



HAWKER
BATTERIEN

Das Laden von Reinblei - Zinn - Batterien (PLT - Batterien)

**Eine Anleitung zum Umgang mit Batterien der Typen
CYCLON® und Genesis®**

1. Ausgabe

Kalyan Jana
Western Product Support Manager
Hawker Energy Products Inc.
Warrensburg, MO 64093 - 9301 (USA)



Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	3
Allgemeines	4
Grundkonzepte für das Laden	4
Betrachtungen zur Welligkeit des Ladestromes	4
Mittel- (AVE) und Effektivwerte (RMS)	5
Welligkeitswerte	5
Das Laden mit konstanter Spannung (CV)	6
Schnellladen oder zyklisches Laden	7
Das Laden nach der IUI-Kennlinie mit mittleren Ladeleistungen	9
Zusätzliche Kommentare zum Laden nach der IUI-Kennlinie	12
Erhaltungsladen	12
Temperaturkompensation	13
Intermittierendes Laden	15
Laden mit konstantem Strom (CC)	16
Zweistufiges Konstantspannungsladen	18
Laden mit unregelmäßigen Ladegeräten (Laden mit abgeschrägter Ladecharakteristik)	19
Ladeschlußerkennung	20
Zeitgesteuertes Abschalten	20
Stromerfassung	20
Schlußgedanken und Kommentare	21



Abbildungsverzeichnis

Abb. I: Schnellladen von PLT- Batterien nach 100%-iger Entladung	8
Abb. II: Spannungsprofile für das Laden nach der IUI-Kennlinie (nicht maßstäblich)	11
Abb. III: Zyklisieren von PLT-Zellen bei 2,27 V pro Zelle und 25°C	13
Abb. IV: Temperaturkompensation der Ladespannung	14
Abb. V: Laden mit konstantem Strom bei 25 °C	17



Allgemeines

Die überragenden Ladecharakteristika der Reinblei-Zinn-Batterien* machen aus ihnen *die* Stromquelle für verschiedenste Anwendungen, was vor allem aus dem extrem schnellen Ladevermögen und anderen Eigenschaften resultiert, die man nicht in konventionellen ventilüberwachten Bleibatterien (VRLA) vorfindet. Konventionelle dichtabgeschlossene Bleibatterien sind nicht für dieses Laderegime geeignet, bei dem Ladeströme der Größenordnung von 2C10 oder höher auftreten können.**

Obwohl das Laden mit konstantem Strom (CC) eines der Verfahren ist, die auch in dieser Anleitung beschrieben sind, sollten zwei Sachverhalte nicht außer acht gelassen werden. Zunächst muß festgestellt werden, daß die HAWKER Energy Products Inc. das Laden mit konstanter Spannung (CV) als die bevorzugte Methode des Ladens von CYCLON® und Genesis® - Batterien ansieht. Weiterhin sollte das Konstantstromladen mit nur einem Ladestromniveau vermieden werden, es sei denn, es handelt sich um extrem kleine Werte (0,001C10 bis 0,002C10), wie es bei Solaranwendungen der Fall ist.

Grundkonzepte für das Laden

Das Laden von Reinblei-Zinn-Zellen (PLT) ist wie das Laden anderer wiederaufladbarer Elemente ein Prozeß des Zurückführens von Energie, die zuvor bei der Entladung entnommen wurde. Da kein realer Prozeß mit einer Ausbeute von 100 % verläuft, ist es notwendig, mehr als 100% des entnommenen Energiebetrages beim Laden wieder zuzuführen.



Betrachtungen zur Welligkeit des Ladestromes

Die Welligkeitsqualität des Ladestromes ist ein wichtiger Faktor, der bei der Auslegung eines Ladesystems beachtet werden sollte. Eine schlechte Form des Ladestromes übt einen signifikanten Einfluß auf die Zyklenlebensdauer der Batterie aus, sogar dann, wenn das Ladeverfahren an sich sehr effektiv ist.

* Der Begriff „Reinblei-Zinn“ gibt zu verstehen, daß CYCLON® und Genesis® - Batterien beschrieben werden. Weiterhin werden, obwohl dies nicht völlig korrekt ist, die Begriffe Zellen und Batterien austauschbar verwendet.

** C10 ist ein auf den Kapazitätswert der Batterie bezogenes Strommaß , ausgedrückt in Ampere. So bedeutet 2C10, daß der Lade- oder Entladestrom einer 26 Ah-Batterie 2x 26 A bzw. 52 A beträgt.



Mittel (AVE)- und Effektivwerte (RMS)

Eine gute Wellenform sollte durch einen Mittelwert (AVE) gekennzeichnet sein, der beim gewählten Ladealgorithmus den Regelungsbegrenzungen Rechnung trägt. **Der Mittelwert (AVE) der Wellenform ist deshalb bei der Betrachtung so wichtig, da er die Berechnungsbasis des in die Batterie geladenen Amperestundenwertes darstellt.**

Der Effektivwert (RMS) eines wellenförmigen Stromes wird dagegen häufig bei elektrischen Leistungsmessungen verwendet. Der RMS-Wert eines welligen Stromes stellt ein Maß für einen äquivalenten Energietransport oder für eine Energieverteilung in eine standardmäßige Widerstandslast dar.

Dies gestattet es im Prinzip, eine Leistung von 100 W in einen 1Ω - Widerstand zu speisen - entweder als reinen sinusförmigen Strom mit einem Effektivwert (RMS) von 10 A oder als reinen Gleichstrom von 10 A. **Jedoch würde die Verwendung eines reinen sinusförmigen Stromes beim Laden einer Batterie zu keiner Kapazitätseinspeisung führen, unabhängig davon, wie lange das Ladegerät mit der Batterie verbunden wäre.** Dies kann damit begründet werden, daß der Mittelwert dieses Stromes gleich Null ist.



Welligkeitswerte

Ein Maß, das oft quantitativ zur Beschreibung einer Gleichstromspannungsquelle verwendet wird, ist der prozentuale Anteil der Wechselspannung an der Ausgangsspannung über einen Bereich elektrischer Belastungsbedingungen (Welligkeitsfaktor).

Es wird empfohlen, daß die totale Schwankung im Wert einer Gleichstromquelle, einschließlich ihres Lastregelverhaltens, **kleiner als ±2% (zwischen zwei Peaks) der Nominalladespannung** sein sollte. Das bedeutet, daß für ein System, das mit 2,45 V pro Einzelzelle (vpc) geladen wird, die äußersten Grenzen der Spannungsänderung bei 2,401 und 2,499 liegen.

Die PLT-Erzeugnisse der Hawker Energy Products Inc. beinhalten Gasrekombinationsmöglichkeiten, die es fast vollständig erlauben, den gesamten Sauerstoff, der beim Überladen mit Strömen von bis zu 0,33 C10 entsteht, in Wasser an den negativen Platten zu überführen. Es ist tatsächlich erkennbar, daß ein Entweichen von Gasen nicht mehr auftritt. Die Wasserstoffgasbildung wird substantiell dadurch verringert, daß Reinblei-Zinn-Material mit hoher Wasserstoffüberspannung eingesetzt wird. Die Korrosion der positiven Stromsammelgitter konnte ebenfalls durch Verwendung von Reinblei-Zinn vermindert werden.

Der Energiebetrag, der für eine vollständige Wiederaufladung notwendig ist, hängt davon ab, wie tief die Zelle entladen wurde, weiterhin vom Ladeverfahren, der Ladezeit und der Temperatur. Normalerweise müssen 105% bis 110 % der entnommenen Amperestunden für eine komplette Ladung wieder zugeführt werden. Somit muß man für jede entnommene Amperestunde zwischen 1,05 Ah und 1,10 Ah wieder zuführen, um eine vollständige Ladung zu gewährleisten.



Wenn statt der Amperestunden Wattstunden gemessen werden, so ist der erforderliche Ladefaktor höher. Es ist wichtig festzuhalten, daß eine Batterie, die Energie entsprechend oder nahe ihrer Normkapazität abgeben soll, zuvor diese Überladung erhalten haben muß. Um eine hohe Zyklenlebensdauer zu erreichen, **muß** also die Batterie die erforderliche Überschußladungsmenge erhalten, zumindest in periodischen Abständen.

