	48
8. Außenbordmotoren	49
9. Spannungswandler	50
9.1 DC/DC-Wandler	50
9.2 DC/AC-Wandler	50
10. Spezielle Hinweise	51
10.1 Einbau – Ausbau der Batterie	51
10.2 Wartung	51
10.3 Verkabelung	51
10.4 Spannungsfall auf den Leitungen	52
10.5 Batterieraum-Belüftung	52
11. Batterie-Ladezustand, Alterung, Überwachung	53
11.1 Ladezustandsermittlung mittels Säureheber	53
Beurteilung	53
Feststellen von Fehlern	53
11.2 Ladezustandsermittlung mittels Spannungsmesser	54
11.3 Ladezustandsermittlung bei geschlossenen und verschlossenen Batterien	55
Belastungskurve	55

2. DER ELEKTROBOOTSANTRIEB

1. Einleitung	56
2. Elektrobootsmotoren	56
3. Batteriedimensionierung	56
3.1 Ermittlung der Stromaufnahme	56
3.2 Errechnung der verfügbaren Kapazität in Abhängigkeit von der Höhe des Entladestromes	56
3.3 Ermittlung der tatsächlich erreichbaren Fahrzeit	57
3.4 Überschlägige Dimensionierung der Batteriekapazität	57
3.5 Berechnungsdiagramm	58

3. PHOTOVOLTAISCHE SOLARANLAGEN mit Blei-Gitterplatten-Batterien

1. Konzept	59
1.1 Unabhängiges Energieversorgungssystem mit Energiespeicher	59
2. Der Solargenerator – ein ruhiger Stromerzeuger	60
2.1 Aufbau	60
2.2 Funktionsprinzip	60
2.3 Spannungsregelung und Tiefentladeschutz	61
3. Die Batterie – ein Energiespeicher als Grundlage unabhängiger Stromversorgung	62
3.1 Aufgabe und Eigenschaften	62
3.2 Kapazitätsbestimmung und Batterie-Dimensionierung	63
4. Energiehaushalt in Solaranlagen	64
4.1 Elektrische Verbraucher	64
4.2 Balance zwischen Sonnenenergiegewinnung und Energieverbrauch	64
5. Installations- und Servicehinweise	65
5.1 Batterie-Überwachung und -Ladezustand	66
6. Daten und Abbildungen zum System Solaranlage	66
6.1 Strom-Spannungscharakteristik von Solarzellen und Modulen	66
6.2 Schaltbilder von Kleinsolaranlagen	67
6.3 Verlauf von Strom und Spannung in einer Kleinsolaranlage (Sommer/Winter)	68
6.4 Angaben zu erzeugbarer Energiemenge eines Solarmoduls	69

ANHANG

I. Online-Händlersuche	70
II. Literaturhinweise	71
III. Stichwortverzeichnis	72
IV. VARTA Anschriften	74

Herausgeber:

Johnson Controls Power Solutions EMEA
 VB Autobatterie GmbH & Co. KGaA
 Am Leineufer 51
 D - 30419 Hannover

Alle Rechte vorbehalten, auch die des auszugsweisen Nachdruckes, der fotomechanischen Wiedergabe und der Übersetzung sowie der Bearbeitung für Ton- und Bildträger, für Film, Hörfunk, Fernsehen und digitale Medien aller Art für den Gebrauch in Lerngeräten jeder Art. Printed in Germany



1. Einleitung

Das vorliegende Bordnetzbuch beschäftigt sich mit den Hauptanwendungen von Stromversorgerbatterien (Beleuchtungsbatterien) im Freizeitbereich: Reisemobil, Wohnwagen und Bootsanwendungen inklusive Kleinsolaranlagen dieser Fahrzeuge.

Batterie ist der Oberbegriff für mehrere verbundene Zellen, die durch innere chemische Reaktion Energie abgeben, wenn man eine äußere elektrische Verbindung zwischen dem negativen und dem positiven Pol herstellt. Man unterscheidet grundsätzlich zwischen wiederaufladbaren Systemen, den Akkumulatoren, und nicht wiederaufladbaren Systemen, wie beispielsweise Trockenbatterien.

Im Folgenden werden wir uns auf die für diesen Anwendungsbereich wichtigste Art, den wiederaufladbaren Bleiakкумуляtor, beschränken.

Im heutigen Sprachgebrauch wird der Bleiakкумуляtor meist als Blei-Säure-Batterie oder kurz als Starterbatterie bezeichnet. Die Bezeichnung ist etwas irreführend, denn die Aufgaben der Batterien umfassen weit mehr als nur das Starten von Motoren.

Aus diesem Grunde wollen wir Ihnen kurz die Grundlagen der Blei-Säure-Batterie erklären und dann auf die einzelnen Batteriebauarten eingehen. Blei-Säure-Batterien mit Gitterplatten sind kostengünstige Energiespeicher, die sich in unterschiedlichsten Anwendungsbereichen, wie z.B. Auto, Boot, Wohnmobil, Caravan etc., durchgesetzt haben. Alle hier beschriebenen Batteriearten sind Bleibatterien mit flüssigem oder festgelegtem Elektrolyt.

Dem Anwender, der mit zwei Systemen, der Batterie und dem elektrischen Netz, konfrontiert wird, sollen nachstehende Ausführungen Grundlagen für einen störungsfreien Betrieb liefern. Da oftmals Behandlungsfehler durch den Betreiber bzw. Fehler in der elektrischen Anlage des Fahrzeuges der Batterie angelastet werden, ist VARTA bestrebt, neben der Produktaufklärung auch im gewissen Umfang auf die Peripherie der Batterie einzugehen. Wir bitten aber um Verständnis, wenn schaltungstechnische Fragen nur in Form von Hinweisen behandelt werden, weil die genaue Kenntnis der Gegebenheiten eine Voraussetzung für eine fundierte Beratung ist.

2.1 Grundlagen

Damit eine Blei-Säure-Batterie Strom abgeben kann, müssen positive Masse (Bleiodioxid) und negative Masse (Blei) in unmittelbarer Berührung mit **verdünnter Schwefelsäure** stehen. Verdünnte Schwefelsäure ist eine Mischung aus konzentrierter Schwefelsäure und reinem Wasser.

Die aktiven Massen bestehen aus einem „Gerüst“ kleinster Bleiodioxid- (positive Masse) bzw. Bleiteilchen (negative Masse), die so angeordnet sind, dass zahlreiche Hohlräume (Porosität) entstehen. Die Massen sind in Bleigitter eingebettet, die der Stromzuführung bzw. Stromableitung dienen. Gitter und Masse werden in der Technik als Platten bezeichnet. Die kleinste Einheit der Batterie ist die Zelle. Sie enthält positive und negative Platten, die durch sogenannte Separatoren (Isolatoren) voneinander getrennt sind. Je mehr Plattenvolumen die Zelle enthält, desto größer ist ihre Kapazität, d.h. desto größer ist die Elektrizitätsmenge, die sie abgeben kann. Ferner enthält die Zelle verdünnte Schwefelsäure. Diese dringt in die Platten und Separatoren ein und füllt die Hohlräume, sodass die Bleiodioxid- bzw. Bleiteilchen ständig mit Säure in unmittelbarer Berührung stehen. Die in die Zelle eingefüllte Säure befindet sich also teils in den Platten und Separatoren, teils außerhalb der Platten. Die außerhalb der Platten befindliche Säure dient als Säurevorrat und natürlich auch der Stromleitung innerhalb der Zelle.

Die Ruhespannung einer Bleizelle beträgt im geladenen Zustand (Säuredichte 1,28 kg/l) 2,12 Volt. Für die gesamte 12-Volt-Batterie, vollgeladen und gleichmäßige Säuredichte: $2,12 \text{ Volt} \times 6 = 12,72 \text{ Volt}$. Die Ruhespannung wird bei vorausgegangener Ladung erst ein bis zwei Stunden nach Ladungsende gemessen (sofern möglich: 24 h). Die Berechnung der Ruhespannung erfolgt nach der Faustformel: Säuredichte + 0,84 (Konstante) = Volt/Zelle multipliziert mit der Anzahl der Zellen.

Für den Ladezustand 50 % = Säuredichte (SD) ca. 1,18 ergibt sich folglich eine Ruhespannung von $1,18 + 0,84 = 2,02 \text{ Volt} \times 6 = 12,12 \text{ Volt}$. Diese gilt nur bei nicht geschlossenen Batterien.

2.2 Entladevorgang

Wird der Batterie – durch Anschluss eines Verbrauchers – Strom entnommen, treten die Bleiodioxid- bzw. Bleiteilchen mit der sie umgebenden Schwefelsäure in Wechselwirkung: Sie geben Elektrizität ab und bilden gleichzeitig Bleisulfat (Reaktionsprodukt des Bleiodioxids bzw. Bleis mit der Schwefelsäure). Bei der Stromabgabe wird also Schwefelsäure (zur Bildung des Bleisulfats) verbraucht. Einem Gesetz der Elektrochemie zufolge wird um so mehr Schwefelsäure pro Zeiteinheit verbraucht, je höher die Stromstärke ist, die der Batterie entnommen wird. Zunächst wird die in den Hohlräumen der Massen vorhandene Schwefelsäure verbraucht. Gleichzeitig setzt ein Vorgang ein, der den Nachschub an Schwefelsäure aus der die Platten umgebenden, „äußeren“ Säure bewirkt. Man bezeichnet ihn als Diffusion. Hierdurch wird den Bleiodioxid- bzw. Bleiteilchen, die noch kein Bleisulfat bilden konnten, wieder Schwefelsäure zugeführt, sodass auch diese Teilchen Bleisulfat bilden und Strom abgeben können.

Die Diffusion (Transport der Schwefelsäure ins Innere der Platten) verläuft bei tiefen Temperaturen merklich langsamer. Es wird also in der kalten Jahreszeit zu einer rascheren „Erschöpfung“ der Batterie kommen als im Sommer. Zur leichteren Veranschaulichung kann man sich vorstellen, dass die Schwefelsäure bei niedrigeren Temperaturen dickflüssiger wird. Der Vorgang der Entladung läuft so lange ab, wie noch Bleiodioxid- bzw. Bleiteilchen und die zugehörige Schwefelsäure vorhanden sind. In der Praxis darf keine zu weitgehende Entladung erfolgen. Die Gründe hierfür sind, dass das bei der Stromabgabe laufend gebildete Bleisulfat mehr Raum einnimmt als das Bleiodioxid, aus dem es gebildet wurde. Der im Gitter der Platte für die Masse vorgesehene Raum würde also zu klein werden, die Masse kann „abschlammern“.

Die Spannung der Zelle ist abhängig von der **Konzentration der Schwefelsäure** im Inneren der Platte. Ist die Schwefelsäure verbraucht (also nur noch Wasser vorhanden), hat die Zelle keine Spannung mehr.

Wir erkennen daraus, tiefe Entladungen bringen keine nennenswerte Leistung mehr. Sie schaden der Batterie mehr, als sie dem Anwender nutzen. Tiefentladung verkürzt die Lebensdauer der Batterie und ist unbedingt zu vermeiden.

Als Grundregel, um eine akzeptable Lebensdauer zu erzielen, gilt für nasse Antriebs- und Beleuchtungsbatterien (Versorger-Batterie) eine **Entladetiefe** von 50-60% für Gel-Batterien 80%, AGM-/OPTIMA-Batterien 80% (Entnahme von 60% bzw. 80% Nennkapazität).

Starterbatterien sollten aufgrund ihrer Bauweise (Dünnp Plattentechnik) möglichst mit nur wenig Kapazitätsentnahme belastet werden (z. B. Ankerwinisch und Querstrahlruder). Eine Tiefentladung führt bei dieser Bauart noch schneller zum Ausfall der Batterie.

2.3 Ladevorgang

Führt man der Zelle (Batterie) wieder Gleichstrom zu (in der Technik wird dieser Vorgang als Ladung der Batterie bezeichnet), verlaufen die unter 2.2 geschilderten Vorgänge in umgekehrter Richtung: Aus dem bei der Entladung gebildeten Bleisulfat entstehen wieder Bleidioxid, Blei und Schwefelsäure; gleichzeitig wird von der Masse Elektrizität aufgenommen. Die Schwefelsäure entsteht in den Hohlräumen (Poren) der Platte. Während beim Entladevorgang laufend Schwefelsäure von außen in das Platteninnere nachgeliefert werden muss, ist beim Ladevorgang das Gegenteil der Fall: Die laufend innerhalb der Platte entstehende Schwefelsäure muss nunmehr nach außen transportiert werden (Diffusion), um außerhalb der Platten wieder als Säurevorrat zur Verfügung zu stehen.

Führt man der Zelle (oder Batterie) so lange Gleichstrom zu, bis alles Bleisulfat wieder in Bleidioxid, Blei und Schwefelsäure zurückverwandelt ist, hat man den Ausgangspunkt erreicht: In der positiven Platte liegen nur noch Bleidioxid-, in der negativen Platte Bleiteilchen vor. Hohlräume und Plattenumgebung sind wieder mit Schwefelsäure der ursprünglichen Konzentration gefüllt. Man sagt, dass die Batterie geladen ist.

Während des Ladevorgangs nimmt die Batteriespannung stetig zu: Erreicht sie den Wert von 2,4 Volt/Zelle, setzt in den Zellen lebhaft Gasentwicklung ein (**Gasen der Batterie**). Ein Teil des Ladestroms zersetzt Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff. Dieses Gasgemisch ist leicht entzündbar und wird Knallgas genannt.

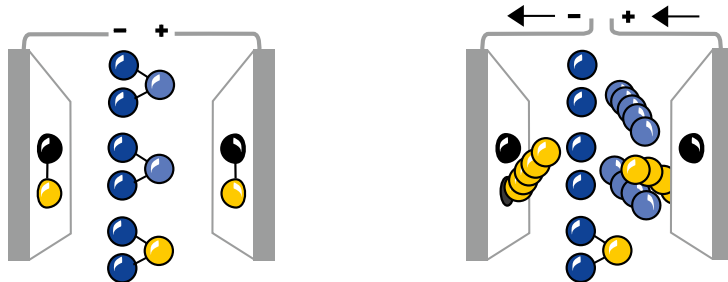
In Räumen, in denen Batterien geladen werden, ist deshalb das Hantieren mit offenen Flammen verboten. Dazu gehört auch immer wieder das unsachgemäße **Abklemmen** einzelner Batterien während der Ladung. Beim Abklemmen von Batterien unter Stromfluss entstehen Funken, die zur Explosion des Knallgases führen können. **Deshalb zuerst das Ladegerät ausschalten, dann die Batterie abklemmen.** Für das Laden gilt die umgekehrte Reihenfolge.

Durch die Zersetzung des Elektrolyth **wird Wasser verbraucht**, die Konzentration der Schwefelsäure in der Batterie steigt weiter an. Außerdem entsteht in der Batterie Wärme, die ebenfalls zu einem Wasserverlust durch Verdunstung führt (aus dem Gemisch von konzentrierter Schwefelsäure und Wasser verdunstet ausschließlich Wasser bzw. wird verbraucht, **niemals Schwefelsäure!**).

Die Konzentration der Schwefelsäure wird in der Praxis als Dichte mittels Hebesäuremesser gemessen (bei nicht geschlossenen Batterien). Sie soll bei 27 °C 1,28 +/- 0,01 kg/l betragen. Als Regel gilt, dass die Knallgasentwicklung um so früher einsetzt, je höher der Ladestrom ist. **Der Strom sollte deshalb bei einsetzender Gasung reduziert werden** (siehe Punkt 4. Ladetechnik).

Der Anstieg der Säurekonzentration über den zulässigen Wert (1,28 +/- 0,01 kg/l) schädigt besonders die negativen Platten und kann schließlich zur merklichen Verkürzung der Batteriebensdauer führen.

Die elektrochemischen Vorgänge im Bleiakkumulator in vereinfachter Darstellung

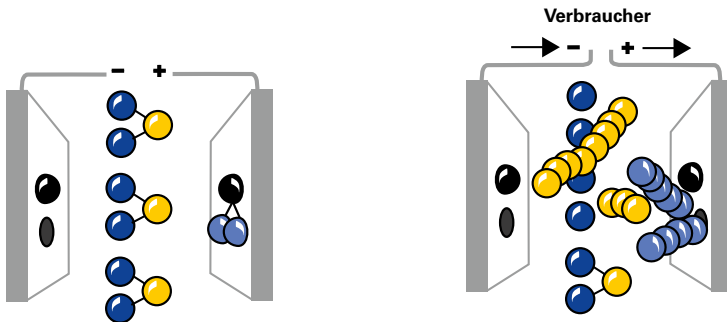


1. Entladener Zustand

Im entladenen Zustand besteht die Masse der positiven und negativen Platte aus Bleisulfat (PbSO₄). Der Elektrolyt besteht aus Schwefelsäure (H₂SO₄), verdünnt mit Wasser (H₂O).

2. Laden

Bei der Aufladung werden der negativen Platte Elektronen zugeführt, während der positiven Platte Elektronen entzogen werden. Dabei gibt die negative Platte Sulfationen (SO₄²⁻) an den Elektrolyten ab, und es entsteht metallisches Blei (Pb). An der positiven Elektrode bildet sich aus Bleisulfat (PbSO₄) unter Abgabe von Sulfat- und Wasserstoffionen (SO₄²⁻ und H⁺) und Verbrauch von Wasser Bleidioxid (PbO₂).



3. Geladener Zustand

Ist der Bleiakkumulator geladen, so besteht die aktive Masse der negativen Platte aus Bleischwamm (Pb) und die aktive Masse der positiven Platte aus Bleidioxid (PbO₂). Die Konzentration des Elektrolyten – verdünnte Schwefelsäure – ist gegenüber dem entladenen Zustand angestiegen.

4. Entladen

Werden die positiven und negativen Platten über einen Verbraucher entladen, so findet im äußeren Stromkreis ein Elektronenfluss von der negativen zur positiven Platte statt. Zum Ausgleich wandern SO₄²⁻-Ionen aus dem Elektrolyten zur negativen Platte und bilden dort mit dem Blei (Pb) Bleisulfat (PbSO₄). Aus dem Bleidioxid (PbO₂) der positiven Platte entsteht – unter Bildung von Wasser (H₂O) – bei Verbrauch von Sulfat- und Wasserstoffionen (SO₄²⁻ und H⁺) ebenfalls Bleisulfat (PbSO₄).





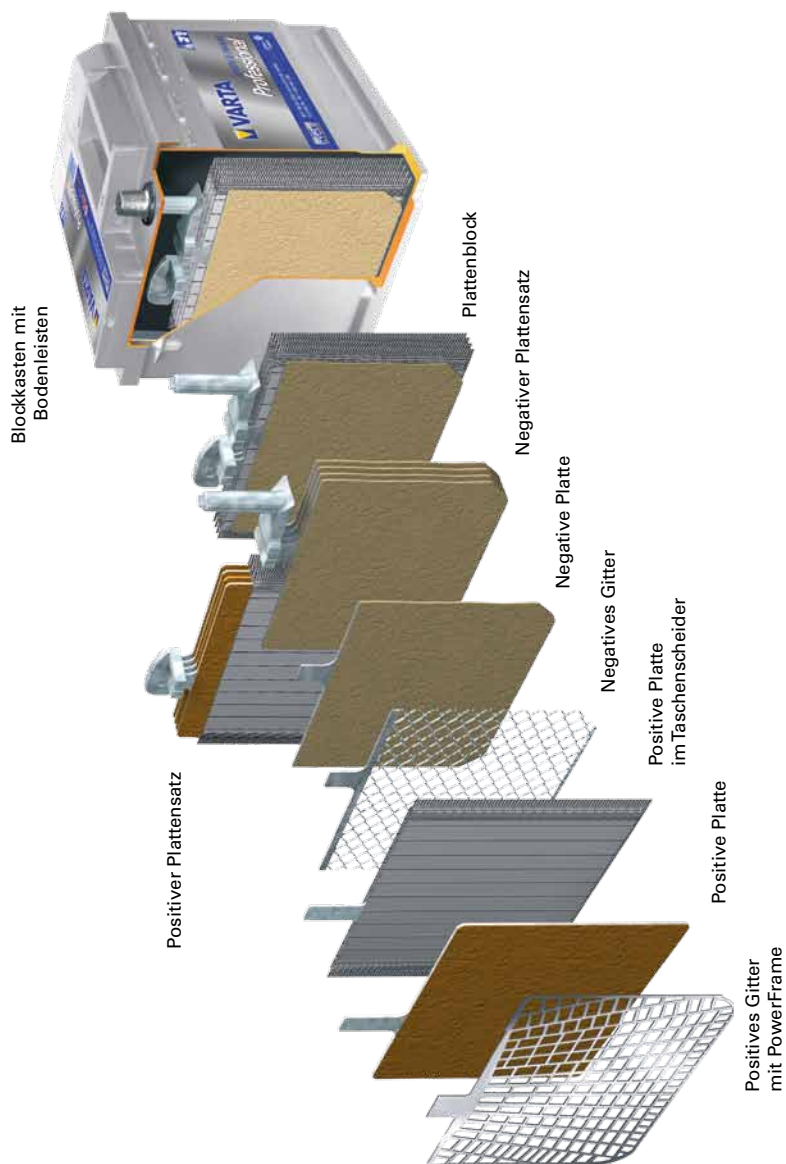
Sulfatierung

Das bei der Stromentnahme gebildete Bleisulfat fällt zunächst fein verteilt über die Oberfläche der Bleidioxid- bzw. Bleiteilchen an. Lässt man die Batterie über längere Zeit in diesem (entladenen oder teilentladenen) Zustand stehen, kommt es zur Ausbildung größerer Bleisulfatkristalle, die der Ladestrom nur schwer oder überhaupt nicht mehr in Bleidioxid bzw. Blei umwandeln kann.

Zu beachten ist, dass gefüllte Batterien – ohne dass Verbraucher angeschlossen sind – langsam Kapazität verlieren. Diesen Vorgang nennt man

Selbstentladung. An der Grenzfläche der negativen Platte/Schwefelsäure fließt ständig ein sehr kleiner Strom, der – wie beim Entladevorgang – zur Bildung von Bleisulfat führt. Obwohl die Selbstentladung moderner Starterbatterien lediglich **0,1 bis 0,3% Kapazitätsverlust pro Tag** ausmacht, darf sie nicht unterschätzt werden: Das hierbei gebildete Bleisulfat verändert sich und kann bei genügend langer Lagerzeit zum Ausfall der Batterie führen. Der Selbstentladung kann nur durch regelmäßige Nachladung mit kleinen Ladeströmen begegnet werden (rechtzeitige Rückverwandlung des Bleisulfats in Bleidioxid, Blei und Schwefelsäure).

Aufbau einer VARTA Professional Deep Cycle Batterie



3. BATTERIEARTEN

Im Freizeitbereich brauchen die Kunden eine sichere Energieversorgung, da die wachsende Anzahl von Verbrauchern in modernen Reisemobilen, Caravans und Schiffen zunehmend höhere Anforderungen an die Batterie(n) stellt.

Die VARTA Professional Batterien versorgen zum einen wichtige elektrische Verbraucher wie Mover oder Querstrahlruder, Navigationsgeräte usw. und zum anderen auch die Komfortverbraucher wie z. B. Klimaanlage, TV, Kabinenbeleuchtung und Satelliten-Schüssel.

VARTA Professional ordnet diesem Bedarf folgenden Batteriereihen zu:

Starter-Anwendung – SLI

(Starting, Lighting, Ignition)

Stromabgabe für kurze Zeit erforderlich

- mit Starteranwendung und minimalster elektrischer Systemanforderung, wie z. B. Schlauchboote, Starter im Schiff
- ermöglicht extrem hohe Stromabgabe für kurze Zeit

Versorgerbatterien DC (Deep Cycle)

- mit höheren elektrischen Systemanforderungen zur Versorgung von Verbrauchern wie z. B. Funk, Beleuchtung, Komfortausstattung

Traktions-Anwendung DC (Deep Cycle)

- mit höchsten Ansprüchen hinsichtlich hoher Zyklenfestigkeit und Stromentnahme, z. B. Mover, Elektroboote, Winschen

3.1 Antimon- und Hybridtechnologien

Um eine lange Lebensdauer zu erreichen, ist die Wahl der richtigen Batterie für den vorgesehenen Anwendungsbereich entscheidend. VARTA verwendet bei seinen Batterien **Gitter mit Blei-Antimon- und Blei-Calcium-Legierungen**.

