

Aktive magnetische Antennen

LMK auf Reisen

Die Kombination einer Schleifen-Antenne im DIN-A4-Format mit einem sorgfältig angepaßten und abgestimmten Verstärker bietet einen qualitativ hochwertigen Empfang über den gesamten Bereich von 150 kHz bis 30 MHz. Aufgrund der hervorragenden Empfangsleistung kommen die beiden hier vorgestellten mobilen aktiven Antennen auch als Alternative zu aufwendigen Außenantennen in Betracht. Ring frei für Omega-2 und Omega-3!



Der Entwickler dieser beiden Antennen beschäftigt sich schon seit vielen Jahren mit Antennenfragen für den LW-, MW- und KW-Bereich. Eine kompakte Antenne für die Außenmontage wurde von ihm bereits in Elektor 6/1991 vorgestellt. Für vergleichende Messungen wurden bei der Entwicklung der beiden neuen Zimmerantennen neben der erwähnten Antenne aus Elektor 6/91 auch eine 5 m hohe vertikale Ground-plane, eine magnetische Schleifen-Antenne mit 1,2 m Durchmesser und verschiedene kleine Loops und Ferritstabantennen verwendet.

Aus der Theorie ist bekannt, daß Lang-

drahtantennen und Stabantennen nur für die elektrische Komponente des empfangenen Signals empfindlich sind. Dadurch gehen bei der Verwendung innerhalb von Gebäuden 70 bis 90 % der bei einer Dachmontage zu erzielenden Signalspannung verloren. Kleine Schleifenantennen (auch Rahmen- oder Loop-Antennen genannt) zeigen ein völlig anderes Verhalten, weil sie hauptsächlich für die magnetische Komponente des vom Sender abgestrahlten Signals empfindlich sind. Kleine Loops werden daher auch als magnetische Antennen bezeichnet. Wenn die Dicke der zu durchdringenden Mauer oder anderer Hindernisse

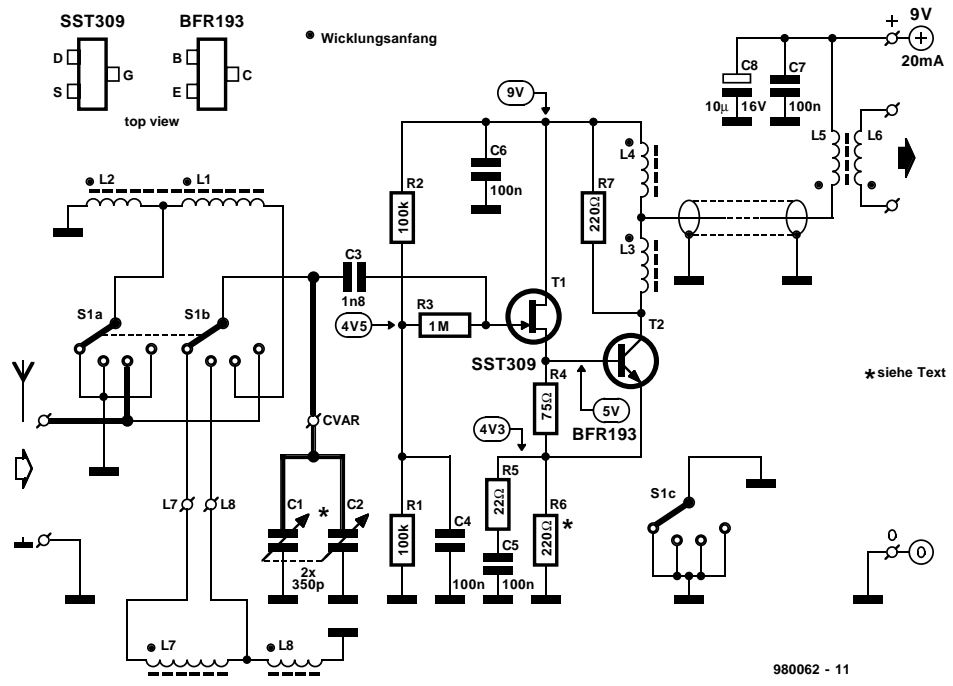


Bild 1. Schaltbild der aktiven magnetischen Omega-2-Antenne für LMK in vier überlappenden abgestimmten Bereichen von 150 kHz bis 30 MHz. Man beachte, daß der Verstärker nur für die beschriebene Antenne ausgelegt ist. Die dicken Linien im Schaltplan geben die Verbindungen an, die aus dickem, eventuell versilberten Schaltdraht sein sollten, um den Q-Faktor der Antenne nicht zu verschlechtern.

$$\frac{U_{out}}{E} = \frac{2\pi f}{c} \cdot \frac{n(L2) + n(L1)}{n(L1)} \cdot A_{loop} \cdot Q \cdot G$$

mit $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
 $A = 0.05 \text{ m}^2$
 $G \approx \frac{1}{2} \cdot \frac{R7 \parallel 4 \cdot 50 \Omega}{R5 + r_D \cdot \left[1 + \frac{R5 + 1/g_f}{\beta \cdot r_D \parallel R4} \right]}$