Das Laden kann mittels verschiedener Methoden ausgeführt werden. Die Aufgabe besteht darin, Strom entgegengesetzt zur Entnahmerichtung durch die Batterie zu speisen. Das Laden bei **konstanter Spannung (CV)** ist die konventionelle (und bevorzugte) Methode zum Laden von PLT-Zellen. Jedoch können auch **Konstantstrom-Ladeverfahren (CC)** bzw. Variationen zum Laden dieser Zellen verwendet werden.

Das Laden mit konstanter Spannung (CV)

Das Laden mit konstanter Spannung (CV) ist die bevorzugte Methode beim Laden von CYCLON®- und dichtverschlossenen Genesis® - Erzeugnissen. Bei diesem Verfahren kann die Batterie zu jedem Zeitpunkt so viel Strom wie benötigt aufnehmen. Die später beim Schnellladen angeführte Tabelle 1 enthält die Ladezeit als Funktion der Ladespannung und des Einschaltstromes bei 25°C. Der minimale Einschaltstrom für das Laden auf einem Spannungsniveau (U-Kennlinie) **bei zyklischer Belastung*** besitzt die Größenordnung 1C10. Man benötigt also etwa 16 Stunden für eine Vollladung unter den Bedingungen einer wiederholten und tieferen Entladung (betrachtete Entladetiefen von 60% bis 100 %). Wenn das Ladegerät beim Laden nach einer Tiefentladung einen Anfangsstrom von weniger als 1C10 besitzt, müssen entweder die Ladezeit verlängert oder ein spezieller Ladealgorithmus verwendet werden. Der Wert des Einschaltstromes ist weniger relevant bei einer Stand-by-Anwendung, da die Ladezeit ausreichend groß für eine Vollladung ist. Dennoch empfehlen wir auch für Stand-by-Anwendungen Einschaltströme von 0,2C10 und vorzugsweise nicht geringere als 0,1C10. Allgemein gesagt, wenn der Anfangsstrom kleiner als 1C10 ist, muß die Ladezeit verlängert werden.

Eine Faustregel besteht darin, die Ladezeit durch einen Stundenanteil der normativen Zeit des Ladegerätbetriebes zu verlängern. Mit anderen Worten, wenn der Ladestrom durch einen 0,10C10-Wert begrenzt wird, dann sollten 10 Stunden Ladezeit hinzugefügt werden, was eine Gesamtladezeit von 26 Stunden ergibt. Bei Anwendung der selben Faustregel sollten bei Strombegrenzungen von 0,2C10 fünf Stunden hinzugefügt werden und die Wiederaufladezeit würde sich von 16 h auf 21 h verlängern.

Es gibt noch einen anderen wichtigen Gesichtspunkt, der bei der Auslegung von CYCLON®- und Genesis®- Batterien für zyklische Belastungsfälle berücksichtigt werden sollte. Wenn vielleicht eine gewisse Flexibilität bei den Anfangsströmen

* Wenn die Durchschnittsladezeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Entladungen 30 Tage beträgt und die minimale Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Entladungen nicht kleiner als 14 Tage ist, dann kann die Nutzung wie eine Backup-Anwendung betrachtet werden. Anderenfalls treten zyklische Belastungen auf und es muß ein Laderegime für zyklische Belastungsfälle verwendet werden.



akzeptiert werden kann, speziell für Entladetiefen von weniger als 50 %, so gilt das nicht für die Ladespannung. *Diese muß streng im Bereich von 2,45V bis 2,50 V pro Zelle (vpc) bei 25°C oder 77°F liegen. Bei einer zyklischen Fahrweise muß diese Spannung an den Polklemmen anliegen.*

Beachten Sie bitte, daß keinerlei Beschränkungen hinsichtlich des maximalen Ladestromes in CYCLON®- oder Genesis®- Produkten beim Konstantspannungsladen auferlegt werden. Bei zyklischen Belastungen ist es ein unbedingtes Erfordernis, daß Ladespannungen zwischen 2,45 V und 2,5 V pro Zelle eingehalten werden. Eine Verkleinerung der Spannung auf Werte unterhalb von 2,45 V pro Einzelzelle (vpc) wird bei dieser Betriebsweise zu einem rapiden Kapazitätsverlust führen, unabhängig von der Größe des Anfangsstromes.

Schnellladen oder zyklisches Laden

Unter **Schnellladen** wird im allgemeinen das Wiederaufladen zur vollen Kapazität innerhalb von vier bis sechs Stunden nach einer zuverigen Tiefentladung verstanden. Jedoch ist es in vielen Fällen notwendig, einen Ladestatus von 80 % oder mehr innerhalb einer Stunde (oder weniger) zu erreichen. Bis zur Entwicklung der PLT-Batterien benötigten kommerziell verfügbare Bleiakumulatoren eine deutlich längere Zeit, um die Batterie wieder in einen einigermaßen hohen Ladestatus zu versetzen.

Im Gegensatz zu konventionellen Bleiakumulatoren mit Gitterplatten nutzten CYCLON®- und Genesis®-Zellen ein kompaktes Elektrolytsystem, in dem der Elektrolyt innerhalb eines hochspeichernden Separators untergebracht ist. Damit werden notwendige Bedingungen für einen homogenen Gasphasenstofftransport geschaffen. Das Gasen der CYCLON®- und Genesis®- Produkte wird auf ein Minimum reduziert, da die extrem hohe Bleireinheit signifikant die Sauerstoff- und Wasserstoffbildung beim Überladen verringert und entstehender Sauerstoff jederzeit innerhalb der dichtverschlossenen Zelle rekombinieren kann.

Die große Oberfläche der in den CYCLON®- und Genesis®- Zellen verwendeten dünnen Platten verringert die Stromdichte auf einen im Vergleich zu normalen Bleibatterien weit entfernten Wert. Damit vergrößert sich die Schnelladefähigkeit von PLT-Zellen.

Die Reinblei-Zinn-Technologie der CYCLON®- und Genesis®- Batterien macht diese für das Schnellladen extrem gut geeignet. Die Abbildung 1 zeigt Kapazitätsbeträge, die einer 12 V-Genesis®-Batterie wieder zugeführt wurden, in Abhängigkeit vom Anfangsstrom. Es wird deutlich, daß mit einem Anfangsstrom von 0,8C10 eine zu 100% entladene Batterie 80% ihrer Kapazität innerhalb von 57 Minuten aufnehmen kann. Eine Verdopplung des Anfangsstromes auf 1,6C10 verringert die Zeit zum Erreichen des selben Zustandes auf nur 28 Minuten.

Tabelle I und Abbildung I zeigen klar, daß man die PLT-Technologie von Hawker Energy Products Inc. ernsthaft in Betracht ziehen sollte, wenn das Schnelladevermögen einer VRLA-Zelle eine Hauptforderung ist.

