

Balun

Dipl.-Ing. Wolfgang Wippermann

DG0SA

Februar 2017

Vita

Jahrgang 1950

Erste elektrische Versuche 1958

Erstes Radio gebaut 1962

Afu-Genehmigung DM3SVA (Mitbenutzer) 1967

Dipl.-Ing. Universität Rostock 1974

Amateurfunkgenehmigung Y25IA (Einzel) 1982

Fuchsjagd 1967-1990

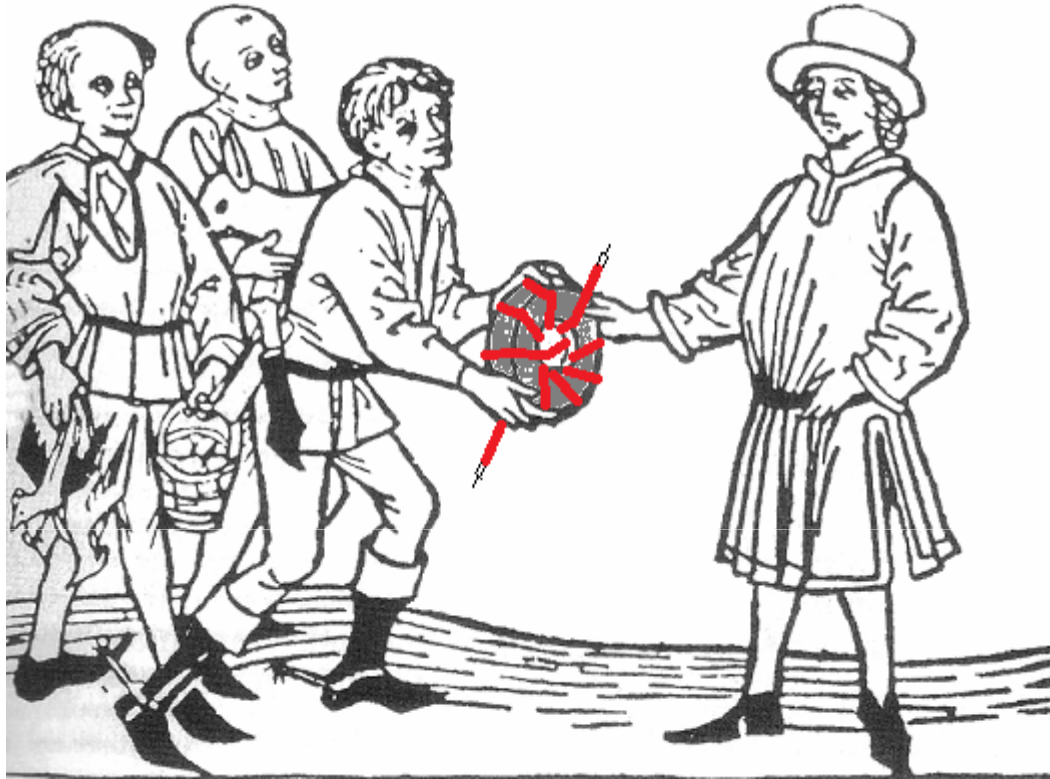
Balun

Der Vortrag enthält Darstellungen von
Günter Fred Mandel, DL4ZAO, der
wiederum zahlreiche Darstellungen von
meiner website verwendete

Geschichtliches

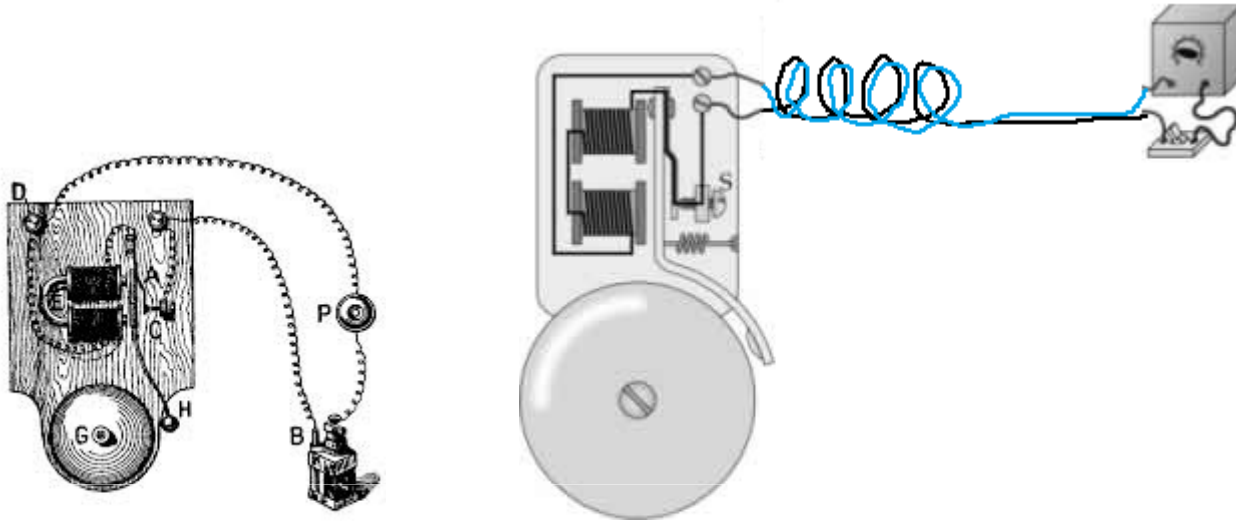
1. Geschichtliches
2. Die Störsituation
3. Finde Störer selbst
4. Entstehung von Mantelwellen
5. Aufgaben des Baluns
6. Ein wenig Theorie – praktisch
7. Das Symmetrieglied
8. Die Kernfrage
9. Vormagnetisierung, Temperatur u. a.
10. Wir bauen Balune

Geschichtliches



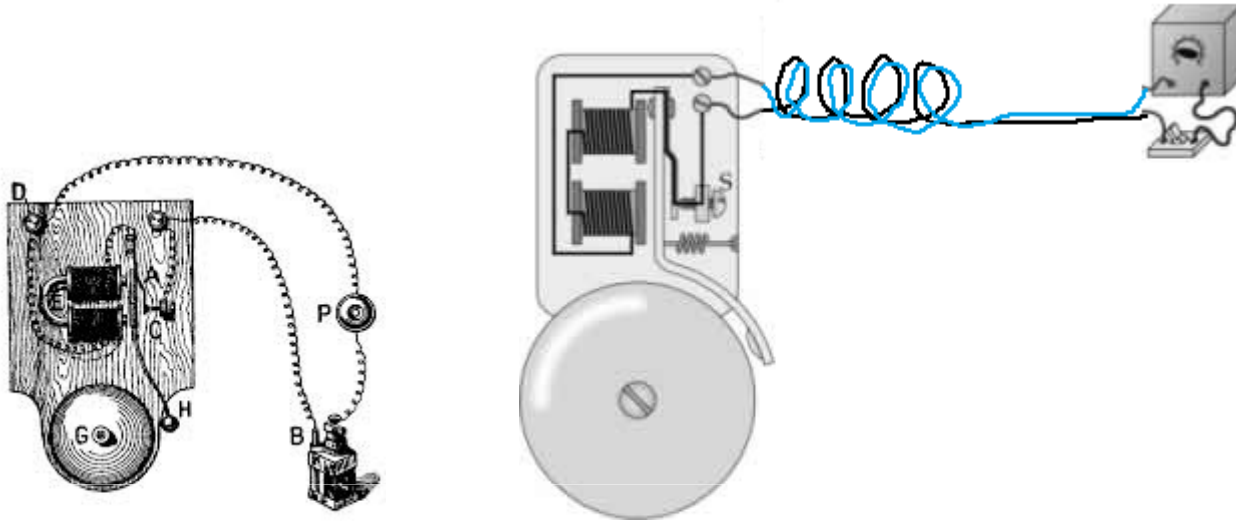
Die Geschichte des Baluns ist lang,
nicht belegt ist die Übergabe eines
Baluns als Zehnten an den Herrn...

Geschichtliches



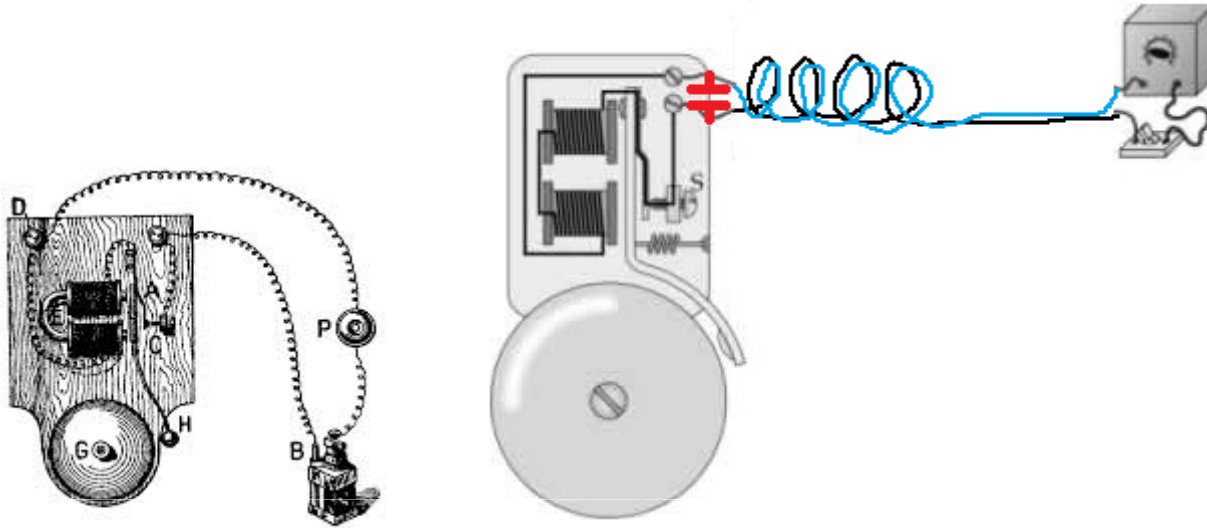
Seit 1900 war die elektrische Türklingel in vielen Häusern zu finden. Die Verbindungen wurden mit „Klingeldraht“ hergestellt. Es war zu schade, ihn abzuschneiden, Überlängen wurden mittels Bleistift zu einer „Locke“ gedreht.

Geschichtliches



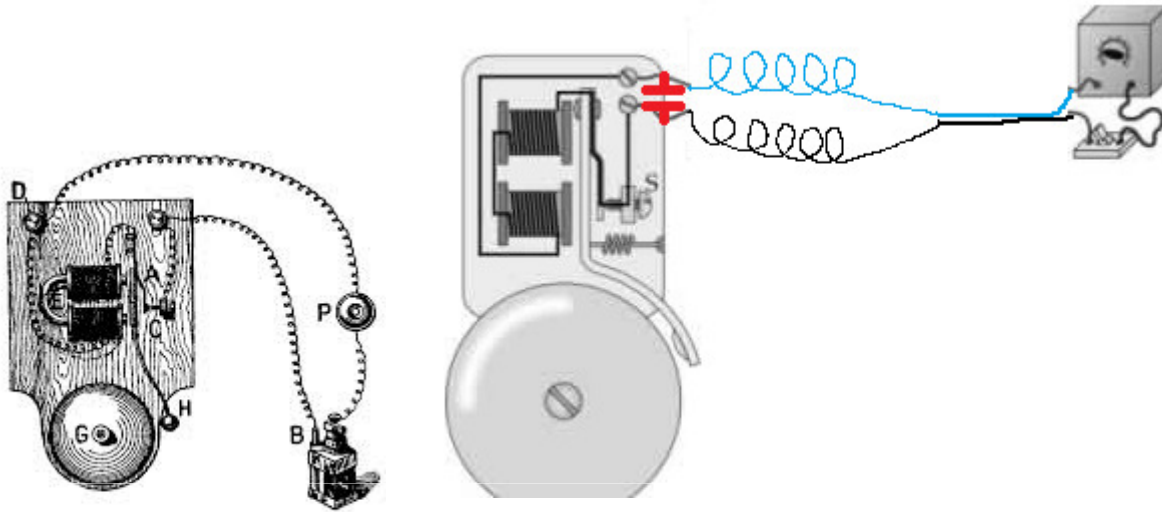
Auch mein Vater (Jahrgang 1926) montierte Türklingeln stets mit „Locke“.
Es ist anzunehmen, dass die Wirkung für einen störungsfreien Rundfunkempfang um diese Zeit bekannt war.

Geschichtliches



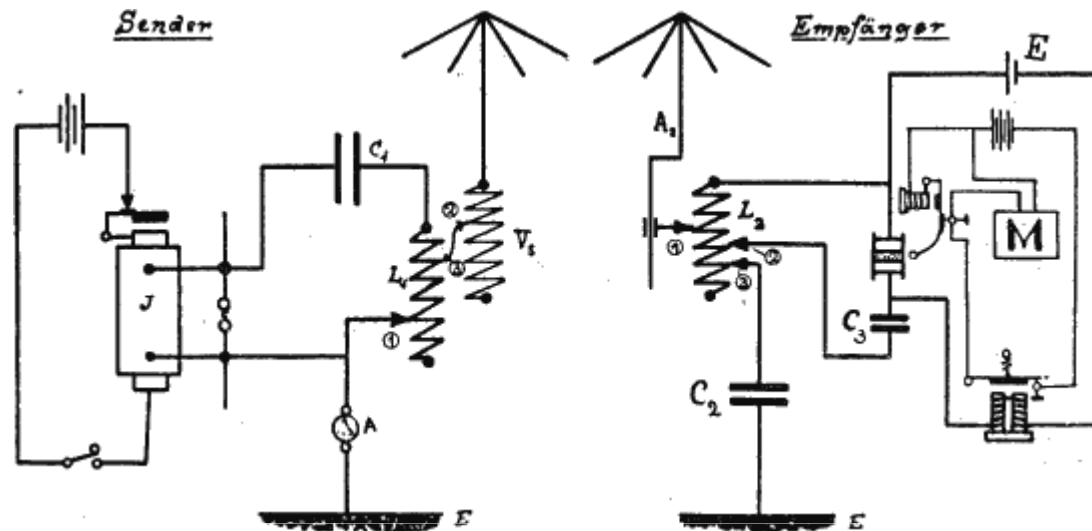
Die „Locke“ lässt leitungsgeführte Störungen hindurch, wie wir später noch erkennen werden. Daher ist noch ein Kondensator nötig. Er wurde als „Entstörkondensator“ in den 30-ern des vorigen Jahrhunderts angepriesen.

Geschichtliches



Eine bessere Lösung sind zwei „Locken“, also zwei Drosseln, denn dadurch werden leitungsgeführte Störungen mehr oder weniger stark unterdrückt.

Geschichtliches



60. Das Braunsche System.
(1898.)

Weil vom „Wagnerschen Hammer“ starke Störungen erzeugt werden, kann man ihn auch in einer Sende- und Empfangsanlage einsetzen. Merke: alte Klingeln entstören!

Geschichtliches

June 26, 1934.

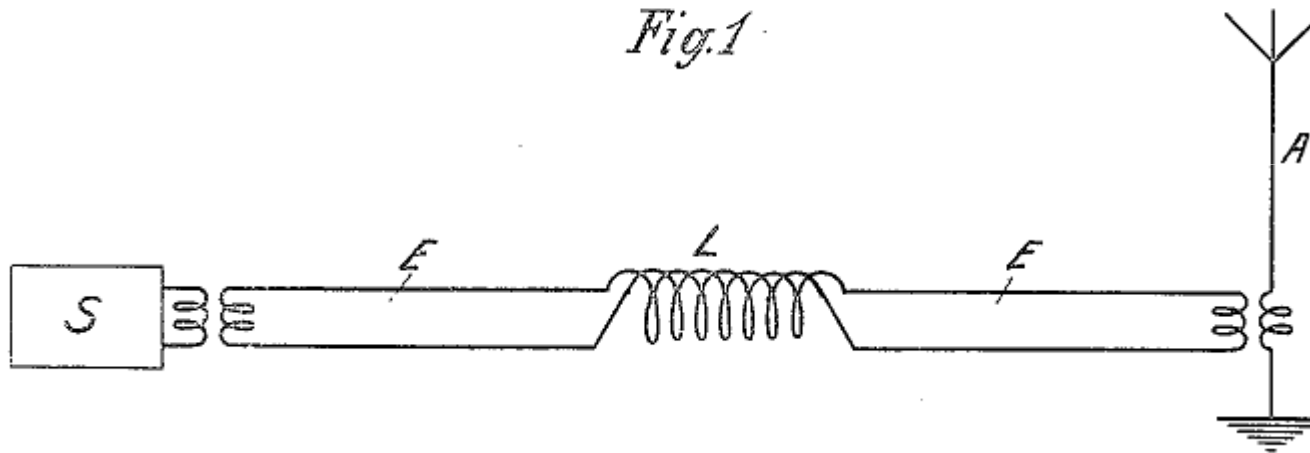
F. GERTH

1,964,048

POWER LINE FOR ANTENNÆ

Filed Dec. 20, 1932

Fig.1

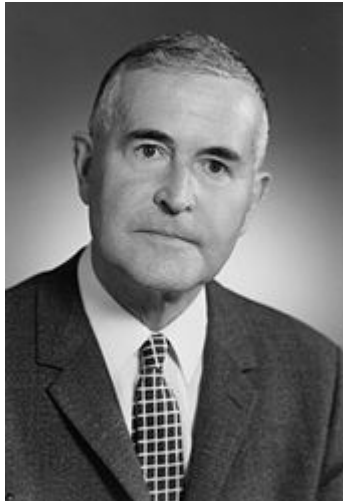


Am 20.12.1932 wurde Dr. Felix Gerth ein Patent mit der Nr. 592184 erteilt.
Das Bild stammt aus seinem USA-Patent.

Geschichtliches

In der Hochfrequenztechnik, wie gut bekannt ist, werden zwischen den verschiedenen Stationen sogenannte Leistungs- oder Übertragungsleitungen verwendet, die üblicherweise aus zwei parallelen Leitern bestehen. Diese werden durch die zu übertragende Hochfrequenz gegenphasig durchlaufen, so dass die äußeren Felder aufgehoben werden und es daher keine Strahlung gibt. Es kann aber auch vorkommen, dass die Leiter neben den Phasenströmen auch gegenphasige Ströme durchlaufen. Dies ist beispielsweise bei Leitungen der Fall, die zur Versorgung von Antennensystemen dienen. In diesem Fall befindet sich die Leitung im Bereich der Abstrahlantennen. **Die eng benachbarten Leiter dieser Stromleitungen werden durch dieses Feld in die gleiche Richtung induziert, so dass aufgrund dieser Strahlungskopplung gleichphasige Ströme fließen. Diese Ströme bewirken, dass die Stromleitung ausstrahlt** und dadurch die Richtcharakteristik der Antennenanordnung unerwünscht beeinflusst werden kann. Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, diese Gleichphasenströme zu steuern. **Erfindungsgemäß werden diese Gleichphasenströme daran gehindert, zu fließen** oder sie zu neutralisieren oder ihre Stromschleife ist so angeordnet, dass die Abstrahlcharakteristik der Antennenanordnung verbessert wird oder ein gewünschtes Strahlungsdiagramm erhalten wird. Mehrere Ausführungsformen der Erfindung sind in der beigefügten Zeichnung dargestellt. Fig. 1 ist eine schematische Ansicht einer solchen Ausführungsform. (Rückübersetzung aus dem englischen Text)

Geschichtliches



May 17, 1949.

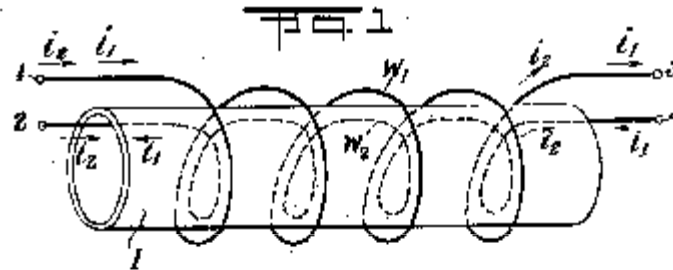
G. GUANELLA

2,470,307

HIGH-FREQUENCY MATCHING TRANSFORMER

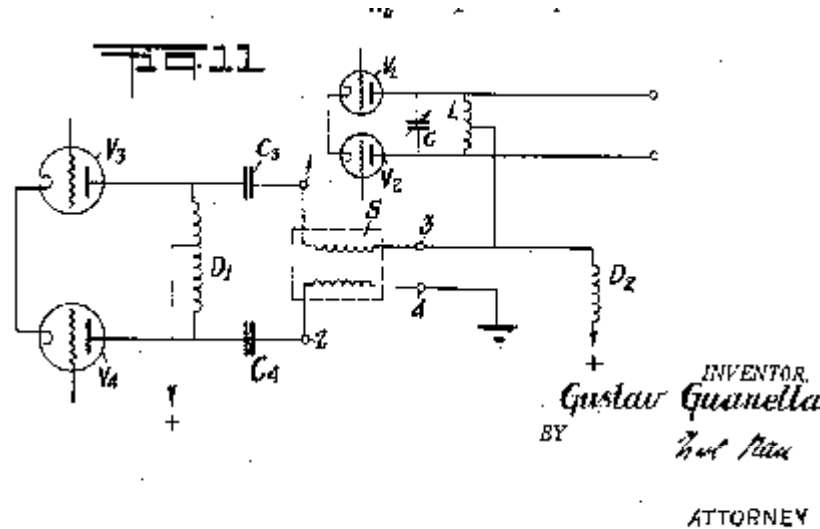
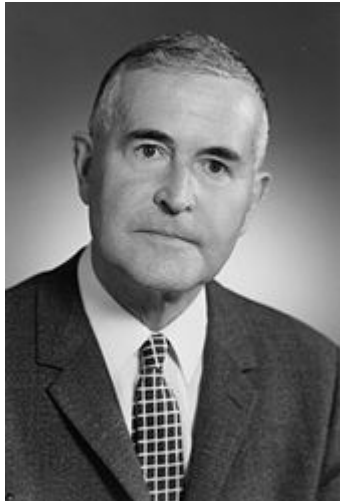
Filed April 5, 1945

3 Sheets-Sheet 1



Dr. h.c. Gustav Guanella war ein schweizerischer Elektroingenieur. Er erhielt am 25.2.1944 das Patent: „In einem elektrischen Netzwerk eingeschaltete Übertragungsvorrichtung mit Leitungscharakter“.

Geschichtliches

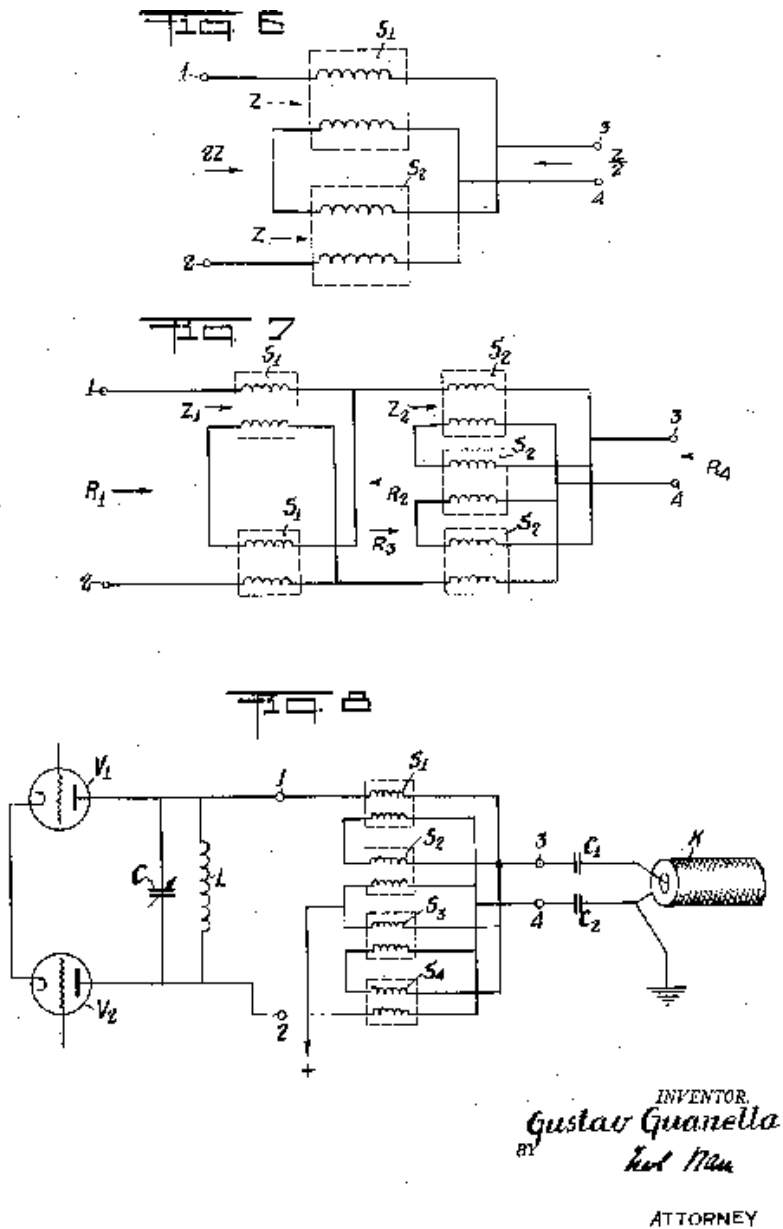


Aus dem selben Patent: seine Darstellung für eine korrekte Auskopplung der Energie einer Gegentaktendstufe, die sich auch heute noch in den modernen MOSFET-PA wiederfindet.

Geschichtliches

Und das hat Guanella
berühmt gemacht und
darf seinen Namen
tragen:

oben: Guanella 4:1
mitte: Guanella 36:1
unten: Guanella 16:1



Die Störsituation

1. Geschichtliches
2. Die Störsituation
3. Finde Störer selbst
4. Entstehung von Mantelwellen
5. Aufgaben des Baluns
6. Ein wenig Theorie – praktisch
7. Das Symmetrieglied
8. Die Kernfrage
9. Vormagnetisierung, Temperatur u. a.
10. Wir bauen Balune

Situation zur Anfangszeit des Funks

Vor 100 Jahren störten

- Atmosphärische Erscheinungen (Blitz, elektrostatische Auf- und Entladungen)
- Abreißfunken an Relais und Klingeln
- Funken an Oberleitungen der Straßenbahn
- Funken in Elektromotoren
(z.B. Staubsauger, Nähmaschinenmotor, Zahnarztbohrer)

Situation zur Anfangszeit des Funks

Vor 90 Jahren

- Kaum jemand hatte Telefon
- In vielen Haushalten war der einzige elektrische Verbraucher die Glühbirne über dem Küchentisch
- Erste Rundfunksende- und Empfangsanlagen und erste Hinweise zur „Bekämpfung von Rundfunkstörungen“

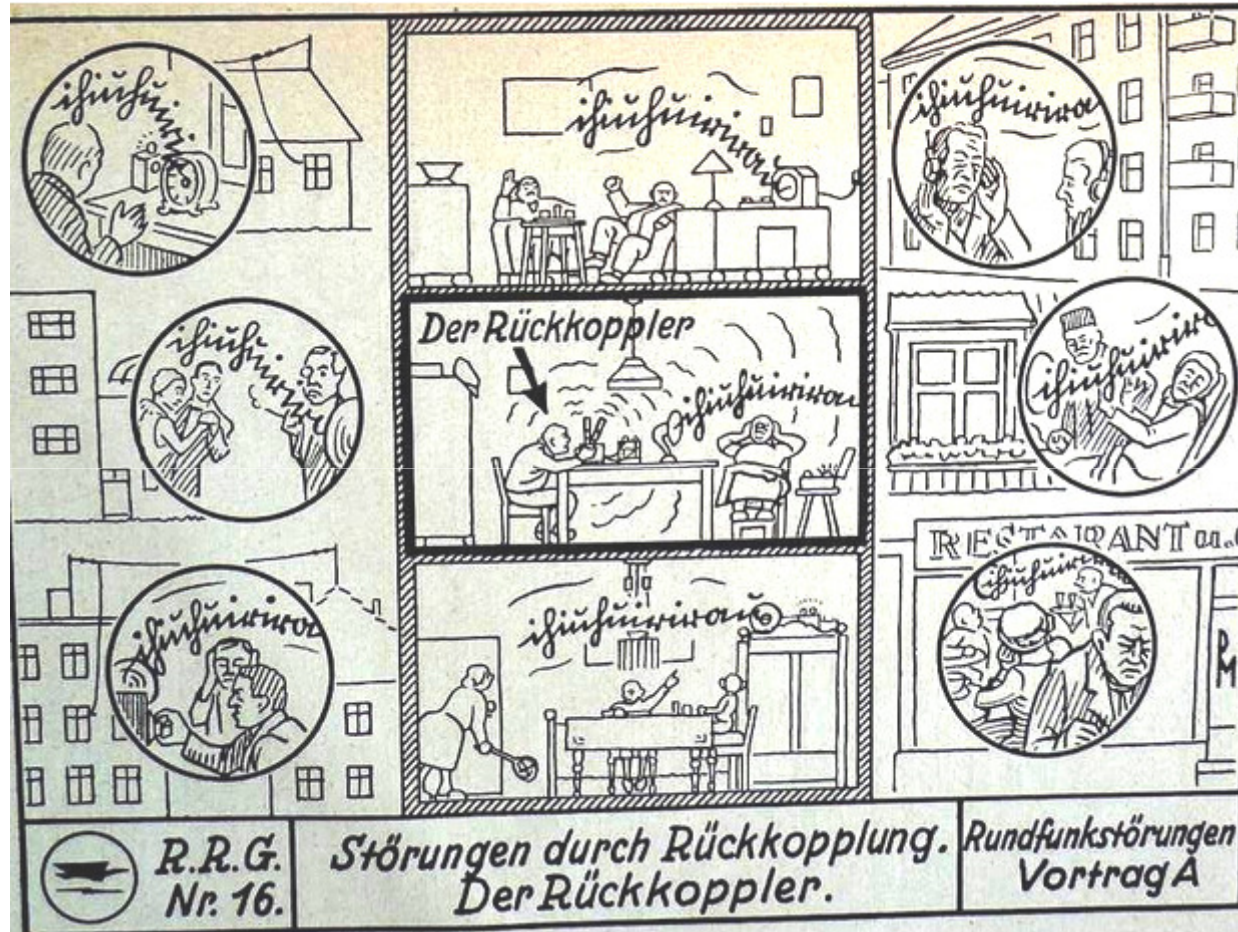
Situation zur Anfangszeit des Funks

Mit dem Aufblühen des Rundfunks gab es ein ganz neues Problem:

Störung durch „Rückkoppler“ .

Frage, wer kennt Rückkoppler??

Situation zur Anfangszeit des Funks



Der Rückkoppler: Ein Audion mit zu fest eingestellter Rückkopplung

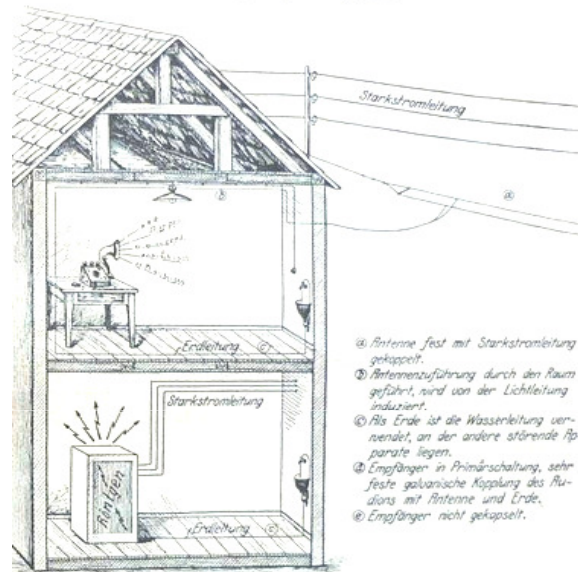
Situation zur Anfangszeit des Funks



(1930, Reichs-Rundfunk-Gesellschaft,
Allgemein verständlicher Vortrag)

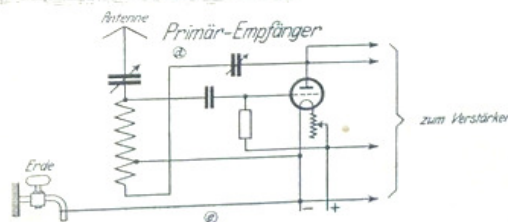
Situation zur Anfangszeit des Funks

*Auf Störungen stark ansprechende
Empfangsanlage.*



Ⓐ Antenne fest mit Starkstromleitung gekoppelt.
Ⓑ Antennenzuführung durch den Raum geführt, wird von der Lichtleitung induziert.
Ⓒ Als Erde ist die Wasserleitung verwendet, an der andere störende Apparate liegen.
Ⓓ Empfänger in Primärschaltung, sehr feste galvanische Kopplung des Audions mit Antenne und Erde.
Ⓔ Empfänger nicht gekapselt.

- a) Antenne fest mit Starkstromleitung gekoppelt
- b) Antennenzuführung durch den Raum geführt, wird von der Lichtleitung induziert
- c) Als Erde ist die Wasserleitung verwendet, an der andere störende Apparate liegen
- d) Empfänger in Primärschaltung, sehr feste galvanische Kopplung des Audions mit Antenne und Erde
- e) Empfänger nicht gekapselt

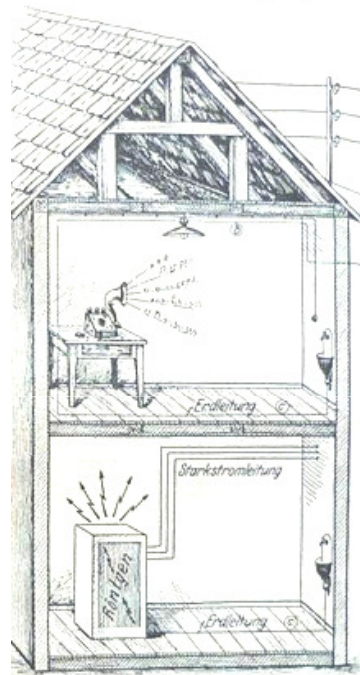


8452

Aus heutiger Sicht immer noch gültige Hinweise für einen störungsarmen Funkempfang

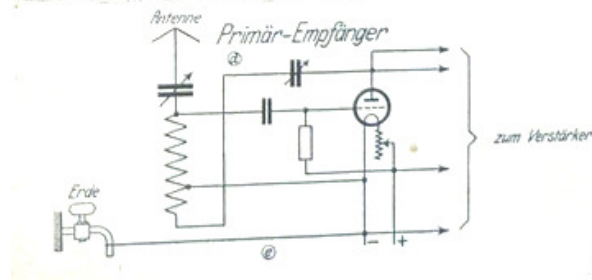
Situation zur Anfangszeit des Funks

*Auf Störungen stark ansprechende
Empfangsanlage.*



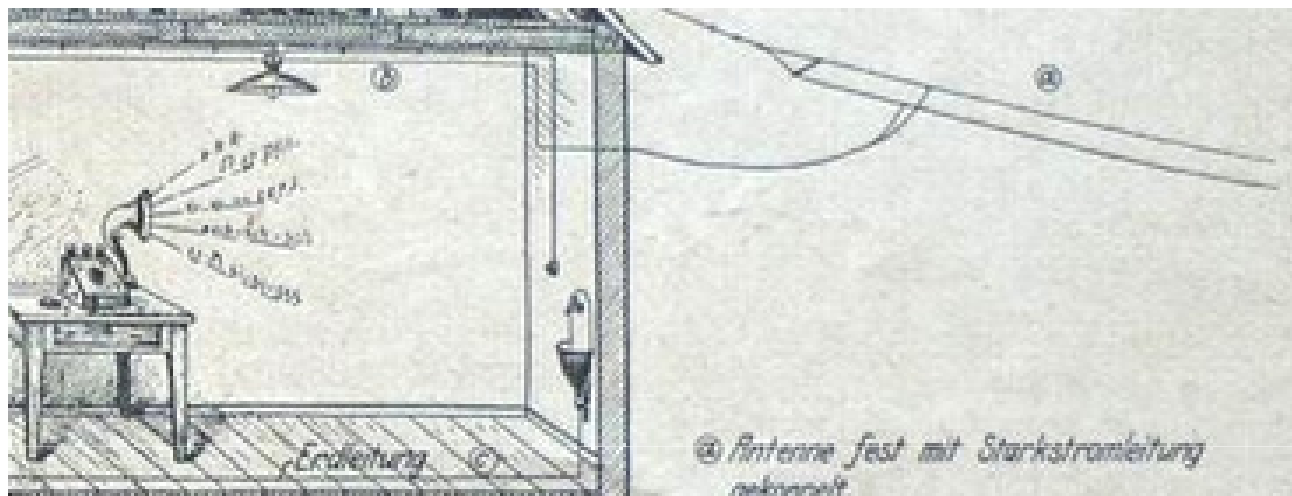
- a) Antenne fest mit Starkstromleitung gekoppelt
- b) Antennenzuführung durch den Raum geführt, wird von der Lichtleitung induziert
- c) Als Erde ist die Wasserleitung verwendet, an der andere störende Apparate liegen
- d) Empfänger in Primärschaltung, sehr feste galvanische Kopplung des Audions mit Antenne und Erde
- e) Empfänger nicht gekapselt

a) Antenne fest mit Starkstromleitung gekoppelt.
 b) Antennenzuführung durch den Raum geführt, wird von der Lichtleitung induziert.
 c) Als Erde ist die Wasserleitung verwendet, an der andere störende Apparate liegen.
 d) Empfänger in Primärschaltung, sehr feste galvanische Kopplung des Audions mit Antenne und Erde.
 e) Empfänger nicht gekapselt.



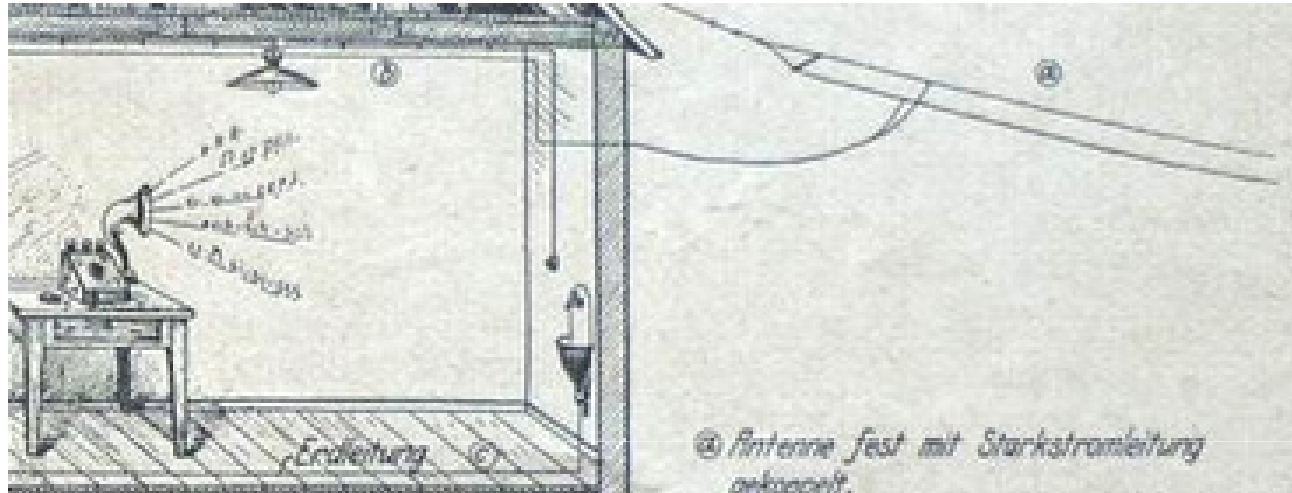
8452

Situation zur Anfangszeit des Funks



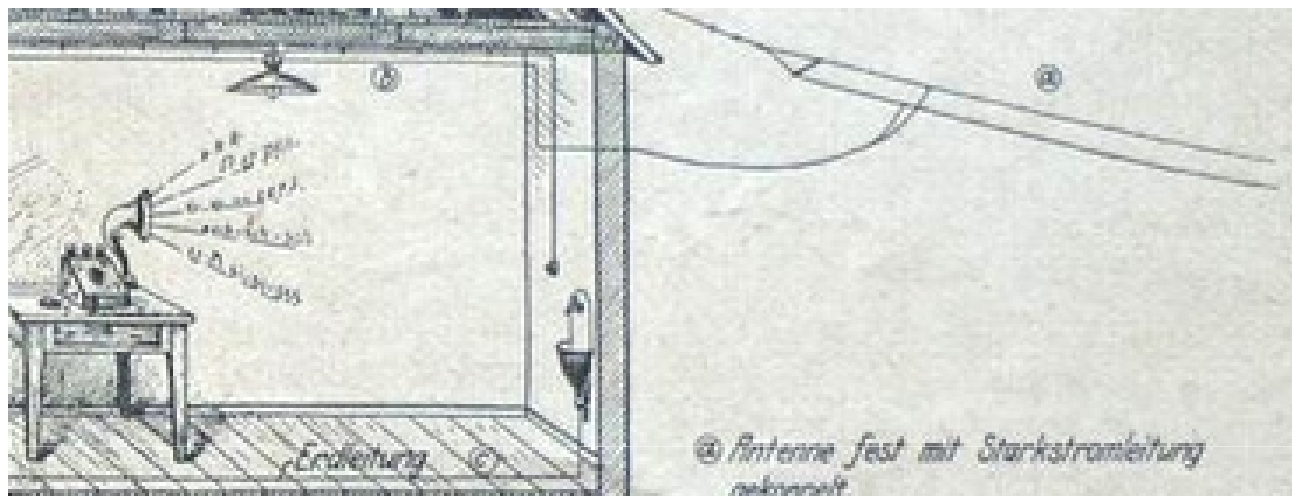
Eine T-Antenne mit Wasserleitung als „Gegengewicht“. Sowas nenne ich „Agentenantenne“, weil dieser Aufbau bevorzugt von diesen benutzt wurde. Das ging, weil man damit sehr gut senden konnte und die Gegenstation mit genügend „Bums“ anlag, so dass das starke Signal die geringen Störungen überdeckte.

Situation zur Anfangszeit des Funks



Um 1960, als mein Vater und ich Transistoren zu einem Radio zusammen löteten, besorgten wir uns von einem Mechaniker in der Nachbarschaft eine Rolle Kupferdraht und spannten über die Dächer eine „Antenne“, als Gegengewicht diente die Wasserleitung. Es war fast ungestörter Empfang möglich!

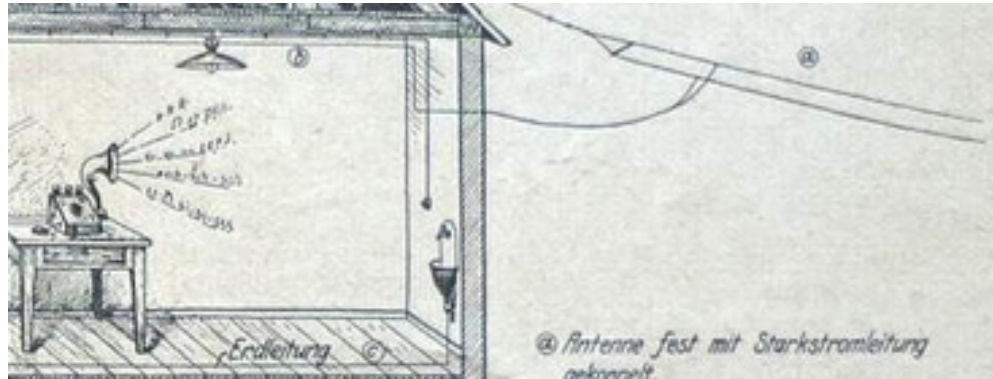
Situation heute



Eine „Langdrahtantenne“ und als Gegengewicht die Wasserleitung.

Außer Rauschen und Knattern hört man heute mit einer solchen Antenne kaum noch etwas!

Situation heute



In der Literatur wurden noch bis vor kurzem Maßnahmen beschrieben, damit Funkamateure die anderen Dienste nicht stören.

Heute müssen Maßnahmen beschrieben werden, damit Funkamateure im Störpegel anderer Dienste und Nutzer nicht untergehen!

Situation heute

Zu den bereits bekannten Störern kamen zahlreiche neue dazu. Sie alle zu aufzuzählen wäre eine schwierige Aufgabe!

Alternativ habe ich mich im eigenen Haushalt umgesehen und Messungen vorgenommen.

Mein China-SDR ist recht unempfindlich, reicht aber für die Tests aus.

Und die Störungen sind gewaltig, wie wir noch sehen werden.

Situation heute



Ein Ausweg? Der Chi-Netzstecker für 119 €.

Situation heute

Produktbeschreibung

Chi-Netzstecker

Für weniger Elektrostress und mehr Wohlbefinden

Immer mehr Menschen haben das Gefühl, dass Ihnen das Wirrwarr von künstlichen elektromagnetischen Feldern, in denen sie sich täglich bewegen, nicht gut tut. Alles nur Einbildung? Wohl kaum. In Schweden ist mittlerweile Elektrosensitivität ein anerkanntes Krankheitsbild. Entsprechende Therapien und Schutzmaßnahmen werden dort von den Sozialkassen getragen. Hierzulande muss man selber für Abhilfe sorgen. Und das ist möglich!

Ein Stecker für die ganze Wohnung

Der CHI-Netzstecker kann die Wirkung künstlicher elektro-magnetischer Felder im gesamten Wohnbereich spürbar harmonisieren. Pro Wohnung (bis ca. 90 qm) reicht in der Regel 1 CHI-Netzstecker. Bei mehrstöckigen Häusern nutzen Sie bitte einen CHI-Netzstecker pro Etage. Dies ist natürlich auch von der Belastung der Wohnung und des Umfeldes abhängig. Bei mehreren Stromkreisen ein CHI-Netzstecker pro Stromkreis. **Der CHI-Netzstecker arbeitet ohne eigenen Stromverbrauch.** Günstig ist eine Platzierung im zentralen Bereich der Wohnung. Oftmals lässt sich schon nach wenigen Stunden eine deutliche Verbesserung der Raumatmosphäre und des allgemeinen Wohlbefindens beobachten – in der Regel beträgt die “Einwirkzeit” maximal 7 Tage.

Wer's glaubt..... **Fragen?**

Ich hab' noch einen.....



Chi-Harmonizer

Aufkleber zur Harmonisierung von elektromagnetischer Strahlung von Handys, Schnurlostelefonen, PC's, Babyphones, ...

Anwendung

Die Wirksamkeit des Chi-E-Harmonizer ist kinesiologisch getestet. Sie beträgt mindestens 1 Jahr je nach Beanspruchung.

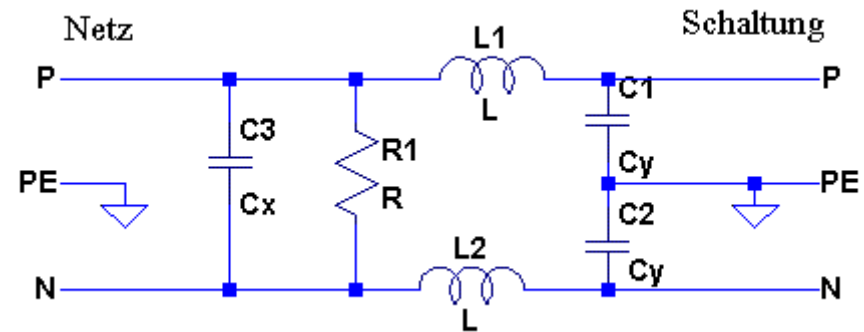
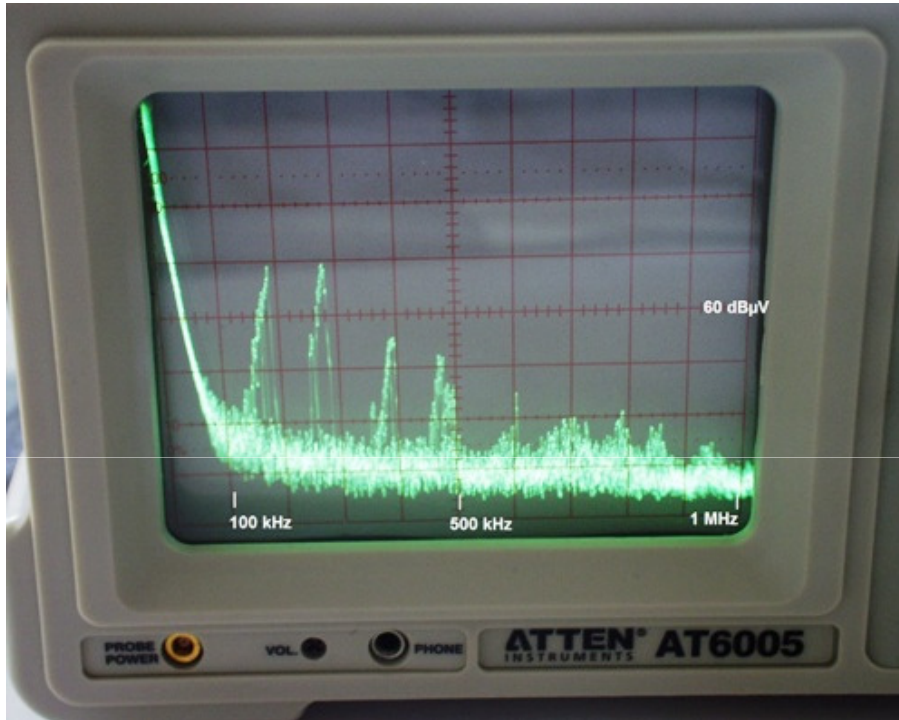
Kleben Sie den Sticker auf das Gehäuse des Gerätes oder legen ihn unauffällig ins Batteriefach.

Der passende Aufkleber für die Endstufe.....

Finde Störer selbst

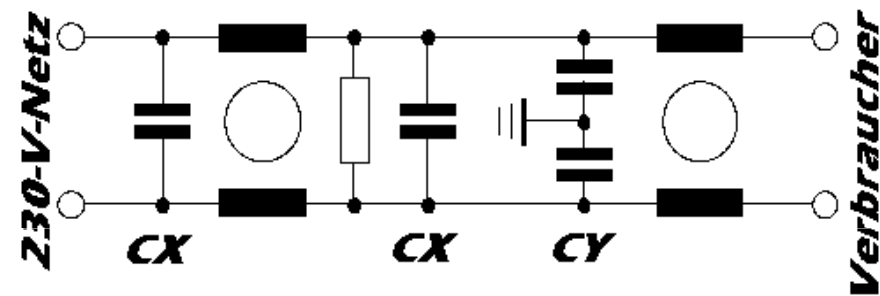
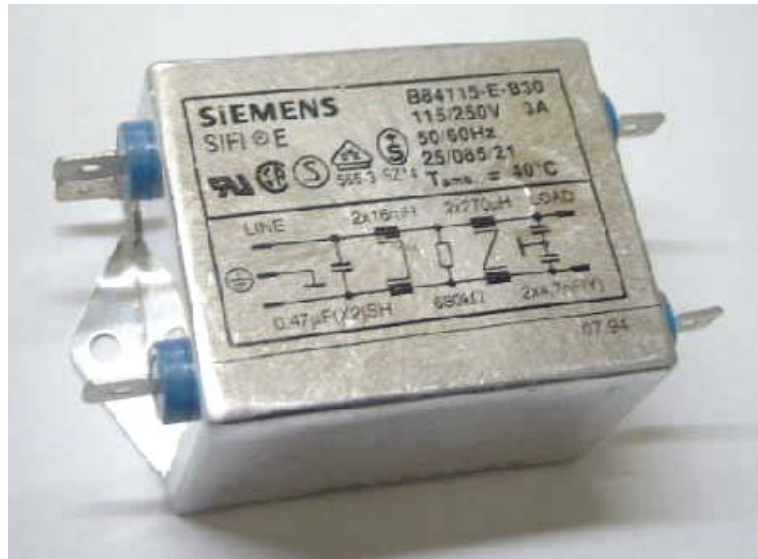
1. Geschichtliches
2. Die Störsituation
3. Finde Störer selbst
4. Entstehung von Mantelwellen
5. Aufgaben des Baluns
6. Ein wenig Theorie – praktisch
7. Das Symmetrieglied
8. Die Kernfrage
9. Vormagnetisierung, Temperatur u. a.
10. Wir bauen Balune

Störungen, die das Hausnetz führt



Starke Störungen im Bereich 100 kHz - 1 MHz.
Abhilfe durch Netzfilter, hier ein einfaches.

Störungen, die das Hausnetz führt



Ein doppeltes Netzfilter hilft schon besser. Aber wie erkenne ich, ob meine eigenen Geräte Störungen ins Netz abgeben? Wie messen?

