

Entstörung eines Schaltnetzteiles

Von
Wolfgang, DG0SA

21. Inseltreffen am 01.10.2011 in Göhren auf Rügen

Nicht immer ist der Nachbar schuld an den Störungen

Von
Wolfgang, DG0SA

21. Inseltreffen am 01.10.2011 in Göhren auf Rügen

Entstörung eines Schaltnetzteil

MAAS SPS 8400, Betriebsspannung regelbar bzw. fest eingestellt auf 13,8 V,
Betriebsstrom 40 Ampere maximal



Entstörung eines Schaltnetzteiles



Im Prüfungskatalog zur Erlangung des Amateurfunkzeugnisses wird Einiges zur elektrischen Sicherheit ausgeführt. Die nachstehenden Arbeiten erfordern ein Öffnen des Gerätes und es besteht bei Berührung elektrischer Teile die Gefahr des Stromschlages.

„**Steckdosenamateure**“ lassen deshalb lieber die Finger vom Umbau.

Wer aber vom Fach ist bzw. jemanden vom Fach bittet, ihm bei dem Umbau zu helfen, ist gut beraten, mit folgender Anleitung das Schaltnetzteil zu entstören.

Entstörung eines Schaltnetzteiltes



Wichtig während des Umbaus und danach:

Sichtprüfung:

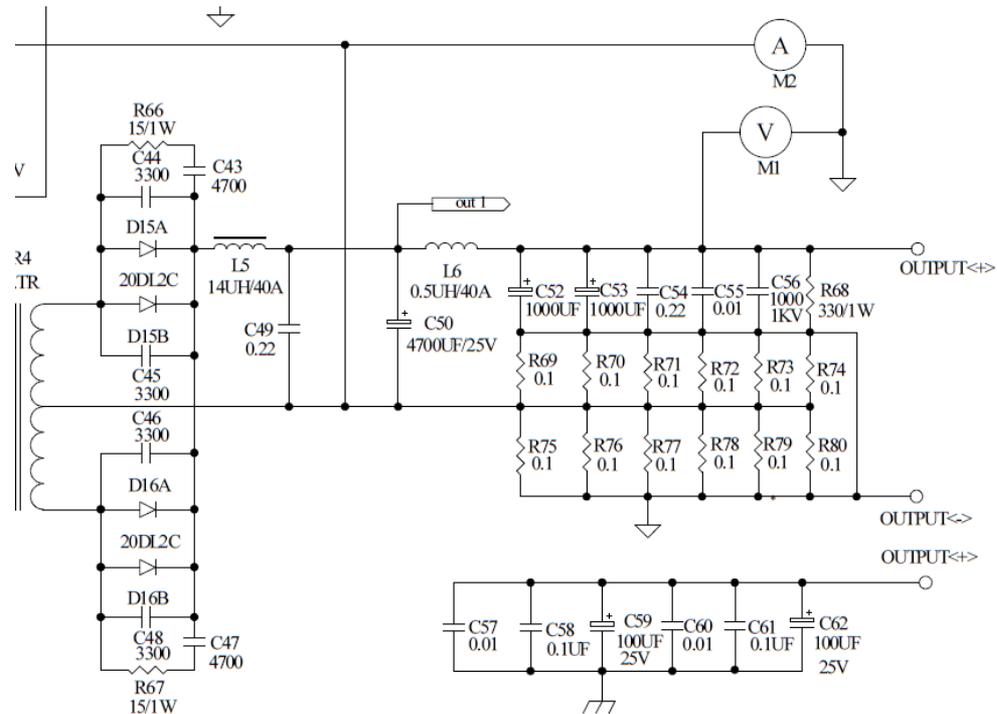
Sind die eingebauten Teile mechanisch fest und gegen Kurzschlüsse isoliert eingebaut?

Kontrolle des Schutzleiters:

Gerätestecker aus dem Netz entfernen und Widerstand zwischen Gehäuse und Schutzkontakt des Netzsteckers messen. Schnur dabei bewegen

Entstörung eines Schaltnetzteiltes

Schaltungsauszug der Niederspannungsseite

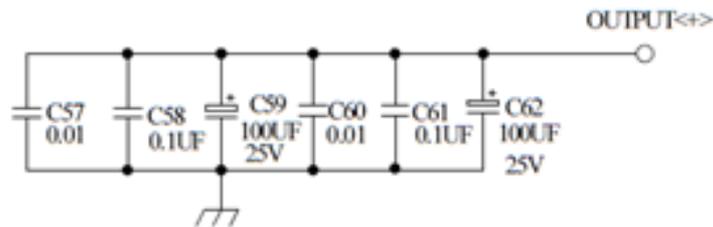


STORS ARE IN OHM&1/4W UNLESS SPECIFIED

54VAC	DWGNO.: 9800-9400-0000	MANSON ENGINEERING INDUSTRIAL LTD.		
	APPROVED BY:	SHEET 1 OF 1	REVISION: 1.6	DATE: 14-05-2002
		5		6

Entstörung eines Schaltnetzteiles

- Ralf, DL9GTI, bemerkte bei einem gemeinsamen Antennentest im Jahr 2010 zahlreiche Störsignale, deren Ursprung dem Schaltnetzteil zuzuordnen war
- Der Blick in die Schaltung verrät einen erhöhten Aufwand an Siebmitteln: Zahlreiche parallel geschaltete Kondensatoren, eine Drossel $40\ \mu\text{H}$ und eine Drossel $0,5\ \mu\text{H}$ zeugen vom verzweifelten Versuch der Konstrukteure, die Ausgangsspannung von Störungen frei zu bekommen
- Es befindet sich sogar noch eine kleine Platine mit weiteren Kondensatoren direkt an den Buchsen für die Ausgangsspannung



Entstörung eines Schaltnetztes

Störungen breiten sich auf zweierlei Weise aus:

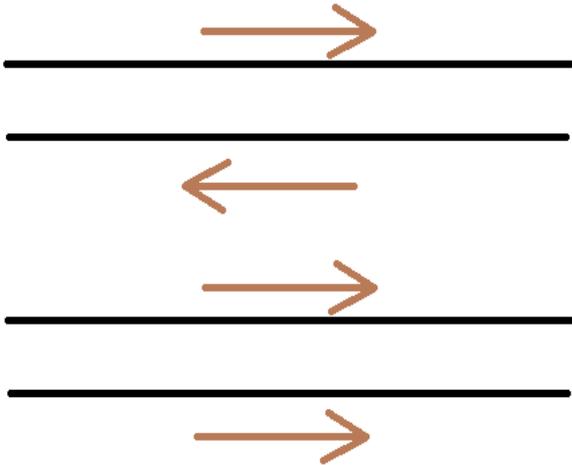
als Gegentaktstörung:

zeichnet sich durch entgegengesetzte Ströme gleichen Betrages aus.

Strahlt aus der Leitung kaum, **an Punkten der Unsymmetrie aber stark, weil dort Anteile in eine Gleichtaktstörung gewandelt werden. (dieses gilt auch für PLC!)**

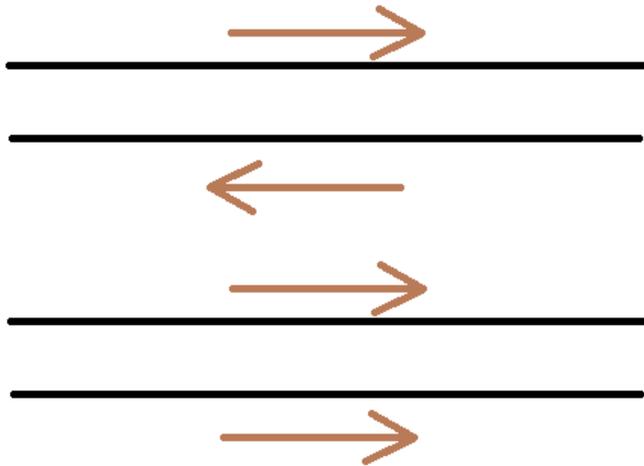
als Gleichtaktstörung:

hier laufen die Ströme in gleicher Richtung.
Strahlt stark.



Entstörung eines Schaltnetztes

andere Bezeichnungen für Gegentaktstörung ist Differential Mode oder symmetrische Störung und für Gleichtaktstörungen Common Mode oder asymmetrische Störung.



Würth behauptet, 90 % aller leitungsgebundenen Störungen seien im Common Mode, also Gleichtaktstörungen. Vielleicht, weil man diese durch ihre Abstrahlung leichter erkennt. Aber das ist nach meiner Erfahrung falsch.

Deshalb funktionieren manche einfachen Entstörmethoden auch nicht, die lediglich der Gleichtaktstörung an den Kragen wollen.

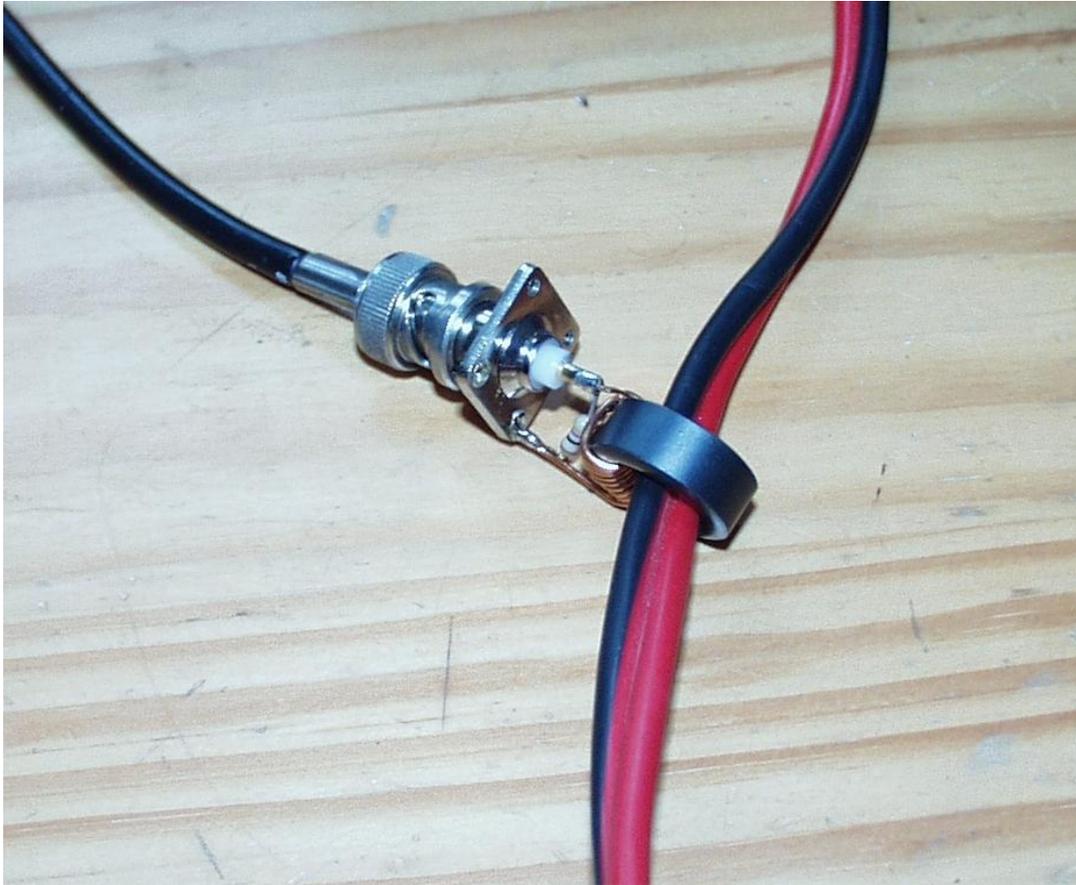
Entstörung eines Schaltnetzteiltes

Meine Station: FT 840, Selbstbau-ATU an Hühnerleiter 8 m, 2 x 7 m Dipol



Messung des Gleichtaktstromes, dazu wird über beide Adern der 13,8 V Versorgungsleitung ein mit 10 Windungen CuL bewickelter Ringkern geschoben. Die gewonnenen Signale werden dem RX-Eingang zugeführt.