Herkömmliche Batterien sind häufig noch in Blei-Antimon-Technologie hergestellt. Diese Technologie erfordert aufgrund eines höheren Wasserverbrauchs regelmäßige Wartungen. Eine Weiterentwicklung ist die sogenannte Hybrid-Technologie, bei der das positive Gitter in Blei-Antimon-Legierung und das negative Gitter in Blei-Calcium-Legierung hergestellt werden. Dies führt zu einem geringen Wasserverbrauch und Wartungsfreiheit.

Diese bewährten „Standard-Batterien“ mit flüssigem Elektrolyt sind mit spezifiziertem Wasserverbrauch nach DIN EN 50342 ausgelobt. **Die DIN EN 50342 unterscheidet den Wasserverbrauch nach „normal“ (>4g/Ah), gering (<4g/Ah) und sehr gering (<1g/Ah). Das bedeutet jedoch nicht, dass keine Wartung vorgenommen werden muss.**

Nach einer unbeabsichtigten Überladung und nach einem gewissen Alterungsprozess (ca. 1 Jahr) ist der Säurestand zu kontrollieren und mit destilliertem Wasser (Aqua dest.) aufzufüllen.

Grundregel:

Je älter eine Batterie ist und je stärker sie beansprucht wurde, desto kürzer das Wartungsintervall.

Die **Hybrid-Technologie** kommt bei VARTA Professional Batterien nicht mehr zum Einsatz. Diese Batterien sind alle geschlossen oder verschlossen (mit Ventil).

Batterieprüfung

Dank der Zellenstopfen bei Batterien in Hybrid-Technologie sind jederzeit Batteriediagnosen und das Messen des Ladezustandes mit dem Hebesäuremessgerät möglich. Die Säuredichte (SD) steht im nahezu linearen Verhältnis des Ladezustandes. Dies bedeutet z. B.:

SD ~ 1,28 entspricht ca. 100% Ladezustand

SD ~ 1,18 entspricht ca. 50% Ladezustand

SD ~ 1,10 entspricht ca. 0% Ladezustand

Die entsprechende Ruhespannung ermittelt sich nach einer Faustformel (s. 2.1).

3. BATTERIEARTEN

Weichen eine oder mehrere Zellen in ihrer Säuredichte voneinander ab, ist eine Ausgleichsladung vorzunehmen. Bei Abweichung von mehr als „3 Punkten“ (z. B. 5 Zellen SD = 1,23, 1 Zelle SD = 1,20) ist der Defekt einer Zelle sehr wahrscheinlich. Eine Aufladung der Batterie ist dann meist erfolglos. Wegen der Möglichkeit der Bildung von Knallgas und der damit verbundenen Explosionsgefahr ist von weiterer Ladung abzugehen.

Grundregel:

Defekte Batterien dürfen nicht geladen werden!

Nachfüllmöglichkeit

Speziell bei extremen Betriebsbedingungen (z. B. hohe Umgebungstemperaturen, Art des Ladegerätes etc.) verbraucht jede Batterie Wasser. Die Zellenstopfen ermöglichen ein Nachfüllen von destilliertem Wasser, deshalb ist eine Beeinträchtigung der Lebensdauer durch vorzeitigen Wasserverlust ausgeschlossen.

3.2 Neue Batterietechnologien Calcium- und Reinbleitechnologie

Die konsequente Weiterentwicklung der klassischen Blei-Säure-Batterie in Antimon-Technologie (PbSb) führte zur Entwicklung neuer Batterie-Technologien durch VARTA in PbCa (Blei-Calcium)- und PAG (Blei-Calcium-Silber)-Legierung. Diese Technologien bieten dem Anwender viele Vorteile hinsichtlich Startkraft, längerer Wartungsintervalle, niedrigerer Selbstentladung bis zur völligen Wartungsfreiheit (außer Laden und Polpflege). Die innovative **Blei-Calcium-Technologie mit Silberlegierung** ermöglicht, bereits gefüllt und geladene Batterien zu liefern. Die Batterien sind optisch verschlossen und benötigen über die gesamte Lebensdauer keine Wassernachfüllung. Sie **können bzw. dürfen nicht** mit destilliertem Wasser nachgefüllt werden und haben unter **normalen Einsatzbedingungen** einen sehr geringen Wasserverbrauch (< 1 g/Ah).

Normale Einsatzbedingungen schließen aus:

1. Überladung durch z. B. defekten Regler oder exzessive externe Ladung
2. Ungünstiger Einbau mit erhöhter Temperatureinwirkung (z. B. zu dicht am Motor)
3. Starke Zyklierung in Verbindung mit geringer Fahrleistung (z. B. Standheizung)

Das Calcium-System gast weniger, hat eine **niedrigere Selbstentladerate** und ist gegen Korrosion sehr beständig.

Aufgrund der niedrigen Selbstentladerate (Umgebungstemperatur < 20 °C) eignen sie sich hervorragend für den saisonalen Einsatz, wie z.B. in Booten und Wohnmobilen.

Ein weiteres Highlight in der konsequenten Weiterentwicklung der PbCa-Technologie stellen die **VARTA Professional Starter Batterien** dar. In der Startklasse für hohe Motorleistungen verbindet diese Technologie hohe Startströme mit niedrigen Selbstentladeraten während der Standzeiten. Also ein idealer Einsatz bei saisonalen Anwendungen und absolut wartungsfrei (kein Wasser nachfüllen).



Maßgeschneidert für moderne professionelle Anwendungen sind auch die neuen **OPTIMA® Batterien in Reinblei-Wickeltechnologie**. Diese Technologie gibt es speziell für den maritimen Einsatz (BlueTop), als YellowTop für die tiefe Zyklierung – wie auch die Verbraucherbatterien – und als Starterbatterie die RedTop (s. 3.4) Der Vorteil dieser Batterien in gewickelter Vliestechnologie ist die hohe Spannungslage bei Entladung und die extrem gute Ladestromaufnahme. Keine Säureschichtung beeinflusst die Leistungsbereitschaft dieser hervorragenden Vlies-Technologie.



3. BATTERIEARTEN

3.3.1 VARTA Professional Starter das Kraftpaket, um durchzustarten

Hohe Kaltstartkraft, absolut wartungsfrei, minimale Selbstentladung – ideal für saisonale Nutzung, auslaufsicher, SHD – für lange Lebensdauer. VARTA Starterbatterien liefern die notwendige Energie zum Starten, Beleuchten und Zünden.

Die Batterie ist geeignet, in kurzer Zeit für die benötigte Startleistung einen hohen Strom abzugeben. Die **kurzzeitige Hochstromentnahme** wird dadurch ermöglicht, dass verhältnismäßig viele dünne Platten in die Batterie eingebaut werden. Die verfügbare Plattenoberfläche bestimmt die Größe der möglichen Hochstrombelastung – ein Faktor, der auch bei tiefen Temperaturen an Bedeutung gewinnt. Deshalb wird bei allen Batterien, die schwerpunktmäßig zum Starten geeignet sind, der **Kälteprüfstrom** angegeben. Darunter ist die Stromstärke in Ampere zu verstehen, mit der eine **vollgeladene** und auf **-18 °C** abgekühlte Batterie belastet werden kann, ohne dass die **Klemmenspannung** während der ersten **10 Sekunden unter 7,5 Volt** absinkt. VARTA Pkw-Starterbatterien sind unter normalen Einsatzbedingungen (s. 3.2) absolut wartungsfrei nach EN. VARTA Starterbatterien werden überall dort eingesetzt, wo es vorrangig darauf ankommt, in kurzer Zeit hohe Ströme für Startzwecke abzugeben, so z. B. bei Motorbooten, Wohnmobilen, Booten und sonstigen Anwendungen mit Verbrennungsmotoren. Die Auswahl der richtigen Starterbatterie (separater Batteriestromkreis für den Motorstart) im Anwendungsbereich Boote erleichtert die Tabelle auf Seite 15.

3.3.2 VARTA Professional DC für die Bordnetzversorgung (mit flüssigem Elektrolyt).

VARTA Versorgungs-Batterien werden vorwiegend zur Speisung von Bordnetzen eingesetzt. Auf dem Typenschild wird die Kapazität (K_5) angegeben, weil die Batterie vorrangig für Langzeitentladung konzipiert ist. Der Kälteprüfstrom (K_{20}) hat hier keine unmittelbare Bedeutung und wird lediglich als Referenzwert angegeben. Diese Batterien sind auch für Startaufgaben einsetzbar; aufgrund der konstruktiven Gegebenheiten sollten sie jedoch möglichst nur zu kurzzeitigen Kapazitätsentnahmen (z. B. Motorstart) eingesetzt werden, wenn die Umgebungstemperaturen oberhalb des Gefrierpunktes liegen. VARTA Versorgungs-Batterien haben verstärkte Gitterplatten, eine hochwertige Sonderisolation mit Glasvliesauflage und eine Gitterlegierung, die eine gute Massehaftung bei zyklischer Belastung garantiert. Hierdurch wird eine etwa zwei- bis dreifache Lebensdauer gegenüber herkömmlichen Starterbatterien erreicht.

Die Selbstentladung ist durch die Verwendung von Hybrid- bzw. Blei-Calcium-Technologie sehr gering und ermöglicht bei saisonalen Anwendungen eine längere Standzeit ohne Nachladung. Eine regelmäßige Ladezustandskontrolle und ggf. eine Nachladung sind jedoch bei längeren Nutzungspausen zu empfehlen. Batterien, die bei Außerbetriebsetzung einen Teilladezustand aufweisen, müssen unbedingt nachgeladen werden. Für Anwendungen, bei denen Teilladezustände innerhalb dieser 6-Monatsfrist auftreten können, wird jedoch mit Sicht auf die Lebensdauer der Batterie vor Ablauf von 6 Monaten eine Nachladung empfohlen.

Eigenschaften Professional DC	Nutzen
Innovative Plattentechnologie	Bis zu 2 x so hohe Zyklenfestigkeit, verglichen mit Standard-Nassbatterien
Minimale Selbstentladung	Perfekt für die saisonale Nutzung
Ergonomische Griffe	Leicht zu transportieren
Rückzündschutz	Für mehr Sicherheit
Hohe Energieleistung	Geeignet für Dual-Power-Anwendungen (auch als Kombi-Batterie zum Starten und Versorgen zu verwenden)
Labyrinthdeckel	Wartungsfrei
Verschlossen	Auslaufsicher (kurzfristig auch bei Neigungen bis 90 Grad)

3. BATTERIEARTEN

3.3.3 VARTA Professional AGM Batterien Valve Regulated Lead Acid (VRLA) Batterie

- 3-4 mal höhere Zyklenfestigkeit
- Absolut wartungsfrei und auslaufsicher
- Der in der Glasmatte gebundene Elektrolyt ermöglicht Wartungsfreiheit und Auslaufsicherheit
- Minimale Selbstentladung: Durch die minimale Selbstentladung perfekt geeignet für saisonalen Einsatz wie im Bereich Boot und Caravan
- Hohe mechanische Stabilität durch AGM-Technologie für höhere Rüttelfestigkeit
- Geringer Innenwiderstand: Mikroporöses Separator Vlies für verbesserte Ladefähigkeit und gleichmäßig hohen Output.

Für maximalen Energiebedarf bei Versorgung und zum Starten eignet sich die VARTA Professional AGM. Dank neuester AGM (Absorbent Glas Mat)-Technologie liefert sie verlässliche Energie für maximale Zuverlässigkeit bei Versorgung und Starteranwendungen. Die AGM-Technologie

basiert auf einem speziellen Mikroglasvlies, der Absorbent Glass Mat (AGM). Dieses Material saugt die Akkumulatorensäure in der Batterie komplett auf und gewährleistet einen vollständigen Kontakt mit der Aktivmasse. Das Mikroglasvlies und das darin fixierte Elektrolyt ermöglichen eine bessere Ausnutzung des Zellenvolumens durch größere Platten für mehr Leistung bei gleicher Batteriegröße. AGM steht für extrem lange Lebensdauer, absolute Wartungsfreiheit und extreme Rüttelfestigkeit. Sie ist auslauf- und kippsicher auch bei extremer Schräglage von Booten oder Wohnmobilen an Steigungen. Die AGM Technologie wird auch von Erstausrüstern bevorzugt.

Ein weiterer Vorteil im Freizeitbereich ist ihre höhere Zyklenfestigkeit im Vergleich zu Standardbatterien, kein Wasserverbrauch und keine Säureschichtung sind Vorzugsmerkmale der VARTA Professional AGM sowie die Robustheit, die auch mal harte Stöße und Beanspruchung verträgt. Die Batterie arbeitet im Sauerstoffverzehr Zyklus. (s. 3.5.3)

	ETN	Spannung	K20	CCA (EN)	Länge (mm)	Breite (mm)	Höhe (mm)	Gewicht (kg)	Startmotorenleistung Diesel (kW)	Startmotorenleistung Otto (kW)
VARTA Professional Starter 	930052047	12V	52 Ah	470 A	207	175	190	12,7	45	55
	930060054	12V	60 Ah	540 A	242	175	190	14,6	65	80
	930074068	12V	74 Ah	680 A	278	175	190	17,3	75	95
	930095080	12V	95 Ah	800 A	353	175	190	21,9	100	120
VARTA Professional DC 	930140080	12V	140 Ah	800 A	513	189	223	36,62	130	155
	930180100	12V	180 Ah	1000 A	513	223	223	45,1	160	180
	930230115	12V	230 Ah	1150 A	518	276	242	56,75	175	220

3.3.4 VARTA Professional Deep Cycle AGM-Batterien

Eine starke Innovation.

VARTA Professional Deep Cycle AGM ist eine Valve Regulated Lead Acid (VRLA) Batterie.

• Zellverbinderdesign

Massiv gegossene, oben liegende Zellverbinder mit großem Querschnitt und damit geringem Innenwiderstand, verbesserte Raumausnutzung des gesamten Kastenvolumens für Platten verfügbar, größere Plattenoberfläche verglichen zu Standardverbinder. Mechanisch stabiler und somit widerstandsfähiger gegenüber Erschütterungen.

• Dickeres Plattendesign

Wahres Deep Cycle Design – dicke pos. u. neg. Platten mit mehr aktiver Masse und einer hohen PbCa-Legierung.

• Die Glasmatte

Die Glasmatte absorbiert den Elektrolyt vollständig im mikroporösen Glasvlies. Das Glasvlies sorgt für einen gewissen Anpressdruck, welches Materialausfall vermeidet und dadurch eine höhere Zyklenfestigkeit erreicht. Die Batterie ist hierdurch auslaufsicher auch bei mechanischer Schädigung von außen.

• Sicherheitsventile

Das Sicherheitsventil erlaubt das Arbeiten mit Überdruck, wodurch sich eine erhöhte Rekombinationsrate ergibt und damit eine längere Lebensdauer. Durch das Sicherheitsventil ist die Batterie rückzünd-geschützt und gast unter normalen Bedingungen nicht nach außen.

• Standzeit

Lange Standzeit zwischen Formierung und Auslieferung zur Sicherstellung einer maximalen Qualität.

Ein weiterer Vorteil im Freizeitbereich ist ihre hohe Zyklenfestigkeit (≥ 800 Zyklen), kein Wasserverbrauch und keine Säureschichtung sind Vorzugsmerkmale der VARTA Professional DC AGM sowie die Robustheit, die auch mal harte Stöße und Beanspruchung verträgt. Die Batterie arbeitet im Sauerstoffverzehr Zyklus (s. 3.5.3). Eine Übersicht der VARTA Deep Cycle AGM-Batterien finden Sie auf der Seite 20.



3. BATTERIEARTEN

Es ist zu beachten, dass eine AGM-Batterie immer durch eine AGM-Batterie ersetzt werden muss.

Für folgende Anwendungen empfehlen sich VARTA Versorgungs-Batterien:

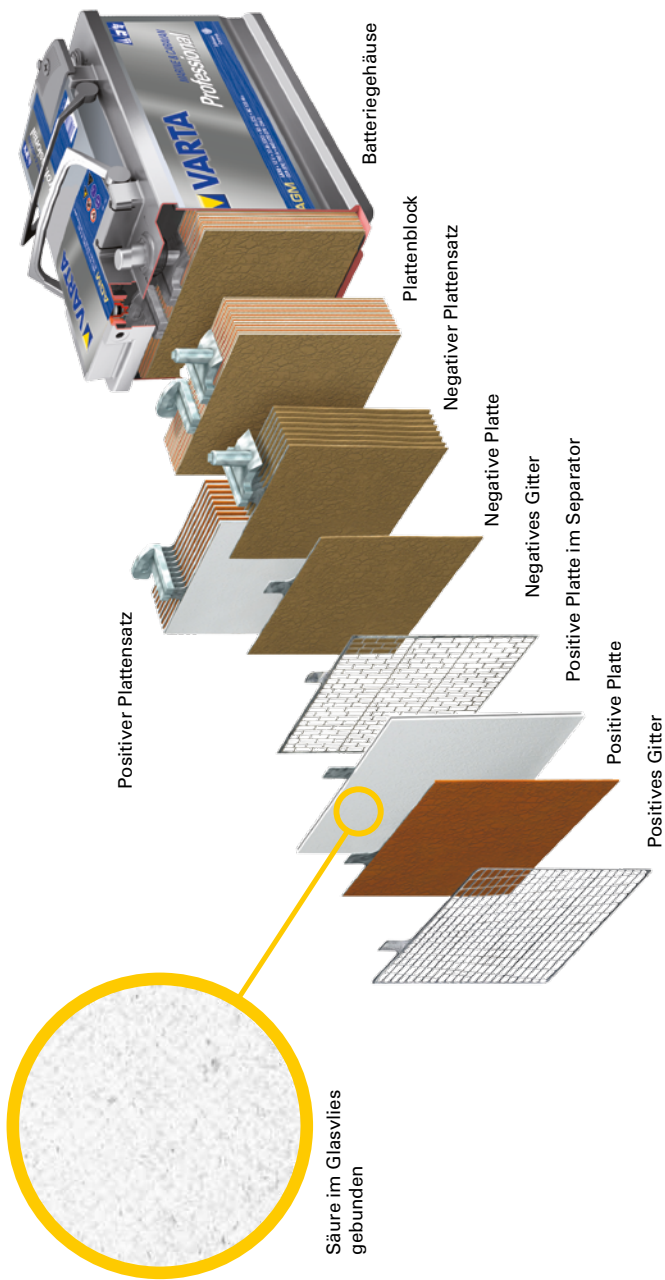
- Bordnetzversorgung im Wohnmobil, Caravan und auf Schiffen
- Für den Einsatz in Kleinsolar-Anlagen in Boots- und Caravan-/Reisemobilenwendungen sind VARTA Versorgungs-Batterien ebenfalls bestens geeignet.

Somit bietet VARTA für die unterschiedlichsten Ansprüche und Anwendungen die vollständige Abdeckung des Bedarfs. Insbesondere bei Wohnmobilen treffen häufig mehrere Ansprüche zusammen, wie z. B. Versorgung elektrischer Verbraucher über längere Zeit oder kurzzeitige Hochlast mit Kapazitätsentnahme (wie z. B. Rangierhilfe/Mover) oder in der Bootsanwendung bei der Nutzung von Ankerwinch und Querstrahlruder. Zusätzlich ist die Verwendung von Solarenergie oder Windgeneratoren zur Nachladung der Versorgungsbatterien gegeben.

Eigenschaften Professional DC AGM	Nutzen
Große Plattenoberfläche (Over the head partition)	Für verbesserte Raumausnutzung, dadurch mehr Kapazität bei gleicher Batteriegröße, und hohe mechanische Stabilität
Dicke Platten für höhere Zyklenfestigkeit	5- bis 6- mal zyklenfester im Vergleich zur herkömmlichen Nassbatterie
Hohe Energieleistung	Ideal geeignet für Anwendungen als Kombi-Batterie zum Starten und Versorgen und als Traktionsbatterie (Elektroantriebe)
Minimale Selbstentladung/ Keine Säureschichtung	Perfekt für die saisonale Nutzung
Absolut wartungsfrei	Installieren und vergessen

3. BATTERIEARTEN

Aufbau einer VARTA Professional AGM



3. BATTERIEARTEN

Vergleichsliste Typenprogramm VARTA Hobby mit VARTA Professional

Kurz- bezeich- nung	Größe	ETN	Span- nung	K20	Rest- kapazität @25 A	kein Nachfolger				Kurz- bezeich- nung	Größe	ETN	Span- nung	K20	Rest- kapazität @25 A
VARTA Hobby Calcium- Technologie 	A23	H4	954006000	12 V	50 Ah	-									
	C24	H5	955002000	12 V	60 Ah	-	VARTA Professional DC 	LFD60	H5/L2	930060056	12 V	60 Ah	109 Min.		
	D41	H6	956002000	12 V	80 Ah	-		LFD75	H6/L3	930075065	12 V	75 Ah	141 Min.		
	E33	H8	957052000	12 V	90 Ah	-		LFD90	H8/L5	930090080	12 V	90 Ah	174 Min.		
VARTA Hobby Hybrid- Technologie 	A26	Eg4	812060000	12 V	60 Ah	-	VARTA Professional 	LFS75	EG4	812071000	12 V	75 Ah	124 Min.		
	A27	Eg4	812071000	12 V	75 Ah	-									
	A24	Gr 31	811053057	12 V	105 Ah	-		LFS105	Grp31	811053057	12 V	105 Ah	190 Min.		
	A25	Gr 31	811054057	12 V	105 Ah	-									
	A28	LOT 7	813010000	12 V	110 Ah	-									
	H12	WOR	960002000	12 V	125 Ah	-	VARTA Professional DC 	LFD140	A	930140080	12 V	140 Ah	284 Min.		
	I12	A	960051000	12 V	130 Ah	-		LFD180	B	930180100	12 V	180 Ah	377 Min.		
	J12	B	963051000	12 V	180 Ah	-		LFD230	C	930230115	12 V	230 Ah	499 Min.		
M13	C	968001000	12 V	230 Ah	-		kein Nachfolger								
M12	XMU	918001000	12 V	240 Ah	-		kein Nachfolger								
G12	-	959002000	12 V	110 Ah	-		kein Nachfolger								

3. BATTERIEARTEN

	Kurz- bezeich- nung	Größe	ETN	Span- nung	K100	K20	K10	K5	Rest- kapazität @25A
VARTA Professional Starter 	LFS52	H4/L1	930052047	12 V	–	52 Ah	–	–	–
	LFS60	H5/L2	930060054	12 V	–	60 Ah	–	–	–
	LFS74	H6/L3	930074068	12 V	–	74 Ah	–	–	–
	LFS95	H8/L5	930095080	12 V	–	95 Ah	–	–	–
VARTA Professional 	LFS75	EG4	812071000	12 V	–	75 Ah	67 Ah	60 Ah	124 Min.
	LFS105	Grp31	811053057	12 V	–	105 Ah	94 Ah	85 Ah	190 Min.
VARTA Professional DC 	LFD60	H5/L2	930060056	12 V	72 Ah	60 Ah	55 Ah	51 Ah	109 Min.
	LFD75	H6/L3	930075065	12 V	90 Ah	75 Ah	69 Ah	64 Ah	141 Min.
	LFD90	H8/L5	930090080	12 V	108 Ah	90 Ah	83 Ah	77 Ah	174 Min.
	LFD140	A	930140080	12 V	169 Ah	140 Ah	129 Ah	119 Ah	284 Min.
	LFD180	B	930180100	12 V	217 Ah	180 Ah	166 Ah	153 Ah	377 Min.
	LFD230	C	930230115	12 V	277 Ah	230 Ah	212 Ah	196 Ah	499 Min.
VARTA Professional AGM 	LA60	H5/L2	840060068	12 V	67 Ah	60 Ah	57 Ah	55 Ah	125 Min.
	LA70	H6/L3	840070076	12 V	83 Ah	70 Ah	65 Ah	60 Ah	133 Min.
	LA80	H7/L4	840080080	12 V	86 Ah	80 Ah	77 Ah	75 Ah	176 Min.
	LA95	H8/L5	840095085	12 V	108 Ah	95 Ah	90 Ah	85 Ah	198 Min.
	LA105	H9/L6	840105095	12 V	118 Ah	105 Ah	100 Ah	95 Ah	224 Min.
VARTA Professional DC AGM 	LAD24	–	830024016	12 V	30 Ah	24 Ah	22 Ah	20 Ah	27 Min.
	LAD60	–	830060037	12 V	76 Ah	60 Ah	54 Ah	49 Ah	100 Min.
	LAD70	–	830070045	12 V	87 Ah	70 Ah	63 Ah	58 Ah	115 Min.
	LAD85	–	830085051	12 V	107 Ah	85 Ah	77 Ah	70 Ah	145 Min.
	LAD115	–	830115060	12 V	151 Ah	115 Ah	104 Ah	91 Ah	200 Min.
	LAD150	–	830150090	12 V	189 Ah	150 Ah	135 Ah	123 Ah	285 Min.
	LAD260	–	830260152	12 V	326 Ah	260 Ah	234 Ah	214 Ah	578 Min.

