

# Wir entstören unser Schalt-Netzteil

## Vortrag/Workshop

Version 20.3.25

Hanspeter Blättler HB9BXE

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Inhalt-Übersicht</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Theorie</b>	<b>3</b>
<b>3.1</b>	<b>EMV-Störungen von Schaltnetzteilen</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Entstör-Theorie</b>	<b>5</b>
<b>4.1</b>	<b>EMV Grenzwerte gemäss IEC 61000 Norm</b>	<b>5</b>
<b>4.2</b>	<b>Störungen auf Leitungen breiten sich vorwiegend auf zwei Arten aus</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>Unser Test-Object</b>	<b>7</b>
<b>6</b>	<b>Wie kann ich mein Netzteil zuverlässig auf Störungen prüfen?</b>	<b>7</b>
<b>6.1</b>	<b>Prüfen mit einem Empfänger:</b>	<b>7</b>
<b>7</b>	<b>Prüfen mit einem Spektrum Analysator:</b>	<b>10</b>
<b>7.1</b>	<b>Vorgehen mit dem Spektrumanalysator</b>	<b>11</b>
<b>7.2</b>	<b>Handelt es sich um Gleich- oder Gegentakt - Störungen?</b>	<b>13</b>
<b>8</b>	<b>Wir entstören nun schrittweise unser Netzteil</b>	<b>15</b>
<b>8.1</b>	<b>Sicherheit</b>	<b>15</b>
<b>8.2</b>	<b>Als erstes öffnen wir das Gehäuse</b>	<b>16</b>
<b>8.3</b>	<b>Nun bauen wir die Elektronik in ein Metall -Gehäuse</b>	<b>16</b>
<b>8.4</b>	<b>Das Messen mit dem RP- Spektrumanalysator</b>	<b>17</b>
<b>8.5</b>	<b>Schritt 1</b>	<b>19</b>
<b>8.6</b>	<b>Schritt 2, Entstör Massnahmen</b>	<b>20</b>
<b>8.7</b>	<b>Schritt 3 mit Elko</b>	<b>21</b>

<b>9Die Gegentakt-Drossel (Gt-Dr).....</b>	<b>22</b>
<b>9.1Schritt 4, Einbau Gegentackt-Drossel.....</b>	<b>23</b>
<b>9.2Gegentackt-Drossel (Gt-Dr) und Wickelsinn.....</b>	<b>24</b>
<b>9.3Die Stromkompensierte Drossel.....</b>	<b>26</b>
<b>9.4Wie sieht das aber auf der Primärseite, 230V AC, aus? .....</b>	<b>27</b>
<b>10Zusammenfassung.....</b>	<b>30</b>

# 1 Einleitung

Die Kurzwelle hat sich verändert. Ruhige Bänder ohne Störungen sind in städtischer Umgebung oft nur noch ein Wunschtraum.

Störungsemissionen von Schaltnetzteilen, Energiespartampen, Fotovoltaikanlagen und PLC verderben Funkamateuren und SWL immer mehr den Spaß an der Kurzwelle.

Die Ökodesign-Richtlinie der EU verlangt nach energieeffizienten Geräten und Leuchtmitteln, die technisch nur durch getaktete Strom-Versorgungen zu realisieren sind.

Schalt-Netzteile haben lineare Stromversorgungen verdrängt.

Immer mehr Geräte im Haus erzeugen ungewollt hochfrequente Störemissionen.

Grundwissen über EMV nutzt dem Funkamateur.

So lassen sich zumindest im eigenen Umfeldelektromagnetische Störungen erkennen und beseitigen, oder zumindest reduzieren.

Und hiermit sind wir beim Thema angelangt, worauf sich dieser Vortrag bezieht.

Zudem verschwindet der "Selbstbau" im Amateurfunk-Wesen mehr und mehr, da Geräte und Zubehör so günstig wie noch nie zu kaufen waren. Somit können wir, oder müssen wir, wieder selbst Hand-Anlegen, um diese Störquellen (Schaltnetzteile) zu eliminieren.

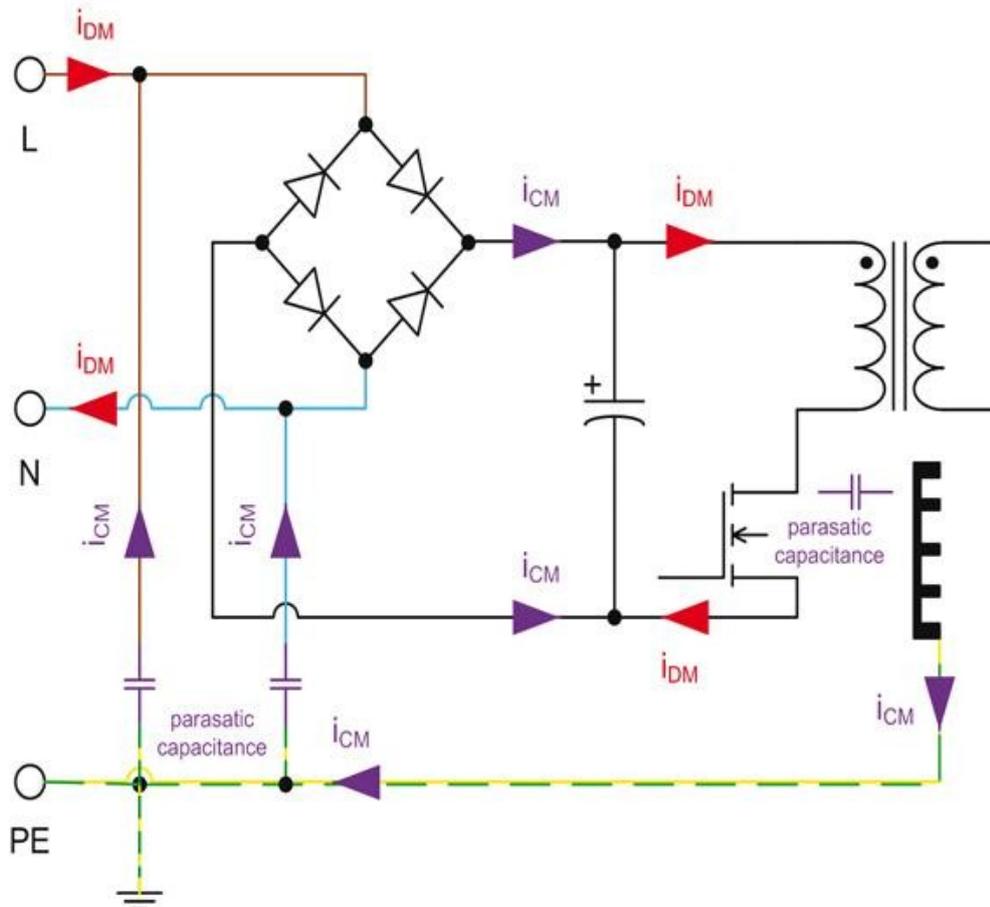
## 2 Inhalt - Übersicht

- Das Störverhalten mit dem Empfänger Prüfen
- Das Störverhalten mit dem Spektrum Analysator Prüfen
- Theorie, warum stört (leider) das neu gekaufte Netzteil?
- Nun entstören wir das China 5A- Schalt-Netzteil selbst.
- Zusammenfassung und Ergänzungen

## 3 Theorie

### 3.1 EMV-Störungen von Schaltnetzteilen

Schaltnetzteile senden leitungsgebundene Störungen aus, die andere Geräte stören können. Mit Netzfilter lassen sich die erzeugten Funkstörspannungen unterdrücken. Diese bestehen aus passiven Bauelementen wie stromkompensierte Netzdrosseln sowie X- und Y-Kondensatoren. Störströme erzeugen über Impedanzen Funkstörspannungen.



© Würth Elektronik

Bild 1: Störströme am Schaltnetzteileingang ( $i_{DM}$ : Gegentaktströme (Differential Mode Currents);  $i_{CM}$ : Gleichtaktströme (Common Mode Currents))

**Bild 1** zeigt, wo und wie Störströme in einem Schaltnetzteil fließen. Auf der Netzseite fließt zunächst mit der Taktfrequenz des Schaltreglers  $f_{sw}$  ein hochfrequenter Nutzstrom  $i_{DM}$ , der zur Gegentaktstörung (Differential Mode) führt. Bedingt durch schnelle Schaltvorgänge von Halbleiterbauteilen – meist MOSFETs – kommt es in Verbindung mit parasitären Effekten zu hochfrequenten Schwingungen. Im Prinzip fließt der Gegentaktstrom von der Netzleitung L über eine Gleichrichterbrücke, dann über die Primärwicklung des Transformators, über den MOSFET und über den Neutralleiter N zurück zum Netz.

Zur Kühlung wird der MOSFET auf einem Kühlkörper montiert, der wiederum an den Schutzleiter PE angeschlossen ist. An dieser Stelle kommt es zur kapazitiven Kopplung zwischen dem Kühlkörper und dem Drain des MOSFETs und erzeugt eine Gleichtaktstörung (Common Mode). Kapazitiv gekoppelt fließt nun ein Gleichtaktstrom  $i_{CM}$  über die Erdleitung PE zurück zum Schaltnetzteileingang, wo er wieder über parasitäre Kapazitäten sowohl auf die Netzleitung L, als auch auf die Neutralleitung N gekoppelt wird. Der Gleichtaktstrom  $i_{CM}$  fließt nun wie in **Bild 1** gezeigt über beide Netzleitungen, über die Gleichrichterbrücke zum MOSFET, wo er sich wieder parasitär über den Kühlkörper auf die Erdleitung PE einkoppelt.

An der Drain-Source-Strecke des MOSFETs liegt die gleichgerichtete Netzspannung an. Der Scheitelwert der gleichgerichteten Netzspannung  $\hat{u}$  entspricht 325 V.

## 4 Entstör-Theorie

Die in diesem Beitrag aufgeführten Messungen / Prüfungen sind mit den möglichen Amateur - Mittel vollzogen worden. Um direkte Vergleiche mit kommerziellen Messergebnissen zu machen, bedarf es eines zusätzlichen Aufwandes, einer sogenannten "Netz-Nachbildung". In der Fachsprache wird dies als "Artificial Mains Network" bezeichnet.

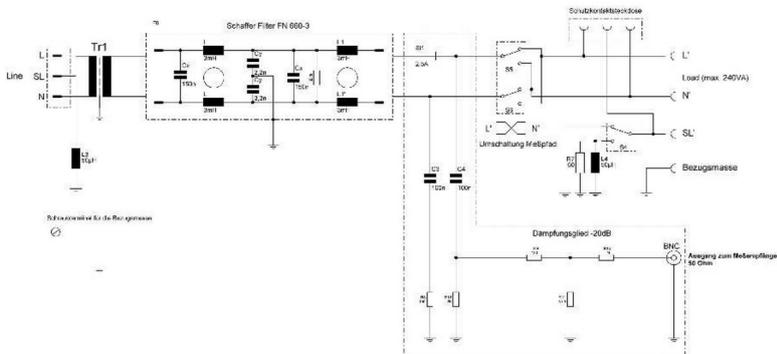


Bild 2, Schema einer Netz-Nachbildung, Quelle: DL2KHP

Also wer absolute Werte ermitteln will, kommt um ein solches Hilfsmittel nicht herum. Ich werde mich an einer anderen Stelle damit beschäftigen um, um Vergleiche der heutigen IEC 61000 Norm, auch EN55032, zu machen.

### 4.1 EMV Grenzwerte gemäss IEC 61000 Norm

Diese Grenzwerte wurden ja mit dem Ziel, einen störungsfreien Betrieb untereinander zu ermöglichen. Nun, für uns Funkamateure sind dies Grenzwerte aber immer noch viel zu hoch, siehe Tabelle 1 unten.

