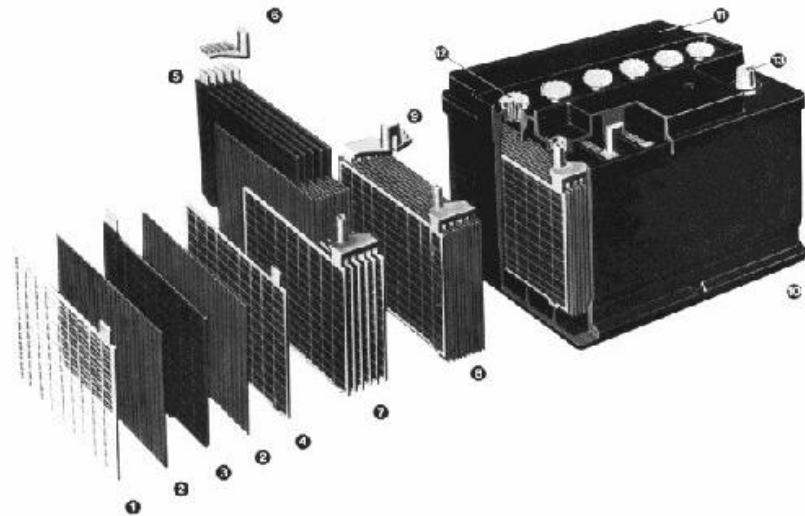


Infos über Batterien



Allgemeiner Aufbau

1. Gitter der negativen Platte
2. Gewellter, mikroporöser Scheider
3. Positive Platte
4. Negative Platte
5. Anschlußpole der Platten
6. Polbrücke
7. Plattenstapel
8. Plattenpaket einer Zelle
9. Zellenverbinder
10. Befestigungsleiste
11. Gehäuse
12. Verschlussstopfen
13. Endpol



Positive Platte

Die wirksame Masse Bleidioxid PbO_2 wird auf elektrochemischem Wege (Formation, anodische Reaktion) aus Blei, Bleiglätte (PbO) und Mennige (Pb_3O_4) hergestellt. Bleidioxid hat eine schwarzbraune Farbe.

Aufbau der Platte als Großoberflächen-, Panzer- oder Gitterplatte. Bei Starterbatterien meist als Gitterplatte. Dazu wird ein Gitter aus Hartblei (Blei-Antimon-Legierung) mit einer Paste aus Bleioxiden bestrichen und diese durch Formation in PbO_2 gewandelt.

Negative Platte

Die wirksame Masse ist fein verteiltes schwammiges Blei. Das Schwammblei entsteht durch katodische Reaktion von Bleiverbindungen.

Aufbau als Kastenplatte oder Gitterplatte.

Separation

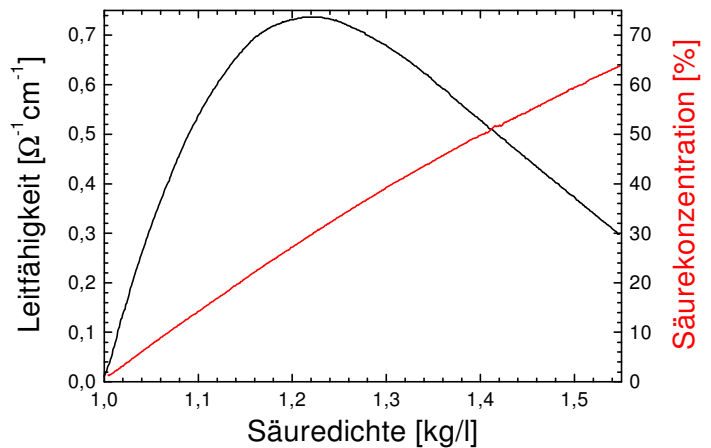
Um Kurzschlüsse zu verhindern werden die Platten mit mikroporösen Scheidern getrennt. Üblich sind gerippte oder gewellte Gummi- oder Kunststoffscheider. Bei Starterbatterien ist die Einfachseparation üblich.