Mit $r_D \approx 25 \text{ mV} / I_c = 2.5 \Omega$ bei $I_c = 10 \text{ mA}$,
 $\beta = 100$, und FET – Transconductance $g_f = 17 \text{ mS}$,
 erhält man $G \approx 1.9$

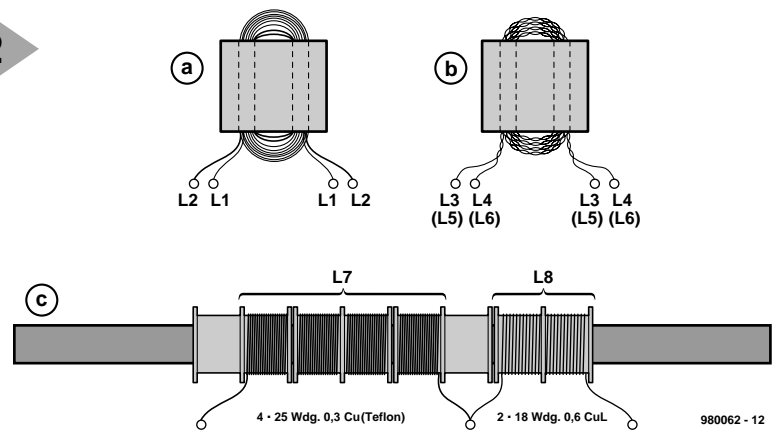
Mit $Q = 50$ (bei 10MHz) beträgt die effektive
 Antennenhöhe $\frac{U_{out}}{E} = 1.0 \text{ m}$

gegenüber der Wellenlänge sehr klein ist, wird das magnetische Feld nicht wesentlich abgeschwächt, solange keine ferromagnetischen Materialien (Stahlwände, Stahlbeton) beteiligt sind. Bei den Vergleichsmessungen lagen die Unterschiede zwischen Außen- und Innenantenne zwischen vernachlässigbar und (im ungünstigsten Fall) 50 %.

Es gibt noch einen wesentlichen Unterschied zwischen elektrischen und magnetischen Antennen. Während kleine aktive elektrische Antennen (z.B. Teleskopantennenstab mit Anpaßverstärker) typischerweise ein breitbandiges Verhalten an den Tag legen, liefern magnetische Antennen nur dann einen adequate Ausgangspegel, wenn sie in Resonanz und damit schmalbandig arbeiten. Magnetische Antennen müssen daher immer auf die Empfangsfrequenz abgestimmt werden, sind dafür aber auch viel unempfindlicher für Störungen, insbesondere Intermodulationsstörungen.

Ein anderer Vorteil magnetischer Antennen ist das normalerweise sehr niedrige Grundrauschen.

Bild 2. Konstruktionszeichnungen zu den Übertragern und der LW/MW-Ferritantenne der Omega-2-Antenne.



Ω - 2 - ANTENNE FÜR LW/MW/SW

Die erste hier vorgestellte Antenne weist einen durchgehenden Empfangsbereich von 150 kHz bis 30 MHz auf. Die Stromversorgung kann vom Empfänger aus oder mit eigenem

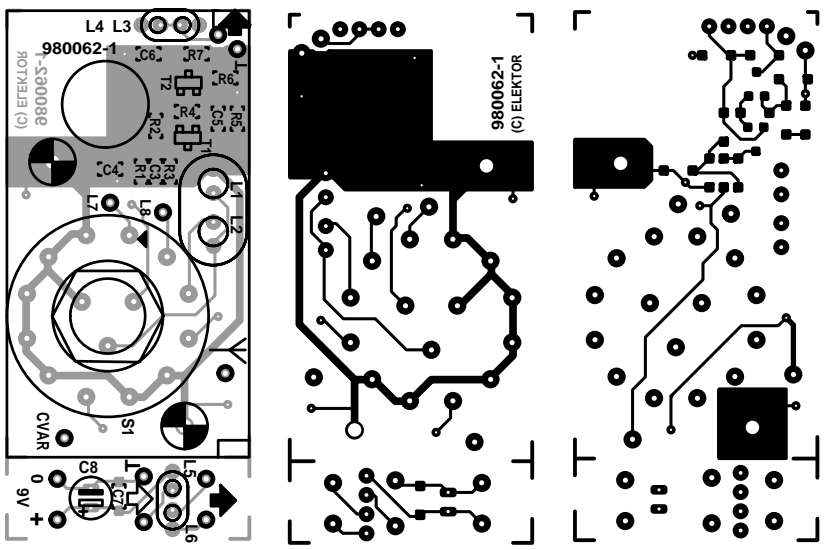


Bild 3. Layout und Bestückungsplan der doppelseitigen, nicht durchkontaktierten Platine.

