



# Reflex-Lader RLG 7000

**Das ELV-Reflex-Ladegerät RLG 7000 arbeitet mit dem patentierten Reflex-Ladecontroller von ICS und verfügt über eine komfortable Bedienung mit hinterleuchtetem LC-Display. Je nach Zellenzahl sind Ladeströme bis zu 6 A und bis zum 4-fachen Wert der Akku-Nennkapazitätsangabe möglich.**

## Allgemeines

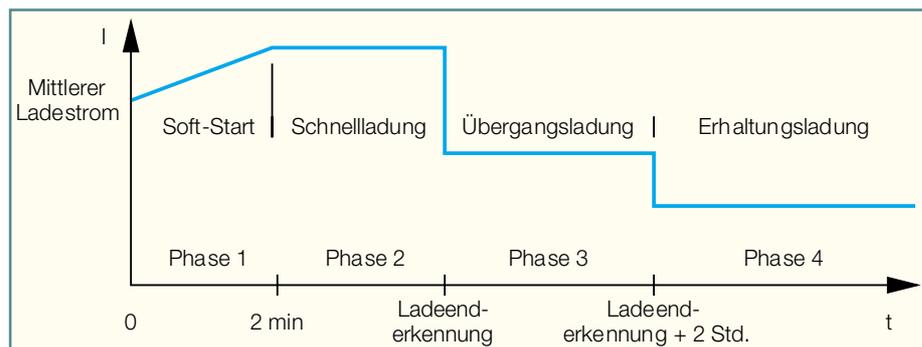
Das Reflex-Ladeverfahren basiert auf einem patentierten Verfahren zur Schnellladung von NC- und NiMH-Akkus. Werden Akkus bzw. Akkupacks ausschließlich mit dem Reflexverfahren geladen, so ist bei teilentladenen Akkus keine vorherige Entladung bis zur Entladeschlussspannung erforderlich. Der Memory-Effekt wird trotzdem sicher vermieden.

Ein weiterer Vorteil dieses Verfahrens ist, dass extrem kurze Ladezeiten von nur 15 Minuten möglich sind, ohne dass die angeschlossenen Akkus dadurch geschädigt werden. Im Gegenteil, durch das Reflex-Verfahren bleibt die Leistungsfähig-

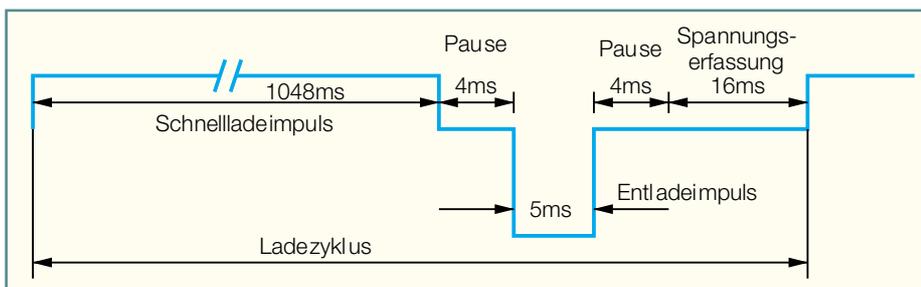
keit des Akkus erhalten, da es nicht zur Grobkristallbildung bei den chemisch aktiven Substanzen kommt.

Beim Reflex-Verfahren wird also grund-

sätzlich mit hohen Ladeströmen gearbeitet, wobei Ladezeiten von mehr als 4 h nicht vorgesehen sind. Dementsprechend muss das Ladegerät hohe Ausgangsströme



**Bild 1: Zeitlicher Ablauf des Ladevorgangs beim ICS 1702**



**Bild 2: Ladezyklus des ICS 1702**

liefern können. Ladegeräte mit nur wenigen 100 mA Ausgangsstrom sind dann nur zum Laden von recht kleinen Akkus bzw. Akkuspacks geeignet.

Gerade im Modellbaubereich bietet das Reflex-Ladeverfahren Vorteile, wenn entladene Akkuspacks in kürzester Zeit wieder voll geladen zur Verfügung stehen sollen, ohne dass eine Vorentladung bis zur Entladeschlussspannung erforderlich ist.

