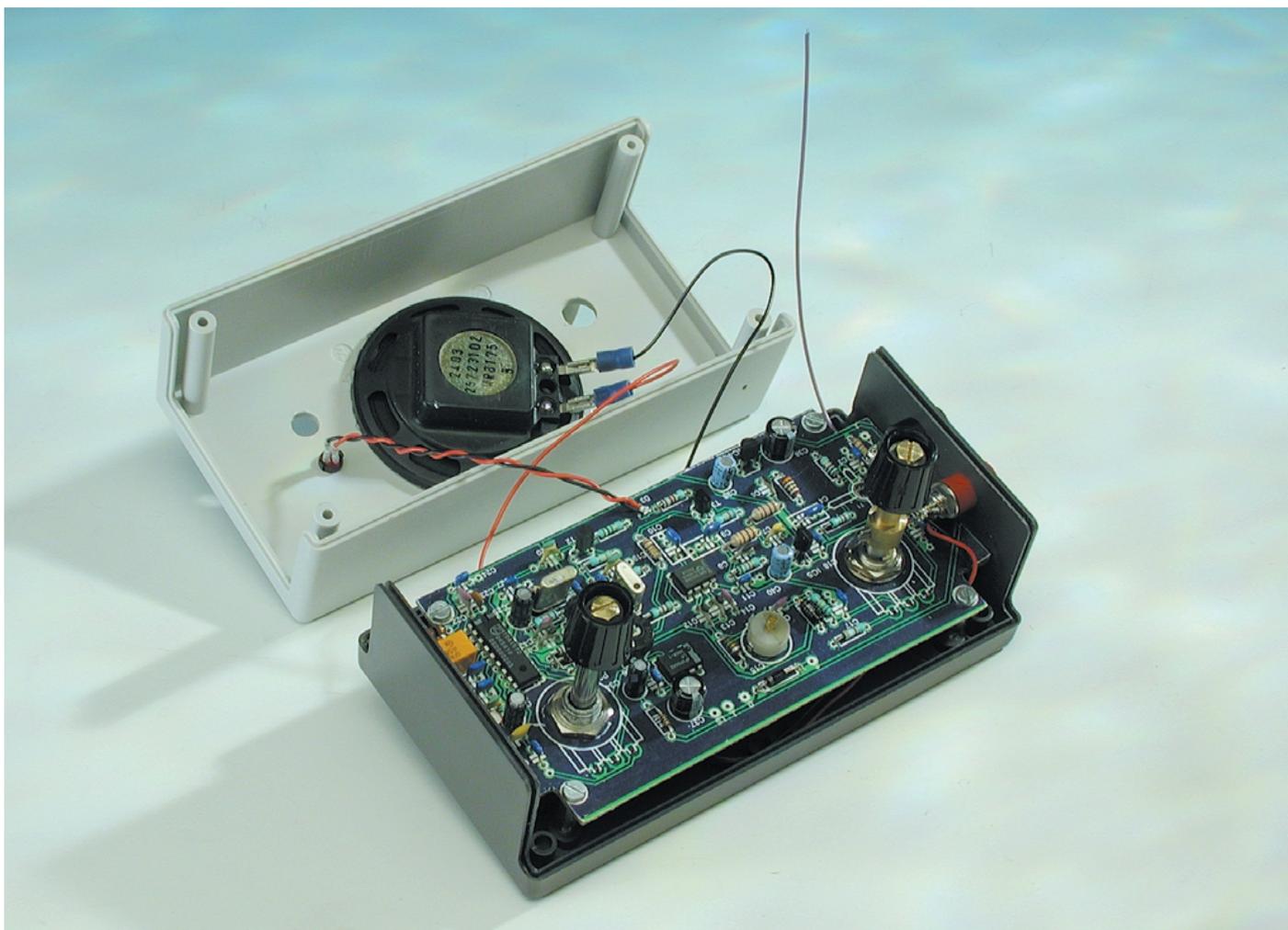


# VLF/LW/MW- Empfänger

Von DC bis 1,8 MHz

Entwurf: G. Baars

Jeder Empfänger ist anders. Die hier beschriebene Version ist sicher kein Durchschnittsempfänger, wie man schon am Empfangsbereich sehen kann. Es handelt sich um einen VLF/LW/MW-Empfänger, der damit vor allem im unteren Bereich mehr Möglichkeiten bietet als jeder andere bisher in Elektor veröffentlichte Empfänger.



Der Empfangsbereich von 0 Hz bis 1,8 MHz ist durchgehend, während man sonst bei LW erst ab 150 kHz empfangen kann. Auch der Bereich zwischen LW und MW (433 kHz bis 560 kHz) steht bei normalen LW/MW-Empfängern nicht zur Verfügung, und außerdem muss man die beiden Bereich auch noch umschalten.

Die Erweiterung im oberen Bereich zwischen 1600 und etwa 1800 kHz ist speziell für Küstenbewohner und Küstenurlauber von Interesse, die sich in diesem "Fischereiband" Küstenstationen mit Berichten für die Seefahrt anhören können.