Stückliste	
Widerstände:	
R3 = 1 M SMD	
R4 = 75 Ω SMD	
R5 = 22 Ω SMD	
R6 = 220 Ω (9 V) oder 330 Ω (12 V)	
R7 = 220 Ω	
Kondensatoren:	
C1, C2 = 350 pF Abstimmkondensator	
C3 = 1n8 oder 2n2 SMD	
C4...C7 = 100 n SMD	
C8 = 10 μ/16 V stehend	
Spulen:	
L1 = 4 Wdg. 0,6 CuL auf Zweilochkern 14·8·8 Material K1 lila (Siemens)	
L2 = 14 Wdg. 0,4 CuL auf obigen Kern	
L3 = 10 Wdg. 0,15 CuL auf Zweilochkern 7·6·4 Material N30 weiß (Siemens)	
L4 = 10 Wdg. 0,15 CuL auf obigem Kern(bifilar)	
L5 = 10 Wdg. 0,15 CuL auf Zweilochkern 7·6·4 Material N30 weiß (Siemens)	
L6 = 10 Wdg. 0,15 CuL auf obigem Kern(bifilar)	
L7 = 4·25 Wdg 0,3 Cu (Teflon) auf zwei Spulenkörpern mit zwei Kammern für Schalenkern 26·16 auf Ferritstab 100·200 Material 4B1 (Philips)	
L8 = 2·18 Wdg 0,3 Cu (teflonisiert) auf zwei Spulenkörpern mit zwei Kammern für Schalenkern 26·16 auf obigem Ferritstab	
Halbleiter:	
T1 = SST309 (Siliconix, Temic)	
T2 = BFR193 (Siemens)	
Außerdem:	
PC1...PC2, PC5...PC12 = Lötnägel	
S1 = Drehschalter 3·4	
Material für Antenne	
PC3, PC4 = Bananenbuchsen	
2 Bananenstecker (Lötanschluß)	
Euro-Gehäuse 120·65·40 mm	
BNC-Buchse	
Platine 980062-1 (siehe Serviceseiten in der Heftmitte)	

Netzteil über die Signalleitung erfolgen. Die Stromaufnahme beträgt etwa 20 mA bei einer Betriebsspannung von 9 oder 12 V. Der Verstärker läßt sich für verschiedene Schleifen- und Rahmenantennen (auch für eigene der experimentellen Art) verwenden, die einfach eingesteckt werden können.

DIE SCHALTUNG

Der zweistufige Verstärker (Bild 1) basiert auf dem in Elektor Juni 1991 veröffentlichten Entwurf der "Vielseitigen Aktivantenne". Diese Schaltung verfügt trotz der relativ geringen Stromaufnahme über ein sehr gutes Großsignalverhalten und ist oben-dreien über den gesamten Frequenz-

bereich sehr rauscharm. Die Eingangsstufe ist ein FET als Sourcefolger mit relativ hohem und konstantem Drainstrom. Der Arbeitswiderstand von 75 Ω liegt zu Basis und Emitter des nachfolgenden Transistors parallel und ist nicht wie üblich auf Masse bezogen. Der BFR193 ist eine HF-Transistor im SMD-Gehäuse, dessen Frequenzgang durch relativ starke Gegenkopplung linearisiert wird ($R_E \gg R_D$). Im Gegensatz zum FET ist die zweite Stufe für eine (wenngleich nicht sehr große) Spannungsverstärkung dimensioniert. Die Spannungsverstärkung selbst trägt praktisch nichts zur Empfangsqualität bei, wenn sie nicht mit Großsignalfestigkeit und optimaler Impedanzan-

passung der Antenne einhergeht. Ein zu hoher Pegel am Empfängereingang ist sogar unerwünscht. Was zählt, ist ein großer Rausch- und Intermodulationsabstand.

Mit dem Drehschalter S1A-S1B werden folgende Frequenzbereiche gewählt: 0,15-0,7 MHz, 0,5-1,7 MHz, 1,7-8,2 MHz und 7-30 MHz.

Je nach gewähltem Frequenzbereich werden verschiedene magnetische Antennen eingesteckt. Für den höchsten Frequenzbereich besteht die Antenne aus einem einfachen Loop (eine Windung), während im untersten Bereich zwei in Reihe geschaltete Wicklungen auf einem Ferritstab die Antennenspannung liefern. Für die Abstimmung sorgt ein 700-pF-Drehkondensator (350+350) C1-C2 mit einer Kapazitätsvariation von 4,8 (Max/Min). Für die unteren Kurzwellenbänder wäre ein Antennenloop mit vier Windungen geeignet. Hier wird aber eine elegantere Lösung mit einem einfachen Loop und einem kleinen Übertrager verwendet, der die Loopspannung im Verhältnis 1:4,5 erhöht. Erstaunlicherweise weist diese Kombination etwa den gleichen Q-Faktor und Ausgangspegel auf wie die klassische Lösung mit vier Windungen, so daß der einfache Loop für den gesamten KW-Bereich genutzt werden kann (mit Übertrager von 1,7-8,2 MHz und ohne Übertrager von 7-30 MHz), was natürlich ganz praktisch ist. Man braucht dann nur für LW und MW eine andere Antenne, nämlich die erwähnte Ferritstabantenne. Bei Verwendung eines 10-mm-Ferritstabs mit 20 cm Länge aus 4B1-Material ($\mu_i = 250$, Philips Components) ergibt sich eine effektive Permeabilität (μ_e) von etwa 115, was bei einer Luftspule eine Spulenfläche von 90 cm² bzw. einem Durchmesser von 10,7 cm entsprechen würde. Wenn die Eigenresonanzfrequenz der Ferritantenne unter 2 MHz liegt, kann das obere Ende des MW-Bereichs (ca. 1,7 MHz) nur abgeschwächt empfangen werden. Aus diesem Grund wird für die beiden Wicklungen auf dem Ferritstab nicht normaler Kupferlackdraht, sondern ein mit Teflon isolierter Kupferdraht mit der Bezeichnung Tefzel verwendet.

