

Die elektronische Anodenbatterie

Zusammenfassung: Anodenbatterien für alte, röhrenbestückte Kofferradis sind nicht mehr im Handel, zur Inbetriebnahme konnte man sich bisher z.B. mit in Reihe geschalteten 9V-Blockbatterien helfen. Ein Spannungswandler mit Einschaltautomatik löst das Problem: er erzeugt aus einer Hilfsbatterie aus 4 Baby- oder Monozellen eine Anodenspannung von 90 oder 120 V. Im Ruhezustand ist seine Stromaufnahme nahezu Null, er wird bei Stromentnahme aus der Anodenversorgung automatisch aktiviert.

Dieser Bauvorschlag wurde in gekürzter Form im Funkamateurl Heft 11/2007 veröffentlicht.

1. Die Schaltungstechnik röhrenbestückter Kofferempfänger

Da das Interesse an der Röhrentechnik gerade wieder erwacht, sind ein paar Grundlagen über die Schaltungstechnik vor 50...70 Jahren angebracht. Für die Profis ist das Folgende bekannt, aber jüngere Elektronik-Begeisterte kennen die Röhrentechnik nur noch aus Büchern. Da haben Sie nun ein altes, röhrenbestücktes Kofferradio erbeutet und wollen es in Betrieb nehmen – doch es fehlen die passenden Batterien.

Die Mehrzahl der röhrenbestückten Koffergeräte verwendet spezielle Batterieröhren-Serien, die auf geringe Stromaufnahme optimiert sind. Es gab auch einige Kofferempfänger mit normalen E-Röhren (z.B. die Radione-Geräte aus Österreich), die aber nur für Netz- und Autobatteriebetrieb konstruiert waren.

Die erste speziell für Kofferempfänger geschaffene Röhrenreihe waren in Deutschland die K-Röhren mit 2V Heizspannung (eine Bleiakku-Zelle) und direkter Heizung. Die Anodenspannung betrug je nach Gerät 90...150 Volt.

Da eine Batteriezelle in Zink-Kohle-Technik nur 1,5 V besitzt, entstanden zuerst in USA und dann in Deutschland entsprechende Röhrenfamilien mit 1,4V und teilweise 1,2V Heizspannung (für NiCd-Akkus). Die deutsche D-Reihe gab es erst als Stahlröhren, dann als Allglasröhren mit Rimlock- und Miniatursockel, teils auch als bedrahtete Subminiaturröhren. Mancher kennt vielleicht noch das berühmt-berüchtigte Bundeswehr-Funkgerät PRC-6 (die „Banane“) mit 15 Subminiaturröhren und einer Reichweite, die etwa der Wurfweite des Gerätes entsprach.

Der Heizleistungsbedarf wurde von etwa 50...100mA pro Röhre auf 25mA gesenkt. Die letzten voll röhrenbestückten Koffergeräte wie die Philips Annette kamen zwischen 1958 und 1959 auf den Markt. Danach waren die Transistoren UKW-fähig und die Halbleiterbestückung setzte sich durch. Als Zwischenlösung gab es z.B. von Grundig Geräte mit D-Röhren im HF-Teil und transistorbestücktem NF-Teil sowie einem Transistor-Spannungswandler für die Anodenspannungserzeugung.

Die Heizspannungsversorgung: Die meisten Geräte betreiben die Heizfäden in Parallelschaltung, die Heizbatterie liefert dann 1,5V bei einem Strom von 0,2...0,5A. Üblich sind eine oder zwei parallelgeschaltete Monozellen. In einigen Fällen sind die Heizfäden in Reihe geschaltet, was eine Heizbatteriespannung von 6...7,5V ergibt. Diese Schaltungsvariante findet sich zum einen in Geräten mit eingebautem Allstromnetzteil oder mit Transistor-Teilbestückung. Im ersten Fall hat

man die Heizkette über einen Vorwiderstand ans Netz gelegt (nicht gerade energiesparend), im zweiten Fall brauchte man für die Transistorstufen ohnehin eine Betriebsspannung von 6...9V. Die Batterieröhren laufen an der Grenze des technisch Möglichen, daher geht die Leistung mit absinkender Heizspannung rasch zurück, unter 1,1V geht fast nichts mehr. Je älter die Röhre ist, desto steiler ist der Leistungsabfall. Manchmal läßt sich eine schwache Röhre „regenerieren“, indem man sie für eine halbe Stunde mit doppelter Heizspannung betreibt.