PLT-Schnellladecharakteristika bei 2,45 V (vpc) und 25 °C

Zugeführte Kapazität	Wert des Einschaltstromes		
	0,8C10	1,6C10	3,1C10
60 %	44 Minuten	20 Minuten	10 Minuten
80 %	57 Minuten	28 Minuten	14 Minuten
100 %	90 Minuten	50 Minuten	30 Minuten

Tabelle I

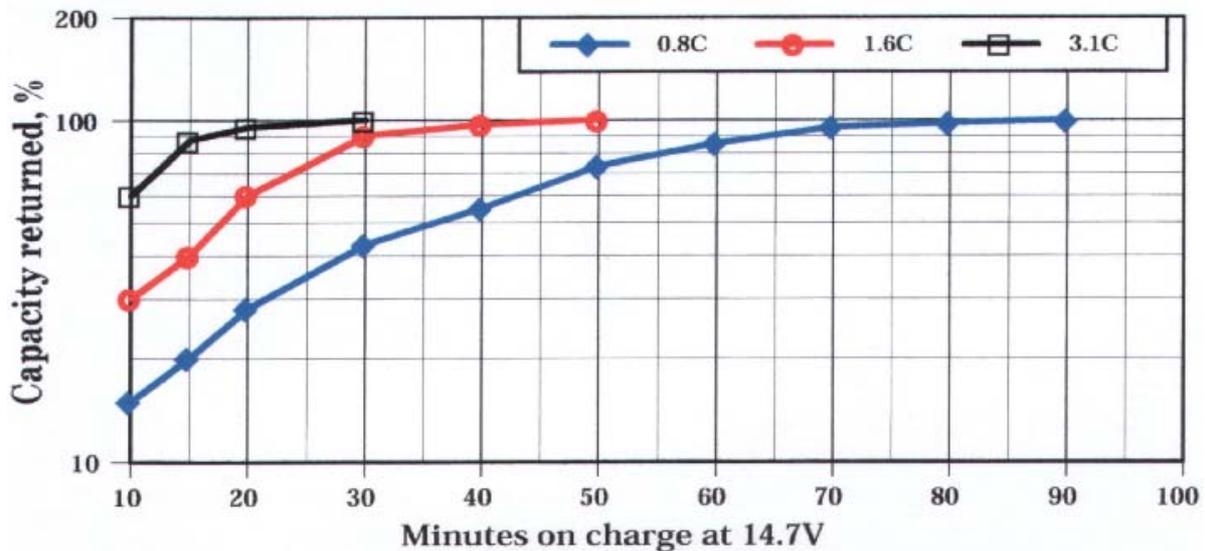


Abbildung I: Schnellladen von PLT-Batterien nach 100%-iger Entladung

Die Kurvenverläufe in Abbildung I sollen mit einigen Worten erklärt werden. Die in dieser Abbildung dargestellten Daten repräsentieren ein exzellentes Ladevermögen der PLT-Batterien. Dies bedeutet, daß sie gut angepaßt ladefähig sind, wenn sehr schnell hohe Ladeleistungen aufgebracht werden. Wie Abbildung I zeigt, erreichen sowohl CYCLON®- als auch Genesis®- Batterien sehr rasch einen hohen Ladestatus und demonstrieren damit ihre Fähigkeit, effektiv und anpassungsfähig in entsprechenden Anwendungen eingesetzt werden zu können.

Es ist sehr wichtig, noch einmal daran zu erinnern, daß bei ausschließlichen zyklischen Belastungen die Batterie eine gewisse Zeit länger geladen werden muß, als es der Abbildung I zu entnehmen ist. Damit wird sichergestellt, daß eine adäquate Überladung die verlangte Zyklenlebensdauer garantiert.





Laden nach der IUI-Kennlinie bei mittleren Ladeleistungen

Im vorherigen Abschnitt war von einer speziellen Voraussetzung ausgegangen worden. Ein schneller Blick auf die Graphik des Schnellladens (oder auf die Werte in Tabelle I) zeigt, daß der kleinste Anfangsstromwert $0,8C_{10}$ beträgt. Mit anderen Worten, der Einsatz eines Hochleistungs-ladegerätes wurde betrachtet.

Wenn auch bei einigen Anwendungen der Einsatz eines Hochleistungs-ladegerätes nicht zur Debatte steht, so ist aber das Fehlen von Möglichkeiten, angepaßt und adäquat Ladeleistung einer Batterie zuzuführen, in vielen anderen Anwendungsfällen ein begrenzender Faktor für die erfolgreiche Nutzung der Reinblei-Zinn-Technologie. Um dieses Problem zu lösen, hat Hawker Energy Products Inc. einen IUI-Ladealgorithmus (CC/CV/CC) entwickelt, der nur moderate Ladeleistungswerte erfordert. **Das bedeutet nicht, daß das Laden nach der IUI-Kennlinie nicht für Hochleistungs-ladegeräte anwendbar ist.** Wenn eine Hochleistungs-ladung nach dem IUI-Profil verlaufen soll, erlaubt das adaptive Prinzip des Algorithmus, die Gesamtladezeit automatisch dem erhöhten Leistungsniveau anzupassen.

Obwohl der adaptive Algorithmus nur moderate Ladeleistungen verlangt, sollte der Einschaltstrom so hoch, wie es noch möglich ist, sein. Tatsache ist, daß unsere Laboruntersuchungen ergeben haben, daß für ein Ladeprofil nach der IUI-Kennlinie Anfangsströme **nicht kleiner als $0,4C_{10}$** effektiv sind. Die unten dargestellten Algorithmen können adäquat tiefentladene CYCLON®- und Genesis®- Batterien wiederaufladen, wenn der Anfangsstrom nur 50% des kleinsten, in Tabelle I gezeigten, Anfangsstromwertes beträgt. Labortestversuche an Genesis®- Batterien mittels einer speziellen IUI-Kennlinie (CC/CV/CC) haben eine gute Zyklenlebensdauer ergeben. Dabei wurde die Ladezeit von 16 Stunden auf nur sechs bis acht Stunden reduziert für Batterien, die zuvor zu 80% bis 100% entladen worden waren. Bei zyklischen Belastungen ist ein Unterladen der Batterie stärker wahrscheinlich als ein Überladen. Dies führt zum vorzeitigen Ausfall der Batterie. Dieser Sachverhalt macht das richtige Laden einer zyklisch belasteten Batterie zu einem wichtigen Qualitätskriterium. Nicht vollständig wiederaufgeladene Batterien können nach weniger als 30 Zyklen ausfallen. Das ist enttäuschend, wenn man bei Entladetiefen (DOD) von 80 % 500 Zyklen einer richtig behandelten Genesis®- Batterie erwartet. Die Wichtigkeit der adäquaten Ladung einer zyklisch belasteten Batterie kann nicht oft genug betont werden.

Es soll noch erwähnt werden, daß in allen, unten angeführten Fahrweisen, die Verwendung eines temperaturkompensierten Ladegerätes vorteilhaft ist. Der Temperaturkompensationskoeffizient kann aus Abbildung IV im Abschnitt *Temperaturkompensation* erhalten werden. Da dieser Koeffizient negativ ist, muß bei Umgebungstemperaturen größer als 25°C die Ladespannung reduziert bzw. vergrößert werden, wenn die Temperatur kleiner als 25°C ist.

Abbildung II illustriert die IUI-Ladekennlinie. Der Bereich A entspricht dem Konstantstrommodus und erstreckt sich bis zu einer Klemmenspannung von 2,45 V bis 2,5 V pro Einzelelement (vpc). In der Abbildung II wurde ein Wert von 2,45 V (vpc) verwendet. Die Zeit bis zum Erreichen dieses Zustandes wird mit T_1 bezeichnet und ist der Vergleichspunkt für die Betrachtung weiterer Zustände während des Ladezyklus.

Der Bereich B beginnt mit dem Spannungshöchstwert 2,45 V (vpc), bei dem das Ladegerät auf Konstantspannungsbetrieb (CV) mit 2,45 V (vpc) umschaltet, und



erstreckt sich in diesem Modus bis zur Zeit $T_1+1,5T_1$ bzw. bis zum Zeitraum $2,5T_1$. Beträgt beispielsweise T_1 eine Stunde, dann beträgt die entsprechende Zeit für den Bereich B 1,5 Stunden, was eine Gesamtzeit von 2,5 Stunden bis zum Ende des Abschnittes B ergibt.

Am Ende von $2,5T_1$ schaltet das Ladegerät in einen Konstantstromlademodus um (Bereich C in der Abbildung II) mit einer Strombegrenzung von $0,05C_{10}$. Zusätzlich zu dieser Begrenzung sollten zwei andere Anforderungen in das Ladegerät integriert werden. Einerseits sollte die Batteriespannung nicht auf mehr als auf 2,70 V – 2,85 V (vpc) ansteigen dürfen, andererseits sollte der Zeitraum für das Konstantstromladen $0,5T_1$ bzw. 1 Stunde betragen, was relativ wenig ist.