Elektrolyt

Als Elektrolyt wird verdünnte Schwefelsäure (H_2SO_4) mit einer Dichte von 1.26 bis 1.285 (~38 %ig) verwendet. Die Säureleitfähigkeit liegt damit im Bereich des Maximalwerts und greift das Plattenmaterial chemisch nicht an. Reines Blei wird von starker Schwefelsäure rein chemisch in Bleisulfat verwandelt, von schwacher jedoch nicht. Die rein chemische Reaktion beginnt bei einer Säuredichte von 1.3 bis 1.35. Bleidioxid wird weder von schwacher, noch von starker Schwefelsäure angegriffen, nur von konzentrierter.

Achtung:

Batteriesäure ist stark ätzend und hinterlässt nette Löcher in den Klamotten. Säurespritzer auf Haut oder Klamotten sofort mit viel klarem Wasser abwaschen. Bei Spritzern in die Augen (besser sollte man eine Schutzbrille tragen) ebenfalls sofort mit sehr viel Wasser auswaschen und schnellstens einen Augenarzt aufsuchen.

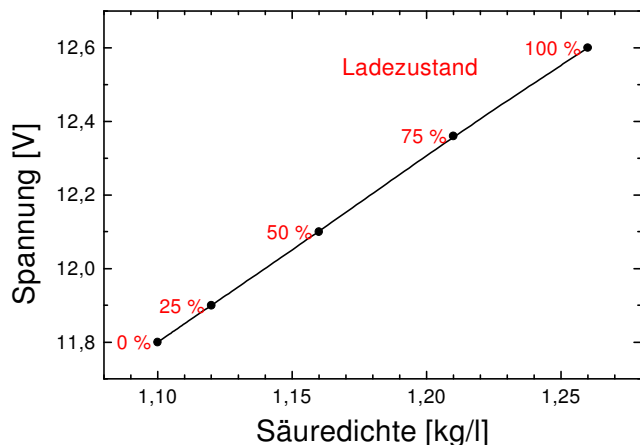


Ruhe-spannung der Zellen

Die Ruhespannung hängt von der Dichte der Säure ab. Als Faustregel gilt: Die Ruhespannung ist die Dichte der Säure + 0.84 Volt. Bei einer Säuredichte von 1.26 liefert die Zelle also

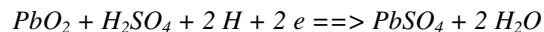
$$1.26 + 0.84 = 2.1 \text{ Volt.}$$

Eine voll geladene 12 V-Batterie hat also eine Ruhespannung von 12.6 V. Eine leere Batterie hat eine Säuredichte von ca. 1.1 und liefert etwa eine Ruhespannung von 11.8 V (hier stimmt es nicht ganz mit der Faustformel überein).



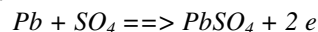
Chemische Umwandlungen beim Entladen

Positive Platte:



Bleioxid und Schwefelsäure werden also unter Aufnahme von 2 Elektronen in Bleisulfat und Wasser verwandelt.

Negative Platte:

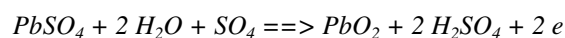


Das Schwammblei wird unter Aufnahme von Säure in Bleisulfat gewandelt und gibt zwei Elektronen ab.

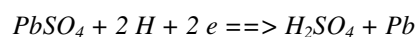
Chemische Umwandlungen beim Laden

Beim Laden werden die Vorgänge umgedreht: also

positive Platte:



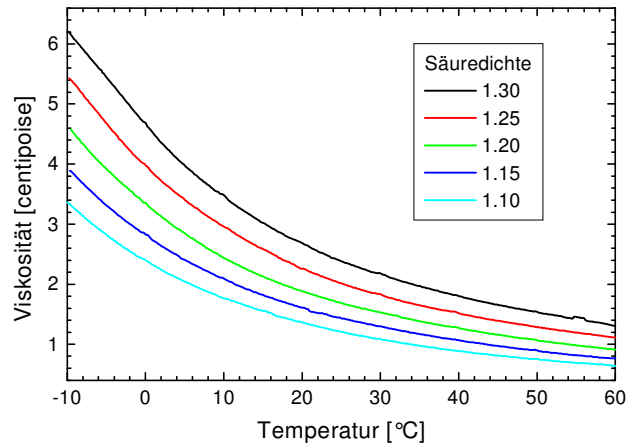
negative Platte:



Physikalische Vorgänge bei Laden und Entladen

Die wirksame Masse der Platten besteht aus einzelnen, miteinander verketteten Körnchen, zwischen denen sich Hohlräume (Poren) befinden. In der negativen Platte sind auch inerte Partikel eingelagert, die die Schwammbleikörnchen voneinander trennen. Nur die Säure, die sich in diesen Poren befindet trägt zur elektrochemischen Umwandlung bei. Sie wird als innere Säure bezeichnet. Der Dichteausgleich zwischen innerer und äußerer Säure geschieht durch Diffusion und ist daher stark temperaturabhängig. Die Grafik zeigt die Temperaturabhängigkeit der Säureviskosität für verschiedenen Säuredichten.

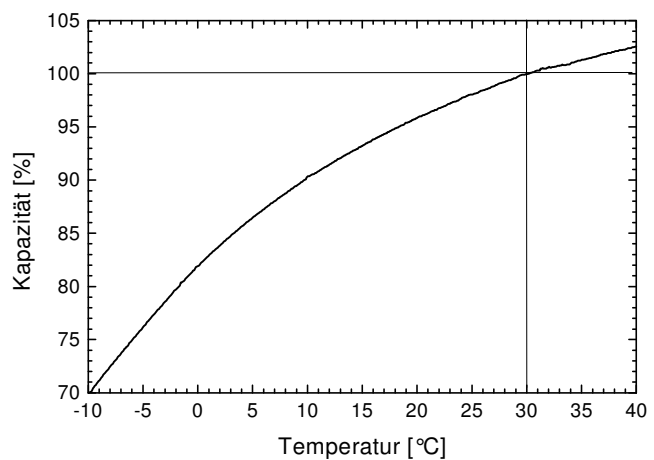
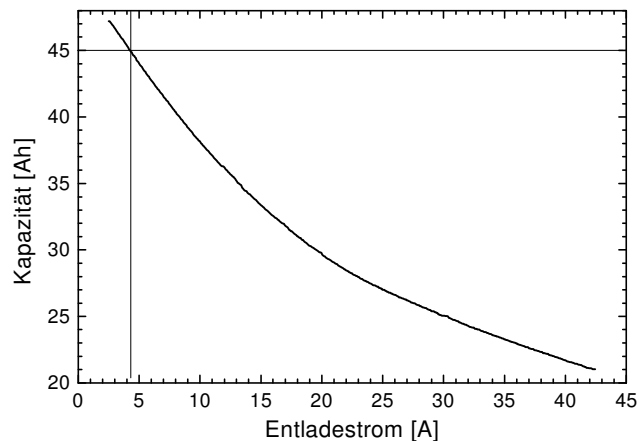
Sowohl an der positiven, als auch an der negativen Platte entsteht Bleisulfat. Da Bleisulfat ein Isolator ist, kann nicht die gesamte wirksame Masse ungewandelt werden. Bleisulfat hat zudem ca. das eineinhalbfache Volumen von Bleidioxid und das dreifache des Bleischwamms! Daher setzen sich die Poren bei der Entladung zu und behindern den Säureausgleich. Bei Tiefentladung kann der Volumenzuwachs sogar so groß werden, daß sich die Platten krümmen und zerbröseln oder sie Separation beschädigen => Exitus der Batterie!



