

E- und H- Nahfeldsonden für den Hobbygebrauch



Abbildung 1: Mess-Sonden für E-Feld (links) und H-Feld (rechts)

1 Einleitung

Eigentlich war der Auslöser für dieses Thema der Umbau unseres Kellerraumes. Der "alte" Musikraum wird die "neue" Werkstatt und damit ich in der Werkstatt auch vernünftig was sehen kann, habe ich mir gerade einen 10er-Satz LED Rasterleuchten gekauft mit immerhin 48W pro Panel und darauf resultierenden knapp 4700Lm Lichtstrom.

Das ist schon ne Menge Holz und bei 480Watt gepulster LED-Ansteuerleistung hatte ich mich gefragt, was denn -außer Holzstaub und Metallspänen- so noch alles in der neuen Werkstatt herumfliegen wird. Todsicher werden die Netzteile meiner LED-Lampen EMV-Störungen von sich geben- die Frage ist nur: wieviel?

Europäische Normen schreiben den Herstellern von elektronischen Geräten natürlich Grenzwerte dafür vor (z.B. CE-Kennzeichnung), aber die ganze Geschichte basiert immer auf der Selbstverpflichtung des Herstellers und -ehrlich gesagt- bin ich mir insbesondere bei seeehr günstigen China-Produktion nicht wirklich sicher, ob hier das Geld für eine ordentliche EMV-Messung wirklich in die Hand genommen wurde und das CE-Zeichen wirklich zu Recht auf dem verkauften Gerät prangt.

Ich will also mal wieder selber wissen, was los ist, und möchte die Netzteile -zumindest mit Hobbymitteln- selber untersuchen.

Wie macht man das? Mit einem EMV Nahfeld-Sondensatz!

2 Was für Profis....

Weil kaum ein Verrückter (außer uns) sich im Hobby mit sowas Schrägem beschäftigt, blieben die Feldsonden vom Preisniveau lange Zeit eigentlich nur den professionell angestellten Schaltungsentwicklern großer Firmen vorbehalten. Ein ordentlicher SONDENSATZ, egal von welchem Hersteller auch immer, (z.B. Schwarzbeck, Langer, Emco, R&S, Hameg (=R&S), Aaronia...) kostet normalerweise ab 1000€ aufwärts und gut ausgestattete Sets mit Vorverstärker und großem Frequenzbereich verschlingen auch gerne mal 2500€ und mehr. In dieser Region sind Hobbybastler normalerweise "raus" und müssen nach Alternativen suchen.

Eine solche könnte es seit kurzer Zeit allerdings sogar geben:
Hersteller wie beehive, der seinen SONDENSATZ "Serie 100" für derzeit etwas unter 300€ anbietet oder Tekbox mit seinem "TBPS01" für 200€ könnten auch für den ambitionierten Amateur langsam in Frage kommen. Natürlich hat man hier noch keinen Vorverstärker mit dabei, aber wer kein Set braucht, sondern wem eine einzelne Sonde ausreicht, entscheidet sich beispielsweise für ein Modell von beehive, der die Sonden sogar einzeln anbietet. Für derzeit ca. 100€ brutto +Versand erhält man dann eine Magnetfeld-Ringsonde für universellen Einsatz. Da kann man doch nicht meckern.

Rigol mischt hier jetzt übrigens auch mit und platziert sich mit seinem SONDENSATZ "NFP3" mit derzeit knapp 500€ genau zwischen den "Billig-" und den "Teuer-"Anbietern. Dafür hat man aber auch einige interessante Sonderformen an Sonden im Set mit dabei, die aufgrund ihres Formfaktors (sie haben so eine Art Schnabelform) scheinbar besonders zielgerichtet eingesetzt werden können und somit vielleicht eine Marktnische besetzen.

Wir resummieren also: Es gibt inzwischen bei EMV-Sonden durchaus Alternativen, die auch für den Amateur realistisch sind. Obwohl mich das persönlich angesichts des relativ günstigen Preises alles schon reizt, habe ich mich trotzdem für eine andere Lösung entschieden:

3 Selbstbau!

Um es noch einmal zu sagen: ich bin davon überzeugt, dass alle die professionellen Nahfeldsonden ihr Geld wert sind (man darf nämlich nicht vergessen, dass diese von den Herstellern alle mal mit viel Know-How entwickelt werden mussten und vor Auslieferung auch noch kalibriert werden müssen!). Trotzdem hat es mir in den Fingern gekribbelt, hier Hobbymäßig einmal einen Selbstbau-Ansatz auszuprobieren. Ich hoffe, das kann mir jeder nachsehen und niemand ist mir nun böse über ein verpasstes Geschäft.

Eine sehr gute Anregung zum Einstieg bot mir das Kit 7405 des Herstellers "Emco", um dessen günstigen Erwerb ich Funkfreund Stefan sehr beneide :-). Es beinhaltet in der Standardausführung 5 Sonden, die laut Manual aufgeteilt sind in:

H-Feldsonden (Magnetfeld):

- 1x magnetische Loop mit Durchmesser 6cm
- 1x magnetische Loop mit Durchmesser 3cm
- 1x magnetische Loop mit Durchmesser 1cm

E-Feldsonden (Elektrisches Feld):

- 1x Stab-Antenne mit 6mm "Stabantennchen"
- 1x Kugelantenne mit 3,6cm Rundkopf

So oder so ähnlich sind auch viele andere Feldsonden-Sets sortiert; die Durchmesser und Längen variieren vielleicht ein wenig, manche sind auf "cm" ausgelegt, andere auf Zoll, 1/2Zoll, 1/4Zoll usw.. Meistens hat man jedoch 3 Magnetfeldsonden und 2 Sonden für das elektrische Feld in einem Set. Wir tun also gut daran, uns bei unserem Selbstbau an diesen Sets zu orientieren.