Mit anderen Worten, es gilt $T_3-T_2=0,5T_1 \leq 1$.

In der Praxis wird die Batteriespannung im Abschnitt C schnell auf den Wert 2,70 V (vpc) ansteigen, **wobei dann bei konstanter Spannung von 2,70 V ein weiteres Laden erfolgen muß**. Am Ende der Zeit T_3 muß das Ladegerät abgeschaltet werden.

In Einzelfällen kann der Geräteentwickler einen Erhaltungsladespannungswert verlangen, um ein verlängertes (z.B. über das Wochenende) Langsamladen zu ermöglichen. Ist dies der Fall, dann sollte eine Stunde Ladepause nach dem Konstantstromladen (CC) eingelegt werden, ehe in den Erhaltungslademodus umgeschaltet wird. Die Ruhephase ist als Bereich D im Ladeprofil dargestellt. Wir empfehlen (bei Vorhandensein) eine temperaturkompensierte Erhaltungsladung (Bereich E) mit 2,27 V (vpc) bei 25°C.

Bei allem Verständnis; eine komplexere Ladegeräteausführung mit ermöglichendem Bereich E ist wichtig für Batterieanwendungen, in denen die Batterie ständig unvollkommen wiederaufgeladen wird, wie z.B. in Elektroautos mit Hybridantrieb (HEV). In diesem Fall dient der Bereich E zur Gewährleistung einer langsamen langen Überladung, die den negativen Effekt einer vorherigen Nichtvollladung kompensiert.

Die verschiedenen Zeitverhältnisse in Abbildung II kann man folgendermaßen zusammenfassen:

T_1 = Zeit zum Erreichen einer Klemmenspannung von 2,45 V (vpc) im Bereich A

$T_2 = T_1+1,5T_1 = 2,5T_1$ (Bereich B)

$T_3-T_2 = 0,5T_1 \leq 1$ h (Bereich C)

$T_4-T_3 = 1$ Stunde (Bereich D)

V_1 = Ruhespannung der Zelle zu Beginn des Ladezyklus

V_2 = Zellenspannung nahe dem vollständigen Ladezustand

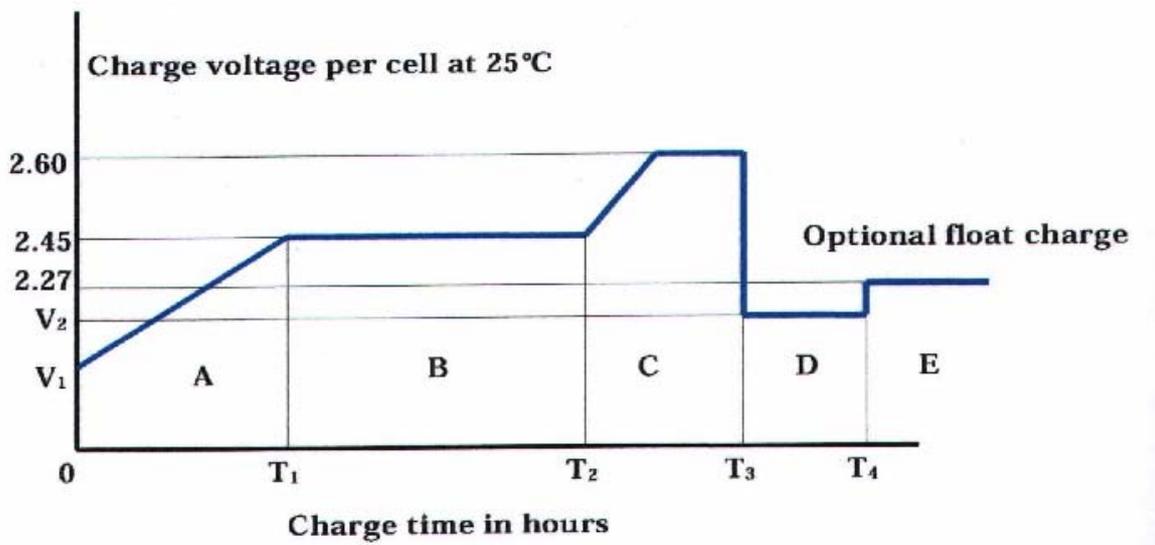


Abbildung II: Spannungsprofil für das Laden nach der IUI-Kennlinie
(nicht maßstäblich)

Mit Verwendung des minimalen Stromlimits von $0,4C_{10}$, wobei C_{10} ein kapazitätsbezogenes Strommaß in Ampere ist, und mit einer Ladespannung von 2,45 V (vpc) **beträgt die minimale Ladungsleistung für eine maximale zyklische Anwendbarkeit von CYCLON®- und Genesis®-Produkten 1 Watt pro Teilzelle und Amperestunde der Kapazität.** Für eine 12V-, 26-Ah-Genesis®-Batterie aus sechs Teilzellen ist somit ein Ladegerät mit einer minimalen Ausgangsleistung von 6×26 W oder 156 W pro Batterie erforderlich.

Es ist wichtig, hier anzumerken, daß die minimale Leistungsangabe von $1W/(\text{Einzelzelle} \times \text{Ah})$ des Ladegerätes für dessen Gesamtleistung unter Berücksichtigung der Verluste in den Verbindungskabeln zwischen Batterie und Gerät zu korrigieren ist.

Es hat sich als gut erwiesen, die Batterien bei Ladestörungen vor ernsthafter Überladung zu schützen. Diese kann z.B. auftreten, wenn das Ladegerät nach definierter Ladung nicht richtig am Ende des Bereiches B (Abb. II) abschaltet und bei 2,60 V pro Teilzelle weiter Energie in die Batterie einlädt. Als Sicherheitsmaßnahme empfehlen wir den Einbau eines Amperestundenzählers, der ein Abschalten des Ladegerätes erlaubt, sobald eine kummulativ ermittelte Amperestundenzahl erreicht ist. Wenn das Ladegerät fehlerhaft arbeitet, können somit zeitweise definierte Energiebeträge weiter in die Batterie eingespeist werden. Es wird vorgeschlagen, **im Fall der Kapazitätzufuhr von 200 % der normativen Kapazität (52 Ah für eine 26Ah-Batterie) das Ladegerät auszuschalten. Zusätzlich muß das Laden abgebrochen werden, wenn die Batteriegehäusetemperatur 55°C (131°F) erreicht.**





Zusätzliche Kommentare zum Laden nach der IUI-Kennlinie

Der oben beschriebene IUI-Algorithmus wird notwendig, wenn der Einschaltstrom (oder eine Strombegrenzung) zwischen $0,4C_{10}$ und $1C_{10}$ liegt. Wenn der Strombegrenzungswert größer als $1C_{10}$ ist, kann das einstündige Laden entsprechend Abschnitt C in Abbildung II entfallen. Allgemein ausgedrückt, wenn hohe Einschaltströme verfügbar sind, ist ein IUI-Algorithmus nicht unbedingt notwendig. Der Bereich C kann ebenfalls entfallen, wenn die Batterie vor allem im zyklischen Betrieb nicht tiefer als zu 50 % entladen wird.

Die kommerzielle Entwicklung von Schnellladealgorithmen wird an verschiedenen Orten betrieben. Modifikationen zu dem einem, hier beschriebenen Algorithmus sind denkbar. Es ist aber in jedem Fall bei der Batteriesystementwicklung sinnvoll, für spezielle Anwendungen die Effektivität von Ladeverfahren nachzuweisen.

Schließlich sollte festgestellt werden, daß alle Testversuche - als Labor- oder Feldversuche - mit der Genesis®- Batterie durchgeführt wurden. Es ist zu erwarten, daß der IUI-Algorithmus genau so effektiv ist, wenn CYCLON®-Batterien eingesetzt werden.