Das Ausgangssignal des Verstärkers liegt an L6 mit einer Impedanz von etwa 50 Ω an. Die Auskopplung erfolgt induktiv, da über die Primärseite L5 des 1:1-Übertragers auch die Betriebsspannung für den Verstärker zugeführt wird. Die Verbindung zwischen dieser Einspeisung und der Aktivantenne erfolgt dann über ein Koaxkabel von der für die Aufstellung der Antenne benötigten Länge und eine geeignete Buchse (z.B. BNC).

Der Wert von R6 hängt von der verwendeten Betriebsspannung ab. Bei 7,5

4

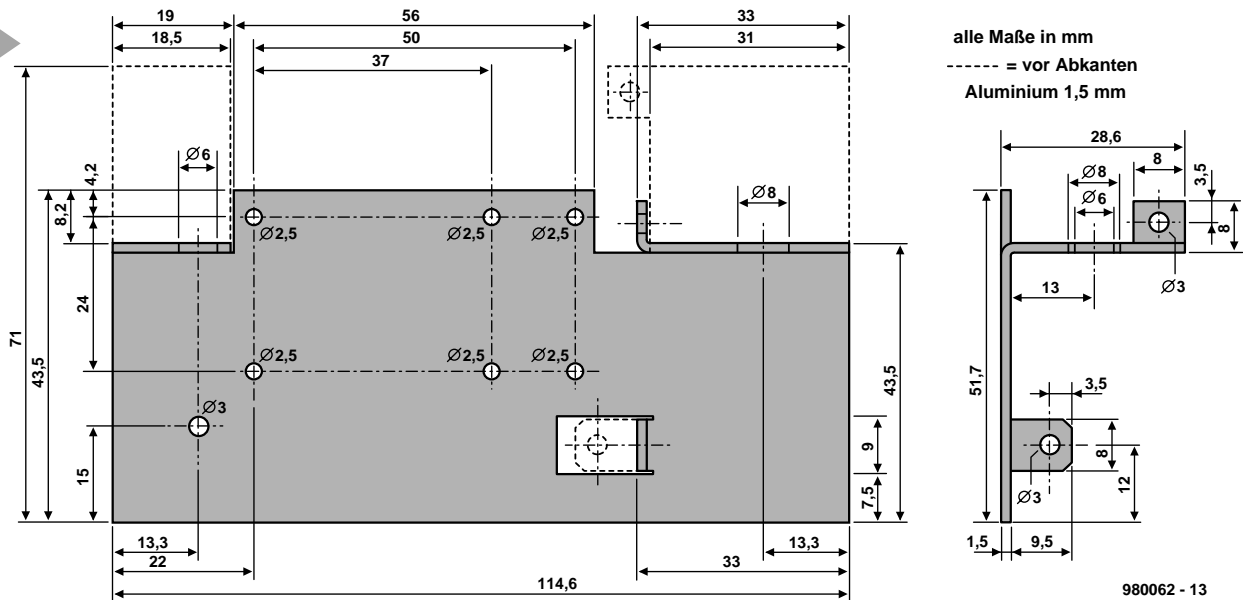


Bild 4. Bohr-, Schneide- und Biegepläne für das Chassis aus 1,5-mm-Aluminiumblech.

bis 9 V sind es 220 Ω und 330 Ω bei 10 bis 15 V.

WICKELN, LÖTEN & AUFBAUEN

Der Aufbau der Ω -2-Aktivantenne erfordert einiges an handwerklichen Vorrichtungen wie Bohren, Sägen Feilen und Wickeln. Zu letzterem zuerst. Die drei Übertrager L1-L2, L3-L4 und L5-L6 werden auf 2-Loch-Ferritperlen gewickelt (siehe **Bild 2a** und **Bild 2b**). L3-L4 und L5-L6 werden bifilar gewickelt, indem man den Wickeldraht doppelt nimmt und so verdreht, daß die verdrehte Doppeldrahtspirale etwa 3 bis 5 Gänge pro Zentimeter aufweist. Nach dem Wickeln müssen die Drahtenden mit Hilfe eines Multimeters identifiziert werden. Die Wicklungsdaten der einzelnen Spulen sind in der Stückliste zu finden.