4 Magnetfeldsonde

Das Prinzip einer Magnetfeldsonde ist relativ einfach: wir bauen uns eine Magnetantenne aus Semi-Rigid-Kabel. Dazu muss man eigentlich nur eine Schleife biegen, das Ende kurzschließen und am Ende der Schleife zu einem Ring zusammenlöten. Am anderen Ende montiert man einen Stecker (ich habe hier BNC gewählt, weil ich zufällig eine Kupplung hatte, die gerade auch mechanisch so schön passte). Zu guter Letzt feilt man am höchsten Punkt der Schleife noch einen Schlitz in den Außenmantel, so dass der Außenleiter hier unterbrochen wird. Meine schlaunen Kollegen aus dem Bastelkreis haben mir verraten, dass sich die gebogene Schleife sonst wie eine Kurzschlusswindung auf einem Trafo verhält und man diese unterbrechen muss, sonst schließt diese "Wicklung" sämtliche erschnüffelten HF-Spannungen gleich wieder kurz, bevor wir sie überhaupt messen können.

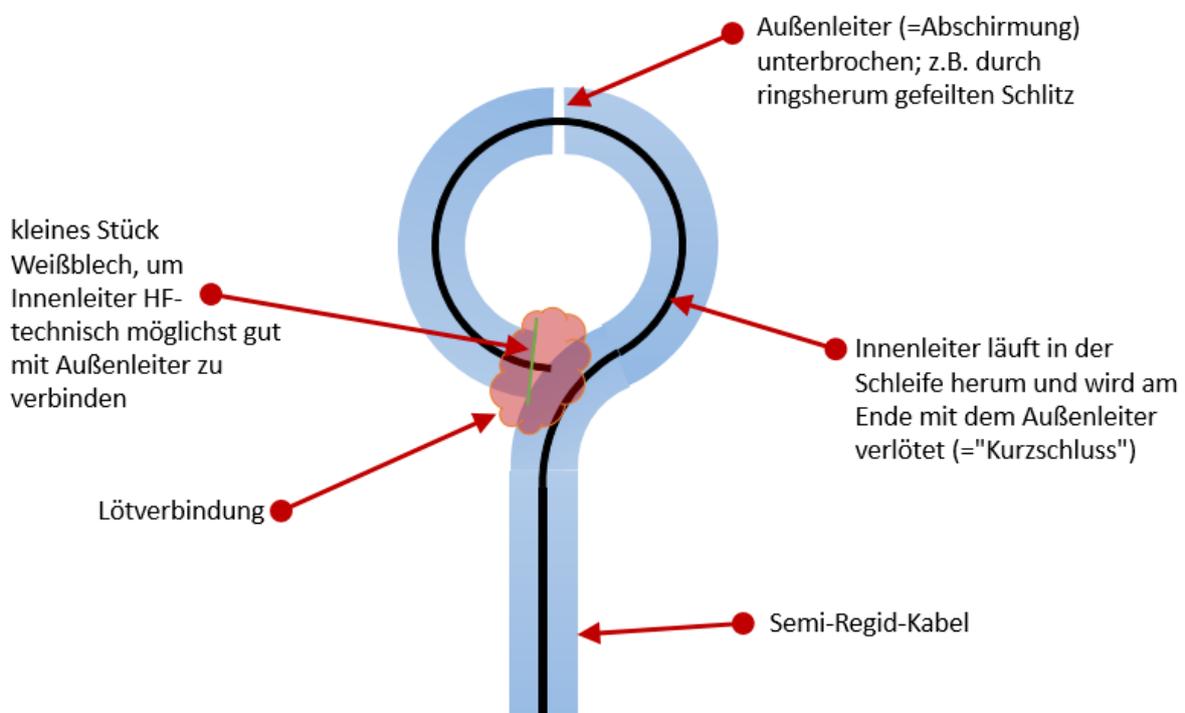


Abbildung 2: Prinzip einer Magnet-Nahfeldsonde

Ich beginne damit, mir im Bastelkeller ein Stück 50 Ohm Semi-Rigid-Kabel zu suchen. Nach kurzer Zeit werde ich fündig. Fragt mich nicht nach dem Typ und dem Hersteller, aber es war was Hochwertiges mit einem Außendurchmesser von ca. 3,5mm. Hochwertig deshalb, weil ich diese Leitung mal zum Nachbau einer Verzögerungsleitung für meinen 8GHz Netzwerkanalysator benutzt hatte (siehe Reparaturbericht Rohde&Schwarz ZVC) und die Reste aufgehoben hatte. Die nehme ich nun.

Zuerst wird das eine Ende abisoliert.



Abbildung 3: Semi-Rigid-Kabel abisoliert

Ein kleines Stückchen Weißblech, durch das ich vorher ein 1,2mm Loch gebohrt habe, wird auf das Ende gelegt....



Abbildung 4: ein kleines Stück Weißblech sorgt für einen HF-mäßig guten Kurzschluss

...und vollflächig verlötet. Somit entsteht der gewünschte Kurzschluss zwischen Innen- und Außenleiter.



Abbildung 5: Weißblech anlöten und verlöten

Das geht einfacher, wenn man das Kabel mit dem Ende nach unten auf eine Holzplatte stellt und dann von oben lötet.

Sieht dann so aus:



Abbildung 6: schöner Kurzschluss

Ein wunderschöner Kurzschluss, so wie wir es brauchen.

Den überstehenden Kragen kann man dann noch etwas abschleifen- muss man aber nicht. Wer abschleift, muss darauf achten, dass das Ende noch lötfähig bleibt! Nicht alle Semi-Rigid-Leitungen haben im Außenleiter ein Kernmaterial, das lötfähig ist. Schleift man die Beschichtung mit runter (vermutlich Zinn), nimmt sie kein Lot mehr an und man muss von vorne anfangen! So ging es mir auch erst, aber Versuch macht kluch.



Abbildung 7: nicht zu viel abschleifen!

Gut. Das Ende ist vorbereitet. Machen wir also die Schleife.

Ich habe mich entschieden, erstmal mit der mittleren Größe der Magnetfeldsonde zu beginnen. "Mittel" ist immer gut, wenn man nicht weiß, was genau man braucht. "Mittel" heißt hier einen inneren Schleifen-Durchmesser von 30mm. Das hört sich handlich an. Also los.

