

Teil 1: Tips für ein langes Batterieleben

Es gibt (leider) sehr viele Gründe warum eine Batterie bereits nach kurzer Zeit sich verabschieden kann. In aller Regel wurde Sie "umgebracht", und zwar durch unsachgemäße Behandlung.

Dabei geht es fast immer um eines der beiden Themen:

- Unterladung
- Überladung

wobei die Unterladung die häufigste Ursache von Ausfällen ist.

Ich habe vor einiger Zeit mal zusammengestellt, was es alles zu beachten gilt, wenn man sich ein langes Batterieleben wünscht.

Ich hoffe, dass auch Laien dabei den einen oder anderen Tip finden, der weiterhilft.

1.1 Die wichtigsten Regeln für eine langes Batterie-Leben

- Die Batterie möglichst nicht mehr als $\frac{1}{2}$, und niemals mehr als $\frac{3}{4}$ entladen
- Je tiefer die Batterie entladen wurde um so früher sollte sie wieder aufgeladen werden:
 - eine $\frac{1}{2}$ entladene Batterie sollte sobald wie möglich (spätestens nach 1 Woche) wieder aufgeladen werden
 - ein $\frac{3}{4}$ entladene Batterie sollte möglichst sofort wieder aufgeladen werden
- Laden Sie Ihre Batterie mindestens jeden Monat einmal 100% auf, möglichst mit einem Netzladegerät mit IUoU-Kennlinie, prüfen Sie danach den Säurestand und füllen Sie gegebenenfalls destilliertes Wasser nach
- Die Einhaltung der obigen Regeln ist um so wichtiger je höher die Temperatur der Batterie ist
- Gel-Batterien sollten grundsätzlich nur mit Ladegeräten geladen werden, die eine Temperaturkompensation der Ladespannung besitzen

1.2 Grundregeln für Ausrüstung und Betrieb des Bordnetzes

Im folgenden werden die wichtigsten Grundregeln für die Ausrüstung und den Betrieb des Bordnetzes in Kurzform zusammengefaßt. Die detaillierten Erläuterungen finden sich dann in den Entsprechenden Kapiteln weiter unten.

- Verwenden Sie keine gewöhnliche Starterbatterie für das Bordnetz, sondern eine zyklenfeste nasse Batterie (häufig als Solar- oder Freizeitbatterie bezeichnet) oder eine entsprechende Gel- bzw. AGM-Batterie.
- Die Nennkapazität der Versorgungsbatterie sollte mindestens 2 mal (besser 3 mal) so groß sein wie die benötigte Kapazität zwischen den Ladevorgängen.
- Die Versorgungsbatterie muss über ein Trennrelais (oder einen Diodenverteiler) mit der Starterbatterie verbunden werden, damit sie bei Fahrt bei geschlossenem Relais aus der Lichtmaschine geladen wird. Bei abgeschaltetem Motor öffnet das Trennrelais und die Versorgungsbatterie wird von der Starterbatterie abgetrennt, so dass die Starterbatterie nicht über das Bordnetz entladen werden kann.
- Eine Gel- bzw. AGM-Batterie eignet sich als Versorgungsbatterie, wenn sie über ein Trennrelais mit der Starterbatterie verbunden wird. Die Starterbatterie beeinflusst normalerweise den Ladevorgang der Gel-Batterie durch die Lichtmaschine nicht.
- wenn Sie zwei oder mehr Versorgungsbatterien parallel schalten wollen um die verfügbare

Kapazität zu erhöhen, verwenden Sie nur Batterien der gleichen Type, gleichen Alters und gleicher Kapazität

- Bedenken Sie, daß Sie die entladene Versorgungsbatterie mit der Lichtmaschine alleine kaum vollständig laden können. Dafür ist meist die Fahrtzeit zu kurz. Für die vollständige Ladung benötigen Sie ein Netz-Ladegerät oder ein Solarmodul.
- Unvollständiges Laden und Überladen sind die häufigsten Ursachen für den vorzeitigen Ausfall bei Versorgungsbatterien. Das gilt insbesondere bei Gel-Batterien.
- Laden Sie Ihre Batterie möglichst einmal pro Monat mit dem Netz-Ladegerät 100% voll. Dies kann gegebenenfalls bis zu 24 Stunden dauern.
- Verwenden Sie ein Netz-Ladegerät mit geregelter IUoU-Kennlinie.
- Verwenden Sie zur Ladung von Gel- bzw. AGM-Versorgungsbatterien unbedingt ein temperaturkompensiertes Netz-Ladegerät das über einen Batterie-Temperaturfühler verfügt. Die Ladespannung muß bei Temperaturen über 25 °C mit etwa 20 mV/°C reduziert und bei Temperaturen unter 25 °C mit etwa 30 mV/°C erhöht werden. Dies gilt sowohl für die Hauptladespannung als auch für die Erhaltungsladespannung.