Eigene Störer feststellen - Netznachbildungen

Netznachbildungen (LISNs)



Tekbox TBOH01

5 μ H Netznachbildung (LISN) für
Gleichspannungs-Geräte bis 10 A

299,00 EUR

zzgl. 19 % MwSt. zzgl. Versandkosten

Art-Nr.: 118876

[auf Anfrage](#)



Warenkorb

Details



Datenblatt



Tekbox TBLC08

50 μ H Zweileiter-Netznachbildung (LISN) für 230
V Wechselfspannungs-Geräte bis 8 A

779,00 EUR

zzgl. 19 % MwSt. zzgl. Versandkosten

Art-Nr.: 121788

[3-4 Tage](#)



Warenkorb

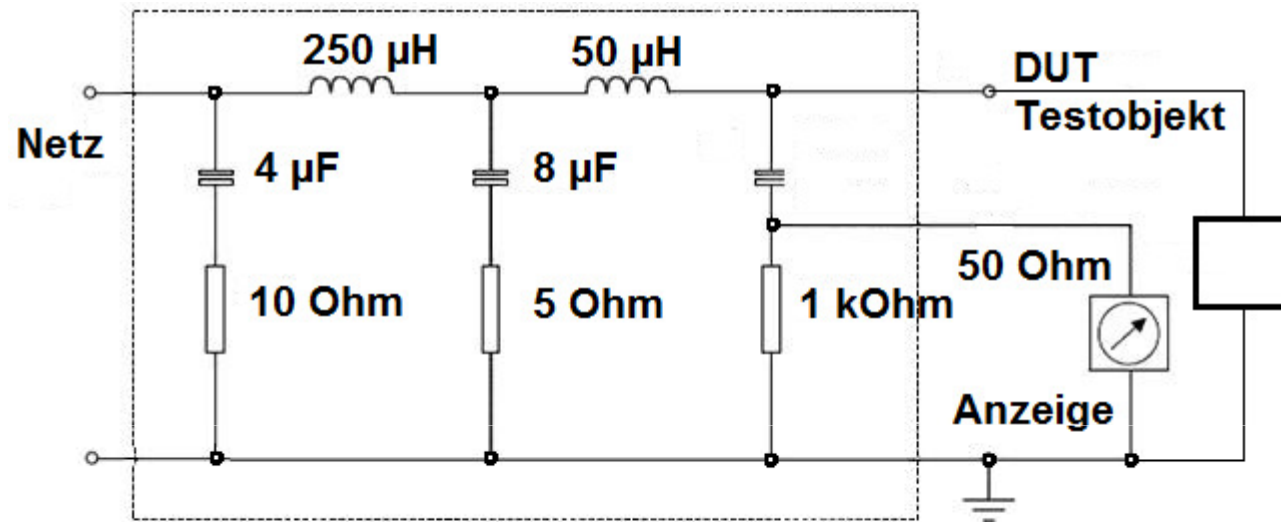
Details



Datenblatt

Zu teuer! Außerdem werden mit It. EN 50065-1-
2013 verwendeten Nachbildungen gemessene
Laborwerte in der Praxis überschritten.
(CQDL 1/2017 – Geschirrspülertest)

Eigene Störer selbst finden

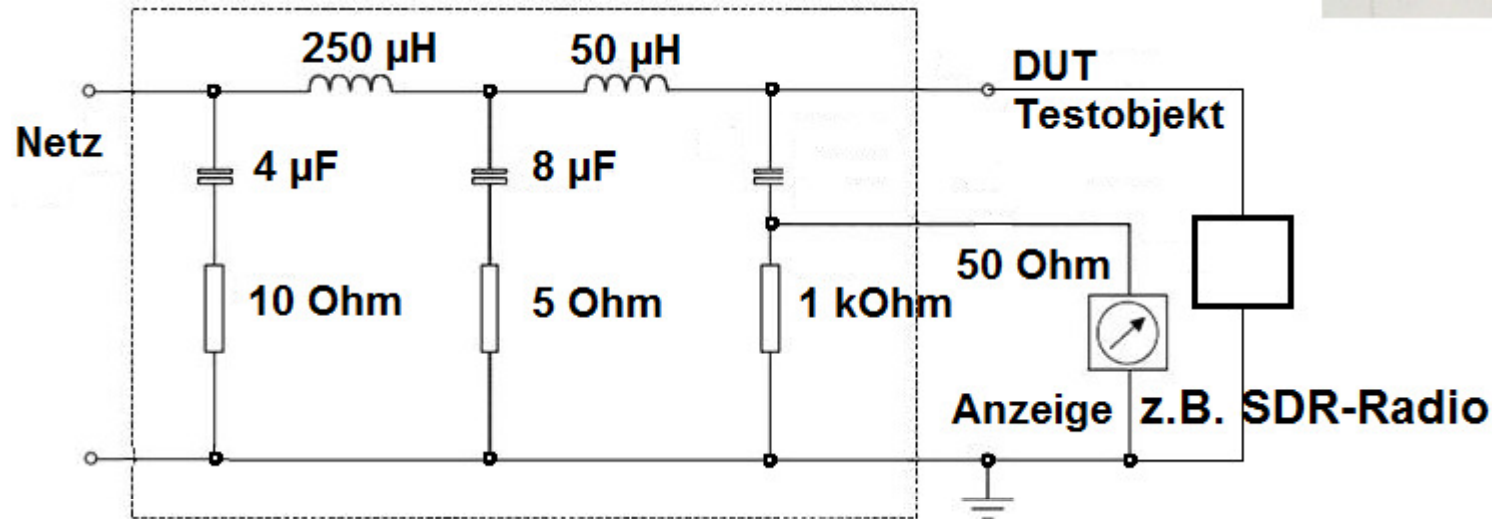


gefährlicher Selbstbau!

Im „rauen Bastelbetrieb“ kann schnell mal Phase und Null getauscht werden.

(Netzstecker falsch herum einstecken)

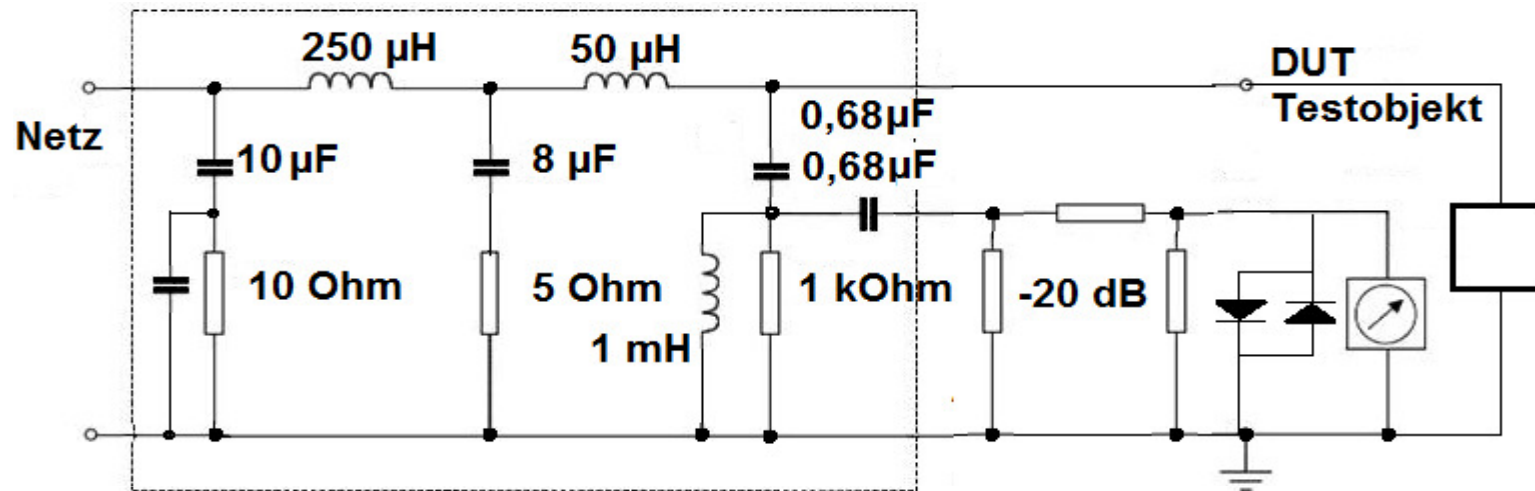
Vermutete Störer selbst finden



gefährlich wegen direktem Netzanschluss

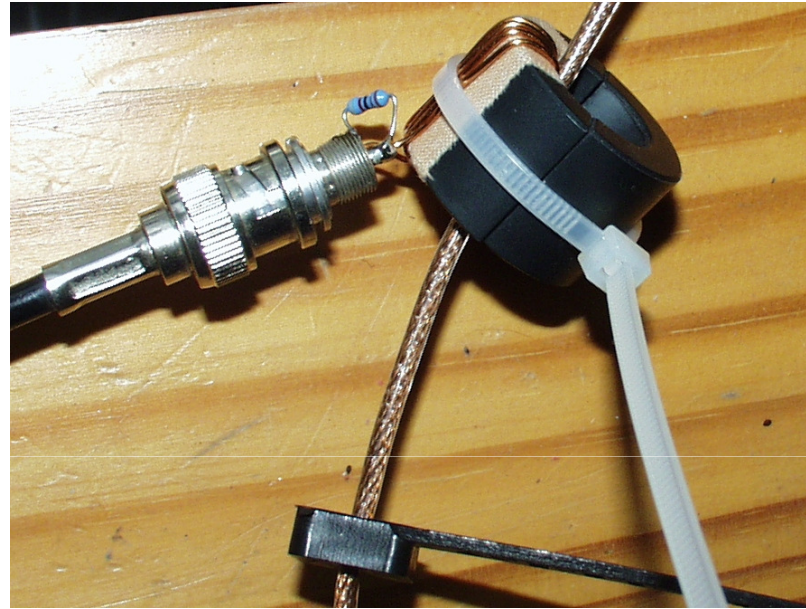
Diese Schaltung hält Störungen aus dem Netz vom DUT fern, das DUT sieht als Last die 50 Ω. Schaltnetzteile als DUT entwickeln beim Einstecken in die Prüfeinrichtung einen kräftigen Impuls, der dem SDR gefährlich wird.

Vermutete Störer selbst finden



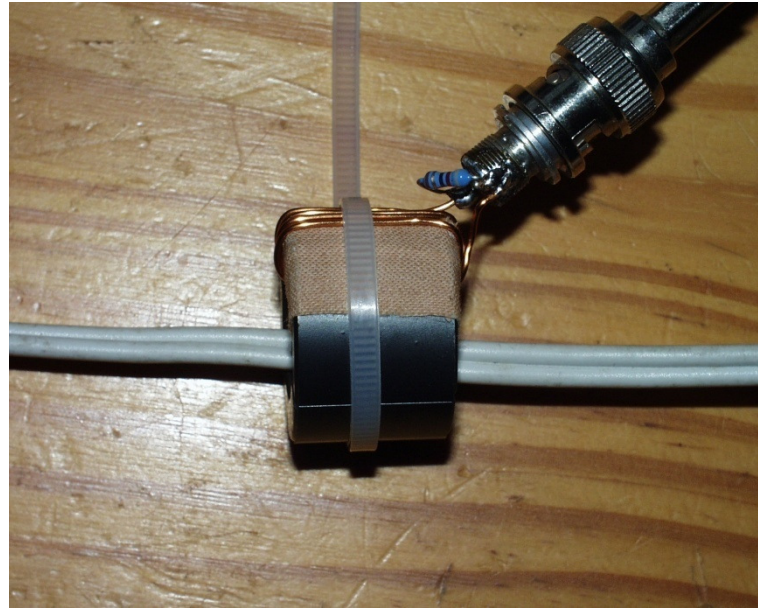
Die in der CQDL 1/2017, S. 39 gezeigte Schaltung arbeitet ab 630 kHz auf 50 Ohm Last, hat aber ein zusätzliches Dämpfungsglied in Richtung Messempfänger. Vorschlag: Zwei antiparallele Dioden zum Schutz des SDR.

Vermutete Störer selbst finden



Alternative: der „Störschnüffler“. Auf einen Klappferrit werden 10 Windungen aufgetragen, 50 Ohm und eine BNC-Buchse parallel. Hiermit kann man Leitungsströme feststellen.

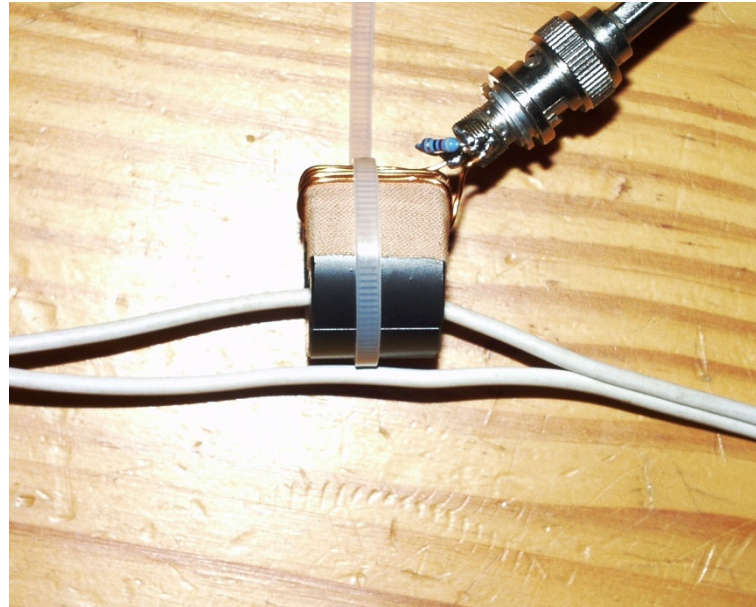
Vermutete Störer selbst finden



Über **beide** Leiter geschoben werden mit dem Störschnüffler „**Gleichtakt**ströme“ erfasst.

Das ist der Fall, wo Störungen die Leitung direkt, ohne Umweg als Antenne nutzen.

Vermutete Störer selbst finden



Über **einen** Leiter geschoben werden mit dem Störschnüffler „**Gegentakt**ströme“ erfasst.

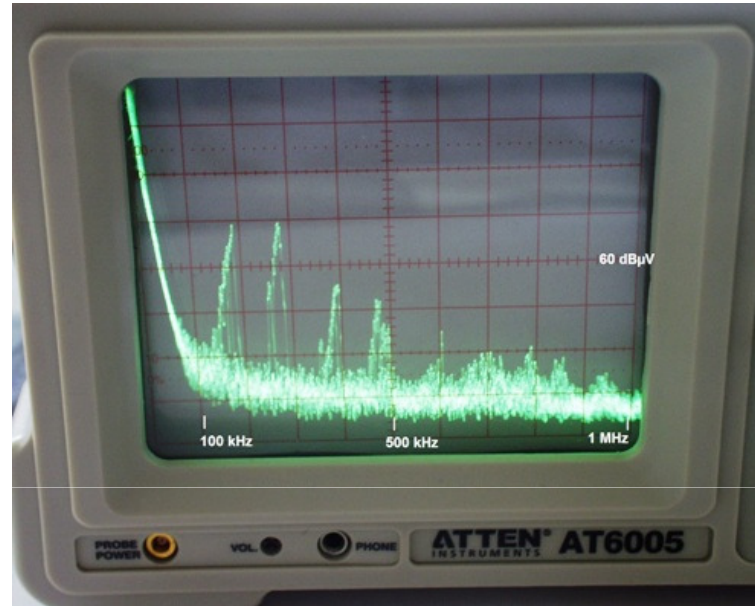
Das ist der Fall, wo Störungen die Leitung zur leitungsgebundenen Fortbewegung nutzen.

Vermutete Störer selbst finden



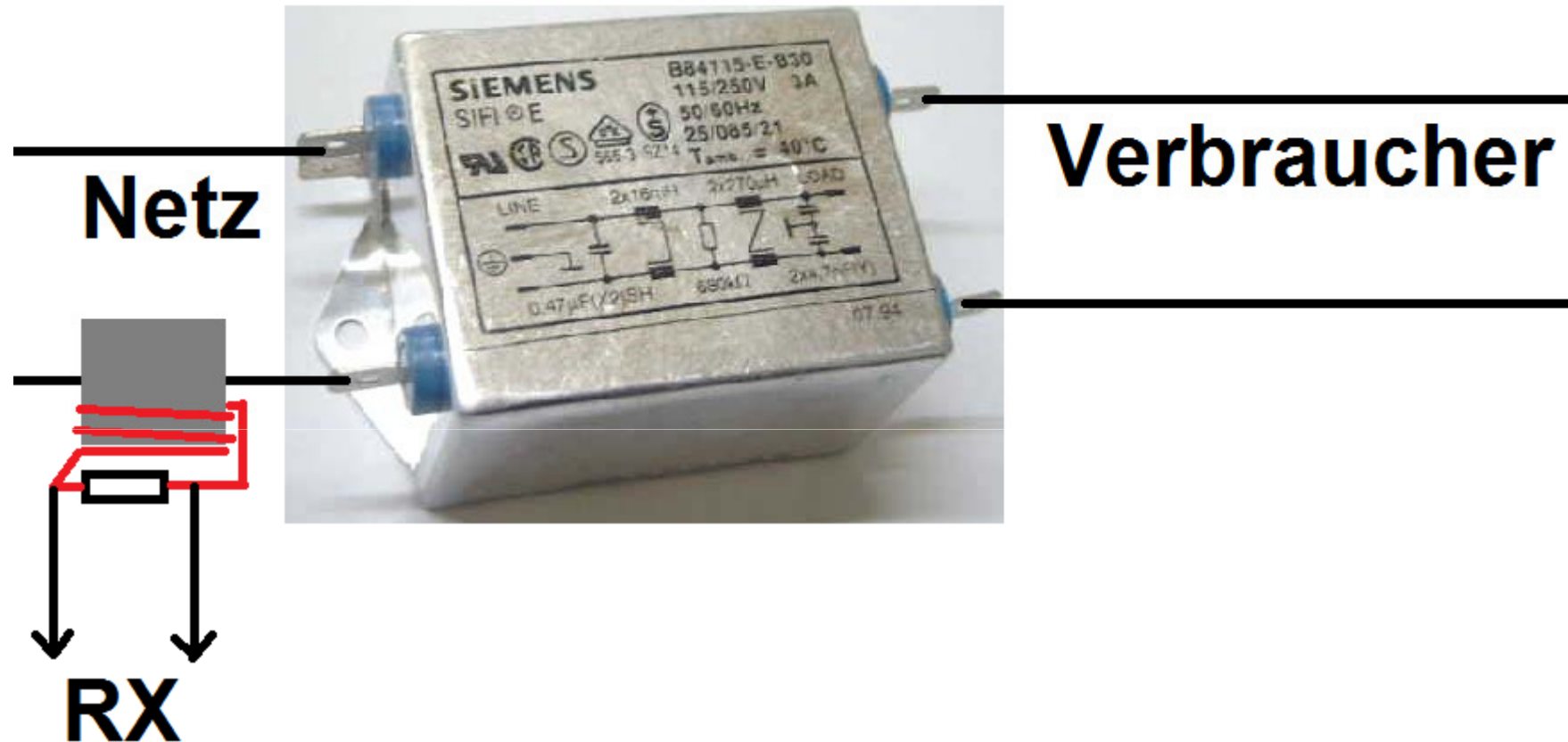
Mit dem Stationsempfänger kann dann zwar keine exakte Messung in $\text{dB}\mu\text{V}$ vorgenommen werden, aber es gelingt die Identifizierung besonders störwütiger Verbraucher.

Netzstörungen aufgeschnüffelt



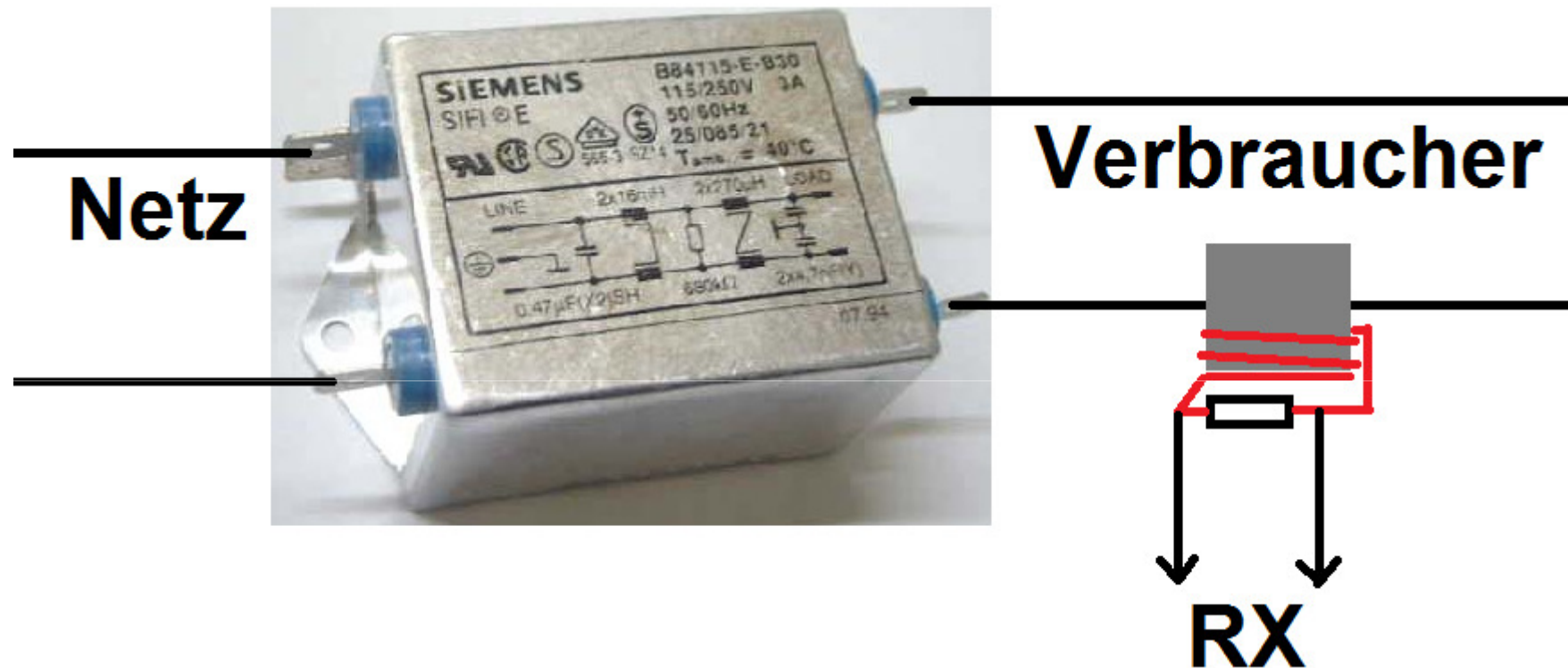
Ein Spektrumanalysator ist zwar nicht in jedem Haushalt vorhanden, ist aber für unsere Tests geeignet. Bild: wenn eine Glühbirne ans Netz angeschlossen wird und der „Störschnüffler“ über einen Leitungsdraht geschoben wird.

Netzstörungen aufgeschnüffelt



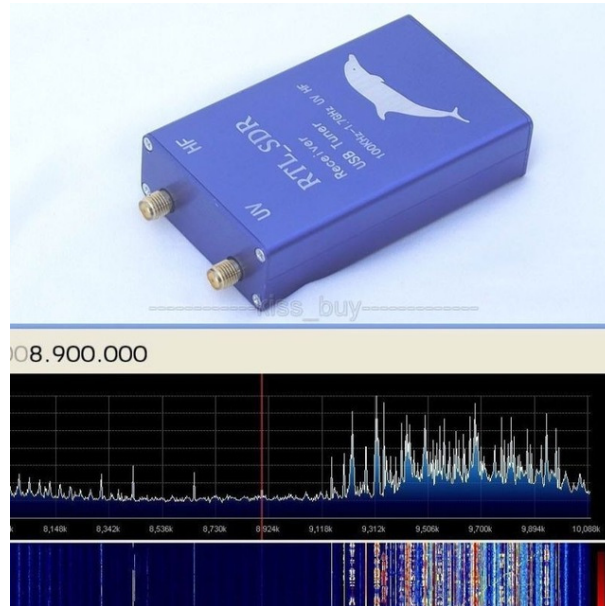
Der Schnüffler sitzt zur Netzseite. Einfache Prüfschaltung für die „Netzverseuchung“

Eigene Störer aufgeschnüffelt



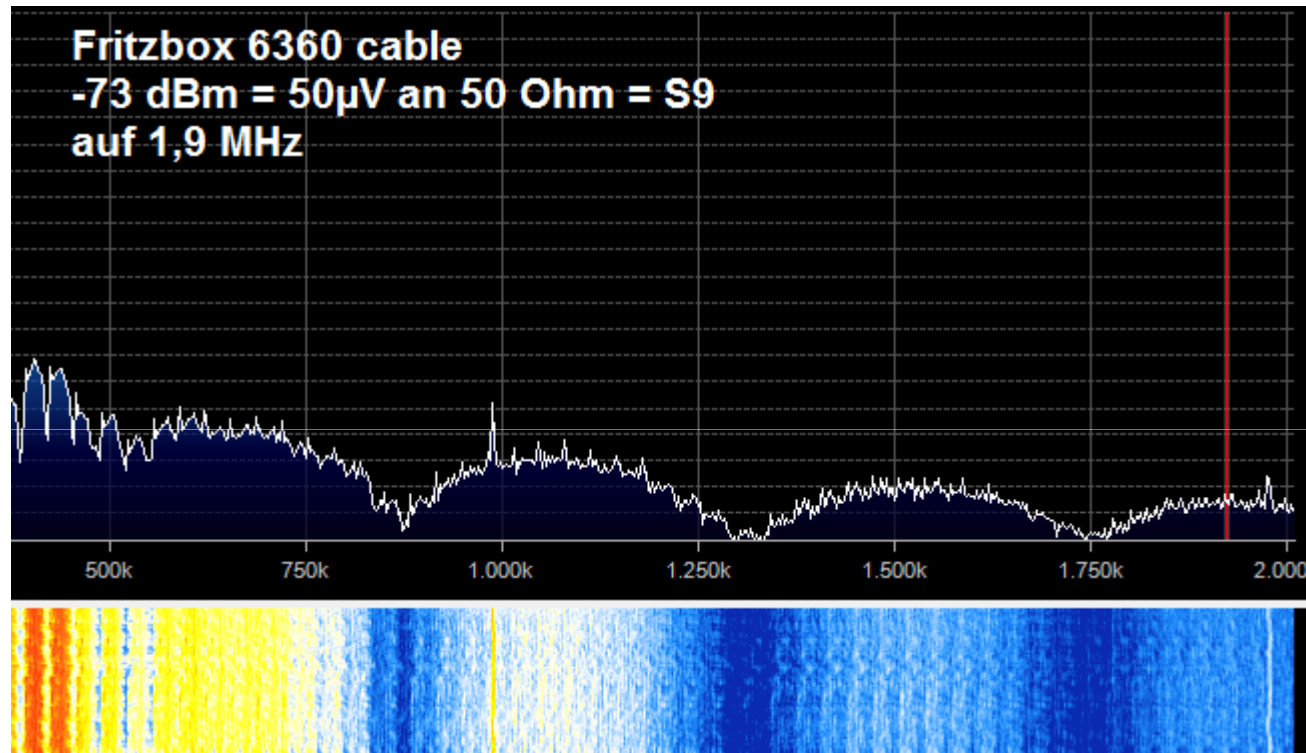
Einfache Prüfschaltung für die eigenen „Verdächtigen“. Mit zwei Schnüfflern und einem Filter kann man ein einfaches Prüfgerät bauen.

Vermutete Störer selbst finden



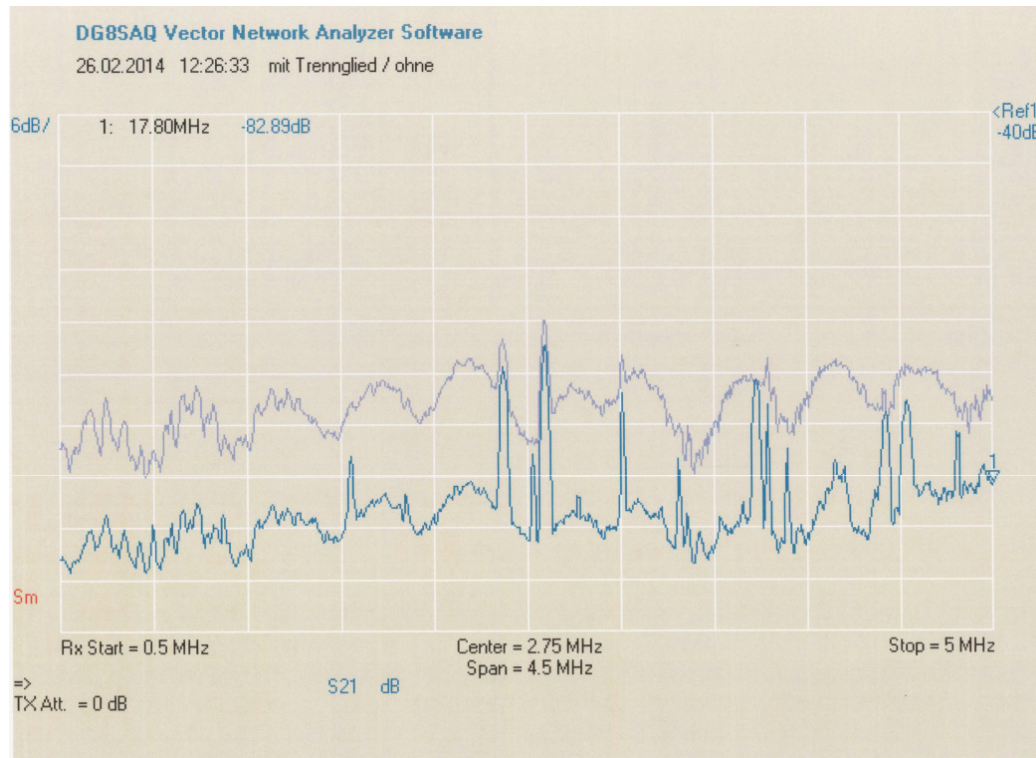
Elegant ist die Messung mit einem SDR-Empfänger. Allerdings habe ich dieses Gerät kürzlich „abgeschossen“. Beim Einstecken des Schaltnetztes gab es einen energiereichen Spannungsimpuls. Es fehlten die Schutzdioden.

Ein Test am Stromnetz



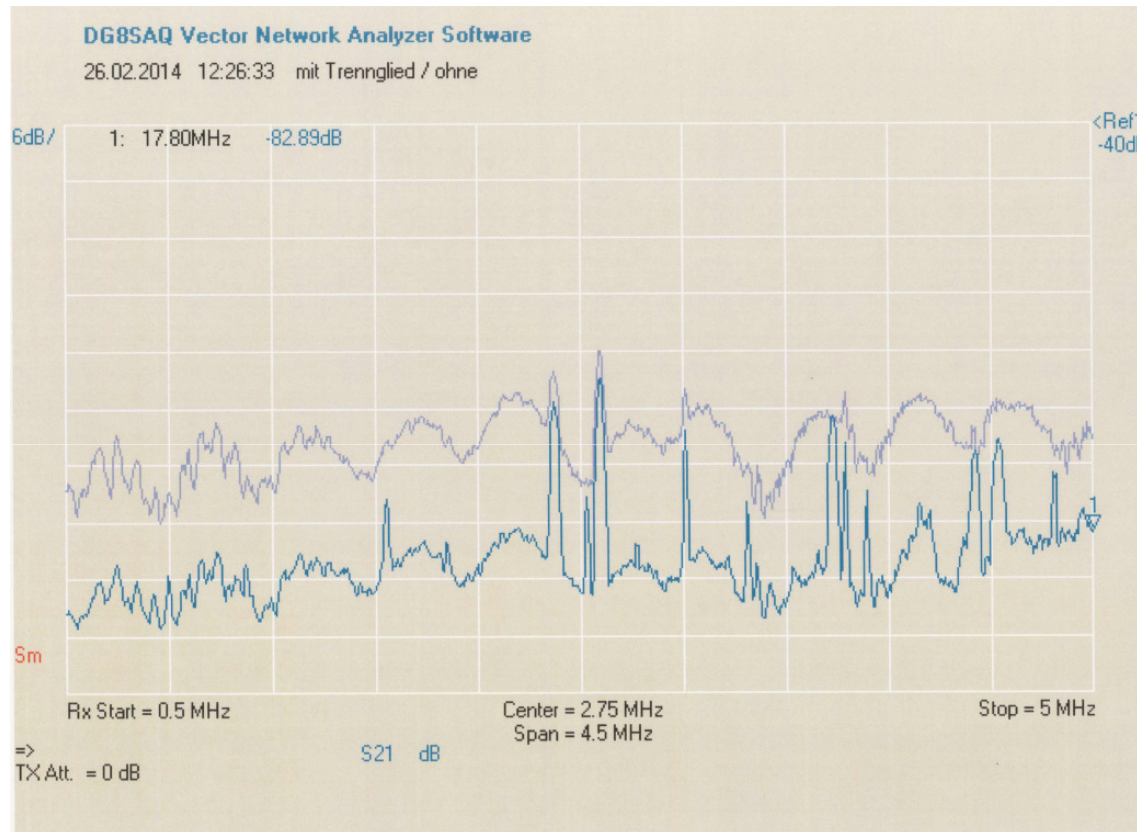
Man erhält mit dem SDR oft ein ähnliches Bild.

Ein Test an der Antenne



Dieser Scan zeigt den Unterschied, unten mit und oben ohne **Balun** an einer Dipolantenne. Genutzt wurde die Scanfunktion des VNWA3.

Ein Test an der Antenne



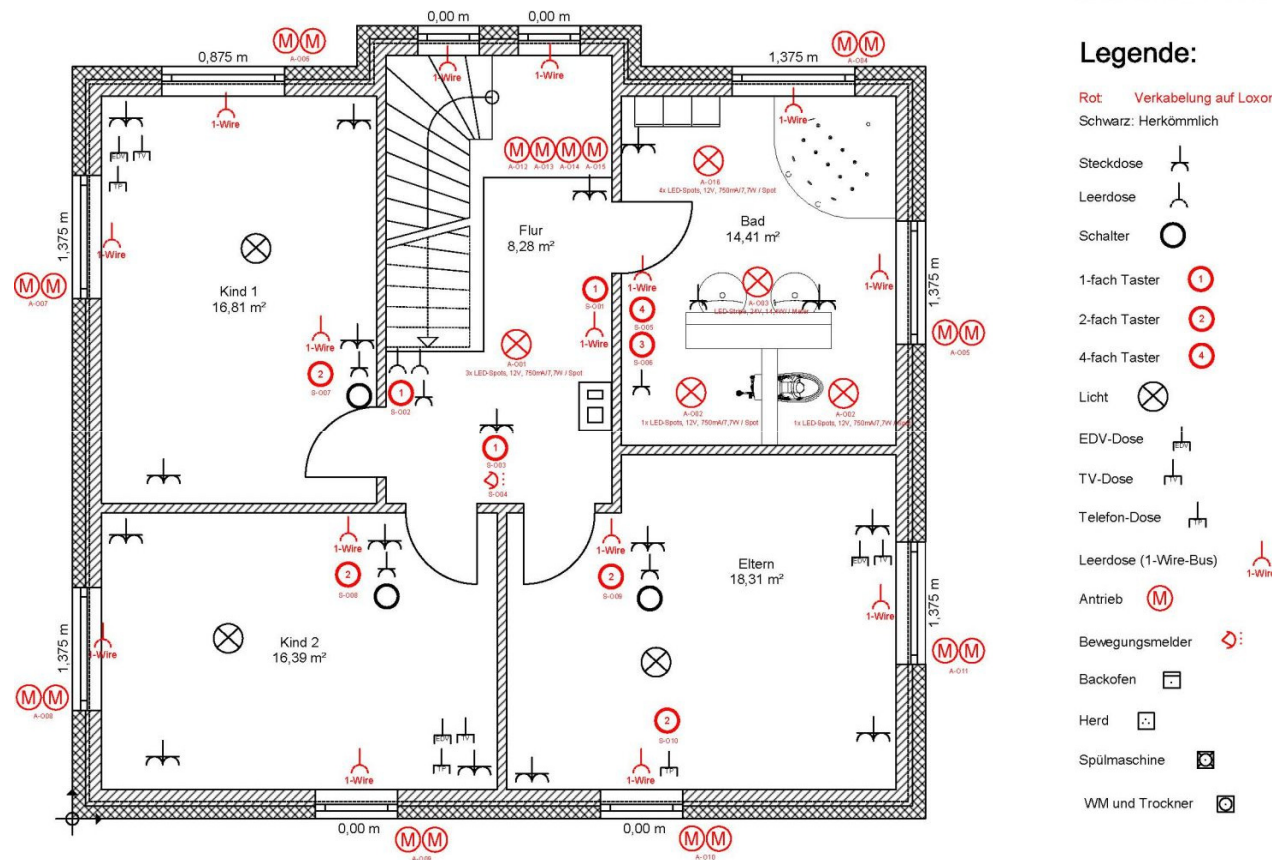
Fragen?

Entstehung von Mantelwellen

1. Geschichtliches
2. Die Störsituation
3. Finde Störer selbst
4. Entstehung von Mantelwellen
5. Aufgaben des Baluns
6. Ein wenig Theorie – praktisch
7. Das Symmetrieglied
8. Die Kernfrage
9. Vormagnetisierung, Temperatur u. a.
10. Wir bauen Balune

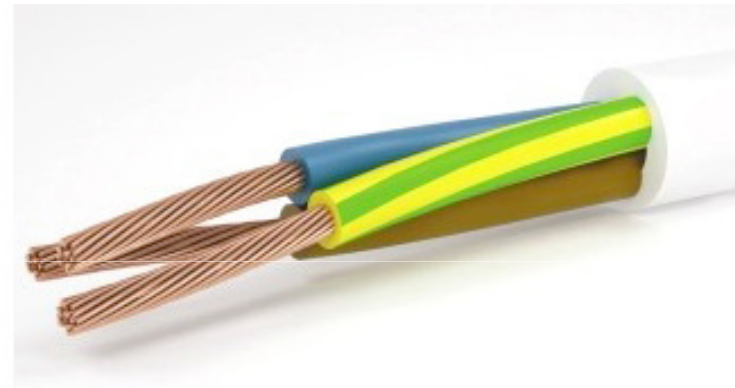
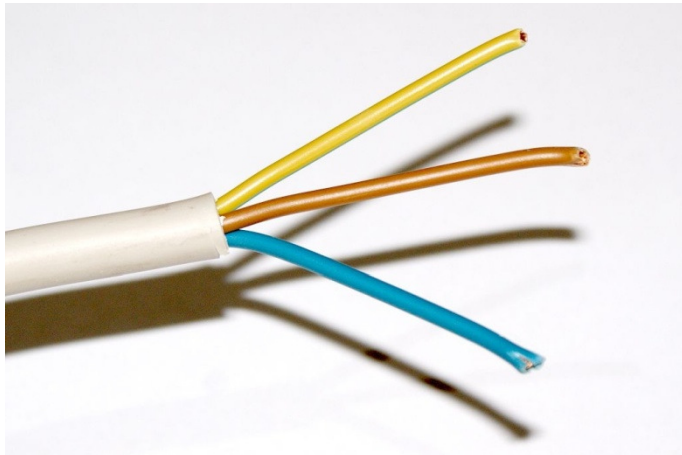
Grundsätzlicher Fehler: Hausinstallation

Stand: 05.01.2011



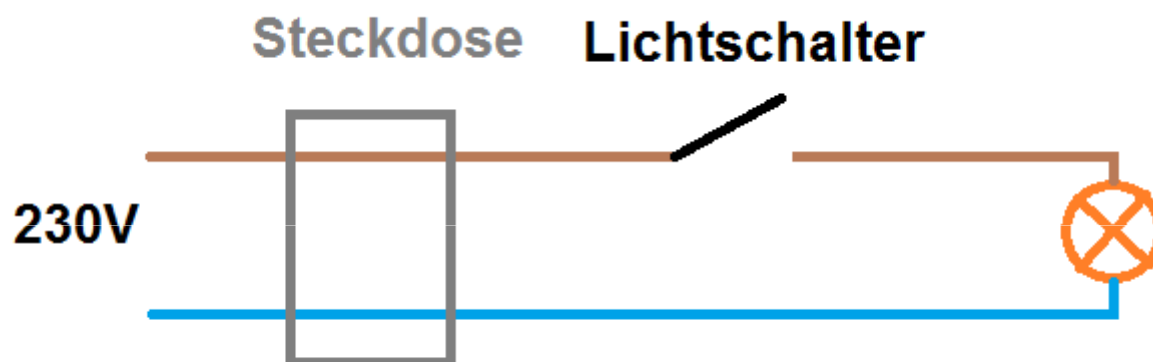
Die Elektroinstallation eines Einfamilienhauses.
Frage: Was hat das mit Mantelwellen zu tun?

Entstehung von Mantelwellen



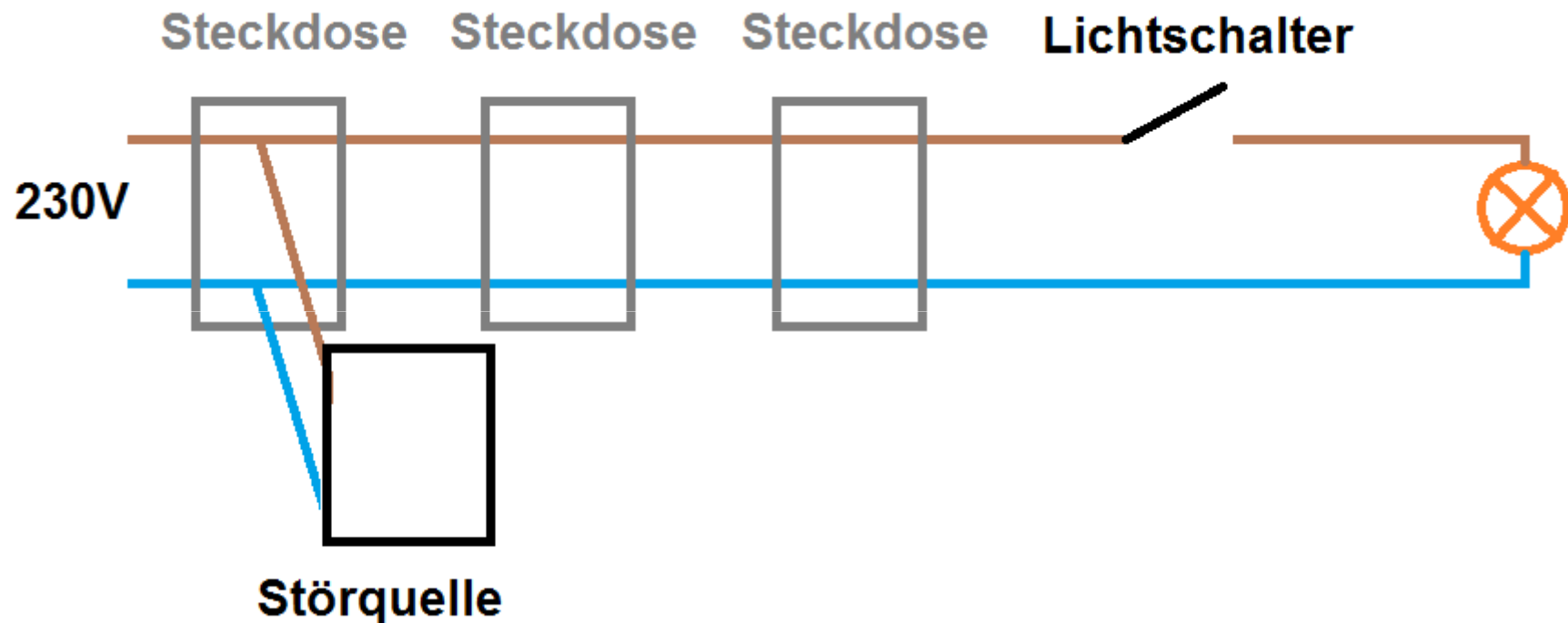
Zu den Steckdosen führt z.B. Kabel NYM (links) und von den Steckdosen zu den Geräten H03VV-F(rechts)

Es werde Licht...



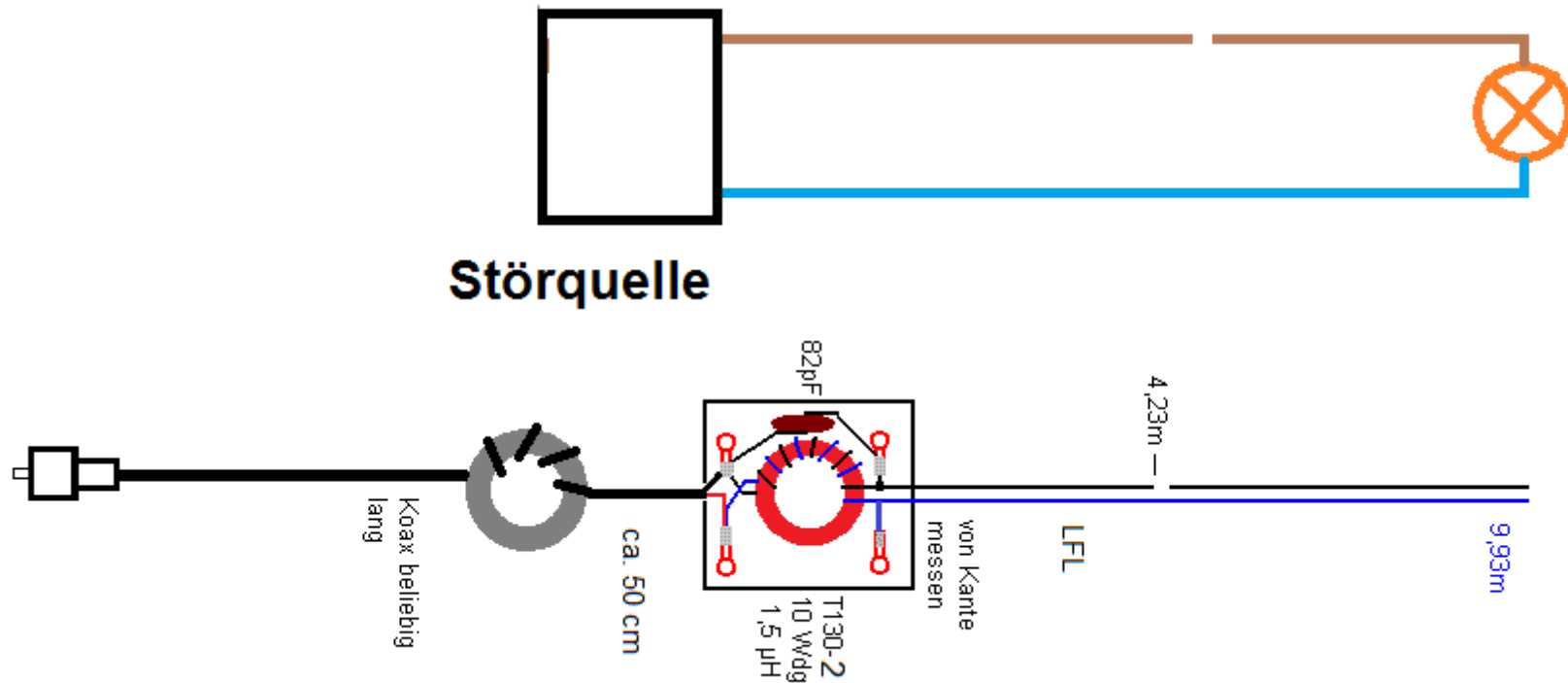
Die Lampen im Haus werden Aus/Ein geschaltet durch Unterbrechen/Schließen **nur eines** Leiters

Tagsüber ist die Lampe aus



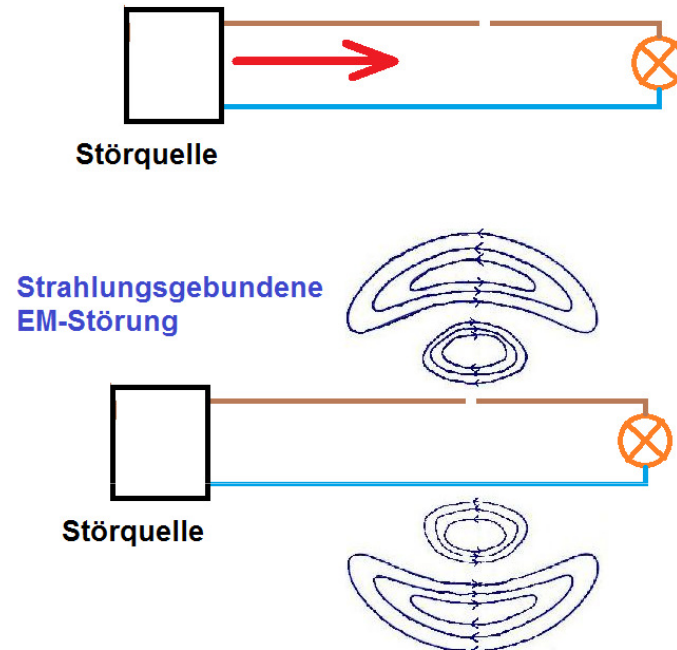
Da steckt ein Hausbewohner ein Netzteil in die Steckdose, welches Störimpulse ins Netz abgibt

Tagsüber ist die Lampe aus



Die Störquelle findet eine Antenne, ähnlich des Prinzips der Vertikal20 oder der City-Windom

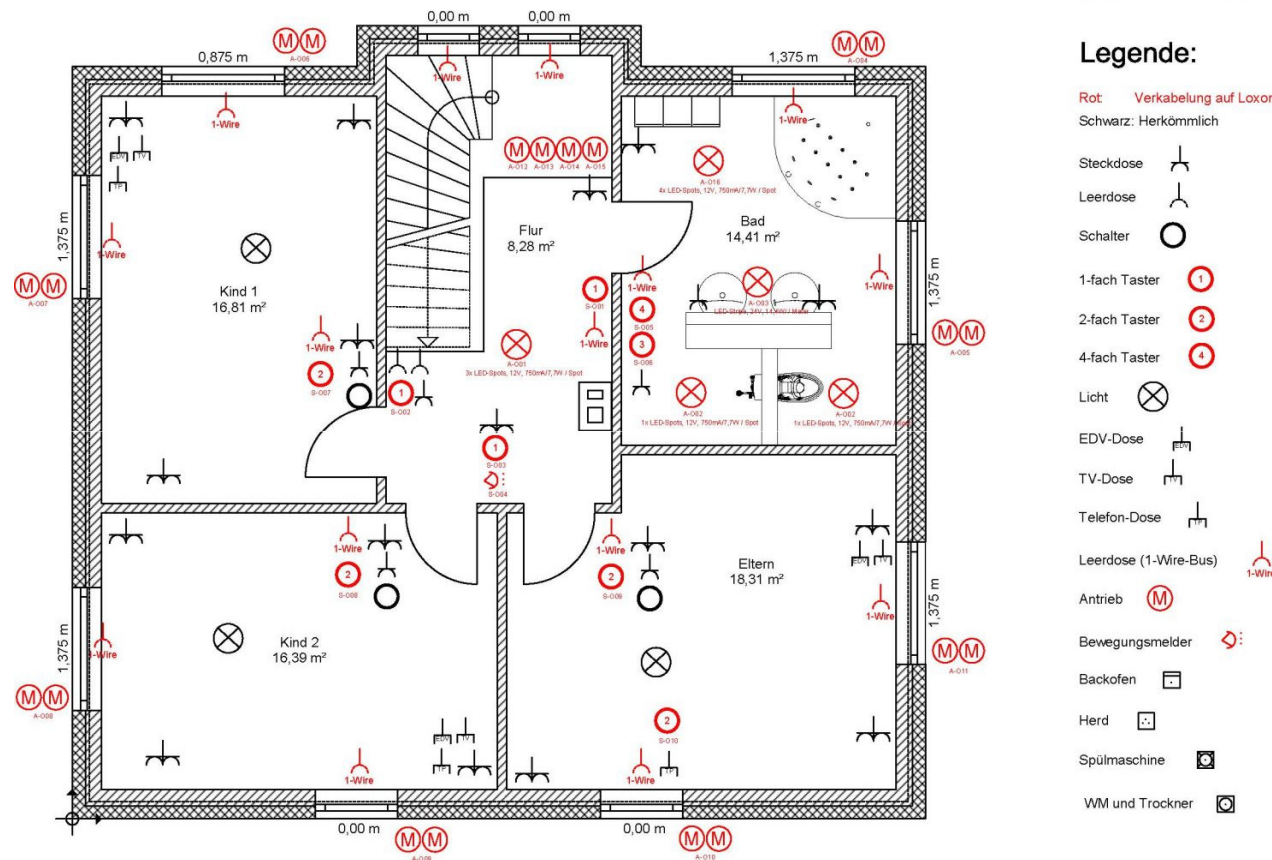
Tagsüber ist die Lampe aus



Solange die Welle ungehindert zur Last (Lampe) läuft, auch mit Reflexion, strahlt da fast nichts! Aber durch die „einbeinige“ Unterbrechung wird die Leitung zum **Strahler**.

