

# Rohde&Schwarz CMT Funkmessplätze - mein "Bientrio"!

## 1 Einleitung

Kennengelernt habe ich den Rohde&Schwarz CMT Funkmessplatz als etwa 19 Jähriger bei der Bundeswehr. Wie jeder junge Mann in Deutschland damals, musste auch ich nach der Schule meine 12monatige Wehrpflicht ableisten. Naja, nicht wirklich "jeder". Ein nicht zu vernachlässigender Anteil damaligen Schulkameraden wurde ausgemustert. Die meisten jedoch tatsächlich aus der Triathleten-Gruppe unserer Schule, denn die hatten sportbedingt die meisten Verletzungen und Blessuren vorzuweisen, die sie -aus Sicht der Bundeswehrärzte- zu "dienstuntauglichen" Personen machten. Bei den Triathlons mischten sie zwar immer in den vorderen Plätzen mit- für die erfolgreiche Ableistung eines Grundwehrdienstes reicht das allerdings nicht immer aus, wie wir daraus lernen können. Da sieht man mal, wie hart ein Grundwehrdienst ist- das kann und darf nicht jeder!



**Abbildung 1: so sah ich damals zu der Zeit etwa aus...für dieses Foto musste ich echt tief im Familienalbum graben**

Bei mir, damals als absoluter Nicht-Sportler, kam man allerdings zu der Überzeugung, dass mein Gesundheitszustand deutlich besser als bei unseren Triathleten sei, weshalb ich für den Dienst am Staat und Aufrechterhaltung der öffentlichen Ordnung geradezu "unverzichtbar" gewesen war. Ich kann da nur sagen: Jungs, seid echt froh, dass ich damals nicht an irgendwelchen Triathlon-Wettkämpfen mit euch zusammen teilgenommen habe, denn mit so einer hervorragend attestierten Gesundheit hättet ihr alle gegen mich (und den Rest der als "diensttauglich" bemusterten Kameraden) KEINE Chance gegen uns gehabt! ;-)

Spaß beiseite, ein Körnchen Kritik muss aber dennoch erlaubt sein, denn ich habe damals tatsächlich etwas sprachlos mit ansehen müssen, wie nahezu alle unserer schulbesten Sportler ausgemustert wurden, aber wir gummibärchenessenden und bewegungsvermeidenden Sofalümmler mit Übergewicht für die 12 Monate alle antreten mussten.

Im Endeffekt war das aber wohl gut, denn in dieser Zeit habe ich meine drei großen Lieben kennengelernt.

1. meine Frau (natürlich hier auf Platz 1)
2. den R&S SMPU
3. den R&S CMT.

Die Erstplatzierte habe ich seitdem natürlich nicht mehr losgelassen, wohl aber Position 2, von denen ich in Höchstzeiten ganzen 7 Exemplare besaß (für Position 1 wäre das auch schwierig gewesen;-). Und auch Position 3 ließ ich schließlich gehen, nachdem ich dort unendlich Zeit in Reparatur, Abgleich und Aufarbeitung hineingesteckt hatte. Aus meinen alten Unterlagen sehe ich, dass ich mich im Jahr 2007 von meinem damaligen CMT52 getrennt habe. Das ist nunmehr auch schon fast 15 Jahre her! Boah, wie die Zeit vergeht!



Abbildung 2: mein damaliger Lieblings-SMPU im selbstgebauten Rack (Originalfoto)

Was mir an dem CMT so gut gefällt?

Ehrlich gesagt- nahezu alles. Erstmal die Tasten. Sowohl die Tastkappe als auch die gesamte Haptik der Bewegung ist für mich noch immer Benchmark. Keine anderes, später von R&S eingesetztes Tastatursystem ist für mich je wieder an diese tollen Eigenschaften herangekommen.



Abbildung 3: mein damaliger CMT52 beim Messen der Stromaufnahme

Dann natürlich die LC-Displays. Bislang sind dort keine Probleme mit "Luft-ziehen" bekannt (wie leider bei seinem Vorgänger, dem "SMFP") und auch die gleichzeitige Anzeige von 4 Parametern und das flotte Anzeigeverhalten von schnörkellosen 7-Segmentanzeigen macht dem CMT so schnell keiner nach. Zumindest kein Produkt mit träger SW und Grafikdisplay.

Weiterhin erfreut mich der weite HF-Leistungsbereich bis 50W HF- wenngleich andere Messplätze anderer Hersteller da auch mitziehen können.

Das Betriebsgeräusch eines CMT ist allerdings deutlich angenehmer; z.B. verglichen mit der "Lüfterturbine" in einem SMFP. Schön wäre natürlich ein komplett lüfterloses Design. Aber irgendwie müssen die max. 75W beim CMT ja auch raus aus dem Gehäuse!

75W? Yes, sir! Ich meine mich zu erinnern, dass ich irgendwo mal gesehen habe, dass ein CMT ganz, ganz kurz sogar bis zu 75W Leistung unbeschadet aushalten würde. Leider finde ich dazu nichts Schriftliches mehr in meinen Unterlagen, von daher kann mich meine Erinnerung vielleicht auch täuschen und **ich rate dringend davon ab, das auszuprobieren!** Ich persönlich jage üblicherweise sowieso nicht mehr als etwa 30W in irgend einen Messplatz-egal ob SMDU-Z1, SMFP, CMT oder CMS. Sobald ich ein Funkgerät der 50W-Leistungsklasse auf den Tisch kriege, schalte ich standardmäßig immer mein Narda 10dB/200W Dämpfungsglied davor. Es hilft, den Messplatz zu schonen, indem man ihn nicht unnötig mit hohen Leistungen thermisch belastet und verringert damit das Risiko deutlich, ihn dann doch versehentlich kaputt zu schießen\*- falls das Funkgerät dann versehentlich doch mehr Leistung macht als angenommen. Sollte der CMT also wirklich 75W unbeschadet aushalten, freut uns diese zusätzliche Reserve natürlich. Wir reizen sie aber niemals aus, sondern benutzen sie nur als ein "Bonus" an Betriebssicherheit. Wie bei einem schnellen Auto: obwohl es vielleicht noch schneller fahren könnte, so wird es spätestens bei 250km/h begrenzt. Die zusätzlich verfügbare Leistungsreserve hilft uns vielleicht am Berg, aber wir werden trotzdem nicht schneller fahren. Es freut uns nur, dass es notfalls schneller könnte. Genauso würde ich das mit den 50W halten. ok? Also nochmal explizit: **bitte niemals mehr als 50W in den CMT!**

**\* Spoiler: ...und ich werde es in diesem Bericht dennoch schaffen- trotz aller guten Vorsätze!!! :-)**

Machen wir weiter mit den Vorteilen dieser Messmaschine.

Weitere Goodies im CMT sind definitiv der serienmäßige -30dB-Ausgang, die vollen +13dBm Ausgangspegel und die Möglichkeit der Nachrüstung vieler sinnvoller Zusatzmodule; vom Duplex über den 2. Tongenerator, das HF-Voltmeter, Nachbarkanalleistungsmesser oder sogar Signalisierungsstandards.

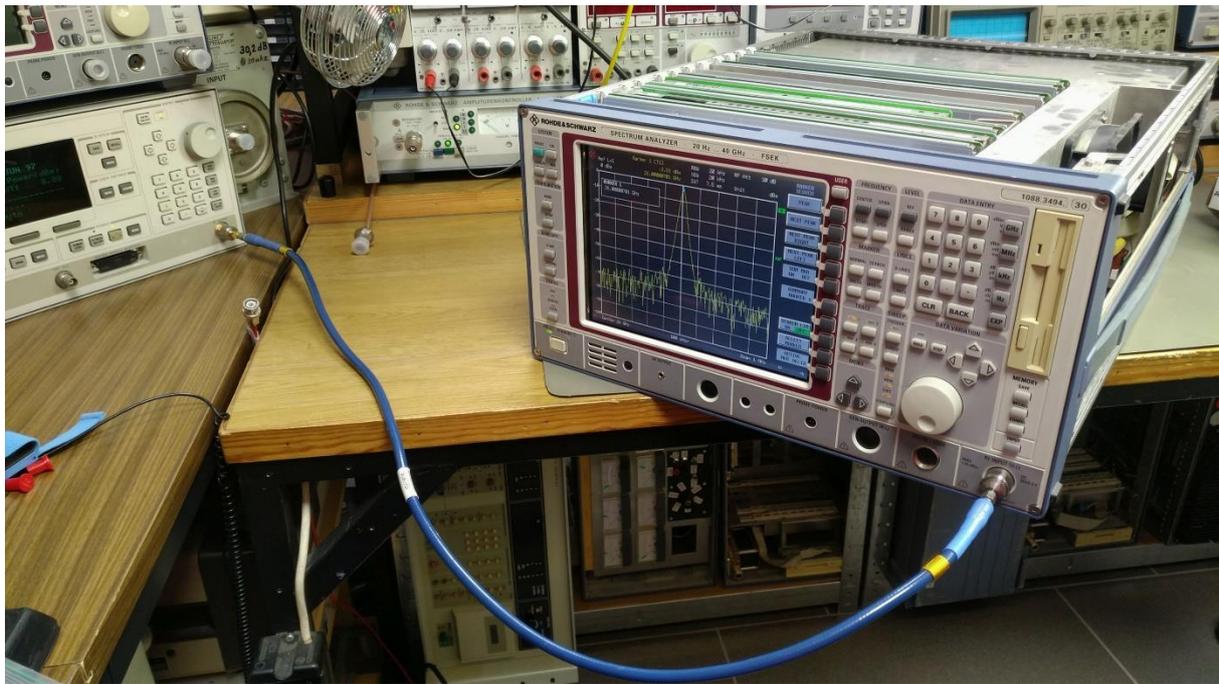
Über Schwächen ist mir nur wenig bekannt. Klar, die Kunststoffbeschichtung der seitlichen Tragegriffe versprödet und damit löst sich irgendwann die komplette blaue Ummantelung von der Stahlseele. Das betrifft aber eine ganze Gerätegeneration von R&S einschließlich der Geräte FSE, SMG, ZVE, usw., die alle dasselbe Gehäusekonzept benutzen.

Bekannt ist auch, dass das Netzteil irgendwann an seine Leistungsgrenze kommt, insbesondere wenn man wirklich sehr viele Zusatzbaugruppen eingebaut hat. Hat man dann auch noch ein Gerät mit eingebautem Oszilloskop, wird es tatsächlich sehr warm an der Geräterückwand. An meinem CMTA (also der Edelsonversion des CMT; sie heißt bei mir "Fräulein Cassandra") hatte Vorbesitzer Martin deswegen sogar einen großen Zusatzlüfter gegen die Rückwand gestellt, der mit langsamen Drehzahlen bei der Kühlung hilft.

Weitere Nachteile sind beim CMT, dass man zum Auslösen bestimmter Messroutinen oder Einstellungen dann doch einige Spezialkommandos auswendig lernen muss (z.B. bei der Messroutine für Bandbreitenmessung). Durch das Grafikdisplay des CMS und den damit verbundenen Möglichkeiten einer Menüstruktur geht das dort natürlich deutlich angenehmer. Und auch der eingebaute Selbsttest, der uns nach dem Einschalten des Gerätes sein Wohlbefinden mitteilt, endet eigentlich stets mit der Message "CMT-ok". Eine anderes Testergebnis habe ich ehrlich gesagt bei eine CMT noch nie gesehen- selbst bei definitiv defekten oder unvollständigen Geräten. Will sagen: auf die interne Diagnose sollte man sich bei einem CMT nicht so schrecklich doll verlassen und wenn einem bei eBay ein Gerät unter den Knopf kommt, wo der Verkäufer mit Fotos eines erfolgreich durchgelaufenen Selbsttests punkten will, muss man dem durchaus mit etwas Abgeklärtheit begegnen. So empfindlich ein SME

beispielsweise auf sich selbst achtet und sich selbst über eine verschnupfte Nase hinreichend bei uns beklagt- so resilient und positiv denkend wiederum hält sich ein CMT stets für absolut gesund. Selbst, wenn er Migräne, Fieber und Schüttelfrost im selben Moment kriegt. Bewundernswert übrigens. Vor allem aus Sicht eines Menschen ;-)

Dafür punktet der CMT mit einem Merkmal, das aber nie in einem Werbemanual stehen wird: dem weitestgehend diskreten Ausbau aus "normalen" DIP-ICs, Transistoren und passiven Bauteilen. Wie wichtig das bei der Reparatur werden wird, wird mir erst jetzt so langsam klar: nahezu alles, was dort verbaut wird, ist noch mit Hobbymitteln auslöt- und wechselbar! Leute, dieser Aspekt wird in der Zukunft immer wichtiger werden, denn irgendwann werden auch mal die top-modernen Geräte kaputt gehen- und dann viel Spaß beim Auslöten und Neuprogrammieren von defekten FPGAs oder RAM-Speicher!



**Abbildung 4: Tauschobjekt: Rohde&Schwarz FSEK30!**

Dass der CMT nur eine normale Firmware auf EPROMs als SW braucht, erleichtert auch seine Reparaturen. Sobald man den Schaltplan dieses Gerätes besitzt, hat man eine reelle Chance auf Instandsetzung- ganz ohne irgendwelche Werks-Abgleichroutinen oder Spezial-SW, auf die man normalerweise auch gar keinen Zugriff hat. Abgleich nur mit Potis und Trimmern- vielleicht nicht die "hippste", aber definitiv mit die ehrlichste Sache, die es bei Messgeräten gibt!

Zuletzt dürfen wir noch hervorheben, dass die Signalqualität bezüglich Phasen- und Amplitudenrauschen eines CMT tatsächlich deutlich besser ist als bei einem moderneren CMS! Wenn man den CMT gegen andere Signalgeneratoren antreten lässt, so hält er sich ziemlich wacker und erreicht trotz seiner kompakten Bauweise in etwa dasselbe Performanceniveau wie viele gute Stand-Alone-Geräte. Will sagen: obwohl wir hier über einen Kompaktmessplatz reden, der wegen der Integration vieler "Einzelmessgeräte" in ein gemeinsames Gehäuse zwangsweise Kompromisse eingehen muss, so überrascht mich dennoch die dafür sehr gute Qualität seines Ausgangssignals!

## 2 Tapetenwechsel und das "Bienen-Trio"!

Nun, all diese Argumente haben bei mir nach so langer Zeit doch wieder dazu geführt, dass ich schon immer neidisch auf den CMTA84 von Messplatzmitglied Martin DL8RI geschickt habe und er im Gegenzug immer nach meinem R&S FSEK 40GHz-Analyzer gelehzt hat, der seinen 40GHz-Wobbelmessplatz noch "vollkommen" machen könnte.

Irgendwann haben wir uns mal (virtuell natürlich) ehrlich in die Augen geschaut und uns gefragt, warum wir denn nicht einfach "tauschen" sollten, wenn die jeweilige "Liebe" gerade im Haus des anderen wohnt. Und was soll ich sagen: wir haben es gemacht! Ich habe den FSEK, der mir übrigens ebenfalls geschenkt wurde (siehe Reparaturbericht auf [www.bymm.de](http://www.bymm.de)) gegen drei CMT-Geräte getauscht: einen CMTA84 in wirklich makellosem Zustand mit allen erdenklichen Optionen, ein -laut Beschriftung- CMT58 mit Defekten in der AM-Hubmessung und ein "Schrotthaufen CMT42", der als Ersatzteillager wohl damals bei einem bekannten und großen (sich aber nun im Ruhestand befindenden) Messgeräthändler aus einem Harras gefallen ist.



Abbildung 5: Übergabe des Bienentrios: Willi, Maja...



Abbildung 6: ...und Fräulein Cassandra. Martin und ich stoßen an\* :-)

\* natürlich ist danach niemand von uns mehr Auto gefahren, keine Sorge!

## "Bist du denn komplett wahnsinnig?!?!?!?",

werden nun wohl viele fragen! Ein 40GHz-Analyzer, der aktuell für fünfstelligen Euro-Beträge gehandelt wird, für einen 1GHz-CMTA und zwei defekte CMTs? Ist das nicht ein absolut ungleicher Tausch?!?!?

Kann sein. Aber weder mir noch Martin geht es dabei um Geld- und dem ursprünglichen Spender des FSEK auch nicht! Ich denke, an diesem schönen Beispiel kann man sehen, dass es wichtigere Dinge im Leben gibt als Geld oder das Bestreben der Gewinnmaximierung und es ist wirklich toll, dass es noch Menschen gibt, die ebenso denken wie ich! Und das ist auch voll im Geiste des ursprünglichen FSEK-Spenders, als ich ihn -rein anstandshalber- natürlich vorher fragte, ob er irgendwelche Bedenken gegen den geplanten Tausch hätte. Im Gegenteil: ihm ging es auch nicht ums Geld, sondern lediglich darum, der HF-Bastelcommunity etwas "Gutes" zu tun und genau das werden wir erreichen, wenn der Analyzer nun in den Besitz von Martin über geht.

Denn:

er ergänzt nicht nur seinen 40GHz-Netzwerkanalyzermessplatz in geradezu idealer Weise und hilft uns damit ALLEN, sondern Martin hat an der Reparatur der FSEK-Eichleitung damals ja auch mit absolut hohem Einsatz mitgeholfen. Daher bin ich der Meinung, dass er sich damit auch so eine Art "Vortauschrecht" (gibt es das Wort ? ;-)) erarbeitet hat. Sind wir ehrlich: ohne ihn und seinen 40GHz-VNA hätte ich den FSEK auch nicht richtig zum Laufen gebracht!

Ich freue mich daher sehr, dass der FSEK damit in wirklich gute Hände kommt (er bleibt ja weiterhin im Zugriff unseres Messplatzteams) und auch in Zukunft sinnvoll genutzt wird. Und mich selber hat dieser Tausch auch charakterlich etwas wachsen lassen, denn das Unterstützen eines Freundes ist am Ende tausendmal mehr wert als irgendwelches Geld.

Und ich selber kriege ja auch was: nämlich das "Bienen-Trio", darunter ein CMTA84 in wirklich selten gutem Zustand und absolut schwer zu kriegen. So haben doch alle was davon!

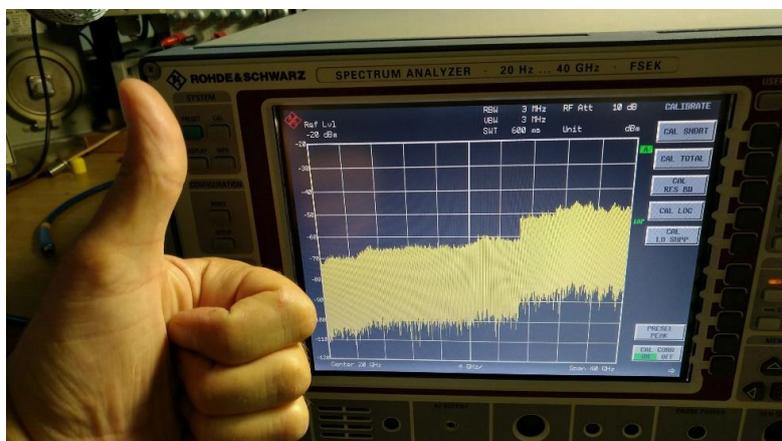


Abbildung 7: "Daumen hoch" für den Tapetenwechsel

Das lässt mich aus aktuellem Anlass zu einem kleinen Einschub kommen.

### 3 Trauriges Kapitel

Der "Schrott-CMT" ist leider eines dieser traurigen Beispiele der "ab Stapel" verkauften Geräte, die man als Sammelbox für defekte Baugruppen benutzt hat und man als Käufer dabei sicher sein kann, dass auch wirklich nahezu \*jede\* einzelne Baugruppe darin defekt ist. "Defekt"-Schriftzüge sind bei mir auf fast allen Baugruppen zu finden und zeigen mir, dass es auch hier nicht anders gewesen ist. Zum Bestücken dieses Gerätes wurde quasi "ausgesuchter Abfall" verwendet, so wie Messplatzfreund Martin es mal treffend formuliert hat. Dieser CMT42 war "Ausschlachtträger" und hat dort so lange heile Baugruppen gespendet, bis er irgendwann leer war (man könnte auch "ausgeweidet" sagen). Danach hat man ihn mit einem Eimer defekter CMT Baugruppen soweit wieder zu einem Gesamtgerät komplettiert und ihn anschließend stumpf "ab Stapel" gegen Geld verkauft. Klar- das Gerät hat damit also doppelt Profit gebracht: einmal als Ersatzteilespender zum Fit-Machen anderer Geräte und ein zweites mal nochmals beim Verkauf als "ab-Stapel-Gerät".

Ich habe dazu folgende Meinung:

Einerseits kann ich verstehen, dass ein kommerziell denkender Händler mit dem bloßen Baugruppentausch deutlich schneller bei einer Reparatur ist als bei der Suche auf Bauteilebene. Auch wenn er dabei stets das Risiko eingeht, dass die neue Spenderbaugruppe nicht wirklich kompatibel zum Rest ist, so klappt es doch oft und die Reparatur ist innerhalb weniger Minuten erledigt- wozu man sonst manchmal Tage brauchen würde. Das würde auch kein Kunde bezahlen wollen, das kann ich nachvollziehen.

Andererseits ist der Verkauf einer solchen "Defekt-Baugruppen-Ansammlung" als ein Gerät mit dem Titel "ab Stapel" auch nicht ganz fair. Die Bezeichnung "ab Stapel" suggeriert doch, dass es sich bei dem gekauften Gerät um ein komplettes, aber eben ungeprüftes Messgerät handelt, mit dem man Glück haben kann aber auch Pech. Bei einem "ab-Stapel-Verkauf" entsteht bei uns als Interessenten im Kopf doch das Bild eines großen Abverkaufs, wo der Posten des Händlers so groß ist, dass zehn oder mehr baugleicher Geräte zu einem hohen Turm gestapelt auf einer Palette stehen und "so wie sie sind" ungeprüft verkauft werden. Der Verkäufer spart sich dabei das Testen und Prüfen und der Käufer profitiert von einem geringeren Preis, weil er damit ein Teil des Risikos mit trägt. Wenn man so ein Gerät kauft, bekommt man ganz einfach das nächste Gerät ganz oben von diesem Stapel und man kann damit Glück oder Pech haben. Quasi geteiltes Risiko für Käufer und Verkäufer. So zumindest ist doch die Vorstellung bei uns, oder?

In diesem Fall ist allerdings die Chance auf "Glück" zielgerichtet eliminiert worden und man bekommt mit Gewissheit ein "Pech"-Gerät. Und genau das finde ich unfair: nicht, dass man ein "Schlecht-Gerät" bekommt. **Sondern vielmehr, dass man rein systematisch nie eine Chance auf "Glück" hatte!**

Eine bunte und wildgewürfelte Zusammenstellung verschiedenster Defektmodule quer durch die CMT-Landschaft, die im schlimmsten Falle sogar vielleicht noch inkompatibel zueinander sind, ist nicht meine Erwartung eines "ab-Stapel"-Verkaufs. Eine Beschreibung "Defekt-Resteträger", "Spendergerät" oder "Defekt-Baugruppensammlung" würde der Wahrheit näher kommen- klingt aber wahrscheinlich nicht so gut und bringt damit weniger Profit.

Wie immer man es auch nennt- eine Bezeichnung "ab Stapel" empfinde ich persönlich für so einen Platinenschrotthaufen als deutlich "zu stark geschmeichelt". Nunja, es ist, wie es ist. Solche Ausschuss-Baugruppenträger werden leider von vielen Menschen/Firmen im Internet

angeboten und verkauft. Und zwar je weiter weg, desto besser-am besten ist noch Verkauf ins Ausland. Denn dann ist die Chance, dass ein aufgebrachter Käufer mit dem defekten Schrotthaufen vor Wut sogar persönlich im Auto zurückgefahren kommt, nur um einem den "Mülleimer" voller Ärger an den Kopf zu werfen, geringer.

Andersherum geht es allerdings auch: Käufer, die von ehrlichen Händlern ein Messgerät kaufen, es nach Erhalt aufschrauben, die heilen Module durch defekte ersetzen und es dann auch noch so abgebrüht sind, dass sie das absicht defekt gemachte Gerät danach zum Verkäufer zurückschicken mit der Beanstandung, dass das es nicht in Ordnung sei und man nun sein Geld zurück wolle. So eine Dreistigkeit muss man auch erstmal haben!

Um es mal ganz laut zu sagen - und zwar an ALLE: **Leute, bitte seid ehrlich zueinander!** Sowohl beim Kauf, als auch beim Verkauf! Bleibt fair!!

EINSCHUB ENDE

## 4 Weiter im Projekt

Zurück zu den drei ergatterten CMT-Messgeräten.

Man könnte nun nach all den Lobeshymnen für den CMT fragen, weshalb ich meinen CMT52 damals denn überhaupt erst verkauft habe, wenn er denn so toll war?

Nun, das ist schwer zu erklären. Als Messgerätenerd verfolgt man natürlich stets die neuesten Entwicklungen und träumt sich insgeheim in die gesamte Produktpalette seines Lieblingsherstellers hinein -zumindest vom Prospekt her. Als ich dann aber wirklich mal die Möglichkeit bekam, einen defekten CMS52 zu kaufen, also die nächste R&S-Generation an Funkmessplätzen, konnte ich unmöglich nein sagen. Die Möglichkeit, einen Technologiesprung nach vorne zu tun und dabei auch wieder was zu lernen, war für mich einfach zu reizvoll. Als ich den CMS52 dann irgendwann hatte und bald danach dann sogar noch einen zweiten, wurde mir irgendwann klar, dass ich nicht immer nur anhäufen kann, sondern auch mal was weggeben muss. So trennte ich mich dann schließlich von dem CMT, genauso wie ich es vorher schon beim SMPU und auch dem SMDU getan hatte.

Ich hatte damals nur nicht damit gerechnet, dass ich mir (bislang ;- ) zwei von den drei verkauften Geräten viele Jahre später allerdings aus Nostalgiegründen wieder erneut kaufen würde. Natürlich sind einige der Geräte im schlechteren Zustand, als ich meine eigenen wiederum damals abgab. Und ich gebe zu, dass -würde mir jemand einen SMPU schenken- ich vermutlich auch nicht "nein" sagen könnte. Zumal ich meine Kiste mit ein paar SMPU-Ersatzteilen auch nie weggeworfen habe, sondern noch immer im Regal bei mir steht!

Es ist also alles ein wenig verrückt, aber bei Messgeräten ist es bei mir total emotionsgesteuert. So auch das Thema mit den CMTs. Nur dass ich mir gleich drei davon hinstellen würde, hätte ich nicht gedacht. Wo also hin damit?

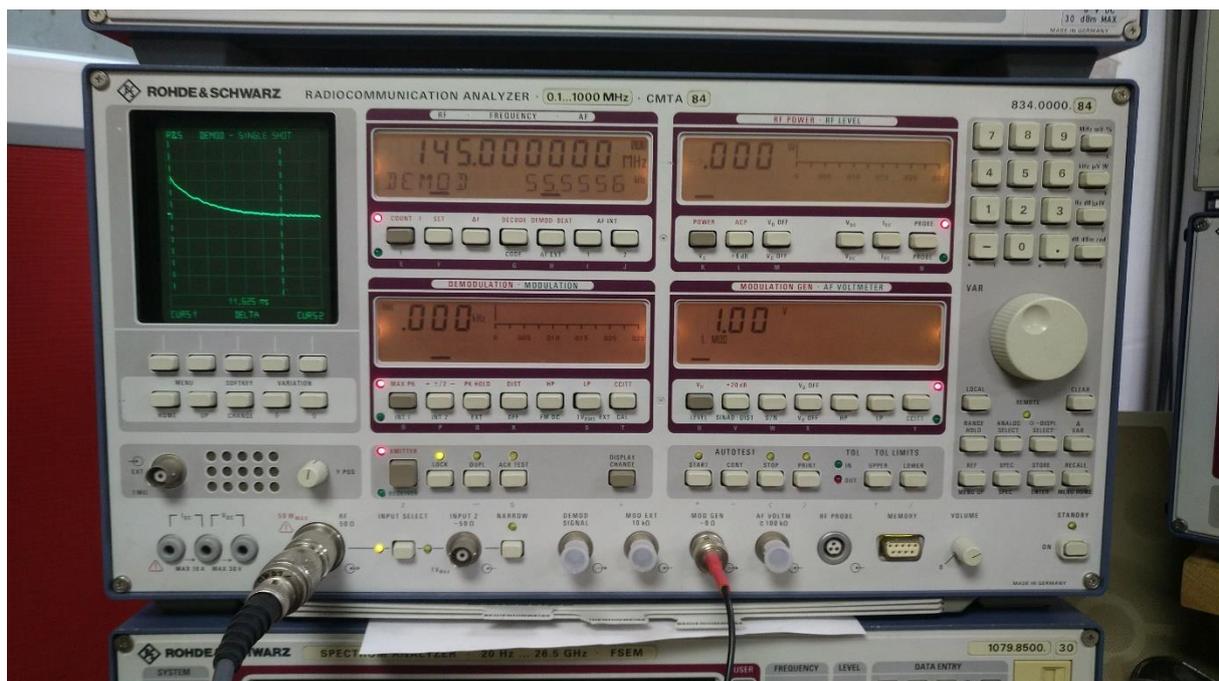


Abbildung 8: Fräulein Cassandra kann sogar Leitungs- und Frequenzeinschwingen messen

Fräulein Cassandra, also der CMTA84 in diesem Set ist definitiv das Sahnestück. Ich habe ihn mir daher gleich auf meinen Messplatz gestellt. Ich habe da zwar schon genug Signalgeneratoren, aber so schön, wie dieses Gerät noch aussieht (und funktioniert!), wäre es eine Schande, es in einem Regal verstauben zu lassen. So ein Schicksal könnte eher dem CMT58 blühen, aber irgendwie konnte ich es nicht haben, wenn er mit einem Fehler im AM-Messer (so habe ich ihn bekommen) hier bei mir teildefekt herumsteht. Also wird der repariert. So schlimm kann es ja nicht sein. Oder doch??

Dass mir der Schrott-CMT42 damit nicht viel helfen wird, ist mir schon jetzt klar, denn er besteht ja zu 100% nur aus Defektteilen. Auch wenn mir das Reparieren auf Bauteilebene eh mehr Spaß macht als das stumpfe Austauschen von Baugruppen, wird dieser CMT42 definitiv ein Ersatzzeitträger bleiben. Oder was für die Rente!

Oder etwa doch nicht?!?! :-)

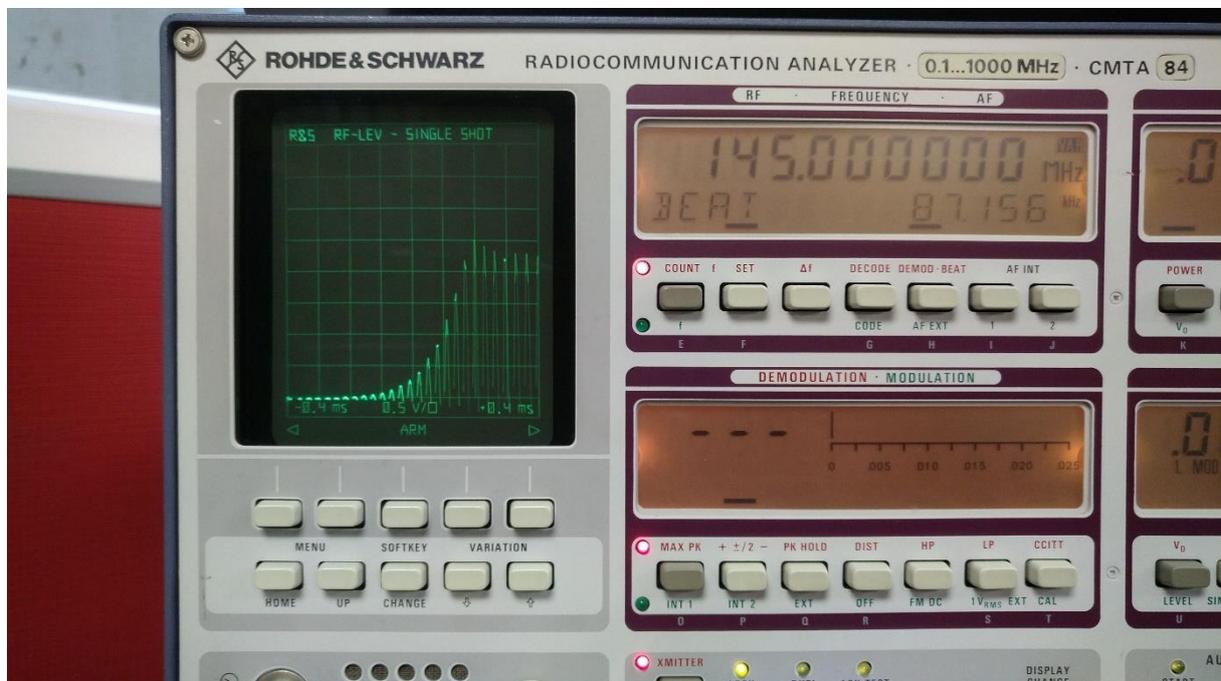


Abbildung 9: Leistungseinschwingen an einem Yaesu FT-290R 2m-Transceiver

Ha ha ha! Seid gespannt!

## 5 Es geht los

Der Entschluss steht: der CMT58 wird erst einmal in Ordnung gebracht. Aktuell weiß ich von einem defekten AM-Demodulator mit manchmal Amok laufender Anzeige. Aber er kann sicher noch weitere Überraschungen für mich bereit halten, denn so ganz genau Bescheid über alle Schwachstellen weiß man eigentlich erst, wenn man mal einige Tage mit dem Gerät gearbeitet hat. Beginnen tun wir aber erstmal mit dem AM-Demodulator.

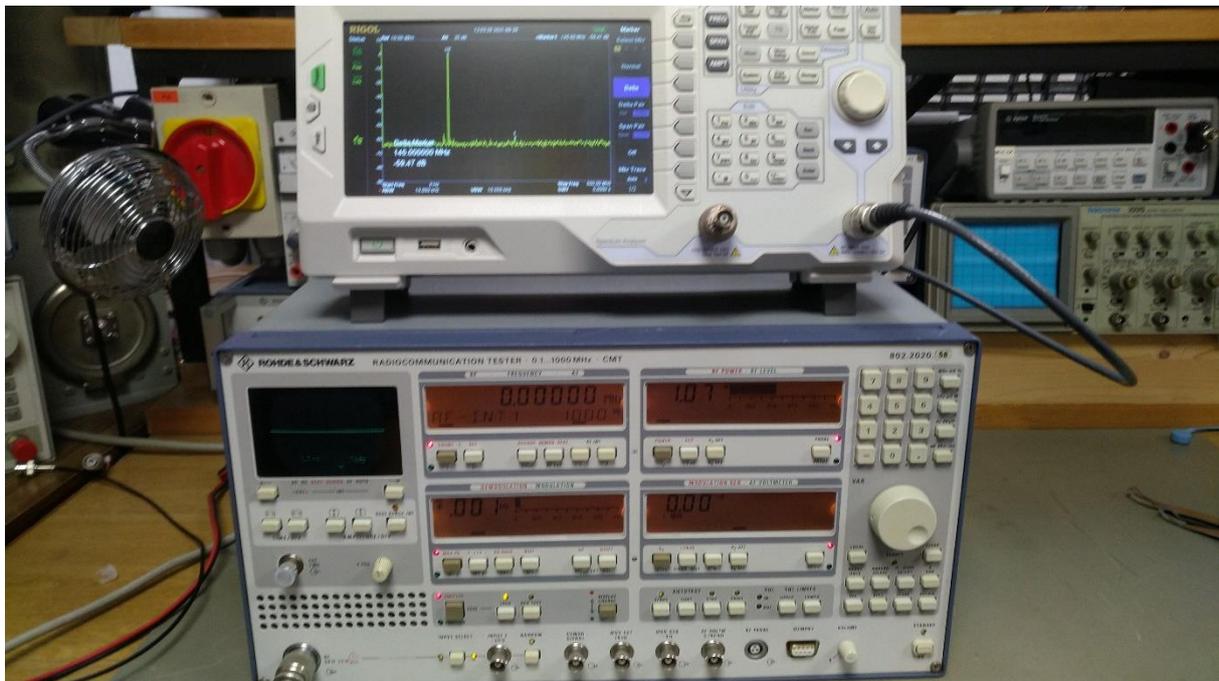


Abbildung 10: Maja sieht spitze aus, aber hält trotzdem Überraschungen bereit...

Ich suche meine CMT-Papierunterlagen von 2007 heraus und werde sofort fündig: eigenhändig aus A4-Ausdrucken zusammengeklebte Unterlagen, aber mit haufenweise Notizen von damals von mir drin, Abgleichwerten und markierten Signalflüssen im Schaltplan. Das ist ein guter Startpunkt!

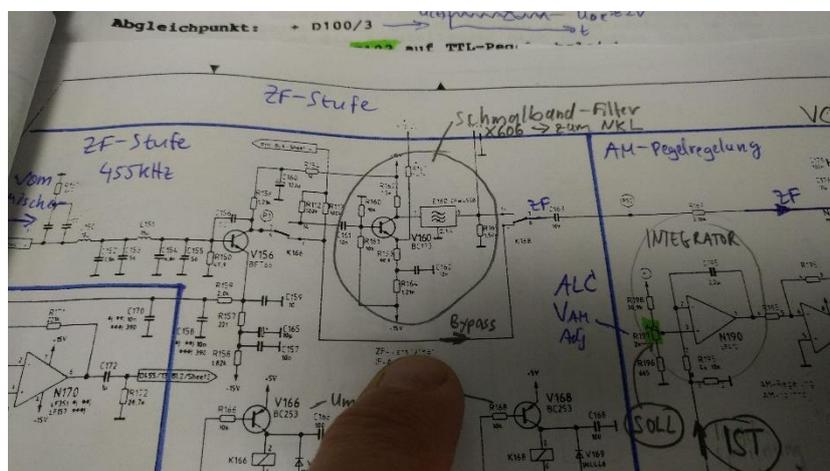


Abbildung 11: in meinen CMT-Unterlagen hatte ich schon damals intensiv gearbeitet...

## 6 Analog Board: AM/FM

Nach all den Jahren darf es mir erlaubt sein, mich erst einmal wieder ein wenig in das Design des CMT hineinzudenken. Der bislang bekannte Hauptfehler ist der, dass die AM-Demodulation nicht richtig funktioniert. Aber auch FM funktioniert nicht richtig, wie ich nun feststelle. Beide Demodulatoren sitzen auf dem sogenannten "Analog-Board". Das ist eine wirklich extrem dicht vollgepackte Baugruppe, die auch noch über eine HF-Regelung und eine NF-Filtrierung/Messeinrichtung sowie einen Mischerteil verfügt. Sogar Teile der (analogen) HF-Leistungsmessung laufen über das Analog Board (weil dort die Messstellenumschaltung für den AD-Wandler sitzt).

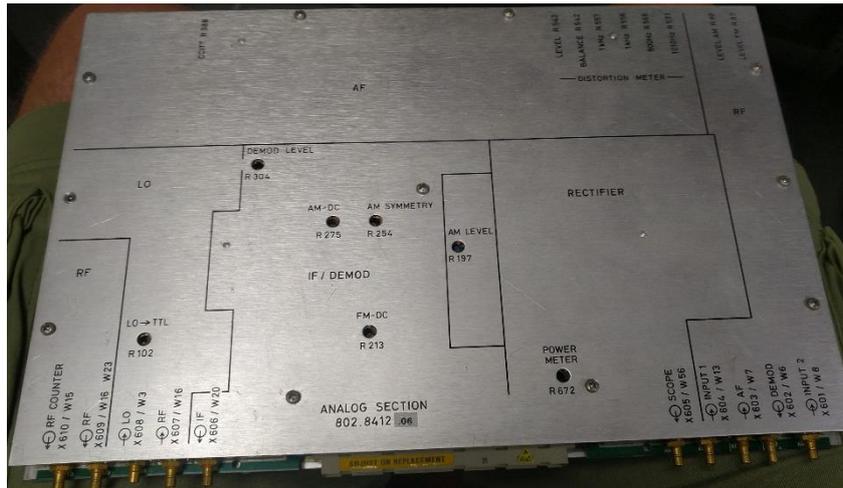


Abbildung 12: Analog-Board aus Maja

Ich beginne von vorne: der "kleine HF-Eingang" ist direkt mit der "Input2"-BNC-Buchse auf der Frontplatte des CMT verbunden. Ein simpler kleiner Knopf auf der Frontplatte wählt zwischen dem Haupteingang Input1 und dem BNC-Eingang Input2 aus. Alles, was hier an Input2 über X601 an Signal hineingeht, landet als geregeltes Signal mit einer Amplitude von 150mV bzw. 75mV rms auf zwei separaten HF-Ausgängen der Baugruppe X609 und X610. Der eine geht dann direkt weiter zum HF-Zähler, der andere Signalpfad führt über den Mischer zu den Demodulatoren (in 455kHz-Technik).

Großer "Schwachpunkt" dieser Baugruppe sind die verwendeten Breitbandverstärker in Hybrid-Dickfilmtechnik. Diese Teile wurden wohl mal von Telefunken entwickelt und gibt es in 1stufigem (OM345, 12dB), 2stufigem (OM350, 18dB) und 3stufigem (OM361, 28dB) Design. Ausgelegt für einen Frequenzbereich von 40..860MHz, werden sie von R&S hier sogar im Bereich von 1..1000MHz eingesetzt. Ich gehe mal davon aus, dass sie das auch können und das mit dem Hersteller abgestimmt wurde, denn rein formal werden sie damit erstmal außerhalb ihrer Datenblattwerte betrieben!

Warum benutze ich hier im obigen Text den Begriff "Schwachpunkt"? Nun, sicher nicht, weil diese Module an sich schlecht wären- so eine pauschale Behauptung darf man nicht machen! Trotzdem scheine nicht nur ich in meinem Leben doch hin und wieder defekte OM-Hybridmodule in Messplätzen gefunden zu haben, denn auch das Internet mit Berichten anderer Bastler belegt uns, dass diese Module nicht ewig leben. Scheinbar sind wohl stark unterschiedliche Ausdehnungsverhalten innerhalb der Dickfilmschaltung dafür verantwortlich, dass Bauteile im Innern manchmal schlichtweg von ihrem Substrat abreißen und dadurch das Modul komplett ausfällt. Das Problem ist: wenn genau das passiert und eines dieser Module

stirbt, steht man vor einem großen Problem, denn die Beschaffung eines Ersatzteils ist mitunter sehr schwierig- und reparieren kann man solche eingegossenen Hybridschaltungen normalerweise nicht!

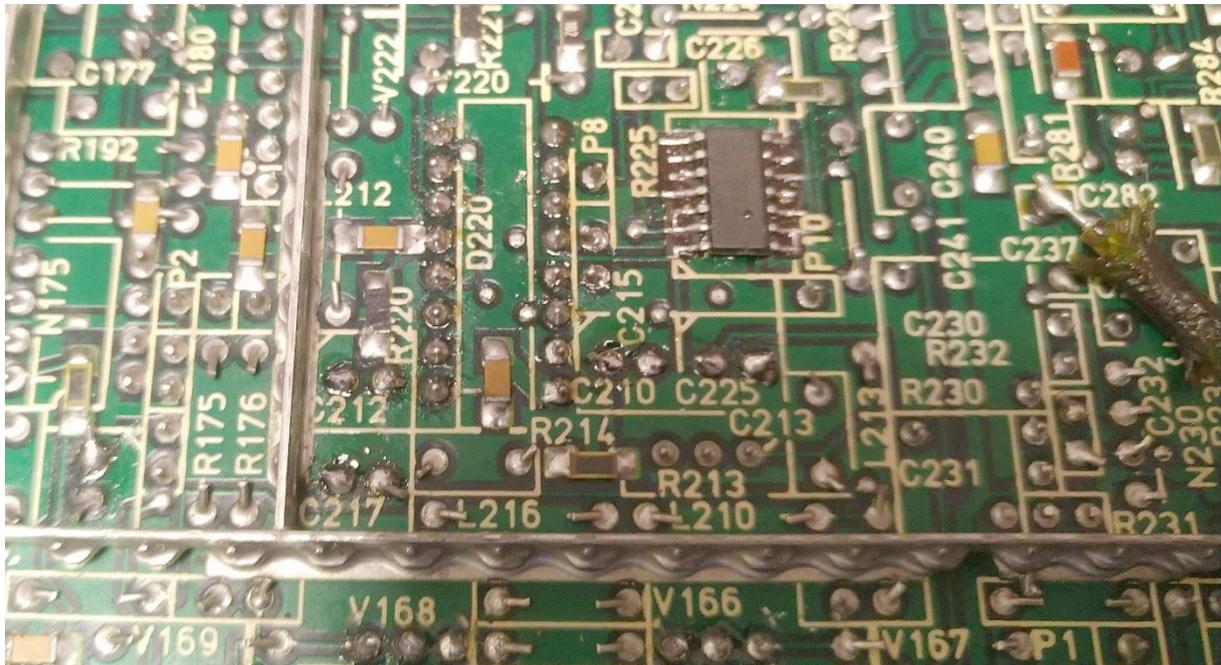


Abbildung 13: in Majas Analog-Board wurde schon fleißig herumgelötet... leider nicht immer sehr sauber

Für den Typ OM 0345 findet man im Internet schon replacement-Kits auf Basis von MMICs, für die anderen im CMT verwendeten Typen jedoch nur noch -mit viel Glück- Restbestände zu teilweise gepfefferten Preisen von mindestens 15€/Stück bis aktuell zu 40€/Stück +Versand. Sieht man sowas, klickt man trotzdem begeistert auf den Kaufen-Knopf, denn lieber auch mal 50€ für ein einzelnes Bauteil investiert als den CMT gar nicht mehr reparieren können. Das wissen leider auch die Verkäufer dieser Bauteile! Und da nicht nur einige R&S-Geräte wie CMT und SMG die OM-Hybridverstärker einsetzen, sondern beispielsweise auch der beliebte Marconi 2955 Messplatz, herrscht hier unter Reparateuren noch immer ein großer Bedarf an diesen Modulen!

Es gibt nach meinen Recherchen von diesen drei Modultypen auch je eine Weiterentwicklung mit geringfügig verbesserter Rauschzahl. Der OM345 wird als OM2045 angeboten; der OM350 als OM2050 und der OM361 kann auch als OM2061 gekauft werden. Ich habe die verbesserten Typen zwar noch nie irgendwo eingebaut, bin mir aber sicher, dass diese mindestens genauso gut funktionieren werden wie die ursprünglichen Typen.

Als ich in einer ersten Messung zu geringe HF-Verstärkung vermutete, habe ich schonmal pauschal bei eBay ein paar OM350 bestellt. Bei nur 10€/Exemplar war der Preis gerade günstig und mit den geordneten 3 Stück bin ich erstmal auf der sicheren Seite. Von den OM361 habe ich selber noch welche und für die OM345 habe ich den chinesischen Nachbausatz mit einem MMIC. Nun sollte ich gerüstet sein- egal, was da kommt.

## 7 Analog Board: Maja und Willi

Ich mache es mal kurz: um Vergleiche zu haben, mache ich die Fehlersuche und die Vergleichsmessungen an beiden mir zur Verfügung stehenden Analog-Boards wechselseitig: das eine Board, das aus dem CMT58 selbst stammt (Martin hat ihn übrigens "Maja" getauft) und dann das Board aus dem "Stapel-Schrott-CMT42"- "Willi" genannt.

Jetzt versteht ihr vielleicht auch, weshalb der CMTA84 bei mir nun "Fräulein Cassandra" heißt.

Die Fehlersuche in den HF-Verstärkern von Maja und Willi war am Ende erfolgreich. Während bei Willi das Nachsetzen eines zerbrochenen 46,4Ohm-Widerstands genügte, um die HF-Pegel dort wieder korrekt auszugeben, blieb Maja erst zickig. An X610 stimmte der Pegel (250mVrms), aber beim Messen an X609 erhielt ich statt der geforderten 75mVrms nur rund die Hälfte.

Aber dann merkte ich meinen Fehler: die beiden Ausgänge X610 und X609 werden ja ALC-mäßig im Pegel geregelt. Sie sind zwar zweigleisig ausgeführt, besitzen aber nur eine einzige Pegeldetektor-Diode. Und die sitzt an X610. Will sagen: sobald ich den 50Ohm-Messkopf von X610 herunterziehe und auf X609 stecke, fällt die 50Ohm-Last an X610 weg und die Spannung springt dort um etwa 6dB hoch (Leerlauf). Das merkt die Detektordiode und regelt den Ausgang wieder herunter. Allerdings betrifft diese Regelung auch X609- weshalb man da jetzt auch dort etwa 6dB weniger Spannung misst!

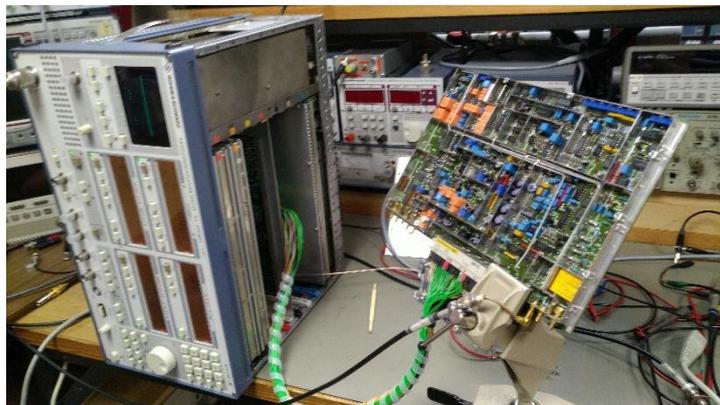


Abbildung 14: Messaufbau mit Extenderkabel und extern betriebener Baugruppe

Sprich: sobald ich ordentliche 50Ohm auf X610 stecke, zieht die ALC die beiden Ausgänge entsprechend nach und sorgt für korrekte Spannungen! Was für ein Anfängerfehler! Martin sei aber auch darauf hereingefallen, berichtet er mir danach. Klar, um diese Systematik zu erkennen, muss man auch schon ganz schön tief in die Unterlagen gucken, bis man darauf kommt.

Nichtsdestotrotz gab es an Maja aber noch weiteres zu reparieren. Eine Leiterbahn, die das schaltbare 25kHz ZF-Filter auf Wunsch mittels zweier Read-Relais "By-passed", ist tatsächlich im Innern der Leiterplatte unterbrochen! Ich will es erst nicht glauben, aber finde in Willi dann die Bestätigung, so dass ich hier ein kleines Kabel ziehen muss als Ersatz für die defekte Leiterbahn in Maja.

Weitere Fehler in Maja fordern mir tatsächlich eine intensive Beschäftigung mit der Schaltungstechnik des Analog Boards ab. Es wurden hier von einem weiteren Vorbesitzer\* teilweise schon Elkos ausgetauscht- aber leider oft mit sehr schlechter Lötqualität, so dass ich sie alle nochmal auslöten, messen und neu einlöten musste. Danach habe ich die Leiterplatte mit Leiterplattenreiniger (Fa. Kontakt Chemie) geflutet und trocken gebürstet. Auch an ICs wurde gelötet, daher habe ich hier erstmal pauschal aufgeräumt, bevor ich groß was gemessen habe. Vermutlich habe ich damit sogar schon einige böse Effekte beseitigt?