Am unteren Ende des Empfangsbereichs ist das so genannte VLF-Band (VLF = very low frequency), das von 9,0 kHz bis 148,5 kHz reicht. Die sehr niedrigen werden militärisch für die Kommunikation mit getauchten Unterseebooten genutzt. In diesem Bereich gibt es auch ein Sendernetz für die Langstreckennavigation. Es gibt einige Amateure, die sich mit diesen untersten beschäftigen. Für die Mehrzahl interessanter sind aber die verschiedenen auf etwas höheren operierenden Radiofax-Stationen, die Pressefotos und Wetterkarten bzw. Wetterbilder von Satelliten verbreiten. Nicht zu vergessen sind auch die Zeitkodesender wie der bekannte DCF77 (auf 77,5 kHz). **Tabelle 1** gibt eine kleine Übersicht über verschiedene im VLF-Band angesiedelte Stationen.

### Doppelsuper

Wer aufgrund des Bereichs einen DC-Empfänger (direct conversion) erwartet hat, wird jetzt überrascht sein: Aus Gründen der Empfindlichkeit und Trennschärfe wurde doch das für höherwertige AM-Empfänger übliche Doppelsuper-Konzept gewählt. Wer seine Kenntnisse über das Prinzip auffrischen möchte, findet in dem Textkasten eine Basisinformation zu diesem Konzept. Als Antenne wurde eine erstaunlich kurze Stabantenne gewählt, die nur 10 cm lang zu sein braucht!

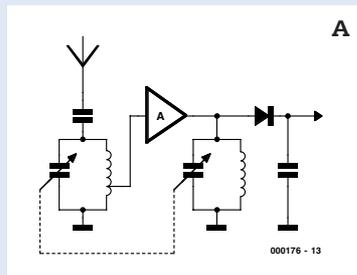
Die Abstimmung des Empfängers erfolgt mit Poti und Kapazitätsdiode, weil es nicht mehr so einfach ist, noch einen ordentlichen Drehkondensator mit passenden Abmes-

**Tabelle 1 9,0...148,5 kHz Verschiedene Stationen**

Freq.(kHz)	Kennung	Anmerkung
18,3	UNID	Fernschreiber
53,6	RTO	Moscow Meteo
60,0	MSF	Rugby Zeitzeichen
75,0	HBG	Nyon Zeitzeichen
77,5	DCF77	Mainflingen Zeitzeichen
82,8	MKL	RAF Edinburgh
111,3	SOA211	Warsaw Meteo
117,4	DCF37	Offenbach Meteo
129,1	DCF49	BMPT Bonn
139,0	TBA	TN Ankara
147,3	DDH47	Hamburg Meteo

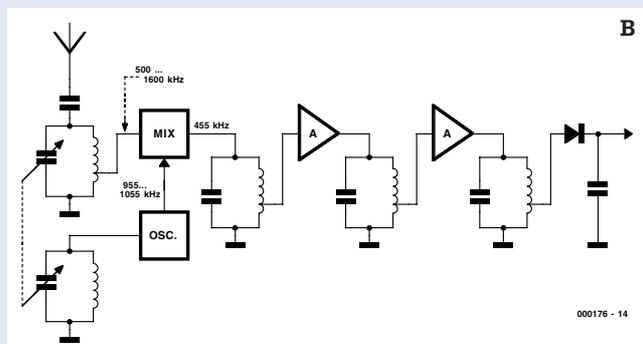
## Superheterodynempfänger

Die ersten Empfänger bestanden aus wenig mehr als einem abgestimmten LC-Kreis mit Antennenankopplung und einem Gleichrichter (Detektor). Mit der zunehmenden Zahl der Sender ergab sich bald die Forderung nach mehr Trennschärfe. Dafür wurde dann ein zweiter abgestimmter Kreis hinzugefügt, und so ergab sich der „Zweikreis“ (**Bild A**), der einige Zeit recht populär war. Aber auch der Zweikreis konnte auf Dauer den Wunsch nach noch selektiverem Empfang nicht erfüllen. Nun konnte man das Konzept noch auf drei, vier oder fünf Kreise erweitern, aber da alle abgestimmt werden mussten, stieg der Aufwand für einen Gleichlauf (synchrone Abstimmung) der Kreise und der Abgleich wurde zum Problem. Die Erfindung des Superheterodynempfängers (**Bild B**) – kurz Superhet oder auch nur



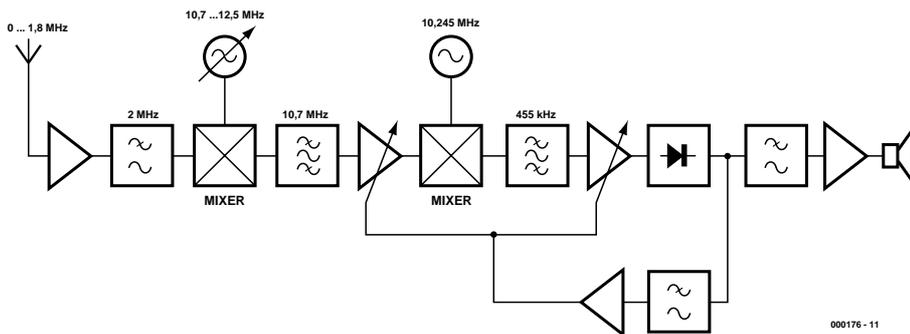
„Super“ genannt, sorgte schon in den 30er-Jahren, gerade mal 10 Jahre nach dem Beginn von Rundfunk-sendungen, für ein richtungsweisendes Konzept, das uns bis heute erhalten blieb. Der Trick bestand darin, das Eingangssignal durch Mischen mit einem Oszillatorsignal in der Frequenz umzusetzen, wobei mit Oszillator- und Eingangskreis nur zwei Kreise synchron abgestimmt werden mussten. Das ließ sich genauso wie beim Zweikreis mit einem Doppel-drehkondensator (zwei Drehkondensatoren auf einer gemeinsamen Achse) ganz gut bewerkstelligen.