Die Spulen auf dem Ferritstab (L7-L8) werden in Kammern von Spulenkörpern gewickelt, die normalerweise für Topfkerne gedacht sind (**Bild 2c**). L7 hat vier Kammern zu jeweils 25 Windungen mit 0,3-mm-Tefzel-Draht. Die kleinere Spule L8 hat insgesamt 36 Windungen mit normalem 0,6-mm-CuL, die gleichmäßig über zwei Kam-

mern verteilt werden. Zwei weitere Kammern bleiben leer.

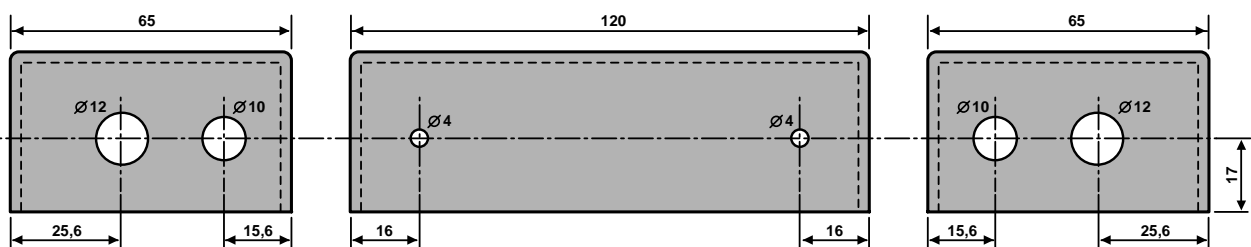
Wenn die Spulen so weit fertig sind, kann man sich der Bestückung der Platine entsprechend dem Bestückungsplan in **Bild 3** zuwenden, die wegen der Verwendung von SMD-Bauteilen etwas mehr Konzentration als sonst erfordert. Um die manuelle Bestückung zu erleichtern, wurden die Lötinseln für die SMDs etwas größer als allgemein üblich ausgeführt. Um die Herstellung zu vereinfachen, ist die Platine **nicht durchkontaktiert**, so daß insgesamt sieben Bauteilanschlüsse und die Drahtenden von L3-L4 auf **beiden Platinenseiten** verlötet werden müssen.

Das in **Bild 4** angegebene Chassis wird aus 1,5 mm dickem Alublech geschnitten, gebohrt und gebogen. Sechs Bohrungen mit 2,5 mm Durchmesser erlauben es, die eine der beiden Ausführungen des Hopt-Drehkos stabil zu befestigen. Für andere Drehko-Ausführungen muß man die Befestigungslöcher entsprechend den Gegebenheiten anpassen. Bei den vom Autor verwendeten Hopt-Drehkos (leider nur als Gebrauchtteile auf Ama-

teurfunk-Flohmärkten erhältlich) handelt es sich einmal um einen reinen AM-Drehko mit zwei AM-Paketen, während der andere auch noch über zwei zusätzliche FM-Pakete verfügt. Verwendet werden nur die beiden AM-Pakete, die man parallel schaltet, um eine maximale Kapazität (bei eingedrehten Paketen) von etwa 700 pF zu erhalten, die auf einer Seite mit Masse und auf der anderen Seite mit dem Anschlußpunkt "CVAR" der Platine verbunden wird. Die Abstimmung wird durch einen großen Drehknopf auf der Drehkoachse erleichtert. Um die Drehkoachse genau auf halber Höhe des Gehäuses zu positionieren, wurden bei dem verwendeten Hopt-Drehko zwei 0,5 mm starke Beilagscheiben verwendet. Der Bohrplan für das Kunststoffgehäuse ist in **Bild 5** zu finden. Insgesamt sind sieben Bohrungen erforderlich, davon eine zur Durchführung des Koax-Kabels. Eventuell benötigt man noch ein größeres Loch, um die gesamte Antenne auf einer Drehvorrichtung zu befestigen. Der interne Aufbau des Omega-2-Verstärkers ist in **Bild 6** zu sehen. Die beiden Telefonbuchsen werden auf eine Gesamtlänge von 14 mm gekürzt und die Länge der Drehschalter-Achse auf

Bild 5. Bohrplan für das Kunststoffgehäuse.