Entstörung eines Schaltnetzteiles



Der selbst gebaute Messkopf im Detail. Man benötigt eine BNC-Flanschbuchse, ein Stück Kupferlackdraht und einen Widerstand 50 Ω .

Der 50 Ω Widerstand ist parallel zur Wicklung geschaltet.

Entstörung eines Schaltnetzteiltes



Der RX zeigt bei der Prüfung auf Gleichtaktstörungen eine Pfeifstelle bei 157 kHz, die Signalstärke ist kleiner als S1

Das bedeutet, die 13,8 V Versorgungsleitung strahlt keine Störungen ab.

Zur Erinnerung:
Messung Gleichtaktstörungen, der Messkopf wird über die Plus- und die Minusleitung geschoben

Entstörung eines Schaltnetzteiltes



Messung Gegentaktstörungen: Der Messkopf wird nur über die Plusleitung geschoben, da die Sicherungen in der Versorgungsleitungen sitzen, braucht dazu kein Stecker abgebaut werden. Lediglich die Sicherung herausnehmen, Messkopf aufbringen, Sicherung wieder einsetzen.

Der RX zeigt S9 + 15 dB
(156,9 kHz)

Entstörung eines Schaltnetzteiltes



Das Auftreten von Gegentaktstörungen mit solch großen Signalpegeln bedeutet, dass in der 13,8 V Versorgungsleitung die Gleichspannung mit einem starken hochfrequenten Störsignal überlagert ist. Das Störsignal nutzt die Leitung (wie HF auf einer Hühnerleiter), um in die angeschlossenen Geräte einzudringen. Beim RX kann das zu erheblichen Beeinflussungen führen.

Entstörung eines Schaltnetzteiles



Die Versorgungsleitung mit einem Kern zu einer Mantelwellensperre aufwickeln führt nicht zum Erfolg! Die Störung ist eine leitungsgeführte Welle, die Ströme liegen im Gegentakt. Daher kommt es im Ferrit zu keinem Fluss, die Induktivität ist Null. Die Störung auf der Leitung wird nicht beeinflusst.

Entstörung eines Schaltnetzteiles

Wenn aber jede Leitung
einzeln durch einen Ferrit
geführt wird.....



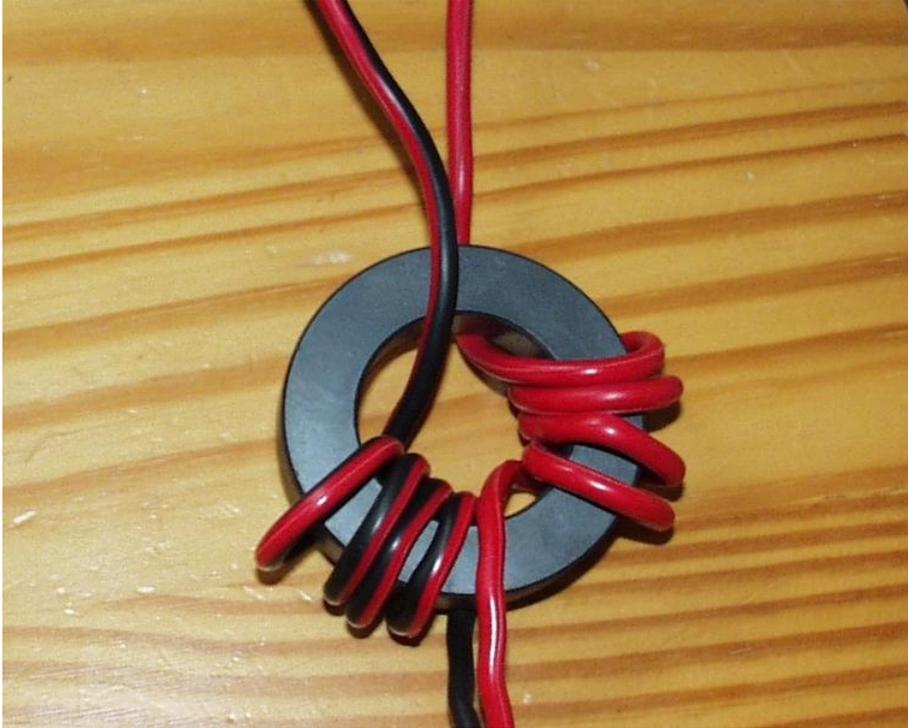
Entstörung eines Schaltnetzteiltes



dann wirkt dies als
Drossel und die Störung
wird verringert:

S 7 (156,9 kHz)

Entstörung eines Schaltnetzteiles



Man könnte zwei Kerne nehmen, die Induktivität verdoppelt sich.

Oder man wickelt wie im Bild, die Induktivität vervierfacht sich.

Dies ist keine stromkompensierte Drossel!

Eine stromkompensierte Drossel wirkt kaum gegen nieder- und hochfrequente Gegentaktstörungen.

Entstörung eines Schaltnetzteiltes

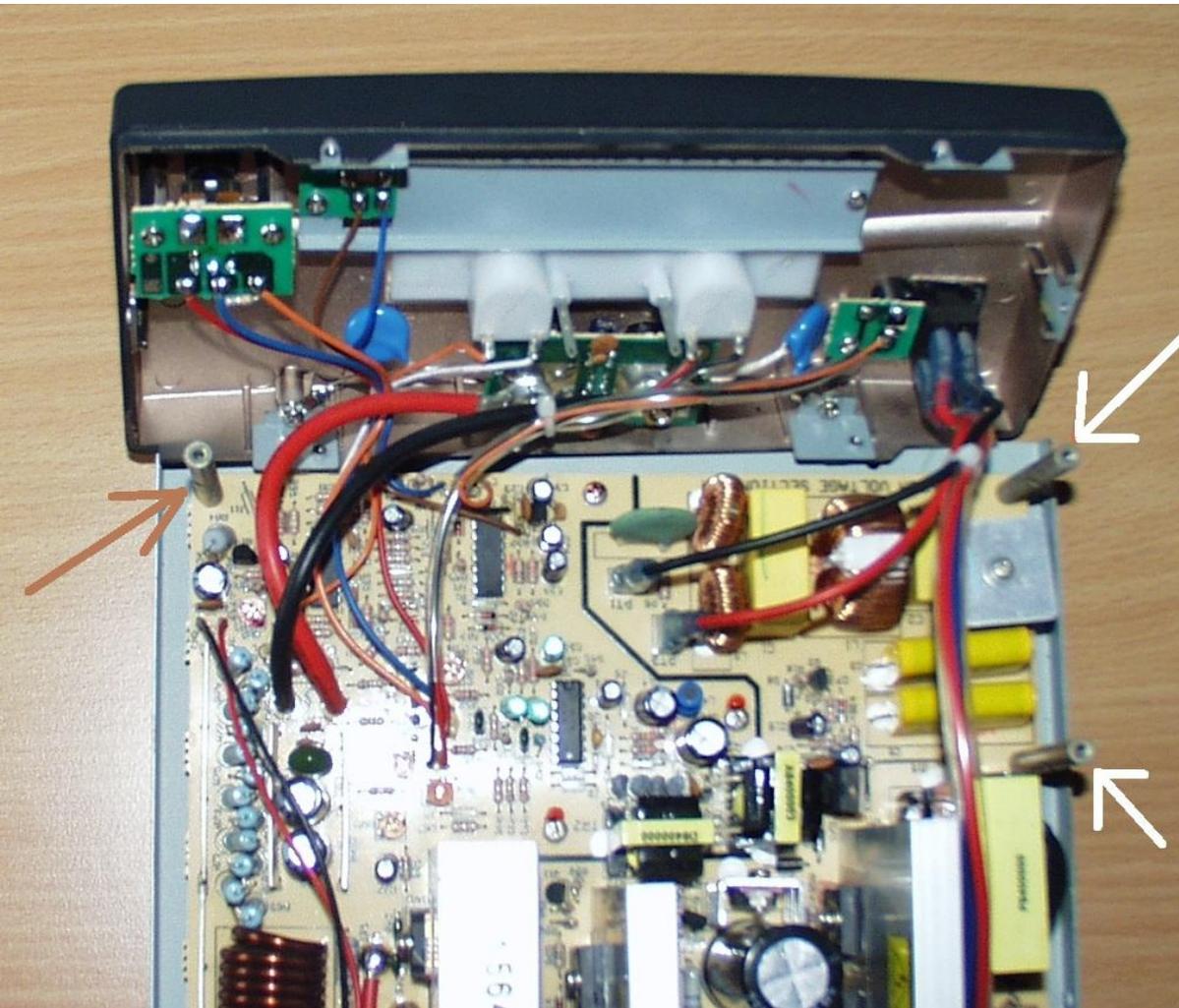


Die Stärke des Störsignals geht weiter zurück:

S 6 (156,9 kHz

Ich werde die vorher gezeigte Gegentakt-Drossel mit einer stromkompensierten Drossel kombinieren. Damit werden beide Ausbreitungswege gesperrt.

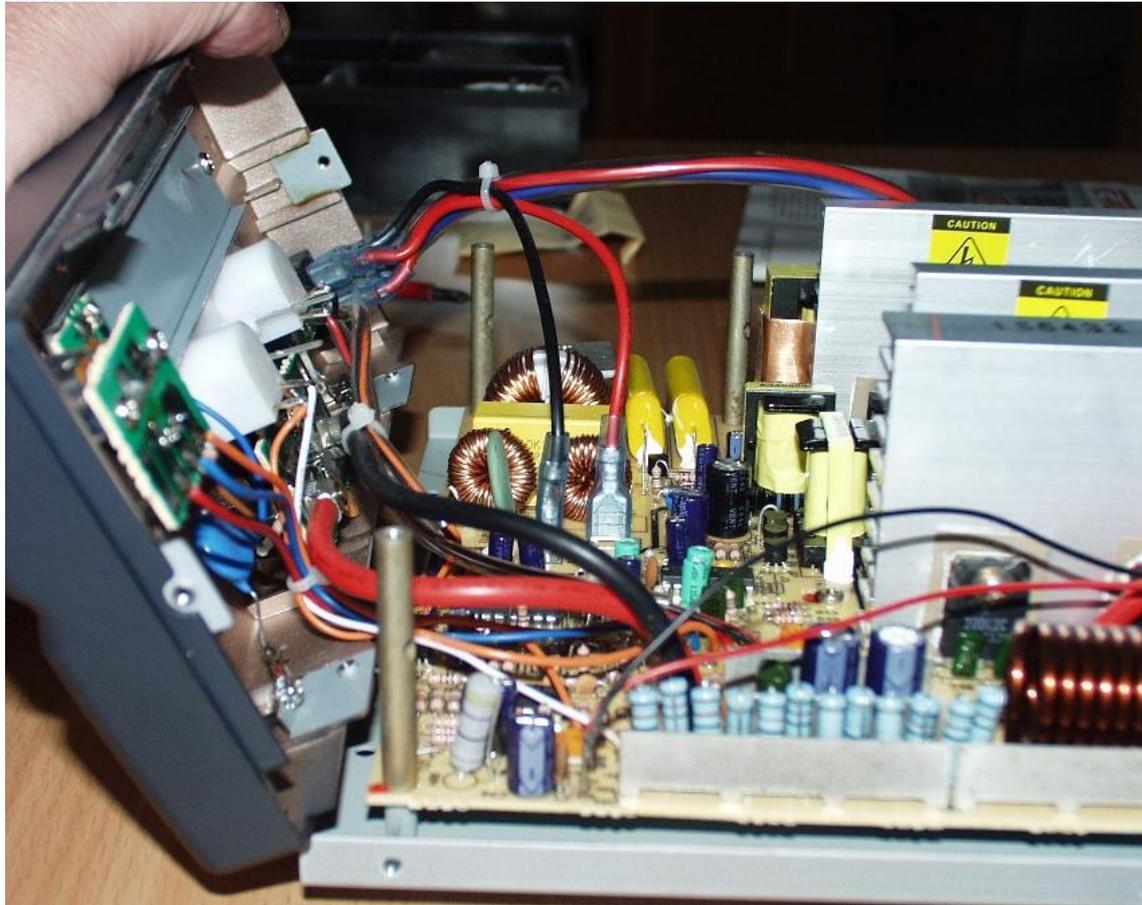
Entstörung eines Schaltnetzteiles



Sicherheitshinweis:
Netzstecker ziehen!
Einige Minuten warten,
damit sich die
Kondensatoren im
Netzteil entladen!

