4 KW-Zweiband-Antennen

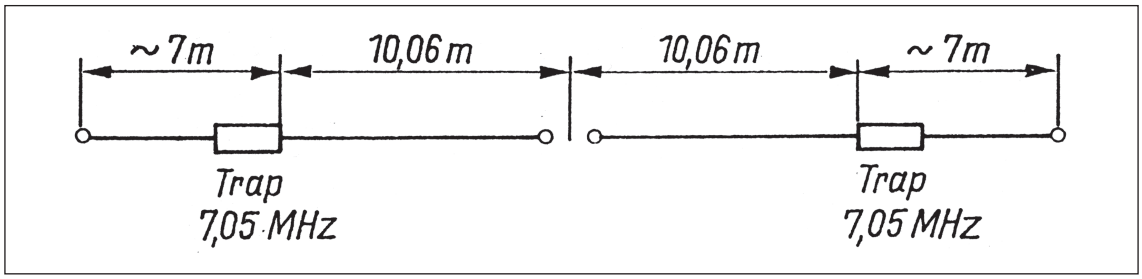


Bild 4.1: Mögliche Abmessungen einer Selbstbau-Trap-Antenne für 40/80 m

Bei allen Antennen für mehr als ein Band wirken sich elektrische/mechanische Änderungen zur Optimierung des Betriebs auf einem Band auf alle Bänder (positiv oder negativ) aus. Für den Amateur, der solche Antennen selbst baut, ist das ein nicht zu unterschätzender Punkt. Er muss gut überlegen, wie sich eine Optimierung für ein Band auf die anderen Bänder auswirkt.

Zweiband-Antennen sind unter diesem Aspekt recht ungünstig: Sie bieten eben nur ein Band mehr als der einfach handhabbare Monobander, können aber bei Selbstbau deutlich mehr Zeit für die Optimierung erfordern.

Der wenig erfahrene Amateur sollte daher bereits hier über den Kauf einer bewährten fertigen Antenne nachdenken.

4.1 Grundprinzipien für Zweiband-Antennen

Man kann den Zweiband-Betrieb auf drei Arten realisieren:

1. durch Spulen
2. durch Traps
3. durch eine spezielle Auslegung ohne Spulen und Traps

Ein Beispiel für Punkt 1 wird in Kapitel 3.34 vorgestellt. Hier ist es möglich, den inneren Teil der Antenne so zu bemessen, dass Betrieb im 10-m-Band möglich wird. Die Antenne wirkt dabei als ausgewachsener Halbwellendipol. Sind die Spulen voluminös, so wirken sie als Endkapazität, sodass der Innenteil etwas kürzer sein muss als normalerweise.

Das kann auch bei Traps (Punkt 2) der Fall sein. Wichtiger ist hierbei jedoch die induktive Wirkung dieser Elemente bei Betrieb auf dem niedrigeren Band. Betreibt man einen solchen Sperrkreis auf der halben Resonanzfrequenz, so ist sein Wechselstrom-Widerstand nicht null, sondern induktiv. Dies führt zu kürzeren äußeren Teilen, wie beispielsweise für den 40/80-m-Dipol in Bild 4.1. Die genaue Länge hängt dabei vom L/C-Verhältnis ab.

Bild 4.2 skizziert eine fertig erhältliche Antenne für 40 und 80 m nach W3DZZ. Der Sperrkreis-

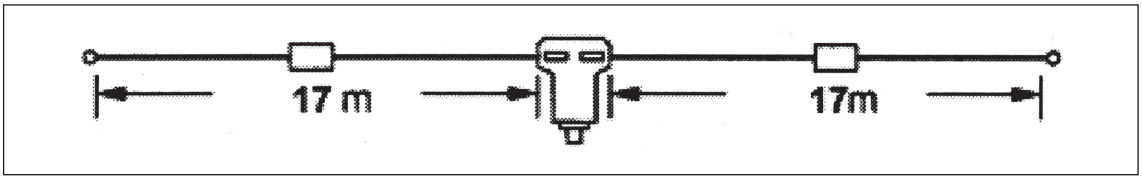
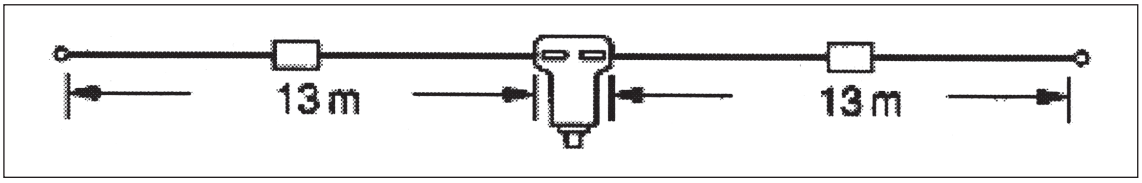


Bild 4.2: Sperrkreis-Dipol für 80/40 m der Fa. Diamond



Dipol ist 34 m lang und wird mit vergossenem Balun geliefert. Deutlich kürzer ist die Sperrkreis-Antenne für 40/80 m nach Bild 4.3. Das liegt an dem großen L/C-Verhältnis.

Im Folgenden werden auch pfiffige Zweiband-Antennen vorgestellt, die, wie es Punkt 3 verspricht, ohne Spulen oder Sperrkreise auskommen.

4.2 Selbstbau von Sperrkreisen (Traps)

Trap heißt Falle. Bei Antennen mit Traps fällt aber nichts irgendwo hinein – im Gegenteil: Eine bestimmte Frequenz wird gesperrt. Trap ist also hier mit Sperrkreis zu übersetzen. Und ein solcher Kreis schwingt bekanntlich in Parallelresonanz.

Man kann diskrete Bauelemente, etwa eine Eisenpulver-Ringkernspule und einen spannungsfesten Glimmerkondensator, benutzen oder sich einen Sperrkreis aus Koaxialkabel wickeln. Dabei werden Kabel-Induktivität und Kabel-Kapazität ausgenutzt. Beide Größen wachsen mit der Länge des Kabels. Die Induktivität kann man zudem erhöhen, indem man eine Spule wickelt. Dies ist ja auch schon aus rein mechanischen Gründen zwingend.

Was fängt man nun aber mit den beiden Anschlüssen (Geflecht und Seele) an Anfang und Ende der Spule an? Ganz einfach: Der gewünschte Zweipol entsteht, indem das Geflecht der einen Seite mit dem Innenleiter der anderen Seite verlötet wird.

