

# Konzept-Empfänger für 1...30 MHz

## AM/SSB/CW mit steckbaren Resonatoren, Filtern, Quarzen

Von **Kostas Giannopoulos**, SV3ORA (Griechenland)

Der hier vorgestellte Funkempfänger ermöglicht den Empfang von breitbandigen Einzelsignalen, ist aber im Vergleich zu Schaltungen mit ähnlichen Eigenschaften ungleich einfacher aufgebaut. Sicher, moderner wäre ein Direktmischempfänger in phasenspezifischer Frontend-Topologie, was aber einen weit höheren finanziellen und zeitlichen Aufwand für die Fertigstellung bedeuten würde. Die hier vorgestellte Alternative kann für wenig Geld und/oder mit Teilen gebaut werden, die bereits in der Junk-Box vorhanden sind. Solche Vorteile sollten nicht unterschätzt werden!

Das Reflex/Regenerativ-Empfänger-Frontend ist sehr einfach aufgebaut, erbringt aber bemerkenswerte Leistungen, besser als jeder einfache HF-Band-Empfänger, den ich bisher gebaut habe. Der hochempfindliche, vollwertige HF-Band-Empfänger für Einzelfrequenzen kann an wenigen Nachmittagen problemlos aufgebaut werden. Er empfängt jede beliebige Frequenz auf den HF-Bändern (1...30 MHz), indem er einfach mit einem Resonator für diese Frequenz ausgestattet wird. Außer dem Resonator selbst müssen keine weiteren Bauteile ausgetauscht oder neu bemessen werden. Das Titelbild zeigt den fertigen Empfänger zusammen mit einer Pillenbox, in der die verschiedenen Resonatoren leicht zugänglich untergebracht sind.

Der Empfänger funktioniert mit **Quarzen**, **Keramikresonatoren** mit zwei oder **Keramikfiltern** mit drei Anschlüssen. Der Oszillator arbeitet sogar mit L/C-Gliedern anstelle des Quarzes (was aber noch nicht optimiert wurde). Bei Keramikfiltern kann der mittlere Anschluss geerdet oder nicht angeschlossen werden. Beachten Sie, dass Quarze den Empfang von Einzelsignalen in allen Bändern ermöglichen, aber je nach Eigenschaften des Quarzes die Empfindlichkeit im Vergleich zu Keramikresonatoren geringer ist. Der Einfrequenz-Empfang mit keramischen

Resonatoren wurde bis etwa 17 m erfolgreich getestet, während Quarze bis ins 10-m-Band zufriedenstellend arbeiten. Die meisten Keramikresonatoren schwingen problemlos, aber einige könnten sich weigern. Seien Sie also nicht enttäuscht, wenn der Empfänger nicht auf Anhieb mit einem bestimmten Keramikresonator arbeitet - versuchen Sie es einfach mit einem anderen! Bei Quarzen gibt es kein solches Problem, aber wenn Ihnen die resultierende Empfindlichkeit etwas zu niedrig erscheint, können Sie versuchsweise den 10-k $\Omega$ -Festwiderstand am Source-Anschluss des JFETs verringern.

### Das Empfänger-Frontend

Um solch eine Leistung mit einer so geringen Bauteilanzahl zu erreichen, muss man immer alternative Wege denken und gehen. **Bild 1** zeigt, dass beide Stufen des Empfängers auf mehr als eine Weise genutzt werden. Der Transistor 2SC9018 fungiert als unabgestimmter Breitband-HF-Vorverstärker mit HF-Verstärkungsregelung und gleichzeitig als Audio-Vorverstärker. Der FET J108 stellt einen selbstoszillierenden rückgekoppelten Detektor dar.

Die HF-Signale kommen von der Antenne am HF-Vorverstärker 2SC9018 an, wo sie verstärkt und über die 4,7-pF- und 100-nF-Kondensatoren weitergeleitet



werden. Der kleine Teil des HF-Signals, der durch den 4,7-pF-Kondensator geht, erreicht über den Quarz den selbstoszillierenden regenerativen Detektor J108. Eine kleine Kapazität von 4,7 pF beeinflusst den Abstimmbereich nicht wesentlich, aber sie trennt den Oszillator vom HF-Vorverstärker und belastet den Oszillatorschaltkreis leicht. Dieser selbstoszillierende Mischer „vermischt“ sein selbst erzeugtes Signal mit dem eintreffenden HF-Eingangssignal und erzeugt Audio- und einige andere Frequenzen. Das Maß der Rückkopplung wird über das 100-k $\Omega$ -Potentiometer eingestellt. An diesem Regenerations- oder Rückkopplungspoti wird gleichzeitig die Frequenz feinabgestimmt. Besonders bei Keramikresonatoren kann es schwierig sein, die Nullschwebung bei einem SSB-Signal mit nur einem Potentiometer einzustellen. Um die Kosten niedrig zu halten, wird auf ein Mehrgang-Potentiometer verzichtet. Die Feinabstimmung erfolgt dann durch Einstellen des Regenerationspotis. Der

dadurch verursachte Mitzieheffekt ist zwar klein, aber ausreichend für die Schwebungslücke.

Das von dieser Stufe erzeugte Ausgangssignal (HF und detektierte NF) gelangt über einen 10-k $\Omega$ -Widerstand, einen 100-nF-Koppelkondensator und eine 3,3-mH-HF-Filterdrossel erneut zum Transistor 2SC9018 (wenn die Reflexverstärkung eingeschaltet ist), wo es wieder verstärkt wird. Es wird jedoch nur das NF-Signal verstärkt, HF wird von der Drossel an der Basis des Transistors blockiert. Diese Drossel verhindert auch, dass HF von der Antenne zum rückgekoppelten Detektor gelangen kann. Das verstärkte NF-Signal wird dann an die Kondensatoren (4,7 pF und 100 nF) und die andere 3,3-mH-Drossel weitergeleitet. Der 4,7-pF-Kondensator und der anschließende Quarz lassen Audiosignale nicht passieren, so dass sie zum J108 zurückkehren und der Großteil des verstärkten Audiosignals über den 100-nF-Kondensator und die Seriendrossel an den Ausgang des Empfängers geführt wird. Der 100-nF-Kondensator leitet auch verstärkte HF-Signale von der Antenne und vom 2SC9018 weiter. Zusammen mit der in Reihe geschalteten Drossel verhindert er, dass HF an den Audioausgang des Empfängers gelangt. Wenn Sie hochohmige Kopfhörer an den Empfänger anschließen oder das (weiter unten behandelte NF-Filter) einsetzen, können Sie diese zusätzliche Drossel entfernen, da dann das Filter die HF unterdrückt und der Kopfhörer ohnehin nichts mit HF anfangen kann. Der Wert beider Drosseln ist unkritisch. Sie können belie-