Moderne Alkali-Mangan-Batterien haben gegenüber den früheren Zink-Kohle-Zellen eine viel flachere Entladekennlinie. Ihr Innenwiderstand ist geringer und unter 1V sind sie ohnehin praktisch leer. Ihrem Einsatz steht in alten Geräten nichts im Wege, die Betriebszeit ist sogar um ein Mehrfaches länger; zum einen haben sie eine höhere Kapazität (bei der Monozelle rund 20 Ah gegen 4...8 Ah) und die Batterie kann fast bis zur Totalentladung genutzt werden.

In manchen Geräten finden sich Heizakkus als alleinige oder zusätzliche Heizspannungsquelle, bei Telefunken als quaderförmige Nickel-Cadmium-Batterie, bei Philips als Mono- oder Babyzelle in NiCd-Ausführung. Sie sind meistens defekt und sollten entfernt und in den Altbatterie-Container entsorgt werden.

Die Anodenversorgung: Als Anodenspannung werden 90...120V bei einer Stromentnahme von 10...15 mA benötigt. Die ersten Anodenbatterien bestanden aus einzelnen Zink-Kohle-Zellen etwa in Größe von Mignon-Zellen. Damit reichte die teure Anodenbatterie für etwa 100 Betriebsstunden. Die Anodenversorgung ist von der Spannung unkritisch, die meisten Geräte arbeiten schon mit Anodenspannungen von 40 V!

Neuere Anodenbatterien bestanden aus Flachzellen (Mikrodyn-Anodenbatterien), die Bauform findet sich heute noch bei 9V-Energieblocks in Zink-Kohle-Ausführung.

Anodenbatterien sind nicht mehr im Handel. Wer sich nicht viel Arbeit machen will, kann 10...15 Stück 9V-Energieblocks als Ersatzlösung in Reihe schalten.

Trickschaltungen: Die Anodenbatterie war der entscheidende Betriebskostenfaktor der Geräte.

Daher erdachten die Rundfunkentwickler jede Menge Trickschaltungen, um den Anodenstrombedarf zu senken. Der Hauptverbraucher ist die NF-Endröhre, die wie beim normalen Radio als Eintakt-A-Verstärker mit hohem Ruhestrom ausgeführt war. Mehr als 0,2...0,3W NF-Leistung waren so nicht erreichbar. Daher gab es im wesentlichen vier Stromspartricks:

- der gleitende Arbeitspunkt: im Ruhezustand wurde die Endröhre mit stark verringertem Ruhestrom betrieben, ein Gleichrichter erzeugte aus der Ausgangsspannung der NF-Vorröhre eine Hilfsspannung. Sie schob bei großen NF-Pegeln den Arbeitspunkt nach oben zu größerem Ruhestrom.
- die halbierte Endröhre: einige Endröhren haben einen geteilten Heizfaden. Durch Abschalten der einen Hälfte und Korrektur des Arbeitspunktes mit einer Spartaste wurde die Ausgangsleistung zugunsten der Batterie-Lebensdauer dauerhaft reduziert.
- die Zusatz-Endröhre für Netzbetrieb: bei Netzbetrieb wurde eine normale Endröhre, z.B. eine EL95 mit 2W NF-Leistung zugeschaltet.
- Die Gegentakt-B-Endstufe: Das ist die technisch saubere Lösung, erfordert aber zwei Endröhren und einen zusätzlichen Treibertrafo. Es gab dafür einige Spezialröhren mit zwei Endtrioden in einem Glaskolben wie die KDD1 und die DDD11.