Der sogenannte Memory-Effekt bei NiCd-Akkus entsteht, wenn Akkus häufig im teilentladenen Zustand mit konventioneller Ladetechnik geladen werden, bei sehr kleinen Lade- und Entladeströmen und bei längerer Lagerzeit ohne Benutzung. Dann bilden sich an der Nickel-Elektrode mehr oder weniger große Kalium-Hydroxid-Kristalle, die zur Verringerung der effektiven Elektrodenfläche führen. Durch mehrfache Entlade-/Ladezyklen ist der Memory-Effekt in den meisten Fällen wieder zu beseitigen. Allgemein wird zur Verhinderung des Memory-Effekts in regelmäßigen Zeitabständen (jeder 5. bis 10. Ladezyklus) eine Entladung des Akkus bis zur Entladeschlussspannung empfohlen.

Wird der zu ladende Akku mit einem sehr hohen Ladestrom beaufschlagt, so entstehen durch Elektrolyse-Prozesse an den Elektroden kleine Sauerstoffbläschen, die zur Reduzierung der Elektrodenfläche und somit zur Erhöhung des Innenwiderstands führen. Dadurch wird die Ladeeffektivität verschlechtert, und der Akku erwärmt sich mehr und mehr, da die Energie nicht mehr vollständig aufgenommen werden kann. Der Druck innerhalb des Akkus kann dann unzulässig hohe Werte erreichen.

Auch beim Reflex-Ladeverfahren entstehen zunächst aufgrund des hohen Ladestroms die Sauerstoffbläschen an den Elektroden. Durch periodisch auftretenden Entladeimpulse mit umgekehrtem Stromfluss werden bei diesem Ladeverfahren die kleinen Bläschen gelöst und rekombiniert. Die 5 ms kurzen Entladeimpulse müssen dabei einen Strom aufweisen, der dem 2,5- bis 3-fachen Wert des Ladestromes entspricht.

Bei dem hier eingesetzten Reflex-Ladecorroller des Typs ICS 1702 erfolgt der eigentliche Ladevorgang in 4 Stufen. Der zeitliche Ablauf ist in Abbildung 1 dargestellt.

Nach dem Start des Ladevorgangs erfolgt zunächst innerhalb der ersten zwei Minuten ein Softstart, in dem kontinuierlich die Ladeimpulse verbreitert werden. Der Schnellladestrom steigt dadurch im arithmetischen Mittel kontinuierlich an. Die Schnellladung erfolgt dann mit maximaler Ladeimpulsbreite.

Sobald der Controller durch Spannungsgradienten-Auswertung am Akku das Ladeende erkennt, hat der angeschlossene Akku bereits mehr als 90 % der speicherbaren Energie aufgenommen. Der Con-

troller wertet dabei anstatt der Absolutspannung die Steigungsgeschwindigkeit der Ladespannung aus, wobei das Abschaltkriterium erreicht ist, sobald die Steigungsgeschwindigkeit der Akkuspannung zu 0 wird.

Ein Akku, der so schnell wie möglich geladen zur Verfügung stehen soll, kann bereits zu diesem Zeitpunkt aus dem Ladegerät entnommen werden. Ansonsten erfolgt im Anschluss an die Schnellladung eine zweistündige Impuls-Übergangsladung mit 10 % des maximalen Ladestroms, um den Akku auf 100 % der speicherbaren Energie zu bringen.

Nach der „Top-off-Charge“-Phase ist der angeschlossene Akku dann vollständig geladen, und der Controller schaltet automatisch in den Erhaltungslade-Modus mit C/40 Stromimpulsen um. Durch Selbstentladung entstehende Ladungsverluste werden dabei ständig wieder ausgeglichen. In diesem Betriebszustand darf der Akku zeitlich unbegrenzt am Ladegerät angeschlossen bleiben.

Betrachten wir nun detailliert den in Abbildung 2 dargestellten Schnellladevorgang. Im Gegensatz zu anderen Ladecorrollern besteht der Schnelllademodus des ICS 1702 nicht nur aus Lade-, sondern auch aus den beschriebenen kurzen Entlade-Impulsen, um die während der Schnellladung entstehenden kleinen Sauerstoffbläschen an den Elektroden abzubauen (Rekombination durch den umgekehrten Stromfluss).