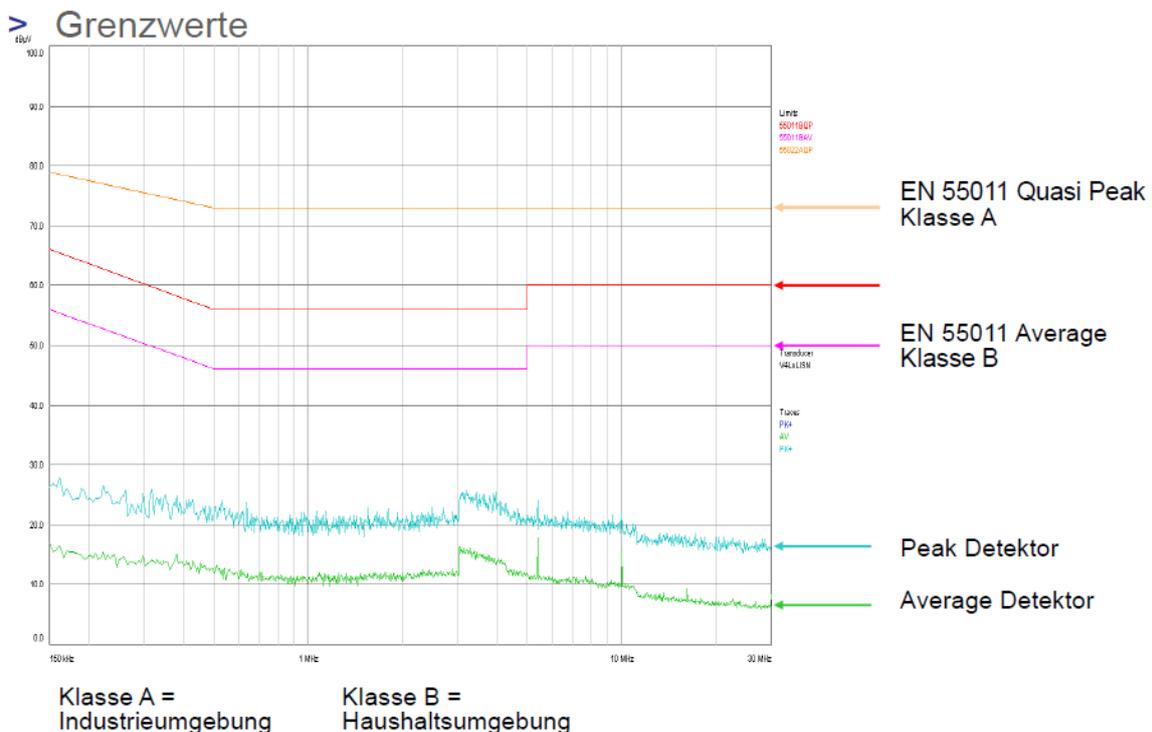


Bild 3, EMV Grenzwerte gemäss IEC 61000 Norm auch EN55032, Quelle Schurter

Im Bild oben sehen die heute gültigen Werte für Stör-Emissionen. Jedoch sind diese Grenzwerte in dB( $\mu$ V) Quasispitzenwert angegeben.

<b>Klasse- B- Grenzwerte nach EN55032</b>			
Frequenzbereich	Grenzwert Klasse B in db ( $\mu$ V) Quasispitzenwert	In dBm	Das entspräche in S-Stufen
0.15 - 0.5 MHz	66-56	-41	S9 <sup>+32dB</sup>
0.5 - 5 MHz	56	-47	S9 <sup>+26dB</sup>
5 - 30 MHz	60	-51	S9 <sup>+22dB</sup>

Tabelle 1, Vergleich db ( $\mu$ V) Quasispitzenwerte zu S-Stufen

Diese Tabelle zeigt uns auf, mit was für welche Störpegel in der üblichen Amateur-Angaben, der S-Stufen, zu rechnen ist.

Diese heutige Norm bezieht sich aber nur auf die Primärseite 230V AC !!

Auf der Sekundärseite gibt es noch keine gültige Norm für Grenzwerte.

Jedoch ist eine solche dank störender Optimizer bei Solaranlagen im tun.

Fazit: Viele Netzgeräte entsprechen wohl der Norm, weisen die CE- Kennzeichnung auf, aber für uns Funkamateure stören diese immer noch zu viel.

Meiner Ansicht nach ist so oder so, Handlungsbedarf, wenn wir künftig einen störungsfreien Empfang wünschen. Dieser Handlungsbedarf ist also in unserer Wohnung, wo wir beginnen müssen.

## 4.2 Störungen auf Leitungen breiten sich vorwiegend auf zwei Arten aus

Das Basiswissen kennen wir vom Vortrag "Das Geheimes des Balun" und können die Theorien zur Entstörungen davon ableiten. [Hier den Link](#)

### 4.2.1 a.) Als Gegentaktstörung

Dieser Begriff ist auch unter "Differential Mode" und "Symmetrische Störung" zu finden

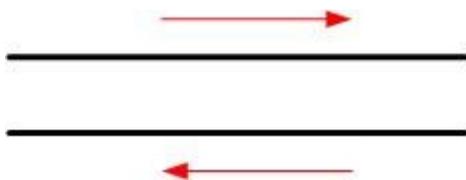


Bild 4, die Ströme laufen in entgegengesetzter Richtung, die Leitung strahlt kaum

Bei der Gegentaktstörung laufen die Ströme in entgegengesetzter Richtung, mit gleichem Betrag. Eine solche Leitung strahlt kaum, aber an Punkten der Unsymmetrie aber stark, weil dort Anteile in eine Gegentaktstörung gewandelt wird. Dies gilt auch für PLC!! (Quelle DG0SA)

### 4.2.2 b.) Als Gleichtaktstörung

Dieser Begriff ist auch unter "Common Mode" und "Asymmetrische Störung" zu finden

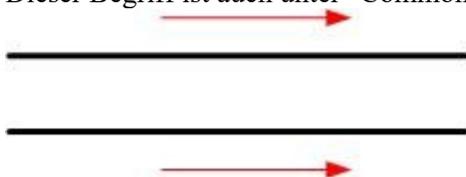


Bild 5, die Ströme laufen in gleicher Richtung, die Leitung strahlt stark

Bei der Gleichtaktstörung laufen die Ströme in gleicher Richtung, die Leitung strahlt stark

Der Hersteller von Entstörmaterial (Ringkerne) behauptet, 90% aller leitungsgebunden Störungen seien im Common Mode, als Gleichtaktstörungen. Vielleicht, weil man diese durch ihre Abstrahlung leichter erkennt. Aber das nach DG0SA falsch. Deshalb funktionieren manche einfachen Entstör Methoden auch nicht, die lediglich der Gleichtaktstörung an den Kragen wollen.

## 5 Unser Test-Object

Wir prüfen folgende gekauften Schalt-Netzteil:



Bild 6, Chinesisches 12V Netzteil 5A, gekauft bei Ebay

## 6 Wie kann ich mein Netzteil zuverlässig auf Störungen prüfen?

- a.) Mit einem Spektrum-Analyzer, oder aber
- b.) Mit einem Kurzwellen-Empfänger

Die meisten von uns sind nicht im Besitze eines Spektrum-Analyzer, daher machen wir zu beginn die Untersuchungen mit einem Empfänger, dann als weitere Bestätigung mit einem Spektrum-Analyzer.

### 6.1 Prüfen mit einem Empfänger:

Dazu benötigen wir einen vorhandenen Transceiver / Kurzwellen-Empfänger.

Ich benutze gerne einen Portabel-Transceiver, meist den KX3 oder FT817. Diese sind handlich und haben Platz auf dem Arbeitstisch und sind absolut empfindlich genug.

Das allerwichtigste beim prüfen der Netzteile ist, das Netzteil muss immer belastet sein, ansonsten wir die Störungen nicht, oder kaum wahrnehmen können. Die Last sollte dabei Minimum 1A bis 2A betragen, denn die Störungen nehmen mit Zunahme der Last ebenfalls zu.

Im Weiteren sollten wir den Test-Rx mit Batterie betreiben, somit haben wir die Gewissheit, dass wir nicht etwa auf diesem Wege schon Störungen mit einbringen.

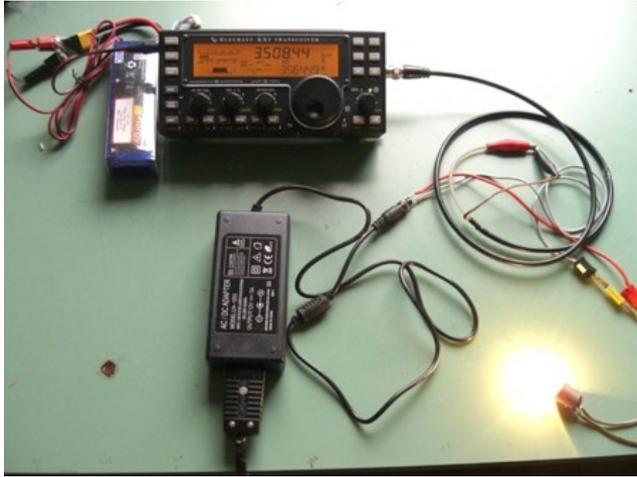


Bild 7, Test-Aufbau mit KX3

Wie im Bild oben gezeigt, benutzen wir als Last eine Glühlampe aus dem Auto-Zubehör. Es ist selbsterklärend, dass es keine moderne Lampe sein darf, denn erstens stören diese ja leider auch und der Stromkonsum ist zu gering.

Als Indikator, Sensor, oder Antenne, benutzen wir ein Laborkabel, die Enden zusammen geklemmt. Das ergibt eine kleine Loopantenne mit einem Umfang von ca. 10cm bis 20cm. Grösser sollte die wirksame Antenne nicht sein, ansonsten der doch empfindliche Empfänger schon Störungen aus der Umgebung aufnimmt. Das prüft man einfach indem, dass man den Empfänger einschaltet, ohne dass das Netzgerät angesteckt ist.

Das Ende dieser Loopantenne legen wir fürs erste einfach auf die Zuleitungen zur Last (Glühlampe)

Nun überstreichen mit dem VFO das 80m-Band, also von 3.500 MHz bis etwa 3.600 MHz. Dabei sollten wir nur ein Rauschen feststellen, das S-Meter zeigt Null.

Jetzt geht's zum ersten Test. Wir schalten das zu prüfende Netzteil ein und überstreichen wiederum mit dem VFO das 80m-Band, wie oben schon erwähnt.

In der Regel hören wir jetzt eindeutig ein Knurren, dabei zeigt das S-Meter eine Störung von S5 und mehr an. Wenn wir nun wiederum den 80m-Bereich mit dem VFO überstreichen, erhöht / erniedrigt sich die S-Meter Anzeige, je nach der Harmonischen Grund-Taktung des Wandlers.

Wir machen noch einen weiteren Test, indem wir unsere Loop-Antenne direkt auf das Netzgerät legen, wie im Bild unten gezeigt.