3. BATTERIEARTEN

CCA (EN)	MCA	Länge (mm)	Breite (mm)	Höhe (mm)	Gewicht (kg)	Pol	Schal- tung	Boden- leiste	
470 A	588 A	207	175	190	12,7	1	0	B13	VARTA Professional Starter 
540 A	675 A	242	175	190	14,6	1	0	B13	
680 A	850 A	278	175	190	17,3	1	0	B13	
800 A	1000 A	353	175	190	21,9	1	0	B13	
600 A	750 A	260	175	225	18,5	1	1	B01	VARTA Professional 
750 A	938 A	330	175	240	26,9	1	9	B00	
560 A	700 A	242	175	190	16,5	1	0	B13	VARTA Professional DC 
650 A	813 A	278	175	190	18,9	1	0	B13	
800 A	1000 A	353	175	190	23,73	1	0	B13	
800 A	1000 A	513	189	223	36,62	1	3	B00	
1000 A	1250 A	513	223	223	45,1	1	3	B00	
1150 A	1430 A	518	276	242	56,75	1	3	B00	
680 A	850 A	242	175	190	17,5	1	0	B13	VARTA Professional AGM 
760 A	950 A	278	175	190	20,4	1	0	B13	
800 A	1000 A	315	175	190	22,76	1	0	B13	
850 A	1063 A	353	175	190	26,4	1	0	B13	
950 A	1188 A	394	175	190	29,4	1	0	B13	
160 A*	195 A	165	176	125	8,9	M5	0	B00	VARTA Professional DC AGM 
370 A*	450 A	265	166	188	20,7	1	0	B00	
450 A*	540 A	260	169	230,5	23,8	1	0	B00	
510 A*	600 A	260	169	230,5	25,1	1	0	B00	
600 A*	710 A	328	172	233,5	32,8	1	0	B00	
900 A*	1070 A	484	171	241	45,5	1	0	B00	
1525 A*	1830 A	521	269	239,5	78,2	1	4	B00	

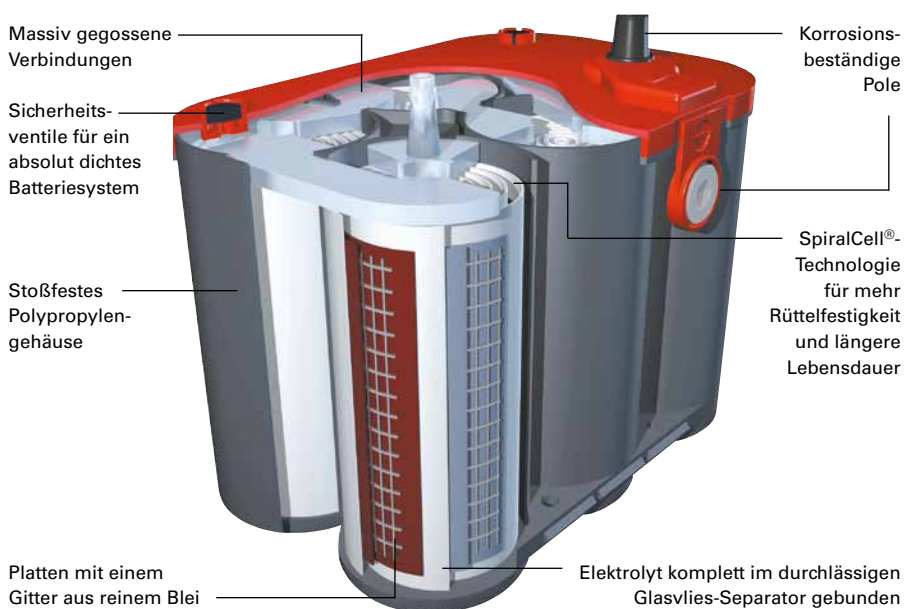
3. BATTERIEARTEN

3.4 OPTIMA® BATTERIEN

OPTIMA® Batterien sind AGM (Absorbent Glass Mat) Batterien mit der **modernen AGM-SpiralCell®-Technologie**. Die Batterien kommen in Anwendungsbereichen zum Einsatz, in denen neben den normalen Start- und Versorgungsanwendungen besonders hohe Anforderungen an die Leistung und Zuverlässigkeit der Stromversorgung gestellt werden: in Offroad- und Allradfahrzeugen,

Bootsbau, Camping- und Caravanfahrzeugen. Mit dem komplett im Vlies gebundenen Elektrolyt sind sie absolut auslaufsicher und in jeder Lage einzubauen. Sie eignen sich durch die **geringe Selbstentladung** ideal für den saisonalen Einsatz in den Bereichen Marine und Camping und sind unempfindlicher gegen Erschütterungen.

SpiralCell®-Technologie



Mit der SpiralCell®-Technologie unterscheiden sich OPTIMA® Batterien entscheidend von herkömmlichen Batterien.

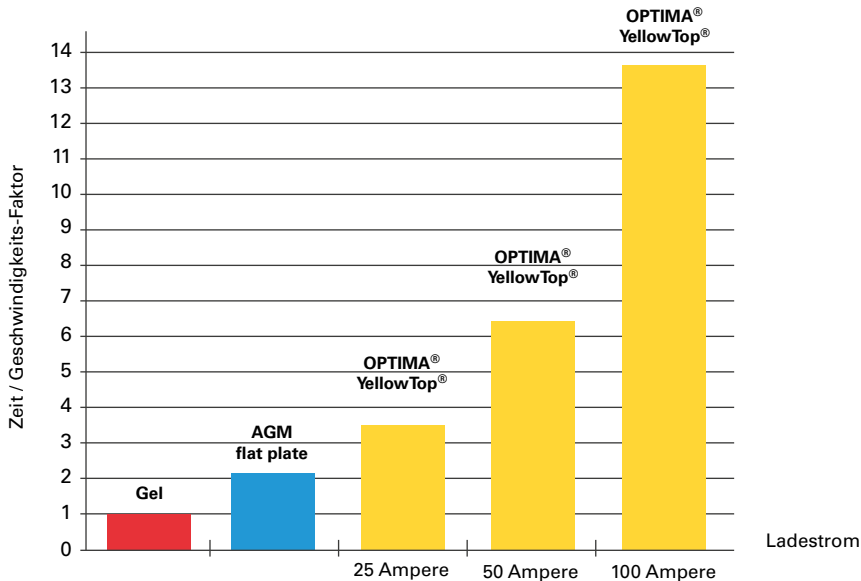
Im Vergleich zeigt sich, dass Spiralzellen-Batterien eine größere Plattenoberfläche besitzen. Statt der Flachplatten normaler Batterien werden hier zwei dünne hochreine Bleiplatten zusammen mit einem Glasvlies zu einer Spiralzelle gewickelt. Die Chemikalien können sich besser mit der Oberfläche verbinden und ermöglichen somit ein schnelleres

Aufladen sowie einen höheren Energietransfer mit bis zu **100 % Kapazitätsentnahme**.

Zudem weisen sie einen engeren Plattenraum auf. Das führt in Verbindung mit dem verwendeten hochreinen Blei zu einem niedrigeren Widerstand im Inneren der Batterie. Und dies wiederum bedeutet, dass in einem kompakteren Format mehr Energie gebündelt werden kann. Hierdurch lässt sich eine **extrem schnelle Wiederaufladung realisieren**.

3. BATTERIEARTEN

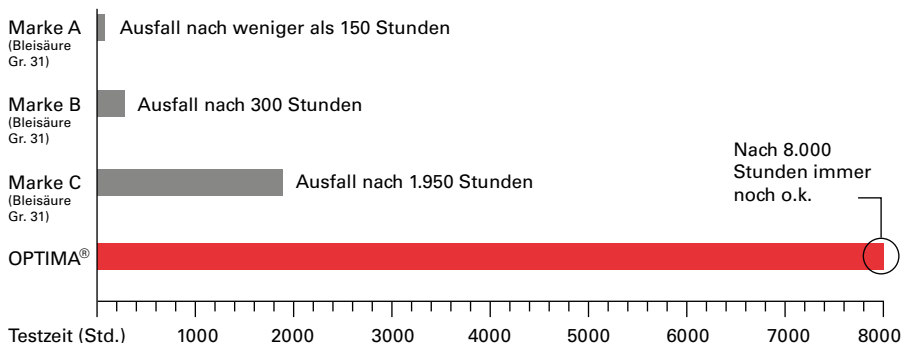
Bessere Schnellladefähigkeit (75-Ah-Batterie)



Hinzu kommt, dass das gewickelte Plattenmaterial fest im Gehäuse eingeschlossen ist. Somit hat die Batterie eine extrem hohe Resistenz gegen Vibration. Die reduzierte Vibrationsempfindlichkeit minimiert die Abnutzung der Plattenbeschichtung. Einem Energieverlust wird somit entgegengewirkt

und für eine deutlich höhere Lebensdauer gesorgt. Die Verwendung von hochreinem Blei führt zur Minimierung der Selbstentladung und zusätzlich zur Reduzierung von Korrosion. Damit trägt auch dies zu einer längeren Lebensdauer der Batterie bei.

Vibrationsbeständigkeit



3. BATTERIEARTEN

AGM-Technologie

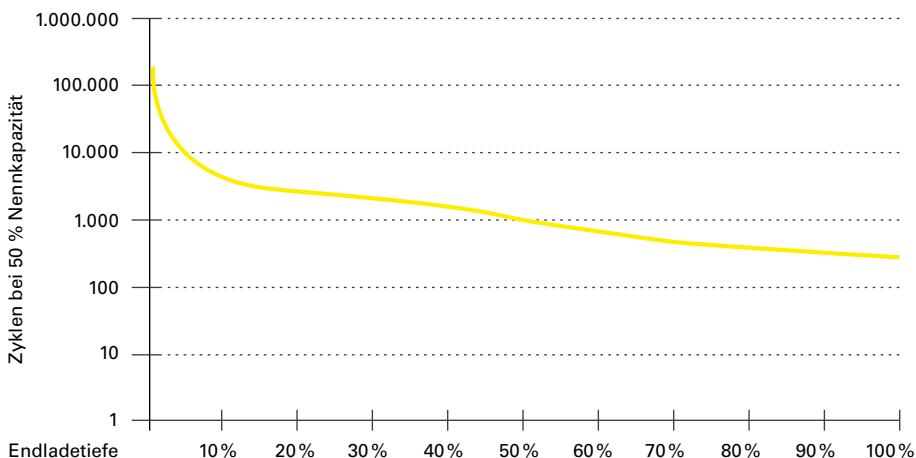
Die AGM-Technologie basiert auf einem speziellen Mikroglasvlies, der Absorbent Glass Mat (AGM). Dieses Material saugt die Akkumulatorensäure in der Batterie komplett auf und gewährleistet einen vollständigen Kontakt mit der Aktivmasse. Das Mikroglasvlies und das darin fixierte Elektrolyt ermöglichen eine bessere Ausnutzung des Zellenvolumens durch größere Platten für mehr Leistung bei gleicher Batteriegröße. Die Batterie ist vollkommen abgedichtet, auslaufsicher, **absolut wartungsfrei** und extrem rüttelfest. Sie lässt sich daher in jeder Lage einbauen und sorgt in Verbindung mit der höheren Leistung für ein Höchstmaß an Sicherheit und Zuverlässigkeit.

OPTIMA® Deep Cycle

Eine Deep Cycle Batterie wird im Allgemeinen für Anwendungen genutzt, die während der Applikation eine Entladung von 60 bis 70 % der Nennkapazität der Batterie benötigen, beispielsweise Reinigungsmaschinen, Golfwagen und elektrische Rollstühle. Die Benennung hat die Batterie der intensiven, sich wiederholenden Stromabgabe zu verdanken – dem „Deep Cycle“. Sie unterscheidet sich merklich von einer Starterbatterie, die lediglich eine Entladung von bis zu 3 % während des Startens verbucht.

OPTIMA® Batterien können bis zu 100 % (bis zu 10,5 V) entladen werden, ohne Schaden zu nehmen. Zum Vergleich können Gel-Batterien nur rund 60 % der angegebenen Leistung abgeben. OPTIMA® Batterien halten während der Entladung eine hohe Spannung.

Zykluslebensdauer vs. Entladetiefe



● Deep Cycle

3. BATTERIEARTEN

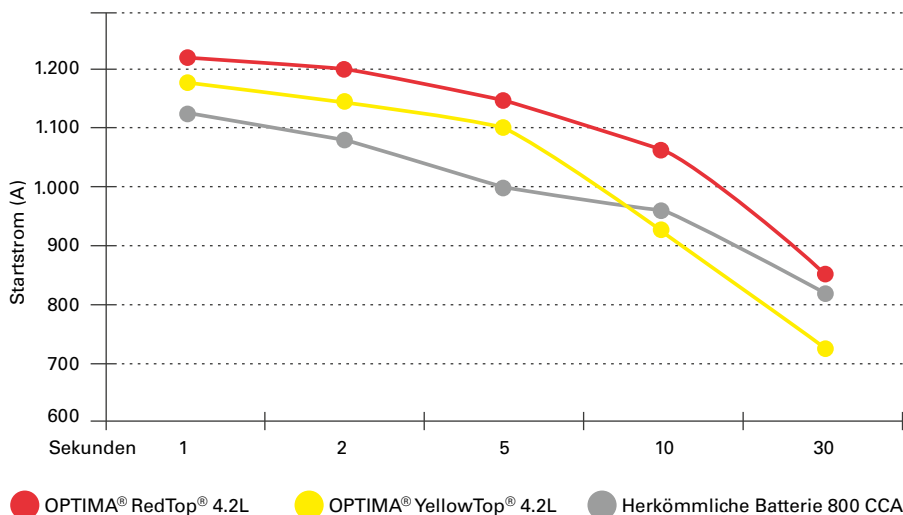
3.4.1 OPTIMA® REDTOP®

Die OPTIMA® RedTop ist eine Starterbatterie mit SpiralCell® Technologie: Bis zu **25 % mehr Startleistung** in den ausschlaggebenden ersten zehn

Sekunden, **geringe Selbstentladung** sowie extreme Belastbarkeit auch nach langer Stillstandszeit und bei kaltem Wetter gehören ebenso zu den Eigenschaften der OPTIMA® RedTop wie eine 15-mal höhere Rüttelfestigkeit und doppelte Lebensdauer, Auslaufsicherheit, extreme Hitze- und Kältebeständigkeit und die wartungsfreie Aufbewahrung über lange Zeiträume hinweg. Durch die SpiralCell® Technologie von OPTIMA® ist sie bestens für schwere Dieselmotoren, wie z.B. von großen, stationären Generatoren oder großen Yachten geeignet.



Kaltstartkraft



3. BATTERIEARTEN

OPTIMA® RedTop®

			
Kurzbezeichnung	RT 4,2	RT 3,7	RT 2,1
Größe (BCI)	34	25	–
Spannung (V)	12	12	6
K20 (Ah)	50	44	50
K10 (Ah)	48	42	49
K5 (Ah)	45	41	48
Restkapazität (Min.)	100	90	100
CCA (EN)	815	730	815
MCA (A)	1000	910	1000
Länge (mm)	254	237	255
Breite (mm)	175	171	90
Höhe (mm)	200	197	206
Gewicht (kg)	17,2	14,4	8,4
Terminal	S / R / F / U / C	S / R / U	S
Bodenleiste	–	~ B 1	~ B 11

S = Standard Terminal, C = Central Terminal, U = Universal Terminal,
R = Reversed Terminal, F = Front Terminal



3. BATTERIEARTEN

3.4.2 OPTIMA® YELLOWTOP®

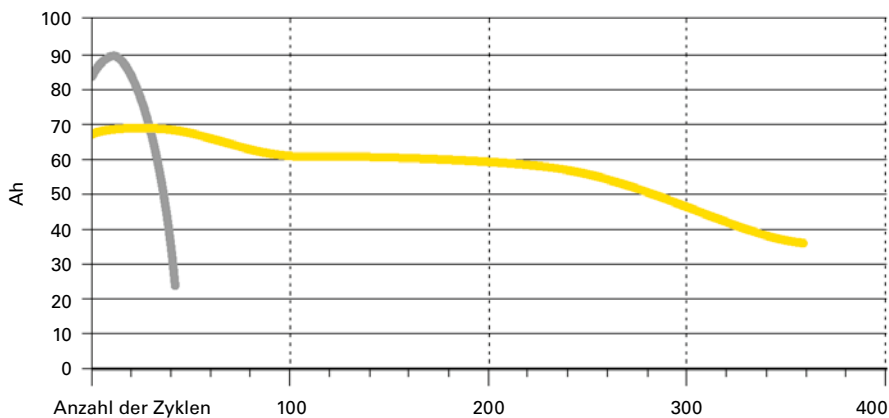
Die OPTIMA® YellowTop® wurde für den Versorgungs- und Traktionseinsatz sowie für das Starten von Motoren entwickelt. Sie eignet sich besonders für den Einsatz im Camping- und Caravan-Bereich,



der aufgrund von Zubehör einen großen Energiebedarf hat. Mit der SpiralCell®-Technologie bietet sie eine gleichermaßen sichere Startleistung bei Hitze und Frost. Als Versorgerbatterie bewältigt sie jede verbrauchsintensive Anforderung. Durch die hohe Ruhespannung wird die Energie im entscheidenden Moment freigesetzt und ermöglicht bei einem geringeren Volumen eine höhere Leistungsabgabe im Vergleich zu Gelbatterien.

Zu den weiteren Eigenschaften gehören eine **15-mal höhere Rüttelfestigkeit**, die Auslauf-sicherheit und die Möglichkeit, sie in **jeder Lage** einzubauen.

Reservekapazität vs. Zyklenzahl



● OPTIMA® YellowTop® 75Ah/C20

● Herkömmliche Batterie 98Ah/C20

OPTIMA® Batterien überstehen wesentlich mehr Lade- und Entladezyklen als herkömmliche Blei-Säure-Batterien ohne größeren Kapazitätsverlust.

3. BATTERIEARTEN

OPTIMA® YellowTop®

Kurz- bezeichnung						
	YT 5,5	YT 5,0	YT 4,2	YT 3,7	YT 2,7	YT 2,1
Größe (BCI)	31	27	34	35	51	—
Spannung (V)	12	12	12	12	12	6
K20 (Ah)	75	66	55	48	38	55
K10 (Ah)	71	64	54	46	36	54
K5 (Ah)	68	61	52	44	33	52
Restkapazität (Min.)	155	140	120	98	66	120
CCA (EN)	975	845	765	730	460	765
MCA (A)	1125	1025	870	910	575	870
Länge (mm)	325	309	254	237	237	255
Breite (mm)	165	172	175	171	129	90
Höhe (mm)	238	219	200	197	227	206
Gewicht (kg)	26,5	20,62	19,5	16,6	11,8	9,5
Terminal	S	R	S / U	R	S / R / J	S
Bodenleiste	—	—	—	~ B 1	—	—

S = Standard Terminal, U = Universal Terminal, R = Reversed Terminal, J = Japanese Terminal



3. BATTERIEARTEN

3.4.3 OPTIMA® BLUETOP®

Die OPTIMA® BlueTop®-Batterie wurde speziell für den Einsatz im Marinebereich entwickelt. Bei der SpiralCell®-Technologie sind die Platten zu festen



Spiralen verwunden und werden allen Anforderungen bei rauen Wetterbedingungen gerecht. Sie ist ausgelegt für **längere Laufzeiten**, eine schnellere Aufladung und eine **verdoppelte Lebensdauer** gegenüber herkömmlichen Schiffsbatterien.

OPTIMA® bietet zwei unterschiedliche Batteriemodelle für den Schiffsbedarf an, die Starterbatterie OPTIMA® BlueTop® SLI, die speziell für das Starten von Motoren entwickelt wurde, und die OPTIMA® BlueTop® DC eine Dual Power Batterie. Sie kann für Vorrichtungen, bei denen es zu Entladezyklen kommt, verwendet werden, etwa beim Bootszubehör. Sie ist aber ebenso für das Starten von Motoren bestens geeignet. Beide Batterietypen sind auslaufsicher und wartungsfrei und können in jeder Lage montiert werden.

Ladevorschriften			
Lichtmaschine	13,8 bis 15,0 Volt		
Batterieladegerät (Konstantspannung)	13,8 bis 15,0 Volt, 10 Ampere, ungefähr 12–15 Stunden		
Erhaltungsladung	13,2 bis 13,8 Volt, maximal 1 Ampere		
Schnellladung (Konstantspannung)	maximal 15,6 Volt. Keine Stromstärkenbegrenzung, so lange die Temperatur unter 50 °C liegt. Laden Sie, bis die Stromstärke unter 1 Ampere fällt.		
Wiederaufladezeit (Beispiel ausgehend von 100 % Entladung – 10,5 Volt)	Amperezahl	Zeit (ca.) bis 90 % Ladung	
		4,2	5,5
	100 Ampere	35 Minuten	52 Minuten
	50 Ampere	75 Minuten	112 Minuten
	25 Ampere	140 Minuten	210 Minuten
Die Ladezeit variiert je nach Umgebungstemperatur und den Eigenschaften des Ladegeräts. Bei Verwendung von Konstantspannungsladegeräten nimmt die Stromstärke bei zunehmendem Ladestand ab. Wenn die Stromstärke unter 1 Ampere liegt, kann von einem annähernd maximalen Ladestand ausgegangen werden.			
Zyklische oder serielle Belastung	Konstantspannung mit abschließendem Konstantstrom (CC/CV): 14,7 Volt, Temperatur < 50 °C, keine Stromstärkenbegrenzung. Wenn die Stromstärke unter 1 Ampere fällt, schließen Sie den Ladevorgang mit 3 Ampere Konstantstrom über 1 Stunde bei Typ 5,5 und 2 Ampere bei allen anderen Typen ab.		

Alle Ladeempfehlungen gehen von einer durchschnittlichen Raumtemperatur von 25 °C aus.

3. BATTERIEARTEN

OPTIMA® BlueTop®

				
Kurzbezeichnung	BT DC 5,5	BT DC 5,0	BT DC 4,2	BT SLI 4,2
Größe (BCI)	31	27	34	34
Spannung (V)	12	12	12	12
K20 (Ah)	75	66	55	50
K10 (Ah)	71	61	52	45
K5 (Ah)	68	61	52	45
Restkapazität (Min.)	155	140	120	100
CCA (EN)	975	845	765	815
MCA (A)	1125	1000	870	1000
Länge (mm)	325	309	254	254
Breite (mm)	165	172	175	175
Höhe (mm)	238	221	200	200
Gewicht (kg)	26,5	24,4	19,7	17,4
Terminal	1 & S	1 & S	1 & S	1 & S
Bodenleiste	–	–	–	–

S = Standard Terminal



3.5. Verschlossene Batterien mit festgelegtem Elektrolyt (AGM, Gel)

3.5.1 Allgemeines

Die konsequente Weiterentwicklung der klassischen Blei-Säure-Batterien führten zur Blei-Säure-batterie mit innerem Gasverzehr, die für bestimmte Anwendungen wesentliche Verbesserungen der physikalischen Eigenschaften beinhaltet. Darüber hinaus erfordert die Gel-Technologie spezielle Beachtung bei der Wahl der Ladetechnik (IU oder IUoU). Gel-Batterien müssen gelegentlich 100 % vollgeladen (sonst Memory-Effekt) und vor Überladung geschützt werden.

