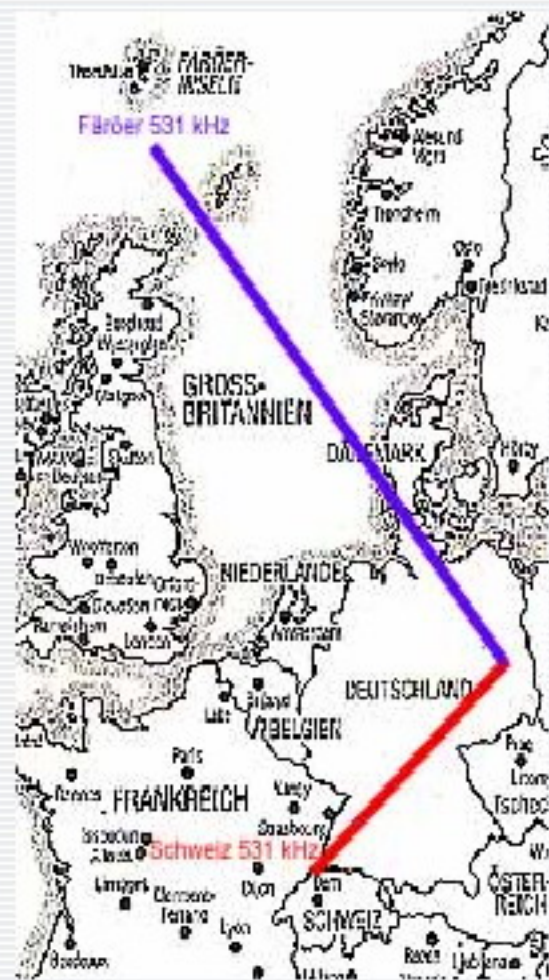


Die Rahmenantenne in Theorie und Praxis

Stellen wir uns folgendes Beispiel vor: Sie sitzen in der Berliner Innenstadt und möchten gerne auf 531 kHz die Fäeröer-Inseln hören. Auf der selben Frequenz sendet jedoch auch eine Schweizer Station mit wesentlich stärkerem Signal. Dies hat zur Folge, dass Sie die Station der Fäeröer-Inseln mit einer Langdrahtantenne höchstwahrscheinlich nicht ungestört hören werden können, da eine Langdrahtantenne nur eine gewisse Richtwirkung aufweist und somit stets beide Signal gleichzeitig empfängt. Weitere Probleme stellen elektrische Störungen aus der näheren Umgebung dar.

Ein kleiner Trick schafft Abhilfe: Von Berlin aus betrachtet kommt das Schweizer Signal geographisch betrachtet etwa aus Richtung 7 Uhr und das der Fäeröer-Inseln aus Richtung 10 Uhr (vgl. nebenstehende Karte). Zwischen den Signalen liegt auf der Landkarte also ein Winkel von etwa 90 Grad – geradezu ideal, um mit einer Richtantenne zu arbeiten, denn: Eine Richtantenne empfängt Signale auf einer bestimmten Achse. Signale aus anderen Richtungen/Achsen werden weitestgehend, im Falle von 90 Grad Differenz sogar vollständig, ausgeblendet. Mit einer Richtantenne könnten wir also die Insel hören und die Schweizer Station vollständig ausblenden.



Die in einem Kofferradio eingebaute Ferritantenne ist eine solche Richtantenne. In unserem Beispiel läßt sich die Schweiz zwar ausblenden, die Färoer-Inseln aufgrund des schwachen Signals jedoch unter Umständen noch nicht hören, da die Ferritantenne dem Empfänger kein ausreichend starkes Signal zur Verfügung stellt.