big, auch unterschiedliche Werte verwenden, sofern sie im niedrigen Millihenry-Bereich liegen. Ich fand in meiner Bastelkiste zwei billige 10-mH-Drosseln, die hier zum Einsatz kamen. Eine separate Stufe zur HF- (und NF-)Vorverstärkung trennt die Antenne vom selbstoszillierenden Detektor. Es gibt keine Leckage vom Überlagerungsoszillator (LO) zur Antenne und auch keine Verstimmung des Detektors. Am Ausgang des Empfängers kann direkt ein hochohmiger Kopfhörer angeschlossen werden. Die Lautstärke ist mehr als ausreichend, wenn man eine große Antenne verwendet und die Reflexverstärkung einschaltet. Statt des Kopfhörers kann man auch den Mikrofoneingang des PCs oder Laptops in der Funkbude anschließen. Es gibt zahlreiche Programme, mit denen sich die Audiosignale weiter bearbeiten und filtern und zu aussagekräftigen Daten dekodieren lassen. So kann man sich bei der Hardware des Empfängers auf die wesentlichen Dinge beschränken. Sie benötigen jedoch einen guten Prozessor und eine gute Soundkarte im Rechner, wenn Sie die aufgrund der CPU-intensiven DSP-Verarbeitung entstehenden Latenzzeiten minimieren wollen.

### Praktische Aspekte und Fallstricke

Die Schaltung in Bild 1 wurde einige Male aufgebaut und funktionierte immer, auch wenn versuchsweise in Varianten Abstimmkondensatoren, Varicaps, Mehrgangpotis und sogar LDRs eingesetzt wurden. **Bild 2** zeigt einen funktionierenden Prototyp. Beachten Sie jedoch, dass bei

eingeschalteter Reflexverstärkung und bei starken Out-of-Band-Signalen (Rundfunk) die B-E-Strecke des 2SC9018 als AM-Detektor funktioniert! Der Transistor stellt tatsächlich eine Diode über dem Antenneneingang dar und koppelt das Signal direkt an den HF-Ausgang, ohne jegliche Filterung. Das ist der Preis, den Sie zahlen, wenn Sie in einer so einfachen Schaltung eine Rückkopplung einsetzen. Beachten Sie auch, dass die Schaltung nicht über ein HF-Frontend abgestimmt ist, so dass sie äußerst breitbandig ist. Die gute Nachricht aber ist, dass detektierte AM-Signale nicht nur dann auftreten, wenn eine externe Antenne sehr starke Sender empfängt und wenn die HF-Verstärkung auf Maximum eingestellt ist. Bei gut abgestimmten oder kleineren Antennen sollte das Problem nicht spürbar sein. Diese detektierten AM-Signale weisen in der Regel recht niedrige Pegel am NF-Ausgang im Vergleich zu den gewünschten rückgekoppelten Signalen auf. Sie machen sich vor allem dann bemerkbar, wenn sie hohe Signalpegel aufweisen und wenn der regenerative Detektor entweder nicht schwingt oder wenn dieser nicht auf Amateurfunksignale abgestimmt ist. In der Praxis stellen AM-Signale also kein ernstes Problem beim Empfang eines schwachen Amateurfunksignals dar.

Wenn die NF hinter dem Empfänger (sei es durch Hardware oder FFT) gefiltert wird, sinkt die Bandbreite dieser AM-Signale von etwa 6 kHz auf 2,5 kHz oder weniger, abhängig von der Filterbandbreite. Durch schmalbandige Audiofilterung (digital modes) verschwinden diese

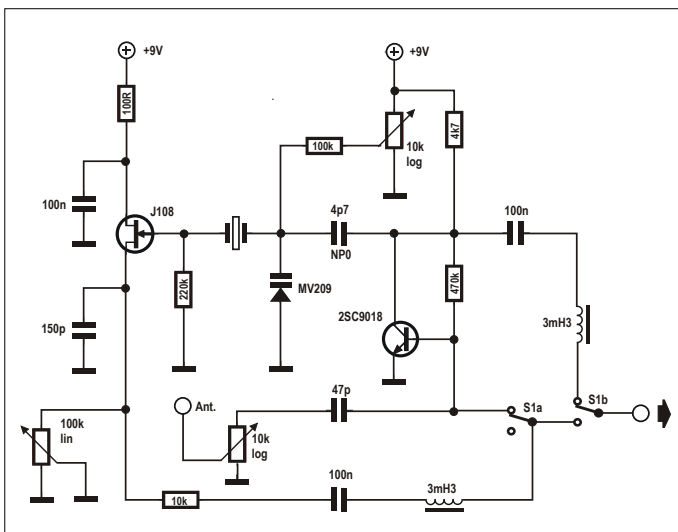


Bild 1. Das Empfänger-Frontend eignet sich für den direkten Anschluss an den Mikrofoneingang des PCs oder an hochohmige Kopfhörer.

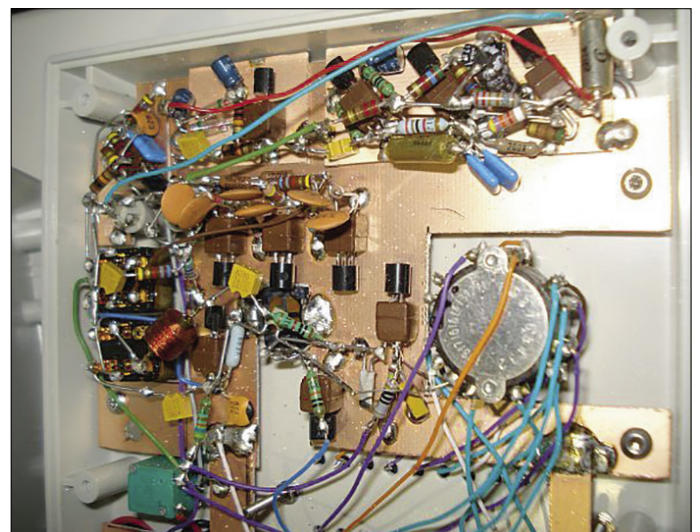


Bild 2. Praktischer Aufbau des HF-Frontends (zwei Transistoren in der Nähe des Wahlschalters) in einer fliegenden Konstruktion auf einer ungeätzten Platine.