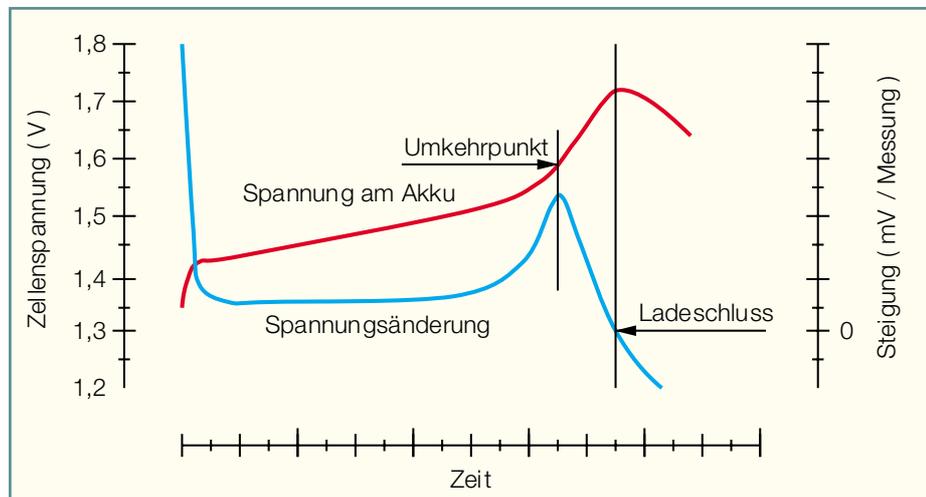
Die in Abbildung 2 dargestellte Impulsfolge während der Schnellladung wiederholt sich beim ICS 1702 ungefähr im Sekundenzyklus. Mit dem eingesetzten Reflex-Ladecorroller sind Schnell-Ladezeiten (auf mehr als 90 % der max. speicherbaren Kapazität) von 15 Minuten bis 4 Stunden realisierbar.

Die insgesamt 9 zur Verfügung stehenden Laderaten mit den entsprechenden Ladezeiten sind in Tabelle 1 zu sehen.

Um einen Akku in nur 15 Minuten zu laden, muss dieser natürlich schnellladefähig sein (Herstellerangaben beachten). Der Ladestromimpuls muss in diesem Fall den 4-fachen Wert der Akkus-Nennkapazität entsprechen, d. h. also bei einem 1-Ah-Akku 4 A.

Nach jedem Ladeimpuls kommt eine 4 ms lange Pause. Die Amplitude des darauf folgenden Entladestromimpulses soll ungefähr 2,5 bis 3 mal so groß wie der Ladestromimpuls sein. Wird z. B. mit 4 A Ladestromimpulsen gearbeitet, so sind Entladestromimpulse von ungefähr 10 A bis 12 A erforderlich.

Es folgt nach einer weiteren 4 ms langen Pause die stromlose Erfassung der Akkuspannung für die Ladeerkennung. Sobald die Spannungserfassung abgeschlossen



**Bild 3: Spannungsverlauf an einer Zelle und die daraus abgeleitete Änderungsgeschwindigkeit**

Tabelle 1: Laderate des ICS 1702

Laderate	typische Schnellladezeit	Übergangslade-Impulsabstand	Erhaltungslade-Impulsabstand	Sicherheitstimer Laufzeit
4 C	15 Min.	40 Sek.	160 Sek.	21 Min.
2 C	30 Min.	20 Sek.	80 Sek.	39 Min.
1,3 C	45 Min.	13 Sek.	53 Sek.	57 Min.
1 C	60 Min.	10 Sek.	40 Sek.	75 Min.
C / 1,5	90 Min.	7 Sek.	27 Sek.	110 Min.
C / 2	120 Min.	5 Sek.	20 Sek.	144 Min.
C / 2,5	150 Min.	4 Sek.	16 Sek.	212 Min.
C / 3	180 Min.	3 Sek.	13 Sek.	244 Min.
C / 4	240 Min.	2 Sek.	10 Sek.	275 Min.

sen ist, folgt der nächste Ladeimpuls, und der zuvor beschriebene Zyklus beginnt von neuem.

Für die Ladeerkennung wertet der Mikrocontroller immer mehrere aufeinanderfolgende Spannungsmesswerte aus. Entscheidend ist dabei das Spannungsverhalten am Akku, oder besser gesagt die Steigungsgeschwindigkeit der Spannung.

Die obere Kurve in Abbildung 3 zeigt den typischen Spannungsverlauf am Akku während des Ladevorgangs und die untere Kurve die daraus abgeleitete Änderungsgeschwindigkeit.

Um bei Akkus, die kein normales Spannungsprofil aufweisen oder defekt sind, ebenfalls eine sichere Ladeerkennung zu garantieren, wird beim ICS 1702 zusätzlich die  $\Delta U$ -Methode genutzt. Sobald die Spannung am Akku leicht sinkt, ist dies ein sicheres Indiz für den Beginn einer leichten Überladung. Der Mikrocontroller stoppt daraufhin sofort die Schnellladung. Des Weiteren wird bei jedem Start des Ladevorgangs ein Sicherheits-Timer gesetzt, der nach Ablauf, unabhängig vom Spannungsverhalten am Akku, den Schnell-Ladevorgang beendet.