Dies hat nun wiederum eine konstruktive Konsequenz: Die Spule sollte nicht allzu länglich sein, sonst braucht man extra Draht, wie im Bild 4.4 zu erkennen.

Weiter wichtig: Ist der Durchmesser einer Spule doppelt so groß wie ihre Länge, dann kommt man mit der minimalen Draht-, pardon Kabellänge aus. Das ist die Basis für hohe Güte bzw. geringe Antennenverluste.

Grundsätzlich greifen wir zu einem leichten Spulenkörper (Plastik, so stabil wie gerade nötig) und zu leichtem Koaxialkabel, beispielsweise RG-58 oder TV-Kabel (75 Ohm). Der Wellenwiderstand ist hier ohne Bedeutung.

Für hohe Stabilität der Wicklung wickelt man Windung an Windung.

So weit, so gut. Wenn es an den Sperrkreis-Antennen mit Koaxkabel-Traps etwas Kniffliges gibt, dann ist es die Windungszahl für eine bestimmte Resonanzfrequenz bei gegebenem Durchmesser. Denn die Berechnung ist kompliziert. Hier können folgende Richtwerte für 7 MHz eine Basis bieten, die auf Bernd Riedel, DJ5YC, zurückgehen:

Kabeltyp	Durchmesser	Windungszahl
RG-174U	50 mm	8
RG-58U	32 mm	13
RG-174U	50 mm	8
RG-58U	32 mm	11

Damit kann man die oben skizzierte W3DZZ-Antenne bauen.

Man sieht: Der Kabeltyp macht doch eine Menge aus.

Interessant jetzt hier: Windungszahl und Resonanzfrequenz sind nicht quadratisch verknüpft wie bei der gewöhnlichen Spule, sondern es gilt: Doppelte Windungszahl bedeutet halbe Resonanzfrequenz. Das ist wichtig und macht das Umdimensionieren auf andere Frequenzen zum Kinderspiel. Für 3,6 MHz sind beispielsweise alle Windungszahlen zu verdoppeln. (Die Ursache für dieses Verhalten lässt sich leicht ausmachen: Die Kapazität wächst hier proportional zur Länge mit.)

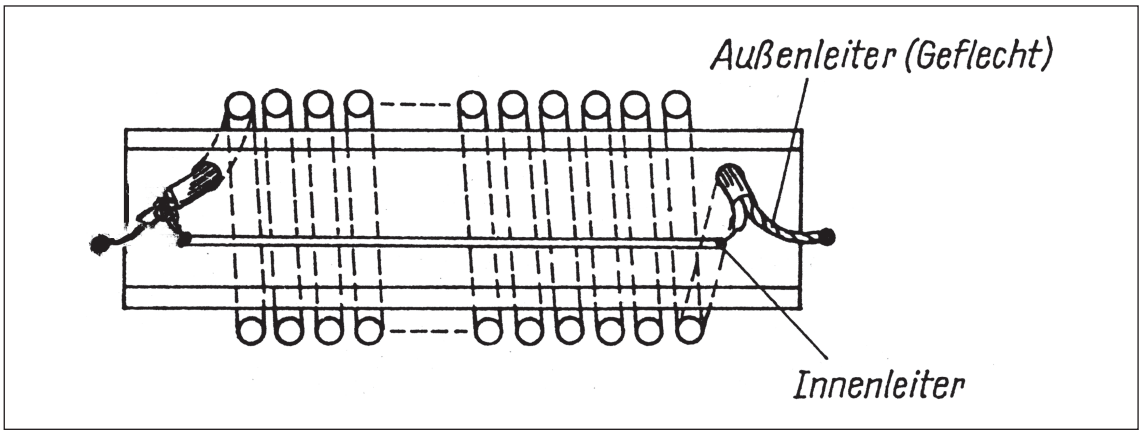


Bild 4.4: Skizze eines Sperrkreises mit Koaxkabel

Diese sehr populären Sperrkreise gehen auf N3GO zurück. Ihr Vorteil ist die volle Ausnutzung des Drahts für die Induktivität, Seele und Mantel binden quasi eine Doppelspule. Auf einer Einfachspule basiert hingegen der Koax-Sperrkreis nach W3JIP; dieser wird z.B. von DK7ZB oft verwendet. Hier wird zwar nur ein Viertel der Induktivität erreicht, jedoch die vierfache Kapazität.

Das bedeutet: Bei gleichem Aufwand bringen es beide Konzepte auf die gleiche Resonanzfrequenz, allerdings bei ganz verschiedenen L/C-Verhältnissen!

Die verlängernde Wirkung der „Doppelspule“ ist wesentlich größer, weshalb sich diese Form auf KW durchgesetzt hat.

50 und 32 mm sind typische Durchmesser von Plastik-Installationsrohren. Also nur zu! Der Wicklungsanfang ist etwa durch zwei längliche Bohrungen leicht fixiert. Wenn die Windungszahl experimentell fein „justiert“ wurde, fixiert man auch das Ende. Hier sind nun passgenau Bohrungen vorzusehen. Heißkleber sorgt schließlich für noch mehr Halt an Anfang und Ende. Der Kontakt zum Antennedraht kann über eine Klemmverbindung erfolgen. Das Tragerohr darf nicht zu kurz sein, denn rechts und links muss daran noch der Antennendraht befestigt werden.

Für Außenbetrieb kann man noch ein Schutzrohr über die Traps ziehen. Dafür genügt leichtestes Material, natürlich ebenfalls nichtmetallisch.

4.3 Eine ideale Zweiband-Antenne

So bezeichnete zumindest G. Schwarzbeck, DL1BU, die in Bild 4.5 skizzierte und von ihm in unbekannter Quelle beschriebene Antenne. Das Konzept hat mittlerweile schon ein paar Jahrzehnte auf dem Buckel, wie Zuleitungskabel und Röhren-PA vermuten lassen, ist aber dennoch interessant.

Das Erstaunliche an der Antenne ist, dass sie auf 40 und 20 m arbeitet und dennoch mit einer angepassten (also in der Länge beliebigen) Zuleitung auskommt. Dies ist die erste einfache Antenne, die sämtliche Vorteile einer kabelgespeisten Anordnung hat und trotzdem auf zwei Bändern verwendet werden kann.