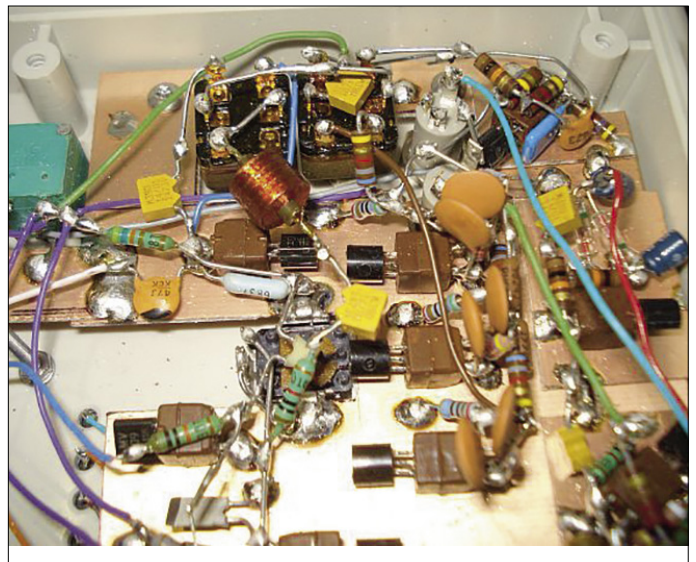
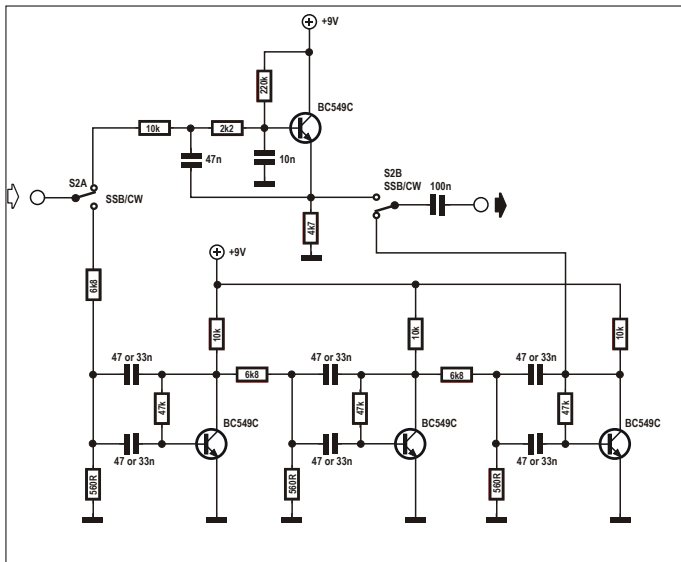


Bild 3. Ein optionaler Audio-Bandpass/Tiefpass für CW/SSB, geeignet für die direkte Verbindung zwischen dem Audio-Ausgang des Frontends und dem Mikrofoneingang des PCs.

Bild 4. Drei Bipolartransistoren bilden das Audiofilter des Empfängers.

AM-Signale aufgrund der schmalen Bandbreite und des damit verbundenen niedrigen Pegels. Sowohl für Breit- als auch für Schmalband kann die HF-Verstärkungsregelung helfen, diese störenden AM-Signale (aber auch die gewünschten) zu reduzieren.

### Einfrequenz-Empfang

Der Empfang von Einzelfrequenzen (auch bekannt als Spot- oder singulare Frequenz) ist eigentlich nur bei komplexen Empfängern möglich. Doch trotz seiner Einfachheit ist mit unserem Empfänger auch ein HF-Einfrequenzempfang möglich. Die Rückkopplungseinstellung ist so genau, dass sie nur auf einem Seitenband wirksam wird. Um dies besser zu veranschaulichen, nehmen wir an, dass ein DSB-Signal empfangen wird, das heißt, beide Seitenbänder sind tonmoduliert. Stellt man die Regeneration sorgfältig ein, wird auf dem USB ein Ton und auf dem LSB nur Rauschen empfangen. Das Rauschen ähnelt dem eines SSB-modulierten Signals bei einem AM-Empfänger. Und nicht nur das, auch das empfangene Rauschen auf dem LSB wird durch die fehlende Regenerationswirkung deutlich abgeschwächt.

Diese Eigenschaft wurde mit Quarzen und Keramikresonatoren getestet. Der Einfrequenzempfang wurde mit Quarzen auf allen HF-Bändern und mit Keramikresonatoren bis zum 17-m-Band erreicht (Keramikresonatoren darüber standen mir nicht zur Verfügung). Diese Funktion bezieht sich nicht auf die Quarzfilter-

ung des eingehenden HF-Signals. Nur wenn die Regeneration vorsichtig in der Nähe der Schwingungslücke (bei jeder Frequenzeinstellung) eingestellt wurde, wurde das gegenüberliegende Seitenband (LSB) deutlich abgeschwächt. Zur völligen Unterdrückung dieses Seitenbands ist der Detektor so nicht in der Lage. Dies wurde durch eine etwas höhere Einstellung der Regeneration bestätigt, woraufhin das gegenüberliegende Seitenband weiter unterdrückt wurde (das heißt, seine tieferen Frequenzen). Mit noch höher eingestellter Regeneration wurde das gesamte entgegengesetzte Seitenband unterdrückt (zum Beispiel beim DSB-Empfang). Das Verhalten war auf allen Bändern gleich. Auf den höheren Bändern war die Einstellung „empfindlicher“ als erwartet, aber dennoch perfekt nutzbar. Beeindruckend ist, dass dies ohne Mehrgang-Potentiometer erreicht werden kann, so dass keine speziellen Bauteile erforderlich sind. So ist der Einfrequenz-Empfang auf allen HF-Bändern mit unserem ultra-simplen Detektor möglich!

### Reflex-/Regenerationsmodus

Bis jetzt wurde der Empfänger als eine kombinierte Reflex- und Regenerativschaltung behandelt. Mit einem einzigen Schalter (S1) kann die Reflexverstärkung abgeschaltet werden, wodurch der Empfänger in eine rein regenerative Schaltung verwandelt wird. Der Schalter wurde fest eingebaut, damit man schnell zwischen beiden Schaltungskonfigurationen wechseln und die Unterschiede leicht erken-

nen kann. In der Nicht-Reflex-Konfiguration ist die Lautstärke am Ausgang zwar geringer, es gibt aber kein signifikantes Problem mehr durch die Gleichrichtwirkung der B-E Sperrschicht, auch wenn die HF-Verstärkung auf Maximum eingestellt ist, da gleichgerichtete Audiosignale durch den niedrigen Wert des 4,7-pF-Koppelkondensators gefiltert werden und nicht so leicht zum regenerativen Detektor oder zum NF-Ausgang des Empfängers gelangen. Bei Tests mit Keramikresonatoren führt das Ein- und Ausschalten der Reflexion zu einem sofortigen Mitzieheffekt, abgesehen von einer Änderung der Lautstärke. Auch wenn die Reflexion ausgeschaltet ist, verursachen Änderungen der HF-Verstärkung ein geringes Frequenzziehen. Glücklicherweise muss man die HF-Verstärkung nicht oft ändern. Bei eingeschalteter Reflexion ist beim Ändern der HF-Verstärkung überhaupt kein Mitziehen zu beobachten.