Achtung: eine Ladespannung, die nur 0,1 Volt über dem vorgeschriebenen Sollwert liegt, führt bereits zu doppelt schneller Alterung bzw. halber Lebensdauer der Batterie.

Besitzen Sie bereits ein Ladegerät das keine Temperaturkompensation beisitzt, so beachten Sie folgende Regeln:

- beenden Sie den Ladevorgang bei Temperaturen über 25 °C spätestens nach 24 Stunden
 - dehnen Sie den Ladevorgang bei Temperaturen unter 15 °C s auf mindestens 48 Stunden aus, immer vorausgesetzt, daß Sie ein Ladegerät mit IUoU Kennlinie verwenden.
 - Das Netz-Ladegerät soll mindestens 1/10 K Ladestrom liefern, das sind 10 Ampere für eine Batterie mit K = 100Ah. Besser sind 2/10 K Ladestrom, das sind 20 Ampere für eine 100 Ah Batterie, sofern der Batteriehersteller keinen niedrigeren Grenzwert vorgibt.
- Normalerweise muß der Ladestrom nicht begrenzt werden solange die Ladespannung den Vorgaben des Batterieherstellers entspricht.

Gel-Batterien begrenzen den maximalen Ladestrom selbst auf etwa 4/10 K Ladestrom, das sind 40 Ampere für eine 100 Ah Batterie.

- Die übliche Spannungsmessung ist wenig geeignet um den Ladezustand einer Batterie festzustellen. Eine grobe Abschätzung des Ladezustandes der Batterie läßt sich über die Spannungsmessung nur dann vollziehen wenn die Batterie mindestens 12 oder besser 24 Stunden weder ge- noch entladen wurde, und wenn Sie die spezifische Spannungskennlinie der Batterie kennen. In der praktischen Anwendung auf Reise entfällt diese Möglichkeit fast immer. Somit sind die farbigen Anzeigelämpchen, Zeigerinstrumente oder Digitalvoltmeter zur Ladezustandsbestimmung in der Praxis wenig brauchbar, da sie alle auf dem Prinzip der Spannungsmessung beruhen.

Folgender Tip kann hilfreich sein wenn Sie ein Digitalvoltmeter besitzen: wenn nach einer halben Stunde geringer Belastung, z.B. durch eine schwache Lampe, die Batteriespannung 12,2 Volt (12,3 Volt für Gel-Batterie) nicht unterschreitet, dann können Sie in der Regel davon ausgehen, daß die Batterie noch mindestens ½ voll ist.

- Wenn Sie die verfügbare Energie Ihrer Batterie wirklich nutzen wollen ohne Risiko der vorzeitigen Schädigung durch Tiefentladung, dann ist der Einbau eines Batterie-Monitors (= Batterietankuhr) unumgänglich. Der Batterie-Monitor mißt Batterie-Spannung, Batterie-Strom und die Ladung (AmpereStunden) die aus der Batterie entnommen, oder wieder in sie eingelagert wurde. Beim Einlagern korrigiert der Monitor per Kennlinienfeld die effektive Ladung entsprechend dem Wirkungsgrad der Batterie.

Hiermit läßt sich zu jeder Zeit der Ladezustand der Batterie und somit auch die noch verbliebene Ladung der Batterie feststellen. Außerdem kann man die Verbraucherströme sowie den tatsächlichen Ladestrom (z.B. aus dem Solarmodul oder der Lichtmaschine) zu jeder Zeit exakt ermitteln bzw. bilanzieren. So lassen sich auch gefährliche parasitäre Kleinverbraucher finden (z.B. das Frostschutzventil Ihres Warmwasser-Boilers oder der Solarregler) und gegebenenfalls während der Ruhezeiten abstellen.

