

# Einkorn: Ein sparsamer KW-Empfänger

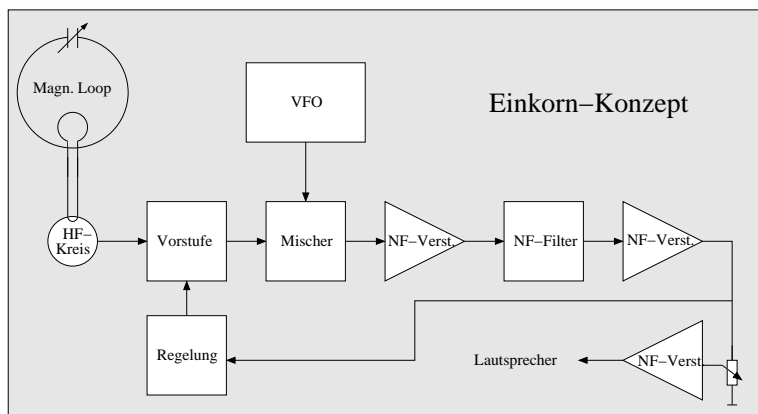
Volker, DK3PK

Aus Experimenten mit integrierten Filterbausteinen ist ein kleiner Monoband-Direktmisch-Empfänger entstanden, der geeignet sein kann, Interessenten den Einstieg in den Amateurfunk zu erleichtern. Er ist unkritisch und preiswert aufzubauen, erreicht aber aufgrund einiger Kniffe (die nicht alle von mir stammen) doch recht brauchbare Empfangsergebnisse, so dass auch der erfahrene QRP-Amateur seinen Spaß damit haben wird; schon wegen des geringen Stromverbrauchs von nur 8 mA bei Kopfhörerbetrieb.

## Das Schaltungskonzept

Das Antennensignal wird induktiv in einen Schwingkreis gekoppelt, von wo es kapazitiv an die Vorstufe weitergeleitet wird. Der Ausgang der Vorstufe ist mit einem Doppelochkernttransformator aperiodisch mit dem Mischereingang verbunden. Im Mischer wird das HF-Signal mit dem VFO-Signal direkt in den NF-Bereich heruntergemischt. Mit einem Operationsverstärker wird der Pegel des NF-Signals angehoben, so dass der folgende Filterbaustein in einem Bereich mit gutem Signal-Rausch-Verhältnis arbeitet. Bei dem Filter handelt es sich um eine integrierte Schaltung mit geschalteten Kondensatoren, die ein elliptisches Filter 8. Ordnung mit sehr steilen Filterflanken und hoher Weitabselektion realisiert. Das gefilterte NF-Signal wird nochmals in einem Operationsverstärker verstärkt und einerseits an den Lautsprecherverstärker, andererseits an die automatische Verstärkungsregelung der Vorstufe weitergeleitet.

Das Schaltungskonzept ist natürlich weit von einem idealen Empfängerkonzept entfernt; es beinhaltet jedoch einige wohlüberlegte Kompromisse. Prinzipbedingt werden beide Seitenbänder empfangen, was bei dichter Bandbelegung zu Problemen führen kann; durch die steilen Filterflanken wird