Der Vorteil dabei ist, dass durch die synchrone Veränderung der Oszillatorfrequenz der Abstand zwischen Senderfrequenz und Oszillatorfrequenz konstant bleibt – und damit auch die Frequenz des Mischprodukts am Ausgang des Mischers. Im Beispiel von Bild A ändert sich die Eingangsfrequenz (Frequenz des empfangenen Senders) von 500...1600 kHz, gleichzeitig ändert sich auch die Oszillatorfrequenz von 955 auf 2055 kHz. Daher beträgt die Differenzfrequenz (die „Zwischenfrequenz“) unabhängig von der eingestellten Senderfrequenz nach Mischung von Sender- und Oszillatorsignal am Ausgang des Mischers immer 455 kHz. Die Vorteile sind erheblich: Da sich die Frequenz des Signals am Ausgang des Mischers nicht mehr ändert, kann man zur Erhöhung der Trennschärfe hinter dem Mischer ohne Probleme



viele Kreise hintereinander schalten, weil man sie ja nicht mehr mit abstimmen muss. Sie werden nur noch einmalig vor der ersten Inbetriebnahme des Empfängers (im Werk) auf 455 kHz abgeglichen. Heutzutage sind höherwertige AM-Empfänger häufig 'Doppelsuper', wobei auf den

ersten Mischer nach Filterung des Signals auf einer ersten Zwischenfrequenz noch ein zweiter Mischer folgt, der an seinem Ausgang eine zweite Zwischenfrequenz erzeugt. Der zweite Mischer-Oszillator ist dann auch fest abgestimmt. Größter Vorteil des Doppelsupers ist eine noch höhere Selektivität.



000176 - 11

Bild 1. Blockschaltbild des als Doppelsuper ausgeführten Empfängers..

sungen zu bekommen. Die Filtersektion ist mit handelsüblichen Keramikfiltern und ebenso standardmäßigen E12-Festinduktivitäten bestückt. Man braucht also in diesem Bereich *keinen Abgleich* und braucht auch *keine Spule zu wickeln*. Damit ist der Nachbau für die im HF-Bereich noch unerfahrenen Interessenten doch ein ganzes Stück einfacher.

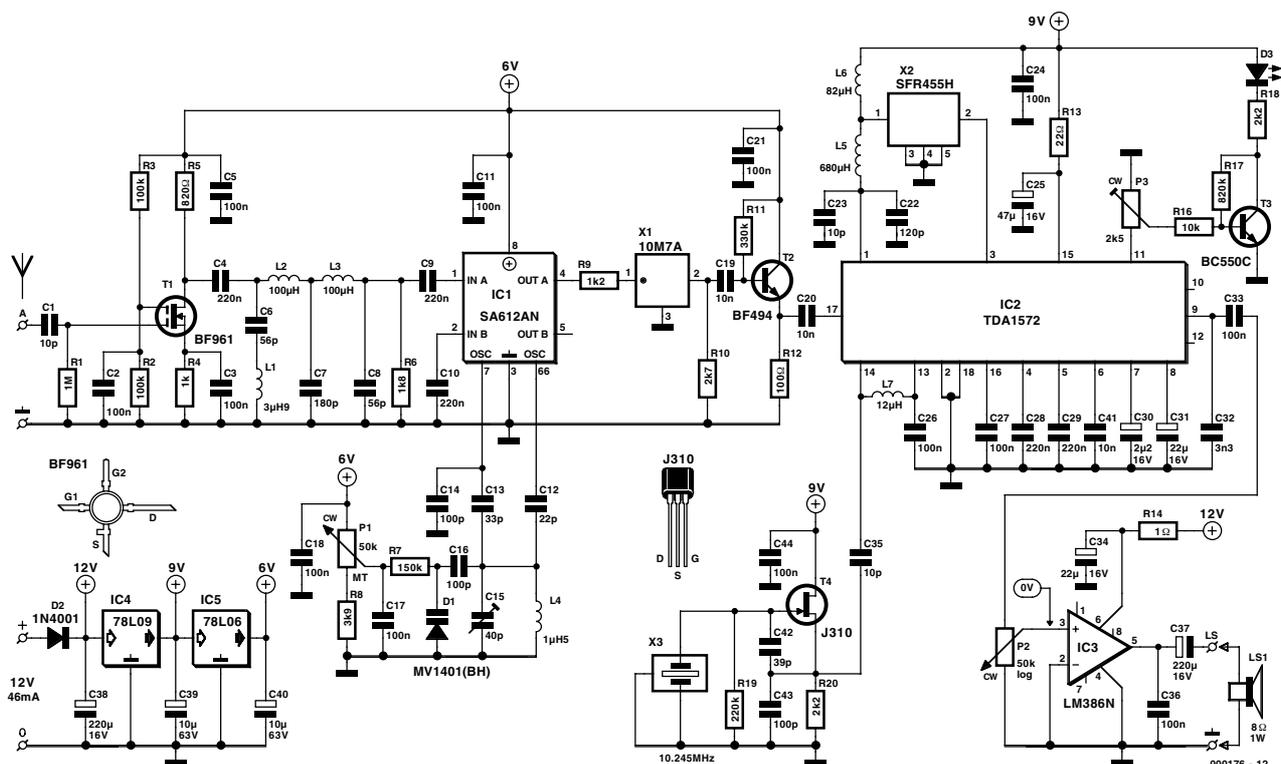
Die Schaltung selbst ist ziemlich "integriert", sie besteht nämlich im Wesentlichen aus nur drei ICs. Der Empfängerabgleich beschränkt sich auf einen einzigen Trimmkondensator. Dieser Empfänger lässt sich daher von jedem nachbauen, der die Kunst des Platinenbestückens und Lötens beherrscht.