- Die Wirkung von Schutzschaltungen gegen Tiefentladung (Batteriewächter) sollte man nicht überschätzen (insbesondere bei kleinen Entladeströmen), da bei Erreichen der Abschaltspannung von z.B. 10,8 Volt die Batterie längst tiefentladen und möglicherweise beschädigt ist. Und es sind gerade die kleinen Ströme die bei einer Tiefentladung zur Schädigung führen.

Bei Verwendung eines Batteriewächters mit einer höheren Abschaltspannung besteht die Gefahr einer ungewollten Aktivierung durch Verbraucher mit großem Laststrom oder hohem Einschaltstrom.

Der Einbau eines Batteriewächters ist trotzdem sinnvoll. Hiermit verhindern sie eine Tiefst-Entladung der Batterie, wodurch sich das Risiko vermindert, daß vorgeschädigte Zellen einer gealterten Batterie umgepolt und damit zerstört werden.

Darüber hinaus werden die Startprobleme vermieden, die bei vielen Ladegeräten auftreten wenn die Batterie tiefentladen ist. Außerdem werden die Verbraucher vor Unterspannung geschützt.

- Niedrige Lade- und Entladeströme schädigen die Batterie oft mehr als hohe Ströme. Insbesondere ist eine vollständige Entladung der Batterie mit Strömen kleiner 0,005 K (das entspricht 0,5 A oder 6 Watt für eine Batterie mit einer Kapazität von $K = 100 \text{ Ah}$) unbedingt zu vermeiden.

Je geringer der Entladestrom ist um so weniger tief sollten Sie Ihre Batterie entladen.

- Entladen Sie die Batterie nie mehr als bis zu 75% Entladetiefe, auch wenn das der Batteriehersteller ausdrücklich erlaubt. Anmerkung: Bei solchen Tiefentladungen sind große Ströme weniger schädlich als kleine Entladeströme.

- Laden Sie die Batterie so bald wie möglich, jedoch spätestens nach 1 Woche wieder auf, wenn die Batterie zu 50% entladen ist. Laden Sie die Batterie möglichst sofort wieder auf, wenn die Batterie zu 75% entladen ist.

- Vermeiden Sie wenn möglich hohe Temperaturen, sie schaden der Batterie. Eine Erhöhung der Temperatur von 25 °C auf 35 °C führt zu doppelt schneller Alterung bzw. halber Lebensdauer.

- Es ist nicht außergewöhnlich wenn eine Batterie nach 5 Jahren Betrieb nur noch 60 % der ursprünglichen Nennkapazität besitzt. Dies gilt auch für Gel-Batterien, die empfindlich sind gegen „Misshandlungen“. Unter günstigen Umständen kann eine AGM Batterie jedoch auch nach 8 bis 10 Jahren noch 80 % der ursprünglichen Kapazität besitzen.

- Auch wenn dies vom Hersteller ausdrücklich empfohlen wird sollte man eine Gel-Batterie bei längerem Nichtgebrauch nicht dauernd (mehr als 48 Stunden) am Netz-Ladegerät angeschlossen lassen. Die Erhaltungsladespannung von typisch 13,8 Volt führt zu einem beschleunigten Kapazitätsverlust. Besser ist es bei längerem Nichtgebrauch die Batterie nach dem Volladen abzuklemmen oder eine verminderte Erhaltungsladespannung (z.B. 13,5 Volt) zu wählen, sofern dies möglich ist. AGM- und Gel-Batterien können mehrere Monate ohne Nachladung gelagert werden. Es gibt auch spezielle (preisgünstige) Geräte mit intermittierender Ladung (Sägezahnerhaltungsladung) die ständig angeschlossen bleiben können.