5



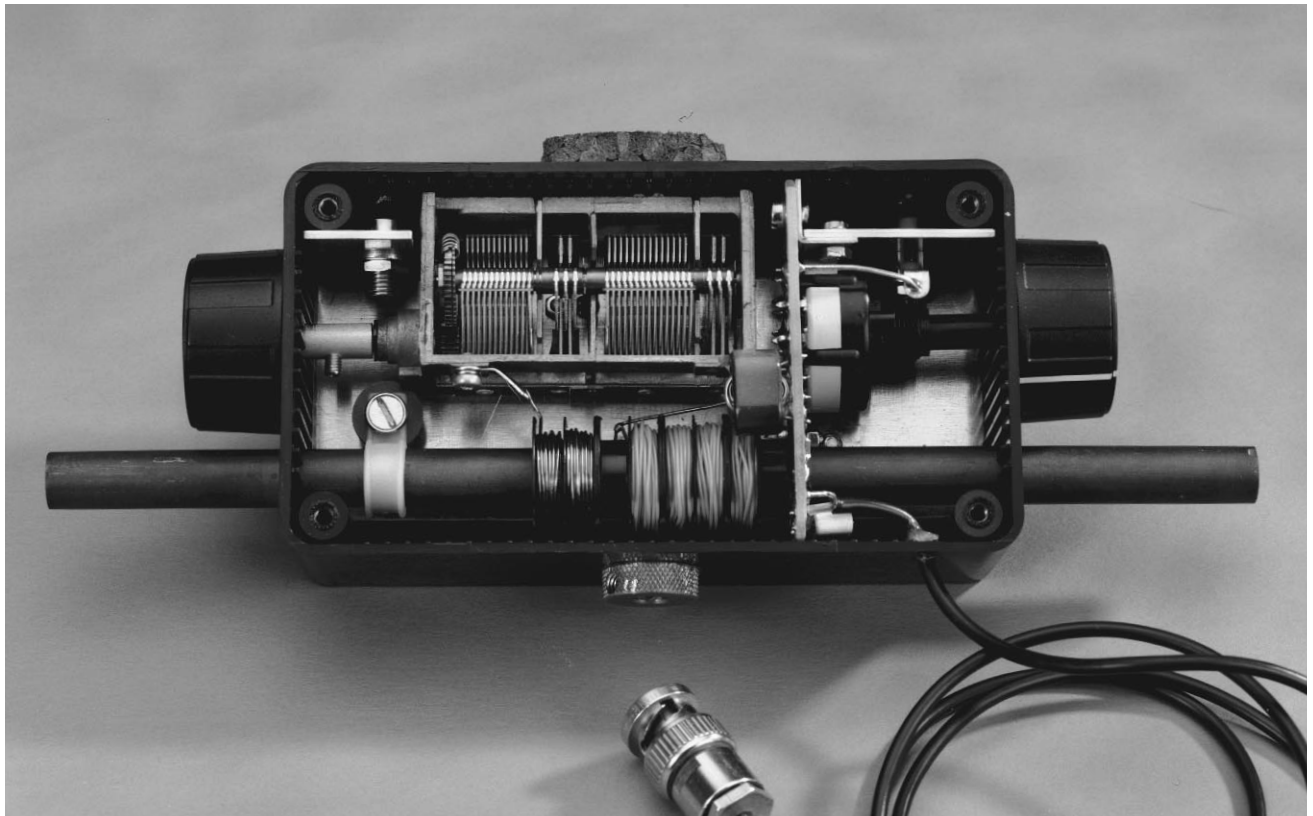


Bild 6. Blick ins Innenleben der vom Autor gebauten Omega-2-Antenne.

13 mm. Die isolierten Telefonbuchsen (im Bild rechts) werden mit einer

Lötöse zur Verdrahtung mit der Platine versehen. Beim hier beschriebenen (Muster-)Aufbau ist kein Platz für die M10-Befestigungsmutter des Drehschalters. Der Begrenzungsring für die Schalterstellung wird entweder nicht verwendet oder in der Stellung 4 mit 2-Komponenten-Kleber fixiert. Die beiden Spulenkörper mit zwei Kammern (für Topfkerne) werden erst miteinan-

der und dann mit der Platine verklebt, wobei zwei Kammern leer bleiben.

Später wird der Ferritstab durchgeschoben (ebenso durch das Loch in der Platine und durch die Gehäusebohrungen) und mit einem Nylon-Kabelbinder befestigt.

DIE LOOPS

Die einfache Loopantenne für die KW-Bereiche der Omega-2-Antenne

besteht aus 4 mm starkem Messing- bzw. Kupferrohr oder aus massivem Kupferdraht dieser Stärke. Um den Kreisbogen der "runden Ecken" zu biegen, benötigt man als Biegedorn eine Flasche oder einen anderen zylindrischen Gegenstand mit etwa 77 mm Durchmesser. Bevor man mit dem Biegen beginnt, markiert man die Eckpunkte bei ± 90 und ± 300 mm. Die endgültigen Abmessungen des Loops sind etwa 201 mm \times 261 mm (Rohrmitte zu Rohrmitte gemessen), wobei es nicht auf einen Millimeter

Bild 7. Schaltbild der aktiven Omega-3-Antenne. Um den hohen Q-Faktor der Antenne nicht unnötig zu reduzieren, sollte der Bereichsumschalter eine massive doppelpolige Ausführung mit vorzugsweise versilberten Schaltkontakten sein. Der angegebene Vorschlag zur Stromversorgung bezieht sich auf den Empfänger ICF SW-100 von Sony.