Erhaltungsladen

Wenn Reinblei-Zinn-Batterien unter reinen Erhaltungsladebedingungen eingesetzt werden, beträgt der empfohlene Ladespannungswert in Abhängigkeit vom Zellentyp 2,25 V bis 2,35 V pro Teilzelle (vpc) bei einer Temperatur von 25 °C. Wir empfehlen ebenfalls diesen Wert für den temperaturkompensierten Betrieb, der im nächsten Abschnitt beschrieben ist. **Wir empfehlen keinesfalls die Anwendung des Konstantstromladens (CC) für Erhaltungslade- bzw. Stand-by-Nutzungen.**

In einigen Situationen arbeiten Batterien als Backup-Stromquellen, dabei mit zunehmendem Alter auch immer mehr zyklisch. Eine UPS in Anwendungen mit schlechter Energiebereitschaft ist ein gutes Beispiel dafür. Infolge öfter auftretender Stromausfälle ist die Batterie mehr als gewöhnlich gezwungen, Backup-Energie abzugeben. Sie arbeitet somit weit häufiger zyklisch, als es der typischen Erhaltungsladesituation entspricht.

Für diesen Betrieb sind zwei Faktoren für eine richtige Batterieauswahl wichtig. Der erste berücksichtigt, daß die Batterie infolge des Stromausfalls in der Lage sein muß, sehr schnell Energie wieder aufzunehmen. Mit anderen Worten, die Zellen müssen eine große Ladebereitschaft besitzen. Zweitens müssen, bedingt durch die Tatsache, daß Erhaltungsladespannungen kleiner sind als Zyklenspannungen, die Batterien vernünftig zyklisierbar sein, obwohl Ladespannungen auf dem Niveau der Erhaltungsladespannung anliegen können. Die diesbezügliche Eignung der PLT-Zellen wird in der Tabelle II und in der Abbildung III demonstriert.

Tabelle II: Genesis® - Erhaltungsladeparakteristika bei 2,27 V und 25°C

Einschaltstrom	Zeitdauer (h) bis 80 % SOC	Zeitdauer (h) bis 90 % SOC	Zeitdauer (h) bis 100 % SOC
0,1C10	8	11	22
0,2C10	4	5	12
0,4C10	2,5	3	7,5
1,0C10	1,5	2	6

SOC - State of Charge = Ladestatus

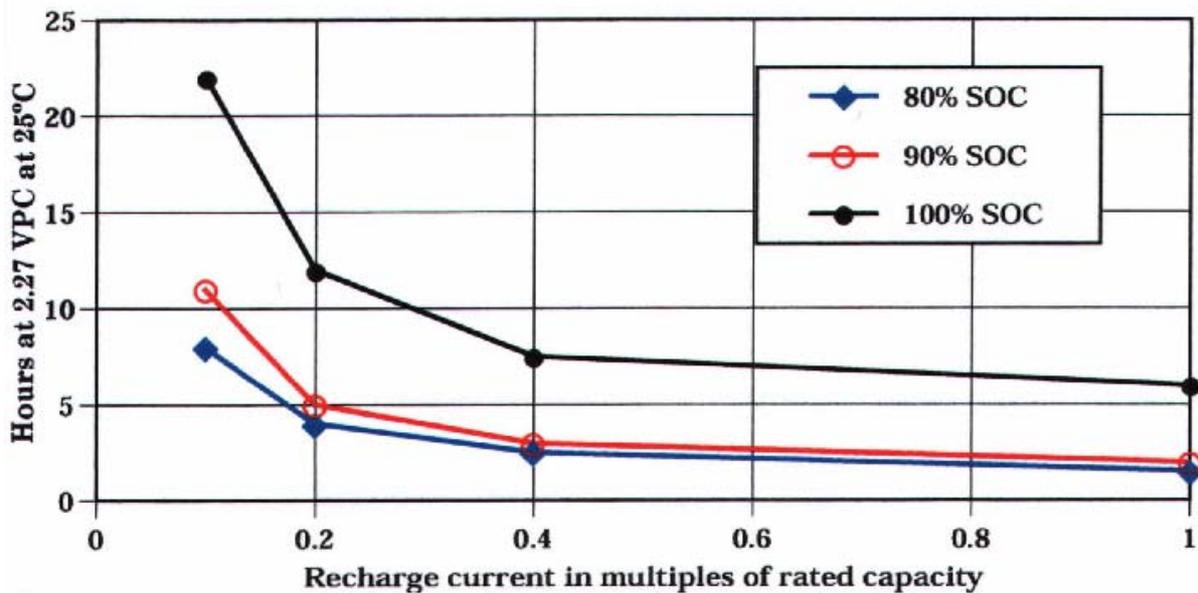


Abb. III Zyklisieren von PLT-Zellen bei 2,27 V (vpc) und 25°C

Die Daten, die in der Abbildung III und in Tabelle II dargestellt sind, illustrieren die Eignung von Reinblei-Zinn-Batterien für Stand-by-Anwendungen mit gelegentlichen Zyklisierungen. Sogar wenn ein so kleiner Einschaltstrom von 0,2C10 und eine Ladespannung von nur 2,27 V (vpc) auftreten, kann die Batterie innerhalb von nur 12 Stunden aus einer völligen Entladung auf 100 % Ladestatus (SOC) gebracht werden. **Beachten Sie, daß wiederholtes Zyklisieren bei 2,27 V (vpc) nicht zu empfehlen ist.**



Temperaturkompensation

Höhere Temperaturen verringern die Lebensdauer einer VRLA-Zelle. Bei erhöhter Temperatur ist die Spannung, die für eine vollständige Wiederaufladung notwendig ist, geringer, da die Reaktionen innerhalb der Batterie mit erhöhter Geschwindigkeit ablaufen. Andererseits verringert eine niedrige Temperatur die Batteriekapazität. Für eine Lebensdauermaximierung wird ein negativer Ladetemperaturkoeffizient zwischen 3 mV und 5 mV pro Zelle und pro °C verwendet, wenn die Temperatur wesentlich von 25°C verschieden ist.

Beachten Sie bitte, daß bei erhöhter Umgebungstemperatur die Ladespannung verringert werden muß und umgekehrt, da der Temperaturkoeffizient negativ ist.

Während viele Ladegeräte im gesamten Arbeitsbereich einen einzigen Wert zur Kompensationsberechnung verwenden, ist in Wahrheit dieser Temperaturkoeffizient nichtlinear, wie es Abbildung IV zeigt, die die Ladespannung für Erhaltungsladungen und zyklischen Betrieb in Abhängigkeit von der Temperatur enthält.

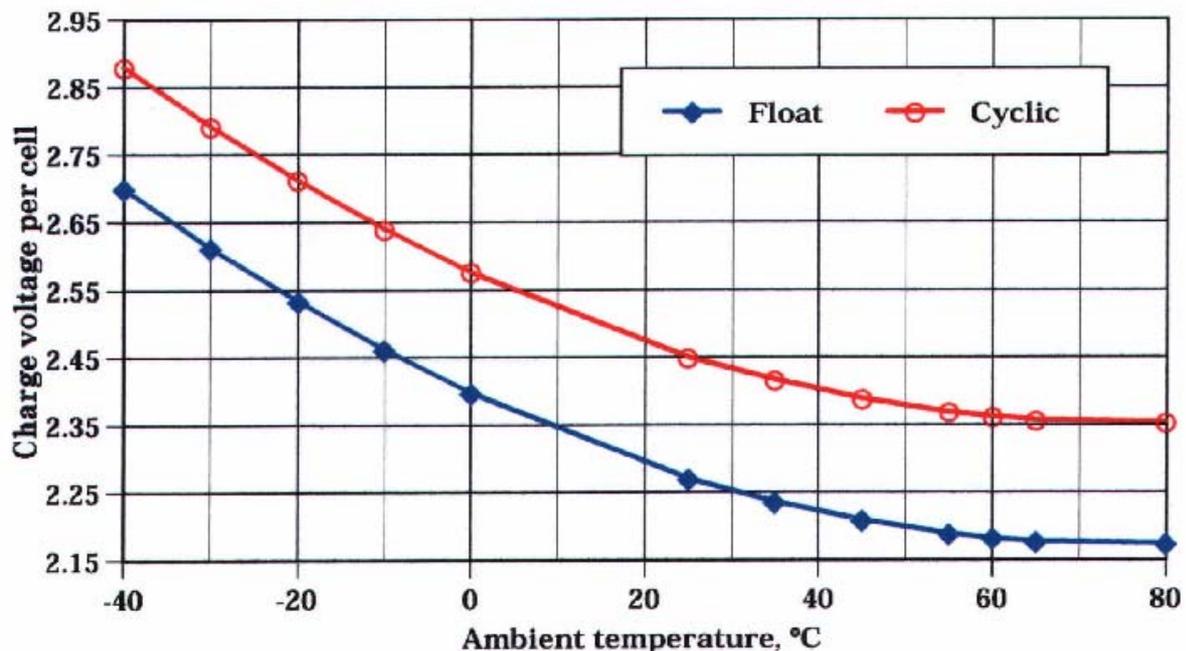


Abbildung IV: Temperaturkompensation der Ladespannung

Die temperaturkompensierte Ladespannung kann ebenso durch Lösung folgender Gleichungen berechnet werden, die von der Art der Anwendung abhängen, d.h. für Erhaltungsladungen oder zyklische Belastungen angegeben sind:

$$\begin{aligned} VPC_{\text{float}} &= 2,397 - 0,00598 T + 0,00004 T^2 \\ VPC_{\text{cyclic}} &= 2,397 - 0,00598 T + 0,00004 T^2 + 0,180 \end{aligned}$$



Darin ist $V_{PC_{float}}$ die kompensierte **Erhaltungsladespannung** pro Zelle bei der Umgebungstemperatur T (in °C). Als Beispiel diene eine kompensierte Erhaltungsladespannung von 2,247 V (vpc) bei einer Umgebungstemperatur von 32 °C und eine kompensierte Erhaltungsladespannung von 2,397 für eine Umgebungstemperatur von 0°C. Die entsprechenden Parameter für eine zyklische Belastung erhält man durch einfache Addition von 180 mV zum Wert der Erhaltungsladespannung.

Es ist wesentlich anzumerken, daß sogar bei perfekten Kompensationen für hohe Temperaturwerte sich die Lebenserwartung der Zellen reduzieren würde. Dies ist damit zu erklären, daß die hohe Temperatur einen negativen Einfluß auf die Lebenszeit der Batterie ausübt, obwohl die verwendeten Ladeströme infolge verkleinerter Ladespannungen geringer sind. Somit wirkt die Temperaturkompensation nur teilweise dem schädlichen Einfluß einer höheren Temperatur auf die Lebenserwartung der Zelle entgegen.

Intermittierendes Laden

Werden PLT-Batterien im Stand-by- oder Erhaltungsladebetrieb eingesetzt, kann der Anwender ein Laderegime integrieren, mit dem Ein- und Ausschaltvorgänge durchgeführt werden, wenn entsprechende Schwellwertbedingungen auftreten. Dieser Ladetyp kann wegen der geringen Selbstentladung, die typisch für CYCLON®- und Genesis®- Produkte ist, akzeptiert werden.

Es ist zu erwarten, daß durch eine Optimierung des Energieflusses bezüglich möglicher Überladungen von Batterien, deren Lebenserwartung ansteigen sollte. Da dies aber im konkreten Fall ein relativ neues Laderegime für VRLA-Batterien ist, existieren bisher noch zu wenig Daten (aus Labor- und Feldversuchen), um einen Anstieg der Lebenserwartung quantifizieren zu können. Wenn es aber der Fall ist, dann gilt dies mit Sicherheit für potentielle positive Effekte des intermittierenden Ladens.

Das Konzept des intermittierenden Ladens ist einfach. Die Batterie wird bis zum Erreichen eines Schwellenwertes geladen, dann erfolgt das Abschalten des Ladegerätes. Im weiteren verliert die Batterie an Spannung, bis eine speziell definierte Klemmspannung erreicht ist oder eine bestimmte Zeit seit dem Abschaltvorgang vergangen ist. Dann schaltet sich das Ladegerät wieder ein und der Zyklus wiederholt sich.

Das Ladegerät schaltet sich ebenfalls wieder ein, wenn die Batterie durch eine externe Last entladen wurde. Die Wahl der Schaltschwellenparameter und ihrer Werte ist entscheidend für den Erfolg einer intermittierenden Ladung. Wenn die gewählten Parameter zu ungünstig liegen, kann eine unerlaubte Selbstentladung der Batterie bis zu einem nicht akzeptierbaren niedrigen Ladezustand eintreten. Wenn infolge der Schwellenwerteinstellung das Ladegerät zu rasch zuschaltet, dann kann ein Zustand eintreten, der der Erhaltungsladung gleicht und ein potentiell möglicher Gewinn wird nicht erzielt.

Ein mögliches Verfahren könnte darin bestehen, die Zellen 16 Stunden mit einer konstanten Spannung von 2,45V (vpc) zu laden und einem Einschaltstrom der Größe $1C_{10}$ oder höher. In diesem Zustand schaltet sich das Ladegerät automatisch



ab und die Batterie verbleibt unter diesen Bedingungen zwei bis drei Wochen. Danach erfolgt ein erneuter Ladestart. Sollte die Batterie vor Ende der Ruhephase entladen werden, überschreibt das Ladegerät den Timer und schaltet sich, der Entladung folgend, wieder ein.

Man muß daran erinnern, daß das intermittierende Laden für PLT-Batterien **nur akzeptiert werden kann als Erhaltungsladung oder Stand-by-Anwendung**. Die Möglichkeit des Auftretens einer ständigen Unterladung von Batterien erlaubt nicht die Nutzung des intermittierenden Ladens bei zyklischen Belastungen.

Laden mit konstantem Strom (CC)

Das Laden mit konstantem Strom (CC) unter Verwendung einer Konstantstromquelle kann eine andere geeignete Lademethode für PLT-Zellen sein. Das Laden mit Konstantstrom versorgt alle Zellen oder Batterien gleichermaßen, da es unabhängig von der Ladespannung jeder Zelle innerhalb der Batterie ist. Wie wir in verschiedenen, oben dargestellten Fällen betont haben, ist das Konstantspannungsladen dem Konstantstromladen vorzuziehen. Während eines Konstantspannungsladeprozesses reguliert die Zelle allein den Stromfluß bis zu einem Punkt, der für die Erreichung oder Wiederherstellung eines hohen Ladezustandes notwendig ist. Im Gegensatz dazu bestimmt beim Laden mit konstantem Strom vielmehr das Ladegerät vor der Batterie den Stromfluß. Damit besteht ein bedeutend höheres Risiko des Zellenüberladens im Konstantstrommodus.

Abbildung V enthält eine Kurvenschar mit der Darstellung der Zellspannung in Abhängigkeit von der prozentualen Größe von Kapazitätswerten, die mit verschiedenen Konstantstromladegeschwindigkeiten der vorher entladenen Batterie wieder zugeführt werden. Die Abhängigkeiten wurden bei einer Umgebungstemperatur von 25 °C erhalten. Tabelle III faßt die Hauptaussagen, die aus diesen Kurven vermittelt werden, zusammen. Zusätzlich gibt sie einzelne Klemmenspannungsangaben für Umgebungstemperaturen von 0°C und 45°C wieder. Wie aus dieser Darstellung ersichtlich ist, steigt die Zellspannung mit Annäherung an einen hohen Ladestatus steil an. Dieser Spannungsanstieg ist durch das Verhalten der Platten bedingt, die sich im Überladungszustand befinden, wenn das aktive Material überwiegend aus der Bleisulfat- in die schwammartige Bleiform an der negativen Platte und in die Bleidioxidform an den positiven Platte übergegangen ist. Der Peak tritt im Ladungszyklus dann auf, wenn 100 % der zuvor entnommenen Kapazität wieder zugeführt wurden. Der starke Spannungsanstieg tritt bei *geringeren* Ladezuständen auf, wenn die Zelle mit größeren Geschwindigkeiten geladen wird. Das ist damit zu erklären, daß bei höheren Konstantstromladegeschwindigkeiten die Ladeeffizienz kleiner ist. Die Spannungskurven in Abbildung V unterscheiden sich etwas von denen konventioneller Bleibatterien infolge des Rekombinationseffektes von Gas beim Überladen eines Reinblei-Zinn-Systems.