- Der maximale Strom den eine entladene Gel-Batterie am Anfang des Ladevorganges aufnimmt ist etwa $4/10 K$, das entspricht 40 Ampere bei einer 100 Ah Batterie. Voraussetzung ist, daß die Verbindungsleitungen vom Ladegerät oder von der Lichtmaschine zur Versorgungsbatterie entsprechend großzügig dimensioniert sind.
Bei nassen und bei AGM Batterien können größere Ladeströme auftreten. Die Stromstärke ist abhängig davon, wieviel Strom das Ladegerät oder die Lichtmaschine liefern können. Insbesondere AGM-Batterien können extrem hohe Ladeströme aufnehmen ohne Schaden zu nehmen. Eine Strombegrenzung im Ladegerät ist bei allen Batterien nicht notwendig, sofern die vorgegebenen Grenzwerte für die Ladespannung eingehalten werden.
- Für eine schnelle Aufladung empfiehlt es sich die Verbindungsleitungen von der Lichtmaschine zur Versorgungsbatterie so wie die Masseverbindung mit einem großen Querschnitt zu wählen. Bei „längeren“ Verbindungsleitungen ist ein entsprechend größerer Querschnitt zu wählen. Diese Leitungen im Ladestrang müssen entsprechend abgesichert werden!
- Verwenden Sie für die Versorgungsbatterie Hochstrom-Schmelzsicherungen zum Schutz gegen Kabelbrand. Die Sicherungen müssen nahe an den Batteriepolen angebracht werden.
- Verwenden Sie nur Hochleistungstrennrelais (typisch 75 A) zwischen Lichtmaschine und Versorgungsbatterie.
- Alle Leitungsanschlüsse im Ladestrang zwischen Lichtmaschine bzw. Ladegerät und Versorgungsbatterie sollten unbedingt geschraubt sein. Dies gilt ebenso für das Trennrelais wie die Hochstrom-Schmelzsicherungen und die Batterieanschlüsse selbst.
- Aufgeklebte Solargeneratoren mit typischerweise 36 Zellen können wegen der fehlenden Hinterlüftung im Sommer so heiß werden, daß Ihre Spannung unter den notwendigen Minimalwert der Batterieladespannung sinkt. Ihre Ladeleistung geht dann gegen Null. Verwenden Sie in diesem Falle nur Solargeneratoren mit 40 Zellen.
- Beachten Sie, daß bereits ein schmaler Schatten (z.B. von einem Zweig) einen Solargenerator „tot-legen“ kann. Er liefert dann kaum noch Strom obwohl die Fläche fast vollständig von der Sonne beleuchtet wird.
- Ein 75 Watt Solarmodul liefert in einem 12 Volt System typisch pro Tag etwa folgende Ladungsmenge
 - 20 Ah (240 Wh) bei Sonne im Sommer
 - 10 Ah (120 Wh) bei Sonne im Frühjahr und Herbst
 - 5 Ah (60 Wh) bei Sonne im Winter
 - 0 Ah (0 Wh) im Schatten
- Für die Aufladung von Gel- bzw. AGM-Versorgungsbatterien aus dem Solarmodul sollten Sie unter allen Umständen einen Laderegler verwenden, der über eine Temperaturkompensation verfügt. Die Ladespannung muß bei Temperaturen über 25 °C mit etwa 20 mV/°C reduziert und bei Temperaturen unter 25 °C mit etwa 30 mV/°C erhöht werden.

Teil 2: Verschiedene Themen

Temperaturprobleme mit aufgeklebten Solarpanelen

Es wird immer wieder berichtet, dass die aufgeklebten Solarpaneele wegen der fehlenden Hinterlüftung und der daraus resultierenden hohen Temperatur einen "schlechteren Wirkungsgrad" haben. Das ist sehr irreführend!
Das tatsächliche Problem ist wie folgt:

ein Solarpanel liefert mit zunehmender Temperatur

- einen zunehmenden Strom, bei
- abnehmender Spannung

Dabei ist bemerkenswert, dass für eine gegebene momentane Batteriespannung (z.B. 13,5 Volt) der Solarladestrom mit steigender Temperatur tatsächlich zunimmt.

Aber: bei sehr hohen Temperaturen sinkt die verfügbare Spannung des Solarpanels. Solange die Spannung in unserem Beispiel 13,5 Volt übersteigt ist alles ok. Sinkt nun aber die verfügbare Spannung des Solarpanels auf beispielsweise 12,8 Volt, dann geht die Ladeleistung sofort auf 0 (!), da die Batterie bei dieser Spannung keinen Ladestrom aufnimmt. Das Solarpanel könnte nach wie vor einen grossen Strom liefern aber die Batterie nimmt bei der verfügbaren Spannung keinen Ladestrom auf..