Wie arbeitet diese Antenne? Wir gehen von einer resonanten Dipolantenne aus (Halbwelle oder Ganzwelle). Diese Antenne bietet an jedem Punkt einen reellen Eingangswiderstand. Dieser variiert über die Antennenlänge und ist im Strombauch minimal (Halbwellen-Dipol etwa 70 Ohm, Ganzwellen-Dipol etwa 85 Ohm). Bild 4.6 zeigt solche Verläufe und zwar ausgezogen für einen Halbwellen- und gestrichelt für einen Ganzwellen-Dipol. Der Ganzwellen-Dipol wurde hierbei nicht durch Verdopplung der Antennenlänge, sondern durch Verdopplung der Frequenz (von 7 auf 14 MHz) erreicht.

Gesucht ist nun ein Punkt, der für beide Fälle den gleichen Eingangswiderstand ergibt. Wir finden die Schnittpunkte A und B, also sogar zwei

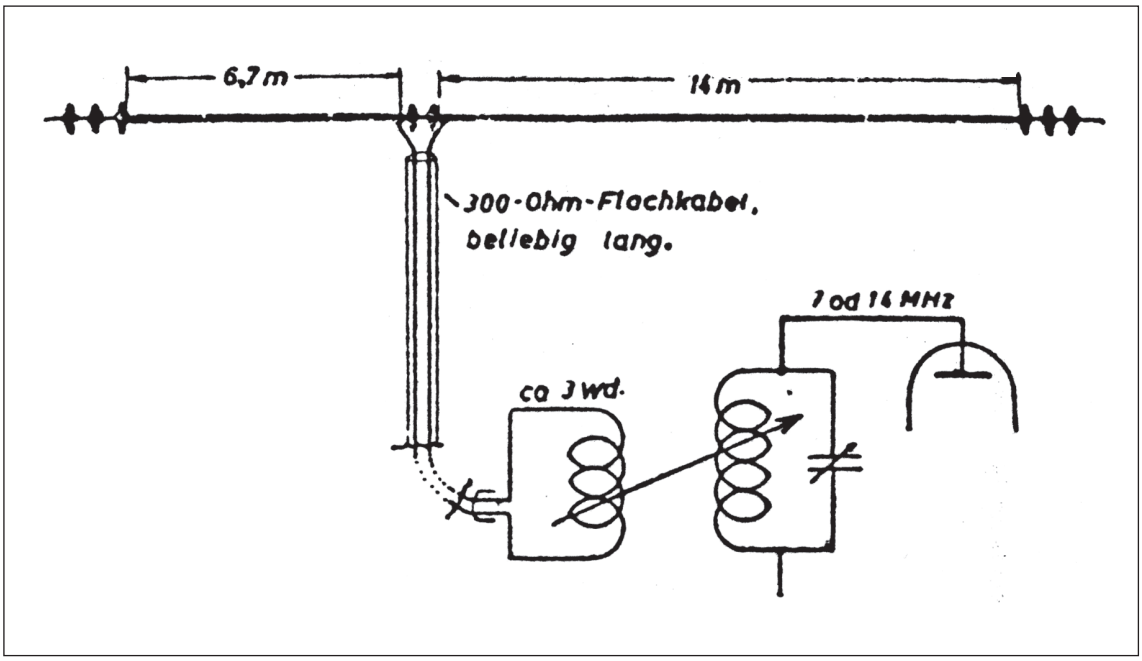


Bild 4.5: Diese Antenne arbeitet sehr gut auf 20 und 40 m. Halbiert man die Längen, entsteht ein Konzept für 10 und 20 m.