## Blockschaltbild

In **Bild 1** ist zu sehen, wie der Empfänger prinzipiell aufgebaut ist. Das empfangene Signal mit einer Frequenz zwischen 0...1,8 MHz gelangt zuerst zu einer Verstärkerstufe, wird dann gefiltert und dem Mixer zugeführt. Dort wird es mit dem Signal eines abgestimmten Oszillators gemischt, dessen Frequenz um 10,7 MHz über dem Empfangssignal liegt. Mit diesem Oszillator wird somit der Empfänger abgestimmt, da seine Frequenz bestimmt, welche Eingangsfrequenz nach dem Mixer eine Ausgangsfrequenz von 10,7

MHz ergibt. Nur diese (feste) Frequenz von 10,7 MHz wird nämlich vom nachfolgenden ersten Zwischenfrequenzfilter (1. ZF) durchgelassen. Nach dieser Filterung folgt ein zweiter Mischer, diesmal aber mit einem fest abgestimmten Oszillator, der ein Signal mit einer Frequenz von 10,245 MHz liefert. Das Ausgangssignal des zweiten Mixers ist dann wieder die Differenzfrequenz, diesmal 455 kHz als zweite Zwischenfrequenz (2.ZF). Auch dieses Signal wird wieder gefiltert, verstärkt und dann dem Demodulator zugeführt. Über ein Tiefpassfilter gelangt das demodulierte Signal zum NF-Verstärker als letztes Glied im Signalweg, der für ausreichende Leistungsverstärkung für die Wiedergabe über den Lautsprecher sorgt.

Die eingezeichnete Signalführung vom Demodulator zu den ZF-Verstärkerstufen ist Teil einer AGC (automatic gain control = Verstärkungsregelung). Dieser Regelschleife sorgt dafür, dass beim Empfang stärkerer Sender die Verstärkung des ZF-Verstärkers vermindert wird, so dass schwache und starke Stationen mit etwa der gleichen Lautstärke wiedergegeben werden.



000176 - 12

Bild 2. Die Verwendung eines speziellen ICs für AM-Empfänger (IC2) ermöglicht einen relativ kompakten Aufbau.