Es gibt hier eine einfache Lösung: man nehme ein Panel mit 40 statt der üblichen 36 Zellen. Dann ist die verfügbare Spannung des Panels auch bei hohen Temperaturen geeignet zum Laden der Batterie.

Wenn man das noch kombiniert mit einem MPT (Maximum Power Tracking) Solar-Laderegler, dann kann man auch die höhere Spannung des Paneles bei kalten Temperaturen in Ladestrom umsetzen.

Parallelschaltung von Batterien unterschiedlicher Technologie.

1. Batterien unterschiedlicher Technologie (z.B. Gel und nass) kann man beim Laden mit der Lichtmaschine jederzeit (mit einem Relais oder mit Trenndioden) parallel zusammenschalten. Diese Schaltung wird im Wohnmobil üblicherweise angewendet. Dort wird häufig eine nasse Starterbatterie und eine zyklenfeste Gel-Verbraucherbatterie verwendet.

Für eine optimale Batteriepflege sollten jedoch unterschiedliche Batterien möglichst eigenständig mit einem separaten Ladegerät geladen werden, weil sie verschiedene Ladeschlussspannungen benötigen und auch die Zeitdauer der Absorptionsphasen unterschiedlich ist.

Starterbatterien werden jedoch in der Regel nur über die Lichtmaschine geladen. Das ist akzeptabel, da die Entladetiefe einer Starterbatterie normalerweise sehr gering ist.

2. Beim Entladen können unterschiedliche Batterien (anders als im Wohnmobil üblich) ebenfalls zusammenschaltet bleiben! Allerdings bestimmt die Batterie mit der höheren Entladeschlussspannung den Grad der Nutzung. Spätestens wenn diese ihre Schlußspannung erreicht hat, sind die Batterien wieder zu laden.

Da die Entladeschlussspannung der Gel-Batterie höher ist als die der nassen Batterie, ist es

wenig sinnvoll eine kleine Gel-Batterie zu einer großen nassen Batterie parallel zu schalten. In diesem Falle würde die höhere Entladeschlussspannung der Gel-Batterie einen hohen Prozentsatz der gespeicherten Ladung der nassen Batterie ungenutzt lassen.

Der umgekehrte Fall, bei dem eine kleine nasse Batterie parallel zu einer Gel-Batterie mit großer Kapazität angeschlossen wird macht jedoch mehr Sinn, da die gesamte gespeicherte Ladung der Gel-Batterie weiterhin zur Verfügung stünde, und ein Teil der gespeicherten Ladung der nassen Batterie dazu käme.

Erfahrungsbericht: alte Batterie (fast) wie neu!

Ich möchte kurz über ein Messergebnis berichten, dass wohl für viele Wohnmobilisten überraschend sein dürfte.

Ich habe 2 Stück Moll Solar Batterien parallel mit einer Gesamtkapazität von K100 = 200 Ah in Betrieb im Wohnmobil seit Mai 2003, also seit 3 1/2 Jahren.

In regelmäßigen Abständen wurden Entladekurven aufgenommen um die Alterung der Batterien zu dokumentieren. Schon nach 1/2 Jahr zeigten die Batterien einen erheblichen Kapazitätsverlust, trotz moderner Ladetechnik mit IUoU Kennlinie und Temperaturkompensation der Ladespannung.

Im März 2006 habe ich mit wiederholten Ausgleichsladungen begonnen, wobei die Ladespannung für 3 Stunden auf 15,5 Volt angehoben wurde.

Als Folge war eine deutliche Verbesserung des Entladeverhaltens festzustellen. Die verfügbare Kapazität wurde durch diese Behandlung auf ein Niveau gebracht, wie es in den Jahren davor niemals erreicht wurde!!

Siehe hierzu die Entladekurven in
<http://www.hkroeger.privat.t-online.de/>

Im Mai 2006 wurden die Batterien ausgebaut und an einen billigen Batterie-Conditioner von WAECO angeschlossen: Mobitronic MBCC-100 für etwa 45,- Euro.

Dieses Gerät lädt die Batterien mit 1 Ampere, bis 14 Volt Spannung erreicht ist. Danach werden die Batterien langsam entladen bis 13 Volt, um dann wieder geladen zu werden (Sägezahn-erhaltungsladung).