Abhilfe schafft die Rahmenantenne

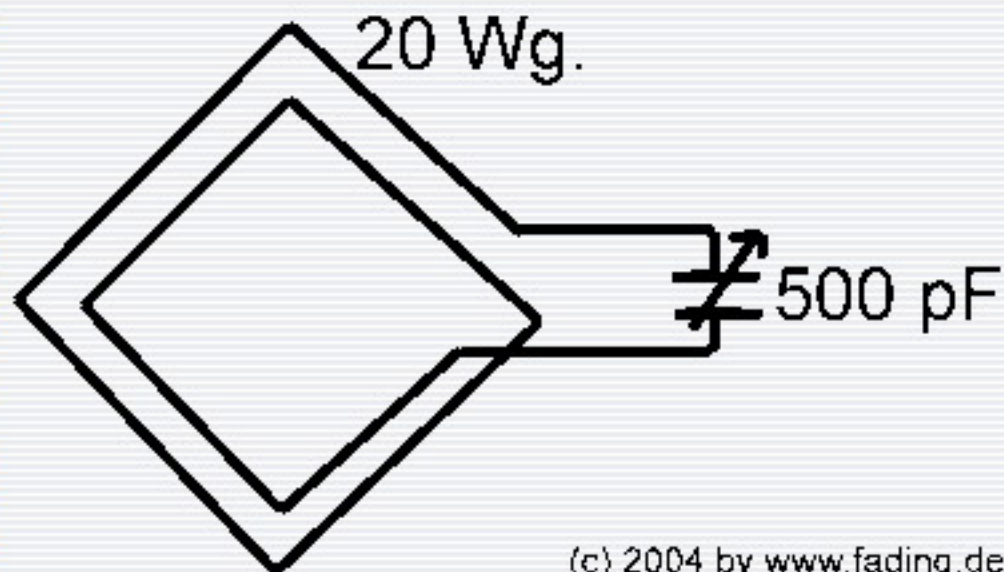
Die Rahmenantenne stellt, wie auch die Ferritantenne, eine Sonderform unter den Antennen dar. Zunächst handelt es sich um eine sogenannte magnetische Antenne. Dazu folgende grundlegende Betrachtung: Eine hochfrequente Schwingung besteht aus elektrischen und magnetischen Feldlinien. Eine Teleskopantenne gehört, wie auch eine Langdrahtantenne oder ein klassischer Dipol, zu den Antennen, welche auf die elektrischen Feldlinien der hochfrequenten Schwingung (HF) reagieren. Anders bei den magnetischen Antennen, zu denen Loop, Ferritantenne und Rahmenantennen gehören: diese empfangen vom ausgestrahlten Signal die magnetische Komponente. Dies hat einen entscheidenden Vorteil: magnetische Antennen reagieren unempfindlicher auf Störungen aus der Umgebung (Computer, Netzteile etc.) als elektrische. Ein weiterer Vorteil der Rahmenantenne ist bauartbedingt: Sie weist eine starke Richtwirkung auf. Einziger Haken dieser Antennenform: Sie muss auf die Empfangsfrequenz eingestellt und bei jedem größeren Frequenzwechsel nachgestellt werden. Daran gewöhnt man sich aber sehr schnell, denn die Vorteile überwiegen.



Eine Rahmenantenne ist eine selektive schmalbandige Richtantenne

Merke

Aus nebenstehender Schaltung erkennen wir, dass eine solche Antenne nichts weiter als einen Parallelschwingkreis aus Spule und Kondensator darstellt. Der Kondensator ist dabei als Drehkondensator (=Drehko) ausgeführt, um den Schwingkreis auf die entsprechende Frequenz einstellen zu können. Die magnetischen Feldlinien des



(c) 2004 by www.fading.de

Signals durchsetzen die Windungen der Spule und erregen im Resonanzfall den Schwingkreis (wenn f Sendefrequenz = f Resonanzfrequenz - oder einfacher: wenn wir mittels des Drehkos die richtige Frequenz eingestellt haben). Dadurch baut sich ein Spannungsfeld auf - unser Schwingkreis ist nun in Resonanz und 'arbeitet'. Diese (relativ schwache) Energie können wir nun einem Empfänger zuführen.

Besonders zu den Anfängen der Radiozeit war die Rahmenantenne sehr populäre. Im Zuge der Einführung des flächendeckenden UKW-Rundfunks in den ausgehenden 50-er Jahren ist sie jedoch in Vergessenheit geraten. Dem anspruchsvollen Mittelwellen-Hörer sei sie jedoch an dieser Stelle ans Herz gelegt, da ihre Empfangseigenschaften außergewöhnlich gut sind.

Ein Experiment

Eine optimale Form der Spule einer magnetischen Antenne wäre ein Kreis. Da sich dies in der geforderten Größenordnung jedoch kaum bewerkstelligen ließe, begnügen wir uns mit einem Rechteck. Für einen ersten Versuchsaufbau benötigen wir neben einem Kofferradio mit MW-Teil noch ca. 20 Meter isolierte Drahtlitze und einen Drehkondensator von mindestens 500 pF Kapazität, sowie einen Schuhkarton. Man lege den Karton flach auf den Tisch und wickle nun um dessen Längsseiten Windung für Windung und eng an eng den Draht 20 Mal um denselben. Anfang und Ende der Litze verbindet man nun mit jeweils einem der Anschlüsse des Drehkos. Der Wickelsinn der Spule ist unerheblich; die Anschlüsse des Kondensators können beliebig vertauscht werden. Nun richten wir den Karton auf und stellen ihn unmittelbar an das Kofferradio. Stellen Sie einen Ortssender ein, und drehen Sie am Drehko. Sie werden feststellen, dass der Sender auf einer bestimmten Drehposition plötzlich deutlich lauter wird. Wiederholen Sie den Vorgang mit einer schwächeren Station auf einer anderen Frequenz. Auch hier werden Sie feststellen, dass der Sender plötzlich lauter wird. Durch Drehen des Drehkondensators verändern Sie die dessen Kapazität. Folgerichtig verschiebt sich dadurch die Resonanzfrequenz des Parallelschwingkreises. An der lautesten Stelle stimmt die Resonanzfrequenz des Rahmens mit der Empfangsfrequenz der Station überein; man sagt, die Rahmenantenne hat hier Ihren 'Dip'. Durch die Resonanz des Schwingkreises entsteht um die Rahmenantenne herum ein magnetisches Feld, welches induktiv auf die im Kofferradio eingebaute Ferritantenne wirkt. Der Signalpegel der Station steigt an, und das S-Meter schlägt weiter aus. Dreht man nun die Antenne mit dem Kofferradio um die eigene Achse, so wird der Sender sogar noch stärker, oder aber das Signal schwächer. Hier zeigt sich die besondere Richtwirkung dieser Antennenform.

