

Blei-Gel-Lader: Beschreibung und Aufbauanleitung

Einleitung

Wer kennt das nicht: Ein schneller Griff zum Akkuschauber, dem Handfunkgerät oder einem anderen nur selten benutzten Gerät, ein kurzer Test – geht noch. Aber nach kurzer Zeit ist der Akku leer. Die Selbstentladung hat wieder einmal zugeschlagen. Soll man also die Akkus über Wochen im Ladegerät lassen? Die Erfahrung zeigt, dass sie dabei sehr oft Schaden nehmen, weil keine ausgefeilte Ladeerhaltungstechnik vorhanden ist.

Betrachtet man den zeitlichen Verlauf der Klemmenspannung nach einer Aufladung, sinkt die Spannung in den ersten Stunden zunächst schnell und dann immer langsamer ab. Darin spiegeln sich chemische Rekombinationsvorgänge wider, die durch den Wegfall des Ladestromes ausgelöst wurden. Nach einigen Stunden sinkt die Spannung über längere Zeit nur noch sehr langsam. Dieser Abfall wird allein durch den Selbstentladungsstrom verursacht. Aber da dieser Strom je nach Hersteller, Alter und Charge sehr unterschiedlich ausfallen kann, ist eine Ladungserhaltung mit einem festen Strom keine brauchbare Lösung.

Bei der hier vorgestellten Schaltung stellt sich der Erhaltungsstrom selbsttätig richtig ein, so dass der Akku immer voll ist. Der einzige Nachteil ist, dass die Aufladung des Akkus deutlich langsamer erfolgt als bei einem üblichen Ladegerät. Dafür muss man sich keine Sorge um die Überladung eines nur teilweise entladenen Akkus mehr machen. Und das kommt der Lebensdauer zu Gute und vermeidet den Memory-Effekt.

Erreicht wird dies durch die Ladung des Akkus aus einer sorgfältig eingestellten Festspannung über eine Siliziumdiode. Bei leerem oder teilweise entladem Akku fällt an der Diode in Folge der noch niedrigen Akkuspannung eine so hohe Spannung ab, dass die Diode einen relativ hohen Ladestrom passieren lässt. Sobald der Akku voll ist, reicht die nun geringere Spannung über der Diode gerade noch aus, den Ladeerhaltungsstrom fließen zu lassen. Erfolgreich eingesetzt wurde diese Methode bei NiCd, NiMH und Bleigel Akkus.

Disclaimer: Wie bei allen Selbstbauprojekten kann ich keine Gewähr für die einwandfreie Funktion übernehmen und ich hafte auch nicht für eventuell entstehende Schäden.

Allgemeine Hinweise zur Schaltung

Der Bleigellader ist für den Standby-Betrieb von Bleigelakkus mit mindestens 4 Ah bis über 100 Ah geeignet. Der maximale Ladestrom beträgt in der angegebenen Dimensionierung 600 mA. Bei einer Eingangsspannung von 19 Volt und einer Akkuspannung von 13 Volt ergibt sich daraus eine Verlustleistung von 3,6 Watt. Diese verteilt sich zu 3 mal 0,5 W auf die Eingangs- und Ausgangsdioden und den 1-Ohm-widerstand. Der Rest entfällt auf den LM317T. Trotz Kühlblech erwärmt sich die gesamte Schaltung deutlich, da das Kunststoffgehäuse komplett geschlossen ist. Es befinden sich aber keine temperaturempfindlichen Teile wie z. B. Elkos im Gerät. Wer noch höhere Ströme entnehmen will (R3 kleiner als 1 Ohm) sollte ein größeres Kühlblech - und damit einen anderen Aufbau in Erwägung ziehen. Der LM317T ist für maximal 1A ausgelegt.

Falls mehrere Akkus mit einer Schaltung gepuffert werden sollen, muss je Akku eine eigene Ausgangsdiode D4 vorgesehen werden, beispielsweise dadurch, dass man D4 durch eine Brücke ersetzt und separate Dioden in die Verkabelung zu den einzelnen Akkus einfügt. Die Akkus dürfen dabei natürlich NICHT direkt parallel geschaltet sein!