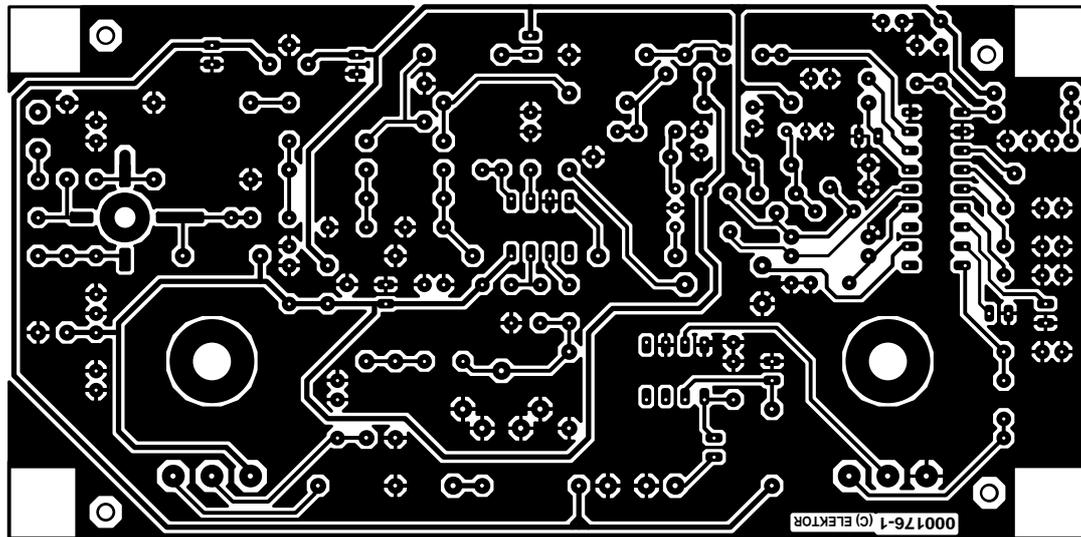
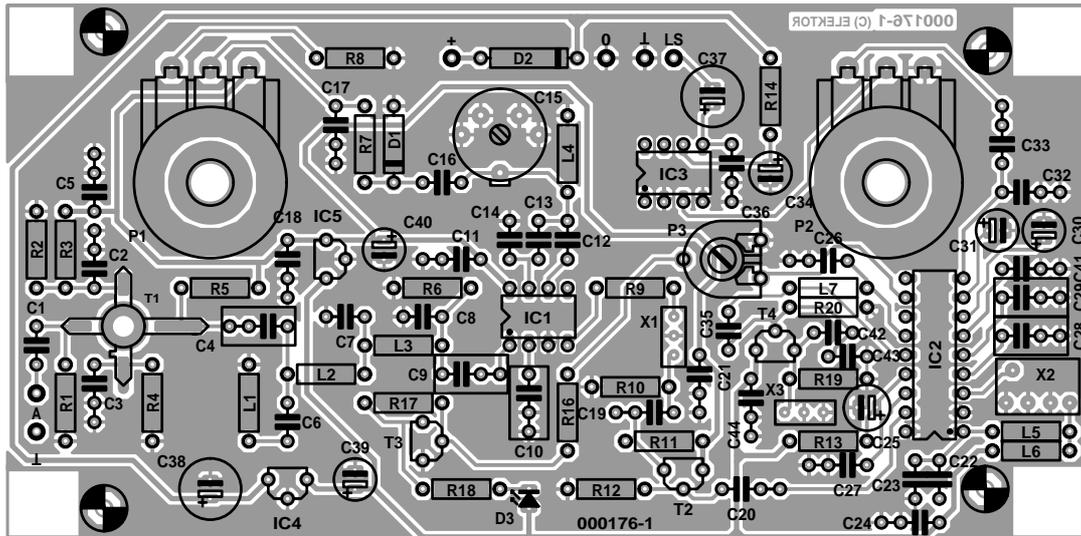
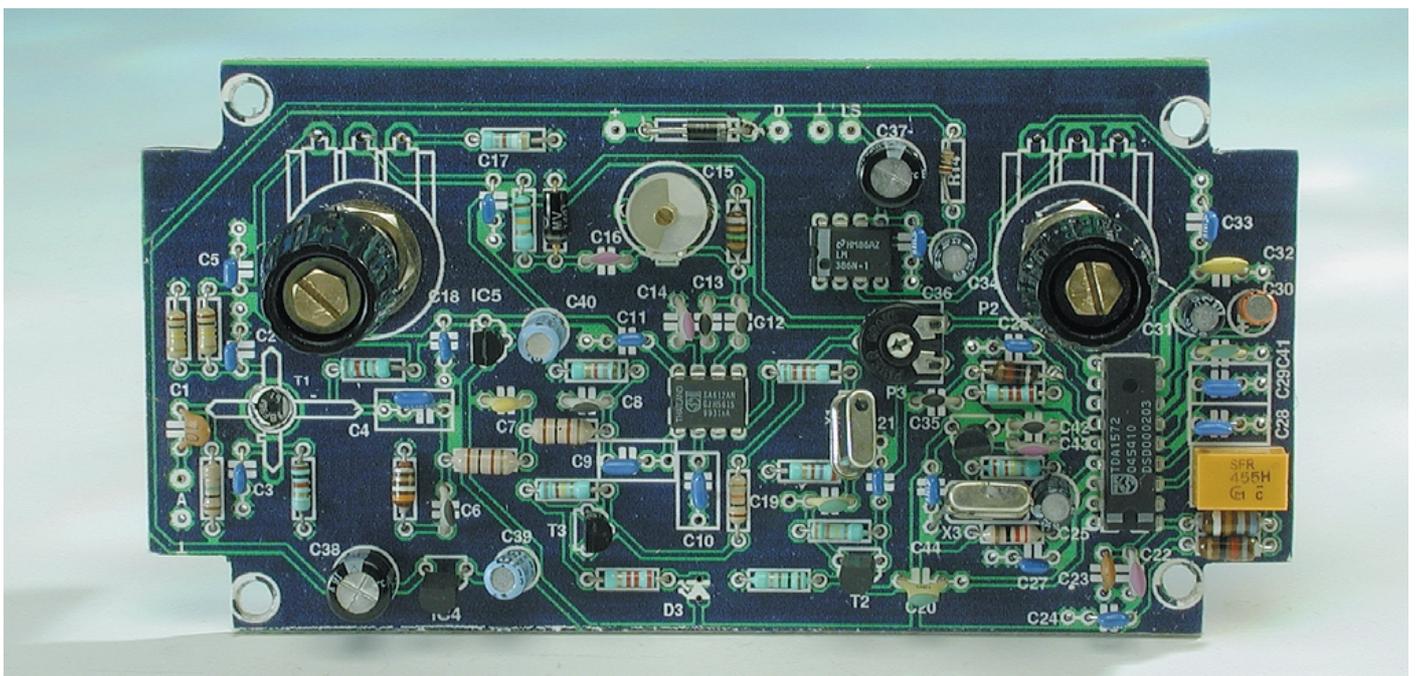


Bild 3. Das Layout der Platine wurde nach HF-Gesichtspunkten optimiert.