Grundsätzlicher Fehler: Hausinstallation

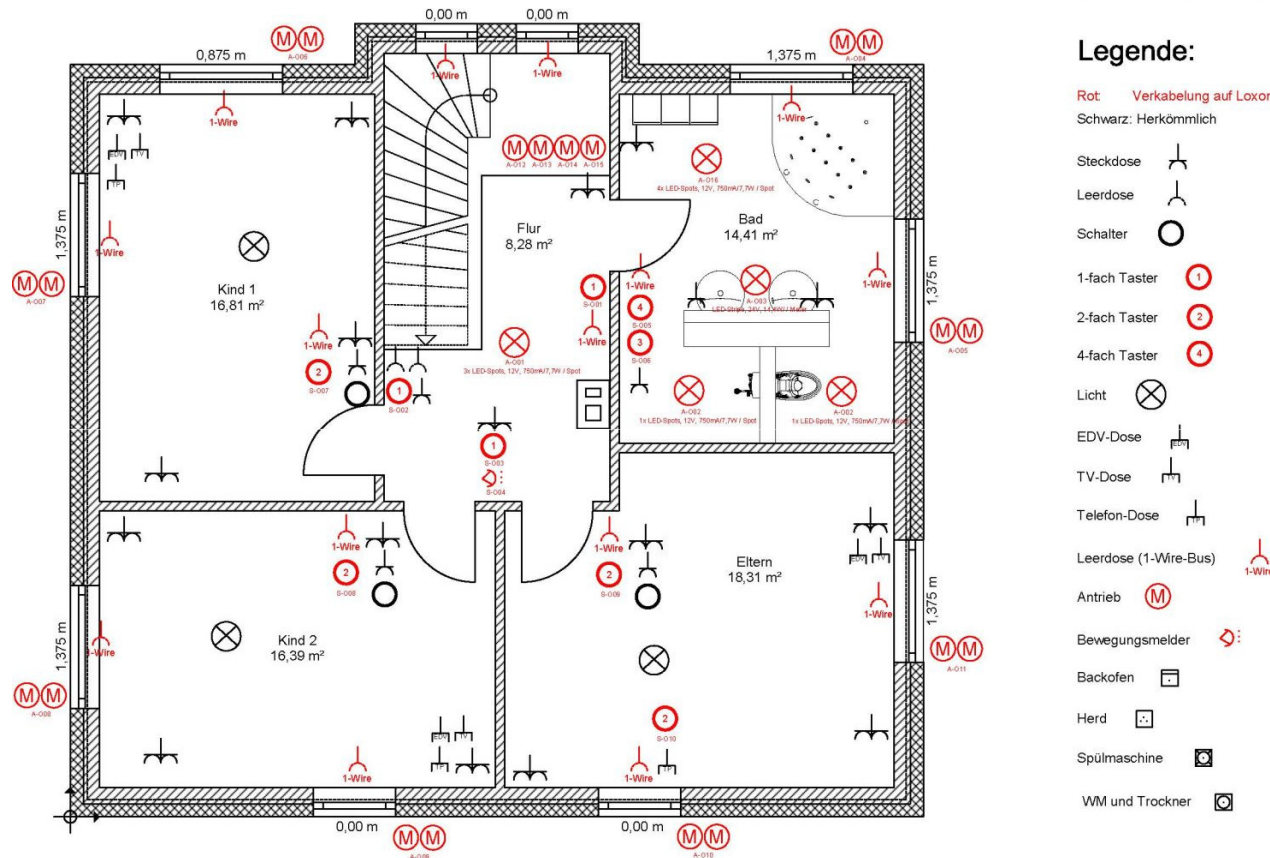
Stand: 05.01.2011



Durch die zahlreichen Lichtschalter entstehen zahlreiche Antennen unterschiedlicher Resonanz.

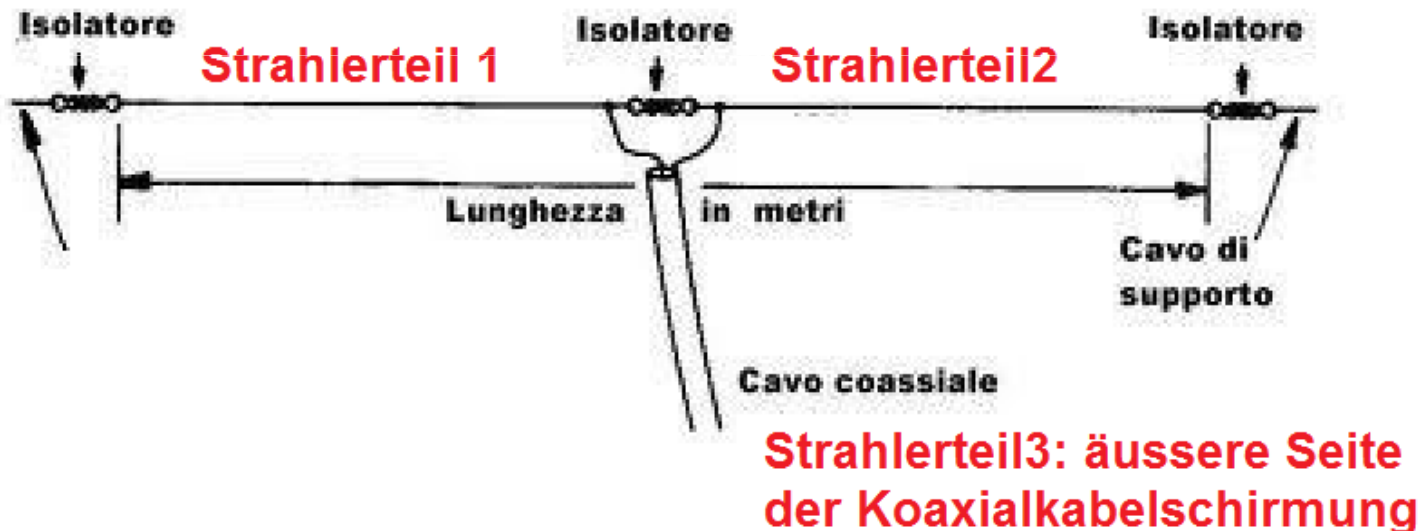
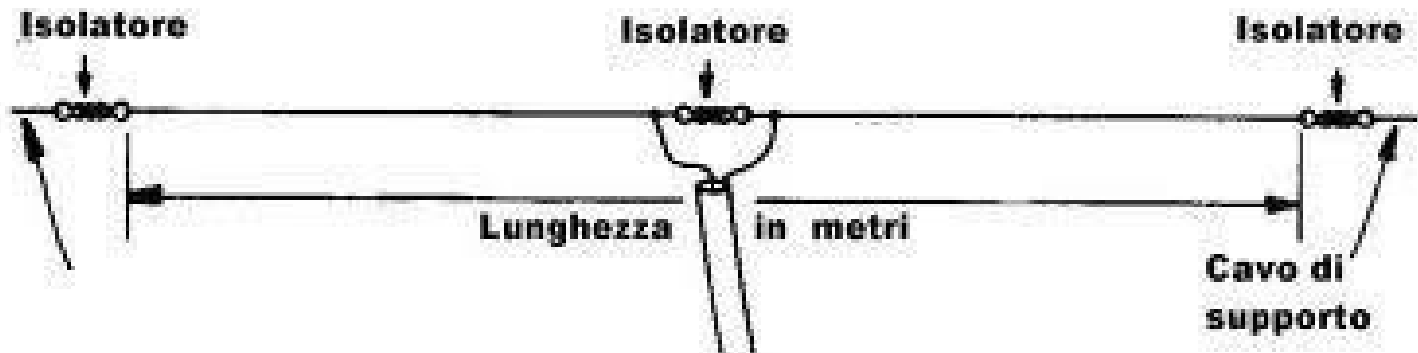
Grundsätzlicher Fehler: Hausinstallation

Stand: 05.01.2011



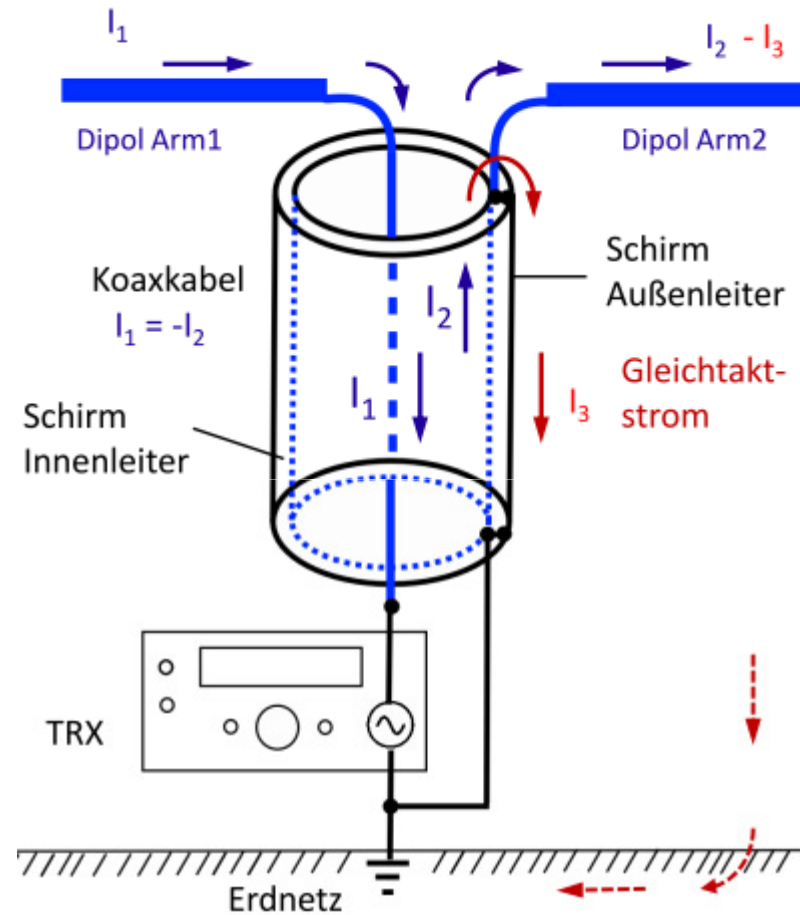
Mit einem Peilempfänger kann man das schön nachweisen, er zeigt auf die Lichtschalter.

Fehler in der Antenne



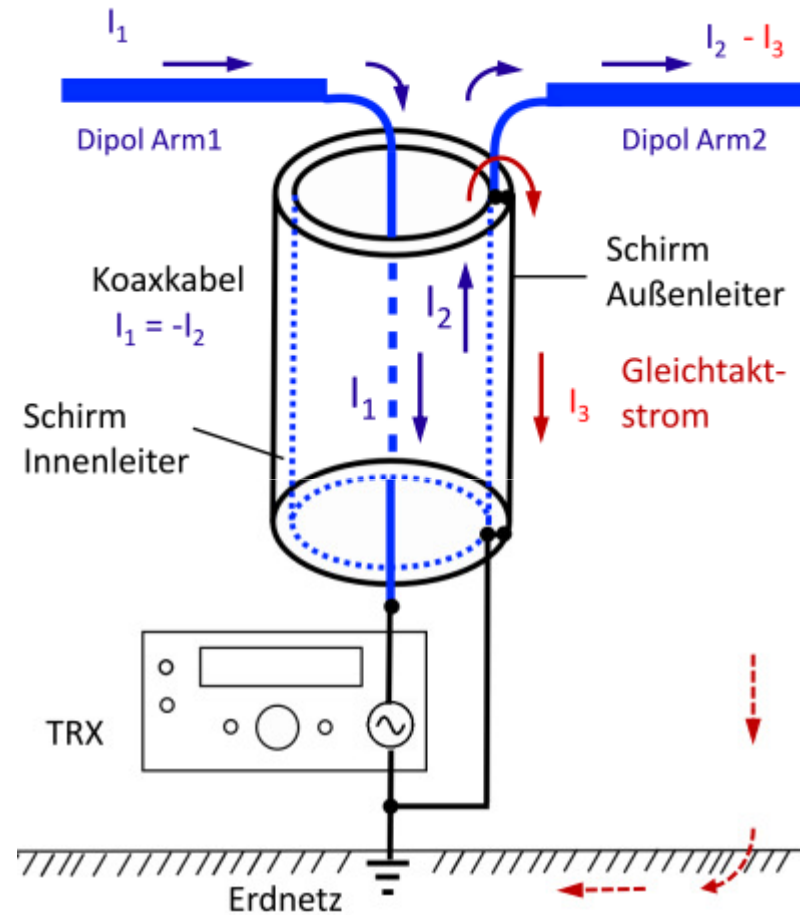
Der direkt mit Koaxialkabel gespeiste Dipol.

Fehler in der Antenne



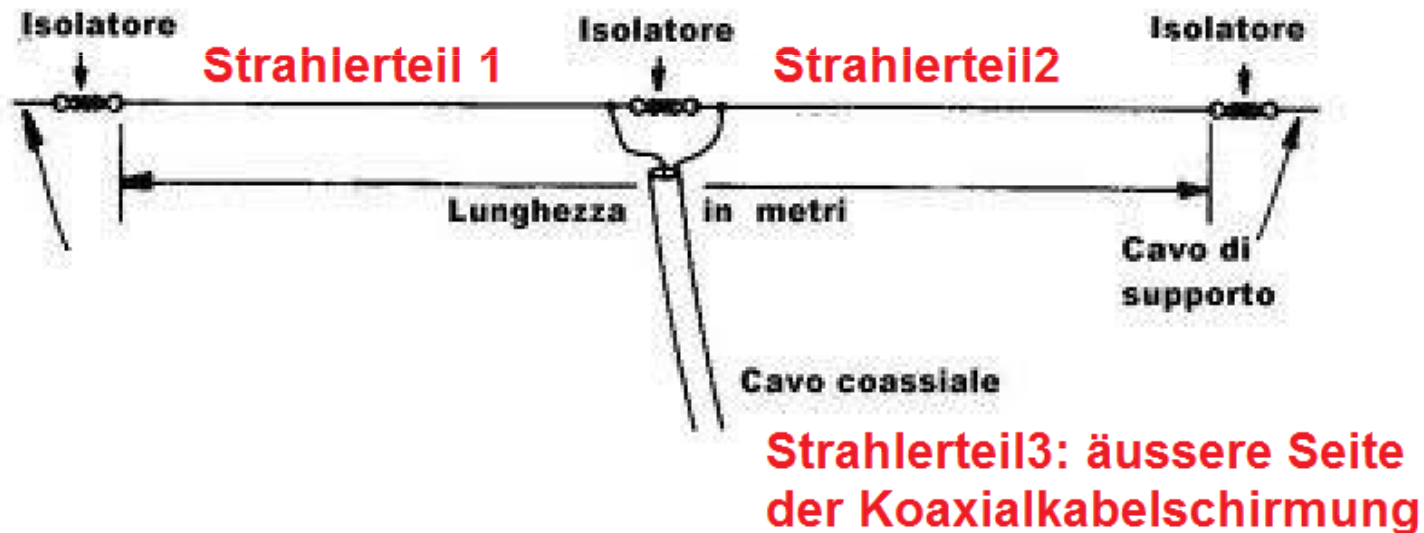
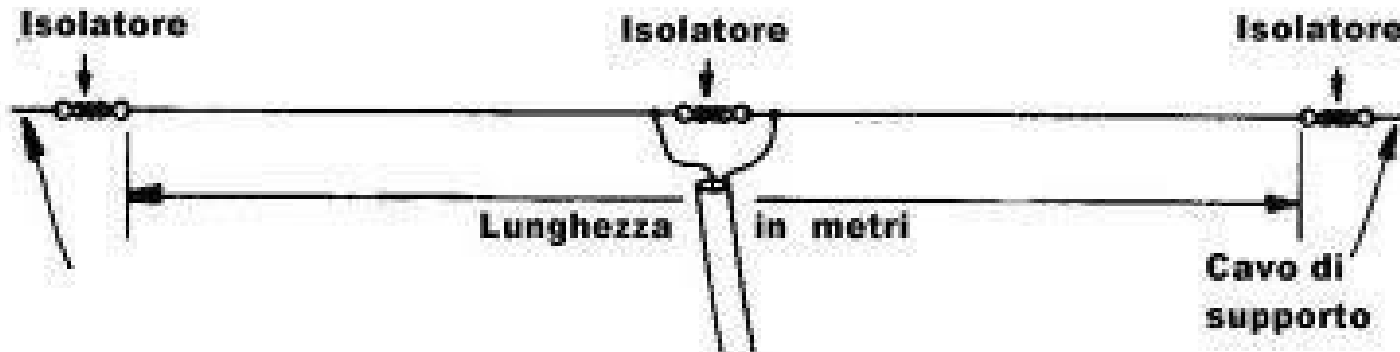
Das Koaxialkabel hat drei Leiter. Innen läuft die Welle zum TRX, außen kann Wellenablösung sein.

Fehler in der Antenne



Die Welle zeigt sich durch Ströme auf den Leitern. Immer $I_1 = I_2$ innen. Auf dem Dipol aber siehe Bild.

Fehler in der Antenne



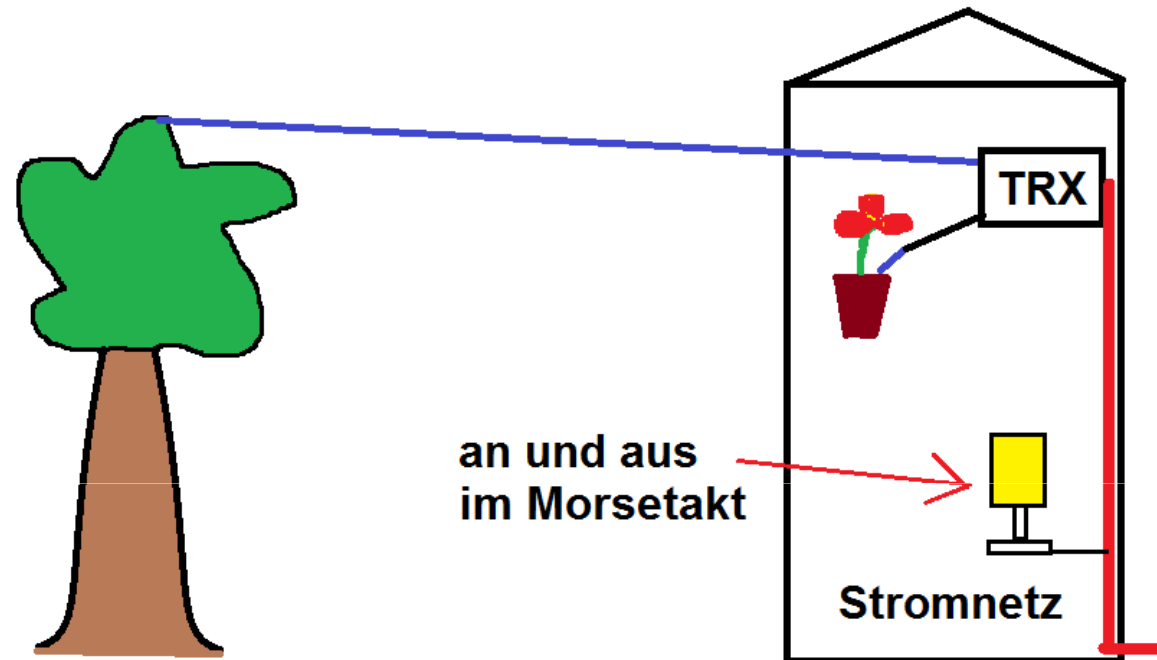
Folge: Das Koaxialkabel kann strahlen/empfangen.

Antennen mit Störungspotential

Eine Auswahl

Antennen, mit denen man gut senden kann, aber Ärger in den elektrischen Anlagen verursachen. Gleichwohl sind sie gegenüber hausgemachten, leitungsgebundenen Störungen sehr empfindlich. Die „Agentenantenne“ wurde schon behandelt.

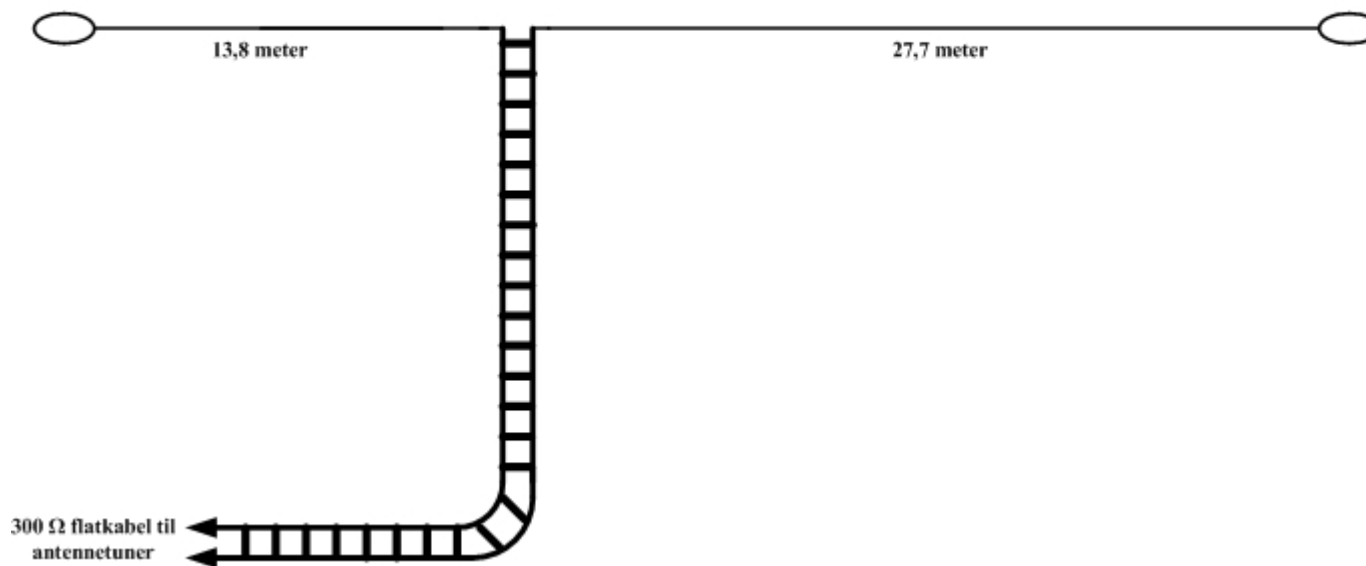
Antennen mit Störungspotential



Die „Blumentopfantenne“. Ein Draht (Strick) zum nächsten Baum, eine völlig unzureichende „Erde“. Die Hochfrequenz sucht sich im Netzanschluss das passende Gegengewicht bis zu Omas Lampe.

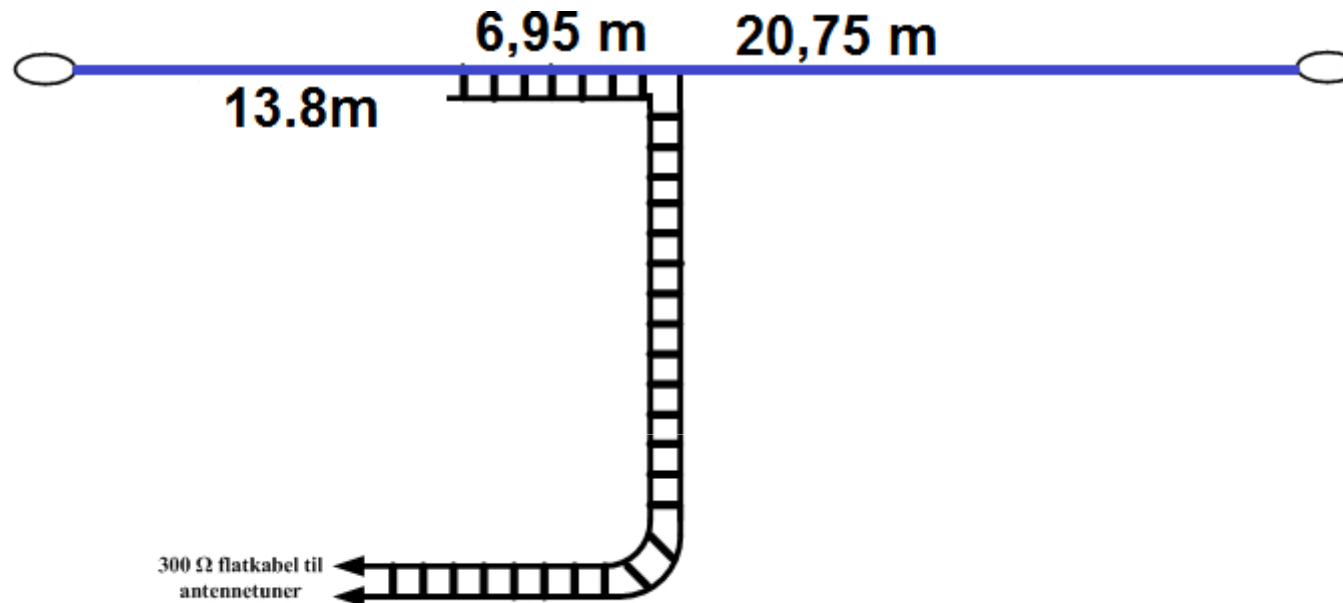
Antennen mit Störungspotential

DL1BU WINDOM



Mit Hühnerleiter und symmetrischem Koppler gespeiste Windom, Stromsummenantenne.
Wenn die Hühnerleiter in der Symmetrieachse des Dipols liegt, wird sie störfester.

Antennen mit Störungspotential



So kommt die Hühnerleiter in die Symmetrieachse des Dipols. Sie muss senkrecht nach unten führen.

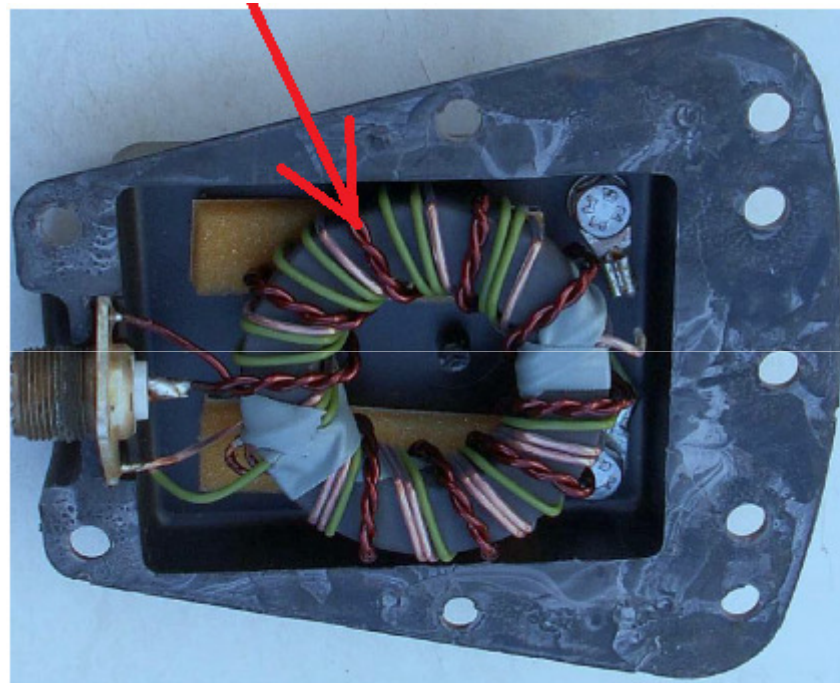
Vielleicht probiert das ein OM mal aus?

Antennen mit Störungspotential

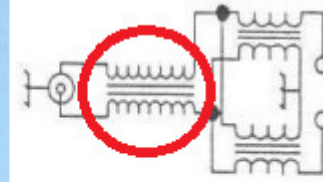


Die mit Koaxialkabel gespeiste Windom-Antenne ist mit Fritzel-Balun ein Ärgernis. Es sind Mantelwellen auf dem Kabel.

Antennen mit Störungspotential



**Mantelwellen
sperre**



AMA

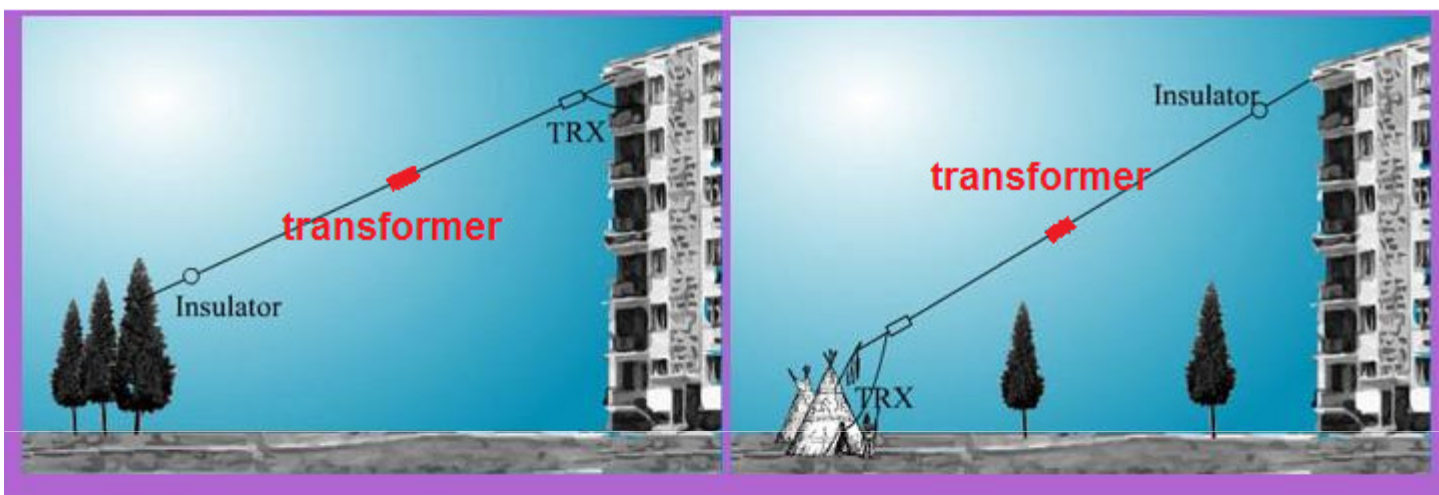
Durch Verwendung nur eines Kerns ist die Mantelwellensperre wirkungslos.

Antennen mit Störungspotential



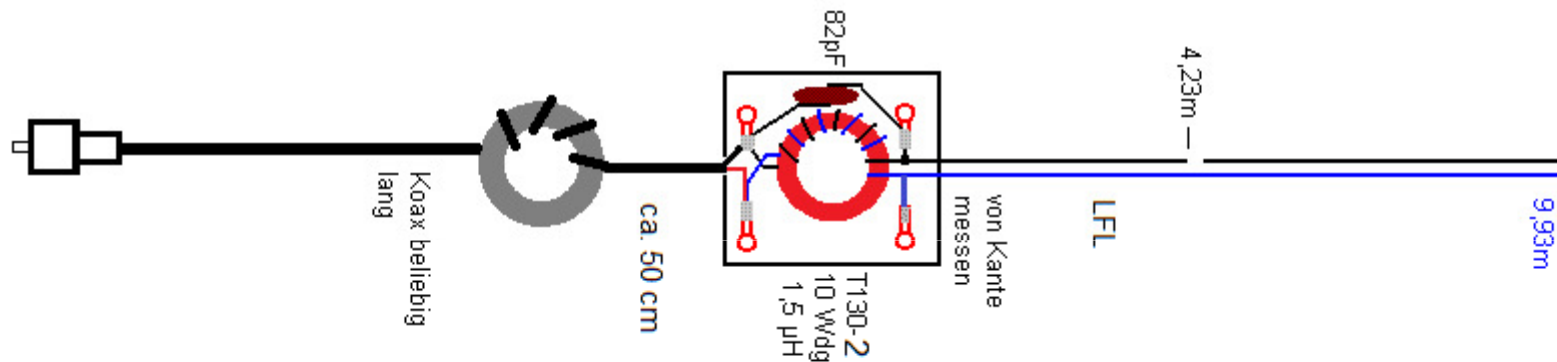
Man kann sie jedoch nachrüsten:
Transformator 50 Ω zu 300 Ω auf einen Kern und
Mantelwellensperre auf einen zweiten Kern.

Antennen mit Störungspotential



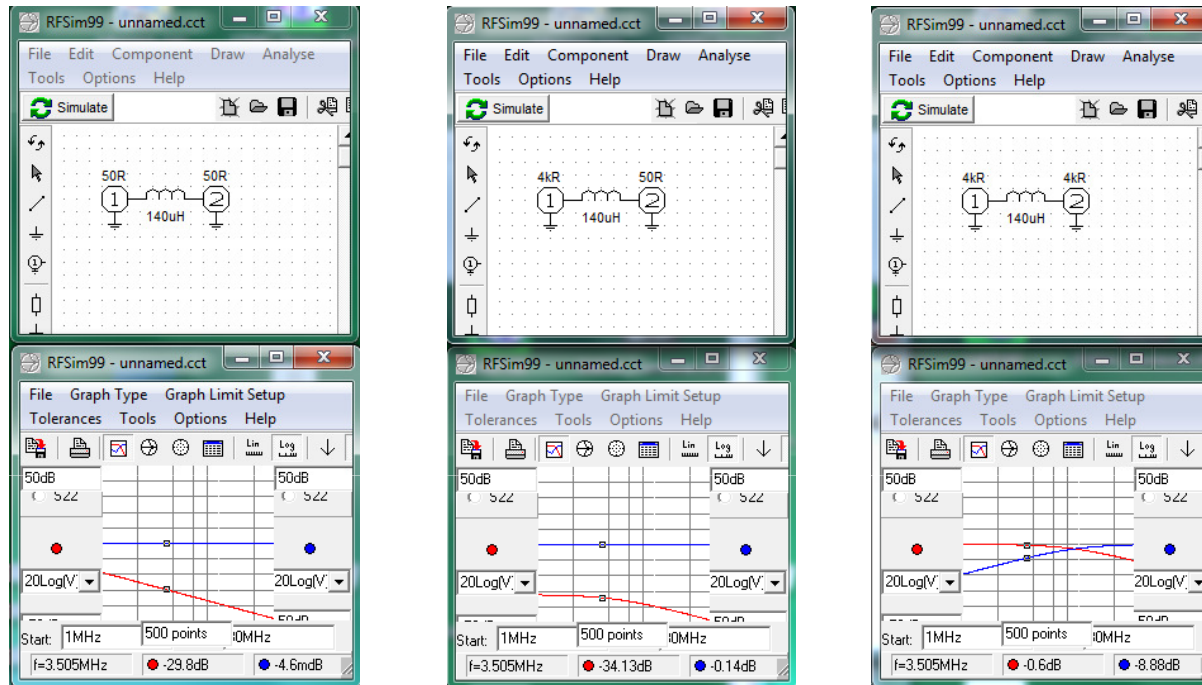
City-Windom ist eine abgewandelte Windom, die Energie läuft wie bei der Vertikal20 leitungsgeführt durch ein Koaxialkabel zum „transformer“, hier liegt auch der Speisepunkt der Antenne, von dort kommt es zur Abstrahlung.

Antennen mit Störungspotential



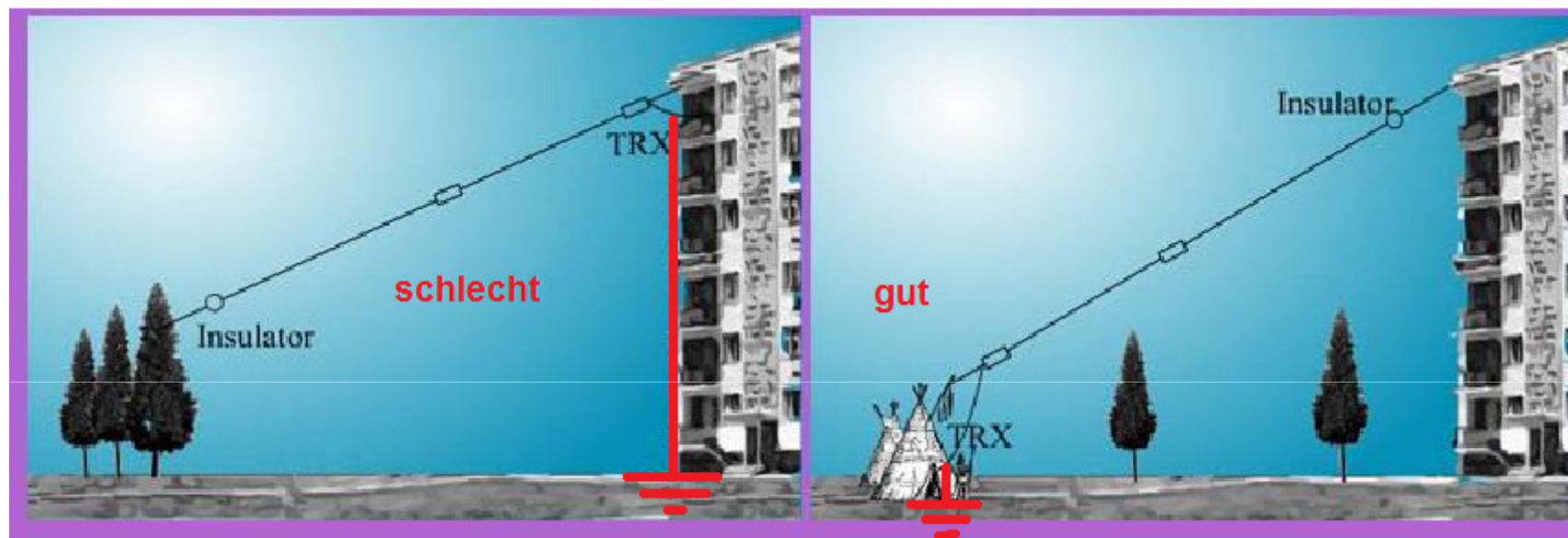
Das Problem ist immer bei dieser Art Antennen der Balun (choke), weil er am Ende des Strahlers sitzt. Dort treten bekanntlich hohe Spannungen auf. Die 30 dB Wirkung des „Choke“ sind jedoch niederohmig gemessen.

Wirksamkeit einer Mantelwellensperre



Links: -30dB zwischen 50 Ω Quelle und 50 Ω Last.
Anders am Antennenende! Wenn man die Quelle mit
4 k Ω annimmt und zwei Fälle unterscheidet:
Last 50 Ω \rightarrow 34 dB und Last 4 k Ω \rightarrow 0,6 dB

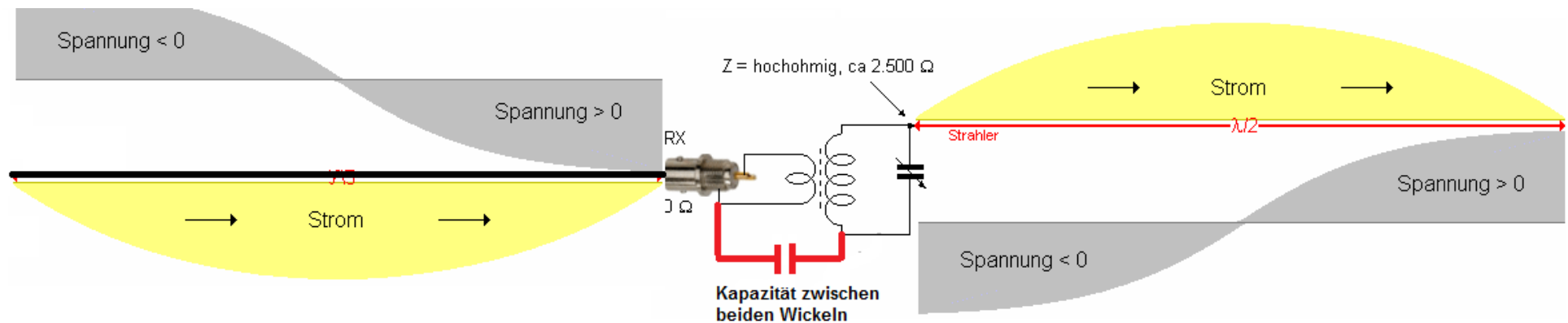
Antennen mit Störungspotential



Last $50 \Omega \rightarrow 34 \text{ dB}$ und Last $4 \text{ k}\Omega \rightarrow 0,6 \text{ dB}$

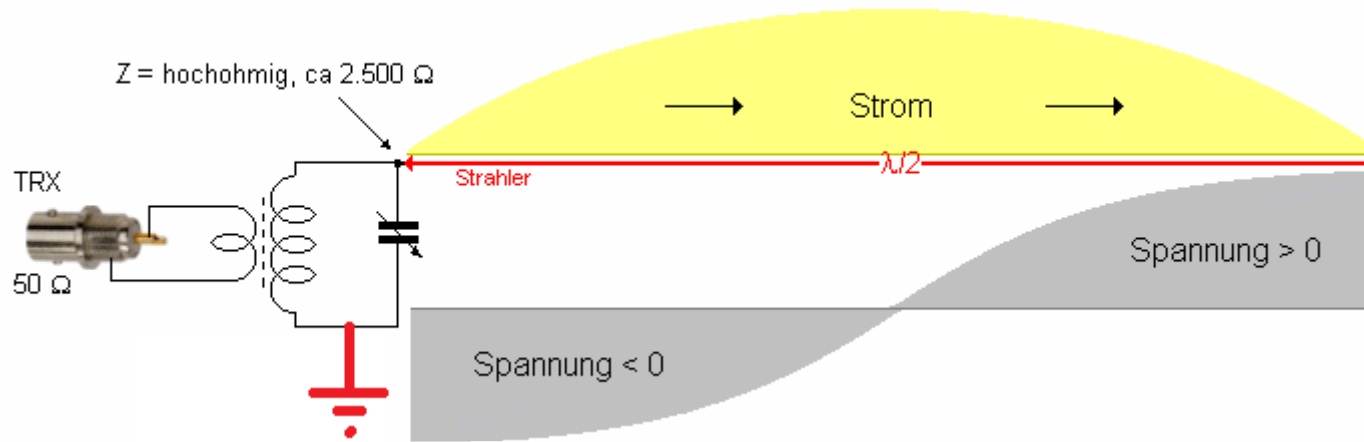
Die Indianer dürften eher eine niederohmige Last für die Mantelwellen anbieten können, als der Bewohner der sechsten Etage, dessen Erdleitung 20 m ist ($\lambda/4$).

Antennen mit Störungspotential



Die Fuchs-Antenne. Wenn wir eine Kapazität von nur 10 pF annehmen, sind das bei 7 MHz auch $2,5 \text{ k}\Omega$. Somit fließt der betragsgleiche Strom auch in Richtung Schirmaußenseite. Das Koaxialkabel führt ins häusliche Störfeld.

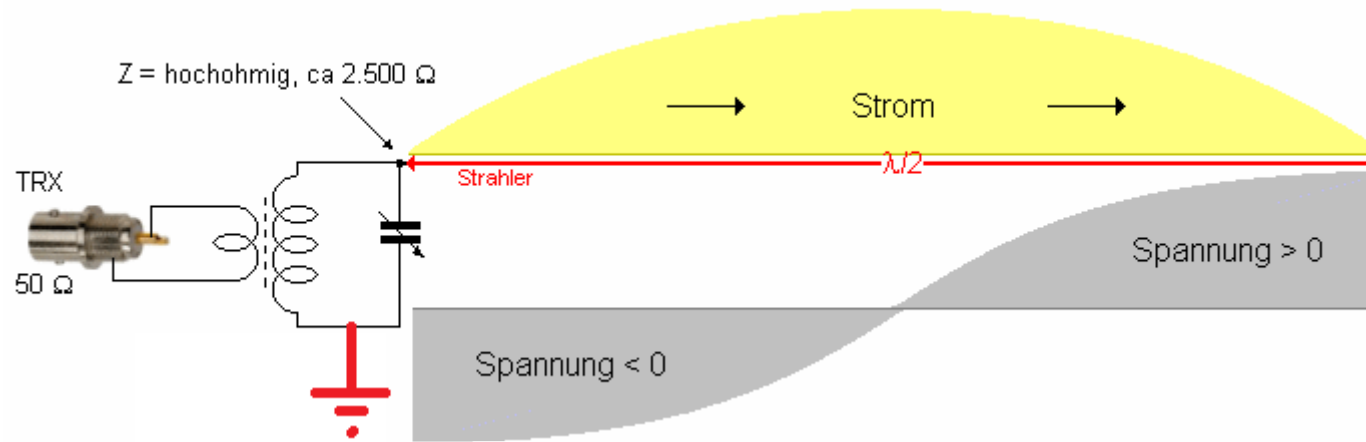
Antennen mit Störungspotential



Eine Erde würde das „Übersprechen“ auf den Koaxialkabelschirm verringern.

Der Betrieb der Fuchsantenne ohne Gegengewicht oder Erde ist nicht zu empfehlen. Vielleicht sollte zusätzlich noch eine Mantelwellensperre in die Zuleitung.

Antennen mit Störungspotential



Fragen?

Aufgaben des Baluns

1. Geschichtliches
2. Die Störsituation
3. Finde Störer selbst
4. Entstehung von Mantelwellen
5. Aufgaben des Baluns
6. Ein wenig Theorie – praktisch
7. Das Symmetrieglied
8. Die Kernfrage
9. Vormagnetisierung, Temperatur u. a.
10. Wir bauen Balune

Balun

Balun ist ein „Kunstwort“ und soll das Bauteil bezeichnen, das zwischen einem **balanced system** (symmetrisches System) **unbalanced System** (unsymm. System) angeordnet wird, **um den „sauberen“ Übergang** zu gewährleisten

Balun

- Störungen werden vom RX ferngehalten durch einen sauberen Übergang von einem unsymmetrischen zum symmetrischen System
- Störungen anderer Verbraucher werden vermieden durch einen sauberen Übergang von einem unsymmetrischen zum symmetrischen System
- Und jeweils umgekehrt

Balun

Ein bewickelter Ringkern ist nicht automatisch ein Balun.
Er kann auch ein Transformator sein.

Die Unterscheidung ist wichtig!

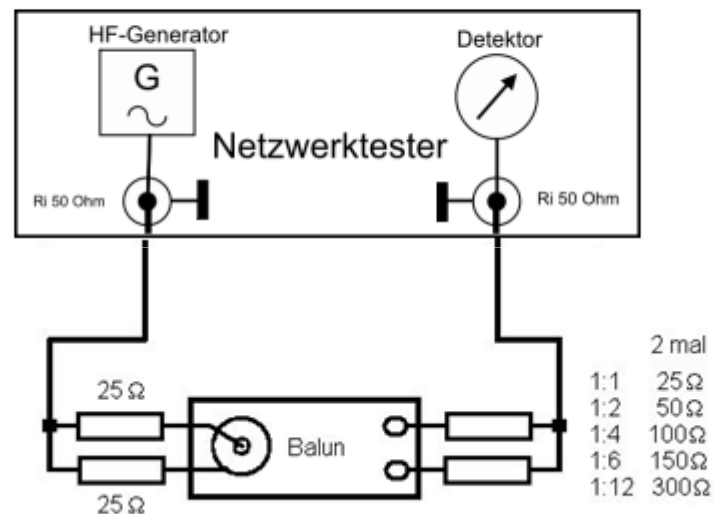
Balun

Die Prüfung eines Baluns geht daher in drei Richtungen, wobei **die erste die Wichtigste** ist:

1. Verhindert er das Weiterkommen von Gleichtaktströmen? (Sperrdämpfung hoch)
2. Lässt er Gegentaktströme ungehindert durch? (Einfügedämpfung nahe 0)
3. Bringt er die erwünschte Transformation? (SWR nahe 1)

Balunprüfung 1. Schritt

Balun Prüfung: Sperrdämpfung / Drosselwirkung
(Unterdrückung von Gleichtaktstrom)

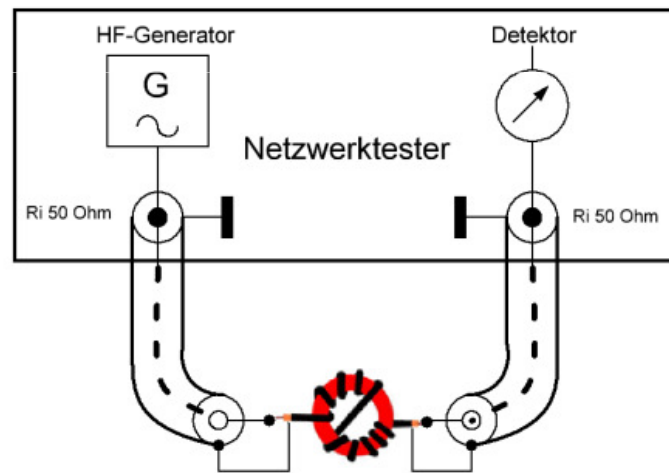


Das ist die wichtigste Prüfung!

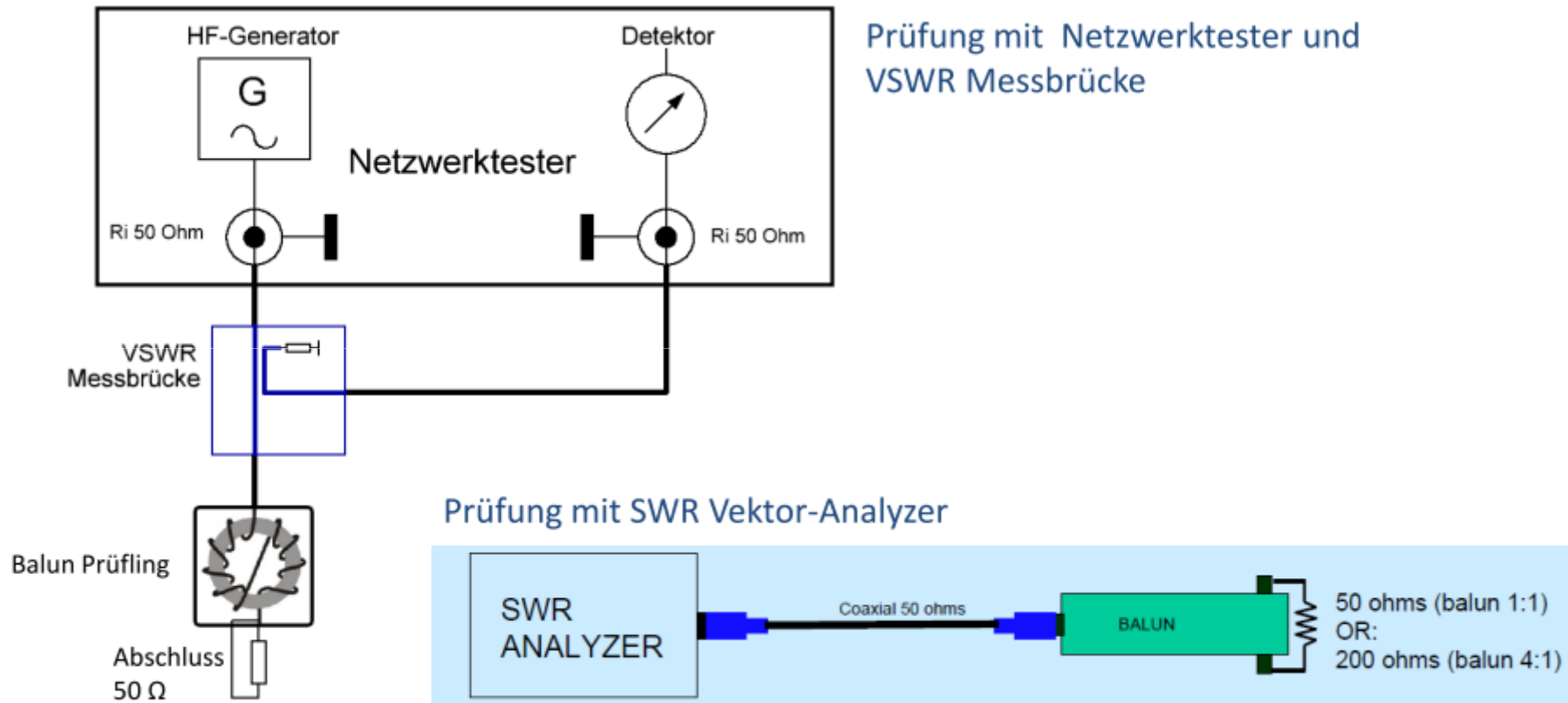
(Man kann auch für die Widerstände Kurzschlussbrücken setzen.)

Balunprüfung 2. Schritt

Balun Prüfung: Einfügedämpfung -Übertragung



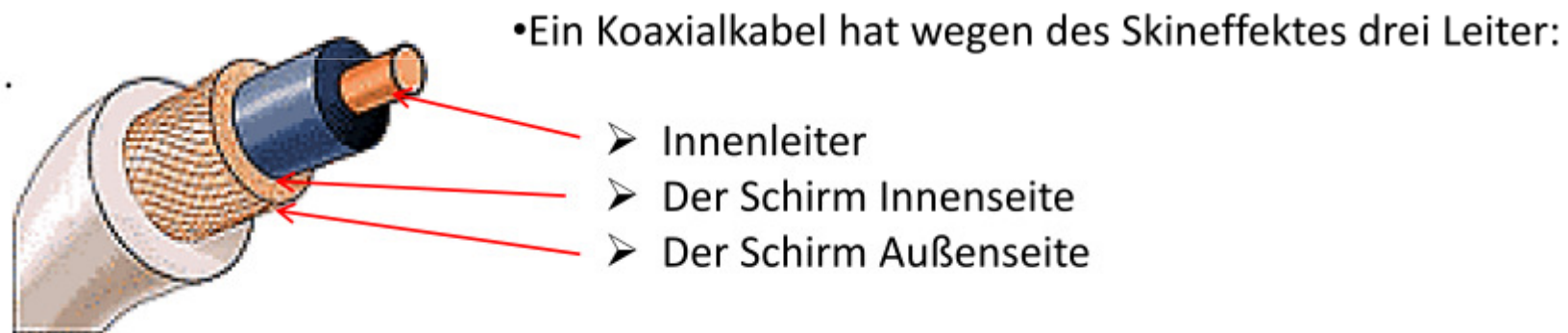
Balunprüfung 3. Schritt



Die Transformation prüft man über das SWR

Mit oder ohne Balun

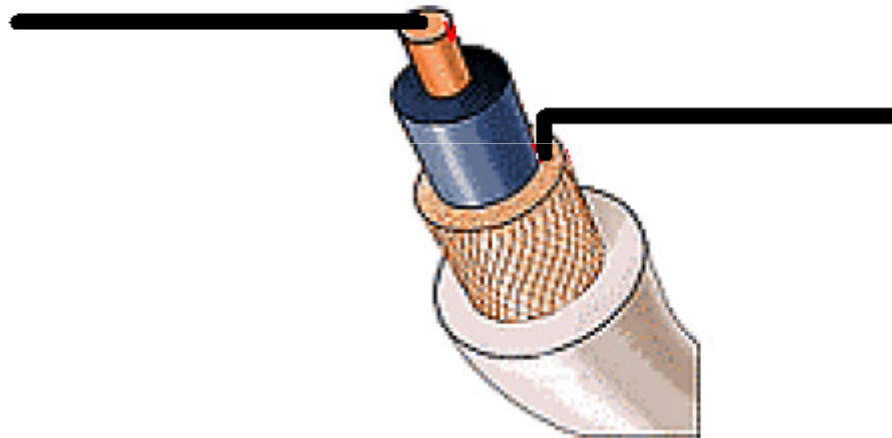
was passiert ohne Balun? Ein unsymmetrisches System finden wir beim Koaxialkabel. Bild:DL4ZAO



Für den dritten Leiter, die Außenseite der Schirmung, findet sich kein passendes symmetrisches Gegenstück.