\* Martin legt ausdrücklich Wert darauf, mitzuteilen, dass er es nicht war, der so schlecht gelötet hat! ;-)

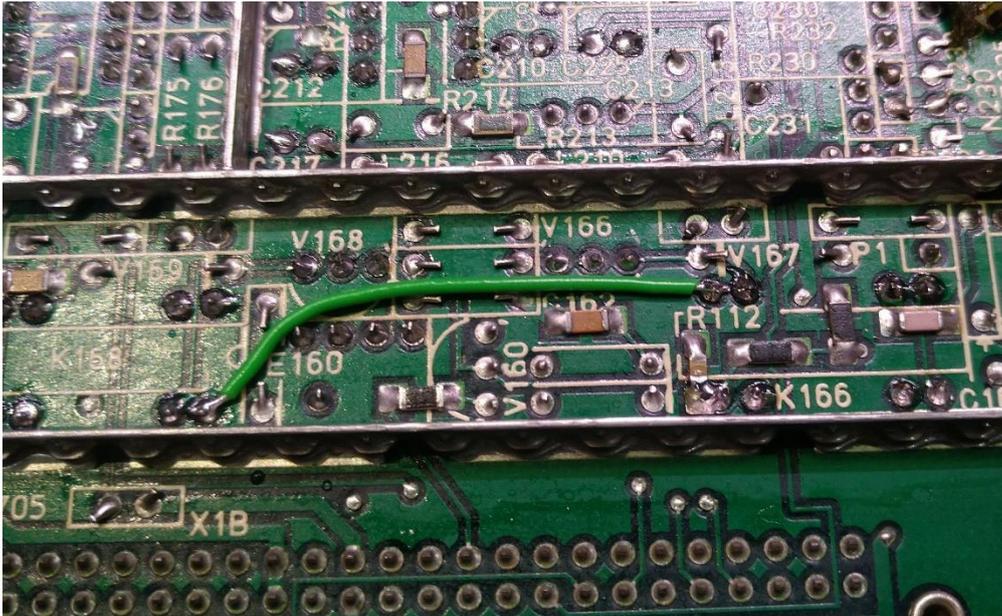


Abbildung 15: in Willi war wirklich eine Leiterbahn im Innern gebrochen, die ich ersetzen musste!

So ganz kriege ich die Systematik der Fehlersuche aus dem Kopf nicht mehr zusammen (ich habe diesmal schnell Fortschritte machen wollen und daher nicht so viel dokumentiert wie sonst). Ich habe einige verdächtige Operationsverstärker getauscht, einen Elko im Integrierer in der Regelschleife gegen einen bipolaren Folienkondensator getauscht (vorher war 'nen gepolter Elko drin!) und etliche Lötstellen gesäubert/nachgelötet. Die Analyse zeigte nämlich, dass die AM-Regelschleife stets zu 100% aufgerissen war und damit immer voll in der Begrenzung gearbeitet hat. Für FM ist das gut (und nachdem ich dort den einen fehlenden Jumper ergänzt hatte, ging das Demodulieren dann sogar auch;-), aber für AM braucht man einen sauber linear arbeitenden Arbeitsbereich, sonst kann man nicht AM-demodulieren. Der fehlte, weil die Regelschaltung der Meinung war, den spannungsgesteuerten Verstärker (MC1590) stets voll ansteuern und zu 100% aufreißen zu müssen. Warum sie das tat? Keine Ahnung. Eine kurze Überprüfung des Detektors und ein Vergleich mit Willi zeigte hier an beiden eine korrekte Funktion.

Im CMT gibt es eine Umschaltung, die den MC1590 entweder im Rahmen der AM-ALC (AM) oder mit maximaler Verstärkung (FM) arbeiten lässt. Zweitweise schien es mir so, als ob die AM/FM-Umschaltung nicht richtig funktionierte, aber das war es nicht. Ich tippe im Nachhinein als Fehlerquelle eher auf den vorgeschalteten Integrator und seinen gepolten 2,2 $\mu$ F Tantalelko. Nachdem ich jedenfalls die Bauteile gewechselt und neu verlötet hatte, funktionierte die Schaltung auf Anhub und ließ sich sowohl einstellen als auch regeln! Und damit funktionierte auch endlich der AM-Demodulator!

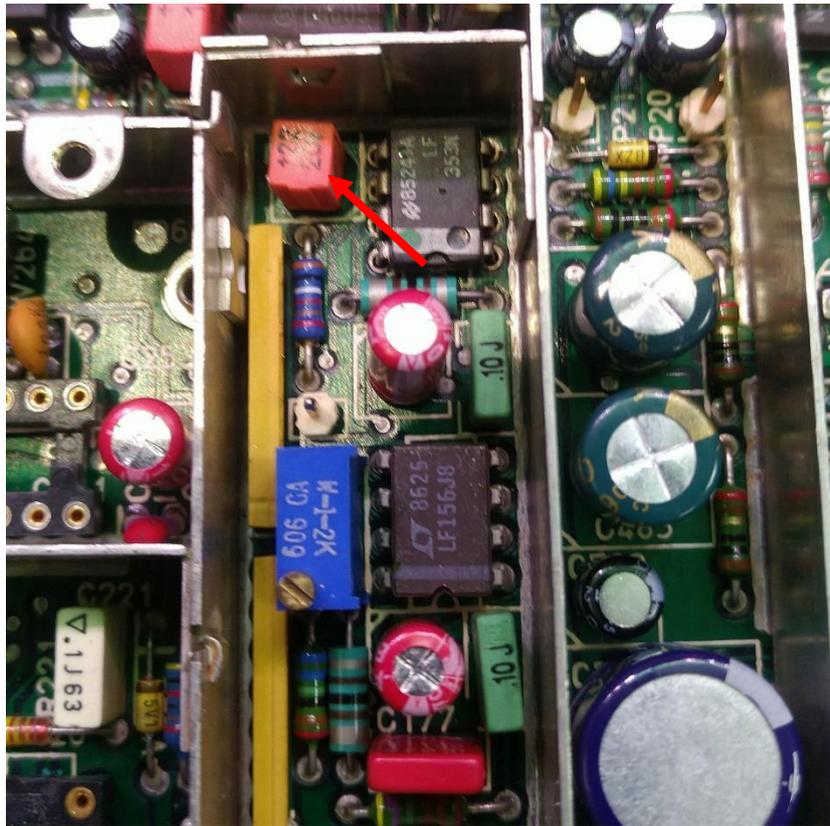


Abbildung 16: vermutlich war dieser Elko defekt, weshalb die AM-Pegelregelung nicht mehr arbeitete



Abbildung 17: mit diesem hochwertigen Kondensator(!) funktionierte sie dann aber einwandfrei!

## 8 Große Schritte- kleine Niederlage

Dann ging es an die korrekte Einstellung des AM-Demodulators und dabei stellte ich leider den nächsten Fehler fest: obwohl der Demodulator mit seinem Poti kontinuierlich und sauber eingestellt werden konnte, springt die Modulationsgradanzeige im CMT ruckartig von 76% auf 83%! Bedenke: die Auflösung im Display ist normalerweise 0,1%!

Ich überprüfe, ob ich dasselbe Phänomen auch in anderen Betriebsarten sehen kann und prompt finde ich auch beim NF-Voltmeter bei bestimmten Spannungswerten ähnliche Sprungverhalten.



Abbildung 18: hier stimmt was nicht: mit nur 10mV mehr Amplitude gibt's gleich 100mV mehr Anzeige!

Was kann das also sein? Einiges. Es könnte ein defekter Widerstand in der A/D-Wandlungskette sein, ein defektes RAM bei der Messwertverarbeitung, defekte Firmware, defekte Bits in der Ansteuerung des AD-Wandlers - oder eben der Wandler selbst.

Ich mach es kurz:

Ausbau des Digitalteils; sicherheitshalber erstmal Auslesen der EPROMs (das mach ich immer zuerst, wenn ich an 'nem Gerät rumfummele). Dann Check der Batterie (noch ok). Und dann ins Blaue: nach dem Schaltplanstudium tippe ich tatsächlich auf einen defekten D/A-Wandler.

Warum D/A-Wandler?? Ich denke, wie reden über den A/D-Wandler?? Ja, tun wir. Man kann mit einem D/A-Wandler und nachgeschaltetem Komparator allerdings auch sehr genau Spannungen MESSEN; mittels sukzessiver Approximation. Was das ist?

Nun, das funktioniert so ähnlich wie Schuhe-Kauf. Die Verkäuferin bringt ein paar Schuhe in Größe 20. Die sind so eng, dass man gar nicht rein kommt. "Die Schuhe müssen viel größer sein!", schreit man dann die Mitarbeiterin ärgerlich an. Die ist über die grundlose Attacke so sauer, dass sie auf stur schaltet und mit einem neuen Schuhe-Paar in Größe 50 zurückkommt. "Viiiiel zu groß", so die darauffolgende Beschwerde! Okay, das nächste Paar kommt dann in Größe 35. "Fast! Vielleicht noch einen kleinen Tuck größer", schreit man in der Funktion als Komparator. Am Ende wird man dann das Ergebnis haben, dass Größe 36 gerade noch zu klein, aber Größe 37 gerade schon zu groß ist. Das Ergebnis ist also 36,5.

So ähnlich macht das der CMT mit dem DA-Wandler. Er gibt eine Spannung vor, und der Komparator sagt, ob diese Spannung größer oder kleiner als die zu messende Spannung ist. Am Ende wird man dann genau so auch zu der Schuhgröße 36,5 kommen. Und schon hat man was "gemessen", obwohl mal eigentlich nur Spannungen ausgegeben hat. Tricky, oder?

Aber auch ohne Schuhfachfrau komme ich zu dem Schluss, dass der AD7520KN DA-Wandler defekt sein könnte. Weil die Lieferung des Ersatzteils relativ lange dauert (hab ich nur noch in China bekommen in der gewünschten 0,1% Präzisionsklasse KN), greife ich zum Stapelschrott-Willi: ich ziehe die dort befindliche Digitaleinheit heraus und löte mir den darauf befindlichen AD7520KN aus. Vielleicht funktioniert der ja noch.

Optimistisch bin ich nicht, denn das hier eingebaute Board brilliert mit den Resten einer ausgelaufenen Batterie und entsprechenden Spuren an Leiterplatte und Gehäuse, fehlendem Prozessor und weiteren fehlenden Digital-ICs.

Aber ich irre mich: sobald der AD7520 in den CMT58 eingesteckt ist, ist der Fehler verschwunden und sowohl NF-Voltmeter als auch der AM-Modulationsmesser zeigen keinerlei Sprünge mehr im Anzeigebereich! **Problem fixed!**

Ich werde später noch genauer herausfinden, weshalb der AD-Wandler kaputt gegangen ist! Spoiler: In Kapitel 27 werden wir das Geheimnis lüften!

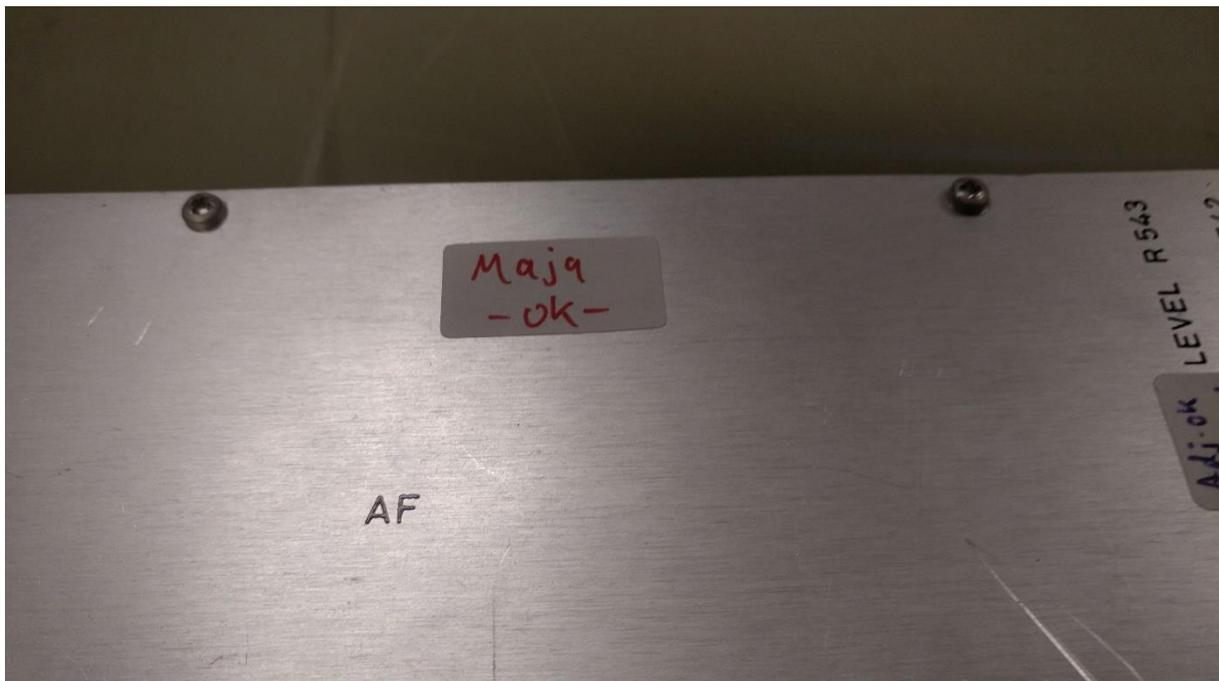
## 9 ZIELGERADE....oder nicht?

Nach all dem wähnte ich mich am Ende und bereit, die Baugruppe "Maja" mit einem finalen Abgleich abzuschließen. Dazu habe ich die Abgleichschritte aus dem Manual abgearbeitet; ggfs. noch etwas um eigene Schritte ergänzt. Sie umfassen sämtliche Potis, die man auf der Analogbaugruppe einstellen.

Bevor ich jedoch zu den wirklichen Messwerten in der CMT-Anzeige kam, habe ich erst noch einmal die 10V-Referenz auf dem Digitalteil kontrolliert, denn das ist ja die Basis für den AD-Wandler und sämtlichen analogen Anzeigewerten im CMT-Display. Das empfehle ich auch dringend jedem Bastler, der sein Messgerät abgleicht: zuerst immer erst den AD-Wandler einstellen, denn wenn der nicht sauber läuft, sind alle anderen Abgleiche, die den AD-Wandler nutzen, für die Katz! Genauso, wie ich eine D30-SPEC Arbeitspunktkalibrierung eingeschoben habe, bevor ich an den NF-Teil ging.

Aber starten wir mit den folgenden Schritten. Ich werde das jetzt ein wenig im Telegrammstil beschreiben.

Übrigens habe ich den Abgleich sowohl mit Maja, als auch gleich danach auch nochmal mit Willi durchgeführt mit dem Ergebnis, dass ich am Ende tatsächlich zwei korrekt funktionierende Analogbaugruppen habe!



**Abbildung 19: Vorgucker: Ziel erreicht: Majas AnalogBoard fertig abgeglichen**

# 10 Abgleich des AnalogBoards

## 4.3.5.1 LO-Aufbereitung

Zu Beginn geht es darum, mit R102 einen AC->TTL Wandler optimal einzustellen. Ich speise 15MHz mit  $U=20\text{mV}_{\text{rms}}$  in Input2 ein und messe mit dem Oszi an P30 und verifiziere, dass dort das ordnungsgemäße Signal ansteht. Dann wird R102 so eingestellt, dass ich den Arbeitsbereich ungefähr mittig treffe; d.h. nach oben und nach unten gleich viele Umdrehungen drehen kann, bevor die Funktion aussetzt.

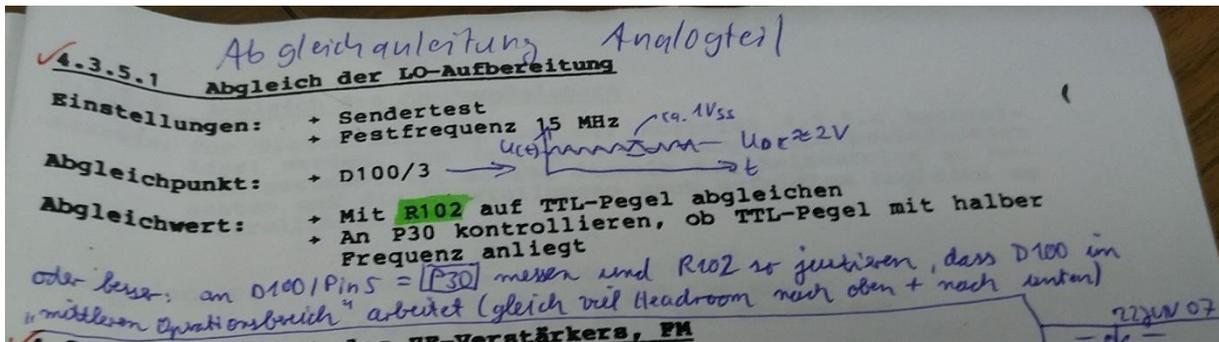


Abbildung 20: Auszug Manual

Bei Maja sind das: +/-3 Umdrehungen Einstellbereich, ok  
 Willi: knapp 6 Umdrehungen; also auch etwa +/-3 Umdrehungen, ok

## 4.3.5.2 HF-Verstärker X610, FM

500MHz in Input2, 20mVrms. Mit HF-Messer an X610 messen. Ziel: 150mVrms. Mit R87 abgleichen.

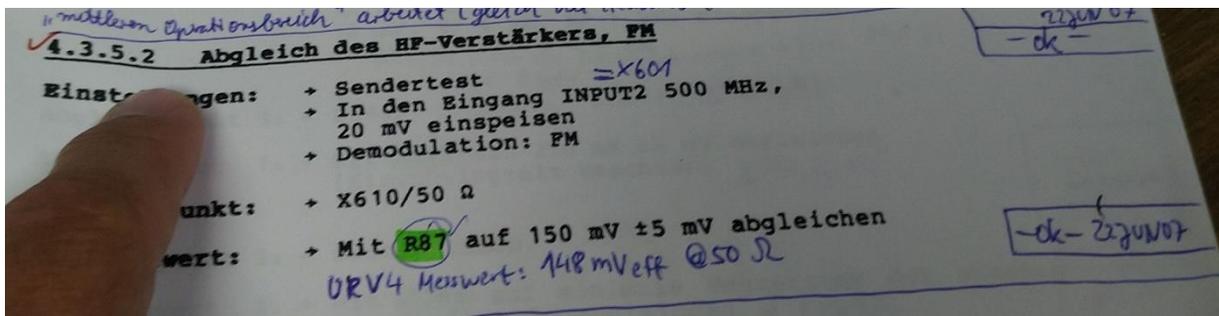


Abbildung 21: Auszug Manual



Abbildung 22: Messaufbau

Maja: 149,3mV ok

Willi: 150,1mV ok

### 4.3.5.3 HF-Verstärker X610, AM

Wie zuvor, aber CMT auf AM stellen.

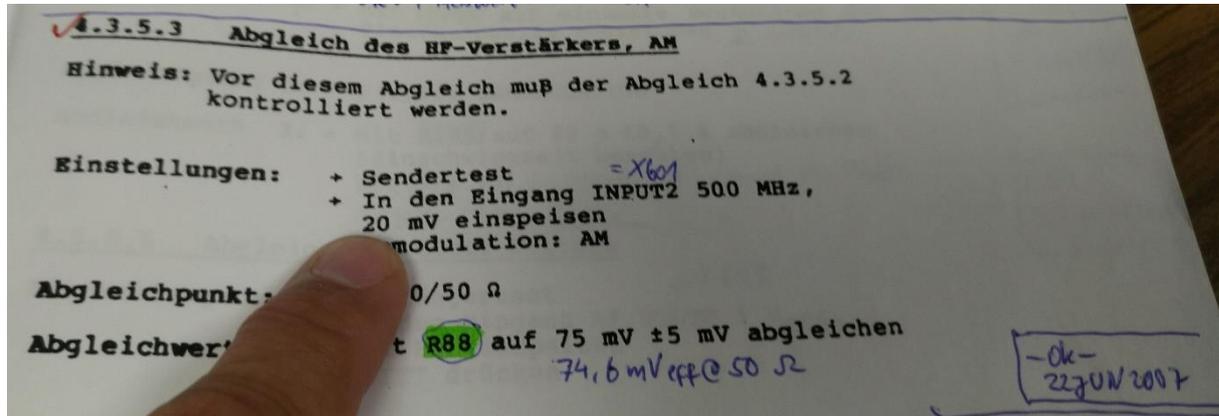


Abbildung 23: Auszug Manual

Maja: 74,95mV ok

Willi: 74,7mV ok

Im Digitalteil die 10,000V prüfen!

Messung zwischen X58.A und X58.B (Unterseite Grundgerät CMT).

Maja: 10,000V ok

Jetzt wieder weiter auf Analog Board!

### 4.3.5.4 Abgleich FM-Demodulator

SME03 mit 100MHz, U=20mVrms, mod=10kHz FM

Nachmessen des SME03 mit R&S FMA (Bandbreite 20Hz..23kHz): 9,907kHz

Einspeisen in CMT an X601. Hubanzeige auf 9,90kHz +/-Pk/2 einstellen (R304).

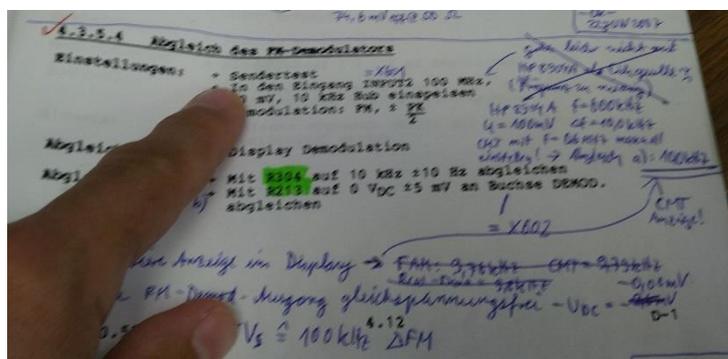


Abbildung 24: Auszug Manual

Maja: ok

Willi: ok



Abbildung 25: Vergleich Messung R&S FMA (=Referenz) und Maja

Dann mit R213 DC-Freiheit an Buchse X602 einstellen. Es zappelt am Ende um die +/-1 mV DC. (Messung mit HP34401 im DCV-Mode)

Maja: ca. 0mV DC ok

Willi: ok

Alternativ danach nochmal Präzisionsabgleich R304:

SME03 mit 100kHz Mod-Hub. Nachmessen mit R&S FMA. Der zeigt an: 98,95kHz  
HP34401 an X602 anschließen (DEMOD out), AC-Messung.

Bei 100kHz Hub sollen dort genau 5Vs anstehen.

Entsprechend bei 98,95kHz: 4,9475Vs.

Auf Effektivwert umgerechnet: 3,498Vrms!



Abbildung 26: Anzeige im HP34401 und Maja

Maja: 3,502Vrms; Anzeige im CMT-Display: "99,1". ok

Willi: rechnerisch 3,5097Vrms, Abgleich auf 3,516Vrms, Anzeige 99,1kHz (R&S FMA sagt: 99,27kHz) ok

#### 4.3.5.5. AM-Demodulator

Mit SME03 100MHz, 10mVrms und mod=80% AM einspeisen in X601. Vorher am R&S FMA nachmessen und SME03 ggfs. nachjustieren.  
Messung mit HP34401 und Oszi-Tastkopf.



Abbildung 27: Einpegeln des Quellgenerators SME03 auf 80% Modulationsgrad

#### Abgleich1: Arbeitspunkt einstellen

Multimeter an D680, Pin1. CMT auf AM Demod stellen.

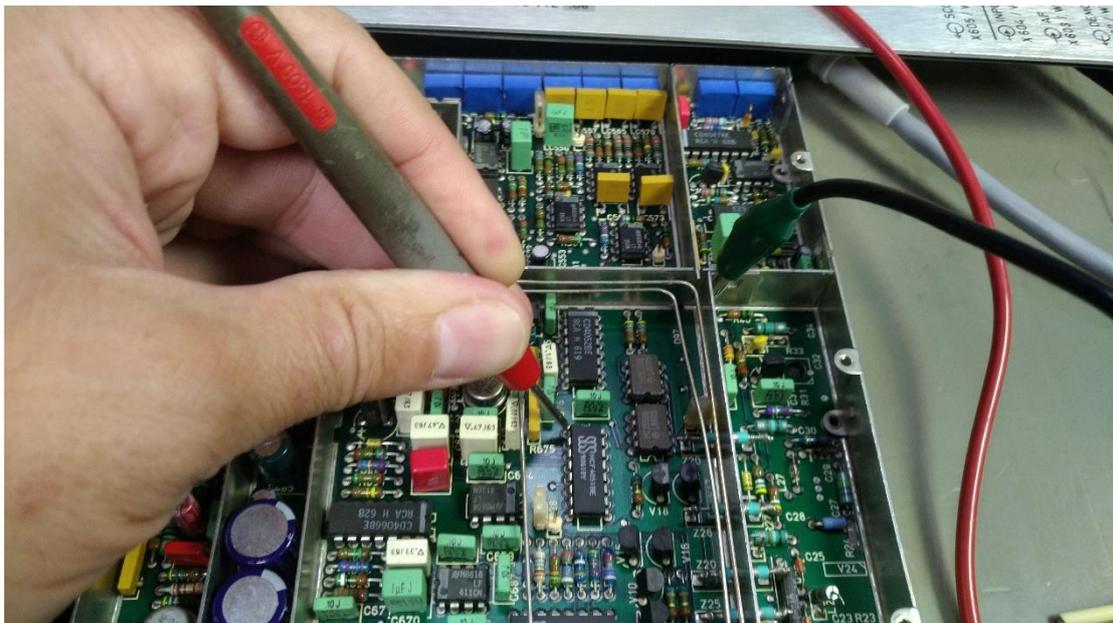


Abbildung 28: Messung an D680, Pin1

SOLL: 250mV DC +/- 2mV. Abgleich mit R197

Maja: 250,0mV, ok

Willi: 250,0mV ok



Abbildung 29: Anzeige am HP34401

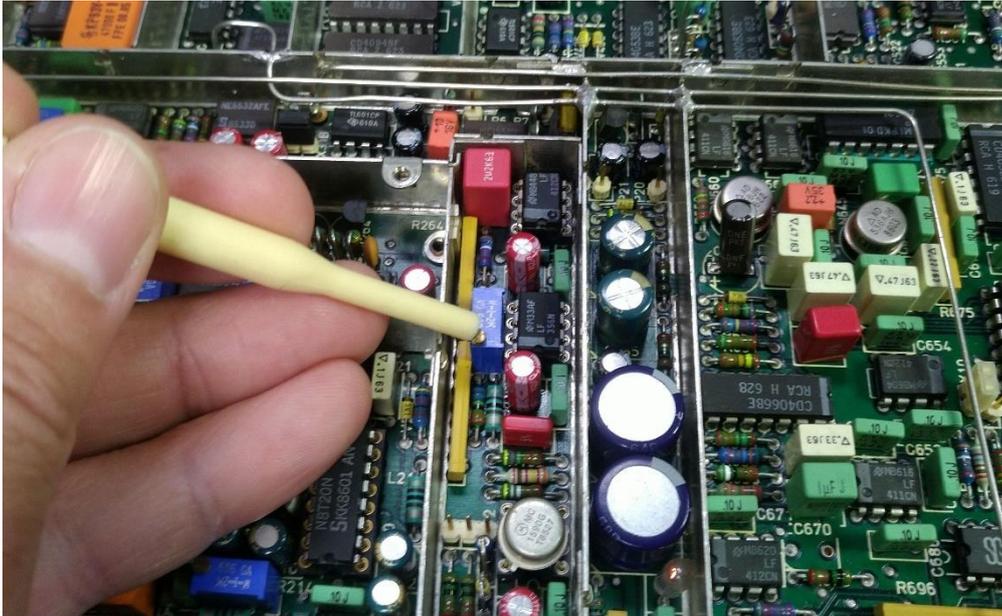


Abbildung 30: Abgleich mit R197

### Abgleich2: Klirr minimieren

HP339A an Demod out (X602), Klirr messen (400Hz..30kHz).

An R254 auf Minimum drehen.

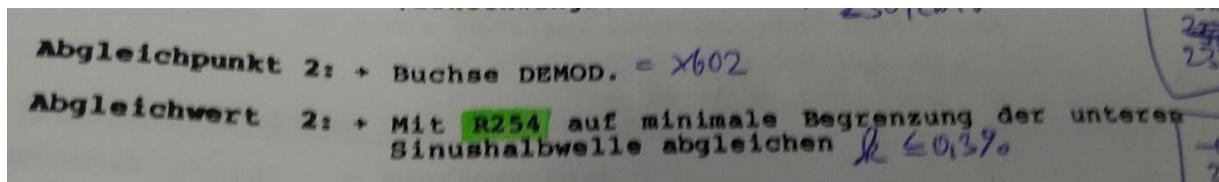


Abbildung 31: Auszug Manual

Maja: 0,38% THD, nicht so prall....aber vermutlich ok

Willi: 0,24% THD, ok



Abbildung 32: Messung Klirrfaktor Maja mit HP339A

### Nochmalige Überprüfung:

Signalquelle ist SME03, mod=80% (nachgemessen),  $f=100\text{MHz}$ ,  $U=10\text{mVeff}$   
R&S FMA misst SME03-Signalqualität: 0,232% (20Hz..23kHz).  
Willi misst seine demodulierte AM-NF selbst: 0,23% (ohne CCITT).  
=> passt zueinander.

Jetzt Analog-Board von Maja wieder eingebaut:

Maja produziert aber wirklich am Demod-out keine bessere Performance als ca. 0,38% THD-selbst nach nochmaligem Abgleich. Wir geben uns damit zufrieden, Kommentar dazu s.u.

### Abgleich3: Mod-Grad Anzeige

Am CMT den Modulationsgrad ablesen. Mit R275 einstellen.  
SOLL: 80,0% +/- 0,1%

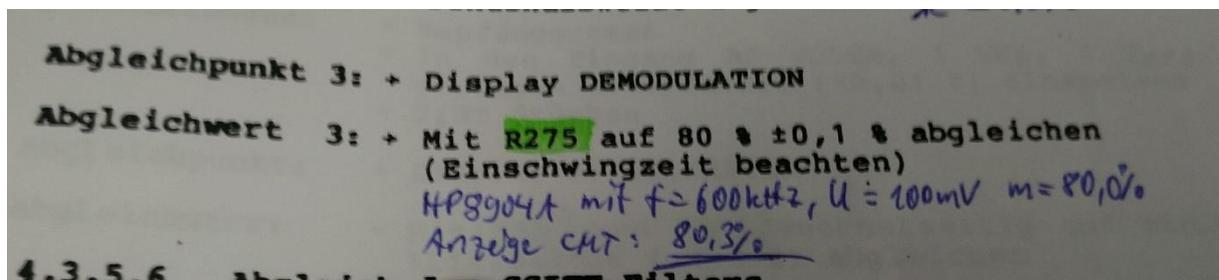


Abbildung 33: Auszug Manual

Maja: 80,0%, letzte Stelle schwankt um 1 Digit. ok

Willi: genauso, Schwankungen ca. +/- 1 Digit. ok

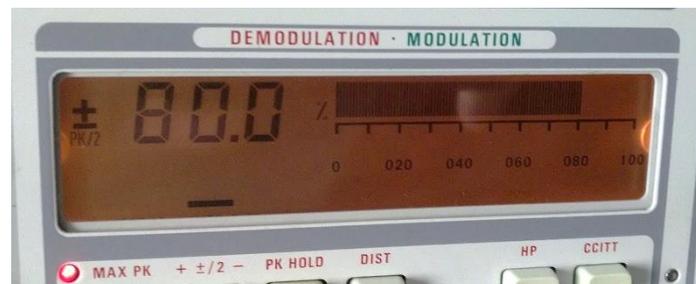


Abbildung 34: Anzeige Modulationsgrad Maja

D30SPEC

NF-Voltmeter kalibrieren

Fluke 5200 Generator, 40,00mVeff,  $f=800\text{Hz}$  einspeisen in X603.

CCITT-Filter deaktivieren, NF-Voltmeter einschalten.

Eintippen:

D 30 SPEC

Nach kurzer Zeit erscheint ">>>done<<<" im Display des CMT.

In der NF-Voltmeteranzeige nun 0,040Veff!

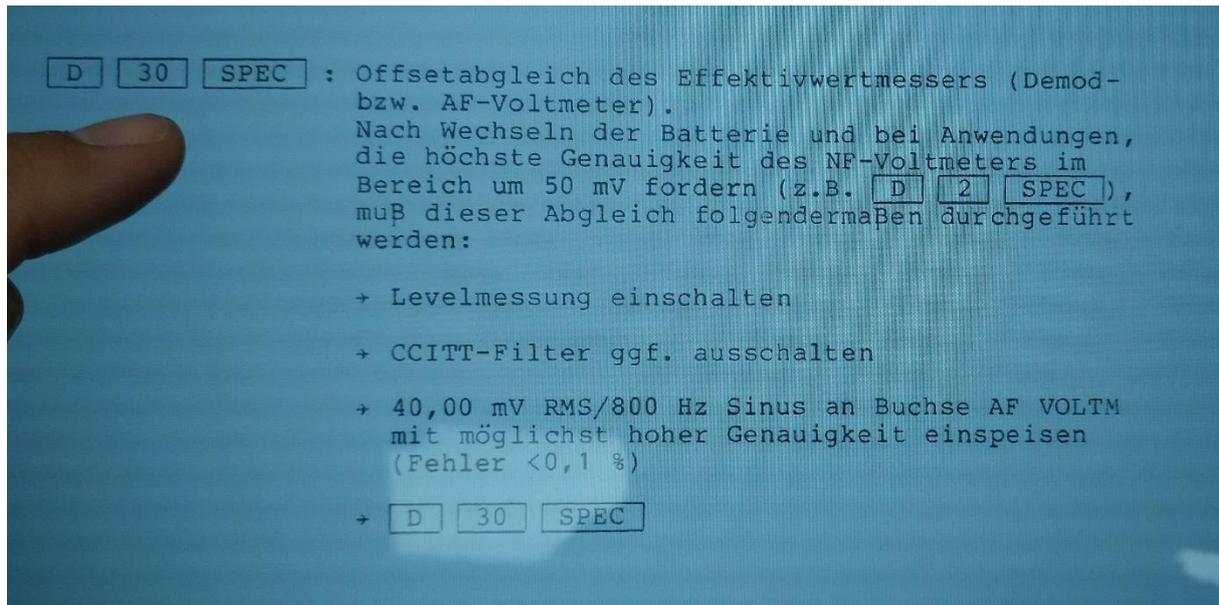


Abbildung 35: so beschreibt das Manual die D30 SPEC- Kalibrierung

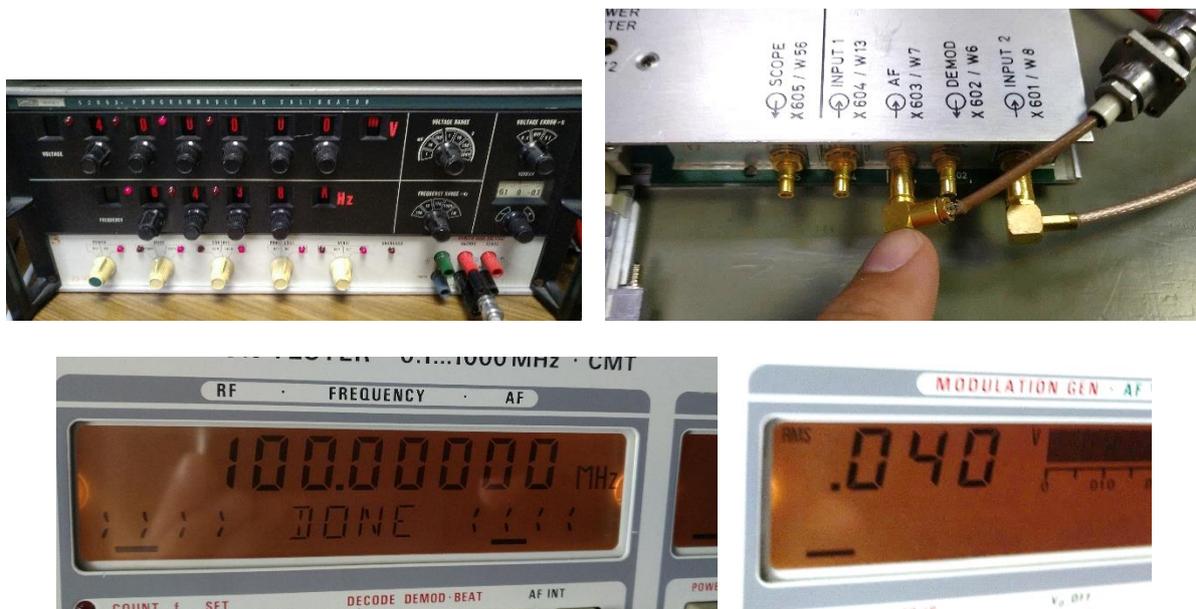


Abbildung 36: Bilder zum Messaufbau für D30-SPEC

Maja: ok  
 Willi: ok

#### 4.3.5.6 CCITT-Filter

Im nächsten Arbeitsschritt soll das CCITT-Filter mit R388 im Pegel auf 0dB @800Hz eingestellt werden.

Dazu 1Veff @800Hz in X603 einspeisen (Fluke 5200).

CCITT-Filter ein- und ausschalten. Mit R388 so einstellen, dass derselbe Wert angezeigt wird.

Maja: 0,997V ok

Willi: 0.993V ok

Wichtig: das CCITT-Filter für das AF-Voltmeter wird mit der Taste im Display unten rechts ein/ausgeschaltet! (RX-Test!) Das linke ist für den TX-Text! Nicht verwechseln!

#### 4.3.5.7 Klirrfaktormesser

Zuerst die Referenz einstellen mit R543.

Dazu 1Vrms @1kHz in X603. (Fluke 5200)

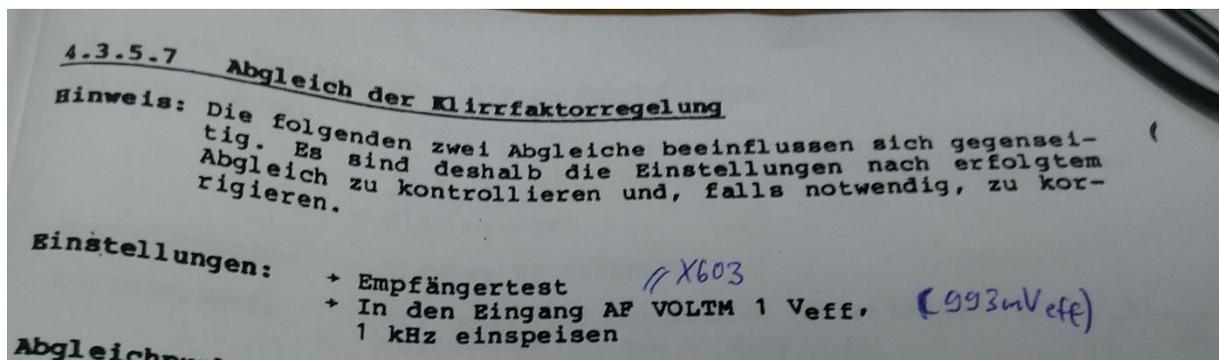


Abbildung 37: Auszug Manual

#### Schritt1:

Steckbrücke X23 ziehen, Mit Oszi-Probe an Pin 1 und mit HP34401 messen.

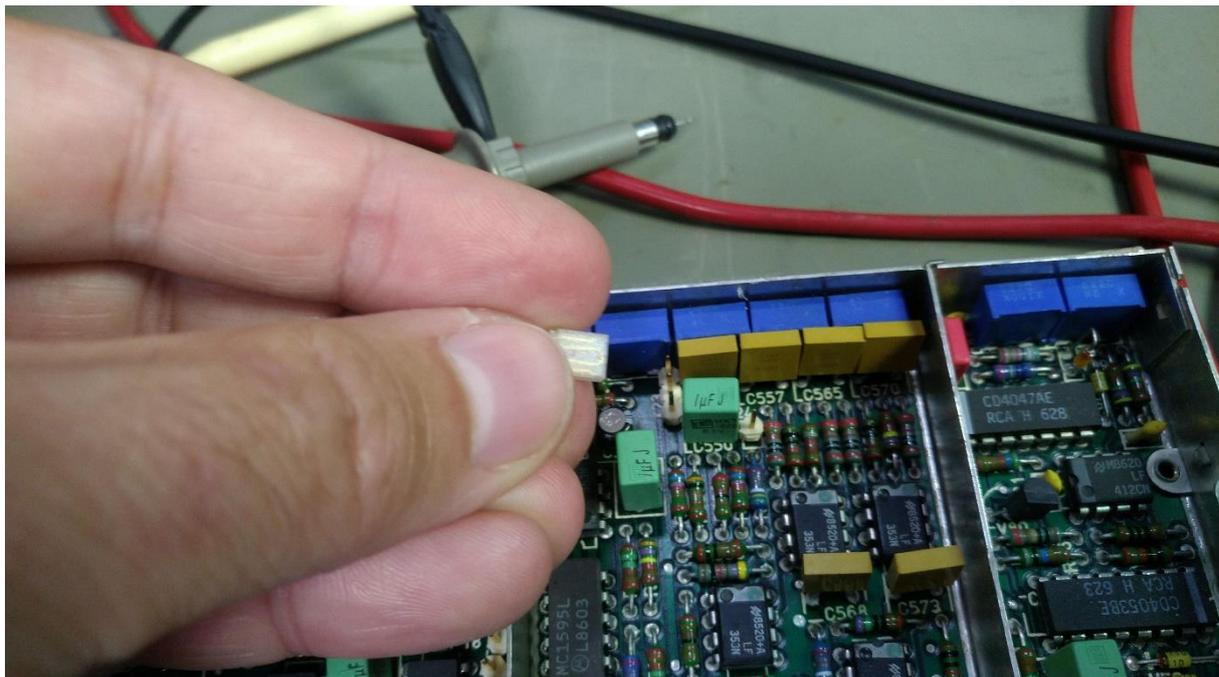


Abbildung 38: Steckbrücke X23

Ziel:  $1V_{eff} \pm 1mV$



Abbildung 39: Anzeige im HP34401

Maja: die  $\pm 1mV$  sind kaum zu erreichen, aber man kommt nahe dran.

Willi: Wert zappelt genauso. Tipp: R&S UPRG nehmen, damit geht Abgleich mit dem Zeiger der Analoganzeige etwas leichter als mit Digitalanzeige.

### Schritt2:

Oszi-Tastkopf an N530, Pin1. Klirrfaktormesser am CMT einschalten!

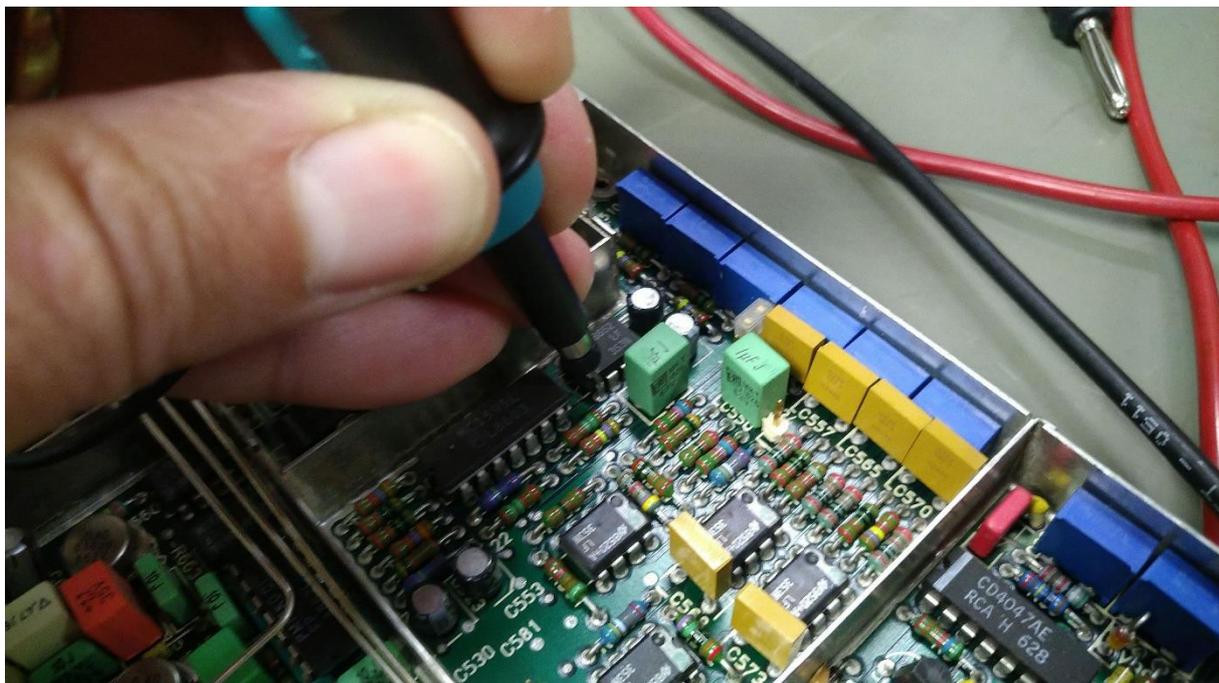


Abbildung 40: Messpunkt N530, Pin1

$\sin^2$ -Impulse müssen unten gemeinsam den Boden berühren, dann ist der  $\sin^2$  typischerweise am saubersten. Tipp: am Oszi 50mV/div, Y-Offset so wählen, dass nur untere  $\sin$ -Bögen sichtbar werden.

Maja: ok. Anzeige: 0,15% THD

Willi: ok. Anzeige: 0,12% THD

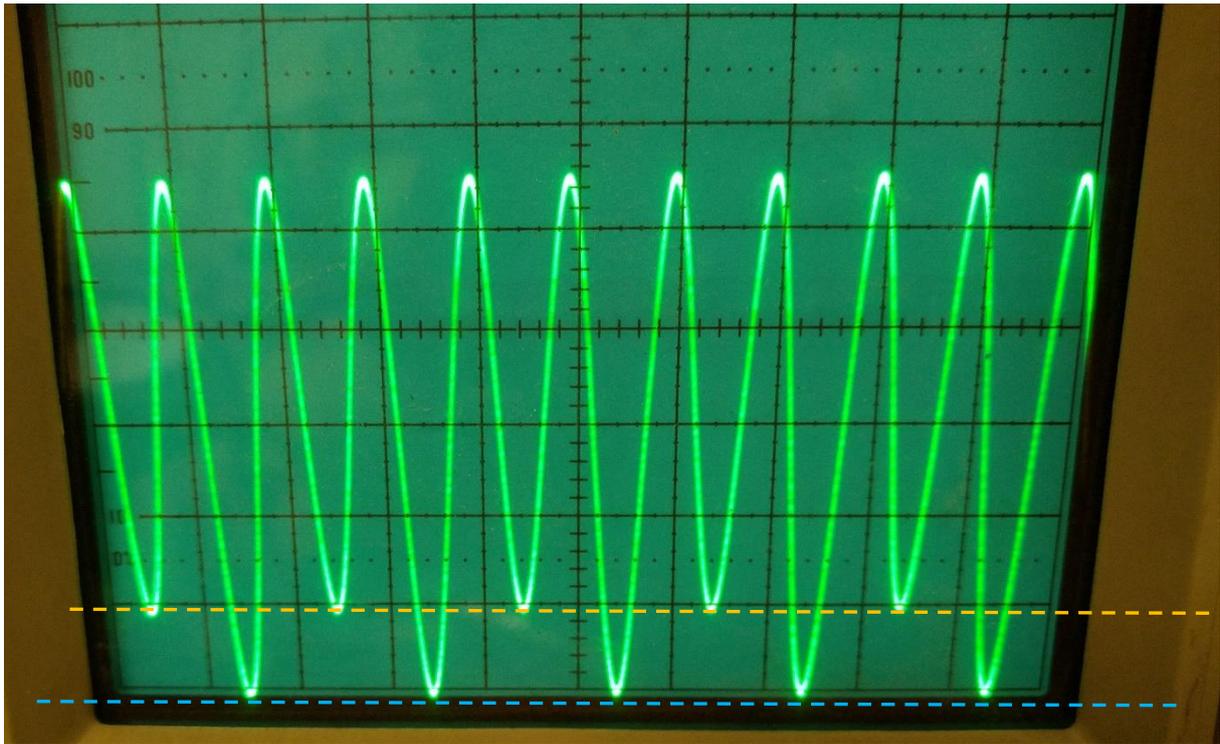


Abbildung 41: Einstellung falsch (blaue und gelbe Linie nicht gleich)

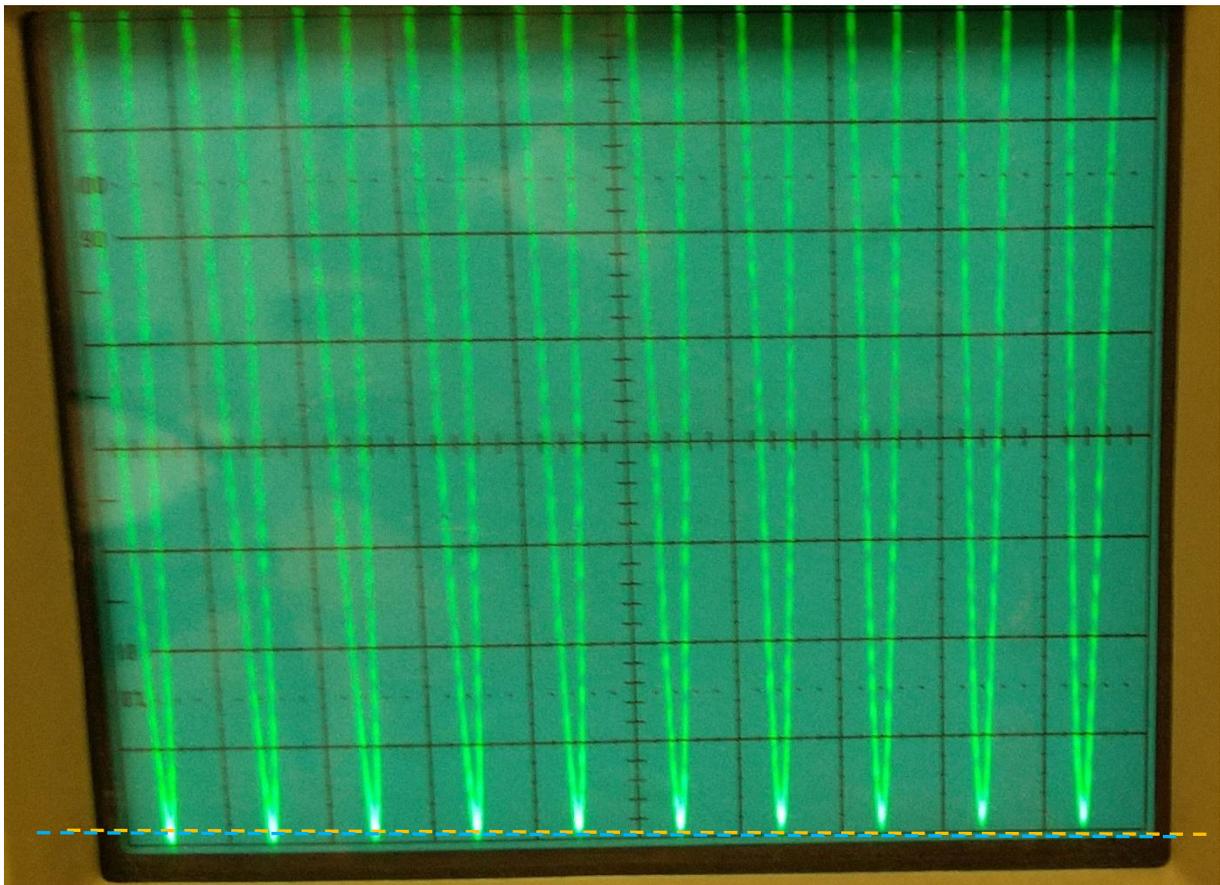


Abbildung 42: Einstellung richtig! (blaue und gelbe Linie liegen aufeinander)

#### 4.3.5.8 1kHz-Notchfilter abgleichen

Nun auf HP3245A als Signalquelle wechseln. Etwa 2,282Vss und 1kHz output. Wechselweise an R557 und R556 auf minimalen Spannungswert abgleichen (R&S UPGR).

