

## Ferrite zur Entstörung

27.03.2012



2 Stück Durchmesser 60 mm, Höhe 12,7mm  
5 Stück Durchmesser 40 mm, Höhe 15 mm  
2 geteilte Kerne, Durchmesser 28,5 mm

DG0SA  
Wolfgang Wippermann  
Lerchenweg 10  
18311 Ribnitz-Damgarten  
Tel./FAX: 03821721578/-80  
[www.wolfgang-wippermann.de](http://www.wolfgang-wippermann.de)  
<http://dg0sa.de>  
[wwippermann@t-online.de](mailto:wwippermann@t-online.de)

### Hallo, liebe bastelnden Funkamateure,

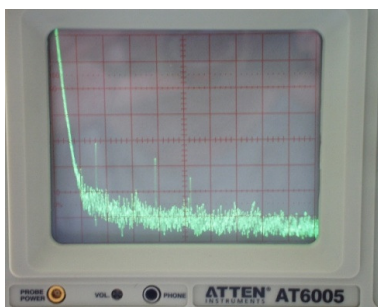
mit dem Bausatz lassen sich elektrische Geräte entstoren, so dass sie unempfindlicher werden gegenüber elektromagnetischen Störungen bzw. bei ihrem Betrieb weniger elektromagnetische Störungen verursachen. Funkamateure wissen, dass die Störsituation durch zahlreiche neue Produkte und deren umfassenden Einsatz in Industrie, Gewerbe und privaten Haushalten sich leider nicht zum Positiven gewendet hat, obwohl in den letzten Jahren internationale Normen den Herstellern mehr Aufmerksamkeit auf diesem Gebiet abverlangen. Auch bei Einhaltung der Normen können Geräte in unmittelbarer Nachbarschaft einer Amateurfunkstelle diese stören bzw. von der Amateurfunkstelle in ihrer Funktion beeinflusst werden. Um den bestimmungsgemäßen Gebrauch der Amateurfunkstelle und der Geräte in der Nachbarschaft zu gewährleisten, muss „entstört“ werden. Die Empfangsgeräte der Amateurfunkstelle sind so empfindlich, dass sie auch von normgerechten Geräten merklich behindert werden. Immerhin lässt die Norm Pegel zu, die Empfangsstärken von  $S9 + 10$  dB verursachen können. (Hausinstallation mit „Antennengewinn“  $-20$  dB, Störsignal  $64$  dB $\mu$ V über Netzleitung geführt). Andererseits verursacht die Amateurfunkstelle im Sendebetrieb solch hohe Feldstärken, die nicht jedes Billigprodukt der Elektroindustrie verträgt. Auch hier gibt es Normen, die aber scheinbar noch nicht bis in alle Ecken unserer Welt wirken. Das CE-Zeichen (selbstklebend 1000 Stück ab 10 € plus MwSt.) verspricht zwar Konformität mit den einschlägigen Normen, Ausnahmen gibt es viele. Sie festzustellen soll im Folgenden auch beschrieben werden.

### Etwas Theorie:

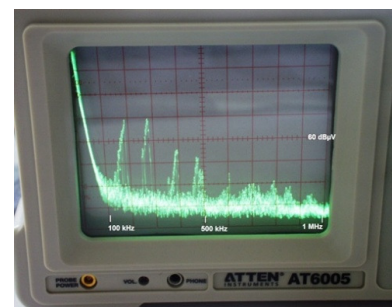
Elektromagnetische Störungen breiten sich auf folgende Weise aus

- Leitungsgebundene Störungen
- Gestrahlte Störungen

Oberhalb 30 MHz überwiegen die gestrahlten Störungen, unterhalb 30 MHz solche, die auf elektrischen Leitungen ihren Weg finden. Schaut man sich mit einem Spektrumanalysator (SA) zum Beispiel an, was mit der



230 V Netzspannung ins Haus kommt, so erkennt man Störsignale, die sich als schmale Linien oberhalb des Rauschflurs des preiswerten SA zeigen. Diese Peaks sind noch harmlos. Es geht auch schlimmer, wie das rechte Bild zeigt. Trotz Streckendämpfung, denn die Störsignale kommen aus einem der Nachbarhaushalte, wird ein großer Pegel von  $70$  dB $\mu$ V bei  $330$  kHz erreicht.