25 Windungen, eng an eng



(c) 2004 by www.fading.de

Nun haben jedoch die meisten Stationsempfänger keine interne Ferritantenne. Eine lose induktive Ankopplung, wie im vorigen Beispiel, ließe sich hier somit nicht bewerkstelligen. Was wir benötigen, ist eine Rahmenantenne mit Koaxanschluss für den Empfängereingang. Eine solche Antenne habe ich mir im Winter 2003/4 selber gebaut; der Aufbau und auf was man besonders zu achten hat, sei im Folgenden beschreiben.

Berechnung einer Rahmenantenne

Doch bevor wir uns mit der Nachbau der Rahmenantenne beschäftigen, wollen wir sie zunächst mathematisch betrachten.

Eine Rahmenantenne besteht im Wesentlichen aus einem Schwingkreis. Ein Schwingkreis berechnet sich nach folgender Formel:

$$f = \frac{1}{2 \times \pi \times \sqrt{L \times C}}$$

Rechenbeispiel

$$f = \frac{1}{2 \times \pi \times \sqrt{(180 \times 10^{-6} \text{ H}) \times (499 \times 10^{-12} \text{ F})}}$$

$$f = 530 \text{ kHz}$$

$$f = \frac{1}{2 \times \pi \times \sqrt{(180 \times 10^{-6} \text{ H}) \times (49 \times 10^{-12} \text{ F})}}$$