Um die Schleife zu biegen, suche ich mir aus einem Knarrenkasten eine Nuss mit 30mm Durchmesser. In meinem Kasten ist das eine 22er Halb Zoll.

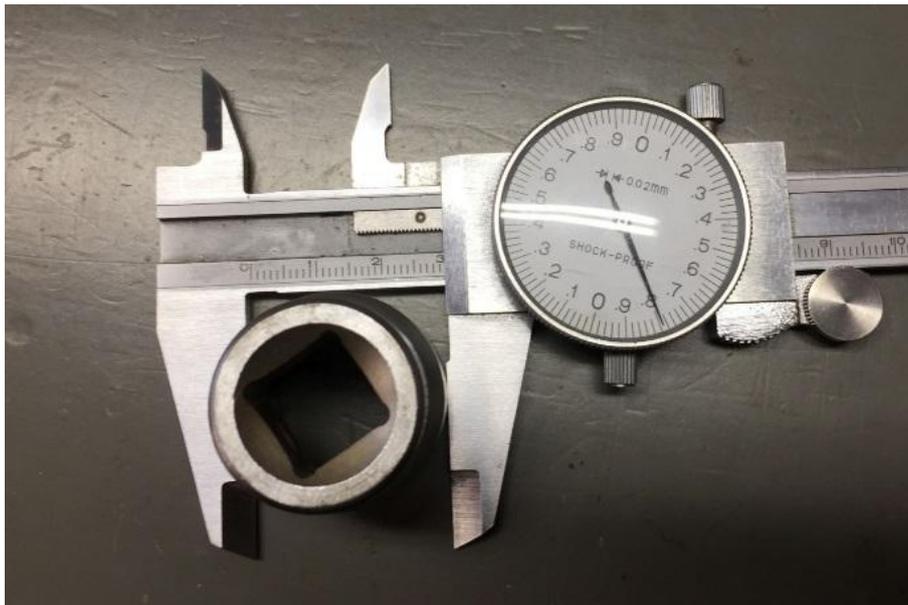


Abbildung 8: eine 22er Nuss dient als Wickelkörper

Die Nuss benutze ich nun als Biegeschablone. Das Semi-Rigid-Kabel biege ich also vorsichtig um die Nuss herum, bis sich sowas wie eine "Öse" bildet.

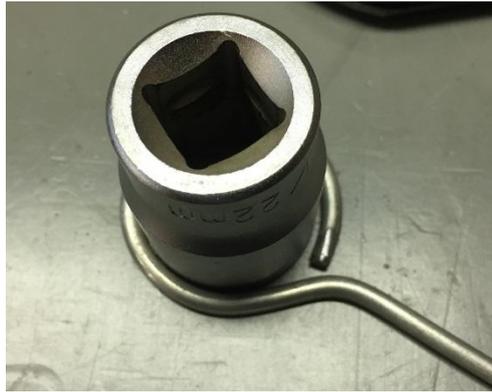


Abbildung 9: wie biegen eine 30mm Öse!

Die so geformte 30mm-Öse löten wir am Ende zusammen (da, wo wir vorhin das kleine gebohrte Kurzschlussblech aufgelötet hatten).



Abbildung 10: nun am Berührungspunkt fett zusammenlöten

Fast fertig. Ich entscheide mich für eine Gesamtlänge von ca. 15cm, damit alles noch einigermaßen handlich bleibt.

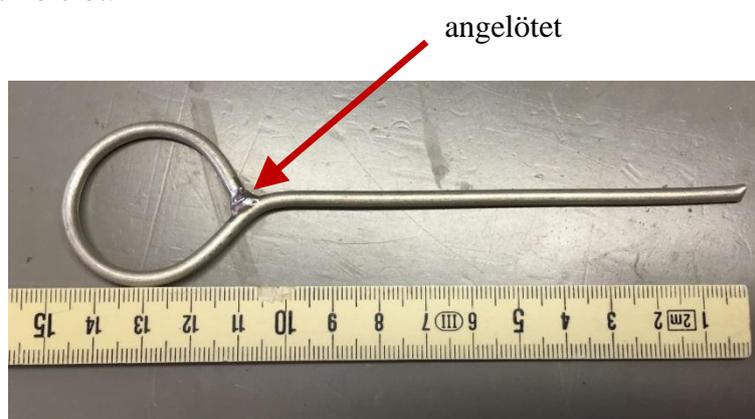


Abbildung 11: bis jetzt nur eine Ringöse, aber es geht gleich weiter!

Nun ganz wichtig: am oberen Scheitelpunkt feilen wir ringsherum eine Nut in den Außenleiter! Das kann man vorsichtig mit einer Laubsäge machen, einer Dreikantfeile oder sicher auch mit dem Dremel und einer Trennscheibe. Ich habe eine Feile genommen, weil ich damit am meisten Gefühl hatte. Schließlich wollen wir ja nur den Außenleiter durchtrennen und nicht das Innenleben.