Solange diese Signale auf den Leitungen symmetrisch anliegen, werden sie auch nicht abgestrahlt. Sie können allerdings über den Netzanschluss in die Geräte eindringen und deren Funktion stören, wenn die Geräte netzseitig Schwachstellen in der Konstruktion aufweisen. Manche Küchenradios nutzen das Netz als Antenne, Mittelwellen und Langwellenempfang wird dann unmöglich sein. Eine weitere Möglichkeit besteht durch Abstrahlung an Punkten, wo die Symmetrie des Netzes gestört ist, z.B. durch Lichtschalter. Der nicht unterbrochene Leiter zur Lampe und die Zweidrahtleitung zum Schalter wirken als „Zeppelinantenne“. Damit aus Nachbarhaushalten keine Störsignale in die eigene Netzinstallation eindringen können, kann man vom örtlichen Elektromeister Netzfilter im Hausanschlusskasten nachrüsten lassen. Entweder man lässt den gesamten Netzanschluss entstoren oder nur die Stromkreise, die die Räume in der Nähe der Funkanlage betreffen.

## Was man selber tun kann



Für das Auffinden von Geräten im eigenen Haushalt, die in Verdacht stehen, elektromagnetische Störungen in das Leitungsnetz abzugeben, eignet sich der eigene Kurzwellentransceiver und eine „Schnüffelsonde“. Damit werden Störströme erfasst, die von der Störspannung in die übliche Leitungsimpedanz von ca. 150  $\Omega$  eingespeist werden. Die Sonde wird aus einem geteilten Ferritringkern, etwas Kupferlackdraht und einem Widerstand 50  $\Omega$  selbst hergestellt. 10 Windungen (innen zählen) auf den Kern gebracht ergeben bei einer Störspannung von 64 dB $\mu$ V eine S-Meteranzeige von S9. Im Bereich 5 MHz bis

30 MHz ist dies der nach derzeitiger europäischer Norm zulässige Höchstwert. Im Bereich 0,5 MHz bis 5 MHz liegt er etwas darunter. Meine Meinung: das ist in der Nähe einer Funkstelle viel zu viel!

Der Umgang mit der Schnüffelsonde ist einfach: Werden alle Drähte der Leitung durch den Kern geführt, so erfasst man die **Gleichtaktstörungen**.

Das sind jene Störungen, die die Leitung bereits als Antenne nutzen. Wird nur ein Draht durch den Kern geführt, so erfasst man auch die **Gegentaktstörung**.

Das kann man an einer Hühnerleiter sehr gut testen. Der KW-Empfänger wird mit der Schnüffelsonde verbunden. Die symmetrische Antenne arbeitet über die Hühnerleiter und den Antennenkoppler auf einen 50  $\Omega$  Abschlusswiderstand an der geerdeten PL-Buchse. Werden beide Drähte der Hühnerleiter mit der Schnüffelsonde umfasst, ist das aufgenommene Signal sehr klein, fast Null. Dies ist ein Zeichen

dafür, dass wenig oder keine Gleichtaktstromströme auf der Hühnerleiter sind. Wird dagegen nur ein Draht erfasst, so ist das Signal kräftig. Dies zeigt die Gegentaktstromströme auf der Leitung.