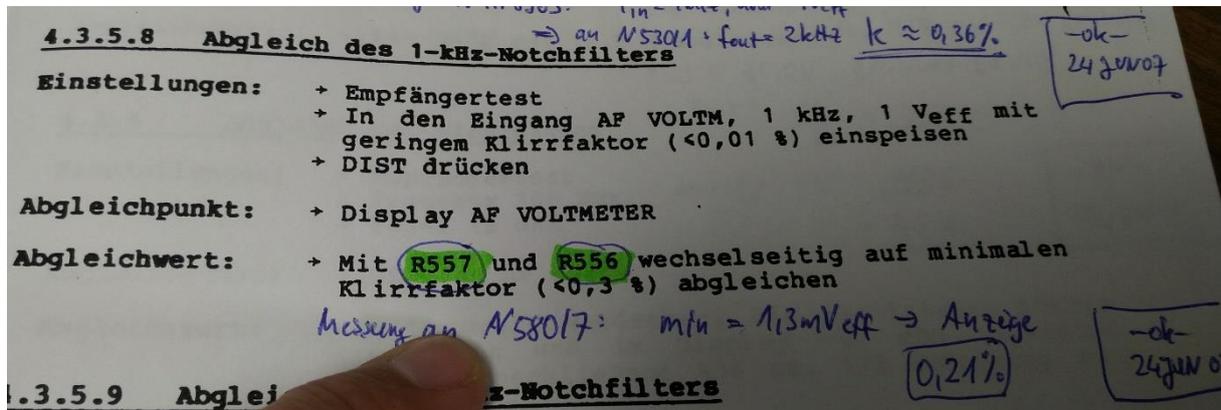


Abbildung 43: Auszug Manual

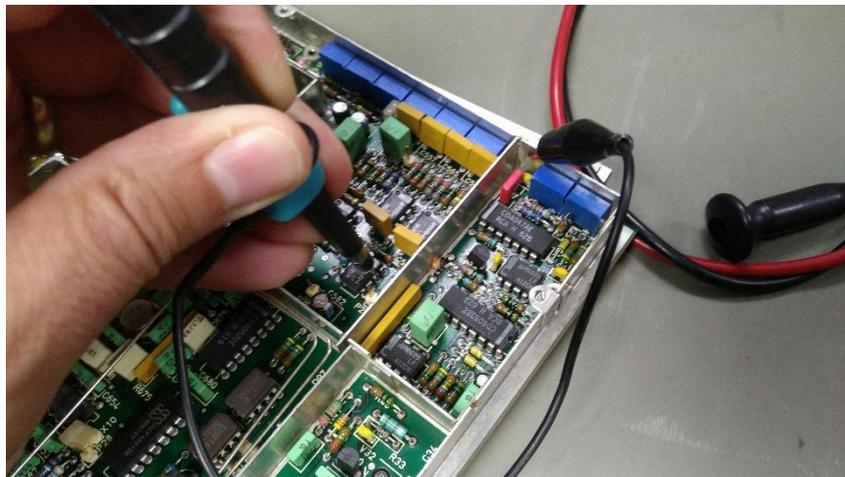


Abbildung 44: Messung an N580, Pin7

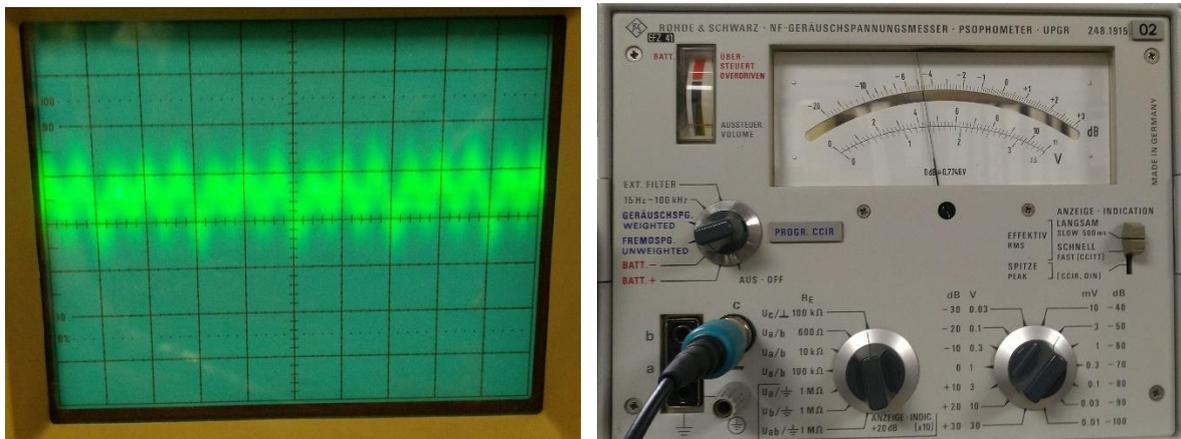


Abbildung 45: Signal an N580 Pin7

Maja:N580/Pin7: 1,4mV<sub>eff</sub>, Anzeige 0,15% THD

Willi: 1,95mV<sub>eff</sub>, Anzeige 0,10% THD

4.3.5.9 Dito, 990Hz Notch

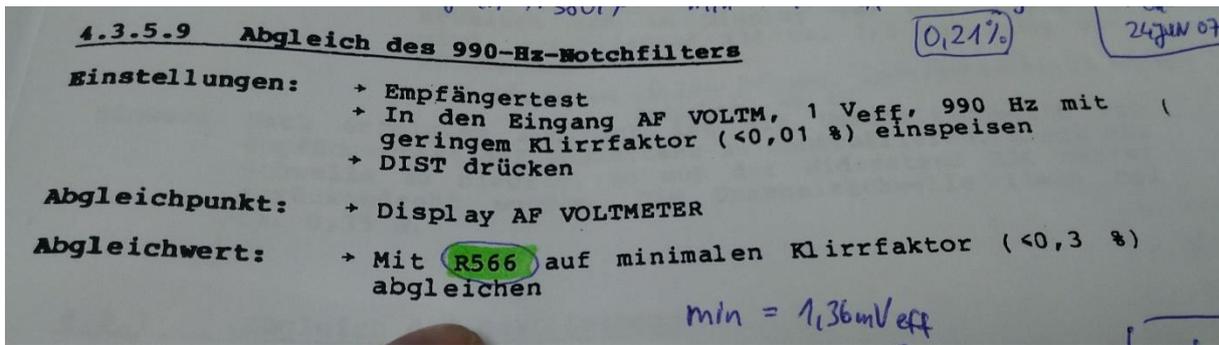


Abbildung 46: Auszug Manual



Abbildung 47: Signalquelle HP3245A

Maja: N580/Pin7: 1,4mVeff, Anzeige 0,15% THD



Abbildung 48: erreichbarer Noisefloor nach Abgleich

Willi: 1,85mVeff, Anzeige 0,10% THD

#### 4.3.5.10 Dito, 1010Hz Notch

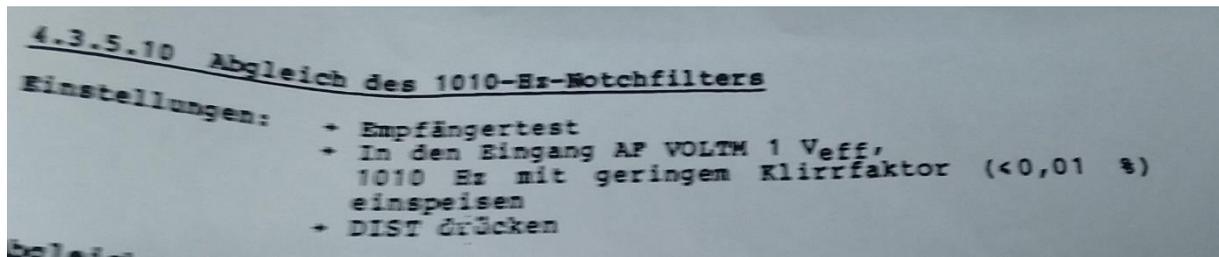


Abbildung 49: Auszug Manual

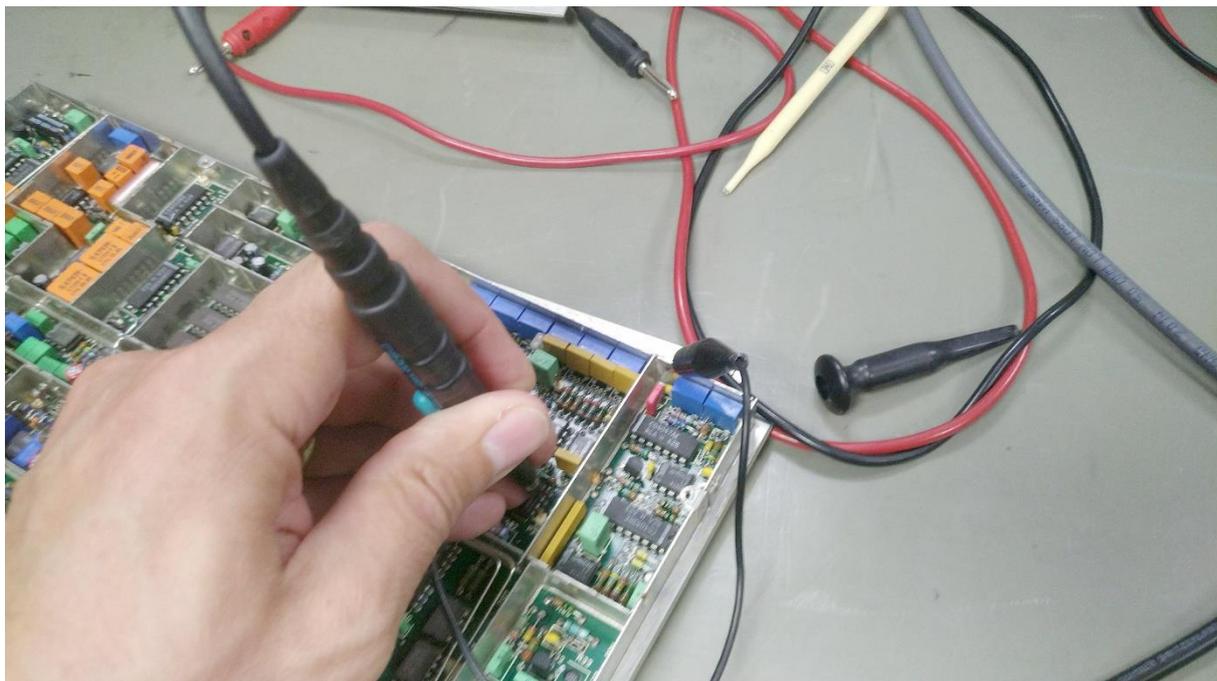


Abbildung 51: Signal messen an N580, Pin7

Maja: N580/Pin7: 1,4mV<sub>eff</sub>, Anzeige 0,15% THD

Willi: 1,8mV<sub>eff</sub>, Anzeige 0,10% THD



Abbildung 52: Noisefloormessung

Finaler Abgleich des Klirrfaktormessers: Noisefloor liegt bei

Maja: 0,16..0,17% THD. (Messung mit HP339A)

Willi: 0,10% THD (Messung mit HP339A)

Manual Forderung:  $\leq 0,3\%$ , damit also voll im Soll.

Witzig: der Sahnehauben-CMTA84 Frl. Cassandra erreicht hier "nur" 0,19% als Noisefloor

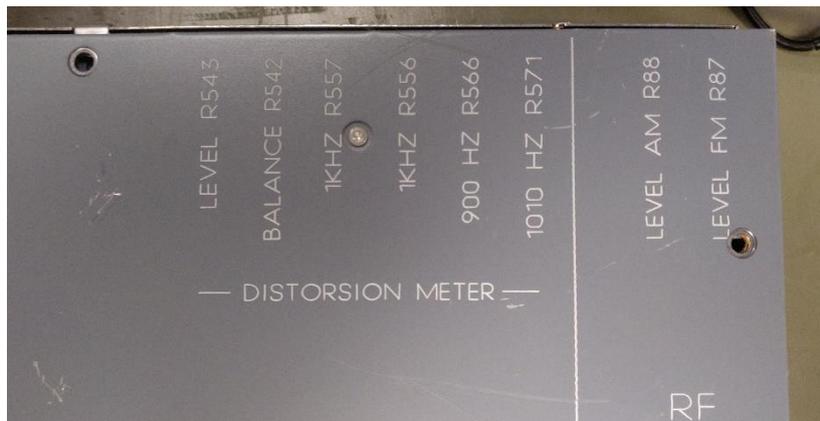


Abbildung 53: niemand ist fehlerfrei: das so genannte "Distorsion Meter" im CMT :-)



Abbildung 54: fertig und abgeglichen: Analog-Boards für Willi und Maja

## **DAS ERGEBNIS**

Nun- ich habe jetzt zwei funktionierende Analog Boards- beide (bis auf HF-Poweranzeige) abgeglichen und einsatzbereit. Maja zeigt in der Qualität des AM-Demodulierens geringfügig mehr Klirrfaktor als der (etwas modernere) Willi. Daher überlege ich gerade, ob ich vielleicht lieber den reparierten Willi in den CMT58 einbaue und Maja als trotzdem funktionierende Ersatzbaugruppe ins Regal stelle?

Nun, interessant wäre natürlich, zu ergründen, weshalb Willi eine bessere AM-Performance schafft. Vielleicht ist es ja auch Teil der Weiterentwicklung von Willi? Die Baugruppe ist zweifellos neuer als Maja. Willi hat auch schon die Boeing-grau lackierten Baugruppendeckel, Maja noch die alten Kleider im Weißblech-Look. Ich schaue auf N250: in Maja steckt in LF351 drin, in Willi ein LF411, im Schaltplan steht sogar ein MC1558 angegeben. Hat das vielleicht einen Einfluss? Oder ist es vielleicht gerade ein besonders glücklich selektiertes HP2800-Paärchen, das in seinen Kennlinien in Willi zufällig gerade sehr gut zusammenpasst?

Nun, vielleicht bin ich jetzt auch "päpstlicher als der Papst", wie man manchmal so sagt. Das Datenblatt und auch der Wartungsplan zum CMT machen hinsichtlich der zulässigen NF-Verzerrungen des AM-Demodulators keinerlei Angaben! Somit gibt es vom Hersteller noch nicht einmal eine Abweichung zum Datenblatt und damit ist sogar die leicht unterlegene Maja im AM-Demodulator dennoch "in spec". Damit sollten wir es eigentlich gut sein lassen.

Ich habe trotzdem soeben nochmal 10 Stück LF411 bestellt ;-)

## 11 D SPEC-Orgie

Nun, ich entscheide mich für Willi's Analogbaugruppe und starte einen neuen Versuch, den CMT58 in Betrieb zu nehmen. Vorher kontrolliere ich noch die Batteriespannung auf dem Processor-Board (3,677V, das geht in Ordnung) und checke ein paar der berühmten Röderstein-Elkos- die aus meiner Sicht gar nicht immer so schlecht sind wie ihr Ruf. Das von mir ausgelötete Exemplar ist beispielsweise im ESR, Leakage und sogar im Absolutwert der Kapazität noch immer besser als ein neuer Elko aus der Tüte! Also tue ich was, was nun komplett gegen den Mainstream der Gerätebastler geht: ich löte den alten Röderstein wieder ein!! :-)

Echt jetzt?

Klar!

Als ich dann den CMT wieder zusammensetze, startet der erstmal mit einem RAM ERROR. Vermutlich habe ich mit meinem In-Circuit ESR-Tester ein paar RAM-Inhalte durcheinandergebracht beim Testen der Elkos innerhalb der Schaltung. Nun gut, wir tippen "99 SPEC" ein (Masterreset) und freuen uns, dass der CMT sich nun für "ok" hält (was nicht viel heißen will, der CMT-Selbsttest ist nicht besonders streng, s.o. in der Einleitung), aber die Kalibrierungen

D2

D30

und D1 durchgeführt haben will.

D1 ist der Leistungs-Offset bei 0W HF. Also leerer HF-Eingang. Generatorpegel kleiner als -47dBm wählen, dann D1 SPEC tippen und fertig.

D30 ist die Sache mit den 40mV aus dem Kalibrator. Also wieder den Fluke 5200 angeworfen, das 40mV/800Hz-Signal erzeugt, an die AF-Voltmeter-Buchse und flugs D30 SPEC eingetippt. Kurze Zeit später ist auch D30 im Display verschwunden.

Bleibt noch D2.

Und jetzt wird es haarig. D2 ist die FM-Hubkalibrierung. Dabei misst sich der CMT selber zurück und erzeugt eine Hub-Kalibrierkurve, so das Manual. Dazu darf der Duplexmesser B9 nicht eingebaut sein (hat mir leider eh schon jemand aus dem CMT58 ausgebaut, bevor ich ihn bekam) und das Gerät auf SENDERTEST und FM-Modulation stehen.

Also gemacht, D2 SPEC eingetippt, und: Mist! **ERROR!**

Es geht also weiter.

## 12 Die Jagd nach FM-Hub!

Den geneigten Leser mag es freuen, mich allerdings nicht ganz so sehr, denn ich hatte gehofft, dieses Projekt abschließen und endlich an meiner Deckel FP1 Fräse weiterarbeiten zu können.

Naja. Also CMT58 angeworfen, 145MHz eingetippt und 3kHz FM-Hub, 0dBm. Und? Die Frequenz stimmt, die 0dBm auch- nur beim Hub kommt NIX- außer etwa 50Hz Störmodulation. Das klingt nicht gut. Vielleicht nen abgefallener Stecker??

Geht der Modulationsgenerator überhaupt?

Kurzer Test: ja, geht. Er liefert brav ein NF-Signal.

Ich teste weiter: kommt die NF denn überhaupt am Eingang der Oszillatorbaugruppe an? Das Manual sagt, dass X1.31A und B dafür benutzt werden. Ich messe: nix!

Nanu? Am 1.Funktionsgenerator herauskommen soll das Signal ebenfalls an Pin .31A/B unterhalb seiner Steckerleiste. Und auch da- nix!

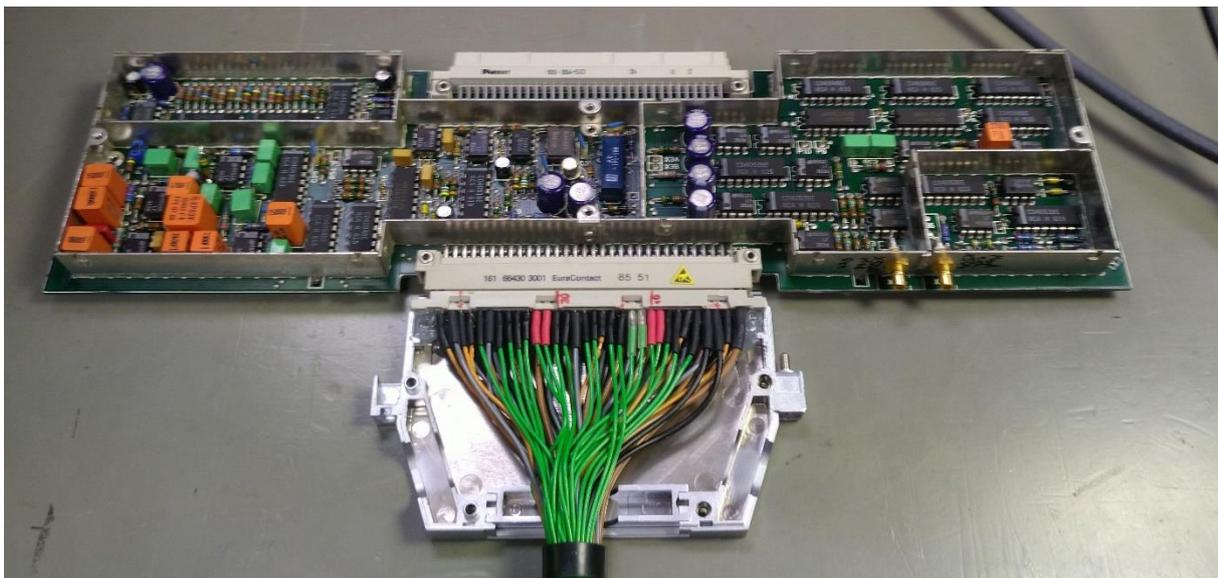


Abbildung 55: der Modulationsgenerator am Extenderkabel

Passen meine Unterlagen nicht ? Druckfehler? (Hatte ich ja alles schon)...es wird Zeit, den Funktionsgenerator aufzuschrauben und das NF-Signal einmal zu verfolgen.

Gemacht, getan. Nach wenigen Minuten liegt die Baugruppe mit offenem Deckel auf dem Tisch. Sieht erstmal alles normal aus. Ich schaue in die Unterlagen, wo das Signal für X.31A/B denn zugeführt wird. Aha, aber die Jumper X3 und X4. Blick auf die Platine...wo sind die denn...aha, da ist X3 und X4- aber wo denn die Jumper??

Sie fehlen!

Ich fass es nicht...sollte etwa....

Ein kurzer Griff in meine Bastelkiste, Fach "Jumper". Ich stecke die beiden Jumper auf und erhalte: 3,1kHz FM-Hub mit 0,2% Klirrfaktor! Bingo!

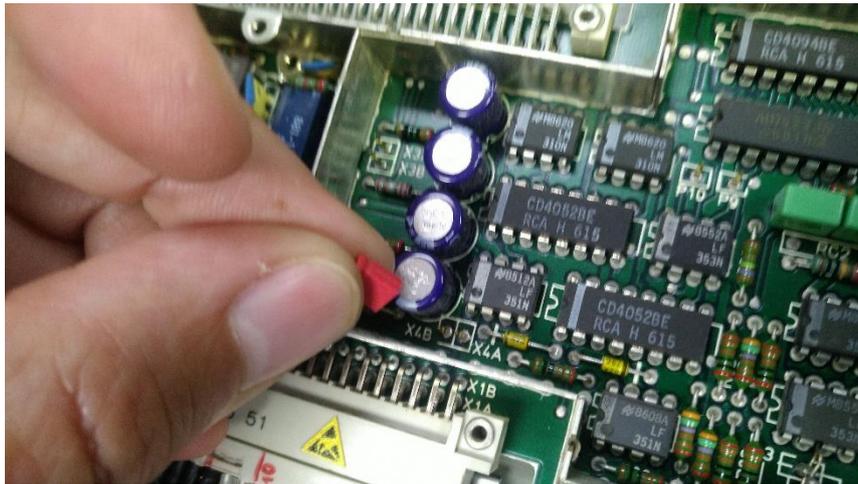


Abbildung 56: fehlender Jumper!

Nun, dieser CMT58 war ja wohl einmal eine spezielle Variante für Analog-Mobilfunktechnik. Möglicherweise hat man in diesem Rahmen einige Modifikationen gemacht- zumindest das Manual deutet das an mit den Varianten 02 und 04. Der Jumper ist nicht für alle der Varianten aufzustecken. Es gibt auch welche ohne Jumper. Fragt mich bitte nicht, weshalb, aber so sagt es das Manual.

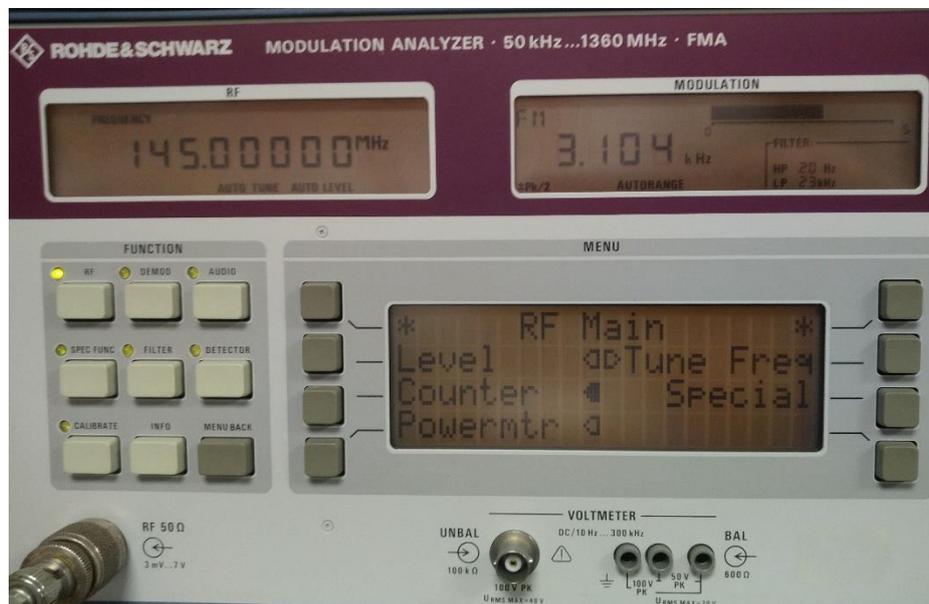


Abbildung 57:...und schwupps: FM-Hub wieder da!

Ich schraube die Baugruppe wieder zu (Abgleichpunkte gibt es hier keine) und starte D 2 SPEC erneut. Und siehe da: der CMT sagt nicht mehr "ERR 000", sondern "CAL 000" und läuft langsam hoch bis zu "CAL 131". Danach vermeldet ein ">>>done<<<" auch hier Erfolg und das Verschwinden sämtlicher CAL-Meldungen zeigt mir, dass ich auf dem absolut richtigen Weg zu sein scheine.

Nach dem D2-CAL erzeugt der Modulator super exakte 3,0kHz Hub (vorher etwas über 3,1kHz) und auch die Störmodulation bei mod=OFF liegt deutlich unterhalb der Spezifikation. Ich würde sagen, dieser CMT58 kommt Stück für Stück in die Einsatzfähigkeit zurück!

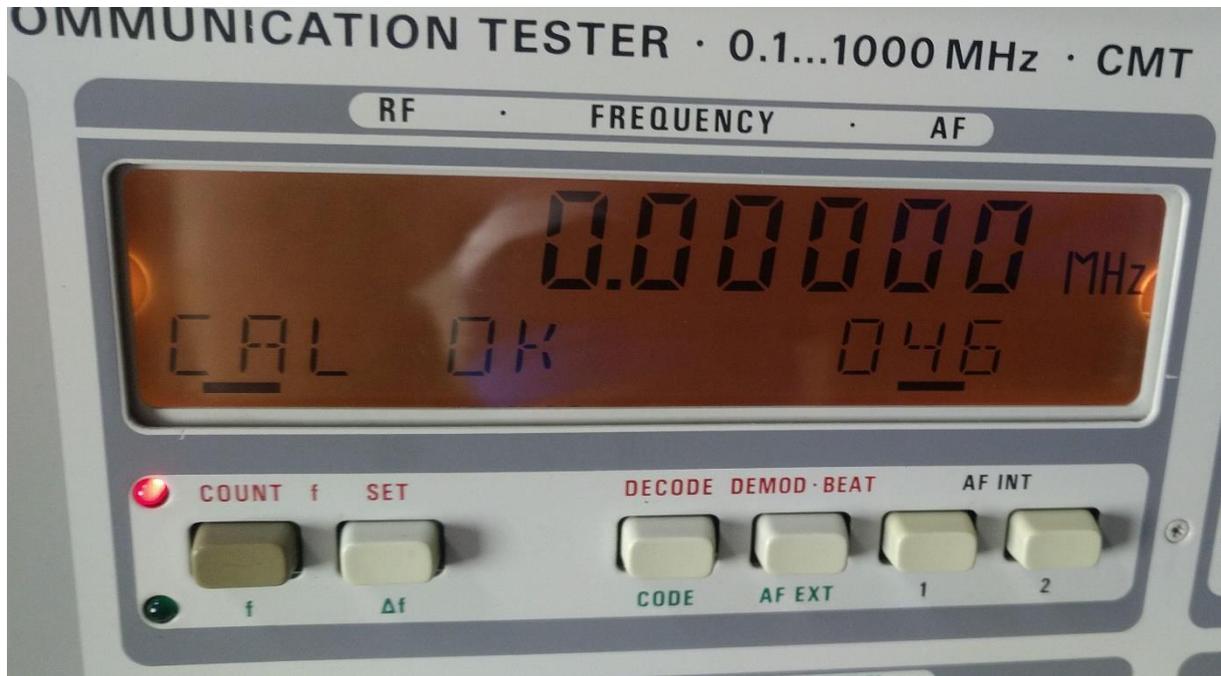


Abbildung 58: "CAL OK" klingt immer gut!

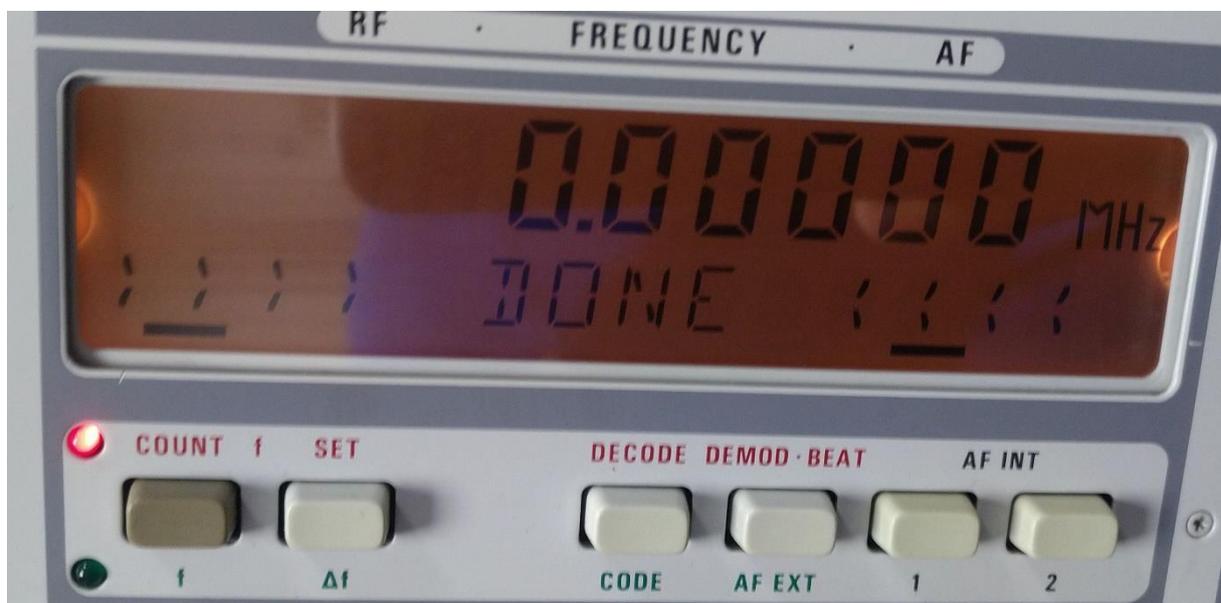


Abbildung 59:....und "done" auch :-)

## 13 HF-LEISTUNG

Nun war auf dem Analog-Board ja auch noch die Einstellung für die angezeigte HF-Leistung zu machen. In der Anleitung wird auf das Gesamtgerät verwiesen, bei dem man in Punkt 4.3.5.11 exakte 10W HF-Leistung einspeisen, aber die Anzeige auf 10,2W einstellen soll. Das verstehe ich nicht. Leider wird der Sinn über diesen gezielten Falschabgleich nicht erklärt. Nichtlinearitäten?

Spoiler: In Kapitel 42 werden wir dem Geheimnis auf die Schliche kommen!

Ich mache mal was anderes. Ich nehme ein 2m Amateurfunkgerät in der "LOW"-Stellung. Da liefert es so knappe 2W HF. Also gut geeignet, einen 10V Durchgangskopf gut auszusteuern. Weil der CMT58 die Option "HF-Millivoltmeter" hat, schlieÙe ich einen solchen Messkopf daran, schraube ihn vor den CMT58-Haupteingang und drücke auf die Sendetaste.

Ich lese die angezeigte HF-Leistung ab: 1,36W. Ich schalte um auf den Messkopf (Taste "Probe"). Ich staune: ebenfalls 1,36W! Ich hier schon wieder was kaputt?

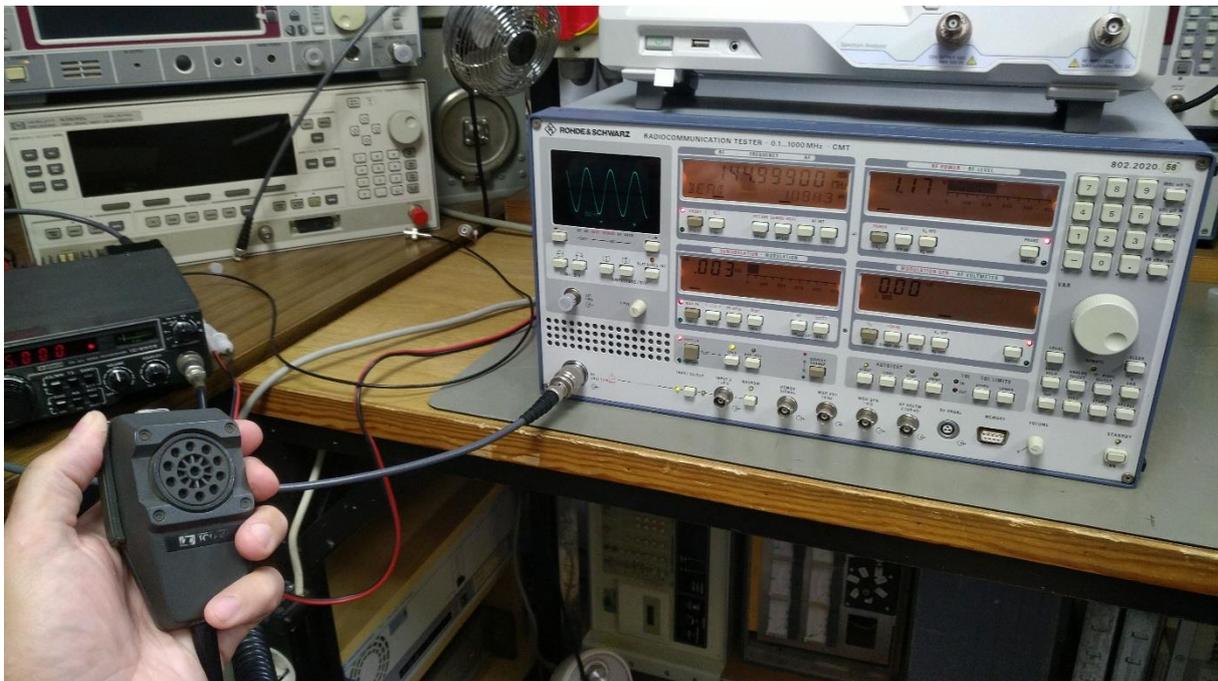


Abbildung 60: Probe-Messen mit einem IC260 Amateurfunkgerät als Signalquelle

Nein! Die beiden Messköpfe (der extern vorgeschraubte und der intern im CMT58 eingebaute) stimmen einfach so perfekt überein, dass sie wirklich bis auf die zweite Nachkommastelle dasselbe anzeigen! Unglaublich! Ich würde sagen, ich verstelle da NIX! Vielleicht mach ich am Ende nochmal 'nen Vergleich mit meinem NRVD und dem 100V-Durchgangskopf bei höheren Leistungen\*, aber ich prophezeihe schon jetzt, das der HF-Leistungsmesser sich als völlig in Ordnung und sehr präzise erweisen wird.

\* ja, werde ich. Aber erst im allerletzten Kapitel im finalen Ausgangstest!

## 14 ...was denn noch?

Nun, wenn wir schon so weit sind- was fehlt denn jetzt eigentlich noch?

Schauen wir doch mal genau hin.

**1. Die Tragegriffe.** Entweder neue kaufen, oder Gartenschlauch über den alten drüberziehen oder ganz abschrauben. So bleiben kann es jedenfalls nicht, da schneidet man sich die Hände auf, wenn man beherzt zupackt.



Abbildung 61: bekanntes Bild bei wohl allen R&S-Geräten dieser Generation: die Tragegriffe verlieren ihre Ummantelung! (bei HP gibt es das Problem auch: dann allerdings reißt der Griff- weil nicht immer eine Stahlseele eingelassen ist!!)



Abbildung 62: später werde ich da blauen Schrumpfschlauch drüberziehen

**2. Das VAR-Rad.** Irgendwo schleift das. An der Frontplatte jedenfalls nicht, wie sich durch einen spontanen Abbau zeigt. Es schleift im Innern. Bedeutet: Baugruppe ausbauen und richten.

**3. Abgleich der VCO-Baugruppe** (Abstimmspannungen)

**4. Abgleich der Ausgangsstufe** (Pegel, elektronische Eichleitung, AM-Modulator)

**5.** Wenn man will, könnte man noch einmal komplett den ganzen **Wartungsplan** durchackern. Ob ich mir das allerdings geben werde, weiß ich noch nicht. Für den Fall, dass ich diesen CMT mal auf dem funkTAG in Kassel einsetzen sollte, mach ich das aber bestimmt dennoch irgendwann mal. Nur vielleicht nicht jetzt.

**6. Optional:** Wieder-Einbau des **Nachbarkanal-Leistungsmessers**. Den hatte ich ja ursprünglich ausgebaut, bevor ich die Reparaturen begann, weil ich die Komplexität reduzieren wollte. Nun könnte es an der Zeit sein, den CMT wieder zu komplettieren.

Apropos "komplett":

Die Version 58 zeichnet sich eigentlich durch verschiedene Zusatzmerkmale zur Grundversion "CMT 52" aus:

- a) eingebautes Oszilloskop => CMT54
- b) eingebauter C-Netz Simulator (Cellular Simulator) => CMT58

Ohne den CR-Simulator (den lasse ich draußen, brauche ich niemals!) wäre das hier quasi ein relativ gut ausgestatteter CMT54. Folgende Zusatzoptionen hat das Ding nämlich:

- c) OCXO-10MHz Referenzoszillator CMT-B1
- d) IEC-Bus CM-B4
- e) Druckerinterface/Ablaufsteuerung CM-B5
- f) Nachbarkanalleistungsmesser CMT-B6
- g) HF-Millivoltmeter CM-B8

Was ihm leider fehlt, sind der 2.NF-Generator (CMT-B7) für SSB-Doppeltonmodulation und der Duplex-Modulationsmesser CM-B9. Letzteren hatte das Gerät sogar irgendwann mal gehabt- leider hat man sie aber ausgebaut, bevor ich diesen CMT in meine Finger bekam. Schade, aber so wirklich schlimm ist das nicht. Ich habe mindestens zwei weitere Kompakt-Messplätze, die Duplex können (meinen CMS52 und den CMTA84) und notfalls kann man ja immernoch die vorhandene -30dB HF-Buchse an der Rückseite des CMT benutzen, um dort mittels eines weiteres Signalgenerators ein RX-Signal einzuspeisen und dann \*doch\* Duplex messen zu können.

Außerdem muss man sich auch wirklich überlegen -wie ich schon eingangs sagte- ob einem diese Zusatzlast für das Gerätenetzteil wirklich wert ist. Jede zusätzlich installierte Baugruppe belastet das Netzteil auch zusätzlich. Keine Frage, dass der CMT vom Hersteller derart konstruiert wurde, dass er das aushält. Trotzdem schadet es auch einem 500er Mercedes nicht, wenn man ihn nur sanft mit 120km/h fährt- obwohl er vom Hersteller sicherlich auch permanent 200km/h schafft oder mehr. Ihr wisst, was ich meine. Immer mit Augenmaß!

In diesem Zuge überlege ich mir doch recht genau, was ich mir in diesen CMT einbaue. Irgendwie reizt er mich für den funkTAG- dafür würde nicht nur IEC-Bus und das HF-Millivoltmeter gut sein (in Verbindung mit 'nem 100V-Durchgangsmesskopf für hohe Leistungen an meinem 10dB/200W Narda), sondern vielleicht sogar der NKL. Außerdem habe ich noch nie einen NKL genauer untersucht geschweige denn repariert- wäre also Neuland. Und damit überaus reizvoll. :-)

Was aber wäre noch an dem Gerät zu tun?

Tatsächlich kaum mehr was. Die Eichleitung könnte ich vielleicht nochmal durchklickern. Am besten, wenn das VAR-Rad wieder leicht läuft. Und die Eingangsimpedanz messen (also das S11 an Input1). Und das S21 von Input1 zur -30dB-Buchse. Obwohl ich nicht glaube, dass es da groß Probleme geben wird. Aber ich könnte das mal mit den Messungen vergleichen, die ich damals mal an meinem CMT52 mit nem ZVL6 gemacht habe.



**Abbildung 63:** gut zu erkennen: der 1.Modulationsgenerator, darüber das optionale HF-Voltmeter. Gäbe es in Maja noch den 2.Modulationsgenerator, wäre der zwischen den beiden eingesteckt.

## 15 Abgleich "HF-Oszillator"

Ich würde sagen, wir starten bei den "Restarbeiten" mit dem Abgleich der Oszillatorbaugruppe. Dazu muss die Baugruppe raus- was uns vermutlich freie Bahn auf das klemmende VAR-Rad verschafft. Das wäre nur einmal Aufwand für gleich zwei Sachen, hört sich also doch gut an.

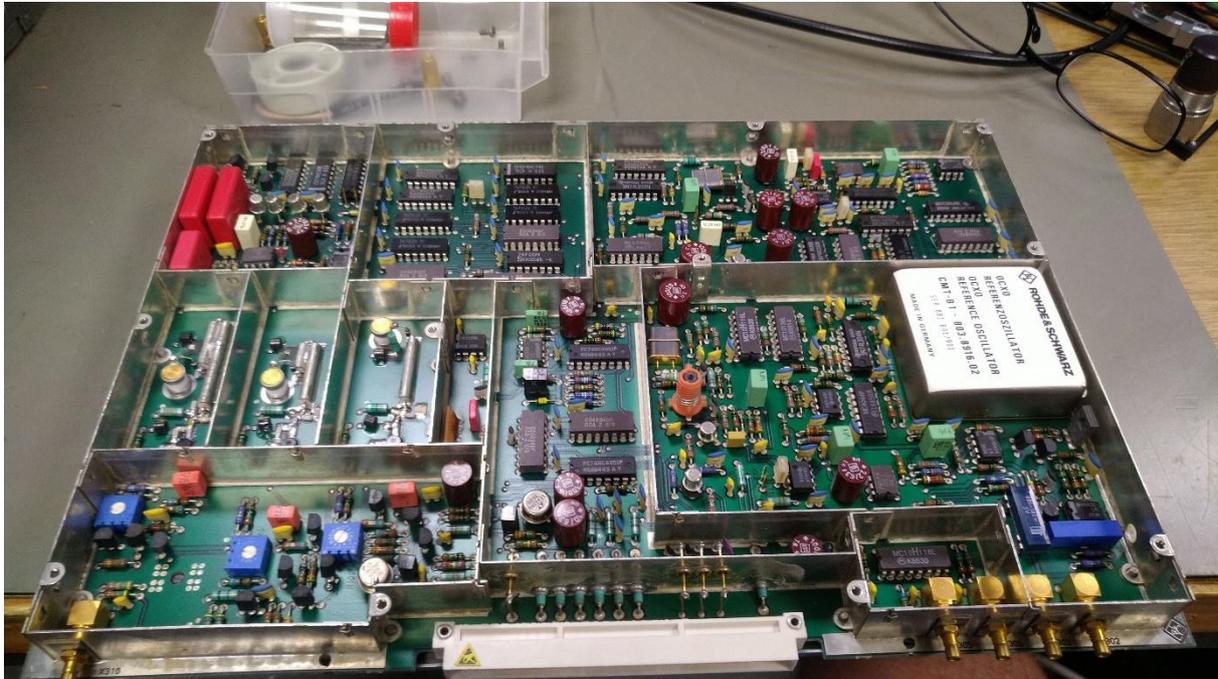


Abbildung 64: der HF-Oszillator von Maja; hier mit eingestecktem OCXO (rechts)

In der OSC-Baugruppe gibt es eigentlich nicht viel abzugleichen. Der 100MHz-VXO muss in seiner Ruhelage eingestellt werden. Dann schaut man sich den Regelbereich der Regelschleifen an und stellt schließlich die Ruhelage der drei OSC-Einheiten ein. Auch dazu habe ich damals schonmal bei meinem CMT52 eine kleine Messung gemacht, die ich nun mit dem CMT58 vergleichen kann. Achja, und den Ausgangspegel der der VCOs muss man noch einstellen.

Zu allem Überfluss schließe ich dann auch noch die OSC-Baugruppe aus Schrott-Willi an und probiere sie ebenfalls aus. Daher wieder zwei Vergleiche zwischen Maja und Willi.

Der Ausbau der OSC-Baugruppe gelingt einfach. Ein paar Verbindungen ziehen, dann kann man sie herausnehmen.

Es fällt auf, dass...

... Maja einen OCXO eingebaut hat.

... Willi die "Low-Rate FM" Option SCM-U1, die hinten als Optionsaufkleber auf dem Gerät aufgebracht wurde, tatsächlich auch verbaut hat! Sehr interessant, ich wollte schon immer wissen, was genau die macht und wie die aussieht. Aber dazu später.

Die Abgleichanleitung für den HF-Oszillator sieht folgende Schritte vor:

## 5.2.1 100MHz-VXO einstellen

### SCHRITT1

Zuerst OCXO ausstecken (falls vorhanden). Dann Voltmeter an Anode von V506. Mit L500 Spannung auf Minimum abgleichen (+11,7V +0,1/-0,2V).

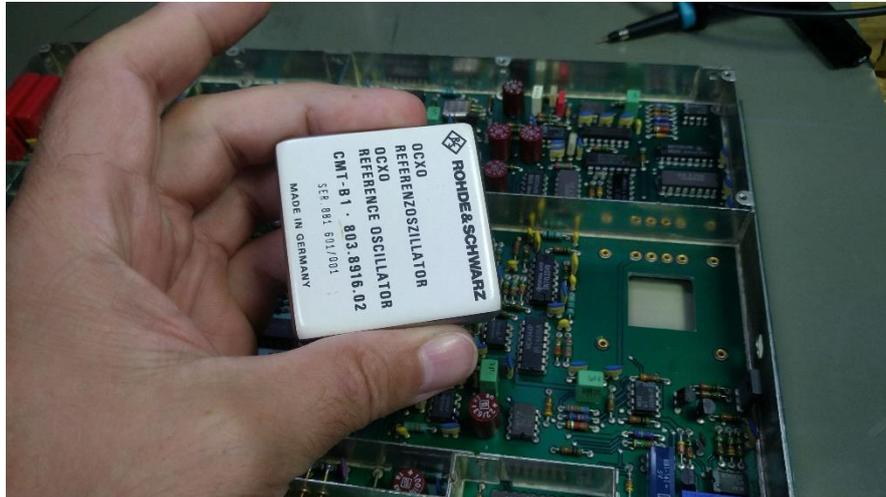


Abbildung 65: OCXO ausstecken



Abbildung 66: Messung der Abstimmspannung an L500

So das Manual für Baugruppe 802.335.02. Meine Baugruppe ist eine 802.6410.02, die scheint zwar technisch sehr ähnlich, hat aber teilweise ein anderes Layout. V506 liegt dort etwas anders (eine HP2800, aber relativ gut zu finden durch ihr farbloses Glasgehäuse) und das Spannungsminimum liegt bei etwa 11,2Volt. Das ist formal außerhalb der Anforderungen aus dem Manual. Weil es vermutlich aber eher auf das Finden des Minimums ankommt als auf den absoluten Zahlenwert, lasse ich es so. Willi war sogar auf einen noch tieferen Spannungswert eingestellt- aber sauber auf Spannungsminimum abgeglichen. Die gemessenen 10,65Volt liegen laut Abgleichanleitung schon meilenweit außerhalb des Toleranzschluchs. Egal, ich lasse es so.

Maja: 11,2Volt

Willi: +10,65Volt

## SCHRITT2

Voltmeter auf gesteckten Jumper X11 halten. Frequenzzähler an X304. Mit R632 auf 100MHz +/-100Hz einstellen.

Spannung an X11 soll dabei 8V +/-1,5V betragen. Falls nicht, L512 ändern.

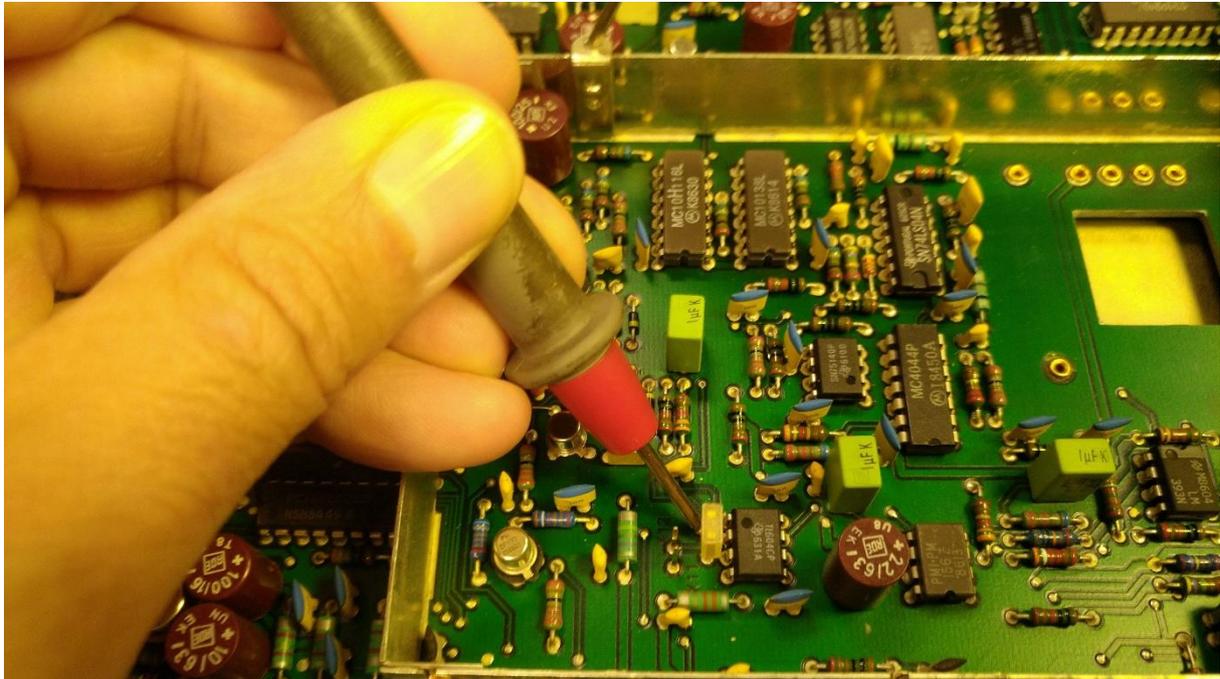


Abbildung 67: Messpunkt X11

Bei mir ist X11 etwas schwierig zu finden (ich sehe den Jumper vor lauter Jumpern nicht), aber dann klappt alles. Bei 100,000000 MHz stehen bei mir genau 7,022V Abstimmspannung an X11 (und damit auch an der Abstimm-diode V512) an. Das passt!



Abbildung 68: Messwerte an X11

Maja: +7,022V ok

Willi: +7,656V ok

### SCHRITT3

Dann Feinabgleich per R632 mit geschlossenem Deckel auf +/-50Hz.

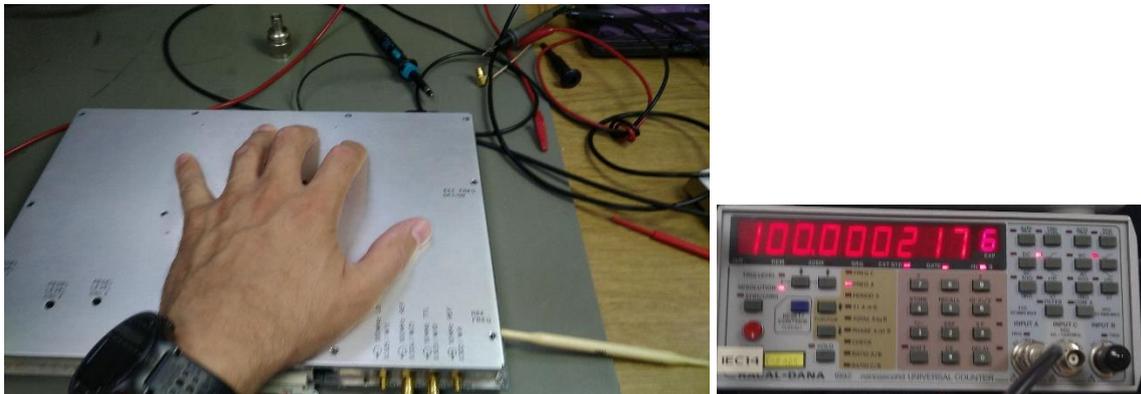


Abbildung 69: Deckel drauf - und 200Hz hoch ;-)

Das Aufsetzen des Abschirmdeckels "bringt" bei mir etwa 200Hz Versatz. Das lässt sich mit R632 aber schnell nachstellen.