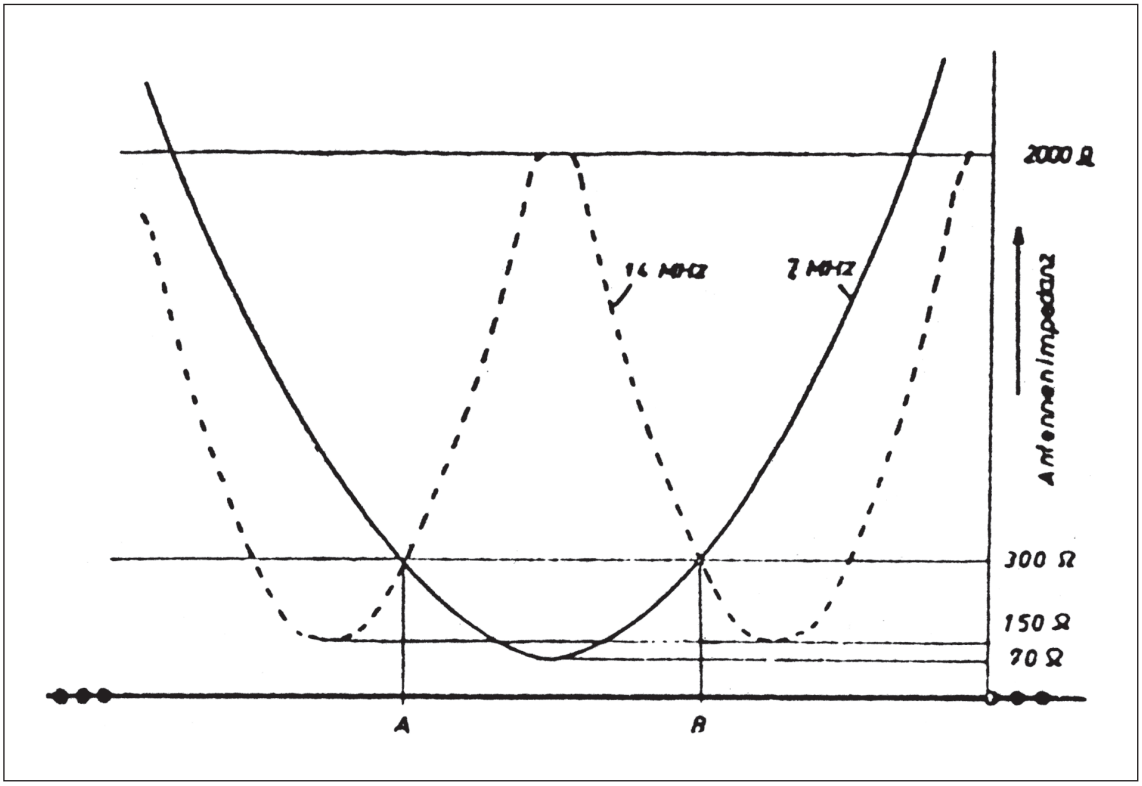


Bild 4.6: Strahlungswiderstands-Verläufe bei den Antennenlängen λ/2 und λ

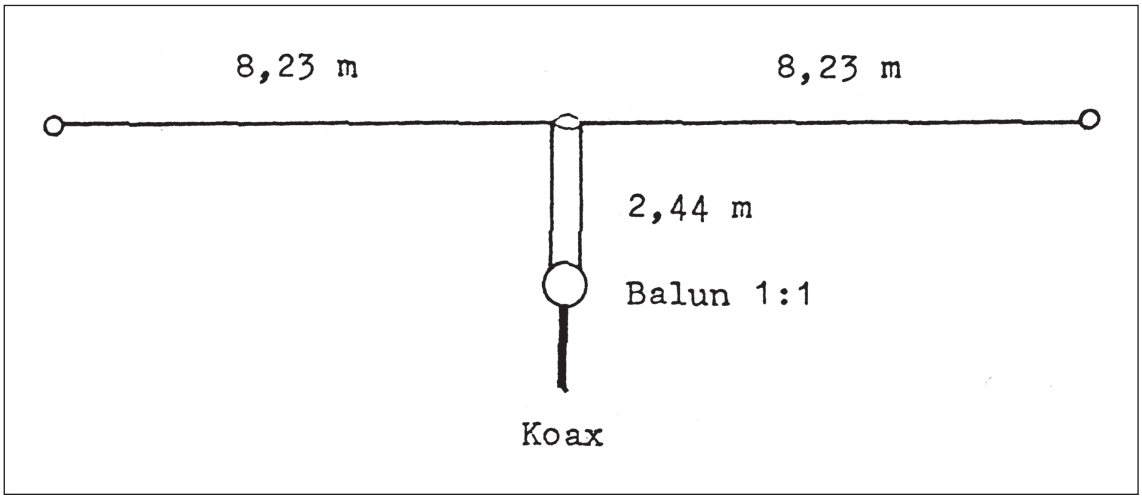


Bild 4.7: Zweiband-Antenne für 7 und 21 MHz

Stellen. Logisch, denn die Verläufe sind ja symmetrisch. Folglich liegen auch die Schnittpunkte symmetrisch. Sie bieten 300 Ohm.

Das ist ein Wert, der sich mit einem Antennetuner auf die heute üblichen 50 Ohm transformieren lässt. Allerdings leisten das nicht alle Tuner, viele Typen schaffen nur 200 bis 250 Ohm. Praktisch ist das kaum problematisch. Kann der Tuner die 50 Ohm des Senders nur auf 200 Ohm bringen, dann kommt das einem SWR von 1,5 gleich und bedeutet nur wenige Prozent Leistungseinbuße.

Heute wird man eine Antenne aber mit Koax speisen wollen, und das geht hier auch. Dazu kommt einfach ein 1:6-Balun direkt an die Antenne. Die Anpassung ist damit (theoretisch) perfekt.

4.4 Platz sparende und einfache Zweiband-Antenne

Auch die in Bild 4.7 gezeigte Antenne nach G3TKN benötigt weder Spulen noch Traps, funktioniert aber grundsätzlich anders als die eben vorgestellte Antenne. Hieraus resultiert auch, dass die beiden Bänder nicht harmonisch zueinander liegen.

Denn diese Antenne arbeitet auf 7 MHz als horizontal verkürzter Halbwellen-Dipol (8,23 m + 2,44 m = 10,67 m, also eine Viertelwellenlänge) und auf 21 MHz als verlängerter Doppel-Zepp. Das 2,44-m-Stück ist selbst gebaute Zweidrahtleitung (Hühnerleiter).

In der Zeitschrift funk 1/99 hat Alfred Klüß, DF2BC, Tipps zur Realisierung gegeben. Er empfiehlt, die 23 cm als Schlaufen in End- und Mittelisolator einzufügen. Die Hühnerleiter sollte zwecks Abgleich zunächst 3 m Länge haben. Als Spreizer eignen sich die sogenannten NATO-Isolatoren, 65 mm lang und mit 12 mm Durchmesser. Ihre 3-mm-Bohrungen nehmen 3-mm-Antennenlitze gerade auf.

Diese Antenne wird für ein Band optimiert, das bietet dann ein höheres SWR, das sich jedoch unter 3 halten lässt.

Quelle: V. C. Lear, G3TKN: A 7/21 MHz spacesaver anteenna, Radio Communication, November 1979, S. 1031

4.5 Zwei Bänder, ein Dipol

Die in Bild 4.8 gezeigte Antenne besteht aus einem symmetrischen Dipol und einer Transformationsleitung. Über einen „Wickel-Balun“ erfolgt der Anschluss an 50-Ohm-Koaxialkabel. Die möglichen Bänder können hier nicht harmonisch oder harmonisch sein. Darüber entscheidet die Impedanz der Transformationsleitung.