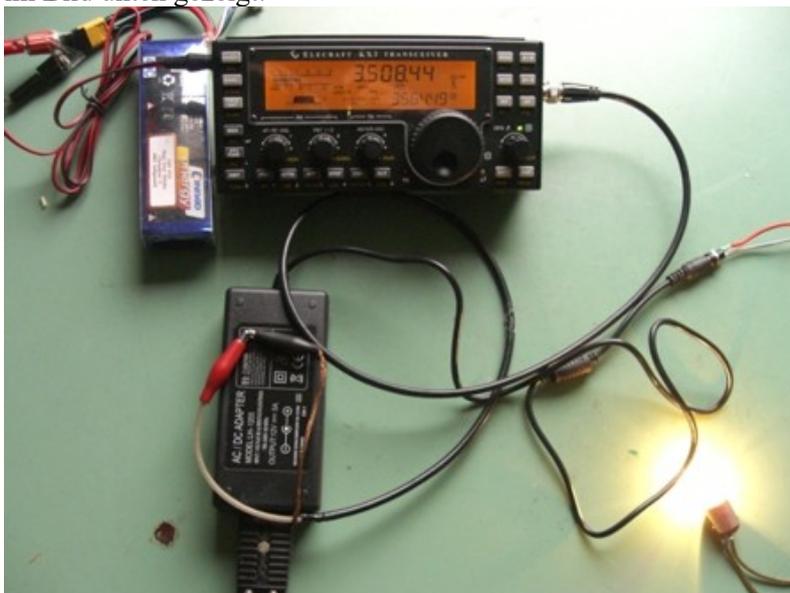


Bild 8, Test-Antenne direkt auf das Netzteil gelegt

Dabei nimmt in der Regel die Störung zu.

### Wie weiter?

Haben wir also einen solchen Fall, dass unser Netzteil solche Störungen aufweist, müssen wir uns für ein anderes Netzgerät umschaun und prüfen. Wenn es sich um ein altes klassisches Netzteil handelt, das einen Linear-Regler beinhaltet, werden wir "Gott sei Dank" keine Störungen feststellen können. Haben wir aber keine Ersatzlösung zur Hand, dann bleibt uns nichts anders übrig als selbst Hand anzulegen und es zu entstören.

Ist das überhaupt möglich?

Ja, im Bild unten sehen wir unser Test-Objekt (Bild oben), aber entstört.

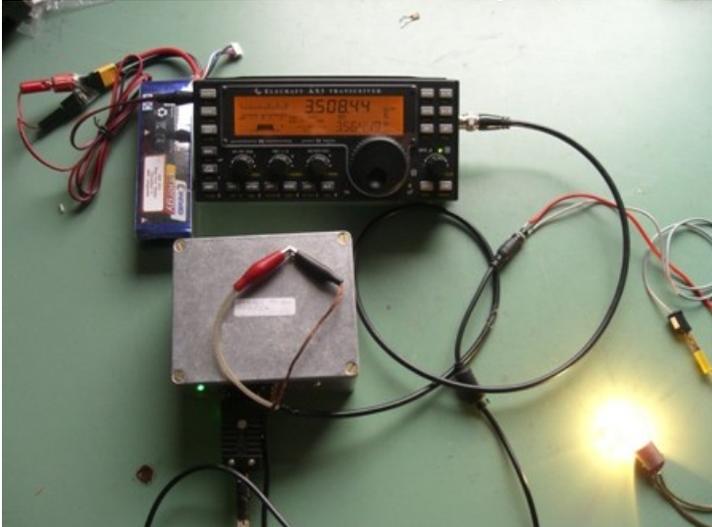


Bild 9, Entstörtes Chinesisches 12V Netzteil 5A (wie aus Bild 6 oben)

Das ist das Resultat, es sind absolut keine Störungen mehr feststellbar, selbst wenn wir unser Test - Loop - Antenne auf das Netzteil legen. An dieser Stelle möchte ich gleich noch folgende Feststellung erläutern. Wenn wir jetzt in dieser Situation die 4 Senkschrauben zu lösen beginnen, dann nimmt die Störung allmählich zu. Das zeigt uns klar auf, dass wir für ein absolutes Entstören, ein neues Gehäuse verwenden müssen, das nicht aus Kunststoff bestehen darf. Ich verwende stets Aluminium- Druck - Guss - Gehäuse, die günstig in der Anschaffung sind und zudem sehr leicht mechanisch bearbeitbar sind.

### Weitere Versuche / Bestätigungen



Bild 10, roter Kern, T225-2



Bild 11, grauer Ferrit-Kern, FT140A-43

Das ist ja ein alter Trick, man nehme einen Ringkern und führe das Anschlusskabel mehrmals durch den Ring und bilde damit eine Drossel.

Das Resultat aber ist sehr oft enttäuschend, die Störungen bleiben, wenn auch etwas weniger.

Wie in den beiden Bilder oben gezeigt, die Störungen sind nicht zu beseitigen. Schon gar nicht mit dem roten Kern, T225-2. Ein wenig besser ist der graue Ferritkern, FT140A-43.

Die Industrie ist sich dessen Problem absolut bewusst und bringt scheinbare Drosseln an, wie im Bild unten gezeigt.



Bild 12, Das Ende des Speisekabels ist mit einer Entstör-Drossel versehen

Diese schöne vergossene Entstör-Drossel soll den Konsumenten vorweg täuschen, dass das Netzteil entstört ist. Einige unter uns mögen nun zurecht auf den Stockzähnen lachen, wenn nun die oben beiden gezeigten dicken Ringkerne nichts bringen, wie soll nun diese kleine vergossene Ferrithülse eine wirkungsvolle Massnahme sein.

Nun damit nähern wir uns dem eigentlichen Inhalt diesem Dokument, nämlich erfolgreich ein Netzteil entstören.

## 7 Prüfen mit einem Spektrum Analysator:

Wer einen Spektrumanalysator zu Verfügung hat, dem Fallen die Messungen natürlich einfacher aus, indem man das das ganze interessierende Spektrum auf einmal dargestellt wird. Ein Nachteil ist sicher die Empfindlichkeit, denn kaum ein Spektrumanalysator hat eine so grosse Empfindlichkeit wie ein klassischer KW-Tranceiver. Ich selber bin in der glücklichen Lage und besitze einen solchen, einen "Red Pitaya" und benutze nun beide Möglichkeiten. Also für die ersten Entstörmassnahmen benutze ich den "Red Pitaya" und um die letzten dB heraus zu holen, eben meinen KX3.

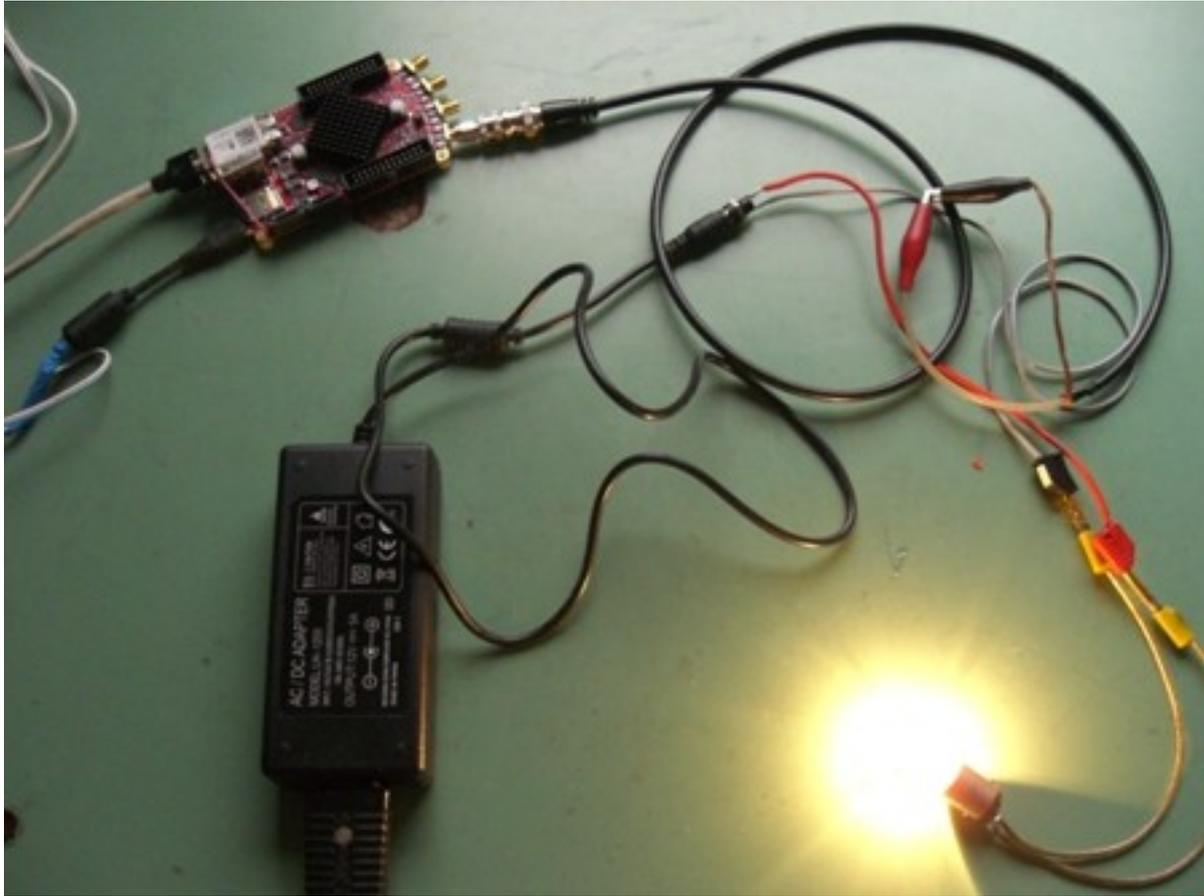


Bild 13, oben links der "Red Pitaya" in der Anwendung als Spektrumanalysator

Im Bild oben sehen wir die Messanordnung mit dem "RedPitaya"

## 7.1 Vorgehen mit dem Spektrumanalysator

Als erstes nimmt man sich eine Quasi- Kalibrierung vor. Es handelt sich nicht um eine absolute Kalibrierung, sondern eher einer Referenz-Messung, worauf man sich immer wieder beziehen kann. So auch für eine Nachvollziehung für andere OMs, welche sich mit dieser Materie auseinandersetzen.

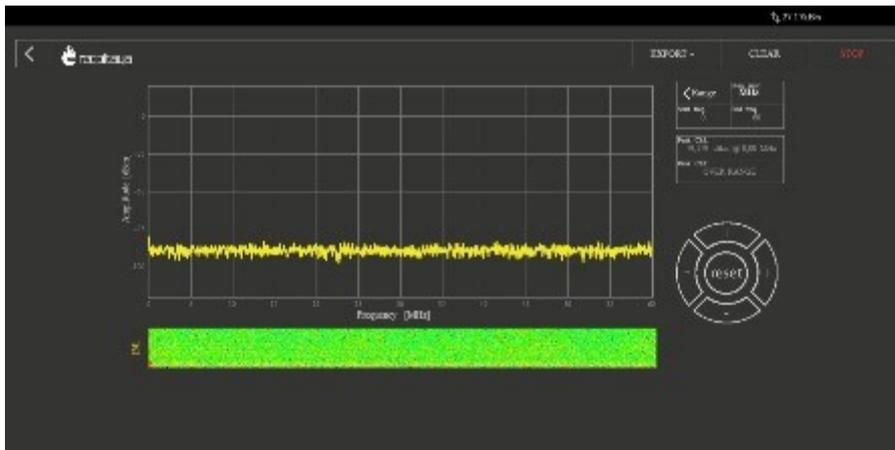


Bild 14, Eichung bzw. Referenz des Red Pitaya ermitteln, Span 0-60MHz

Den Red Pitaya habe ich mit einer 50Ω- Last abgeschlossen. Dabei ist auch der Speisung des Red Pitaya Aufmerksamkeit zu schenken. Am besten ist es, wenn man den Red Pitaya zuerst aus einer Batterie oder einem alten klassischen längsgerichteten Netzgerät speist. Damit ist man auf der sicheren Seite, dass wir keine Störungen mit der Speisung einbringen. Hier sehen wir schön, welche Empfindlichkeit wir vom Red Pitaya erwarten können. Der Red Pitaya als Spektrumanalysator ist also nicht so empfindlich wie ein klassischer KW-Empfänger. Das rührt sicher auch daher, dass ich diesen offen auf dem Tisch betreibe, also ohne Gehäuse und Abschirmung.