3.5.2 Aufbau

Die wesentlichen Unterscheidungsmerkmale zur klassischen (nassen, geschlossenen) Blei-Säure-batterie sind:

- festgelegter Elektrolyt (Gel oder Mikroglasvlies)
- spezielle Gitterlegierung (PbCa)
- Überdruckventile

Ansonsten ist der Aufbau mit geschlossenen Batterien vergleichbar.

3.5.3 Wirkungsweise des Sauerstoffverzehrs

Der Ladewirkungsgrad der positiven Elektrode ist schlechter als der der negativen Elektrode. Daher entsteht schon vor der Vollladung an der positiven Elektrode Sauerstoff. Dieser gelangt durch „Trocknungsrisse“ im Gel bzw. an den Fasern des Glasvlies entlang zur negativen Elektrode. Es entsteht PbO_2 (Bleiodioxyd), das mit der Schwefelsäure (H_2SO_4) Bleisulfat (PbSO_4) und Wasser bildet.

Dadurch bleibt die negative Elektrode etwas unter dem Vollladezustand, sodass dort praktisch kein Wasserstoff gebildet wird. Die negative Elektrode ist überdimensioniert.

Damit wird bei der Ladung die positive Elektrode zuerst gesättigt. Es entsteht Sauerstoff (O_2), bevor

an der negativen Elektrode Wasserstoff entstehen kann. Der Sauerstoff gelangt durch „Trocknungsrisse“ im Gel bzw. an den Fasern des Glasvlies entlang zur negativen Elektrode. Es entsteht PbO_2 (Bleiodioxyd), das mit der Schwefelsäure (H_2SO_4) Bleisulfat (PbSO_4) und Wasser (H_2O) bildet. Es wird also die negative Elektrode entladen, wobei sich Wasser bildet.

Die Zellenventile verschließen die Zellen, nur bei übermäßiger Gasentwicklung öffnen sich die Ventile aus Sicherheitsgründen. Die Oxidation der negativen Masse ist ein exothermer Vorgang, d. h. es entsteht Wärme beim Sauerstoffverzehr. Solange sich die Zelle im Gleichgewicht befindet, funktioniert der **Sauerstoffverzehrzyklus**.

Wurde eine Gel-/OPTIMA®-/AGM-Batterie durch fehlerhafte Ladung überladen (eine oder mehrere Ventile der schwächsten Zelle(n) haben sich geöffnet), so ist das Zellen-Gleichgewicht gestört. Die Batterie fällt nach wenigen Zyklen aus und muss ersetzt werden.

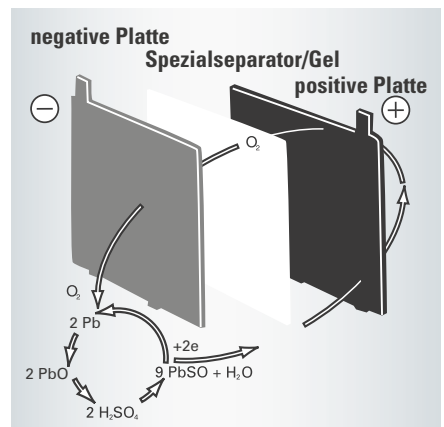


Abb. Modelldarstellung Sauerstoffverzehrzyklus

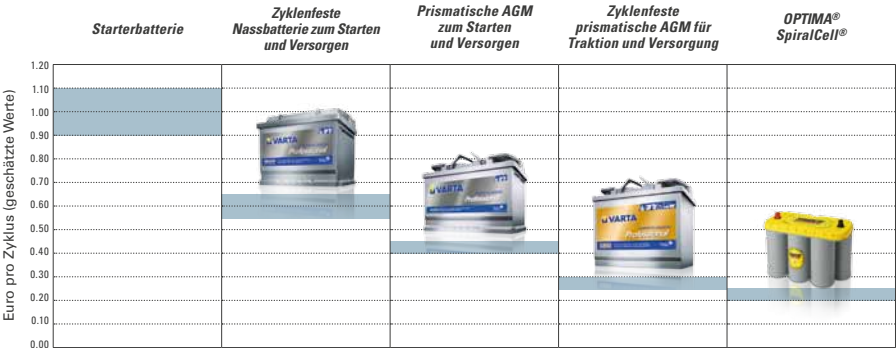
3. BATTERIEARTEN

3.6 Preis pro Zyklus

In der Anschaffung ist eine Versorgerbatterie aufgrund der Plattendicke sowie größerer Bleimengen zunächst teurer. Dafür bietet eine echte Versorgerbatterie wesentlich mehr Zyklen als eine

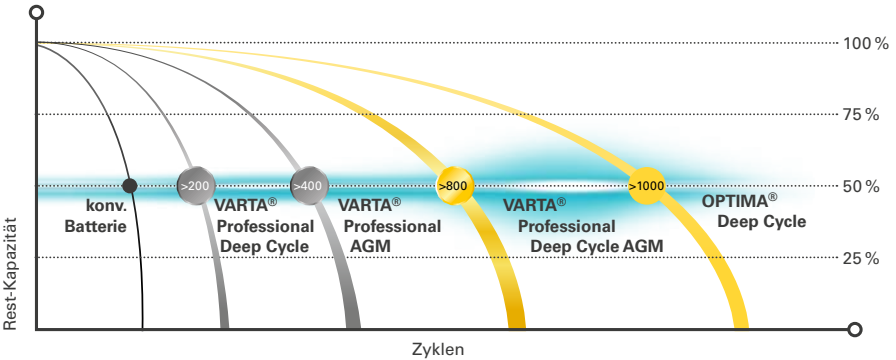
Starterbatterie. Daraus folgt, dass die Versorgerbatterie einen wesentlichen Preisvorteil in Euro pro Zyklus bietet. Unterm Strich ist eine VARTA Professional als durch die OPTIMA kostengünstiger.

Pro Zyklus im Vergleich mit allen Batterieformen unschlagbar



Eine OPTIMA® Batterie ist bis zu 9x zyklusfester im Vergleich zu herkömmlichen Batterien.

Verhältnis Zyklen zu Restkapazität



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 Säuredichtmessung 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.

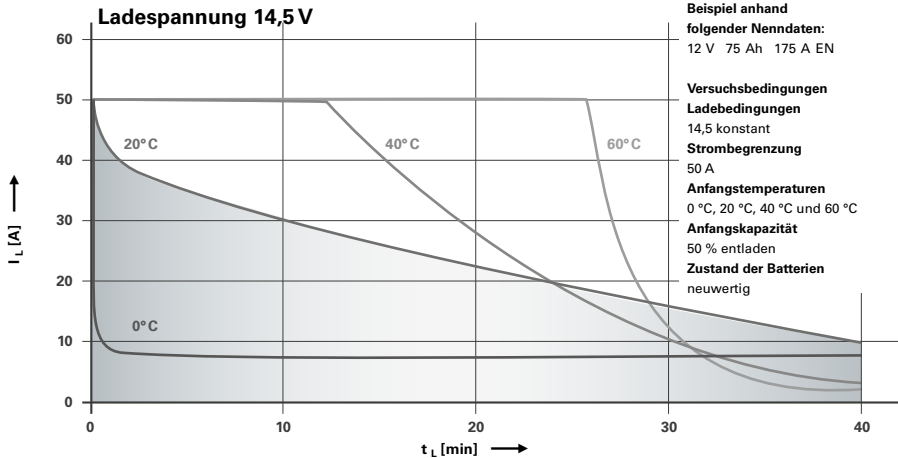
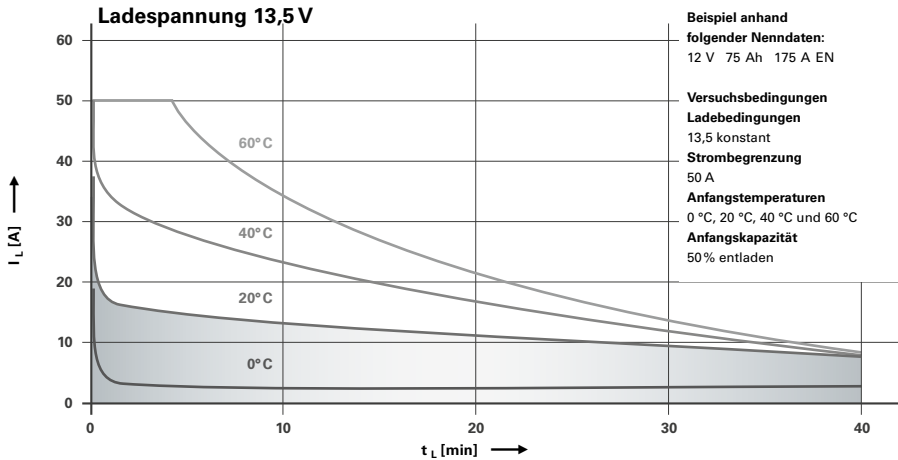
Ist trotz hoher und gleichmäßiger Säuredichte keine Startkraft zu erreichen, ist die Batterie verbraucht.

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

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 x 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 IUoU-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!

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 konstant = 13,8 Volt und kleinen durch die Batterie bestimmten $<1\text{ A}$ Strömen auf Bereitschaft gehalten. Ideal sind Kennlinien nach IU0U oder IU1a, 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 Ukonstant = 14,7 Volt geladen werden (Strom begrenzt $I_{\text{max}} = 10\text{ A}$), 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 = WU1a, IU1a.

4. LADETECHNIK

4.6 Testmethoden für verschlossene Batterien

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

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

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

5.1 Kapazitätsangabe

Die auf dem Typenschild angegebene Kapazität in Ah bezieht sich auf eine bestimmte Entladezeit. Die Kapazität einer Batterie sagt also aus, welche Ladungsmenge [Ah] in welcher Zeit geliefert werden kann. Dieser Wert ist von folgenden Einflussgrößen abhängig:

- der Höhe des Entladestromes
- der Temperatur
- der Alterung

Die Kapazität für VARTA Professional wird 5-/20-stündig angegeben.

Früher wurde die Kapazität für VARTA Antriebs- und Beleuchtungsbatterien ebenfalls mit 20-stündiger Kapazität [Ah] definiert. Durch Aufnahme dieser Batterie-Baureihen in die EN60254-1 (DIN-Norm 43539 Teil 3) wurde die bisherige Kapazitäts-Definition von 20-stündig auf 5-stündige Entladung geändert.

Dadurch wurde eine Typ-Nummern-Änderung bei VARTA und auch bei allen anderen deutschen Anbietern erforderlich. In der EN wurde auch die Ermittlung des Kälteprüfstromes für die Kapazität mit K_{20} festgelegt. EN (Europäische Norm) – Stromstärke in Ampere, mit der eine vollgeladene und auf -18 °C abgekühlte Batterie belastet werden kann, ohne dass die Klemmspannung während der ersten 10 Sek. unter 7,5 V absinkt. Nach 10 Sek. im Ruhezustand muss die Batterie anschließend eine Entladung mit 60 % des ursprünglichen Stromes für 90 Sek. aufrechterhalten, ohne dass die Batteriespannung unter 6 V sinkt.

Unterschiedliche Kapazitätswerte z. B. bei K_{20} und K_5 liegen im chemischen Prozess der Batterie begründet. Dieser Prozess bestimmt den inneren Widerstand der Batterie.

Je höher der Entladestrom (K_5 statt K_{20}) desto bedeutsamer wird der innere Widerstandsablauf der chemischen Reaktion. Das heißt, Batterien, die den gleichen K_{20} -Wert haben und somit nominal identisch sind, zeigen verschiedene Kapazitätswerte bei z. B. K_5 , weil sie aufgrund ihrer Bauweise unterschiedliche interne Widerstände haben. (z. B. DC zu AGM).

Was bedeutet „5-stündige Kapazität“?

Die Batterie 300 600 37 hat 49 Ampere-Stunden (Ah/5-stündig). Die Angabe „5-stündige Kapazität“ bedeutet, dass diese Batterie 5 Stunden lang einen Strom von 9,8 Ampere liefern kann: $49 \text{ Ah} / 5 \text{ h} = 9,8 \text{ A}$

Die Batterie-Spannung muss mindestens 10,2V am Entladeende betragen.

Was bedeutet „20-stündige Kapazität“?

VARTA Batterie mit der Typ-Nummer 830 060 037 60 Ampere-Stunden (Ah/20-stündig). Das bedeutet, diese Batterie kann 20 Stunden [h] lang einen Strom von 3 Ampere [A] liefern. $60 \text{ Ah} / 20 \text{ h} = 3 \text{ A}$

Die Batterie-Spannung muss am Entladeende noch mindestens 10,5V betragen.

Der Kapazitätsvergleich 5-stündig zu 20-stündiger Kapazitätsangabe zeigt:

Ein und dieselbe Batterie hat bei Entladung mit größerer Stromstärke (9,8 A statt 3 A) eine kleinere verfügbare Kapazität:

Beispiel Typ 830 060 037:

Entladestromstärke $3 \text{ A} \times 20 \text{ h} =$
60 Ampere-Stunden [Ah]

Beispiel Typ 830 060 037:

Entladestromstärke $9,8 \text{ A} \times 5 \text{ h} =$
49 Ampere-Stunden [Ah]

Der Grund für die Änderung der 20-stündigen in die 5-stündige Kapazitätsangabe liegt darin, dass die typischen Entladeströme dieser Batterien im 5-stündigen Kapazitätsbereich liegen. Deshalb hat sich VARTA gemeinsam mit der deutschen Batterieindustrie zu dieser praxismgerechteren Kapazitätsdefinition entschieden. Diese Änderung, und das sei noch einmal deutlich betont, gilt nur für Spezialbatterien wie die VARTA Professional Reihe (Antriebs- und Beleuchtungsbatterien). VARTA Starterbatterien für PKW / NKW haben eine 20-stündige Nennkapazität.

Beachten Sie bitte, dass die angegebenen Nennkapazitäten nur von einer neuen Batterie erreicht werden. Die Batterie muss vorher vollgeladen und die Entladung bei 27 °C durchgeführt werden. Entladeschlussspannung bei K_5 -Prüfung 10,2V. Gealterte Batterien verfügen – bedingt durch natürlichen Verschleiß – über eine geringere Kapazität.

5. KAPAZITÄT

Kapazitätsermittlung: Batterie mit konstantem Strom zwischen I_5 entladen, bis die Batteriespannung 10,2 V beträgt. Entladezeit messen.

Kapazität (Ah)

$$= \frac{\text{Entladestrom (A)} \times \text{Entladezeit (min)}}{60}$$

Liegt die entnommene Kapazität >80 % der Nennkapazität, dann ist die Batterie noch in Ordnung.

Bei der Projektierung für die Anwendung wird ein Kapazitätzuschlag für die Alterung und für die Tiefentladesicherheit (Sicherheitszuschlag)

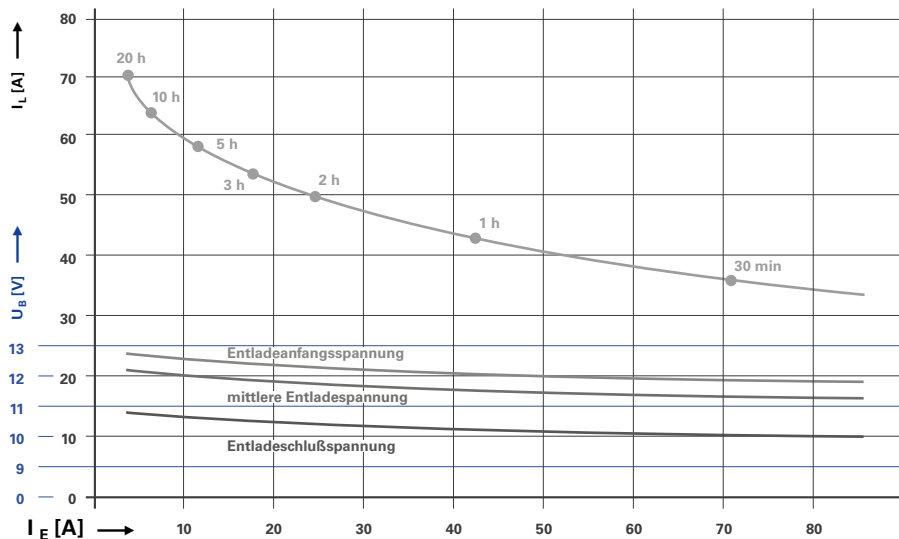
berücksichtigt. Dieser Faktor ist 1,7. Wählen Sie im Zweifelsfall also immer die nächst größere Batterie! (Angaben hierzu finden auf Seite 30/31).

Um die Kapazität in Abhängigkeit von der Höhe des Entladestroms noch einmal grafisch zu verdeutlichen, beachten Sie bitte die untenstehende Grafik.

Kapazität in Abhängigkeit der Höhe des Entladestromes

Beispiel:

$$830\ 070\ 045: K_{20} = 70\ \text{Ah} / I_{20} = 3,5\ \text{A}$$



Bei allen Berechnungen und Beziehungen in dieser Broschüre wird die 20stündige Kapazität zu Grunde gelegt. Zur Umrechnung benutzen Sie bitte folgende Faktoren als Annäherung:

5-stündige Kapazität (K_5)	→	20-stündige Kapazität (K_{20})	:	$K_5 \times 1,18$	=	K_{20}
20-stündige Kapazität (K_{20})	→	5-stündige Kapazität (K_5)	:	$K_{20} \times 0,85$	=	K_5

Hinweis:

Beim Kapazitätsvergleich von Batterien sollten Sie darauf achten, dass die Leistungsangaben von Batterien sowohl in 5- als auch in 20-stündiger Kapazität angegeben werden können.

Bei ausländischen Batterieanbietern ist nicht sichergestellt, dass die 5-stündige Kapazitätsangabe gilt, somit ist eine Umrechnung erforderlich. Hier erfolgt die Angabe oft in RC (s. Pkt. 8) oder SAE RC. Reserve-Kapazität: Ist die Zeit in Minuten,

in der eine zu 100 % aufgeladene Batterie bei 26,7 °C mit 25 A entladen wird, bis die Klemmspannung auf 10,5 V abgefallen ist. Kälteprüfstrom nach SAE (Society of Automotive Engineers) in Ampere, mit der eine vollgeladene und auf -18 °C abgekühlte Batterie belastet werden kann, ohne dass die Klemmspannung während 30 Sek. unter 7,2 V absinkt.



5. KAPAZITÄT

5.2 Kapazitätsbedarfsbestimmung

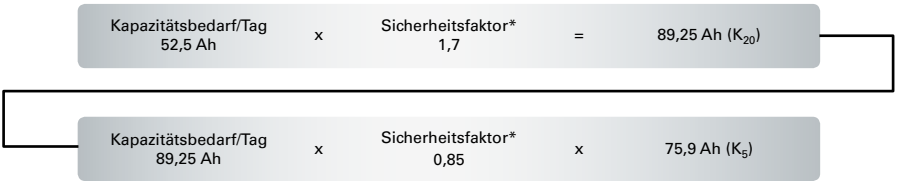
Die Auswahl der richtigen Batteriekapazität erfolgt zweckmäßiger Weise mit einer Checkliste. In dieser Liste führen Sie die Verbraucher Ihres Wohnmobils oder Ihres Bootes nacheinander auf. Die Leistung der Verbraucher, angegeben in Watt, entnehmen Sie bitte den Hinweisen der Hersteller. Nach der Division durch die Spannung (12 oder 24 Volt)

haben Sie die Stromaufnahme in Ampere. Schätzen Sie nun bitte die Versorgungszeit/Nutzungszeit in Stunden und errechnen Sie den Kapazitätsbedarf in Amperestunden. Nachfolgend finden Sie ein Beispiel für den Kapazitätsbedarf einer kleinen Segelyacht:

Verbraucher	Leistung in Watt	:	Spannung in Volt	=	Strom- aufnahme in Ampere	x	Versorgungs- zeit in Stunden	=	Kapazitäts- bedarf Ampere-Std.
Positions- beleuchtung	60	:	12	=	5	x	8	=	40,0
Echolot und Log	1	:	12	=	0,08	x	5	=	0,4
Kajüteleuchte	8	:	12	=	0,7	x	3	=	2,1
Innenbeleucht. Selbststeuer- anlage	24	:	12	=	2	x	5	=	10,0
Kapazitätsbedarf pro Tag									52,5

Um die **tatsächlich benötigte Batterie-Kapazität** zu erhalten, sollte das Ergebnis mit dem Sicherheitsfaktor 1,7* multipliziert werden. Damit werden vorstehende Einflussfaktoren berücksichtigt

(s. Punkt 5.1) Es besteht außerdem Schutz vor Tiefentladung.
Die VARTA Batterie mit der nächsthöheren Kapazität ist auszuwählen (Seite 20/21).



VARTA Professional Batterie: 830 115 060 12 V - 91 Ah (K₅) Professional DC AGM

Für VARTA Professional DC gilt ebenfalls der Sicherheitsfaktor 1,7*. Das bedeutet, dass eine Batterie-Kapazität von ca. 75 Ah K₅ benötigt wird: Batterie 930 090 080 (12 V - 77 Ah (K₅)) gewählt, weil die nächstkleinere Batterie 930 075 065 nur 64 Ah liefert.

Hinweis:

Beim Kapazitätsvergleich von Batterien sollten Sie darauf achten, dass die Leistungsangaben auf den Batterien sowohl in 5- (K₅) als auch in 20-stündiger Kapazität (K₂₀) erfolgen können. Bei ausländischen Batterieanbietern ist nicht sichergestellt, dass die 5-stündige Kapazitätsangabe übernommen wird und somit höhere Leistungswerte auf der Batterie

und in Verkaufsunterlagen genannt werden als nach der EN-Norm.

Für die Ermittlung des Kapazitätsbedarfs finden Sie unter www.varta-automotive.com einen Bordnetz-Kalkulator

* Sicherheitsfaktor 1,5 = optimale Projektierung – Minimal-Projektierung: Faktor 1,3, Sicherheitsfaktor für VARTA Professional DC: 1,7.

6. RICHTLINIEN FÜR DIE ZUSAMMENSCHALTUNG VON BATTERIEN

Die Parallelschaltung von Batterien zur Kapazitätserhöhung sollte möglichst vermieden werden, weil jede Zelle ein System darstellt, das einer Alterung unterworfen ist – daraus resultieren auch Fehlerquellen.

Es ist also vorteilhafter, eine große Batterie anstelle von zwei kleinen Batterien einzuplanen; nicht zuletzt deshalb, weil eventuell bei Ersatzbestückung eine gealterte Batterie mit einer neueren Batterie verschaltet werden könnte. Ist die Handhabung einer großen Batterie unzumutbar, dann können auch zwei 6-V-Batterien mit entsprechender Größe zusammengeschaltet werden (Reihenschaltung). Nur wenn diese Möglichkeiten ausgeschöpft sind, sollte eine Parallelschaltung vorgenommen werden, wobei auf **gleiche Bauart, gleiche Kapazität, gleiches Alter und gleichen Ladezustand** geachtet werden muss.

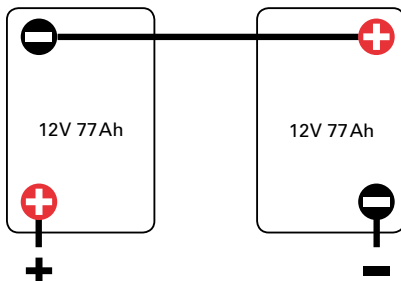
Das sollte ausschließen, dass in einer älteren Anlage eine ausgefallene Batterie durch eine neue ersetzt wird. Die neue Batterie wird durch Ausgleichsströme schneller altern. Es ist nur zu empfehlen, die ganze Batteriebank zu erneuern und den intakten Teil anderweitig zu verwenden.

Bei der Projektierung sollte man möglichst eine 24-V-Anlage anstreben, damit ergeben sich reduzierte Kabelquerschnitte und die Verluste an Klemmstellen werden verringert. Die Verkabelung ist mit zugelassenen Kabeln unter Berücksichtigung der erforderlichen Querschnitte vorzunehmen. Dabei möglichst wenig Klemmstellen anstreben und auf festen Anzug achten.