Nach Entfernung des
Deckels zeigt sich: viel
Platz im Gehäuse und
drei Schrauben, die
gegen Abstandsbolzen
M3 ausgetauscht werden
können. Siehe Pfeile.

Entstörung eines Schaltnetzteiles



Der seitliche Blick zeigt die drei von mir an Stelle der M3 Schrauben eingesetzten Abstandsbolzen deutlicher

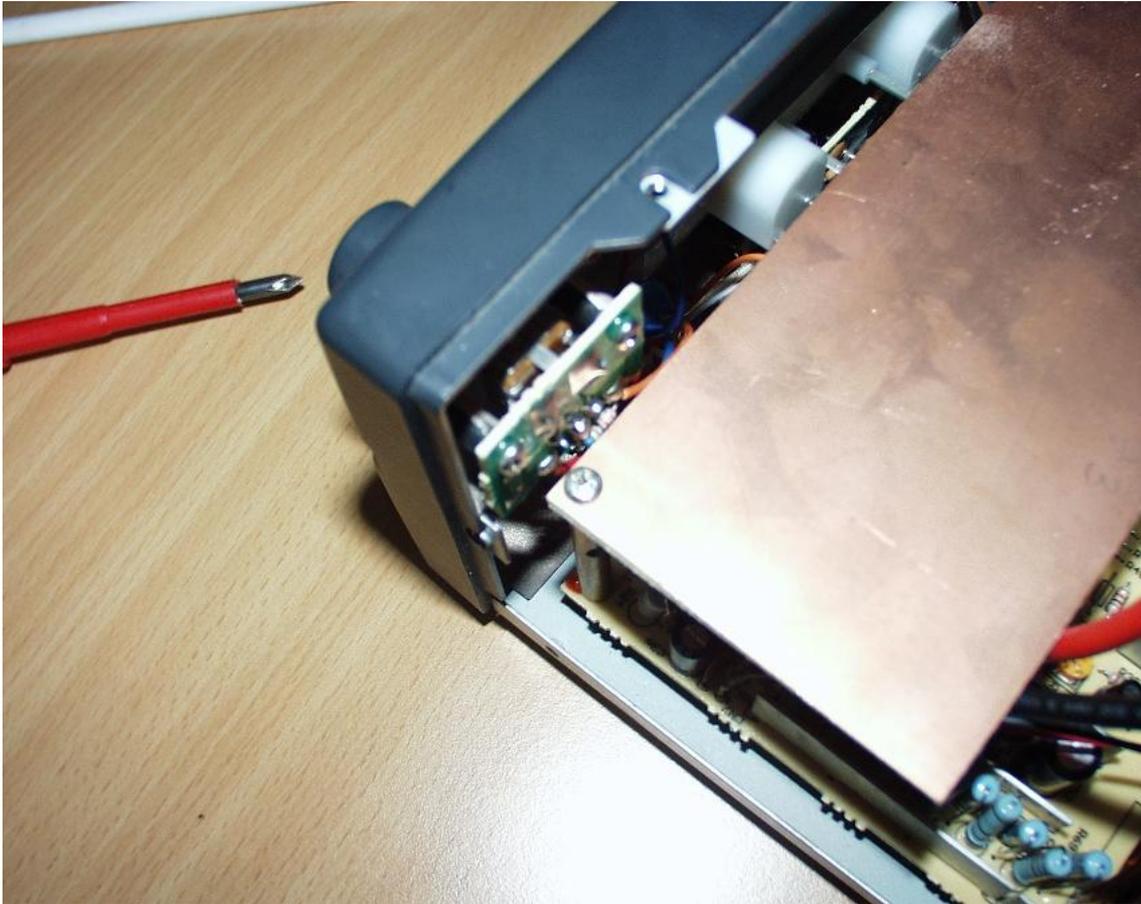
Entstörung eines Schaltnetzteiltes



Die beiden dicken Drähte werden von den Buchsen an der Frontseite gelöst.

Rot ist Plus und Schwarz ist Minus. Die an der Frontseite befindlichen Anschlüsse haben die selben Farben

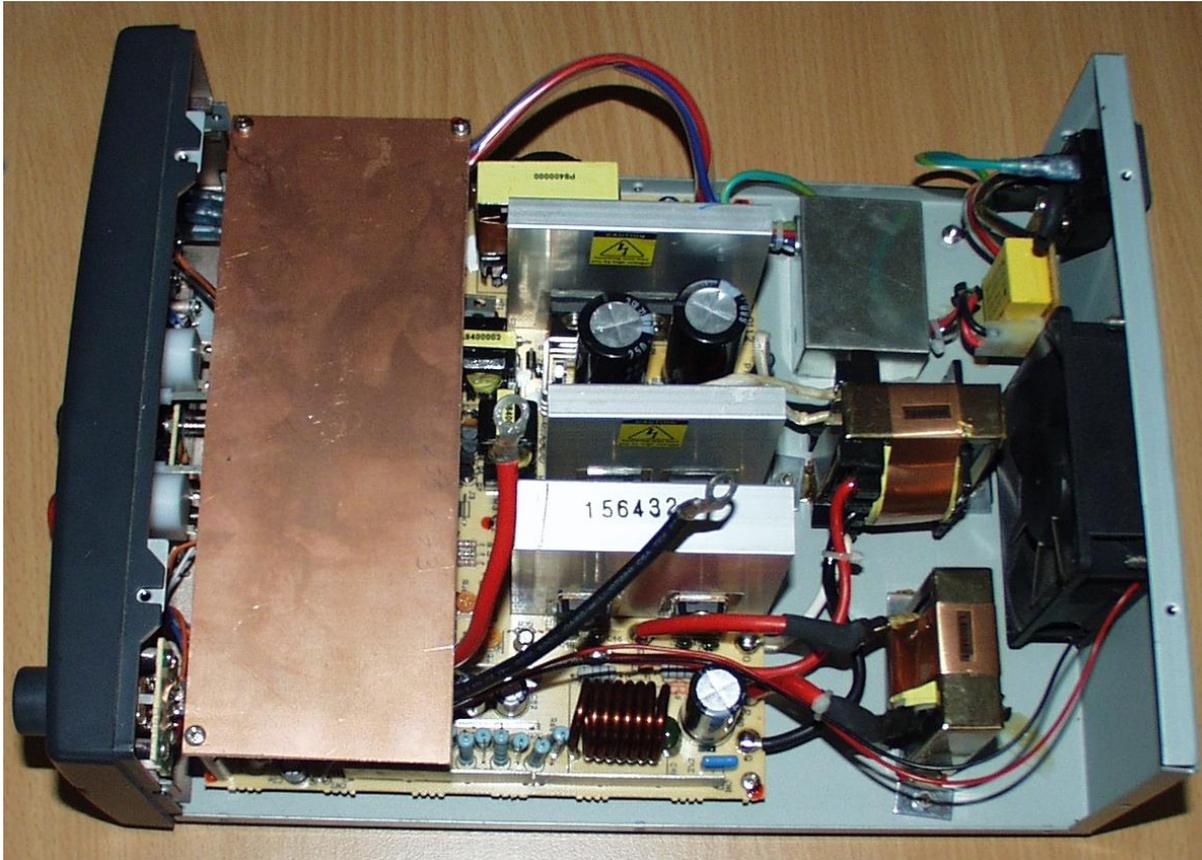
Entstörung eines Schaltnetzteiles



Eine Montageplatte, hier billiges Platinenmaterial, wird eingepasst. In der Nähe des Potenziometers wird es eng, da wird später die Kupferfolie zu entfernen sein.

Sichtprüfung, ob die Kupferfolie keine blanken Teile berührt. Messung, ob Kupferfolie mit Gehäusemasse verbunden ist.

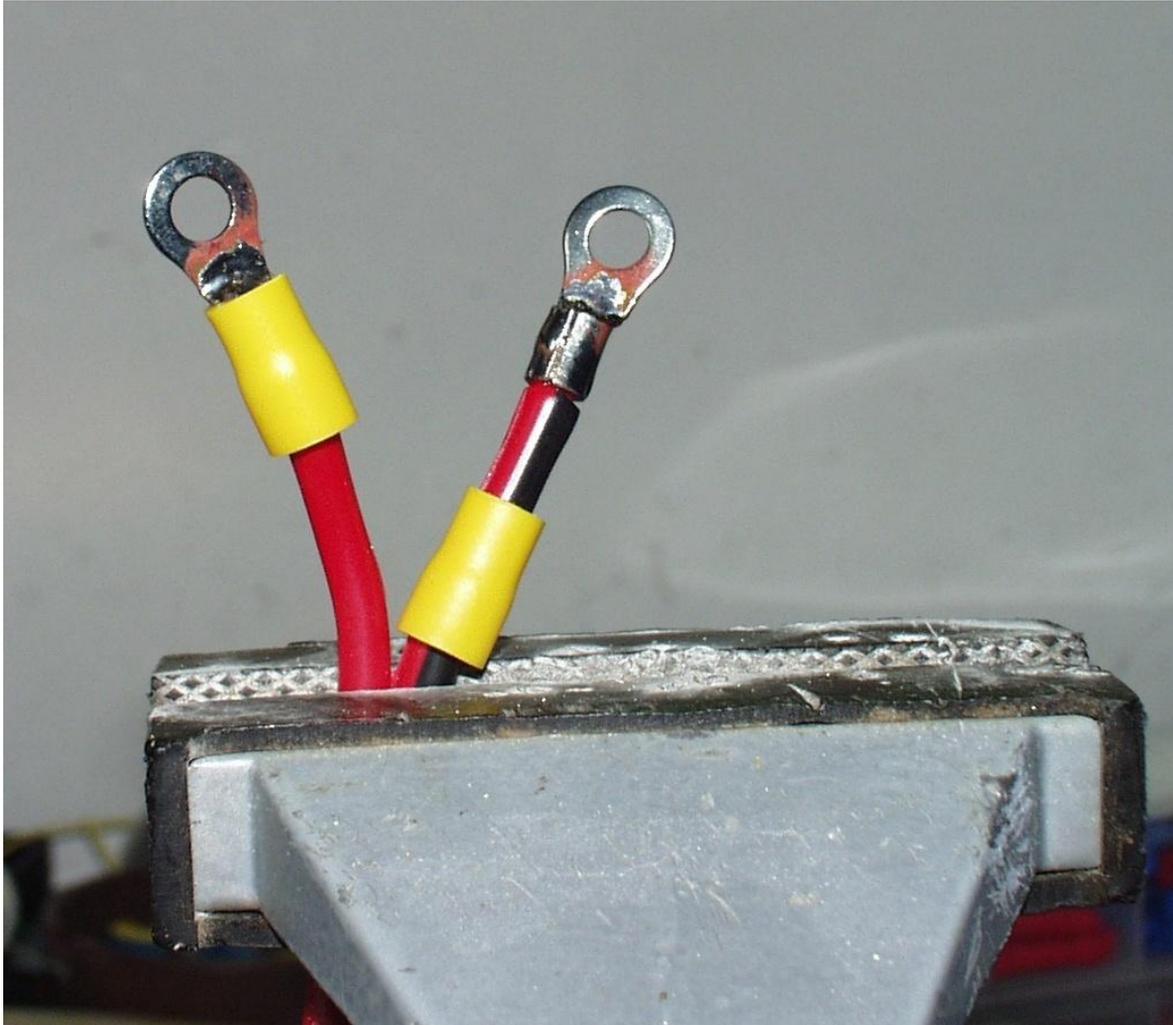
Entstörung eines Schaltnetzteiles



Leider fehlt die vierte Schraube für den perfekten Sitz, aber es geht auch so.