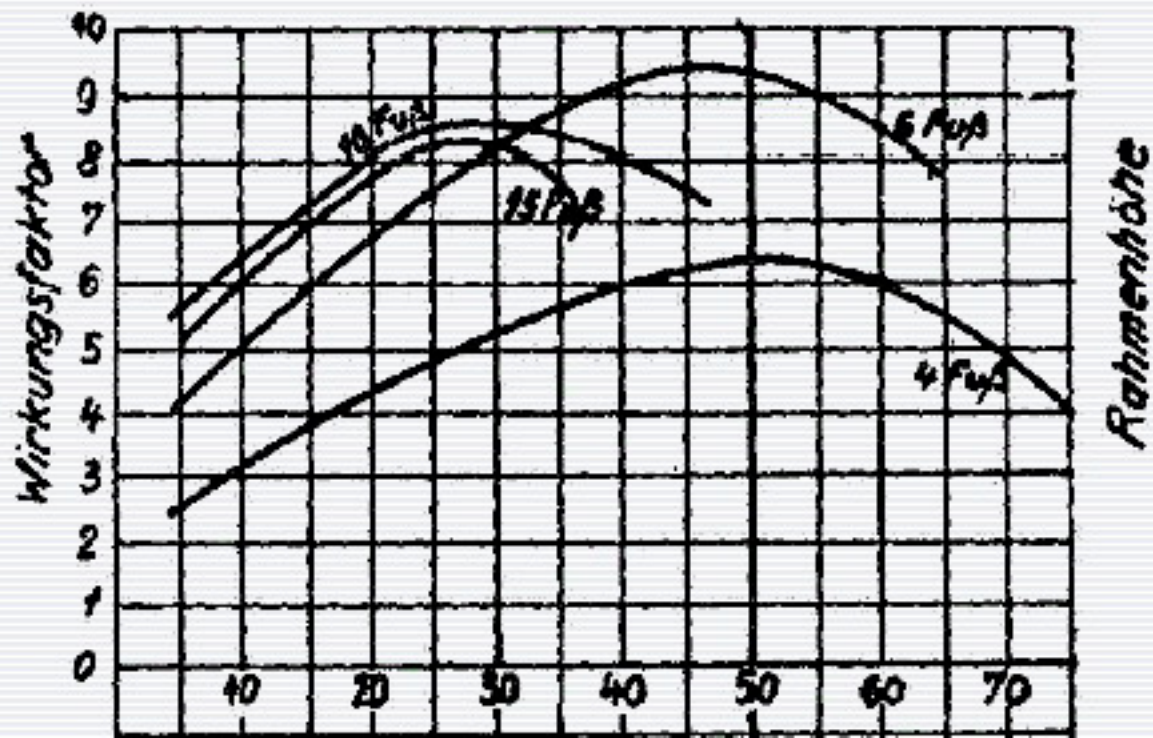
$$f = 1695 \text{ kHz}$$

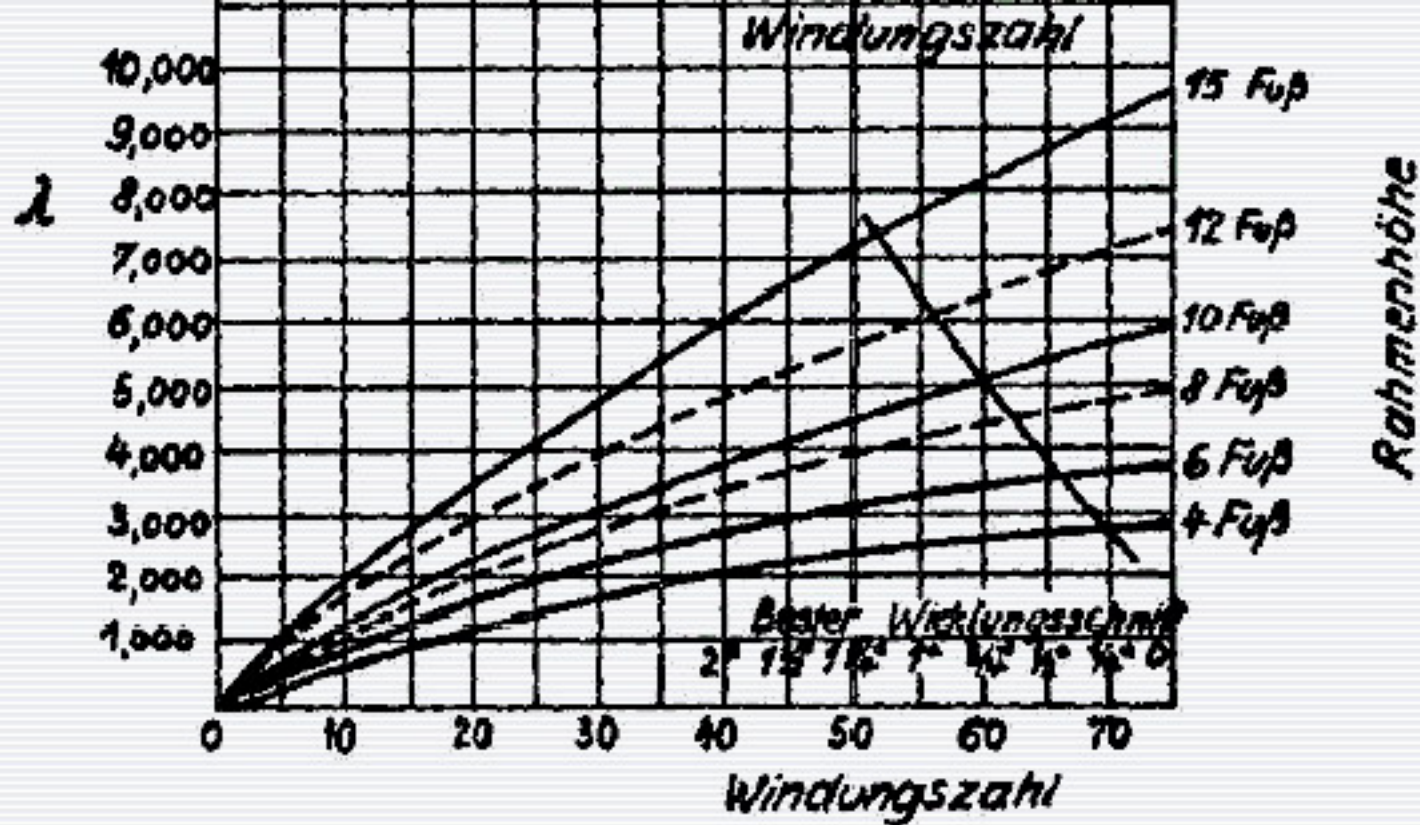
Wir stellen fest: Bei einer Induktivität von 180 uH und einer Kapazität von rund 50 bis 500 pF deckt ein Schwingkreis den Rundfunk-Mittelwellenbereich von 530 bis 1695 kHz ab. Ich habe diese Werte bewußt gewählt, um mit einem üblichen Drehkondensator arbeiten zu können, den man beispielsweise aus einem ausgeschlachteten Radio gewinnen kann. Diese Drehkos weisen in der Regel diese Kapazitätswerte auf.