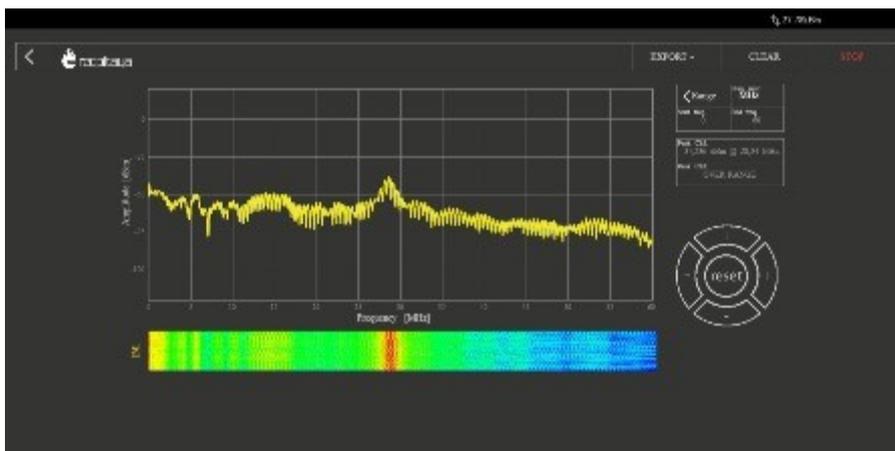


Bild 15 ,Antennen -Loop auf das China-Netzgerät gelegt, Span 0-60MHz

Nun legen wir unseren Antennen -Loop, also gleich wie oben in Bild xxx mit dem KX3. Dabei können wir schön dem Stör- Peak bei 28.34 MHz, mit dem Pegel von -37 dBm, ablesen. Das Bild zeigt uns auch, dass mit dieser simplen Messung, unser neu gekauftes 5A Netzteil das ganze KW-Band "versaut" und eben Handlungsbedarf verlangt.

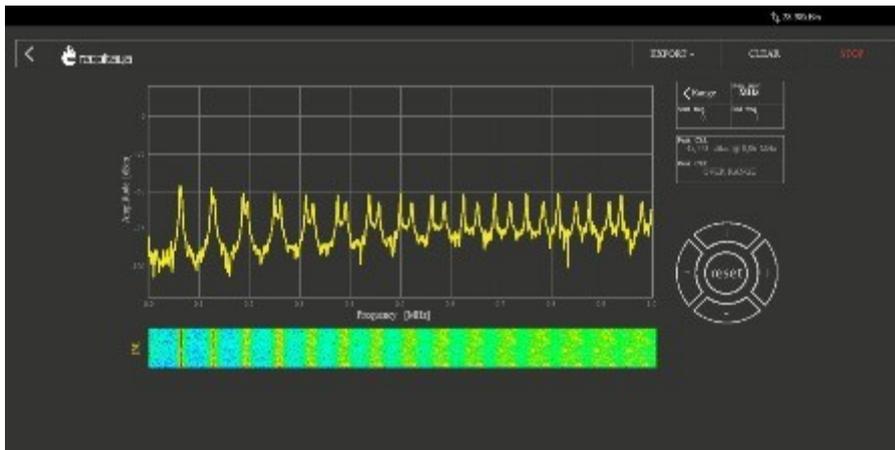


Bild 16, Antennen -Loop auf das China-Netzgerät gelegt, Span 0-1MHz

Wenn wir nun den Span auf 0-1MHz verringern, sehen wir schön mit welcher Frequenz das zu untersuchende Netzteil getaktet wird, also bei 60kHz, mit einem Pegel von -45 dBm!!

## 7.2 Handelt es sich um Gleich- oder Gegentakt - Störungen?

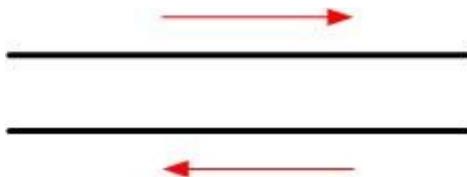


Bild 17, Gegentaktstörung (Differential Mode)

Bei der Gegentaktstörung heben sich der vorlaufende- und rücklaufende Stroms gegenseitig auf. Die Transportleitung (Kabel) strahlt also nicht.

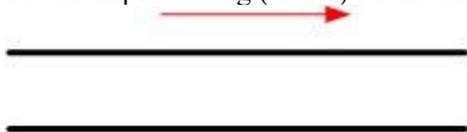


Bild 18, Gleichtaktstörung (Common Mode)

Bei der Gleichtaktstörung heben sich der vorlaufende- und rücklaufende Strom gegenseitig auf. Die Transportleitung (Kabel) strahlt also nicht.

Das ist nämlich sehr wichtig zu wissen, damit wir die richtige Entstör- Massnahme treffen können. Um das zu erkennen, benutzen wir einen selbstgebauten Messkopf, siehe Bild 17 unten.



Bild 19, ein selbst gebauter 50Ω-Messkopf

Dieser Messkopf besteht aus einem Ringkern FT140-43 oder ähnlich, etwa 10 Windungen auch Cul, und abgeschlossen mit einem 50Ω Widerstand. Das Ganze habe ich an einen BNC- Buchse montiert.

### 7.2.1 Das Prüfen auf Gegentaktstörungen

Wichtig ist immer bei allen Messungen, dass das zu untersuchende Netzteil belastet ist. Ein unbelastetes Netzteil stört kaum, aber sobald man dieses belastet kommt die "Wahrheit" zu Tage.



Bild 20, das Prüfen auf Gegentaktstörungen.

Dazu führen wir nur eine Leitung durch unseren Messkopf, wie im Bild oben gezeigt. Ob es die Plus-Leitung, oder aber die Minus-Leitung ist, ist egal. Am KX3 lesen wir einen Störpegel von S9 und mehr ab. Das Auftreten von Gegentaktstörungen mit solch grossem Signalpegel bedeutet, dass in der 12V Leitung die

Gleichspannung mit einem starken hochfrequenten Störsignal überlagert ist, wie auf dem spektral Bild xxx sehen können. Das Störsignal nutzt die Leitung (wie HF auf einer Hüneleiter), um in die angeschlossenen Geräte einzudringen. Beim Rx kann das zu erheblichen Störungen und Beeinflussungen führen, dem wir hiermit durch eine Entstörung entgegen möchten

Im Weiteren sehen wir in den beiden Bildern 10, 11 und 18, dass ich den KX3 jeweils mit Batterien speise, um auf der sicheren Seite zu sein, dass ich keine unerwünschten Störungen mit einbringe. Bei allen dieser Prüfungen rund um das 5A-China-Netzteil habe ich dieses mit 1/4 des Nennstromes, also mit 1.3A belastet, einer Glühlampe aus dem Autobereich. Die Störungen nehmen mit grösser werdenden Last immer zu, aber der Wert von 1.3A hat sich gut bewährt. Bei grösserer Last nehmen die Störungen nicht mehr gross zu, was ein grösserer Aufwand an Last erübrigt.

### 7.2.2 Das Prüfen auf Gleichtaktstörungen

Wichtig ist immer bei allen Messungen, dass das zu untersuchende Netzteil belastet ist. Ein unbelastetes Netzteil stört kaum, aber sobald man dieses belastet kommt die "Wahrheit" zu Tage.

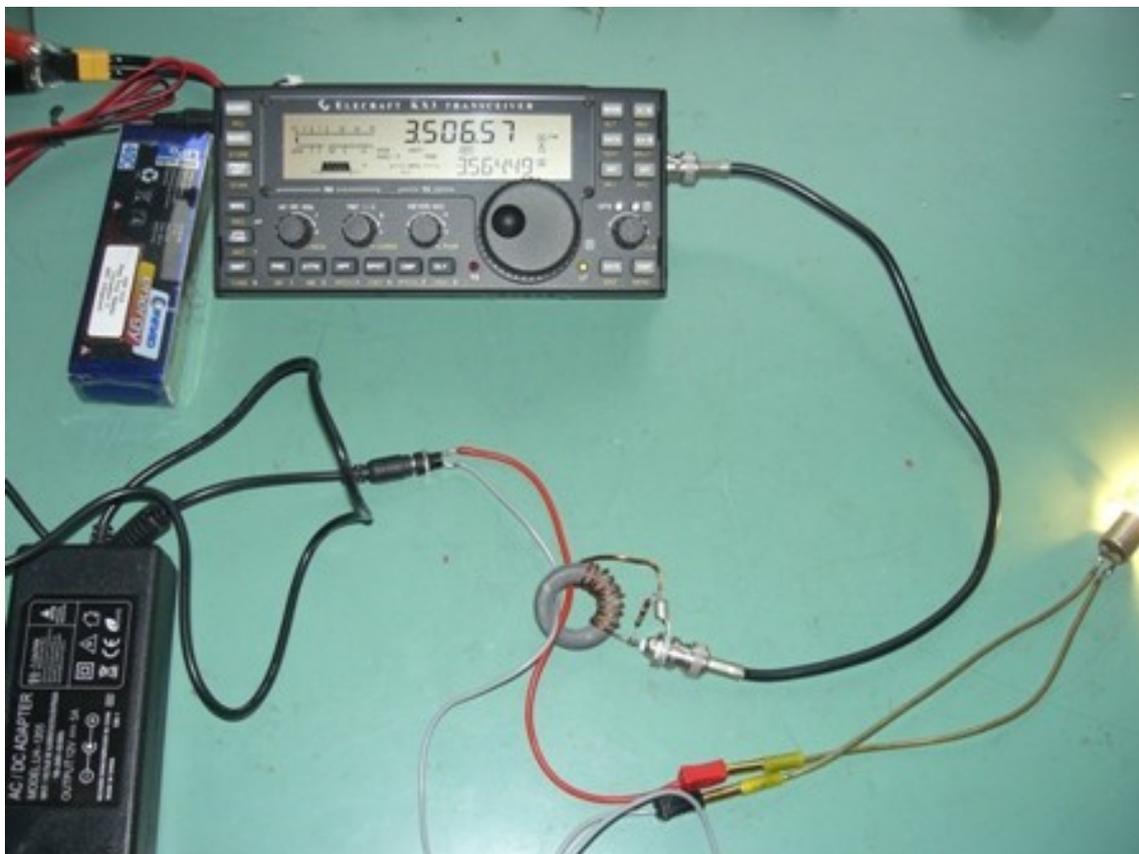


Bild 21, das Prüfen auf Gleichtaktstörungen.

Dazu führen wir nun aber beide Leitungen durch unseren Messkopf, wie im Bild oben gezeigt. Die Störungen sind weit zurück gegangen, so um etwa S1. Somit ist erwiesen, dass wir es mit Gleichtakt-Störung zu tun haben und dass dies nicht mit einer der üblichen Entstörmethode, dem Umwickeln mit der Speiseleitung durch einen Ringkern, nichts oder kaum eine Verbesserung bringt.