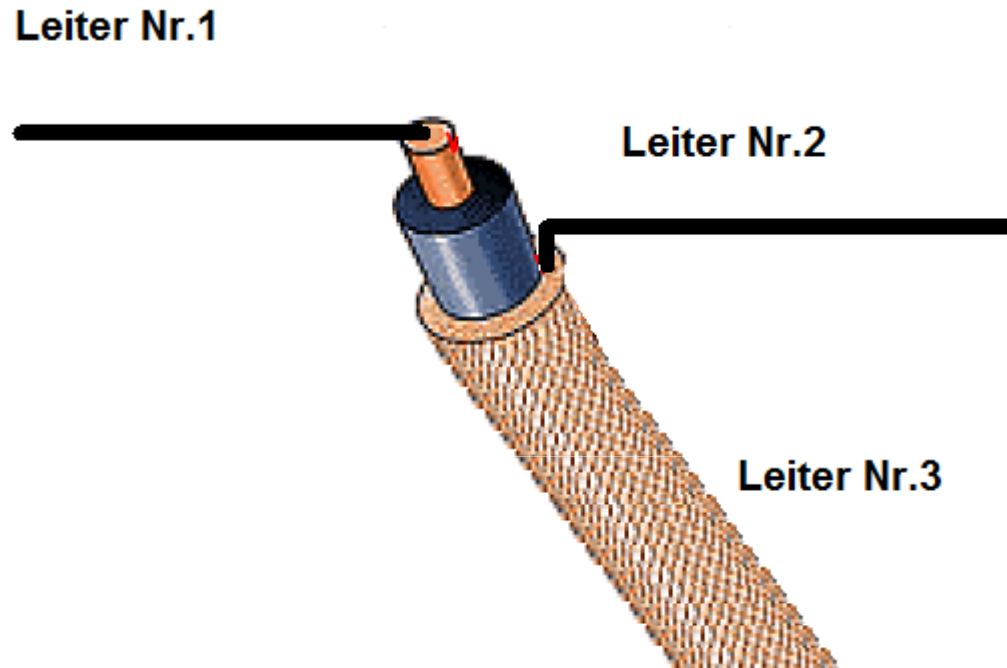
Mit oder ohne Balun

Verbindet man ein Koaxialkabel **direkt** mit einem symmetrischen Dipol, gibt es **Probleme!**



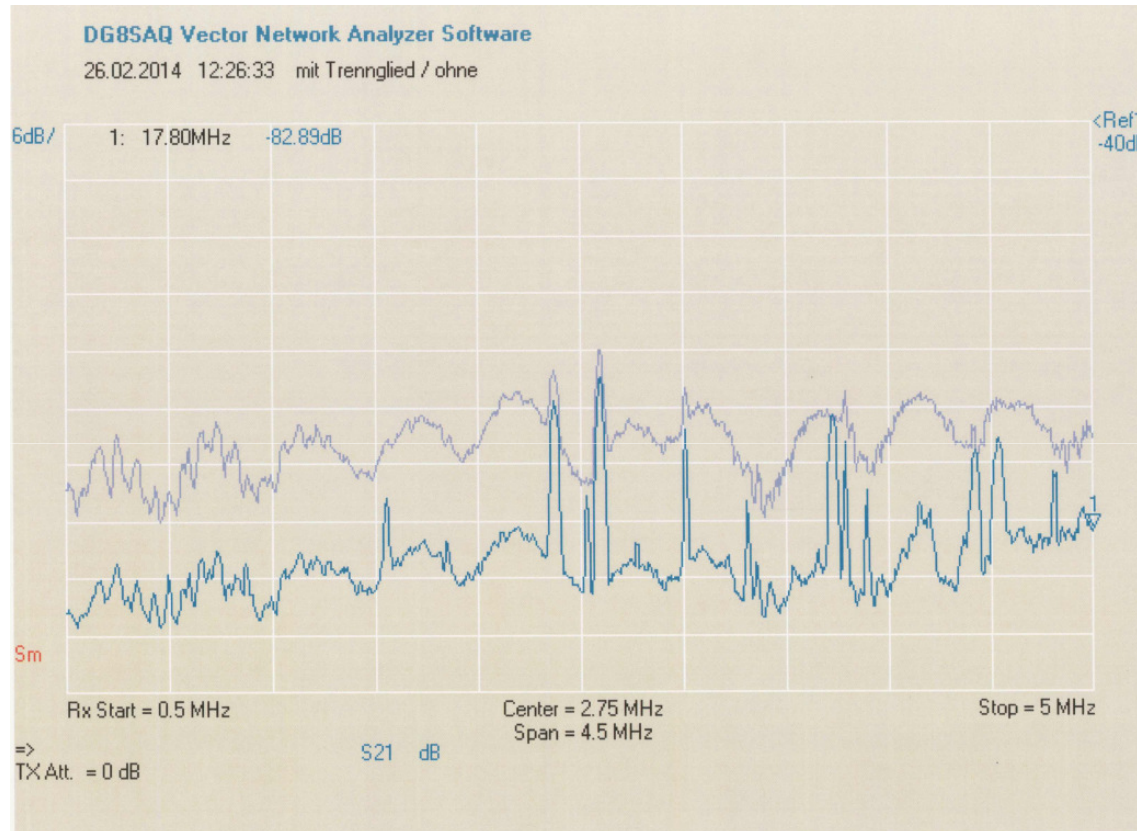
Die Welle aus dem Inneren des Koaxialkabels findet sowohl den Dipol als auch die **Außenseite des Koaxialkabelschirms** zur Fortbewegung.

Mit oder ohne Balun



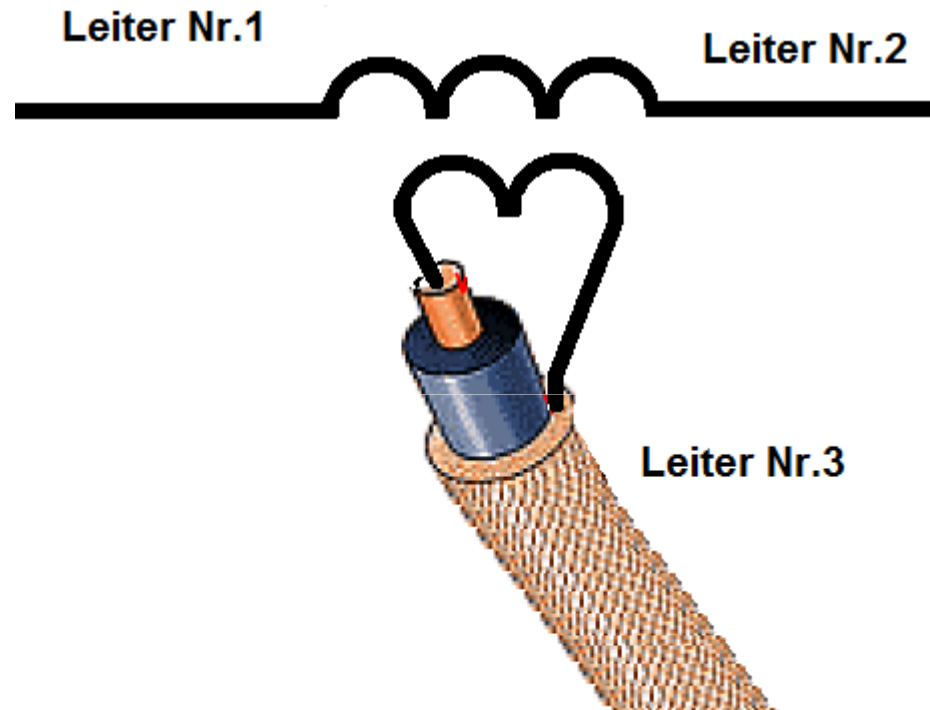
Die Welle nutzt alle drei Leiter zur Abstrahlung, alle drei Leiter können Wellen aufnehmen und ins Innere des Koaxialkabels leiten.

Mit oder ohne Balun



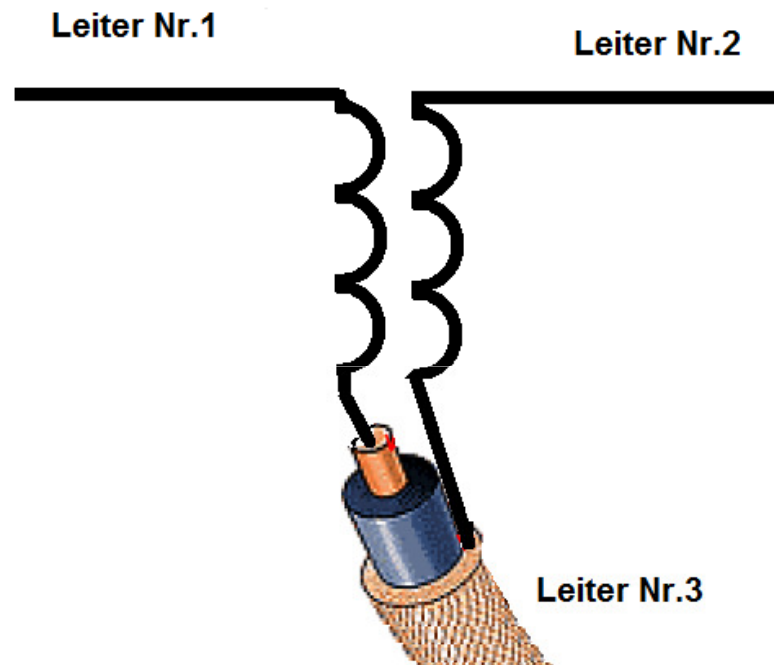
Die vom dritten Leiter aufgenommenen Störungen verdecken dann die Nutzsignale!

Sauberen Übergang schaffen: galvanische Trennung



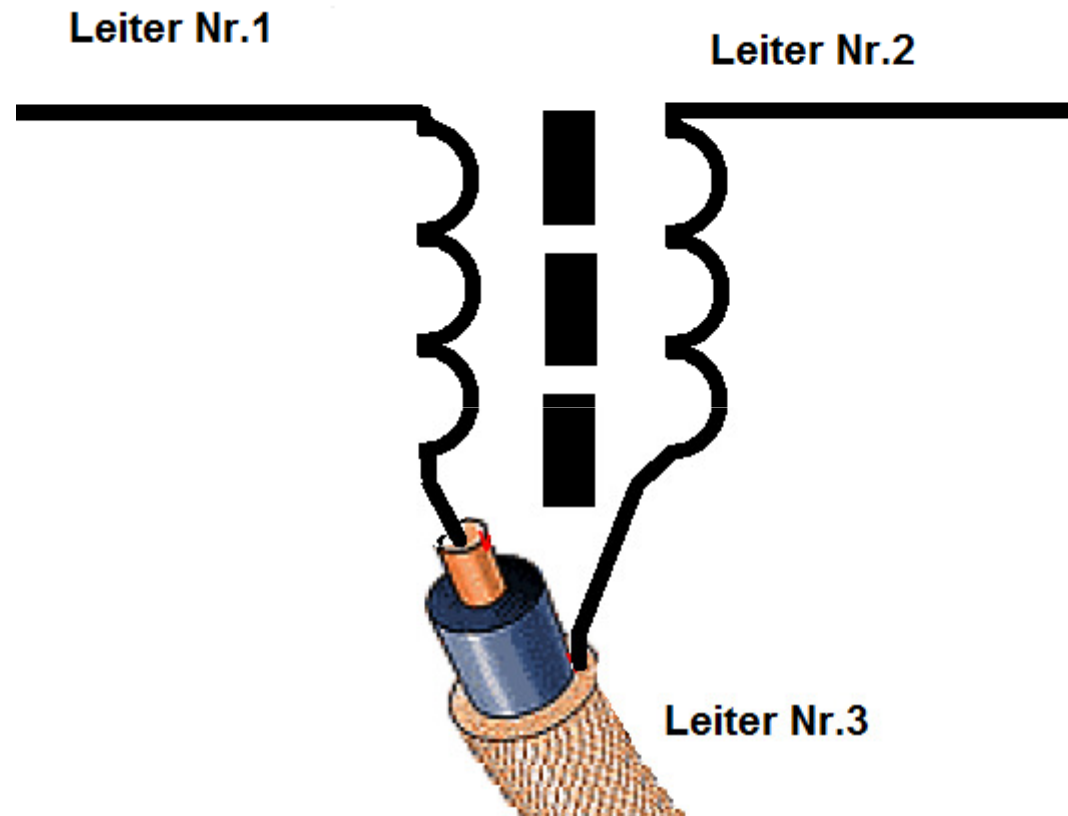
Eine induktive Kopplung trennt den Leiter
Nr.3 vom symm. Dipol (Koppelkapazität klein)

Sauberen Übergang schaffen: Mantelwellensperre



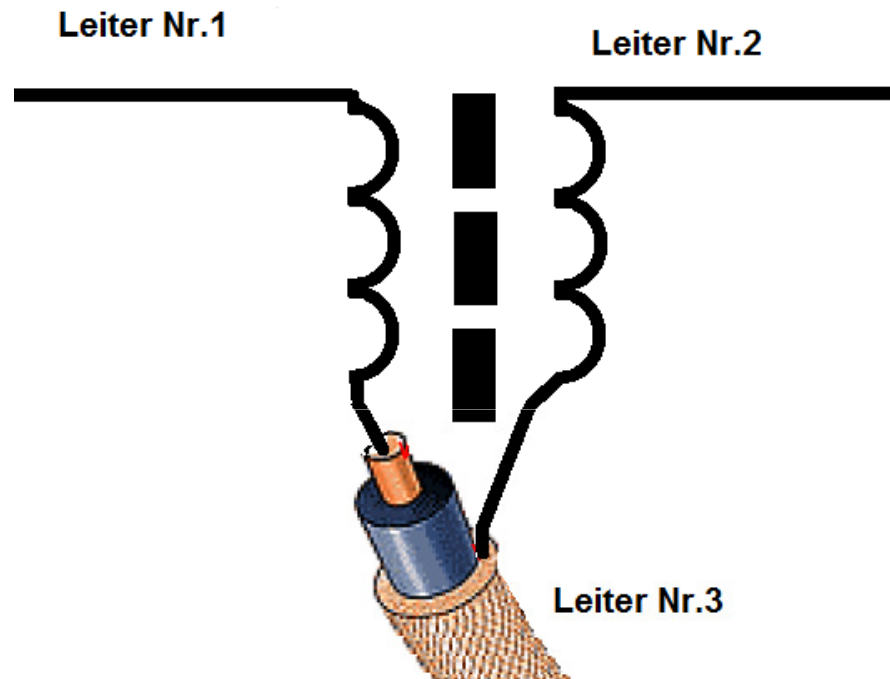
Eine Doppeldrossel trennt den Leiter Nr.3 vom symm. Dipol (Drosselinduktivität groß).
Ganz wichtig: beide Drähte bifilar.

Sauberen Übergang schaffen: Mantelwellensperre auf Ferritkern



Eine Doppeldrossel auf einem Ferritkern
(Induktivität durch Ferrit vergrößert)

Sauberen Übergang schaffen



Gleichtaktstrom – wird gebremst

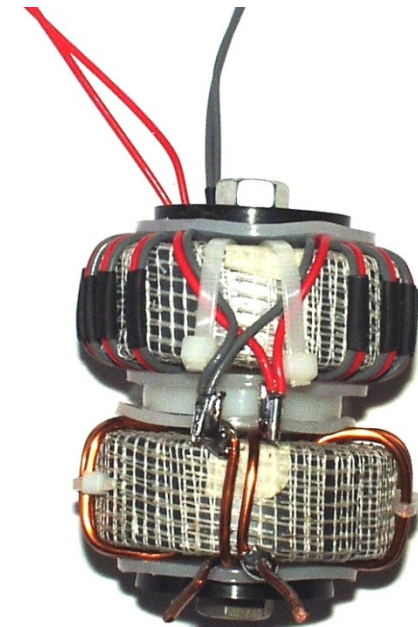
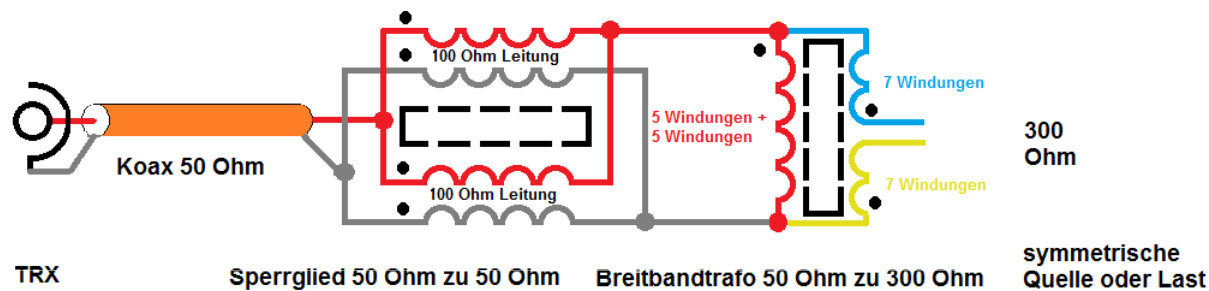
Gegentaktstrom – wird durchgelassen

Fragen?

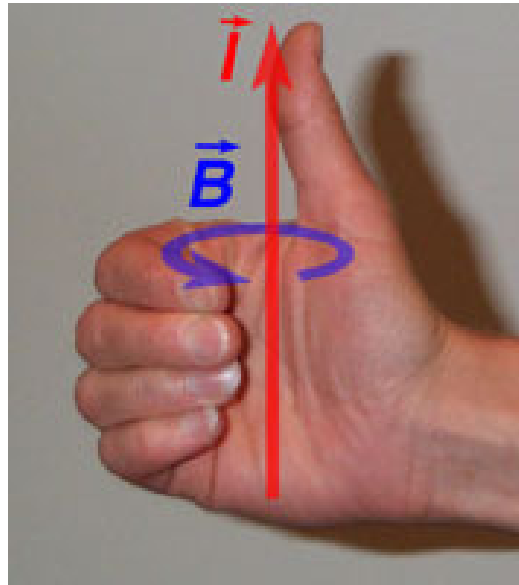
Ein wenig Theorie - praktisch

1. Geschichtliches
2. Die Störsituation
3. Finde Störer selbst
4. Entstehung von Mantelwellen
5. Aufgaben des Baluns
6. Ein wenig Theorie – praktisch
7. Das Symmetrieglied
8. Die Kernfrage
9. Vormagnetisierung, Temperatur u. a.
10. Wir bauen Balune

Aber notwendig zum Verständnis der Wirkungsweise vieler Baluns



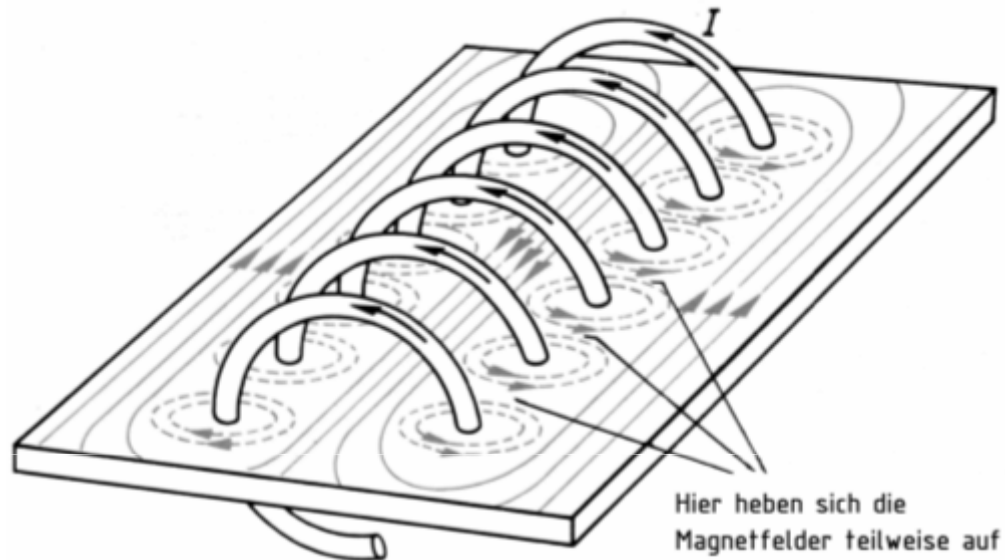
Feld um einen Leiter



Diese Darstellung findet man im Internet.
Die Richtung der Feldlinien bestimmt man
mit der „rechte Hand Regel“.

Stromrichtung hier von Minus nach Plus.

Feld im Ringkern

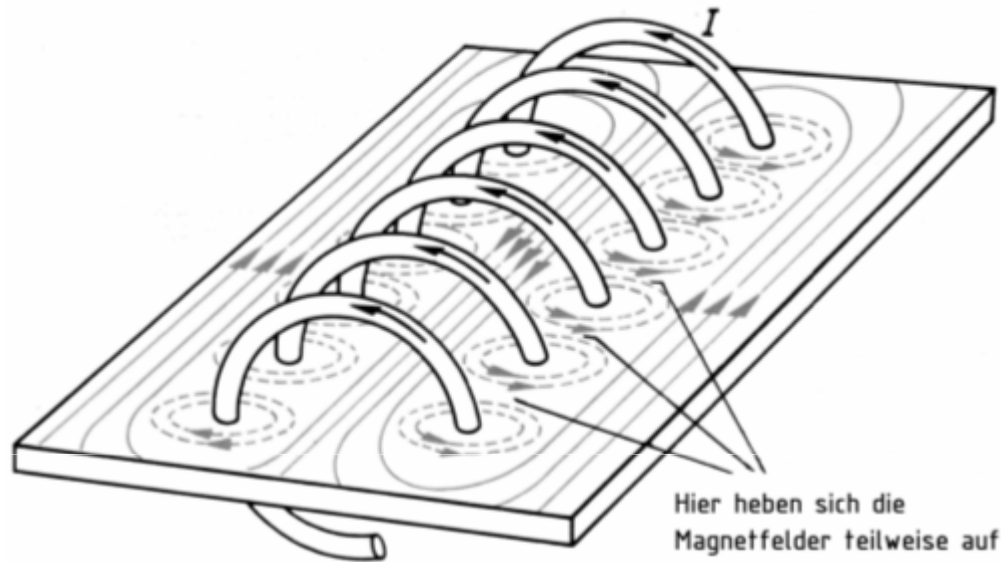


Aus der Amateurfunk-Prüfung.

Die Richtung der Feldlinien bestimmt man auch mit der „rechte Hand Regel“, mit dem Daumen.

Finger in Stromrichtung, (von Minus nach Plus).

Feld im Ringkern



H = magnetische Feldstärke in
Ampere pro Meter - A/m

I = Strom in Ampere - A

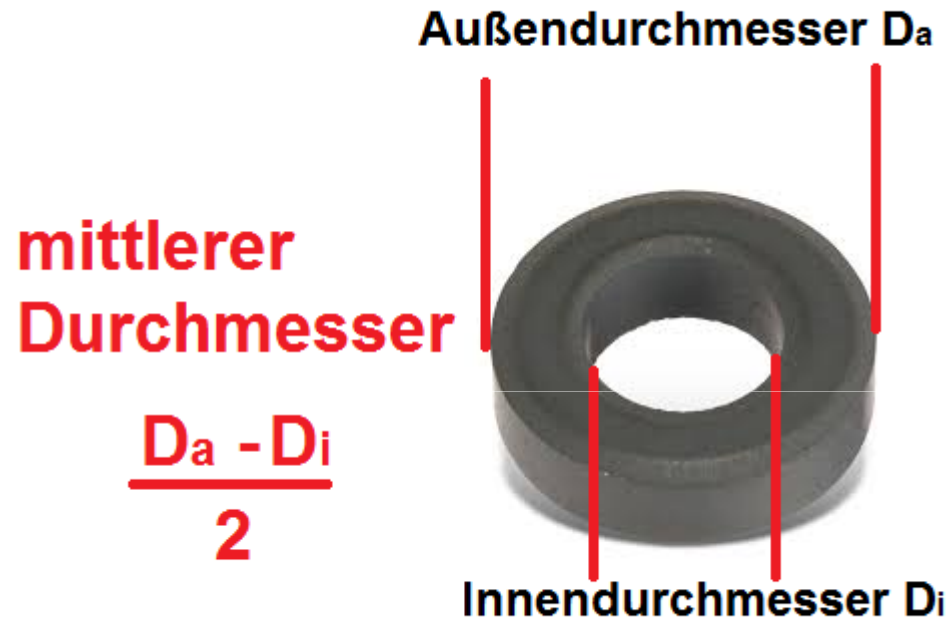
N = Windungszahl (dimensionslos)

L = Länge der Spule

Die magnetische Feldstärke ist unabhängig vom Material. Sie berechnet sich

$$H = N \times I / L$$

Feld im Ringkern

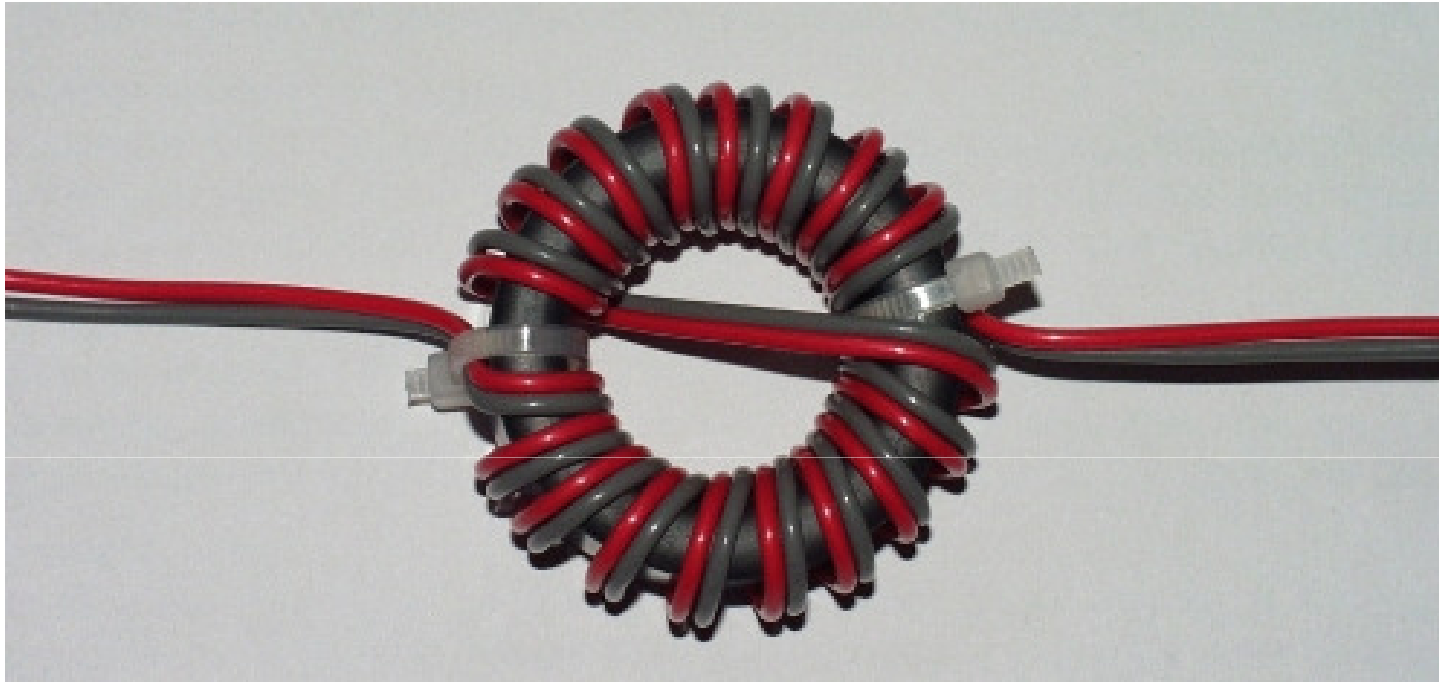


Ringkernspule:

L ist hier der mittlere Durchmesser mal π :

$$H = N \times I / (D \times \pi), \quad \text{Maßeinheit ist A/m}$$

Feld im Ringkern



Frage:

Wie sieht das Feld in einem Ringkern aus, der mit einer Doppelleitung bewickelt ist? Sie soll HF vom TX zur Antenne bringen.

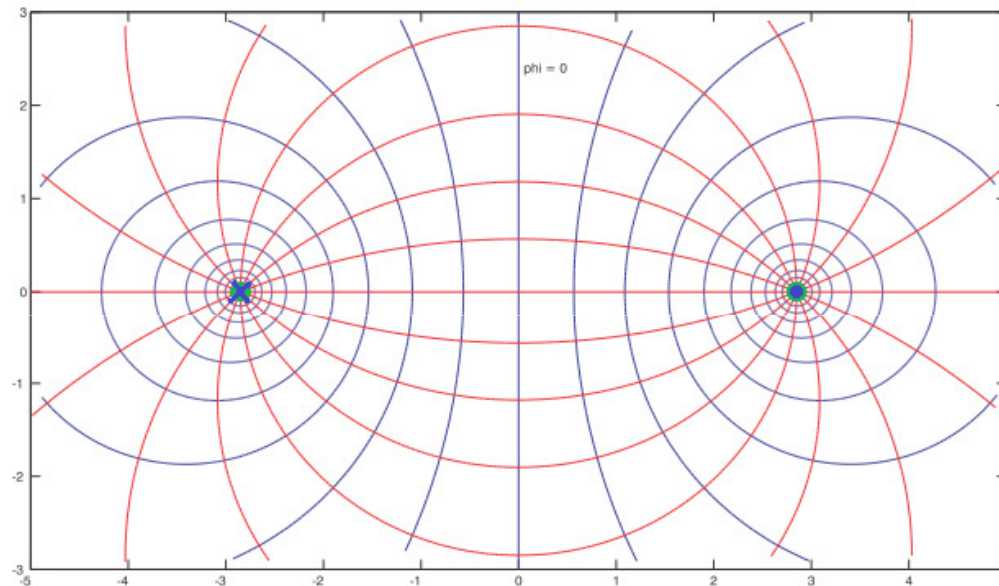
Feld im Ringkern



Wenn HF von A nach B geführt wird, dann wird man auf den beiden Leitern einer langen Leitung einen Gegentaktstrom feststellen.

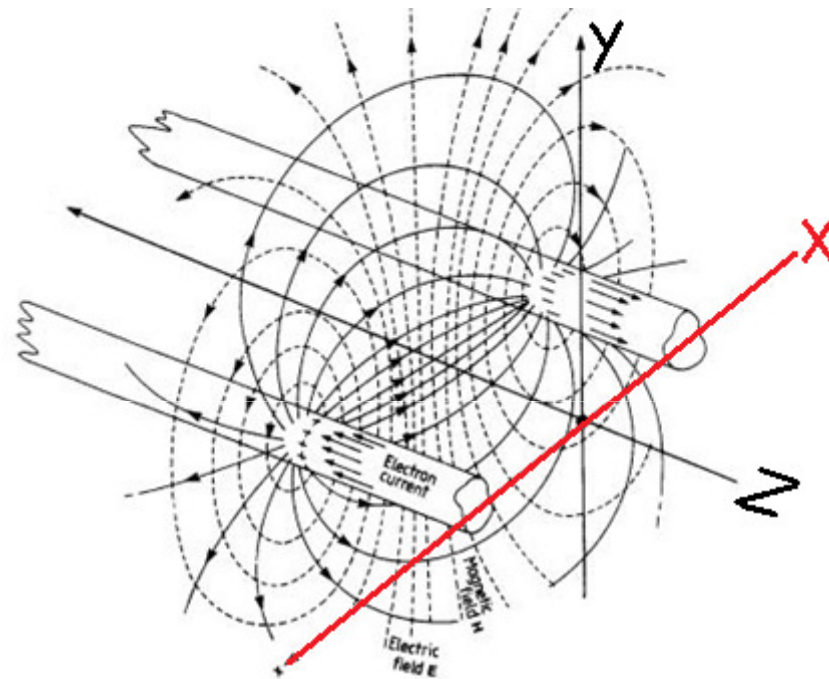
Feld der Doppelleitung (Gegentaktstrom)

Nerreter, Grundlagen der Elektrotechnik



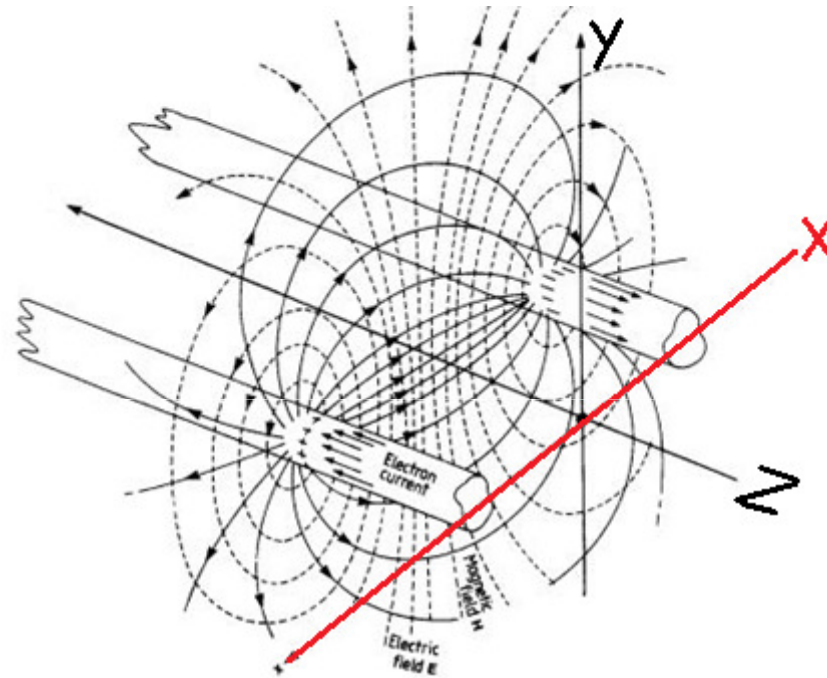
Diese Darstellung findet man im Internet.
Demnach nimmt das elektromagnetische
Feld große Räume um die Doppelleitung ein.

Feld der Doppelleitung (Gegentaktstrom)



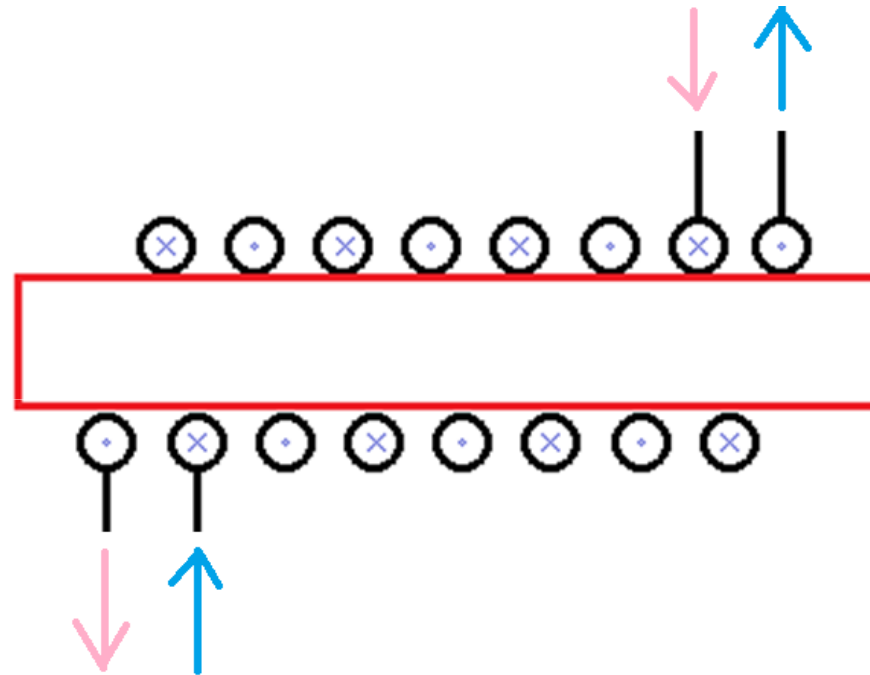
Diese Darstellung findet man auch im Internet.
Große Anteile des elektro-magnetischen Feldes
liegen ober- und unterhalb der X-Ebene (rot)

Feld der Doppelleitung führt zum Gegentaktstrom



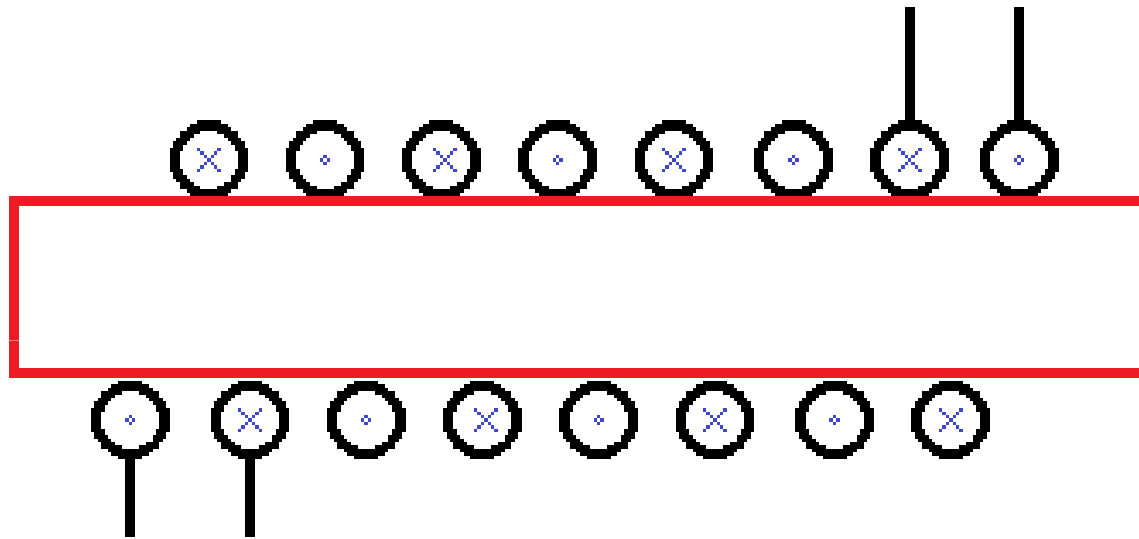
In Wahrheit findet aber der Energietransport in Form einer unsichtbaren Welle statt, die wir am Gegentaktstrom in den Leitern erkennen.

Feld der Doppelleitung (Gegentaktstrom)



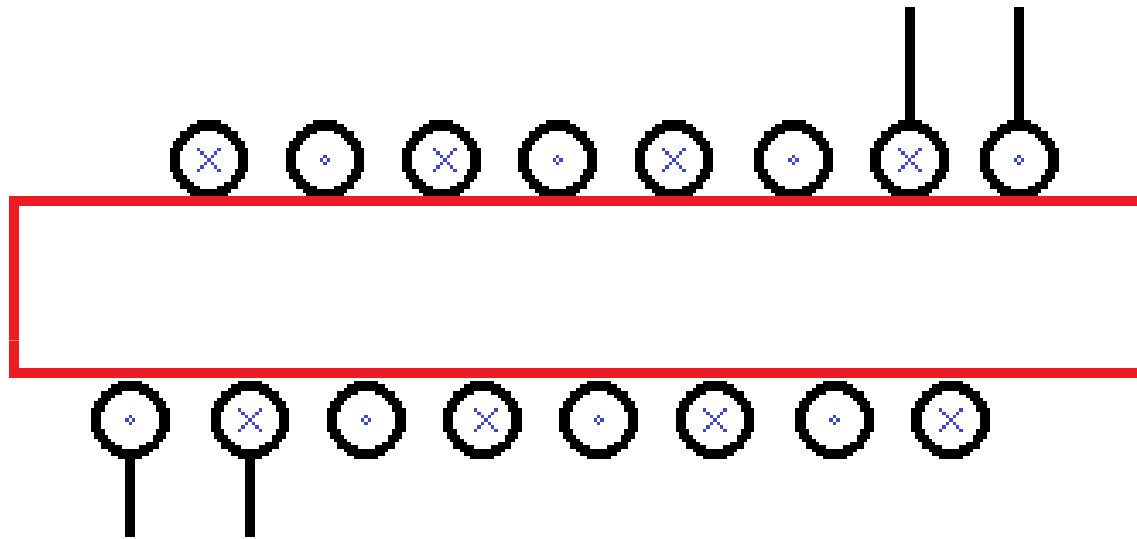
Wie weit reicht das Feld der aufgewickelten Doppelleitung in den Wickelkörper (im Bild rot)?

Feld der Doppelleitung (Gegentaktstrom)



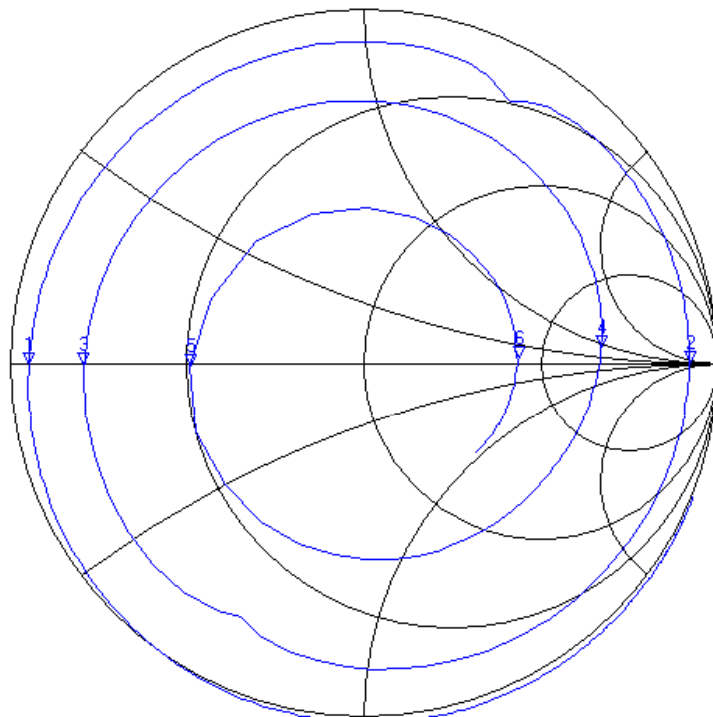
Ich stelle mir die Frage: Beeinflusst das Material des Wickelkörpers die Welle, die sich als **Gegentaktstrom** auf den Leitern zeigt?

Feld der Doppelleitung (Gegentaktstrom)



Versuch: Dazu wickele ich 1 m PVC-isolierter Leitung auf ein Rohr und stelle mit dem VNWA3 das Smith-Diagramm dar.

Smith-Diagramm / Gegentaktstrom in der Doppelleitung



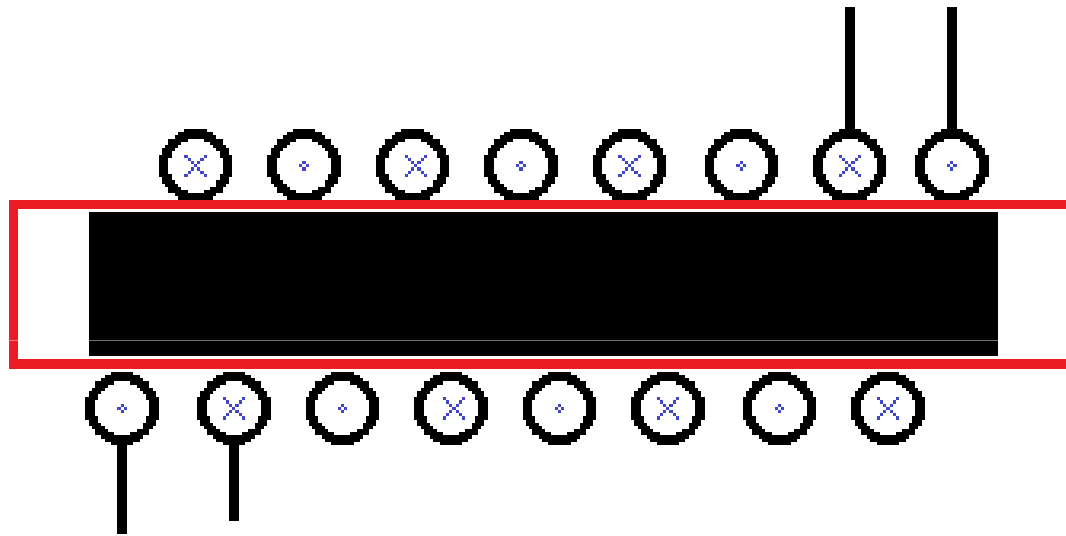
Log Frequency Sweep

1:	46.8MHz	-0.95-i 0.00
2:	102.9MHz	0.92+i 0.00
3:	146.8MHz	-0.79-i 0.00
4:	195.5MHz	0.67+i 0.05
5:	253MHz	-0.49-i 0.01
6:	276MHz	0.44+i 0.02

Stop = 300 MHz

Ergebnis der Messung einer Wicklung nur auf GFK-Rohr. Wir betrachten zum Vergleich die Frequenzen der Nulldurchgänge.

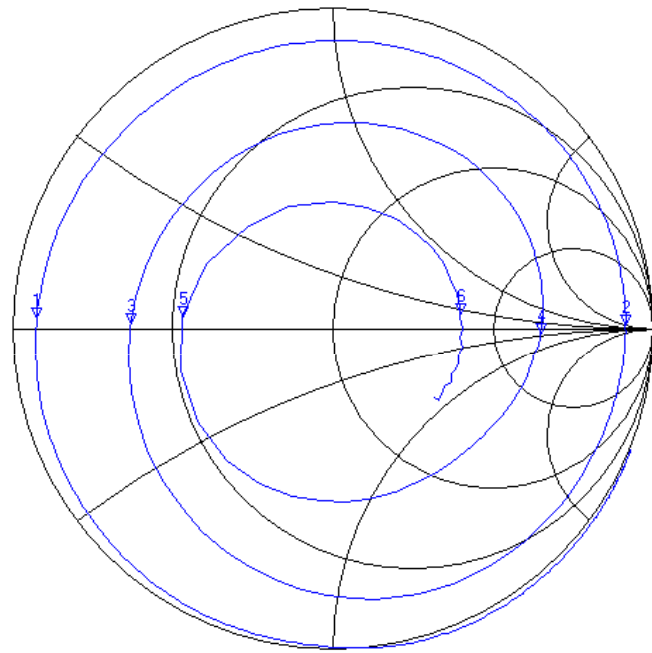
Feld der Doppelleitung (Gegentaktstrom)



Jetzt schiebe ich einen Ferritstab ein!

Frage: Ändert sich etwas?

Feld der Doppelleitung (Gegentaktstrom)



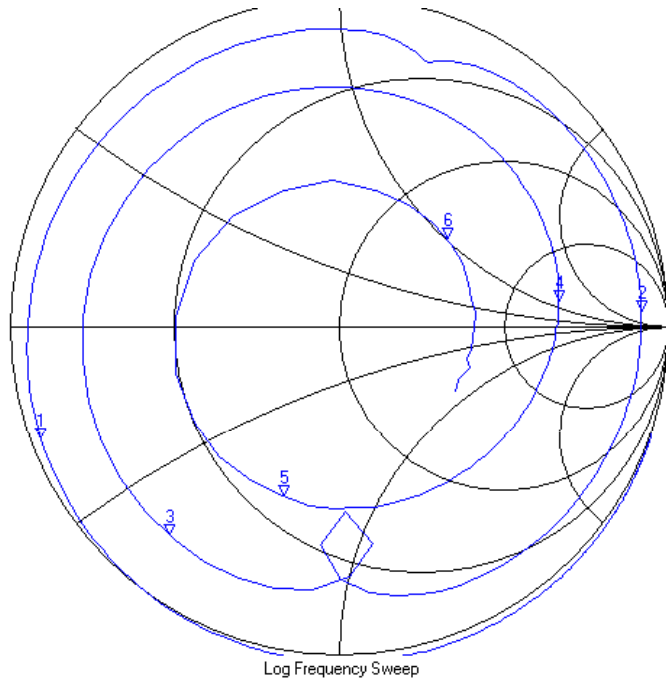
1: 46.8MHz	-0.93+i 0.03	1: 46.8MHz	-0.95-i 0.00
2: 102.9MHz	0.91+i 0.01	2: 102.9MHz	0.92+i 0.00
3: 146.8MHz	-0.63+i 0.02	3: 146.8MHz	-0.79-i 0.00
4: 195.5MHz	0.65-i 0.01	4: 195.5MHz	0.67+i 0.05
5: 253MHz	-0.47+i 0.04	5: 253MHz	-0.49-i 0.01
6: 276MHz	0.40+i 0.05	6: 276MHz	0.44+i 0.02

Log Frequency Sweep

Stop = 300 MHz

Wenig. Zum Vergleich die Werte links mit und rechts ohne Ferritstab. Das bedeutet, kaum Feld im Kern und kaum Änderung der Leitungsimpedanz.

Feld der Doppelleitung (Gegentaktstrom)

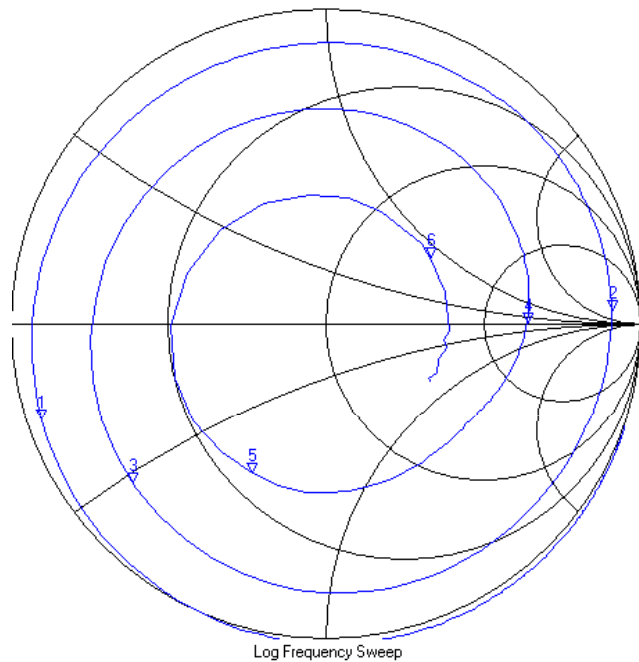


1:	46.8MHz	-0.91-i 0.34
2:	102.9MHz	0.92+i 0.05
3:	146.8MHz	-0.52-i 0.64
4:	195.5MHz	0.67+i 0.08
5:	253MHz	-0.17-i 0.52
6:	276MHz	0.33+i 0.26

C = Kapazität der Leitung 51 pF/m, jetzt 41 pF/m
V = Verkürzungsfaktor, Verhältnis Geschwindigkeit
in der Leitung zur Lichtgeschwindigkeit
Stpp = 300 MHz

Nun aber wird die Leitung nicht mehr dicht an dicht gelegt. Die Resonanzen verschieben sich zu höheren Frequenzen. (C sinkt, V sinkt.)

Feld der Doppelleitung (Gegentaktstrom)



1: 46.8MHz	-0.90-i 0.31	1: 46.8MHz	-0.91-i 0.34
2: 102.9MHz	0.91+i 0.04	2: 102.9MHz	0.92+i 0.05
3: 146.8MHz	-0.61-i 0.51	3: 146.8MHz	-0.52-i 0.64
4: 195.5MHz	0.64+i 0.00	4: 195.5MHz	0.67+i 0.08
5: 253MHz	-0.23-i 0.48	5: 253MHz	-0.17-i 0.52
6: 276MHz	0.33+i 0.21	6: 276MHz	0.33+i 0.26

Stop = 300 MHz

Ein eingeschobener Ferritstab ändert wieder kaum etwas. Links mit, rechts ohne Stab. Ein PTFE Stab ändert gar nichts.