Nun benötigen wir noch eine Spule von 180 uH. Diese werden wir uns selber anfertigen ; sie ist - zumindest optisch - das auffälligste Bauelement der Rahmenantenne. Die Berechnung einer Spule ist jedoch gar nicht so einfach. In die Berechnung fließt sowohl Geometrie, als auch ein elektrischer Wirkungsfaktor ein, der aus der Güte der Spule resultiert. Aus den 20-er Jahren stammt es folgende Tabelle, aus der man die wichtigsten Kennwerte näherungsweise ablesen kann:

Wir stellen fest: Bei einer Induktivität von 180 μH und einer Kapazität von rund 50 bis 500 pF deckt ein Schwingkreis den Rundfunk-Mittelwellenbereich von 530 bis 1695 kHz ab. Ich habe diese Werte bewußt gewählt, um mit einem üblichen Drehkondensator arbeiten zu können, den man beispielsweise aus einem ausgeschlachteten Radio gewinnen kann. Diese Drehkos weisen in der Regel diese Kapazitätswerte auf.

Nun benötigen wir noch eine Spule von 180 μH . Diese werden wir uns selber anfertigen ; sie ist - zumindest optisch - das auffälligste Bauelement der Rahmenantenne. Die Berechnung einer Spule ist jedoch gar nicht so einfach. In die Berechnung fließt sowohl Geometrie, als auch ein elektrischer Wirkungsfaktor ein, der aus der Güte der Spule resultiert. Aus den 20-er Jahren stammt es folgende Tabelle, aus der man die wichtigsten Kennwerte näherungsweise ablesen kann:



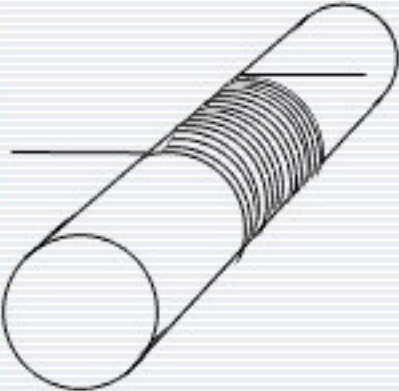


Hierbei sein anzumerken: 1 englischer Fuß = 304,8 mm und 1 Zoll = 25,4 mm. Folgerichtig wäre also ein 6 Fuß hoher Rahmen mit 40 Windungen und 7/16 Zoll Abstand am günstigsten -> Wirkunsfaktor 9,3. Dies entspricht einer Rahmenhöhe von 183 cm mit 40 Windungen bei 1,1 cm Abstand. Eine Rahmenantenne dieser Dimension wäre etwas ungünstig in der Handhabung. Bei dieser Betrachtung geht es um die optimalen Verhältnisse, die in der Praxis aus der Güte der Spule und somit auch aus der Güte des gesamten Schwingkreises resultieren. Bei einer Rahmenantenne muss man jedoch stets einen Kompromiß aus der zu mit Feldlinien durchsetzenden Fläche und der möglichen geometrischen Größe finden. In der weiter unten befindlichen Bauanleitung belassen wir es daher bei einem etwas kleineren Rahmen.

Bauformen von Rahmenantennen

In der Praxis gibt es verschiedene geometrische Möglichkeiten, die Luftspule einer Rahmenantenne zu wickeln. Ich stelle nun einige Formen vor, für die ich Ihre Abmessungen jeweils für die unterste Frequenz des Mittelwellenbandes (531 kHz) und einen Drehkondensator von 50-500 pF berechnet habe. Der Drahtdurchmesser beträgt jeweils 1,2 bis 1,4 mm Kupferlackdraht, beziehungsweise 0,8 bis 1,2 mm seidenumspinnene HF-Litze.

runde zylindrische Spule, ohne Abstand zwischen den Wicklungen gewickelt

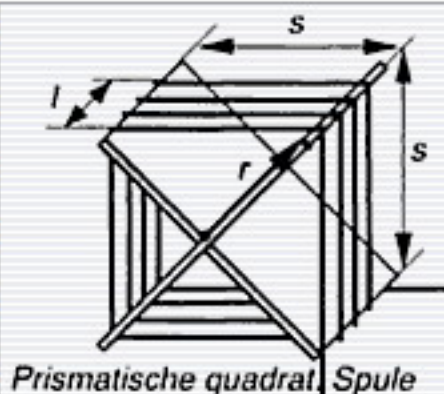
Induktivität	μH	180	
Windungszahl	w_{soll}	37	
Spulenlänge	l (mm)	55	
Windungsdurchmesser	D (mm)	121	
Länge des Drahtes	l_{d} (mm)	14113	

runde zylindrische Spule, mit Abstand zwischen den Wicklungen gewickelt

Induktivität	μH	180	
Windungszahl	w	16	
Spulenlänge	l (mm)	290	
Windungsdurchmesser	D (mm)	643	
Ganghöhe	g (mm)	19	
Windungsabstand	a (mm)	18	