### Abstimmung: Kondensator oder Kapazitätsdiode?

Die Wirkung eines variablen (Abstimm-) Kondensators beim Frequenzziehen der Quarze ist in einer solchen Schaltung bekannt und wurde in vielen Artikeln nachgewiesen. Tatsächlich hatte ein echter variabler Kondensator (kein Varaktor), den ich ursprünglich zum Einstellen der Frequenz verwendete, die größte Zugwirkung, wenn er auf die niedrigeren Kapazitätswerte eingestellt wurde. Dabei war sein minimaler Kapazitätswert sehr wichtig. Dies erschwert das Abstimm-

men, auch wegen der Streukapazität, die nun einen größeren Einfluss auf den Frequenzzug hat. Wenn Sie Kondensatordekaden und viele Schalter vermeiden möchten, können Sie zwei Dinge tun, um das Problem zu begrenzen. Einer davon ist der Einsatz eines variablen Kondensators mit einem Untersetzungsgetriebe und einer versetzten Achsen- oder besser Wellenposition (Phasenschnitt). Das erste ermöglicht eine Feinabstimmung, das zweite reduziert die Nichtlinearität der Frequenzwahl, indem die Welle und die Kondensatorplatten so positioniert sind, dass ein lineares Verhältnis zwischen Wellenwinkel und Resonanzfrequenz entsteht, mit dem jede Nichtlinearität der Frequenzskala des Empfängers ausgeglichen werden kann. Die andere Möglichkeit besteht darin, zur Steuerung eine Kapazitätsdiode (Varaktor) mit einer Kapazitäts-/Spannungskurve, die die Nichtlinearität kompensiert, zusammen mit einem logarithmischen Potentiometer zu verwenden. Die Feinabstimmung des Varaktors kann mit einem Mehrgang-Trimpoti (wenn man eine logarithmische Ausführung findet) oder einem gewöhnlichen logarithmischen Poti mit einem schön großen Drehknopf erfolgen. Nur um es einmal gesagt zu haben: Viele dieser billigen Kunststoff-Abstimmkondensatoren, wie man sie in alten Funkgeräten vorfindet, weisen eine recht niedrige Mindestkapazität (unter 10 pF) und eine relativ hohe Maximalkapazität (150...250 pF) auf. Dies stellt nicht nur einen relativ großen Kapazitätsbereich dar, sie werden nicht wie Varaktoren durch Steuerspannungsinstabilität verstimmt.

Abgesehen von der besseren Abstimmlinearität hat ein Varaktor weitere wichtige Vorteile. Er vermeidet Streukapazitäten, die durch „Handeffekte“ verursacht werden, und macht eine HF-Abschirmung überflüssig. Er vermeidet auch Mikrophonie, ist klein und sehr preiswert. Zur zuverlässigen Steuerung muss aber ein hochwertiges, feuchtigkeits- und staubgeschütztes Potentiometer verwendet werden. Aber im Vergleich selbst zu einem billigen Drehko sind die Kosten dafür gering. Denken Sie daran, dass die minimale Kapazität für einen stärkeren Frequenzzug wichtig ist, weshalb ein Varaktor mit seiner niedrigen minimalen und relativ hohen maximalen Kapazität ideal ist. Die maximale Kapazität sollte aber nicht mehr als etwa 150 pF betragen, da höhere Werte einen kleinen Ein-

fluss auf den Frequenzzug haben. Die teuersten 500-pF-Varaktoren weisen nur etwa 20 pF als Minimum auf, so dass der Zugbereich über einem bestimmten Punkt klein ist. Varaktoren sollten nicht der Junk-Box entnommen, sondern stets neu gekauft werden! In solchen Fällen ist der E-B-Übergang eines Bipolartransistors oder sogar eine gewöhnliche Diode der 1N400x-Serie eine Alternative, natürlich rückwärts vorgespannt. Ihr Zugbereich ist zwar kleiner, aber ein solches Bauteil ist leicht zu finden. LEDs sollten nicht verwendet werden, es sei denn, sie sind gegen Umgebungslicht abgeschirmt.

### Varaktor-Steuerung

In meinem Empfänger wird ein preiswerter MV209-Varaktor zusammen mit einem logarithmischen 10-k $\Omega$ -Potentiometer zur Steuerung verwendet. Diese Kombination liefert hervorragende Ergebnisse. Die Abstimmlinearität bei allen Frequenzen ist mit Quarzen und Keramikresonatoren bemerkenswert gut. Der Abstimmbereich für die getesteten Quarze lag bei etwa 2...3 kHz oberhalb von 40 m, etwas weniger bei 80 m und war bei 160 m sehr gering. Der Abstimmbereich eines 40-m-Keramikresonators betrug etwa 60 kHz und bei 80 m etwa 30 kHz. Der teurere Varaktor-Typ 1SV149 (500 pF) verbesserte trotz seines deutlich höheren Kapazitätsbereichs den Abstimmbereich des 40-m-Keramikresonators nur um etwa 10 kHz. Allerdings litt die Abstimmlinearität bei mittlerer Einstellung des Potentiometers. So entschied ich mich für den MV209-Varaktor mit einem logarithmischen Potentiometer von 10 k $\Omega$ .

Die korrekte Polarität dieses Potentiometers ist wichtig. Die Anschlüsse dürfen nicht vertauscht werden, da dies zu einer wesentlich schlechteren Abstimmlinearität als die des Varaktors allein führen würde. Die richtige Polarität findet man heraus, indem man den Empfänger (mit einem Quarz bestückt) in der Nähe eines handelsüblichen SSB-Empfängers platziert. Stellen Sie dann das logarithmische Potentiometer auf die mittlere Position und „zero-beaten“ Sie den kommerziellen Empfänger auf den Lokalen Oszillator des Empfängers. Drehen Sie dann das Potentiometer ganz nach rechts und dann ganz nach links. Wenn der Anschluss korrekt ist und das Poti richtig angeschlossen ist, sollte der Ton des kommerziellen Empfängers bei beiden Potistellungen ungefähr die gleiche Frequenz

haben. Wenn nicht, vertauschen Sie die beiden Potianschlüsse (Masse und VCC). Diesen früher beliebten Test nennt man „Einpfeifen“. Eine weitere Möglichkeit, um die richtige Polarität herauszufinden, besteht darin, das Lecksignal des Empfängers-LOs an einem handelsüblichen SSB-Empfänger zu beobachten. Wenn das logarithmische Potentiometer richtig angeschlossen ist, nimmt die Frequenz ab, wenn Sie das Potentiometer im Uhrzeigersinn drehen.

Die richtige Polarität des logarithmischen 10-k $\Omega$ -Potis zur HF-Verstärkung ist ebenfalls wichtig. Verbinden Sie es so, dass die HF-Verstärkung beim Drehen des Schleifers linear variiert. Ist dies nicht der Fall, muss das Poti umgepolt werden.

### Optionaler Audio-Bandpass/ Tiefpass für CW/SSB

Um der CW benachbarte Signale zu unterdrücken, kann ein geeigneter Audio-Bandpass hinzugefügt werden (**Bild 3**). Man könnte hier zwar auch auf die PC-Soundkarte und eine passende Software setzen, aber abgesehen von der Notwendigkeit, einen Computer mit sich herumzutragen, gibt es einen weiteren und schwerer wiegenden Nachteil: die Latenzzeit. Die Software beansprucht viel Rechenleistung, um die Aufgabe in kurzer Zeit zu erledigen. Bei älteren oder billigen Computern ist diese Rechenleistung gar nicht verfügbar. Dann vergeht vom Eintreffen des Audiosignals bei der Soundkarte bis zur Ausgabe des verarbeiteten Signals in den Kopfhörern viel Zeit, manchmal mehrere Sekunden. Aber wenn die Latenzzeit so hoch ist, wird die Abstimmung des Empfängers auf Signale zum Alptraum. Ein rein analoges Hardwarefilter aber weist eine gegen null gehende Latenzzeit auf!