Feld der Doppelleitung (Gegentaktstrom)

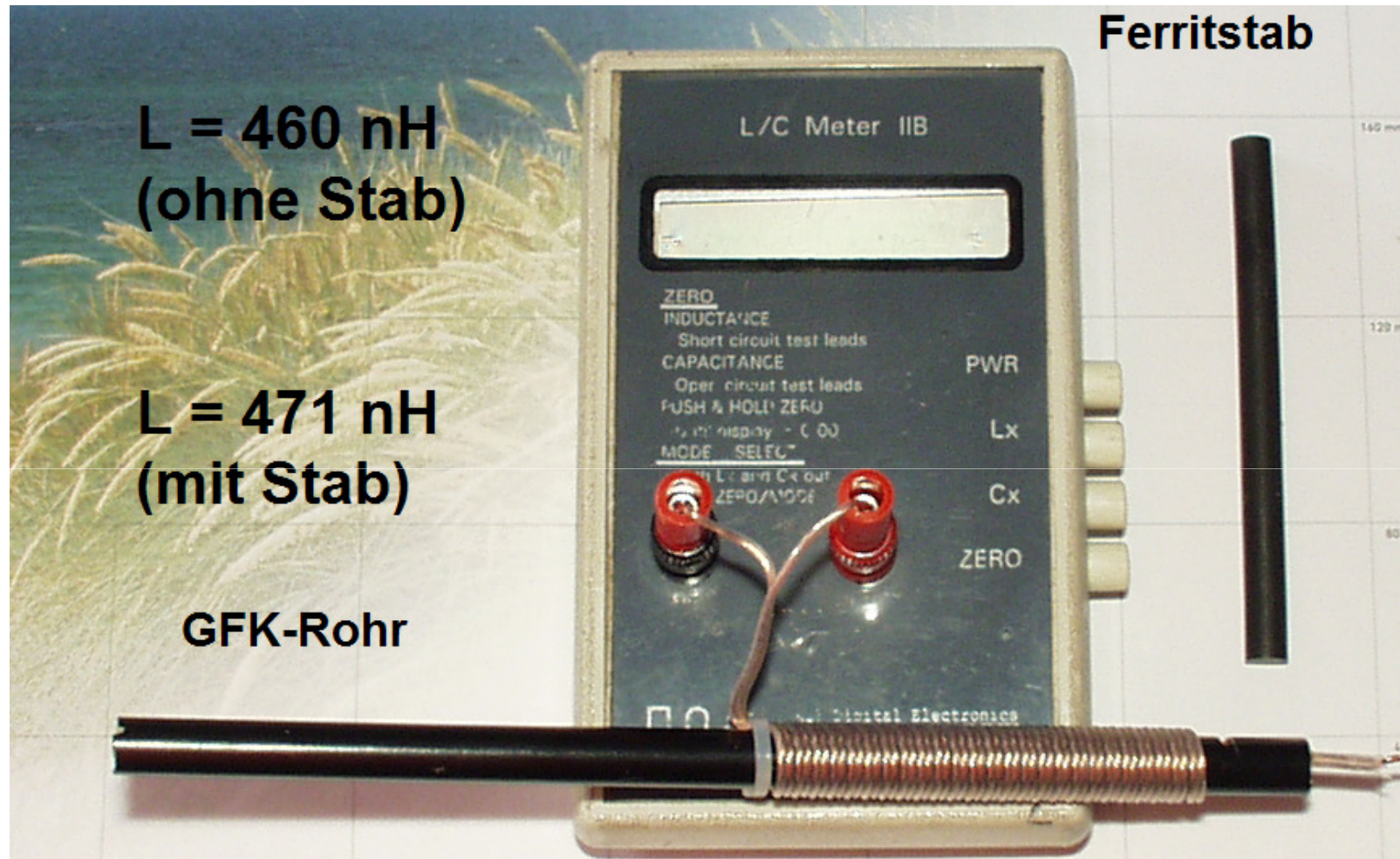
anderer Versuch:

Das eine Ende der Doppelleitung wird kurz geschlossen. Am anderen Ende wird die Induktivität gemessen:

$L = 460\text{nH}$, mit Ferritstab 471nH

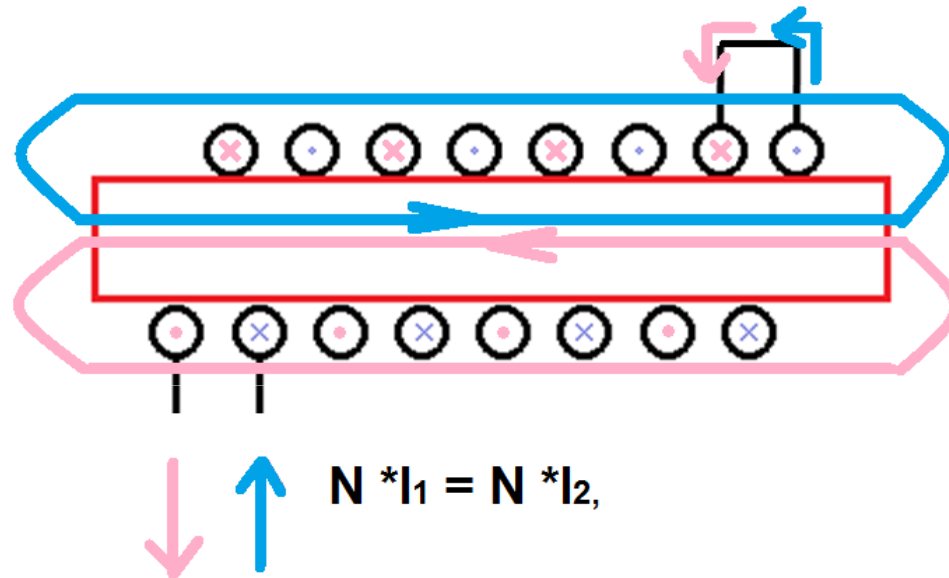
Das beweist, kaum Feld im Innern der Doppelspule, es ist fast komplett ausgelöscht.

Feld der Doppelleitung



Versuchsanordnung

Feld der Doppelleitung (Gegentaktstrom)



Erklärung der annähernden Feldfreiheit im Rohr. Das vom hinfließenden Strom erzeugte Feld ist dem vom wegfließenden Strom erzeugten betragsgleich, aber entgegengesetzt.

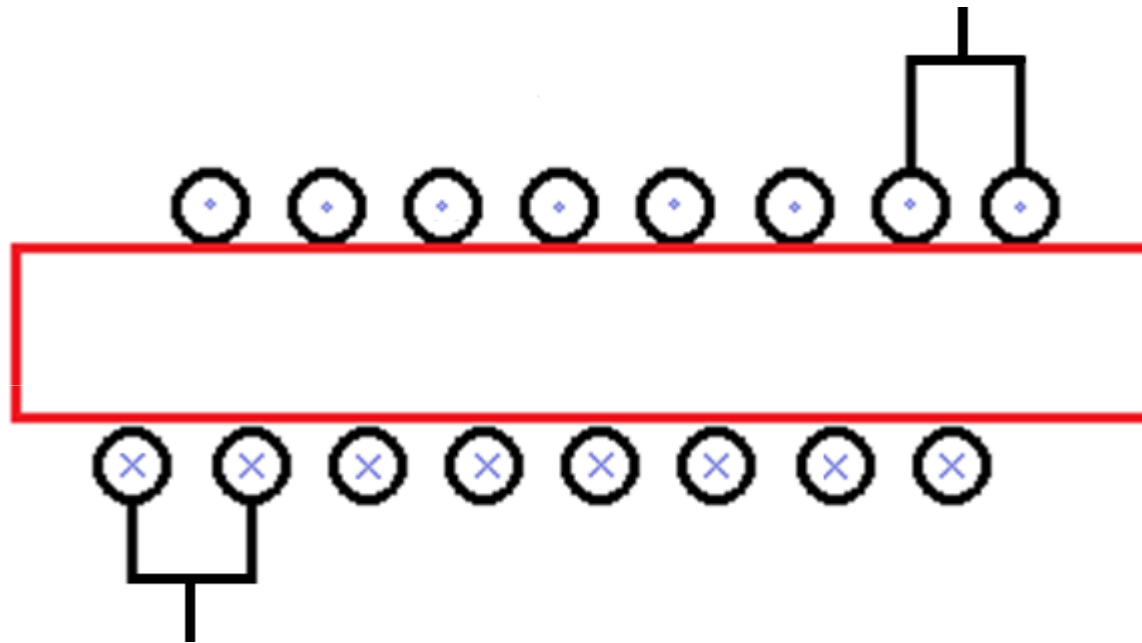
Feld der Doppelleitung (Gegentaktstrom)

Da es kaum eine Änderung gibt, wenn das Material des Wickelkörpers geändert wird, kann davon ausgegangen werden, dass dort kaum ein elektromagnetisches Feld vorkommt. Dies berechtigt zur Aussage:

Die Welle, der Träger der Energie, findet man hauptsächlich im Zwischenraum der beiden Leiter . Wichtige Erkenntnis:

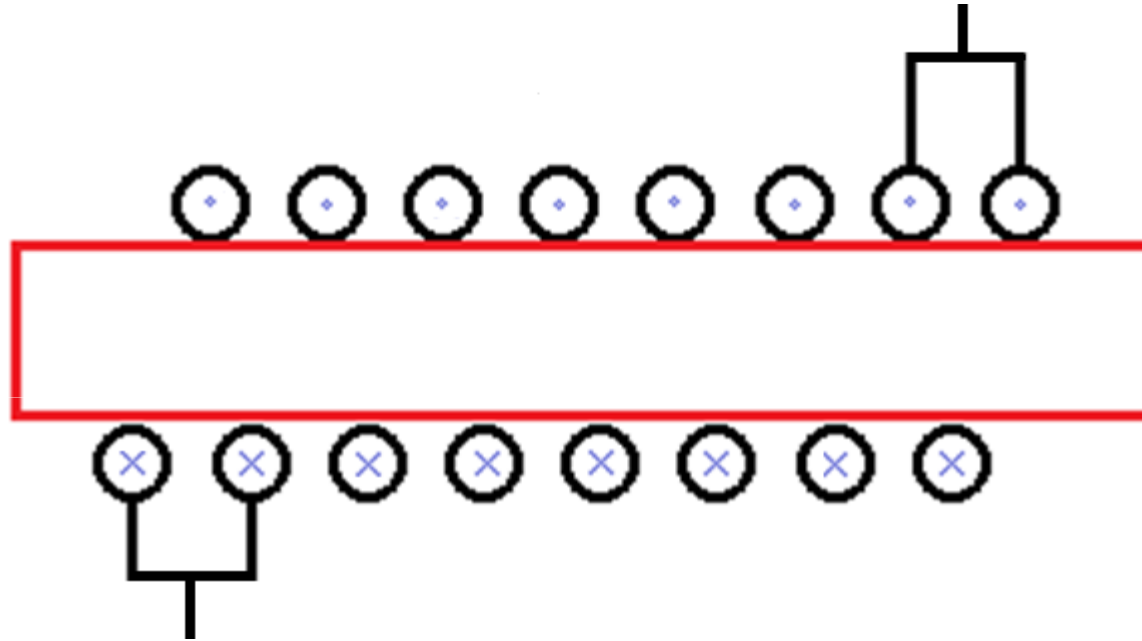
„Die Energie geht über die Leitung“

Feld der aufgewickelten Doppelleitung (Gleichtaktstrom)



Beeinflusst das Material des
Wickelkörpers die Welle, die sich als
Gleichtaktstrom auf den Leitern zeigt?

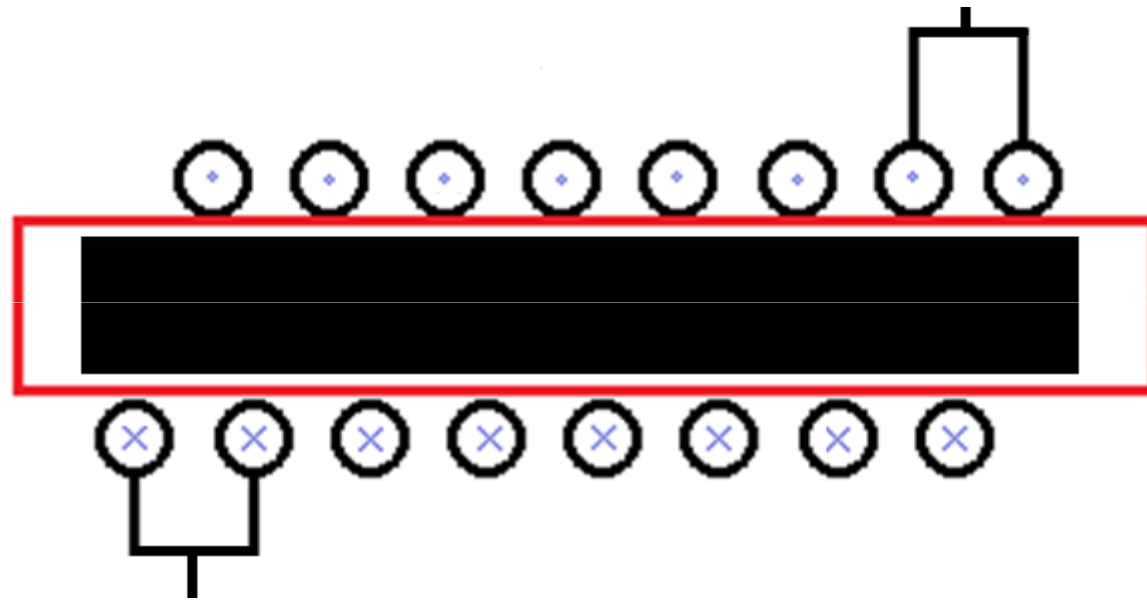
Feld der aufgewickelten Doppelleitung (Gleichtaktstrom)



Dazu messen wir einfach die Induktivität
der Drossel mit dem AADE-LC-meter.

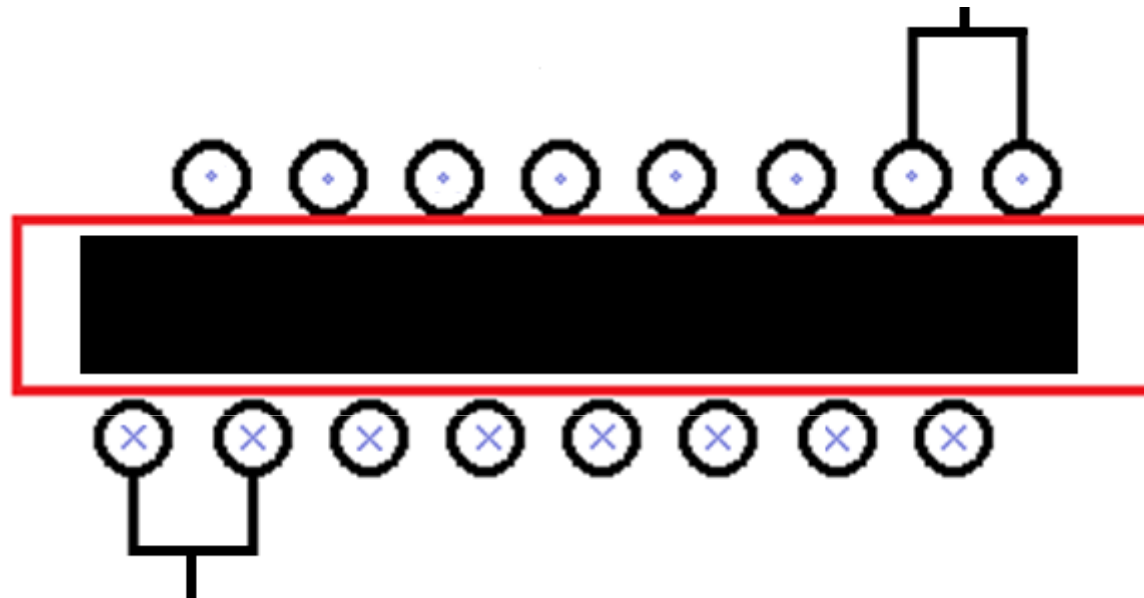
ohne Ferritstab: $L = 1 \mu\text{H}$

Feld der aufgewickelten Doppelleitung (Gleichtaktstrom)



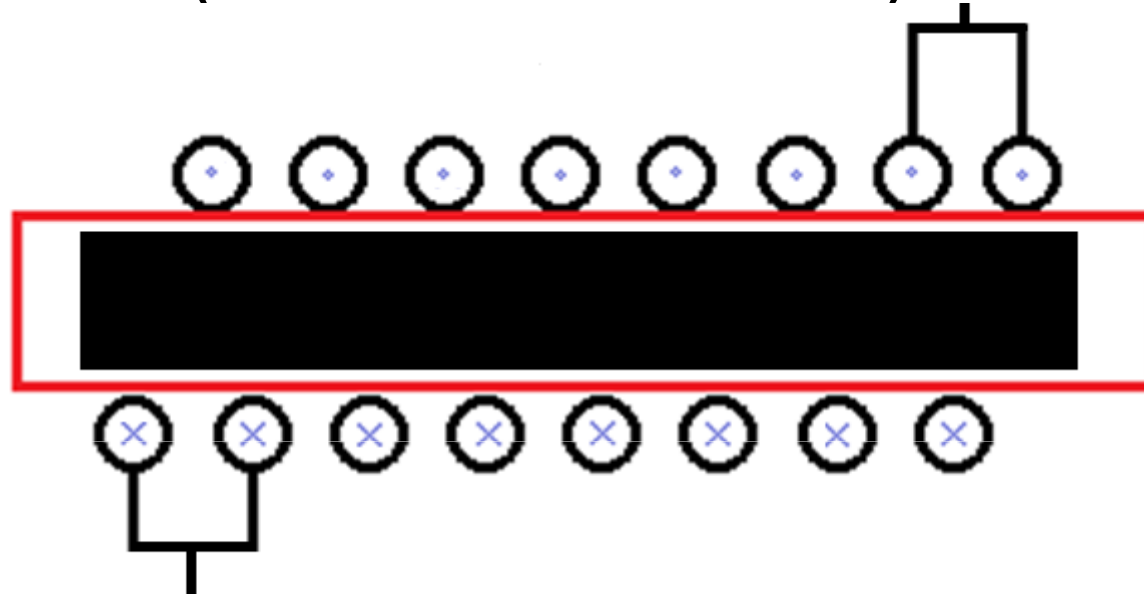
Und nun mit Ferritstab: $L = 22 \mu\text{H}$

Feld der aufgewickelten Doppelleitung (Gleichtaktstrom)



Die Induktivität steigt an, weil ein elektromagnetisches Feld im Innenraum der Spule existiert, was auf das ferromagnetische Material reagiert.

Feld der aufgewickelten Doppelleitung (Gleichtaktstrom)

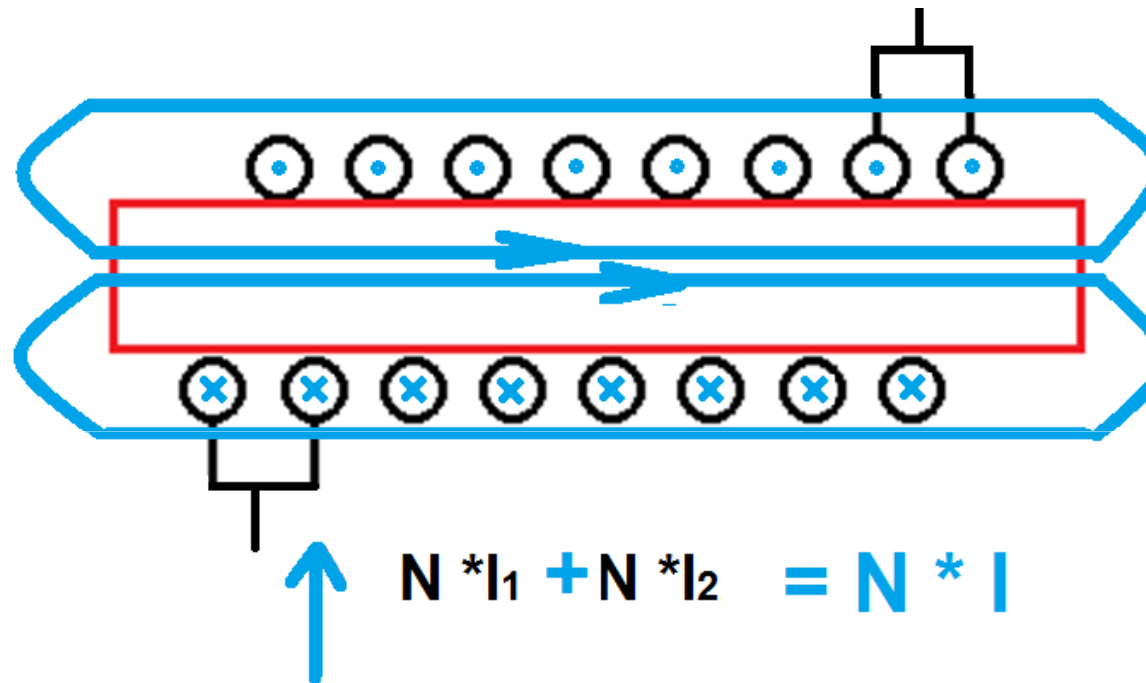


Dies berechtigt zur Aussage,

„Die Energie geht über den Kern“

oder auch nicht, denn eine Drossel setzt dem Gleichtaktstrom ihre Wirkung entgegen. Bei einem Transformator jedoch erfolgt eine Energieübertragung von Wicklung zu Wicklung unter Einbeziehung des Kerns.

Feld der aufgewickelten Doppelleitung (Gleichtaktstrom)

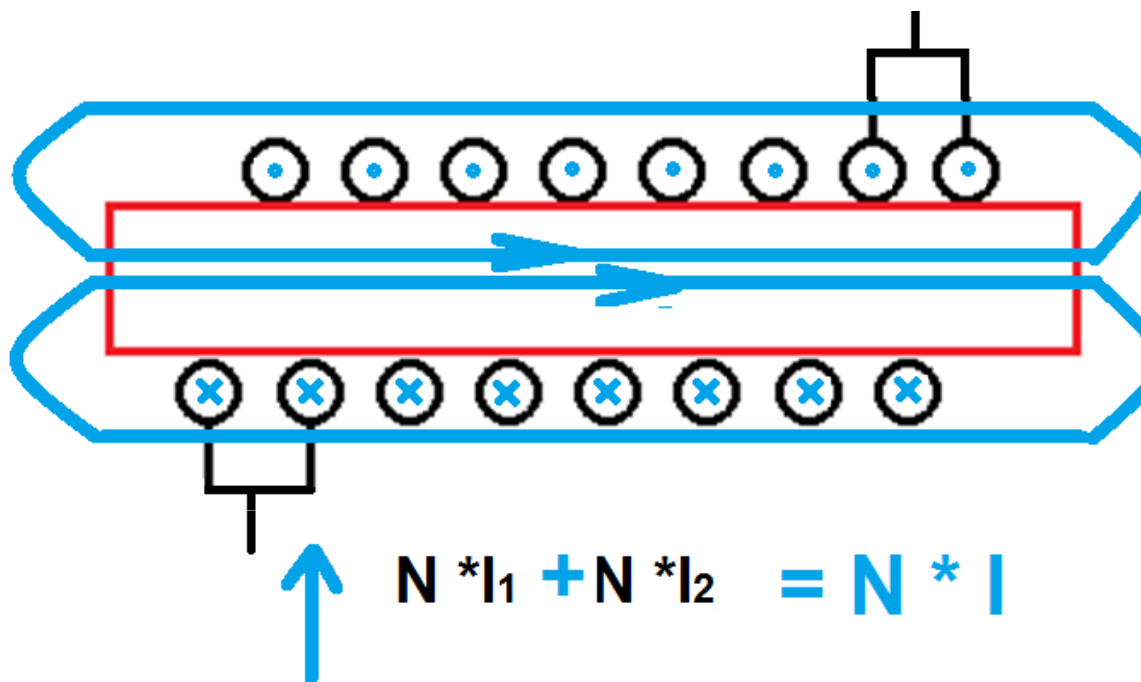


Erklärung für das Feld im Rohrinne

Frage: wie groß ist die Windungszahl N ?

$N = 4$ oder $N = 8$?

Litze wirkt wie ein Draht, $N = 4$ ist richtig

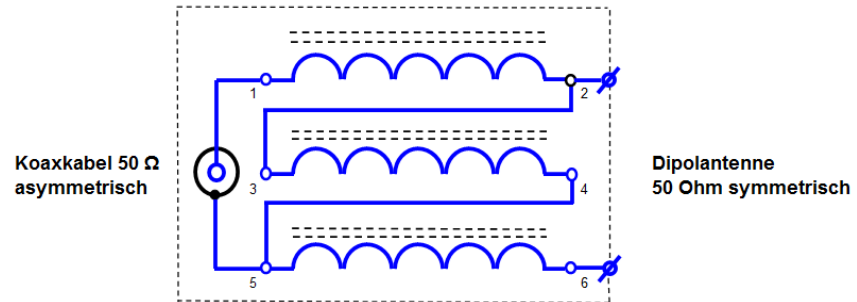
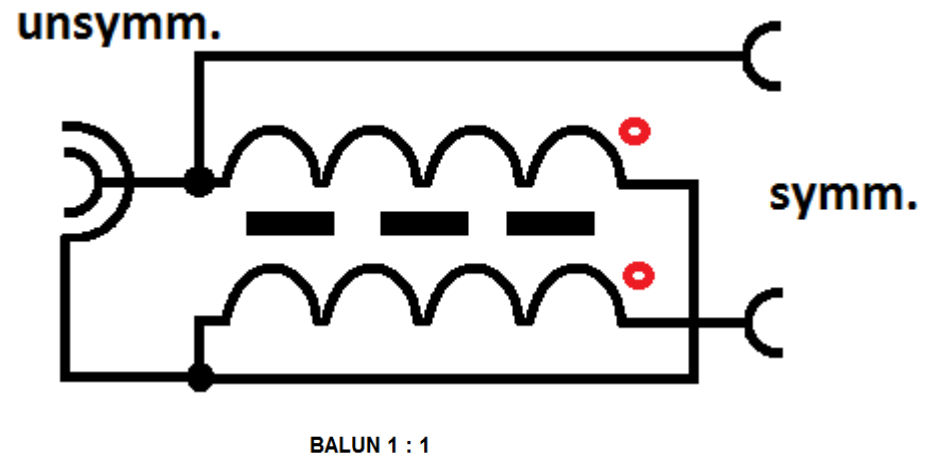
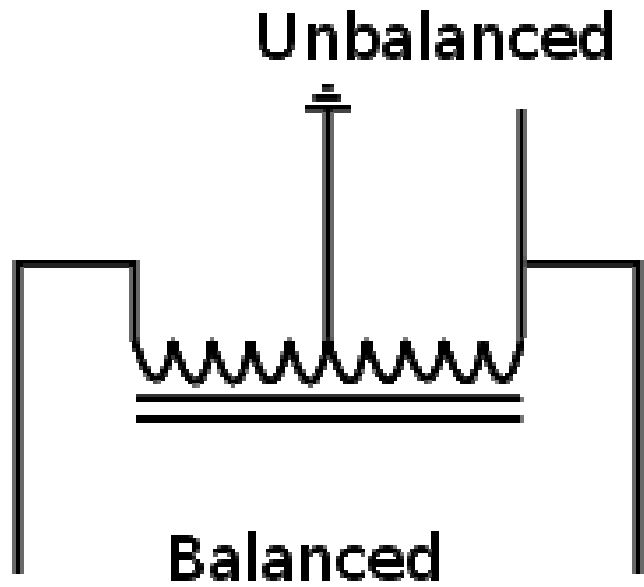


Die beiden parallel geführten Leiter wirken wie **ein** Leiter, die Teilströme addieren sich. Bei den 20 Äderchen einer Litze ist das ebenfalls so. **Fragen?**

Das Symmetrieglied

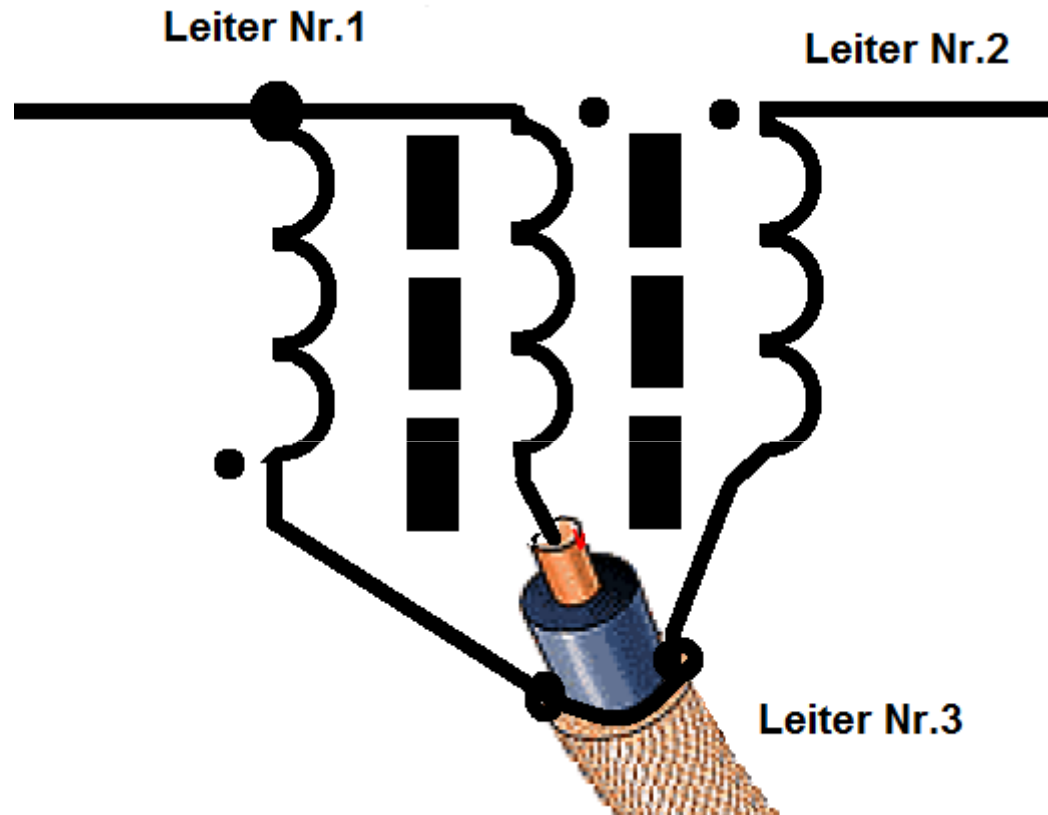
1. Geschichtliches
2. Die Störsituation
3. Finde Störer selbst
4. Entstehung von Mantelwellen
5. Aufgaben des Baluns
6. Ein wenig Theorie – praktisch
7. Das Symmetrieglied
8. Die Kernfrage
9. Vormagnetisierung, Temperatur u. a.
10. Wir bauen Balune

Symmetrieglied oder Symmetrierglied?



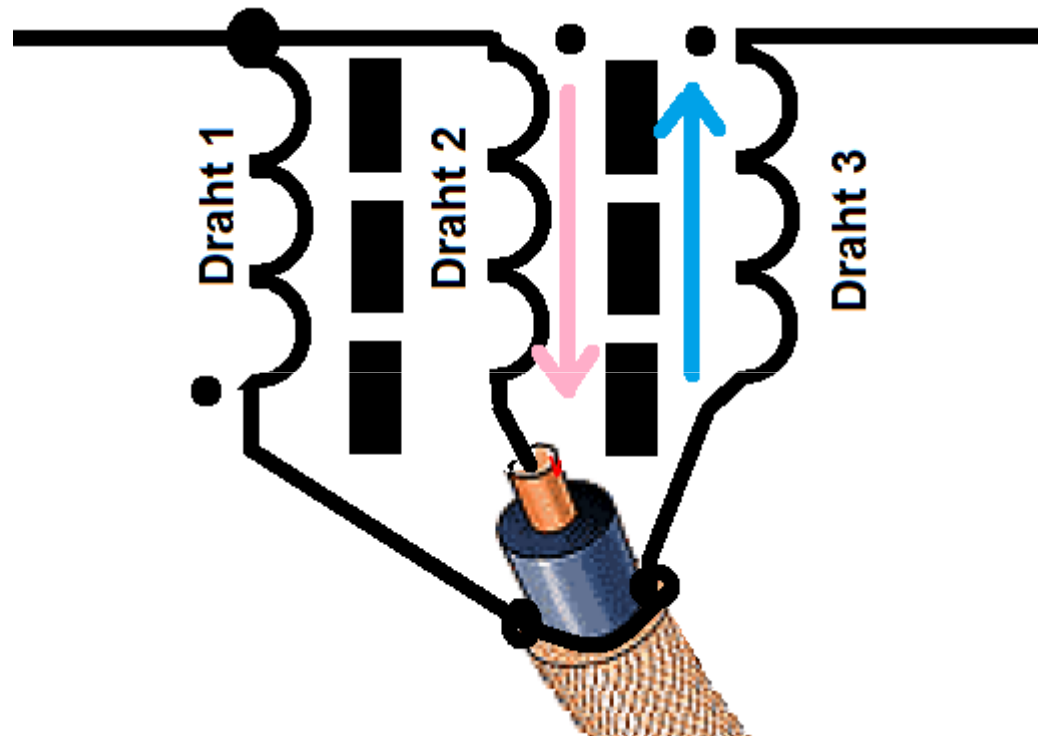
Frage: symmetriert ein Symmetrie r glied

Das Symmetrieglied 1:1



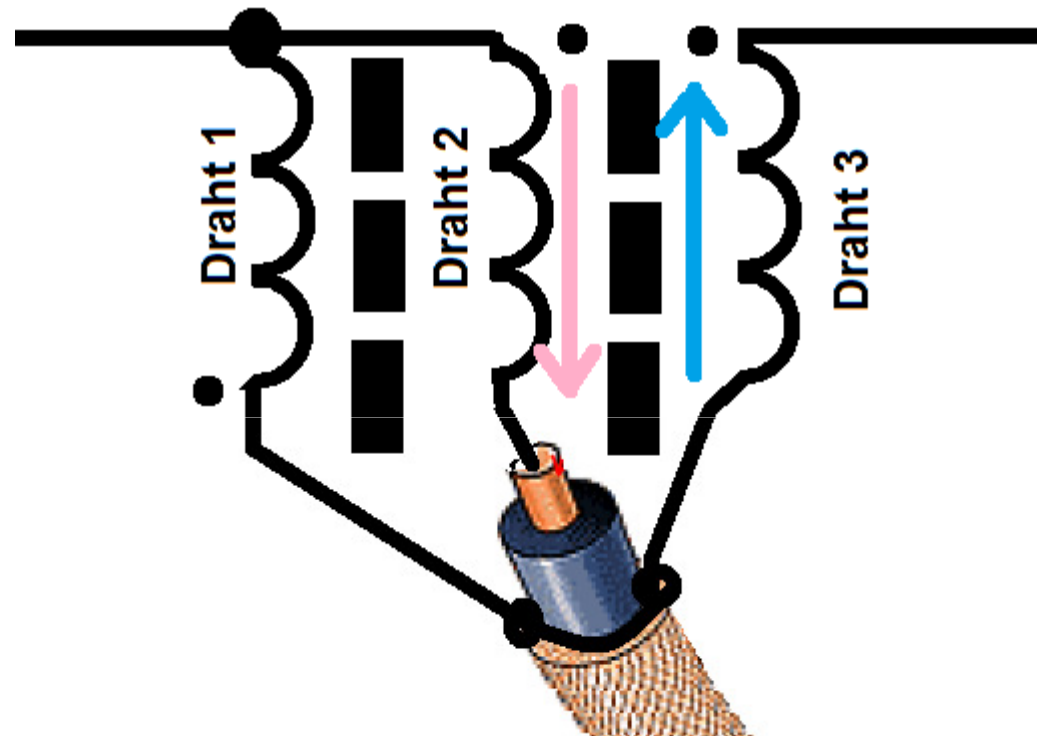
Alle drei Windungen werden als „trifilare“
Wicklung auf einen Kern gewickelt ($\ddot{U} = 1:1$)

Das Symmetrieglied 1:1, Dipol liefert Gegentaktstrom



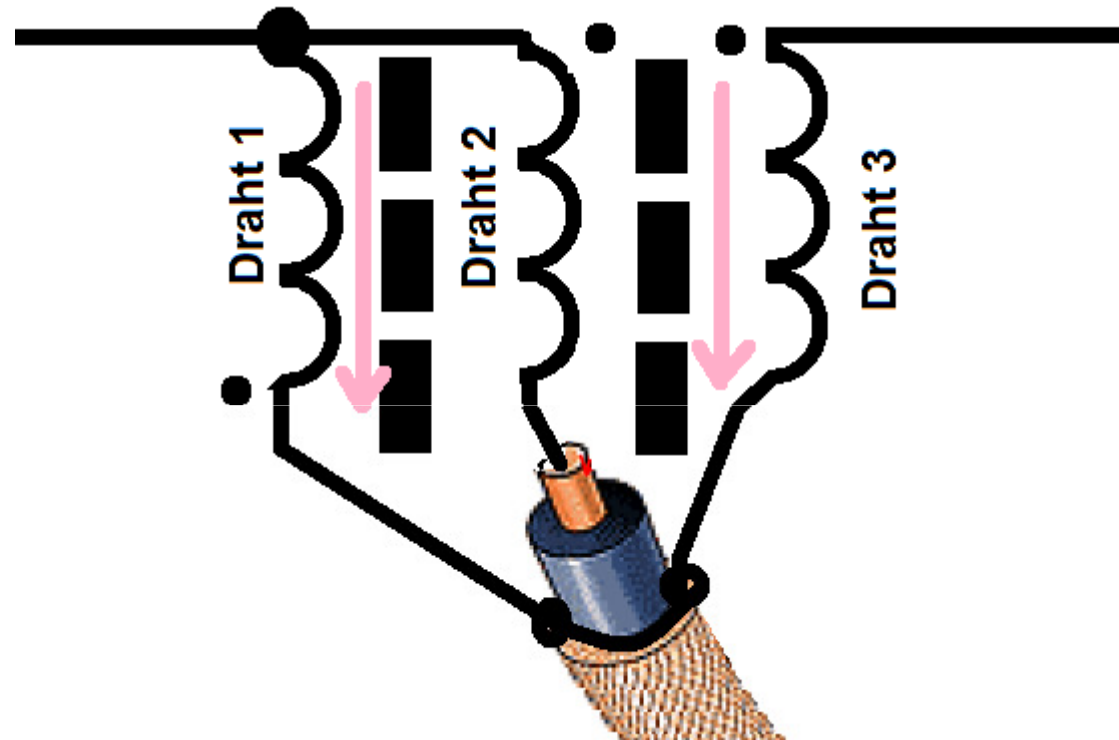
Fall1: der Dipol ist Quelle für einen Gegentaktstrom (normaler Betriebsfall)

Das Symmetrieglied, Gegentaktstrom



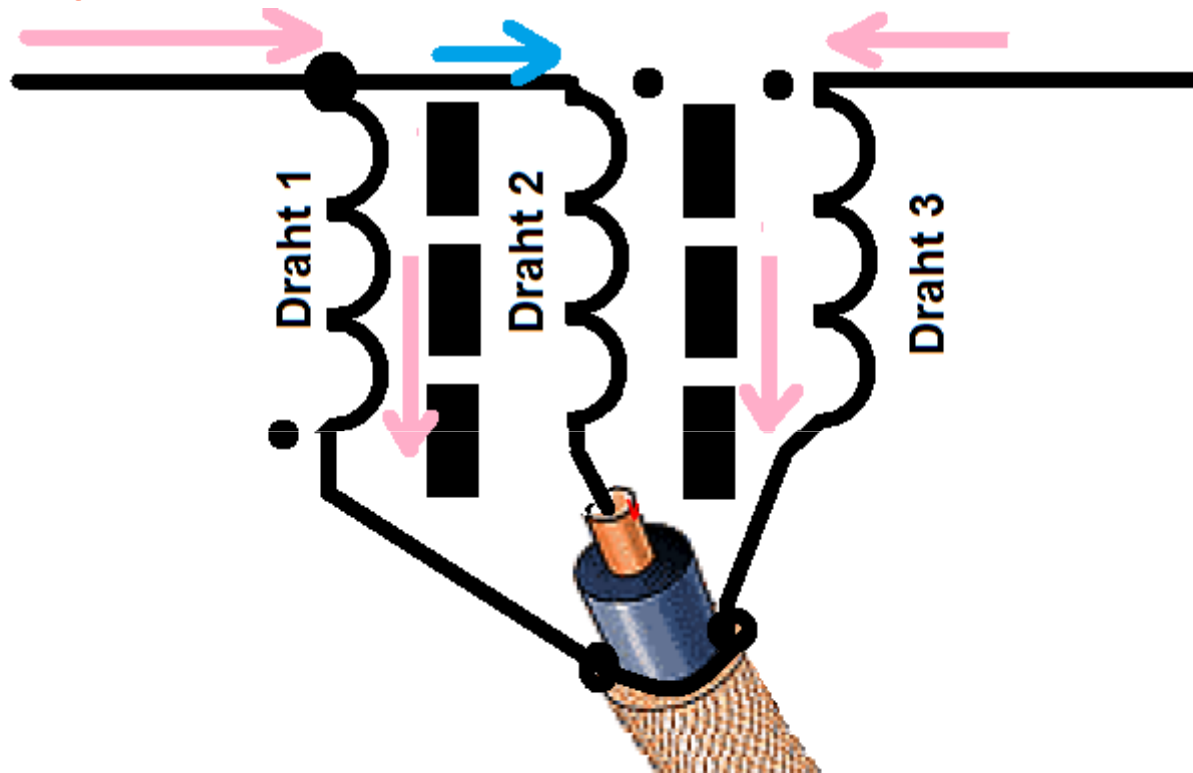
Draht 2 und Draht 3 wirken als sehr verlustarme Leitung. Da Draht 1 im Wickelsinn umgedreht ist, wirkt er als hochsperrende Drossel.

Das Symmetrieglied, Dipol liefert Gleichtaktstrom



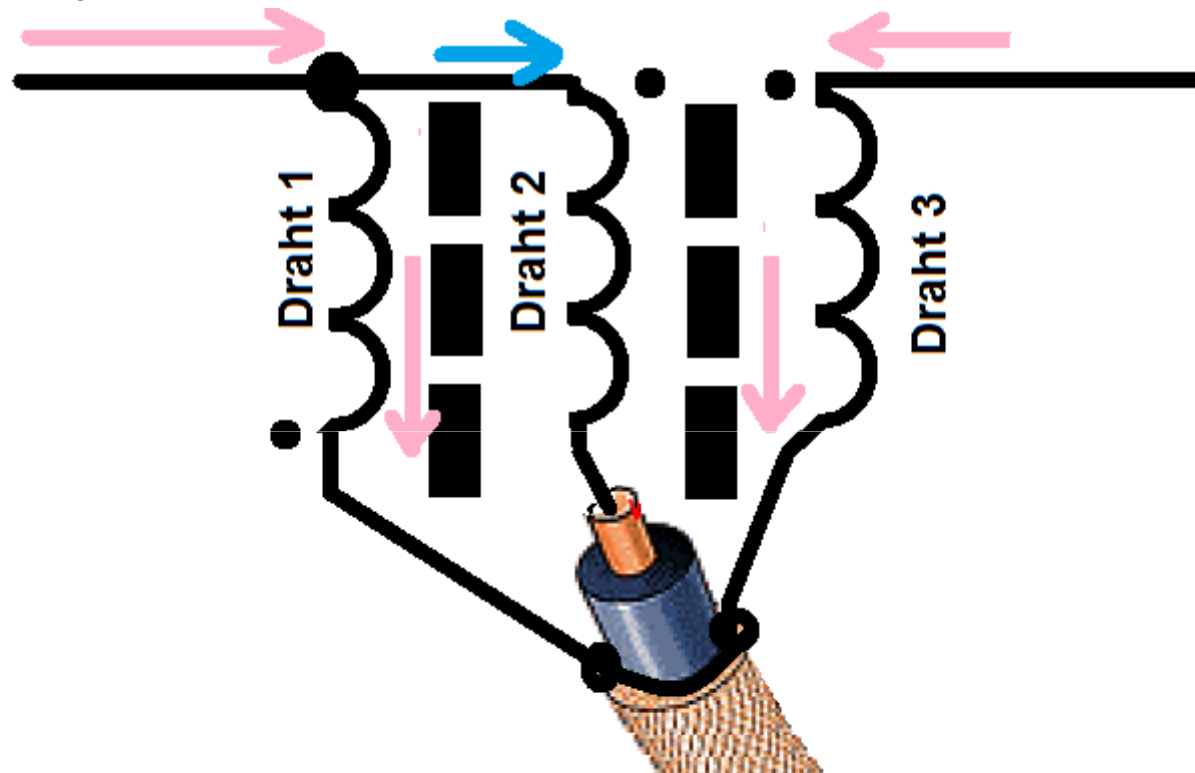
Draht 1 und Draht 3 wirken als sehr verlustarme Leitung. Gleichtaktstrom fließt über die Schirm-Außenseite gegen Masse ab. (Draht 2 = Drossel)

Das Symmetrieglied, Dipol liefert
erdunsymmetrischen Gleichtaktstrom



Draht 1 und Draht 3 sind die verlustarme Leitung,
leiten aber nur den symmetrischen Teil gegen
Erde ab, der „Rest“ (blau) gelangt ins Kabel.

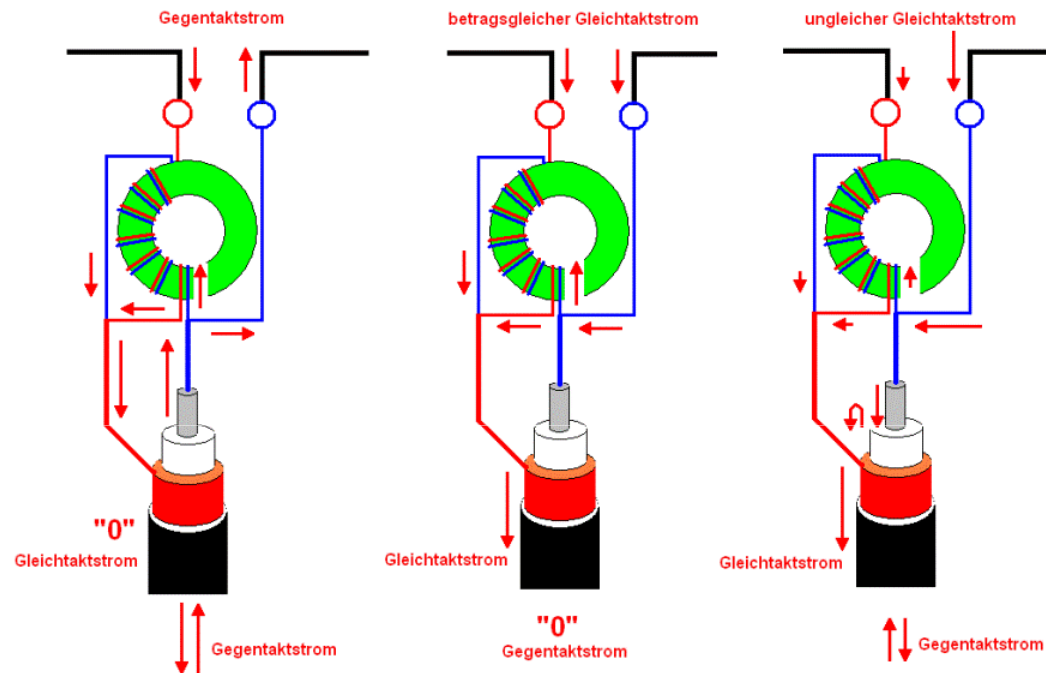
Das Symmetrieglied 1:1, Dipol liefert erdunsymmetrischen Gleichtaktstrom



Ein Symmetrieglied symmetriert nicht, es verlangt symmetrische Quellen bzw. Lasten.

Das „r“ in „Symmetrierglied“ ist falsch.

Das Symmetrieglied 1:4, Dipol liefert erdunsymmetrischen Gleichtaktstrom



Ein Symmetrieglied symmetriert nicht.

Es leitet den **betragsgleichen!** Gleichtaktstrom über die Schirm-Aussenseite gegen Masse ab.

Fragen?

Die Kernfrage

1. Geschichtliches
2. Die Störsituation
3. Finde Störer selbst
4. Entstehung von Mantelwellen
5. Aufgaben des Baluns
6. Ein wenig Theorie – praktisch
7. Das Symmetrieglied
8. Die Kernfrage
9. Vormagnetisierung, Temperatur u. a.
10. Wir bauen Balune

Die Kernfrage

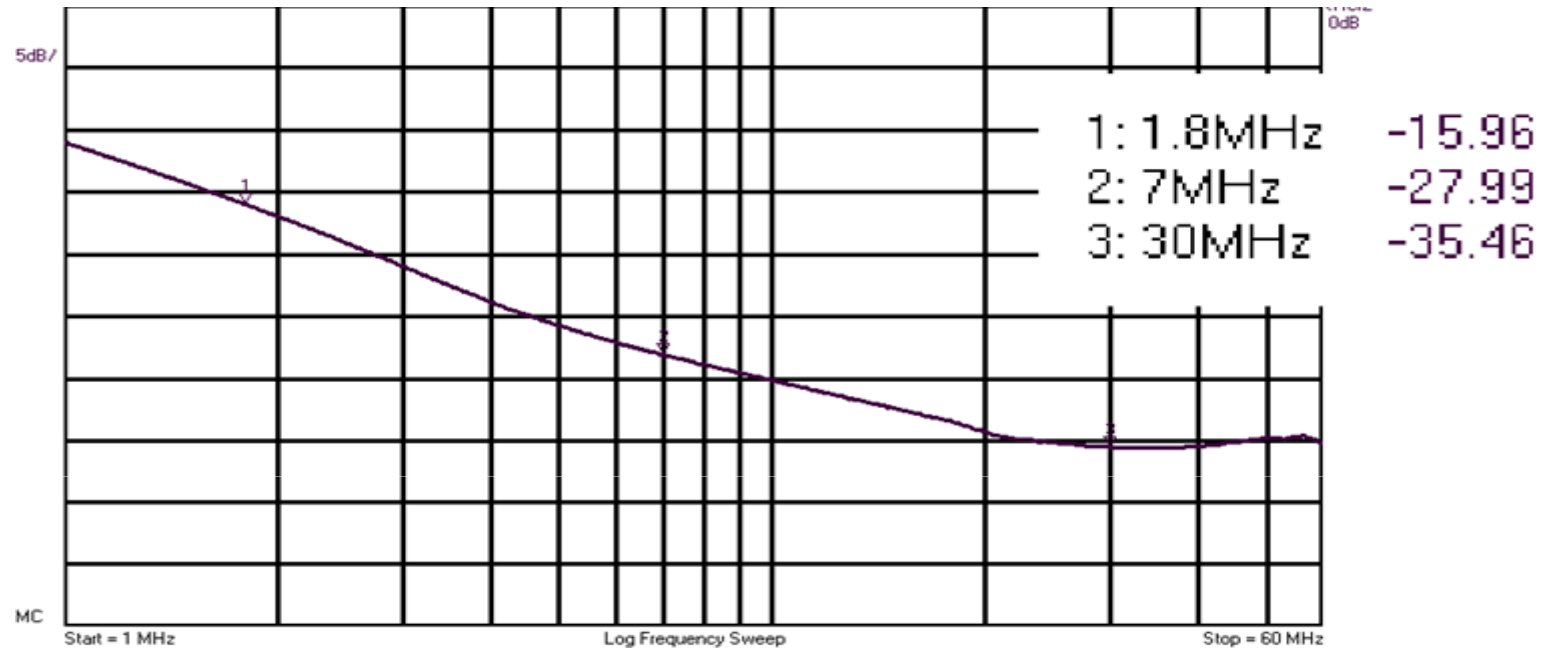


Versuchsaufbau:

Generator, Detektor, DUT, Klingeldraht

Hier: VNWA3 mit netbook „ASUS EeePC“

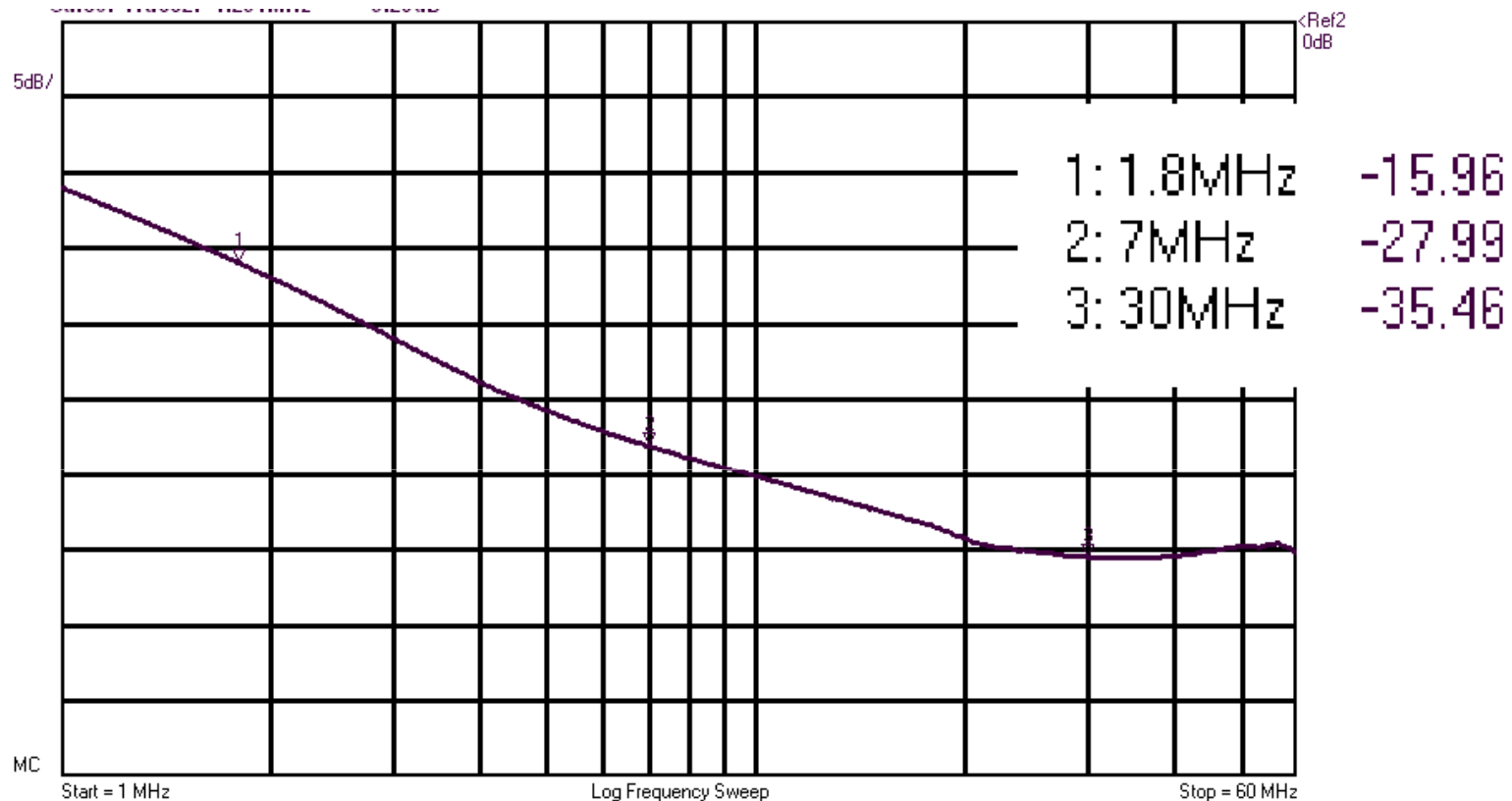
Brauchbar oder nicht?



im interessierenden Frequenzbereich fällt die Kurve stetig ab, es gibt keine ausgeprägte Resonanz

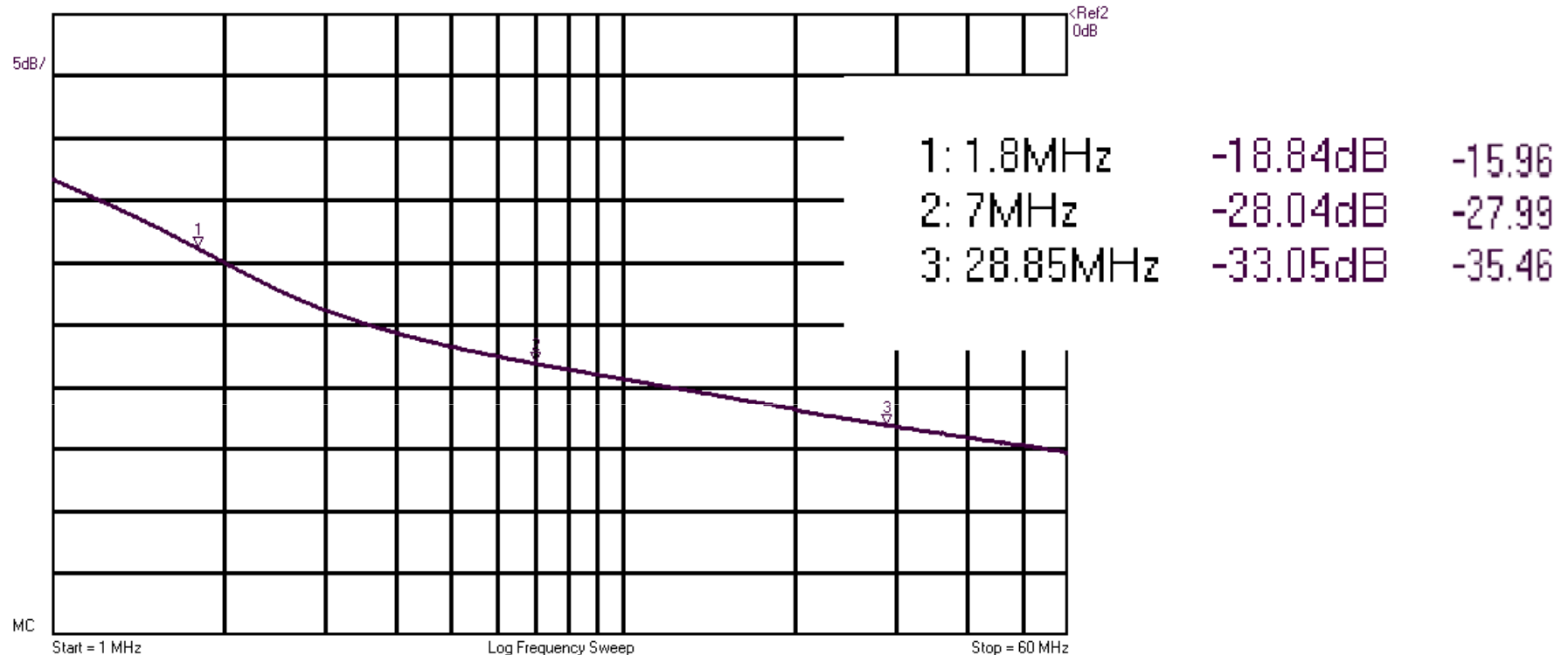
typische Kurve eines brauchbaren Materials
bei 10 Windungen (RK3=742 710 5 von Würth)

Brauchbar oder nicht?