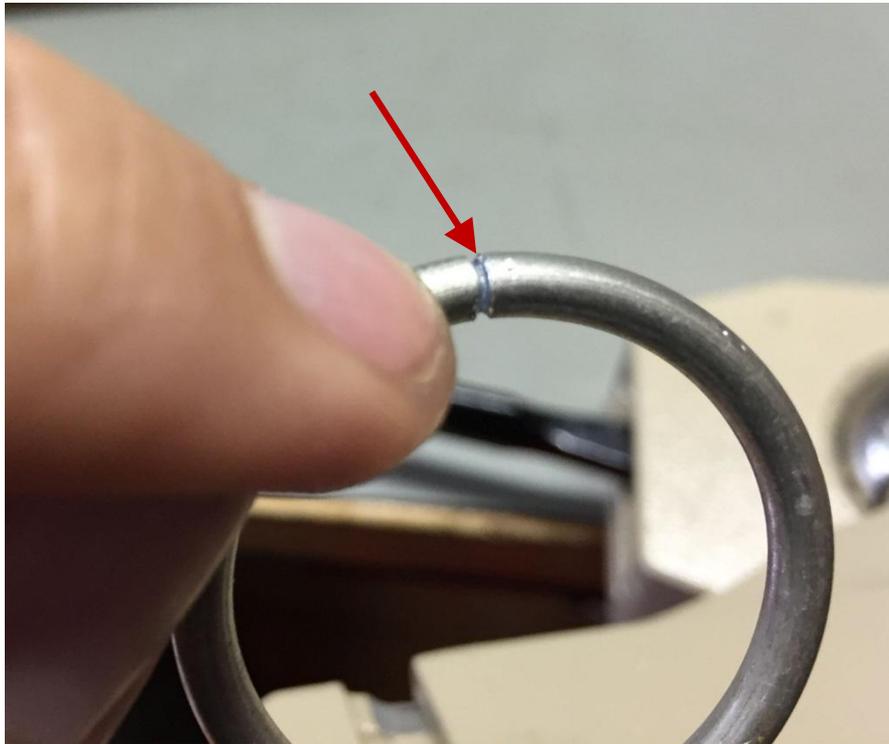


Abbildung 12: Einbringen eines Schlitzes an der obersten Stelle

Nun müssen wir noch einen geeigneten Stecker am anderen Ende anbringen. Ich persönlich bin ein großer Fan des Spinner "Baukastensystems". In Verbindung mit einem universellen Mittelstück kann man sich nahezu beliebige Verbinderkombinationen zusammenlöten- und das in super Qualität. Ich suche also eine Spinner Stopfbuchse, bohre sie auf 3,5mm auf und schiebe stramm das abisolierte, andere Ende des Semi-Rigid-Kabels hindurch. Vorher hatte ich noch ein paar Lagen Schrumpfschlauch aufgefüdelt, damit die Stopfbuchse später richtig schon angezogen werden kann und das Kabel an seiner Einspannstelle mechanisch schön festklemmt.



Abbildung 13: Spinner Stopfbuchse aufgesteckt

So sieht die auf 3,5mm aufgebohrte Stopfbuchse von vorne aus:



Abbildung 14: Semi-Rigid in der Stopfbuchse eingespannt

Die Abschirmung des Semi-Rigid-Kabels wird mit der Massefläche der Stopfbuchse verlötet.

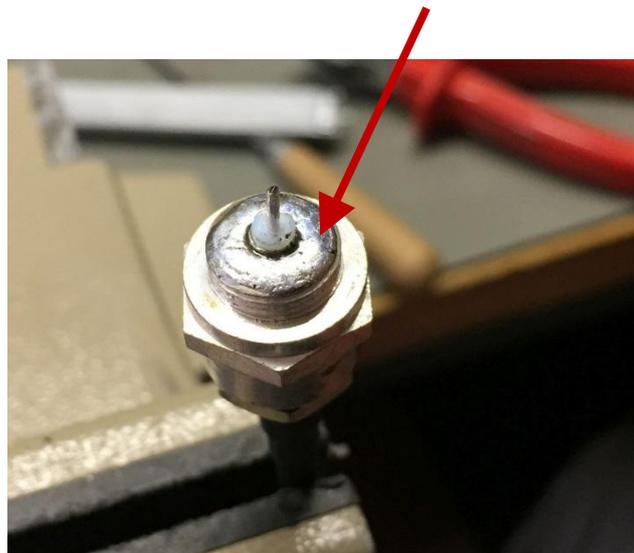


Abbildung 15: Außenleiter wird verlötet

Die so präparierte Stopfbuchse schraube ich in das Spinner Mittelteil ein. Zuvor habe ich auf der anderen Seite eine BNC-Buchse eingelötet. Das war gar nicht so einfach wegen des massiven Metallteils. Ich musste zwei LötKolben an zwei Weller-Lötstationen einsetzen, um das Teil heiß genug zu kriegen.

Das Mittelteil

BNC-Buchse

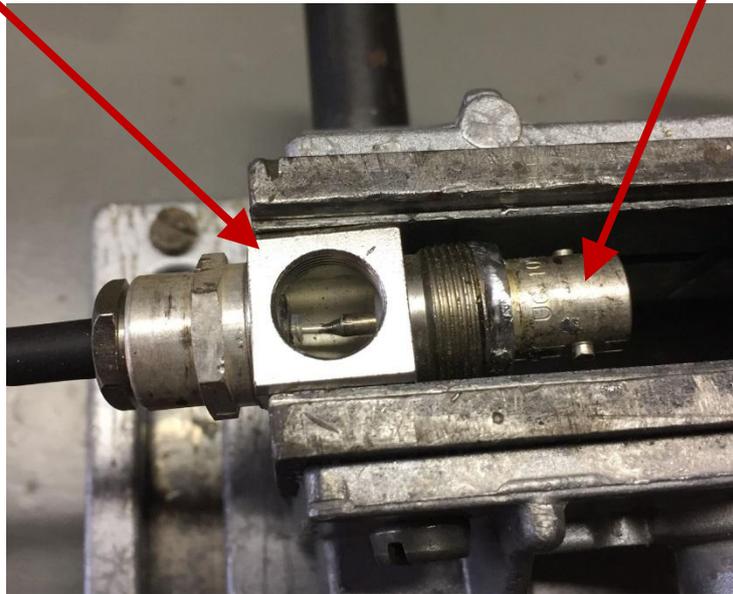


Abbildung 16: wir löten die Anschlussbuchse zusammen

Nun also noch den Innenleiter anlöten und das Montageloch mit der passenden Deckelschraube verschließen- fertig!



Abbildung 17: fertige Sonde!

5 Verifikation

Okay, nun haben wir also eine Magnetfeldsonde. Funktioniert sie denn aber auch wirklich?

Dazu machen wir einen Vergleich! (Eine andere Möglichkeit habe ich leider nicht, denn eine genau charakterisierte Strahlungsquelle in einer EMV Messkabine, die in der Lage ist, absolut kalibrierte HF-Felder zu erzeugen, habe ich natürlich nicht zu Hause).

Was ich nun mache, ist mal wieder etwas hemdsärmelig, aber als Hobbybastler mit beschränkten Mitteln muss man leider oft mit Kompromissen leben, daher seht es mir bitte nach.