## Schaltplan

Wie das Ganze dann praktisch aussieht, ist in **Bild 2** zu sehen.

Als Eingangsverstärker wird ein Dual-gate-MOSFET (T1) verwendet. Die wichtigste Funktion dieser Stufe ist die Impedanzanpassung an die eigentlich viel zu kurze und deshalb hochohmige Antenne. Es folgt ein Tiefpassfilter, um Signale außerhalb des Empfangsbereichs mit Frequenzen über 2 MHz von den folgenden Stufen fern zu halten. Außerdem ist dieses aus L2,L3/C6,C7,C8 bestehende Filter so dimensioniert, dass es eine Kerbe ("Notch") bei der 10,7 MHz (der Frequenz der 1. ZF) aufweist. Die Praxis zeigt nämlich, dass es in diesem Bereich ziemlich starke Sender gibt, die besser zusätzlich abgeschwächt werden können.

Das gefilterte Signal wird dem Mischer IC1 an Pin 1 zugeführt. Dieses IC vom Typ SA612AN enthält neben einem symmetrischen Mischer auch einen Oszillator, der mit dem externen Resonanzkreis an den Pins 6 und 7 abgestimmt wird. Dieser Kreis ist so dimensioniert, dass er mit der Kapazitätsdiode D1 im Bereich zwischen 10,7 MHz und 12,5 MHz abgestimmt werden kann. Die Diode ändert ihre Kapazität in Abhängigkeit von der mit dem Mehrgangpotentiometer P1 eingestellten Spannung, so dass die Abstimmung mit diesem Potentiometer bedient wird.

Da der Abstimmbereich direkt vom Kapazitätsbereich der Abstimm-diode bestimmt wird, soll noch kurz auf dieses wichtige Bauteil eingegangen werden. Die angegebene MV1401 hat bei einer Abstimmspannungsänderung von 1...10 V eine Kapazitätsänderung von 30...60 pF. Wird eine Diode mit anderem Kapazitätsbereich gewählt, ergibt sich auch ein anderer Abstimmbereich (= Empfangsbereich).

Auf den ersten Mischer folgt das keramische ZF-Filter (Bandfilter) mit einer Mittenfrequenz von 10,7 MHz, das für die Selektion sorgt, indem es nur Signale innerhalb seiner Bandbreite ohne größere Dämpfung durchlässt. Am Ausgang des Mixers ist das Signal noch breitbandig (enthält also noch mehr als nur eine Senderfrequenz). Außerdem liefert der Mischer nicht nur das (erwünschte) Differenzsignal zwischen Oszillator- und Eingangsfrequenz (10,7...12,5 MHz - 0...1,8 MHz = 10,7 MHz), sondern auch ein Summensignal aus den beiden Frequenzen (12,5 MHz + 1,8 MHz = 14,3 MHz). Ein anderes Problem ist der unerwünschte Empfang von Sendern auf der so genannten "Spiegelfrequenz" von 23,2 MHz, da diese Frequenz bei der Mischung mit der Oszillatorfrequenz von 12,5 MHz ebenfalls eine Ausgangsfrequenz

### Stückliste:

#### Widerstände:

R1 = 1 M  
 R2,R3 = 100 k  
 R4 = 1 k  
 R5 = 820 Ω  
 R6 = 1 k8  
 R7 = 150 k  
 R8 = 3 k9  
 R9 = 1 k2  
 R10 = 2 k7  
 R11 = 330 k  
 R12 = 100 Ω  
 R13 = 22 Ω  
 R14 = 1 Ω  
 R16 = 10 k  
 R17 = 820 k  
 R18,R20 = 2 k2  
 R19 = 220 k  
 P1 = 50 k 10-Gang-Potentiometer  
 P2 = 50 k log. Potentiometer  
 P3 = 2 k5 Trimpotentiometer

#### Kondensatoren:

C1,C23,C35 = 10 p  
 C2,C3,C5,C11,C17,C18,C21,C24,C26,C27,C33,C36,C44 = 100 n  
 C4,C9,C10,C28,C29 = 220 n  
 C6,C8 = 56 p  
 C7 = 180 p  
 C12 = 22 p  
 C13 = 33 p  
 C14,C16,C43 = 100 p  
 C15 = 40 p Trimmkondensator  
 C19,C20,C41 = 10 n  
 C22 = 120 p  
 C25 = 47 μ/16 V stehend  
 C30 = 2 μ2/16 V stehend  
 C31,C34 = 22 μ/16 V stehend

C32 = 3 n3  
 C37,C38 = 220 μ/16 V stehend  
 C39,C40 = 10 μ/63 V stehend  
 C42 = 39 p