Kapazität

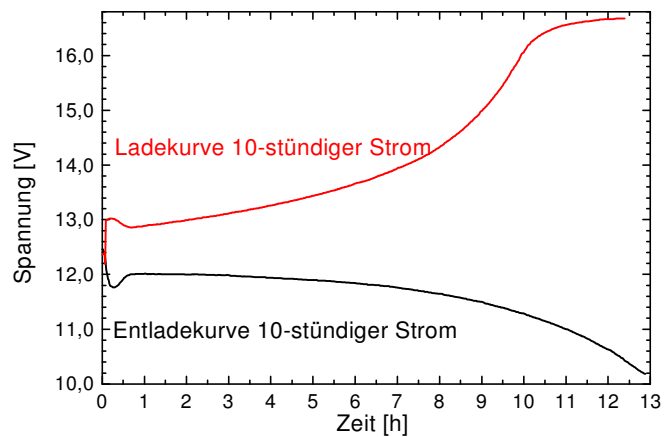
Wird in Amperestunden (Ah) gemessen und gibt die Ladung an, die ein Akku bei Entladung mit konstantem Strom bis zum Erreichen einer vorgegebenen Spannung (Entladeschlußspannung) in bestimmter Zeit abgeben kann. Die Kapazität ist nicht konstant! sondern von der Temperatur und der Höhe des Stroms abhängig. So ist die Kapazität ca doppelt so hoch, wenn statt mit einstündigem Strom mit 20-stündigem entladen wird. Angegeben wird immer eine Nennkapazität bei vorgeschriebenen Randbedingungen (üblicherweise 20 °C, 10-stündiger Strom). Die obere Grafik zeigt die Kapazität eine 45 Ah-Batterie in Abhängigkeit des Entladestroms. Markiert sind die 100 %-Kapazität bei 10-stündigem Strom. Die geringere Kapazität bei hohen Strömen beruht hauptsächlich auf dem Konzentrationsgefälle zwischen innerer und äußerer Säure.

So ist die Kapazität auch bei niedrigen Temperaturen geringer, da die Viskosität der Säure ansteigt und die Diffusion behindert. Die untere Grafik zeigt die Abhängigkeit der Kapazität von der Temperatur.



Lade- und Entladevorgänge

Bei der Entladung sinkt die Zellenspannung und zwar zuerst stark, dann erholt sie sich wieder ein bißchen. Dieser Spannungssack entsteht durch das Konzentrationsgefälle zwischen innerer und äußerer Säure. Wird die Entladung unterbrochen, so erholt sich die Spannung wieder, da der Diffusionsprozess ja weiter läuft. Beim Entladen mit hohem Strom kann die Dichte der inneren Säure auf 1 anfallen, d.h. es ist nur noch Wasser im inneren der Platten, die weitere Umwandlung findet daher nur an den Oberflächen der Platten statt und bildet eine Sulfatschicht. Daher den Starter niemals zu lange laufen lassen, sondern Pausen machen. In vielen Fällen tritt auch beim Laden zu Beginn ein Spannungsberg auf. Seine Ursache ist jedoch eine vorübergehende Erhöhung des ohmschen Widerstands, hervorgerufen durch die schlecht leitende harte Sulfatschicht auf der Oberfläche der positiven Platte. Beim Laden mit großen Stromstärken (Schnellladung, Starthilfe) kann hierbei sogar die Gasungsspannung überschritten werden. Die Gasungsspannung liegt bei ca. 2.35-2.4 V. Bis zu dieser Spannung wird der Strom praktisch verlustlos für die Umwandlung von Bleisulfat in Blei bzw. Bleidioxid umgesetzt. Erst mit Beginn der Gasentwicklung wird ein Teil des Stroms für die Wasserzersetzung verbraucht. Bei Unterbrechung/Beendigung des Ladevorgangs fällt die Spannung sofort auf ca. 2.2V ab und von da ab langsam auf den Wert: $\text{Dichte der Säure} + 0.84$. Da die innere Säuredichte bei Laden immer höher ist, kann bei zu schnellem Laden die Dichte einen Wert erreichen, der den Bleischwamm der negativen Platte chemisch in Bleisulfat wandelt.



Gasung

Der Ladestrom wird im Elektrolyt durch Ionen transportiert. Das sind zum einen die Säure-Ionen H^+ und SO_4^{--} , zum anderen liegt auch das Wasser z.T. dissoziiert als H^+ und OH^- vor. Die Ionenkonzentration des Wassers ist aber im Vergleich zur Säure extrem gering. Für beide gilt aber der Faraday, der da sagt, daß der Umsatz an den Platten proportional zum Strom ist. Die Säureionen können ihre Ladung an den Platten aber nur durch die Reaktion $\text{Bleisulfat} \Rightarrow \text{Blei}$, bzw. $\text{Bleisulfat} \Rightarrow \text{Bleidioxid}$ los werden, das Wasser dagegen durch Gasentwicklung. Solange die Säureionen also einen Reaktionspartner finden sind die Wasserionen entsprechend ihrer Konzentration kaum am Strom beteiligt.