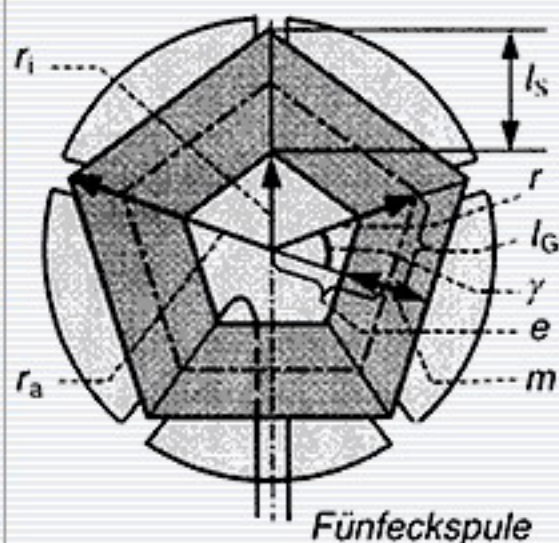
quadratische zylindrische Spule, ohne Abstand gewickelt

Induktivität	μH	180
Windungszahl	w	16
Seitenlänge	s (mm)	569
Diagonale	$2r$ (mm)	805
Ganghöhe	g (mm)	19
Länge des Drahtes	l_d (mm)	14113



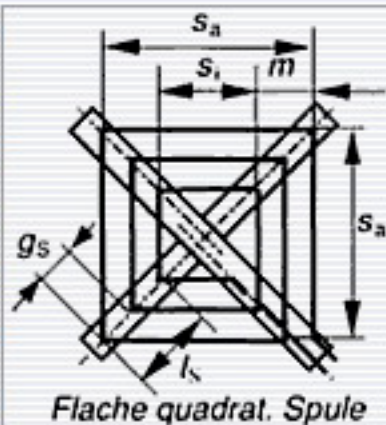
flache, mehrseitig mit Abstand gewickelte Rahmenspule

Induktivität	μH	180
Windungszahl	w	16
Anzahl Segmente	n	8
mittlerer Radius	r (mm)	334
Wicklungslänge Ecken	l_s (mm)	300
Innenradius	r_i (mm)	184
Außenradius	r_a (mm)	484
Seitenlänge innen	s_i (mm)	260
Seitenlänge außen	s_a (mm)	685
Länge des Spulendrahtes	l_d (mm)	33567
Windungsabstand Ecken	a (mm)	19
Ganghöhe Ecken	g_{eck} (mm)	20



flache quadratischer Spule, mit Abstand gewickelt und für Nachbau optimiert

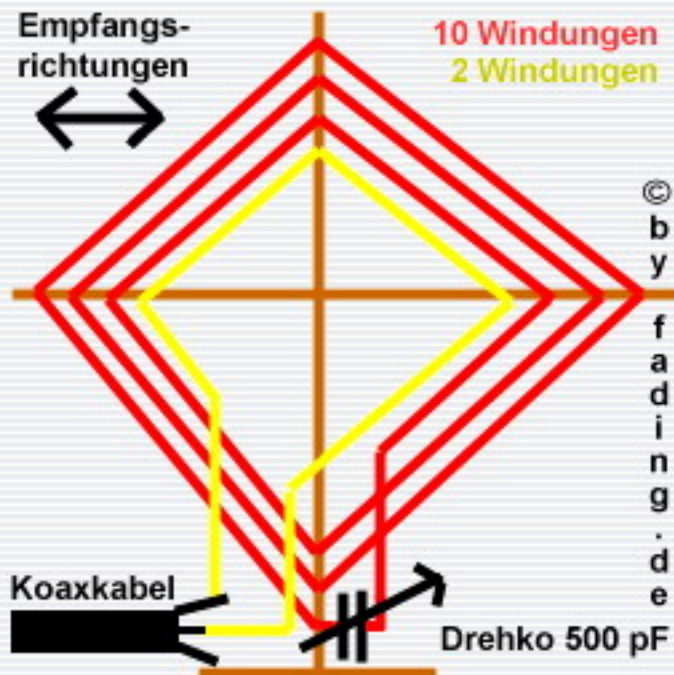
Induktivität	uH	~ 180
Windungszahl	w	20
Wicklungslänge Ecken	l_s (mm)	200
Windungsabstand (Ganghöhe)	g_s (mm)	10
Seitenlänge innen	s_i (mm)	320
Seitenlänge außen	s_a (mm)	630
diagonaler Wicklungsabstand	m (mm)	110