#### Induktivitäten:

L1 = 3 μ9  
 L2,L3 = 100 μ  
 L4 = 1 μ5  
 L5 = 680 μ  
 L6 = 82 μ  
 L7 = 12 μ

#### Halbleiter:

D1 = MV1401 (Motorola)\*  
 D2 = 1N4001  
 D3 = LED high-efficiency  
 T1 = BF961  
 T2 = BF494  
 T3 = BC550C  
 T4 = J310\*  
 IC1 = SA612AN (Philips)\*  
 IC2 = TDA1572  
 IC3 = LM386N  
 IC4 = 78L09  
 IC5 = 78L06

#### Ausserdem:

LS1 = Lautsprecher 8 Ω/ 1W  
 X1 = 10M7A\*  
 X2 = SFR455H\*  
 X3 = Quarz 10,245 MHz  
 Gehäuse (z.B. Bopla E440)  
 Platine 000176-1 (siehe Serviceseite in der Hefmitte und Website [www.elektor.de](http://www.elektor.de))

\*) erhältlich u.a. bei [www.geist-electronic.de](http://www.geist-electronic.de) und [barendh@xs4all.nl](mailto:barendh@xs4all.nl)

von 10,7 MHz ergibt, die dann genauso wie das Nutzsignal in den Durchlassbereich der 1. ZF fällt. Für die Unterdrückung dieses Spiegel-frequenzempfangs ist deshalb das 2-MHz-Tiefpassfilter sehr wichtig. Emitterfolger T2 sorgt für eine Impedanzanpassung zwischen dem 10,7-MHz-Filter und dem Eingang von IC2. Dieses IC, ein TDA1572, übernimmt einen großen Teil der im Blockschaltbild angegebenen Funktionen. Tatsächlich kann man mit dem TDA1572 allein schon einen Einfachsuper für den AM-Empfang aufbauen. Er enthält unter anderem einen Mischer, einen Oszillator, zwei ZF-Verstärker mit AGC-Regelung und einen Demodulator. Das 10,7-MHz-Signal wird zuerst verstärkt und anschließend mit dem Signal von einem (festen) 10,245-

MHz-Quarzoszillator gemischt, so dass eine zweite Zwischenfrequenz von 455 kHz entsteht. Dieses Signal wird im folgenden Schaltungsabschnitt verstärkt, gefiltert (keramisches 455-kHz-ZF-Filter) und anschließend demoduliert und über ein Tiefpassfilter an den Ausgang weitergeleitet.

Der Quarzoszillator ist mit dem FET T4 und dem Quarz X3 aufgebaut, dessen Gehäuse zur Abschirmung mit Masse verbunden ist. Der Quarzoszillator hat neben der hohen Frequenzkonstanz den Vorteil, dass er nicht abgeglichen werden muss, da das schwingende Quarzplättchen schon vom Hersteller auf die aufgedruckte Frequenz (durch Schleifen) abgeglichen wurde. Neben dem Quarzoszillator und dem keramischen 455-kHz-Filter (X2) besteht die

externe Beschaltung noch aus ein paar passiven Bauteilen (hauptsächlich Kondensatoren) und der Stufe mit T3 und D3. Bei letzterer handelt es sich um eine einfache Abstimmanzeige mit Leuchtdiode, deren Empfindlichkeit mit P3 eingestellt werden kann. Wenn die Signalstärke den damit eingestellten Wert erreicht oder überschreitet, leuchtet die LED D3 auf.

Das Demodulierte Signal liegt an Pin 9 von IC2 an. C32 ist Teil eines Tiefpassfilters. Über C33 und Potentiometer P2 gelangt das Signal zu dem kleinen NF-Verstärker, der aus dem altbewährten und immer noch lieferbaren Verstärker-IC LM386 besteht, das mit einigen hundert Milliwatt Ausgangsleistung in Verbindung mit einem kleinen 8- $\Omega$ -Lautsprecher genügend Radiolautstärke liefert.