Ich habe eine ganze Reihe von CW-Audiofiltern getestet, LC-Typen, regenerative Typen und so weiter. LC-Filter erforderten einige schwer zu beschaffende Induktivitäten, regenerative Filter einige kritische Anpassungen, damit sie effektiv arbeiten. Außerdem erwies sich kein Filter als stabil genug, denn bei starken Änderungen der Signalstärke schwangen sie alle heftig. Das hier vorgestellte Bandpassfilter mit mehreren Rückkopplungen, das die beste Leistung und Stabilität bietet und keine Anpassungen erfordert, besteht aus drei identischen, kaskadierten Filtern. Die sechs CW-Filterkondensatoren definieren die Mittenfrequenz dieses Filters: Mit 47-nF-Kondensatoren liegt die Mittenfre-

quenz nahe 700 Hz, bei 33-nF-Kondensatoren ergibt sich eine Mittenfrequenz nahe 1 kHz.

S2 schaltet zwischen CW- und SSB-Filter um. Als SSB-Filter reicht eine einzige Stufe mit einer Eckfrequenz von etwa 2 kHz.

Das CW-Filter mit seiner Bandbreite von weniger als 250 Hz bietet trotz oder gerade aufgrund seiner Einfachheit eine hervorragende Selektivität ohne Schwingungsneigung. Um sich ein Bild von seiner Selektivität zu machen, sollte man nur einen der beiden Töne eines RTTY-Telexsignals auswählen. Starke CW-Signale in unmittelbarer Nähe des Durchlassbandes sind im Hintergrund zwar noch zu hören, werden aber stark gedämpft und beeinträchtigen den gewünschten Signalempfang nicht, auch wenn die Nutzsignalstärke gering ist. Dies erwies sich beim Scannen des Bandes nach Signalen sogar als wünschenswert. Sie können herausfinden, was „in der Nähe“ vor sich geht, ohne die Empfängerfrequenz neu einstellen zu müssen. Im Vergleich dazu muss bei vielen kommerziellen Anlagen wegen des Schmalbandfilters sehr langsam abgestimmt werden, um beim Scannen keine Signale zu überspringen, was beim Scannen weiter Bereiche eines Bandes ziemlich umständlich ist. **Bild 4** zeigt den Aufbau der Filterabteilung in der Praxis.

### Optionaler NF-Verstärker mit automatischem Limiter

Der optionale NF-Verstärker in **Bild 5** wurde zusammen mit dem Empfänger sehr erfolgreich getestet. Er liefert eine Verstärkung von ungefähr 100 dB oder

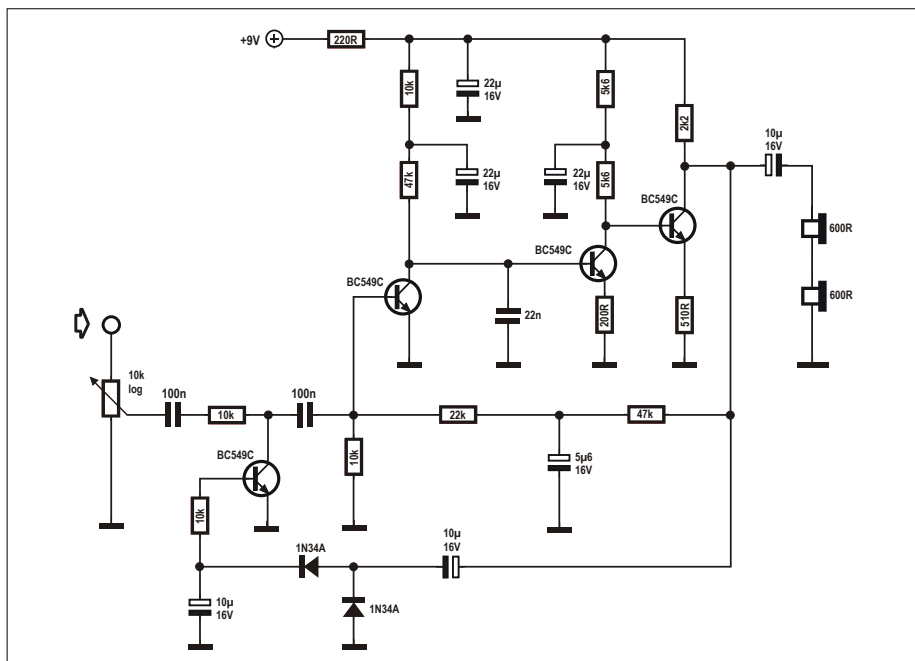


Bild 5. Schaltung des optionalen NF-Verstärkers.

sogar mehr, was auf den ersten Blick fast überdimensioniert erscheint. Doch aufgrund des erheblich schwankenden Eingangssignalpegels gibt es viele Fälle, in denen eine solch hohe Verstärkung erforderlich ist. So hatten beispielsweise einige der getesteten Quarze sehr hohe Verluste und der Reflex-Schalter musste aktiviert werden, um eine weitere Audioverstärkung in die NF-Kette aufzunehmen. Der ideale Signalempfang wird durch das Zusammenspiel der Einstellungen von Reflexschalter, der HF-Verstärkung, der Regeneration und des Lautstärkereglers erreicht. Manchmal ist es sinnvoll, die Audioverstärkung

hoch einzustellen und die HF-Verstärkung zu begrenzen, ein anderes Mal ist das genaue Gegenteil vorteilhaft, immer abhängig von der Signalstärke und dem Rauschen. Aber das Schöne an diesem Empfänger ist, dass der Nutzer die „volle Kontrolle“ über diese Parameter hat! Den NF-Verstärker hatte ich eigentlich als den unkompliziertesten Teil des Receivers ausgemacht; aber überraschenderweise war dies dann doch nicht so einfach. Dafür gibt es verschiedene Gründe: Erstens variiert die Ausgangslautstärke des Receivers stark, abhängig von der Signalstärke, der Art und Weise, wie die Regeneration eingestellt ist und ob