Nach der Schnellladung steht der Akku mit ca. 90 % bis 95 % der maximalen Kapazität zur Verfügung. Um den Akku auf 100 % der zur Verfügung stehenden Kapazität zu bringen, ist noch eine Übergangsladung mit geringerem Ladestrom erforderlich.

Wie bereits erwähnt, beginnt die Phase der Übergangsladung automatisch, sobald die Schnellladung vom Mikrocontroller beendet wurde. Der Akku wird hierbei mit einem Strom geladen, der 10 % seiner Nennkapazität entspricht. Bei 30 Minuten Schnellladezeit erhalten wir dann z. B. alle 20 Sekunden einen Ladeimpuls.

Nach der Übergangsladung erfolgt als letzte Phase die zeitlich unbegrenzte Erhaltungsladung. Durch Selbstentladung entstehende Kapazitätsverluste werden durch entsprechende Stromimpulse, die 1/40 der Nennkapazität entsprechen, ausgeglichen.

Die Akku-Erkennung arbeitet vollkom-

men automatisch, da der ICS 1702 die Anschlussklemmen überwacht, ob ein Akku angeschlossen ist.

### Bedienung

Die Bedienung des RLG 7000 ist ausgesprochen einfach und übersichtlich gestaltet. Insgesamt stehen 5 Tasten (plus Ein-/Ausschalter) zur Eingabe und ein hinterleuchtetes LC-Display zur Verfügung. Zwei Polklemmen dienen zum Anschluss des zu ladenden Akkus bzw. Akkupacks.

Mit dem links unten angeordneten Netzschalter wird das RLG 7000 eingeschaltet. Nach dem Einschalten erfolgt zuerst eine kurze Initialisierungsphase, in der der für die Bedienung zuständige Mikrocontroller alle zur Verfügung stehenden Segmente des Displays aktiviert (Abbildung 4). Automatisch werden die zuletzt eingegebenen Werte für Nennspannung, Nennkapazität und Laderate übernommen. Soll mit diesen Daten weitergearbeitet werden, so ist aus Sicherheitsgründen mit der Taste „Eingabe“ jeweils für die Nennspannung die Nennkapazität und die Laderate eine kurze Bestätigung erforderlich.

### Eingabe der Akku-Daten

Die Eingabe der Akku-Daten erfolgt mit Hilfe der Taste „Eingabe“ und den 3 Cursor-Tasten rechts neben dem Display. Das Display zeigt die eingestellten und ggf. zu verändernden Akku-Daten an.

### Nennspannung

Zur Nennspannungsvorgabe ist die Taste „Eingabe“ kurz zu betätigen, worauf die selektierte Nennspannung des Akkupacks im Display angezeigt wird. Mit den Cursor-Tasten „↑“ und „↓“ ist die Spannungsvorgabe dann in 1,2-V-Schritten änderbar. Nach einer erneuten kurzen Betätigung der Eingabe-Taste wird die eingestellte Akku-Nennspannung übernommen, und das Gerät springt in den Betriebs-Mode zur Akku-Nennkapazitäts-Vorgabe.

### Nennkapazität

Auch die Vorgabe der Akku-Nennkapazität erfolgt mit Hilfe der Cursor-Tasten, rechts neben dem Display. Zunächst blinkt die niederwertigste rechte Stelle der Kapazitätsanzeige. Mit Hilfe der Pfeiltasten „↑“ und „↓“ erfolgt nun die Einstellung des Zahlenwertes für dieses Digit. Danach wird mit der „←“-Taste auf die nächste Stelle (2. von rechts) umgeschaltet, die daraufhin blinkt. Nach der Zifferneinstellung mit den Tasten „↓“ und „↑“ wird dann zur nächsten Stelle weitergestellt, bis die Nennkapazitätseingabe abgeschlossen ist. Zum Korrigieren des gerade eingestellten Kapazitätswertes ist die Taste „←“ so oft zu betätigen, bis die zu ändernde Stelle blinkt, und mit den Tasten „↓“ und „↑“ wird der neue Zahlenwert eingestellt. Abgeschlossen wird die Nennkapazitäts-Eingabe mit einer kurzen Betätigung der Eingabetaste. Das Programm schaltet dann mit