Aufbau der Schaltung

Der Aufbau der Schaltung an Hand der Bestückungszeichnung und der Stückliste bereitet keine Probleme. Je nach verwendetem Schalter kann es nötig sein, R9 mit etwas längeren Anschlüssen so einzubauen, dass er etwas über R12/R7 liegt, falls die Nähe zu den Schalteranschlüssen das erfordert. Das Kühlblech muss man nach Zeichnung aus einem 1 mm dicken Blech (vorzugsweise Alu) selbst angefertigen. Es wird zwischen Leiterplatte und LM317T mit Hilfe einer Zylinder- oder Senkkopfschraube und dem Distanzbolzen montiert. Das andere Ende des Distanzbolzens dient zur Befestigung der ganzen Schaltung im Gehäuse mit einer Senkkopfschraube. Da die Schraube dadurch leitend mit der Ausgangsspannung des IC verbunden ist, kann später an der Schraube die geregelte Spannung VOR der Ausgangsdiode gemessen werden. Bei Berührungsgefahr muss die Schraube mit Isolierband abgedeckt werden.

Die Leuchtdioden und der Schalter werden zunächst NICHT eingelötet. Dies geschieht erst, wenn die Platine erstmals im Gehäuse montiert ist, damit die Abstände genau passen. Die LEDs haben alle die gleiche Orientierung: das lange Anschlussbein (Anode) kommt in die Bohrung die der Platinenkante am nächsten liegt. Dann werden die Dioden bis zum Kragen in die Bohrungen des Gehäuses vorgeschoben. Entsprechend wird der Schalter (ohne Gewinde) so weit vorgeschoben, dass der Schaft gerade aus dem Gehäuse herausragt. Eine Schalterausführung mit Gewinde wird zuerst im Gehäuse so befestigt, dass er möglichst wenig heraus ragt.

Erst jetzt werden die drei Niederspannungsbuchsen eingebaut. Eventuell störende Stege in der Gehäusewand entfernt man mit einem kleinen Stechbeitel oder Schnitzwerkzeug. Der Einbau der Buchsen erfolgt so, dass die Kontakte keines der Bauteile auf der Platine berühren können. Ggf. kann man einen unbenutzten Kontakt zur Seite biegen oder ganz abzwicken (vgl. auch das Verdrahtungsfoto links unten und rechts). Die Minusanschlüsse aller Buchsen werden miteinander und mit einem Anschluss der Platine verbunden und die Plus-Leitungen so verlegt, dass später keine Drähte eingezwickelt oder mit dem heißen Kühlblech in Berührung kommen können. Eine hitzebeständige Isolierung der Drähte kann vorteilhaft sein.

Die Beschriftung des Gehäuses liegt in zwei Versionen als gif-Datei mit einer Auflösung von 600 dpi vor und sollte zusammen mit dieser Beschreibung verteilt worden sein. Sie kann auch von meiner Homepage www.mydarc.de/dh2mic/ herunter geladen werden. Ein Abdruck ist auch im Anhang dieser Beschreibung enthalten und sollte beim Ausdruck auf DIN A4 maßstabsgerecht sein. Für mein Mustergerät habe ich die Grafik zunächst auf meinem 600-dpi-Laserdrucker mit dem Programm GraphicWorkshop auf einem normalen Blatt Papier im Maßstab 1:1 ausgedruckt. Anschließend habe ich einen Adressaufkleber, bei dem das Trägerpapier nur am linken und rechten Rand entfernt wurde, genau über den Ausdruck geklebt. Beim erneuten Druck auf dieses so präparierte Blatt kommt der Ausdruck millimetergenau auf den Aufkleber, den man nun zurechtschneiden und von der Trägerfolie ablösen kann. Beim Aufkleben hilft eine starke Lampe, die das Gehäuse von hinten ausleuchtet, so dass die Bohrungen beim genauen Positionieren gut sichtbar sind. Nun noch die Bohrungen mit einem scharfen Messer freilegen: fertig.

Schaltungsbeschreibung

Die Schaltung weist folgende Anschlüsse, Anzeigen und Bedienelemente auf:

- + Zwei Eingänge für externe Spannungsquellen von mindestens 19 Volt und vorzugsweise 600 mA Strom. Eine der Quellen ist beim Autor ein kleines Solarpanel (mit weniger als 600 mA Kurzschlussstrom) und die andere Quelle ist ein Steckernetzteil für PCs, das aber nur in Ausnahmefällen an 230 Volt angeschlossen wird. Aktiv ist immer die Quelle, die die höhere Spannung liefert,
- + einen Ausgang für den Anschluss des Blei-Gel-Akkus,
- + einen Schalter zur temporären Erhöhung der Ladespannung und
- + drei LEDs zur Anzeige der Betriebszustände

Der rechte Teil der Schaltung ist der eigentliche Ladeteil, der Rest dient nur zur Ansteuerung der gelben und grünen LEDs, ist also eigentlich nicht erforderlich. Wer will kann statt dessen auch ein kleines Amperemeter mit 600 mA Vollausschlag vorsehen.