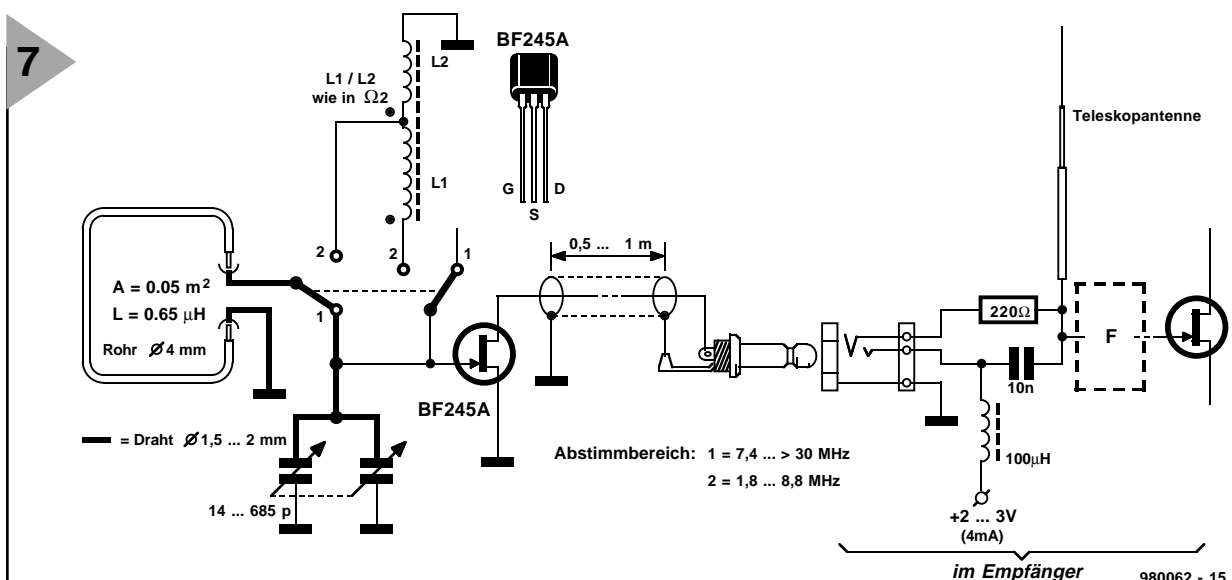


Bild 8. Die aktive, magnetische Omega-3-Antenne paßt problemlos ins Reisegepäck und garantiert guten Empfang auch in schwierigen Lagen.

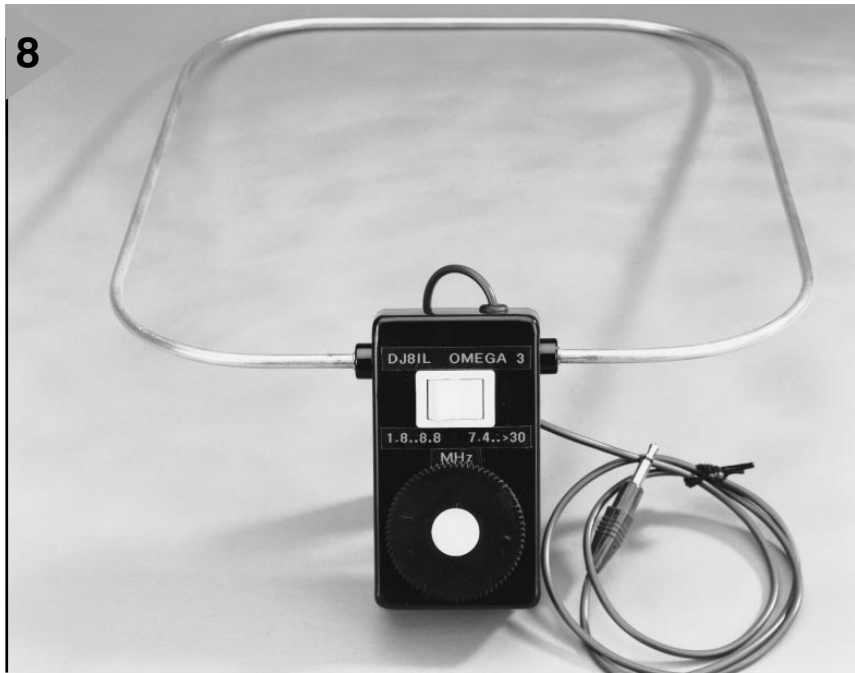
ankommt. Die beiden Enden werden so abgeschnitten, daß sie 82 mm auseinanderliegen. Um die Bananenstecker mit den Rohrenden zu verlöten, kann man sie am besten erst einmal auf einer Herdplatte vorwärmen, jedenfalls dann, wenn man kein Lötgerät fürs Grobe besitzt.

Eine Alternative zu der doch etwas aufwendigen Ferrit-Stabantenne wäre für MW die "klassische" Mittelwellen-Rahmenantenne mit 17 Windungen 0,6-mm-CuL, gewickelt auf einen quadratischen Holzrahmen mit den Abmessungen 22 cm x 22 cm x 4 cm. Die Windungen sollten mit einem Windungsabstand von etwa 2 mm auf die 4 cm breiten Rahmenleisten gewickelt werden, für die Positionierung kann man am besten Kerben im Abstand von 2 mm an den Ecken des Rahmens einsägen. Diese Rahmenantenne ist auch noch leistungsfähiger als die Ausführung mit Ferritstab, man kommt etwa auf eine um den Faktor 4 höhere Ausgangsspannung. Die Rahmenantenne wird mit Bananensteckern in die gleichen Buchsen gesteckt wie der einfache Loop für KW (siehe Foto am Artikelanfang) und in der Bereichsschalterstellung für 7-30 MHz betrieben. Die Rahmenantenne deckt dann einen Frequenzbereich von 500 kHz bis 1,9 MHz ab - wenn man die Langwelle nicht braucht, kann man also auf die Ferritstabantenne gut verzichten.