## 8 Wir entstören nun schrittweise unser Netzteil

### 8.1 Sicherheit

*Im Prüfungskatalog zur Erlangung des Amateurfunkzeugnisses wird einiges zur elektrischen Sicherheit ausgeführt. Die in diesem Beitrag dargestellten Arbeiten erfordern ein Öffnen des Netzteil-Gerätes und es besteht die Gefahr eines elektrischen Stromschlages. Steckdosenamateure lassen deshalb lieber die Finger davon und fragen um Mithilfe bei versierten Fachleuten.*

### 8.2 Als erstes öffnen wir das Gehäuse.

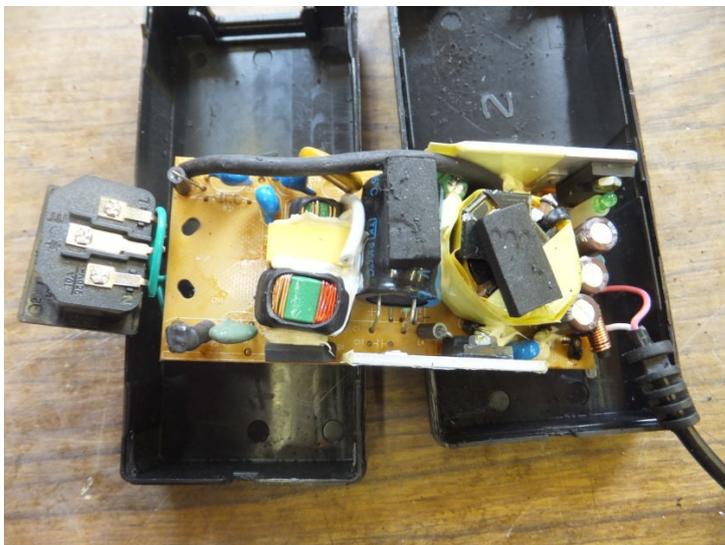


*Bild 22, das aufsägen des verschweissten Gehäuse*



*Bild 23, das öffnen mit Schraubenzieher*

*Das gelingt am besten, wenn man dies in einen Schraubstock spannen kann.*



*Bild 24, die Elektronik ausgebaut*

*Hier können wir schön sehen, dass der Erdungs-Stift überhaupt nicht Verwendung findet, obschon von aussen der Eurostecker dies vortäuscht.*

### 8.3 Nun bauen wir die Elektronik in ein Metall -Gehäuse

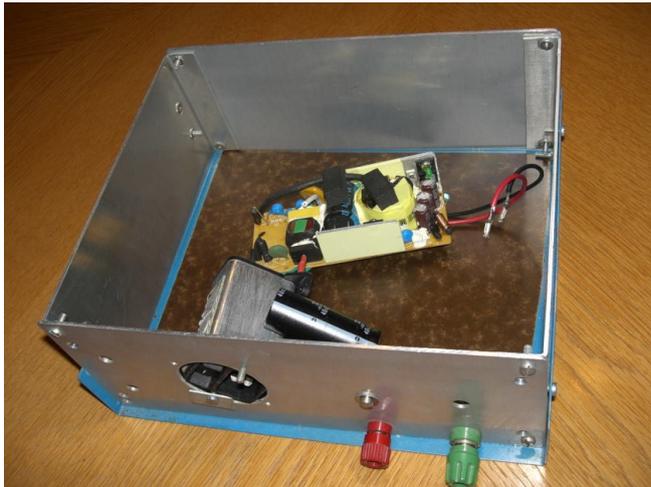


Bild 25, das provisorische Metall-Gehäuse für Tests

Für die weiteren Tests bauen wir das ausgebaute Netzteil in ein provisorisches Metall-Gehäuse mit einem Deckel, das gross genug ist für die verschiedene Entstör -Massnahmen einzubauen. Wenn wir später die genauen Komponenten gefunden haben, bauen wir das ganze in ein kleineres Metall-Gehäuse ein. Im Bild 22 sehen wir, dass ich für die Primär-Seite, also 230V AC-Seite ein Steckerfilter von Schurter eingebaut habe. So sind wir schon einmal auf der sicheren Seite, dass da nichts von dieser Seite eindringt. Für eine totale Entstörungen, wie wir das hier anstreben, ist es ein Muss, dass man auch die Primärseite entstört. So kommen nicht noch zusätzliche Störungen ins eigene Stromnetz.

Übrigens sehen wir im Bild 22, dass das unser Netzteil auf der Primärseite kaum Entstör-Massnahmen aufweist. Also kommt auch in das endgültige Gehäuse ein solches Filter. Natürlich könnte man auch ein Filter für die Primärseite selber bauen, aber davon rate ich ab und zudem ist es mit einem kommerziellen Filter eine saubere Sache. Hier in diesem Filter-Beispiel ist sogar ein Schalter eingebaut, was einen gewissen Komfort bringt.

### 8.4 Das Messen mit dem RP- Spektrumanalysator

Die Messungen machen wir mit dem RP- Spektrumanalysator, das erlaubt ein einfacheres protokollieren der Messwerte. Den Sweep Bereich wählen wir 0.020 Mhz bis 2.000 Mhz, damit wir sicher die Taktfrequenz finden. Um spätere Vergleiche zu machen, muss der Swep-Bereich immer mit angegeben werden, nur so sind die Messwerte vergleichbar.

Als erstes machen wieder je eine Referenz-Messung

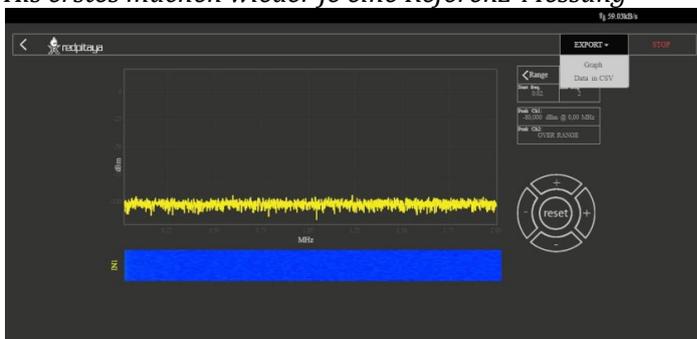


Bild 26, Referenz-Messung

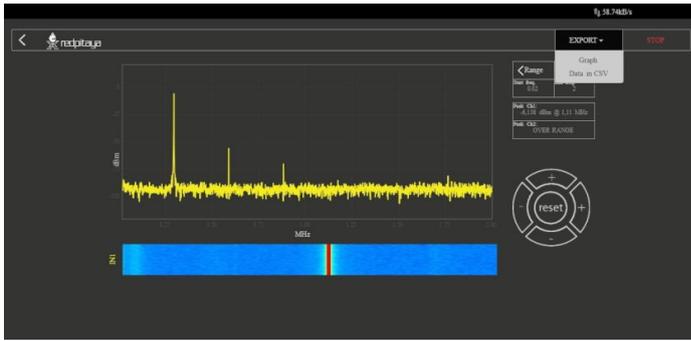


Bild 27, die Referenzmessung mit einem absoluten 1 Mhz- Pegel von -10dBm  
 Im Bild sehen wir zwar, dass die 1Mhz- Amplitude genau mit -6.138 dBm angezeigt wird. Das kommt daher, dass ich den RedPitaya nicht kalibriert habe. Aber das tut ja hier nichts zur Sache, da wir keine absolute-Messungen machen, sondern nur Vergleiche. Immerhin gibt es eine Nachvollziehbarkeit für Leute, die auch Messungen machen möchten.

Folgende Drosseln kommen zum Einsatz

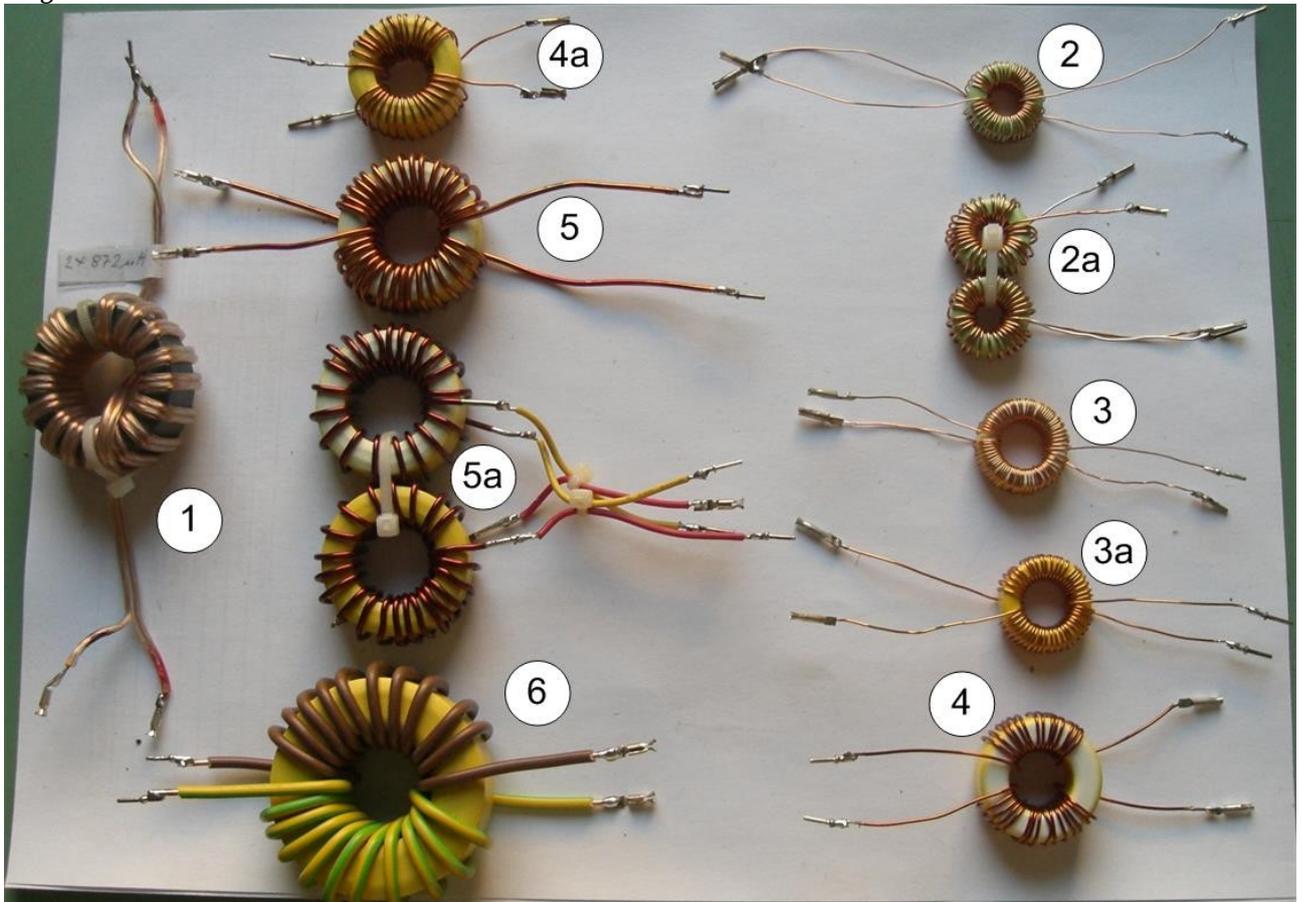


Bild 28, diverse erprobte Elemente kommen zum Einsatz und werden getestet

Nr	Strom	Typ	Al	Dim D/d/H, mm	Max Cul mm	Bezugsquelle	Preis/Stk	Wdg	uH	Drahtlänge
1	<i>Mantelwellen-Sperre 2x872 uH</i>									
2	1.5 A	T68-40	47	17.5x9.4x4.83	0.5	BFI Optilas, Germany	CHF 1.00	2x21	26	2x50cm
2a	3 A	2x T68-40	47a	17.5x9.4x4.83	0.7	BFI Optilas, Germany	CHF 1.00	2x28	42	2x55cm
3	1.5 A	T80-26	45	20.2x12.6x6.35	0.4	Distrelec, 158-72-841	CHF 1.65	2x36	2x70	2x75cm
3a	3 A	2xT80-26	45	20.2x12.6x6.35	0.6	Distrelec, 158-72-841	CHF 1.65	2x22	2x25	2x60cm
4	3 A	T106-26	90	26x14.5x11.1	0.6	Distrelec, 158-72-890	CHF 1.80	2x15	2x25	2x65cm
	10 A	T130-26	78	33x19.8x11.1	1.5	Distrelec, 158-74-094	CHF 5.90	2x16	2x24	2x75cm
	20 A	T184-26	47	46.7x24.1x18	2.5	Distrelec, 158-72-601	CHF 11.20	2x11	2x23	2x85cm
	20 A	RK1	750	61x35x13	-	DARC	Euro 4.00	-	-	-
	<i>weniger gut geeignet</i>									
		FT82-43	470	21x13.2x6.35	-	Distrelec, 158-74-169	CHF 1.70	-	-	-
		FT82-77	1170	21x13.2x6.35	-	Distrelec, 158-74-177	CHF 3.05	-	-	-