Mit dem Schalter kann man die Ladespannung **VORÜBERGEHEND** um 0,55V bzw. 1,1V erhöhen und damit eine schnellere Aufladung erzielen. Dabei muss aber die Spannung am Akku überwacht werden! Sie darf bei vielen Bleigel-Akkus einen Wert von 14,1 Volt nicht überschreiten! Man darf also keinesfalls versäumen, den Schalter rechtzeitig wieder in die mittlere oder die Standby-Ladespannungsposition zu bringen!

Merke: Auch in der (linken) Standby-Stellung wird der Akku nach einigen Tagen wieder voll sein, ohne dass es irgendeines Eingriffes oder einer Überwachung durch den OP bedarf.

Der Kern der Ladeschaltung ist der LM317T mit der Spannungsteilerbeschaltung R6, R7+R8, dem mit S1 die Widerstände R9 oder R10 parallel geschaltet werden können. Abgeglichen wird die Ausgangsspannung des Reglers an der Befestigungsschraube (gegen Minus) mit R8 auf 14,2 Volt. Mit einer 1N4007 ergibt sich dann bei einem Ladungserhaltungsstrom von 10 mA (40Ah-Akku) eine Akkuspannung von 13,5 Volt. Da es letztlich auf diesen Wert ankommt und nicht alle 1N4007 gleich sind, muss R8 ggf. nach einigen Tagen etwas nachgestellt werden.

An R1 fällt eine dem Ladestrom proportionale Spannung ab. Bei 600 mA erreicht sie 600 mV, T1 wird leitend und wenn der Kollektorstrom 6 mA erreicht, leuchtet die rote LED und an R4 stehen ebenfalls 600 mV, so dass auch T2 leitend wird und einen Teil des durch R6 vorgegebenen Stromes von ungefähr 5 mA ($1,25 \text{ V} / 220 \text{ Ohm}$) "abzieht", so dass der Spannungsabfall an R7+R8 sinkt - allerdings nur soweit wie zur Aufrechterhaltung des maximalen Ladestromes von 600 mA erforderlich ist. Bei weniger als 600 mA erlischt die rote LED.

Die Schaltung mit T3 bis T7 bringt je nach Ladungszustand die gelbe und/oder grüne LED zum Leuchten. Gelb bedeutet: Ladung im Gange - der Strom liegt (noch) oberhalb des Ladungserhaltungsstromes. Wenn beide leuchten, nähert sich der Akku seinem "Voll"-Zustand und wenn nur noch die grüne leuchtet ist er ganz aufgeladen. Die Steuerungsinformation wird - wie bei der roten LED - aus dem Spannungsabfall an R1 abgeleitet.

Die Schaltung besteht aus zwei Differenzverstärkern: T3+T4 in Emitterschaltung und T6+T7 in Basisschaltung. Die Basis von T3 liegt auf einem festen Pegel von ca. 2,4 Volt (ist in Grenzen von der Eingangsspannung abhängig). Dieser Pegel muss näherungsweise auch an der Basis von T4 anliegen, d.h. durch R14 müssen 11 mA fließen. Falls der Strom zu niedrig sein sollte, würde T3 stärker leitend werden und sein Kollektorstrom ansteigen und damit den Basisstrom für T6 und/oder T7 so weit erhöhen bis das Gleichgewicht an T3+T4 wieder erreicht ist.