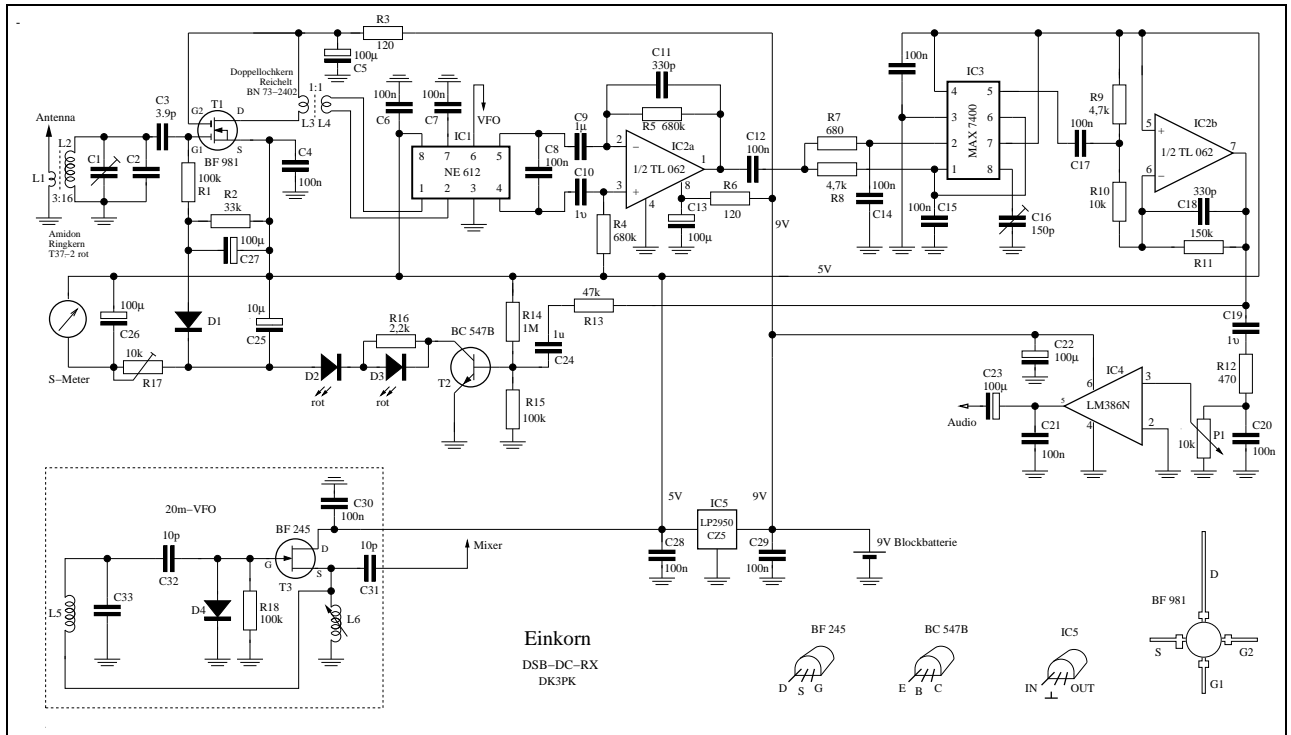
dieser Nachteil aber ein wenig ausgeglichen. Außerdem ist der verwendete Filterbaustein wesentlich billiger als ein Quarzfilter, erfordert keinen Abgleich und gestattet auf einfachste Weise die Steuerung der Bandbreite. Mit der Phasenmethode ließe sich das unerwünschte Seitenband unterdrücken, allerdings würde der Aufwand durch einen zweiten Empfängerzug und einen Phasenschieber verdoppelt und der Nachbau erschwert.

**Einkorn ist ein Hügel bei Schwäbisch Hall, den ich gerne als Portabel-QTH verwende.**



**Bild 1:**  
20m-Version in sehr kompakter Bauweise

Die Verwendung eines NE612 als Mischer und einer Vorstufe spricht nicht für eine gute Großsignalfestigkeit. Der Empfänger wurde jedoch von Anfang an für kleine magnetische Loop-Antennen entwickelt, die sich für reine Empfangszwecke leicht z.B. aus einer Fahrradfelge aufbauen lassen. Solche Antennen bieten eine hohe Selektion und großen Signal-Stör-Abstand, liefern aber bekanntlich relativ geringen Signal-



**Bild 2: Schaltplan**

pegel, so dass eine Vorstufe für maximale Empfindlichkeit sinnvoll ist. Die Selektion wird zusätzlich durch den äußerst schmalbandigen Eingangskreis verbessert, der für maximale Empfindlichkeit innerhalb des Bandes nachgestimmt werden muß. Infolge dieser hohen HF-Selektion gibt es keine Probleme mit dem AM-Durchschlag starker Rundfunksendern. Die Vorstufe erfüllt zwei weitere Zwecke; zum einen vermindert sie die Abstrahlung des VFO-Signals, das bei einem Direktmischer ja innerhalb des Bandes liegt und somit durch die Vorselektion nicht unterdrückt wird, zum andern dient sie der automatischen Verstärkungsregelung. Der eingesetzte Dual-Gate-MOSFET erreicht durch die Art der Beschaltung etwa 40 dB Regelungsfang, was in den meisten Situationen ganz gut ausreicht.