Sichtprüfung, ob die Kupferfolie genügend Abstand zu den Kühlkörpern hat

Entstörung eines Schaltnetzteiles



Die Versorgungsleitung meines TRX ist mehr als 2 m zu lang, das Stück wird abgeschnitten und anderweitig verwendet. Zwei Ferritkerne und das Kabel ergeben eine Sperre gegen Störungen, die in Gegentakt und Gleichtakt auftreten können.

Zwei Lötösen mit 5 mm Loch werden an die Kabel gelötet.

Entstörung eines Schaltnetzteiles



Das abgeschnittene Stück Versorgungsleitung wird um einen 60 mm Ferritkern gewickelt nach dem Wickelschema W1JR. Soviel Windungen, wie auf den Kern passen, mindestens aber 10. Vergleichbar mit einem Balun vom Typ Sperrglied. Er soll die 13,8 V Versorgungsspannung von Störsignalen reinigen, die beide Adern in gleiche Richtung durchfließen. (Gleichtaktstörungen)

Entstörung eines Schaltnetzteiles



Für den Kern eignen sich Ferrite (EMV-Ferrite), die im gesamten Kurzwellenbereich ausreichende Permeabilitätswerte haben. **Pulvereisenkerne eignen sich weniger**, obwohl man sie in industriellen Aufbauten öfter antrifft.

Das mag auch ein Grund sein, warum die Störungen auf den Bändern immer mehr werden.

Entstörung eines Schaltnetzteiles



Nun wird die Stegleitung aufgetrennt.

Entstörung eines Schaltnetzteiles



Mit Kabelbindern werden die Litzen am Kern befestigt, eine oberhalb und eine unterhalb des Kerns. Diese Bewicklung hilft gegen Störungen, die gegenphasig beide Litzen zu ihrer Ausbreitung nutzen, das heißt, Gegentaktstörungen werden durch die magnetische Induktion im Ferrit unterdrückt.

Entstörung eines Schaltnetzteiles

Auf eine Seite des unteren Kerns wird die rote Litze aufgebracht, auf die andere Seite die schwarz-rote Litze. Beachte den Wickelsinn! Wenn es richtig gemacht wurde dann endet die rote Litze unterhalb und die schwarz-rote Litze oberhalb des Kerns. Oder anders herum, immer jedoch auf beiden Seiten des Kerns und nicht beide auf der Oberseite oder beide auf der Unterseite, wie beim oberen Kern.





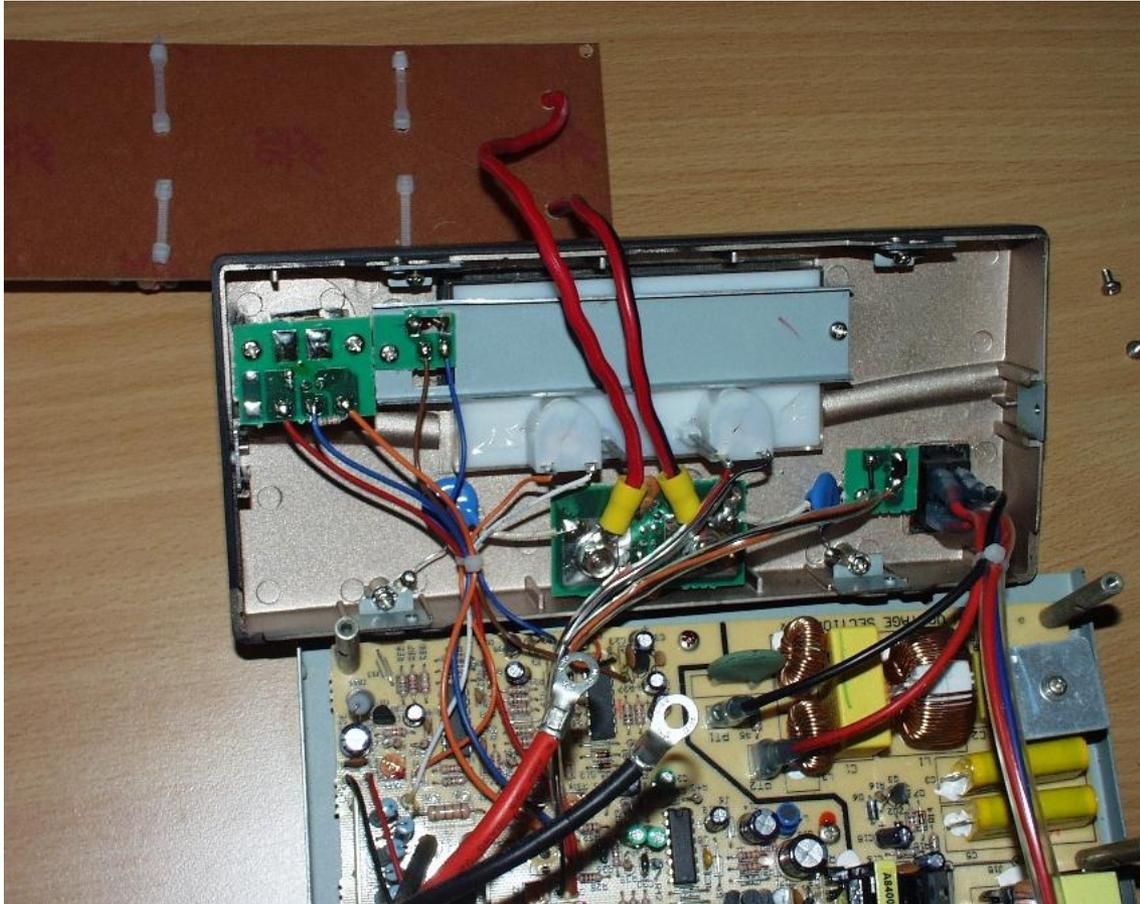
Entstörung eines Schaltnetzteiles

Beide Kerne werden auf der Platine mit Kabelbindern befestigt. Zwei 5 mm Gewindeschrauben werden die Verbindung zu den beiden Litzen des Schaltnetzteiles herstellen.

Um die Gewindeschrauben herum ist die Kupferfolie kreisförmig entfernt.

Die unten herabhängenden Litzen erhalten Kabelschuhe mit 5 mm Loch und werden mit den beiden Buchsen an der Front des Schaltnetzteiles verbunden.

Entstörung eines Schaltnetzteil

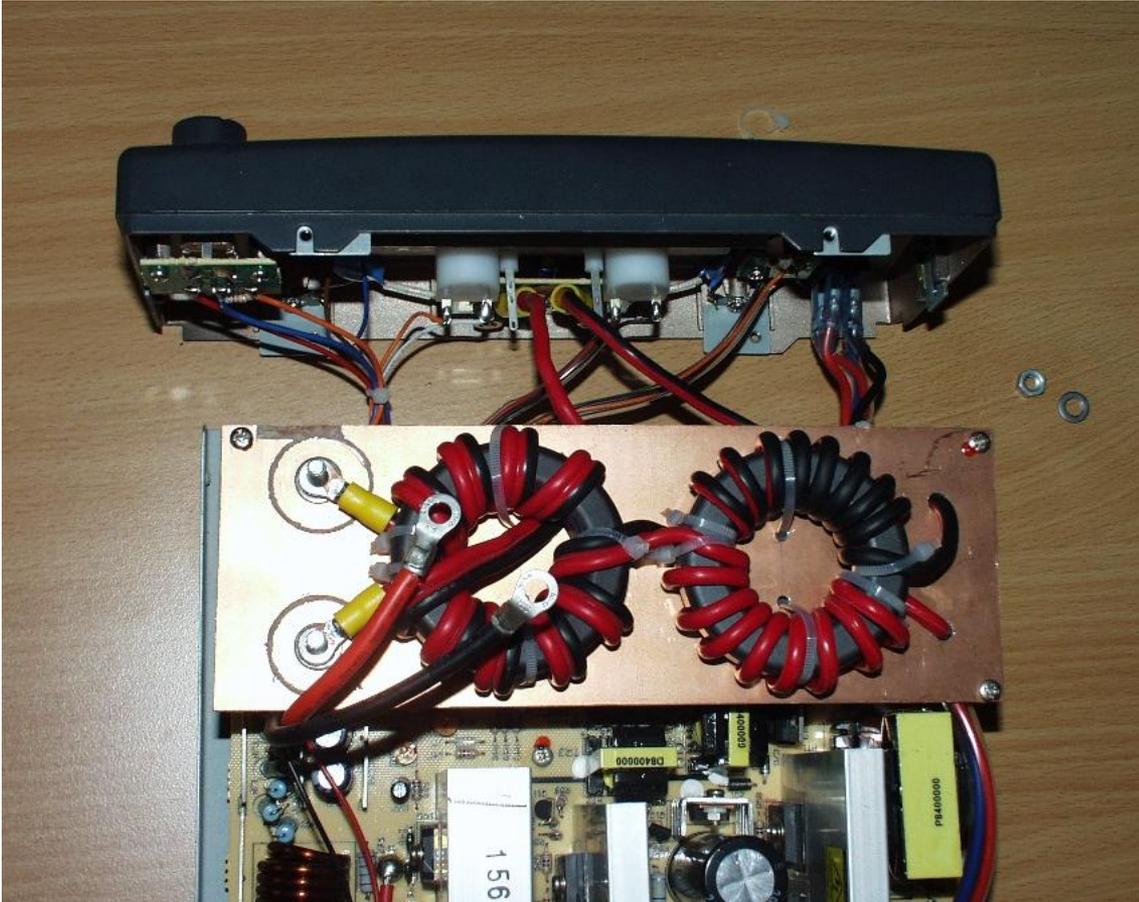


Die Anschlüsse an den Frontbuchsen anschließen, rot ist schwarz und Plus ist Minus....haha

Bitte nicht verwechseln!!!