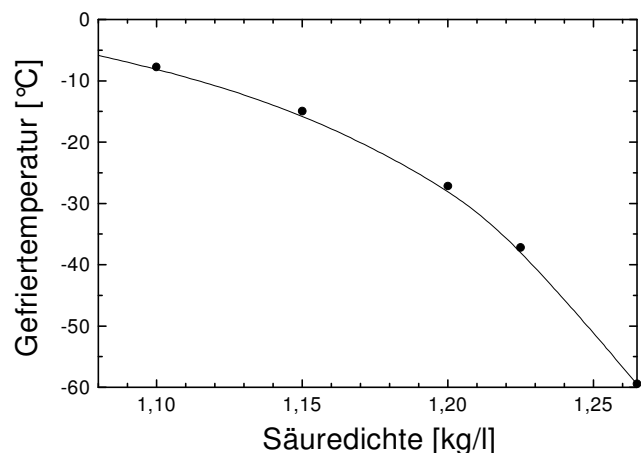
Bei einer 12 V Batterie setzt eine starke Gasung bei ca. 13,8 V - 14,4 V ein. Spätestens bei dieser Spannung sollte der Regler abregeln. Bei Stationärbatterien ist ein leichtes Gasen beim Ladevorgang erwünscht, da die aufsteigenden Gasblasen ein Absetzen der Säure (Säureschichtung) verhindern. Bei Fahrzeugbatterien ist das nicht nötig, da sie ja mechanisch genug geschüttelt werden.

Einfrieren

Die Gefrieretemperatur der Säure hängt von ihrer Dichte und somit dem Ladezustand der Batterie ab.

Folgende Tabelle gibt Aufschluß:

Ladezustand	Säuredichte	Spannung	Gefrieretemperatur
0 %	1,05	11,80 V	-7,7 °C
25 %	1,12	11,90 V	-10,8 °C
50 %	1,16	12,10 V	-17,9 °C
75 %	1,21	12,36 V	-31,7 °C
100 %	1,29	12,60 V	-56,5 °C



Tiefentladung

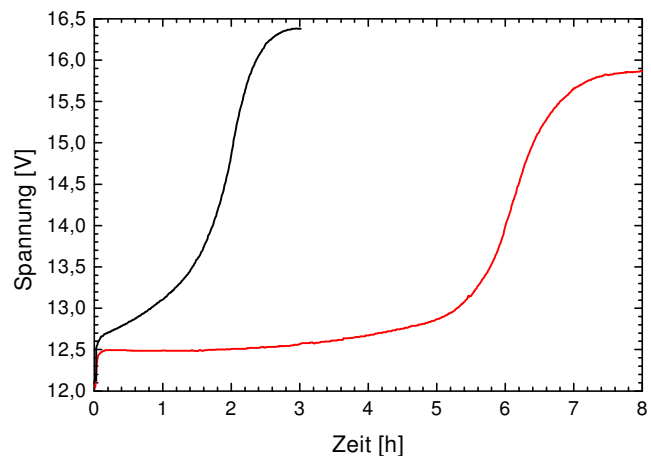
Die Platten haben normalerweise einen Überschuß an Masse. Wird die Zelle zu tief entladen, so wird mehr Masse umgesetzt. Durch die übermäßige Volumenvergrößerung wird das Gefüge der Platten ungünstig beeinflusst. Die positiven Platten krümmen sich und die wirksame Masse zerbröseln. Bei der negativen Platte fallen die inerten Stoffe aus und die Platte versintert beim Laden.

Ständige Teilentladung

Wird eine Zelle ständig zu knapp geladen, so wird die wirksame Masse nicht vollständig in Blei, bzw. Bleidioxid gewandelt. Es tritt eine Sulfatation ein, die mit einer geringeren Dichte der Säure und einem Kapazitätsverlust verbunden ist. Durch die Volumenzunahme der Platten ist der Austausch zwischen innerer und äußerer Säure erschwert, so daß bei Belastung die Plattenoberfläche stärker zum Strom beiträgt und weiter die Poren zusetzt. Langfristig führt das zu einem Ausfällen der inerten Stoffe und einem Versintern der Platten, das mit einem starken Kapazitätsverlust verbunden ist.