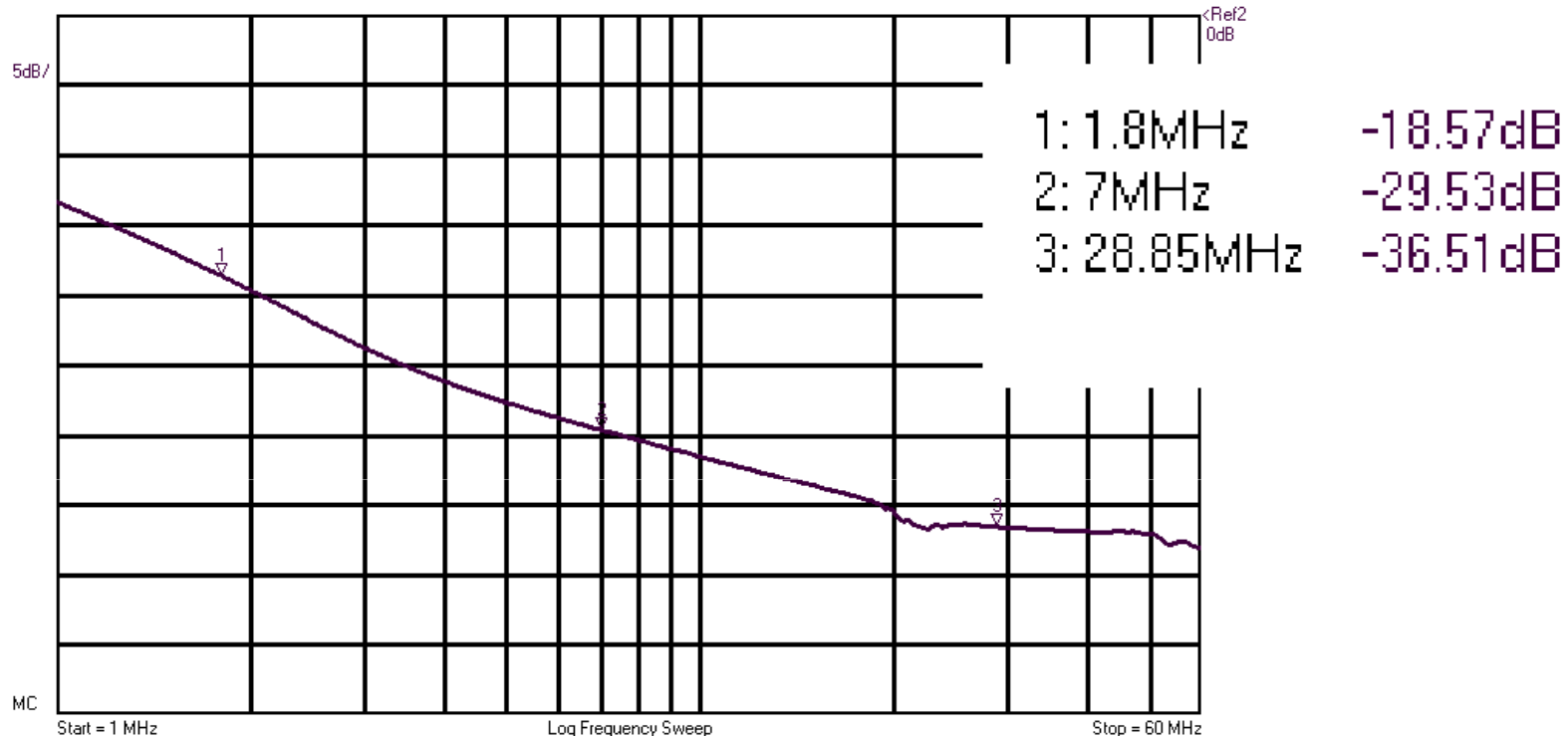
Jetzt können die Kursteilnehmer ihre mitgebrachten Kerne auf Eignung testen

Brauchbar oder nicht?



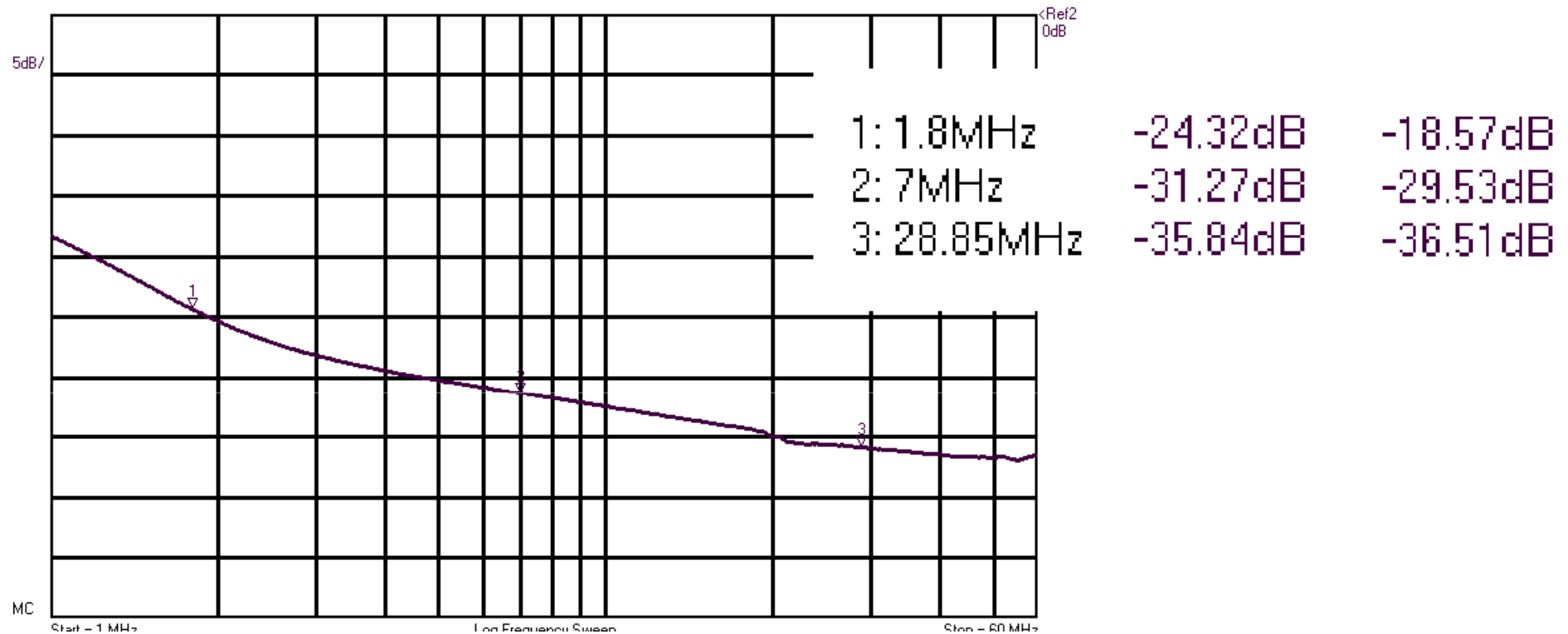
Das alte Material im 742 710 5. Die Behauptung, das neue Material sei besser, ist anzuzweifeln. Links alte Werte, rechts neue Werte.

Brauchbar oder nicht?



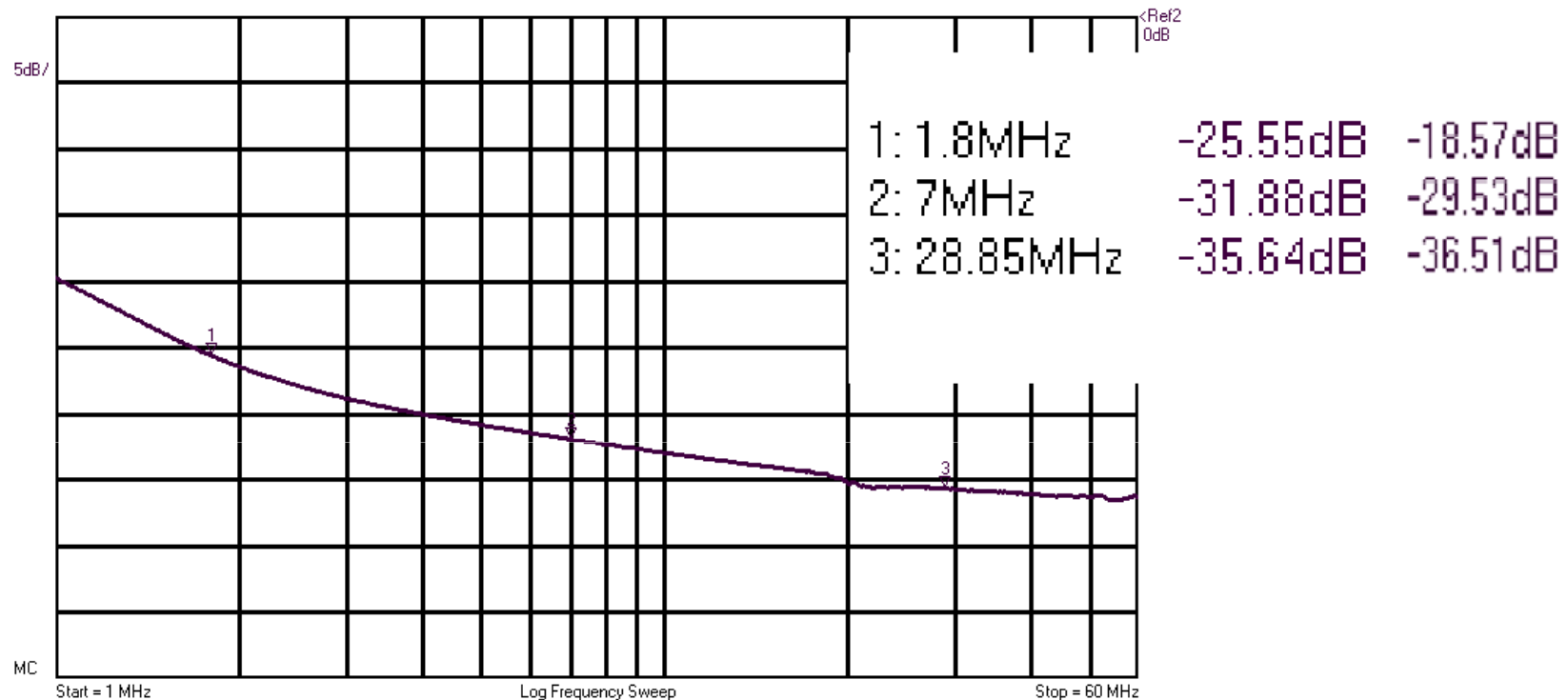
Ergebnis für den RK1 = 742 700 97 Würth.
Die neue Bauform des Ringkerns ist erkennbar
an den „runden Ecken“.

Brauchbar oder nicht?



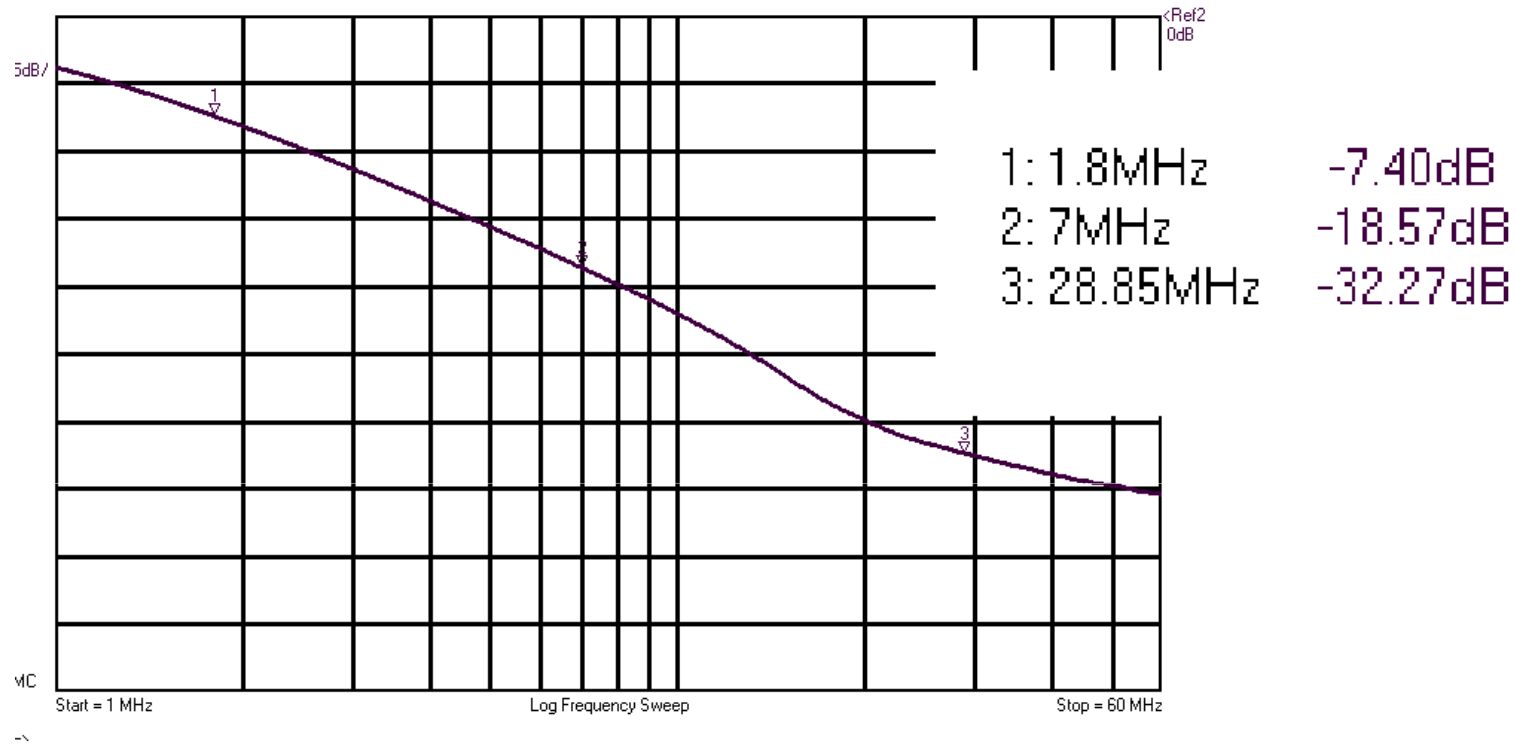
Ergebnis für den „alten“ RK1=742 700 97 Würth.
Diese Bauform des Ringkerns ist erkennbar an
den nur leicht angeschrägten Ecken.

Brauchbar oder nicht?



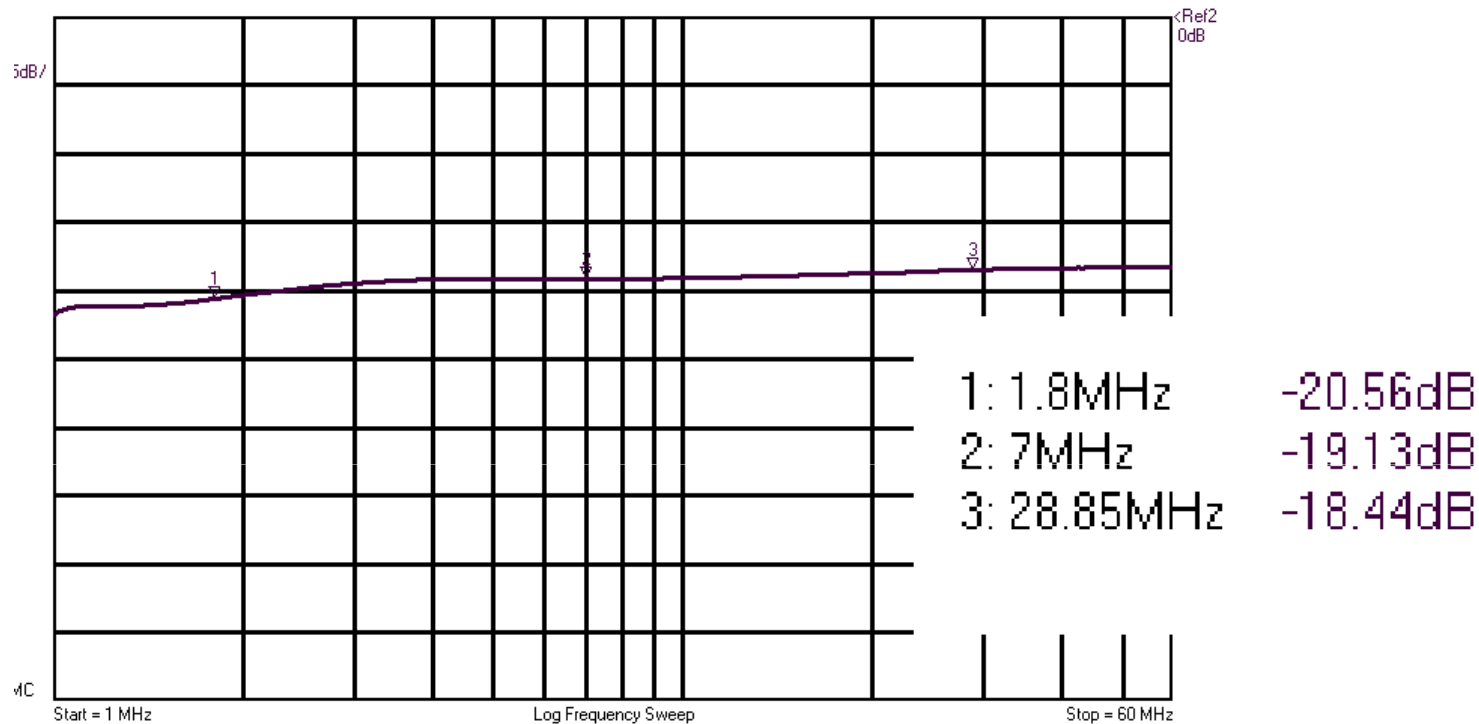
Ergebnis für den 742 701 98. Material 4W1500.
Rechts im Vergleich der gleichgroße Ringkern
742 700 97 mit dem Material 4W620.

Brauchbar oder nicht?



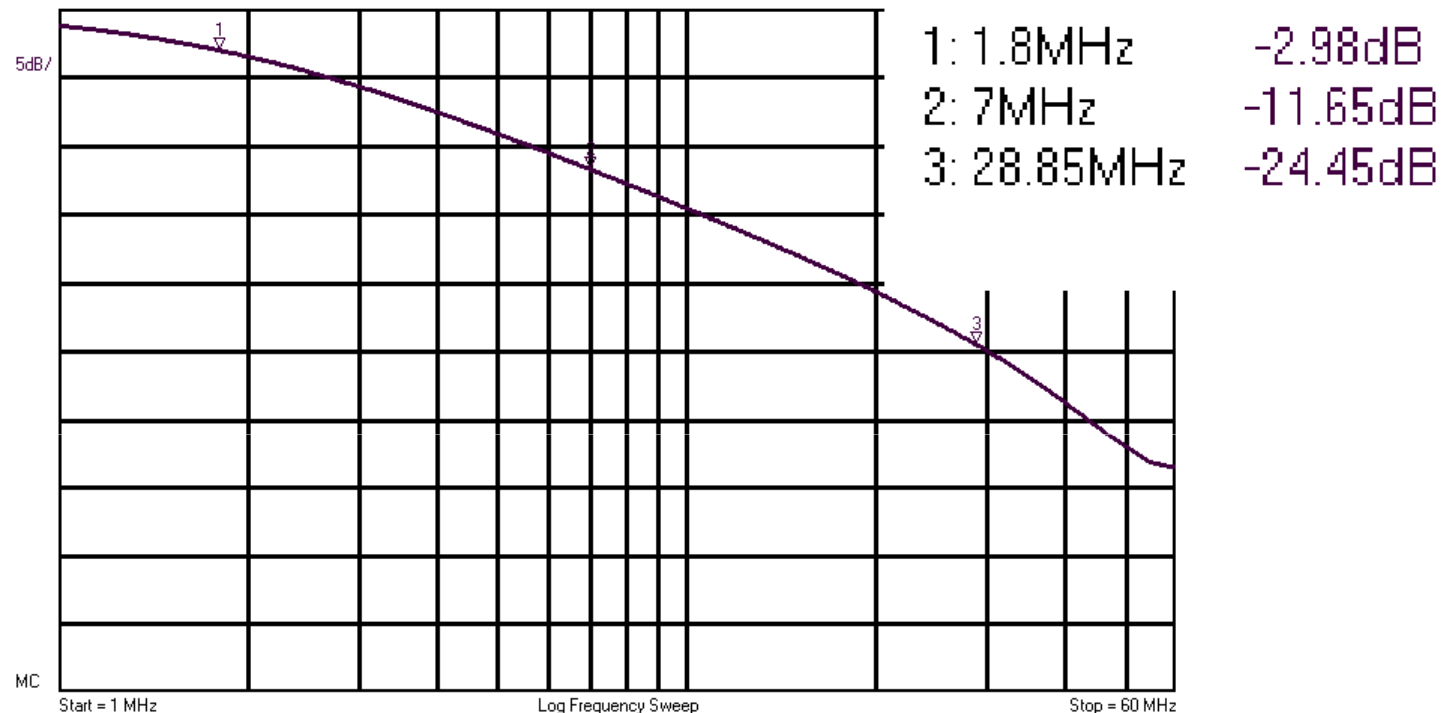
Ergebnis für den TN36/23/15. Material 4C65.
Er schwächt bei tieferen Frequenzen, verlangt also nach mehr Windungen (z.B. 20 statt 10).

Brauchbar oder nicht?



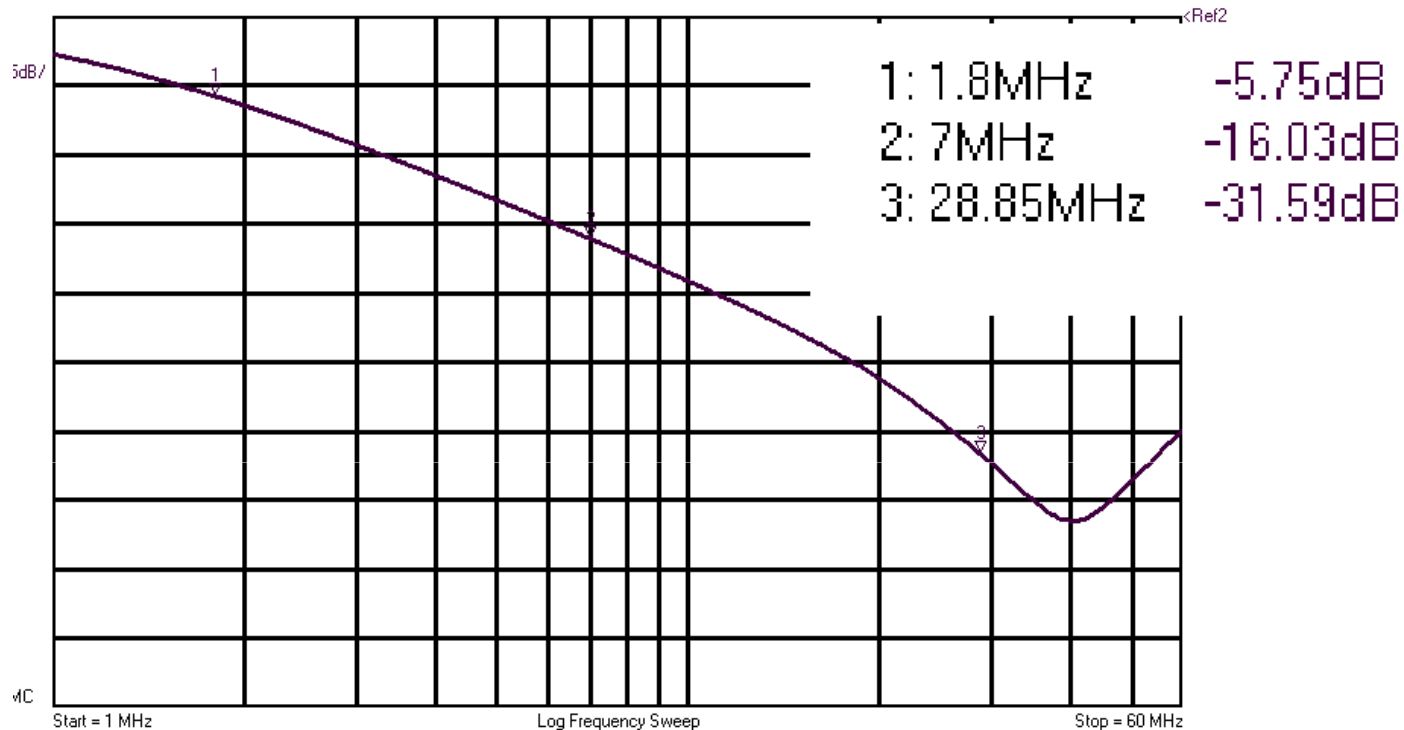
Ergebnis für den Kern FT 140-77. Material 77.
Er schwächelt bei höheren Frequenzen

Brauchbar oder nicht?



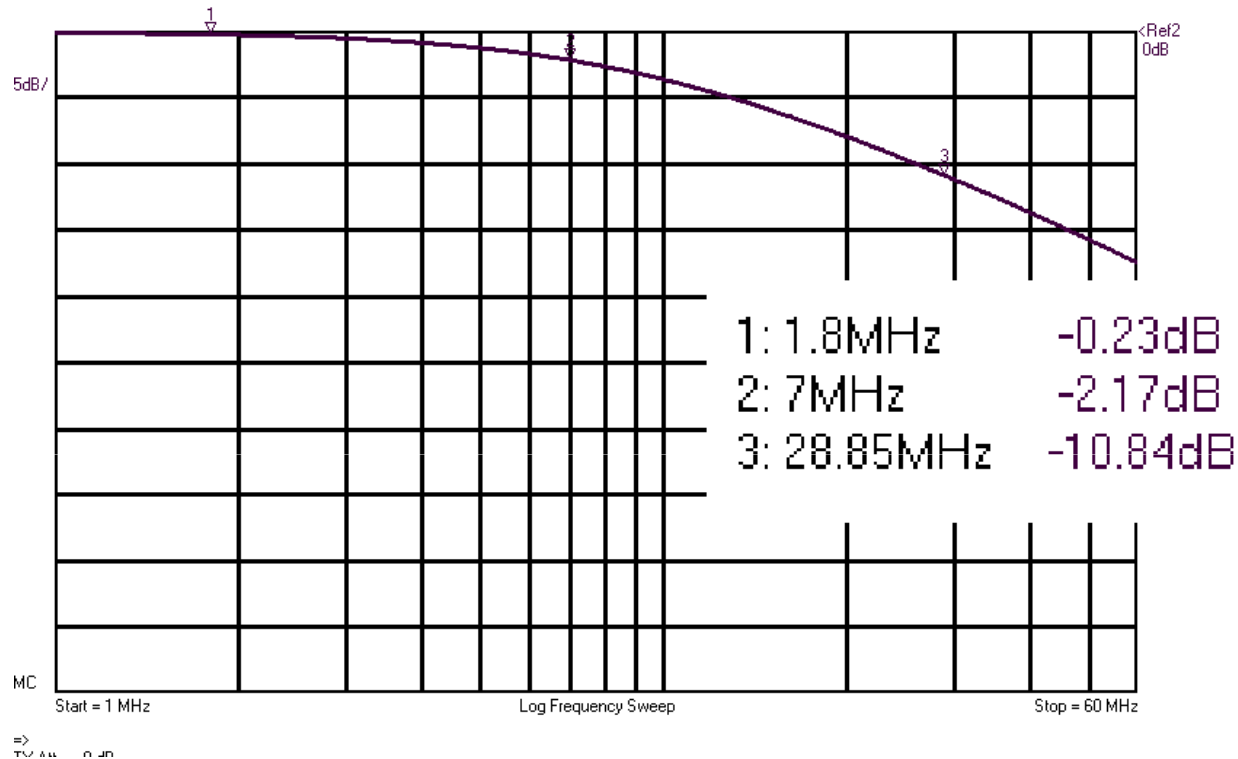
Ergebnis für den Kern CH400060.
Ein so genanntes High Flux - Material.
Es schwächelt bei tieferen Frequenzen.

Brauchbar oder nicht?



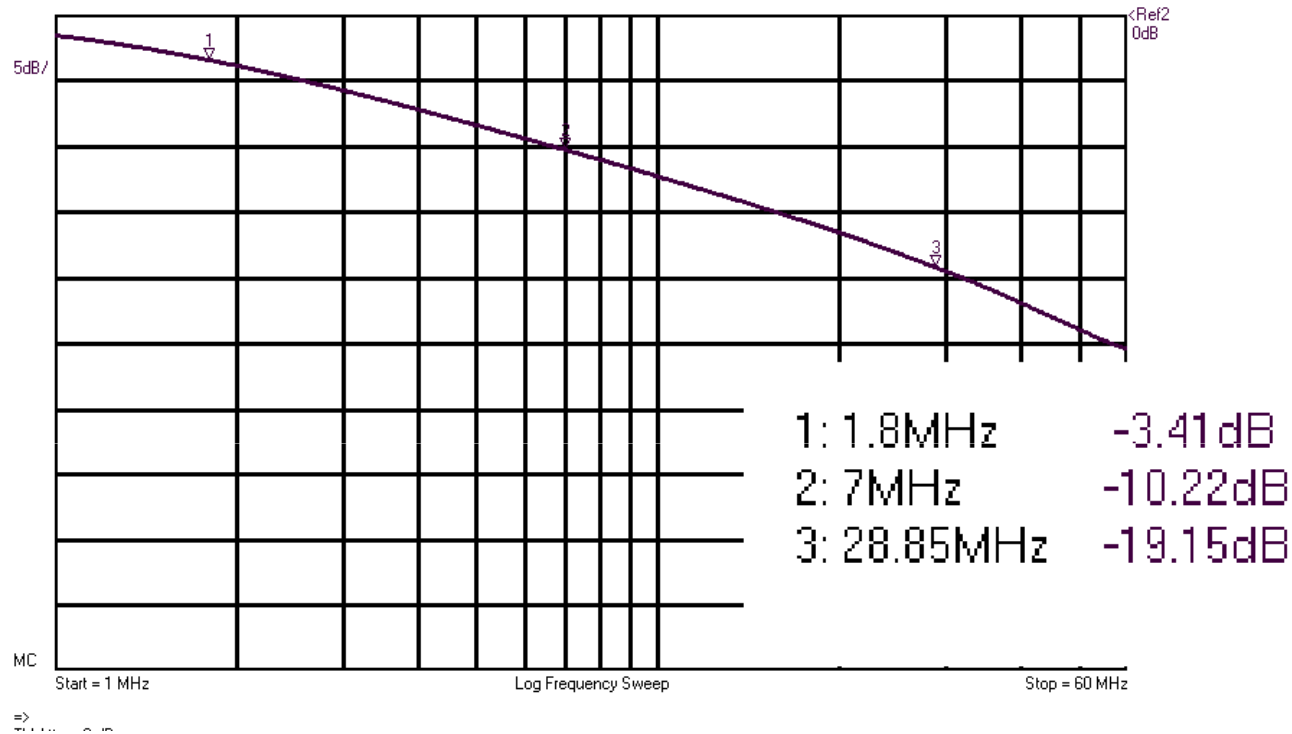
Ergebnis für den Kern CS467060.
Ein so genanntes Sendust - Material.
Es schwächelt bei tieferen Frequenzen.

Brauchbar oder nicht?



Manchmal sieht man rote
Kerne als Sperrglied...(T130-2)

Brauchbar oder nicht?



Die blau-grünen Kerne aus Schaltnetzteilen leisten wenig mit 10 Windungen, nicht umsonst tragen sie bis zu 50 Windungen.

Vormagnetisierung u.a.

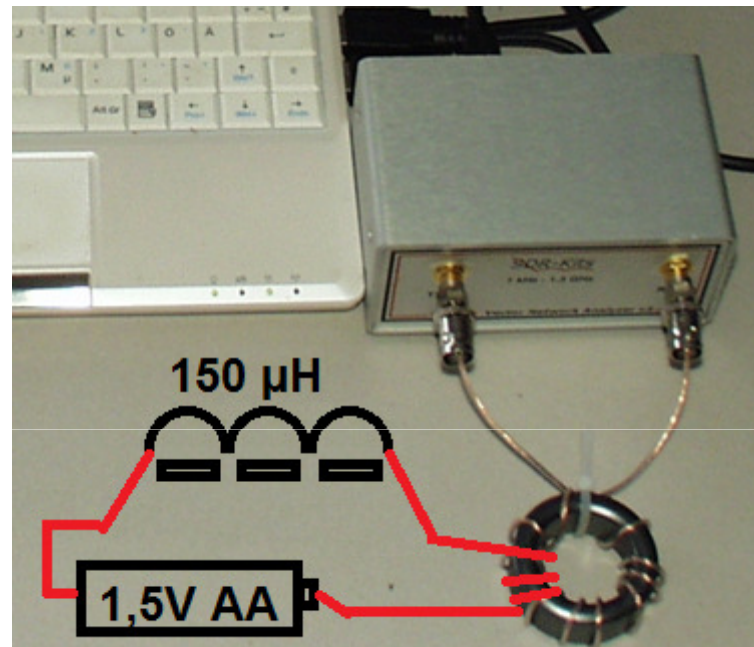
1. Geschichtliches
2. Die Störsituation
3. Finde Störer selbst
4. Entstehung von Mantelwellen
5. Aufgaben des Baluns
6. Ein wenig Theorie – praktisch
7. Das Symmetrieglied
8. Die Kernfrage
9. Vormagnetisierung, Temperatur u. a.
10. Wir bauen Balune

Vormagnetisierung, Temperatur u.a.



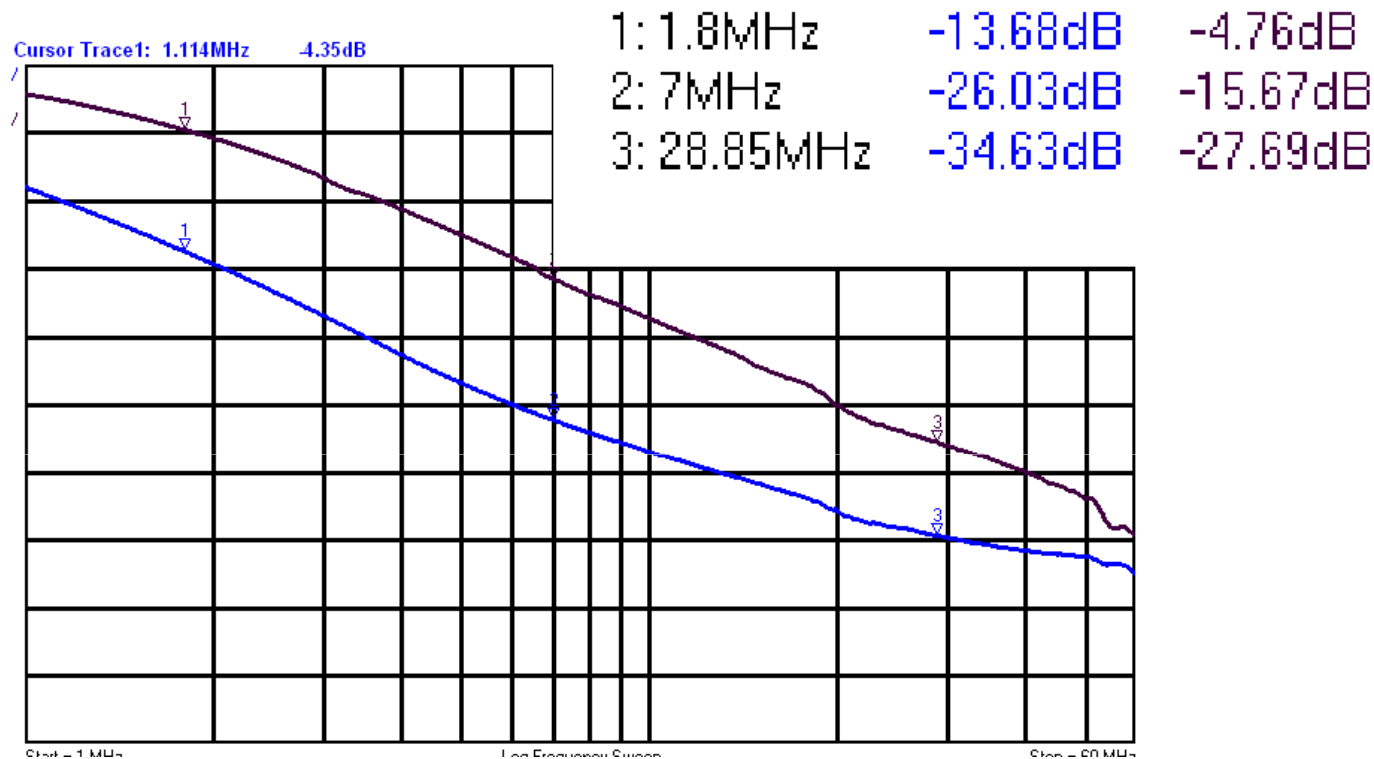
Einflüsse auf Ferritkerne,
die man kennen sollte

Vormagnetisierung



Versuchsanordnung. Strom ca. 5 A. Vergleich der Kurven ohne/mit Vormagnetisierung. Drossel $150 \mu\text{H}$, damit die Batterie für die drei Windungen (rot) keinen Kurzschluss darstellt.

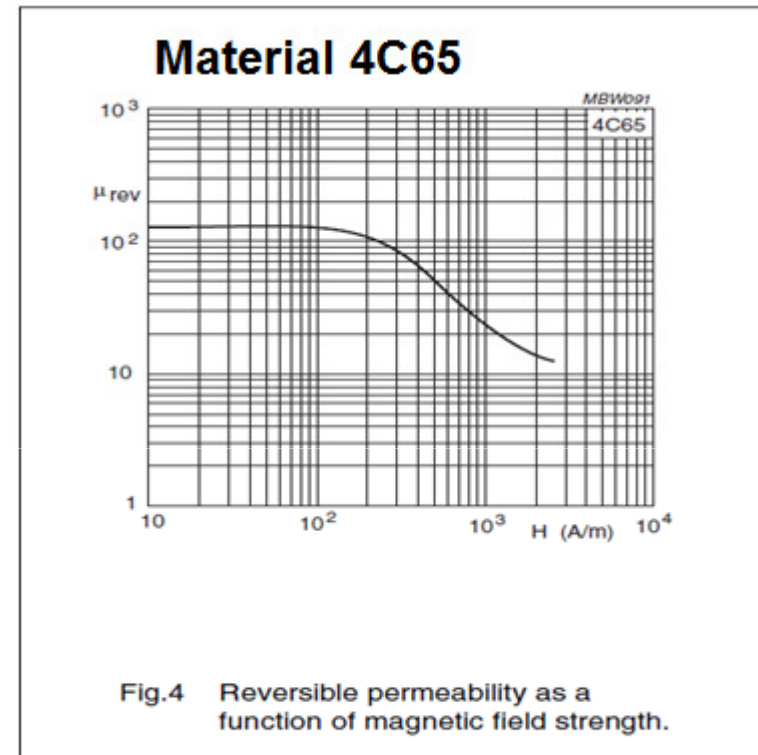
Vormagnetisierung



Vormagnetisierung verringert die Wirksamkeit.
Es passiert jedoch nichts bei gleichem Wickelsinn
des Hin-und Rückleiters (Gegentaktstrom).

Vormagnetisierung

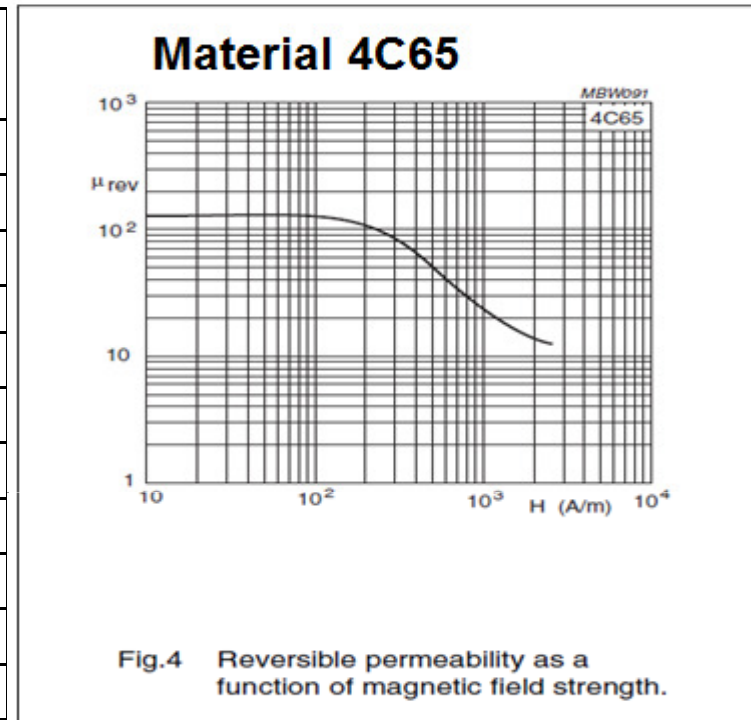
Permeabilität bei Vormagnetisierung, Material 4W620 von Würth	
Ampere pro Meter	%
0	100
20	91
30	88
50	63
100	46
200	31
300	22
500	16
800	10
1000	8



Lt. Tabelle sinkt die Permeabilität des Materials 4W620 (Würth) auf 46%, wenn die magnetische Feldstärke 100 A/m beträgt.

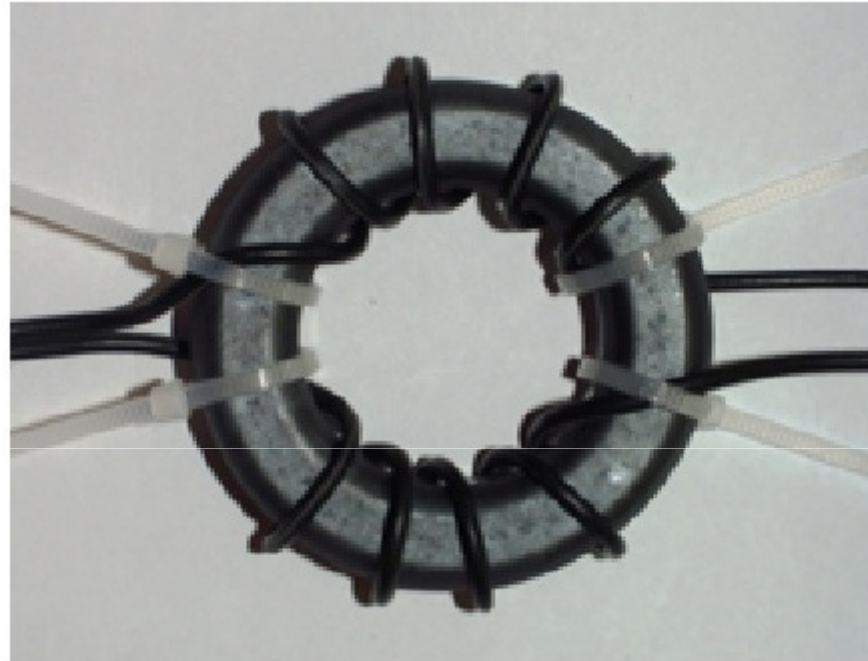
Die Vormagnetisierung

Permeabilität bei Vormagnetisierung, Material 4W620 von Würth	
Ampere pro Meter	%
0	100
20	91
30	88
50	63
100	46
200	31
300	22
500	16
800	10
1000	8



Wenn z.B. 100 A/m als brauchbarer Wert angesetzt wird, so ergeben sich beim **40 mm-Kern**: 742 710 5 mit $U = 0,11$ m:
11A@1 Wdg., **1,1A@10 Wdg.** ($N \cdot I = 11A$)

Die Vormagnetisierung



Eine Drossel zur Bekämpfung von leitungsgeführten Störungen auf einer Netzleitung.

60 mm-Kern: 74270097, 10 Windungen,
Umfang 0,15 m, 100 A/m bei 1,5 A. $N \cdot I = 15 \text{ A}$

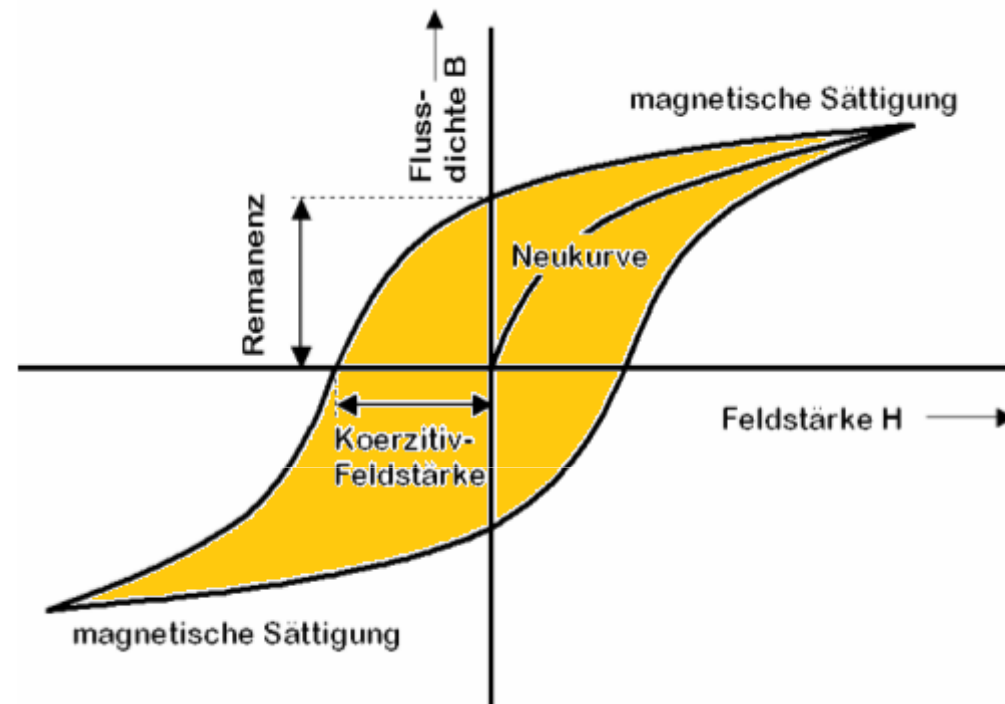
Nichtlineares Verhalten

Permeabilität bei Vormagnetisierung, Material 4W620 von Würth	
Ampere pro Meter	%
0	100
20	91
30	88
50	63
100	46
200	31
300	22
500	16
800	10
1000	8



Ein 60 mm Kern mit 10 Windungen primär.
Mittlere Länge der Feldlinien im Kern 0,15 m.
Leistung 750 Watt, 194 V / 3,86 A an 50 Ohm.
 $H = 257 \text{ A/m}$ (x 1,4 -> Spitze)

Hysterese



Ein Trafo sollte möglichst im Bereich der Neukurve betrieben werden.
Die Hysterese fläche ist Maß für die Verluste.

Magnetische Flussdichte B



Ferrite haben eine Sättigungsflussdichte B_s um 0,3 Tesla. Ich meine, 15 mT (5 % von B_s) als Betriebswert ist ein guter Kompromiss.

Magnetische Flussdichte

$$B = \frac{225 \cdot U}{F \cdot A \cdot N}$$

$$A = \frac{225 \cdot U}{F \cdot 15 \cdot N}$$

B in mT (Millitesla)

U in Volt

F in MHz

A in mm²

N Windungszahl

$$B = 15 \text{ mT}$$

Eine Formel hilft weiter. Sie ist wichtig für die Dimensionierung der Kerne. Man achte auf die Faktoren und ihre Wirkung auf die Flussdichte.

Magnetische Flussdichte

$$B = \frac{225 \cdot U}{F \cdot A \cdot N}$$

B in mT (Millitesla)

U in Volt

F in MHz

A in mm²

N Windungszahl

$$A = \frac{225 \cdot U}{F \cdot 15 \cdot N}$$

$$B = 15 \text{ mT}$$

Beispiel: 194 V, 1,9 MHz, 10 Windungen
Kern-Querschnitt A = 153 mm² erforderlich

RK3: 742 701 5 (40 mm-Kern) hat ca. 90 mm²

RK1: 742 700 97 (60/12,7 mm-Kern) hat ca. 150 mm²

RK4: 742 701 91 (60/20 mm-Kern) hat ca. 250 mm²

Magnetische Flussdichte

$$B = \frac{225 \cdot U}{F \cdot A \cdot N}$$

B in mT (Millitesla)

U in Volt

F in MHz

A in mm²

N Windungszahl

$$A = \frac{225 \cdot U}{F \cdot 15 \cdot N}$$

$$B = 15 \text{ mT}$$

Das Beispiel galt für 750 Watt und dem RK1.