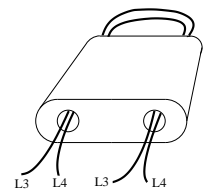
Die Vorstufe ist aperiodisch über einen HF-Übertrager an den Mischer gekoppelt. Deshalb erfordert ein Bandwechsel lediglich die Änderung des Eingangskreises und des VFO. Ansonsten hat der gesamte Empfänger keine Abgleichpunkte! Weil überdies der größte Teil aus NF-Stufen besteht, ist der Nachbau recht unkritisch.

Der geringe Stromverbrauch von 12 mA bzw. 8 mA, wenn man den Lautsprecherverstärker wegläßt, kommt einerseits durch die Auswahl geeigneter ICs zustande, andererseits durch die etwas ungewöhnliche

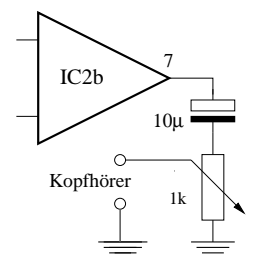
Beschaltung des Vorstufentransistors, dessen Drain-Source-Strom gleichzeitig zur Speisung des Mixers und des NF-Filters dient.

### Schaltungseinzelheiten

Die Spule des Eingangskreises ist auf einen Amidon-Ringkern gewickelt; die Abstimmung des Kreises geschieht mit einem Trimmer oder kleinem Drehko. Antenne und Kreis sind nur sehr lose angekoppelt und bedämpfen den Kreis nicht sehr. Der HF-Trafo zwischen Vorstufe und Mischer besteht aus einem Doppellochkern mit je einer Windung primär und sekundär d.h. der Draht wird jeweils durch ein Loch eingefädelt und durch das andere zurück. Das HF-Signal steuert den Mischer symmetrisch an, und das heruntergemischte Signal wird auch wieder symmetrisch aus dem Mischer ausgekoppelt und über C9 und C10 an die beiden Eingänge des Operationsverstärker IC2a übertragen. Der 100nF-Kondensator C8 zwischen den Ausgängen des Mixers eliminiert die hochfrequenten Mischprodukte. IC2a verstärkt das Signal um den Faktor 500. Wegen der Gegenkopplung durch den 330pF-Kondensator werden die höheren NF-Frequenzen jedoch stark gedämpft. Der hohe Verstärkungsfaktor ist nötig, um das Signal auf einen Pegel zu bringen, bei dem der folgende Filterbaustein IC3 eine akzeptables Signal-Rausch-Verhältnis hat.



**Bild 3: HF-Übertrager zwischen Vorstufe und Mischer**



**Bild 4: Wer auf den Lautsprecherverstärker verzichten will, kann direkt an IC2b einen Kopfhörer anschließen.**

IC3 ist ein elliptisches Tiefpaßfilter 8. Ordnung, das eine hohe Flankensteilheit von 1:1,5 und eine Weitabselektion von 80 dB besitzt. Es arbeitet mit geschalteten Kondensatoren; der Schalttakt wird durch einen internen Oszillator erzeugt, dessen Taktfrequenz durch den Kondensator C16 bestimmt wird. Die Eckfrequenz des Filters ist 1/100 dieser Taktfrequenz. Wenn man C16 variabel gestaltet, kann man damit die Bandbreite des Empfängers steuern. Mit IC2b wird der Signalpegel weiter angehoben, so dass die Regelung angesteuert und außerdem ein Kopfhörer angeschlossen werden können. Alternativ geht das Signal über ein Poti an den Kleinleistungsverstärker IC4, der einen Lautsprecher treiben kann.