## Unterschiedliche Maßnahmen bei Gegentakt- und Gleichtaktstörungen

Jedes Gerät, sei es eine Energiesparlampe, ein Schaltnetzteil oder ein Satellitenreceiver kann mit der Schnüffelsonde untersucht werden, meist wird dabei eine leitungsgeführte Gegentaktstörung festzustellen sein. **Die bekannten Maßnahmen**, wie Aufwickeln der Leitung auf einen Ferritkern oder Klappferrite über die Leitung klicken, **nutzen überhaupt nichts bei Gegentaktstörungen!** Die vielfach anzutreffenden Kerne auf den Kabeln von PC, Drucker und Stromversorgungsgeräten haben, wenn überhaupt, ihre Bedeutung weit oberhalb des Kurzwellenbereiches. Sie wirken gegen Gleichtaktstörungen, sollen also verhindern, dass diese Kabel als Antenne wirken, mit dem Gerät und den anderen angeschlossenen Leitungen als „Gegengewicht“. Die Verwendung von „stromkompensierten Drosseln“ ist also nur sinnvoll bei Gleichtaktstörungen, bei Gegentaktstörungen jedoch nicht. Eine gewisse Ausnahme sind Drosseln auf Pulvereisenkernen, sie sind durch ihre große Streuinduktivität für beide Störungsarten mehr oder weniger geeignet. Auf meiner Internetseite findest Du eine praktische Anwendung, wie ein Schaltnetzteil entstört wurde.

<http://dg0sa.de/snt.pdf>

Es gibt noch einen älteren Beitrag, der auch lesenswert ist:

<http://dg0sa.de/stoerungen.pdf>

## Gegentaktstörungen beseitigen

Liegen auf Signalleitungen Gegentaktstörungen an, so helfen nur aufwändige Filter, Tiefpässe, Bandpässe und dergleichen, das soll hier nicht Thema sein.

Es geht hier um die **elektromagnetische Entstörung von Netz- und Niederspannungszuleitungen**. Die im Gerät „eingebaute Störquelle“ soll durch den Einsatz von Ferriten so vom Netz und von anderen Geräten getrennt werden.

Dabei tritt ein **Problem auf, das unbedingt beachtet werden muss**. Die Eigenschaften der Ferrite ändern sich unter anderem in Abhängigkeit von der magnetischen Feldstärke. Bei stromkompensierten Drosseln auf Ferritkernen kommt es kaum zu einem magnetischen Feld im Kern durch die Nutzströme (sie sind ja entgegengesetzt und gleich im Betrag, so dass das resultierende magnetische Feld im Kern gegen Null geht). Aber stromkompensierte Drosseln kann man bei Gegentaktstörungen nicht gebrauchen.

In Drosseln, die zur Unterdrückung von Gegentaktstörungen geeignet sind, kommt es dagegen zu einem magnetischen Fluss durch den Nutzstrom, da dieser die gleiche Richtung auf den Leitern hat, wie der zu unterdrückende Störstrom. Wenn aber der Nutzstrom schon den Ferrit „sättigt“, dann wirkt der Ferrit nur noch gering oder gar nicht gegen den Störstrom. Ausdruck dafür, wie weit der Strom den Ferrit aussteuert, ist die magnetische Feldstärke H. Um die magnetische Feldstärke im Ringkern zu bestimmen, braucht man keine großen Rechenkünste.  $H = (I * N)/L$

Dabei bedeuten H die magnetische Feldstärke in Ampere pro Meter, I der Strom in Ampere, N die Windungszahl und L der mittlere Kernumfang in Meter. Für die im Bausatz befindlichen Kerne ergibt sich dann folgendes Bild:

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

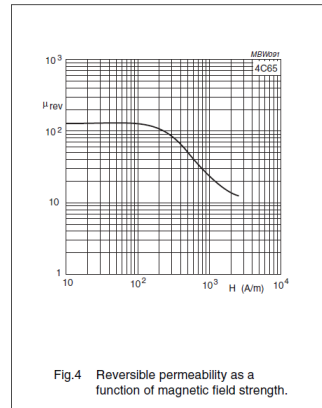


Fig.4 Reversible permeability as a function of magnetic field strength.

Die Tabelle zeigt das Verhalten der dem Bausatz beiliegenden Ferritmaterialien 4W620 von Würth.