Rot ist PLUS
Schwarz ist MINUS

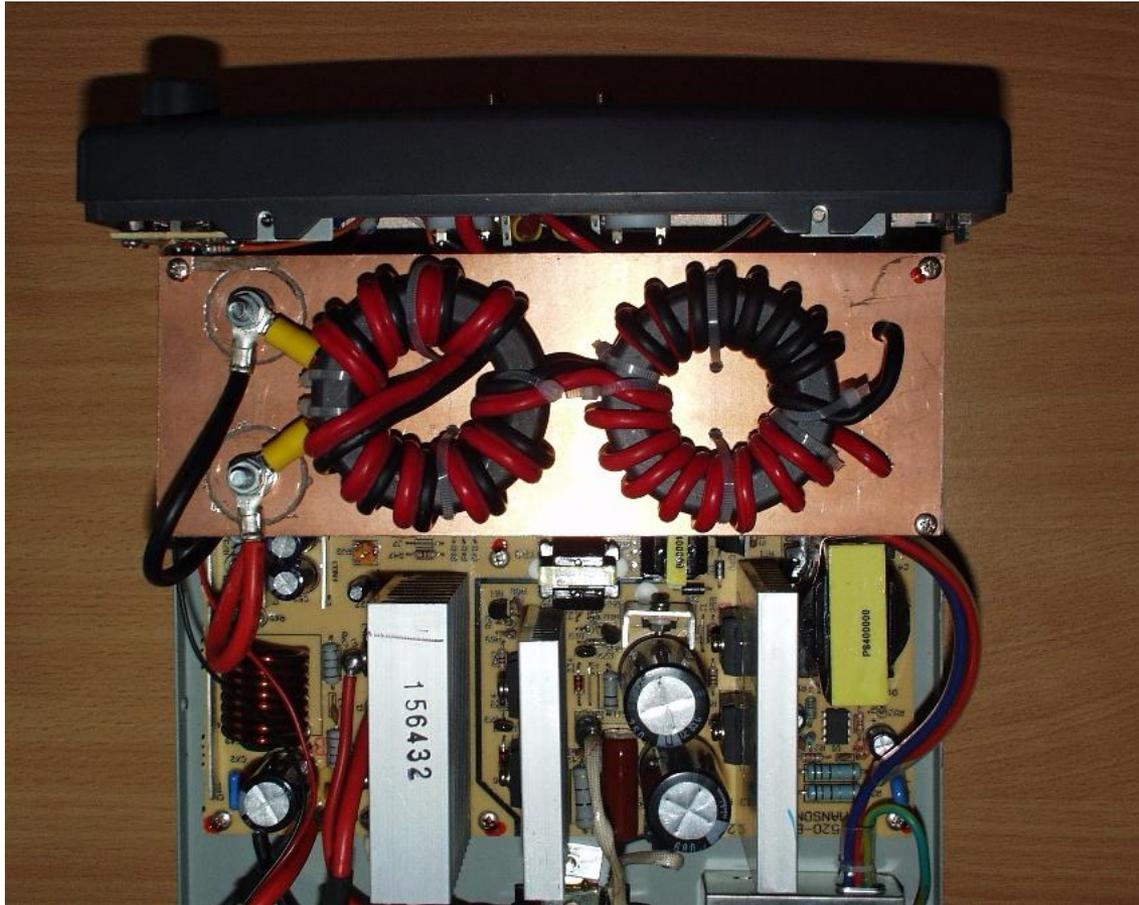
Entstörung eines Schaltnetzteiles



Die Platte mit den Kernen wird auf die drei Abstandsbolzen geschraubt.

In der Nähe des Potenziometers ist die Kupferschicht der Platte bereits entfernt.

Entstörung eines Schaltnetzteiles



Dann werden die beiden dicken Litzen an den 5 mm Gewindeschrauben befestigt

Entstörung eines Schaltnetzteiles



Blick von der Seite: die dicken Litzen werden passgerecht gebogen.

Sichtprüfung: alle Kabel sind genügend weit von Kühlkörpern entfernt.

Messung, das schwarze Kabel hat Verbindung zur schwarzen Anschlussbuchse an der Front und das rote Kabel zur roten Anschlussbuchse.

Entstörung eines Schaltnetzteiles



Pfeifstellen (Auswahl, Gegentaktstörungen):

Frequenz	vorher	nachher
157 kHz	S9 +15	alle <S1
313 kHz	S5	
1132 kHz	S2	
1367 kHz	S2	
1446 kHz	S2	
1834 kHz	S4	
1991 kHz	S4	

Das Ergebnis kann sich sehen lassen. Die Niederspannungsseite ist nun keine Quelle für starke hochfrequente Störungen mehr.

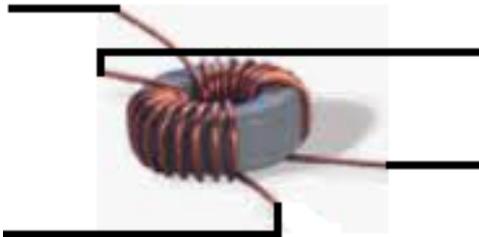
Entstörung eines Schaltnetzteiles

In vielen Geräten werden in den Netzfiltern sogenannte stromkompensierte Drosseln verbaut. Für Gegentaktstörungen stellen diese Drosseln kaum ein Hindernis dar.



Um Gegentaktstörungen zu unterdrücken kann man entweder den Wickelsinn einer der beiden Wickel der stromkompensierten Drossel umdrehen (oben)

oder die Richtung des Stromes durch einen der beiden Wickel (unten).



Entstörung eines Schaltnetzteiles



Sicherheitshinweis:

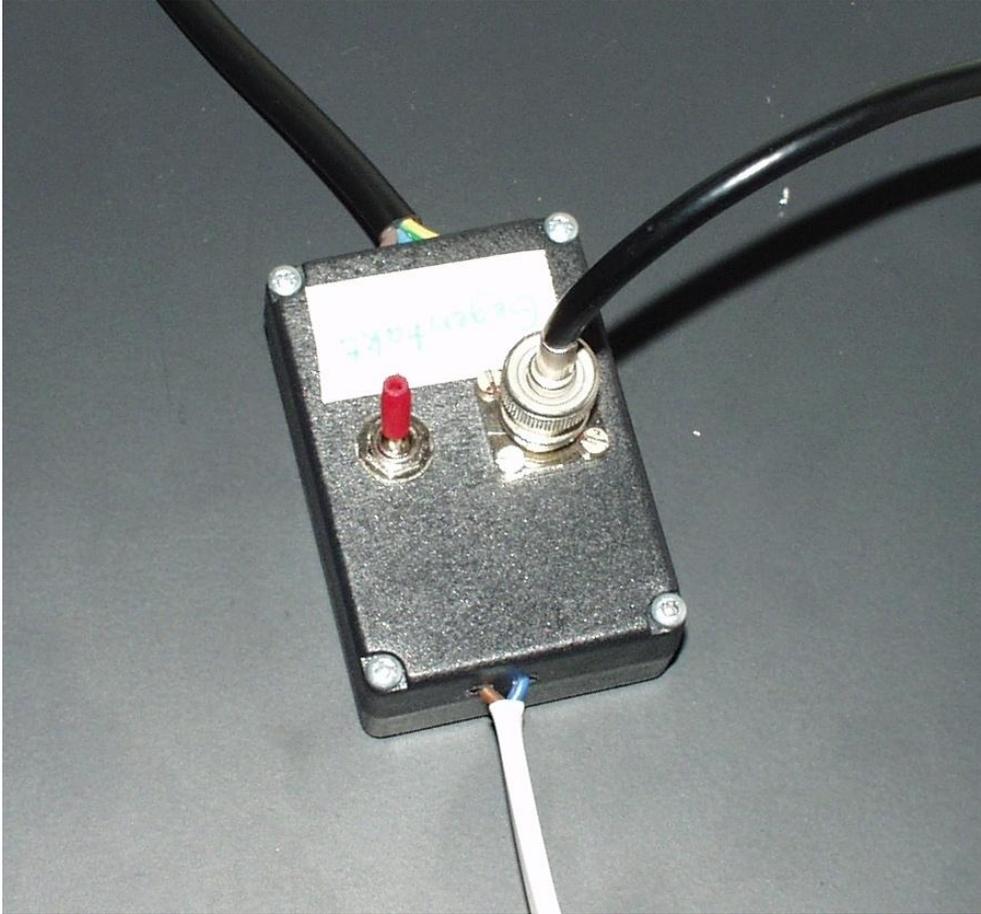
Die nachfolgenden Veränderungen bleiben dem Fachmann vorbehalten, obwohl der Eingriff auf der Netzseite den Schutzleiter nicht verändert. Ähnlich gute Resultate erzielt man mit einer Steckdosenleiste mit eingebautem Netzfilter.



Die VARIO LINEA Steckdosenleiste bietet neben dem Netzfilter einen Überspannungsschutz und eine Master-Slave Funktion. Erhältlich bei:

<http://www.conrad.de/ce/>

Entstörung eines Schaltnetzteiles



Für die Prüfung der Netzseite des Schaltnetzteiles wurde von mir ein berührungssicherer Aufbau verwendet, PTFE-Isolation und Zugentlastungen im Plastekasten sorgen für einen sicheren Betrieb.

Mit dem Schalter kann ich die Prüfung auf Gleichtakt- und auf Gegentaktstörung vornehmen

Wegen Sicherheitsbedenken verzichte ich auf die Angabe der Schaltung.

Entstörung eines Schaltnetzteiles



Überraschung bei der Prüfung
auf der Netzseite:

Totale Verseuchung!

Das Schaltnetzteil ist unschuldig,
wie der Betrieb des FT840 mit
Akkumulator zeigt. Das
Schaltnetzteil ist ausgeschaltet!
Das Netz liefert leitungsgeführte
Gegentaktstörungen, so dass
einfache Mantelwellensperren
nichts nützen.

**Auch stromkompensierte
Drosseln nützen nichts!**

Entstörung eines Schaltnetzteiltes

Gemessen am
Hausanschluss, alle
eigenen Verbraucher
sind ausgeschaltet:

230V Wechselspannung
und jede Menge Müll!



Auswahl, Gegentaktstörungen:

Frequenz	Höreindruck	Stärke
Um 150 kHz	knurrend	S9
230 kHz	knurrend	S5
480 kHz	pulsierend	S9 +20dB
600 kHz	pulsierend	S9 +15dB
815 kHz	wimmernd	S8
880 kHz	wimmernd	S6
1195 kHz	pulsierend	S4
1436 KHz	pulsierend	S8
1555 kHz	pulsierend	S8
1676 kHz	pulsierend	S8
1794 kHz	pulsierend	S9
1987 kHz	rotierend	S8

Entstörung eines Schaltnetzteiles



Bevor die Störungen aus dem Netz nicht beseitigt sind, ist es zwecklos, sich mit dem Störspektrum des Schaltnetzteiles zu beschäftigen. Da kommt mir ein Netzfilter aus einem ausgeschlachteten Spielautomaten gerade recht.

Die Kontrolle auf Gegentaktstörungen zeigt, viele sind verschwunden bzw. unter S1. Es sind aber noch einige kräftige Pfeifstellen da. Was jetzt noch aufzunehmen ist kommt somit überwiegend vom Schaltnetzteil.