## Praktischer Einsatz des Empfängers

Nehmen Sie die Resonator-Lagerbox und schließen Sie die von Ihnen ausgewählten Resonatoren an den ZIF-Sockel an. Schalten Sie auf „interne Antenne“ oder schließen Sie eine externe Antenne und Ihren hochohmigen Kopfhörer an. Schalten Sie die Stromversorgung ein, stellen Sie die HF-Dämpfung auf Minimum, wählen Sie den gewünschten Resonator und stellen Sie die Lautstärke auf einen (zunächst) angenehmen Pegel ein. Stellen Sie die Regeneration so ein, dass Sie das Schwingungsrauschen wahrnehmen. Kein Problem, wenn Sie die Regeneration zu weit einstellen, denn dieser Empfänger

schwingt wahrscheinlich nicht im Audiobereich. Finden Sie bei jeder Resonatoreinstellung anhand der Lautstärke im Kopfhörer den optimalen Schwingungspegel. Normalerweise höre ich DSB, indem ich die Regeneration auf Maximum stelle, was sowohl Oszillation als auch eine gute Audiolautstärke ermöglicht. Auf diese Weise muss ich die Regeneration nicht ständig anpassen. Erst wenn in der Nähe Störungen auftreten, drehe ich die Regeneration herunter, um das LSB zu unterdrücken. Es ist einfach, den kritischen Punkt der Regeneration zu finden, indem man auf eine Änderung des Audio-

signals achtet. Wenn Sie von Schwingung zu Nichtschwingung übergehen, wird die Audiobandbreite deutlich reduziert. Das hört sich genauso an, als wenn man die Höhen bei der Stereoanlage herunterdreht, und man hört das charakteristische Rauschen. Zwar nimmt man immer noch deutliche Signale auf dem USB wahr (vielleicht etwas „weicher“), aber die LSB-Signale verschwinden allmählich, beginnend mit den höheren bis zu den niedrigeren Tönen, während Sie die Regeneration weiter verringern. Wenn Sie die Regeneration noch weiter absenken, verschwinden auch die tiefen Töne des USB, ähnlich wie bei

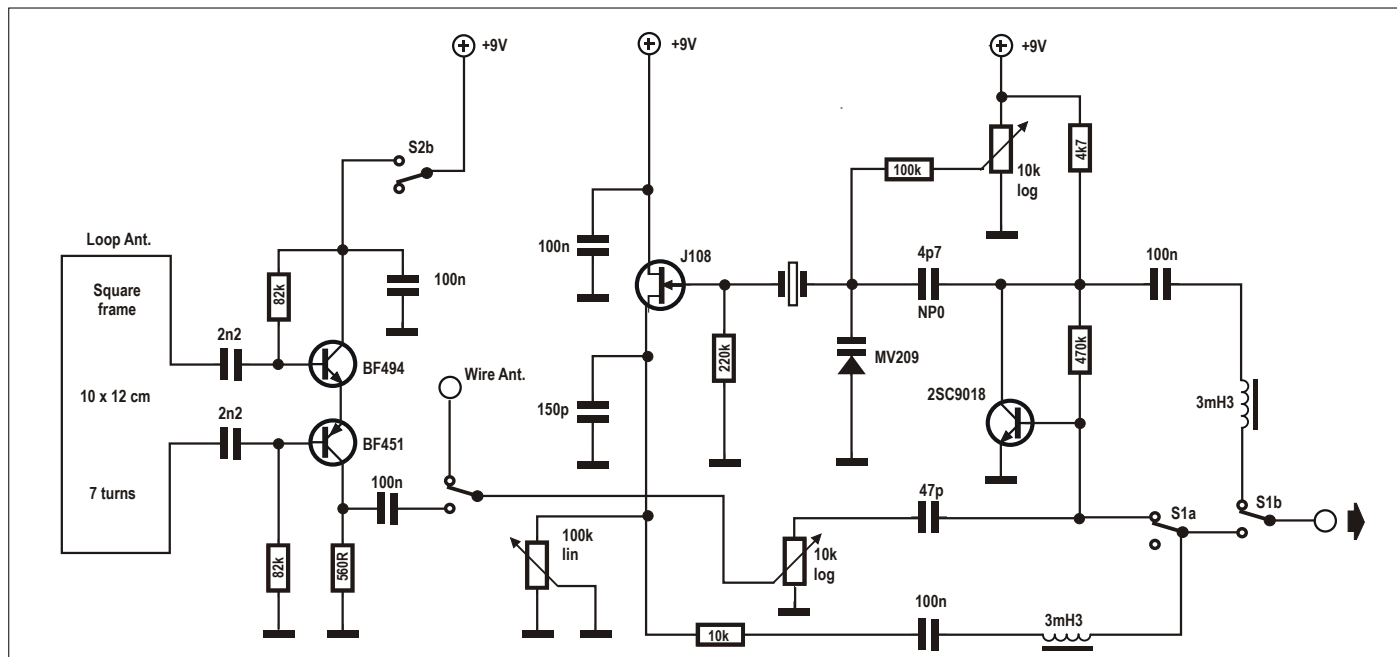


Bild 6. Schaltung des Empfänger-Frontends mit einem zusätzlichen aktiven symmetrischen Breitbandvorverstärker für die Rahmenantenne.

Quarze oder Keramikresonatoren verwendet werden. Dann gab es „Klicks“ von Reflex- und Filterschaltern sowie Geräusche beim Drehen des Regenerationspotis. Zusätzlich wurde festgestellt, dass der High-Gain-Verstärker bei starken Eingangssignalen stark oszilliert. Wenn ein Lautsprecher verwendet wird, muss man sich um diese Dinge keine Gedanken machen, doch beim Einsatz eines Kopfhörers sieht die Situation völlig anders aus. All diese Geräusche können, wenn sie von diesem Verstärker sehr hoch verstärkt werden, ohrenbetäubend sein, während man gerade auf der Suche nach schwachen Signalen ist und

die Lautstärke deshalb hoch eingestellt hat. Dadurch schwingt der Verstärker auch noch und erzeugt weiteren Lärm. Bei HF spielt das Rauschen des NF-Verstärkers keine große Rolle. Doch in diesem sehr „leisen“ Empfänger wird das Rauschen des NF-Verstärkers meist als Zischen bei hoher Lautstärke wahrgenommen, da sowohl das Rauschen als auch das Nutzsignal verstärkt werden. Ein weiterer Punkt ist, dass zur effektiven Messung der Signalstärke in diesem Direktmischempfänger eine NF-AGC in der Schaltung vermieden werden sollte. Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass das interne Verstärkerrauschen und

die sehr lauten Geräusche eliminiert werden müssen, nicht aber die relativ starken Signale.

Im NF-Verstärker wird der erste Transistor hinter dem Eingangspoti als automatischer Begrenzer eingesetzt. Das Audiosignal am Verstärkerausgang wird zur Germaniumdiode zurückgeführt. Es kommt nur auf die geringe Durchlassspannung der Diode an, so dass der Typ keine Rolle spielt. Die Diode richtet das Audiosignal gleich und lädt den 10-µF-Kondensator an der Basis des Transistors. Abhängig von dessen momentaner Ladung öffnet der Transistor mehr oder weniger, was sich auf das NF-Signal am Ausgang

einem Audio-Hochpass. Diese Einstellung ist zwar etwas kribbelig, aber kann mit ruhiger Hand doch ganz gut vorgenommen werden. Spielen Sie herum, indem Sie die Regeneration an diesem Punkt stärker und schwächer drehen, um zu erkennen, wie das LSB durch die Regenerationseinstellung abgeschnitten wird.