DIE OMEGA-3-KΩ-ANTENNE

Wer hat sich noch nicht darüber geärgert, daß der ansonsten eigentlich recht passable Kurzwellen-Reiseempfänger in einem durch Klimaanlage und Fernseher störungsverseuchten Hotel - oder auch in einem PC-verseuchten Büroraum - weder mit der Teleskopantenne noch mit der üblichen 5-m-Drahtantenne für den Fernempfang zu gebrauchen ist. In diesen Fällen ist es oft geradezu sensationell, was schon eine kleine magnetische Antenne mit einer FET-Anpaßstufe zuwege bringt. Eine Spannungsverstärkung wird gar

Bild 9. Ausgangsspannung (U_{oM}) der magnetischen Omega-2-Antenne im Wohnraum verglichen mit der einer aktiven Stabantenne (U_{oA}) auf dem Hausdach.



nicht benötigt, weil die kleinen Empfänger durchweg für kleine Antennensignale ausgelegt sind. Deshalb sind sie ja auch so empfänglich für den elektrischen Störnebel in den genannten Umgebungen.

Bild 7 zeigt die Schaltung der Omega-3-Aktivantenne, die sehr viel einfacher als die der Omega-2-Antenne ausfällt, weil sie nur für Kurzwelle ausgelegt wurde. Für die Verwendung auf Reisen ist sie aber die ideale Ergänzung für den Weltempfänger im Taschenformat!

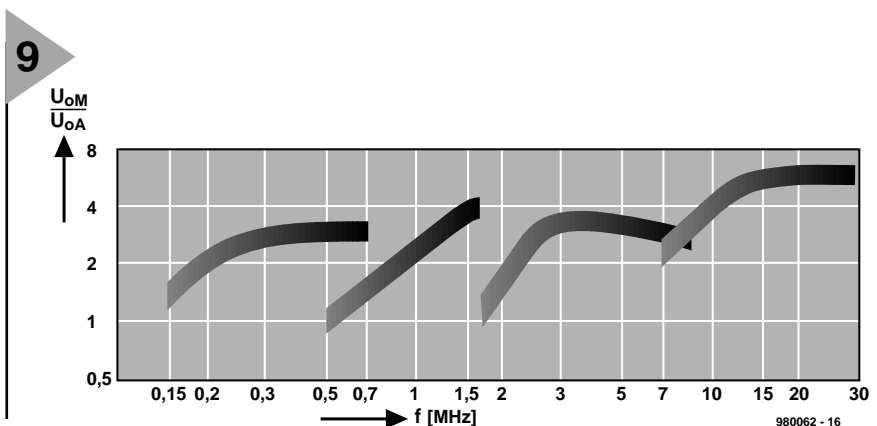
Mit einer Steilheit von 0,4 mS liefert der BF245 eine 0,8fache "Verstärkung" an einer Last von 200 Ω, wie sie zum Beispiel der Antenneneingang eines Sony ICF-SW100 darstellt. Die FET-Eingangsstufe dieses sehr kleinen Reiseempfängers hat nämlich eine relativ hohe und frequenzunabhängige Eingangsimpedanz, um die Standard-Teleskopantenne anzupassen. Wenn nun eine externe Antenne an die dafür vorgesehene Mono-Klinkenbuchse des ICF-SW100 angeschlossen wird, legt der Kontakt der Buchse den intern

angeschlossenen 220-Ω-Widerstand über den Stecker mit Masse, so daß der Eingang die angeschlossene Antenne ziemlich konstant mit 200-220 Ω belastet, während gleichzeitig der Einfluß der immer noch angeschlossenen Teleskopantenne abnimmt. Der darauffolgende Hochpaß mit einem VHF-Abblockfilter (Block F) sorgt für eine Eingrenzung des Übertragungsbereichs auf 1,6 - 30 MHz.

Der Autor hat an seinem ICF-SW100 eine (CCITT-bewertete) Empfindlichkeit des externen Antenneneingangs von rund 0,25 µV für einen Rauschabstand (S+N)/N von 10 dB bei 80 % Amplitudenmodulation ermittelt.

Verglichen mit der Teleskopantenne des Empfängers ergibt sich mit der Omega-3-Antenne ein deutlich stärkerer Empfang, das heißt, mit größerer Lautstärke bei geringerem Störgeräusch. Die wenigen Bauteile der Omega-3-Antenne lassen sich problemlos frei verdrahten. Wie **Bild 8** zeigt, wird die Antenne seitlich in das Verstärkergehäuse eingesteckt.

980062-1



980062 - 16