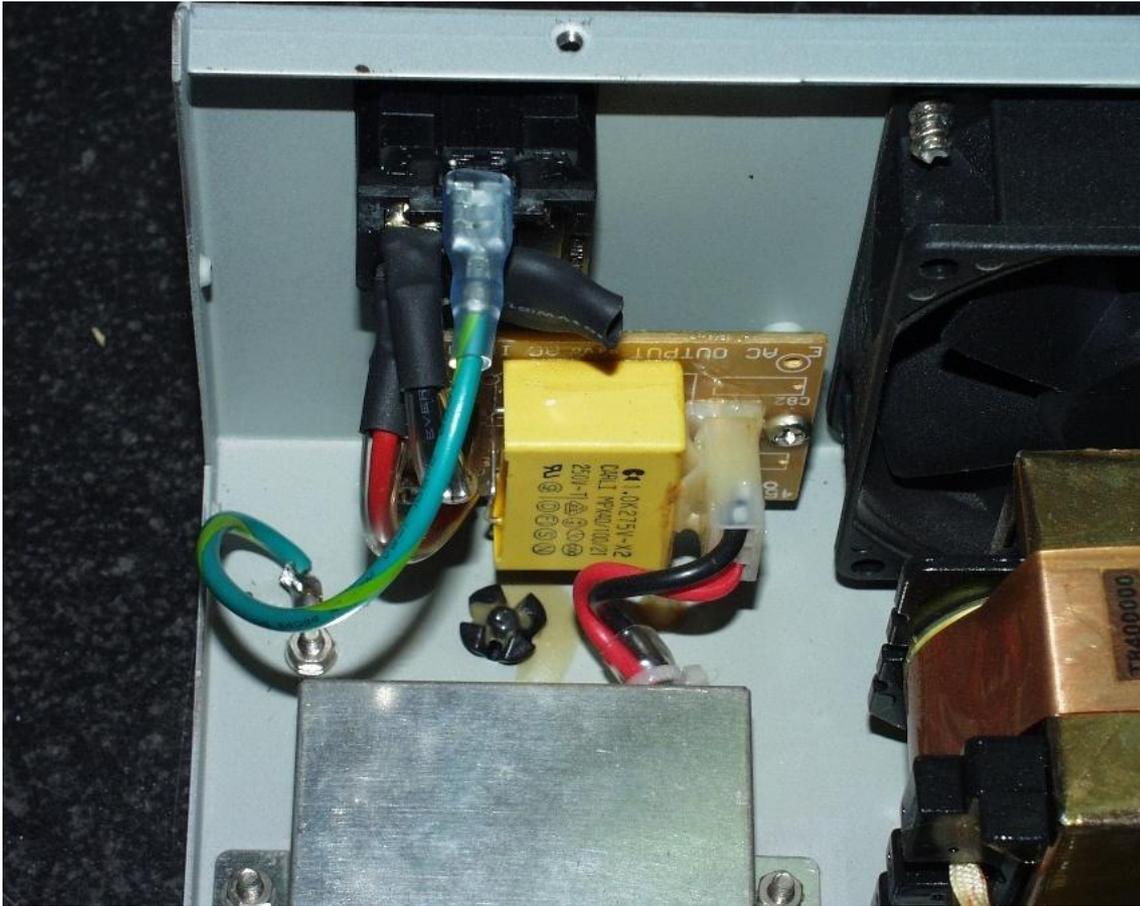
Entstörung eines Schaltnetzteiles



Gegentaktstörungen, Netzteil eingeschaltet

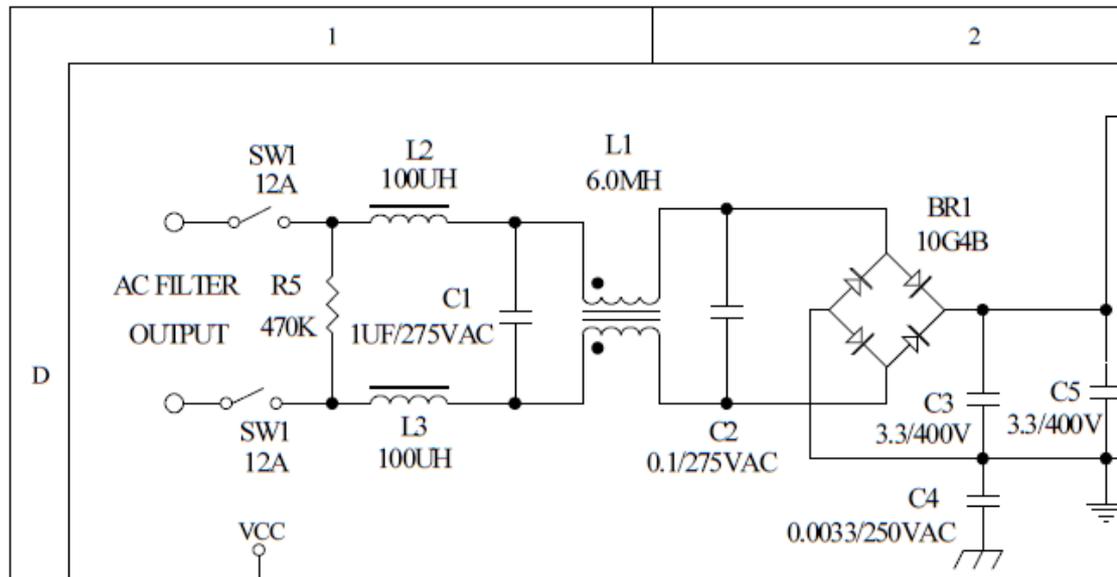
Frequenz	Höreindruck	Stärke
Um 150 kHz	knurrend	S5
480 kHz	pulsierend	S3
1440 kHz	pfeifend	S3
1595 kHz	pfeifend	S3
1673 kHz	pfeifend	S5
1828 kHz	pfeifend	S6
1906 kHz	pfeifend	S6
2061 kHz	pfeifend	S6
usw.		

Entstörung eines Schaltnetzteiles



Im Schaltnetzteil sind einige Entstörmaßnahmen enthalten, ein Netzfilter (unten), ein Kondensator (gelber Baustein darüber).

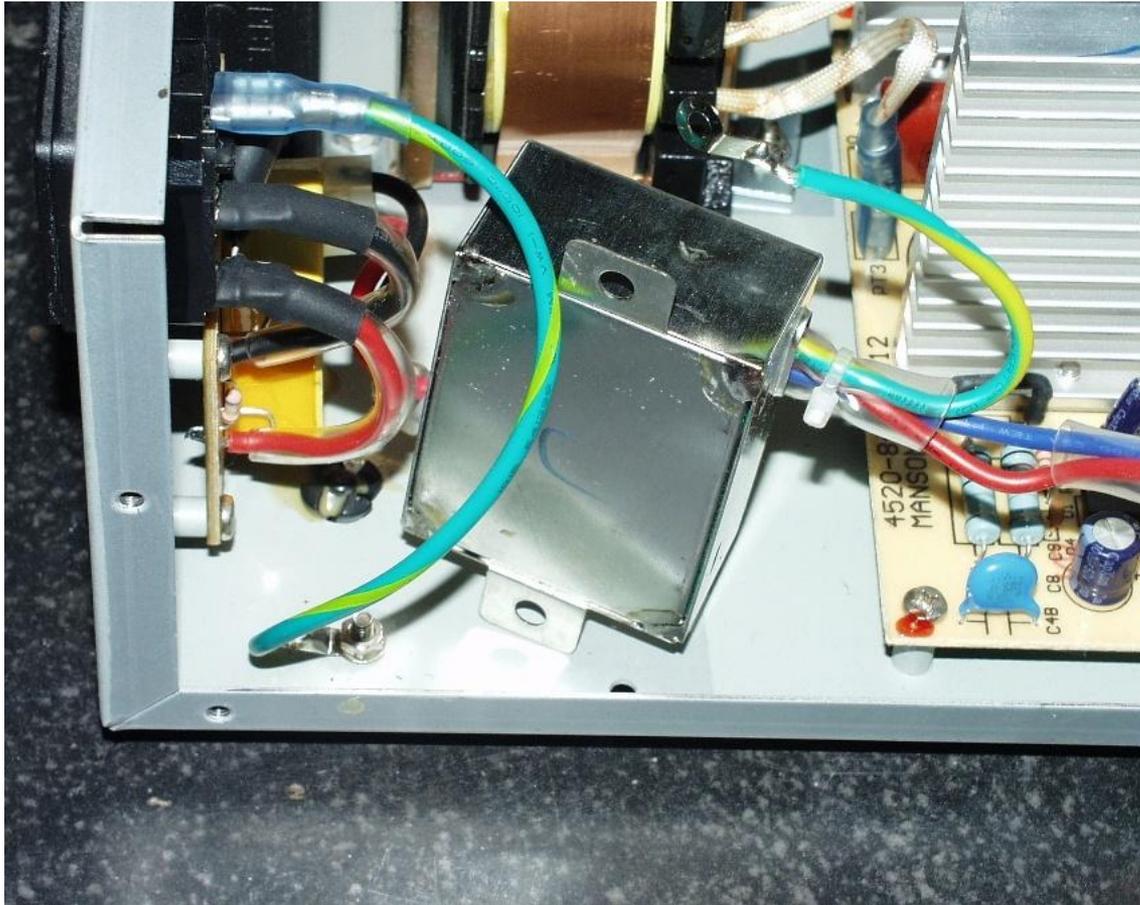
Entstörung eines Schaltnetzzeiles



Die Schaltung scheint nicht ganz zu stimmen. Denn ich erkenne im Foto zuvor einen Varistor, einen Kondensator und einen Widerstand parallel zum Netzanschluss, sie fehlen in der Schaltung. Ob das Netzfilter wirklich eine stromkompensierte Drossel gegen Gleichtaktstörungen und zwei Drosseln zur Bekämpfung der Gegentaktstörungen enthält?

Die Anordnung des Schalters ist auch nicht richtig, er befindet sich in Wirklichkeit zwischen Netzfilter und Gleichrichter.

Entstörung eines Schaltnetzteiles



Das Innere des Netzfilters bleibt ein Geheimnis, denn öffnen will ich es nicht.

Es muss eine einfache Lösung her.

Bitte nicht nachmachen, bitte nicht das Netzfilter abschrauben.

Entstörung eines Schaltnetzteiles



Ein besseres Netzfilter wäre denkbar. Das Datenblatt zeigt, die Steckerfilter leisten im unteren Kurzwellenbereich wenig.

Ich finde für 3 Ampere und 1 MHz folgende Gegentakt/Gleichtaktstörungsunterdrückung:

Schaffner FN9226 15 dB/35 dB

Schaffner FN9222 25 dB/40 dB

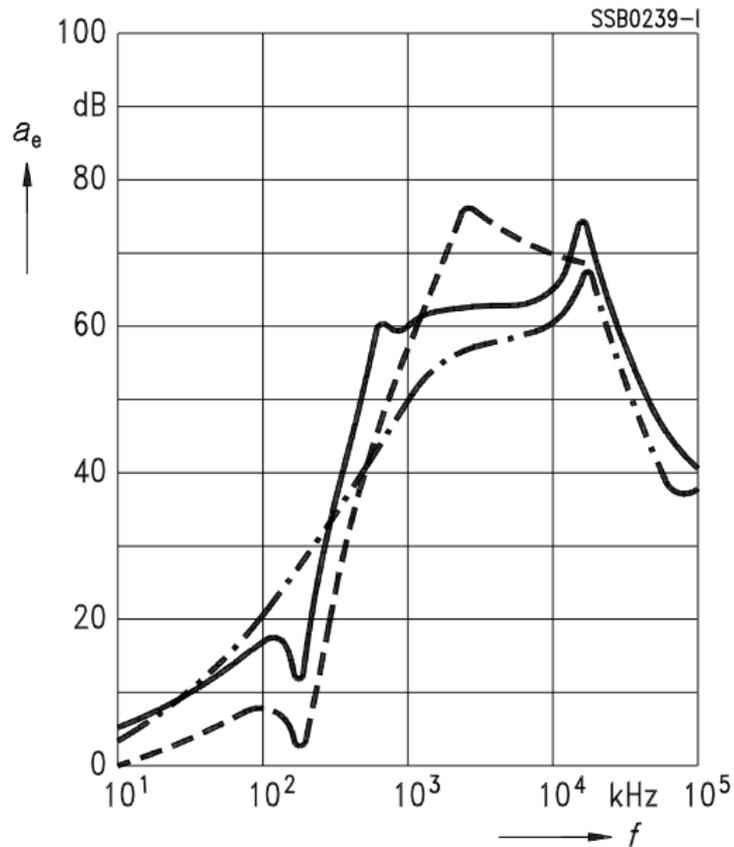
Schaffner FN9246 40 dB/>70 dB

gemessen zwischen zwei 50 Ω Ports. Das schafft die Industrie. Eigenbauten lassen sich mit dem Netzwerktester schnell vergleichen.