Klemmstellen inkl. Steckanschlüsse auf festen Sitz und Korrosionsbildung überprüfen.

6.1 Reihenschaltung

Reihenschaltung auf 24 V 77 Ah



Gesamtspannung =
Summe der Einzelspannungen
Gesamtkapazität = Einzelkapazität

Durch Reihenschaltung von Akkumulatoren (d. h. Minuspol der ersten Batterie mit Pluspol der nächsten Batterie verbinden usw.) addieren sich die Spannungen der Einzelbatterien. An den verbleibenden freien Polen kann dann die Gesamtspannung [V] abgenommen werden. Die Gesamtkapazität [Ah] ist gleich der Kapazität der Einzelbatterie.

Grundsätzlich gilt für die **Zusammenschaltung von Batterien**, dass **nur solche gleichen Typs (Bauart und Kapazität [Ah]), gleichen Inbetriebnahmedatums und gleicher Säuredichte (am besten im vollgeladenen Zustand)** zusammengeschaltet werden sollten.

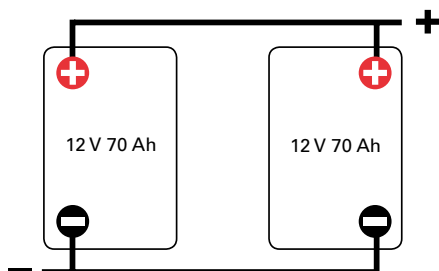
Beispiel:

2 Batterien 930 090 080, mit je 12 Volt 77 Ah, ergeben in Reihe geschaltet 24 Volt 77 Ah.

6. RICHTLINIEN FÜR DIE ZUSAMMENSCHALTUNG VON BATTERIEN

6.2 Parallelschaltung

Parallelschaltung = 12 V 140 Ah



Gesamtspannung = Einzelspannung

Gesamtkapazität = Summe der Einzelkapazitäten

Wichtige Bemerkung: In der Praxis wird die Parallelschaltung jedoch nicht so gerne gehandhabt, da geringfügig ungleiche Ladezustände zu Ausgleichsströmen zwischen den Batterien und zu ungleichmäßiger Belastung führen. Die vorhandene Kapazität kann somit nicht optimal genutzt werden.

Bei Parallelschaltung von Akkumulatoren wird Pluspol mit Pluspol und Minuspol mit Minuspol elektrisch leitend miteinander verbunden. Die Kapazitäten [Ah] der Einzelbatterien werden dann addiert. Die Gesamtkapazität [Ah] ist gleich der Summe der Kapazitäten aller Einzelbatterien. Die Gesamtspannung [V] ist gleich der Spannung der Einzelbatterie.

Grundsätzlich gilt, dass **nur Batterien gleicher Spannung und Säuredichte mit gleichem Ladezustand zusammengeschaltet werden sollten**.

Wichtig ist, dass die Leitungen hinsichtlich Querschnitt und Länge genau gleich sind.

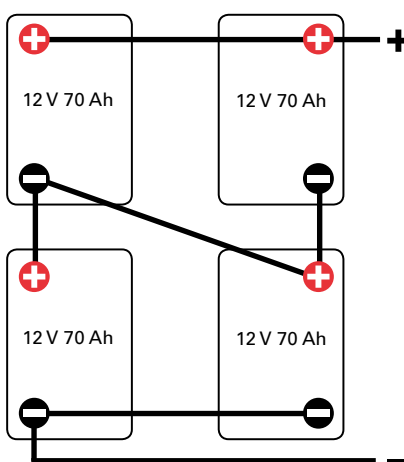
Beispiel:

2 Batterien 830 085 051 mit je 12 Volt 70 Ah, ergeben in Parallelschaltung 12 Volt 140 Ah.

Wichtig: Die Energiezuführung oder -entnahme sollte diagonal erfolgen. Gleiche Bauart, gleiche Kapazität, gleiches Alter und gleicher Ladezustand sind erforderlich.

6.3. Reihen-Parallelschaltung

Reihen-Parallelschaltung = 24 V 140 Ah



Gesamtspannung und Gesamtkapazität entsprechend Kapitel 6.1 und 6.2

Wie der Name sagt, sind in dieser Schaltungsvariante die Reihen- und Parallelschaltung miteinander verknüpft. Durch die Parallelschaltung erhält man die benötigte Gesamtkapazität und durch die Reihenschaltung die gewünschte höhere Betriebsspannung der Batterieanlage.

Die mittige Verbindungsleitung dient zur Herstellung der Symmetrie zwischen den Batterien.

Beispiel:

4 Batterien je 12 Volt, 70 Ah ergeben in Reihen-Parallelschaltung 24 Volt 140 Ah.

Anmerkung: Nur Batterien mit gleichem Ladezustand zusammenschalten (Ausgleichsströme, Funkenbildung). Bei Standzeiten Verbindungen auftrennen. Leitungen hinsichtlich Querschnitt und Länge müssen genau gleich sein. Es sollten maximal vier Batterien zusammengeschaltet werden.

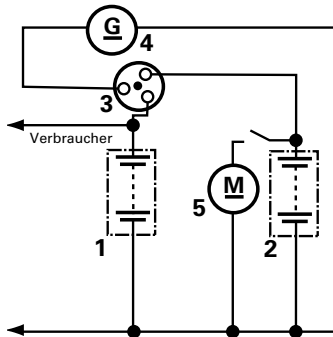
Aus diesem Hinweis ergibt sich, dass eine VARTA Professional DC nicht mit einer VARTA Professional DC AGM verschaltet werden kann.

7. BORDNETZ MIT ZWEI BATTERIE-STROMKREISEN

Bei Bordnetzen mit einer Startvorrichtung zum Anlassen von Motoren und diversen elektrischen Verbrauchern empfiehlt sich eine Aufteilung in zwei Stromkreise; d.h. einen Motorstart-Stromkreis und einen separaten Versorgungs-Stromkreis. Somit ist gewährleistet, dass die Startfähigkeit nicht durch sonstige elektrische Verbraucher beeinträchtigt wird, was der allgemeinen Sicherheit dienlich ist. Die bestehenden Schaltungsmöglichkeiten sind hier aufgezeichnet und nachstehend erläutert.

Standard-Schaltungsmöglichkeiten zweier getrennter Batterie-Stromkreise

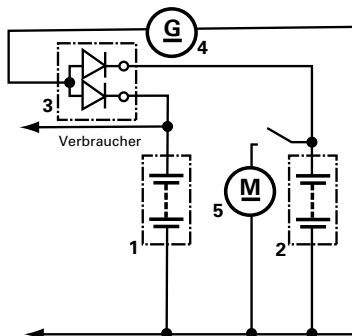
1. Batterieschalter manuell



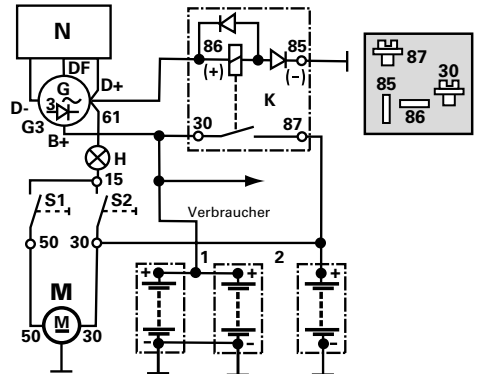
- 1 Bordnetzbatteie
- 2 Starterbatteie
- 3 Batterieschalter
- 4 Generator
- 5 Anlasser



3. Diodenverteiler automatisch



2. Batterie-Trennrelais automatisch



- | | | | |
|----|----------------------|-------|---------------------------|
| 1 | Bordnetzbatterie | M | Starter |
| 2 | Starterbatteie | N | Generatorregler |
| G3 | Drehstrom-generator | S1 | Zündstartschalter |
| H | Ladekontrolllampe | S2 | Fahrtschalter |
| K | Batterie-Trennrelais | S1/S2 | Kombination aus S1 und S2 |

Achtung! Prinzipschaltbilder!

In jedem Fall sind die Schaltbilder der Hersteller zu beachten.

- 1 Bordnetzbatteie
- 2 Starterbatteie
- 3 Diodenverteiler
- 4 Generator
- 5 Anlasser

7.1 Schaltungsmöglichkeiten

Die Versorgung von Bordnetzen im Caravan oder Boot ist in den letzten Jahren moderner und komfortabler geworden. Neue Komponenten erlauben das schnelle Erkennen des Ladezustands der Batterien, sorgen dafür, dass die Starter-Batterie mit Priorität geladen wird. Wenn sie dann voll ist, gehört der gesamte Ladestrom der Versorgungsbatterie.

Wir wollen hier ein 2-Batteriebordnetz für die Schiffsanwendung als Schaltungstechnikbeispiel für die effektive Batterieladung anführen. Zunächst jedoch die alten Möglichkeiten mit ihren Vor- und Nachteilen:

1. Manueller (mechanischer) Batterieschalter

(S. 43, Schaltung 1)

Schalterstellung „Aus“: die Verbraucher belasten nur die Bordnetzbatte-

Schalterstellung I: nur die Starterbatte-

Schalterstellung II: nur die Bordnetzbatte-

Schalterstellung III: beide Batterien werden parallel geladen

Vorteil: Ladung kann gezielt auf eine Batterie gegeben werden, jedoch Bedienerfehler möglich.

Nachteile: Schalterkontakte altern, Bedienerfehler (z. B. Generatorbetrieb in Stellung „Aus“ kann zur Zerstörung des Generators führen). Deshalb nie in Charterschiffen einsetzen. Beide Batterien werden mit gleicher Reglerspannung geladen!

Bei voller Starterbatte-

Reglerspannung = Batteriespannung

Bezug: Überall im Bootszubehör.

2. Batterietrennrelais (S. 43 Schaltung 2)

Bei laufendem Generator (Ladebeginn) zieht das Batterie-Trennrelais an, d. h. Starter- und Bordnetzbatte-

Vorteil: vollautomatische Koppelung und Trennung.

Nachteile: Relaiskontakt altert, mögliche mechanische Fehlerquelle = Überladung der Starter-Batterie. Ein D+-Anschluss aus der Lichtmaschine muss vorhanden sein.

Bezug: z. B. BOSCH, als 12-V- bzw. 24-V-Ausführung erhältlich und im Bootszubehör.

Anmerkung: Eine Verbesserung erreichen inzwischen elektronisch gesteuerte Relais mit Kontakten für hohe Ströme, z. B. das voll vergossene LEAB-Relais EDR 1275/12V (auch für 24 V erhältlich) schaltet je nach Füllgrad der ersten Batterie (Starter-Batterie) die zweite Batterie zur Ladung dazu. Damit wird die Starter-Batterie mit Priorität geladen. Zur Zweit-Batterie (Versorger) gibt es keinen Spannungsverlust. Ein D+-Anschluss an der Lichtmaschine ist nicht erforderlich, weil das EDR spannungsgesteuert ist. Ist die Starter-Batterie voll, wird spannungsabhängig (auch bei anderen Spannungsquellen, wie z. B. Solar, Ladegerät etc.) der jeweilige Batteriesatz geladen.

3. Diodenverteiler (S. 43 Schaltung 3)

Beide Batterien werden parallel geladen. Die Dioden entkoppeln Starter- und Versorgungsbatterie.

Vorteile: Angeschlossene Verbraucher können nur die Verbraucherbatte-

Nachteile: Spannungsabfall an den Dioden muss durch erhöhte Reglereinstellung kompensiert werden. Dies kann über Dioden oder einen Hochleistungsregler erfolgen. Spannungsabfall Siliziumdioden = 0,7 V, Schottkydioden = 0,3 V.

Anmerkung: Die Dioden werden entsprechend der Generatorstärke (A) ausgewählt. Beachten Sie, dass der Spannungsabfall je nach Diodentyp stark variieren kann (0,3 V – 0,8 V).

Bei Starterbatterieausfall keine Starthilfemöglichkeit durch die Versorger-Batterie, es sei denn durch improvisierten Schaltungseingriff. Dies gilt auch für Schaltung 2.

Bezug: Diodenverteiler im Bootszubehör. Dioden: z. B. Conrad Elektronik

Hinweis: Moderne Hochleistungsregler beseitigen den Spannungsverlust durch die Diodenverteiler, sind aber entsprechend teuer.



7.2 Neue Schaltungstechnik

Nachteil bei allen drei Schaltungen (S. 43) ist die Tatsache, dass beide Batterien mit derselben Spannung geladen werden. Das ist auf Dauer von Nachteil, weil beide Batterien nicht gleich stark belastet werden. Das bedeutet, dass die Starter-Batterie ständig überladen wird (Startvorgänge = wenig Kapazitätsentnahme bei geringer Häufigkeit – typisch bei der Anwendung Segelyacht). Damit die Starterbatterie bei Motorlauf nicht gast, wird üblicherweise mit 13,8 V geladen. Die Versorger-Batterie, der größere Kapazitäten entnommen wurden, wird aber mit 13,8 V erst nach langen Motorlaufzeiten voll. Im hier vorliegenden Zyklusbetrieb darf jedoch mit 14,4 V geladen werden. Bei 14,4 V würde sich die Ladezeit für die Versorger-Batterie erheblich verkürzen.

Die Starter-Batterie benötigt eine um ca. 0,6 V niedrigere Ladespannung als die Verbraucher-batterie. **Dies entspricht zufällig dem Spannungsabfall einer Diode!**

In der alten Schaltungstechnik (s. Schaltung 3 S. 43) ist eine Reglerspannungsanhebung erforderlich bzw. empfehlenswert. So kann die Bordnetz (Verbraucher) Batterie mit 14,4 V geladen werden und die Starterbatterie über eine Leistungsdiode entsprechender Größe mit 13,8 V geladen werden. Alle diese komplizierten Schaltungsänderungen sind bei dem nachfolgend erläuterten Ladeverteiler CD150RC bereits integriert.



7.2.1 Ladestromverteiler

Ein **Ladestromverteiler**, der nach dem neuesten technischen Stand alle Ansprüche erfüllt, ist z. B. bei der Firma LEAB erhältlich. Er trennt nicht mit Dioden, sondern mit verlustlosen elektronischen Schaltern. Ein unerwünschter Spannungsabfall tritt deshalb **nicht** auf.

Die LEAB CDB-Ladestromverteiler wurden speziell für den Fahrzeugbereich zum Laden von zwei Batteriebänken über Lichtmaschine, Ladegeräte oder Solarpanels entwickelt und ersetzen Diodenbrücken oder Relais. Sie sind universell für 12- und 24-V-Fahrzeuge einsetzbar.

Dank modernster Halbleitertechnologie wird der Ladestrom hocheffizient jeweils an die Batterie mit dem größten Bedarf verteilt. Es wird dabei immer zuerst die Batterie geladen, die die niedrigere Spannung und somit die geringere Ladung hat. Durch die ständige Spannungsmessung an Ein- und Ausgängen wird der Stromfluss so gesteuert, dass auch verschieden große oder stark unterschiedlich entladene Batterien schnell und zuverlässig geladen werden. Speziell im Kurzstreckenverkehr ergibt sich so eine deutlich bessere und effektivere Ladung der (Zusatz)-Batterien. Eine gegenseitige Entladung von Starter- auf Zusatzbatterie oder umgekehrt ist, im Gegensatz zu üblichen

Trennrelais, auch während des Ladebetriebs nicht möglich. Dadurch ist immer eine absolute Start-sicherheit gewährleistet.

Im Gegensatz zu Ladestromverteilern auf Dioden-technik erfordert der Einbau von CDBs keinerlei Eingriffe in die Lichtmaschine oder deren Regler. Die CDBs können mit allen gängigen Lichtmaschinen-typen, auch mit modernen eigenerrigten, betrieben werden. CDB-Ladestromverteiler verteilen den Ladestrom der Lichtmaschine verlustfrei auf zwei Batteriebänke. Beim Anliegen einer Ladepannung am Eingang wird der Ladestrom je nach Bedarf an die beiden Ausgänge angeschlossen und auf die Batterien verteilt. Dazu wird laufend die Höhe der Spannung an allen drei Anschlüssen gemessen. Liegt die Spannung am Eingang über der Spannung mindestens eines Ausgangs, werden in diesem Zweig die verlustfreien Power-MosFet-Dioden durchgeschaltet und der Ladestrom kann dort fließen.

Wird auch die Spannungshöhe des zweiten Ausgangs erreicht, wird die dort angeschlossene Batterie ebenfalls mitgeladen. Aufgrund der kontinuierlichen Spannungsmessung erfolgt die Verteilung des Ladestroms auf die beiden Batterien je nach Bedarf. So können auch Batteriebänke mit stark unterschiedlichem Strombedarf geladen werden.

Die Ladestromverteiler besitzen zwei Steuerleitungen. Für spezielle Anwendungen können über einen externen Notstart-Taster Starter- und Zusatzbatterie parallel geschaltet werden.

(Quelle: www.leab.de)



7.2.2 Der Ah-Zähler DCC6000

Batterie-Management-Systeme DCC 6000

DCC 6000 ist ein Mikroprozessor-gesteuertes Mess- und Überwachungssystem für Ihre Batterien. DCC 6000 erfasst Lade- und Entladeströme, auch Zwischenladungen, und errechnet unter

Berücksichtigung eines Korrekturfaktors laufend den aktuellen Ladezustand der Batterie. Der Ladezustand wird wahlweise in Amperestunden oder Prozent angezeigt. Ebenso können die Lade- und Entladeströme sowie die Batteriespannung am Display abgelesen werden.

Sie erhalten jederzeit einen Überblick über die Leistung von Ladegeräten, Stromerzeugern, wie Solar- und Windgeneratoren, und deren Regler. Über eine automatische Messbereichserweiterung bei geringen Strömen (Auto-Focus) können auch Ströme bis 10 mA gemessen werden. Diese hohe Genauigkeit ermöglicht es, auch kleinste Entladeströme zu erfassen, die über längere Zeit eine erhebliche Auswirkung auf die zur Verfügung stehende Kapazität haben.

Alle Informationen sind auf einem hintergrundbeleuchteten LC-Display ablesbar. Die ermittelten Messwerte werden gespeichert und bleiben selbst bei abgeschalteter Stromversorgung erhalten.

Als Option wird ein Relaisausgang angeboten, der bei Über- oder Unterschreiten von Kapazitätswerten oder Spannungswerten beispielsweise einen angeschlossenen Summer ansteuert, um auf einen unzureichenden Ladezustand hinzuweisen. Die jeweiligen Schaltpunkte sind vom Anwender frei programmierbar (nur DCC 6000 S).

(Quelle www.leab.de)

Mit diesem Battery-Controller ist der Bootsführer zu jedem Zeitpunkt über den Ladezustand der Bordnetz-Versorgungsbatterien informiert. Unsinnige Motorfahrten zwecks Aufladung der Batterie können damit oftmals verhindert werden. Das schon die Batterie und die Umwelt! Alle Ladeeinrichtungen und Verbraucher werden mit hoher Genauigkeit erfasst (auch kleinere Leckströme mit 10 mA). Der Ah-Zähler zählt sowohl die geladenen Ah (mit Ladekorrekturfaktor wegen Wirkungsgrad) als auch die verbrauchten Ah. Die Anzeige erfolgt über LCD-Display mit Hintergrundbeleuchtung. Anzeige +Ah, -Ah oder in %. Die Kapazität der Versorger-Batterie(n) wird individuell eingegeben. Die Messwerte bleiben auch bei abgeschalteter Stromversorgung erhalten. Optionale Relaisgänge ermöglichen Schaltfunktionen bei Über- oder Unterschreiten von Kapazitätswerten (z. B. zwecks Warningsignal bei unzureichendem Ladezustand). Für den Einbau benötigt man einen Messwiderstand (Shunt), der in seiner Größe auf den

maximal zu erwartenden Strom abgestimmt sein sollte (z. B. Ankerwinde unter Last). Die Auslegung des Shunts darf jedoch nicht zu großzügig sein, da die Genauigkeit (Auflösung) der Messergebnisse dadurch beeinflusst wird. So gibt bei einem max. zu erwartenden Strom von 100 A an Bord ein Shunt 100 A/100m A genauere Messergebnisse als ein Shunt mit 300 A/30m A. Der entsprechende Shunt kann bei Bestellung des DCC6000 (Fa. Magnetronic) mit geordert werden.

Anmerkungen zu Schaltungen und Service:

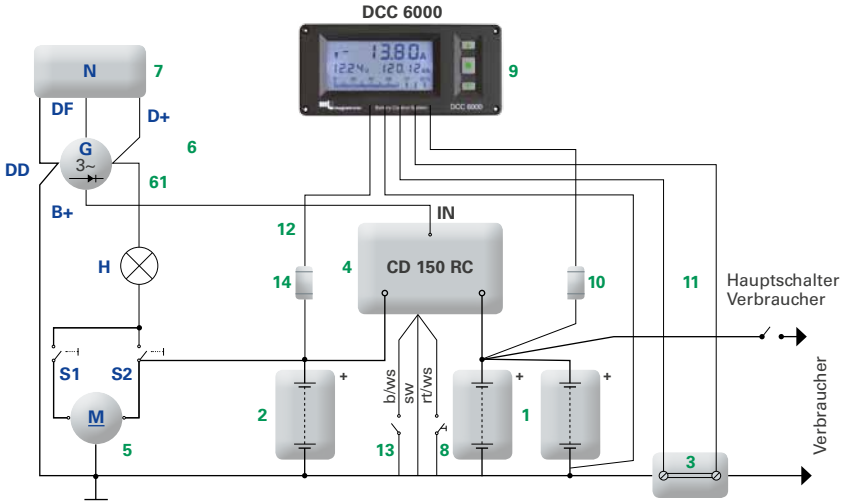
- Je ein Hauptschalter für die Trennung von Motor und Verbrauchern von der Batterie sollte vorgesehen werden. Ausgenommen davon sind wichtige Verbraucher wie z. B. Bilgepumpen, Alarm, Speicher etc.!
- Der jeweilige Hauptschalter trennt nur die Verbraucher von der Batterie. Eine Trennung der Batterie vom Generator kann bei laufendem Motor zur Zerstörung des Generators führen.
- Bei längeren Stand- bzw. Liegezeiten ist die Pluspol-Klemme von der Starterbatterie zu entfernen.
- Bei Arbeiten an der Maschine sollten beide Batterien durch Ausschalten der Hauptschalter oder durch Abklemmen der Pluspolklemme vom Stromkreis getrennt werden.
- Für Arbeiten an einem Bordnetz nach Art der Schaltung 2 (Trennrelais) ist zu beachten, dass der Pluspol der Bordnetz-batterie permanent an B+ der Lichtmaschine liegt (Kurzschlussgefahr bei Montage!). Deshalb unbedingt Pluspolanschluss vorher von der Batterie entfernen.

Mit den neuen Komponenten Ladestromverteiler und dem Battery-Controller DCC6000 ist es nun möglich, ein optimales Bordnetz mit höchster Sicherheit aufzubauen. Den Schaltplan hierfür finden Sie auf Seite 48.

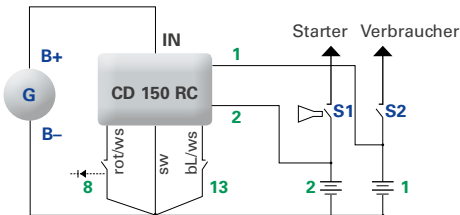
Es ist zu diesen oder ähnlichen Systemen zu raten, da sie fast verlustfrei die Spannung abgreifen. Alle anderen Spannungsmesser oder Batterie-Kapazitätsanzeiger sind nur „Schätzmesser“, da hier Fremdeinflüsse (z. B. Spannungsabfall auf Leitung) die Messung verfälschen.