Sobald Sie ein Signal haben, schalten Sie von der Außenantenne zur aktiven Schleife hin und wieder her, so dass Sie die Unterschiede in Signalpegel und Hintergrundrauschen erkennen. Der HF-Abschwächer ist hier hilfreich. Drehen Sie die Antenne, um zu erkennen, wie Störungen aus einer

Richtung zum Beispiel durch Haushaltsgeräte unterdrückt werden. Schalten Sie das aktive Filter bei schmalbandigen Signalen ein und aus und bemerken Sie den Unterschied im Audiosignal. Beim Umschalten auf das schmalbandige Filter müssen Sie möglicherweise eine sorgfältige Feineinstellung der Frequenz vornehmen (und der Regeneration oder sogar der HF-Verstärkung), um den Signalton auf die Spitze (des Filters) zu treiben. Spielen Sie mit dem Regeneration/Reflex-Regeneration-Schalter und bemerken Sie den Unterschied im Audiopegel, aber auch im Hintergrundgeräusch.

All diese Bedienelemente - die gelegentlich interagieren - ermöglichen es Ihnen, die Art und Weise des Signalempfangs genau zu bestimmen. Von der HF über die eigentliche Art der Erkennung bis hin zur NF: Jede Stufe besitzt frei wählbare Einstellmöglichkeiten. Die Kombinationen erscheinen schier endlos, doch Sie werden sie mit der Zeit alle erforschen. Wenn Sie passionierter Elektronik-Bauteil-Sammler sind, wird es Ihnen Spaß machen, verschiedene seltene Resonanzfrequenzen aus dem Internet, aus Elektronikgeschäften oder von HAM-Messen in diesem Empfänger auszuprobieren.



Bild 7. Die eingeklappte Rahmenantenne auf der Rückseite des Empfängers.



Bild 8. Die Loop-Antenne ist ausgeklappt.

des Spannungsteilers auswirkt, der aus dem Transistor und seinem 10-k $\Omega$ -Kollektorwiderstand besteht. Die Bauteilwerte sind so gewählt, dass nur sehr laute Signale am Ausgang des Verstärkers (Schalterklicks, Verstärkerschwingungen) eine Begrenzung des Eingangssignals bewirken können. Die Attack-Zeit ist sehr kurz, was bedeutet, dass der Limiter schnell auf diese lauten Geräusche reagiert und die Ohren des Hörers schützt. Die Abklingzeit beträgt etwa eine halbe Sekunde, was lang genug ist, um den Hörer über den auftretenden Lärm zu warnen, aber nicht zu lang, als dass er das folgende Nutzsignal verliert. Der 22-nF-Kondensator am Kollektor des zweiten Transistors nach Masse ist das Anti-Rausch-Filter. Ohne ihn wäre das Rauschen des Verstärkers sehr aufdringlich. Doch so ist der Verstärker auch bei hohen Verstärkungen schön leise. Der Kondensator hilft auch, Verstärkeroszillationen zu vermeiden. Die Kapazität sollte zwischen 10 nF bis 22 nF liegen. Darunter wird das Zischen stärker hörbar, darüber

würde die gewünschte Audiobandbreite beschnitten. 22 nF liegt eher an der hohen Seite, aber es ist besser, einige hohe Frequenzen zu verlieren als dass die Ohren zu schnell zu müde werden. Der Ausgang dieses NF-Verstärkers ist hochimpedant (2,2 k $\Omega$ ). Das spart zwar viel Energie aus dem Akku, aber es sind natürlich auch hochohmige Kopfhörer erforderlich. Ich habe zwei magnetische 600- $\Omega$ -Kapseln (Knopf im Ohr) in Reihe geschaltet, um die Audioqualität zu verbessern. 600- $\Omega$ -Kapseln funktionieren auch bei etwas geringerer Lautstärke zufriedenstellend. In dieser Schaltung können zwar alle Typen hochohmiger Kapseln verwendet werden, aber wenn Sie die Wahl haben, sollten Sie Typen mit hoher Lautstärke und bester Passform verwenden.

Es wäre zu schade, einen dieser Vintage-Ohrhörer zu ruinieren, nur um sie mit einem einzigen Stecker anschließen zu können. Stattdessen habe ich zwei Kopfhörerbuchsen am Empfängerchassis eingebaut und intern passend verdrahtet. Und wenn es im Empfänger schon einmal zwei in Reihe geschaltete Buchsen gibt, kann man einen Kopfhörer aus- und an dessen Stelle das Kabel zur Soundkarte des Computers einstöpseln. So kann der Zuhörer das Audiosignal sowohl direkt in einem Ohrstöpsel als auch über den Umweg des Computers abhören und vergleichen, obwohl der Computer normalerweise empfindlicher ist und die Lautstärke des Empfängers auf niedrigere Werte einzustellen wäre.

#### Optionale aktive Breitband-Loopantenne

Bild 6 zeigt den Schaltplan des Front-

Ends des Empfängers mit einer aktiven breitbandigen symmetrischen Schleifenantenne. Um die Batterie zu schonen, wird der Antennen-Vorverstärker abgeschaltet, wenn man statt der Loop- eine Drahtantenne anschließt. Diese einfache Lösung macht kompliziertere Schaltungsmaßnahmen überflüssig, was den Bau einfach und kostengünstig gestaltet.

Die Loop-Antenne wird auf einen 10 cm  $\times$  12 cm großen quadratischen Kunststoffrahmen mit sieben Windungen aus ganz normalem isoliertem dünnem Kupferdraht gewickelt. Beim Prototyp wurde dafür tatsächlich ein Kunststoffrahmen aus einem alten AM-Radio verwendet (siehe **Bild 7** und **Bild 8**).

Mit diesem Rahmen kann die Antenne in eine horizontale Position gebracht werden, was nützlich ist, wenn man den Empfänger fest auf dem Schreibtisch platzieren möchte oder muss. Störquellen lassen sich allein durch Drehen des Antennenrahmens (statt des gesamten Empfängers) eliminieren.

Die Leistung der aktiven Schleifenantenne ist für ihre geringe Größe und die Anzahl der Bauteile im Vorverstärker sehr gut. Sie verstärkt im Vergleich zu einem 12-m-Sloper-Draht auf dem Dach fast genauso gut, wie ein Test (ab 2 MHz) ergab. Die symmetrische Schleife ist auch weniger anfällig für lokale Störungen. Ein weiterer großer Vorteil ist die Fähigkeit der Schleife, unerwünschte Signale oder Störungen aus einer bestimmten Richtung durch physikalisches Drehen der Antenne zu unterdrücken. Mit dieser Antenne am Empfängergehäuse können Sie den Empfänger in ein echtes „portables“ Gerät verwandeln, das Sie überall hin mitnehmen können, ohne von großen immobilen Antennen abhängig zu sein.