#### 5.2.3 Referenzfrequenz einstellen (nur OCXO)

Nun den OCXO wieder reinstecken, CMT 15 Minuten warmlaufen lassen.

Frequenz 100MHz an X304 messen. Toleranz: +/-5 Hz.

Einstellen mit "REF.FREQ."



Abbildung 70: Endabgleich Referenzfrequenz OCXO

Weil ich vorhin beim Suchen von X11 mit der Messspitze aus Versehen was kurzgeschlossen habe, hat das Netzteil Notabschaltung gemacht und dabei die RAM's wieder im Inhalt zerstört. Der CMT verlangt wieder nach D1, D30 und D2 CAL. Nagut, mache ich später. Den Abgleich der HF-Oszillatorbaugruppe kann ich auch so fortsetzen.

### 5.2.4 VCXO-Loop

CMT auf 500,1MHz.

Abstimmspannung an X6 messen. SOLL: >3V

Frequenz an X3: 10,002MHz

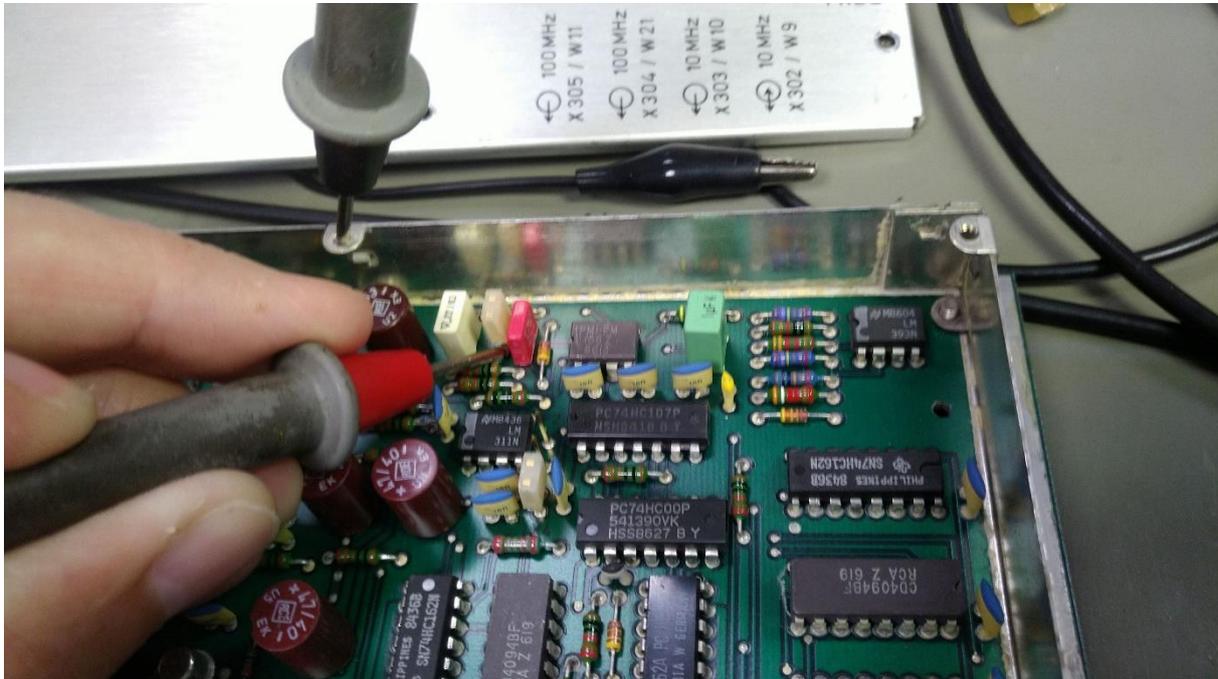


Abbildung 71: Messpunkt X6



Abbildung 72: Spannung an X6

Maja:3,536V, ok, Frequenz ok

Willi: +3,343V, ok, Frequenz ok

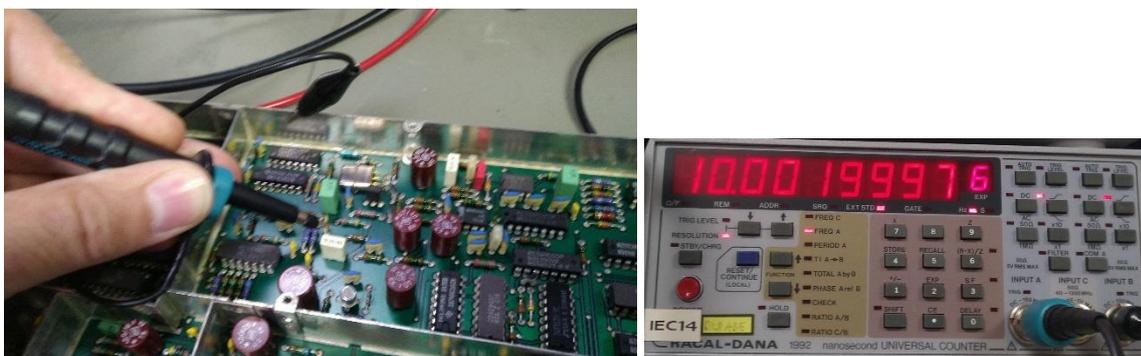


Abbildung 73: Messung an X3

### CMT auf 500,3MHz.

Abstimmspannung an X6 messen. SOLL: <12V

Frequenz an X3: 10,006MHz

Maja: 9,451V, ok, Frequenz ok

Willi: 9,836V, ok, Frequenz ok

### 5.2.5 HF-OSC Abgleich

Regelschleife öffnen (Jumper X9 ziehen).

An X9 Pin 2 eine externe Gleichspannung von 2V +/- 0,1V einspeisen.

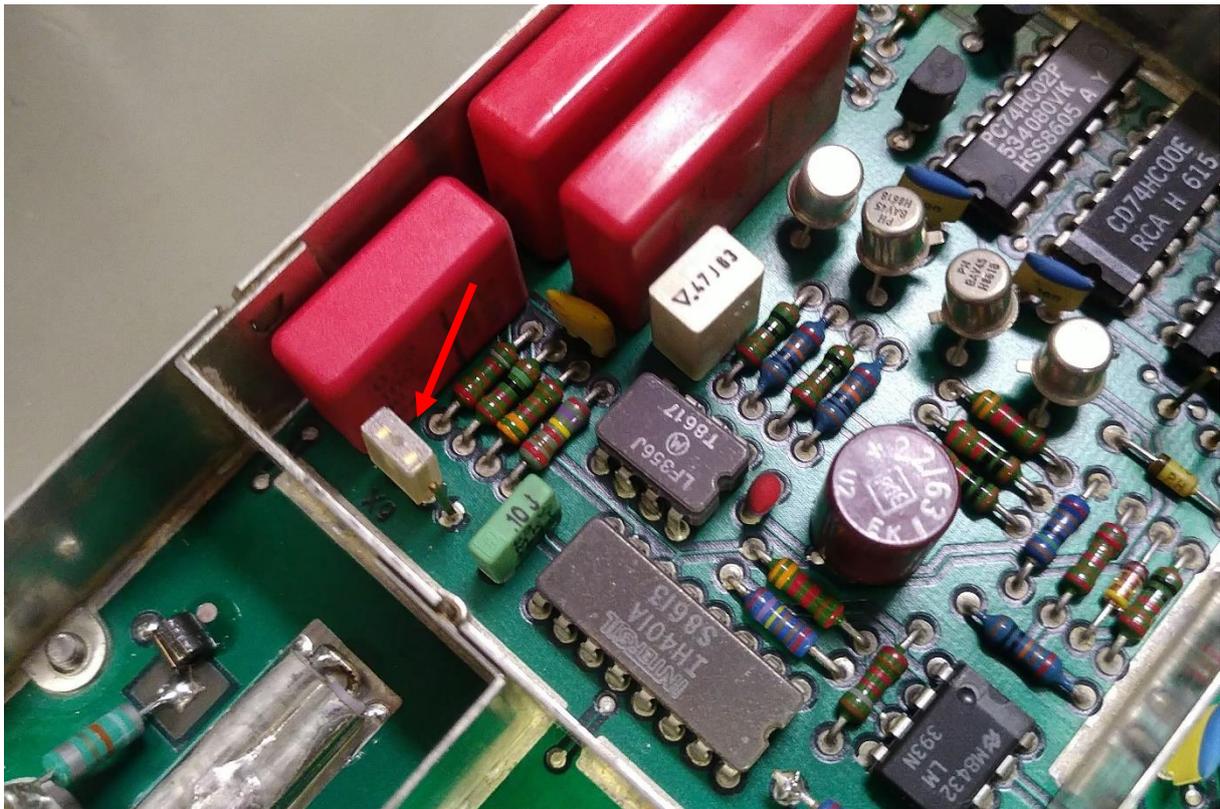


Abbildung 74: Jumper X9

Frequenzzähler an X310.

"Trimmer R49, R79, R109 auf maximalen Strom abstimmen."

So sagt es das Manual. Besonders der Satz "mit Trimmer auf max. Strom abstimmen" ist für mich etwas unklar. Nach dieser Anweisung würde ich alle drei Trimmer stumpf auf Rechtsanschlag drehen und fertig. Aber das ist doch sicher nicht Sinn der Sache, oder?

Ich lasse daher erstmal alles so, wie es ist und messe erstmal nur nach. Auf die Pegeleinstellung komme ich in Test 5.2.6 nochmal zurück.

Ich messe erstmal den IST-Zustand der beiden Baugruppen von Maja und Willi.

**a) CMT auf 520MHz.** Frequenz an X310: 500MHz +/- 5MHz. Abgleich mittels C21  
Maja: 491,3MHz, Willi: 494,9MHz

Aha. Maja ist demnach etwas zu tief eingestellt, Willi quasi geraaaade so noch im zugelassenen Intervall. Trotzdem: bei einer Abstimmsteilheit von 18 MHz/V (Maja) und 13 MHz/V (Willi) genügt nur ein halbes Volt mehr, um sie auf die gewünschten 500MHz zu bringen.

**b) CMT auf 700MHz.** Frequenz an X310: 655MHz +/- 5MHz. Abgleich mittels C51  
Maja: 648,1MHz, Willi: 650,1MHz

Genauso bei OSC2. Maja wieder etwas zu tief, Willi noch gerade so innerhalb des zulässigen Intervalls.

**c) CMT auf 900MHz.** Frequenz an X310: 825MHz +/- 5MHz. Abgleich mittels C81  
Maja: 818,3MHz, Willi: 822,7MHz

Auch bei OSC3 dasselbe Bild. Maja kurz außerhalb, Willi gerade so drin. Zu tief eigentlich beide.

Die Frage ist nun: ist das aber überhaupt schlimm?

Dazu nehme ich mir von beiden Baugruppen deren Kennlinien auf. Sprich: ich speise eine externe Abstimmspannung in 1V-Schritten von 0 bis 18V (später 20V) ein und messe mit dem Spectrumanalyzer die Ausgangsfrequenz und den Pegel an X310. Das male ich mir in eine Exceltabelle und werde sie danach aus. Sehr schön ist, dass ich nicht nur Maja und Willi als Messkurve habe, sondern auch noch die Daten von 2007 von meinem alten CMT52 noch in meinem Projektordner wiedergefunden habe, denn dort hatte ich dieselbe Messung bereits auch schon gemacht!

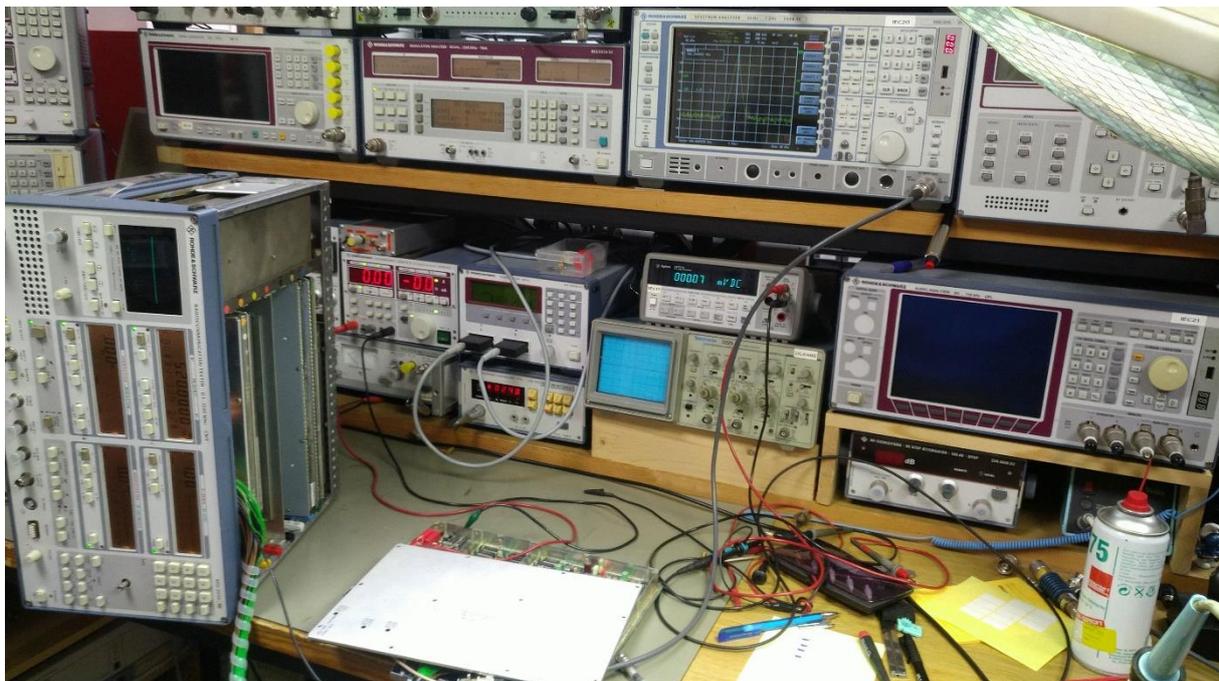


Abbildung 75: Messaufbau für VCO-Messung

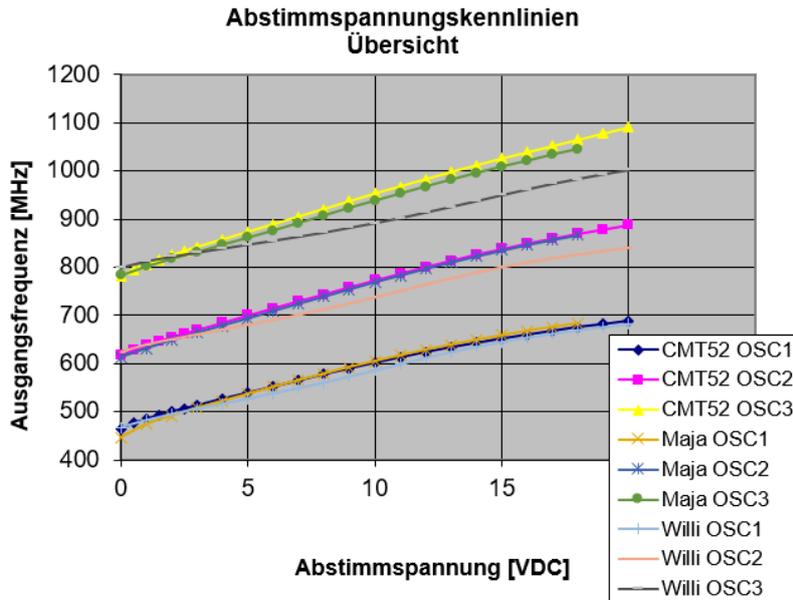


Abbildung 76: HF-OSC 1 bis 3 bei ext. Ansteuerung

In Abbildung 76 sehen wir das Ergebnis aller dreier Messkurven: "CMT52" ist mein alter, damals justierter und verkaufter CMT52. "Maja" bedeutet, dass die "Maja"-OSC-Baugruppe im Maja Grundgerät betrieben wird und "Willi" bedeutet, dass die "Willi"-OSC-Baugruppe im Maja-Grundgerät betrieben wird (anders geht es ja nicht, denn Schrott-Willi läuft ja nicht aus eigener Kraft).

Trotzdem können wir hier interessante Dinge sehen: während mein alter CMT52 und Maja eine ziemlich identische Abstimmung zeigen, scheint Willi über eine geringere Abstimmsteilheit zu verfügen! Vielleicht eine absichtliche Maßnahme der Low-Rate-FM?

Gucken wir einmal genauer. Hier der OSC1

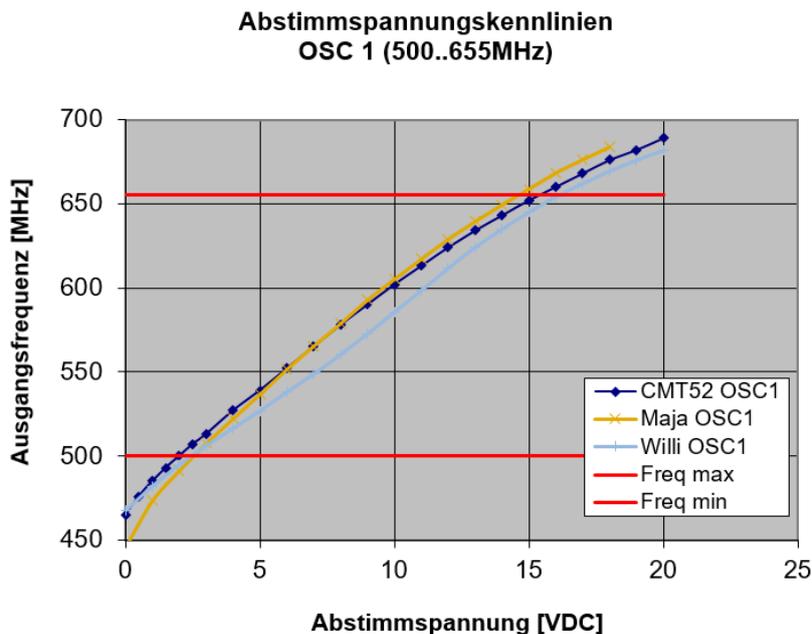


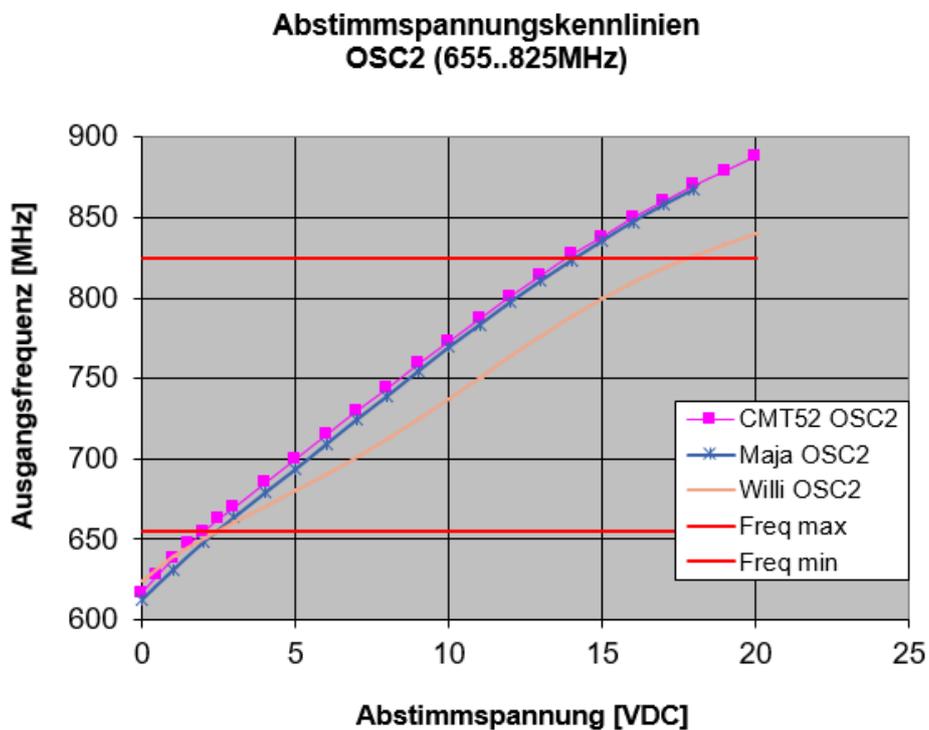
Abbildung 77: OSC1

Wir erkennen die Ausgangsfrequenz von OSC1 in Abhängigkeit von der Abstimmspannung, die ich zwischen 0 und 18V (bzw. 20V) variiert habe. Den Arbeitsbereich für OSC1 (500..655MHz) habe ich mit zwei roten Linien markiert. Wenn man die Spannungen abliest, so erkennen wir, dass alle drei Baugruppen diesen Frequenzbereich locker überstreichen können.

Der alte CMT52 brauchte dafür Spannungen zwischen 2 und knapp 16V.  
 Maja braucht zwischen 2,6V und 14,5V.  
 Willi zwischen 2,5V und 16V.

Willi scheint aber schon bereits hier etwas von der "Norm" abzuweichen...hmm....

Schauen wir uns OSC2 an. Sein Bereich liegt zwischen 655 und 825MHz.



Zum Überstreichen des Soll-Frequenzbereiches brauchen die Geräte folgende Abstimmspannungen:

CMT52: ca. 2 V bis ca. 14V  
 Maja: 2,5V bis 14,1V.  
 Willi: 2,6V bis 17,8V.

Weiter zu OSC 3. Designed für 825..1000MHz.

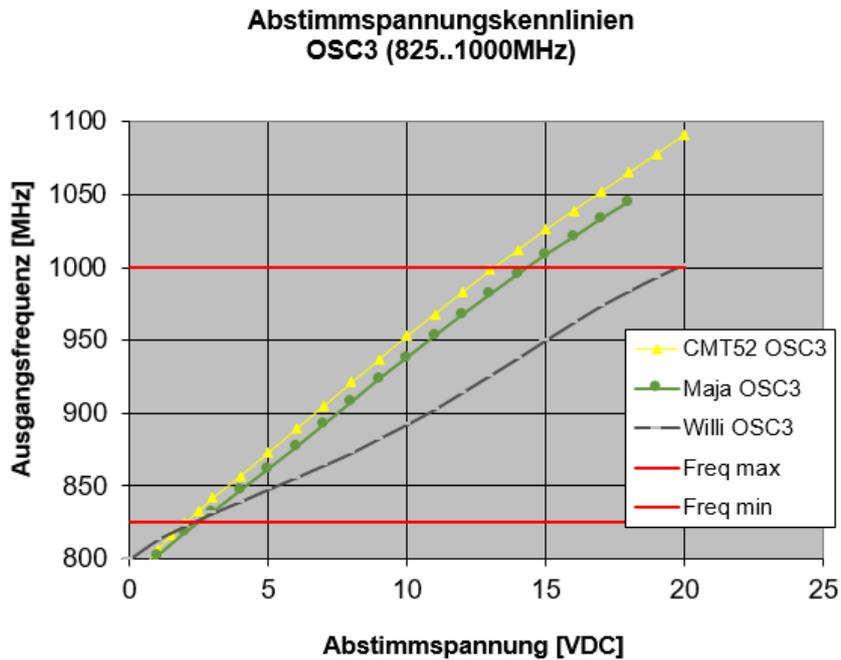


Abbildung 78: OSC3

CMT52: ca. 2V bis gute 13V.

Maja: 2,6V bis 14,4V

Willi: 2,4V bis 19,8V

Ganz deutlich ist hier zu sehen, dass Willi's Abstimmkurve deutlich flacher verläuft als die von Maja und auch meinem alten CMT52.

Gucken wir uns mal die Abstimmsteilheit an. Die kann man ja nun einfach ausrechnen, wenn wir die ganzen Kurven aufgenommen haben.

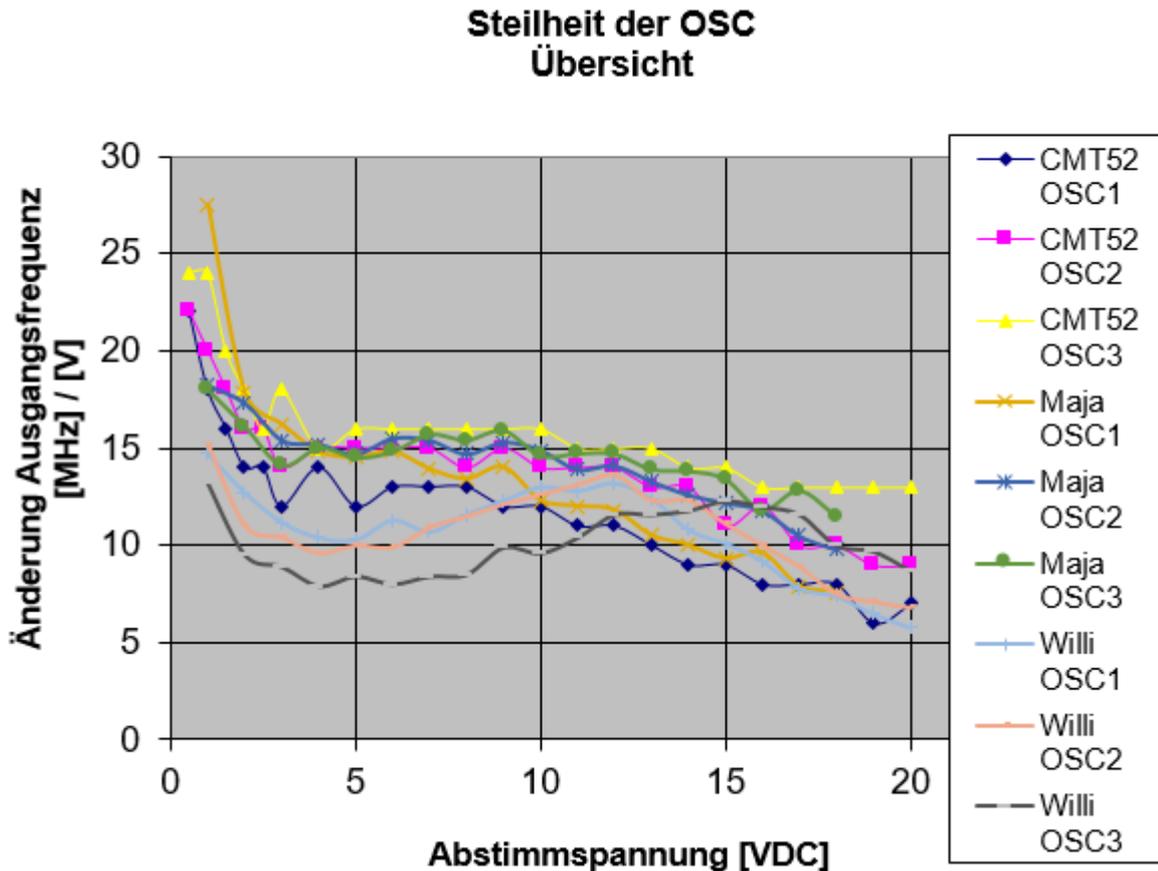


Abbildung 79: Abstimmsteilheit

Ich denke, spätestens jetzt wird es offensichtlich: Willi hat eindeutig eine andere Kennlinienabstimmung als der Rest! Seine Abstimmsteilheit liegt mit allen seinen drei Oszillatoren deutlich unter den anderen. Will sagen: er braucht ein wenig mehr Ansteuerspannung, um den geforderten Abstimmbereich durchzufahren als seine Kollegen. Er ist also weniger "empfindlich"; d.h. "steil". Das dürfte ihn auch zugleich unempfindlicher gegen Störungen auf der Abstimmspannung machen und dadurch auch weniger Phasenmodulation erzeugen als bei steileren OSC. Nachteil: man kann den Verlauf auch nicht beliebig flach machen, denn irgendwann reicht der zur Verfügung stehende Abstimmspannungsbereich nicht mehr aus, um den vollen Frequenzbereich zu überstreichen. Es ist also eine Frage der korrekten Abstimmung. Wie so oft im Leben :-)

Wie groß dieser Einfluss ist, kann ich allerdings nicht sagen. Ich vermute, viel mehr als ein paar dB wird es nicht bringen. Also eher eine Optimierungsmaßnahme als eine Revolution. Trotzdem: der CMT liefert an sich ja schon ein sehr sauberes Signal für einen Kompaktmessplatz, das wirklich für die allermeisten Anwendungen in einer Qualität hinreichend sein sollte.

Nach dieser Untersuchung verfare ich weiter nach dem Manual.

### 5.2.6 HF-Loop

Frequenzzähler/Leistungsmesser an X310. (z.B. R&S FMA)  
Voltmeter an X9

Wir prüfen also die Abstimmspannung und den bei bestimmten Eckfrequenzen gelieferte HF-Ausgangsspannung.

CMT auf verschiedene Frequenzen  
Pegel SOLL: 0dBm +/- 3dB  
Abstimmspannung SOLL: 2..20V

a) 501MHz

Willi: 2,558V (-0,2dBm)

Maja: -1,8dBm

b) 654 MHz

Willi: 16,00V (-3,1dBm)

Maja: -0,9dBm

c) 656 MHz

Willi: 2,59V (-0,8dBm)

Maja: -1,6dBm

d) 824 MHz

Willi: 17,77V (-1,1dBm)

Maja: -1,4dBm

e) 826 MHz

Willi: 2,36V (-1,0dBm)

Maja: -0,3dBm

f) 1000 MHz

Willi: 19,72V (-1,3dBm)

Maja: -1,3dBm

Das sieht alles soweit gut aus, bis auf die -3,1dBm bei Willi, bei der er gerade so am Toleranzschlauch kratzt. Das ist für mich aber noch ok, denn die zu geringen 0,1dB Pegel bleiben bestimmt auch bei meinen Messkabeln hängen.

Bei Maja habe ich übrigens die Abstimmspannung nicht gemessen, weil ich sie schon wieder in den CMT58 eingebaut hatte, als ich die Messung machte. Aber das ist nicht schlimm. Durch meine umfangreiche Messung vorher weiß ich ja bereits, welche Abstimmspannung welche Frequenz erzeugt.

## Power-Sweep

Aus Spaß mache ich mit Willi noch mal was anderes.

Ich schließe meinen Spektrumanalyzer im Max-Hold-Modus an den Ausgang X310 und lasse ihn laufen. Dann speise ich über einen 100kOhm-Angstwiderstand mit einem Netzteil eine externe Abstimmspannung in X9/Pin2 ein und variiere sie von 0 bis 18 (später dann 20) Volt. Wenn ich die Spannung langsam genug hochdrehe, ergeben sich zwischen VCO-Signal und momentaner Empfangsfrequenz des Analyzers so viele gemeinsame Schnittpunkte, dass sich ein geschlossener Kurvenzug ergibt. Quasi der Ausgangs-Pegelfrequenzgang von VCO1, VCO2 und VCO3. Und diese sollen an X310 einen normalen Ausgangspegel von 0dBm +/- 3dB haben. Während Test 5.2.6 ja nur an ein paar spezifischen Eckfrequenzen den Pegel getestet hat, erhalten wir nun eine komplette Übersicht.

### Oszillator 1:

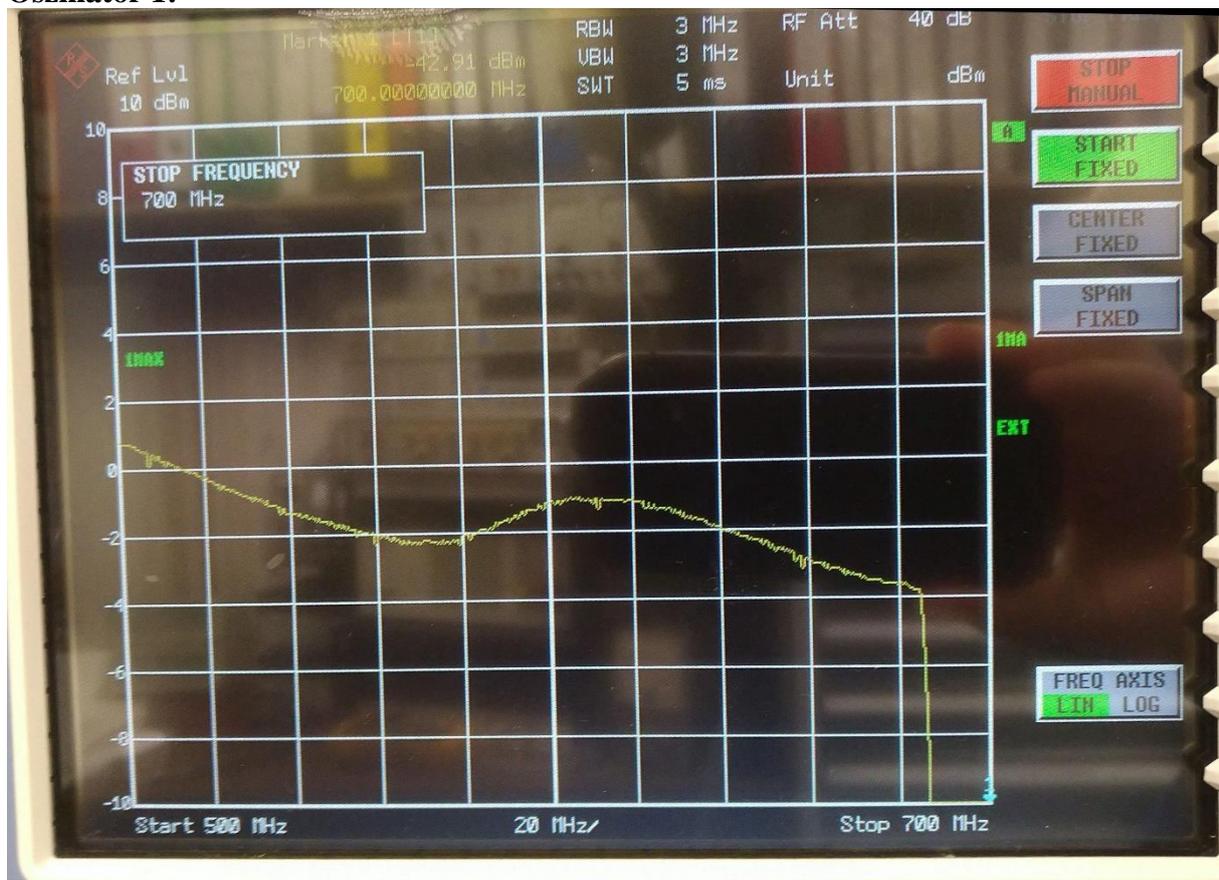


Abbildung 80: Powersweep Willi, OSC1

Oszillator 2:

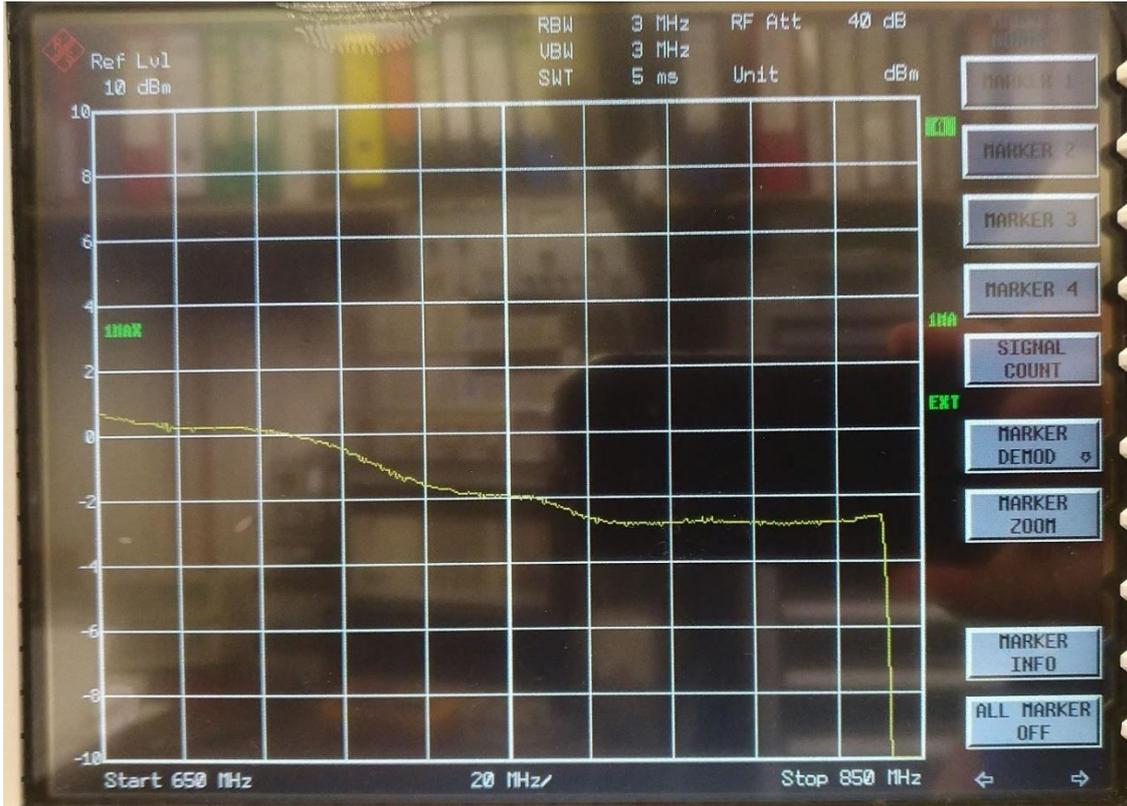


Abbildung 81: Powersweep Willi, OSC2

Oszillator 3:

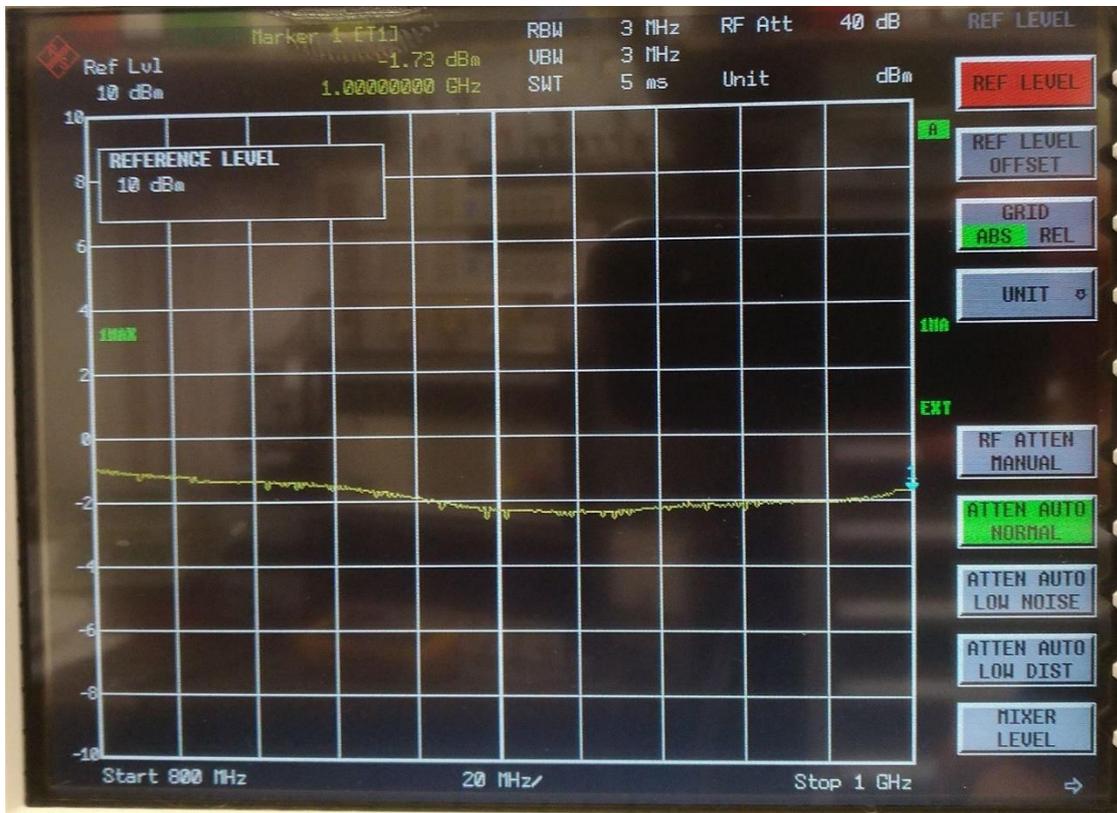


Abbildung 82: Powersweep Willi, OSC3

### 5.2.7 Störhub messen

R&S FMA an X310.

CMT auf verschiedene Frequenzen zwischen 500 und 1000 MHz stellen.

Störhub darf max. 8Hz sein (CCITT, RMS).

Ich prüfe das mal mit der Maja-Baugruppe – ebenfalls eingebaut in Maja Grundgerät.

Wirklich nur rein zufällig wähle ich folgende Frequenzen:

Frequenz: Störmodulation (CCITT, RMS)

500MHz: 7,4Hz  
520MHz: 6,6Hz  
550MHz: 7,9Hz  
580MHz: 6,6Hz  
600MHz: 6,0Hz  
660MHz: 7,2Hz  
700MHz: 7,1Hz  
750MHz: 7,7Hz  
800MHz: 7,8Hz  
850MHz: 6,3Hz  
900MHz: 7,2Hz  
950MHz: 7,1Hz  
1000MHz: 7,5Hz

Wenn man sich das so ansieht, ist Maja voll in Spec- allerdings ist da auch nicht mehr so schrecklich viel Luft zur 8Hz-Grenze.

Wiederholen wir das mal mit Willi- der hat ja die LowRateFM-Option SCM-U1.

Frequenz: Störmodulation (CCITT, RMS)

500MHz: 3,2Hz  
520MHz: 3,0Hz  
550MHz: 3,4Hz  
580MHz: 3,8Hz  
600MHz: 4,0Hz  
660MHz: 3,0Hz  
700MHz: 3,2Hz  
750MHz: 4,0Hz  
800MHz: 3,6Hz  
850MHz: 2,5Hz  
900MHz: 3,3Hz  
950MHz: 3,6Hz  
1000MHz: 3,5Hz

Boah!

Das ist ja glatt eine Halbierung der Stör-FM! Was für eine Überraschung!

Kann man den CMT denn aber mit dieser Option nach wie vor im gesamten NF-Bereich sauber FM-modulieren?

Es wird mir wohl nichts übrig bleiben, als eine händische Frequenzgangmessung zu machen.

Ich wähle mir 100MHz Trägerfrequenz und schließe meinen R&S FMA an den N-Ausgang von Maja an. Wohlgermerkt- mit eingebautem Willi als HF-Oszillatorbaugruppe. Als FM-Hub stelle ich 10kHz p+p/2 bei einer Modulationsfrequenz von 1kHz ein. Ich denke, das dürfte auch für Schmalband-FM noch ok sein (Carlson-Formel!). Weil Willi natürlich eine D30-Kalibrierung auf Maja bekommen hat, also die Steilheit im CMT nicht korrekt berücksichtigt wird, muss ich dazu etwa 12kHz Hub einstellen. Das macht aber nix. Wichtig ist nur, was hinten rauskommt und was der FMA anzeigt.

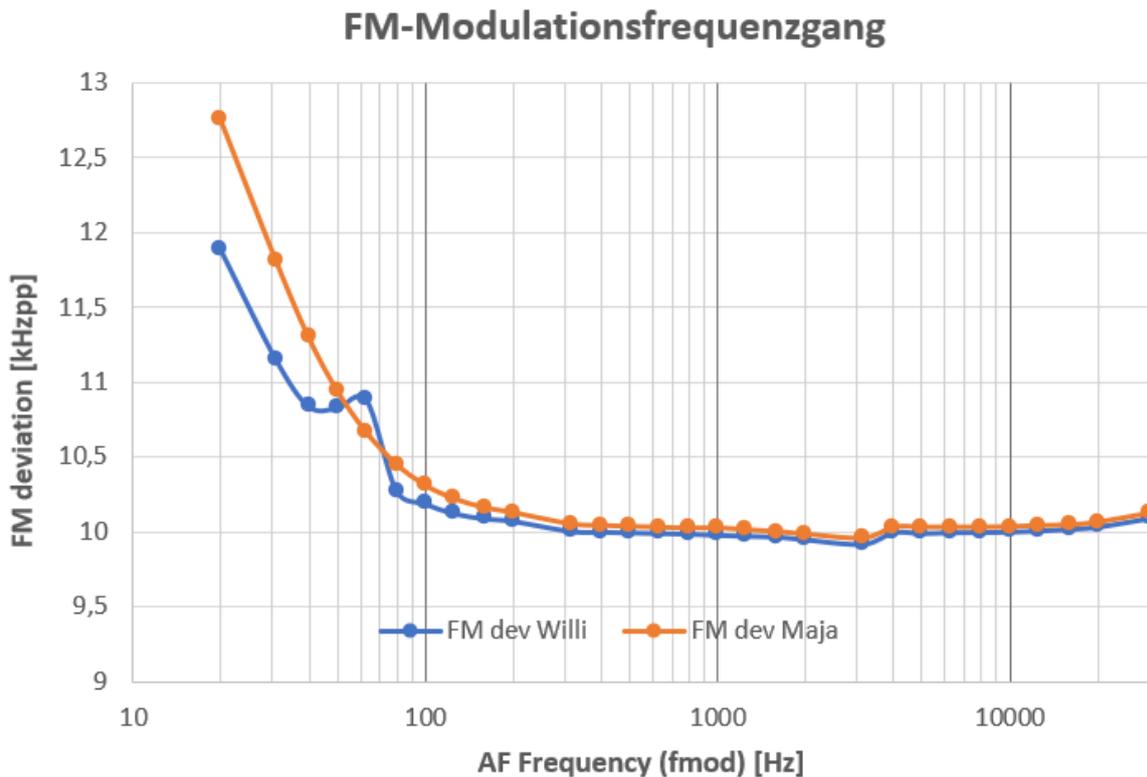
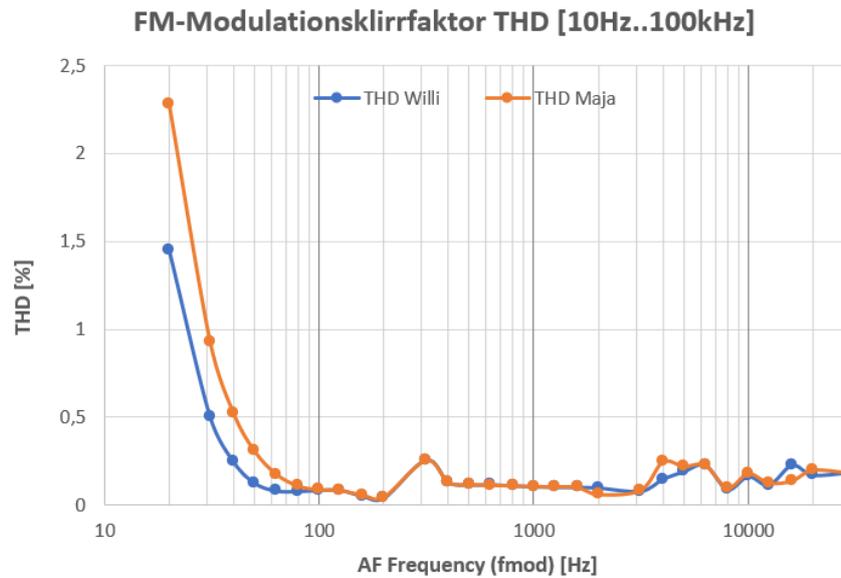


Abbildung 83: Modulationsfrequenzgang

Aha. Der Süße ist basslastig. Will sagen: der CMT scheint NF-Frequenzen unterhalb 100Hz deutlich zu betonen und ihnen mehr Modulationshub mitzugeben. Und das sowohl bei der Maja-Oszillatorkarte als auch bei Willi mit der Low-Rate-FM-Option. Dort ist die Basslastigkeit zwar weniger ausgeprägt, aber dennoch deutlich sichtbar! Ob der Knick bei 63Hz hier vielleicht der Welligkeit eines aktiven Tiefpassfilters geschuldet ist? Hmmmm...

Schauen wir uns einmal an, was der Klirrgang sagt:



**Abbildung 84: Modulations-Klirrfaktor**

Gemessen wird wieder mit dem R&S FMA als Demodulator. Dessen Klirrfaktormesser ist im Noisefloor so gut, dass er das Low-Distortion-Signal meines HP339A mit einer Anzeige von 0,001% im Display ausgibt. Das sollte für den Check des CMT reichen.

Die Messung begrenzender Faktor und somit der „Schwachpunkt“ ist hier allerdings eher der eingebaute Modulationsgenerator des CMT. Wie ich nachher noch einmal nachmesse, sinkt der CMT-Modulationsklirrfaktor noch einmal etwas, wenn ich nicht den internen Modulationsgenerator als Signalquelle verwende, sondern stattdessen extern mit dem HP339A modulierte. Ich habe kurz überlegt, ob ich die Messung daher noch einmal wiederhole, aber da wir selbst mit dem int. Modulationsgenerator Werte deutlich unter Spec messen (erlaubt sind lautn Datenblatt 1% THD!), machen wir uns hier keinen Kopp.

Es zeigt sich auch hier, dass Willi bei tiefen Frequenzen <100Hz einen etwas kleineren Klirrfaktor erzeugt als Maja.

Wie ist nun mein Fazit? Lohnt die SCM-U1? Was sind die Vor- und Nachteile?

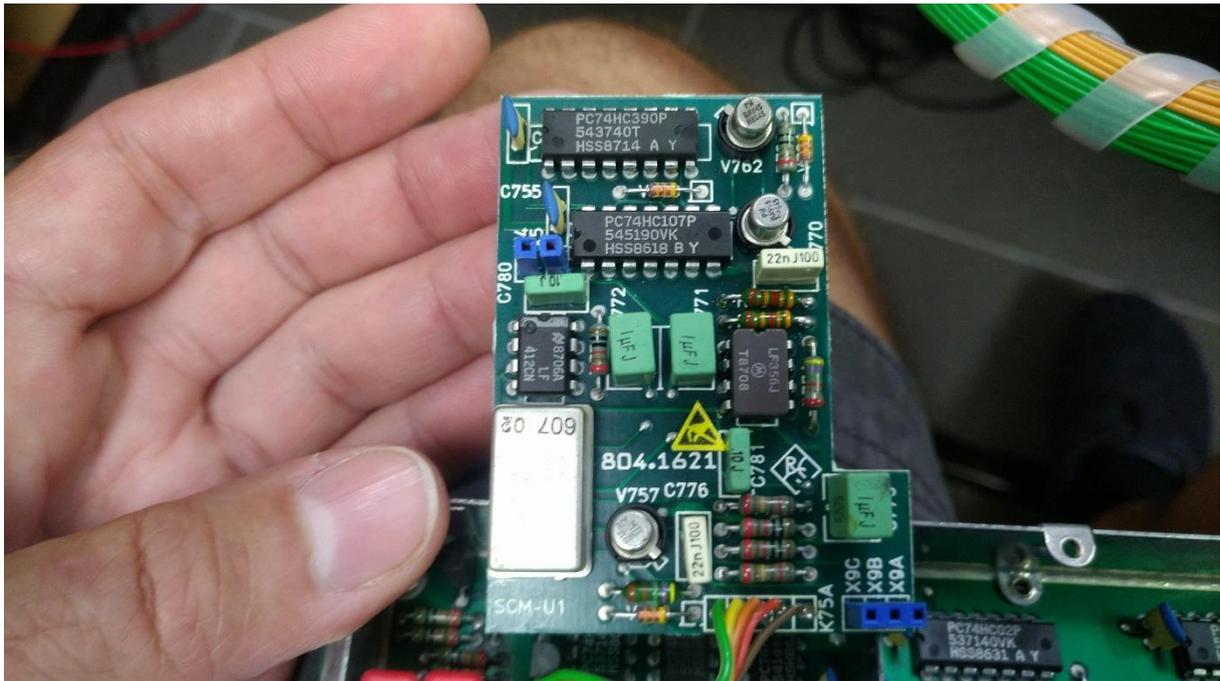


Abbildung 85: diese zusätzliche Leiterplatte im HF-Oszillator macht u.a. die Option "SCM-U1" aus

Das ist momentan für mich echt noch schwer zu sagen. Es scheint erst einmal so, also ob die Option SCM-U1 die Eigenschaften des Generators keinesfalls schlechter machen würde. Wir beobachten einen reduzierten FM-Störhub, einen etwas flacheren Modulationsfrequenzgang bei tiefen Frequenzen und insbesondere dort auch einen etwas verbesserten Klirrfaktor. Aber reißt es das jetzt wirklich raus? Ich meine, ob ich bei  $f_{\text{mod}}=20\text{Hz}$  nun 12,8kHz Hub erzeuge oder knappe 12kHz- auch so richtig „perfekt“ ist beides nicht, wenn ich eigentlich 10kHz eingestellt habe.