Eine andere Trickschaltung betrifft den Heizkreis: die direkt geheizten Röhren erfordern bei Netzbetrieb eine absolut brumfreie Heizspannungsquelle, was mit den vor 50 Jahren verfügbaren Elkos von maximal 250µF ein Problem darstellte. War ein Heizakku Bestandteil der Schaltung, so übernahm er mit seinem geringen Innenwiderstand die Brummsiebung. Z-Dioden zur Stabilisierung waren noch nicht erfunden – die Lösung hieß Selenstabilisator: mehrere in Durchlaßrichtung betriebene Selen-Gleichrichterzellen wirkten als Stabilisatordiode, so wie man heute eine Siliziumdiode oder eine LED zur Erzeugung (leidlich) stabiler Spannungen zwischen 0,7 und 2,5 V

einsetzt. Neben speziellen Stabilisatoren wurden mitunter normale Netzgleichrichter dafür zweckentfremdet.

Die Selenstabilisatoren überlebten die Röhrenzeit und finden sich in vielen Transistorradios zur Stabilisierung der Arbeitspunkte der Transistoren, speziell der Oszillatoren im UKW-Teil.

2. Wege zur elektronischen Anodenbatterie:

Die Eckdaten einer elektronischen Anodenspannungsquelle sehen wie folgt aus:

- die gängigen Anodenspannungen liegen bei 90V und 110...120V, wobei bei den damals verwendeten Zink-Kohle-Batterien ein Abfall auf die halbe Nennspannung zugelassen wurde. Ein Versuch zeigt, daß die Geräte ab etwa 40V Anodenspannung (leidlich) funktionieren.
- die Stromaufnahme liegt bei 10...15mA, damit ergab sich eine Gebrauchsdauer der Anodenbatterie von rund 100 Stunden. Das gleiche sollte die elektronische Lösung erreichen: eine Anodenleistung von rund einem Watt erfordert eine Eingangsleistung des DC-DC-Wandlers von rund 1,5W. Mit vier Alkali-Mangan-Babyzellen steht eine Kapazität von 8Ah oder 48Wh zur Verfügung. Damit erhält man eine Nutzungszeit von etwa 30 Stunden. Mit vier Monozellen stehen 20Ah zur Verfügung und man erhält rund 80 Stunden Nutzungszeit. Vier Babyzellen sollten zusammen mit dem Wandler im Fach für die Anodenbatterie unterbringbar sein.
- Eine Alkali-Mangan-Zelle ist bei einer Spannung von 1V praktisch entladen. Bei einem unregelmäßigen Wandler bewirkt ein Spannungsabfall von 1,5V auf 1V einen Ausgangsspannungsabfall von 90V auf 60V, was für das Gerät kein Problem darstellen sollte.
- Der Wandler arbeitet in unmittelbarer Nähe der Ferrit- oder Rahmenantenne. Um die Störungen durch die Oberwellen der Wandlerfrequenz von vornherein gering zu halten, empfiehlt sich ein Wandlerkonzept mit verrundeten Spannungs- und Stromflanken. Ferner sind „offene“ magnetische Bauteile im Leistungsteil möglichst zu vermeiden. Der Schirmaufwand wird so gering gehalten.
- Der Wandler sollte über eine Einschaltsteuerung verfügen, die möglichst wenig Eingriffe im Gerät benötigt

3. Die Lösung

Zum Thema Anodenbatterien gibt es erstaunlich wenig Veröffentlichungen, eine pfiffige Lösung ist in /2/ zu finden. Sie arbeitet trafolos als geregelter Sperrwandler und nutzt die Induktionsspitze in einer Fertigdrossel aus. Da ich bei dieser Lösung mit schnellschaltendem Power-MOSFET und einer magnetisch offenen Drossel einiges an EMV-Problemen erwartete, suchte ich nach einer anderen Idee.