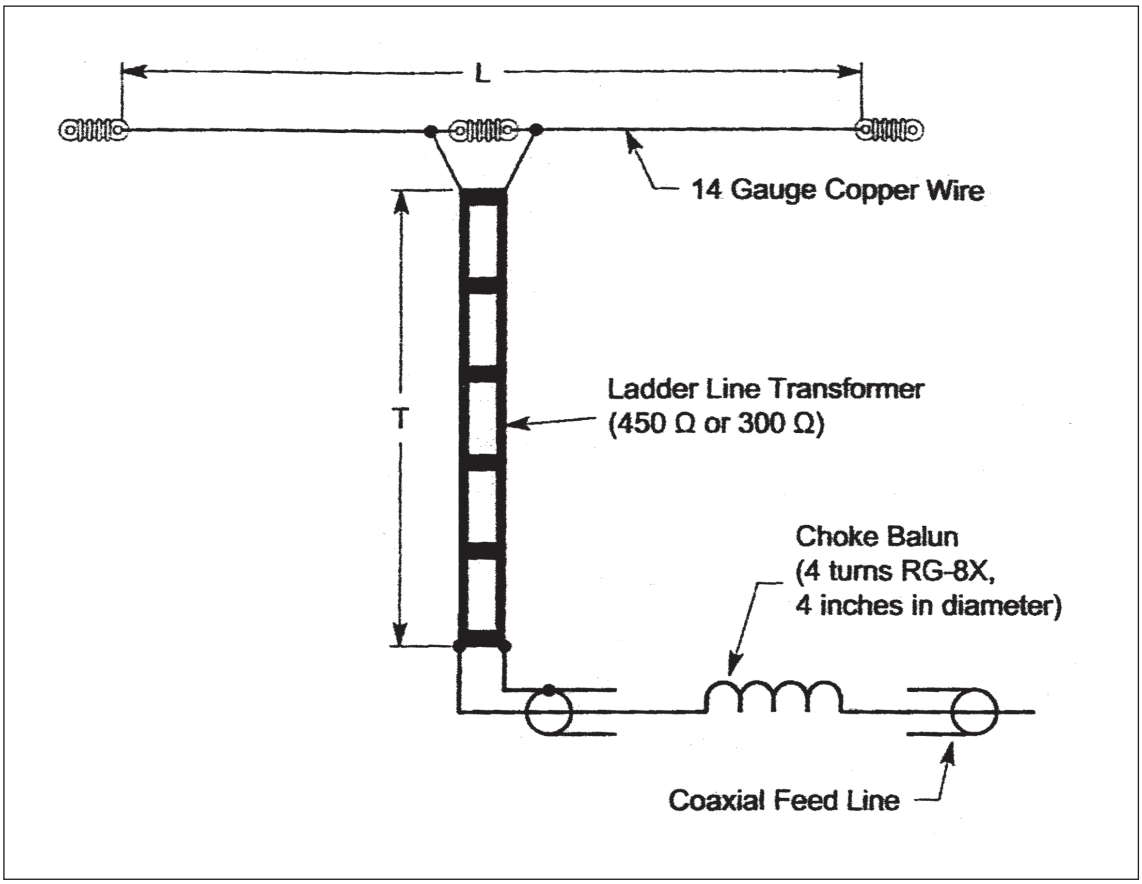


Bild 4.8: Zweiband-Dipol mit Anpassleitung

Folgende Fälle wurden mit den Programmen EZNEC 3.0 und MathCAD 2000 simuliert und bis auf die Version 75/80 m erprobt (obere Tabelle mit 450-Ohm-, untere Tabelle mit 300-Ohm-Anpassleitung):

Bänder in m	L in m	T in m
75/40	44,5	28
30/17	17	11
20/17	24	24
20/15	16	16
20/12	21	15
17/12	9	15
17/10	10,5	20
15/10	31,5	22
10/6	5	11

Bänder in m	L in m	T in m
40/20	30	32
20/10	15	16
15/10	7,5	13

Die Antennenlängen wurden leicht, die Feeder-Längen kräftig aufgerundet. Damit stellt sich als Nachteil dieser Antenne eine oft recht lange Anpassleitung heraus.

Den erfahrenen Funkamateur wird es nicht verwundern, wenn bezüglich des SWRs Kompromisse geschlossen werden müssen. Die Impedanzen dieser Antenne liegen je nach Band im Bereich 30 bis 88 Ohm. Das bedeutet ein SWR unter 3, was praktisch völlig unbedenklich ist.

Quelle: Marc C. Tarplee, N4UFP: Two Bands from One Dipol, QST, November 2003, S. 46f