Die Regelung enthält einige Besonderheiten. Um T1 um 40 dB abzuregulieren, wird normalerweise eine negative Spannung an Gate 2 gelegt. Die Erzeugung einer negativen Spannung hätte jedoch die Schaltung unnötig verkompliziert. Deshalb ist der Sourceanschluß von T1 auf 5 Volt gelegt, so dass die Regelung nur noch die Gate-Vorspannung von 5 Volt gegen 0 absenken muß. Allerdings verbleiben dann bei einer Versorgungsspannung von 9 Volt für die Drain-Source-Strecke lediglich noch 4 Volt, und diese 4 Volt teilen sich die beiden in Reihe geschalteten Transistorsysteme in dem Dual-Gate-MOSFET. Würde nun das obere System zugeregelt, so würde für das untere kaum noch Spannung übrigbleiben. Deshalb wird das obere System überhaupt nicht verwendet, sondern einfach durchgängig geschaltet, indem Gate 2 auf Versorgungsspannungsniveau liegt. Die Regelung erfolgt allein über Gate 1. Die Basis von T2 ist mit 0,5 V vorgespannt, so dass die positiven Halbwellen des NF-Signals T2 aufsteuern. Dadurch sinkt am Kathodenanschluß von C25 die Spannung; bei Erreichen der Kniespannung von D1, wird dann auch C27 zunehmend aufgeladen, wodurch die Spannung an Gate 1 von T1 sinkt. Die Zeitkonstanten der R/C-Glieder sind sogewählt, dass C25 die Halbwellen des NF-Signals glättet, jedoch nicht die tieferfrequenten Amplitudenschwankungen. C27/R2 dagegen hat eine längere Zeitkonstante von einigen Sekunden. Dadurch erreicht man näherungsweise die Charakteristik einer Hängeregulierung. Die beiden roten Leuchtdioden D2 und D3 erscheinen zunächst etwas ungewöhnlich. Sie verhindern, dass die Regelspannung unter 3 V absinkt. Ohne die Dioden passiert dies

nämlich beim Einschalten des Empfängers oder bei starken Störimpulsen, und dann ist der Empfänger jedesmal für etliche Sekunden völlig zugeregelt. Als Nebeneffekt können die beiden Dioden auch als einfacher Feldstärkeindikator dienen. Verwendet man nämlich Niedrigstrom-LED, so leuchten sie im Rhythmus der NF. Dadurch dass D3 der Widerstand R16 parallel geschaltet ist, entwickelt D3 erst bei kräftigen Signalen eine sichtbare Helligkeit, während D2 schon bei leisen Signalen sichtbar leuchtet. Auf das voluminöse S-Meter sowie C26 und R17 kann man verzichten und stattdessen einfach einen Widerstand von 10kΩ einsetzen.

Achtung! T1 zieht einige mA Strom, die aus Source abfließen wollen. Der Source-Anschluß ist mit dem 5-Volt-Ausgang des Spannungsreglers IC5 verbunden. IC5 kann jedoch keinen Strom aufnehmen, sondern nur liefern. Deshalb funktioniert die Schaltung nur, solange IC1, IC3 und der VFO angeschlossen sind, die zusammen mindestens soviel Strom verbrauchen, wie durch T1 fließt. Also bei Experimenten daran denken, eventuell einen Widerstand als zusätzlichen Verbraucher anzuschließen! Sonst wird am Ausgang von IC5 eine höhere Spannung stehen, was IC1 und IC3 vielleicht schaden könnte, aber auf alle Fälle die Eingangsvorspannungen der Operationsverstärker durcheinander bringt; die sind nämlich von der 5-Volt-Versorgung abgeleitet, um zusätzliche Spannungsteiler zu sparen. Der NF-Frequenzgang wird bei den höheren Frequenzen durch IC3 und die R/C-Glieder C11/R5, C14/R7, C18/R11 und C20/R12 bestimmt. Um einen ausgewogenen Klang zu erhalten, werden die tiefen Frequenzen durch die Hochpaßglieder C12/R8 und C17/R9 gedämpft. Das wirkt auch einem Netzbrumm entgegen. Die Versorgung der Vorstufe und von IC2 ist jeweils über ein R/C-Glied entkoppelt.