Ich mache Folgendes:

ich schließe das Schaltnetzteil meiner zu untersuchenden LED-Deckenlampe an und schalte sie ein. Das wird nun meine Referenz-Strahlungsquelle.



Abbildung 18: Schaltnetzteil für eine LED Rasterleuchte

Nun schließe ich eine professionelle Passiv-Nahfeldsonde (HP11940A) an und fahre das Netzteil auf seiner vollen Oberfläche ab. Währenddessen erfasst mein Rohde&Schwarz FSEB30 Spektrumanalyzer die so detektierten Signale. Die eingeschaltete Max-Hold-Funktion sorgt dafür, dass wir am Ende eine Hüllkurve aller vom Netzteil emittierten H-Feld-Maximalwerte auf dem Bildschirm sehen.



Abbildung 19: Abtasten mit einer Magnetfeld Referenz-Sonde (HP11940A)

Den Trace speichern wir ab und wechseln dann die Sonde: unsere Selbstbau-Sonde kommt zum Einsatz. Selbes Messobjekt, selbe Speki-Einstellungen, selbe Messung.

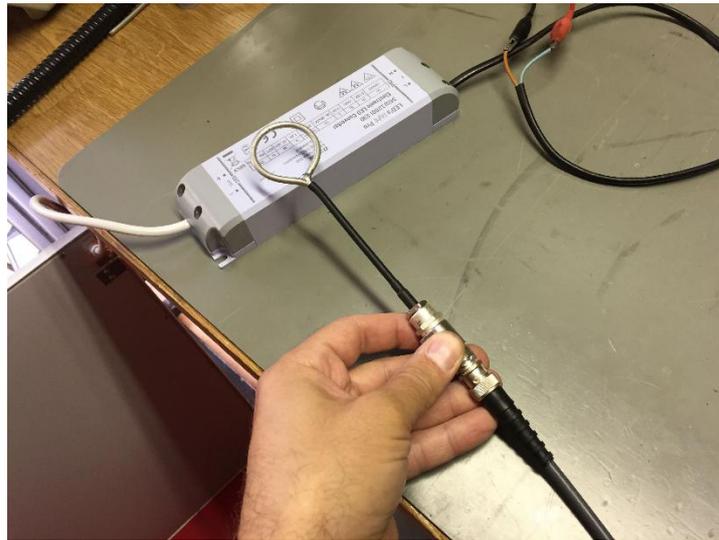


Abbildung 20: nun dieselbe Abtastung- aber mit der Selbstbausonde

Ich bin baff: bis auf einen ziemlich gleichmäßigen Amplitudenversatz von ca. 30dB kommt qualitativ der identische Hüllkurvenverlauf heraus! Sprich: mit etwas Mut könnte man, wenn man den konstanten Offset von ca. 30dB berücksichtigt, die Kalibrierung der HP11940A auf unsere kleine Selbstbausonde übertragen! Vielleicht nicht auf's dB genau, aber die Größenordnung werden wir damit sicherlich treffen!

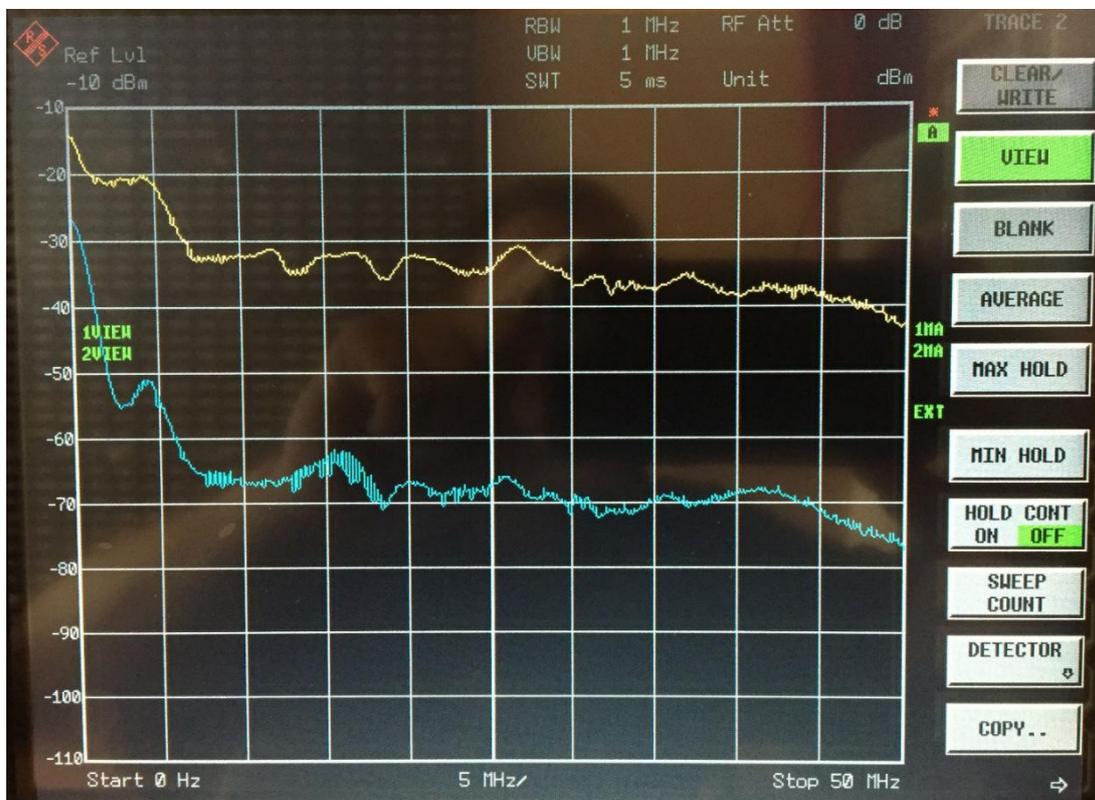


Abbildung 21: Vergleich Eigenbau-Sonde (gelb) und HP11940A (hellblau)

Okay, wir dürfen natürlich nicht vernachlässigen, dass die HP11940A eigentlich erst ab einer Frequenz von 30MHz spezifiziert ist. In der Praxis sehen wir jedoch, dass sich die beiden Sonden aber erst unterhalb 5MHz deutlich voneinander unterscheiden.