Was ich aber nun noch nicht ausprobiert habe, ist sowas wie Signal- oder Gruppenlaufzeit. Und genau hier könnte der eigentliche Sinn der SCM-U1 liegen, denn in einer der mir vorliegenden CMT Flyer-Versionen findet man dazu diesen Satz:

Für Rechteck-Modulation mit sehr kleiner Baud-Rate steht der ab Werk eingebaut lieferbare Umrüstsatz Low Rate FM SCM-U1 zur Verfügung, der eine Übertragung derartiger Signale mit minimaler Dachschräge zuläßt.

Abbildung 86: Auszug aus einem alten CMT Bildprospekt von Rohde&Schwarz

Das kann aus meiner Sicht Vieles heißen. Vielleicht auch sogar einen Allpass zur Laufzeitkorrektur von bestimmten Frequenzanteilen des Signals. Da kommt mir eine Idee: ich frage einfach mal den R&S Customer Service 😊



## 17 Ausgangsstufe

Als letzte Baugruppe kommt die Ausgangsstufe dran. Die ist in Maja eigentlich gar nicht kaputt, aber jetzt, wo ich den CMT58 nun schon so weit durchgeprüft habe, macht es keinen Sinn, sie im Aufarbeitungsplan zu überspringen.

Außerdem reizt mich auch die Ausgangsstufe von Willi, die mit dem Aufkleber „AM-Mod. außer Toleranz“ Aussicht auf viel Spaß macht.

Obwohl ich für die Ausgangsstufe aus der Vergangenheit bereits eine Menge eigener Aufzeichnungen habe (inkl. Wobbeln der Ausgangsfilter der Endstufe usw.), reicht es mir diesmal aus, mich auf die Tests aus dem Manual zu beschränken. Das sieht im wesentlichen einen Abgleich des AM-Modulators sowie den Pegelabgleich für die beiden Detektorenkreise (einmal >8MHz, einmal <8MHz) sowie die elektronische Eichleitung vor.

Ich verkabele die Output Unit also mit Verlängerungskabeln auf dem Labortisch und mache meine Prüfungen. Es zeigt sich dabei, dass ich beim angeblich defekten Willi gar keine Probleme finden kann! Die 80% AM-Modulationsgrad trifft Willi bis auf 0,02% genau!

Weil hier eben alles zu glatt läuft, schreibe ich nur kurz meine Messergebnisse zu den einzelnen Schritten des Manuals auf.

### 5.2.1 Pegel-Abgleiche

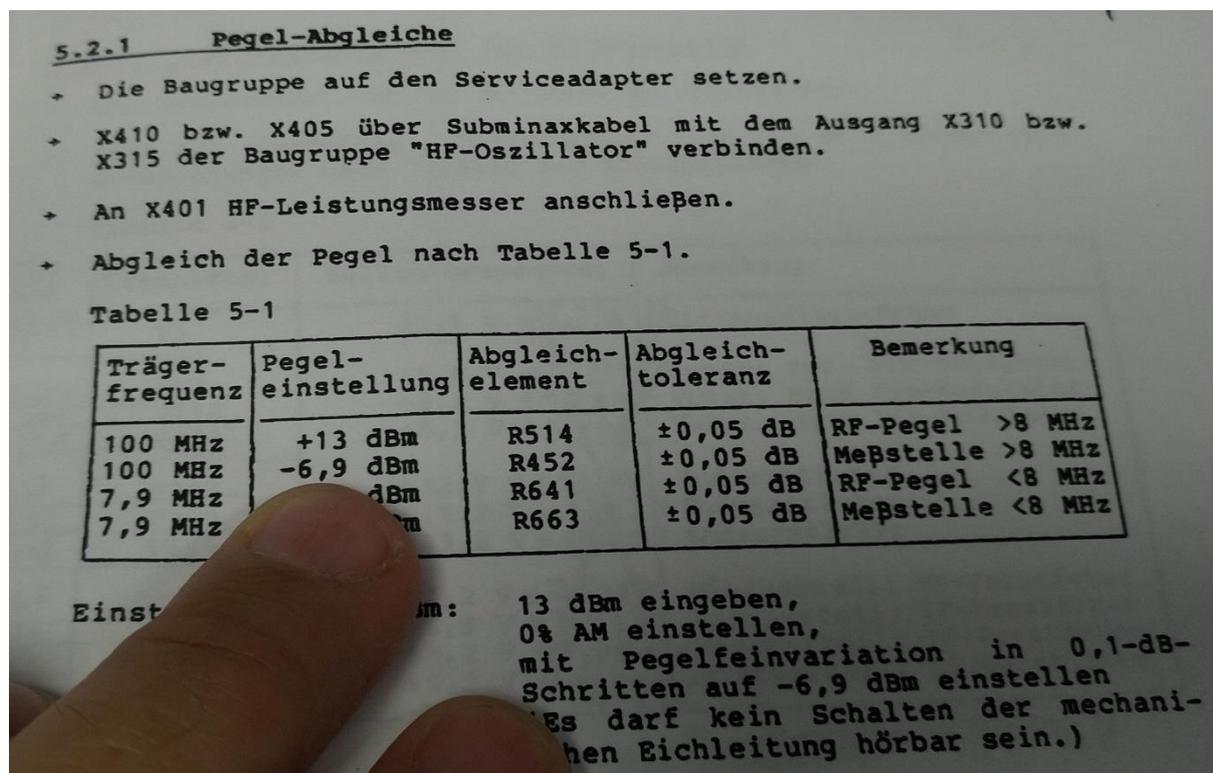


Abbildung 88: Auszug aus R&S Service Manual

100MHz, +13dBm (R514)

Willi: +13,01dBm (Korrektur um -0,07dB)

100MHz, -6,9dBm (R452)  
Willi: -6,91dBm (Korrektur -0,2dB)

7,9MHz, +13dBm (R641)  
Willi: +13,00dBm (Korrektur um -0,3dB)

7,9MHz, -6,9dBm (R663)  
Willi: -6,90dB (Korrektur um -0,4dB)

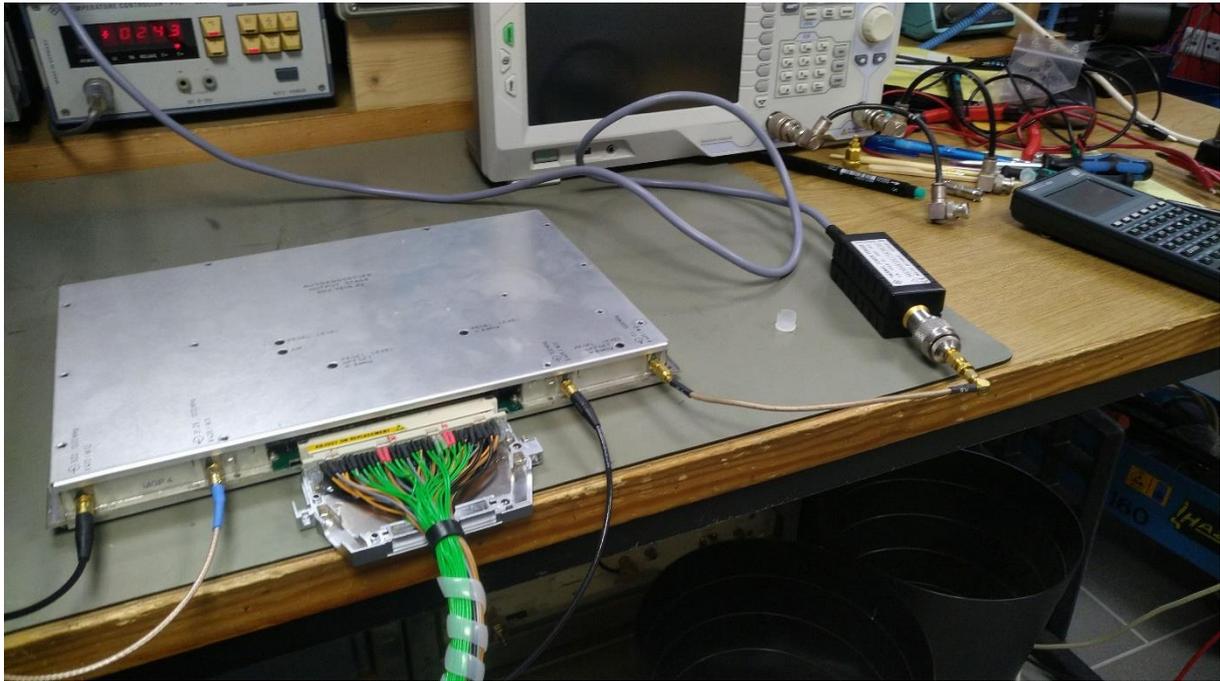


Abbildung 89: Messaufbau

### 5.2.2 Modulationsgrad

Messung mit R&S FMA an MainInput1 des CMT. Bandbreite FMA 20Hz..23kHz.  
Willi: anfangs 79,98%, nach Warmlauf 80,17%, THD = 0,228%

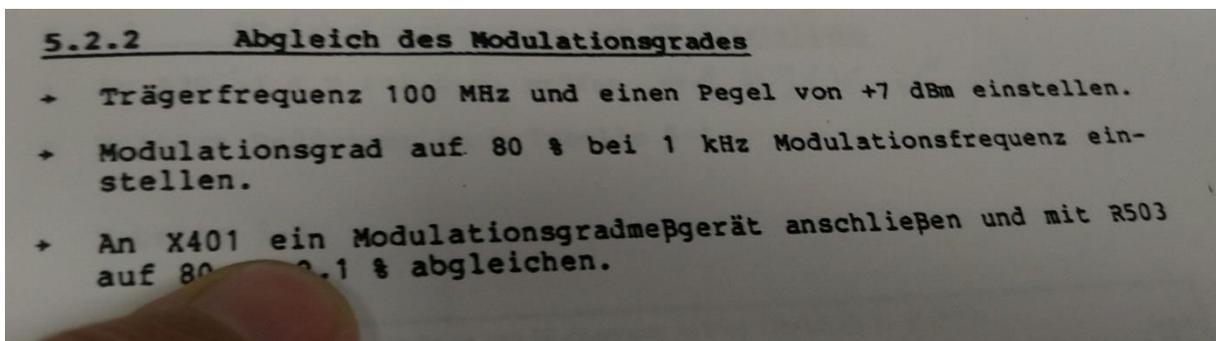


Abbildung 90: Auszug aus R&S Service-Manual



Abbildung 91: Modulationsgrad vorher bei Maja



Abbildung 92: hier noch ein wenig Finetuning...

Maja erreicht hier 80,06% mit nur 0,1% Klirrfaktor. Bestens.



Abbildung 93: der Aufkleber tut ihm unrecht: absolut kein Fehler zu sehen bei Willi!

### 5.2.3 Funktionsprüfung

Das Anspruchsvollste scheint die 1.Oberwelle bei  $f=1\text{MHz}$  zu sein. Laut Spec soll sie kleiner  $-30\text{dBc}$  ausfallen. Das schafft Maja mit knapp  $1\text{dB}$  Puffer und Willi mit ca.  $3\text{dB}$  Puffer. Bei höheren Frequenzen wird der Abstand immer größer, d.h. das Kriterium immer besser erfüllt. Also beide in Spec- wenn auch knapp.

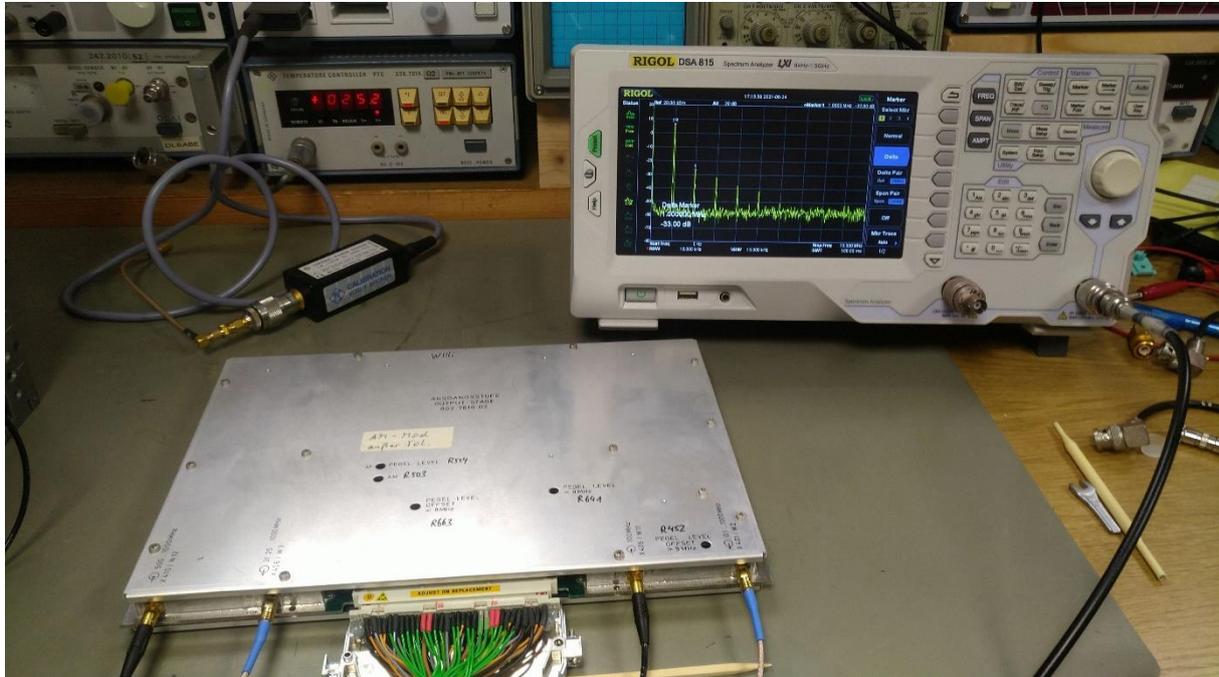


Abbildung 94: Messaufbau

#### Messungen @+7dBm:

Willi @ 1MHz:  $-33\text{dBc}$

Maja@1MHz:  $-30,5\text{dBc}$  (U an X24:  $-2,1\text{V}$ )

Willi@100MHz:  $-55\text{dBc}$

Maja@100MHz;  $<-63\text{dBc}$  (Messgrenze Rigol Spectrumanalyser bei RBW 3kHz), (U an X24:  $-2,0\text{V}$ )

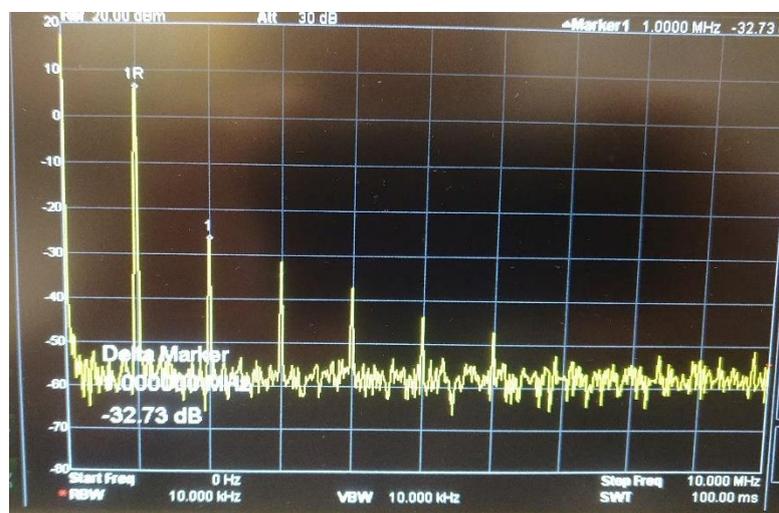


Abbildung 95: Oberwellenspektrum bei  $f=1\text{MHz}$

Wichtig bei der Messung: mit nur +7dBm Ausgangspegel messen, so wie es in der Anleitung steht. Bei +13dBm sieht es nämlich deutlich schlechter aus!

**Beispiel Messung +13dBm:**

Willi@1MHz/+13dBm: -8dBc nur noch!

Maja@1MHz/+13dBm: -7,5dBc! (U an X24: -1,64V)

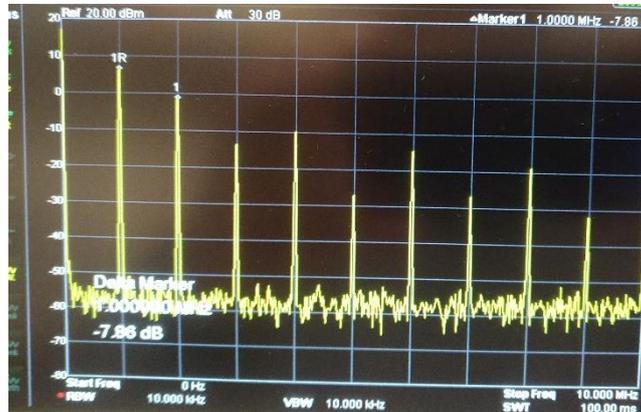


Abbildung 96: das ist wohl für die Geräte am Anspruchsvollsten: +13dBm bei f=1MHz

Willi@100MHz/+13dBm: -45dBc

Maja@100MHz/+13dBm: -52dBc (U an X24: -1,42V)

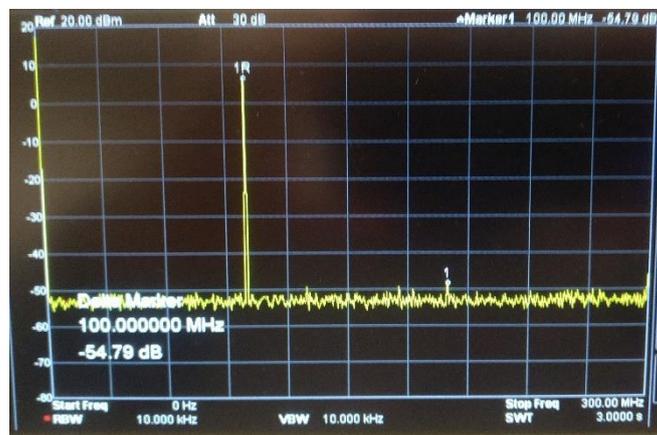


Abbildung 97: Spektrum bei +13dBm, aber f=100MHz

Tabelle 5-2

Frequenzbereich	DC-Spannung an X24 prüfen		
	bei 0 dBm	bei +13 dBm	bei +15 dBm
0,1... 500 MHz	-2,4...-1,8 V	-1,2...-1,8 V	-1,0...+0,5 V
500...1000 MHz	-2,3...-1,8 V	-2,2...-1,8 V	-1,2...+1,0 V

ALC-Regelspannen

Einstellung +15 dBm: Über AM-EXT pos. DC-Spannung von +1,41 V speisen und den Modulation 26 % einstellen (AM-DC).

Abbildung 98: Auszug aus R&S Service Manual

Beim Durchstimmen Maja von 1..1000MHz mit +13dBm, unmod:

U an X24 minimum: -1,04Volt (bei f=930MHz)

Maximum: -1,78V bei f=630MHz

Erlaubt sind laut Tabelle: -1,2V..-1,8V und -1,8V und -2,2V in zwei Bereichen

Formal ist Willi damit durchgefallen- allerdings habe ich da gerade viele lange Kabel am X401 angeschlossen, die die Messung wahrscheinlich kaputt machen.

Ich messe nochmal mit NRV-Z51 über kurzes Kabel an X401.

f=0,1..500MHz:

SOLL: zwischen -1,2 und -1,8V U an X24

IST Maja: zwischen -1,3V und -1,6V => ok

f=500MHz..1000MHz

SOLL: zwischen -2,2V und -1,8V

IST Maja: zwischen -1,1V (bei 930MHz) und -1,7V

Tja- ist Maja damit wirklich „außer Toleranz“?

Könnte sein. Möglicherweise hat der Endstufentransistor etwas mehr zu tun, weil auch meine ganzen langen Anschlusskabel die Leistung des Eingangssignals sicher etwas verkleinern. Das könnte auch zum Hochfahren der ALC führen. Solange die Ausgangspegel so stimmen und auch der Oberwellengehalt, würde ich mir daher hier aber keine großen Sorgen machen.

Achja: laut meiner Aufzeichnungen erreicht die ALC (=U an X24) maximal +5,6V für minimale Dämpfung. Ihr normaler Arbeitsbereich liegt bei etwa -2Volt. Will sagen: da ist noch Menge Puffer und Regelreserve vorhanden! Ein weiterer Grund, mir keine Gedanken machen zu müssen.

Zum Abschluss mache ich noch ein paar eigene Messungen an den anderen HF-Anschlüssen. Nur so zur Info, ob ich dort vielleicht irgendwelche Auffälligkeiten zwischen Maja und Willi entdecke.

**Pegel an X305 (100MHz):**

Maja: -22,2dBm

Willi: -22,0dBm

**Pegel an X302 (10MHz out):**

Maja: 10MHz, +0,5dBm

Willi: +0,2dBm

**Pegel an X304 (100MHz):**

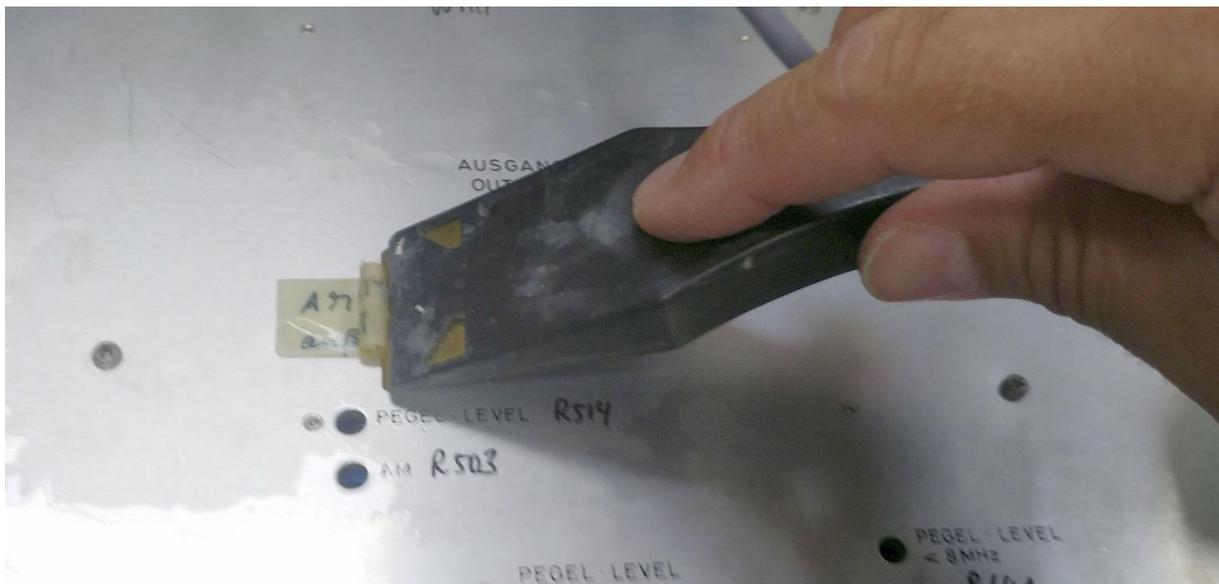
Maja: +0,4dBm

Willi: +0,3dBm

Jupp, das sieht alles gut aus.

**Fazit**

Tja, was soll ich sagen: manchmal ist es im Leben anders, als man denkt. An Maja habe ich Auffälligkeiten gefunden, wo ich keine erwartet hatte, dafür zeigt sich dann Willi deutlich freundlicher als gedacht. Irgendwie scheint es sich im Leben immer auszugleichen, was meint ihr?



**Abbildung 99: ob formal nun knapp in Toleranz oder nicht: den "defekt"-Aufkleber auf Willis Ausgangsstufe kann ich wohl trotzdem herunterkratzen :-)**

## 18 finaler Abgleich der Ausgangsstufe

Wie jetzt- ich denke, das haben wir schon fertig?

Eigentlich ja. Zumindest nach Manual. Wer mich aber kennt, der weiß, dass ich mir hin und wieder herausnehme, nicht stur nach Manual zu arbeiten, sondern auch meinen eigenen Kopf einzuschalten. Und der sagt mir: es ist schön und gut, wenn das Manual meint, dass man den Pegelabgleich am Anschluss der HF-Ausgangsstufe machen soll. Nur: den HF-Pegel nachher abgreifen und irgendwo einspeisen tut man ab der N-Buchse des CMTs vorne an der Front. Also muss man doch eigentlich auch da messen, oder?

Immerhin ist zwischen der Ausgangsstufe und der vorderen N-Buchse nicht nur einige HF-Leitungen verlegt, sondern auch die mechanische Eichleitung! Selbst wenn die im Empfängertest auf "Durchzug" gestellt ist, wird die sich trotzdem nicht komplett "transparent" im Leitungspfad verhalten können. Sprich: da müssen ggfs. Leitungsverluste und Frequenzgang kompensiert werden. Und so ist es auch! Denn:

In Kapitel 4 des Service-Manuals findet man eine kurze Zusammenfassung aller Abgleichstellen im CMT. Lustigerweise steht an dieser Stelle etwas, das in den Detailunterlagen zum Modul selbst aber nicht beschrieben steht:

### 4.3.4.1 Pegelabgleiche

**Einstellungen:**

- + Empfängertest
- + Frequenzen nach folgender Tabelle
- + Geforderten Pegel einstellen
- \* Pegel über Handrad einstellen

Frequenz	Pegel	Abgleich- element	Abgleichwert
100 MHz	+13 dBm	R514	13 dBm $\pm 0,05$ dB
* 100 MHz	-16,9 dBm	R452	-6,9 dBm $\pm 0,05$ dB
7,9 MHz	+13 dBm	R641	13 dBm $\pm 0,05$ dB
* 7,9 MHz	-16,9 dBm	R663	-6,9 dBm $\pm 0,05$ dB

**Abgleichpunkt:** + X401 oder Buchse RF IN/OUT an der Frontplatte

Den Pegel v. 13 dBm bei 1 GHz und 330 MHz vergleichen und mit R514 ausmitteln.

Abbildung 100: Auszug aus Kapitel 4 des Service Manuals zum CMT

Den Abgleich von Ausgangspegel im Hi- und Low-Pfad (100MHz und 7,9MHz) sowie die elektronische Eichleitung findet man hier auch. Aber zusätzlich auch einen Hinweis, dass man den Pegelfehler zwischen 330MHz und 1000MHz vermitteln sollte! Fragt mich nicht, weshalb ausgerechnet bei 330MHz. Und fragt mich auch nicht, warum man vorher bei 100MHz eine Justierung macht, die dann mit dem Satz darunter gleich wieder "vernichtet" wird, aber so steht es dort. Und- das muss man auch wissen!- wenn man an R514 dreht, muss man im zweiten Schritt auch R641 nachjustieren!

Ich mache mir also mein eigenes Abgleichkonzept. Ich baue die HF-Ausgangsstufe in Maja ein und verkabele sie so, wie sie auch ganz normal betrieben wird. Dann lasse ich Maja eine halbe Stunde warmlaufen.

Dann schraube ich meinen genauesten Messkopf (NRV-Z51 Thermistormesskopf) an die N-Buchse von Maja und spiele obige Abgleichtabelle noch einmal durch. Dabei zeigt sich, dass im Innern des CMTs bis zu N-Buchse tatsächlich ein paar kleine Zehntel-dB hängen bleiben, die es jetzt zu kompensieren gilt!

Danach mache ich das beschriebene Vermitteln des Frequenzgangfehlers- aber über den gesamten Bereich und nicht nur 330/1000MHz. Ich starte im KW-Bereich und vergleiche bis 1000MHz. Am Ende habe ich bei tiefen Frequenzen (z.B. 30MHz) etwa 0,3dB weniger Pegel und bei hohen (1000MHz) etwa knappe 0,5dB mehr. Ich würde sagen, damit ist der Pegelfehler gut vermittelt. Ich gleiche den Low-Bereich (7,9MHz) noch nach, weil das Verdrehen des Hi-Potis nicht rückwirkungsfrei auf das Low-Poti ist. Dann checke ich noch die elektronische Eichleitung- passt.

Das unterste Poti für die Low-Messstelle ist im eingebauten Zustand ein wenig schwierig zu erreichen. Hier habe ich die Klinge eines Abgleichwerkzeugs einzeln herausgezogen und mit beiden Händen so lange gepokelt, bis ich das Poti greifen und verstellen konnte. Ist etwas hakelig, zugegeben, aber es geht!

Somit ist auch der Abgleich der Ausgangsstufe abgeschlossen.

## 19 Was bleibt noch?

Wenig. Die Griffe. Die vereinfachen das Handling beim Transport, aber haben sonst natürlich keinen Einfluss auf die Einsatzbereitschaft von Maja.

Und es bleibt die Überlegung, ob man vielleicht den Nachbarkanalleistungsmesser wieder in Maja mit einbaut. Er gehört zwar nicht zum Standardumfang eines CMT58, jedoch war er als Option in Maja eingebaut worden und Nachbarkanalleistung messen zu können ist auch nicht ganz schlecht- gerade weil der NKL-Zusatz nicht nur das alte 25kHz, sondern auch das im Amateurfunk verwendete 10 und 12,5kHz-Raster beherrscht.

Den Cellular-Network Simulator jedoch, der einen CMT54 eigentlich erst zu einem CMT58 macht, baue ich aus! Das ist nur zusätzliche Belastung für das Netzteil und zusätzliche Wärmelast im Gerät. Benutzen werde ich das eh nicht, denn C-Netz-Telefone braucht heutzutage (=Juli 2021) nun wirklich niemand mehr! Also raus damit und ab unter der Garagentreppe\*

\* meine Garagentreppe ist nach dem Umbau im Haus hier bei uns quasi die "neue" Kellertreppe! ;-)

Was schön wäre, wäre natürlich eine Duplex-Option und ein 2. NF-Generator für SSB-Modulationen. Hätte ich die hier irgendwie herumliegen, würde ich sie Maja spendieren. Aber vielleicht liest ja irgendwann jemand diesen Bericht hier, der mir so eine Option für einen fairen Preis anbieten möchte- dann also nur keine Scheu ;-)

## 20 Wie also weiter?

Wir bauen Maja erst einmal ordentlich zusammen und korrigieren alle ihre Kalibrierungen (D1, D2, D30). Wie das geht, habe ich ja schon weiter vorn geschrieben. Bei den Kabeln und Leitungen während des Zusammenbaus gebe ich mir etwas Mühe, denn der Platz unter dem Modulen im CMT Mainframe ist durchaus begrenzt und eine ordentliche Leitungsführung hilft dabei, unnötiges Wirrwarr zu vermeiden.

## 21 Nachbarkanalleistungsmesser CMT-B6

Nachdem Maja vollständig zusammengebaut und getestet wurde, rüste ich noch den NKL nach. Das Manual gibt Aufschluss darüber, welche Leitungen genau wie abzuändern sind, um den CMT-B6 ordnungsgemäß in Betrieb zu nehmen.

(Kapitel 3).

### 2.5.3 Nachbarkanalleistungsmesser (CMT-B6)

Das Gerät öffnen. Die Option wird auf den Steckplatz X55 (Farbmarkierung schwarz) aufgesteckt; ist die Option DTMF-Auswerter (CM-B11) eingebaut, so wird der Nachbarkanalleistungsmesser (NKL) auf diese Option aufgesteckt. Die Verkabelung der Baugruppe erfolgt nach folgendem Schema (siehe auch Verdrahtungsplan in der Abdeckung).

Kabel	von	zu	entfernen	neu legen
W16	Analogteil, X609	Analogteil, X607	x	-
W20	Analogteil, X606	Option NKL, X918	-	x
W24	Analogteil, X607	Option NKL, X916	-	x
W21	HF-Oszill., X304	Option NKL, X911	-	x
W23	Analogteil, X609	Option NKL, X917	-	x

..

**Abbildung 101: Einbauanleitung für den CMT-B6 (Quelle: R&S Bedien-Manual zum CMT)**

Nach dem Herstellen der notwendigen Verbindungen funktioniert der NKL sofort und ohne Murren! Maja ist damit um eine sinnvolle Funktion erweitert worden.

## 22 Zwischen-Fazit

Jeder normale Mensch hätte sich jetzt über den Erfolg gefreut, Maja noch ein paar Stunden verliebt bewundert und dann vielleicht zufrieden und mit einem wohligen Gefühl für den nächsten Einsatz ins Regal gestellt. Vielleicht hätte man noch die Tragegriffe neu bestellt oder das Gehäuse nochmal übergewischt, aber im wesentlichen war doch alles super so.

Warum nur! Warum nur habe ich es nicht dabei belassen!

Aber nein- Michalzik muss ja wieder übertreiben!!!

Geblendet von der Unvernunft, auch Willi wieder an den Start zu kriegen, mache ich einen folgenschweren Baugruppentausch und dann werde ich auch noch Maja mit einem 15W Amateurfunkgerät in den empfindlichen IN2-Eingang den "Rest" geben.

Wer jetzt trotzdem weiterlesen will, der sei wenigstens gewarnt.



Abbildung 102: Vorgucker: "jubeln" tun heute leider die anderen...

Die Geschichte startet wie folgt:

## 23 Maja ohne Willi?

Was ist denn nun aber mit Willi?

Hmmm....Stapelschrott-Willi war ja damals von Funkfreund Martin gekauft worden, um für seinen CMTA damals als Ersatzteilsponder fungieren zu können. Da ein CMT allerdings deutlich weniger baugleiche Module als gedacht verbaut hat und sich die beiden Sprösslinge der CMT-Familie teilweise doch recht stark voneinander unterscheiden, blieb Willi größtenteils unangetastet. Lediglich ein IC (74LS155), einen Transistor (2N2222) und ein 5V-Reed-Relais aus der Digital-Unit müsste man nachsetzen, um Willi wieder komplett zu machen. Und natürlich den DA-Wandler AD7520, den ich selbst ja erst kürzlich für Maja ausbauen musste.

Aber ob damit Willis Herz mit einem bloßen Nachstecken dieser Bauteile bereits wieder schlagen würde? Ungewiss. Aber nicht unmöglich!

Wie ist denn überhaupt der aktuelle Stand von Willi? Wir benutzen mal drei Kategorien: **Heile, unklar und defekt.**

**Heile**, da im Rahmen der Maja-Restauration schon mit repariert bzw. abgeglichen:

- Analog Board
- HF-Oszillator
- Ausgangsstufe

**Status unbekannt:**

- Frontplatte (Tasten, LC-Displays)
- Netzteil
- Digital Board

mit "**defekt**"-Aufkleber versehen:

- Modulationsgenerator
- Eichleitung
- NKL

Tja, für die defekte Eichleitung habe ich im Internet für 71€ ein gebrauchtes, aber (angeblich) funktionierendes Ersatzteil finden können. Also käme die diese "neue" Eichleitung mit zu den "Heile"-Sachen.

Damit ist dann der als "defekt" beklebte Modulationsgenerator zu reparieren. Nun, das ist normale NF-Technik und ein wenig Digitalkrams. Das sollte mit vertretbarem Aufwand zu machen sein! Der ebenfalls "defekte" NKL ist Sonderausstattung und wäre zum Aktivieren von Willi nicht notwendig, sondern allenfalls optional.

Dass die Frontplattenelektronik kaputt ist, halte ich für unwahrscheinlich. Die LCDs sind jedenfalls nicht gesplittert oder zerbrochen und auch Luft scheinen sie nicht gezogen zu haben. Mechanisch scheint auch alles in Ordnung. Ein Oszi hat Willi nicht- und was er nicht hat, kann auch nicht kaputt gehen.

Somit bleiben einzig das Netzteil und das Digitalboard als Risikobaugruppen übrig. Beim Netzteil kann sich Martin erinnern, dass es testweise sogar mal gestartet hatte. Ohne Digitalunit kann ich das zwar (noch) nicht ausprobieren- momentan steht und fällt wirklich alles mit der Digitalunit.

Was also machen?

**Wir wagen es!\***

Ich schnappe mir Willis digitales Herz (Digitalbaugruppe) und säubere die Stelle, wo die Batterie ausgelaufen und die Umgebung etwas angegriffen hat. Glücklicherweise haben damit nur das Abschirmblech und die Anschlussleisten für IEC-Bus und Ablaufsteuerung (die Willi sowieso nicht hat) etwas unter Oxidation gelitten. Ich flute die Stellen mit Leiterplattenreiniger und bürste die Stellen danach so gut ab, wie es geht. Es scheint so, dass ich Glück im Unglück hatte: die Batteriesäure scheint die Leiterplatte nicht groß angegriffen zu haben, sondern nur das Gehäuse und ein paar Lötstützpunkte. Denn wenn sie im Innern der Leiterplatte irgendwelche Bahnen durchgefressen hätte, wäre es deutlich schwer geworden mit der Reparatur.

Ich bestelle also einen neuen 74LS155 und löte aus meiner Bastelkiste den 2N2222 und das ebenso vorrätige 5V-Relais wieder ein. Der ursprünglich eingebaute 6V/2200 $\mu$ F-Elko sieht an den Anschlüssen etwas lädiert aus, ist elektrisch aber noch völlig in Ordnung, daher kann er erstmal drinbleiben, bis wir Ersatz bestellt haben.

Was nun fehlt, ist einzig und allein der DA-Wandler und der 74LS155. Beide sind bestellt, aber noch nicht geliefert. Mann, was bin ich gespannt, ob das Digitalboard damit funktionieren wird!

**\* Bitte nicht!!! Aber ich höre mal wieder nicht auf mich selbst....**

## 24 Das Unheil nimmt einen Lauf

Es ist der 29.Juni 2021. Heute passieren zwei nennenswerte Dinge:

1. Der Postbote bringt mir mein Päckchen mit den 74LS155.
2. Die Deutsche Nationalelf steht beim Fußball im Achtelfinale gegen England.

Sowohl ich als auch die Fußballer werden heute schmerzvolle Niederlagen einstecken müssen. Um etwa 17Uhr weiß das aber noch niemand. Weder Bundestrainer Jogi Löw noch ich. Wir beide träumen noch von Erfolg. Meiner wird um 17:55Uhr vernichtet, der von Jogi nur 2 Stunden später. Aber beginnen wir mit der Geschichte.

Der Tag beginnt bei mir ganz "normal". Noch immer von Corona und homeoffice bestimmt, starte ich etwa 07:40Uhr meinen Arbeitstag und arbeite mich durch mehrere Meetings und eine (digitale) Betriebsversammlung. Zum Mittagessen kommt Sohn Max aus der Schule. (Heute kein Hort, weil er sehnsüchtig auf sein bestelltes Spielzeug wartet und es gar nicht erwarten kann, ob das Paket nicht vielleicht schon angekommen ist.). Das Paket bleibt aus und die erste Enttäuschung des Tages ist perfekt.

Nachmittags dann ein Workshop - natürlich auch virtuell. Der Postbote klingelt, bringt aber nicht das Spielzeug für den Sohn, sondern die Packung mit den bestellten 74LS155. Papa freut sich, der Sohn seufzt. Es wird nicht der einzige Seufzer bleiben, den unser Haus heute hören wird.

Kurz vor 17Uhr, der Workshop ist zu Ende, ich melde mich ab, denn eigentlich ist heute wieder Schwimmen angesagt. Sohn Max hat aber schon das Wohnzimmer mit Fußballbildern vollgeklebt und hüpfte nun erwartungsvoll auf dem Sofa auf und ab und schlägt mit groß aufgerissenen Kinderaugen vor, lieber gemeinsam Fußball gucken zu wollen!

Nenne mir jetzt einen Vater (oder Mutter), der/die da nicht weich wird.

Also bleibt die Schwimmflasche im Schrank, Mama steckt Gemüsespieße für's Halbzeitgrillen, und der Sohn bereitet Spielezettel für "Tick-Tack-Tuck" vor (es heißt eigentlich "Tic-Tac-Toe", aber ihm hat noch nie jemand gezeigt, wie man es schreibt ;-)), falls es während des Fußballspiels mal langweilig werden sollte und man eine Runde spielen wolle.

Sehr gut, dann habe ich noch eine Stunde Zeit, um Willi anzustarten.

Und damit geht es los.

### 17:05Uhr:

Ich stecke die 74LS155 in Willis Digitalbaugruppe und baue sie in Willi ein. Weil die aber nicht ohne einen Systemtakt funktioniert, stecke ich eine (funktionstüchtige) AnalogUnit mit dazu und schließe den Systemtakt an.

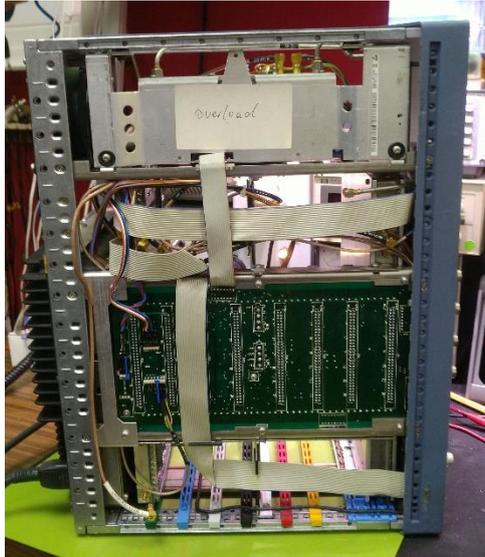


Abbildung 103: Willi wird vorbereitet für das "große Erwachen"

**17:08Uhr:** ich drücke auf den Power-Knopf.

Die Standby-LED verlischt, der Netzteil Lüfter fährt langsam hoch, aber sonst tut sich nichts. Stromaufnahme aus dem 230V-Netz sieht ok aus.



Abbildung 104: glimmende Standby-LED

Also Multimeter raus, Netzteilspannungen geprüft: alle ok!! Super!!!

**17:15Uhr**

Weil die Spannungen alle stimmen, wage ich es: ich baue die (noch) funktionierende Digitalunit aus Maja aus und stecke sie in Willi. ich will wissen, ob die Frontplatte von Willi damit irgendetwas Sinnvolles anzeigt!

**17:25Uhr**

Der Umbau ist gemacht, ich drücke den Start-Knopf.



Abbildung 105: erste Lebenszeichen von Willi!

Willi startet hoch und zeigt tatsächlich Leben auf der Frontplatte!  
"SELFTEST", dann "CMT- ok". Ich sagte ja bereits, dass der Selbsttest beim CMT nicht viel taugt.

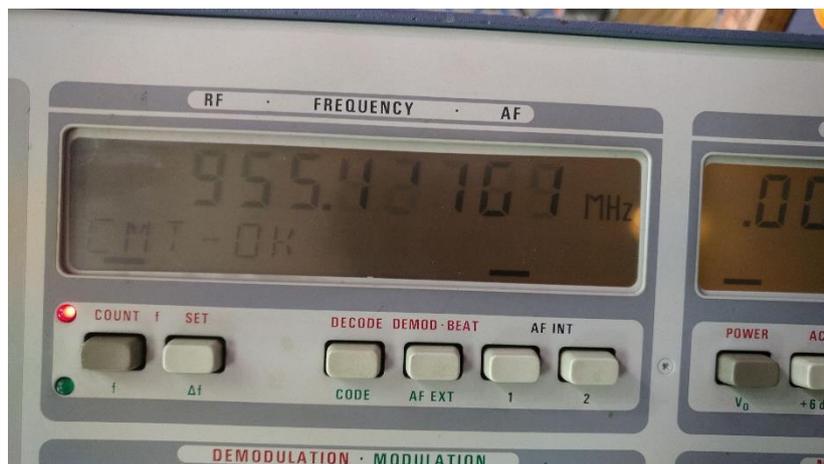


Abbildung 106: selbst mit noch 3 fehlenden Modulen im Bauch hält sich Willi trotzdem für "gesund"

Außer dass eine einzelne LCD-Beleuchtungslampe defekt ist, scheint an der Frontplatte tatsächlich alles in Ordnung zu sein! Die Knöpfe reagieren, ich kann Eingaben machen und mit "50113 SPEC" zeigt er mir auch brav, dass er aktuell keine Optionen eingebaut hat ("0 0 0 0"). Auch der Masterreset "99 SPEC" löst brav aus und bewirkt einen kontrollierten Neustart.

Ich bin verzückt!

Noch.

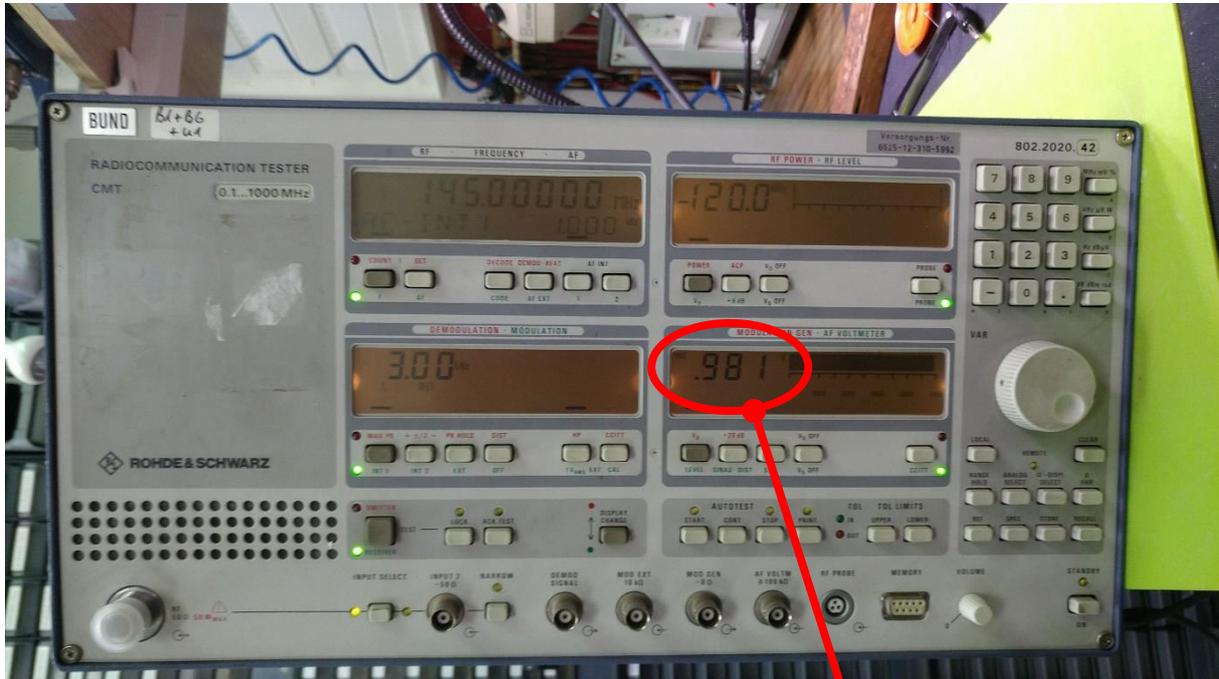


Abbildung 107: man beachte das da...

### 17:30Uhr

Ich beschließe den Rückbau der Digitalunit in Maja und als nächsten Schritt die Inbetriebnahme der eigenen Willi-Digitalunit. Wie ich ja jetzt weiß, erwacht Willi mit meiner funktionierenden Digitalbaugruppe durchaus zum Leben und auch das Netzteil sowie Frontplatte scheinen beide ok zu sein! Das ist doch eine tolle Erkenntnis.

Dass im Display des Analog-Voltmeters eine "0.981V" steht (selbst bei offenem Eingang), bemerke ich zwar, macht mir aber (noch) keine Sorgen.....

**17:40Uhr**

Die Katastrophe naht. Der Rückbau von Majas Digitalunit in Maja ist fertig, ich schraube alles zu und eher routinemäßig drücke ich nochmal Majas Start-Taster. Ergebnis: Sie startet, aber sämtliche Analogwerte scheinen "im Arsch"! Wieder sehe ich die "0.981V" im NF-Voltmeter- obwohl kein Signal an Maja anliegt!

**17:45Uhr**

Mir wird flau im Magen, ich werde hibbelig und der Puls steigt!

**17:47Uhr**

Das Unheil nimmt seinen Lauf. Aber noch kann ich klar denken. Um zu testen, ob nur ein einziger Analogkanal von dem Defekt betroffen ist oder ob andere Quellen auch "spinnen", will ich den HF-Leistungsmesser probieren. Ich nehme mein Icom IC-260E Amateurfunkgerät und sende in kleiner Leistung in den CMT58 es kommt keine Anzeige, sondern nur "000 W".

**17:50Uhr**

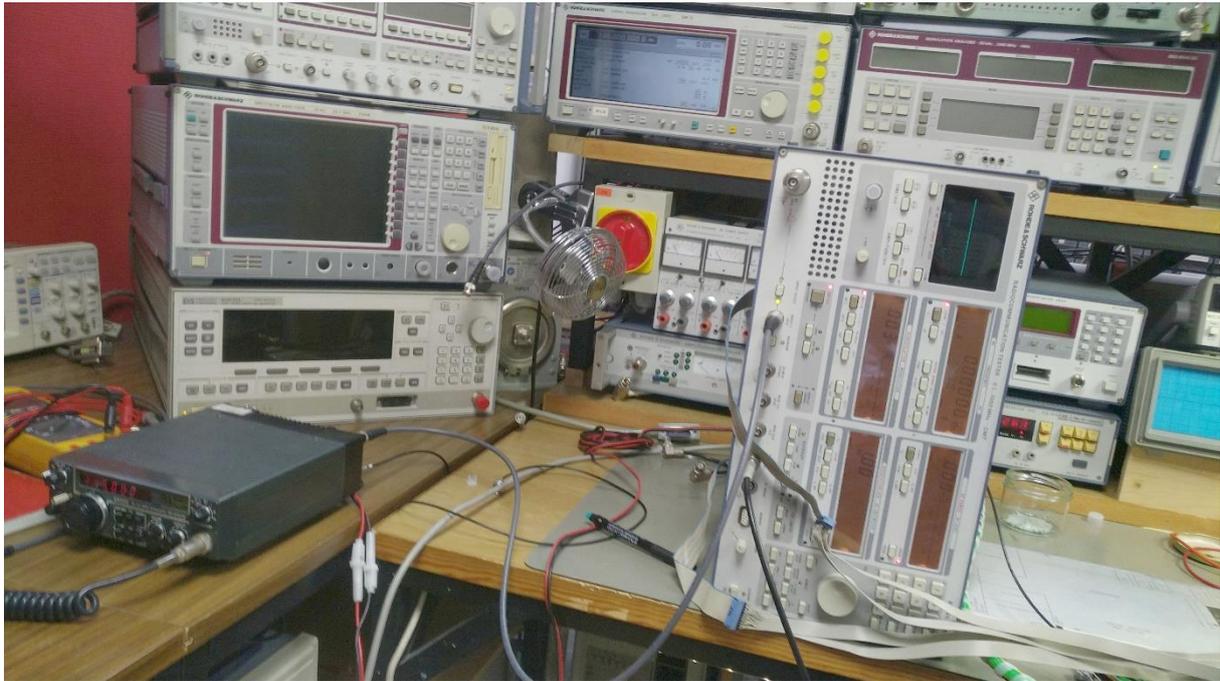
Ich speise ein Testsignal mit dem R&S SME03 Signalgenerator von 100MHz und 0dBm in den Eingang 2 ein und will wissen, ob er wenigstens demoduliert.



Abbildung 108: bekanntes Bild: Maja mit per Service-Adapttern angeschlossener Digital-Unit

**17:52Uhr**

Das tut er. Aber die Anzeige klettert wieder so in "Etappen", wie ich das anfangs schon einmal hatte! Also wieder das Funkgerät dran, aber diesmal mit großer Leistung, um über diese "Etappe" drüber zu kommen. 15W HF sollten dafür ausreichen.



**Abbildung 109: Suchbild: was ist hier falsch?!?**

**17:53Uhr**

Ich sehe noch immer keine Leistungsanzeige.