Die Funktion des zweiten Differenzverstärkers ist etwas schwieriger zu durchblicken. Nehmen wir dazu an, dass die 11 mA durch R14 je zur Hälfte aus T7 und dem an T6 angeschlossenen Emitterfolger T5 stammen. Dann muss der Pegel am Kollektor von T7 11,2 Volt betragen. 11,2 Volt? Ja: 2,4V an R14 + 6,8V an D7 und ca. 2V an D6. Dann fließt aber durch R18 auch ein Strom von 7,5 mA ($11,2V / 1,5k$). Der Kollektorstrom von T7 beträgt damit $5,5 + 7,5 = 13$ mA. Nehmen wir jetzt weiter an, dass der Ladestrom 60 mA beträgt. Dann beträgt der Spannungsabfall an R1 60 mV. Um diese 60 mV ist die Basis-Emitterspannung von T6 niedriger als die von T7. Wegen des exponentiellen Zusammenhanges zwischen Basisspannung und Kollektorstrom (für je 60 mV Spannungsreduktion nimmt der Basisstrom - und damit auch der Kollektorstrom - um den Faktor 10 ab) ist der Kollektorstrom von T6 dann 1,3 mA. Der Spannungsabfall an R15+R16 muss dann so groß sein, dass der Emitterfolger Strom ziehen kann: 2,4V an R14 + 2V an D5 + 0,7 V Basis-Emitterspannung von T5 ergibt 5,1V. Damit läge der Wert von R15 + R16 bei 3,9 kOhm. Möchte man, dass beide LEDs erst leuchten, wenn der Ladestrom nur noch 30mA beträgt, muss man den maßgeblichen Kollektorstrom von T6 durch Verkleinern von R16 nur entsprechend erhöhen (etwa Faktor 2).

Da der Strom durch T6 auch durch den 1-Ohm-Widerstand fließt, besteht eine gewisse Gegenkopplung beim Übergang von "nur gelb" nach "nur grün", was aber in der Praxis nicht negativ auffällt. Alle übrigen Ströme - vor allem die der LEDs - werden VOR R1 abgezweigt.

Das Layout wurde mit SPRINT V4.0 erzeugt. Zum Ausdruck des Layouts gibt es ein kostenloses Druckprogramm VIEWLAYOUT40.EXE, mit dem das Layout auf dem eigenen Drucker maßstabgerecht ausdrückbar ist. Beide Files sollten zusammen mit dieser Beschreibung verteilt worden sein, sind aber auch von meiner Homepage herunter ladbar. Normalerweise sollte auch das im Anhang enthaltene Layout (gespiegelt, damit die bedruckte Seite später auf dem Kupfer zu liegen kommt) auf einer Folie maßstabgerecht ausdrückbar sein.

Die weiteren Seiten enthalten den Stromlauf, die mechanischen Zeichnungen, eine Stückliste und einige Fotos. Zusammen mit dieser Ausarbeitung sollten auch folgende Dateien mit verteilt werden: Bleigellader-V2_2.lay und VIEWLAYOUT40.EXE sowie Bleigellader-Beschriftung-600dpi-sw.gif und Bleigellader-Beschriftung-600dpi-ws.gif