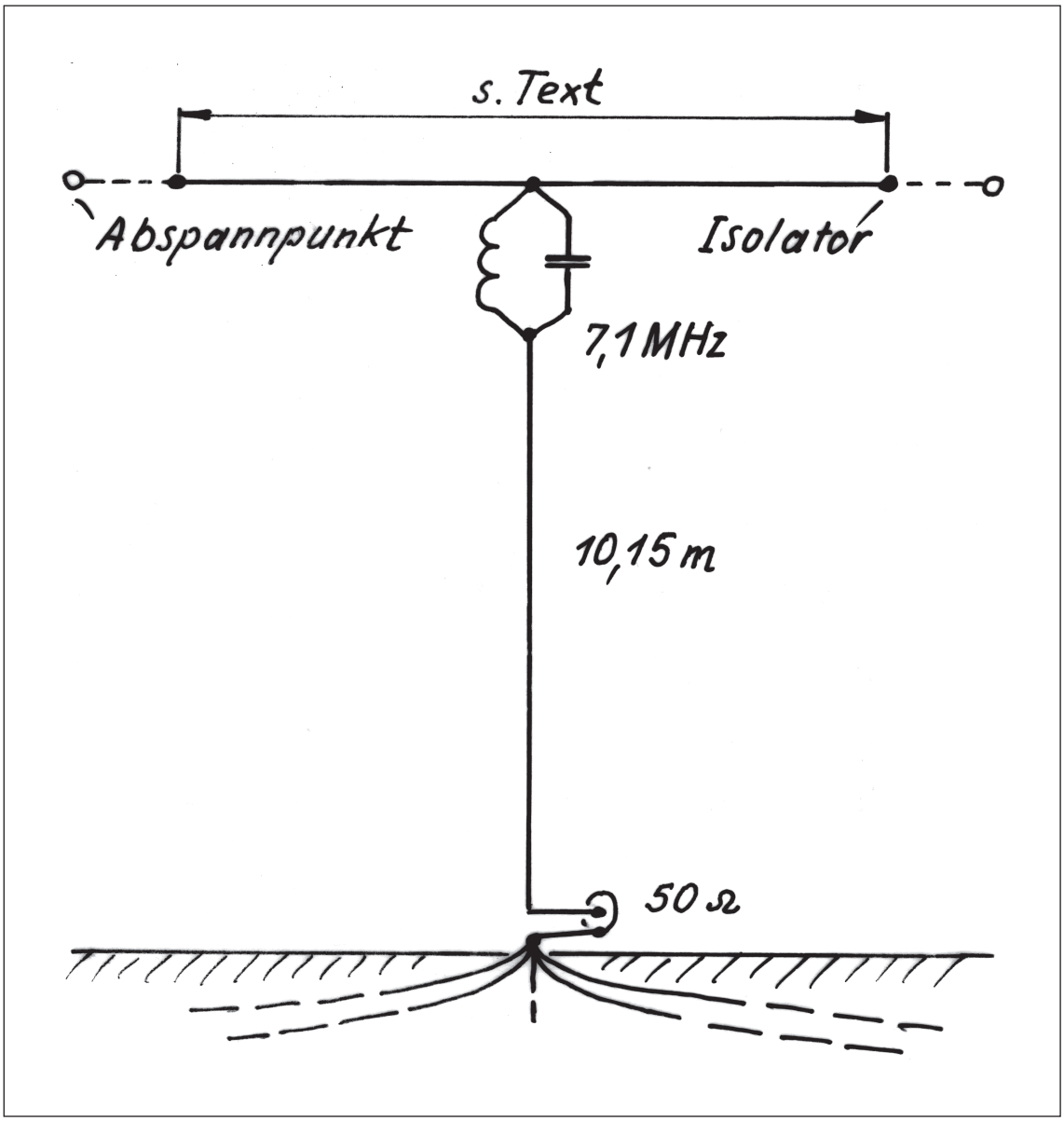


Bild 4.9: Skizze der T-Antenne nach DK6ED

4.6 Ein T-Vertikalstrahler für 40 und 80 m

Die Antenne nach Bild 4.9 wurde von Dr.-Ing. Christoph Kunze, DK6ED, im „Funkamateuer“ 12/09 auf S. 1302f vorgestellt. Für den Vertikalteil reicht einfache Antennenlitze. Empfohlen wird jedoch Lautsprecher-Litze, deren Andern mal alle 2 m verbindet. Das ergibt eine höhere Bandbreite. Wichtig ist das Erdnetz aus möglichst vielen verzinkten Drähten, mindestens ja 10 m lang.

Die Trap-Spule wirkt verlängernd auf 80 m. Der Horizontalteil wirkt in diesem Band als Dachkapazität. Im 40-m-Band unterbindet der Sperrkreis deren Wirkung weitgehend.

Der große Vorteil dieser Konstruktion: Das SWR im gesamten 80-m-Band liegt deutlich unter 2. Im

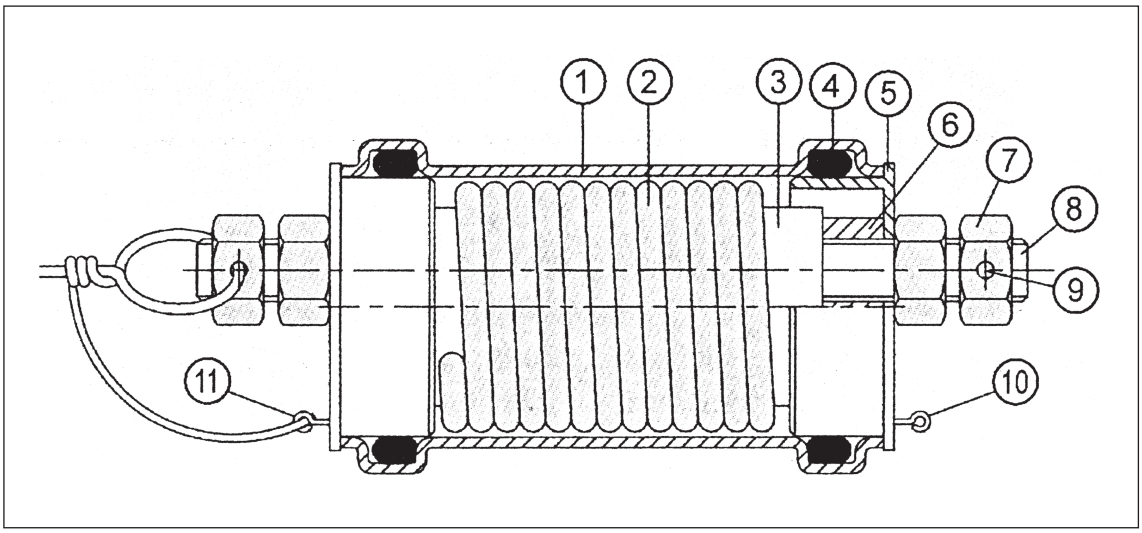


Bild 4.10: Aufbau der Traps

schmäleren 40-m-Band 7...7,2 MHz liegt es sogar unter 1,5. Besonders verwunderlich ist dies allerdings nicht, da der Verlustanteil auf 80 m nicht ganz unerheblich sein dürfte.

DK6ED hat zunächst einen „Einfachspulen-Sperrkreis“ (vgl. Abschnitt 4.2) eingesetzt. Dieser ermöglichte eine Länge des Vertikalteils von 7,9 m. Um die Verluste im Trap zu senken, baute er diesen als LC-Schwingkreis mit diskreter Kapazität um. Es fand ein keramischer Hochstrom-Kondensator 62 pF Verwendung. Die Spule wurde mit plastikisolierter Aderleitung (2,5 mm2) realisiert. Sie hat 22 Windungen auf 40 mm Durchmesser bei 85 mm Länge. Bei diesem Trap war eine Länge von 10,5 m des Horizontalteils optimal.

4.7 W3DZZ-Antenne mit Baumarktteilen

Bei den Trap-Antennen, deren bekannteste Variante die nach W3DZZ ist, dreht sich der Selbstbau im Wesentlichen um den Sperrkreis. Einfacher Aufbau soll hohe Güte und Wetterfestigkeit ermöglichen.

Anton Bonnert, DJ8RQ, hat eine „W3DZZ mit Teilen aus dem Baumarkt“ in der Zeitschrift CQ DL 11/2004 auf S. 744f beschrieben. Für die Traps wurde Koaxkabel RG-58U benutzt. Als Grundkörper diente ein Kunststoffrohr (Elektro-Installationsbedarf) mit 37 mm Durchmesser und 1,8 mm Wandstärke (Länge 82 mm).

Bild 4.10 zeigt diesen Aufbau. Es bedeuten:

1 HAT-Muffe DN50 (Abwasser-Installationsbedarf) für Wetterschutz
2 Koaxkabel
3 Spulenträger-Rohr mit 6-mm-Löchern (eine Seite 1 x, andere Seite 4 x)
4 Dichtung
5 Deckel mit 2-mm-Löchern
6 Distanzrohr, Durchmesser 20 mm, 106 mm lang
7 Kunststoff-Mutter(n)
8 Gewindestange
9 Loch für Öse (beidseitig)
10 Anschluss (Schirm rechts)
11 Anschluss (Schirm links + Innenleiter rechts)

Es wurde 1,72 m Kabel aufgewickelt. Der Schirm wirkt als Spule, Innenleiter und Schirm als Kapazität. Also die einfache Spule und somit 34 m Gesamtlänge. Hat man nicht ganz so viel Spannweite, sollte man zur Doppelspule nach Bild 4.4 umfunktionieren.