Tabelle III : Charakteristika von PLT-Batterien beim Konstantstromladen

Parameter	Temperatur in °C	0,2C10	0,1C10	0,07C10	0,05C
Peakspannung in Volt / Zelle (vpc)	0	2,91	2,87	2,84	2,82
	25	2,83	2,79	2,76	2,73
	45	2,78	2,71	2,67	2,64
Stundenzahl bis zur Peakspannung	0	4,71	9,61	15,00	20,00
	25	5,88	10,95	17,87	22,28
	45	5,80	11,05	16,62	22,10

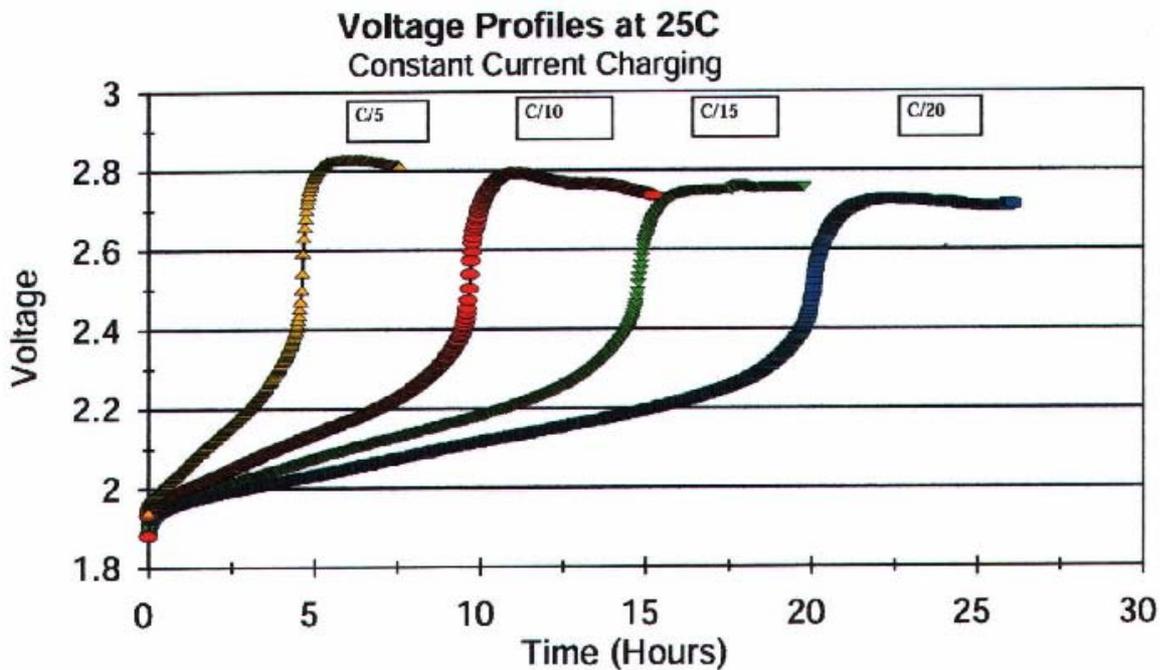


Abb. V: Laden mit konstantem Strom bei 25 °C

Obwohl das Konstantstromladen ein geeignetes Ladeverfahren ist, erfordert es ein höheres Maß an Kontrolle bezüglich der Verhinderung von Überladungen. Fährt man nach Erreichen des vollständigen Ladezustandes fort, die Zelle mit 0,002C10 zu laden, so wird sich das verhängnisvoll auf die Lebenszeit der Zelle auswirken. Im allgemeinen ist die Konstantspannungsladung deshalb das bevorzugte Ladeverfahren.

Der starke Spannungsanstieg nahe des Vollladungspunktes ist ein nützlicher Indikator, wann die Ladegeschwindigkeit des Gerätes zu verringern ist. Wenn der Ladestrom nämlich auf Werte zwischen 0,001C10 und 0,002C10 verkleinert wird, kann die Zelle ununterbrochen angeschlossen bleiben. **Wir empfehlen jedoch, das**



Ladegerät nach einer Ruhepause von 30 Minuten oder länger in den Konstantspannungsmodus mit 2,27 V (vpc) umzuschalten. Die Ruhephase sollte so bald wie möglich nach Erreichen des Spannungspeaks beginnen. Diese Ruhezeit ist sehr wichtig, es sei denn, der Entwickler hat entsprechende Testdaten, daß man auch ohne sie gefahrlos auskommen kann. Schließlich sind diese Graphen und Listen charakteristisch für Zellen, die dreimal mit 0,20C10 zyklisiert wurden. **Die mitgeteilten Angaben sind nicht obligatorisch, sie sollten jedoch als Richtwerte bei der Entwicklung oder Anwendung eines Konstantstromladegerätes dienen.**



Zweistufiges Konstantspannungsladen

Oftmals weiß der Anwender nicht genau, ob der Batterieeinsatz im zyklischen oder Stand-by-Betrieb erfolgen soll. In diesem Fall ist ein zweistufiges Konstantspannungsladen zu empfehlen. Genauso, wie wir es beim Konstantspannungsladen mit einem Spannungswert empfohlen haben, sollte auch hier in einem zweistufigen Prozeß der Anfangsstrom so hoch wie möglich sein. Beachten Sie, daß die Ladespannungen temperaturkompensiert sein sollten, wie es zuvor diskutiert wurde.

Im ersten Abschnitt eines typischen zweistufigen Verfahrens wird das Ladegerät bei einer konstanten Spannung zwischen 2,45 und 2,5 V (vpc) betrieben (für eine Temperatur von 25°C). Am Ende nach 16 Stunden schaltet sich das Ladegerät automatisch auf ein Erhaltungsspannungsniveau von 2,25 V bis 2,30 V (vpc) um. Die Batterie verbleibt auf unbestimmte Zeit in diesem Zustand.

Das zweistufige Laden ist in Wahrheit eine Variation des intermittierenden Ladeprofils, das in einem vorhergehenden Abschnitt diskutiert wurde. Anstatt das Ladegerät nach 16 Stunden bei 2,45 V (vpc) abzuschalten wie beim intermittierenden Laden, wird es hier auf ein niedrigeres Erhaltungsladesspannungsniveau umgeschaltet.

Der große Vorteil dieses Ladeverfahrens besteht darin, daß der Systementwickler kein Batterieunterladen befürchten muß, wenn die Nutzung von einer Erhaltungsladung in den zyklischen Betrieb wechselt. Außerdem kann er sicher sein, daß in einer Erhaltungsladesituation kein Überladen der Batterie erfolgt.

Außerdem gewährleisten die Kombination der überlegenen Ladeakzeptanz von CYCLON®- und Genesis®- Batterien sowie die erhöhte Spannung am Ladebeginn, daß die Zellen relativ schnell in einen hohen Ladestand gebracht werden. Somit stellen PLT-Batterien mit zweistufiger Konstantspannungsladung ein interessantes Angebot für jene Stand-by-Anwendungen dar, bei denen die Zuverlässigkeit der Stromversorgung nicht gesichert ist.



Laden mit unregelmäßigen Ladegeräten (Laden mit abgeflachter Ladecharakteristik)

Obwohl Ladegeräte mit unregelmäßigen Parametern (Laden nach der W-Kennlinie) zu den billigsten Typen gehören, kann ihr Mangel an einer Spannungsregelung verhängnisvoll für die Lebensdauer einer Zelle oder Batterie sein. Obwohl CYCLON®- und Genesis®-Produkte ein herausragendes Widerstandsvermögen gegenüber Spannungsänderungen haben, ist einige Vorsicht gegenüber unregelmäßigen Ladegeräten angebracht.