Mit dieser guten Übereinstimmung ist unsere Eigenbausonde möglicherweise sogar weitaus mehr als ein "Spielzeug", sondern möglicherweise sogar für "richtig" ernsthafte" Schaltungsentwicklung einsetzbar?

Nun gut, einen Schwachpunkt hat sie derzeit sicherlich: die Metallschleife ist nicht isoliert; d.h. beim Herumschnüffeln in Schaltungen könnte man damit ziemlich leicht unerwünschte Kurzschlüsse auslösen. Derzeit überlege ich einen Überzug aus Tauchgummi oder Latex. Derzeit kostet eine 1Liter-Flasche unter 10€, ist also auch für einen Hobbybastler noch kalkulierbar. Ich habe jedenfalls erstmal eine bestellt.

Insgesamt spornt mich dieses Ergebnis dermaßen an, dass ich mich -bis das Flüssig-Latex eingetroffen ist- sogleich an den Bau einer zweiten Sonde mache: uns zwar die für das E-Feld!

6 Elektrische Feldsonde

Der Bau einer "Stub"-Antenne ist tatsächlich noch einfacher als die magnetische Variante. Hier isoliert man lediglich 6mm des Semi-Rigid-Kabels ab und lässt den so frei gewordenen Innenleiter als Mini-Antenne stehen. Mehrere Lagen Schrumpfschlauch geben dem Ganzen die benötigte Festigkeit und Isolierung, wenn man versehentlich beim "HF-Schnüffeln" auf metallene Oberflächen stößt.

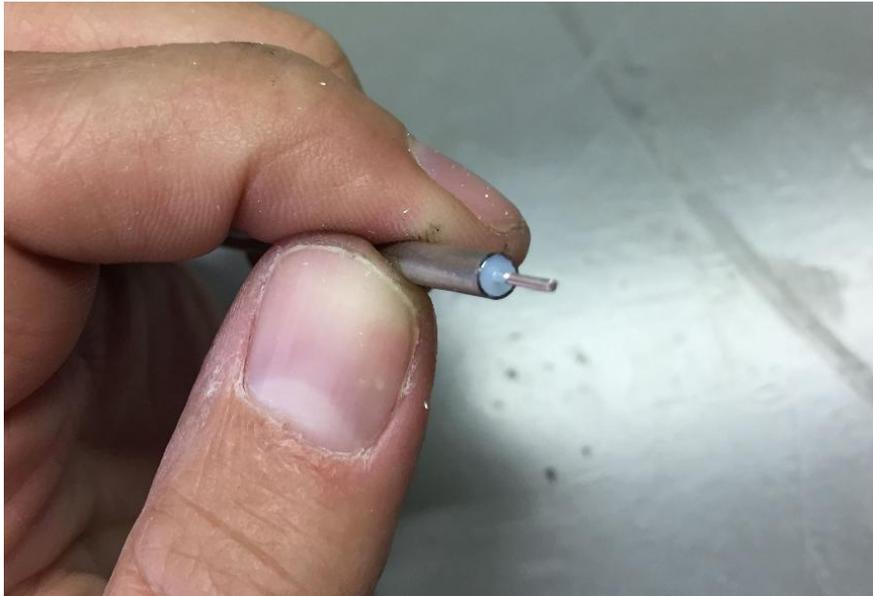


Abbildung 22: Wieder kommt Semi-Rigid zum Einsatz



Abbildung 23: schon fast fertig- nun nur noch einen Stecker dran!

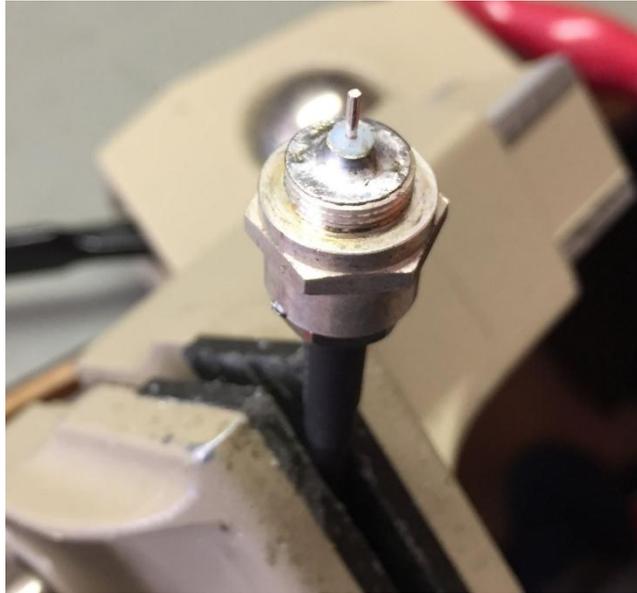


Abbildung 24: Wie bei der Magnetfeldsonde auch: Verlöten des Außenleiters



Abbildung 25: Fertige E-Feldsonde!



Abbildung 26: Eigenbausonde (oben) und Rohde&Schwarz HZ-14 (unten)

Es folgt exakt derselbe Versuch wie mit der Magnetfeldsonde. Mein LED-Netzteil wird mittels der beiden Sonden vollflächig abgefahren und die Maximalwerte jeweils vom Spektrumanalyzer aufgenommen.