Die grafische Darstellung (rechts) zeigt zum Vergleich das Verhalten des Materials 4C65 von Ferroxcube (Quelle: Ferroxcube). Das Material 4C65 ist höher aussteuerbar, hat aber von Beginn an weniger Permeabilität, als das Material 4W620. Man kann nicht alles haben...

Bei einer Vormagnetisierung mit 100 A/m ist nur noch die Hälfte der Permeabilität des Ferrits 4W620 feststellbar. Wenn man dies als Grenze nimmt, so darf man die Kerne wie folgt belasten:

60 mm Kern, N*I=15A	15 Windungen, 1 A	10 Windungen, 1,5 A	5 Windungen, 3 A	3 Windungen, 5 A
40 mm Kern, N*I=11A	11 Windungen, 1 A	7 Windungen, 1,5 A	3 Windungen, 3 A	2 Windungen, 5 A
Geteilter Kern, N*I=7A	7 Windungen, 1 A	5 Windungen, 1,5 A	2 Windungen, 3 A	

Dies ist eine Empfehlung, keine Vorschrift! Ferrite reagieren auch mit einem „Gedächtnis“. Wenn sie einmal mit einer hohen Feldstärke durch Gleichstrom beauflagt wurden, so haben sie gegenüber fabrikneuen Ferriten weit weniger messbare Permeabilität. Die Werte in der Tabelle sind gültig für Ferrite, die schon einmal vorbelastet waren. (werden diese Ferrite erwärmt, z.B. mit dem Sonntagsbraten, dann werden sie fast wieder wie neu).


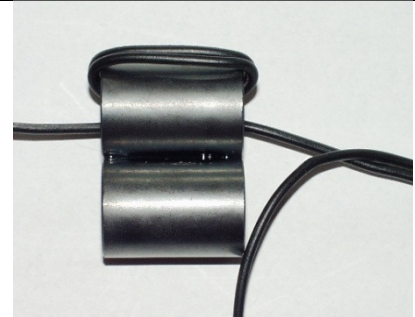
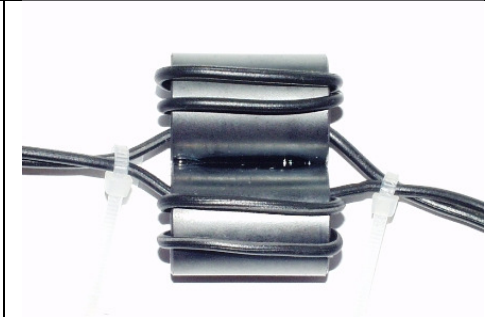


Der Aufbau einer Drossel zur Unterdrückung von Gegentaktstörungen unterscheidet sich von den bekannten „stromkompensierten“ Drosseln. Entweder werden für die Zweidrahtleitung zwei Kerne verwendet oder die Zweidrahtleitung wird in besonderer Weise auf einen Kern gewickelt. Dazu ist die Zweidrahtleitung in jedem Fall aufzutrennen, was bei Stegleitungen leicht gelingt. Wichtig ist, dass die Wicklung wie im Bild aufgetragen wird, ein Draht links, ein Draht rechts auf dem Kern. Der Wickelsinn ist zu beachten. Der Draht 1 beginnt **oberhalb** des Kerns, der Draht 2 jedoch **unterhalb** des Kerns. Entgegengesetzte Ströme in den Drähten, wie sie bei Gegentaktstörungen auftreten, erzeugen auf diese Weise Magnetfelder im Kern, die sich addieren. Die Wicklung mit dem Kern wirkt als Drossel. Ströme mit gleicher Richtung und Betrag, wie sie bei Gleichtaktstörungen auftreten, erzeugen Magnetfelder, die sich im Kern aufheben. Die Wicklung mit dem Kern zeigt dadurch gegen solche Gleichtaktströme keine Wirkung. Bei Verwendung des 60 mm Kerns ist dies die geeignete Maßnahme für die meisten elektrischen Geräte (Drossel für 230 V, 1,5 A, d.h. bis zu Anschlusswerten von ca. 300 Watt) im Haushalt.