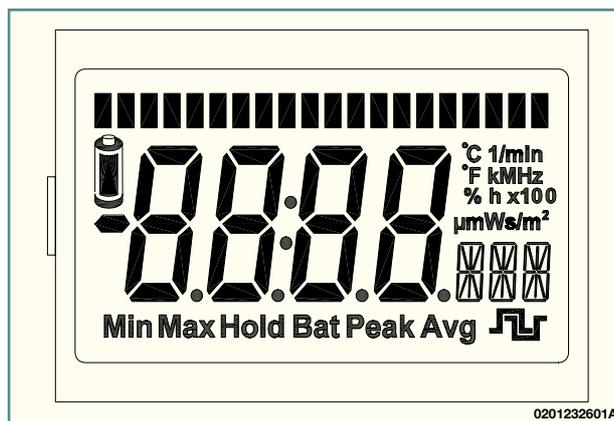
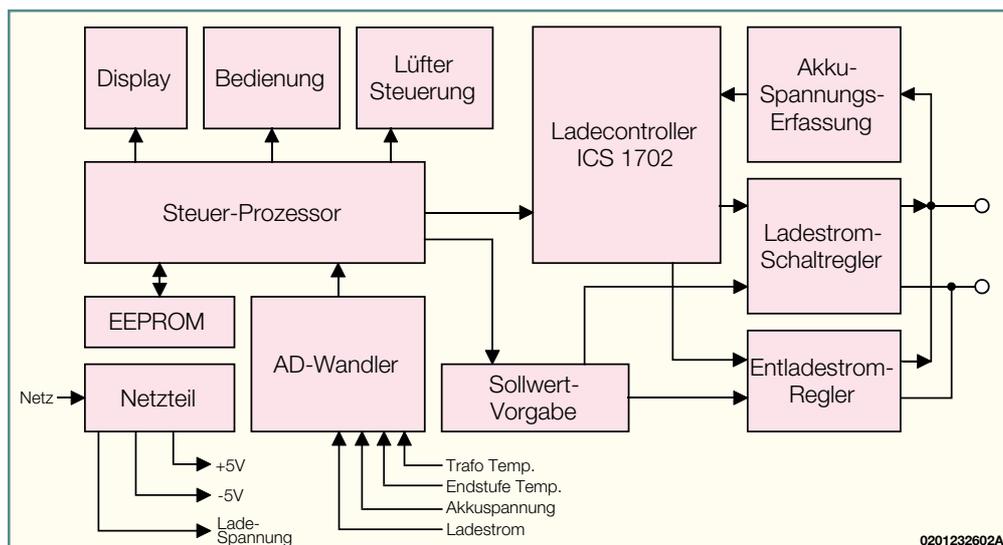


Bild 4: Display des RLG 7000



**Bild 5:**  
**Blockschaltbild des RLG 7000**

einer weiteren Betätigung der „Eingabe“-Taste auf den nächsten Menüpunkt zur Vorgabe der Laderate weiter.

### Laderate

Die Laderate wird allgemein auch als C-Rate bezeichnet und steht im direkten Verhältnis zur Akku-Nennkapazität. Bei einer Laderate von 1 C (viele Akkuhersteller geben 1 C als Schnellladerate an) entspricht der Ladestrom dem Zahlenwert der Nennkapazität. Ein Akku mit einer Nennkapazität von 1,5 Ah wäre dann mit einem Ladestrom von 1,5 A zu laden. Die insgesamt 9 einstellbaren Laderaten des RLG 7000 sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Da der Ladewirkungsgrad eines Akkus immer weniger als 100 % beträgt, muss grundsätzlich mehr Energie zugeführt werden, als der Akku tatsächlich speichern kann. Die Ladungsmenge, die zugeführt werden muss, ist bis zu 1,4 mal so groß wie die Nennkapazität des Akkus. Dies ist natürlich bei der Ladezeit entsprechend zu berücksichtigen.

Die Auswahl der gewünschten Laderate erfolgt ebenfalls mit den Cursor-Tasten „↑“ und „↓“ und wird durch eine kurze Betätigung der Taste „Eingabe“ übernommen.

### Start des Ladevorgangs

Nachdem die Akku-Daten eingegeben sind, kann mit der Taste Start/Stopp die Ladefunktion gestartet werden. Ist der betreffende Akku bereits an die Ausgangsbuchsen des RLG 7000 angeschlossen, wird mit der roten LED „Laden“ die Ladefunktion angezeigt. Die rote Lade-Kontroll-LED leuchtet in den Phasen 1 und 2 des Ladevorgangs, d. h. während der 2 bis 3-minütigen Soft-Startphase und während des Schnell-Ladevorgangs. In der Soft-Startphase wird der angeschlossene Akku formiert, indem der Ladestrom langsam bis zum eingestellten Endwert gesteigert wird. Während des Soft-Starts sind die

Entlade-Stromimpulse abgeschaltet.