Da der Spannungswandler nicht geregelt sein braucht, bietet sich eine einfache, selbstschwingende **Gegentaktschaltung** an, die manchmal als Royer-Konverter bezeichnet wird. Ein Kondensator ergänzt die Primärwicklung des Wandlertrafos zu einem stark bedämpften Schwingkreis und verschleift so die Schaltflanken. Dieses Konzept aus der Anfangszeit der Transistortechnik ist inzwischen die Standardschaltung für Leuchtstofflampen zur LCD-Display-Beleuchtung. Wer sich für Details interessiert, findet in /1/ reichlich Informationen zum Royer-Konverter. Ein Nachteil ist der vergleichsweise komplizierte Wandlertrafo. Wer sich mit Röhrenradios beschäftigt, sollte eigentlich keine Berührungsängste zu induktiven Bauteilen haben. Die Vorteile sind:

- einfache Schaltung mit Transistoren und Dioden, also kein Schaltnetzteil-IC, das es morgen vielleicht nicht mehr gibt.
- selbstschwingende Wandler bleiben bei Überlast oder Kurzschluß einfach stehen bzw. laufen nicht

an, sofern die Anlaufschaltung geeignet aufgebaut ist.

- Der Luftspalt des Wandlertrafos ist im Inneren, daher weniger magnetisches Streufeld als bei Verwendung von Stabkern- oder Garnrollenkern-Drosseln.

- geringe Restwelligkeit durch Gegentakt-Konzept

- Ein- und Ausgangsspannung über die Windungszahlen leicht anpaßbar.

Zur Ergänzung ist eine **Einschaltautomatik** integriert, die ohne externe Bauteile oder Schaltsignale auskommt.

Zum Einschalten wird ein Effekt genutzt, der den Röhrenspezialisten als Anlaufstrom bekannt ist: Aufgrund der physikalischen Vorgänge bei der Glühemission ist auch bei ganz geringer Anodenspannung ein kleiner Anodenstrom zu messen, selbst bei leicht negativer Spannung fließen Bruchteile von einem Mikroampere! Versuche ergaben, daß bei Batterieradios hauptsächlich die Endröhre den Anlaufstrom liefert. Bei parallelgeheizten Geräten wie dem Bajazzo 55 von Telefunken waren bei einer Anodenspannung von 5V rund 0,2 mA zu messen, bei seriengeheizten Geräten sitzt die Endröhre oft am plusseitigen Ende der Heizbatterie und die Kathode liegt so auf erhöhtem Potential. Da fällt der Anlaufstrom viel geringer aus, aber 2...5 μ A reichen auch als Einschaltsignal, wenn man den Meßwiderstand anpaßt.

Ein weiterer Punkt ist die **Entstörung** des Wandlers. Bei einem Gleichspannungswandler mit sinusähnlichem Signal sind Störungen im Kurzwellen- oder UKW-Bereich kein Thema, aber im Lang- und Mittelwellenbereich wird es ernst. Der Hauptanteil der Störeinkopplung erfolgt über das magnetische Streufeld der Induktiven Bauteile in die Ferrit- oder Rahmenantenne. Beim ersten Versuch bekam der Wandlertrafo eine Bauchbinde aus Kupferfolie und als Entstördrosseln wurden Ringkerne eingesetzt. Doch das reichte nicht, deshalb erhielt die zweite Version ein geschlossenes Schirmgehäuse.

4. Details der Wandlerschaltung

Bild 3 zeigt den Stromlaufplan des Wandlers. Zentrales Element ist der Wandlertrafo mit den beiden Schalttransistoren T3 und T4. Die verwendeten Typen FZT653 stammen von ZETEX und sind auf geringe Durchlaßverluste im Schaltbetrieb optimiert. Einziger Nachteil ist das SOT223-Gehäuse, aber ganz ohne SMT (schlecht montierbare Teile) geht es nicht mehr. Auch der Einschalttransistor T2 (FZT949) stammt aus der ZETEX-Familie.

Der **Wandlertrafo** verwendet einen EF20-Kernsatz von EPCOS mit 0,08mm Luftspalt und Material N27. Wer nur den standardmäßigen Kernsatz ohne Luftspalt auftreiben kann, legt entweder eine dünne Folie zwischen die Kernhälften oder betreibt den Wandler ohne Luftspalt, dann wandert die Schaltfrequenz aber in den Hörbereich um 8 kHz. Ein vollständiger Materialsatz besteht aus zwei E-Kernhälften, dem Wickelkörper für stehenden Einbau mit 2 * 5 Stiften und zwei Federklammern, die die Kerne im Wickelkörper halten.