*Tabelle 1 über geeignete Ringkernen, sowie deren Beschaffung*

## 8.5 Schritt 1

*Einbau China 5A-Netzteil in Test-Gehäuse, siehe Bild unten*



*Bild 29, 5A-Netzteil im Gehäuse eingebaut, vorgeschaltet ein Schurter-Stecker-Filter*

*Wir überprüfen nochmals, welche Störungsart vorliegt.*

- a.) Gegentaktstörung oder*
- b.) Gleichtaktstörung, und den jeweiligen Betrag als Basis*

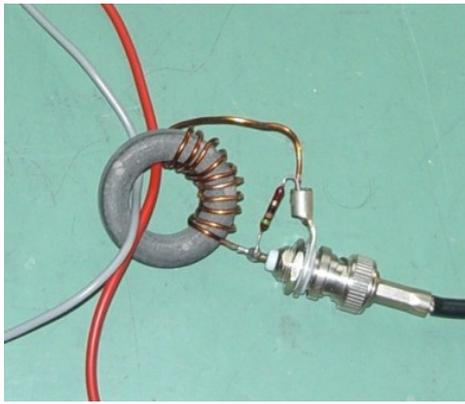


Bild 30, Prüfen auf Gleichtaktstörung

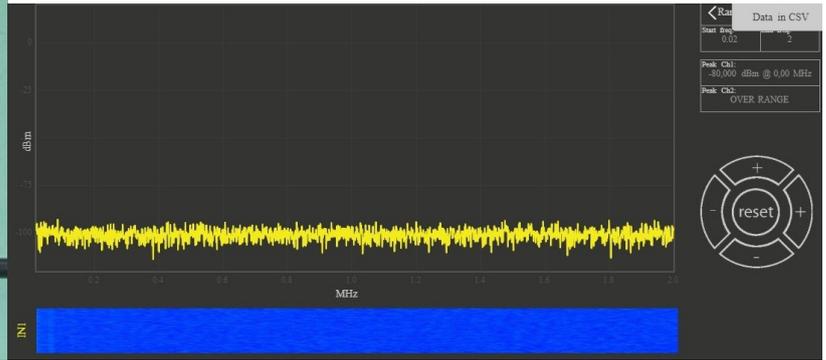


Bild 30a zeigt keine Gleichtakt-Störungen

Das Bild 30a zeigt überhaupt keine Gleichtakt-Störungen, somit ist aus dieser Sicht alles Ok.  
Nun, wie aber sieht es mit der Gegentakt-Störung?

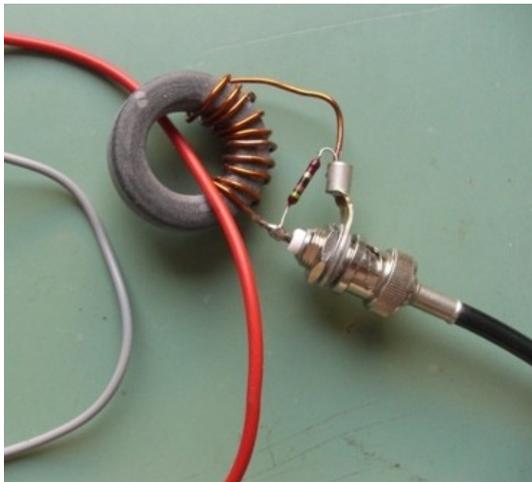


Bild 31 Prüfen auf Gegentaktstörung

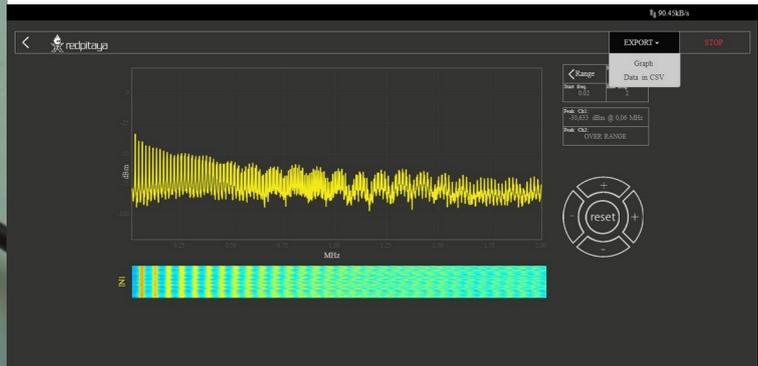


Bild 31a, zeigt erhebliche Gegentaktstörungen!!

Hier sehen wir das grosse Übel der Gegentaktstörungen. Den Peak sehen wir mit einem Pegel von -29dBm bei 60kHz.

## 8.6 Schritt 2, Entstör Massnahmen

Wir beginnen mit Entstör Massnahmen. Als erstes versuchen wir es mit einer klassischen Drossel, genau gesagt mit einer Mantelwellensperre.

Das gesamt-Schema dazu sieht folgendermassen aus:

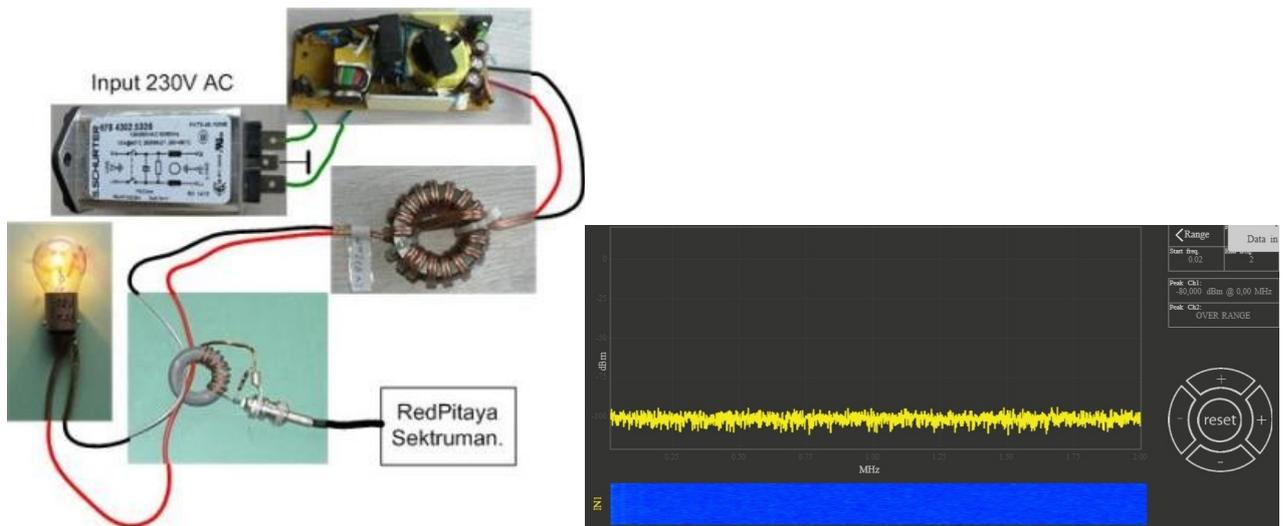


Bild 32, Schema mit MW-Sperre & GI-T Bild 32a, Spektrum mit eingebauter MW-Sperre  
 Im Bild 29a sehen wir das Spektrum mit eingebauter Mantewellensperre gemäss Schema in Bild 29. Wie erwartet haben wir im Gleichtakt keine Störungen, da wir solche bei der Messung in Bild 27a auch nicht feststellten. Weiter geht es mit dem Prüfen auf Gegentakt-Störungen.

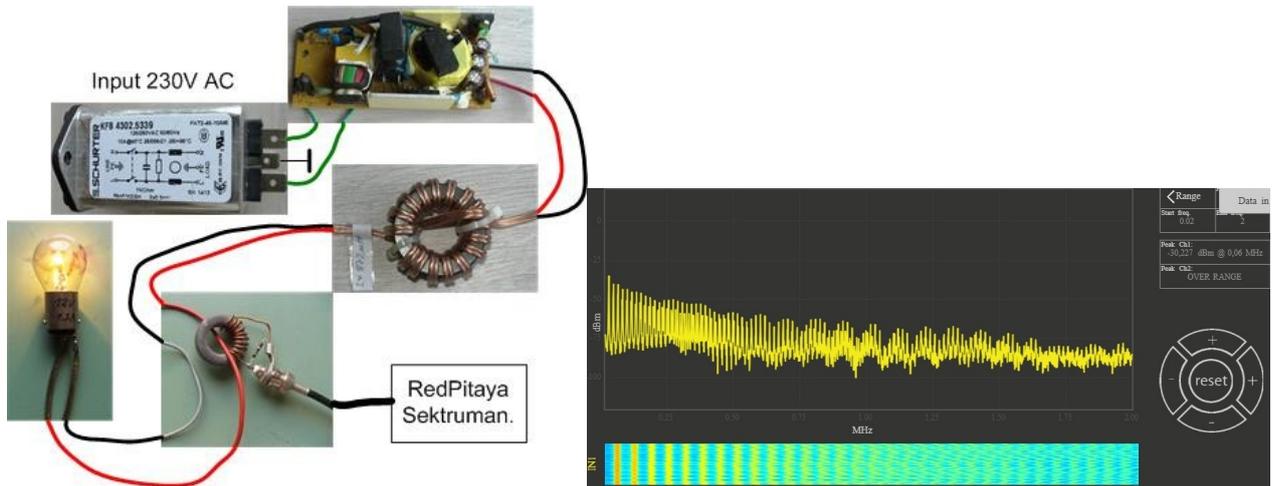


Bild 33, Schema mit MW-Sperre & GT

Bild 33a, Spektrum mit eingebauter MW-Sperre

Resultat, keine Verbesserung, der Einbau der MW-Sperre bringt im Gegentakt-Fall nichts. Beim genauen hinschauen kann man eine Verbesserung von 1dB feststellen. Versuchen wir es mit einem zusätzlichen Elko mit =>2200uF, so wie das in verschiedenen EMV-Artikeln vorgeschlagen wird.