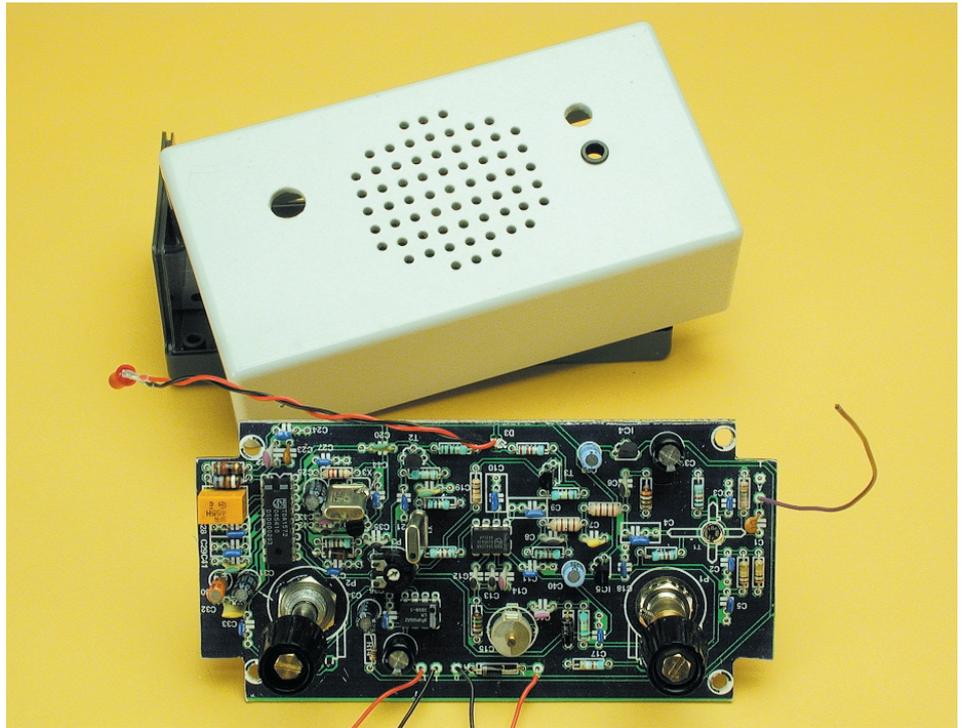
## Bauhinweise

Der Aufbau von HF-Schaltungen weist einige Besonderheiten auf, die natürlich beim Platinenlayout **Bild 3** berücksichtigt wurden. Beim Bestücken muss man dann primär darauf achten, dass die Anschlussdrähte der Bauteile nicht länger ausfallen als unbedingt nötig. Das gilt besonders für die Bauteile rund um T1 und die Oszillatoranschlüsse von IC1.

Wichtig ist natürlich immer, dass man sich an die Stückliste und den Bestückungsplan hält und nichts verkehrt herum oder an der falschen Stelle oder mit dem falschen Wert einlötet (auch wenn es selbstverständlich erscheint, kommen diese Fehler eigentlich zu häufig vor).

Auf die richtige Montage ist besonders bei T1 zu achten: Der kurze Anschluss mit nur einem seitlichen "Zahn" ist der Sourceanschluss, der mit C3 verbunden sein muss. Der längste Anschluss ist der Drainanschluss, der mit C4 verbunden sein muss.

Die Induktivitäten sind sämtlich Standard-Festinduktivitäten, die wie Widerstände aussehen und genauso einfach zu bestücken sind. Beim Filter X1 ist der Eingangs-Anschluss am Gehäuse schwarz markiert, dieser Anschluss muss mit R9 verbunden sein. X2 hat unsymmetrisch angeordnete Anschlüsse so dass ein falsches Einsetzen in die Platinenbohrungen



eigentlich nicht möglich ist.

Quarz X3 hat keinen mittleren Anschluss. Für die Masseverbindung ist ein verzinntes Drahtstückchen am Metallgehäuse festzulöten. Aber aufgepasst: Die Lötstelle gut vorbereiten (mit Lötzinn/Flussmittel), aber nicht zu lange mit dem LötKolben "braten", da das Gehäuse nicht zu heiß werden darf (sonst lösen sich möglicherweise Verbindungen im Inneren des Gehäuses).

Die Abmessungen der Platine harmonisieren mit dem Bopla-Gehäusotyp E440. Da die beiden Potentiometer direkt in die Platine eingelötet werden, beschränkt sich die Verdrahtungsarbeit auf wenige Leitungen für Antenne, Lautsprecher und Stromversorgung. Die Länge der Poti-Achsen und der Anschlussdrähte von LED D3 wird so gewählt, dass diese Teile aus der Vorderseite des Gehäuses weit genug herausragen. Die Stromversorgung kann durch ein übliches unstabiliertes 12-V-Steckernetzteil erfolgen. Das kleinste reicht schon, weil die Schaltung nur 50 mA an Strom braucht.

## Abgleich und Bedienung

Einziger Abgleichpunkt ist die Einstellung des Oszillatorbereichs mit C15 am einfachsten wie folgt:

Antennenanschluss (Punkt A) an Masse legen, P1 ganz nach links drehen und C15 dann aus der Mittellage heraus langsam so lange verdrehen, bis ein Signal zu hören ist. Der Oszillator schwingt dann mit 10,700 MHz. Man kann die Frequenz auch an Pin 7 von IC1 messen (so man einen Frequenzzähler hat) und dann mit C15 auf 10,700 MHz. Allerdings führt die kapazitive Belastung des Messpunkts beim Messen zu einer Verstimmung des Oszillators. Das kann man wie folgt vermeiden: Pin 2 von IC1 über 10 k mit Masse verbinden und an Pin 5 von IC1 messen, wo das Signal dann gepuffert anliegt. Nach dem Abgleich den Masseschluss am Antenneneingang und ggf. den Widerstand an Pin 2 von IC1 wieder entfernen.

Nach Anschluss der Antenne kann man den Empfänger jetzt praktisch ausprobieren, Tagsüber sind nicht allzu viele LW- und MW-Sender zu hören, aber abends und in der Nacht ist auf Mittelwelle ganz Europa zu hören. Unser Musteraufbau erwies sich als recht trennscharf. Im Bereich unter 150 kHz sind immer ein paar Sender mit Datenmodulation zu empfangen.

Die beste Antennenlänge liegt zwischen 10 und 20 cm. Eine längere Antenne verstärkt vor allem die empfangenen Störungen aus dem Umfeld und weniger das Nutzsignal, so dass sich Empfang dann eher verschlechtert.

(000176)