Der Wicklungsaufbau ist folgendermaßen:

Die Sekundärwicklung verwendet (lötbaren) Kupferlackdraht mit 0,2mm Durchmesser, je Lage passen dann gerade 50 Windungen auf den Spulenkörper. Eine Folienisolierung zwischen den Lagen ist bei modernen Wickeldrähten nicht mehr nötig. Die Wicklung ist gerade noch von Hand zu schaffen, sofern nicht neugieriger Nachwuchs oder spielsüchtige Katzen (wie bei mir) in das Geschehen eingreifen. Die Sekundärwicklung mit 250 Windungen liefert 120V Anodenspannung und hat eine Anzapfung bei 200 Windungen für 90V, damit sind die gängigen Spannungswerte abgedeckt.

Auf die Sekundärwicklung kommt eine Isolierfolie; wer keine spezielle Hostaphan-Folie für den Trafobau besitzt, kann sich auch mit dünnem Folien-Isolierband helfen.

Die Primärwicklung wird zweidrähtig mit Kupferlackdraht 0,4mm Durchmesser und 12 Windungen gewickelt und die Teilwicklungen schaltet man in Reihe, so daß sich eine durchgehende Wicklung

ergibt. Über die Primärwicklung kommt die Rückkopplungswicklung mit 6 Windungen 0,2mm Kupferlackdraht. Wicklungssinn von Primär- und Rückkopplungsspule sind gleich.

Nun die Kernhälften in den Wickelkörper einschieben und mit den Federbügeln sichern: geschafft! Wer ein Induktivitätsmeßgerät hat, kann zur Kontrolle die L-Werte messen. Bei einer Meßfrequenz von 1 kHz hat die gesamte Sekundärseite rund 23mH, die gesamte Primärwicklung etwa 210 μ H und die Rückkopplungswicklung etwa 13 μ H. Haben Sie einen Kernsatz ohne Luftspalt benutzt, sind die Induktivitätswerte rund viermal so hoch.

Zum Wandler gehören ferner die beiden **Schalttransistoren** T3 und T4. Die Basisbeschaltungen jeweils mit Widerstand, Kondensator und Diode formen den Basisstrom für verlustarmes Schalten. Zwischen de Kollektoren liegt der Kondensator C7, der die Kollektorspannungsflanken verrundet und so die Oberwellneproduktion reduziert. Durch ihn fließt viel Impulsstrom, so daß kleine Keramik- oder Folienkondensatoren heiß werden und ausfallen. Entweder man verwendet einen Hochvolttyp oder (meist leichter beschaffbar) einen Funkentstörkondensator aus dem EMV-Filter eines Schaltnetzteils. Im Computerschrott sollte etwas passendes zu finden sein...

Beim Einschalten sind beide Transistoren gesperrt. Damit die Schwingung einsetzt, liefert der Startimpulsgeber mit T1 und dem Zeitglied R1/C4 über R2 einen Anlaufstrom von rund 5mA auf die Basen der Schalttransistoren. Den gleichen Erfolg könnte man mit einem festen Widerstand von einer Basis zur positiven Betriebsspannung erreichen – nur macht dann der Wandler bei Überlast oder Kurzschluß dauernd Startversuche und die Verlustleistung in T3 und T4 wird sehr groß. Beim verwendeten Verfahren reißt die Schwingung ab und der Wandler geht in einen sicheren Zustand, bis ein neuer Einschaltimpuls erzeugt wird.

An der Sekundärseite des Trafos hängt ein Brückengleichrichter mit vier schnellen Hochvoltioden BA157 (aus der Fernsehtechnik). Aufgrund der hohen Schaltfrequenz reichen Lade- und Siebkondensatorkapazitäten von 10...22 μ F und eine Stabkerndrossel von 4,7mH zur Glättung der Anodenspannung aus.