Wer den Eingriff in das Gerät scheut bzw. den Stecker nicht abschneiden will, um die aufgetrennte Leitung auf den Ferritkern zu bekommen, muss geteilte Ringkerne verwenden. Die Wicklungen werden auf einer Kernhälfte aufgebracht und die Kernhälften anschließend zusammengebracht (nur ungerade Wicklungszahlen möglich!).

			
Die Leitung wird aufgetrennt	Drei Windungen aufbringen mit Draht Nr. 1	Zwei Windungen aufbringen mit Draht Nr. 2	Kern zusammenbringen, mit Kabelbinder fixieren, ergibt eine Drossel für maximal 1,5 A

Eine weitere Möglichkeit zur Herstellung von Drosseln, die der Unterdrückung von Gegentaktstörungen dienen, bietet die Verwendung von Doppellochkernen. Diese kann man sich aus zwei Ferrithülsen selbst herstellen. Die Hülsen werden mit Zweikomponentenkleber aneinander geklebt. Jede Ader der Zweidrahtleitung kommt auf eine Hülse, so dass der Strom in jeder Ferrithülse ein eigenes Magnetfeld erzeugen kann. Zusammengeklebte Hülsen findet man auf meiner Seite unter <http://www.wolfgang-wippermann.de/dlk.htm>

		
„Doppellochkerne“ selbst gebaut	3 Windungen auf die erste Hülse, man rechnet pro Kern: $I = 4,7 \text{ A}/3 = 1,57 \text{ A}$	3 Windungen auf die zweite Hülse, ergibt eine Drossel mit $I = 1,57 \text{ A}$ maximal

### Gleichtaktstörungen beseitigen

Wie schon vorher gesagt reichen Klappferrite mit nur einer Windung (einmal durchstecken) nicht aus, um im Kurzwellenbereich Wesentliches zu bewirken. Man sollte mindestens fünfmal durch das Kerninnere gehen. Um die Vormagnetisierungsproblematik braucht man sich keine Sorgen zu machen. Der Nutzstrom verursacht auf Grund der Wickeltechnik keinen spürbaren Fluss im Kern. Für den Gleichtaktstrom, egal wie er sich auf den Adern der Leitung verteilt, wirkt die Wicklung auf dem Kern wie eine Drossel.

Dabei gibt es drei Möglichkeiten zur Gestaltung der Drossel.

- Auf die Leitung werden sehr viele Ferrithülsen aufgefädelt. Die Induktivität nimmt linear mit der Anzahl der Hülsen zu, das führt zu einer „Materialschlacht“. Der Vorteil liegt bei entsprechender räumlicher Gestaltung in einer besseren Wirksamkeit im oberen Frequenzbereich.
- Auf einem Ferritringkern werden sehr viele Windungen aufgebracht. Irgendwann kommt es dabei zur Eigenresonanz wegen der unerwünschten Wickelkapazität. Der Vorteil liegt im unteren Frequenzbereich, es werden brauchbare Werte mit einem Kern erreicht
- Auf mehreren Ferrithülsen werden jeweils einige wenige Windungen aufgebracht, die dadurch entstehenden Einzeldrosseln sitzen in Reihe. Diese Mischform bringt die Vorteile der beiden ersten Möglichkeiten zusammen ohne dass sich deren Nachteile sehr bemerkbar machen.

Für die meisten Fälle gibt es diese einfachen Lösungen. Signal- und Nutzströme im Kabel werden nicht beeinflusst. Die Drossel soll stets dicht am Gerät sitzen.

		
Leitung mit flachem Netzstecker, passt durch das Kernloch des 60 mm Kerns, wenn man vom Stecker etwas abschneidet	Leitung mit Schukostecker, hier sind geteilte Kerne erforderlich	USB-, HDMI-Kabel usw., passen durch Kernloch des 40 mm Kernes