## Aufbau

Für Einzelstücke haben sich bei mir zwei Methoden gut bewährt. Will man noch experimentieren, so wähle man einen relativ großflächigen Aufbau auf einer Streifenrafterplatine. Und zwar werden alle Bauteile auf der Leiterseite stumpf aufgelötet. Man sollte die Anschlußdrähte nicht durch die Löcher stecken! Denn dann lassen sich die Bauteile ohne Kraftausübung wieder entfernen, ohne dass sich die Leiter von der Platine ablösen. Für endgültige Einzelstücke

## Bauteile:

### Kondensatoren:

1 Stück 3,9 pF  
 2 Stück 10 pF  
 2 Stück 330 pF  
 12 Stück 100 nF  
 4 Stück 1 µF  
 1 Elko 10 µF  
 6 Elkos 100 µF  
 C1, C2, C33 je nach Band, für das 20m-Band:  
 C1 Trimmer 18 pF  
 C2 90 pF, C33 140 pF

### Widerstände:

2 Stück 120 Ω  
 1 Stück 470 Ω  
 1 Stück 680 Ω  
 2 Stück 4,7 kΩ  
 1 Stück 2,2 kΩ  
 2 Stück 10 kΩ  
 1 Stück 33 kΩ  
 1 Stück 47 kΩ  
 2 Stück 100 kΩ  
 1 Stück 150 kΩ  
 2 Stück 680 kΩ  
 1 Stück 1 MΩ

### Transistoren:

BF981, BC547B,  
 BF245  
 oder ähnliche

### ICs:

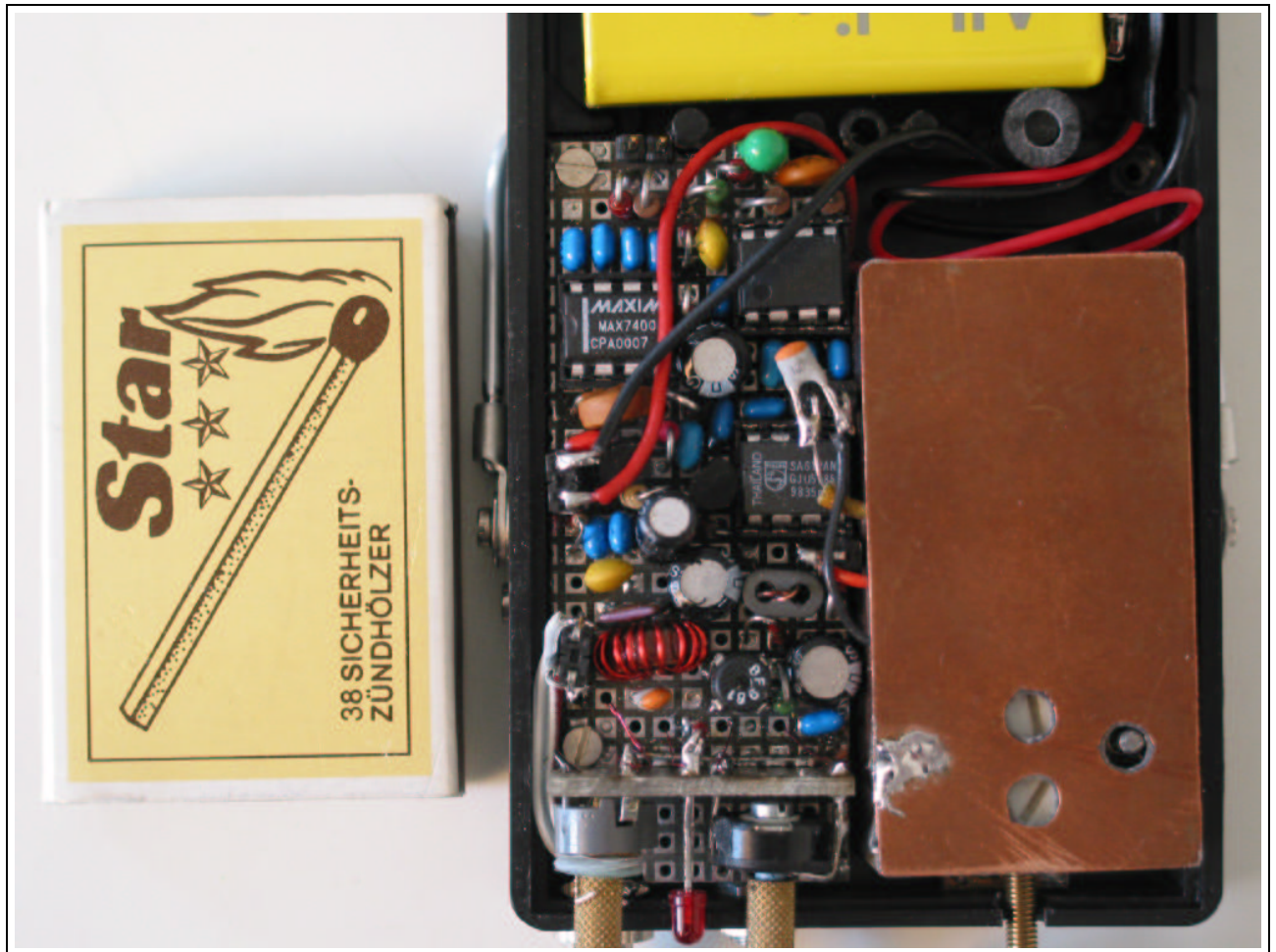
NE612 Mischer  
 TL062 oder TL072  
 o.ä.  
 MAX7400 Filter von Maxim  
 LM386N  
 LP2950CZ5 oder  
 78L05 (mehr Stromverbrauch)