In der Schnell-Lade-Phase werden dem Akku zyklisch hohe Stromimpulse von ca. 1 s Dauer zugeführt, gefolgt von sehr kurzen Entladeimpulsen mit ca. 2,5- bis 3-fachem Strom. In einer stromlosen Messphase wird die aktuelle Akkuspannung erfasst. Sobald die Steigungsgeschwindigkeit der Akku-Spannung zu Null wird, erkennt dies der Controller und beendet den Schnell-Ladevorgang.

Ein Akku, der so schnell wie möglich benötigt wird, kann bereits jetzt entnommen werden.

Es folgt nun die Phase der Übergangsladung, um den bereits 90 % bis 95 % geladenen Akku auf 100 % der speicherbaren Kapazität zu bringen. Anzeigt wird die 2-stündige Übergangsladung, wie auch die in Anschluss hieran folgende Phase der Erhaltungsladung, durch die gelbe Leuchtdiode „Erhaltung“. Um einen Überblick zu erhalten, wie lange bereits die Übergangsladung läuft, wird während dieser Phase die Zeit im Display heruntergezählt.

Nach Ablauf der Übergangsladung hat der Akku die max. speicherbare Energie aufgenommen. Die nun folgende Phase der zeitlich unbegrenzten Erhaltungsladung dient zum Ausgleich der natürlichen Selbstentladung von NC- und NiMH-Akkus. Der voll geladene Akku wird durch das gefüllte Batteriesymbol im Display angezeigt.

### Blockschaltbild

Das Zusammenwirken der verschiedenen analogen und digitalen Stufen, und somit die Funktionsweise des RLG 7000 ist am einfachsten anhand eines Blockschaltbildes (Abbildung 5) zu verdeutlichen. Zentrales Bauelement ist der Reflex-Ladecontroller ICS 1702 von Integrated Circuit Systems, der von einem Steuerprozessor unterstützt wird.

Die wesentlichen Funktionen des links im Blockschaltbild eingezeichneten Steu-

erprozessors sind die Bedien- und Anzeigefunktionen des Gerätes. Zur Anzeige aller wesentlichen Daten verfügt das RLG 7000 über ein hinterleuchtetes Multifunktions-Display. Neben dem Netzschalter sind zur Bedienung insgesamt 5 Taster vorhanden.

Nach Eingabe der Akku-Daten erfolgt die Freigabe des Ladecontrollers durch den Steuerprozessor. Der Steuerprozessor erhält über den AD-Wandler Informationen über die Trafo-Temperatur, Endstufen-Temperatur, Akku-Spannung und Ladestrom. Je nach Temperaturverhältnissen im Gerät wird dann der eingebaute Lüfter über die zugehörige Steuerung aktiviert.

Abhängig von den Akku-Daten und der gewünschten Laderate übernimmt der Steuerprozessor auch die Sollwert-Vorgabe für den Ladestrom und für die Amplitude der kurzen Entlade-Stromimpulse.

Zur Verringerung der Verlustleistung arbeitet der Ladestromregler mit einem PWM-Schaltregler. Die Sollwert-Vorgaben erfolgen vom Steuerprozessor, und die Freigabe übernimmt der Ladecontroller, abhängig vom Ladezustand des Akkus.

Der linear arbeitende Entladestrom-Regler erhält ebenfalls die Sollwert-Vorgabe vom Steuerprozessor. Auch hier erfolgt die Freigabe vom Ladecontroller ICS 1702. Da der Entladestrom-Regler während eines Zyklus von 1 Sekunde nur 5 ms aktiv ist, entsteht trotz des sehr hohen Stromes nur eine geringe Verlustleistung.

Die Akku-Spannungserfassung, oben rechts im Blockschaltbild, sorgt dafür, dass der Ladecontroller unabhängig von der Zellenzahl immer den einer Zelle entsprechenden Spannungswert erhält.

Das Netzteil, unten links im Blockschaltbild, stellt die Betriebsspannungen +5 V und -5 V zur Verfügung und liefert für den Ladestrom-Regler die Ladespannung.

Die Schaltungsbeschreibung dieses interessanten Ladegerätes erfolgt ausführlich im „ELVJournal“ 2/2002. 