Bauanleitung Rahmenantenne für Mittelwelle mit Koaxanschluss

Wir benötigen zum Nachbau folgende Materialien:

- etwa 40 Meter Kupferlackdraht oder feine Antennenlitze
- zwei Holzstangen je 120 cm Länge bei einer Kantenstärke von etwa 2 x 2 cm
- eine Grundplatte aus Holz von rund 20 x 20 cm
- vier Eisenwinkel mit Bohrungen zur Befestigung
- einen Drehkondensator von mind. 500 pF Endkapazität
- ein Koaxkabel 50 oder 75 Ohm von ca. zwei Metern Länge mit passendem Stecker für den Empfänger
- ein paar Holzschrauben



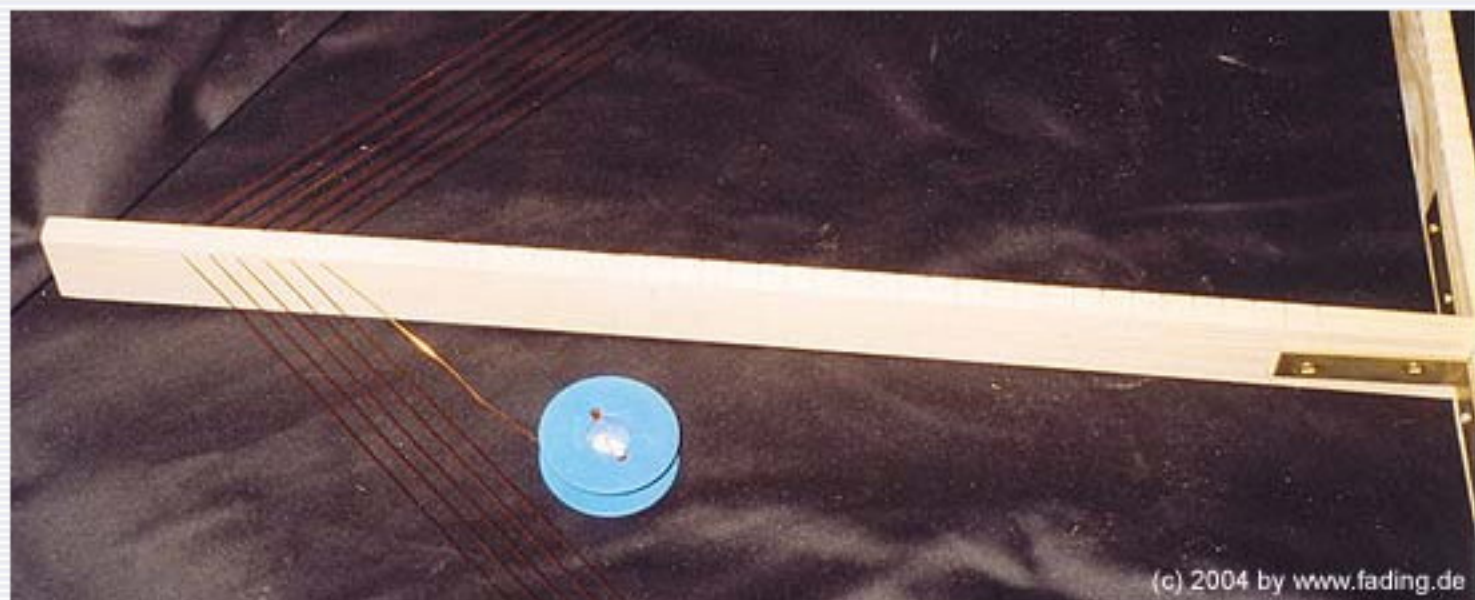
mechanischer Aufbau der Rahmenantenne



(c) 2004 by www.fading.de

Zunächst fertigen Sie aus den **Holzstangen** ein Kreuz. Zur Fixierung habe ich in der Mitte vier der Eisenwinkel verwendet, vgl. Fotos. Nun säge man vom äußeren Ende jeder Stange im Abstand von einem Zentimeter 20 kleine Schlitzte in das Holz. Am besten leicht schräg zum Mittelpunkt, da der **Draht** später in diesen Schlitzten gespannt wird und ansonsten wieder herausrutschen könnte. Das **Holzkreuz** auf den Boden legen und den Draht vom äußeren Ende her Richtung Mittelpunkt in 20 Windungen zu einer großen Spule wickeln.