Ergänzender Hinweis vom 16.08.2013

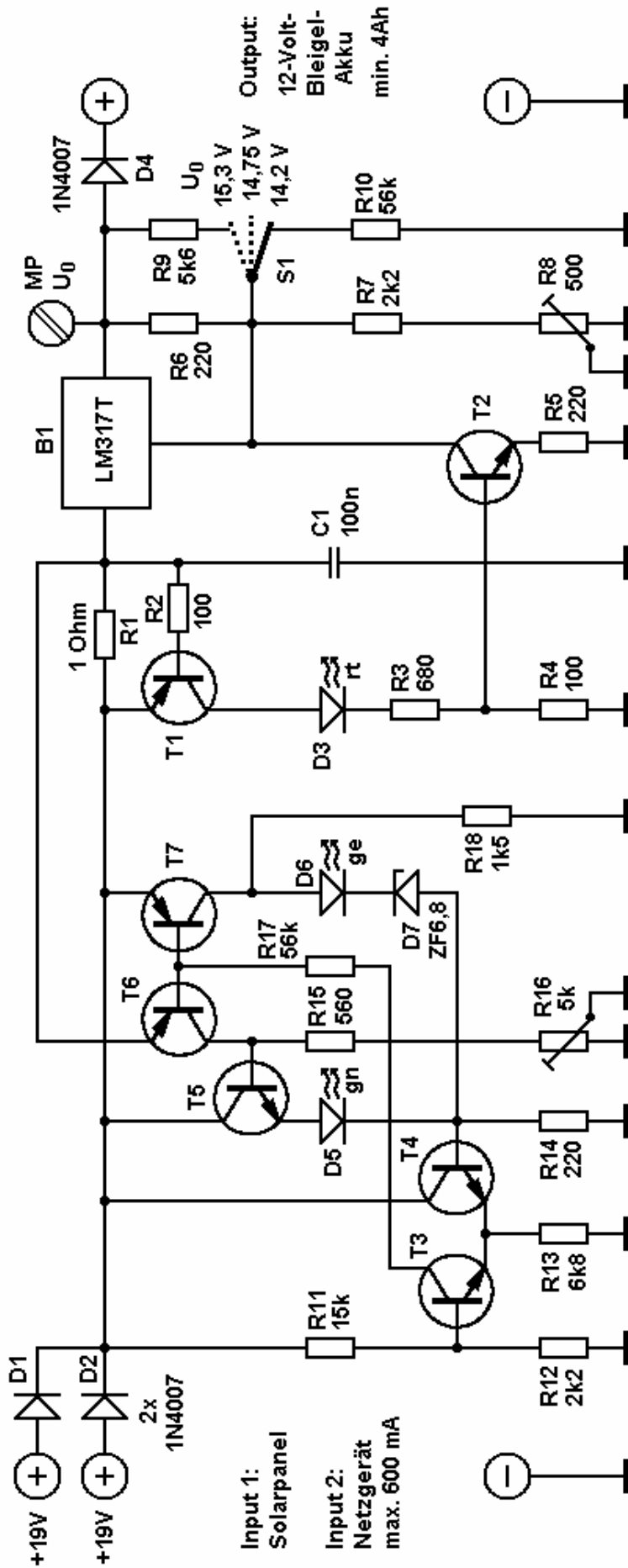
Wer diese Ladungserhaltungsmethode bei NiCd oder NiMH einsetzen möchte, kann als Ladungserhaltungsspannung einheitlich 1,38 Volt pro Zelle ansetzen. Eine Überprüfung sollte aber in jedem Einzelfall erfolgen.

Verbesserungshinweise oder Berichte über eventuelle Fehler bitte an: dh2mic@darz.de

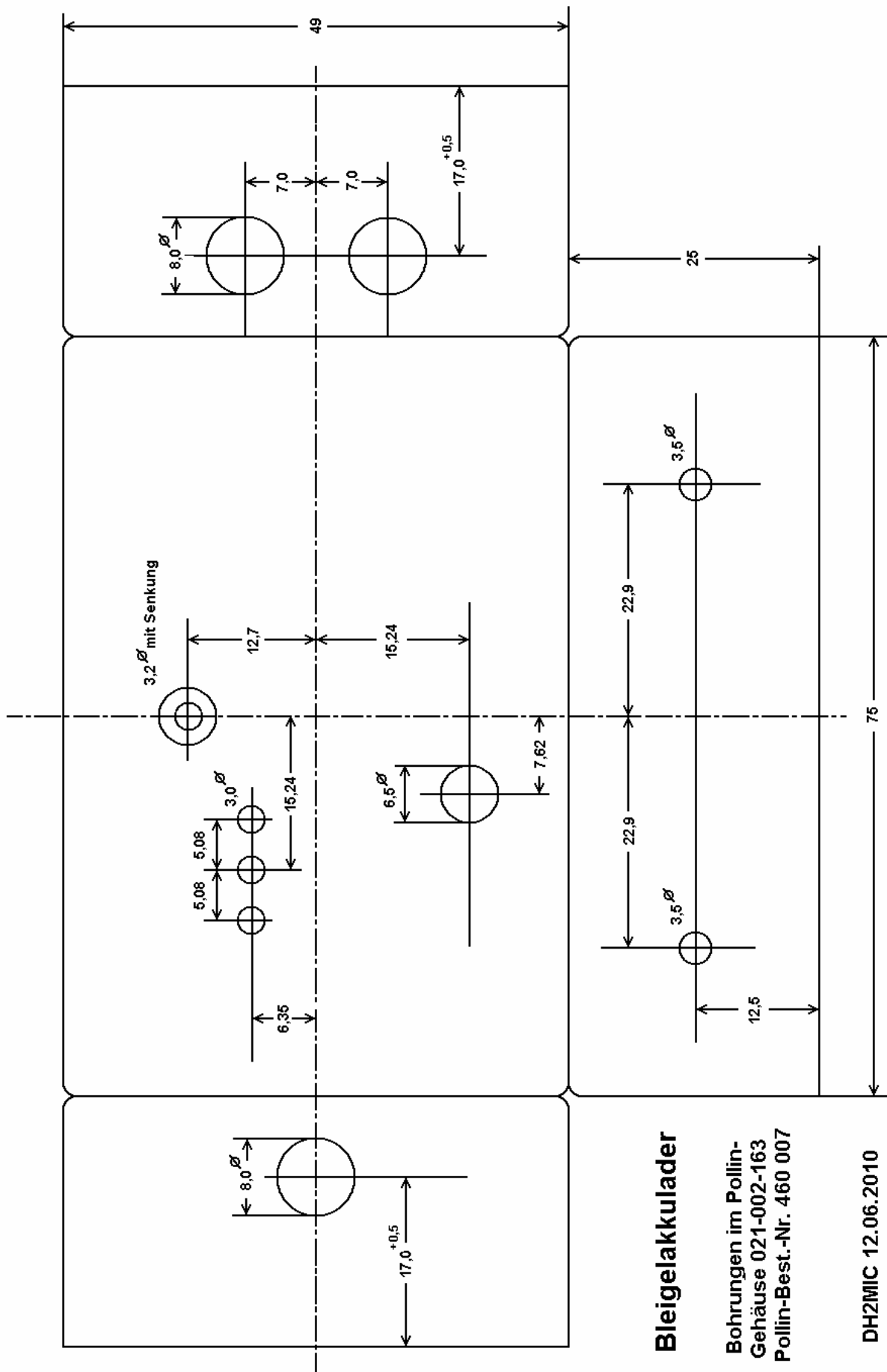
vy 55 beim Nachbau wünscht Hartwig, DH2MIC, OV C01

