

Albert Schweitzer Schule in Groß-Zimmern
Projektwoche vom 22.09. - 26.09.2008
Projekt-Nr. 38
Projektleiter: Bernd Grupe

Thema:

Wir basteln ein Radio

Hallo Radio-Bastler!

Ich freue mich, dass ihr euch für dieses Projekt entschieden habt. Wir werden uns mit den Radiowellen beschäftigen, über die sich die meisten Leute eigentlich kaum noch Gedanken machen. Nachdem ich das folgende Arbeitsblatt gezeichnet hatte, wurde auch mir erst so richtig klar, mit was für einem Wunder wir es da zu tun haben.

Eduard Rhein hatte 1954 sein Buch „Wunder der Wellen“ geschrieben. Als Schüler habe ich es mehrfach verschlungen. Und ich kann es euch immer noch empfehlen, denn er beschreibt darin eindrucksvoll und mit einer bemerkenswerten Leichtigkeit den Siegeszug der Radiotechnik, über die Entwicklung von Rundfunk und Fernsehen.

Ich habe mich an dieses Buch gern erinnert und mir gedacht, dass es vielleicht auch heute noch im Zeitalter viel komplexerer Technisierung für einen jungen Menschen interessant sein könnte, sich mit den Radiowellen zu befassen.

Obwohl in unserer Zeit fast alle Elektronik mit Automaten hergestellt wird, gibt es doch noch Bauelemente zu kaufen, die es uns erlauben, selbst einen Radioempfänger zu bauen. Das war nach dem letzten Weltkrieg für einige unserer Großväter sicherlich eine Notwendigkeit. Aber ganz bestimmt ist es eine Möglichkeit, seiner Kreativität freien Lauf zu lassen. Klingt geschraubt, dabei ist es nicht nur meine positive Erfahrung, dass man viel Spaß am Tüfteln und Basteln haben kann, wenn es die Freizeit zulässt. Gerade in letzter Zeit gibt es im Internet dazu viele neue Anleitungen.

Was ist nun aber das **Besondere an unserem Projekt?**

In einem Satz: Das 1V-Radio ist außerordentlich sparsam im Umgang mit Energie.

Es spielt bereits mit einer Versorgungsspannung von 1 V (Volt). Das erlaubt es uns, auch „verbrauchte“ Batterien zu verwenden, die andere bereits entsorgen müssten. Unser Radio ist unter den vielen bekannten Bauvorschlügen ein exotisches Exemplar und es genügt dabei den aktuellen Ansprüchen. Es hat zwar nicht die Tonqualität einer üblichen „Wegwerf-Elektronik“, doch ist es in jedem Fall ein Unikat mit einer Vorbildfunktion. Wenn wir es zum Spielen bringen, dürfen wir stolz darauf sein. Und nebenbei lernen wir etwas über Transistoren, Kondensatoren, Antennen und andere Elektronikteile. Nach der Bastelei wissen wir mehr als Leute, die ein Handy nur bedienen können. Wir haben danach eine bessere Vorstellung vom Innenleben der oft nützlichen, aber auch überflüssigen Spielsachen des Alltags. Wir wissen, was in ihnen vorgeht und wo die Grenzen der Anwendbarkeit liegen. Mit den Grundkenntnissen über die Ausbreitung und die Eigenschaften der Radiowellen können wir uns vieles besser erklären und auch anderen verständlich machen.

Seht euch mal an, wie sich beim Prinzip der Rundfunktechnik die Energiebilanzen darstellen. Da strahlt ein Sendemast eine elektrische Leistung von 500 000 Watt ständig in die Welt hinaus. Unser Sender ist im Odenwald bei Donebach, in einer Entfernung von ca. 40 km bis Groß-Zimmern,