### Dioden:

D1, D4 1N918 oder ähnliche  
 D2, D3 rote Low-Current-LED

### Spulen:

L1 und L2 auf Amidon-Ringkern T37-2 rot; im 20m-Band 3 Wdg. für L1 und 16 Wdg. für L2  
 L3 und L4 je 1 Wdg. auf Doppellochkern (Reichelt BN 73-2402)  
 L5 und L6 je nach Band; für 20m L5 10 Wdg. auf Amidon-Ringkern T37-2 rot, L6 Luftspule 13 Wdg. auf 6mm Dorn (siehe gesonderten Artikel über den VFO)



verwende ich gerne doppelseitige Punktrasterplatinen auf Epoxydbasis mit durchkontaktierten Lötäugen. Von der einen Seite werden die Bauteile in die Löcher gesteckt; auf der anderen werden sie verlötet und mit Fädeldraht verbunden. Das ist zwar eine Sisiphusarbeit; sie erlaubt aber höchste Packungsdichte, die nur noch von SMD-Aufbauten übertroffen werden kann. Und solange wie bei unserem Empfänger keine all zu hohen Frequenzen vorkommen, ist so ein Aufbau elektrisch unkritisch. Nachträgliche Änderungen können jedoch leicht zur Qual werden. Also nichts für Anfänger!

## VFO

Als VFO eignet sich jeder abstimmbare Oszillator, der die im Datenblatt des NE612 empfohlene HF-Spannung von 200-300 mV Spitze-Spitze liefert. Eine höhere Spannung erhöht die Gesamtverstärkung des Empfängers und kann zu Regelschwingungen, dem berühmten Motorbooteffekt, führen. Nach vielen Versuchen, variable Oszillatoren aufzubauen, die klein