Laden mit zu hohem Strom

Bis zur Gasungsspannung eher unkritisch, jedoch kann die innere Säure eine so hohe Dichte erreichen, daß die Umwandlung von Bleisulfat in Bleischwamm gestoppt wird und die Platte versintert. Die Gasungsspannung wird außerdem sehr viel schneller erreicht, wie ein Vergleich der Kurven für 3-stündigen und 10-stündigen Strom zeigt. Bei Überschreiten der Gasungsspannung reißen die Gasblasen Bleioxidteilchen von der positiven Platte ab. Diese Teilchen fallen zu Boden und wandern zum Teil zur negativen Platte, wo sie in Bleischwamm umgewandelt werden. Diese Oberflächenablagerungen können Kurzschlüsse verursachen. Außerdem wird die Lebensdauer der positiven Platte stark verringert.



Überladen mit geringem Strom

Wird die Zelle zu lange geladen, so nutzt sich wie beim Laden mit zu hohem Strom die positive Platte stark ab und es besteht Kurzschlußgefahr durch Ablagerungen an der negativen Platte.

Wartungsfreie Batterien

Es gibt zwei verschiedene Typen von wartungsfreien Batterien: gekapselte und Gelbatterien. Bei Gelbatterien ist die Säure mittels Silicagel gebunden und diese Batterien können in beliebigen Einbaulagen verwendet werden. Beide Typen sind gasdicht verschlossen und besitzen ein Überdruckventil, das bei starker Gasentwicklung ein Platzen verhindert. Üblicherweise enthalten diese Batterien auch einen Katalysator, der entstehendes Knallgas in Wasser zurückverwandelt. Einfacherer Varianten haben nur ein größeres Puffervolumen an Säure, so daß der Wasserverlust im Rahmen der Lebensdauer die Platten nicht trocken werden läßt.

All diese Batterien sollten nicht oberhalb der Gasungsspannung geladen werden.

Plattenschluß

Exitus der Batterie => wegschmeißen! (bzw. natürlich zurückgeben)

Es gibt mehrere Möglichkeiten für einen Plattenschluß.

Mechanisch, durch einen Stoß, können sich die Aufhängungen der Platten verbiegen (Blei ist recht weich).

Durch Tiefentladung wachsen die Platten zu stark an (Bleisulfat hat ca. das eineinhalbfache Volumen von Bleidioxid und das dreifache des Bleischwamms), krümmen sich und beschädigen die Separation.

Bei Überschreiten der Gasungsspannung reißen die Gasblasen Bleioxidteilchen von der positiven Platte ab. Diese Teilchen fallen zu Boden (Bleischlamm) und wandern zum Teil zur negativen Platte, wo sie in Bleischwamm umgewandelt werden. Diese Oberflächenanlagerungen können Kurzschlüsse verursachen.

Bei einem Plattenschluß wird eine Zelle inaktiv, die Ruhespannung der Batterie sinkt also um die einer Zelle. Aber die Batterie bekommt einen sehr hohen Innenwiderstand, da Bleisulfat ein Isolator ist. Bei dem Versuch Strom zu entnehmen, bricht daher die Spannung ein, da sie am Innenwiderstand abfällt.

Selbstentladung

Der Selbstentladungsstrom einer Batterie wird durch Ionenwanderung hervorgerufen. Bei einer neuen Batterie sind das hauptsächlich die Wasserionen H^+ und OH^- , alte Batteriesäure ist zusätzlich auch durch Salze verunreinigt, die durch den Luftkontakt in der Säure gelöst werden. (z.B. $NaCl$, das als Na^+ und Cl^- vorliegt.) Die Dissoziation des Wassers und damit die Zahl der Ionen, die zu dem Leckstrom führen, steigt mit der Temperatur und unter Lichteinfluß.

Lagerung

Wird eine Batterie längere Zeit nicht benutzt, dann sollte man sie, um die Selbstentladung gering zu halten, kühl und dunkel (\Rightarrow Selbstentladung), aber frostfrei (\Rightarrow Einfrieren), lagern. Bevor die Entladeschlussspannung erreicht wird, sollte sie aufgeladen werden. Auch vor der nächsten Benutzung empfiehlt es sich die Batterie wieder aufzuladen (\Rightarrow Ständige Teilentladung).