Die Bilder 4.11 und 4.12 geben noch mehr Informationen.

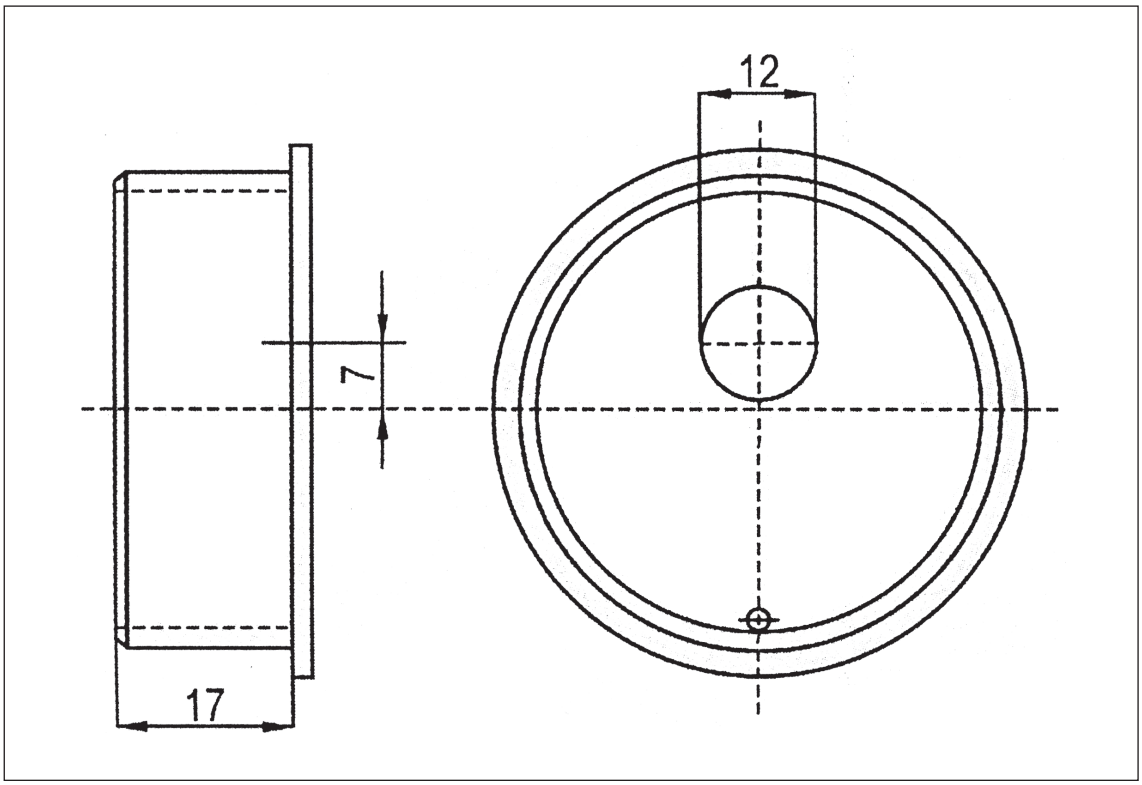


Bild 4.11: Bemaßung des HT-Rohrdeckels

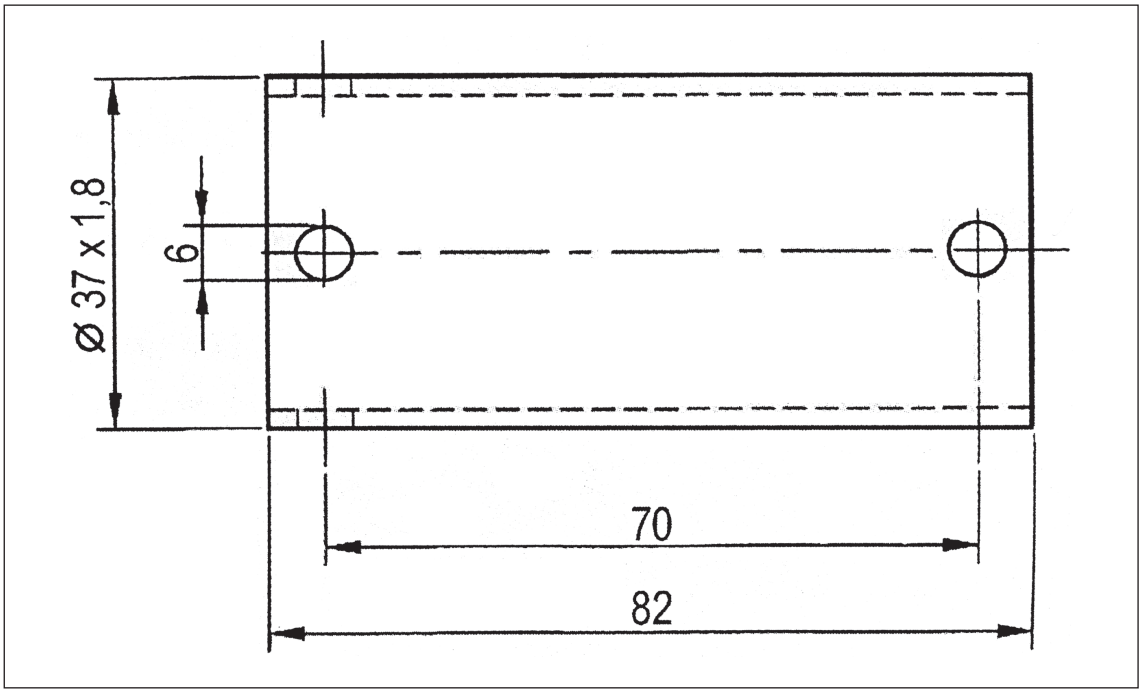


Bild 4.12: Das Trägerrohr

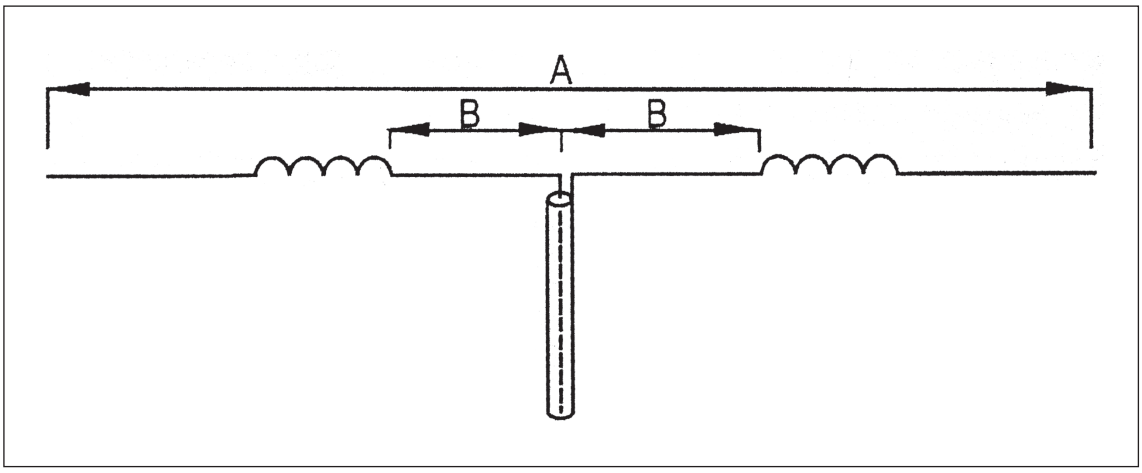


Bild 4.13: Diese Antennengestaltung ermöglicht Zweiband-Betrieb.

4.8 Zweiband-Antenne mit Verlängerungsspulen

Nach dem in Bild 4.13 gezeigten Konzept ist eine Zweiband-Antenne möglich. Hierbei stellt der Innenteil (B+B) einen Halbwellendipol dar mit Endkapazitäten, welche durch die Fläche der Verlängerungsspulen gebildet werden. Die Länge B+B ist daher kürzer als eine halbe Wellenlänge. Ein SWR nahe 1 sollte man auch im Resonanzfall hier nicht erwarten.

Die Länge A richtet sich nach der verfügbaren Abspannlänge. Hieraus ergibt sich dann, ob die Antenne insgesamt stark oder schwach verkürzt werden muss. Die Induktivität der Spulen ist hier der „Joker“. Je nach Lage im Gesamtsystem und Verkürzungsfaktor der Gesamtlänge A für das niedrigere Band ergibt sich die Induktivität. Diese lässt sich z.B. mithilfe eines Computerprogramms berechnen oder grafisch bestimmen.

Berechnung mithilfe von Java-Skript:

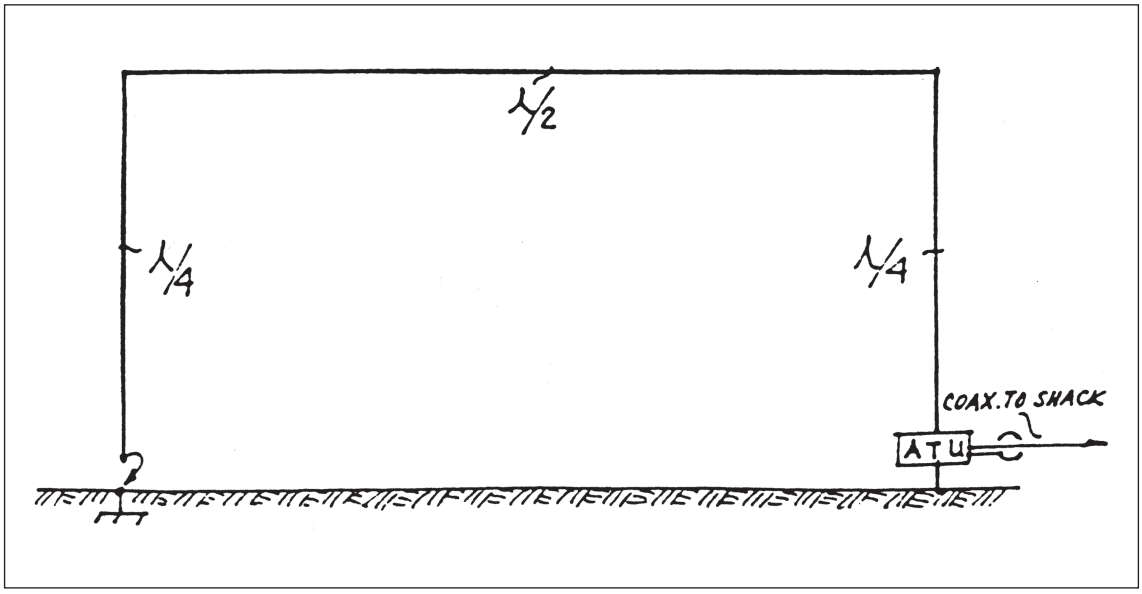


Bild 4.14: Umschaltbare (Relais) Antenne nach G0ROT

Werner Brückner, DL6MDA: Verkürzte Dipole modern berechnet, CQ DL 11/2004, S. 781f

Bestimmung mithilfe eines Diagramms

Klaus Böttcher, Frank Sichla: Amateurfunkantennen mit geringem Platzbedarf, VTH Baden-Baden, S. 45 (geht auf Pietsch: Kurzwellen-Amateurfunktechnik zurück)

Je näher die beiden anvisierten Bänder zusammenliegen, umso mehr wandern die Spulen nach außen. Das bedeutet höhere erforderliche Induktivität. Die Bänder sollten daher mindestens ein Verhältnis von etwa 2 bilden (z.B. 40 m/20 m oder 40 m/15 m).

4.9 Umschaltbare Zweiband-Antenne

Die Bobtail-Antenne wird gewöhnlich als Einband-Richtantenne dargestellt. Jedoch hat Mike, G0ROT, seine reduzierte 7-MHz-Version (zwei „Bobtails“, s. Bild 4.14, also ein „Inverted U“) auch für 3,5 MHz modifiziert. Das gelang ganz einfach, indem er das Ende der Antenne geerdet hat. Das ergibt eine Art „verlängerte Halbwellen-Schleife“ mit guter Abstrahlcharakteristik.

Man kann diese Idee natürlich leicht für andere Bänder übernehmen. Zur Anpassung diente eine Z-Match (Endspeisung, hochohmig).