RADIO

Das Wunder der

Wellen



5mV

25 Billionstel Watt

$P = U^2 / R$

$P = 500\,000\text{ Watt}$

1/2 Million Watt

$= 25 * 10^{-6} / 10^6$

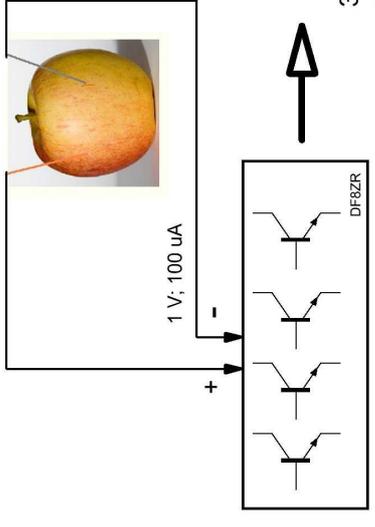
$= 25 * 10^{-12}\text{ Watt}$

$= 25\text{ Pico-Watt}$

Apfelbatterie

$P = U * I = 1\text{ V} * 100 * 10^{-6}\text{ A} = 100\text{ uW (Mikro-Watt)}$

100 Millionstel Watt



$P = U^2 / R$

$= 900 * 10^{-6} / 64$

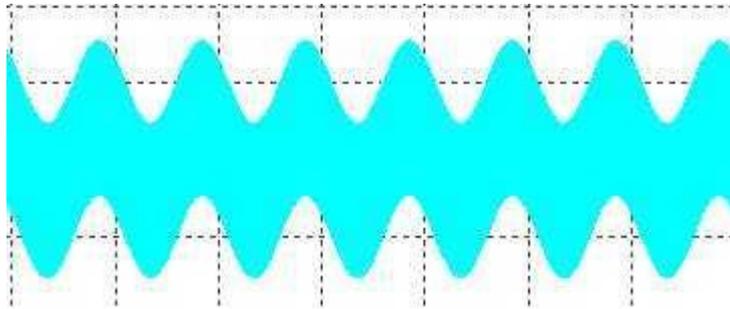
$= 14 * 10^{-6}$

$= 14\text{ Mikro-Watt}$

installiert. Zwei 360m hohe Sendemasten stehen dort auf einer Anhöhe. In der Erde sind viele Kupferdrähte vergraben . Sie bilden ein elektrisch leitendes Netz, was wichtig ist für den Wirkungsgrad der Antennen.

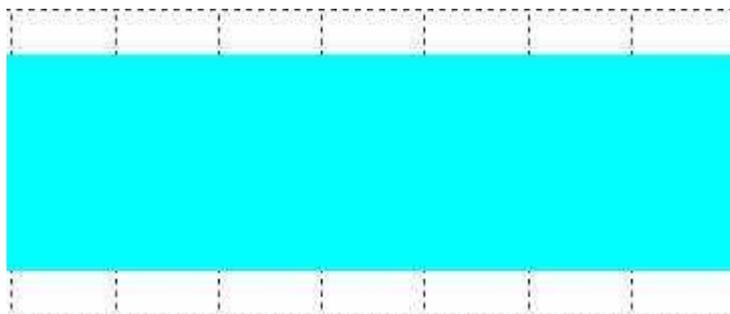
Das elektromagnetische Feld, also die elektromagnetischen Wellen breiten sich rings um den Antennenmast aus. Man kann sich das magnetische Feld als konzentrische Ringe vorstellen, die auch in sehr großer Entfernung noch existieren. Bringt man nun eine Ferritantenne so an, dass die Feldlinien längs durch den eisenhaltigen Stab hindurch gehen, dann ist die Antenne optimal zum Sender ausgerichtet. Sie empfängt in unserer Entfernung ca. 25 Billionstel Watt. Ist das nicht eine unvorstellbar kleine Leistung?

Die hochfrequente Antennenleistung, den hochfrequenten Strom, können wir mit einem Kopfhörer nicht wiedergeben. Man muss erst die sog. Modulation umwandeln. Die Hochfrequenz, die eigentliche Radiowelle, ist der Träger der Sprach- und Musikmodulation. Wir haben es hier mit einer Amplitudenmodulation(AM) zu tun. Die Hochfrequenz wird im Takt der Musik in ihrer Stärke beeinflusst. Ist der Ton laut, dann strahlt der Sender mit voller Leistung. Ist er leise, dann ist die Modulation gering. Man kann sich durch Bilder diesen Vorgang verständlich machen.