Ein unregelmäßiges Ladegerät enthält einen Transformator zur Spannungsherabsetzung und einen Halb- oder Ganzwellengleichrichter, um die Wechselspannung in eine Gleichspannung umzuformen. Die Ausgangscharakteristika sind derart, daß während des Anstiegs der Batteriespannung beim Laden der Ladestrom abnimmt. Hauptsächlich das Wicklungsverhältnis primär zu sekundär bestimmt die Ausgangsspannung im Leerlauf, so wie der Drahtdurchmesser in der Sekundärwicklung den Strom bei einer bestimmten Spannung festlegt.

Der Transformator ist im wesentlichen eine Konstantspannungseinheit, die völlig von der Regelung der Eingangswechselspannung zur Gewährleistung einer geregelten Ausgangsspannung abhängt.

Wegen der groben Regelung wirken sich Änderungen auf der Eingangsseite direkt auf den Ausgang des Ladegerätes aus. In Abhängigkeit von der Auslegung des Ladegerätes können sich auch Änderungen am Eingang nicht im selben Maße auf den Ausgang auswirken. So kann z.B. eine 10%-ige Eingangsspannungsänderung eine 13%-ige Änderung der Ausgangsspannung hervorrufen.

Es existieren einige Ladeparameter, die beachtet werden müssen. Der Hauptparameter ist die Wiederaufladezeit bis zum Erreichen der 100%-igen nominalen Kapazität bei zyklischer Belastung. Dieser Parameter kann primär als Maß für die an der Batterie verfügbaren Ladegeschwindigkeiten zwischen 2,20 V und 2,50 V verstanden werden. 2,20 V stellt die Spannung dar, bei der ca. 50 % der Ladung mit normalen Ladeströmen zwischen 0,1C₁₀ und 0,05C₁₀ der Batterie wieder zugeführt werden können. 2,50 V ist der Punkt, ab dem die Zelle überladen wird.

Für einen gegebenen Ladestrom und eine Spannung von 2,20 V kann die Wiederaufladezeit T_{rchg} für das Laden mit abgeflachter Ladecharakteristik durch die folgende Gleichung abgeschätzt werden:

$$T_{\text{rchg}} = 1,10 \times C_D / C_{2,2V}$$

In dieser Gleichung für das Laden mit unregelmäßigem Gerät ist C_D die Entladekapazität in Amperestunden, während $C_{2,2V}$ der Ladestrom ist, der bei 2,20 V auftritt. Der Faktor 1,10 berücksichtigt eine 10%-ige Überladung, die für eine komplette Wiederaufladung empfohlen wird. Es wird weiterhin geraten, daß der Ladestrom bei 2,5 V in der Nähe des Wertes 0,01C₁₀ liegen sollte, um sicherzugehen, daß die Batterie mit normalen Strömen geladen wird und daß die Batterie nicht stark überladen wird, wenn das Ladegerät für längere Zeit angeschlossen bleibt.



Ladeschlußerkennung

Hierfür gibt es mehrere Ansätze, um auf die Frage zu antworten: „Woher weiß ich, wann ich das Ladegerät ausschalten soll?“. Diese Frage wird oft von Entwicklern von Ladegeräten gestellt. Dieses Kapitel möchte deshalb versuchen, einige für den Entwickler geeignete Ratschläge zu geben.



Zeitgesteuertes Abschalten

Das ist vielleicht der leichteste Weg, um das Ladungsende zu bestimmen, und er wird gewöhnlich beim Konstantspannungsladen auf einem Spannungsniveau gegangen. In einer typischen Ausführung wird das Konstantspannungs-Ladegerät auf 2,45 V bis 2,50 V eingestellt mit einer nachfolgenden Ladedauer von 16 bis 24 Stunden. Am Ende dieser Zeit wird das Gerät ausgeschaltet. Für die Variante des intermittierenden Ladens kann ein zweiter Timer verwendet werden, um das Ladegerät nach einer Pause von zwei oder drei Wochen wieder einzuschalten.

Obwohl das ein einfaches Verfahren der Bestimmung des Ladeendes ist, setzt es voraus daß der Entwickler genaue Kenntnisse von den Batterienutzungsbedingungen hat. Wenn die Batterie beispielsweise nur leicht zyklisiert wird, sagen wir bis zu Entladetiefen von 50% oder weniger, führt regelmäßiges Laden mit einer Zeitdauer zwischen 16 und 24 Stunden bei 2,45 V (vpc) zu einem Überladen.



Stromerfassung

Wenn der Ladestrom beim Konstantspannungsladen drei oder mehr Stunden stabil bleibt, könnte ernsthaft geschlußfolgert werden, daß die Batterie den Ladeendzustand erreicht hat und das Ladegerät abgeschaltet werden könnte.

Eine andere geeignete Methode besteht darin, auf einen niedrigeren Konstantspannungswert umzuschalten, sobald ein spezifischer Ladestromwert gemessen wird (in der Größenordnung 0,01C10). Der Ladevorgang wird danach noch ein paar Stunden mit der geringeren Konstantspannung fortgesetzt und anschließend beendet.

Um jedoch nicht nach dem Ladestrom schauen zu müssen, ist es sinnvoll, rechtzeitig vor dem Abschalten des Ladegerätes auf ein niedrigeres Spannungsniveau zu gehen. Dieses ist infolge seiner Abhängigkeit von Faktoren wie dem Batteriealter, der Temperatur und der Entladetiefe spezifisch festzulegen.



Schlußgedanken und Kommentare

Alle Aussagen dieser Schrift resultieren aus Testergebnissen und Abschätzungen, die aus unserer langen Erfahrung im Umgang mit VRLA-Batterien auf PLT-Basis beruhen. Die entsprechenden Aussagen sollten deshalb nicht als Produktspezifikation sondern als Ratschläge angesehen werden, die aus unserer Erfahrung mit PLT-Batterien abgeleitet wurden.

Wir wissen genau, daß Umstände existieren, in denen der Systementwickler ein Ladegerät verwenden muß, daß nicht 100%-ig den Typenbeschreibungen entspricht, die in dieser Anleitung aufgeführt wurden. Wir glauben jedoch, daß beim Durchsehen unseres Materials ausreichend viele Tips vermittelt werden, um ein Ladegerät zur Verfügung zu stellen, das CYCLON®- oder Genesis®-Batterien in spezifischen Anwendungen gut nutzbar macht.

Wir hoffen, daß eine besonders wichtige Botschaft aus dem hier präsentierten Material vermittelt werden konnte - das von uns bevorzugte Ladeverfahren mit konstanter Spannung (CV) im Gegensatz zum Konstantstromladen (CC). Diese Aussage soll nicht so verstanden werden, daß das Konstantstromladen unakzeptabel wäre. Wir erkennen an, daß einige Anwendungen eines Konstantstromladens bedürfen, wie unser IUI-Ladealgorithmus exemplarisch zeigt. Wir betonen jedoch unseren Vorzug des Konstantspannungsladens, da unter diesen Bedingungen die Gefahr der Batterieschädigung viel geringer ist als mit Konstantstromladeverfahren.

Schließlich sollte festgestellt werden, daß die Verantwortung für den Eignungsnachweis eines Ladegerätes für spezielle Anwendungen in den Händen des Systementwicklers liegt. Hawker Energy Products Inc. möchte jedoch die technischen Ratschläge zur Verfügung stellen, die für die Entwicklung eines anwendungsspezifischen Ladegerätes notwendig sind. Damit wollen wir bei der Entwicklung von Gesamtsystemen ein aktiver Partner sein. Wenn dies auch nicht die Leistungsfähigkeit unserer Batterien in speziellen Anwendungen absolut garantieren kann, so glauben wir doch, daß es so der beste Weg ist zu veranschaulichen, daß Sie mit unseren Hochleistungs-VRLA- Systemen einen maximalen Nutzen erzielen können.

Distribution Schweiz für:

HAWKER ENERGY Martin Ecknauer
Bernstr.-West 58
5034 Suhr
Tel. +41 (0) 62-842.76.00
Fax +41 (0) 62-842.76.01
Email: heb@datacomm.ch