Frage: wie viel Watt „kann“ der RK4?

RK1: 742 700 97 (60/12,7 mm-Kern) hat ca. 150 mm²

RK4: 742 701 91 (60/20 mm-Kern) hat ca. 250 mm²

Magnetische Flussdichte

$$B = \frac{225 \cdot U}{F \cdot A \cdot N}$$

B in mT (Millitesla)

U in Volt

F in MHz

A in mm²

N Windungszahl

$$A = \frac{225 \cdot U}{F \cdot 15 \cdot N}$$

$$B = 15 \text{ mT}$$

RK1: 742 700 97 (60/12,7 mm-Kern) hat ca. 150 mm²

RK4: 742 701 91 (60/20 mm-Kern) hat ca. 250 mm²

$$(250 \text{ mm}^2 / 150 \text{ mm}^2)^2 \times 750 \text{ Watt} = \mathbf{2 \text{ kW}}$$

Magnetische Flussdichte

$$B = \frac{225 \cdot U}{F \cdot A \cdot N}$$

B in mT (Millitesla)

U in Volt

F in MHz

A in mm²

N Windungszahl

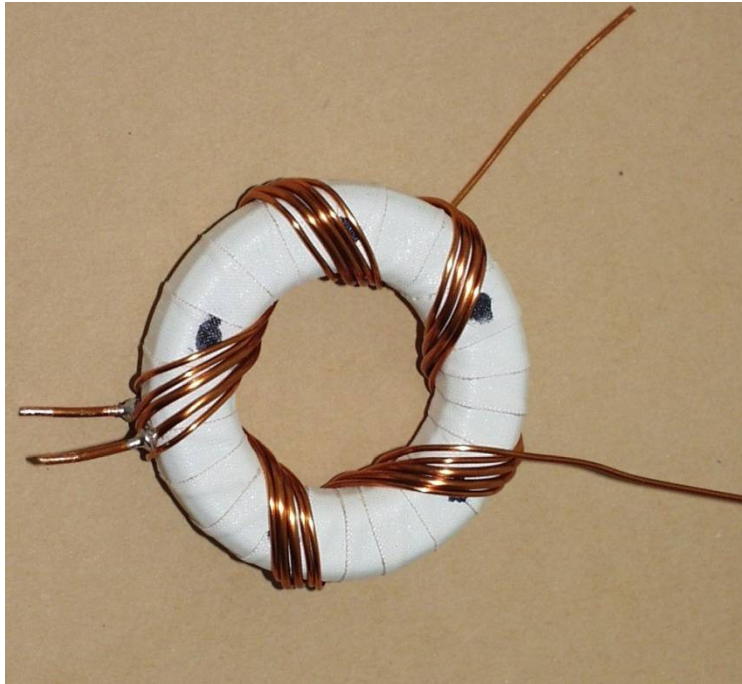
$$A = \frac{225 \cdot U}{F \cdot 15 \cdot N}$$

$$B = 15 \text{ mT}$$

$$(250 \text{ mm}^2 / 150 \text{ mm}^2)^2 \times 750 \text{ Watt} = 2 \text{ kW}$$

Den RK4 = 742 701 91 Würth verwende ich für den Balun 1000+ und für den 800 Watt Hybridbalun. (OMs quälen ihn mit 1,5 kW)

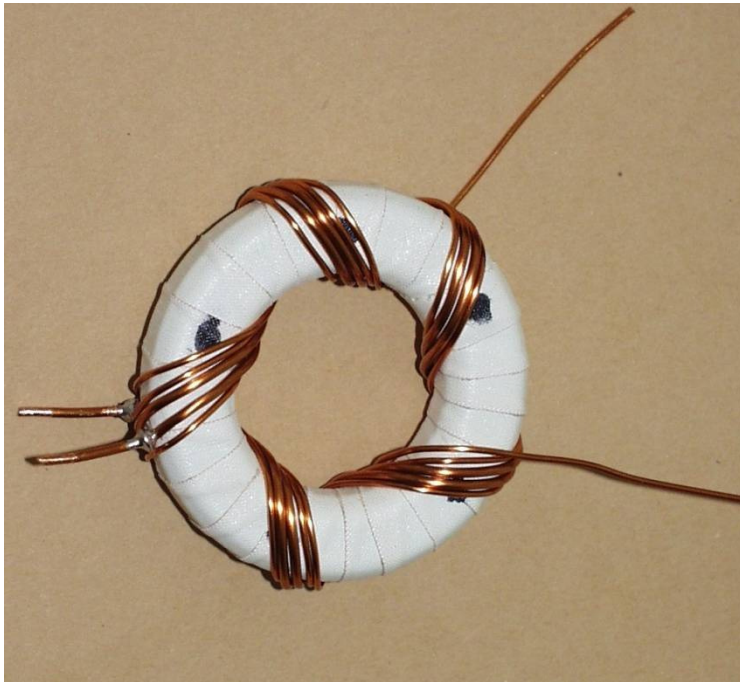
Magnetische Flussdichte



Die Regel, die Impedanz der Wicklung soll bei der unteren Frequenz das Vierfache von 50 Ohm ($L = 16,9 \mu\text{H}$) betragen, führt zu einem SWR von $S = 1,28$. Mit dem von mir gewählten Ansatz jedoch nur $S = 1,12$ (RK3) bzw. 1,07 (RK1, RK4).

Meine Trafos in den Bausätzen sind für ca. 5 % der Sättigungsflussdichte bei 1,9 MHz berechnet. Die Induktivität der Primärwicklung beträgt ca. $60 \mu\text{H}$ (60 mm-Kern) und $40 \mu\text{H}$ (40 mm – Kern).

Madame Curie hat Temperatur...

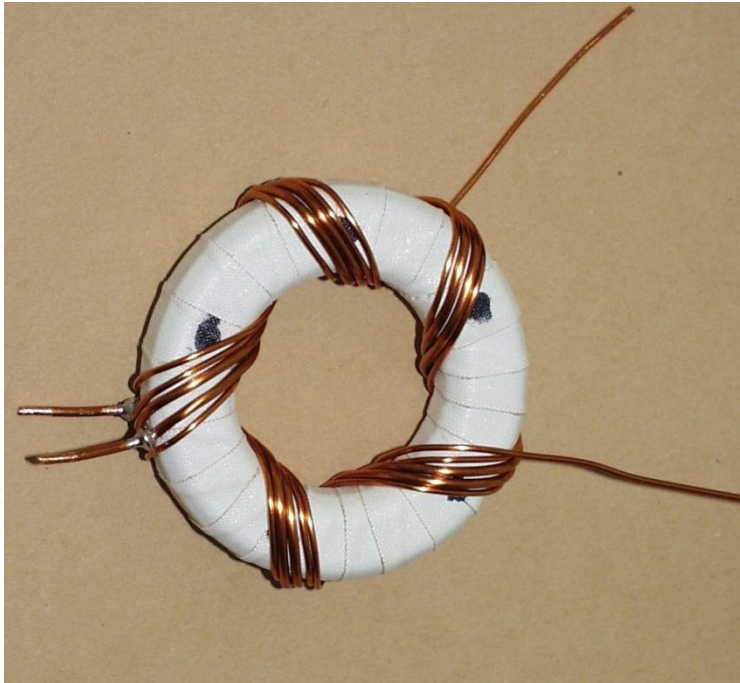


Die Curietemperatur des Materials 4W620 ist 150 Grad. Die Curietemperatur ist jene Temperaturgrenze, wo die magnetischen Eigenschaften verloren gehen. Der Kern hat dann die Wirkung eines Gardinenrings aus Plastik.

Frage:

Der Kern wurde glühend warm,
muss ich ihn wegwerfen?

Madame Curie hat Temperatur...



Die Curietemperatur des Materials 4W620 ist 150 Grad. Je höher die Permeabilität des Materials, um so geringer die Curietemperatur, d.h. jene Temperaturgrenze, wo die magnetischen Eigenschaften verloren gehen.

Nein, nachdem er abgekühlt ist, hat er wieder seine Permeabilität.

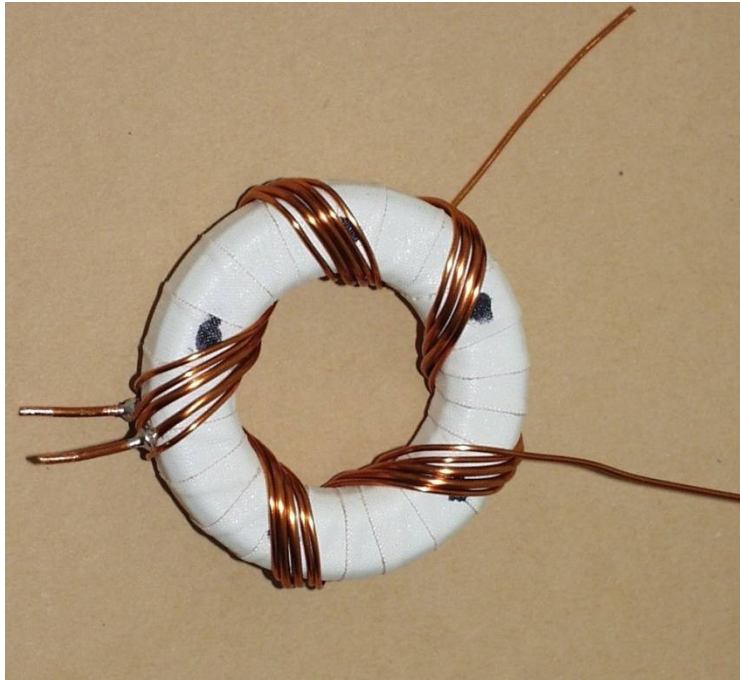
Der Kern ist durch einen Gleichstrom magnetisiert



Dadurch verliert er einen Prozentsatz seiner Permeabilität. Die Blochwände der Weiß'schen Zellen sind verschoben.
(Bitte googeln...)

Frage: Wie bringe ich sie wieder in den ursprünglichen Zustand?

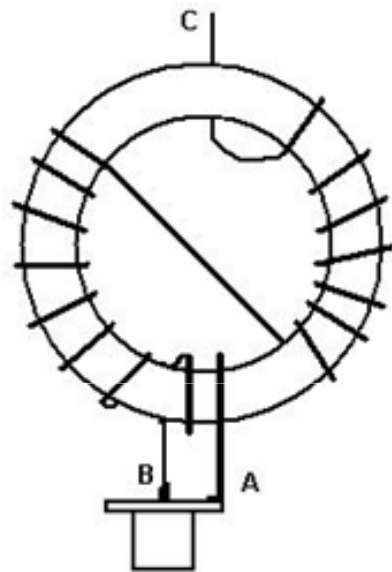
Der Kern ist durch einen Gleichstrom magnetisiert



Dadurch verliert er einen Prozentsatz seiner Permeabilität. Die Blochwände der Weiß`schen Zellen sind verschoben.

Ganz einfach. Sonntags wird doch der Braten in die Röhre geschoben, der Ferritkern kommt hinterher. Nach Abkühlung ist er fast wie neu.

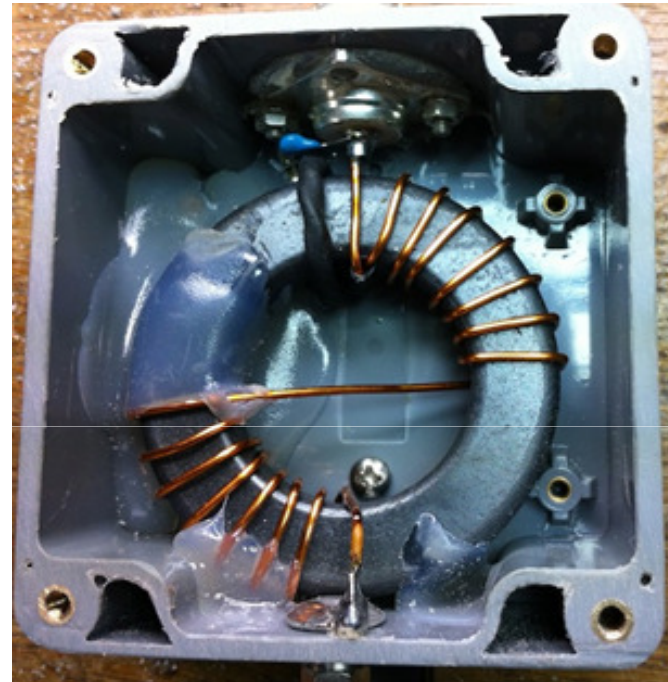
Ein Wundertrafo zeigt sein Gesicht



1 op 50 trafo , Kern FT140-43
2 + 14 wdg. van 1mm Cul draad.



Goed twisten voor
de eerste 2 wdg.



DF7XO hat ihn aufgeschraubt: FT240-43.
Die holländische Skizze hat den FT 140-43.

Ein Wundertrafo

$$B = \frac{225 \cdot U}{F \cdot A \cdot N}$$

B in mT (Millitesla)
U in Volt
F in MHz
A in mm²
N Windungszahl

FT 140-43: A = 80 mm²

FT 240-43: A = 150 mm²



43-er Material: 2750 Gauss = 275 mT

FT140-43: 29 mT bei 3,5 MHz und 100 Watt

FT240-43: 30 mT bei 3,5 MHz und 400 Watt

ein wenig zu viel, kann zur Intermodulation führen...

Ein Wundertrafo



Enclosure as used for:

3band HyEndFed Antenna
4band HyEndFed Antenna
5band HyEndFed Antenna
All Band (1:9) HyEndFed Antenna
HyEnd Line iso



Aussage der Firma HyEndFed Antennas:
Es wird kein Gegengewicht benötigt.

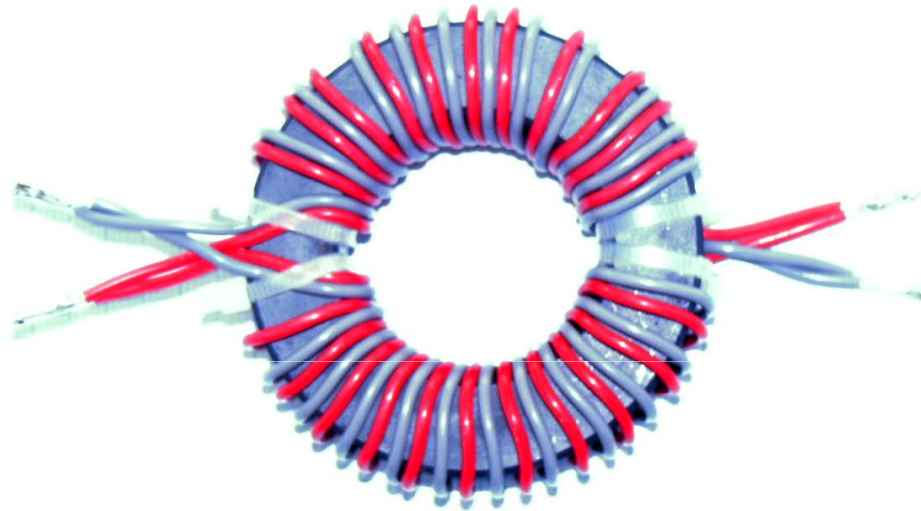
Und wo ist das Gegengewicht?

Es wird durch die Außenseite der Koaxialkabel-
Abschirmung gebildet – mit allen **Problemen.**

Wir bauen Balune

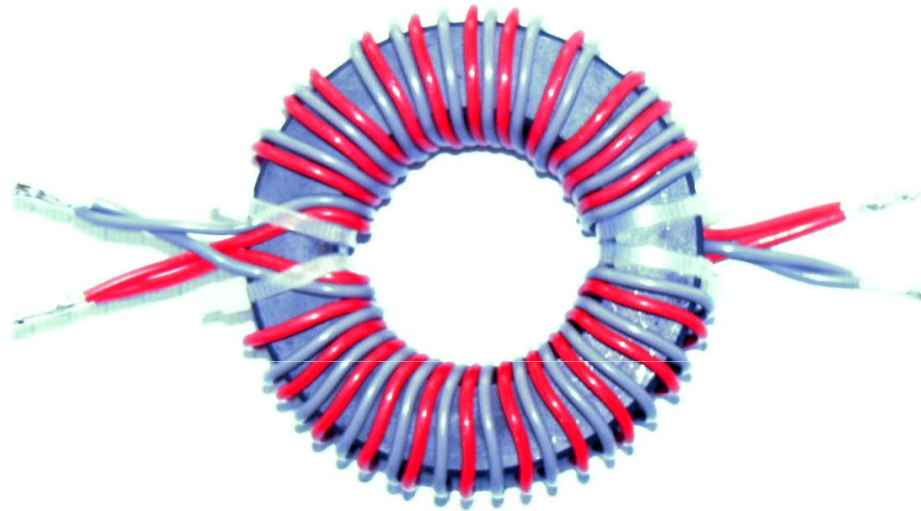
1. Geschichtliches
2. Die Störsituation
3. Finde Störer selbst
4. Entstehung von Mantelwellen
5. Aufgaben des Baluns
6. Ein wenig Theorie – praktisch
7. Das Symmetrieglied
8. Die Kernfrage
9. Vormagnetisierung, Temperatur u. a.
10. Wir bauen Balune

Wir bauen Balune: Sperrglied 50 Ω zu 50 Ω



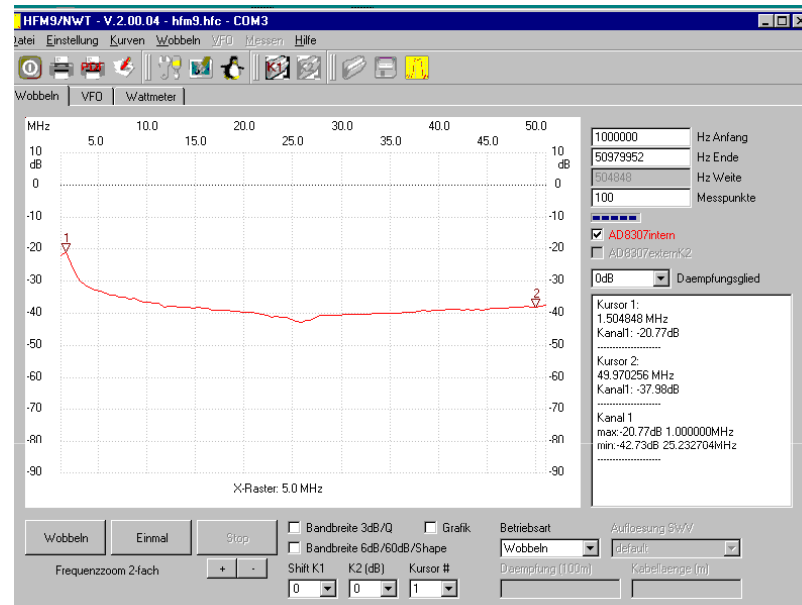
Der Balun ist ein Sperrglied. Er enthält zwei Leitungen 100 Ω , die parallel geschaltet sind. Der Abstand der Drähte rot und grau wird mit dem Fingernagel auf jeweils 100 Ω getrimmt.

Wir bauen Balune: Sperrglied 50 Ω zu 50 Ω



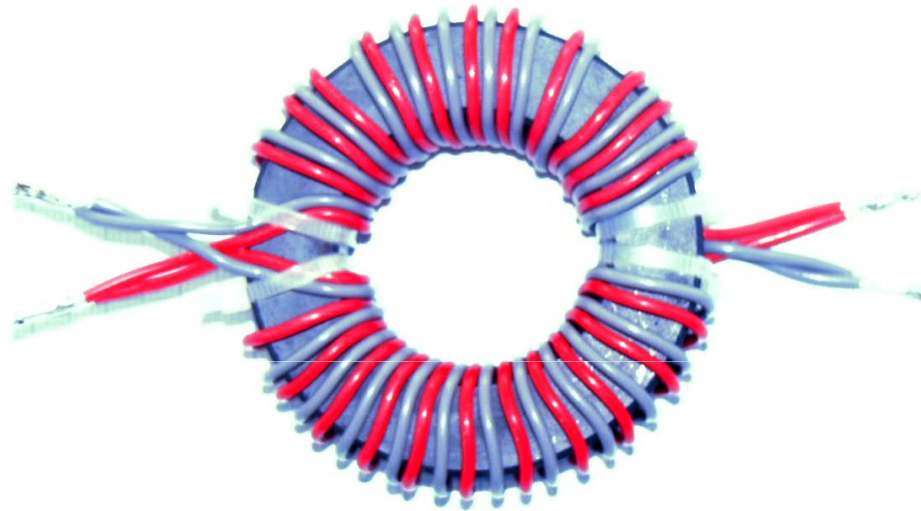
Er stellt für Gegentaktströme eine Verbindung und für Gleichtaktströme eine Sperre dar, deshalb „Sperrglied“. Andere Namen sind current balun, Strombalun, Mantelwellensperre.

Wir bauen Balune: Sperrglied 50 Ω zu 50 Ω



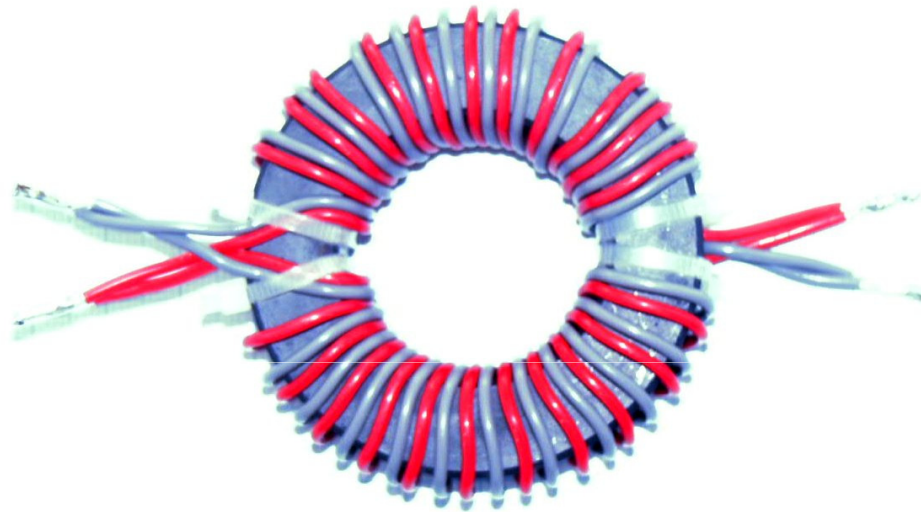
12 Windungen wirken als Drossel, da die vier Drähte für Gleichtaktstrom „wie ein Draht“ wirken. (wie bei der Litze!) Alle haben den gleichen Wickelsinn auf dem Kern.

Wir bauen Balune: Sperrglied 50 Ω zu 50 Ω 800 Watt



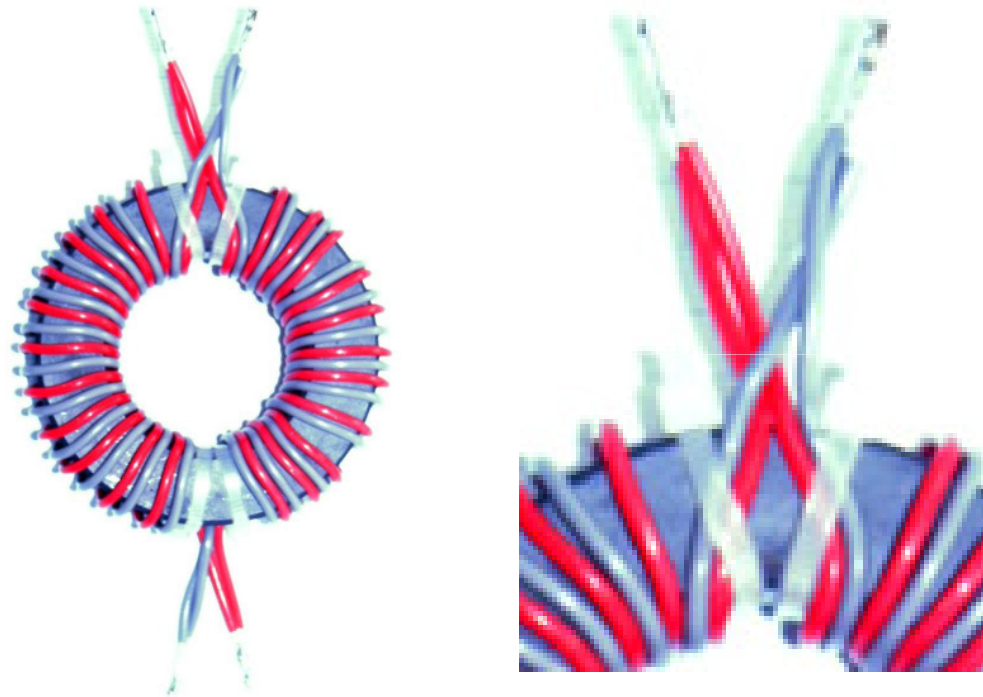
Man könnte auch statt der zwei Zweidrahtleiter ein $D = 5 \text{ mm}$ 50 Ω Koaxialkabel verwenden, das lässt sich aber schlecht wickeln. Die AWG 18 Litze (parallel) kann hohe Leistungen führen.

Wir bauen Balune: Sperrglied 50 Ω zu 50 Ω 800 Watt



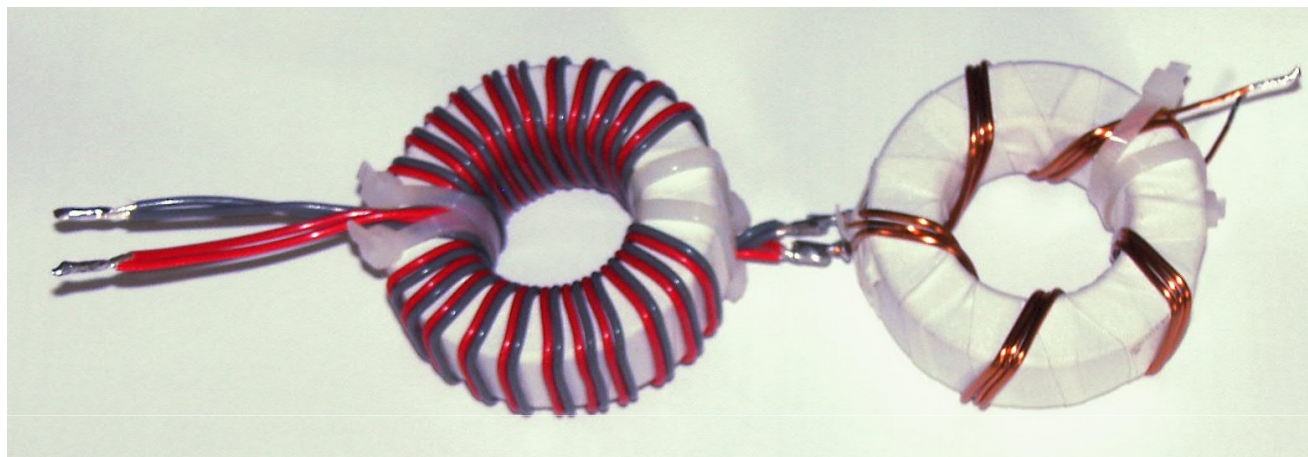
Ob man richtig gewickelt hat, sieht man bei verschiedenen farbigen Drähten. Sonst prüft man, ob zwischen den beiden Anschlüssen auf einer Seite **kein Kurzschluss** ist.

Wir bauen Balune: Sperrglied 50 Ω zu 50 Ω 800 Watt



Die gleichfarbigen Anschlüsse werden verbunden. Prüfung, ob sie so herauskommen.

Wir bauen Balune: Sperrglied 50 Ω zu 100 Ω , 800 Watt



Balune mit Transformation, hier 50 Ω zu 100 Ω , bestehen bei meinen Bausätzen aus dem bekannten Balun (Sperrglied) 50 Ω zu 50 Ω und einem Transformator, rechts im Bild.

Wir bauen Balune: Sperrglied 50 Ω zu 100 Ω , 800 Watt



Wenn von einem Transformator die Rede ist, dann könnte sich das Transformationsverhältnis auf die Spannung beziehen. Ein Trafo 1 zu 2 hätte dann eine primäre Wicklung N_s und eine doppelt so große sekundäre Wicklung, $N_s/N_p=2$.

Wir bauen Balune: Sperrglied 50 Ω zu 100 Ω , 800 Watt



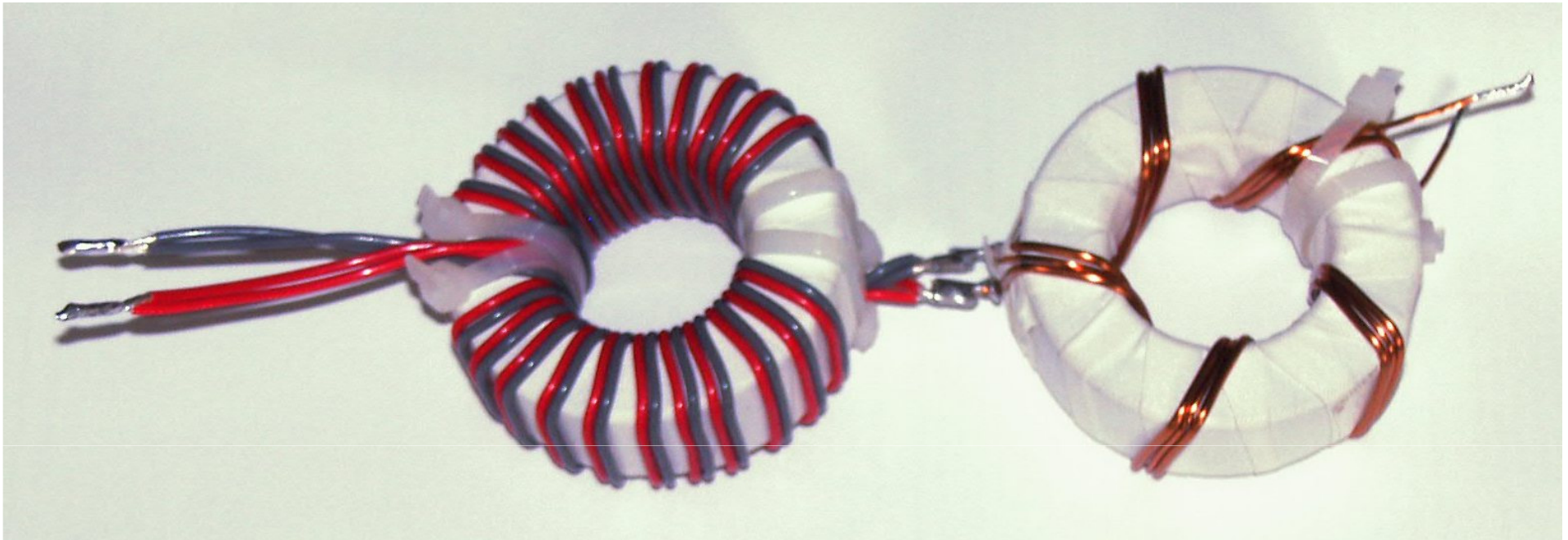
Das Transformationsverhältnis sollte sich aber auf das **Widerstandsverhältnis** beziehen. Ein Trafo 1 zu 2 hätte dann eine primäre Wicklung N_p und eine $\sqrt{2}$ mal so große sekundäre Wicklung N_s . $N_s/N_p = \sqrt{2} = 1,41$. (14 zu 10 Wdg)

Wir bauen Balune: Sperrglied 50 Ω zu 100 Ω 800 Watt



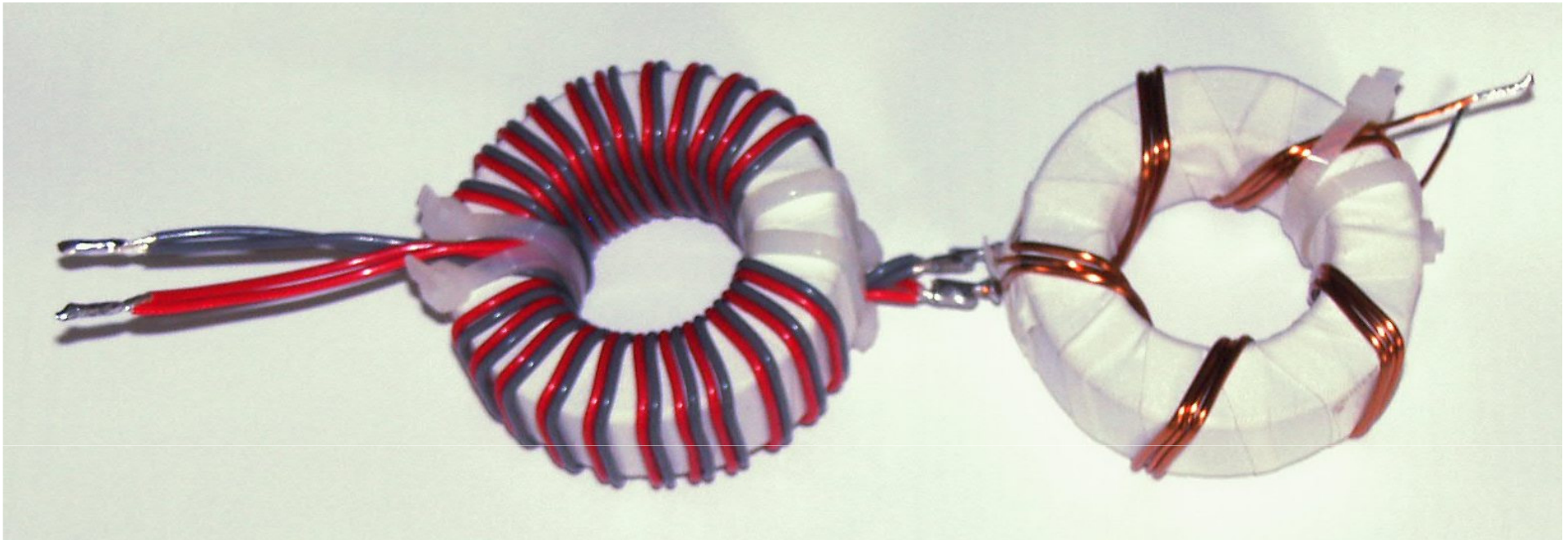
Für den Bau des Transformators (rechts) gilt:
die **primäre Wicklung** N_p umfasst den ganzen Kernumfang, einmal oder mehrmals, hier sind es zwei mal fünf Windungen = 10 Wdg.

Wir bauen Balune:



Die **sekundäre** Wicklung N_s wird in Fortsetzung der primären Wicklung N_p hergestellt, dies nennt man „Spartrafo“.
Das Übersetzungs (Impedanz)-Verhältnis ist $\ddot{U} = (N_s/N_p)^2$ oder $\sqrt{\ddot{U}} = N_s/N_p$ $N_s = 14$ Wdg.

Wir bauen Balune:



Für einen 50Ω zu 100Ω Trafo ist $N_s/N_p = \sqrt{2}$, also Wurzel aus 2, das Verhältnis der Windungszahlen wird 1,4 sein. Die primäre Wicklung erhält 10 Windungen, die sekundäre 14. Beim Spartrafo also $10 + 2 + 2$.

Wir bauen Balune:



Es hat sich bewährt, bei der Wicklung analog zum Leitungstransformator zu denken.

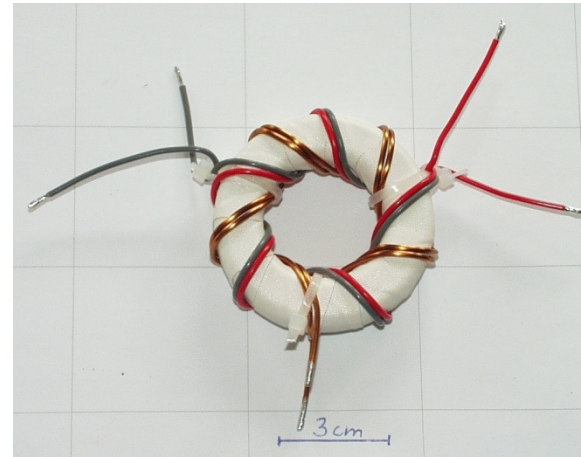
Die Impedanz der Leitung, man könnte sich die parallelen Drähte als Leitung denken, ergibt sich aus $Z = \ddot{U} * N_p = 1,4 * 50 \Omega = 70 \Omega$. **Die Drähte sollten also recht dicht nebeneinander liegen.**

Wir bauen Balune: Sperrglied 50 Ω zu 450 Ω 800 Watt



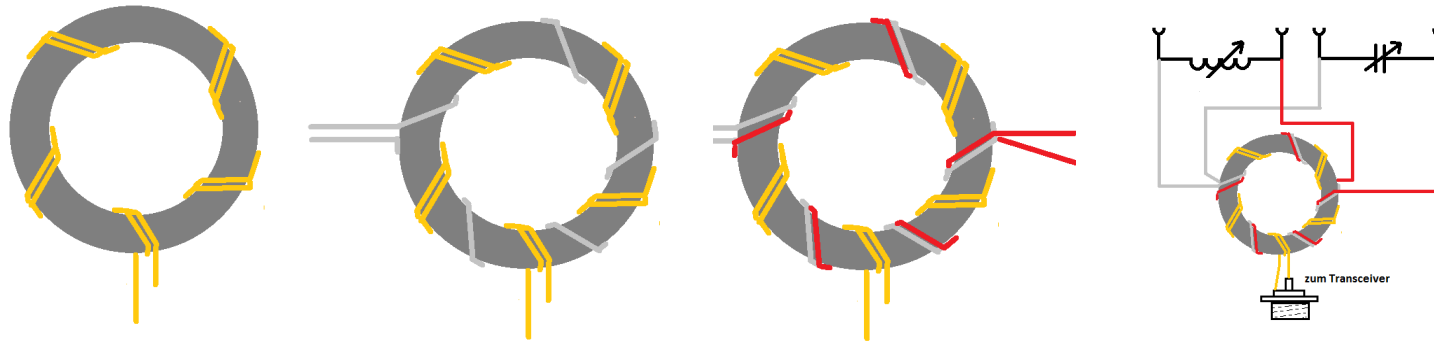
Beim Trafo 50 Ω zu 450 Ω ergibt sich aus
 $Z = \ddot{U} * N_p = 3 * 50 \Omega = 150 \Omega$. Das bedeutet,
für ein gutes SWR bei 30 MHz **werden die
Drähte mit großem Abstand gewickelt.**
Hier ist $N_p = 8$ und $N_s = 24$.

Wir bauen Balune: S-Match Balun nach PA0FRI



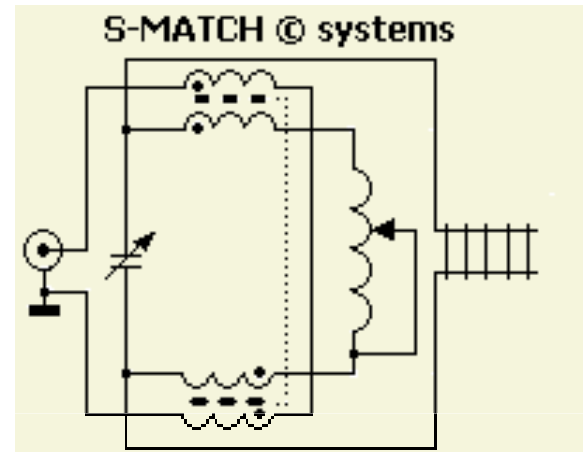
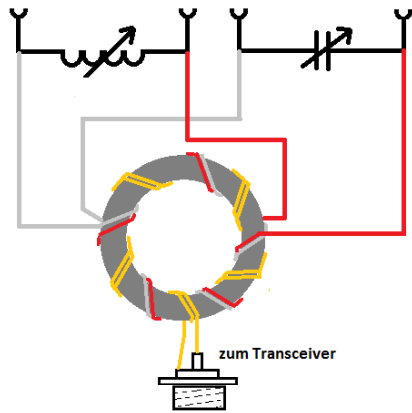
Ein wunderbarer Balun! Er arbeitet nach dem Prinzip des Trenntransformators, d.h. die galvanische Unterbrechung bewirkt den sauberen Übergang vom symmetrischen zum unsymmetrischen System.

Wir bauen Balune: S-Match Balun nach PA0FRI



Die primäre Wicklung hat 10 Windungen (5+5).
Die sekundäre Wicklung ist von der primären galvanisch getrennt und besteht ebenfalls aus zwei mal fünf Windungen. $\ddot{U} = 1$.

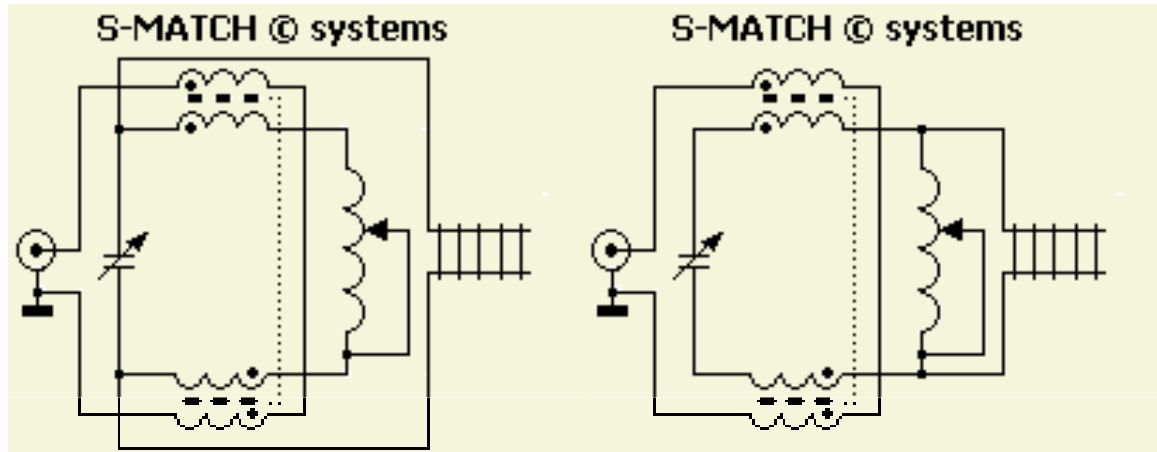
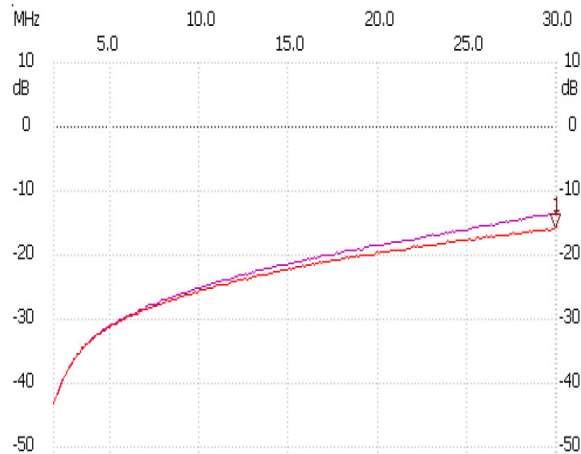
Wir bauen Balune: S-Match Balun nach PA0FRI



Der Transformator ist nicht Bestandteil des Anpassungsnetzwerkes!

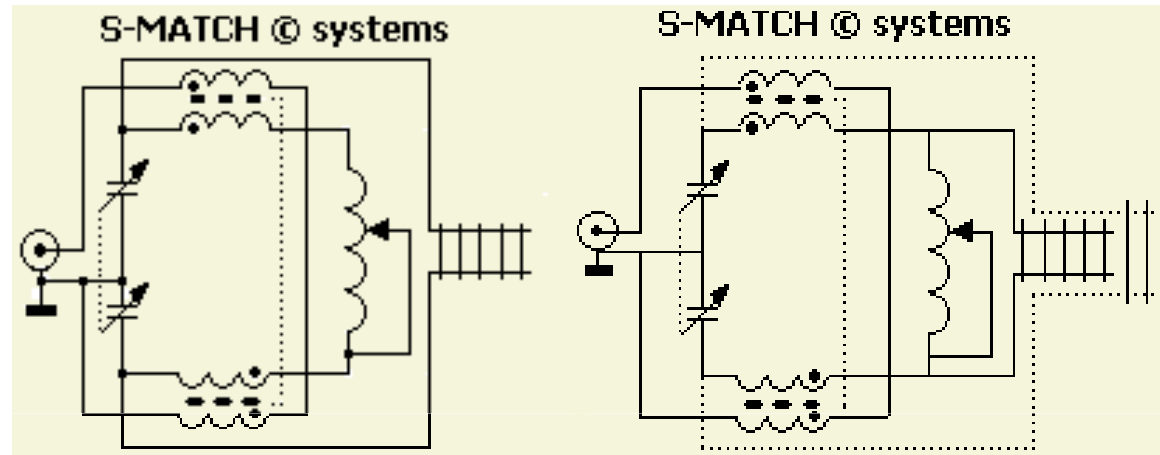
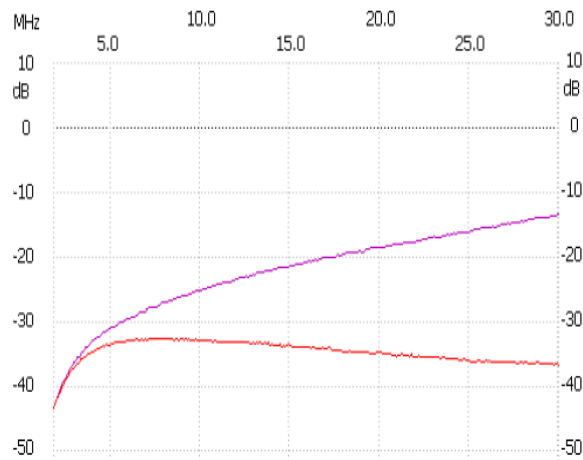
Die Rollspule und der Drehkondensator bilden ein Hochpass-L (Antenne an Spule) oder Tiefpass-L (Antenne an Drehkondensator)

Wir bauen Balune: S-Match Balun nach PA0FRI



Die Gleichtaktunterdrückung auf den unteren Kurzwellenbändern ist gut (bis 45 dB). Durch die Kapazität zwischen den Wicklungen lässt sie jedoch zu höheren Frequenzen nach.
Links Tiefpass-L, rechts Hochpass-L.

Wir bauen Balune: S-Match Balun nach PA0FRI

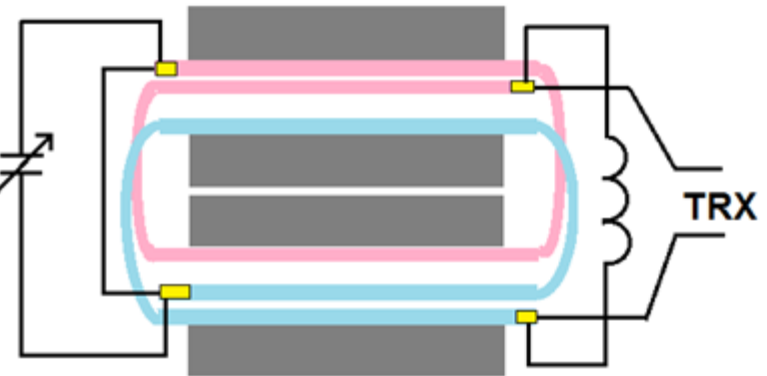


Die Gleichtaktunterdrückung verbessert sich, wenn ein Doppeldrehkondensator mit Erdung in der Mitte (Split-Stator) verwendet wird. Links Tiefpass-L, rechts Hochpass-L. Die rote Kurve zeigt die Verbesserung.

Wir bauen Balune: S-Match Balun nach PA0FRI



Aufbau des Trafos nach RZ3AE



Aufbau des Trafos nach DG0SA

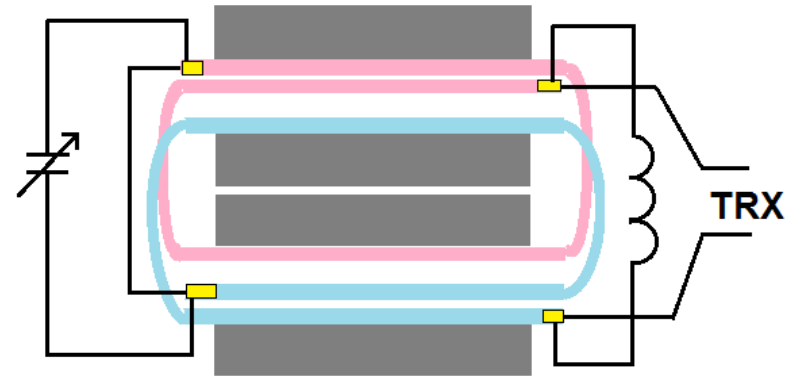
RZ3AE verwendet für den S-Match-Trafo zwei Ferritrohre. Ich setze sie ähnlich in meinem eigenen S-Match ein. Die Verdreifachung der primären Windungszahl bedeutet neunfache zulässige Leistung bei gleichen Kernen.

Wir bauen Balune: S-Match Balun nach PA0FRI

$$B = \frac{225 \cdot U}{F \cdot A \cdot N}$$
$$U = \frac{F \cdot 15 \cdot N \cdot A}{225}$$

B in mT (Millitesla)
U in Volt
F in MHz
A in mm²
N Windungszahl

B = 15 mT

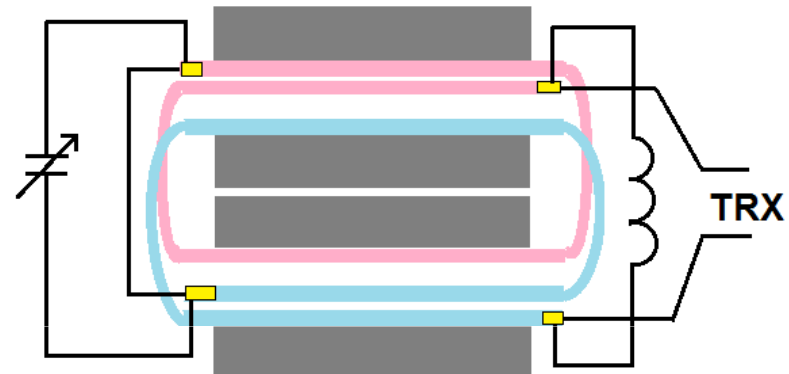
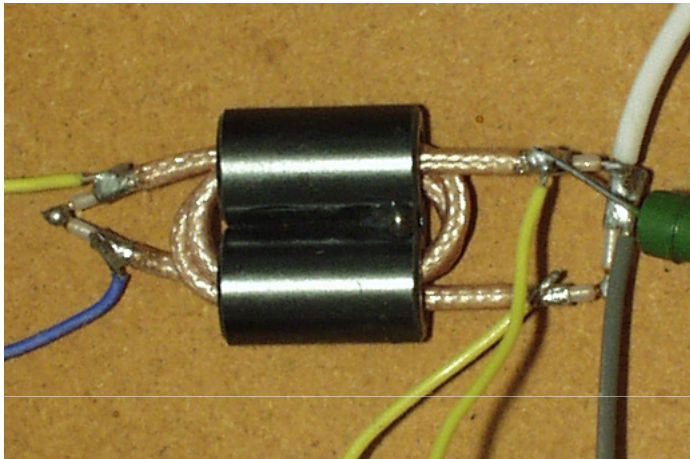


Nehmen wir den Kern Würth 742 700 37.

(L = 20 mm, Da = 12 mm, Di = 5,6 mm, A = 60 mm²)

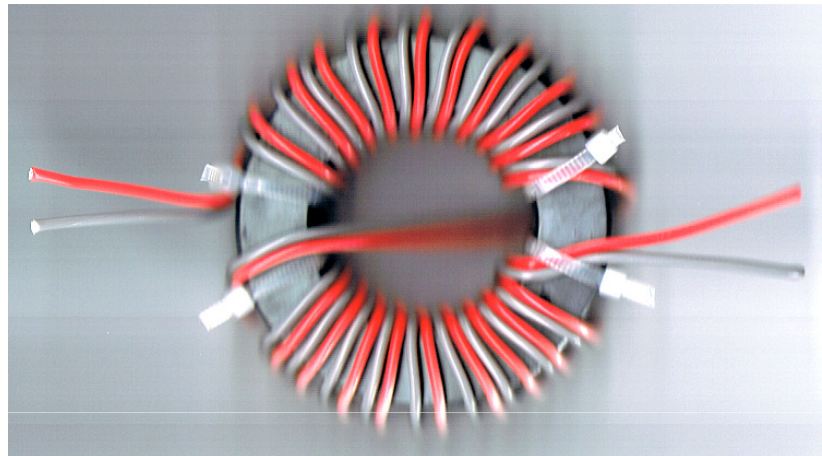
Da die Wicklung zwei Kerne durchläuft, kommt in die Rechnung der Faktor 2, es ist dazu z.B. die Fläche A zu verdoppeln, A = 120 mm². Für die niedrigste Frequenz F = 3,5 MHz folgt U = 84 V (140 Watt)!