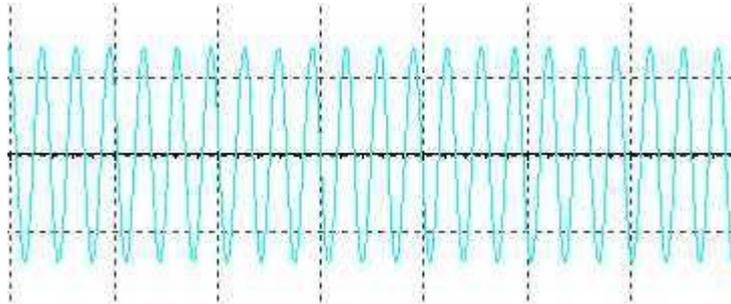


Man sieht die Welle der Musik und den Einfluss auf die Amplitude der Hochfrequenzwellen. Letztere werden rhythmisch durch den Grad der abgestrahlten Energie moduliert.

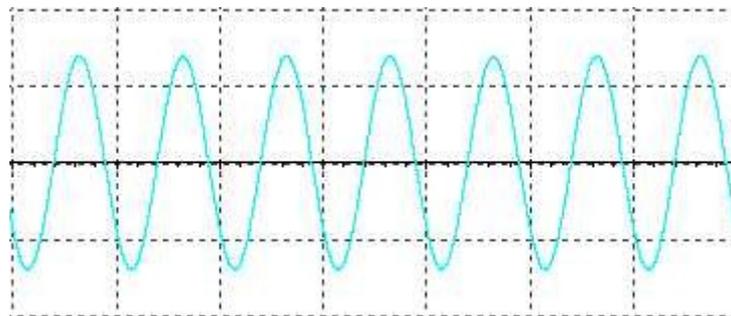
Der hochfrequente Strom aus der Antenne sieht bei gleicher zeitlicher Auflösung und unmoduliert so aus:



Und mit schnellerer Zeitablenkung des Oszillografen sehen wir die Hochfrequenzschwingungen auch als Sinuswellen. Hier beträgt die Ablenkzeit $20\mu\text{s}$ /Teil-X-Achse.



Nach der Demodulation erhält man dann die niederfrequente Modulation, also den reinen Ton zurück, der im Sender ins Mikrophon kam. Die Ablenkung wurde hier auf 1ms /Teil- X-Achse gestellt. Man sieht die Schwingungen eines Tones von 1000 Hz .