Bleigellader - Stückliste - DH2MIC - 12.06.2010

Kennzeichen	Wert / Typ	Bemerkungen	Pollin Reichelt Conrad Hartnagel (P:;,R:;,C:;,H:;)
B1	LM317T		R: LM 317-220
Bu1...Bu3	5,5 x 2,1 mm	Niedervolteinbaubuchse	R: HEBL 21
C1	100n	keramisch	R: X7R-5 100N
D1	1N4007		R: 1N 4007
D2	1N4007		R: 1N 4007
D3	LED rot	3 mm low current	R: LED 3MM 2MA RT
D4	1N4007		R: 1N 4007
D5	LED grün	3 mm low current	R: LED 3MM 2MA GN
D6	LED gelb	3 mm low current	R: LED 3MM 2MA GE
D7	ZF 6,8 Volt	Z-Diode	R: ZF 6,8
R1	1	0,5 W	R: 1W 1,0
R2	100		R: 1/4W 100
R3	680		R: 1/4W 680
R4	100		R: 1/4W 100
R5	220		R: 1/4W 220
R6	220		R: 1/4W 220
R7	2k2		R: 1/4W 2,2K
R8	500	Trimpoti, stehend, PT10	H: oder P: 240 359
R9	5k6		R: 1/4W 5,6K
R10	56k		R: 1/4W 56K
R11	15k		R: 1/4W 15K
R12	2k2		R: 1/4W 2,2K
R13	6k8		R: 1/4W 6,8K
R14	220		R: 1/4W 220
R15	560		R: 1/4W 560
R16	5k	Trimpoti, stehend, PT10	H: oder P: 240 252
R17	56k		R: 1/4W 56K
R18	1k5	Senkkopf	R: 1/4W 1,5K
S1	Ein-Aus-Ein	RM 9,5 mm	C: 70 15 13 oder P: Kipp-schalter MTS-103-A2, 1-polig EIN-AUS-EIN, Printm.
T1	pnp	BC 308 oder BC 557	R: BC 557B
T2	nnp	BC 338 oder BC 547	R: BC 547B
T3	nnp	BC 338 oder BC 547	R: BC 547B
T4	nnp	BC 338 oder BC 547	R: BC 547B
T5	nnp	BC 338 oder BC 547	R: BC 547B
T6	pnp gepaart	BC 308 oder BC 557	R: BC 557B Delta U _{BE}
T7	pnp gepaart	BC 308 oder BC 557	R: BC 557B < 3 mV
St1...St3	5,5 x 2,1 mm	Niedervoltstecker 5,5 x 2,1 mm	nach Bedarf
Schraube	M3x8...10	Senkkopf	SKS-E M3x10-100
Schraube	M3x8...10	(Zylinderkopf oder) Senkkopf	dito (100 Stück-Packung!)
Distanzbolzen	15 mm	mit M3-Innengewinde	R: DI 15MM
Kühlblech	Alu 1,0 mm	siehe Zeichnung	Eigenfertigung
Gehäuse	76x50x27 mm	Pollin, Typ 021-002-163	P: 460 007
Leiterplatte			Eigenfertigung
Beschriftung		nach Zeichnung	Eigenfertigung