Kommen wir nun zur **Einschaltsteuerung**: das negative Ende der Siebkette ist über zwei Dioden und einen Strommeßwiderstand mit dem negativen Anodenspannungsausgang verbunden. Am positiven Anodenspannungsausgang liegt über eine Hochvoltodiode und den Widerstand R8 ständig die Batteriespannung. Werden im angeschlossenen Radio die Röhren geheizt, fließt ein geringer Anlaufstrom über R11 und R12. Erreicht der Spannungsabfall 0,6V, schaltet T5 durch und aktiviert den Einschalttransistor T2. Der Wandler startet, der Anodenstrom steigt stark an. Die Dioden D10 und D11 werden leitend, nun arbeitet T5 als Konstantstromquelle mit etwa 10mA für den Einschalttransistor T2. Mit dem Trimmpoti R11 ist die Einschaltsschwelle an die Anlaufstromaufnahme des Gerätes anzupassen, bei besonders geringem Anlaufstrom muß der Widerstandwert vergrößert werden.

Wird das Radio ausgeschaltet, sinkt die Anodenstromentnahme auf Null; T5 erhält keinen Basistrom mehr und schaltet über T2 den Wandler ab, die Eigenstromaufnahme sinkt auf fast Null. Zur Abrundung dienen folgende Bauteile: R13 ist ein Entladewiderstand, der C10 und C11 nach dem Ausschalten entlädt. C1, C2 und C3 bilden mit der Stabkerndrossel L1 das eingangsseitige Entstörfilter, damit die Schaltfrequenz und ihre Oberwellen nicht auf die Batterieleitungen gelangen.

Die Baugruppe sollte in ein geschlossenes Blechgehäuse eingebaut werden, sofern sie in einem Radio mit Lang/Mittelwellenempfang eingesetzt wird. Bei UKW-Betrieb wurden auch bei offenem Aufbau keine Störeinstrahlungen beobachtet. Die Leiterplatte ist so gestaltet, daß sie in ein Weißblech-Schirmgehäuse der Firma Schuberth mit den Abmessunge 74 * 55 * 30 mm paßt. Praktischerweise baut man das Schirmgehäuse zusammen mit vier Batteriehaltern auf ein Stück Leiterplattenmaterial auf, das in der Größe zum Anodenbatteriefach des Radios paßt. Ein Schalter trennt die Batterie vom Wandler, damit es bei Arbeiten am Gerät nicht zu unerwarteten Wandlereinschaltungen kommt.

5. Die Inbetriebnahme:

Eigentlich sollte bei einer derart einfachen Schaltung nicht allzuviel schief laufen. Eine Sichtkontrolle auf falsch gepolte Elkos und Dioden und vertauschte Transistoren (NPN statt PNP) kann nicht schaden. Bitte auch bei den Farbcodes der Widerstände genau hinschauen, Braun, Rot und Orange ist bei manchen Herstellern kaum unterscheidbar. Zur Erstinbetriebnahme empfiehlt sich ein Labornetzgerät mit 6 V und Strombegrenzung auf ca. 0,8A. Am Ausgang schließen wir als Belastung einen Drahtwiderstand mit 8,2 oder 10 k Ω über einen Schalter an.

Ohne Belastung ist die Stromaufnahme der Schaltung nahezu Null, nämlich nur die Leckströme der Eingangselkos. Am Ausgang ist (hochohmig mit Multimeter mit 10 M Ω Eingangswiderstand) eine Spannung von ca. 5,4V zu messen, die über R8 und D4 zum Ausgang gelangt.

Nun schalten wir den Belastungswiderstand an den Ausgang. Die LED sollte nun aufleuchten und der Wandler anlaufen. Dann sind am Ausgang rund 90 oder 120V, je nach Stellung der Lötbrücke, zu messen. Die Stromaufnahme liegt dann bei 0,25...0,3A.

LED leuchtet nicht: als wahrscheinliche Fehler kommen in Frage: LED D4 falsch herum eingelötet, Transistor T5 verpolt.

LED leuchtet, keine Ausgangsspannung: Funktioniert der Einschalttransistor T2, d.h. sind am Kollektor 6V zu messen? Der Spannungsabfall am Einschalttransistor sollte nur 50mV betragen! Arbeitet der Startimpulsgeber mit T1: sind beim Einschalten am Emitter von T1 kurzzeitig etwa 5V zu messen?