## 8.7 Schritt 3 mit Elko

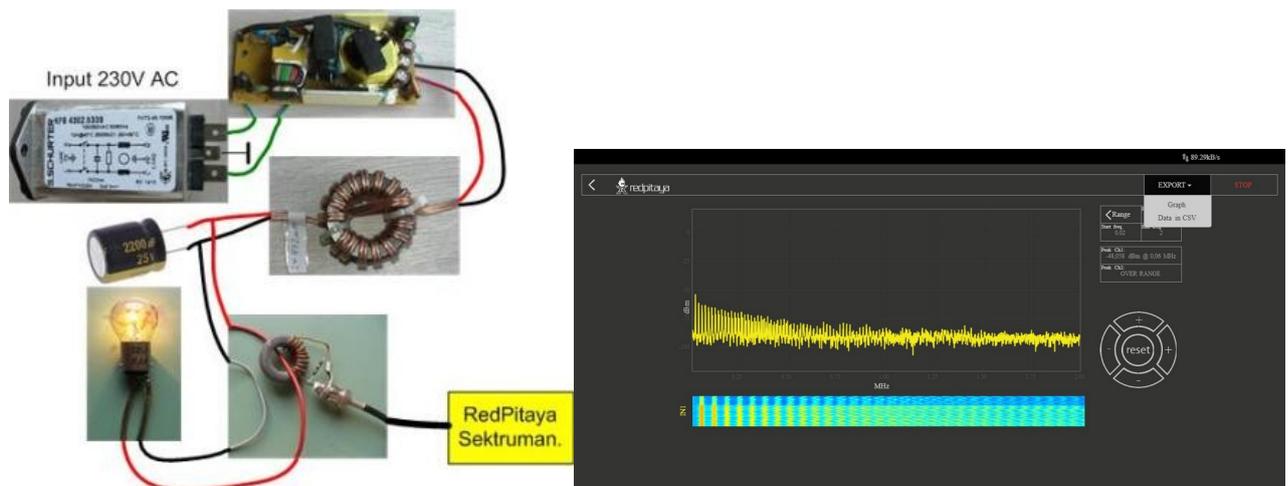


Bild 34, Mantwellensperre und Elko, Bild34a, Spektrum gem. Bild links im Gegentakt-Test

Einen solche Elko bringt schon einiges, so können wir einen Peak von  $-48\text{dBm}$  bei  $60\text{ kHz}$  ablesen. Im Weiteren sehen wir im Wasserfall-Diagramm in Bild 31a schön den Übergang, wann ich den Elko dazu geschaltet hatte. Im Zeitverlauf sehen wir im oberen 1/4 die Aufnahme mit Elko, in den unteren 3/4 ohne Elko. Für alle weiteren Tests belassen wir diesen Elko mit  $2200\mu\text{F}$  in all den verschiedenen Schaltungen. Einen weiteren Test auf Gleichtakt erübrigt sich, da wir hier oben schon keine Gleichtakt- Störungen feststellen konnten.

## 9 Die Gegentakt-Drossel (Gt-Dr)

Also, mit einer Mantwellensperre können wir dieses Netzgerät nicht entstören!

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.

Im Falle einer Gegentakt-Störung benötigt man eine Gegentack-Drossel (Gt-Dr). Siehe nächstes Bild

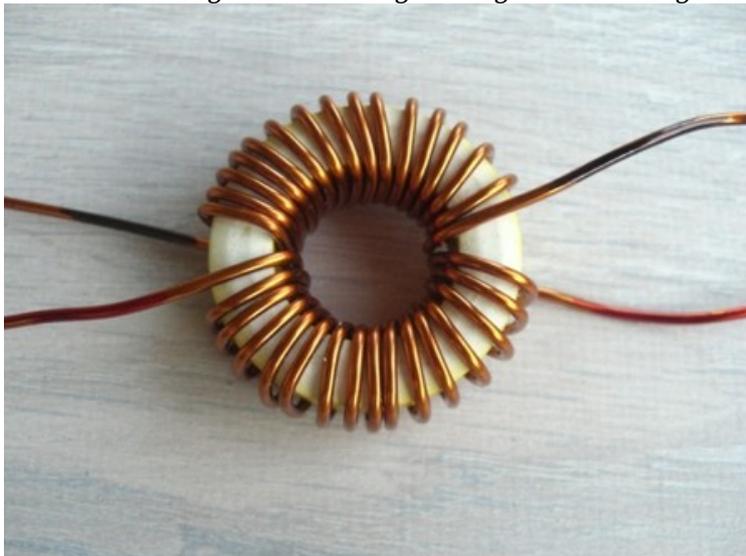


Bild 35, Gegentack-Drossel (Gt-Dr) auf einem Kern

Die Wickel-Technik ist aber sehr wichtig, ansonsten die gewünschte Wirkung nicht erreicht wird.



Bild 36, Gegentackt-Drossel (Gt-Dr) auf zwei Kernen verteilt.

Wenn man ein Netzgerät mit grossem Strom entstören will, braucht es einen entsprechend dicken Wickeldraht um den Spannungsfall gering zu halten. Jedoch können wir in diesem Falle nur wenige Windungen auf dem Kern anbringen, was eine möglicherweise zu kleine Induktivität führt. Da kann man mit zwei Einzel-Wicklungen einsetzen, siehe Bild 33. Auch hier müsst ihr auf die Wickeltechnik achten, wie oben schon erwähnt.

## 9.1 Schritt 4, Einbau Gegentackt-Drossel

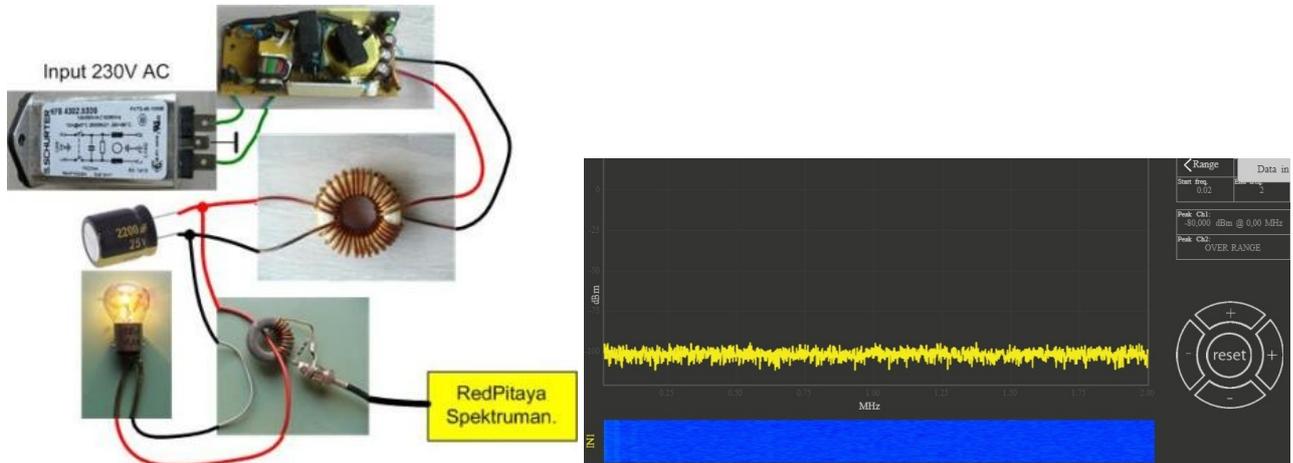


Bild 37, Gegentackt-Drossel (Gt-Dr) und Elko, Bild 37a, Spektrum gemäss Bild 34 links im Gegentakt-Test

Wie wir im Bild 34a sehen können, sind die Gegentakt-Störungen mit dem Einbau einer Gegentackt-Drossel (Gt-Dr) und Elko verschwunden. Wir haben das Ziel erreicht. Zum Schluss aber noch einen Test, ob allenfalls noch Gleichtakt-Störungen vorliegen.

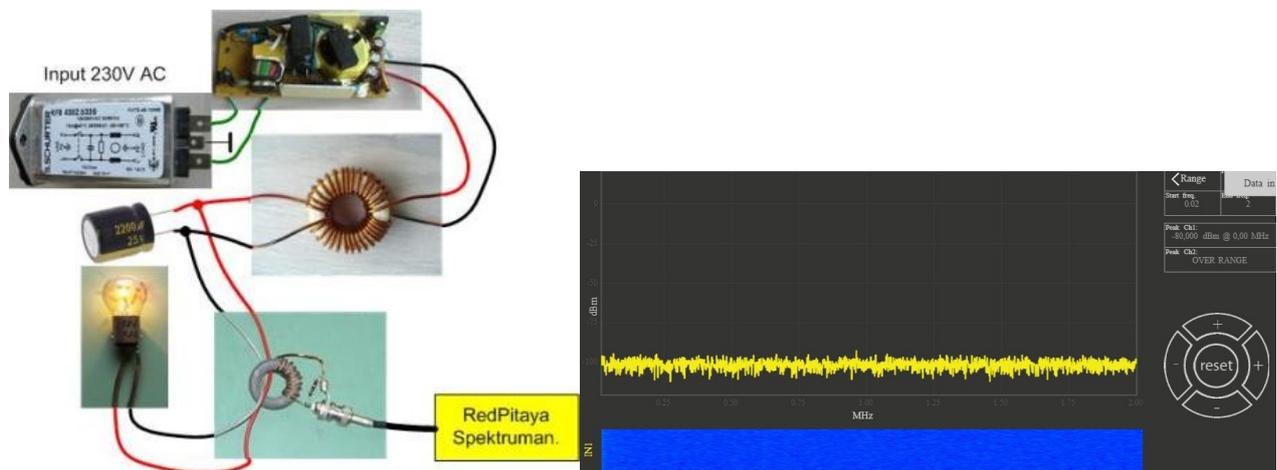


Bild 38, Gleichtakt-Drossel (Gt-Dr) und Elko, Bild 38a, Spektrum gemäss Bild 35 links im Gleichtakt-Test

Wie erwartet, sind auch keine Gleichtaktstörungen vorhanden. Somit haben wir unser Ziel erreicht und können alle diese Bauteile in ein geeignetes Metallgehäuse einbauen.

## 9.2 Gegentakt-Drossel (Gt-Dr) und Wickelsinn

Wie schon oben erwähnt, ist der Wickelsinn bei der Gegentakt-Drossel von grosser Bedeutung. An Stelle der Gegentakt-Drossel (Gt-Dr) in 35, bauen wir folgende Drossel ein:

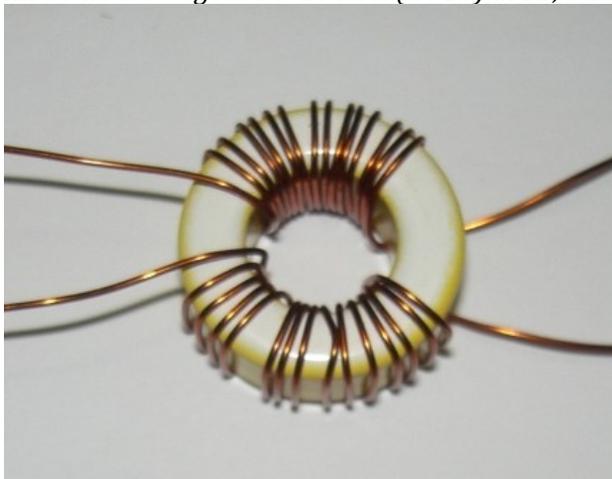


Bild 39, falsch gewickelte Gegentakt- Drossel.

Die im Bild 36 gezeigte Drossel ist eine Stromkompensierende Drossel, und führt nicht zum Ziel, siehe nächsten Versuch unten. Eine solche Stromkompensierende Drossel ist oft in kommerziellen Netzfilter anzutreffen. Man kann eine solche Drossel natürlich einfach zu einer Gegentakt-Drossel umwickeln, oder aber um-beschalten. Siehe Bild xx unten.