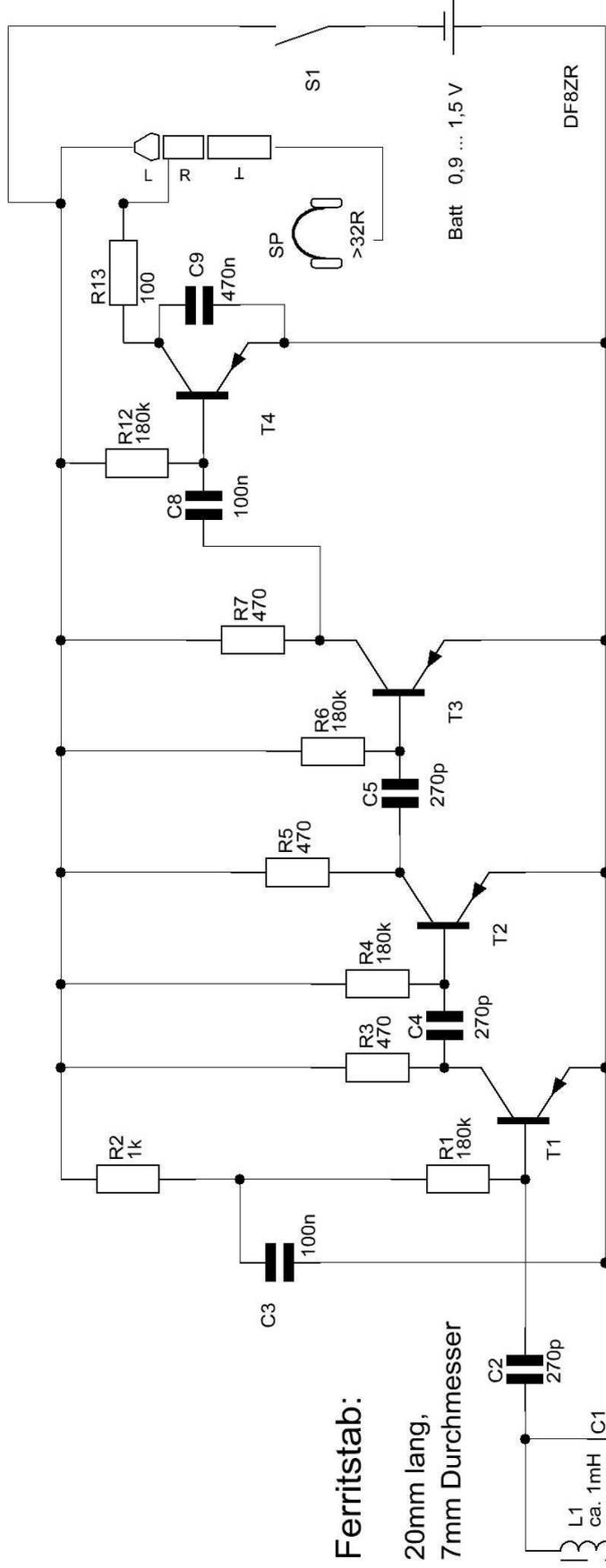


Erst wenn man nun die hochfrequenten Anteile der Radiowelle beseitigt, erhält man den niederfrequenten Strom, den der Kopfhörer in Schall umwandelt.

Die Demodulation wird in unserem Radio an der dritten Transistorstufe vorgenommen. Man nennt sie nach ihrer Funktion Audionschaltung. Doch zuvor wird die winzige Energie, die von der Antenne in den ersten Transistor als Basisstrom fließt, kräftig verstärkt. Im Kollektorkreis fließt ein um die Stromverstärkung viel größerer Strom, der der Batterie entnommen wird. Wir verstärken also auch mit dem zweiten Transistor diesen Strom nochmals und holen uns die Energie dazu aus der Batterie, also einer ortsfesten Energiequelle. Die schwache Antennenenergie steht uns jetzt viel stärker am Eingang des Audions zur Verfügung.

1 V- Radio

abgest. auf den Deutschlandfunk 153 kHz



Ferritstab:

20mm lang,

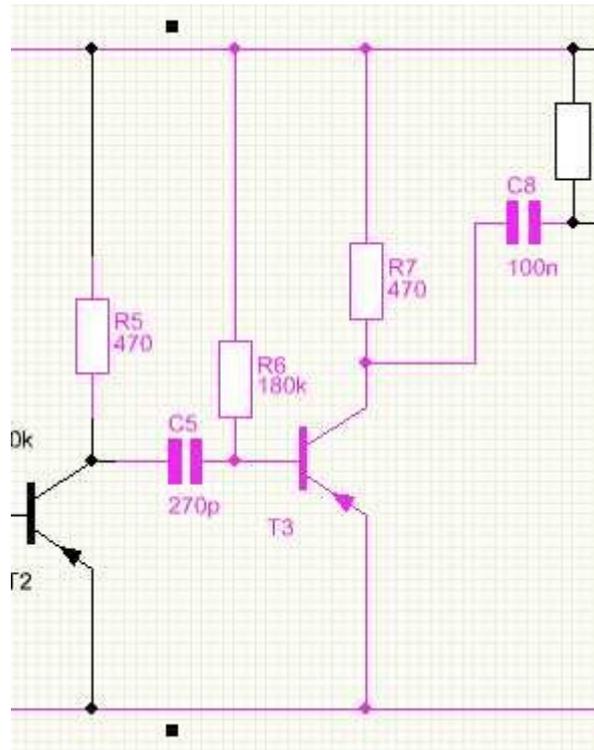
7mm Durchmesser

L1 ca. 160 Wdgn 7 x 0,05

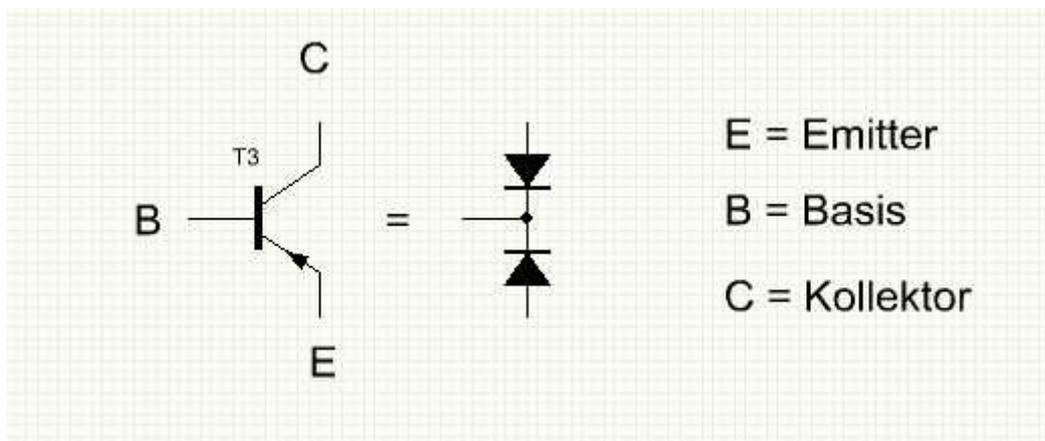
Eingangskapazität von T1 ca. 265 p bei 0,9V

Stromaufnahme bei 1V: ohne 1,6mA und mit Kopfhörer 2,3 mA

Im folgenden Bild betrachten wir nur dieses Audion:



Der Transistor T3 ist ein sog. PNP-Transistor. Die Ersatzschaltung kann man sich als eine Zusammenschaltung von zwei Dioden vorstellen.



Der Strom fließt vom Emitter durch den Transistor zum Kollektor. Dabei wird er vom schwachen Basisstrom gesteuert. Trifft nun eine negative Halbwelle auf die Basis, dann ist die Basis-Emitter-Diode leitend und lässt den Kollektorstrom verstärkt fließen. Das passiert solange, wie die hochfrequente Spannung an der Basis negativ zum Emitter gerichtet ist. Also in der negativen Halbwelle, die auch durch die Modulation mit dem Ton vorgegeben ist. Innerhalb der positiven Halbwelle sperrt die Diode, es fließt kein Kollektorstrom bzw. er wird entsprechend geschwächt. Am Kollektor des Transistors schwankt also die Spannung im Rhythmus der niederfrequenten Modulation. Genau das wollten wir erreichen. Dabei hilft der Audiontransistor auf zweierlei Weise. Einmal richtet er die Hochfrequenz gleich. Er lässt nur die eine Halbwelle durch, die ja die gesamte Modulation bereits enthält. Es entsteht eine Gleichspannung, wenn keine Modulation vorliegt.

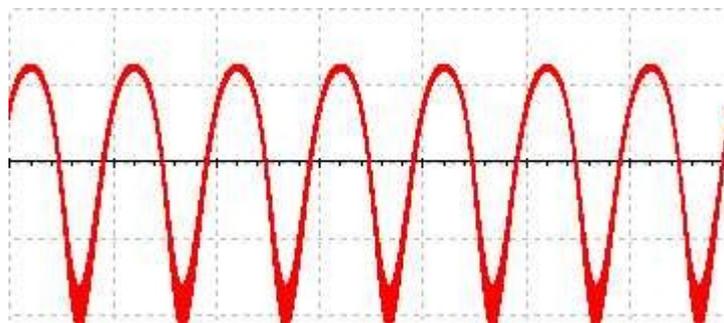
Diese Gleichspannung aber wird bei einem modulierten HF-Träger im Rhythmus der Modulation verändert, also zu einem Wechselstrom, der als Basisstrom den Transistor steuert. T3 verstärkt auch gleichzeitig diesen Strom und am Kollektor entsteht eine viel größere Wechselspannung, die nun wieder in den nächsten Transistor einen Strom treibt, der diesen so kräftig aussteuert, dass man damit einen Kopfhörer betreiben kann.

Die Audionstufe hat also zwei Funktionen zu erfüllen:

- a) Die Hochfrequenz gleichrichten
- b) Die so entstehende Niederfrequenz zu verstärken.