7. BORDNETZ MIT ZWEI BATTERIE-STROMKREISEN

Moderne Schaltungsmöglichkeiten zweier getrennter Batterie-Stromkreise



Prinzipschaltbild für CD 150 RC + CD 150 RC-S



- N** Regler
- H** Kontrollleuchte
- M** Anlasser
- G** Generator
- S1** Zündstartschalter
- S2** Fahrtschalter
- 1** Bordnetzbatteie
- 2** Starterbatteie
- 3** Shunt für DCC6000
- 4** Ladeverteiler
CD 150 RC + CD 150 RC-S
- 5** Startermotor
- 6** Drehstromgenerator
- 7** Generatorregler
- 8** Notstarttaste
- 9** DCC6000
- 10** Sicherung Spannungs-
versorger DCC
- 11** Messleitungen
- 12** Messleitung U2
- 13** Schalter für
Spannungsreduzierung
- 14** Sicherung Messleitung U2

8. AUSSENBORDMOTOREN

Außenbordmotoren haben erst ab einer bestimmten Größe Drehstrom-Lichtmaschinen. Kleinere Außenborder verfügen über eine Lichtspule (Generatoranker) mit begrenzter Leistung von ca. 30 bis 80 W bei 12 Volt. An einem derartigen Ladekreis mit relativ geringer Leistung sollten keine zu großen Batterien angeschlossen werden, sonst besteht die Gefahr, dass die Ladeeinrichtung überlastet und zerstört wird, wenn keine Absicherung vorhanden ist.

Die Ladeeinrichtung ist oftmals ungeregelt, deshalb wird herstellerseitig eine gewisse Batteriegroße und die Zugänglichkeit der Zellen gefordert.

Manche Hersteller bieten auch Laderegler zur Nachrüstung an. Wenn die Möglichkeit nicht besteht, dann sollte auf die vorgegebene Mindestgröße (Kapazität) geachtet werden. Es handelt sich hierbei um die Angabe der sogenannten „Reservekapazität“ RC – Reserve-Kapazität ist die Zeit in Minuten, in der eine zu 100 % aufgeladene Batterie bei 26,7 °C mit 25 A entladen wird, bis die Klemmspannung auf 10,5 V abgefallen ist. Die nachstehende Tabelle ermöglicht für den in Betracht kommenden Kapazitätsbereich eine Umschlüsselung:

K20 / Ah	DC AGM RC/min	DC RC / min	OPTIMA® RC / min
24	27		
38			66
44			90
48			98
50			100
55			120
60	100	109	
66			140
70	115		
75		141	155
85	145		
90		174	
115	200		
140		284	
150	285		
180		377	
230		499	
260	578		



Bei Booten oder Außenbordern mit amerikanischem Ursprung kann die Batteriegroße unter Umständen in MCA oder SAE genannt werden. Die MCA (Marine Cranking Amp) ist die Angabe in K_{10} Stromstärke in Ampere, mit der eine vollgeladene und auf 0 °C abgekühlte Batterie belastet werden kann, ohne dass die Klemmspannung während 30 Sek. unter 7,2 V absinkt)

Die hierzu gehörenden Werte entnehmen Sie bitte dem VARTA bzw. OPTIMA® Prospekt.



9.1 DC/DC-Wandler (direct current = Gleichstrom)

DC/DC-Wandler setzen die Bordnetzspannung auf andere Spannungen für spezielle Verbraucher um, die nicht für die Bordnetzspannung dimensioniert sind.

Wandler dieser Art sind erforderlich, um Anzapfungen an der Batterie bzw. an dem Batteriesatz zu vermeiden. Es wird erreicht, dass keine Asymmetrie bei der Ladespannung auftritt. Beim Anschluss von Verbrauchern ist zu beachten, dass der DC/DC-Wandler eingangsseitig mit dem Verbraucher abgeschaltet wird, weil sonst ein Ruhestrom fließt.

Bitte sprechen Sie den Hersteller an, ob der Wandler für das anzuschließende Gerät geeignet ist, weil die Impulscharakteristik bei speziellen Geräten zu Störungen führen kann.

9.2 DC/AC-Wandler (alternating current = Wechselstrom)

DC/AC-Wandler ermöglichen die Versorgung von Wechselstromverbrauchern aus einem Gleichstrom-Bordnetz. Einige Wandler sind auch als Batterie-Ladegerät konzipiert.

Auch für DC/AC-Wandler gilt:

- Eingangsseitige Abschaltung, wenn keine Verbraucher angeschlossen sind.
- Fragen Sie den Hersteller nach einer Unbedenklichkeit bei Anschluss von speziellen Verbrauchern.

10.1 Einbau – Ausbau der Batterie

- Batterie fest einbauen.
- Entgasungslöcher nicht abdecken oder extremer Verschmutzung aussetzen. Batterieräume ausreichend belüften bzw. Batterie niemals in geschlossenen Räumen betreiben.
- Vor dem Ein- und Ausbau alle Verbraucher abschalten, damit eine Funkenbildung ausgeschlossen ist.
- Beim Lösen der Anschlüsse zuerst das Massekabel abnehmen. Beim Anschließen ist diese Verbindung zuletzt herzustellen. Mit dieser Maßnahme wird der Kurzschlussgefahr durch Werkzeuge vorgebeugt.

[pH-Wert 5–7, elektrische Leitfähigkeit $\leq 10\text{--}30\mu\text{S/cm}$] nachfüllen.

Anschlusspole und Batterieoberfläche sauber halten, Klemmen fest anziehen und **leicht** einfetten (säurefreie Vaseline/Bosch Polfett).

Achtung! VARTA Professional- sowie OPTIMA® Batterien benötigen keine Wartung in Form von Wassernachfüllung. Deshalb bitte die **Verschlussstopfen nicht gewaltsam öffnen! Das führt zu Unbrauchbarkeit der Batterien.** Weitere Informationen entnehmen Sie bitte der den Batterien beigefügten Bedienungsanleitung.

10.2 Wartung

Um eine lange Lebensdauer zu erzielen, ist die Batterie nach erfolgter Entladung möglichst umgehend aufzuladen.

Der Wasserverbrauch wird durch die Betriebsbedingungen und das verwendete Ladegerät beeinflusst. Beachten Sie deshalb den Säurestand, der nicht unter die Scheideroberkante abfallen sollte. Falls erforderlich, **gereinigtes Wasser (entsalzt oder destilliert nach DIN 43530T4**

10.3 Verkabelung

Die einschlägigen Vorschriften wie z. B. DIN/VDE 0100/721 und Germanischer Lloyd, Band II „Elektrische Anlagen von Yachten“, Kapitel 10, sind zu beachten. In Auszügen sollte Folgendes berücksichtigt werden:

Damit sich Kabel und Leitungen nicht unzulässig erwärmen, dürfen sie nicht höher belastet und gesichert werden, als in nachstehender Tabelle angegeben, Germanischer Lloyd, Band II „Elektrische Anlagen von Yachten“, Kapitel 10, Abschnitt 6D.

Leiterquerschnitt [mm ²]	Einleiterkabel		Zweileiterkabel		Drei- und Vierleiterkabel	
	Höchstzulässige Belastung [A]	Nennstromstärke der Sicherung [A]	Höchstzulässige Belastung [A]	Nennstromstärke der Sicherung [A]	Höchstzulässige Belastung [A]	Nennstromstärke der Sicherung [A]
1,5	12	10	10	10	8	6
2,5	17	16	14	10	12	10
4	22	20	19	16	15	16
6	29	25	25	25	20	20
10	40	36	34	36	28	25
16	54	50	46	36	38	36
25	71	63	60	63	50	50
35	87	80	71	63	61	63
50	106	100	88	80	73	63
70	135	125	110	100	94	80

Die vorstehenden Werte basieren auf einer höchstzulässigen Erwärmung der Leiter auf 60 °C bei einer Raumtemperatur von 45 °C.

10.4 Spannungsfall auf den Leitungen

Der Spannungsfall [V] zwischen Stromquellen und Verbrauchern soll folgende Werte nicht überschreiten:

Positionslaternen:

5 % = 0,60 V beim 12 V-Bordnetz

Sonstige Verbraucher:

7 % = 0,8 V beim 12-V-Bordnetz

Der erforderliche Leiterquerschnitt, bei dem der zulässige Spannungsfall [V] nicht überschritten wird, errechnet sich nach folgender Gleichung:

Erforderlicher Leiterquerschnitt [mm²]

$$= \frac{2 \times \text{Kabellänge [m]} \times \text{Stromaufnahme [A]}}{\chi^* \times \text{zulässiger Spannungsfall [V]}}$$

Beispiel:

25-W/12-V-Positionslampe auf der 8 m hohen Mastspitze:

Kabellänge von Batterie bis Mastspitze	12 m
Stromaufnahme bei 12 V	2,1 A
zulässiger Spannungsausfall 5 % von 12 V	0,6 V
χ^*) Leitwert von Kupfer:	$56 \frac{[\text{m}]}{[\Omega] \times [\text{mm}^2]}$

*) = griechischer Buchstabe, spricht kappa.

Rechnung:

$$\frac{2 \times 12 [\text{m}] \times 2,1 [\text{A}] \times [\Omega] \times [\text{mm}^2]}{56 \times 0,6 [\text{V}] \times [\text{m}]} = 1,5 \text{ mm}^2$$

Gewählt wird der genormte Querschnitt von 1,5 mm²/Ader.

Hinweis:

Achten Sie auf zugelassene Kabelqualität!

Neben den Spannungsabfällen auf der Leitung gibt es weitere an den Verbindungsstellen der Kabel, an den Anschlussklemmen der Sicherung, Schalter und Verbraucher sowie in der Sicherung selbst.

Die im Kapitel 10.3 unter „Leiterquerschnitte“ angegebenen zulässigen Ströme sind hinsichtlich der Spannungsverluste zu überprüfen. Werden die erforderlichen Leiterquerschnitte wegen zu hoher Ströme zu groß, sollte man die gesamte Bordnetzspannung anheben, z. B. von 12 V auf 24 V.



10.5 Batterieraum-Belüftung

Je nach Ladebedingungen erzeugen Blei-Säure-Batterien ein mehr oder weniger explosives Gasgemisch, deshalb ist bei der Batterie-Unterbringung auf ausreichende Belüftung zu achten.

Tauschen Sie altersschwache Batterien rechtzeitig aus, denn die Gasung nimmt bei gealterten Batterien erheblich zu.

Bestimmungen siehe Germanischer Lloyd, Band II, bzw. DIN/VDE 0510. Die Batterieräume sind so zu gestalten, dass natürliche Lüftung ausreicht. Ist dies nicht ausreichend, muss eine technische (exgeschützter Lüfter) Lüftung vorgesehen werden, insbesondere **während der Ladung mit Nachlauf von ca. 1 h. Auch für AGM- oder Gel-Batterien gelten diese Regeln, allerdings mit reduzierten Luftströmen.** Die Dimensionierung der Lüftung entnehmen Sie bitte der VDE 0510 Teil 1, beziehbar über den Beuth Verlag, Berlin (Seite 71).

11.1 Ladezustandsermittlung mittels Säureheber

Die Informationen in dem Abschnitt beziehen sich nicht auf das neue VARTA Professional Programm, sondern gelten nur für ältere Typen mit Verschlussstopfen und nicht bei geschlossenen/verschlossenen Batterien.

Mittels Säureheber lässt sich der Ladezustand gemäß den Batteriebehandlungsvorschriften ermitteln. Wird nur mit spannungsbegrenzter Ladung (Lichtmaschine/Automatik-Ladegerät) geladen, so erfolgt keine starke Durchmischung der Säure zwischen den Platten mit der Säure oberhalb der Platten, speziell dann, wenn die Platten mit Sonderisolation isoliert sind. Durch Hin- und Herkippen der Batterie (Zwangsdurchmischung) wird die Säuredichte ansteigen.

Der Säureheber eignet sich **nicht** zur Bestimmung des Alterungsgrades der Batterie. Es lassen sich jedoch auch einige Fehlerarten ermitteln.

1. Ladezustandsermittlung

voll	1,28 kg/l Säuredichte
halb	1,20 kg/l Säuredichte
leer	1,12 kg/l Säuredichte

2. Beurteilung

1,28 kg/l Säuredichte =
in Ordnung – Batterie ist voll leistungsfähig.

1,20 kg/l Säuredichte =
Nachladen erforderlich, wenn:

- trotz längerer Fahrstrecke keine höhere Dichte erreicht wird (elektrische Anlage im Fahrzeug überprüfen, z.B. Generator, Regler)
- Temperaturen unter 10 °C liegen
- Fahrzeug über längere Zeit stillgelegt wird
1,12 kg/l Säuredichte = sofort nachladen.

3. Feststellen von Fehlern an der Batterie durch Messen der Säuredichte in allen Zellen

a) z.B. Kurzschluss in der Zelle 3

Säuredichte in Zelle 3 weicht merklich nach unten ab, (Zelle 1 ist immer jeweils die Zelle mit dem negativen Anschlusspol). Bei umgekehrter Schaltung wäre im gezeigten Beispiel die Zelle 4 defekt.

					
Zelle 1	Zelle 2	Zelle 3	Zelle 4	Zelle 5	Zelle 6
1,28	1,28	1,14	1,28	1,28	1,28
-					+

Säuredichte [kg/l]

b) Fehlerhafte Lötstellen

Ist die Batterie durch Säuredichtemessung geprüft und fällt trotzdem die Spannung bei Hochstrombelastung zusammen, so besteht eine nicht intakte Lötverbindung. Die Ladung und Entladung kann meistens mit kleinen Strömen noch erfolgen. Die Batterie sollte bei nächster Gelegenheit gewechselt werden, um eventuellen Schäden vorzubeugen.



11.2 Ladezustandsermittlung mittels Spannungsmesser

Wird die Batterie nicht unmittelbar vorher ge- oder entladen (ggf. Wartezeit mehrere Stunden), dann ist die Spannung der **unbelasteten** Batterie ein Maß für den Ladezustand, wobei ebenfalls keine Aussage über den Alterungsgrad der Batterie gemacht werden kann.

Richtwerte für die VARTA Professional sind:

12,7 Volt entsprechen ca. 100 %
12,5 Volt entsprechen ca. 75 %
12,2 Volt entsprechen ca. 50 %
12,0 Volt entsprechen ca. 25 %

Befindet sich die Batterie in einem neuwertigen Zustand, so ist die Aussage annähernd verlässlich. Handelt es sich um eine ältere Batterie, die eventuell durch Teilsulfation vorgeschädigt ist, so hat diese Batterie eine hohe offene Spannung U_o , die jedoch **nicht** den wahren Ladezustand wiedergibt. Unter Belastung bricht diese Spannung schnell und deutlich zusammen.

Die Skalierung des Ladezustandes gilt sowohl für den neuwertigen als auch den gealterten Zustand der Batterie. Er skaliert die jeweils noch verfügbare Kapazität der Batterie. Im Neuzustand ist dies die Nennkapazität des Typenschildes. Mit zunehmender Alterung wird dieser Wert, d. h. die nutzbare Kapazität, kleiner und gleichzeitig wird die Kapazitätsrate pro Prozent Ladezustand alterungsbedingt geringer.

Das Ende der Brauchbarkeit ist erreicht, wenn die bei 100 % Ladezustand verfügbare Kapazität nur noch ca. 50 % des Neuwertes beträgt.

Hinweis:

Doppelter Spannungswert bei 24-Volt-Anlagen.

Batterie-Alterung – Überwachung

Ein Voltmeter ist das einfachste und kostengünstigste Gerät zur Batterieüberwachung. Da lediglich ein Messbereich von 10 bis 17 V (24-Volt-Anlagen x Faktor 2) interessiert, sollten nur Zeigerinstrumente mit genügend Auflösungsvermögen oder besser Digitalinstrumente verwendet werden.

Folgende Spannungsbereiche während einer Ladung oder Entladung geben eine Aussage:

Größer als 14,5 V (steigend)

- **Nachladungsphase (geschlossene PbCa- Batterien)**
Ladung spätestens bei 16,5 V bis 16,7 V unterbrechen (Seite 35-37).

- **Nachladungsphase (nasse Antimon-Batterien)**
Ladung spätestens bei 15V bis 15,5V unterbrechen.

12 V – 14 V (steigend)

- **Ladung**, ca. 14 V ist normale Einstellung eines Generatoren-Reglers.

12,7 V – 10 V (fallend)

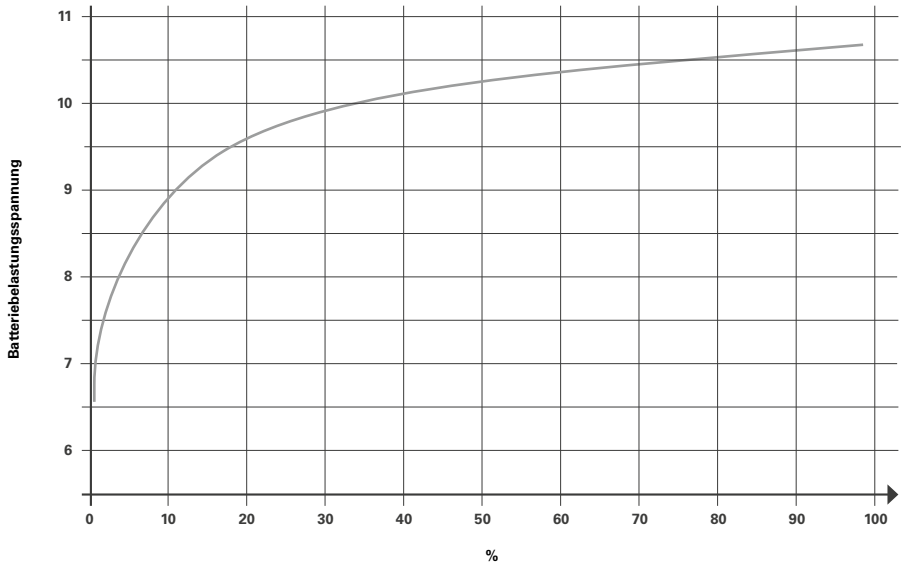
- **Entladung**, spätestens beim Erreichen von ca. 10V sind die Verbraucher abzuschalten, z. B. automatisch über einen Tiefentlade-Signalgeber bzw. -Schalter.

Überwacht der Anwender die Spannungslage beim Entladen, dann ist das relativ schnelle Absinken der Spannung ein Zeichen für unzureichenden Ladezustand oder für eine altersschwache Batterie.

Eine Batterie kann also praktisch nur nach Aufladung durch eine Belastungsprüfung auf ihren Alterungsgrad hin überprüft werden. Ein Strommesser als Zeiger- oder Digitalinstrument ist ein geeignetes Gerät zur Überwachung des Lade-/Entladestromes.

11.3 Ladezustandsermittlung bei geschlossenen und verschlossenen Batterien (z.B. VARTA Batterien Professional DC, AGM, OPTIMA®)

Kennlinie der Belastungsspannung
Elektrolyttemperatur 20 °C
12 V Starterbatterie



ca. Prüfstrom für Starterbatterie: $3 \times K_{20}$ Spannung nach 5 Sekunden

ca. Prüfstrom für A+B-nass + Gel + AGM (Vliestech.): $3 \times K_5$ Spannung nach 5 Sekunden

Die Mindeststartfähigkeit in Abhängigkeit des Ladezustandes bei optisch geschlossenen (z. B. VARTA Professional DC) und verschlossenen Batterien (Gel, AGM) kann bei Raumtemperatur anhand von zwei Größen bestimmt werden:

1. dem Ladezustand aus der Ruhespannung (s. Abschnitt 11.2) und
2. der Lastspannung nach 5 Sekunden mit dem 3-fachen der Nennkapazität als Strom.

Das gefundene Wertepaar muss in der oben stehenden Grafik oberhalb der Mindestkurve liegen.

2. DER ELEKTROBOOTSANTRIEB

1. Einleitung

Dem Interessenten soll hiermit eine Hilfestellung für die Motorenauswahl und die richtige Batteriedimensionierung gegeben werden. Oftmals führen Unsicherheiten bei der Motorenauswahl und **unterdimensionierte** Batterien zur Unzufriedenheit mit dem elektromotorischen Bootsantrieb.

2. Elektrobootsmotoren

Der Kaufinteressent sollte den Bootstyp, die Einsatzbedingungen, wie z.B. stehende Gewässer, gewünschte Fahrzeit und die Einsatzart nennen, damit der Motorenhersteller eine Auswahl treffen kann. Auf folgende exakte Angaben sollte geachtet werden:

- Schubkraft
- Leistungsaufnahme

Des Weiteren sollte beim Kauf eines Elektromotors berücksichtigt werden:

- die erforderliche Schaftlänge für den Bootstyp
- die Kabellänge und der Kabelquerschnitt für den Batterieanschluss
- Steuerungskomfort, wie z.B. Fahrstufenanzahl (vorwärts/rückwärts)
- Ausführung und Komfort der Motoraufhängung
- Überwachungseinrichtung des Batterieadezustandes (z.B. DCC6000)
- Qualität der Batterieanschlüsse (bei den häufig eingesetzten Clipsen besteht die Gefahr, dass beim Betrieb Funkenbildung entstehen kann). Eine sichere Lösung sind Kabelanschlussklemmen
- von außen zugängliche Kohlebürsten erleichtern den Austausch bei Verschleiß und erleichtern eine Motorkontrolle
- geringes Motorgewicht erleichtert das Handling
- Antriebschrauben sollten gegen Verlieren und Überlastung mit Scherstiftsicherung gesichert sein
- elektrische Absicherung von Kabel und Motor

Wichtigstes Kriterium für den optimalen Motor ist also zunächst das Verhältnis von Schub zur Leistungsaufnahme. Dieses Verhältnis sollte jedoch in Relation zu den Kosten gesehen werden. Die entsprechenden Typen finden sie unter den Traktionsbatterien VARTA Professional DC AGM und OPTIMA®.

3. Batteriedimensionierung

Nach der Auswahl des Motors ist die Batteriekapazität festzulegen. Dazu müssen folgende Angaben berücksichtigt werden:

- die Leistungsaufnahme des Motors in Watt [W]
- die gewünschte Fahrzeit pro Batterieladung in Stunden [h]
- die Motornennspannung in Volt [V]

Beispiel:

Leistungsaufnahme des Motors:	275 Watt
gewünschte Fahrzeit:	3 Stunden
Motornennspannung:	12 Volt
Kapazität der vorgesehenen Batterie:	90 Ah

Die Berechnung wird folgendermaßen vorgenommen:

3.1 Ermittlung der Stromaufnahme

$$\frac{\text{Leistungsaufnahme } P \text{ [W]}}{\text{Nennspannung des Motors } U \text{ [V]}} = \text{Strom [A]}$$

Bezogen auf das Beispiel ergibt sich:

$$\frac{275 \text{ Watt}}{12 \text{ Volt}} = 23 \text{ Ampere}$$

3.2 Errechnung der verfügbaren Kapazität in Abhängigkeit von der Höhe des Entladestromes

Die Batteriekapazität ist von der Höhe des Entladestromes abhängig. Dieses typische Batterieverhalten erfordert, dass der jeweilige Entladestrom auf die Kapazität bezogen werden muss. Die Berechnung erfolgt nach folgender Formel:

$$\frac{\text{Strom [I] der unter Punkt 3.1 ermittelte Wert}}{\text{Kapazität [Ah] der vorgesehenen Batterietype}}$$

= Wert sollte möglichst kleiner als 0,3 sein

Bezogen auf das Beispiel ergibt sich:

$$\frac{23 \text{ A}}{90 \text{ Ah}} = 0,25$$

Mit dem hier ermittelten Wert kann aus dem nachstehenden Diagramm (siehe 3.5, Seite 58) die verfügbare Kapazität abgelesen werden.