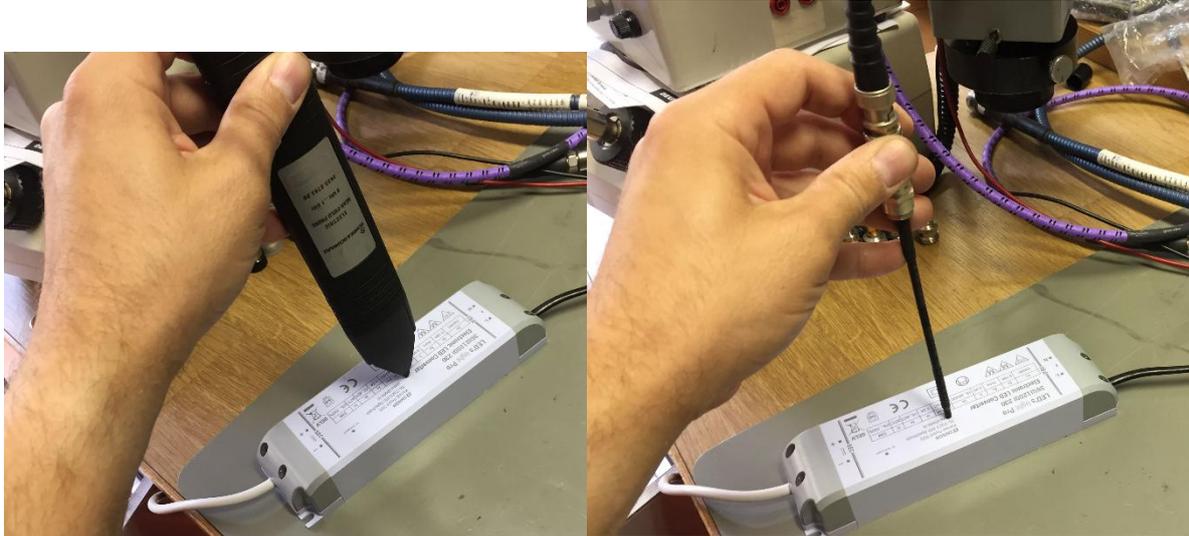


Abbildung 27: Netzteil abtasten- jetzt mit E-Feldsonde

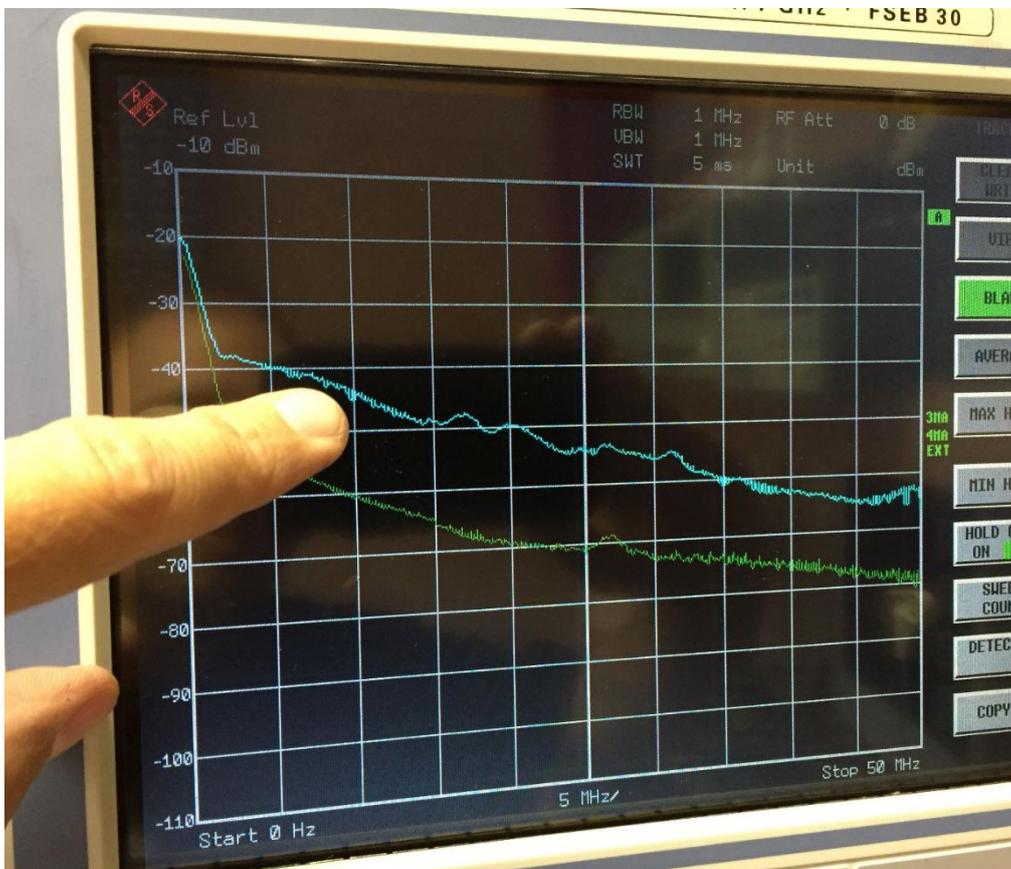


Abbildung 28: Ergebnis (R&S HZ-14 in grün; Selbstbau in blau)

Auch die E-Feldsonde macht auf Anhieb eine super Figur- bis zu einer Frequenz von etwa 10MHz hinunter liefert sie identische (um 20dB versetzte) Ergebnisse zur R&S HZ-14 Sonde! Das kommt vermutlich auch daher, dass ich die HZ-14 nicht ganz korrekt betreibe: eigentlich soll sie an einem speziell für diese Sonde gebauten PreAmp betrieben werden, den ich aber leider nicht besitze. Somit muss ich die HZ-14 passiv betreiben. Bei den vielen Emissionen des LED-Netzteils ist das aber gar kein Problem ;-)

7 Fazit

Eine erstaunliche Erkenntnis: das Ergebnis von ca. 2h Arbeit inkl. Messung liefert eine Performance, die mindestens den Hobbybastler begeistert! Dem Bau weiterer H-Sonden gleicher Bauart (z.B. mit größerem oder kleinerem Schleifendurchmesser) steht nun nichts mehr im Wege. Die elektrische Feldsonde funktioniert ebenfalls hervorragend im Vergleich zu meiner Referenz.