Schon zu Zeiten der Elektronenröhren galt diese Schaltung als geniale Erfindung. Normal ist, dass man mit einem Transistor nur verstärkt. Leider macht das auch der T3 immer noch in unerwünschter Weise mit einem Rest der Hochfrequenz. Daher müssen wir diese hochfrequente Energie, die obendrein durch T4 zusätzlich verstärkt wird, über einen Kondensator ableiten. Der Kondensator C9 hat eine hohe Kapazität. Er bildet für die hochfrequenten Ströme einen Kurzschluss. Nur so können wir verhindern, dass ein Restanteil der HF vom Ausgang der Schaltung wieder zurück auf die Antenne, den Eingang gelangt. Falls das passiert, gerät das Radio in die Selbsterregung. Es schwingt dann meistens auf einer hörbaren Frequenz und ein Empfang wäre unmöglich. Diese Rückkopplung verhindern wir auch dadurch, dass wir Eingang und Ausgang räumlich weit getrennt anordnen.

Den Restanteil der HF kann man am folgenden Bild erkennen. Es zeigt den Verlauf der Niederfrequenzspannung am Kollektor von T3. Die negativen Spitzen zeigen die Rest-HF.



Damit der niederfrequente Strom vom Kollektor T3 zur Basis des T4 ungehindert fließen kann, hat auch der Kondensator C8 einen viel geringeren Wechselstromwiderstand als die Kondensatoren zwischen den Hochfrequenzstufen. Mit 100nF ist die Kapazität hinreichend groß im Vergleich zu 220 pF, die einen niederfrequenten Strom nicht so leicht hindurch lassen. Durch die kleinen Kondensatoren am Eingang des Radios und in den HF-Verstärkerstufen verhindern wir so eine unerwünschte Einstreuung und Verstärkung der Netzwechselspannung, die ja mit 50 Hz schwingt. Wir würden einen lauten Brummtönen hören, der der Musik oder der Sprache überlagert wäre. Für das „Durchreichen“ der hochfrequenten Ströme, die ja um 153 000 Hz schwingen, stellen diese Koppelkondensatoren mit der geringen Kapazität keinen nennenswerten Wechselstromwiderstand dar.

In unserem Radio steckt also bestimmt nicht für jeden erkennbar eine gewisse Raffinesse. Selbst Fachleute sind erstaunt, wenn man sie darauf aufmerksam macht. Ihr aber seid die Spezialisten, die das wissen sollten.

Der Typ unseres Radios wird in der Fachwelt auch Geradeaus-Empfänger genannt. Es findet in dieser Schaltung keine Umsetzung der Hochfrequenz statt, wie das typisch für einen Superheterodyn-Empfänger ist, der kurz Super heißt. Heute sind die meisten Empfänger Super. Ein weiteres Wort für diesen Spezialbegriff ist auch Überlagerungsempfänger.

Solche modernen Radios haben sehr gute Eigenschaften, jedoch sind sie aufwendig herzustellen. Der Selbstbau eines Geradeausempfängers aber stellt an den Bastler eigentlich immer hohe Anforderungen. Es ist nicht leicht, die Schwingneigung dieses Radiotyps zu beherrschen. Dafür kommen wir jedoch mit vergleichsweise wenigen Bauteilen aus. Versucht mal nach der Projektwoche euer Radio zu miniaturisieren. Man kann es durchaus auf die Größe einer Zigaretenschachtel bringen. Wer das kleinste 1V-Radio baut, bekommt von mir als Anerkennung einen kleinen Taschenscanner für UKW.

Zum Schluss noch eine **Anmerkung:**

Das 1V-Radio ist mit PNP-Transistoren aufgebaut. Im Apfelradio habe ich NPN-Transistoren eingesetzt. Das hat keine besondere Bedeutung. Beide Schaltungen arbeiten zuverlässig. Das Apfelradio wurde für einen extrem geringen Stromverbrauch (<100uA) entworfen. Das 1V-Radio dagegen entnimmt der Batterie so um 3,5 mA, also sehr viel mehr. Dafür gibt es aber auch eine größere Leistung an den Kopfhörer ab. Der Ton ist wesentlich lauter. Hier war die Zielsetzung auf den dauernden Gebrauch ausgerichtet. Eine zweite Vorgabe war, dass man es mit „verbrauchten“ Batterien betreiben kann.

DF8ZR, 15.09.2008