Aus dem Diagramm ergibt sich, dass eine verfügbare Kapazität von ca. 74 % zur Verfügung steht. Die reale Kapazität beträgt somit:
74 % von 90 Ah = 66 Ah

3.3 Ermittlung der tatsächlich erreichbaren Fahrzeit

Unter Punkt 3.2 ermittelte Kapazität
Unter Punkt 3.1 ermittelte Stromaufnahme

= tatsächlich erreichbare Fahrzeit

Beispiel:

$$\frac{66 \text{ Ah}}{23 \text{ A}} = 2,87 \text{ Stunden}$$

Ist die errechnete Fahrzeit von 2,87 Stunden kleiner als die gewünschte Fahrzeit (in unserem Beispiel 3 Stunden), wird eine größere Batterie gewählt und die Nachberechnung vorgenommen. **Eine größer bemessene Batterie bietet in jedem Fall zusätzliche Sicherheitsreserve für Notsituationen und erhöht die Haltbarkeit durch geringere Beanspruchung.**

3.4 Überschlägige Dimensionierung der Batteriekapazität

Für eine überschlägige Berechnung kann Folgendes empfohlen werden:

Gewünschte Fahrzeit [h] x Stromaufnahme [A] x Faktor 1,7 = Batteriekapazität (K_{20}) in Ah

Der Faktor 1,7 berücksichtigt den Kapazitätsschwund bei hohen Strömen und eine Sicherheitsreserve. Übertragen auf das Berechnungsbeispiel ergibt sich:

$$23 \text{ A} \times 3 \text{ h} = 69 \text{ Ah}$$

$$69 \text{ Ah} \times \text{Faktor } 1,7 = 117,3 \text{ Ah } (K_{20}) = 100 \text{ Ah } (K_5)$$

Es wird also die Batterie ausgewählt, die diesem Wert am nächsten kommt.

2. DER ELEKTROBOOTSANTRIEB

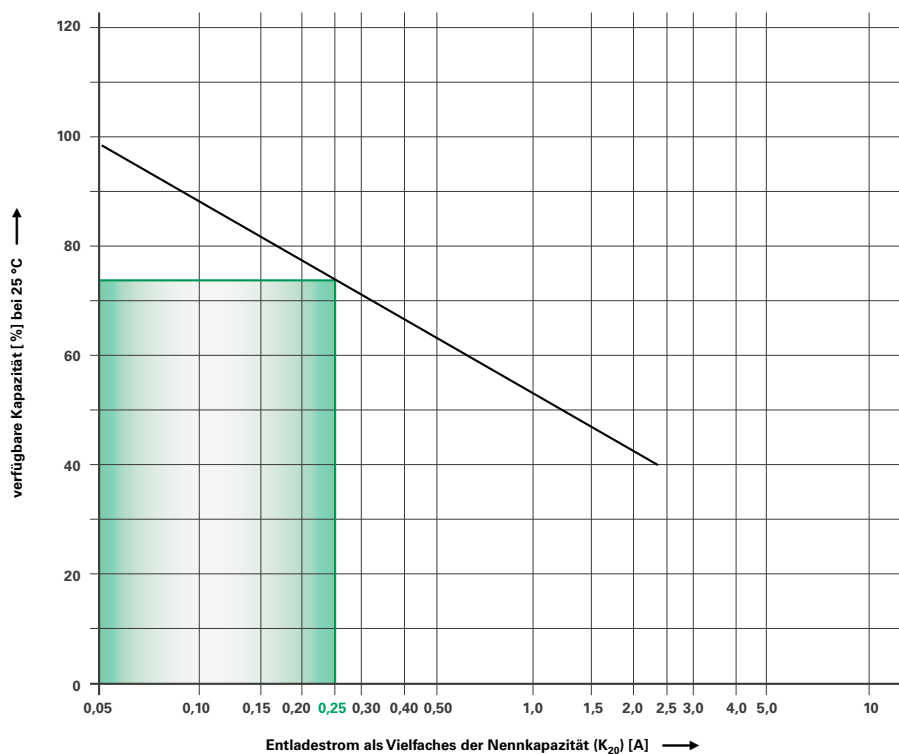
3.5 Berechnungsdiagramm

Die verfügbare Batteriekapazität in Abhängigkeit von der Höhe des Entladestromes zur Bestimmung der Batteriekapazität für den elektrischen Bootsbetrieb.

Beispiel zur Verdeutlichung:

Annahmen: 100 Ah K_{20} Batterie
25 A realer Strom

25 A bei 100 Ah entspricht einer spezifischen Belastung von 0,25 ($0,25 \times 100 = 25$). Anhand des Diagramms lässt sich für diesen Wert eine verfügbare Kapazität von 74 % ablesen.



1. Konzept

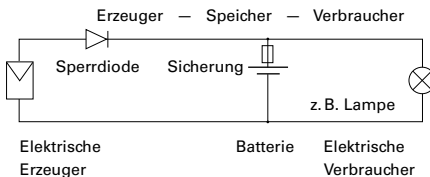
Ein Wort zur Solartechnik

Seit etwa 20 Jahren erlangte die Diskussionen zur alternativen Energieversorgung in Westeuropa einen höheren Stellenwert.

Auf der Suche nach Alternativenergiearten zu den großen Primärenergien – Öl – Kohle – Gas – wurde u. a. verstärkt an der Energiegewinnung aus Sonnenenergie geforscht und gearbeitet. Beginnend mit der elektrischen Solarenergieumwandlung in der Raumfahrt, wird diese Energie im terrestrischen Einsatz als Alternative mit den Vorteilen der Unabhängigkeit und Umweltfreundlichkeit eingesetzt. Die Eignung zum dezentralen Einsatz an beliebigen Orten und die direkte Umwandlung der Sonnenstrahlung in elektrische Energie brachten der elektrischen Solartechnik (Photovoltaik) einen hervorragenden Rang unter den alternativen Energiequellen. Durch den gewachsenen Freizeitbereich sind Kleinsolaranlagen für die Anwendung in Wohnmobilen, Caravans und Booten oder Wochenendhäusern, besonders bei mangelnder Infrastruktur, eine nützliche, wartungsarme und geräuschlose Energiequelle. Nicht selten die einzige.

1.1 Unabhängiges Energieversorgungssystem mit Energiespeicher

Als Energiespeicher empfehlen sich hier die VARTA Professional DC AGM (s. 3.3.2) oder die OPTIMA® YellowTop® (s. 3.4.2)



Ein elektrischer Solargenerator (Solarmodul), möglichst direkt auf die Sonne gerichtet, empfängt die Sonnenenergie und wandelt sie um in elektrische Energie. Diese elektrische Gleichstromenergie wird über entsprechende Zuleitungen einem Bleiakkumulator zugeführt und in ihm gespeichert.



Die installierten elektrischen Verbraucher werden direkt von der Bleibatterie versorgt.

Im Tageszeitraum kann bei entsprechender Einstrahlung von der Sonne die umgewandelte Energie gleichzeitig die elektrischen Verbraucher versorgen und evtl. einen Teil der Batterieaufladung liefern. Im Nachtzeitraum, ohne Solarenergie bzw. bei schlechtem Wetter mit nur sehr geringer Solarenergieeinstrahlung, erfolgt die elektrische Versorgung nahezu ausschließlich aus der Bleibatterie. Aus diesem Grunde ist für die Batterie die Eigenschaft der Zyklenfestigkeit, d. h. häufiges Laden und Entladen der Batterie, eine besonders wichtige und notwendige Voraussetzung. Die Größe der Solaranlage mit Speicherbatterien einerseits und Solargeneratoren andererseits hängt ab von der installierten Verbraucherleistung sowie von der gewünschten Benutzungsdauer. Grundsätzlich werden Solargenerator und Bleibatterie in Abstimmung mit der elektrischen Energiebilanz der Solaranlage dimensioniert. Eine Vergrößerung bei gleicher Versorgungsspannung erfolgt durch Parallelschaltung mehrerer Solarmodule und Speicherbatterien.

Die im technischen Konzept begründeten Vorteile sind:

- unabhängiges Energieversorgungssystem – daher dezentraler Einsatz möglich
- umweltfreundliches Betriebssystem
- wirtschaftlicher Betrieb – da keine Energiekosten während des Betriebes
- nahezu statisches Betriebssystem – kein mechanischer Verschleiß
- Modulsystem – mit hoher Flexibilität bei Anlagenveränderung
- einfacher Aufbau – schnelle Installation möglich.

2. DER SOLARGENERATOR – EIN RUHIGER STROMERZEUGER

2.1 Aufbau

Die Grundelemente für elektrische Solargeneratoren sind sogenannte Solarzellen in Form von rechteckigen Scheiben (10x10 cm) mit geringer Dicke. Ein Solargenerator besteht, abhängig von der gewünschten Systemspannung, aus vielen Einzelzellen. Die gewünschte Versorgungsspannung in der Anlage bestimmt die Anzahl der Zellen, die im Solargenerator zu einer Gruppe zusammengeschaltet werden. Man bezeichnet diese Einheit als Modul. Der mechanische Aufbau erfolgt meist abgedichtet in einem Metallrahmen zwischen zwei Glasscheiben. Man unterscheidet zwischen polykristalliner bzw. monokristalliner Zellentechnologie mit einem Wirkungsgrad von ca. 12 bzw. 14%. Darüber hinaus werden in einer weiteren Technologie mit amorphem Silizium, in sogenannter Dünnschichttechnik Solarmodule hergestellt.

Bei Anwendung auf begrenzten Flächen eignen sich nur kristalline Solarzellenmodule. Weitere Informationen erhalten Sie von den Solaranlagenherstellern. Bei Anlagenerweiterung werden mehrere Module

- in Reihe geschaltet, wenn die Versorgungsspannung erhöht werden soll,
- und
- parallel geschaltet, wenn bei gleicher Spannung der Versorgungsstrom vergrößert werden soll.



2.2 Funktionsprinzip

Bei Betrieb ohne Beleuchtung verhält sich eine Solarzelle wie eine normale Halbleiterdiode. Sie leitet den Strom nur in Durchlassrichtung. Bei Anlegen einer Spannung in Sperrrichtung fließt nur ein geringer Sperrstrom.

Aus diesen Gründen kann sich eine Batterie, die direkt von einem Solargenerator geladen wird, dann entladen, wenn in der Dunkelphase die Solarspannung kleiner als die Batteriespannung wird. Man setzt deshalb als Entladeschutz eine Sperrdiode ein.

Bei Beleuchtung der Solarzelle von der Vorderseite dringt Licht in die Halbleitergrenzschicht und erzeugt elektrische Überschuss-Ladungsträger durch einen Absorptionsprozess. Der elektrische Solarstrom ist erzeugt. Dieser Umwandlungsvorgang wird als photoelektrischer oder Sperrschicht-Photoeffekt bezeichnet.

Der Wirkungsgrad der Umwandlung von Sonnenenergie in elektrische Energie in kristallinen Solarzellen beträgt derzeit ca. 11 bis 14 %. D. h. bei einer eingestrahlten Sonnenenergie von 1 kWh stehen ca. 0,11 kWh als elektrische Energie am Solargenerator zur Verfügung. Die Solarbetriebsspannung wird bereits bei einer Mindesteinstrahlung von ca. 10 % erreicht. Sie steigt geringfügig mit abnehmenden Temperaturwerten (s. S. 66, Abb. 6.1 c).

Der Solarstrom ist nahezu proportional der Einstrahlungsenergie, d. h. bei 50 % Einstrahlung stehen 50 % des Solarnennstromes zur Verfügung usw. (s. S. 66, Abb. 6.1 b). Die Leerlaufspannung beträgt bei offenen Klemmen ca. 550mV pro Solarzelle. Der Kurzschlussstrom I_k des Solargenerators stellt den max. Ladestrom dar und kann bei kurzgeschlossenen Generatorklemmen (ohne Batterie) gemessen werden (s. S. 66, Abb. 6.1 d).

Der Kurzschlussstrom des Solarmoduls (d. h. Modul alleine in voller Sonne bei kurzgeschlossenen Leitungen) entspricht etwa dem fließenden Ladestrom in der Anlage, da die Batterie einen sehr geringen elektrischen Widerstand darstellt. Dieses gilt, solange der Regler die Ladespannung nicht begrenzt.

2.3 Spannungsregelung und Tiefentladeschutz

Kleinsolaranlagen verschiedener Hersteller werden mit und ohne Regler und Tiefentladeschutz angeboten. Die verschiedenen technischen Möglichkeiten sind in auf Seite 67, Abb. 6.2 zusammengestellt. Für Anlagen in Südeuropa wird eine Spannungsregelung empfohlen, da hier überwiegend konstante Einstrahlung vorliegt und daher die Batterie vor Überladung geschützt werden muss.

Dieses gilt auch für Anlagen in Nordeuropa, wenn in den Anlagen mit längeren Zeitabschnitten gerechnet werden muss, in denen der Batterie keine Energie entnommen wird.

Angebotene Kleinanlagen ohne Regler arbeiten nach dem Prinzip der Selbstbegrenzung durch die Modulgröße. Dabei kann prinzipiell in längeren Zeitabschnitten ohne Batterieentladung eine kurze Überladung auftreten. Diese ist begrenzt, da im Tagesverlauf die Stromerzeugung abends wieder null wird (s. S. 68, Abb. 6.3).

Die derzeit verfügbaren Spannungsregler arbeiten nach dem Prinzip der Spannungsbegrenzung und liefern, solange genügend Sonnenenergie vorhanden ist, eine konstante, geregelte Versorgungsspannung oder senken die Spannung nach einer erreichten Maximalspannung an der Batterie ab. Diese Spannungsregelung wird mit und ohne Erfassung der Batterietemperatur über einen elektrischen Fühler angeboten.

Darüber hinaus werden auch sogenannte programmierte Regler eingesetzt, die eine maximale Ladespannung über der Batteriegasungsspannung zeitbegrenzt bis 2 Stunden zulassen. Danach wird automatisch auf eine niedere Erhaltungsladespannung zurückgeschaltet. Durch Erreichen einer niederen Spannung durch Entladung wird dieser Vorgang erneut ausgelöst. Dieses Regelprinzip gestattet eine schnellere Ladung, unterstützt eine gleichmäßige Säuredichte in stationär eingesetzten Solarbatterien und ist daher „batteriefreundlich“.

Benutzte Spannungswerte abhängig vom Reglersystem für 12-Volt-Systeme bei einer Batterietemperatur von 20 bis 25 °C sind:

Eingangsspannungen in den Regler
bis ca. 28 Volt

Überladeschutz-Spannungsschwelle
14,4 Volt

zeitbegrenzte Maximalspannung (ca. 1 h pro Tag)
15,0 Volt

Bei 24-Volt-Systemen sind die Angaben zu verdoppeln.

Bei Einsatz von Temperaturregelungen werden die Spannungswerte mit zunehmender Temperatur abgesenkt. Als **Temperatur-Koeffizient** gilt ca. $\Delta U = -25 \text{ mV pro } ^\circ\text{C}$ für 12 Volt-Batterien.

Geräte als **Tiefentladeschutz** sollen die Solarbatterie bei Entladung schützen. Sie schalten daher bei vorgegebener (häufig einstellbarer) Spannungsschwelle die elektrischen Verbraucher über ein Relais ab. In Anlagenkomponenten bestimmter Hersteller ist der Tiefentladeschutz bereits im Spannungsregler eingebaut (s. S. 67, Abb. 6.2 b).

Für die **Verbraucherabschaltung** sollen Spannungswerte gelten, die noch ca. 30 % Kapazität in der Batterie sicherstellen. **Die Definition dieser Werte ist nicht fix, da die Spannung bei Entladung direkt von der Laststromhöhe abhängt** (z. B. 11,4 V = 1,9 Volt pro Zelle bei 5 A Entladung).

Für eine einfache fixe Abschaltung wird ca. 11,4 V bei 12-Volt-Systemen empfohlen. Eine einwandfreie Funktion erfolgt dabei bis zu Entladeströmen von ca. 15 A. Werden deutlich höhere Entladeströme eingesetzt (z. B. Motorenanlaufstrom ca. 50 A), so kann die Abschaltung zu früh bzw. sofort erfolgen und den Betrieb behindern.

Spezielle Informationen zu den Komponenten der jeweiligen Hersteller, wie Solarmodule, Regler u. a., sind in jedem Fall zu beachten. Die richtige Anpassung der Komponenten zu einer Solaranlage gewährleistet einen einwandfreien Betrieb.

Im Rahmen dieser Abhandlung werden Prinzipanwendungen und wichtige Eckwerte genannt, die zum besseren Verstehen der Solaranlage beitragen.



3.1 Aufgabe und Eigenschaften

Die Hauptaufgabe einer Batterie stellt die Speicherung elektrischer Energie (Kapazität) bei konstanter Abgabebereitschaft dar.

Diese wird erfüllt durch die Batterieeigenschaften:

- ausreichend hohe Ladungsaufnahme
- lange Haltbarkeit im Zyklusbetrieb
- gute Wiederaufladbarkeit
- wartungsarmer Betrieb
- **Eine gute Ladungsaufnahme** zeichnet sich aus durch möglichst verlustfreie Stromaufnahme an gegebener Ladespannung und schnelle Wiederaufladung. Der Ladewirkungsgrad liegt bei ca. 90 % oder bei Entnahme von X Kapazität muss eine Ladeenergiemenge von 1,1 X in die Batterie geladen werden, um den Ausgangszustand zu erhalten. Auch kleinste Ladeströme müssen aufgenommen werden können.
- **Haltbarkeit im Zyklusbetrieb** (laden – entladen) zeigt sich, wenn die Batterie eine hohe Anzahl von Lade-/Entladezyklen im Laufe ihrer Einsatzdauer erreicht. Diese Zyklusfestigkeit hängt ab von der jeweils erreichten Entladetiefe beim Entladen. **Je niedriger die Entladetiefe ist, desto höher liegt die erreichbare Zyklenzahl.**

Beispiel:

Entnimmt man einer Batterie die Hälfte ihrer Nennkapazität in Amperestunden, so liegt eine Zyklientiefe von 50 % vor.

- **Die Wiederaufladbarkeit** einer Batterie nach einer Entladung ist gegeben, wenn eine zügige Wiederaufladung bis etwa zur Nennkapazität erfolgt (d. h. ohne nennenswerte Verluste an Speicherkapazität).
- **Wartungsarmer Betrieb** von Batterien in Solaranlagen ist gegeben, sofern kein Reglerversagen oder keine vorangegangene Tiefentladung vorliegen. Zu beachten ist jedoch, dass mit fortschreitendem Alter der Batterie auch der Wasserverbrauch ansteigt. Im ersten Betriebsjahr sollte bei normalem Betrieb keine Wassernachfüllung erforderlich sein. Die Batterien sollten jedoch gegen Verschmutzung und Überflutung von oben und gegen zufälligen Kurzschluss an den Polen (durch Berührung mit Werkzeug) geschützt sein.

3.2 Kapazitätsbestimmung und Batterie-Dimensionierung

Die Kapazität in Amperestunden bestimmt, wie lange man mit einem bestimmten Strom den Energiespeicher Batterie „benutzen“, also entladen kann, bis er wieder mit elektrischer Energie geladen werden muss. Die notwendige Kapazitätsgröße in Anlagen mit Energiespeichern (Batterien) hängt grundsätzlich ab von:

- erzeugbarer elektrischer Leistung aus dem Solargenerator
- Anzahl der elektrischen Verbraucher, die versorgt werden sollen
- installierte Verbraucherleistung in Watt [W]
- gewünschte Betriebsdauer der Verbraucher in Stunden [h]

Diese Haupteinflüsse werden in einer für Versorgungsbetrachtungen anzustellenden elektrischen Energie-Bilanz-Berechnung berücksichtigt. Beispiele werden in Punkt 4 „Energiehaushalt in Solaranlagen“ aufgezeigt.

Entnehmbare Kapazitäten:

Die Menge der entnehmbaren Kapazität in Ah hängt ab von der Höhe des jeweiligen Entladestromes.

- Je niedriger der Entladestrom, um so höher die entnehmbare Kapazität.

Voraussetzung ist jeweils eine Entladung bis zu einer Batteriespannung von 10,5 Volt (Entladeschlussspannung).

In der Praxis ist jedoch eine Entladetiefe von ca. 10 – 40 % üblich, d.h., es werden nur 10 bzw. 40 % der möglichen Zeit bzw. Kapazität aus der Batterie entladen.

Bei der Batteriedimensionierung wird ein Sicherheitsfaktor von 1,7 für die erforderliche Kapazitätsgröße verwendet. Er berücksichtigt gleichzeitig die reduzierte Kapazität bei der Entladung mit höheren Strömen.

Es gilt folgende Empfehlung:

Entladestrom in [A] x

Betriebszeit in [h] x

1,7 (Faktor)

ergibt die erforderliche Batteriekapazität in Ah.

Beispiel:

Eine Anlage benötigt eine Kapazitätsentnahme über 20 Stunden mit einem Entladestrom von 2,5 A ohne Zwischenladung bei 25 °C. Es ist dazu eine Batteriekapazität von $2,5 \text{ A} \times 20 \text{ h} \times 1,7 = 85$ Ah erforderlich.

4. ENERGIEHAUSHALT IN SOLARANLAGEN

4.1 Elektrische Verbraucher

Für den Einsatz in Solaranlagen sind aufgrund der Anlagenspannung von 12-bzw. 24-V-Gleichspannung alle Geräte mit entsprechender Nennspannung direkt anschließbar.

Außerdem können Geräte mit üblicher (230 V~) Wechselspannung über einen Wechselrichter (das ist ein Umwandler von 12 V oder 24 V auf 230 V~) eingesetzt werden. Der gebräuchliche Leistungsbereich ist bei Kleinanlagen auf ca. 1200 VA max. begrenzt.

Bei Betrieb von elektrischen Verbrauchern in Kleinsolaranlagen empfiehlt es sich grundsätzlich darauf zu achten, dass die Geräte, bezogen auf ihren Energieverbrauch, optimiert sind. Dadurch wird mit Rücksicht auf den Energiehaushalt der Anlage ein möglichst langer, unabhängiger Betrieb erreicht (Prinzip: Was nicht verbraucht wird, muss nicht erzeugt werden).

Eine Übersicht erzeugbarer Energiemengen (Europa) ist in Abb. 6.4. dargestellt. In folgender Tabelle sind einige typische Verbraucher und Schaltgeräte, die teilweise aus dem Fahrzeugbau kommen, mit ihren Daten aufgelistet.

Elektrische Verbraucher 12 Volt	Leistung [W]	ca. Strom [A]
Leuchtstofflampe ^{1) 2)}	4	0,4
Leuchtstofflampe ^{1) 2)}	6	0,6
Leuchtstofflampe ^{1) 2)}	8	0,8
Leuchtstofflampe ^{1) 2)}	13	1,2
Glühlampe (Leselampe)	15	1,3
Glühlampe	25	2,1
Halogenspot	20/50	1,7/4,3
Kassettenrecorder	20	1,6
Farbfernseher ²⁾	42	4,0
Lüftermotor ²⁾	15	1,3
Wasserpumpe	60	5,0
Alarmanlage	< 2	< 0,1
Schaltuhr	–	< 0,02
Wechselrichter in Bereitschaft ²⁾	ca. 2	0,050
Wechselrichter in Betrieb ²⁾	ca. 300	10-25
Funkgerät	40	3,5
Kühlschrank mit Kompressor ²⁾	50	3,0-6,0

¹⁾ bei gleicher Helligkeit etwa 3-fache Energieeinsparung gegenüber einer vergleichbaren Glühlampe

²⁾ verbrauchsoptimiertes Gerät

4.2 Balance zwischen Sonnenenergiegewinn und Energieverbrauch

Für die Wahl der richtigen Größe von Solargenerator und Speicherbatterie sind in erster Linie bestimmend:

- möglicher Energiegewinn aus Sonnenenergie (Standortabhängigkeit und momentane Sonneneinstrahlung)
- Belastungsprofil der Anlage (elektrische Leistung der zu versorgenden Verbraucher, gewünschte Betriebsdauer pro Tag/Nacht oder Woche)
- Erweiterbarkeit der Solaranlage durch Zuschalten weiterer Module und Batterien.

5.1 Batterie-Überwachung und -Ladezustand

Die Überwachung eines ausreichenden Ladezustands lässt sich mit einem Säuredichtemesser nach den Batteriebehandlungsvorschriften (nicht bei geschlossenen und verschlossenen Batterien) oder mittels genauer Ah-Zähler (wie z. B. DCC 6000, s. S. 46) durchführen.

Bei Solaranlagen wird die Ladung überwiegend mit Spannungsbegrenzung durchgeführt. Dabei erfolgt keine starke Durchmischung der Säure zwischen und oberhalb der Platten. Wirksam dafür, um die Schichtung zu reduzieren, ist die Vollladung 1- bis 2-mal jährlich an einem externen Ladegerät:

Der Grad des Ladezustands wird durch die Säuredichte bestimmbar (gemessen bei 25 °C).