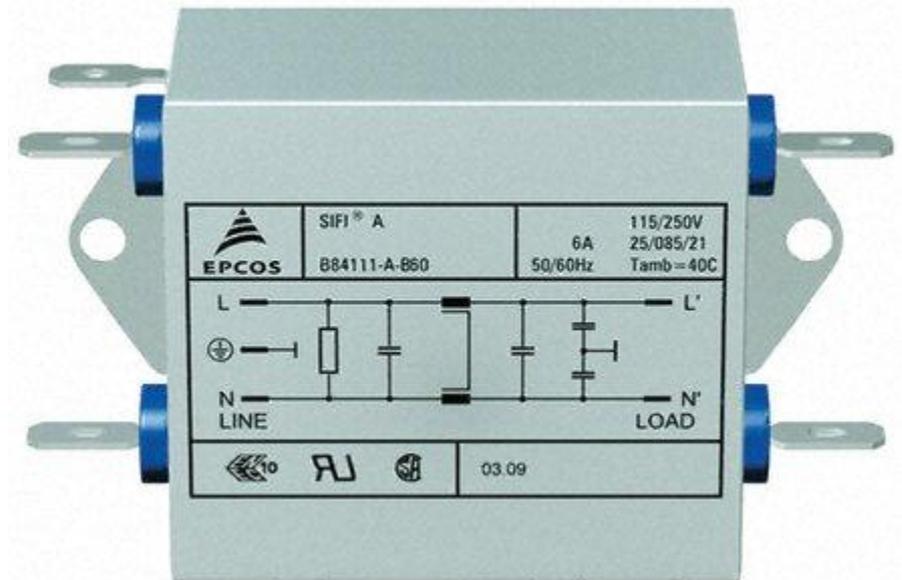
Vorsicht beim Messen, die Kondensatoren im Netzfilter vorher entladen, sonst ist ein neuer AD8307 fällig!

Entstörung eines Schaltnetzteiles

B84111-A-*10 ... -A-*30

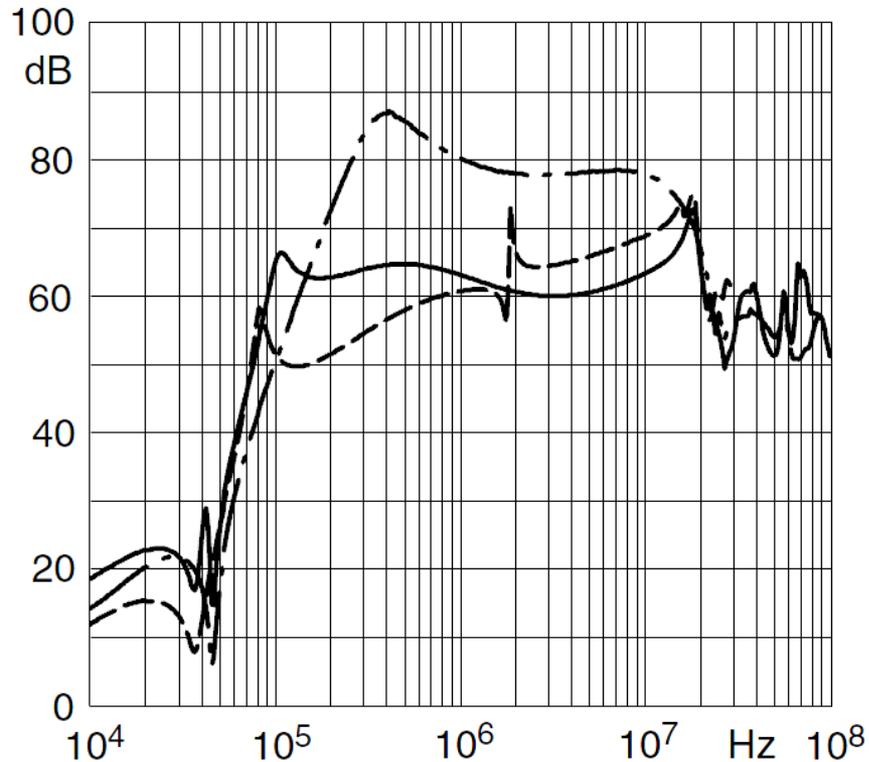


Epcos kann es auch: ein 3A Filter, einstufig. Auch mit Steckeranschluss (-K) erhältlich.



Entstörung eines Schaltnetzteiles

B84113H0000B030

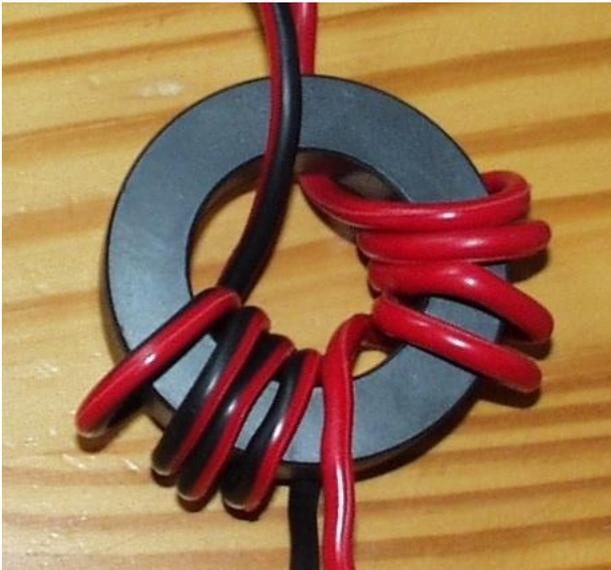


Auch von Epcos, das zweistufige Filter:
B84113H0000B030 60 dB/60 dB
gemessen zwischen zwei 50 Ω Ports.



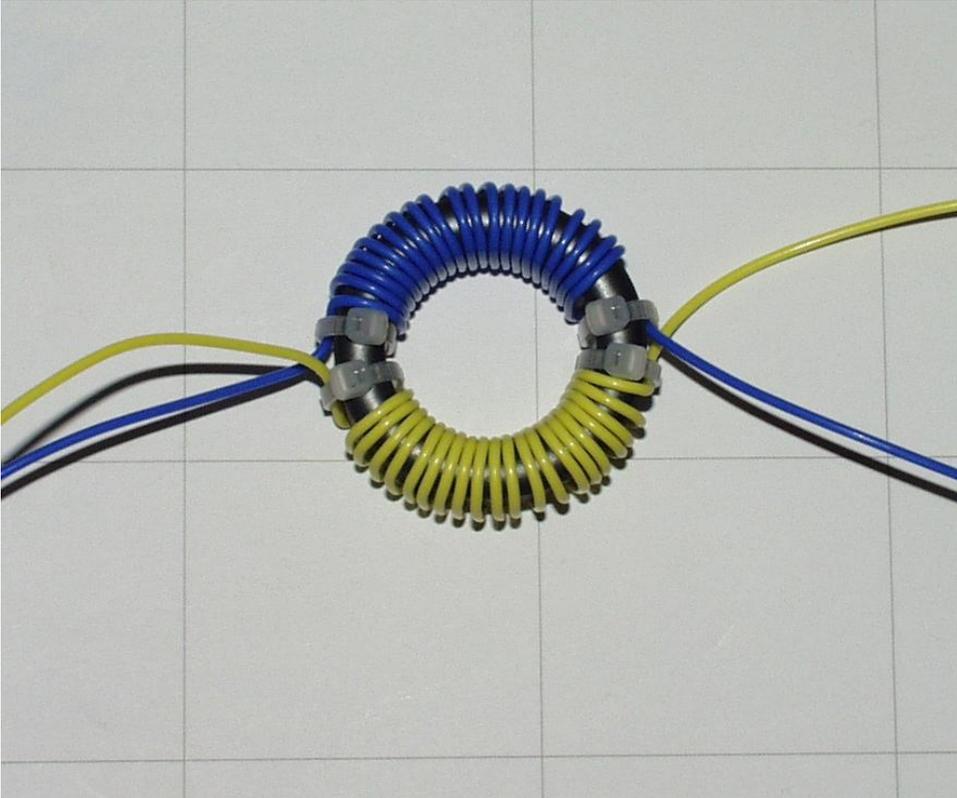
Und auch bei 100 kHz erreicht das
Netzfilter starke Werte, ist leider aber
auch teuer. Ich versuche es mit einem
Selbstbau, die industriellen Werte will
ich gar nicht erreichen.

Entstörung eines Schaltnetzteiles



Da es sich um Gegentaktstörungen handelt, nutzt es überhaupt nichts, die Zuleitung um einen Ferritkern zu wickeln. Nur dies hilft: die **Einzelleiter** müssen auf den Ferritkern in der nebenstehenden Art aufgewickelt werden. Dabei sollen möglichst viele Windungen etwas ordentlicher aufgewickelt werden, als im Bild gezeigt. Verwendet wird ein Ferritkern 40 mm und, da das Schaltnetzteil kaum mehr als 3 Ampere zieht, und AWG20 Litze mit PTFE-Isolation, denn die weist eine Querschnittsfläche von $0,5 \text{ mm}^2$ auf.