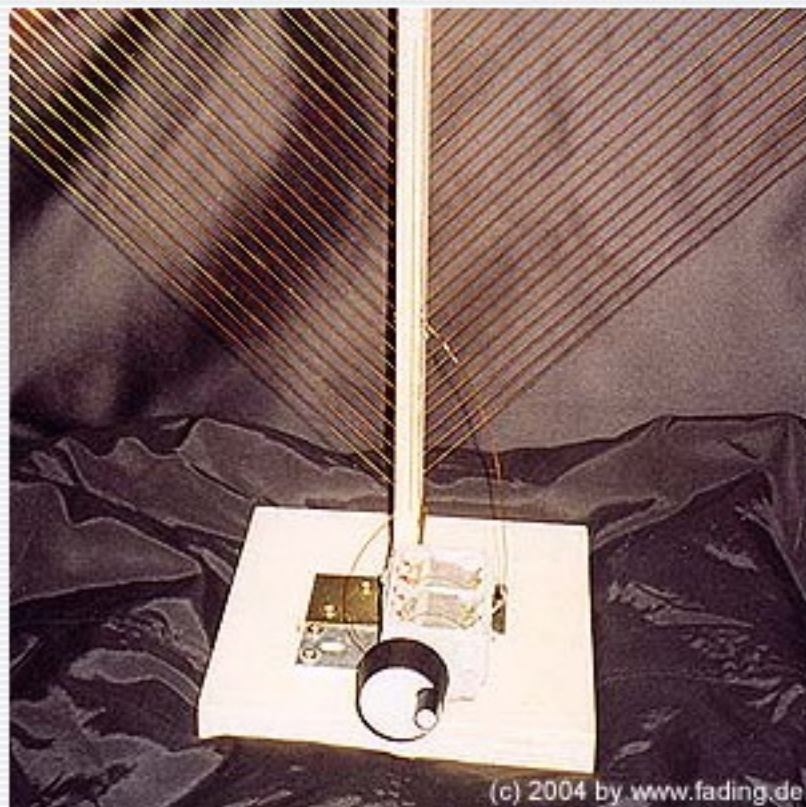
elektrischer Aufbau der Rahmenantenne



Die Enden des Drahtes mit den beiden Anschlüssen des Drehkondensators verbinden.

i Profi-Tipp: Bei der Fertigung der Antenne auf Lötverbindungen verzichten, da Lötzinn einen schlechten Leitwert hat und an den Lötstellen dämpfend auf das Signal wirkt. Damit würde die Güte des Schwingkreises sinken und somit der Wirkungsgrad der Rahmenantenne sinken. Die Verbindungen daher besser klemmen, z.B. mit Lüsterklemmen arbeiten oder einfach Aderendhülsen verwenden. Bei Kuferlackdraht ist darauf zu achten, dass vor dem Verbinden zweiter Leiter der Lack an der Verbindungsstelle vorsichtig entfernt wird, da er isoliert und demnach nicht leitet.

Der **Schwingkreis** der Mittelwellenspule ist nun fertig. Wir benötigen aber noch den Anschluss des Koaxialkabels. Würden wir das Koaxkabel direkt an die **Schwingkreisspule** anklemmen, bräche die Spannung aufgrund der Belastung durch den Empfängereingang unweigerlich zusammen und der Empfang wäre zunichte. Wir müssen also *induktiv auskoppeln*. Dazu wickeln wir in die **Schwingkreisspule** zusätzlich eine weitere Spule: die **Koppelspule**. Diese entspricht etwa einem Zehntel der Windungen der Schwingkreisspule - $> 20 / 10 = 2$. Unsere **Koppelspule** muss für den Mittelwellenbereich also 2 Windungen haben. Wichtig: Achten Sie darauf, dass **Schwingkreisspule** und **Koppelspule** den selben Wickelsinn haben, da die Schaltung sonst nicht funktionieren würde. Die Enden der **Koppelspule** verbinde man nun mit dem Koaxialkabel, an dessen Ende man den für den Empfänger benötigten Stecker anlötet (hier dürfen Sie dann doch ausnahmsweise löten).



Vielleicht ist Ihnen aufgefallen, dass die Antenne keine Erdung besitzt. Das ist richtig so und wichtig. Zum Schluß richte man das Holzkreuz auf und schraubt es mittels der beiden noch übriggebliebenen Metallwinkel auf die Grundplatte. Fertig ist die Antenne.

Eine Rahmenantenne lässt sich selbstverständlich auch für andere Wellenbereiche konzeptionieren. Ich selbst konstruierte zuletzt eine kombinierte Lösung für Mittel-, Lang- und Grenzwellen mit entsprechend höheren Windungszahlen. Je nach gewünschtem Band kann ich einzelne Bereiche der Spulen über einen Stufenschalter kurzschließen und diese somit elektrisch verkürzen.

Ich wünsche viel Erfolg beim Nachbau und viel Spaß beim Empfang.