Wir bauen Balune: S-Match Balun nach PA0FRI



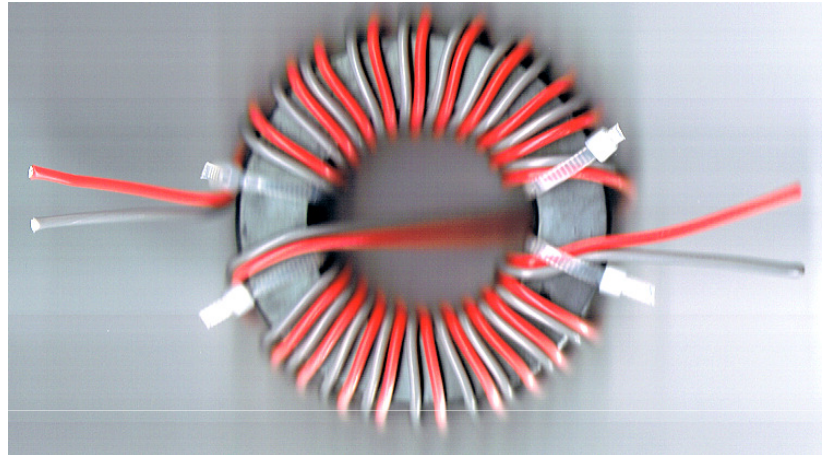
84 V an 50 Ω sind 140 Watt. Dieser kleine Transformator verträgt 100 Watt bedenkenlos. Die Wicklung wird mit RG316 hergestellt, PTFE isoliert mit versilbertem Innen- und Außenleiter. Mit nur 12 pF zwischen den Wicklungen!

Wir bauen Balune: Balun für undefinierte Impedanz



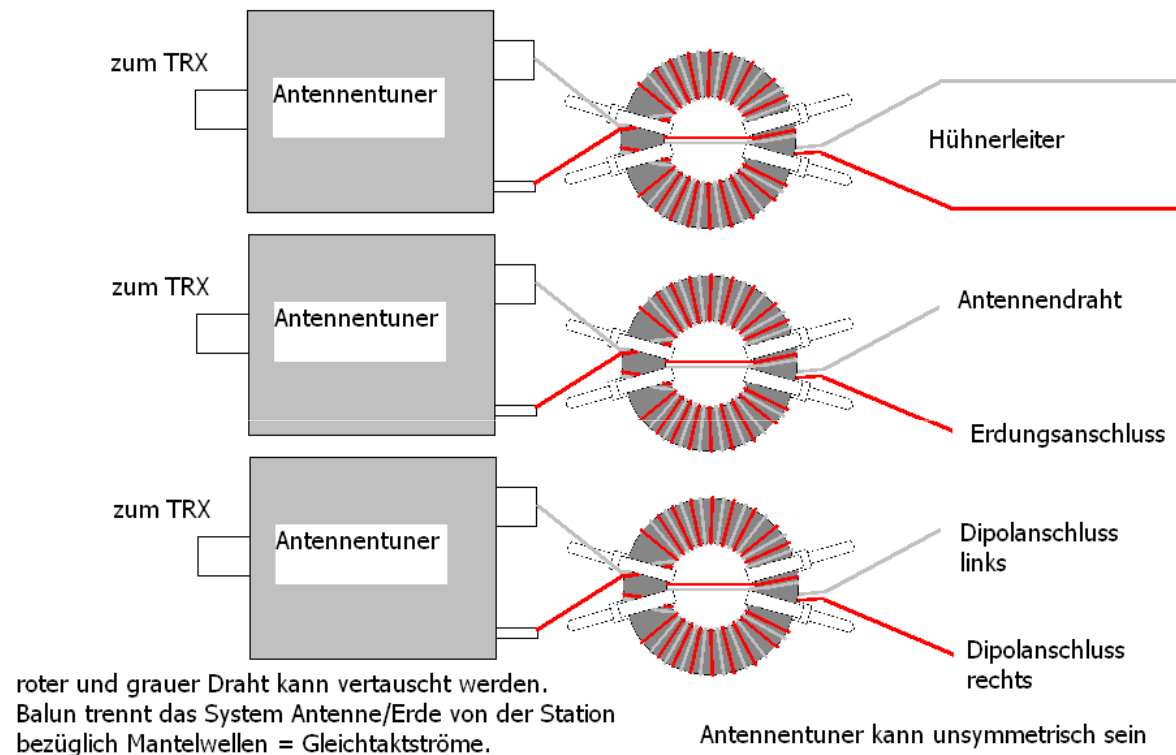
Am TRX-seitigem Ende der Hühnerleiter finden wir bei Mehrbandantennen unterschiedliche Impedanzen. Der Antennenkoppler wird damit fertig. Der Übergang von Hühnerleiter zum Koppler erfolgt mit einem solchen Balun.

Wir bauen Balune: Balun für undefinierte Impedanz



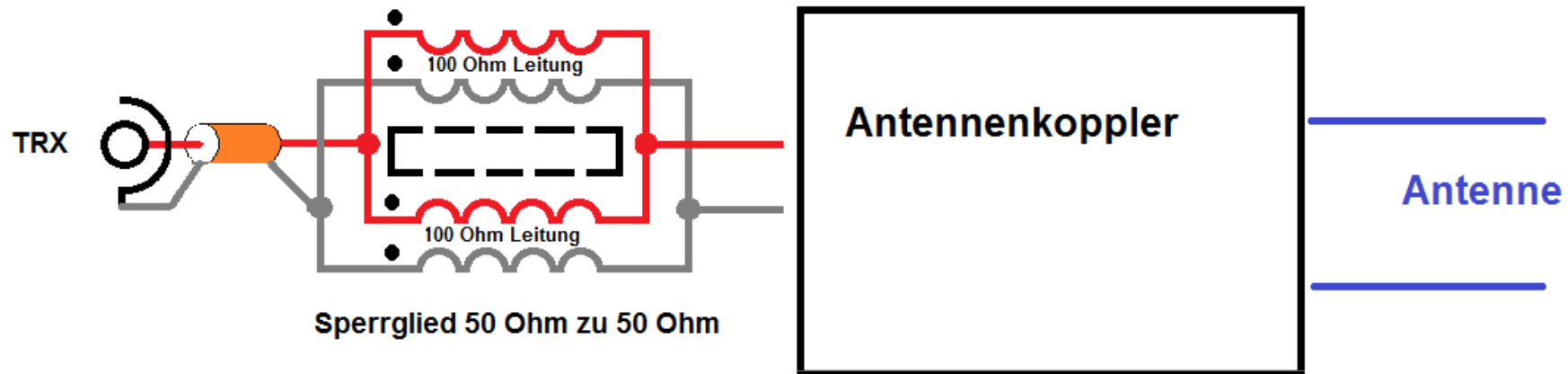
Der Balun „sieht“ also sehr unterschiedliche Impedanzen und braucht deshalb nicht für z.B. 50 Ω ausgelegt werden (hier $Z = 110 \Omega$).
Da an dieser Stelle hohe Spannungen auftreten können, muss er vor allem spannungsfest sein.

Wir bauen Balune: Balun für undefinierte Impedanz



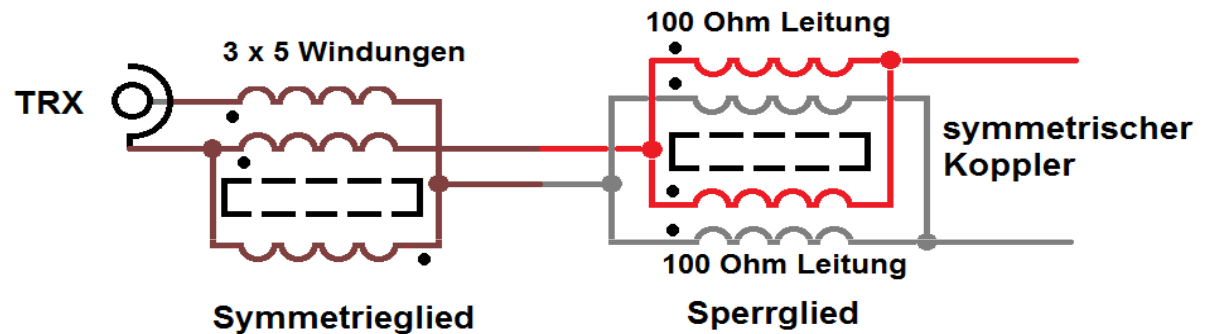
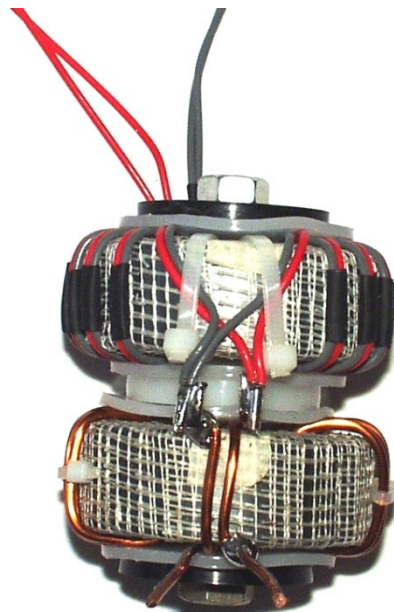
Der Einsatz hinter dem Antennenkoppler kann vielfältig sein. Vorteil: Erdung des Kopplers!

Wir bauen Balune: Balun für undefinierte Impedanz



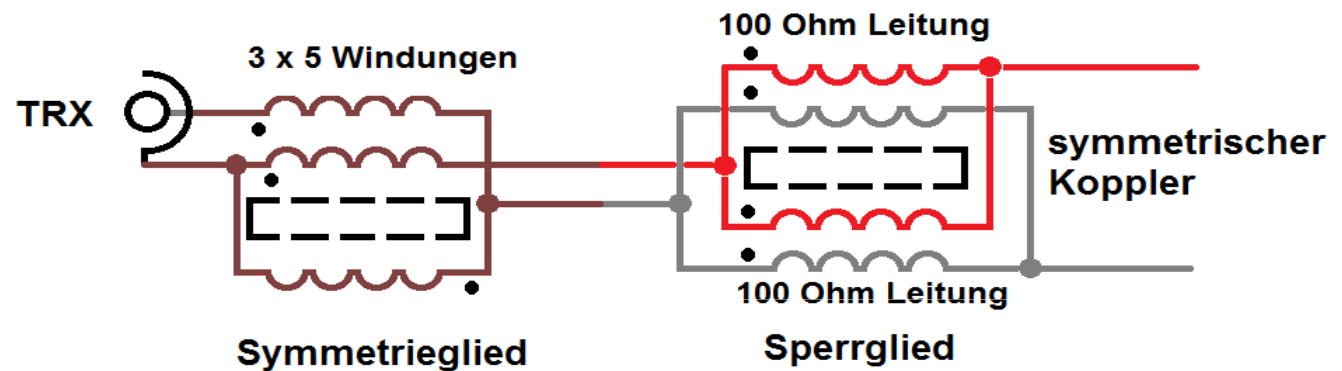
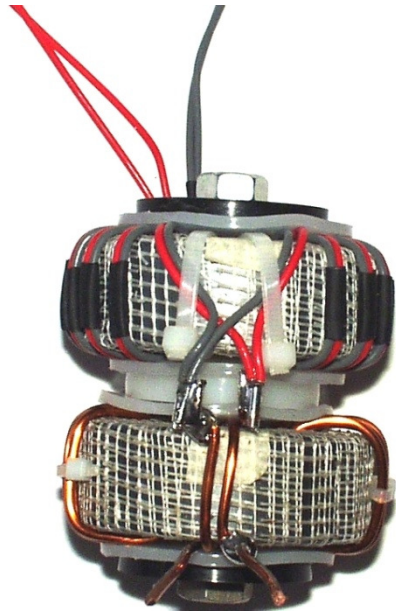
Beim Einsatz des Balun vorm Antennenkoppler darf der Koppler nicht geerdet werden. Stromversorgungsleitungen mit Kontakt zum Anpassnetzwerk müssen gleichfalls verdrosselt werden. (12 Windungen auf Ringkern gleicher Größe, an Vormagnetisierung denken)

Wir bauen Balune: Hybridbalun



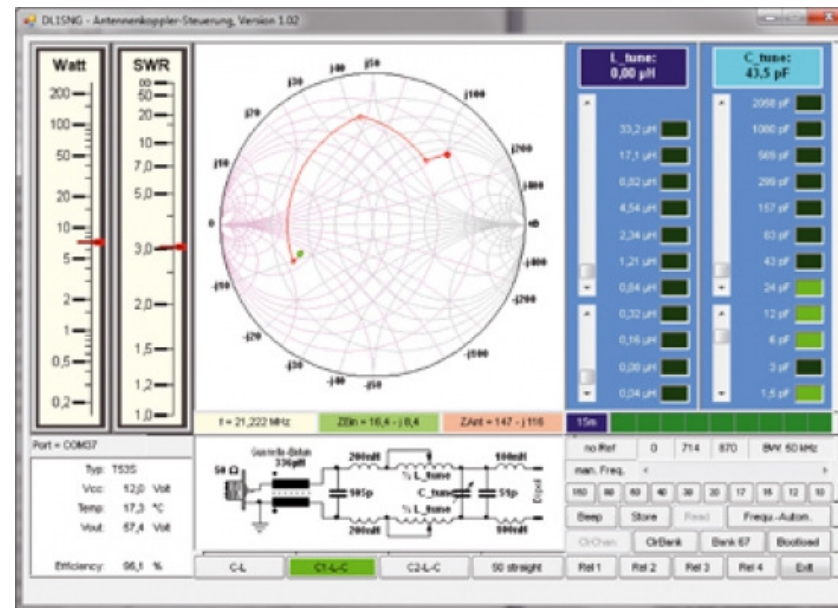
Die Kombination besteht aus einem Symmetrie- und einem Sperrglied.

Wir bauen Balune: Hybridbalun



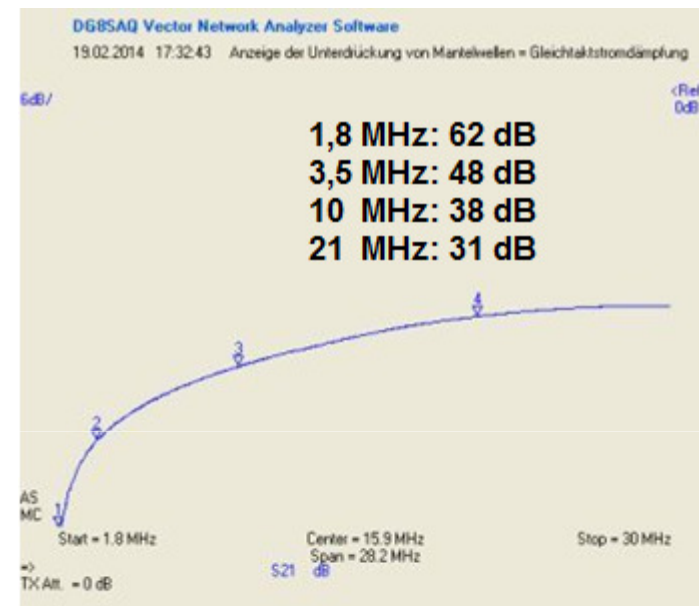
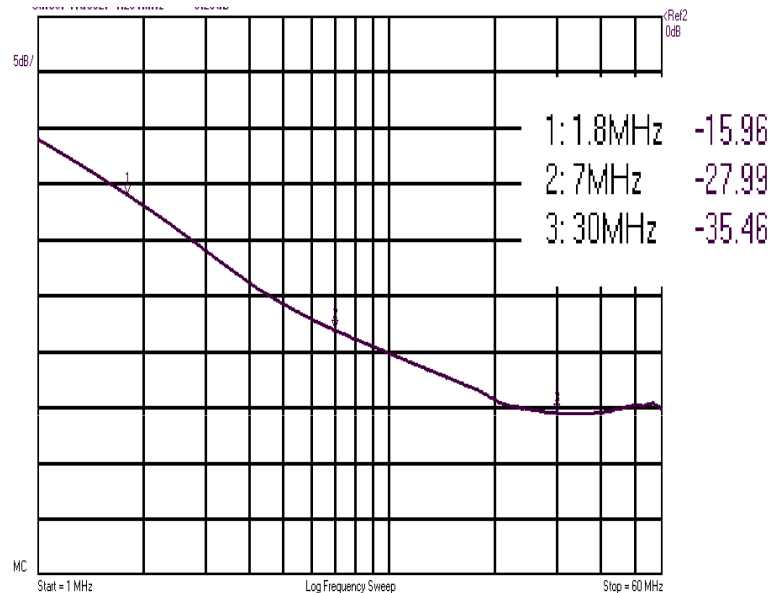
Macht vor allem Sinn an symmetrischen Antennen in einem symmetrischen Koppler (Christian-Koppler, hamware-Koppler, Koppler nach DL1SNG)

Wir bauen Balune: Hybridbalun



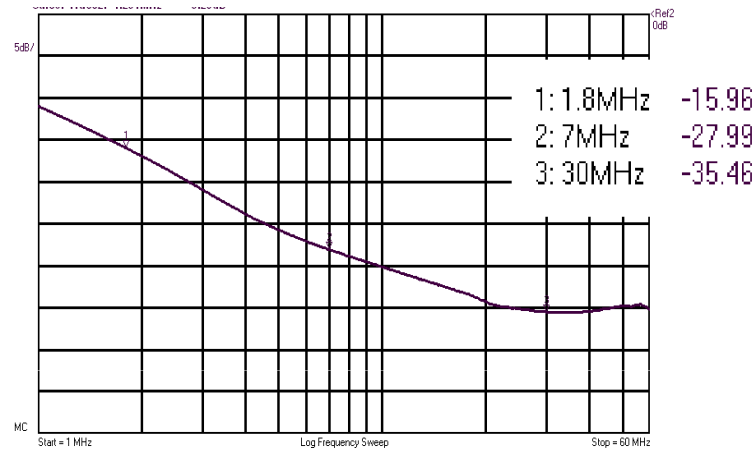
Im Koppler nach DL1SNG erkennen wir ein einfaches Sperrglied , $336 \mu\text{H}$. Verwendet wurde ein FT240-43 mit 19 Windungen RG402.

Wir bauen Balune: Hybridbalun



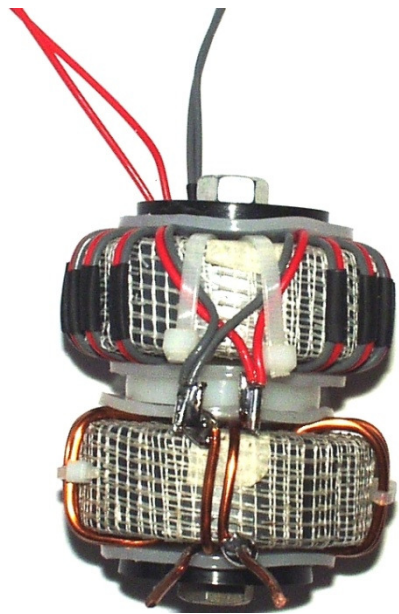
Sperrglieder nach Gerth (nicht Guanella) weisen bei niedrigeren Frequenzen eine Schwäche auf (links). Symmetrieglieder dagegen bei höheren Frequenzen (rechts).

Wir bauen Balune: Hybridbalun



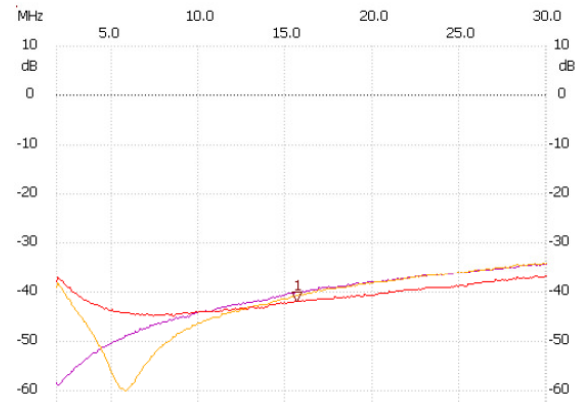
Die Störungssituation ist aber gerade auf den unteren Bändern schlimmer, als auf den oberen Bändern. Da reicht ein Sperrglied oft nicht.

Wir bauen Balune: Hybridbalun



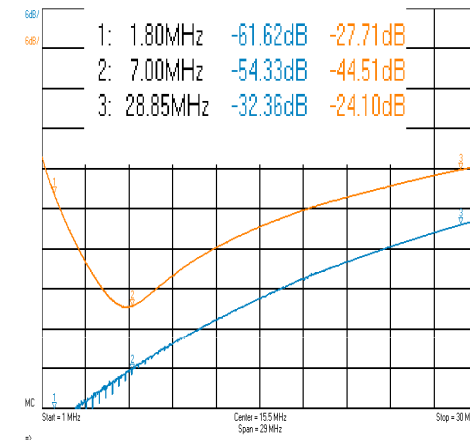
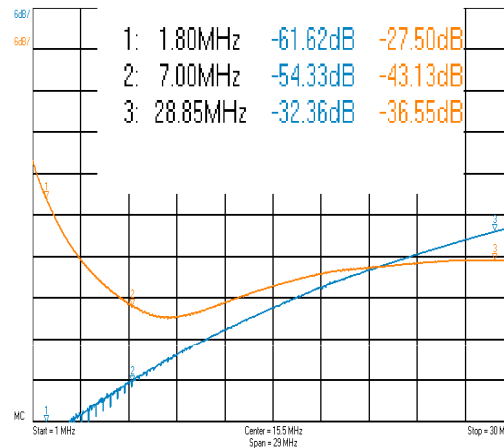
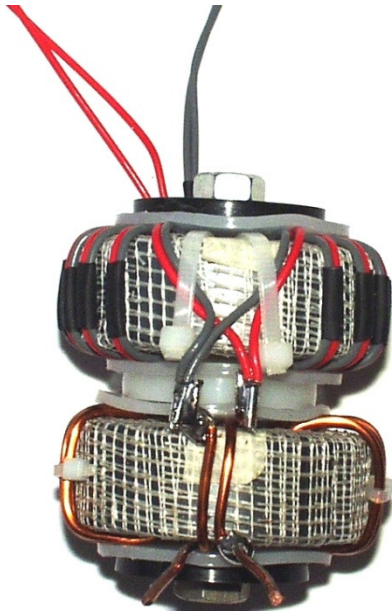
NWT 4 Linux & Windows 20 Mai 2010, 11:07

Startfrequenz: 1.800000 MHz; Endfrequenz: 30.000185 MHz; Schrittweite: 94.315 kHz
Messpunkte: 300; Zwischenzeit: 0 uSek



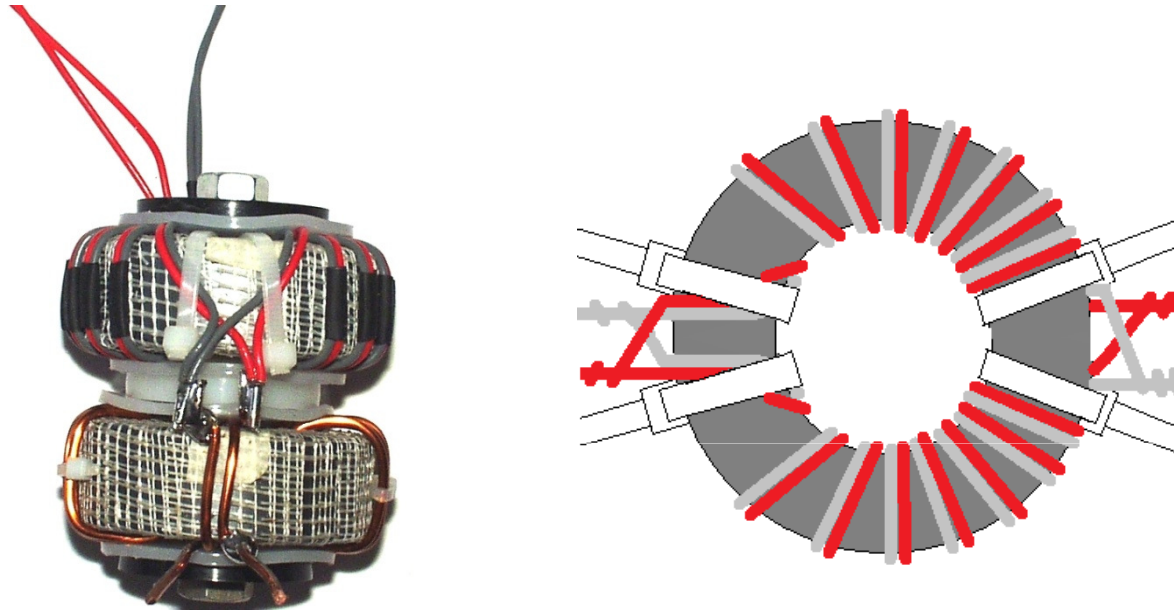
Der Hybridbalun ist sowohl bei tiefen, als auch bei den hohen Bändern wirkungsvoll (blau). Selbst wenn die Symmetrie **leicht** gestört ist, werden gute Ergebnisse erreicht (gelb, rot).

Wir bauen Balune: Hybridbalun



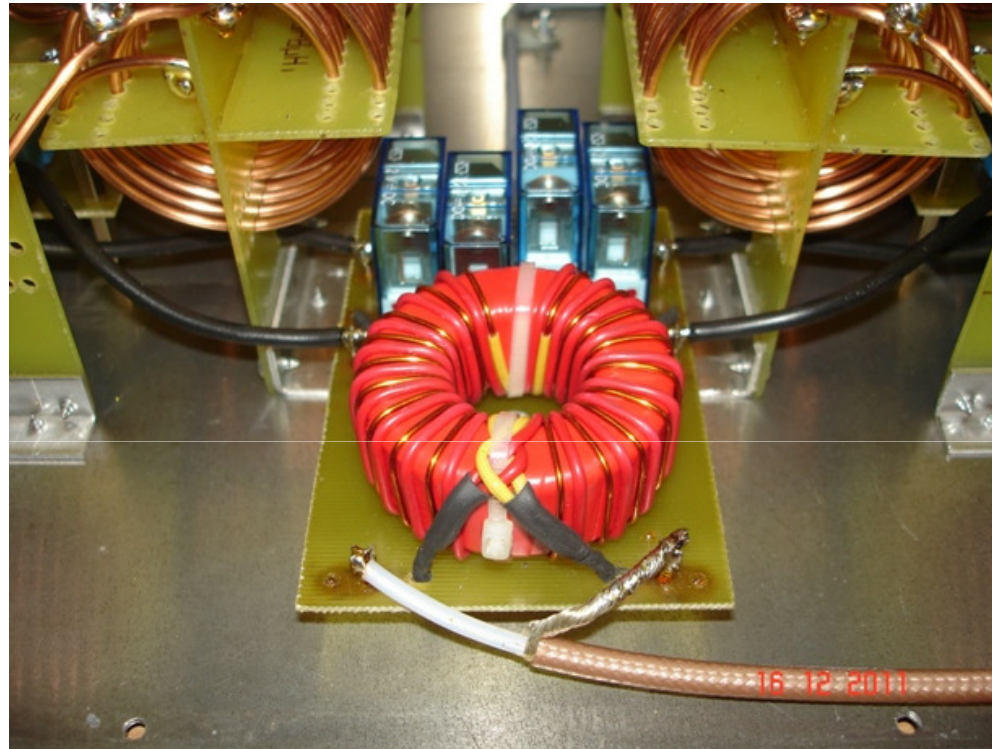
Der Hybridbalun ist m.E. einer der wirksamsten Balune gegen Gleichtaktströme, vorausgesetzt, er wird richtig eingesetzt (blau).
(Symmetrischer Koppler, symmetr. Antenne)

Wir bauen Balune: Hybridbalun



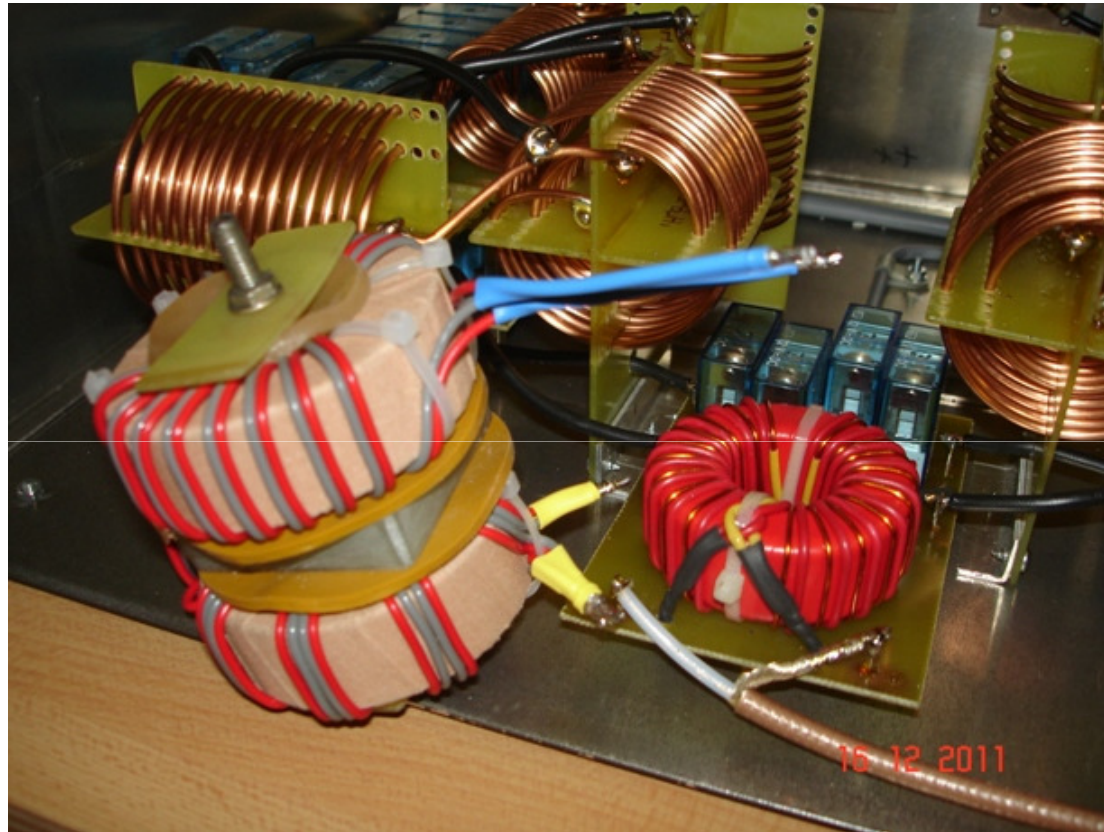
Das Sperrglied ist der bekannte Aufbau auf einem Kern mit 20 mm Höhe (742 701 91, RK4)
Es reichen zweimal 8 Windungen bifilar.

Wir bauen Balune: Originalbalun



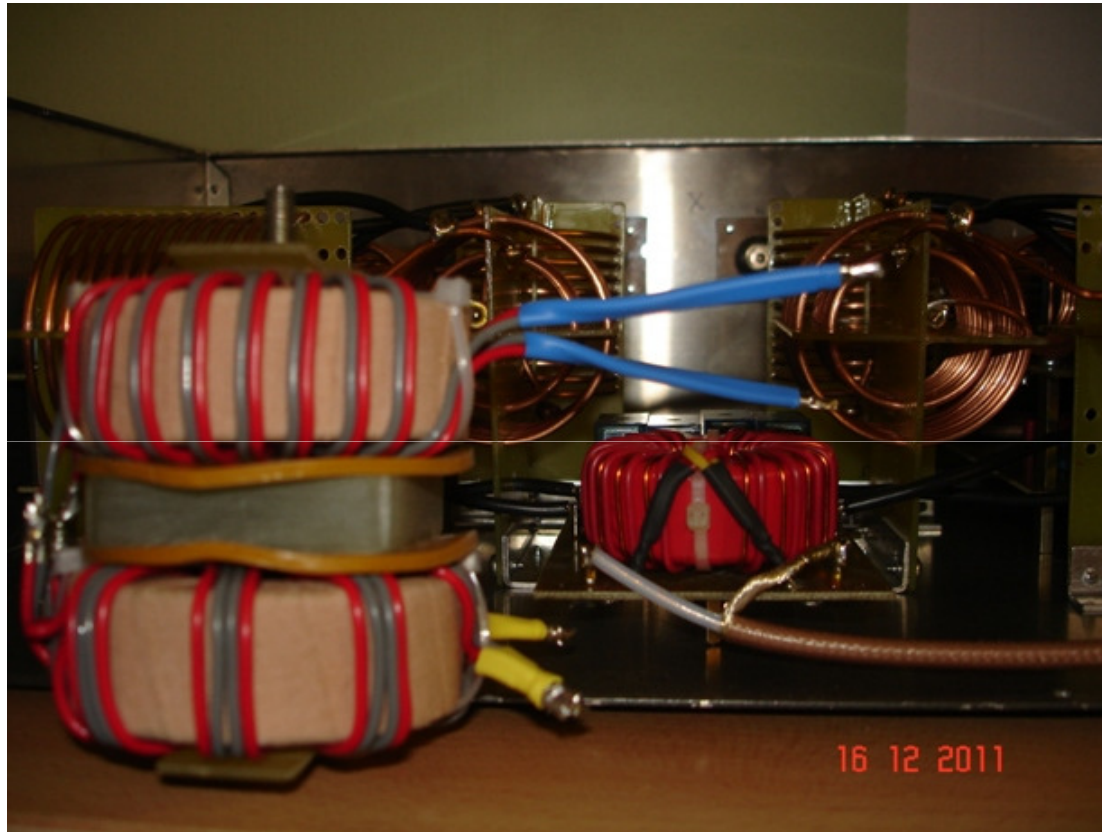
Emil Kostadinov, DL 8 JJ, war der Erste, der den Balun im Christiankoppler austauschte. Er „schoss“ auch die Fotos, vielen Dank, Emil!

Wir bauen Balune: Hybridbalun → Originalbalun



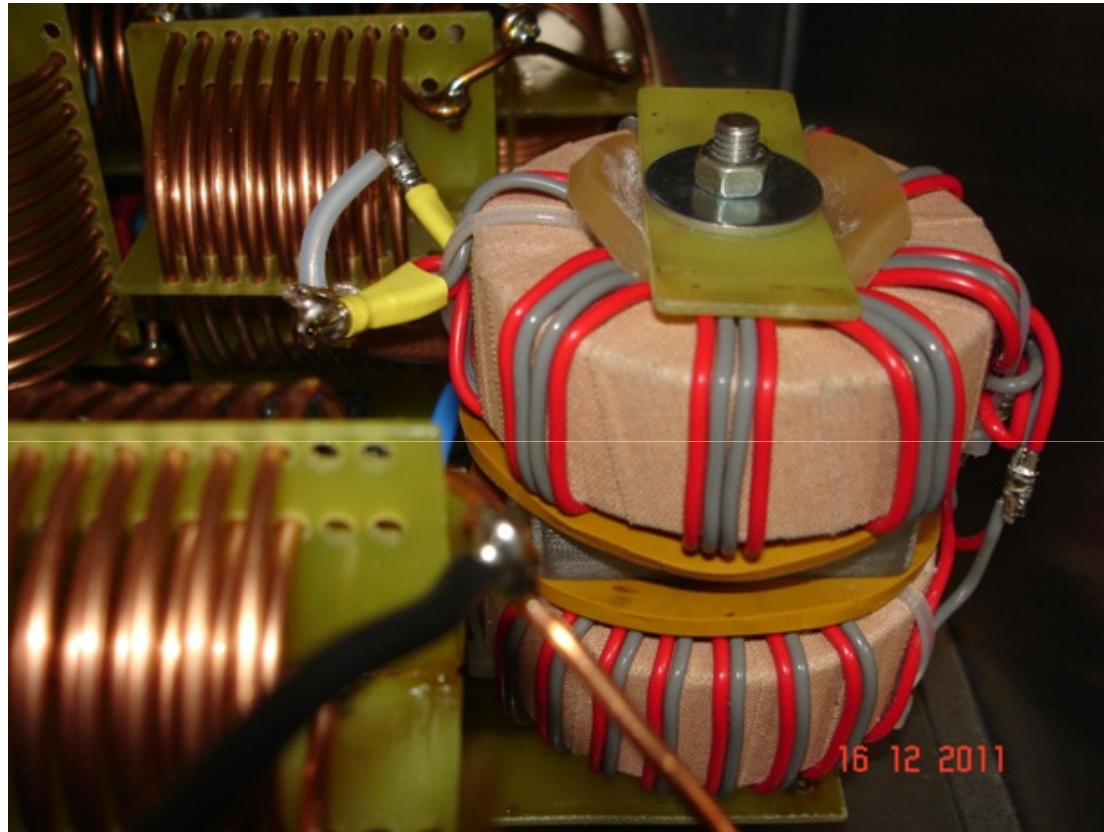
Sein alter Balun wurde beim Betrieb sehr warm.
Sehe ich dort auch meine Wickeltechnik...?

Wir bauen Balune: Hybridbalun



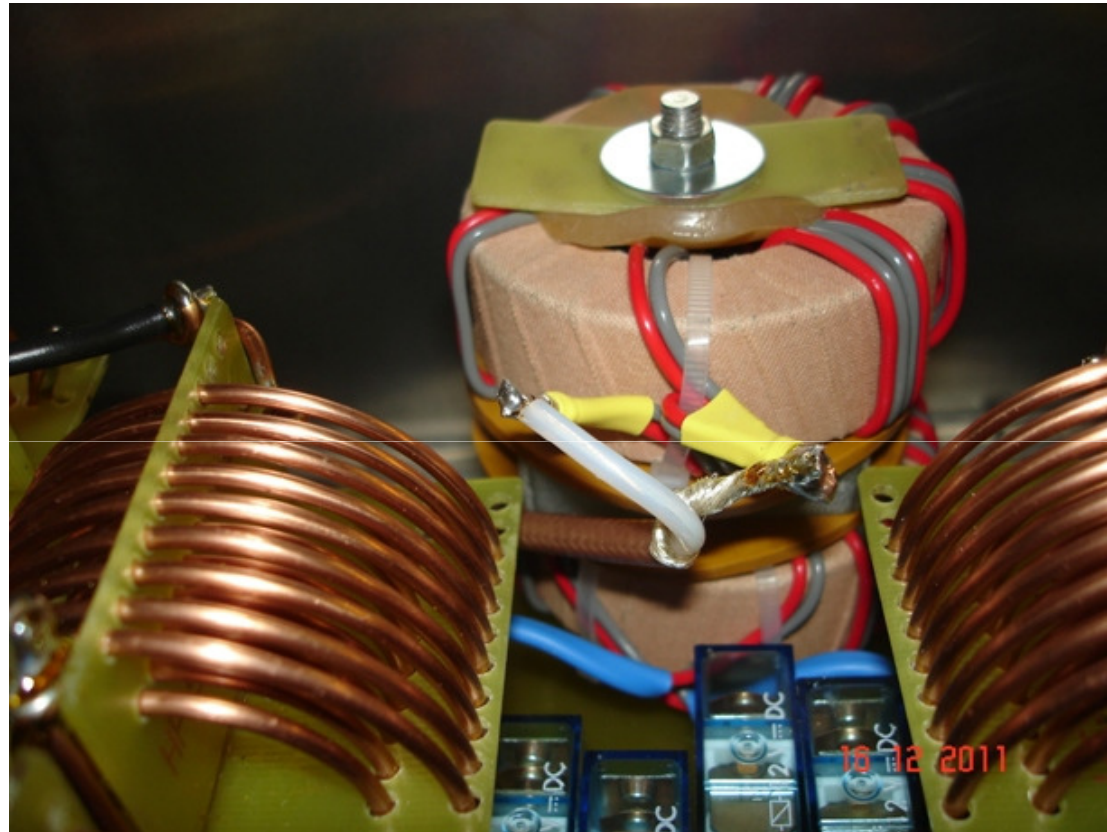
Der Hybridbalun ist natürlich auch viel größer dimensioniert, hier der Prototyp.

Wir bauen Balune: Hybridbalun



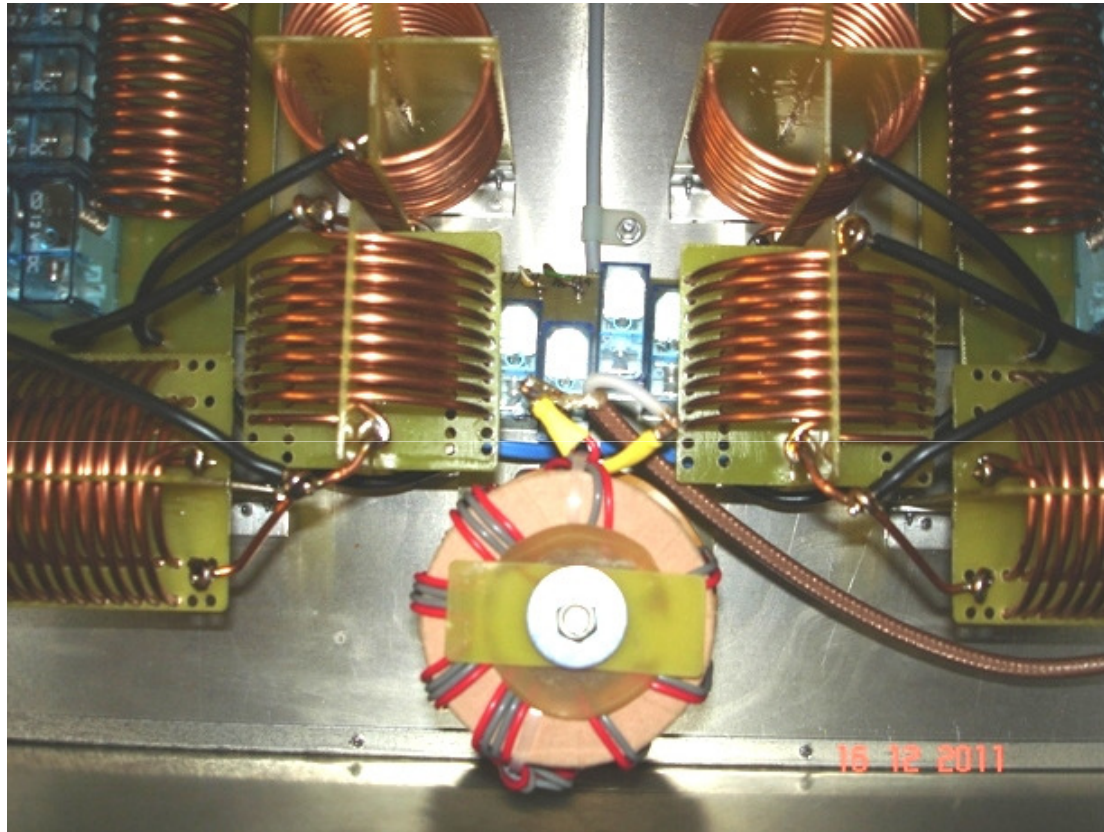
Es wird eng, aber er passt hinein.

Wir bauen Balune: Hybridbalun



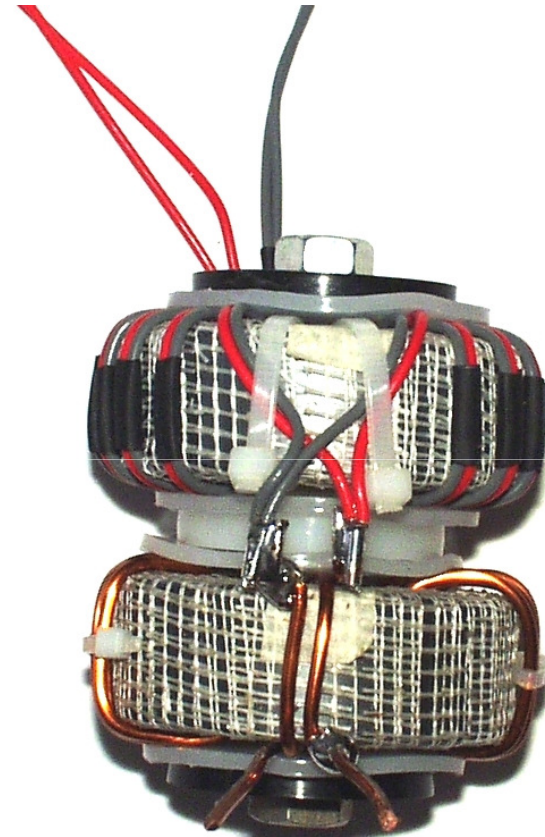
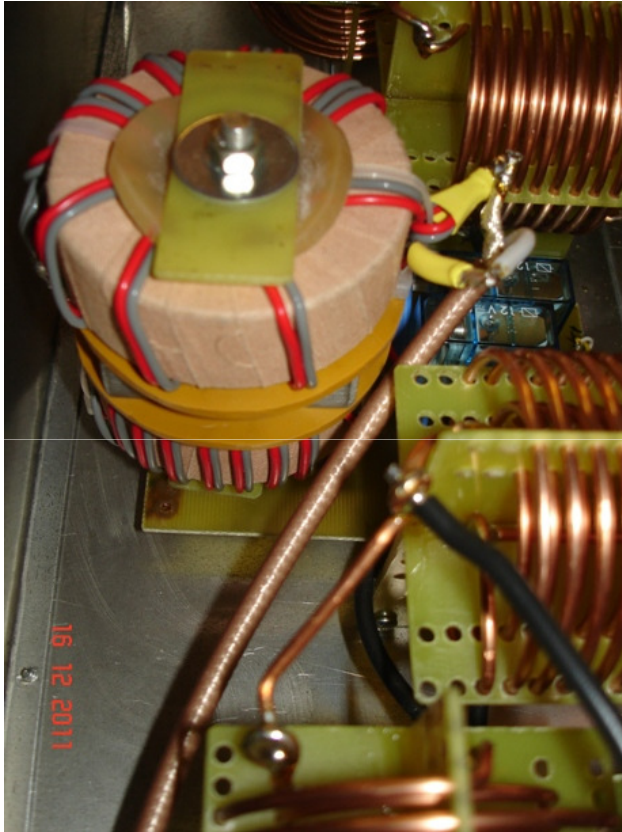
Die Anschlüsse beim Prototyp liegen noch auf derselben Seite. Heute liegen sie gegenüber.

Wir bauen Balune: Hybridbalun



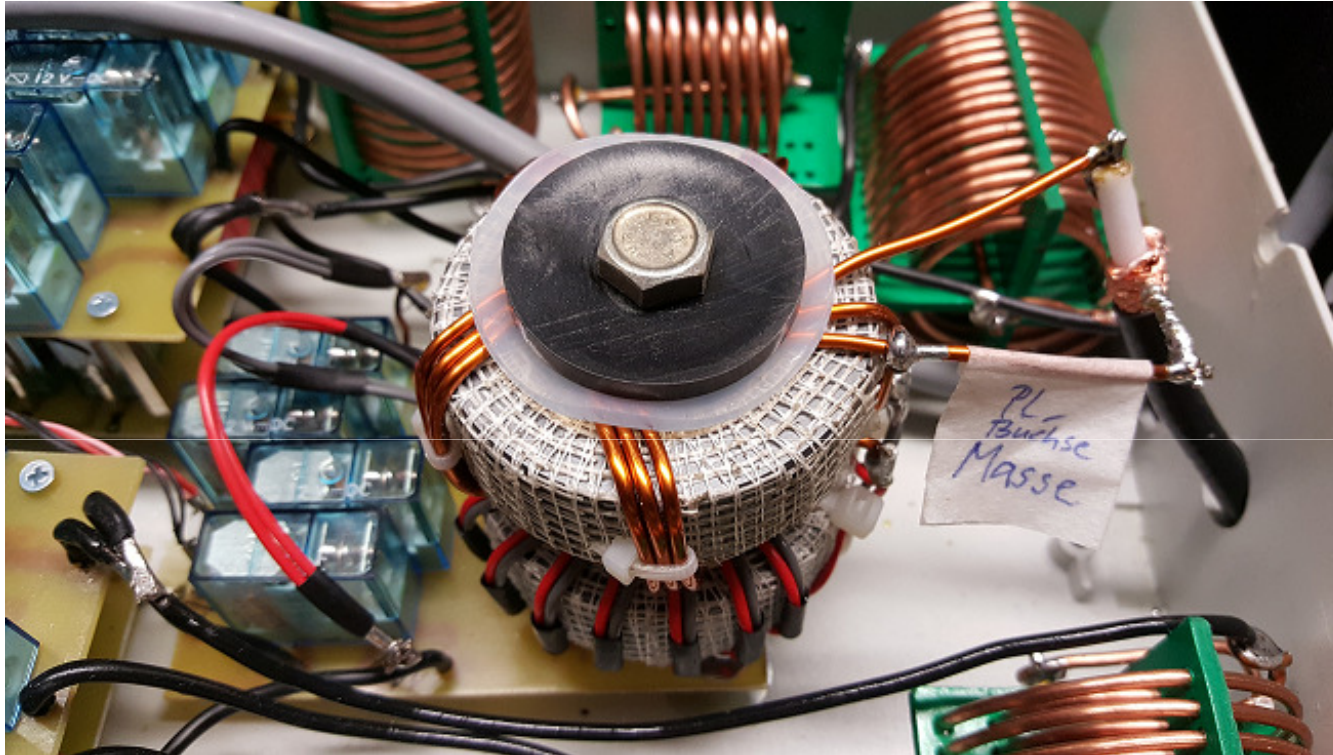
Ansicht von oben, es ist eng. Die koaxiale Leitung würde seitlich oder unten besser liegen.

Wir bauen Balune: Hybridbalun



Alter und neuer Hybridbalun. Isoliermaterial ist links Pflaster, rechts Glasfasergewebe.

Wir bauen Balune: Hybridbalun



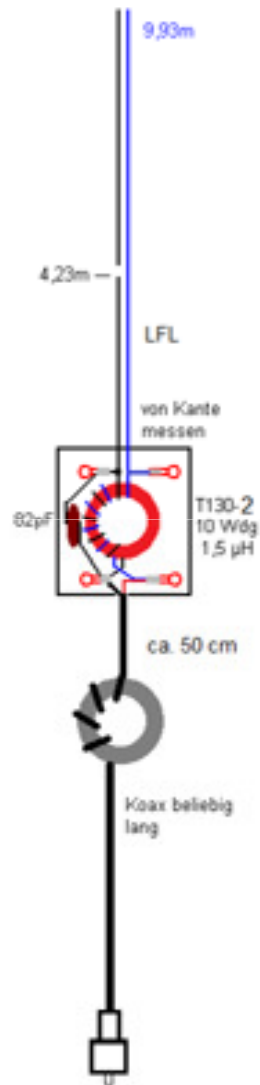
Man sollte den Koaxialanschluss nach unten legen, den Hybridbalun um 180 Grad drehen.

Wir bauen Balune: Sperrkreisbalun



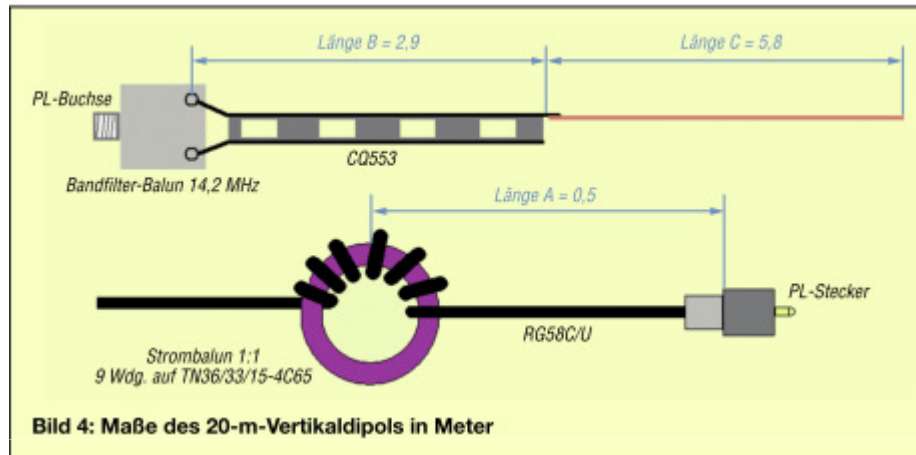
Für die „Vertikal20“ - Antenne braucht man einen besonders wirksamen Balun, weil er am Strahlerende sitzt.

Wir bauen Balune: Sperrkreisbalun

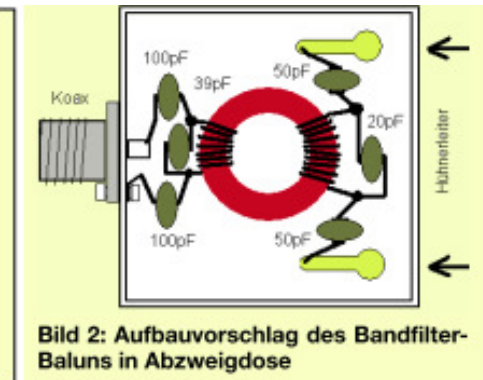
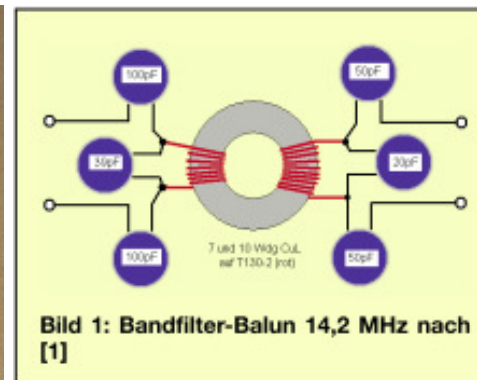


Hier wird der Resonanzwiderstand eines Schwingkreises ausgenutzt.

Wir bauen Balune: Bandfilterbalun



Veröffentlichung Funkamateurl
6/2012, S. 630



Lösung für eine Bauform der „Vertikal20“ –
Antenne mit galvanischer Trennung.

Fragen zum Seminar

1. Die Störsituation
2. Finde Störer selbst
3. Entstehung von Mantelwellen
4. Aufgaben des Baluns
5. Ein wenig Theorie – praktisch
6. Das Symmetrieglied
7. Die Kernfrage
8. Vormagnetisierung, Temperatur u. a.
9. Wir bauen Balune

Zum Schluss:

Wichtigste Schlussfolgerung:

Ein Balun dient in erster Linie der Unterdrückung unerwünschter Ausgleichsströme.

wwippermann@t-online.de

www.dg0sa.de