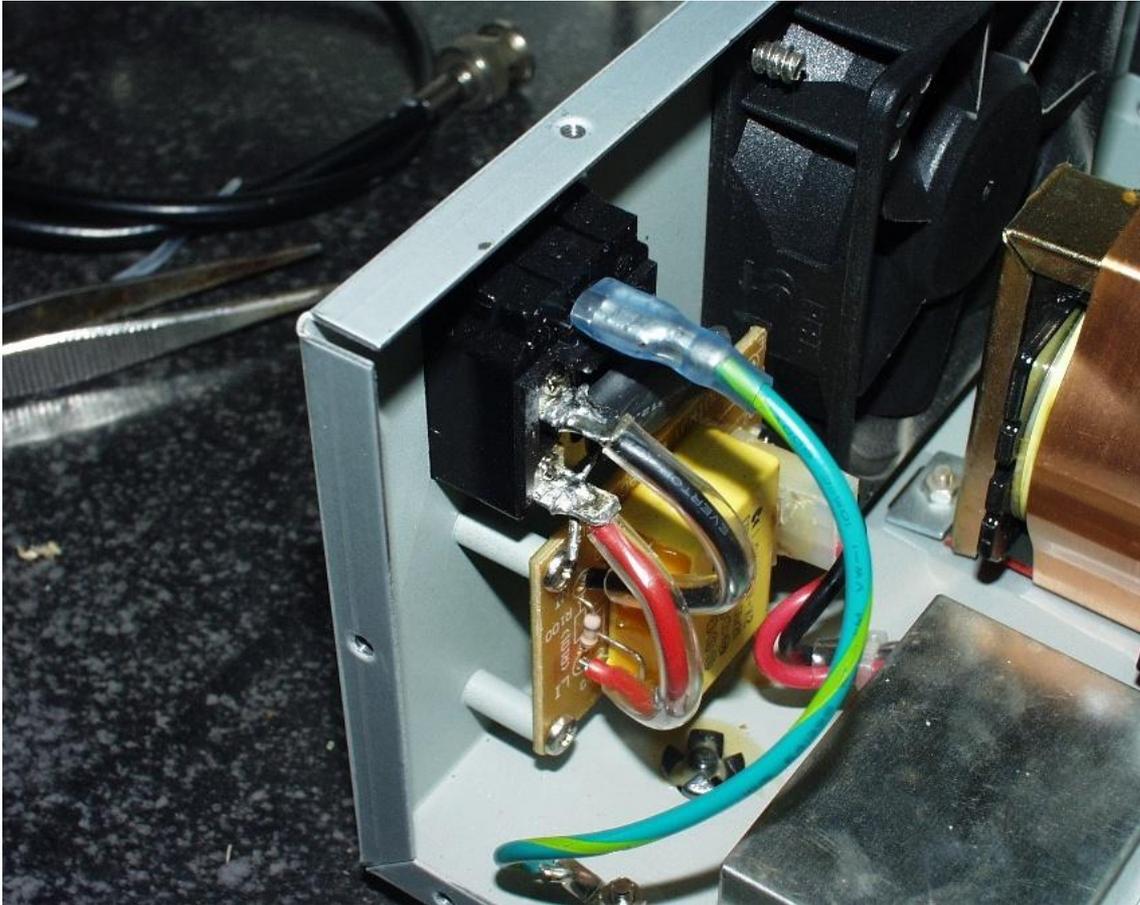
Entstörung eines Schaltnetzteiles



Eine Gegentaktstromdrossel entsteht aus einem 40 mm Ferritkern und AWG20 Litze, PTFE isoliert.

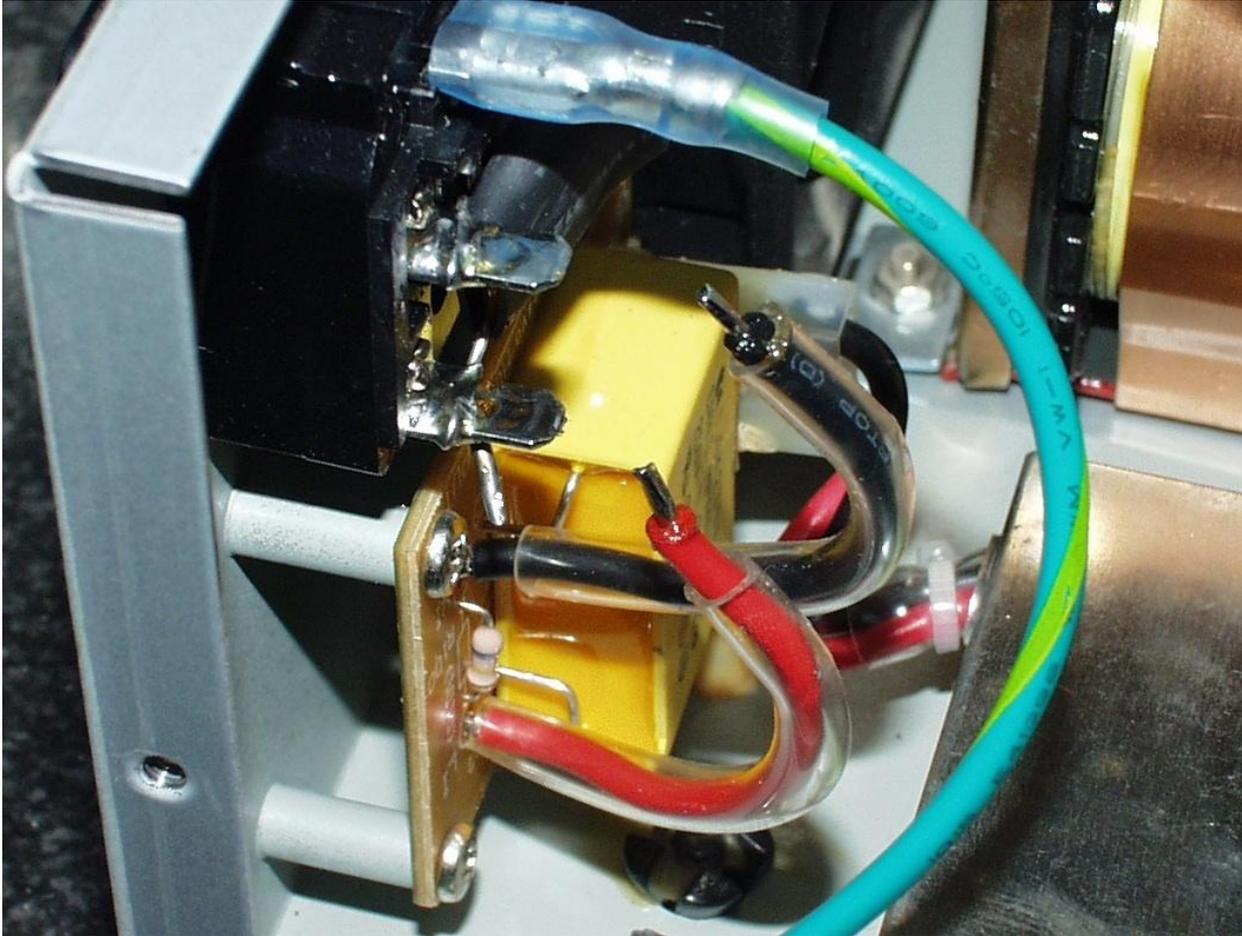
Sie wird zwischen der Netzanschlussdose und das vorhandene Netzfilter eingebaut.

Entstörung eines Schaltnetzteiles



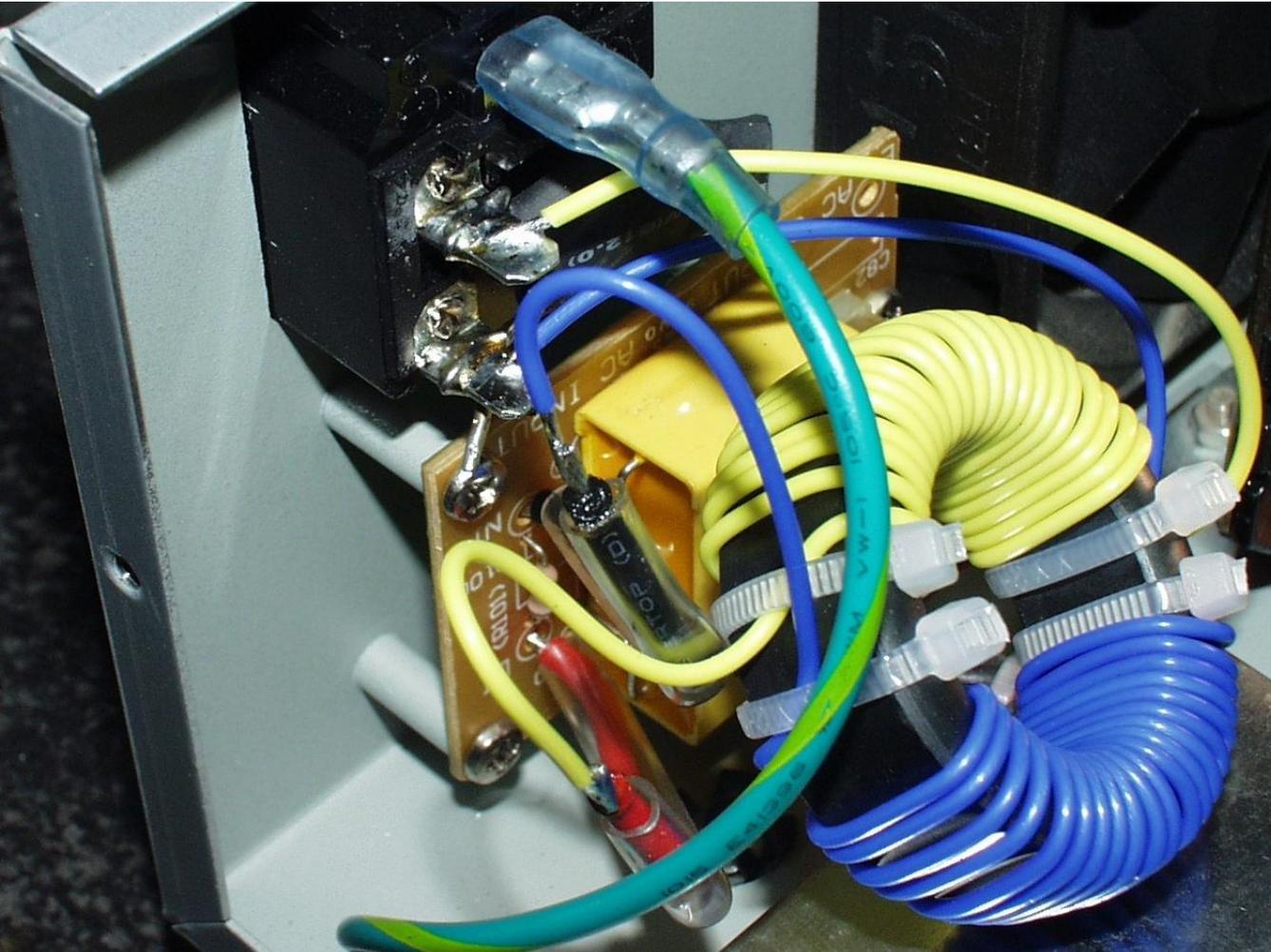
Die Anschlüsse an der Netzanschlussdose sind mit Schrumpfschlauch überzogen, der wird entfernt.

Entstörung eines Schaltnetzteiles



Die Drähte zum
Netzanschluss werden
abgelötet...

Entstörung eines Schaltnetzteiles



...und die Drossel
dazwischen angelötet.

Entstörung eines Schaltnetzteiles



Der Isolierschlauch wird über die Lötstelle gezogen und alles am Erdanschluss (das ist der gelb-grüne Schutzleiter) mit einem Kabelbinder fixiert.

Entstörung eines Schaltnetzteiles



Zum Schluss wird die Drossel mit einem weiteren Kabelbinder an der Platine mit dem gelben Kondensator festgezurr.

Danach wird eine Isolierstoffplatte zwischen Drossel und Netzfilter geschoben.

Sichtprüfung: Isolierung sitzt fest?

Messung: Schutzleiter ist mit der Gehäusemasse verbunden?

Entstörung eines Schaltnetzteiles

Gegentaktstörungen vorher			nachher:
Frequenz	Höreindruck	Stärke	Stärke
Um 150 kHz	knurrend	S5	S5 (Netz?)
480 kHz	pulsierend	S3	-
1440 kHz	pfeifend	S3	-
1595 kHz	pfeifend	S3	-
1673 kHz	pfeifend	S5	-
1828 kHz	pfeifend	S6	S1
1906 kHz	pfeifend	S6	-
2061 kHz	pfeifend	S6	-

Gleichtaktstörungen sind vorhanden, aber nicht über S1. Die Störung im Bereich 150 kHz kommt nicht vom Schaltnetzteil.

DGOSA

- Tel. 03821 721578
- Fax 03821 721580
- E-Post: wwippermann@t-online.de
- Netz: www.wolfgang-wippermann.de