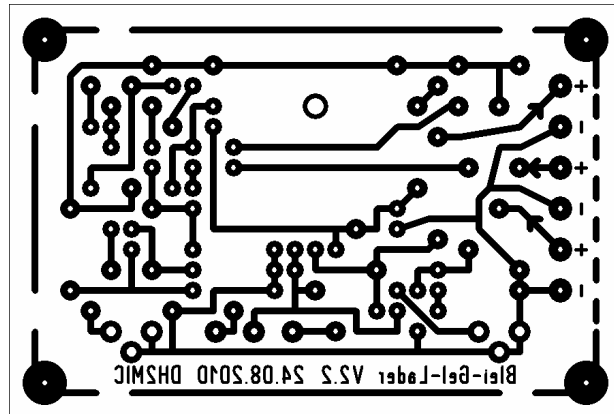
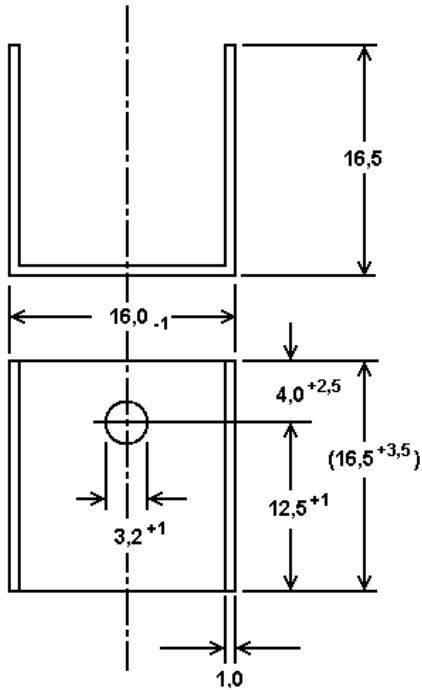
Bleigelakku-Lader - 12V 600mA (max) - DH2MIC - 12.06.2010 - Rev. 8/2013



Bleigelakkulader

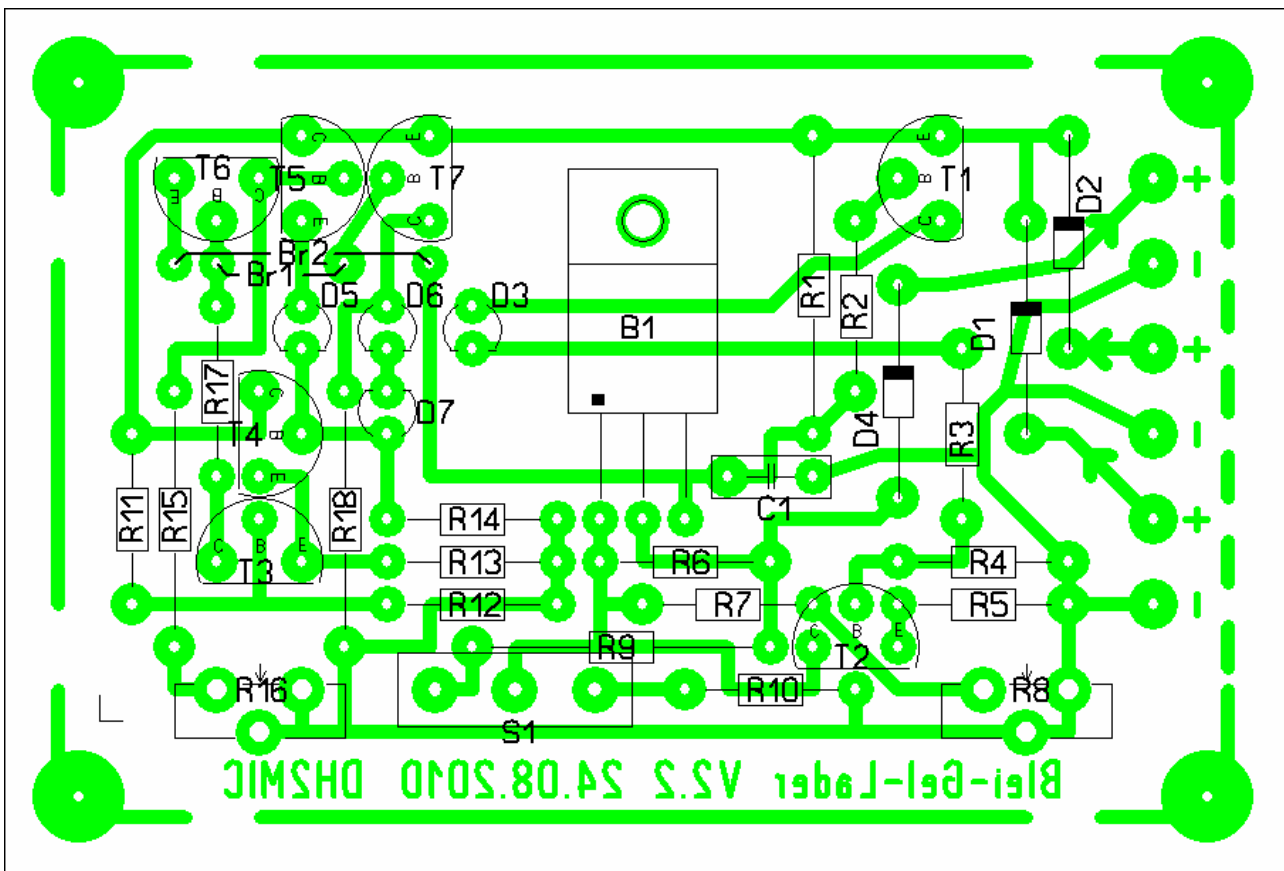
Bohrungen im Pollin-
Gehäuse 021-002-163
Pollin-Best.-Nr. 460 007