Wenn bis hier alles in Ordnung ist, aber der Wandler trotzdem nicht arbeitet, gibt es zwei Möglichkeiten: entweder ist die Rückkopplungswicklung falsch gepolt oder ein Kurzschluß am Ausgang verhindert den Hochlauf des Wandlers. Ist eine der Ausgangsdioden falsch drin?

Falls bis da alles geklappt hat, trennen wir den Widerstand mit dem Schalter ab. Die LED geht aus und die Stromaufnahme wird wieder fast zu Null. Nun steht einem Test am Radio nichts mehr im Wege. Falls der Anlaufstrom bei eingeschalteter Heizung sehr klein ist (kann man vorher mit 5V Anodenspannung aus externem Netzgerät messen), muß der Strommeßwiderstand R11 vergrößert werden. R11 ist so einzustellen, daß der Wandler beim Einschalten sicher anläuft und beim Ausschalten auch wieder stoppt.

Literatur:

/1/ Linear Technology Linear Applications Handbook 1997

/2/ Hans Borngräber, Künstliche Anodenbatterie, www.jogis-roehrenbude.de

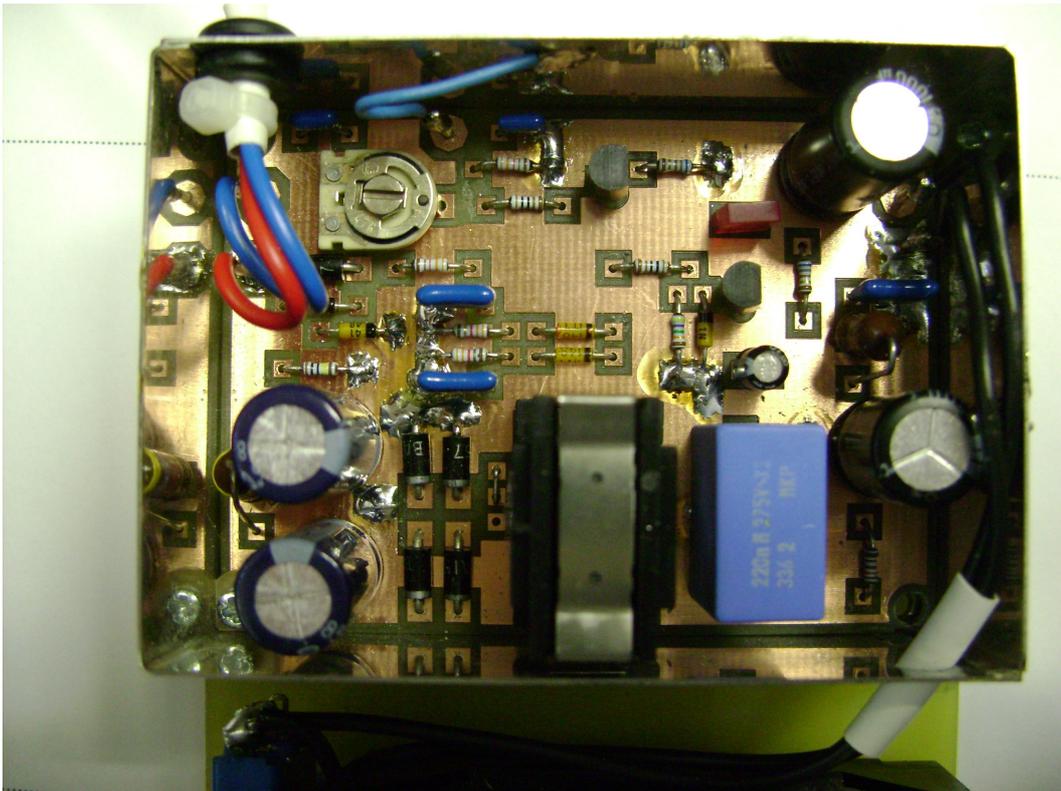
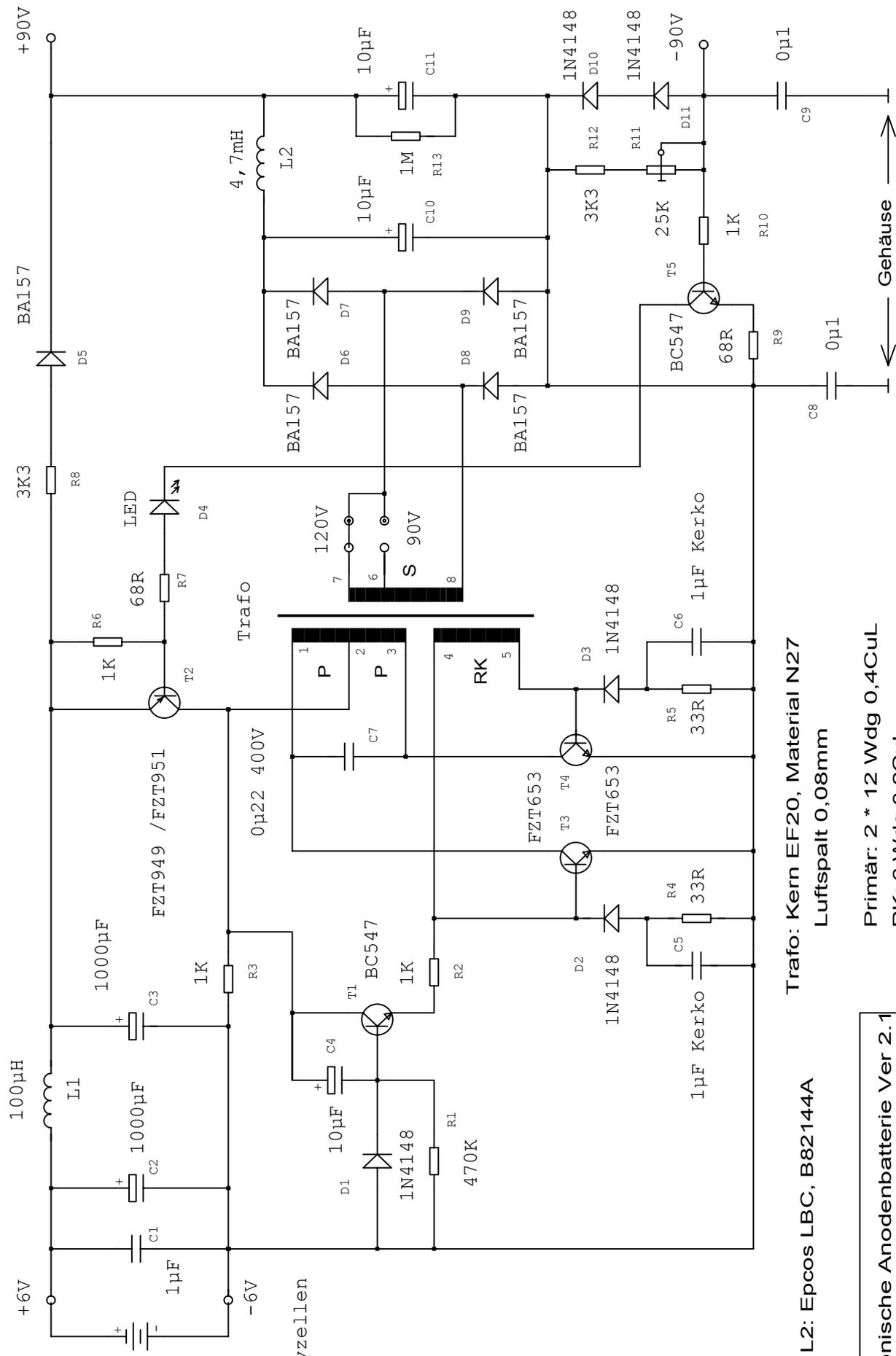


Bild 1: Die fertig bestückte Leiterplatte im Abschirmgehäuse



Bild 2: Die Elektronische Anodenbatterie im einem Bajazzo 55



4 Babyzellen

L1, L2: Epcos LBC, B82144A

Trafo: Kern EF20, Material N27
Luftspalt 0,08mm

Elektronische Anodenbatterie Ver 2.1
07.04.2007 DB1NV

Primär: 2 * 12 Wdg 0,4CuL
RK: 6 Wdg 0,2CuL
Sekundär: 200+ 50 Wdg 0,2CuL

← Gehäuse