**17:53Uhr und 10 Sekunden**

Ich stelle fest, dass ich gerade mit knappen 15W HF in den empfindlichen Eingang2 reingesendet habe.

**17:53Uhr und 12 Sekunden**

Das Haus hört heute den zweiten, großen Seufzer des Tages.



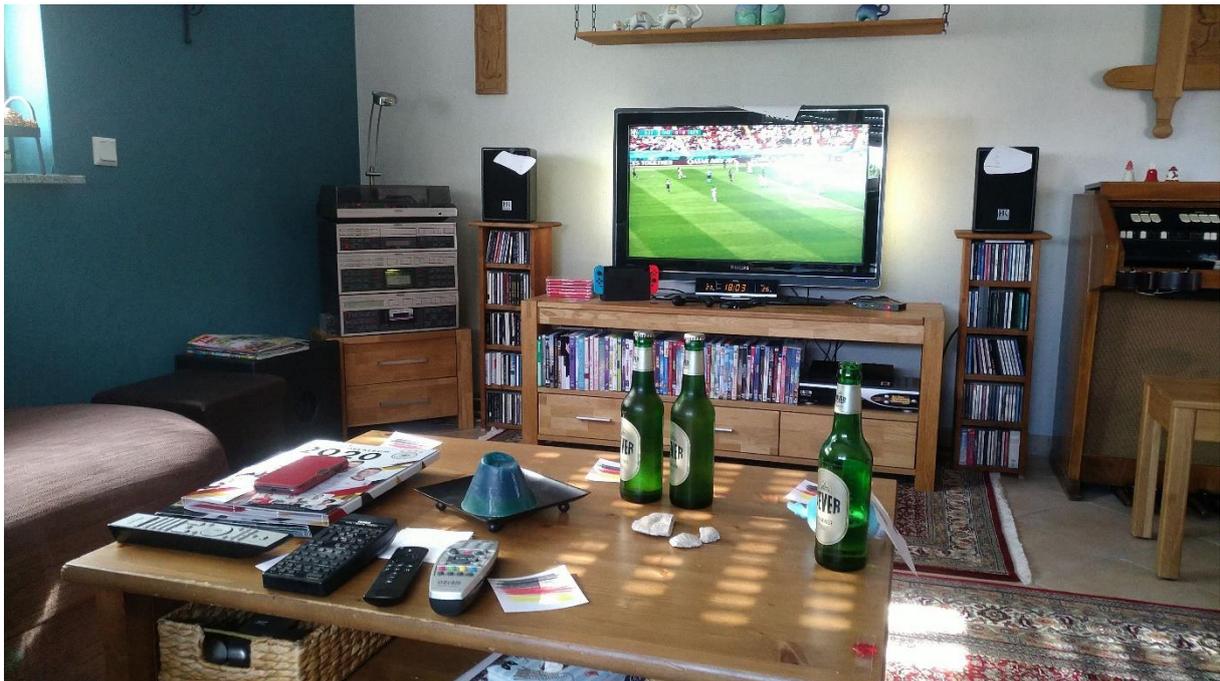
Abbildung 110: Ohje...

**17:55Uhr**

Ich mache ein Verzweiflungsfoto. Da nach meinem Senderversuch in Input2 definitiv nun GAR keine Anzeige mehr funktioniert (weder Input1 noch Input2), breche ich jetzt ab und beschließe, mich jetzt nur noch Fußball zu gucken und mich dabei stumpf zu betrinken.

**18:00Uhr**

Das Spiel startet. Ich sitze mit mehreren Flaschen Bier und Schaltplänen der Analogbaugruppe auf dem Sofa.



**Abbildung 111: Fußball-Frustabend- Sohn Max hat geschmückt und überall Zettel bemalt und verteilt**

### **18:03Uhr**

Dem Sohn wird langweilig, weil Deutschland noch kein Tor geschossen hat und will mit uns das eigens vorbereitete "Tick-Tack-Tuck" spielen. Wir lehnen noch ab. Ich bestelle per Handy im Internet alle passiven und aktiven Bauelemente entlang des HF-Signalfads durchweg von der IN2-Buchse bis hin zum Mischer.

### **18:45Uhr**

Halbzeit. Wir grillen unser Gemüse. Ich wünsche mir insgeheim Schweinebauch und eine heile Maja. Jogi wünscht sich wahrscheinlich insgeheim Maradonna und Ronaldo. Aber keiner unserer Wünsche wird heute erfüllt.

### **ca. 20Uhr**

Deutschland verliert 0:2 gegen England. Der Sohn heult, weil sein Lieblingsfußballer Thomas Müller am Ende noch daneben geschossen hat. Ich heule, weil man die Dioden HP5082-3081 so gut wie nicht mehr nachbekommt. Mama heult, weil ich mich ihrer Ansicht nach nicht ernst genug auf das Fußballspiel konzentriert habe.



**Abbildung 112: noch jemand, der heute genauso gefrustet ist, wie ich...**

Jogi Löw heult heimlich wahrscheinlich auch gleich.



**Abbildung 113: Nein, noch bleibt er stark.**

Was für ein F... Tag.



**Abbildung 114: Auch er hat gleich nicht viel Gutes zu verkünden. Hoffentlich wird der morgige Tag besser!**

## 25 Hoffnungsschimmer

Am Ende will sich der Tag aber doch noch mit mir versöhnen. Nachdem die Rückflugtickets für die deutschen Fußballer gebucht sind, zieht es mich doch noch einmal in den Keller. Ohne ein kurzes Aufschrauben der Analogbaugruppe und Checken der Schwellspannungen an Dioden und Transistoren im Signalweg werde ich heute sonst keinen Schlaf finden.

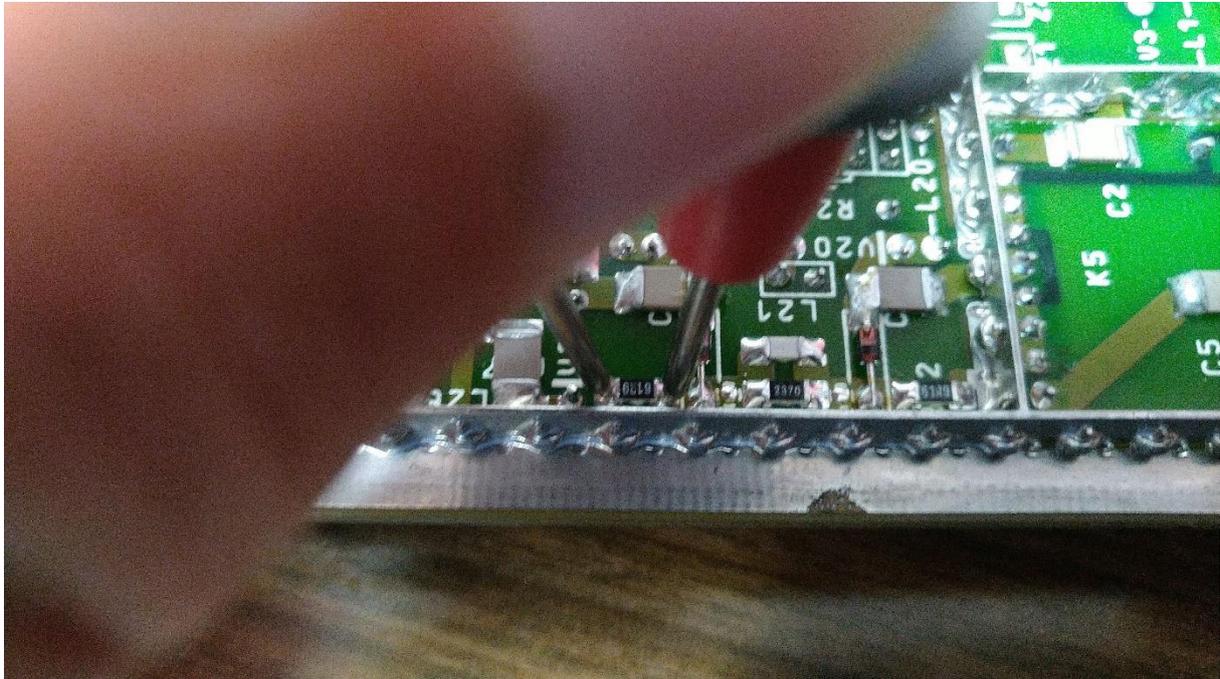


Abbildung 115: R22 und R24 mit 61,90Ohm...eigentlich...



Abbildung 116: naja, vielleicht kann ich heute ja doch noch hoffnungsvoll einschlafen

Genauso wie Wetterblitze, so sucht sich ja auch die HF normalerweise immer den direkten Weg zur Masse. Und wenn man dem Signalpfad von der Input2-Buchse folgt, so begegnet man direkt hinter dem Umschaltrelais zuerst einem schaltbaren 20dB-Dämpfungsglied, das u.a. auch zwei 61,90Ohm Widerstände gegen Masse aufzuweisen hat. Unwiderstehlich für Blitze und auch für 15W HF bei 145MHz.

Noch am Abend bestätigt mir mein Multimeter den Tod dieser beiden Bauteile. Und ansonsten nur Diodenstrecken mit gesund klingenden 0,7V Diffusionsspannung. Sollte ich nochmal Glück im Unglück gehabt haben?

## 26 Ein neuer Tag

So trüb, wie der Tag für mich und tausende deutscher Fußballfans gestern auch war, so haben wir mit jedem neuen Sonnenaufgang auch die Chance, dass irgendwas besser wird. Und der darauffolgende Tag bringt tatsächlich die ersehnte Linderung.



Abbildung 117: zwei erst einmal provisorisch eingelötete 56Ohm-Widerstände

Zu Beginn der Reparatur löte ich die hochgebrutzelten 61,9Ohm-Widerstände aus und ersetze sie erstmal provisorisch durch zwei 56Ohm-Typen aus der Bastelkiste. Auch wenn damit die berechneten 20dB vermutlich nicht mehr ganz stimmen- für einen Funktionstest wird es aber trotzdem reichen.

Und das tut es!

Die so wieder hergerichtete AnalogUnit nimmt damit klaglos ihren Dienst wieder auf! Um festzustellen, ob es irgendwo noch weitere Probleme gibt, mache ich einen Vergleich zwischen Frl. Cassandra (CMTA84) und Maja (CMT58).

Testbedingung	min. RF level (CMTA 84)	min. RF level (CMT 58)
HF Zähler, IF breit	-45 dBm	-46 dBm
HF Zähler, IF schmal	-45 dBm	-46 dBm
Demod FM, auto, IF breit	nicht gemessen	nicht gemessen
Demod FM, auto, IF schmal	nicht gemessen	nicht gemessen
Demod FM, pre-set freq., IF breit	-49dBm	-54 dBm
Demod FM, pre-set freq., IF schmal	-58 dBm	-68 dBm
Demod AM, auto, IF breit	-44 dBm	-43 dBm
Demod AM, auto, IF schmal	-44 dBm	-42 dBm
Demod AM, pre-set freq., IF breit	-90 dBm*	-95 dBm*
Demod AM, pre-set freq., IF schmal	-100 dBm*	-105 dBm*

\* AM wird weiterhin demoduliert, allerdings mit immer geringer werdender NF-Amplitude; hier: subjektiv wahrgenommene Grenze eingetragen

Dazu modulierte ich mit dem R&S SME03 einen 100MHz-Träger und teste, wie empfindlich der Input2 bei beiden Geräten ist. Die Grenze, bis zu welchem minimalen HF-Pegel herunter der CMT(A) gerade so noch stabil funktioniert, habe ich mir dann aufgeschrieben.

Zuerst die Grenze, bis zu welchem HF-Pegel herunter der HF-Zähler funktioniert. Ergebnis: so gut wie kein Unterschied zwischen den beiden; auch das schmale ZF-Filter bewirkt hier nichts. Alles gut.

Das Demodulieren mit voreingestellter Frequenz (pre-set frequency => Festfrequenzempfänger) klappt bei der reparierten Maja sogar noch deutlich weiter herunter als beim CMTA! Was für eine Überraschung!

Als Fazit kann man sagen: der Eingang In2 (und In1 ebenfalls!) funktioniert wieder einwandfrei und ich habe keinen Hinweis auf weitere Beschädigungen. Mann, was für ein Glück.



Abbildung 118: der Hubmesser funktioniert zwar noch nicht richtig, aber der HF-Frequenzzähler tut nun wieder einwandfrei! Also noch nicht am Ziel, aber ein Schritt darauf zu.

## 27 Wir trocknen Majas Tränen :-)

Aber der 30.Juni verspricht noch mehr Erfolge. Es erreichen mich nämlich gleich zwei Sendungen der sehnsüchtig erwarteten AD7520 (DA-Wandler); einmal die KN-Version mit erhöhter Genauigkeit (schwieriger zu kriegen, 0,1%) und -bei einem anderen Verkäufer- ein weiteres mal die normale JN-Version (0,2%).

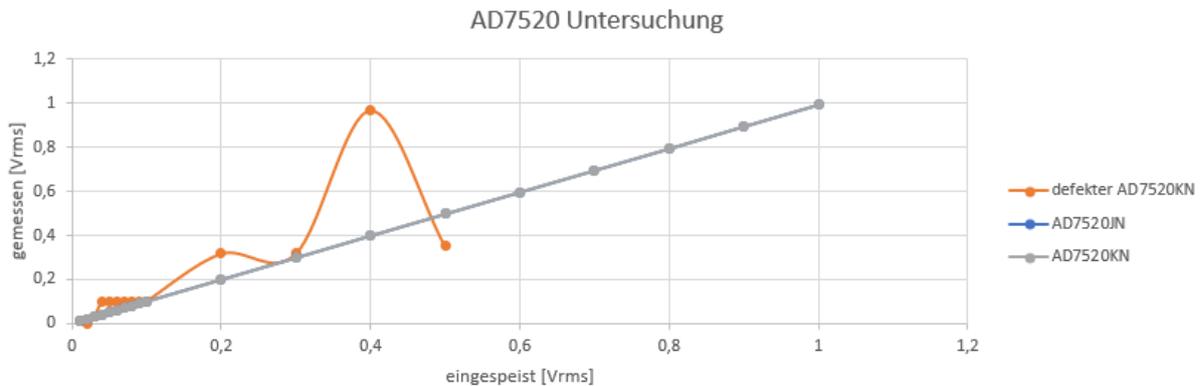


Abbildung 119: die orangene Linie lässt keinen Zweifel: dieser AD7520 ist defekt!

Mit einem stumpfen Austausch dieses Bauteils in Majas Digitalbaugruppe erwacht nun auch der Rest wieder zu neuem Leben. Eine flugs angefertigte Excel-Tabelle mit den Abweichungen zu meinem NF-Kalibrator (Fluke 5200) zeigt mir, dass die KN-Version zumindest bei dieser Messung der einfachen JN-Chipversion keine sichtbaren Vorteile zeigt, sondern die beobachteten Ungenauigkeiten eher von anderen Schaltungsteilen zu kommen scheinen (z.B. Messbereichswahl, Gleichrichter, usw.).

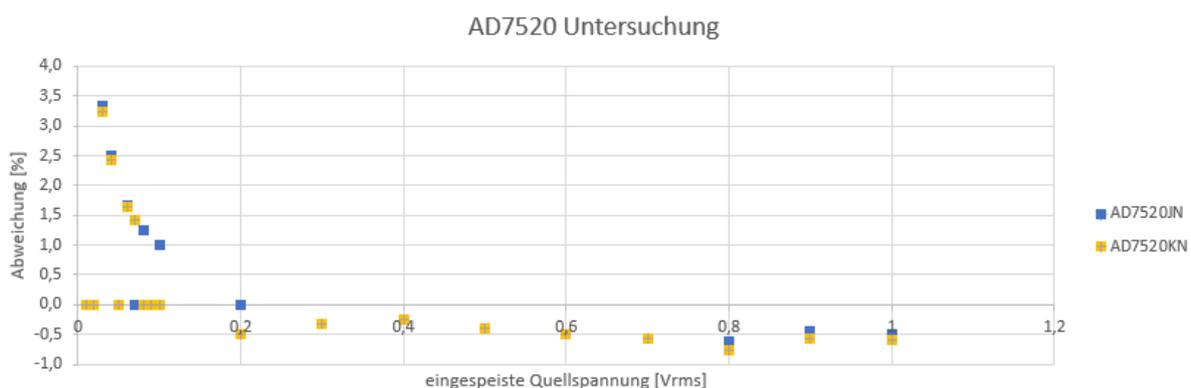


Abbildung 120: die relativ großen Ungenauigkeiten bei kleinen Spannungen zeigen es: der Einsatz der Präzisionsausführung "KN" ist hier absolut nicht notwendig- hier überwiegen andere Fehlereffekte im CMT-Design die des AD7520 mehr als deutlich!

Mit einem D30 SPEC kalibriere ich die Offsets weg und stelle fest, dass mit diesem schnellen IC-Tausch tatsächlich sämtliche Probleme verschwunden sind!

Aber sind sie das wirklich?

Was ich nicht verstehe, ist, dass in dieser Baugruppe nun schon zum zweiten mal der DA-Wandler ausgefallen ist- mit einem sehr ähnlichen Fehlerbild (Ausgangssignal wird "stufig", vermutlich defekte Bits). Ich frage mich, wie so etwas passieren kann. Wird der AD7520 in der Baugruppe vielleicht irgendwie "falsch" betrieben, oder stimmen irgendwelche Spannungen nicht, so dass er immer wieder kaputt geht? Wie kann es überhaupt sein, dass er durch Einstecken in Willi zerstört werden konnte? War es überhaupt so?\* Oder hatte das Bauteil bereits in Maja eine Vorschädigung bekommen? Die Netzteilspannungen in Willi waren beim kurzen Multimetercheck alle in Ordnung und die interne 10V-Referenz ist auf der Baugruppe selbst- ist also sowohl im Betrieb in Maja als auch in Willi physikalisch dieselbe.

Was ist hier also los?

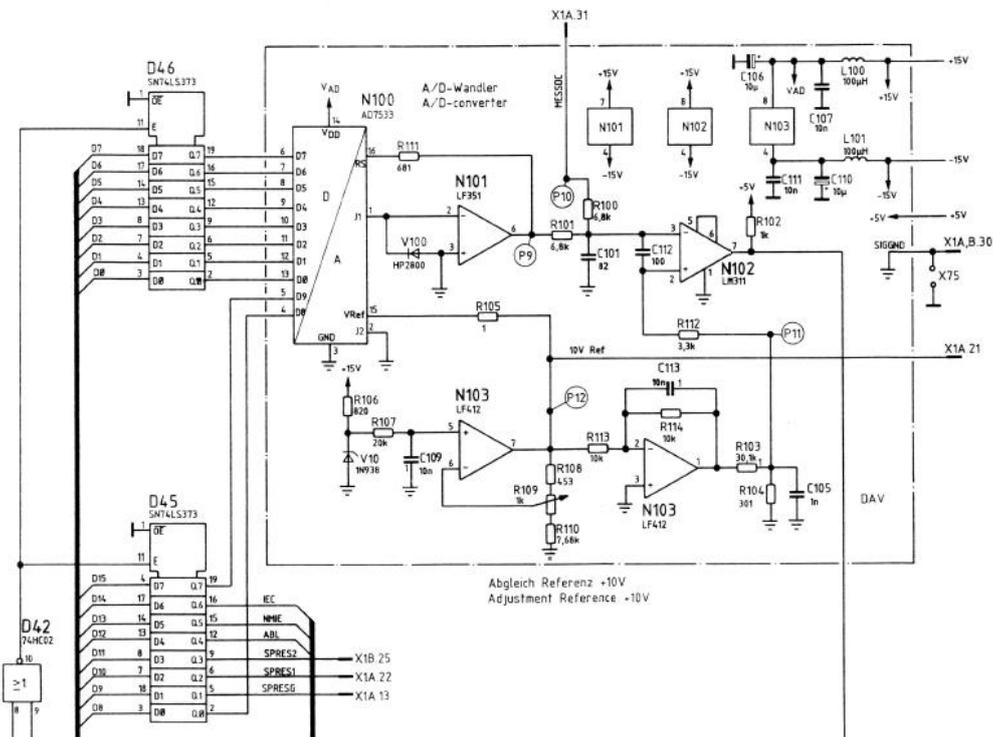


Abbildung 121: Schaltplanauszug des AD-Wandlers (Quelle: R&S CMT Service Manual)

Ich denke, wir schauen uns erst einmal die Schnittstellen des AD7520 an. Und wir schränken unseren Suchbereich aber ein, indem wir annehmen, dass wirklich der Einbau in Willi den Defekt an N100 ausgelöst hat und nicht interne Signale von Majas eigener Baugruppe sich selbst zerstört haben. Das Verfolgen dieser Annahme führt dann in Konsequenz dazu, dass die Bausteine D46 und D45 als Ursache ausgeschlossen werden können (digitale Ansteuerung) und auch die Bausteine N101, N102 und N103 als Fehlerquelle nicht mehr in Frage kommen.

Ob das gerechtfertigt ist, weiß ich momentan noch nicht. Aber ich würde trotzdem erstmal bei der Analyse mit den externen Schnittstellen beginnen. Es ist wahrscheinlicher, dass N100 von außen zerstört wurde (=Willis environment) als durch inneren Einfluss.

\* Spoiler: Ja!!!!

Versuchen wir, den AD7520 besser zu verstehen. Das Funktionsbild sieht so aus:

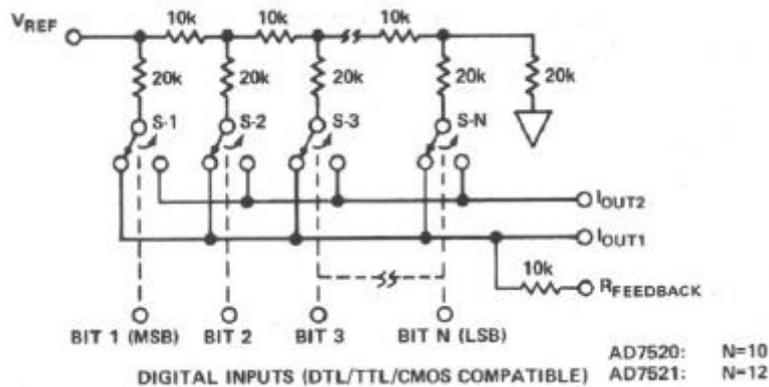


Abbildung 122: funktionales Schaubild AD7520 (Quelle: Datenblatt Analog Devices zum AD7520)

Wie ist denn aber das Bauteil überhaupt "verwundbar"? Letztendlich sagt das Datenblatt in seinen "absolute maximum ratings":

- VDD (Pin 14) to GND: +/- 17V
- VREF (Pin 15) to GND: +/- 25V
- dass die Ausgänge (Pin1 und Pin2) maximal -100mV..VDD sein dürfen
- dass die Digitaleingänge: GND..VDD haben dürfen.

Damit konzentrieren sich die externen Schnittstellen vorwiegend auf Pin14 und Pin15. Das reduziert die Fehlermöglichkeiten deutlich!

Beginnen wir mit Pin14. Das ist der Eingang der Betriebsspannung. Er wird nahezu direkt von den +15V des Netzteils gespeist. Lediglich eine Induktivität und ein Siebkondensator sorgen für etwas "Stromhygiene". Hier kann eigentlich nur was passieren, wenn das Netzteil große Spikes oder Überspannungen produziert. Das hatte ich jedoch nicht beobachtet.

Von daher: zur Sicherheit nochmal in Willi genauer nachmessen, aber vermutlich eine kalte Spur.

Wie ist es denn mit Pin15?

Hier liegt die 10,000V Referenzspannung dran. Wenn sie die +25V überschreitet, könnte der Wandler auch beschädigt werden. Nun, zum einen existieren im CMT auf der Sekundärseite gar keine Spannungen >25V und zum anderen sind die 10,000V ja eine interne Schnittstelle. Sprich: wäre das das Problem, würde der Fehler in JEDEM Grundgerät auftauchen. Nicht nur in Willi.

Was ist mit den Ausgängen?

Nun, der eine liegt auf Masse (Pin2). Da passiert nix. Der andere (Pin1) geht in den Eingang eines Impedanzwandlers (N101). Sollte der defekt sein und durch irgendwelche Rückspannungen den Pin2 am AD7520 beschädigen, so würde er dies aber sowohl in Willi, als auch in Maja tun. Also: interne Schnittstelle, kalte Spur.

Dann bleibt ja nicht mehr viel.

Dann finde ich in dem mit "OBSOLETE" beschrifteten Datenblatt noch einen Satz, der für jeden der Pins (mit Ausnahme VREF) gilt: an keinen der Pins dürfen Spannungen angelegt werden höher als VDD oder geringer als GND sind (z.B. negative Spannung).

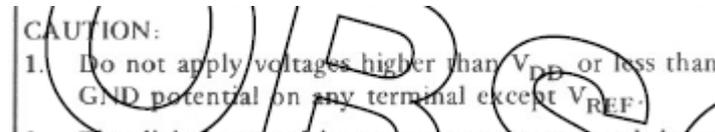


Abbildung 123: vielleicht noch ein wichtiger Hinweis?

Da der AD7520 ja ein DA-Wandler ist, also Spannungen AUSGIBT, ist die Anzahl seiner Eingänge sowieso stark begrenzt. Man greift an ihm eher Spannungen ab als dass man welche einspeist. Aber eine Stelle finde ich doch, wo ich mit dem "werde nicht negativ außer den VREF" ein Problem habe: am Feedback-Resistor (Pin 16)! Der wird zwangsweise ganz doll negativ, wenn ihn ein invertierender OpAmp über einen relativ niederohmigen Widerstand R111 ansteuert!

Und tatsächlich messe ich an Pin 16 im Betrieb hier Spannungen von knapp -10Volt! Wenn ich stumpf nach dem Satz oben argumentiere, wäre das der Tod für den AD7520. Allerdings verschaltet der Hersteller den AD7520 in seinem eigenen Datenblatt ganz genau so:

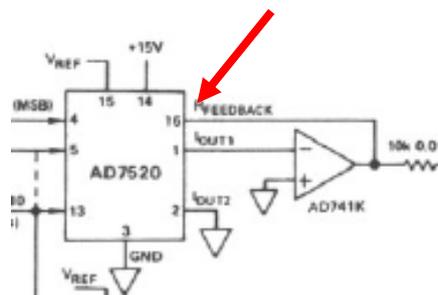


Abbildung 124: Auszug aus Hersteller-Datenblatt

Er verzichtet sogar auf R111 und speist die negative Spannung direkt in Pin16 ein!

Okay, obwohl das aus meiner Sicht im Widerspruch zu seiner eigenen Formulierung oben steht, muss das wohl trotzdem so ok sein, denn sonst würde er in seinem Datenblatt komplett fehlerhafte Applikationsbeispiele geben. Das glaube ich nicht. Also wieder eine kalte Spur.

Wie -verflixt nochmal- kann denn dann der AD7520 überhaupt noch kaputt gehen???

Es bleibt mir ein Rätsel!!!

Oder hat es was mit einem Masseversatz zu tun?

Überlegen wir mal. Die gesamte DA-Wandlereinheit hat eine eigene Masse; bezeichnet mit dem Begriff "SIGGND". Mit einem Jumper (X75) kann man sie zu Testzwecken auf die normale Systemmasse legen (z.B. zum Abgleich der 10V-Referenz). Normalerweise ist sie aber offen; d.h. die sie empfängt diese Masse von irgendwoher. Der Hauptsteckverbinder an Pin A30 und B30 sind mit dieser Masse belegt.

Im Schaltplan des Motherboards sehe ich, dass diese Masse lediglich an den Nachbarsteckplatz (dort, wo das Analog Board steckt) an dieselben Pins (A30 und B30) geführt wird. Sonst taucht diese Masse nirgends auf. Nunja, sonst braucht man sie ja auch nirgends, zugeben.

Also Schaltplan raus, Analog Board.....moment.....!!!

...das Analog Board hatte ich in Willi doch gar nicht eingebaut, als ich den Test gemacht hatte! Soll das heißen, dass die SIGGND-Masse in diesem Moment wild herumgefloated ist, weil sie sonst keiner "bedient" hat ?!?!?!?

Ohje, jetzt wird mir alles klar!!! **Diese Spur ist extrem heiß!**

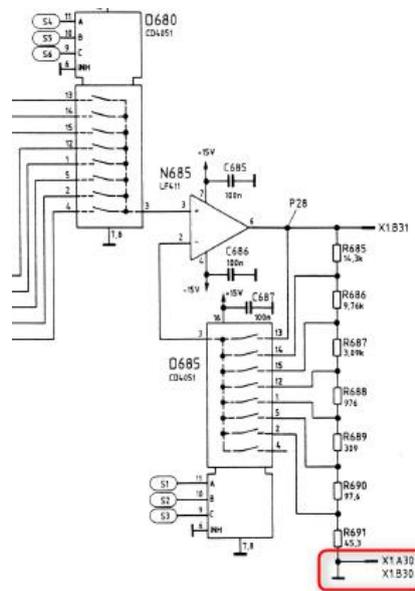


Abbildung 125: Auszug R&S CMT Serviceunterlagen, Analog Board

Die "SIGGND"-Masse wird im Analog-Board erzeugt, und zwar an genau dieser Stelle! Hier wird sie abgenommen und dann über Steckerpins A/B30 an die Digitalbaugruppe weitergeleitet. Dort nimmt sie der AD-Wandler in Empfang und verwendet sie als Mess-Masse "SIGGND".

Nimmt man nun den CMT in Betrieb, ohne dass die Analog-Unit gesteckt ist, und hat man dann den Jumper X75 nicht zufällig gesteckt, ist diese SIGGND undefiniert! Sie kann dann irgendwas annehmen- und damit problemlos zur Zerstörung des gesamten Schaltkreises führen!

Au backe!

Und jetzt verstehe ich aus, weshalb der Wandler nun auch schon zum zweiten mal mit quasi demselben Fehlerbild ausgestiegen ist: **jedes mal, wenn die Analog-Unit fehlte, floatete SIGGND irgendwo herum und zerstörte damit den AD7520!** Und das sowohl in Willi, als auch in Maja oder jedem anderen CMT auf der Welt!

Verflixt, was für eine hintergehaltige Falle!

Und dann finde ich übrigens auch die entsprechende Stelle im Service-Manual:

#### **4.4 Fehlersuche**

**In diesem Abschnitt werden für den Fehlerfall Hinweise auf die in Frage kommende Baugruppe gegeben.**

**Hinweis: Es dürfen keine Baugruppen unter Spannung gezogen bzw. gesteckt werden. Nach Ziehen der Baugruppe Analogteil und vor Wiedereinschalten der Spannung ist unbedingt die Steckbrücke X75 auf dem Digitalteil durch einen Kurzschlußstecker zu überbrücken, da sonst der D/A-Wandler N100 (AD 7520) auf dem Digitalteil zerstört wird.**

Abbildung 126: Ausschnitt aus dem Service-Manual des CMT

Natürlich hatte ich mir das vorher nicht durchgelesen, denn ich lese eigentlich NIE irgendein Manual durch, bevor ich was auseinanderschraube. Ich will aber nicht wissen, wie vielen Hobbybastlern es auch ähnlich ergangen wäre. Ich frage mich, ob man nicht auf der Digitalbaugruppe einen sehr hochohmigen Widerstand (z.B. 10M $\Omega$ ) permanent zwischen Analog- und Digitalmasse hätte platzieren können, der im Falle einer fehlenden Analogmasse wenigstens die Masse des AD-Wandlers so weit an die Digitalmasse heranführt, dass kein unkontrollierter Floating-Zustand entsteht? Oder ein Satz antiparallel geschalteter Dioden in Reihe? Oder ist die Anforderung an Massentrennung hier tatsächlich so hoch, so dass selbst die kleinsten Leckströme hier die Messgenauigkeit beeinträchtigen würden??

Denn nicht nur bei einer fehlenden Baugruppe hat man ja das Problem, sondern es reicht ja im Prinzip auch schon eine kleine Leitungsunterbrechung- z.B. wenn irgendwo ein Steckkontakt am Steckverbinder nicht mehr so gut greift. Das würde dann sofort zur Zerstörung des AD-Wandlers führen. Keine schöne Vorstellung. Trotzdem: wäre das eine relevante Schwachstelle beim CMT, so hätte man bestimmt schon irgendwo davon gehört.

Auf jeden Fall traue ich mich nun mit diesem Hintergrundwissen, gefahrlos einen neuen AD7520 in Majas AnalogBoard einzustecken und sie damit wieder einsatzfähig zu machen. (Die 61,9 $\Omega$ -Widerstände für das 20dB-Dämpfungsglied sind noch auf dem Postweg.)

Wer nicht abwarten kann: Einbau der Widerstände siehe Kapitel 44!

## 28 Am Ende des Tages...

Aber lassen wir uns die Stimmung nicht vermiesen, denn: am Ende wurde der Tag dann ja doch noch gut! Die überaus wichtige Lehre, nämlich dass man zu Reparaturarbeiten grundsätzlich **IMMER** erst den Jumper X75 auf der Digitalbaugruppe stecken sollte, bevor man irgendwas am CMT fummelt, hätte ich ohne Willi und ohne den fiesen Stapelschrottverkauf nie gelernt. Und damit hätte ich Euch diese wichtige Info nie weitergeben können!

Was lernen wir daraus?

Dass es im Elektronikhobby -wie in vielen anderen auch- immer notwendig ist, den Sachen auf den Grund zu gehen. Erst wenn man den Fehlermechanismus wirklich aufgedeckt hat (nicht immer kann man ihn auch nachweisen, aber eine logische und durchdachte Analyse reicht oft schon aus), sollte man eine Reparatur als "abgeschlossen" betrachten. Tut man das nicht, bleibt immer ein Restrisiko, dass der Fehler entweder erneut auftritt oder man eigentlich nur die Symptome behoben hat.

Ich verstehe, dass das zweifelsfreie Aufdecken eines Fehlermechanismus' nicht immer möglich ist. Manchmal fehlen einem Informationen, manchmal die dafür benötigten Werkzeuge, Skills oder Hersteller-Tools, manchmal ist es schlicht und einfach die Zeit, die man gerade nicht hat, und tatsächlich -zumindest bei mir- manchmal auch der endliche Grips, um irgendwas zu begreifen. Nun, es hat eben nicht jeder Tag nur Sonnenschein im Gepäck. Manchmal gibt's eben auch Regen.

Und manchmal verliert Deutschland auch schon im Achtelfinale. Und ich behaupte trotzdem, dass sich unsere Fußballer allesamt redlich angestrengt haben. Es passiert halt, dass man den Fehlermechanismus nicht immer erkennt und auch mal klein bei geben muss.

Aber wie gesagt- neuer Tag, neues Glück.

Und 2024(?) - neue EM.



Abbildung 127: hoffentlich sieht es in 2024 dann wieder so aus...;-)

## 29 Willis Flachstart

Nach der gelernten Lektion starte ich Willi mit gestecktem Jumper X75. Das heißt, ich versuche es. Natürlich wird es erstmal nix- hätte ich auch nicht erwartet.

Willi "zündet" den Lüfter, die Betriebsspannungen liegen an, aber die Frontplatte bleibt dunkel. Und das, obwohl ich mir für die Flachbandkabel X73 und X74 eigens zwei 20polige Verlängerungskabel gelötet habe, damit ich bei der Inbetriebnahme der DigitalUnit etwas mehr Platz auf dem Labortisch habe.

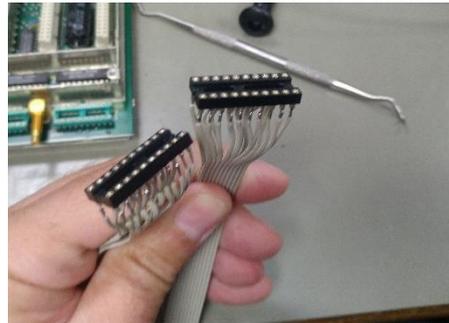


Abbildung 128: etwas improvisierte Verlängerungskabel- aber sie funktionieren!

Bei Digitalsachen bin ich immer dankbar, wenn ich eine kleine Anleitung habe. Im Gegensatz zur Analogtechnik. Da lege ich den Reparaturleitfaden des Herstellers immer getrost zur Seite und mache meine eigenen Gedanken. Aber Digitaltechnik ist eben nicht so meine Schokoladenseite, also freue ich mich über das abgedruckte Flowchart im Servicemanual.

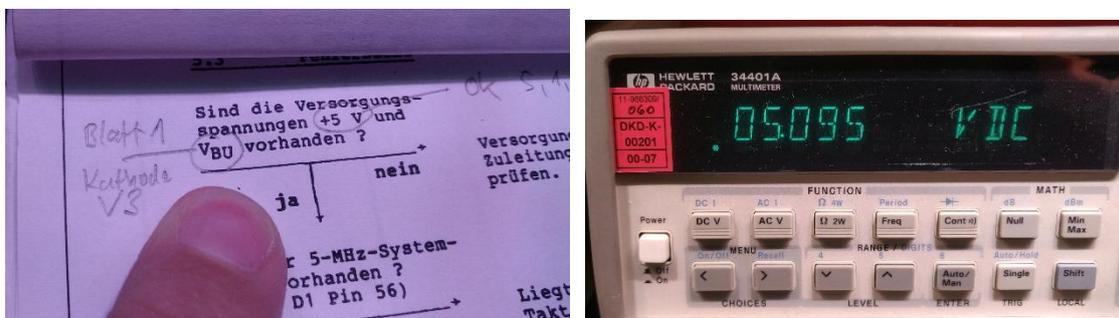


Abbildung 129: Betriebsspannung: Check :-)

Nach Betriebsspannungs- und Jumperkontrolle fragt der Leitfaden nach dem Systemtakt. 5 MHz sollen am Prozessor herauskommen. Der Leitfaden sagt Pin56 am 80186. Das ist zwar richtig, aber warum so kompliziert? Testpunkt P28 erfüllt genau denselben Zweck- aber um Längen risikoärmer mit der Tastspitze zu treffen und einfacher abzugreifen.

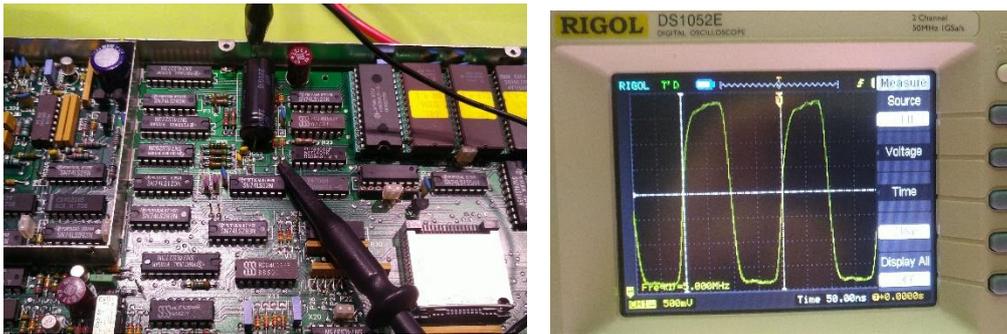


Abbildung 130: Systemtakt stimmt!

Ergebnis: Systemtakt liegt an, Pegel stimmt. Check.

Nun Kontrolle der  $V_{BU}$ . Die wird im laufenden Gerät von den +5V abgeleitet und im abgeschalteten Gerät wird die 3,6V Lithiumbatterie als Quelle benutzt. Ich stelle fest, dass im STANDBY-Zustand hier keinerlei Spannung an  $V_{BU}$  zu messen ist. Mit Sicherheit noch ein Fehler, aber startverhindernd sollte das nicht sein. Grund: beim Einschalten führt  $V_{BU}$  genau +5V und mehr als verlorenen RAM-Dateninhalt sollte das nicht bewirken können. Booten muss trotzdem.

Also erstmal weiter. Den Fehler kann ich später noch suchen.

Und damit stehe jetzt lustigerweise an exakt demselben Punkt wie Martin DL8RI in seinem CMTA84-Reparaturbericht ein gutes Jahr früher: das CRSB-Signal!

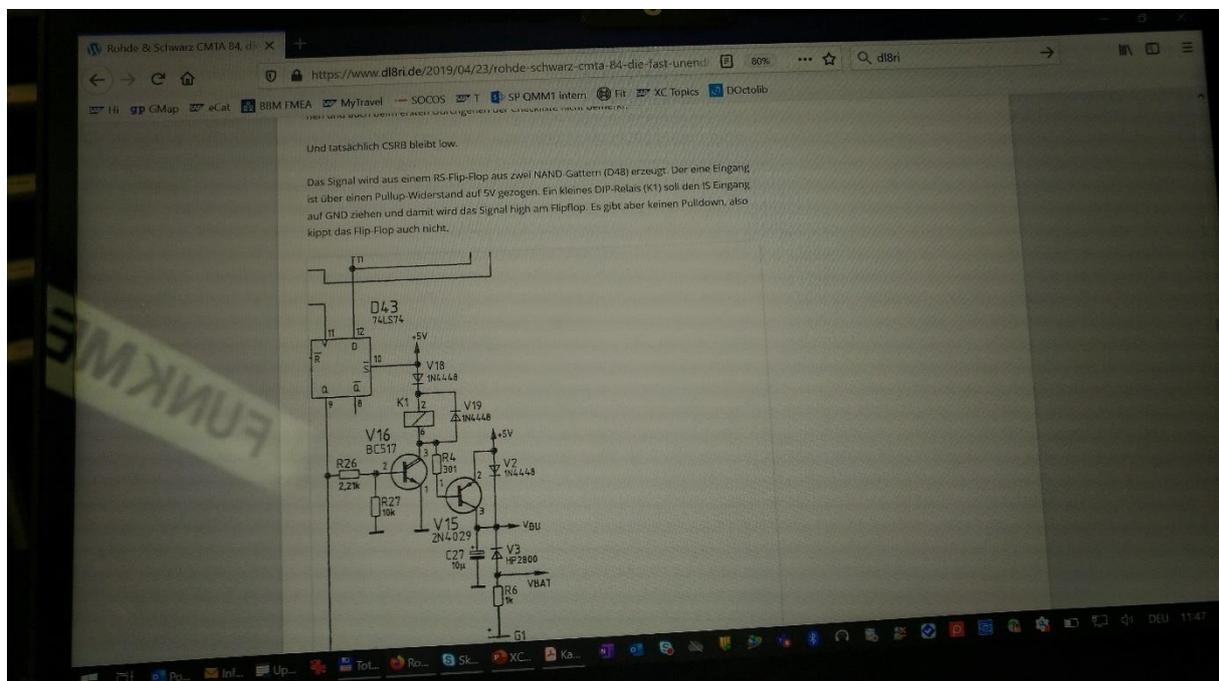
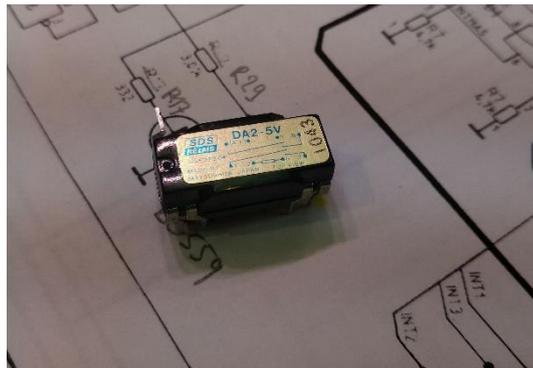


Abbildung 131: schon Messplatzmitglied Martin stand bereits an diesem Punkt (Quelle: www.dl8ri.de)

Und auch bei mir bleibt es LOW! Korrekt wäre jedoch, dass es kurz nach dem Einschalten von LOW auf HIGH springt. Tut es aber nicht!!! Genauso wie bei Martin!

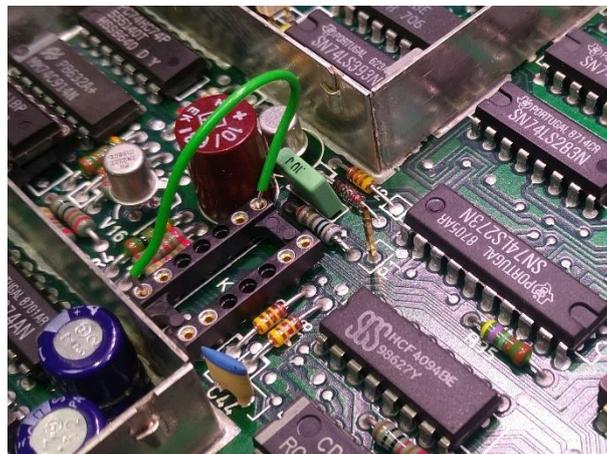
Ich habe erst den CD4011 in Verdacht und löte dafür eine IC-Fassung ein. Damit kann ich schnell herausfinden, dass mein 5V-Relais zwar schaltet, aber nur von "Masse" auf "Masse" ;-)  
)

Sprich: der von mir im jugendlichen Leichtsinn in Kapitel 23 eingebaute Relais Typ ist nicht ein 1x UM, so wie es sein soll, sondern ein 2x EIN. Leider kann man selbst mit noch so viel Nachdenken und Tüddeldrähen aus 2X EIN physikalisch kein 1xUM machen, daher bleibt mir nur eins: ein entsprechend korrektes Relais nachkaufen.



**Abbildung 132: nett gemeint, aber falscher Typ: das 5V Relais!**

Aber geht es nicht einfacher? Zumindest erstmal probeweise?  
Klar, ich mach das wie bei einem alten Auto: ich gebe Starthilfe!



**Abbildung 133: Überbrückungskabel**

Ein kleines Käbelchen zwischen dem Relais Eingang und seiner "ON"-Stellung und schon passiert das Unglaubliche: Willi startet! Und zwar aus eigener Kraft, mit der eigenen Digital-Unit!!

## 30 Tschüss, Ersatzteillager!

Martin kann es kaum glauben, denn er hätte es -nach eigenen Angaben- nie gedacht, dass Willi jemals wieder einen Mucks von sich geben würde. Und damit war's das jetzt auch mit dem Ersatzteillager: spätestens mit diesem Schritt bin ich mir sicher, dass ich Willi wieder zu einem funktionierenden Messgerät werde restaurieren können. Verflix, also schon wieder keine Reserve-Baugruppen! Selbst an einem Stapelschrottverkauf-Gerät ist noch zu viel Substanz für mich dran, um es als Ersatzteilreste aufzugeben. Schrecklich ;-)

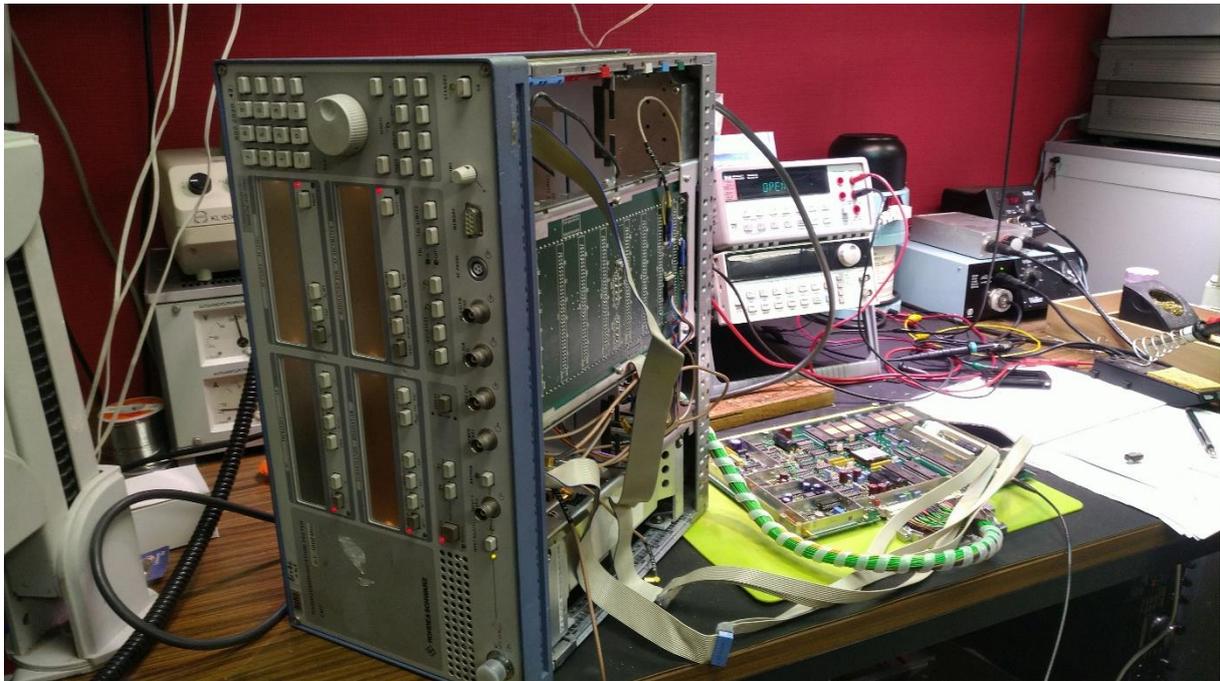


Abbildung 134: Wilis erster Start aus eigener Kraft!

Der nächste Fehler ist ebenfalls schnell gefunden: die Batteriesäure hat ihre eigene Leiterbahn weggeätzt und somit die Einspeisung in die Batterie-Umschalteschaltung unterbrochen. Der Widerstand R6 kriegt von der Batterie keine Spannung zu sehen, dementsprechend kann die arme Umschaltung auch nix umschalten.

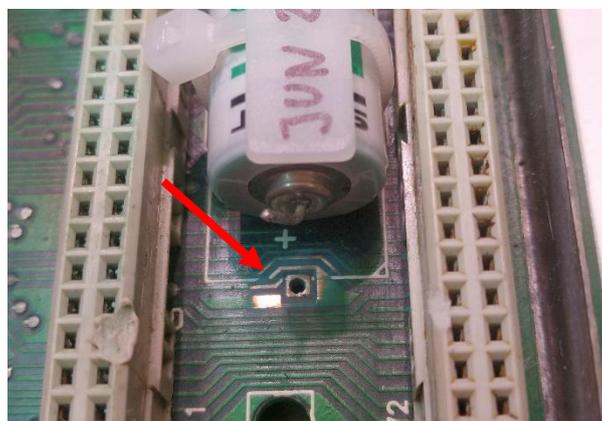
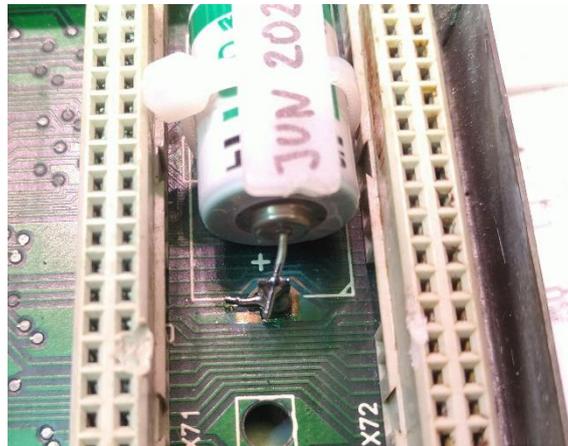


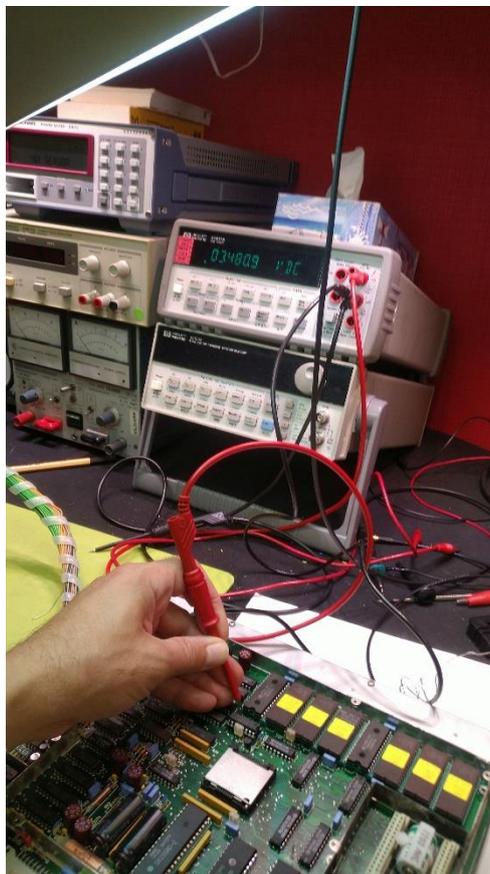
Abbildung 135: Leiterbahnunterbrechung durch die Batteriesäure

Ich verfolge die Leiterbahn und stelle fest, dass die Unterbrechung (quasi "unsichtbar") direkt am Lötage vorliegt. Das ist schnell repariert.