DH2MIC 12.06.2010

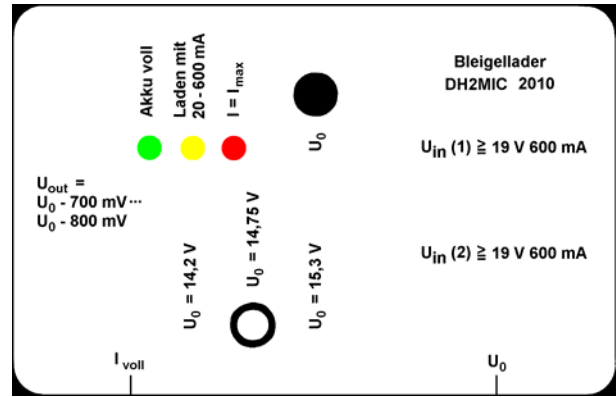
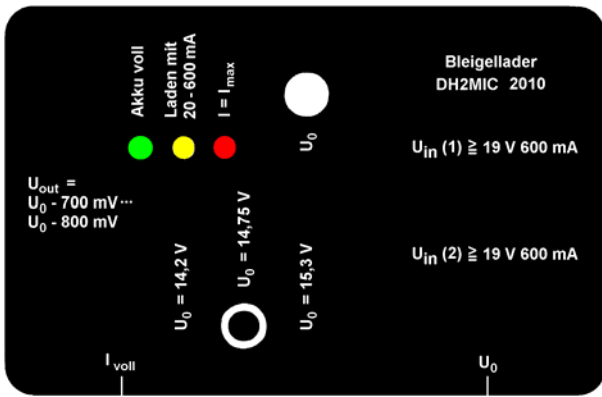


Layout (gespiegelt) etwa im Maßstab 1:1

Kühlblech Alu
1 mm



Bestückungsplan mit durchscheinendem Layout



Beschriftung weiß auf schwarz und schwarz auf weiß (etwa im Maßstab 1:1)

Die Dateien dieser Grafiken sollten als Bleigellader-Beschriftung-600dpi-sw.gif (linkes Bild) und als Bleigellader-Beschriftung-600dpi-ws.gif (rechtes Bild) zusammen mit dieser Beschreibung verteilt werden.



Fertiges Standby-Ladegerät mit aufgeklebter Beschriftung.
Der zu blasse Ausdruck wurde mit wasserfestem Filzschreiber nachgeschwärzt.

Nächste Seite:
Bestückte Versuchsplatine und Blick in die Gehäuseverdrahtung.