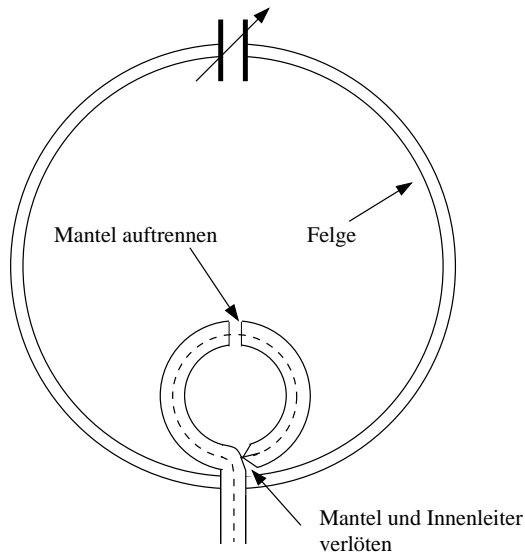
sind, keine Spezialteile enthalten, leicht aufzubauen sind und schlupffrei mit guter Auflösung abgestimmt werden können, landete ich schließlich bei einer absolut primitiven und billigen Variometerabstimmung, die alle Wünsche erfüllt. Die Einzelheiten werden in einem gesonderten Artikel beschrieben. Im Empfängerschaltbild ist ein Hartley-Oszillator mit Variometerabstimmung abgebildet.

## Antenne

Wie schon erwähnt wird als Antenne vorzugsweise eine magnetische Schleife eingesetzt. Gut bewährt hat sich eine 28-Zoll-Fahrradfelge aus Aluminium. Sie wird an einer Stelle durchgesägt; die beiden Enden werden zur Stabilisierung mit einem Perlinaxstreifen oder den Laschen eines kleinen Plastikgehäuses (z.B. Conrad Best.-Nr. 522333-77) isolierend verschraubt und mit den Anschlüssen eines kleinen Drehkos verbunden. Die HF wird in gewohnter Weise über eine Koaxschleife ausgekoppelt. Zwei Stücke eines Plastikprofils dienen als Füße. Statt der Fahrradfelge kann man auch eine

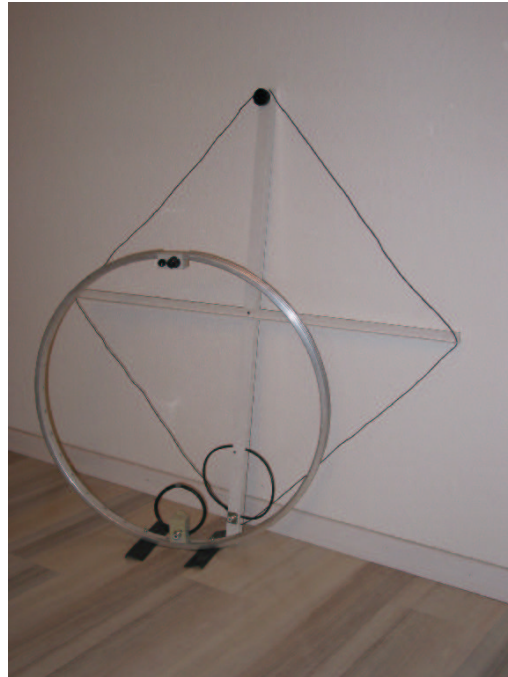
**Bild 5:** Ein sehr kompakter Aufbau; rechts der VFO in einem Gehäuse aus Platinenmaterial, links die auf einer Punktrasterplatine aufgebaute restliche Schaltung

Drahtschleife nehmen, die von einem Kreuz aus Plastikprofilen aufgespannt wird. Dann läßt sich das Gebilde leicht zusammenlegen und transportieren.



Mit einem 500pF-Drehko und der Fahrradfelge bekommt man von 40m bis 10m Resonanz. Allerdings erfordert die Abstimmung etwas Feingefühl. Deswegen sollte man lieber einen kleineren Drehko wählen, z.B.

mit 50pF; damit kann man 20m bis 10m überstreichen. Für 40m und 80m schaltet man Kondensatoren parallel. Schalter und Kondensatoren finden leicht in dem kleinen Gehäuse Platz, das die beiden Schleifenenden verbindet.



**Autor:**  
**Volker Aurich**  
**DK3PK**  
**aurich@cs.uni-**  
**duesseldorf.de**