**Abbildung 136: Reparatur mit einem Stückchen Silberdraht**

Danach ordere ich das Relais. Ich identifiziere ein Meder DIP05-1C90-51L als vermutlich korrektes Alternativteil (Relais mit der Originalbezeichnung nach R&S Teileliste finde ich nicht mehr zu kaufen). Etwa zehn Euro inklusive Porto sind nicht gerade geschenkt für ein kleines DIL-Reed-Relais, aber die Wirkung in Willi ist nachher umso größer. (=> Willi wird dann auch ohne Starthilfekabel booten :-)



**Abbildung 137: ...und damit stimmt auch die  $V_{BU}$  wieder**

## 31 (Er)leuchtung

Wo wir schon beim Bestellen von Bauteilen sind, streife ich mal das Thema der teilweise ausgefallenen Displaybeleuchtung. Eines der Lämpchen scheint nämlich defekt zu sein, wie mir eine dunkle Stelle im LC-Display der Frequenzanzeige zeigt.

Ich baue den HF-Oszillator aus und verschaffe mir damit Zugang zu der Rückseite der Frontplatte. Die Lämpchen sind von hinten durch die Anzeige-Leiterplatte durchgesteckt und rückseitig verlötet. Das Ablöten und Durchmessen geht schnell.

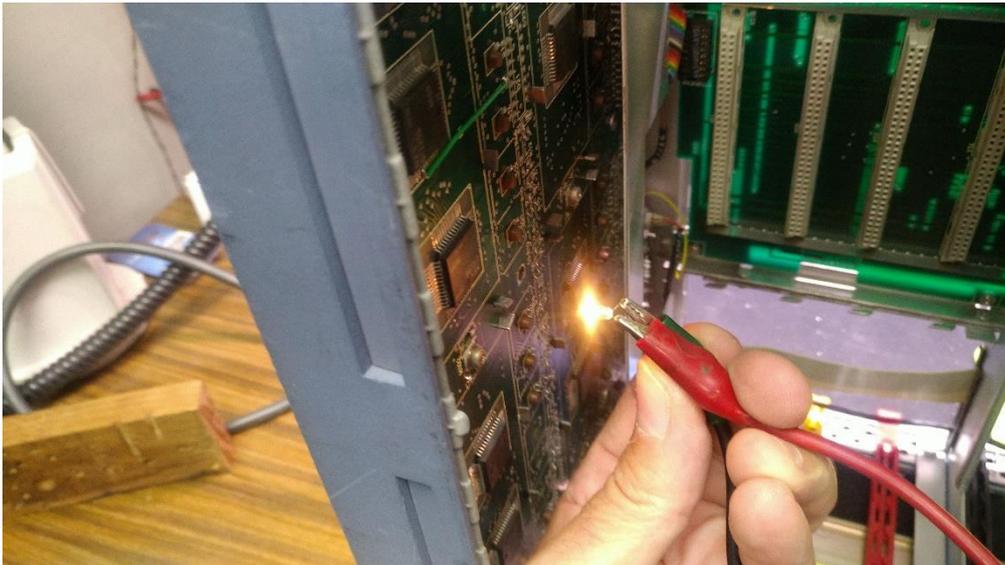


Abbildung 138: originale 24V-Lampe im CMT- dieser hier ist noch heile

Ich komme auf:

24V, 20mA

ca. 3mm Durchmesser, ca. 6mm lang

Ich bestelle bei eBay 20 Stück "Subminiaturlampe T1", 24V/20mA. Der Glaskörper hat die Abmessungen 3,2mm x 6,5mm- das kommt gut hin!

Mit angegebenen 0,4 Lumen jetzt nicht der Helligkeitsweltmeister, aber mit einer Lebensdauer von zehntausend Stunden bestimmt eine gute Wahl. Die nächsten ca. 18 Euro wechseln den Besitzer. Ich bin mir sicher, hier hätten nicht wenige meiner Leser spätestens hier wohl eher etwas "geknausert" und nach einer anderen, günstigeren Alternative gesucht hätten. Ich gebe zu, dass ich auch tatsächlich etwas Angst davor habe, wenn ich all die Teile zusammenrechnen würde, die ich inzwischen für Maja und Willi bestellt habe (die allermeisten ja aus "Vorsicht" und nicht, weil sie kaputt waren), aber ganz ohne Unkosten geht es eben nicht. Und selbst wenn man bei einem Fahrrad den Schlauch wieder flickt, anstatt ihn auszutauschen, kostet das Geld für das Flickzeug. Tja....

Während ich auf die Lämpchen warte, stelle ich verblüfft fest, dass das vermeintlich defekte Lämpchen gar nicht defekt war! An einem kleinen Netzteil angeschlossen, leuchtet es einwandfrei. Nanu? Kalte Lötstelle?

Nein, die Enden der gerissenen Glühwendel haben sich nur gerade zufällig wieder berührt und so noch ein letztes mal aufgeglüht. Das Lämpchen ist wirklich defekt.

## 32 Umrüstung auf LED (Teil 1)

Für Willi überlege ich aber etwas, das ich schon lange einmal ausprobieren wollte: die Umrüstung auf LED-Hinterleuchtung!

Daher habe ich mir ebenfalls 3 Sets weiße 3mm LEDs bestellt in den Farben "weiß", "warmweiß" und "kaltweiß". Ich plane, sie mit einer Feile mechanisch zu bearbeiten, so dass sie auch seitlich etwas mehr Licht abgeben und dann mit einem Vorwiderstand zusammen anstelle der Glühlampen einzusetzen. Laut Datenblatt haben sie eine Diffusionsspannung von 3,3V bei 20mA max. Strom.

Warum ich dann gerade für 18€ einen Beutel 24V-Lampen gekauft habe? Für den Plan B. Sollte das mit den LEDs nicht klappen, greife ich auf den Originalzustand zurück: 24V-Lampen. Und außerdem habe ich ja noch den CMTA84 und Maja, da kann ich Ersatzlämpchen im Schrank vielleicht auch mal sehr gut gebrauchen.

Die Schaltung der 24V-Lampen sei angeblich je nach CMT auch verschieden. Nicht jeder CMT ist so beschaltet wie Willi. Hier scheinen alle 8 Lämpchen mit ihren "Anoden" parallel an die +24V angeschlossen zu sein und Transistor V2 schaltet die gesammelten "Kathoden" bei Bedarf gegen Masse (=Licht an).

Im Schaltplan ist tatsächlich eine andere Verschaltung abgedruckt:

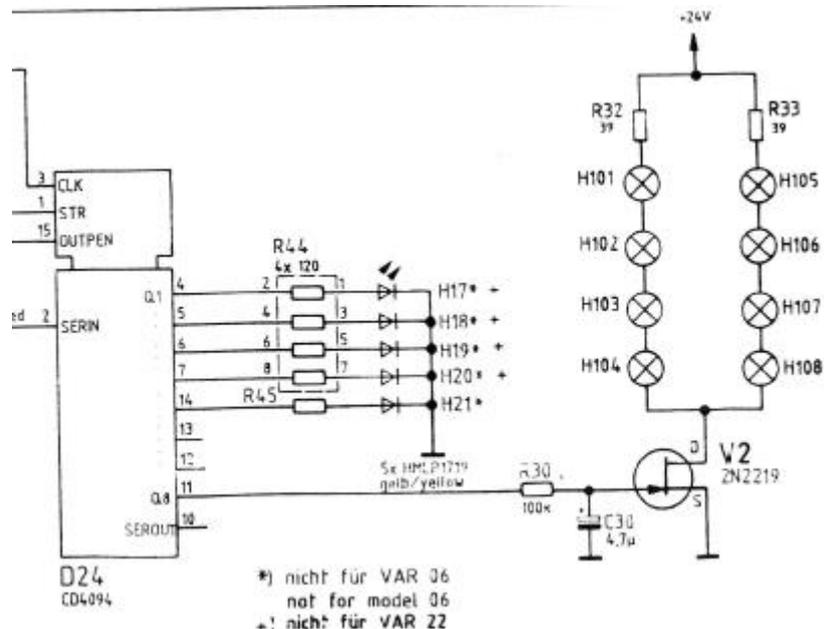


Abbildung 139: Schaltplanauszug "Anzeige"

Hier gibt es zwei Stränge zu je vier Lämpchen in Reihe. Eine Teileliste liegt diesem Schaltplan leider nicht bei.

In einer anderen Version des Manuals sieht man jedoch eine andere Schaltungsauslegung. Hier ist es eine reine Parallelschaltung, so wie sie bei mir in Willi umgesetzt zu sein scheint.

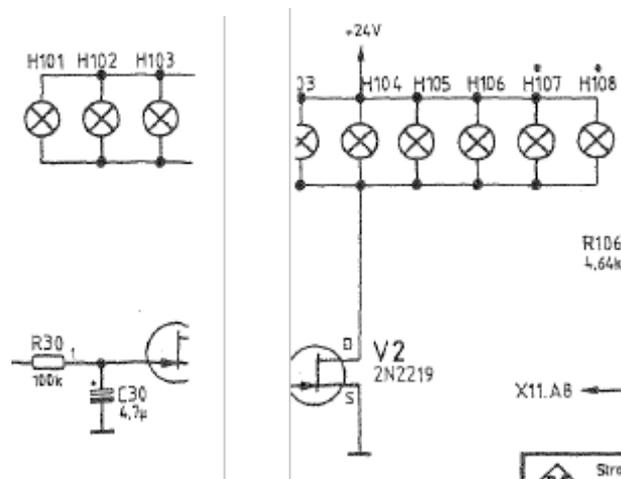


Abbildung 140: ein weiterer Schaltplanauszug

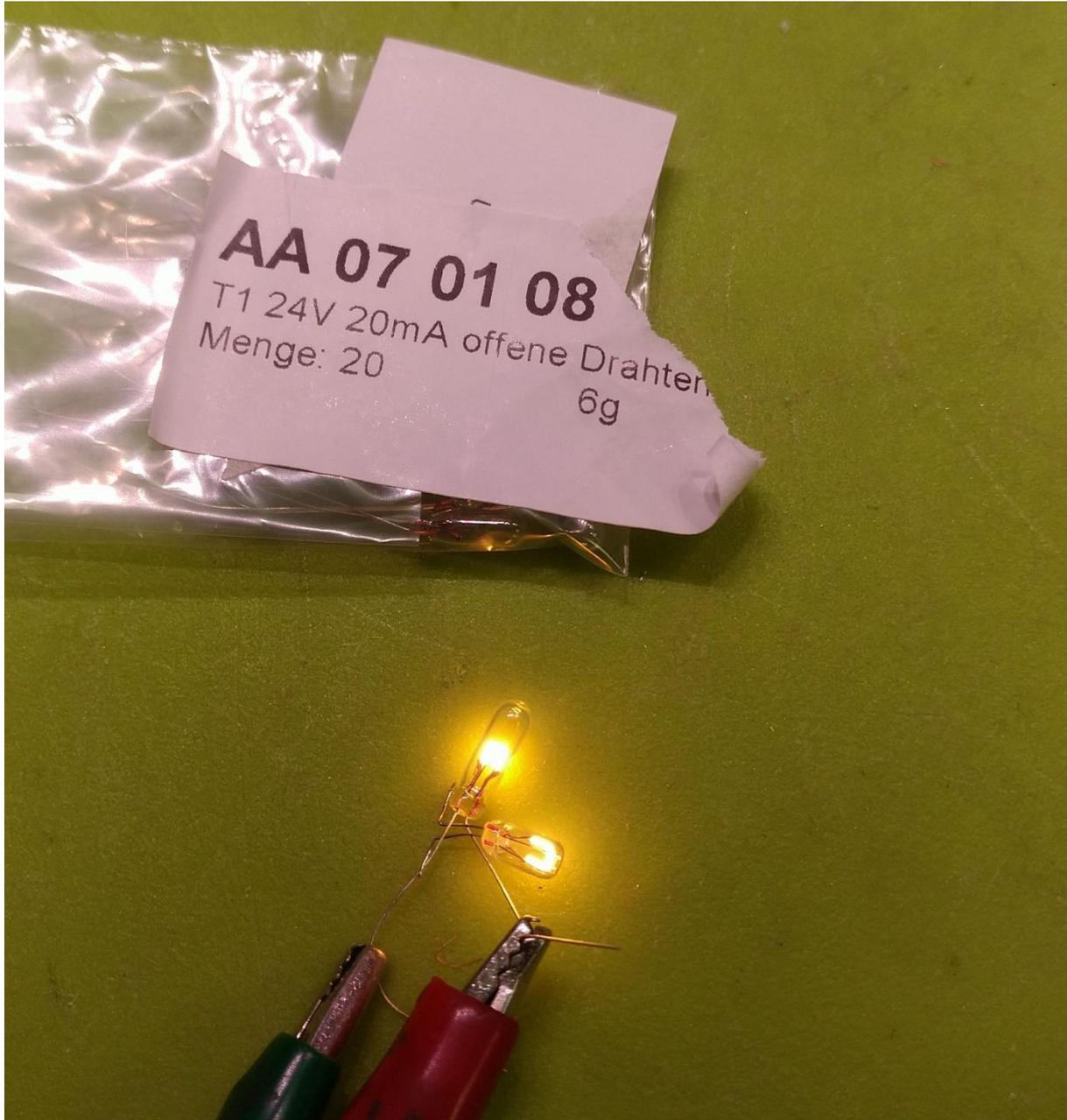
Hierzu gibt es eine Teileliste. Sie sagt, dass hier 6V/20mA-Lämpchen einzubauen seien. Das halte ich jedoch für Quatsch, denn in diesem Fall würde sie sofort durchbrennen, wenn V2 durchschaltet. Vielmehr glaube ich, dass die 6V-Lämpchen zu Abbildung 139 und die 24V-Typen zu Abbildung 140 passen.

In beiden Fällen bewirkt aber ein vorgeschaltetes RC-Glied ein etwas sanfteres Einschalten der Lämpchen, damit sie nicht gleich schlagartig volle Pulle Strom ziehen und vielleicht im Einschaltmoment für das Netzteil auf der 24V-Leitung eine zu große Last darstellen. (Glühlampen sind Kaltleiter!)

Ich denke, ich habe eine gute Chance, die weißen LEDs zu zwei 4er oder sogar einer 8er-Reihe mit gemeinsamem Vorwiderstand an den 24Volt zu betreiben. Warten wir also, bis die Teile ankommen.

Kleiner Vorgucker: die bestellten 24V-Lämpchen werden zwei Wochen später ankommen. Im leuchtverhalten sind sie den originalen R&S-Lämpchen zwar sehr ähnlich (siehe Bild), aber die Bauform aber doch erheblich länger.

Ob das beim Einbau stören würde, kann ich nicht sagen. Mir hat der auf LED umgerüstete Willi am Ende nämlich so gut gefallen, dass ich ihn nicht wieder auf Glühlampe zurückbauen wollte.



**Abbildung 141: Original (kurzes Lämpchen) und meine Bestellung (langes Gehäuse). Ob sie passen? Elektrisch sicher, aber mechanisch? Weiß ich nicht!**

## 33 Willis Inbetriebnahme

Bis dahin interessiert mich aber, wie es sonst um Willi steht und wie weit ich noch vom Endziel weg bin. Das kann ich nur "stumpf" ausprobieren. Nachdem ich ihm einen Standardsatz Leiterplatten in seinen Bauch gesteckt habe, (HF-Oszillator, Ausgangsstufe, AnalogBoard, Modulationsgenerator, DigitalBoard), kümmere ich mich um die Verkabelung der Baugruppen. Der Deckel von Willi scheint mit der CMT42-spezifischen Verkabelung bedruckt zu sein, also mit NKL und der HF-Umschaltung über diese kleine Kiste an der Geräterückwand. Das brauche ich erstmal alles nicht, daher mache ich eine Standard CMT52-Verdrahtung.

Mir fällt damit leider auf, dass die Semi-rigid-Leitung W3 bei Willi fehlt. Martin sagt, dass er sie damals für Maja hat herausnehmen müssen, weil sie dort leider fehlte. Weil ich leider auch keine SMC-SMC-Verbindung als Semi-rigid verfügbar habe, nehme ich erst einmal ein normales SMC-Käbelchen in Teflonausführung aus meiner R&S-Sammelkiste. Das passt leider mechanisch nicht so gut, aber für einen ersten Test wird es reichen.

Frisch verkabelt, starte ich die resilente Frohnatur Willi. Er bootet und hält sich nach dem Selbsttest natürlich erstmal für "gesund", hurra. Keine Rede von CAL D2, D30 oder so. Ob er meint, das nicht zu brauchen, oder ob er das einfach nicht anzeigt, kann ich nicht sagen. Mir fällt auf jeden Fall auf, dass mit Willis Firmware meine gemachten Eingaben im Zehnertastenfeld nicht sofort als Zahlen im Display erscheinen, während man sie tippt. Das ist bei Maja anders: hier sieht man in der unteren Zeile des LCD-Anzeigefelds links oben (unter der HF-Generatorfrequenz) jede Ziffer, die man gerade eingetippt hat. Willi macht das erstmal nicht. Vielleicht ein SW-Feature, das erst in neueren Firmwares eingebaut wurde....

Wenn Willi das aber nicht macht (bzw. es NICHT macht ;-), dann könnte es auch sein, dass er ebenfalls die CAL-Aufforderungen grundsätzlich nicht bringt. Also nicht darauf verlassen, sondern lieber alle durchführen.

Aber das ist was für später. Schauen wir erstmal, was denn überhaupt geht und was nicht.

Erstaunlicherweise erhalte ich FM-Hub (ist der Modulationsgenerator am Ende gar nicht defekt?) und auch das NF-Voltmeter scheint vernünftige Zahlen zu liefern. Ob "Spezialitäten" wie SINAD oder Klirrfaktor wirklich im Zahlenwert und Dynamikbereich stimmen, kann ich noch nicht sagen, das prüfe ich jetzt noch nicht. Mir geht es erstmal um die Grundfunktion.

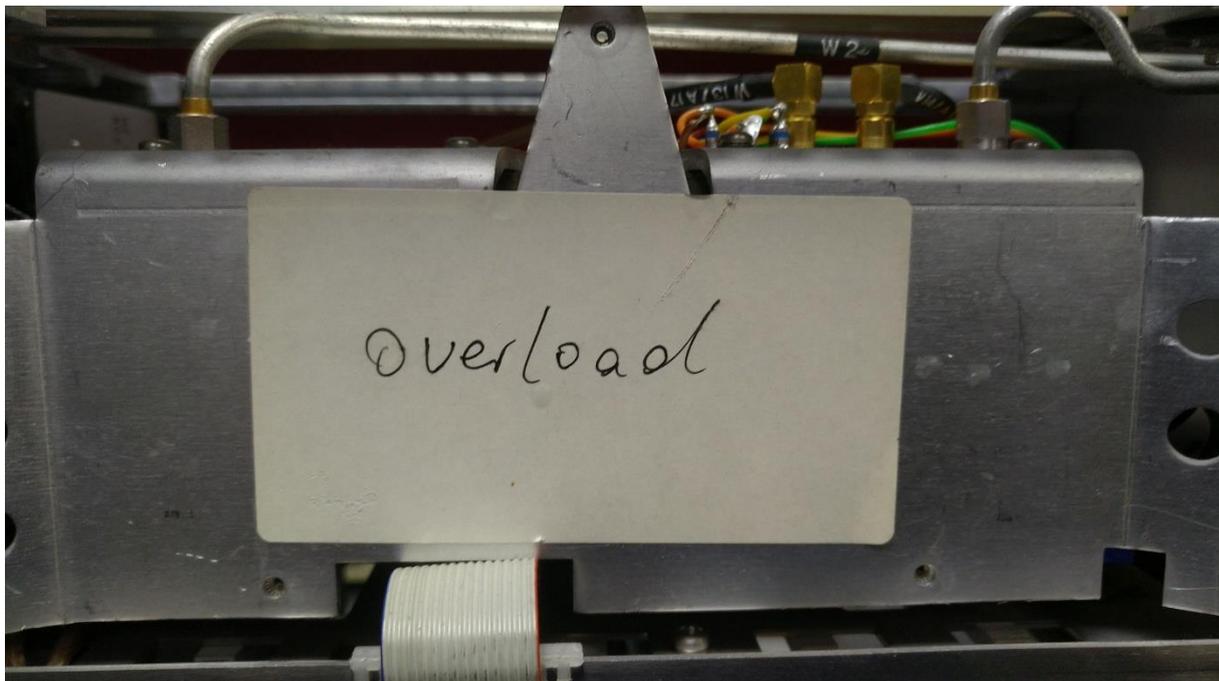
Und da stelle ich natürlich schon fest, dass das Ausgangssignal fehlt. Nein, eigentlich ist es da, aber viel zu gering. Am Ausgang der Ausgangsstufe ist es noch da, also: Eichleitung. Stimmt, der "Overload"-Aufkleber hat vielleicht seine Berechtigung? ;-)

Noch etwas auf die Liste? Vielleicht. Der HF-Frequenzzähler scheint stocktaub, dementsprechend auch keine Demodulation. Zumindest keine automatische. Mit manuell gesetzter Empfangsfrequenz kann ich immer AM demodulieren; bei FM bleibt die Anzeige bei Null. Eigenartig.

## 34 Die Eichleitung - Einleitung

Bevor ich also noch detaillierter an Willi herum-beobachte, beschließe ich erst einmal, den offensichtlichsten Fehler zu beheben: die defekte Eichleitung!

Hierfür hatte ich mir ja von einem ebay-Verkäufer für 71€ eine gebrauchte, aber heile (zumindest steht im Text weder was von "defekt" noch "ohne Funktionsgarantie") CMT-Eichleitung gekauft. Die kam auch an und sieht äußerlich in Ordnung aus.



**Abbildung 142: Willis Eichleitung: sehr einladend ist das nicht...**

Der Einbau ist schnell gemacht: lediglich vier Schrauben, 2 SMA- und 2 SMB-Kabel sowie eine Flachbandleitung abgezogen. Das "neue" Ersatzteil passt wie angegossen. Auch die Teilenummer auf der Leiterplatte stimmt mit dem Original überein.

Nach dem Einbau stelle ich erst einmal fest, dass die eingetippten 0dBm auch erfreulich genau am Analyzer angezeigt werden. Aber schaltet die Eichleitung auch überall ok? Also mal in mehreren Schritten durchcheckern. Dazu muss man wissen, dass man von kleinen Pegeln (z.B. -120dBm) her starten und dann in 10dB-Schritten (besser: 5dB, denn das ist die kleinste Stufe, die mechanisch in der Eichleitung geschaltet wird) hochtasten.

Und natürlich fällt mir was auf. Bei etwa -30dB habe ich sporadisch Pegelsprünge von bis zu 20dB, die auch noch durch leichtes Klopfen mit dem Schraubendreher auf das Gehäuse beeinflussbar sind. Und noch etwas: je länger man die Eichleitung benutzt, desto seltener scheint der Fehler aufzutreten.

Für mich ist damit klar: die inneren Kontaktstößel mit deren Federblechen kontaktieren die eingelöteten Dämpfungspads nicht mehr richtig- und das erzeugt Wackelkontakte!



**Abbildung 143: um den Effekt der Klopfempfindlichkeit zu dokumentieren, drehe ich sogar ein kleines Video (hier ein Screenshot)**

Nun ist es ja nicht so, dass ich noch nie eine Eichleitung aufgeschraubt hätte. Vielleicht hätte ich sogar gute Chancen, diese hier zu reparieren. Trotzdem: ich habe diesen Artikel ordnungsgemäß bei eBay gekauft, der Artikel war zwar als "gebraucht", aber weder als "defekt" noch als "Ersatzteil" gekennzeichnet, daher darf ich als Käufer davon ausgehen, dass er -obwohl er nicht neu ist- trotzdem funktioniert.

Ich drehe ein kleines Video, in dem ich den Fehler zeige, als er gerade auftritt. Man sieht sehr schön, die das leichte Klopfen mit dem Schraubendreher an das Gehäuse hier starke Amplitudenschwankungen erzeugt. Damit "bewaffnet", rufe ich den Verkäufer an, denn sowas versuche ich am liebsten, immer erstmal persönlich zu klären.

## 35 Die Eichleitung - das Telefonat

Der Verkäufer tritt als kommerzieller Unternehmer auf. Ich erreiche ihn sofort auf dem Handy und erscheint mir durchaus freundlich, aber erklärt mir schon ganz zu Beginn des Gespräches etwas entschuldigend, dass das ein gebrauchter Artikel sei, der schon unendlich lange bei ihm herumläge und er unmöglich sagen könne, dass er wirklich komplett heile sei. Mein Argument, dass diese Information aber nicht im Angebotstext stand, man daher mit einem gebrauchten, aber dennoch heilen Artikel rechnen dürfe, verhallt leider ohne Wirkung.

### Artikelmerkmale

Artikelzustand:	Gebraucht: Artikel wurde bereits benutzt. Ein Artikel mit Abnutzungsspuren, aber in gutem Zustand und vollkommen funktionsfähig. Bei dem Artikel handelt es sich unter Umständen um ein Vorführmodell oder um einen Artikel, der an den Verkäufer nach Gebrauch zurückgegeben wurde. Weitere Einzelheiten, z. B. genaue Beschreibung etwaiger Fehler oder Mängel im Angebot des Verkäufers. <a href="#">Alle Zustandsdefinitionen aufrufen</a>	Marke:	Markenlos
Produktart:	Antenne	Markenkompatibilität:	R&S

Abbildung 144: so wurde der Artikel angeboten (Originaltext der Auktion)

Immerhin bietet mir der Verkäufer sofort einen Umtausch an und sendet mir am nächsten Tag auch wirklich sofort ein Versandlabel zu. Das finde ich erstmal in Ordnung. Trotzdem bin ich etwas unschlüssig, was ich nun machen soll: wie ich feststelle, ist die Eichleitung zwar nicht perfekt, aber der Rest scheint komplett einwandfrei! Die Overload-Dioden (rote und braune Leitungen am Kabelbaum) scheinen nach Messen der Diffusionsspannungen (je ca. 0,7V) in Ordnung zu sein und auch der Leistungsmesser wirft mir an meinem IC260 auf kleiner Leistung 1,4W und auf großer etwa 14W auf Willis Leistungsmesser aus- und das ohne irgendeinen Abgleich. Somit gehe ich davon aus, dass auch sonst mit der gelieferten Eichleitung mehr heile ist als kaputt.

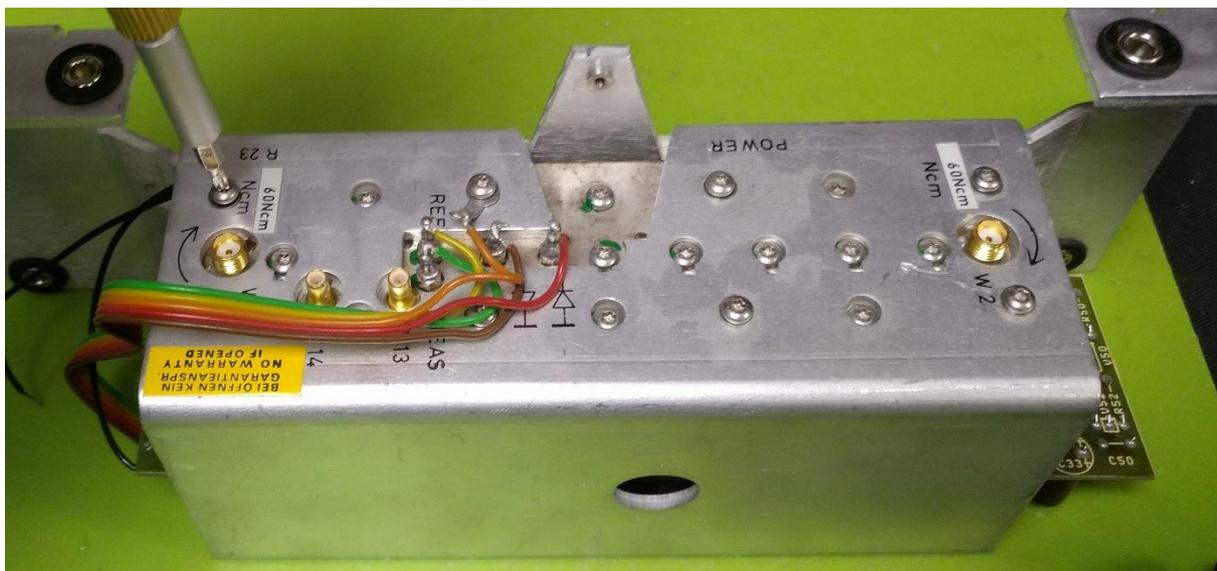


Abbildung 145: wer eine Eichleitung mit dem Ohmmeter messen will, sollte zuerst die Diffusionsspannung der beiden Dopdensätze prüfen. An die kommt man auch von außen dran.

**Argument dafür:** ich hab eine gebraucht, aber heile Eichleitung gekauft und eine teildefekte bekommen. Ich habe also das Recht auf einen Umtausch (oder Nacharbeit, je nachdem, was der Verkäufer mir anbietet)

**Argument dagegen:** an dieser hier weiß ich wenigstens, was ich an ihr habe! Denn: einen Wackelkontakt an einer 20dB-Stufe zu beheben, traue ich mir zu, solange die Substanz der gesamten Baugruppe in Ordnung ist. Und das scheint bei der hier der Fall zu sein. Was passiert denn, wenn ich diese hier zurückschicke und eine bekomme, die \*noch\* schlechter ist? Vielleicht auch so ein "Overload"-Ding wie ich in Willi schon vorfand? Nichts von dem, was mir der Verkäufer sagte, macht mich sicher, dass das nicht passieren kann. Im Gegenteil: ungeschönt gibt er zu, dass er zu dem Zustand nichts sagen könne. Also: alles ist möglich!

Was für eine schwierige Entscheidung-was also nun machen?

Mein Gefühl sagt mir, dass es wenig Sinn macht, noch weiter mit dem Verkäufer über andere Optionen zu diskutieren. Sicher, mit dem Angebot des Umtausches erfüllt er bestimmt seine Pflicht als kommerzieller Verkäufer, und sogar eine Rückerstattung des Kaufpreises bietet er mir an, das muss ich ihm fairerweise absolut zu Gute halten. Aber davon habe ich noch immer keinen funktionierenden Willi! Und woanders kriege ich eine funktionierende Eichleitung vermutlich auch nicht her.

Eine weitere Konfrontation oder sogar Eskalation will ich aber auch nicht. Messgeräte sind mein Hobby, kein Gefechtsübungsplatz oder Schlachtfeld.

Ich gehe daher (zuerst) auf das Angebot zum Umtausch ein. Es ist immerhin das gute Recht eines Verkäufers und auch wenn weder er noch ich wissen, ob die nächste Eichleitung dann heile sein wird oder nicht, fühle ich mich nicht in der Position, hier weitere Forderungen stellen zu können. Wenigstens einen (oder vom Gesetz her sogar zwei?) Korrekturversuche muss ich ihm zugestehen.

Ich lege den Hörer auf und als reflektiver Mensch überlege ich, ob das jetzt alles wirklich so läuft, wie ich will. Ist das wirklich der schnellste und einfachste Weg zu einem funktionierenden Willi? Mein Email-Programm bimmelt. Das Rücksendelabel ist -wie versprochen- angekommen. Der Verkäufer hat Wort gehalten!

Verflixt, was jetzt?

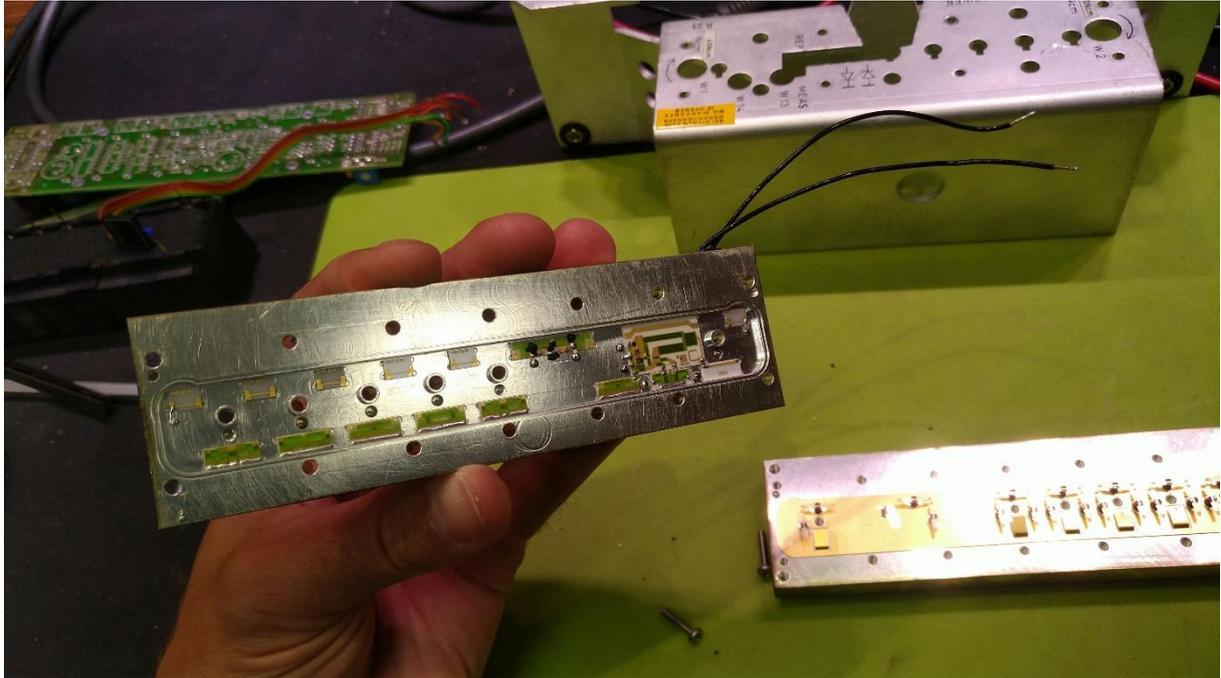


Abbildung 146: an Willis alter (overload)-Eichleitung mache ich mir "für den Ernstfall" schon einmal ein Bild

## 36 Die Eichleitung: Reparatur!

Es kommt natürlich, wie es kommen muss: ich beschließe, die Eichleitung -auf meine Gefahr-selber zu reparieren.

Denn wie mir nachher bewusst wird, ist das der einzige Weg, durch den ich nachher auch wirklich sicher weiß, dass das eingebaute Ersatzteil -ganz gleich, woher es kommt- am Ende auch in Ordnung ist. Sollte ich dabei auf Defekte stoßen, kann ich nur hoffen, dass Willis "overload"-Eichleitung genug Ersatzteile für eine erfolgreiche Wiederinbetriebnahme spenden kann. Sind jedoch an beiden Eichleitungen exakt dieselben Teile defekt, gehe ich leer aus und muss bei dem eBay-Verkäufer für nochmal 71€ eine weitere bestellen. Aber davon gehe ich erstmal nicht aus. Viel spricht dafür, dass wir es tatsächlich nur mit einem Kontaktproblem infolge Materialermüdung zu tun haben.

Da ich mich aber als fairer Handelspartner geben will, schreibe ich dem Verkäufer eine Email und biete die Erstattung seiner Unkosten für das Rücksendelabel an. Denn durch meine eigenmächtige, nicht abgestimmte Um-Entscheidung wäre es unfair, wenn ihm dadurch Nachteile entstünden.

Fairerweise wird der Verkäufer keinerlei Rückerstattung irgendwelcher Portokosten von mir verlangen. Ich muss zugeben, dass ich das auch irgendwie "richtig" finde, denn im Angebotstext war stets von "heilen" Artikeln die Rede und mit dieser eigenmächtigen Reparatur bin ich selber freiwillig ein Risiko eingegangen **und habe damit das Problem immerhin - für uns beide!- aus der Welt geschafft.**

Wie aber habe ich das nun gemacht?

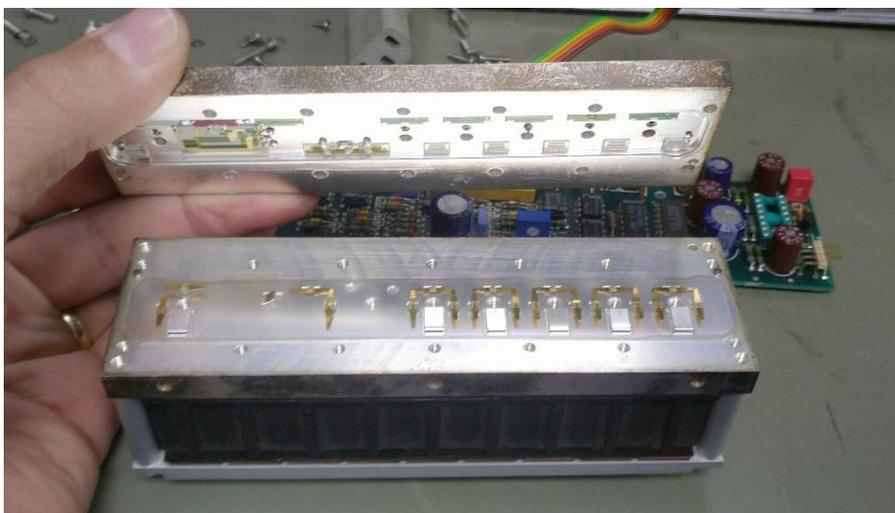
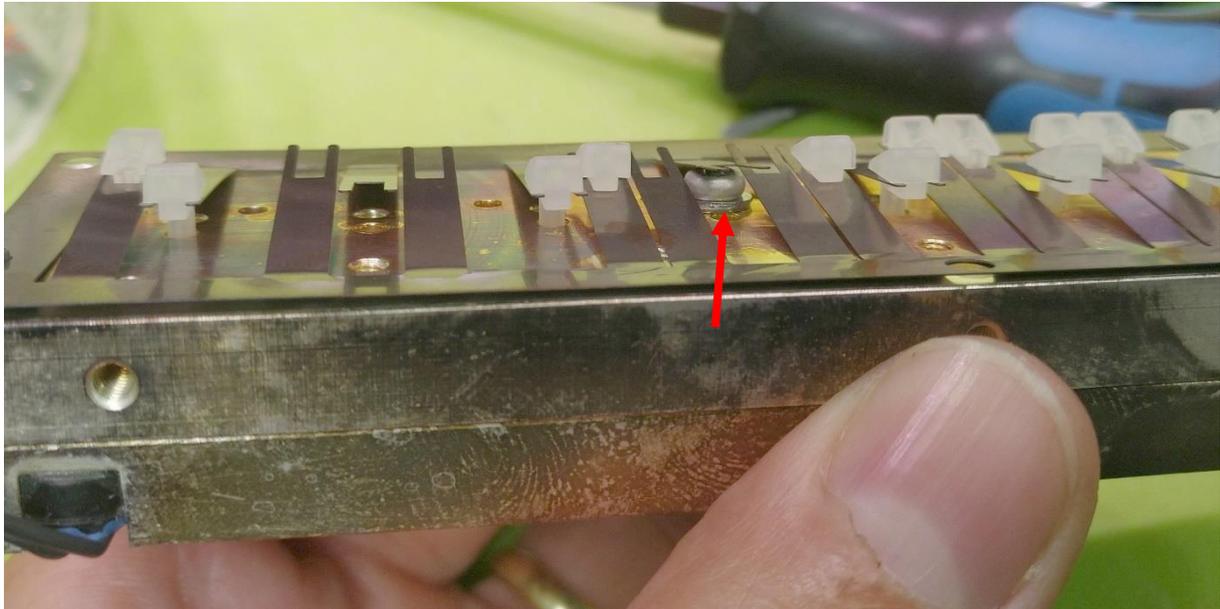


Abbildung 147: Rien ne vas plus: die Eichleitung ist auf"!

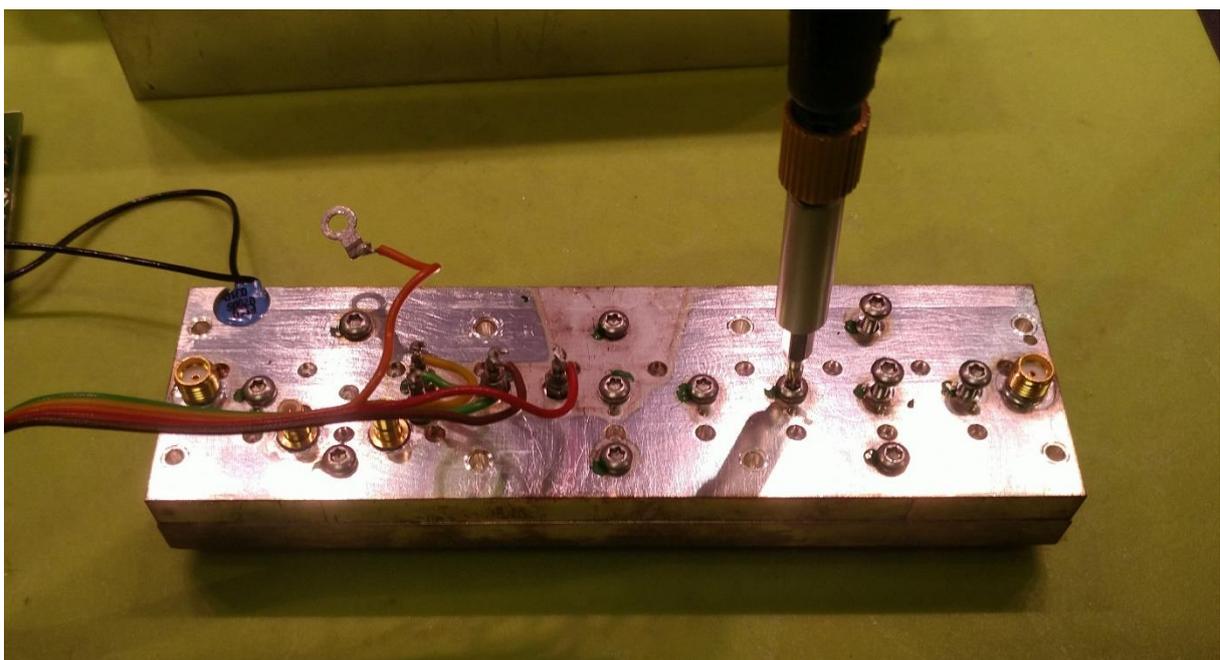
Da ich das Reparieren und Nachbiegen der Brückenkontakte für Eichleitungen dieser Bauart ja bereits in dem SMY-Bericht im Detail beschrieben habe, verzichte ich auf die Wiederholung der Beschreibung, sondern erkläre nur die Basics. Auch die CMT-Eichleitung besteht aus einem Antriebsteil mit einer Sektion Magnetspulen, die eine Art mechanische, bistabile Wippe betreiben, die wiederum über kleine Kunststoff-Stößel die eigentlichen vergoldeten Kontaktbrücken den Signalfloss im Innern des HF-Teils steuern.

Eine erste Überraschung erlebe ich jedoch, als ich die Magnetspuleneinheit vom HF-Block trenne: irgendjemand hat unter die nicht benutzten Federzungen kleine Metallröllchen geklemmt. Unter einer ist sogar eine Schraube eingedreht! Wozu das denn? An diesen Stellen gibt es weder einen Magneten, noch eine antreibende Wippe noch eine Kontaktstößel im Innern. Wozu also soll man dann die Federn eine Ebene darüber mechanisch blockieren? Und warum dann auch noch mit so einer "komischen" Lösung?



**Abbildung 148: eine Schraube als "Blocker" unter einer nicht genutzten Federzunge? Wozu?**

Ich werde das Gefühl nicht los, dass hier jemand schon vor mir gebastelt hat, denn original sieht mir das nicht aus. Aber jetzt, wo ich die Eichleitung aufgeschraubt habe, kann ich sie auch nicht mehr guten Gewissens zurückschicken. Damit würde ich nämlich genau dasselbe tun, was ich vorhin noch hochtrabend anderen "Schlingeln" mit unfairem Umgang miteinander vorgeworfen habe.



**Abbildung 149: Es gibt kein Zurück mehr: es wird aufgeschraubt!**

Also nun Augen zu und durch. Wir öffnen den HF-Teil!

Ein Aufatmen: hier sieht tatsächlich alles ziemlich gut aus!

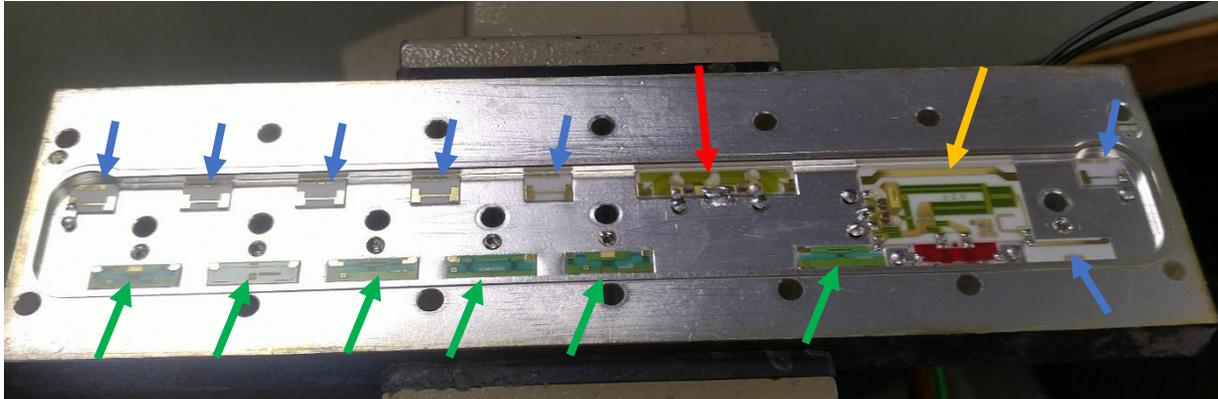


Abbildung 150: die HF-Dämpfungsglieder der CMT-Eichleitung

Aber was ist das denn alles, was wir da sehen? Also wir erkennen an dem HF-Block mehrere eingelötete Module.

Die mit dem **blauen Pfeil** sind einfach "nur" Leitungen.

Die **grünen Pfeile** zeigen auf die eigentlichen Dämpfungsmodule. Dazu kommen wir gleich.

Der **rote Pfeil** zeigt auf die Overload-Erkennung mit seinen beiden Overload-Dioden. Diese sind bei unserem Willi ja zerschossen, denn ich konnte dort keine sinnvolle Diffusionsspannung an den Dioden mehr messen (normalerweise hier etwa 500mV messbar). Hier an der Ersatz-Eichleitung sind die aber einwandfrei in Ordnung.

Der **gelbe Pfeil** ist das Spannendste der CMT-Eichleitung: der 50Ohm Lastwiderstand mit seinem 14dB Auskoppelverteiler zu W13 und W14. Wenn hier Überlast über längere Zeit eingewirkt hätte, würden wir hier Brandspuren oder Zeichen von Hitzeentwicklung sehen. Ist hier aber nicht. Das Modul sieht tatsächlich prima aus. Genauso übrigens auch bei Willi: vermutlich hatte er (oder der originale "Spender" der defekten overload-Eichleitung) damals nur einen ganz kurzen HF- Impuls abbekommen, der zwar zum Abblasen der Overload-Dioden geführt hat, aber diese -quasi als letzter Akt ihrer Bestimmung- noch rechtzeitig den Eingang des CMT abschalten und so immerhin noch den Leistungsdummywiderstand schützen konnten.

Wenn ich kein Ersatzteil mehr für Willi hätte, würde ich mir die beiden defekten Overload-Dioden vom Substrat kratzen und an deren Stelle zwei kleine HF SMD-Dioden auflöten. Ich behaupte, dass dies hinter den 20dB des Eingangs gar nicht so viel am S11 der Eichleitung ändern würde. Vermutlich würde sie etwas "welliger" werden, aber wie gesagt: für den Notfall ginge das bestimmt auch.

Aber ich hab ja diese Ersatz-Eichleitung, von daher muss ich mir da erstmal keine Gedanken machen. Zumindest dabei nicht ;-)

Schauen wir uns nun die einzelnen Dämpfungsglieder an. Man kann sie auch im Schaltplan sehen, allerdings ohne Angabe der verwendeten Widerstandswerte.

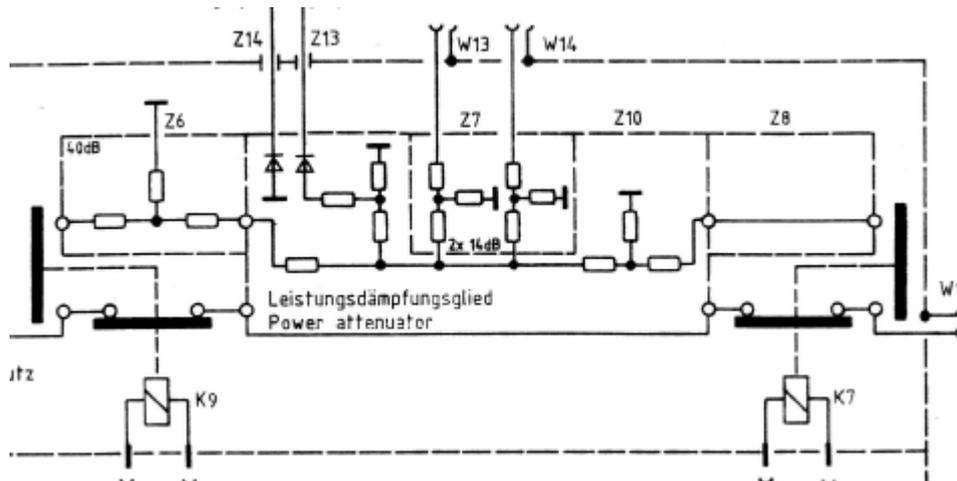


Abbildung 151: Schaltplanauszug der Eichleitung (Quelle: R&S Service Manual)

Bemüht man einen Rechner für Pi- und T-Glieder, spuckt der für ein 50Ohm-System die folgenden Werte aus:

**Z10 (6dB)**

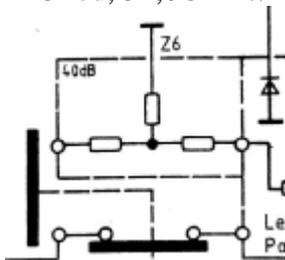
Pi-Glied, 16,61Ohm // 66,9Ohm

**Z7 (14dB)**

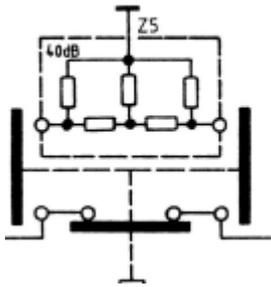
T-Glied, 33,4Ohm // 20,8Ohm

**Z6 (40dB)**

T-Glied, 51,0Ohm // 2499,8Ohm



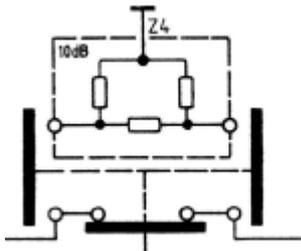
**Z5 (40dB)**



Dieses Dämpfungsglied ist ein verkettetes Pi-Glied. Ich finde im Netz gerade keinen Rechner dafür. Bestimmt eine interessante Aufgabe, das mal selber nachzurechnen, aber momentan will ich die Zeit dafür nicht investieren (so leicht fällt mir das nicht mit 5 Variablen und 5 Gleichungen).