Ein Dauerladen mit einer Spannung von 0.1V über der Ruhespannung der Zelle, also 13.2V bei einer 12V-Batterie, hält die Batterie ständig einsatzbereit. Höhere Spannungen beim Dauerladen führen zu einem Überladen mit geringem Strom.

Aber wie macht man's nun richtig

- Laden mit konstanter Spannung über einen festen Widerstand - ist ok, aber nach Erreichen der Gasungsspannung sollten Pausen eingelegt werden (Pöhlerschalter).
- Strom- und spannungsbegrenztes Laden mit maximal 2.4V / Zelle (14.4 V) ist optimal für schnelles, akkuschonendes Laden. Eine Schaltung dazu gibt's auf Phil Herzogs Schrauberseite.
- Elektronische Pulslader laden mit einem kurzen Puls und hohem Strom. Danach wird die Batterie kurzzeitig mit geringem Strom entladen, so daß sich nach dem Ladepuls innere und äußere Säure ausgleichen können. Nach dem Puls ist der Dichtegradient recht hoch, so daß der Diffusionsprozeß schneller abläuft. Zusätzlich beseitigt ein solches Laden eventuelle Oberflächensulfatierung der Platten. Die isolierende Sulfatschicht auf den Platten wird beim Gleichstromladen nicht vollständig wieder in Blei bzw. Bleidioxid umgesetzt. Der kapazitive Widerstand bewirkt aber beim Wechselstrom des Pulsladers, daß durch die Schicht Strom fließen kann und auch hier ein Ladevorgang stattfindet.
- Dauerladen - sollte mit einer Spannung erfolgen, die 0.1 V über der Ruhespannung der Zellen liegt (also ca. 13,2V bei einer Moppedbatterie).
- Nachladen - mit niedrigem Strom, wobei noch Ruhepausen eingelegt werden sollten.
- Neuf ormation der Platten - dient zur Auffrischung des Akkus und soll die Platten regenerieren: Entladen mit niedrigem Strom (<20 stündigem) mit Ruhepausen und bis ca. 80% der Nennkapazität entnommen sind. Danach mit <20 stündigem Strom aufladen, ebenfalls mit Pausen.
- Beseitigung hartneckiger Sulfation - für ganz schwere Fälle, falls die Batterie kaum Strom aufnimmt:
- Um den Ausgleich zwischen innerer und äußerer Säure zu erleichtern senkt man die Dichte ab. Man saugt einen Teil der Säure ab und ersetzt ihn durch Wasser. Danach lädt man die Zellen mit geringem Strom auf (Pausen!) und führt danach eine (oder mehrere) Neuf ormationen durch. Nach der letzten Vollladung (und einer Wartezeit) ersetzt man die Säure. Achtung: Bei einem Elektrolytwechsel oder einem Spülen der Batterie können u.U. mechanische Schäden oder Kurzschlüsse (Bleischlamm) hervorgerufen werden.
- Oder man erhöht die Ladespannung um die Sulfatschicht zu "crackern". Dazu ein Tip von Wolfgang Horejsi:
"Also du benötigst: 1 Gluehlampe 230V ca. 60 Watt mit passender Fassung, oder eine Stehlampe, Nachttischlampe usw. 1 Bruecken-Gleichrichter 250 V 1A (kostet als Rundbruecke etwa 0,50 DM). Du schliesst 1 Leitung von der Steckdose direkt an einen Pol den Lampe an, dann sind noch 2 Draehete frei, einer von der Steckdose und 1 von der Lampe. Die beiden schliesst du an den Gleichrichter an, und zwar an die beiden mit Wellenlinie gekennzeichneten Wechselstromeingaenge. An die Plus und Minusleitung des Gleichrichters schliesst du die Batterie an. Das Problem bei dieser einfachen Schaltung: an

allen Komponenten, einschliesslich der Batterie liegen lebensgefährliche Spannungen an. Falls du also Kinder, grosse Hunde, kleine Katzen im Haus hast, vergiss es. Nach 24 Stunden ist die Motorrad-Batterie entweder ausreichend geladen, oder es gibt wirklich keine Möglichkeit die Batterie zu retten, nicht dass sie durch das Aufladen Schaden nimmt, sie war dann schon vorher hin. Hinweis: Solltest du jemand anders den Tip weitergeben, dann bitte nicht ohne ausreichende Sicherheitsbelehrung, und mit genau diesem Hinweis. Denk bitte dran: Strom kennt keine Freunde."