Es gelten folgende Werte:

geladen	1,28 kg/l Säuredichte
halbgeladen	1,20 kg/l Säuredichte
entladen	1,12 kg/l Säuredichte.

Bei der Ladezustandsbestimmung durch Spannungsmessung der Batterie ist darauf zu achten, dass die Batterie vor der Messung mindestens 4 h, besser 24 h unbelastet gestanden hat.

Neben der Ladezustandsbestimmung aus der Ruhespannung ist die permanente Ah-Zählung mittels DCC 6000 empfehlenswert. Die Relation aus entnommener Ah-Zahl und Änderung des Ladezustandes gibt Aufschluss über den Grad der Alterung dieser Batterie (s. S. 54, 11.2). Da die Spannungsmessung nur für unverbrauchte, nicht sulfatierte Batterien eine korrekte Aussage erlaubt, sind die gemessenen Werte nur als ungefähre Richtwerte zu verstehen. Die genaueren Angaben sind durch Säuredichtemessung zu erhalten.

Die Richtwerte sind bei 12-V-Batterien und Raumtemperatur:

12,7 V	=	ca. 100 % Ladezustand
12,3 V	=	ca. 50 % Ladezustand.

Die Überwachung der Betriebsspannung in der Solaranlage wird am kostengünstigsten mit einem Spannungsmesser durchgeführt. Der Messbereich sollte die Auflösung von 10 bis 15 V haben oder es sollte ein digitales Instrument benutzt werden.

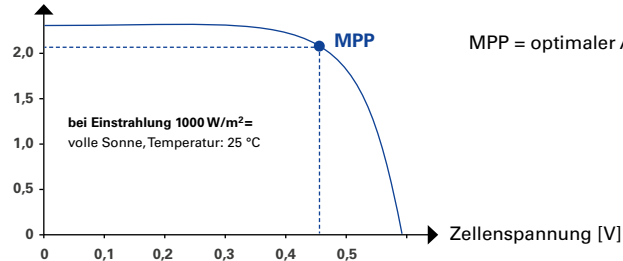
Die Messung der Anlagenspannung im installierten System Modul/Batterie gibt während des Betriebs eine **grobe Aussage** über den Lade-/Entladebetrieb sowie den Batteriezustand. Spannungsbereiche mit hinreichender Aussage sind:

- **größer als 15 Volt**
Ladung unterbrechen, Batterie geladen (Anlage ohne Laderegler)
- **13,0 – 14,1 Volt**
normaler Spannungsbereich der Solaranlage bei Ladung ohne Verbraucherlast
- **12,0 – 14,1 Volt**
normaler Betriebsspannungsbereich mit Verbraucherlast und Ladung
- **11,5 – 12,7 Volt**
normaler Arbeitsspannungsbereich bei Entladung
- **11,0 Volt**
Abschalten der Verbraucher und Ladung durchführen.

6. DATEN UND ABBILDUNGEN ZUM SYSTEM SOLARANLAGE

6.1 Strom- und Spannungscharakteristik von Solarzellen und Modulen

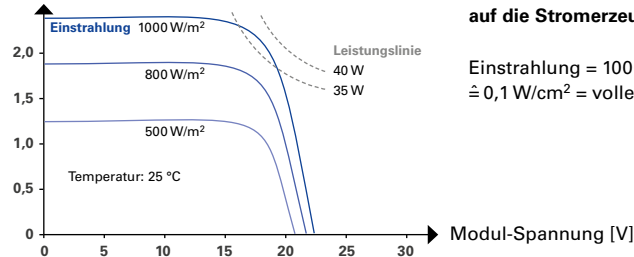
Strom [A]



a) Elektrische Kennlinie einer Solarzelle

MPP = optimaler Arbeitspunkt

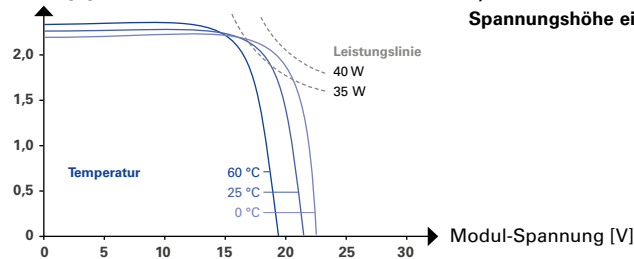
Strom [A]



b) Einfluss der Einstrahlungsleistung auf die Stromerzeugung eines Solar-Moduls

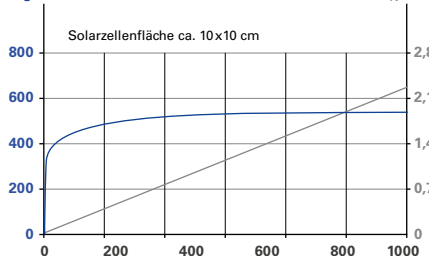
Einstrahlung = 1000 W/m^2
 $\hat{=} 0,1 \text{ W/cm}^2$ = volle Sonne

Strom [A]



c) Einfluss der Temperatur auf die Spannungshöhe eines Solar-Moduls

U_0 [mV]



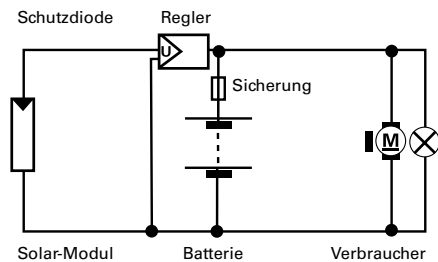
d) Leerlaufspannung U_0 und Kurzschlussstrom I_k einer Silizium-Solarzelle in Abhängigkeit von der Einstrahlungsleistung

Solarzellenfläche ca. 1 dm^2

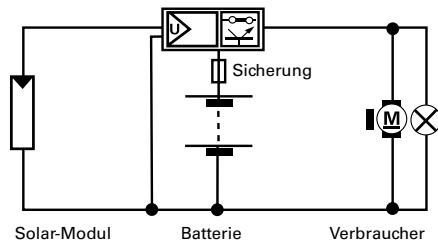
Einstrahlungsleistung pro Fläche [W/m^2]

6.2 Schaltbilder von Kleinsolaranlagen

a) Anlage mit Spannungsregler

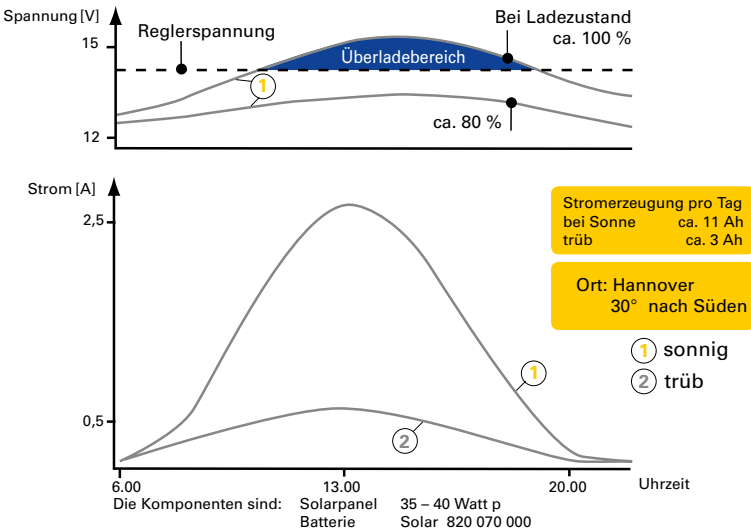


b) Anlage mit Regler und Tiefentladeschutz

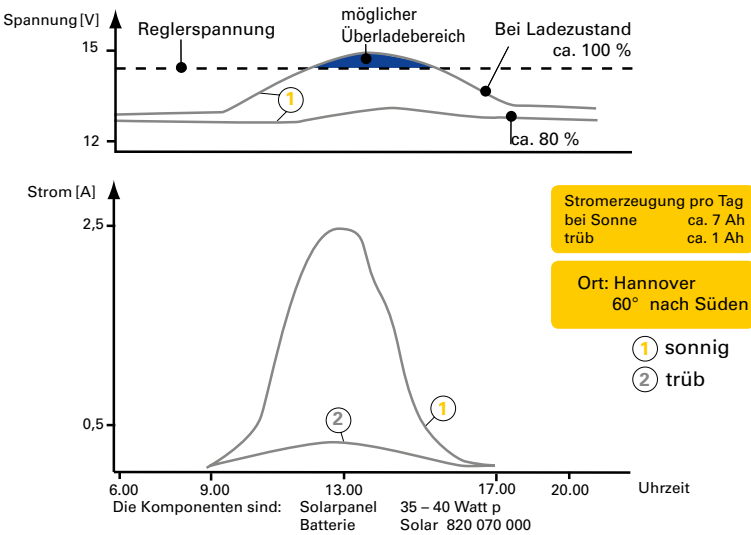


6.3 Verlauf von Strom und Spannung in einer Kleinsolaranlage (Sommer/Winter)

Strom- und Spannungsverlauf an einem Sommertag



Strom- und Spannungsverlauf an einem Wintertag



6. DATEN UND ABBILDUNGEN ZUM SYSTEM SOLARANLAGE

6.4 Angaben zu erzeugbarer Energiemenge eines Solarmoduls

- a) Durchschnittlich erzeugte Energie in Wattstunden/Tag mit einem Solarmodul ca. 35 Watt, im Sommer



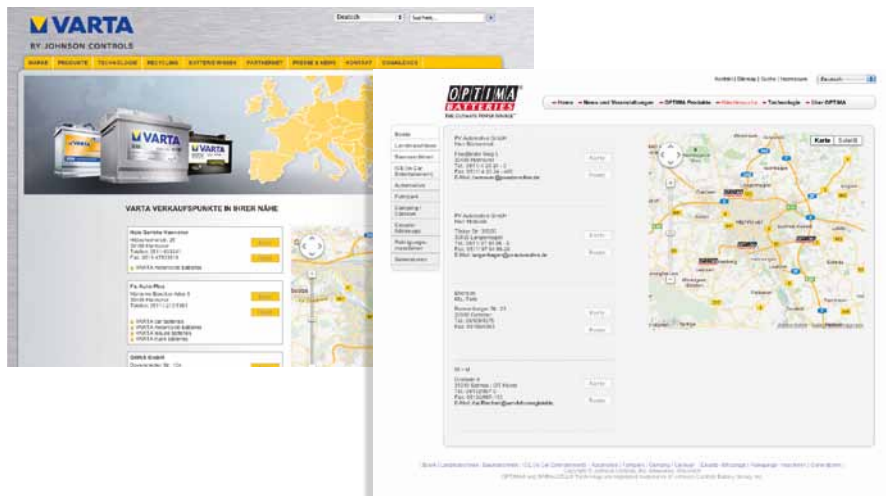
- b) Durchschnittlich erzeugte Energiemenge in Wattstunden/Tag mit einem Solarmodul ca. 40 Watt

Aufstellung: 40°

Richtung: Süden

Ort: Raum Frankfurt/Main

Monat	Wh/Tag	Ah/Tag
Januar	31	2,6
Februar	56	4,7
März	89	7,4
April	120	10,0
Mai	144	12,0
Juni	144	12,0
Juli	144	12,0
August	144	12,0
September	121	11,0
Oktober	68	5,7
November	35	2,9
Dezember	25	2,1

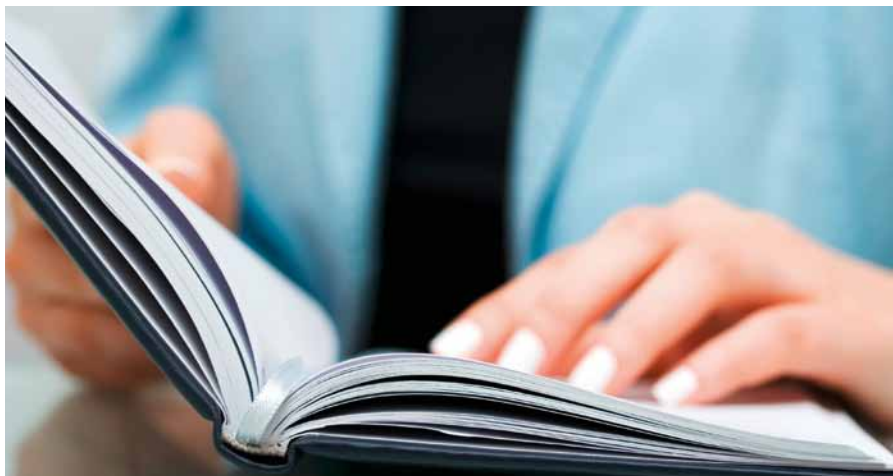


Als besonderen Service bieten Varta und OPTIMA auf den Internetseiten **www.varta-automotive.de** und **www.optima-batterien.eu** eine Online-Händlersuche. Dort finden Sie schnell und bequem Fachhändler und Fachwerkstätten mit VARTA bzw. OPTIMA Batterien-Sortiment in Ihrer Nähe. Unter Eingabe von Postleitzahl oder Wohnort erscheint eine nach Entfernung geordnete Liste mit entsprechenden Vertriebsstellen.

Haben Sie sich für einen Fachhändler oder eine Fachwerkstatt entschieden, klicken Sie einfach auf "Anfahrt". In dem sich nun öffnenden Fenster erscheinen ein Lageplan und die Möglichkeit, den Anfahrtsweg berechnen zu lassen. Dazu brauchen Sie lediglich Ihren eigenen Standort einzugeben und auf "Route berechnen" zu klicken. Selbstverständlich lassen sich sowohl Lageplan als auch Anfahrtsbeschreibung ausdrucken.



Zusätzlich finden Sie auf der Internetseite **www.varta-automotive.de** den **Online-Bordnetz-Kalkulator**, der Ihnen die Auswahl der richtigen Batterie für ihre spezifische Anwendung erleichtert.



Schriften zum Thema „Bordnetz“ u. a. erschienen bei:

Beuth Verlag GmbH Berlin

Tel. 030/260 10,

www.din.de/beuth

- VDE/EN – Vorschriften
- Blei-Starterbatterien DIN EN 50342 (Vormals EN 60095-1)
- Akkumulatoren und Batterieanlagen VDE 0510-1
- Nasse Blei-Antriebsbatterien EN 60254-1
- wartungsfreie, verschlossene Batterien (GEL, LF) EN 60896-2

Deutscher Motoryachtenverband e. V. (DMYV)

- Sicherheitstechnisches Merkblatt „Brandschutz“

Germanischer Lloyd

- Diverses

Kreuzer-Abteilung des Deutschen Segler-Verbandes e. V.

- Diebstahlschutz auf Sportbooten
- Bootsdatenkarte
- Elektromotoren auf Sportbooten
- Flüssiganlagen auf Sportbooten

Ministerium für Arbeit und Soziales, Baden Württemberg, Stuttgart

- Sicherheit im Caravan

Produktinformationen siehe auch

www.magnetronic.de

www.leab.de

www.midtronics.com

www.elektron-bremen.de

www.bosch.de

www.benning.de

- Aktive Massen S. 7
- Alterung S.38 ff
- Antriebs- und Beleuchtungsbatterie S. 14 ff
- Anwendungsspektrum (Solarbatterie) S. 59 ff
- Aufbau einer VARTA Professional DC S. 11
- Aufbau einer VARTA Professional AGM S. 18
- Außenborder S. 49
- Ah-Zähler S. 46 ff
- Anwendungszuordnung
VARTA Professional S. 20 f
- Batteriearten VARTA
S. 12 ff, Optima S. 22 ff
- Batteriearten (Antimon) S. 12 ff
- Batteriedimensionierung S. 38 ff
 - E-Boot S. 56 ff
 - Solar S. 59 ff
- Batterie für Elektrobootsantrieb S. 49
- Batterieprüfung S. 54 f
- Batterieraumbelüftung S. 51
- Batterieschalter (manuell) S. 43 f
- Batteriestromkreise:
 - Standard: S. 43 f
 - Modern: S. 45, 48
- Batterietechnik S. 7
- Batterietrennrelais S. 43 f
- Batterieüberwachung S. 46 f
 - Solarbatterie S. 65
- Belastungsdiagramm
(BA-Spannung vs. Ladezustand) S. 55
- Bezugsquellen S. 71
- DC/AC-Wandler S. 50
- DC/DC-Wandler S. 50
- Diodenverteiler S. 44
- Einbau – Ausbau Batterien S. 51
- Elektrische Verbraucher S. 64
- Elektroantrieb S. 56
- Elektroantrieb – Fahrzeiten S. 57
- Elektromotor S. 56
- Elektrochemischer Vorgang S. 9
- Entladevorgang S. 7
- Entladetiefe S. 8
- Ermittlung der Stromaufnahme S. 56
- Fehlerermittlung an der Batterie
S. 53 ff
- Gasen der Batterien S. 8
- Generator S. 49
- graphische Darstellungen (s. Kurven)
- Hochstromentnahme/Kaltstartstrom S. 14
- Inbetriebsetzung nach Befüllung S. 13
- Kapazität S. 38 ff
- Kapazitätsberechnung S. 39 f
E-Boot S. 56 ff
Solar S. 64, 66 ff
- Kapazitätsbedarfsbestimmung
S. 40, 54 f
- **Kurven:**
 - Schnellladefähigkeit S. 23
 - Vibrationsbeständigkeit S. 23
 - Zykluslebensdauer vs. Entladetiefe S. 24
 - Kaltstartkraft S. 25
 - Reservekapazität vs. Zyklenzahl S. 27
 - Zyklen vs. Restkapazität S. 32
 - Ladespannung 13,5 V und 14,5 V S. 34
 - Kapazitätsermittlung S. 39
 - Batteriebelastungsspannung S. 55
 - Verfügbare Kapazität in Abhängigkeit
von der Höhe des Entladestromes S. 58
 - Elektirsche Kennlinie einer Solarzelle S. 66
 - Einfluss Einstrahlungsleistung auf die
Stromerzeugung eines Solar-Moduls S. 66
 - Einfluss Temperatur auf die Spannungshöhe
eines Solar-Moduls S. 66
 - Leerlaufspannung und Kurzschlussstrom
einer Solarzelle in Abhängigkeit von der
Einstrahlleistung S. 66
 - Strom- und Spannungsverlauf an einem
Sommertag/Wintertag S. 68
 - Durchschnittlich erzeugte Energiemenge in
Wattstunden/Tag S. 69
- Ladeverteiler S. 45 ff
- Ladegeräte Hinweis S. 33 ff
- Ladetechnik S. 33 ff
- Ladevorgang S. 8, 35 f
- Ladezustand S. 53 ff
- Ladung S. 33 ff
- Ladung mit Lichtmaschine S. 33
- Ladung von Batterien
mit flüssigem Elektrolyt S. 34
- Ladung Gel-Batterien S. 35 f
- Ladung von optisch verschlossenen Batterien
mit flüssigem Elektrolyt S. 35
- Ladung mit Solar S. 61 f
- Ladetabelle S. 37
- Leiterquerschnitte, Verkabelung S. 51 f
- Lichtmaschine S. 33
- Literaturhinweise S. 71

- Nachfüllmöglichkeiten S. 13, 51
- Neue Batterietechnologien S. 13 ff
- Normale Einsatzbedingungen S. 13

- OPTIMA® S. 25
- OPTIMA® BlueTop Batterie S. 29
- OPTIMA® RedTop Batterie S. 25
- OPTIMA® YellowTop Batterie S. 27
- Online-Händlersuche S. 70

- Parallelschaltung S. 42
- Photovoltaik S. 59
- Prinzipschaltungen Kleinsolaranlagen S. 67

- Reihen-Parellelschaltung S. 42
- Reihenschaltung S. 41
- Ruhespannung S. 7

- Schaltstromkreise Bordnetz S. 43 ff
- Schaltbilder Kleinsolaranlagen S. 67
- Säuredichte S. 12, 53, 65
- Schwefelsäure S. 7 ff, 29
- Selbstentladung S. 10
- Solaranlagen-Energiehaushalt S. 64
- Solarbatterie S. 61
- Solargenerator S. 59 f
- Spannungsabfall an Leitungen S. 52
- Spannungswandler S. 50
- Starterbatterie S. 14, 25, 29, 32
- Sulfatierung S. 10
- Sauerstoffverehrzyklus (Gel) S. 31

- **Tabellen:**
 - Eigenschaften VARTA Professional DC S. 14
 - Typenübersicht und Startmotorenleistung VARTA Profesional Starter und VARTA Professional DC S. 15
 - Eigenschaften VARTA Professional DC AGM S. 17
 - Vergleichsliste Typenprogramm VARTA Hobby mit VARTA Professional S. 19
 - Schnellladefähigkeit OPTIMA® Batterien S. 23
 - Vibrationsbeständigkeit OPTIMA® Batterien S. 23
 - Typenprogramm OPTIMA® RedTop S. 26
 - Typenprogramm OPTIMA® YellowTop S. 28
 - Ladevorschriften OPTIMA® BlueTop S. 29
 - Typenprogramm OPTIMA® BlueTop S. 30
 - Typenprogramm VARTA Professional S. 20 f
 - Vergleich Euro pro Zyklus S. 32
 - Batterie-Ladeübersicht Bleibatterien S. 37
 - Beispielrechnung Kapazitätsbedarfsbestimmung S. 40
 - Übersicht Umschlüsselung RC-K20 S. 49
 - Leiterquerschnitte S. 51
 - Elektrische Verbraucher S. 64

- Tiefentladung S. 8, 40, 61
- Trennrelais S. 43 ff
- Typenübersicht und Startmotorenleistung VARTA Professional Starter und Professional DC S. 15
- Typenprogramm OPTIMA® RedTop S. 26
- Typenprogramm OPTIMA® YellowTop S. 28
- Typenprogramm OPTIMA® BlueTop S. 30
- Typenübersicht Sortiment VARTA Professional S. 20 f

- Verkabelung S. 51
- Verschlussene Batterien (Gel) S. 22 ff, 30
- Wasserverbrauch spezifiziert S. 12 ff, 51
- Wartung S. 51
- Wirkungsweise Gel S. 31

- Zubehör S. 44
- Zusammenschalten von Batterien S. 41 f
- Zusatzgeneratoren S. 33



Johnson Controls Autobatterie GmbH

Am Leineufer 51
D - 30419 Hannover
Tel.: +49 511 975-02
Fax: +49 511 975-1680
www.varta-automotive.com

Verkaufsregion Nord

Am Leineufer 51
30419 Hannover
Tel.: +49 511/975-17 63
Fax: +49 511/975-17 69

Verkaufsregion Süd

Bahnhofstraße 5
74354 Besigheim
Tel.: +49 7143/40 81-3
Fax: +49 7143/40 81-40



Johnson Controls Batterie AG

Grindelstrasse 19
CH - 8303 Bassersdorf
Tel.: +41 (0) 44 870 80 70
Fax: +41 (0) 44 870 80 78
www.varta-automotive.com



Johnson Controls Autobatterie Ges.m.b.H.

Murbangasse 10
A - 1100 Wien
Tel.: +43 1 86 375 0
Fax: +43 1 86 375 247
www.varta-automotive.com

Verkaufshaus Wien
Murbangasse 10
A - 1100 Wien
Tel.: +43 1 869 12 61
Fax: +43 1 869 12 61-23
vh.wien@jci.com

Verkaufshaus Salzburg
Aigner Straße 75
A - 5026 Salzburg
Tel.: +43 662 62 33 96
Fax: +43 662 62 10 36
vh.salzburg@jci.com

Verkaufshaus Graz
Puntigamer Straße 14
A - 8041 Graz
Tel.: +43 316 47 10 09, 46 57 79
Fax: +43 316 47 10 09-99
vh.graz@jci.com

Verkaufshaus Linz
Welser Straße 89
A - 4060 Leonding bei Linz
Tel.: +43 732 67 13 53
Fax: +43 732 67 13 53-33
vh.linz@jci.com

Verkaufshaus Innsbruck
Etrichgasse 30
A - 6020 Innsbruck
Tel.: +43 512 58 01 24
Fax: +43 512 58 27 14
vh.innsbruck@jci.com

Verkaufshaus Klagenfurt
Kudlichgasse 104
A - 9020 Klagenfurt
Tel.: +43 463 41 300
Fax: +43 463 43 481
vh.klagenfurt@jci.com

www.varta-automotive.com

Schutzgebühr: 5,- €