Zu meiner großen Überraschung habe ich Anfang November 2006 (also nach 1/2 Jahr) festgestellt, dass die gemessene verfügbare Kapazität der Batterien nochmal angestiegen war!! Das elektrische Messergebnis wurde übrigens durch eine gemessene Säuredichte von 1,28 kg/L bestätigt.

Fazit: es empfiehlt sich unbedingt nasse Bleisäurebatterien

- in regelmäßigen Abständen durch eine Ausgleichsladung aufzufrischen, und
- während Stillstandszeiten (z.B. Überwinterung) an einen Batterie-Conditioner anzuschließen.

Ganz offensichtlich führt die von den Herstellern vorgeschriebene Ladetechnik (IUoU kennlinie mit 14,4 / 13,8 Volt) zu einer Unterladung und damit zu einem scheinbaren vorzeitigen Kapazitätsverlust, wenn man nicht regelmäßige Ausgleichsladungen mit 15,5 Volt

o.ä. durchführt.

Anmerkung: Diese Ausgleichsladungen habe ich mit dem Ladegerät CTEK XS 25000 durchgeführt. Die "normale" Vollladung der Versorgungsbatterie wird mit einem Netzladegerät erreicht, vorzugsweise mit einer IUoU Ladekennlinie. Dabei sollte der Ladevorgang mindestens 12 Stunden (besser 24 Stunden) nicht unterbrochen werden. Ebenfalls von Vorteil ist, wenn alle Verbraucher abgeschaltet sind. Eingeschaltete Verbraucher können dazu führen, dass die IUoU Kennlinie nicht richtig durchlaufen wird.

Die Ladung aus der Lichtmaschine im Fahrbetrieb oder aus einem Bord-Generator ist in der Regel nur eine Teilladung. Das gleiche gilt für die efoy Brennstoffzellen von SFC. Diese Teilladungen führen mit der Zeit zu einer harten Sulfatierung auf den Platten und zu einer Schichtung der Säure in den Zellen. Damit verbunden ist ein beschleunigter Alterungsprozess der Batterie mit Kapazitätsverlust. Wieweit Solaranlagen zu einer Vollladung taugen hängt davon ab, welche Spannungsschwellen der Laderegler verwendet und wie lange die Ladezeiten sind bei abgeschalteten Verbrauchern.

Ein Teil des Alterungsprozesses ist reversibel. Deshalb die Notwendigkeit der Vollladung mit dem NETZLADEGERÄT.

Zusätzlich lassen sich die oben beschriebenen Schädigungen noch weiter rückgängig machen durch Ausgleichsladungen mit einer erhöhten Ladespannung (15,5 Volt). Da hierbei Knallgas entsteht so wie ein Temperaturanstieg der Batterie ist diese Ausgleichsladung nicht ungefährlich. Sie wird deshalb in den gängigen Ladegeräten selten vorgesehen (ausnahme z.B. der CTEK Multi XS 25000).

Der Batterieconditioner von WAECO scheint aber nun eine ähnlich günstige Wirkung auf die gealterte Batterie zu haben, ohne dass man sich der Gefahr einer Ausgleichsladung aussetzen muss. Allerdings dauert der Erholungsvorgang dabei länger als bei einer Ausgleichsladung.

Nun zur ersten Frage: Da der Batterieconditioner keine IUoU Ladekennlinie besitzt und nur mit einem sehr niedrigen Ladestrom arbeitet (1 Ampere), eignet er sich in keiner Weise zum "Vollladen" der teilentladenen Batterie. Die Batterie sollte erst mit dem Netzladegerät voll geladen werden bevor man den Batterieconditioner anschliesst.

Bleibt noch die Frage, ob ein Pulser nicht ebenso gut für die Auffrischung der gealterten Batterie taugt.

Ich habe grosse Zweifel an der angeblichen Wirkung dieser Pulser, nachdem ich zwei verschiedenen Typen im Einsatz hatte.

Es gibt auch namhafte Wissenschaftler, die diese Zweifel tragen, z.B. Dr. Andreas Jossen vom Zentrum für Sonnen- und Wasserstoff-Forschung in Ulm, der als einer der Experten für wiederaufladbare Batteriesystem gilt.