#### Gesamtkonstruktion des Empfängers

Der Empfänger ist in ein kleines Kunststoffgehäuse eingebaut. Ein Metallgehäuse wäre wahrscheinlich besser, aber schwieriger zu bohren und würde unter Umständen den Empfang der Schleifenantenne beeinträchtigen. Allerdings ist ein gewisses Maß an HF-Erdung und Isolierung von Handeffekten erforderlich, und dies wird durch die große Platine im Inneren des Empfängers gewährleistet. Die Knöpfe der Regler sind ziemlich groß (aber nicht riesig), um eine Feinabstimmung ohne teure Untertriebe zu ermöglichen. Die Regeneration ist die kritischste Einstellung und kann sehr komfortabel



Bild 9. Die Frontplatte des Empfängers.

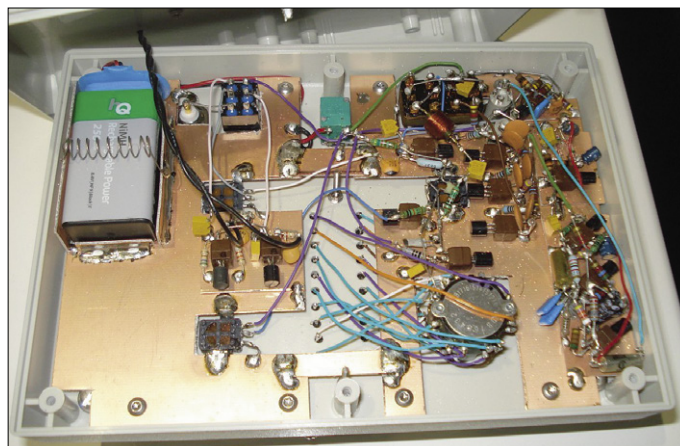


Bild 10. Das Innenleben des Empfängers, der vollständig aus diskreten Bauteilen besteht und frei verdrahtet ist.

für den Einzelsignalempfang auch in den höheren Kurzwellenbändern eingestellt werden. Um zu vermeiden, dass die Frontplatte mit unzähligen Markierungen beschriftet werden muss, kommen Knöpfe mit Skalenmarkierungen zum Einsatz.

Auf der Frontplatte (**Bild 9**) befinden sich Schalter zur Auswahl der Antenne, des Audiofilters, der Topologie (regenerativ oder reflex-regenerativ) und natürlich der externe Antennenanschluss sowie eine 40-polige Nullkraftfassung. Dieser „Selektor“ für Quarze/Resonatoren ist eine neue und gute Idee. Man kann ja nie genug Resonatoren haben! Ist ein Empfänger breitbandig ausgelegt und soll das gesamte HF-Band durch einfachen Resonatorwechsel abdecken, ist es keine gute Idee, die Resonatoren einfach auf einen Wahlschalter zu löten. Andererseits bedeutet eine „normale“ Quarzbuchse an der Frontplatte, dass der Nutzer alle Resonatoren in einem Säckchen ständig bei sich tragen müsste, wenn er mit dem Empfänger nach draußen geht. Die eingesetzte ZIF-Buchse (Zero Insertion Force) aber kann zehn Resonatoren aufnehmen. Wenn ein Resonator oder ein Satz von Resonatoren ausgetauscht werden muss, entriegeln Sie einfach die Buchse und schütteln die Resonatoren heraus. Dies ist einfach und hat darüber hinaus den Vorteil, dass die Stifte der Resonatoren weniger verschleiben, als wenn sie wiederholt in die Buchse gesteckt und herausgezogen werden. Die 40-polige Buchse könnte theoretisch 20 Resonatoren aufnehmen, aber es wurde die Hälfte der Buchsen entfernt, um die parasitäre Kapazität zu reduzieren und Platz für benachbarte Resonatoren zu schaffen.

Die Art und Weise, wie die Resonatoren in der Fassung angeordnet werden, ist natürlich Geschmackssache. Man kann sie zum Beispiel nach Band oder nach bevorzugten Frequenzen organisieren. Wenn sie nach Bändern geordnet sind, könnte man zusätzliche DIP-Buchsen (eine für jedes Band) verwenden und jeweils einen Resonator-Satz einstecken. Möchte man das Band wechseln, muss man lediglich die ZIF-Klemme lösen und die gesamte DIP-Buchse ersetzen. So einfach geht das! Die Möglichkeiten sind vielfältig, es liegt wirklich nur an Ihnen, den bequemsten Weg zu wählen. Der Wahlschalter sollte so nah wie möglich an der ZIF-Buchse platziert werden. Für den Empfänger wird ein wiederaufladbarer Akku verwendet, der in einem Halter aus zwei Stückchen (ungeätzter) Platine fixiert ist. Eine kleine Feder verhindert, dass der Akku herausfallen kann und ermöglicht zusätzlich einen einfachen Austausch.

Es ist wichtig, in diesem Empfänger hochwertige Potentiometer zu verwenden, um eine „sanfte“ Einstellung zu gewährleisten. Für alle Potis mit Ausnahme des Lautstärkestellers wurden im Prototyp Miniatur-Kunststoff-Potentiometer von

Panasonic verwendet. Das Lautstärkepotentiometer besitzt einen Schalter, der als Ein-/Ausschalter des Empfängers fungiert. Auf eine Betriebsanzeige-LED wurde aus Energiespargründen verzichtet. Die voluminösen Griffe der Frontplatte sind so angebracht, dass sie die Bedienelemente schützen, wenn der Empfänger versehentlich mit der Vorderseite nach unten fällt.

Es gibt nicht viele Dinge, die beim Bau dieses Receivers schief gehen könnten, vorausgesetzt, Sie folgen den Schaltplänen. Schließlich gibt es keine handgewickelten Spulen anzufertigen oder ähnliche Klippen zu umschiffen! Die Konstruktion, wie Sie **Bild 10** zeigt, ist für jeden Funkamateurl mit grundlegenden Elektronikkenntnissen leicht reproduzierbar. Bei Fragen stehe ich Ihnen gerne unter [1] zur Verfügung. ◀

180480-02

#### Weblink

[1] Website des Autors:  
<http://qrp.gr/>

## HF-Verstärkung und müde Ohren

Der HF-Verstärkungssteller hat interessante Eigenschaften. Durch die Reduzierung der Verstärkung des Transistors werden die gewünschten HF-Signale weniger vorverstärkt. In der Praxis werden Sie jedoch sehen, dass Sie ohne die störenden gleichgerichteten AM-Signale trotz einer geringeren HF-Verstärkungseinstellung die gewünschten Signale besser empfangen können. QRM und Rauschen werden durch die Absenkung der HF-Verstärkung ebenfalls reduziert, was beim Empfang schwächerer Signale sehr nützlich ist. Besonders im Schmalbandmodus können Sie die meisten Signale besser wahrnehmen, wenn das Rauschen geringer ist und ihr Ohr nicht so schnell ermüdet.