Es bleibt darauf hinzuweisen, wie vielfältig man solche Sonden einsetzen kann. Nicht nur zum Abschnüffeln von LED-Schaltnetzteilen kann man sie verwenden, sondern auch zum Empfangen lokaler Oszillatorschwingungen, die möglichst belastungsfrei gemessen werden sollen, dürften die Sonden sehr gut geeignet sein. Betreibt man sie hingegen an einem Signalgenerator, so könnte man damit auch gezielt HF in irgendwelche Schaltungsteile einkoppeln und prüfen, wie sich der Prüfling bei HF-versuchten Umgebungen verhält und wo genau der Empfangspfad liegt. Kleiner Tipp: hierzu den Generator auf 80% AM-Modulation einstellen, damit wird der Test "fieser" :-)

Natürlich kann man mit diesen Sonden auch einfach nur HF-Emissionen oder Lecks an Metallgehäusen orten. Dem Einsatz sind kaum Grenzen gesetzt.

Ich werde mir jetzt auf jeden Fall noch ein paar andere Größen von Sonden basteln.

8 Abschlussbild

Natürlich vermisst ihr noch das Abschlussbild.

Die letzten male bin ich immer in die Ferne geschweift. Um zu zeigen, wie schön es auch zu Hause sein kann, habe ich beschlossen, einfach die Aussichten bei mir von zu Hause zu zeigen. Man kann kaum glauben, dass in weniger als 500 Metern Abstand hier eine Autobahn vorbeiführt.

Es ist gerade Sommer und viele fahren in den Urlaub. Diejenigen unter Euch, die es dieses Jahr vielleicht nicht können (weil das Geld etwas knapp ist uns sie es sich nicht leisten können), möchte ich trösten, wie schön es auch zu Hause sein kann. Auch mit Autobahn im Hintergrund und Wolken am Himmel. Man muss nur die Augen aufmachen, das Positive sehen und die Schönheit auch erkennen :-)

Probiert's mal. Schönen Sommer 2017!

Marc



Abbildung 29: Blick vom Balkon ins Dorf



Abbildung 30: Blick von der Haustür ins Feld

9 Disclaimer

Hinweise

1. Wer auf dieser Grundlage bastelt, bastelt auf eigene Gefahr!
2. Das hier ist ein privat und hobbymäßig zusammengestellter Reparaturbericht. Ich übernehme keine Garantie für die Korrektheit der hier beschriebenen Inhalte.
3. Ich übernehme keine Folgekosten, die durch evtl. Anwendung der hier beschriebenen Informationen entstehen könnten.
4. Das Basteln in elektrischen Geräten kann für nicht Sachkundige ein hohes Risiko von Verletzungen aller Art bedeuten. Sollten Sie nicht sachkundig sein, lassen Sie bitte lieber die Finger davon.
5. Die kommerzielle Nutzung des hier beschriebenen Wissens ist nicht vorgesehen.
6. Alle Meinungsäußerungen (insbesondere über Firmen oder Hersteller) sind stets rein subjektiver Natur und spiegeln nur meine eigenen Erfahrungen oder persönlichen Vorlieben wieder. Sie sind weder als Werbung noch Verunglimpfung dieser Firmen oder Hersteller zu verstehen, sondern als persönliche Meinungsäußerung aufzufassen.
7. Vor dem Veröffentlichenden meiner Berichte bemühe ich mich stets im Vorfeld um eine Zustimmung der in meinen Berichten vorkommenden Personen/ Firmen. Wenn Sie der Meinung sind, dass das in Ihrem Fall einmal (unabsichtlich!) vergessen wurde und über bestimmte Darstellungen oder Beschreibungen verärgert sind, so setzen Sie sich zur Problemlösung bitte zuerst direkt mit mir in Kontakt (und nicht gleich mit Ihrem Anwalt ;-).

Die Berichte wurden von mir nach bestem Wissen und Gewissen erstellt.

Disclaimer

Alle Artikel unterliegen dem deutschen Urheberrecht. Keine unerlaubte Vervielfältigung, Aufführung, Weitergabe, Druck. Eine kommerzielle Nutzung des hier beschriebenen Wissens ist nicht vorgesehen. Weiterhin übernehme ich weder Gewähr für die Richtigkeit der Inhalte noch übernehme ich Haftung für Risiken und Folgen, die aus der Verwendung/Anwendung der hier aufgeführten Inhalte entstehen könnten. Nicht-Sachkundigen rate ich generell von Eingriffen in elektrische Geräten und Anlagen dringend ab! Insbesondere verweise ich auf die strikte Einhaltung der aktuell gültigen Sicherheitsvorschriften von VDE und Berufsgenossenschaft über die elektrische Sicherheit!

Rechtliche Absicherung

Grundsätzlich berufe ich mich bei meinen Dokumenten auf mein Menschenrecht der freien Meinungsäußerung nach Artikel 5, Absatz 1 des Grundgesetzes. Dennoch mache ich es mir zu eigen, von den in den Berichten namentlich vorkommenden Personen vor der Veröffentlichung eine Zustimmung einzuholen. Wenn Sie jedoch der Meinung sind, dass Sie persönlich betroffen sind und das in Ihrem Fall versäumt wurde, und Sie sind darüber verärgert, so bitte ich um eine umgehende Kontaktaufnahme (ohne Kostennote!) mit mir. Das gilt auch für den Fall, wenn meine hier bereitgestellten Inhalte fremde Rechte Dritter oder gesetzliche Bestimmungen verletzen sollten. Ich garantiere, dass die zu Recht beanstandeten Passagen unverzüglich entfernt werden, ohne dass von Ihrer Seite die Einschaltung eines Rechtsbeistandes erforderlich ist. Dennoch von Ihnen ohne vorherige Kontaktaufnahme ausgelöste Kosten werde ich vollumfänglich zurückweisen und gegebenenfalls Gegenklage wegen Verletzung vorgenannter Bestimmungen einreichen.

Haftungshinweise

Trotz sorgfältiger inhaltlicher Kontrolle übernehme ich keine Haftung für die Inhalte externer Links. Für den Inhalt der verlinkten Seiten sind ausschließlich deren Betreiber verantwortlich.

Kontakt:

Marc.Michalzik@bymm.de

Dieser Artikel unterliegt dem Urheberrecht. © ®. Alle Rechte vorbehalten. Keine Vervielfältigung, Nachdruck.
2017, Marc Michalzik

V1.3, 12JUL2017