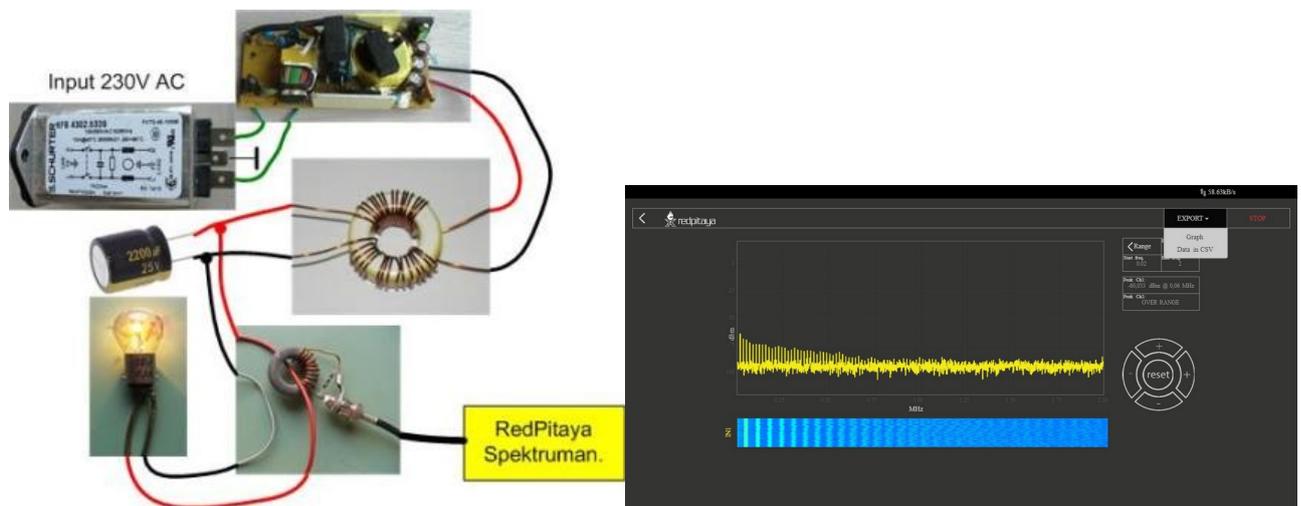


Bild 40, Falsch gew. Gegentack-Drossel (Gt-Dr) im Gegentack-Test

Bild 40a, Spektrum gmäss Schaltung links

In Bild 40a sehen wir, dass es bei der Gegentack-Drossel sehr auf den Wickelsinn ankommt. den Peak sehen wir mit -60dBm bei 60kHz.

In diesem Falle müssen wir die Drossel im Bild 40 (stromkompensierende Drossel) zu einer Gegentack-Drossel umwickeln, oder aber um-beschalten,

## Technische Hinweise für einen Nachbau

### Sicherheit

Im Prüfungskatalog zur Erlangung des Amateurfunkzeugnisses wird einiges zur elektrischen Sicherheit ausgeführt. Die in diesem Beitrag dargestellten Arbeiten erfordern ein Öffnen des Netzteil-Gerätes und es besteht die Gefahr eines elektrischen Stromschlages.

Steckdosenamateure lassen deshalb lieber die Finger davon und fragen um Mithilfe bei versierten Fachleuten.

### Ringkern-Material

Die Schaltnetzteile arbeiten im kHz -Bereich, daher muss das Ringkern-Material für diesen Bereich gewählt werden. Um eine brauchbare Unterdrückung zu erhalten, sollte die Induktivität gleich-grösser als 100µH sein.

Sehr gut eignen sich folgende Materiale / Typen

Amidon -Material 26 (Farbe gelb-weiss)

Ein T-106-26 ist somit gut geeignet für einen Strom bis ungefähr 3A, wenn man zwei davon einsetzt, (siehe Wickeltechnik) dann eben 6A

### 9.3 Die Stromkompensierte Drossel

In vielen Geräten werden in den Netzfiltern sogenannte stromkompensierte Drosseln verbaut. Für die 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, siehe Bild unten.

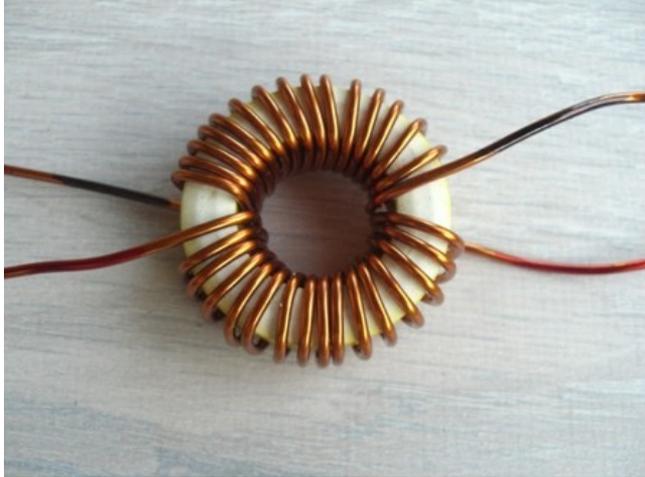


Bild 41, umgebaute stromkompensierten Drossel

Hier habe ich eine Wicklung der Drossel entfernt und gegengleich wieder aufgebracht

Man kann aber auch die Richtung des Stromes, durch tauschen der Anschlüsse, ändern, siehe nachfolgendes Bild

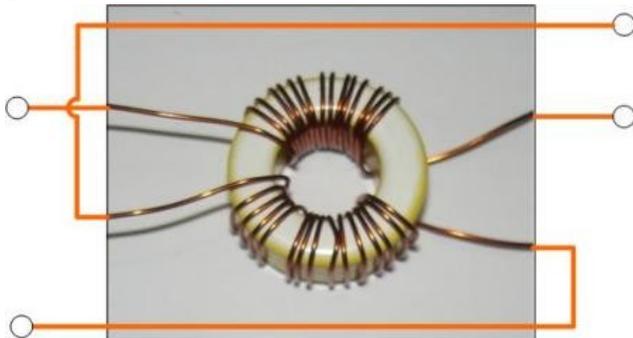


Bild 42, Stromkompensierte Drossel-Anschlüsse zu einer Gegentakt-Drossel gewechselt.

Beim Wickeln der Gegentakt-Drossel ist es wichtig, dass die beiden aufgebrauchten Wicklungen identisch sind.

## 9.4 Wie sieht das aber auf der Primärseite, 230V AC, aus?

Da hilft uns die zusätzliche Einrichtung, eine Netznachbildung. (Artificial Mains Network)



Bild 43 Netznachbildung. (Artificial Mains Network)

Die Netznachbildung stellt für das zu testende Gerät (Device under Test, **DUT**) die Versorgungsspannung zur Verfügung. Ein internes Filter hält Störungen aus dem Netz fern und die vom DUT verursachten, leitungsföhrten Störungen, werden ausgekoppelt und an einer BNC-Buchse zur Auswertung bereitgestellt.

Man kann aber auch unsere bereits bekannte Methode, unserem selbst gebauten Mess-Kopf, zuverlässige Messungen machen.

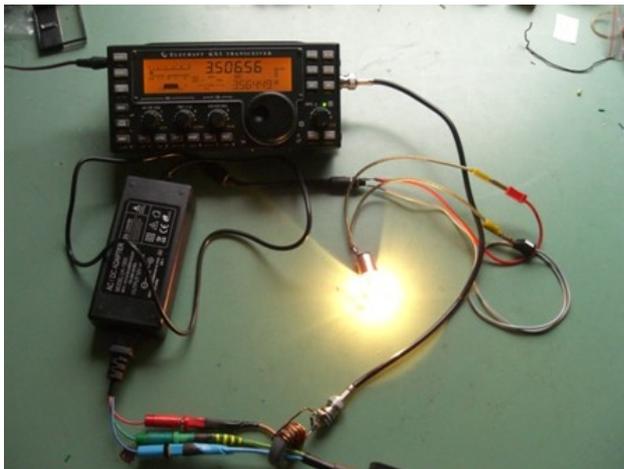


Bild 44, Überprüfen auf Gleichtaktstörungen auf der Primärseite des Netzteil  
Auch hier stellen wir erhebliche Störungen fest.

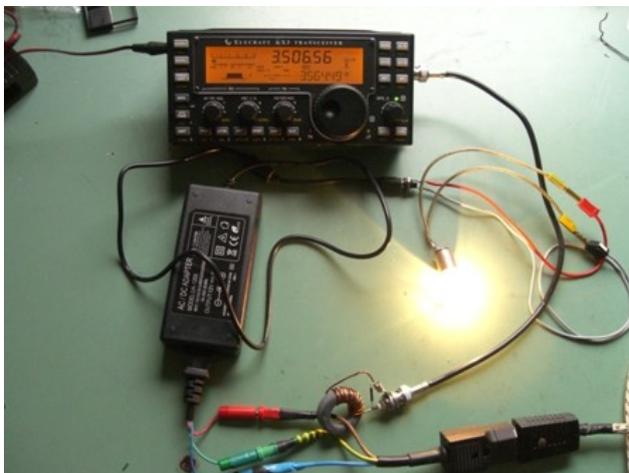


Bild 44, Überprüfen auf Gegentaktstörungen auf der Primärseite des Netzteil  
Auch hier stellen wir erhebliche Störungen fest.

### 9.4.1 Die Lösung, ein Schurter /Schaffner -Filter einbauen



Bild 45, eingebautes Netzteil in einem Metallgehäuse und Schurter-Filter. Resultat, mit dem KX3 sind absolut keine Störungen mehr feststellbar.

## 10 Zusammenfassung

Viele der kommerziell angebotenen Netzgeräte halten die heutige gültige IEC 61000 Norm ein, aber die Pegel-Obergrenzen sind immer noch viel zu hoch für unseren gewünschten störungsfreien Kurzwellen-Empfang.

Natürlich kann man aus der Sicht des Pessimisten zur Schlussfolgerung gelangen, Amateurfunk und Kurzwellenempfang ist passe. Ich selber sehe es etwas anders und habe gelernt damit umzugehen, indem ich den Weg suchte, die grössten Stör-Verursacher zu eliminieren. Die grössten Stör-Verursacher befinden sich oft in «deiner» nächsten Umgebung, sprich in deinem eigenen Haushalt. Wenn du diese eliminieren kannst, dann ist Kurzwellen – Empfang wieder möglich.

Nach wie vor sind die klassischen Längs-Geregelten Netzgeräte die beste Wahl für den Funkamateurl.

Diese Art Netzgeräte stören nie und man sollte solche ja nicht wegwerfen, diese kann man später oft sehr gut gebrauchen. Sei es auch nur temporär, um eben sicher zu gehen, dass man nicht selbst Störungen produziert. Der häufige Nachteil, der Wirkungsgrad, kann man sehr gut selber optimieren. Mehr dazu unter xxx

### 10.1.1 Links zu meinen Quellen-Informationen:

- **Schurter EMV Fachtagung Technopark2008**

[https://ch.schurter.com/content/download/677217/13559265/file/Fachvortrag\\_Schurter.pdf](https://ch.schurter.com/content/download/677217/13559265/file/Fachvortrag_Schurter.pdf)

- **Behebung EMV Störungen Hans Breitenmoser**

[http://archiv.swisstmeeting.ch/tl\\_files/images/EMV%202014/2\\_4\\_Behebung%20von%20Stoerungen\\_Hans%20Breitenmoser.pdf](http://archiv.swisstmeeting.ch/tl_files/images/EMV%202014/2_4_Behebung%20von%20Stoerungen_Hans%20Breitenmoser.pdf)

- **TDK Deutschland**

<https://de.tdk.eu/download/433954/a7c1529e38398c3082191bbea33b658f/pdf-general.pdf>

- **EMV im Dschungel der Richtlinien und Normen, Electrosuisse**

[http://archiv.swisstmeeting.ch/tl\\_files/images/emv2013/2\\_1\\_HAUSER\\_Electrosuisse\\_Richtlinien\\_Normen.pdf](http://archiv.swisstmeeting.ch/tl_files/images/emv2013/2_1_HAUSER_Electrosuisse_Richtlinien_Normen.pdf)