- Alte, tote Batterien niemals wegschmeißen, sondern im Laden zurückgeben!
- Bleibatterien enthalten zum einen starke Umweltgifte, zum anderen recyclebare Rohstoffe. Das Recyclen lohnt sich daher sowohl für die Umwelt, als auch für den Geldbeutel. Häufig wird daher beim Batteriekauf ein Pfand verlangt, oder aber ein Rabatt bei Rückgabe einer alten Batterie gewährt.

Tips für den Gebrauch von Akkus

- Niemals Tiefentladen (also nie unter 11.8 V noch versuchen Strom zu entnehmen)
- möglichst immer voll lagern. "Bleibatterien sind am glücklichsten, wenn sie voll sind."
- Säurestand öfters mal kontrollieren. Säure nur bei Lecks nachfüllen, sonst nur destilliertes Wasser
- Neue Batterien sollten erst noch mal geladen werden. Nach dem Einfüllen der Säure bringt sie nur etwa 70% ihrer Kapazität auf. Das liegt vor allem daran, daß die Säure nur sehr langsam in den Bleischwamm vordringt. Das Laden erleichtert den Diffusionsvorgang. Das merkt man auch daran, daß nach dem Laden der Säurestand etwas gefallen ist. In diesem Fall muß der Pegel mit Säure (nicht mit Wasser) wieder auf Maximum gebracht werden. Wird eine neue Batterie gleich nach dem Füllen belastet (z.B. durch den Starter) bildet sich hauptsächlich auf den Plattenoberflächen Bleisulfat, das die Kapazität noch weiter einschränkt. Die volle Kapazität erreicht man dann nur noch durch aufwendige Neuformation.
- Normales Laden sollte möglichst mit einem spannungs- und strombegrenzten Ladegerät erfolgen. Eine Schaltung für ein solches Ladegerät gibt's auf Phil Herzogs Schrauberseite. Der Ladestrom sollte maximal auf ca. 10-stündigen Strom eingestellt, die Ladespannung auf ca. 14V - 14,4V begrenzt werden.
- Schnellladen sollte man möglichst vermeiden. Wenn es aber unbedingt nötig ist, dann nur bis zu Gasungsspannung (ca. 14.4 V)
- Um hohe Anfangsströme zu vermeiden sollte man Starthilfe mit einer Dose möglichst mit der Ruhespannung der Geberbatterie geben (Motor des Geberfahrzeugs läuft nicht). Vorausgesetzt natürlich, daß die Geberbatterie einen entsprechenden Kapazitätsüberschuß hat. Bei sehr schlapper Moppedbatterie kann es sogar besser sein in mehreren kurzen Intervallen die Kabel abschließen bis die Batterie eine Teilladung erreicht hat. Erst dann die Kabel anschließen (auf guten Kontakt achten) und starten.
- Säuredichte bzw. Ruhespannung nach dem Laden und einer angemessenen Diffusionszeit messen
- (Die Säuredichte sollte 1.26 sein, bzw. 12.6 V Ruhespannung)
- Bei längeren Standzeiten:
- Erhaltungsladen (Dauerladen) mit konstanter Spannung von Ruhespannung + 0.1 V / Zelle (also 13.2 V)
- oder mit niedrigem Strom bis zur Entladeschlussspannung (11.8 V, ja nicht länger) entladen und mit geringem Strom wieder aufladen. Dabei evtl. auch Pausen einlegen.
- Bei (fast) toter Batterie:
 - Neue kaufen (Alte zurückgeben!)
 - ODER
 - Desulfatisieren
 - ODER
 - mit erhöhter Spannung die Sulfatschicht knacken

Literatur

- W. Garten "Bleiakkumulatoren", Varta Batterie AG, Hannover 1974, ISBN 3-18-41 9035-8
- [Varta Homepage](#)
- [Yuasa Homepage](#)
- [Yuasa Material Safety Data Sheet for Lead Acid Battery Products](#)