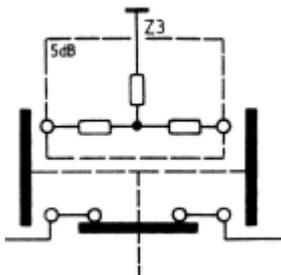
**Z4 (10dB)**

Pi-Glied, 96,2Ohm // 71,2Ohm



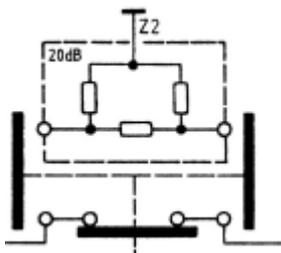
**Z3 (5dB)**

T-Glied, 14,00Ohm // 82,20Ohm

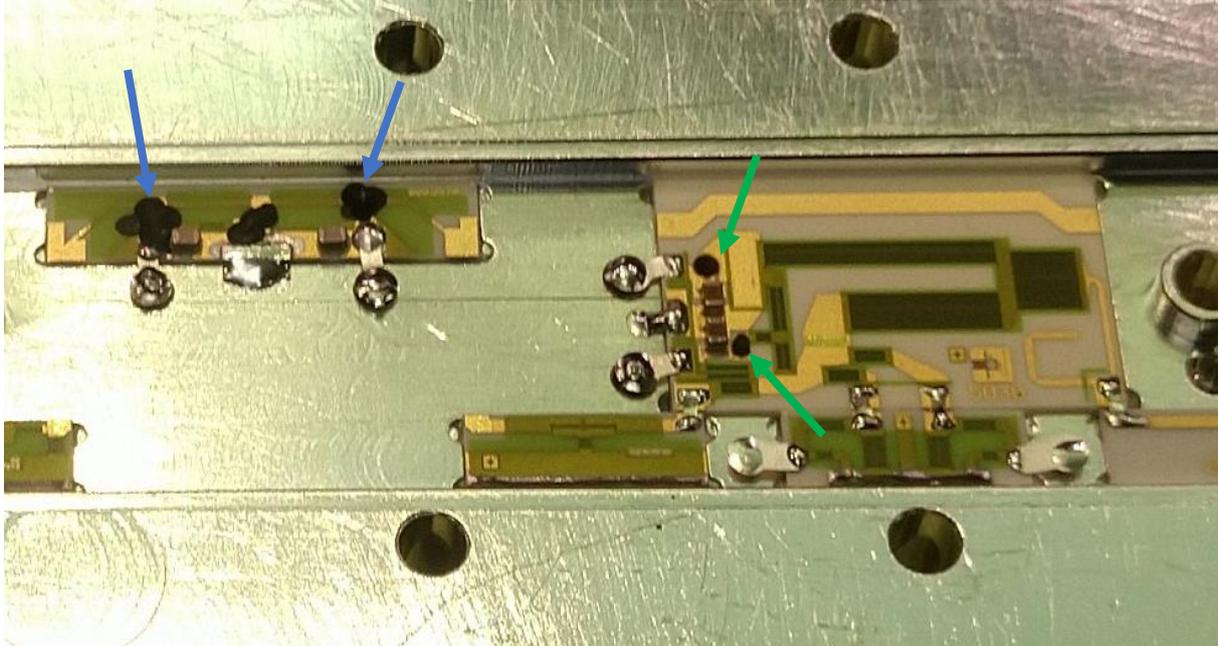


**Z2 (20dB)**

Pi-Glied, 61,10Ohm // 247,50Ohm



Ich mache einen Plausibilitäts-Check und messe die Widerstandsbahnen mit dem Multimeter. Alles sieht gut aus. auch die Diffusionsspannungen der Leistungsmesser-Dioden, an die man nur direkt im geöffneten Zustand der Eichleitung kommt (zumindest an die eine), haben beide nahezu identische Spannungen von etwa 310mV.



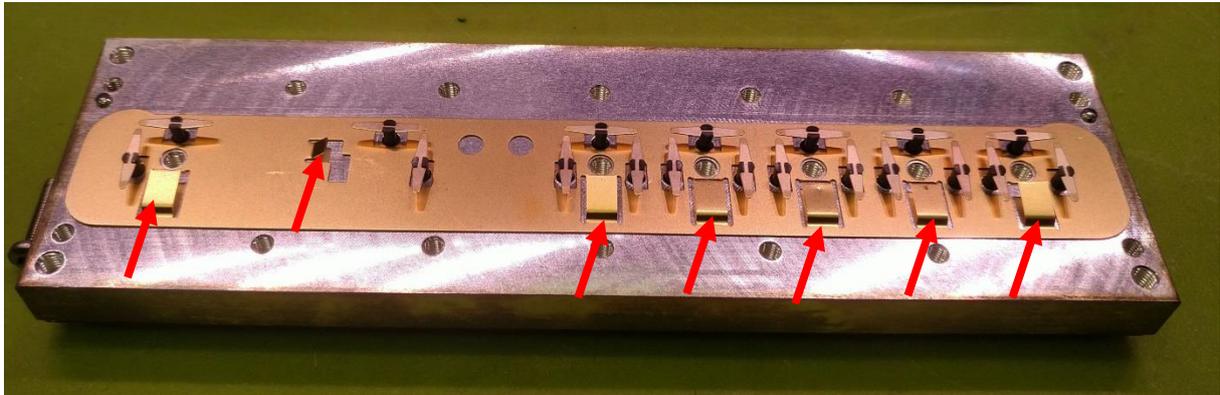
**Abbildung 152: die blauen Pfeile zeigen auf die Dioden für den Overload (die kleinen schwarzen Kleckse), die grünen Pfeile auf die für den HF-Leistungsmesser (eine misst, die andere ist für Temperaturkompensation)**

Nach einem Check der Mechanik beginne ich mit der Reparatur. Mit Leiterplattenreiniger auf einem Wattestäbchen putze ich die Goldkontakte vorsichtig ab. Dann -das Entscheidende!- drücke ich mit einem kleinen Schraubendreher sanft auf die Mitte der Kontaktbrücken und biege sie damit gaaaaanz leicht in V-Form. Das darf nicht doll sein, denn wir wollen nicht die geometrische Form (und damit den Wellenwiderstand!) verändern. Wir wollen nur, dass die Enden dieser Kontaktbrücken wieder leicht vorspringen und damit ein wenig mehr mechanische Vorspannung haben, wenn sie auf die Landepads der einzelnen Dickfilm-Module treffen.



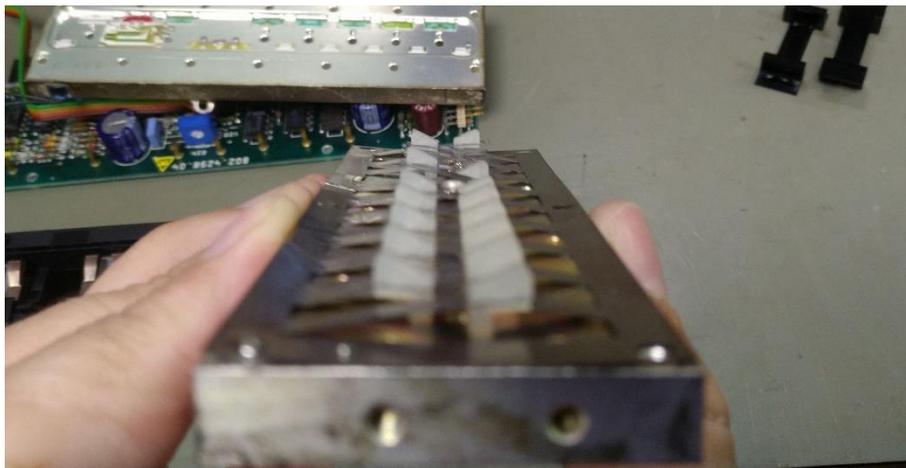
**Abbildung 153: die goldenen Brücken dürfen nur gerade so weit V-förmig gebogen werden, dass sie beim Schließen des Kontakts genug Vorspannung für eine ausreichende Federkraft erzeugen. Diese hier (Pfeil) hab ich schon fast zu stark hochgebogen!**

Mit dieser Art erfahren sie -durch die höhere Vorspannung- wieder etwas mehr Anpressdruck auf die Kontaktstelle. Aber bitte nicht übertreiben mit dem Gebiege. Wir wollen keine steilen "V"s in der Eichleitung, sondern nur etwas mehr Federkraft auf die Enden.



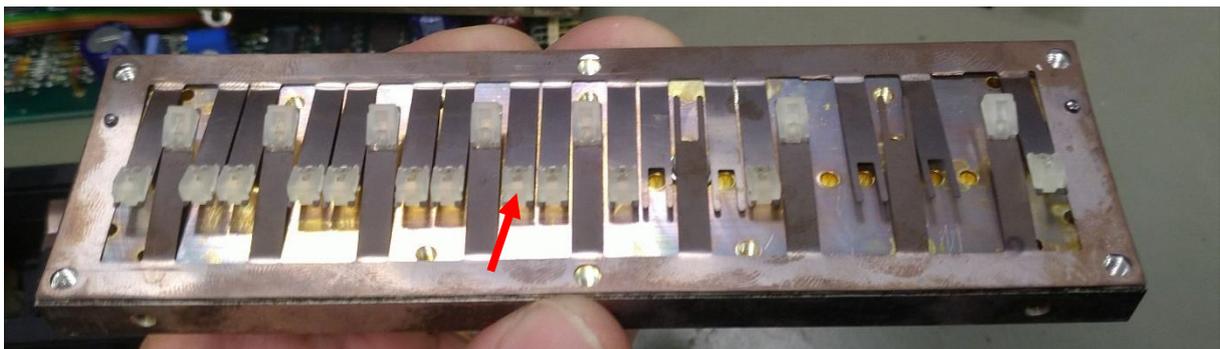
**Abbildung 154: alle Brücken nachgebogen. Die Laschen (rote Pfeile) werden gleich beim Abgleich noch einmal wichtig!**

Wir prüfen noch einmal die Leichtgängigkeit der ganzen Stößelmechaniken und pusten vor dem Zusammenbau gewissenhaft allen Staub (falls da überhaupt welcher sein sollte) weg.



**Abbildung 155: alles in Reih und Glied**

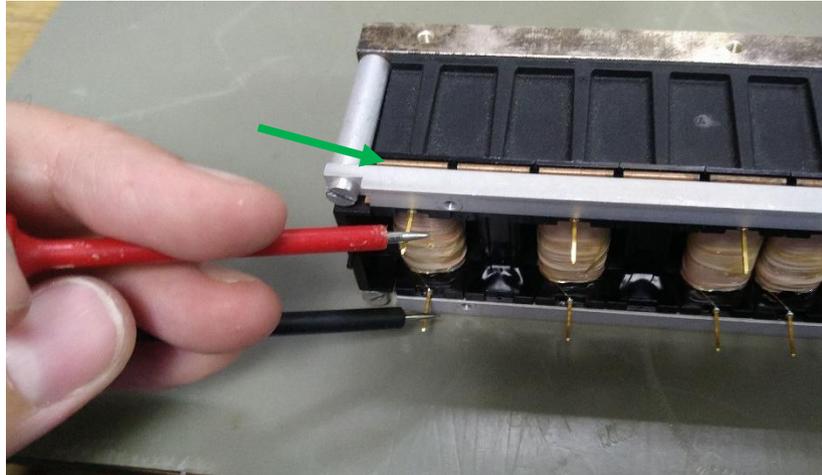
Dann prüfe ich, ob auch alle Kunststoffnippel richtig auf den Federblechen sitzen. Die können sich nämlich ganz leicht um 180° verdrehen und dann klemmt die Mechanik nachher. Also nochmal gucken und alles kontrollieren!



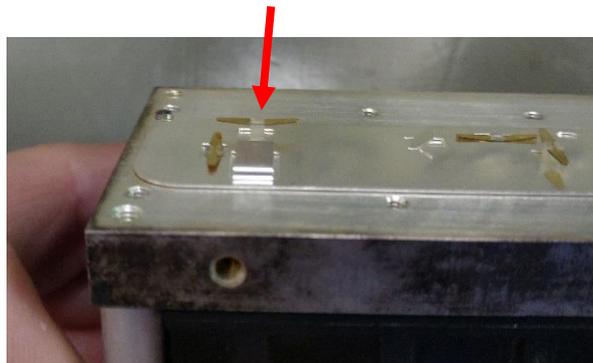
**Abbildung 156: die korrekte Lage dieser Plastiknippel ist wichtig!**

Wenn alles richtig liegt, stülpe ich dem Teil von oben die Magnetspuleneinheit über und schraube sie fest. Die zwischengelegten Federbleche (grüner Pfeil im nächsten Bild!) nicht vergessen, denn die regulieren den korrekten Anpressdruck der Stößel!!

Dann prüfe ich erst, ob auch alle Magnetspulen inklusive der Stößel funktionieren. Dazu klicke ich mit 12V aus einem Netzteil alle Spulen einzeln durch.



**Abbildung 157: Aktuatortest. Da Spannung dran...**



**Abbildung 158: ...und dort kommt der Stößel hoch (Pfeil rot). Gut!**

Nachdem das getan ist, schraube ich die Eichleitung wieder ein Stück weit locker. Warum? Damit ich das HF-Teil gleich besser auflegen kann, denn das ist gar nicht so einfach unter dem Federdruck der ganzen Kontaktbrücken. Wenn man die Magnetspuleneinheit wieder etwas lockert, verkleinert man damit den Anpressdruck und man braucht man nachher weniger Kraft zum Auslegen des HF-Blocks. Eine ruhige Hand braucht man trotzdem noch dazu.

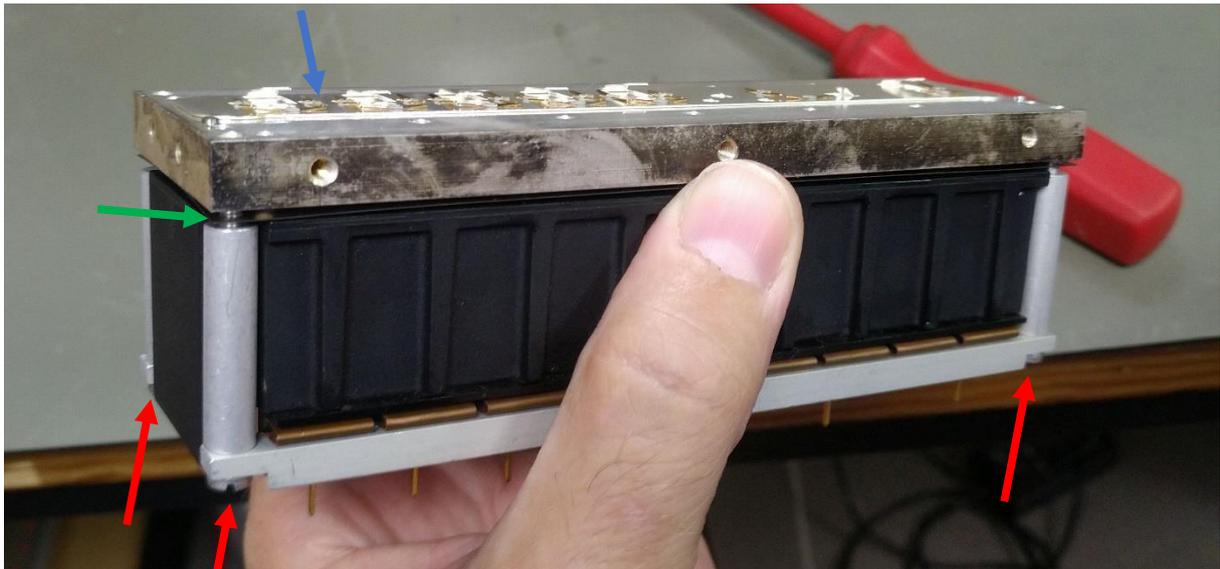


Abbildung 159: nun die Verbindung wieder etwas locker schrauben (Pfeil rot), so dass sich hier ein kleiner Spalt bildet (Pfeil grün)...das entlastet die Stößel (Pfeil blau)

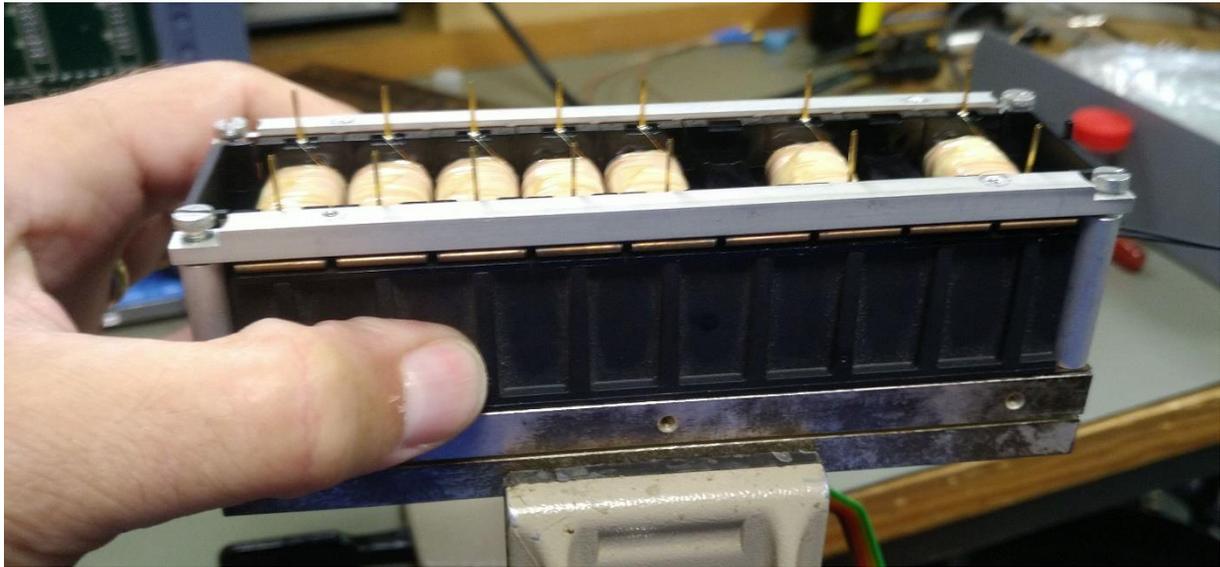
Dann das HF-Modul in einen Schraubstock einspannen und das vorbereitete Aktuator/Stößelmodul von oben auflegen. Dabei aufpassen: das EMV-Abschirmband ist so eine Art "Metall-dichtungsschnur" (Pfeil gelb), die vorher passgenau in die Fräsmulde eingelegt sein muss!



Abbildung 160: nächster Zusammennbau-Schritt

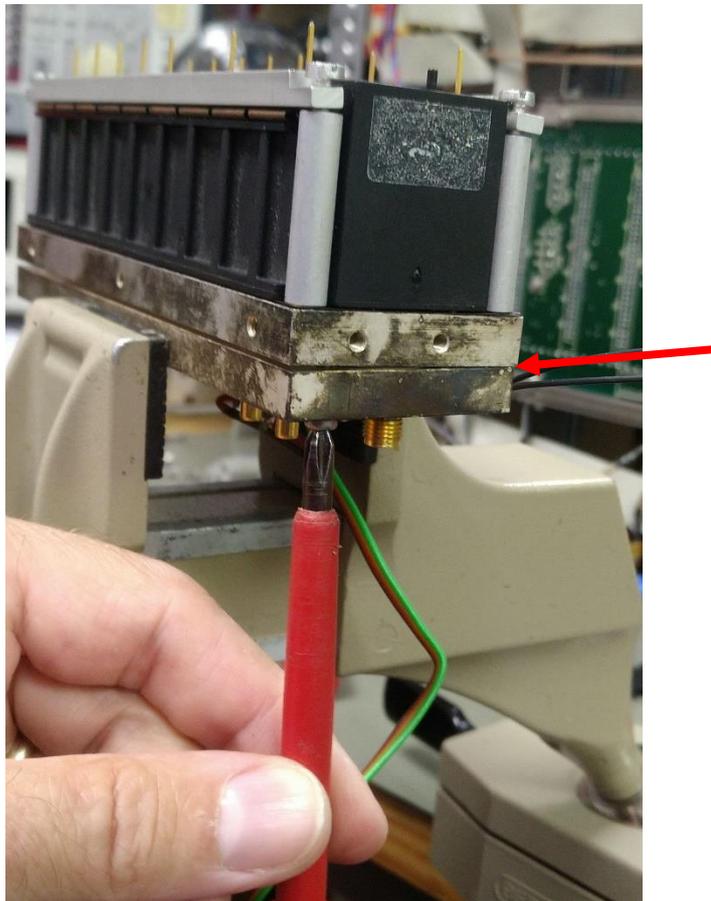
Nicht zu viel Kaffee vorher trinken, damit man nicht zu stark dabei zittert :-)

Wir fügen beide Teile zusammen, ohne das metallene Einlegeband zu verschieben.



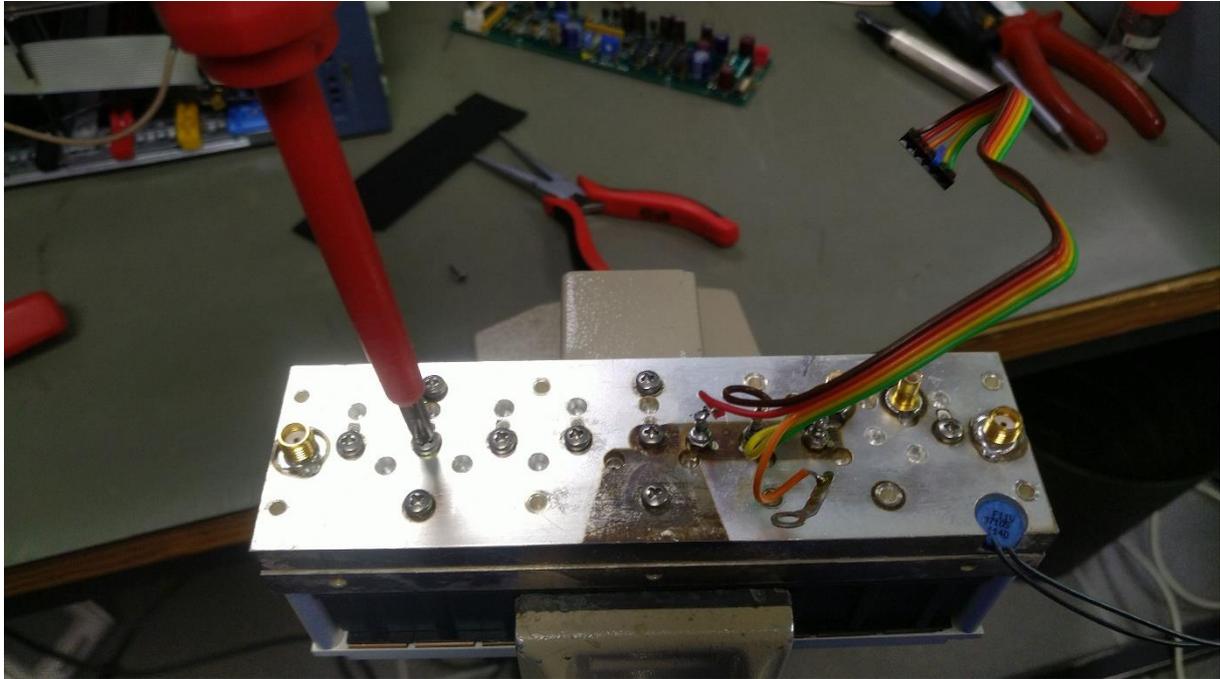
**Abbildung 161: der nächste Schritt**

Dann wird von unten her (!) zugeschraubt. Schön vorsichtig über Kreuz, damit nichts verspannt. Wie erkennen, dass sich der anfangs sichtbare Spalt (Pfeil) langsam wieder zu schließen beginnt.



**Abbildung 162: Zuschrauben von unten**

Nun kann die Eichleitung wieder umgedreht und die restlichen Schrauben eingesetzt und angezogen werden. Auch die vorher entspannten Schlitzschrauben nicht vergessen, denn die sind für die korrekte Stößelspannung im Innern wichtig!



**Abbildung 163: fast fertig**

Nach dem Zusammenbau kommt der große Test und ein kleiner Nachgleich. Aber vorher genießen wir noch einmal ein Großbild des HF-Innenlebens.



**Abbildung 164: Großbild der HF-Seite der Eichleitung**

## 37 Die Eichleitung: Pegeltest

Nun, jetzt wollen wir aber wissen, ob die Reparatur auch erfolgreich war. Das machen wir aber angesichts von Aufwands-Minimierung nur in einem Schnelltest, denn wir sind schon längst hinter der Seite 100 und ich möchte auch fertig werden.

Der Messaufbau ist wieder trivial: Willi generiert ein 100MHz-Signal und ich messe den Pegel hinter der Eichleitung mit einem NRV-Z4 Messkopf sowie einem NRVD. Wie man auf dem Bild sieht, habe ich schon erste Versuche mit LED-Hinterleuchtung gemacht. Gefällt mir aber noch nicht, ist noch zu grün.

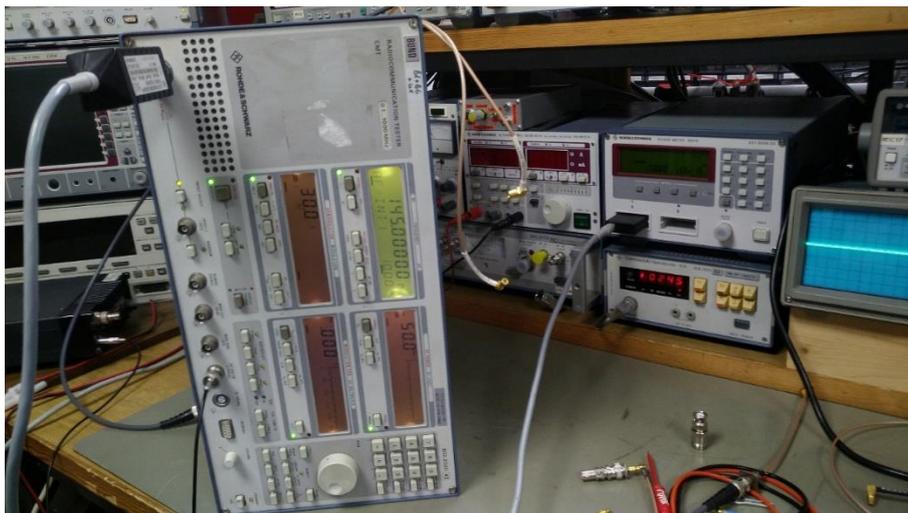


Abbildung 165: Testaufbau: NRV-Z4 and R&S NRVD

Das Eigenrauschen mit diesem Messkopf liegt bei etwa  $-65\text{dBm}$ . Angesichts der Bandbreite von  $6\text{GHz}$  geht das absolut in Ordnung. Ich wähle an Willi also  $-50\text{dBm}$  Signalpegel und lese am NRVD ab.



Abbildung 166: boah!

Ich klackere mich hoch und ich bin verzückt.



Abbildung 167: das sieht sehr gut aus!

Dann gucke ich mir nochmal das 5dB-Glied an. Aber auch hier: weniger als 0,2dB Abweichung.

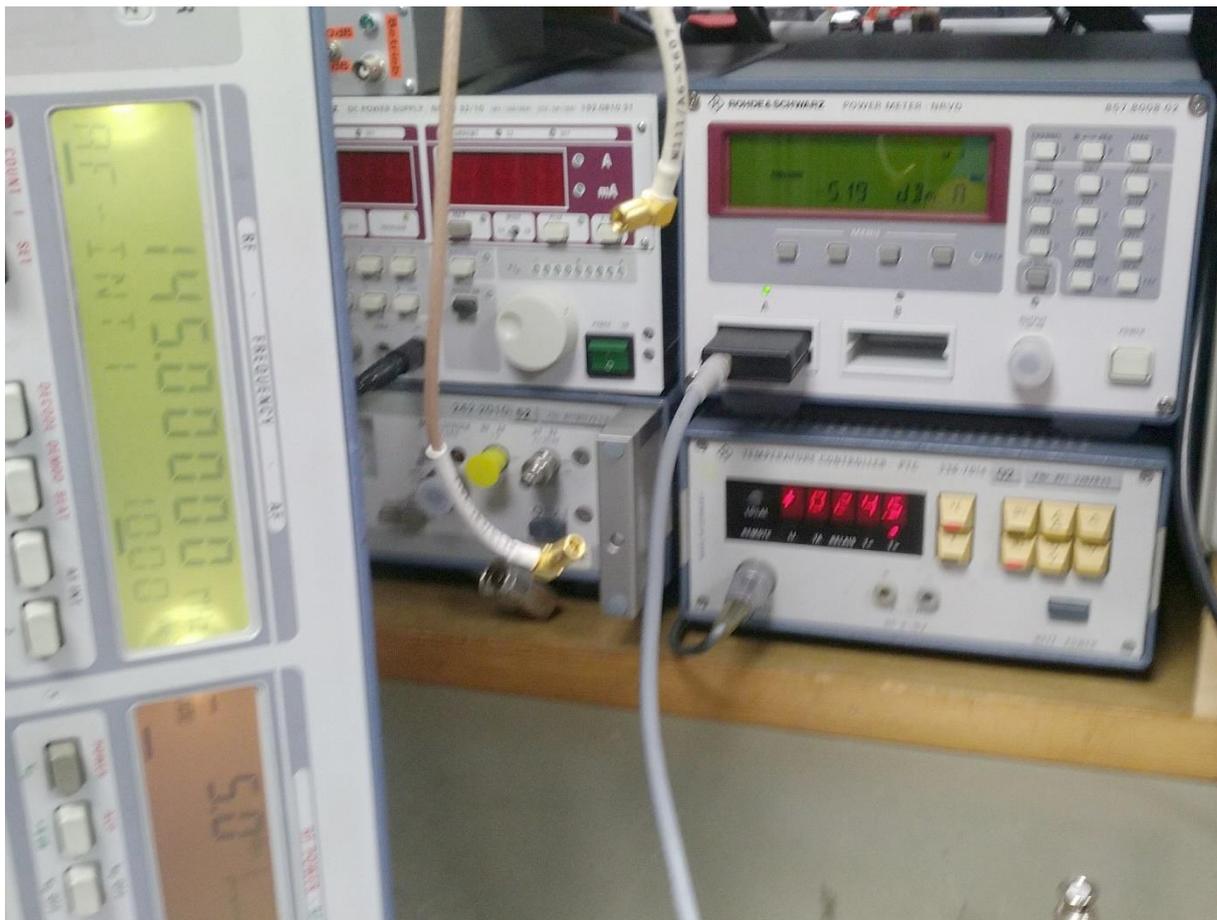


Abbildung 168: Test des 5dB-Stellglieds

Das freut mich alles sehr. Aber wie sieht es mit der Anpassung aus? Hat sich da bis 1GHz was verändert?

## 38 Die Eichleitung: Anpassung und Nachgleich

Das klärt nun dieser Test.

Und damit betrete ich etwas Neuland, denn meine aufgearbeiteten Eichleitungen habe ich bislang nie noch einmal am Netzwerkanalyzer (oder Wobbelmessplatz) nachgeglichen. Das machen wir jetzt aber.

Ich mache das aber in etwas vereinfachter Form, denn auch hier: ich will endlich mal fertig werden! Daher benutze ich den 7GHz Tracking-Generator in meinem R&S FSEM und eine R&S ZRB2 Reflexionsmessbrücke. Die hängt an zwei ca. 2m langen Sucoflex 104 N-Kabeln, damit ich etwas beweglicher bin und sie im folgenden zwischen den verschiedenen Messplätzen hin und her tragen kann. Außerdem wollte ich die Messbrücke direkt am Eingang des Messplatzes platzieren können- und nicht erst über lange Kabel zur Messbrücke führen. Eine Technik, die jeder Funkamateurler weiß, der das SWR von Antennen messen will: immer direkt am Messobjekt messen, um den Einfluss des Messkabels so gering wie möglich zu halten! Erst recht am Eingang der Brücke!

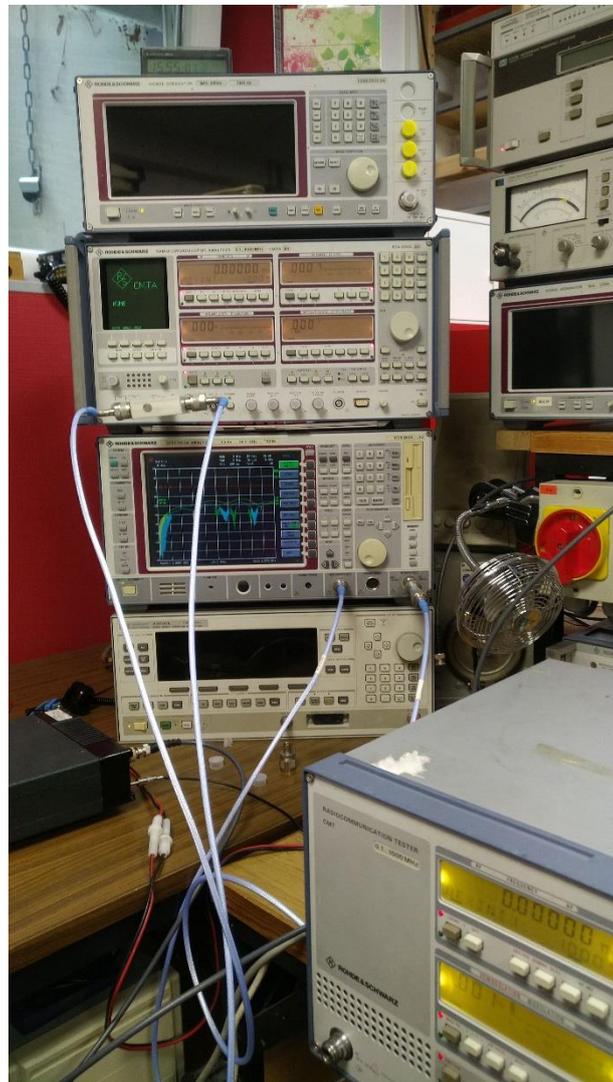
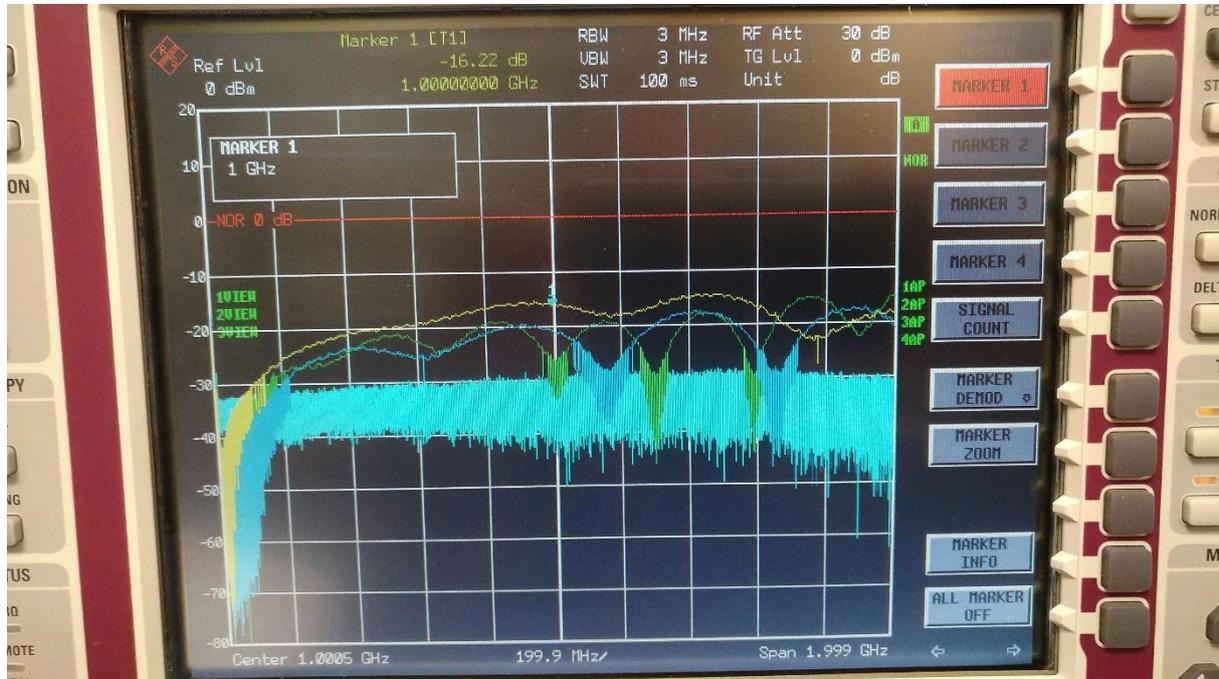


Abbildung 169: Ghetto-Messaufbau

Die langen Zuführungen zur Messbrücke auf der Generatorseite sind für den eigentlichen Messwert nicht so schlimm, haben aber dennoch ihren Preis. Von der sonst >46dB betragenden Richtschärfe der ZRB2 bleiben am Ende nur noch etwa 30dB übrig. Aber das macht nichts, die R&S Eichleitungen sollen üblicherweise bis 1GHz immer mindestens 20dB Reflextionsdämpfung haben und viel drunter kommen sie laut meiner Erfahrung auch nicht.



**Abbildung 170: S11 von Willi (gelb), Maja (blau) und Frl. Cassandra (grün). Die Messgrenze liegt wegen der langen Kabel hier "nur" bei S11=-30dB (hellblau)**

Tun sie auch nicht. Wir sehen in Abbildung 170 die Messung der Reflexion S11 von Maja, Will und Frl. Cassandra. Und Willi protzt dabei natürlich erstmal mit nur 16dB bei 1GHz nicht gerade heraus. Okay, mit 16dB S11 kann man in der Praxis wohl grundsätzlich noch arbeiten, aber geht das wirklich nicht besser?

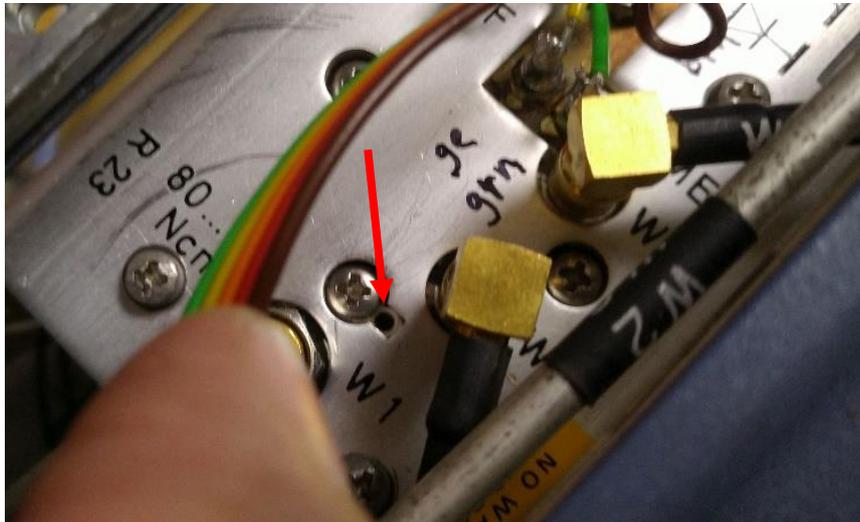
Doch.

Dazu brauchen wir erstmal einen Außensechskant von 0,9mm. Der ist so klein, dass meine Kamera darauf schon gar nicht mehr scharf stellen kann.



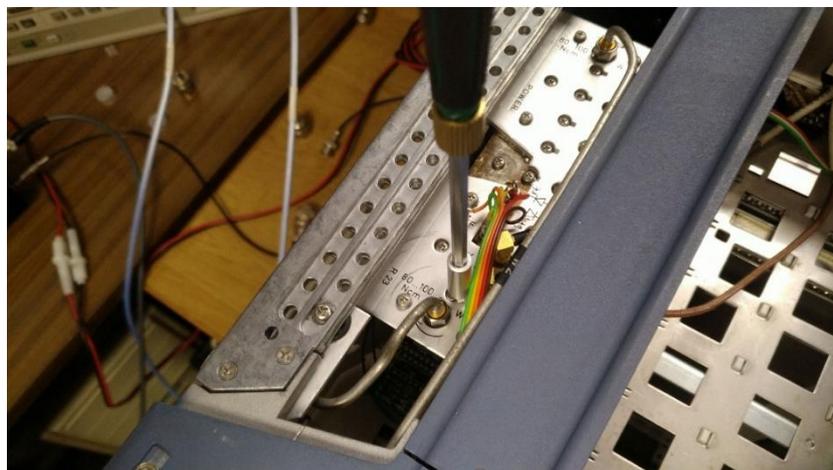
**Abbildung 171: man braucht einen 0,9mm Sechskantschlüssel**

Dann sucht man sich das erste Loch an der Eichleitung, das man finden kann. Darunter befindet sich nämlich eine Madenschraube, die im Innern gegen diese Abschirmfähnchen drückt. Ihr erinnert Euch? Glotzt du Abbildung 154!



**Abbildung 172: in diese kleine Bohrung muss man rein!**

Nun prokeln wir ganz vorsichtig unseren Außensechskant da hinein.



**Abbildung 173: Nachgleich**

Während wir die Schraube drehen, beobachten wir am Analyzer die Reflexion. **WICHTIG:** das Fähnchen, das wir im Innern damit biegen, federt meines Wissens nach nicht von alleine zurück! Das bedeutet: einmal versehentlich zu tief eingedreht, bedeutet, dass man zum Zurückbiegen der Fahne die komplette Eichleitung wieder auseinander bauen muss! Daher: vorsichtig und behutsam drehen und immer nur ganz locker und vorsichtig nachstellen.

Um die Verbesserung auch sehen zu können, lasse ich mir die alte Messung als gelbe Linie als Standbild mit eingeblendet, während ich dann versuche, die hellblaue (=aktuelle Messung) durch Abgleich möglichst tief nach unten zu bringen. Das gelingt mir!

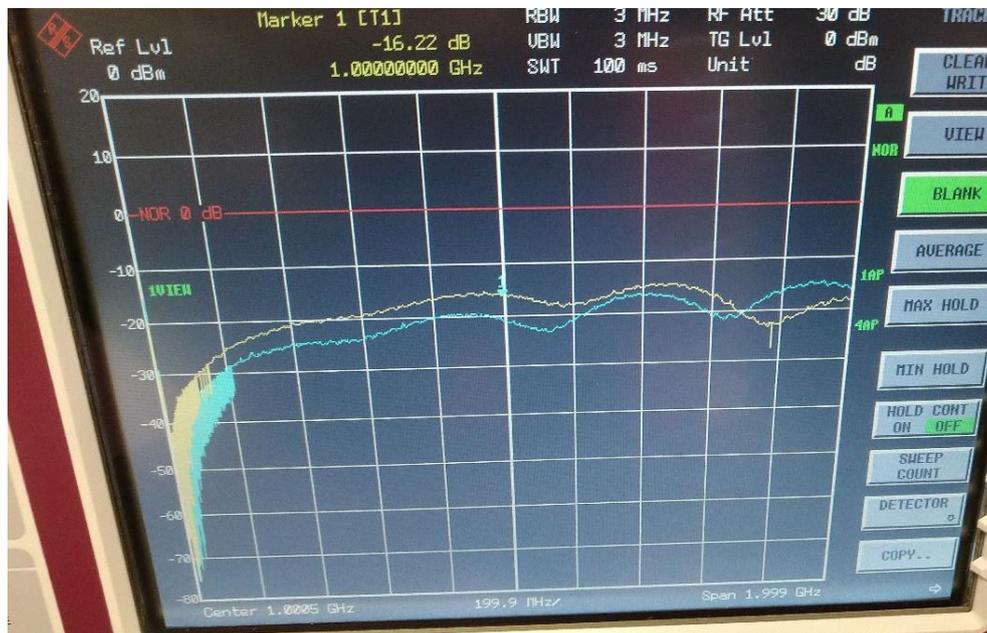


Abbildung 174: S11 von Willi vorher (gelb, -16dB@1GHz), nachher (blau, -21dB@1GHz)

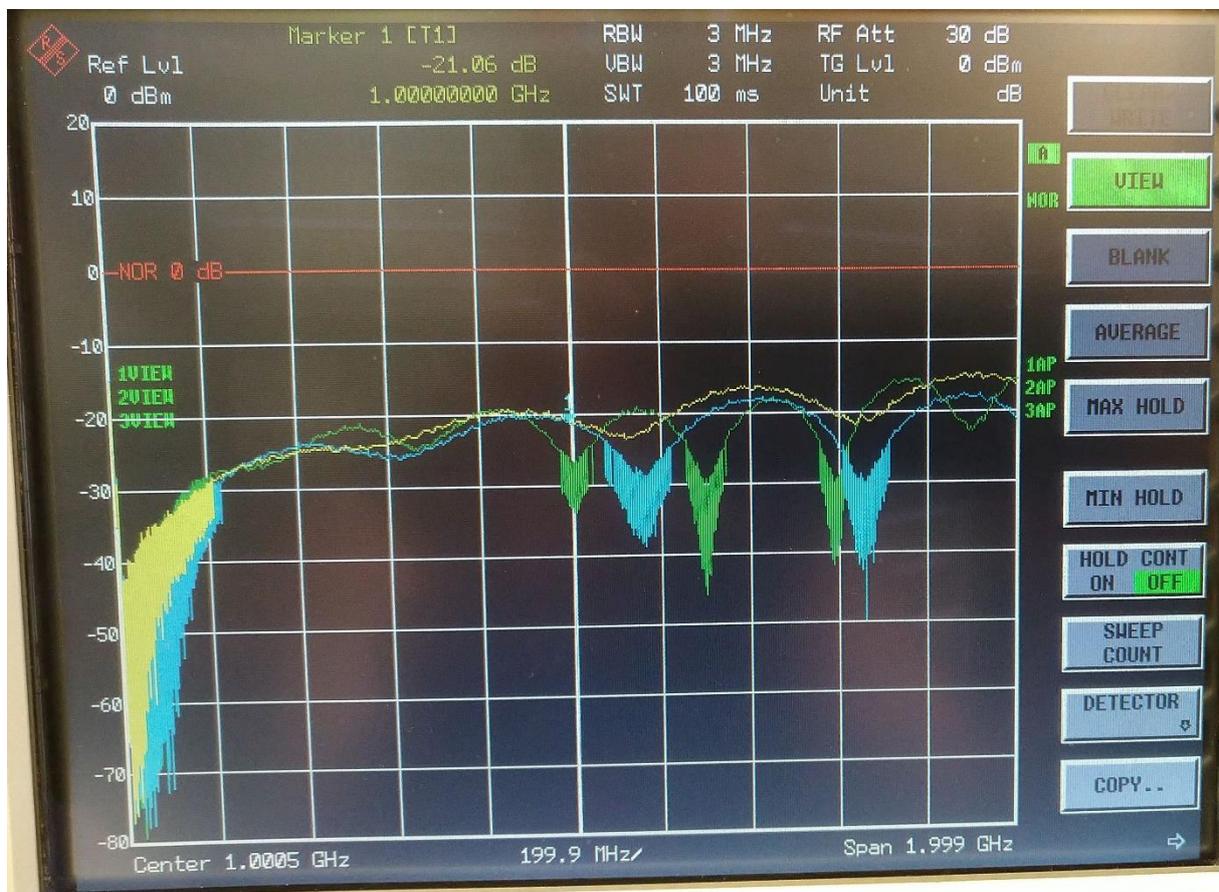


Abbildung 175: nach dem Abgleich: das sieht alles untereinander vergleichbar aus! (Willi, Maja, Frl. Kasandra)

Am Ende sehen wir, dass wir mit diesem Abgleich fette 5dB Anpassung herausholen konnten! Das ist für S11 schon irre viel! Und noch besser: mit nun 21dB bei 1GHz treffen wir damit auch wieder die Spezifikation der Eichleitung!

Zumindest in diesem Parameter ;-)

Was soll das denn schon wieder heißen?

Nun, normalerweise müsste man den Abgleich der anderen Fährchen jetzt auch machen. Sprich: das Teil jetzt wirklich an den Netzwerkanalyzer hängen und in den verschiedenen Dämpfungsstufen die Welligkeit mit Nachgleich minimieren. Ich bin sicher, dass da mit etwas Sorgfalt noch ein paar Zehntel dB optimiert werden kann. Doch sind wir ehrlich: wenn ich den aktuellen Frequenzgang mit dem NRVD nachmesse, gibt es hier absolut keinen Hinweis für mich, warum ich da noch was nachgleichen müsste. Das S11 passt nun, der Verlauf zeigt nun genau dieselbe Charakteristik wie seine CMT-Brüder/Schwestern, die Wackelanfälligkeit ist weg und auch der empirisch durchgefahrene Frequenzgang scheint einwandfrei.

Damit soll es nun auch gut sein.

Nagut, ich kann es nicht lassen und prüfe auch nochmal den CMS52 bezüglich seiner Eichleitung. Die ist aber auch nicht besser (eher noch etwas welliger).

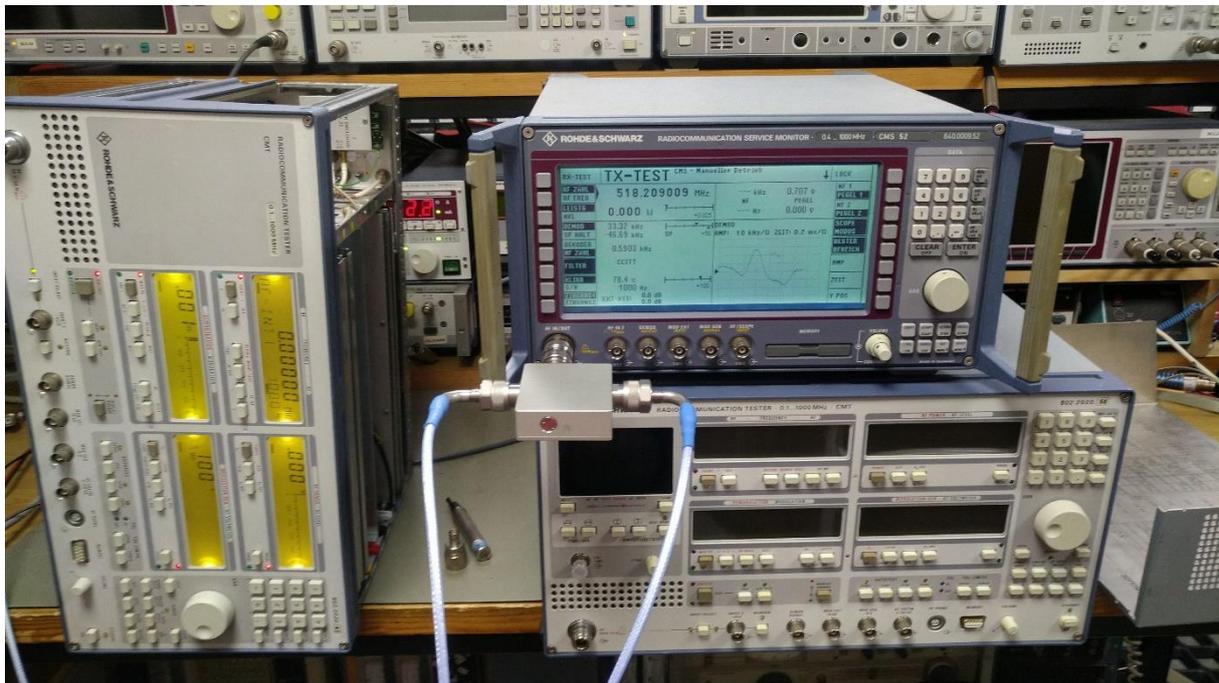


Abbildung 176: auch den CMS52 beziehe ich in den Vergleich mit ein

Wer genau hinguckt, merkt schon, dass ich zwischenzeitlich mit der LED-Beleuchtung und dem Putzen fleißig war! Wollt ihr sehen, was ich gemacht habe?

## 39 Willis neuer Frack

Nun, es scheint so, also ob nun auch Willi mit offiziell zur "CMT-Siegesparty" eingeladen werden kann. Dafür müssen wir ihn nun aber auch noch schön machen. Denn niemand freut sich über ein Messgerät, das nun zwar fast perfekt funktioniert, aber äußerlich noch immer nach Stapelschrott aussieht. Daher: Willi wird nun herausgeputzt!

Zuerst machen wir die Displaybeleuchtung wieder heil.



Abbildung 177: originale 24V-Lampe aus Willis Skalenbeleuchtung

Die drei verschiedenen Versionen der bestellten 3mm-LEDs löte ich parallel und stecke sie probeweise in ein Hinterleuchtungs-Loch der Anzeigeplatine.

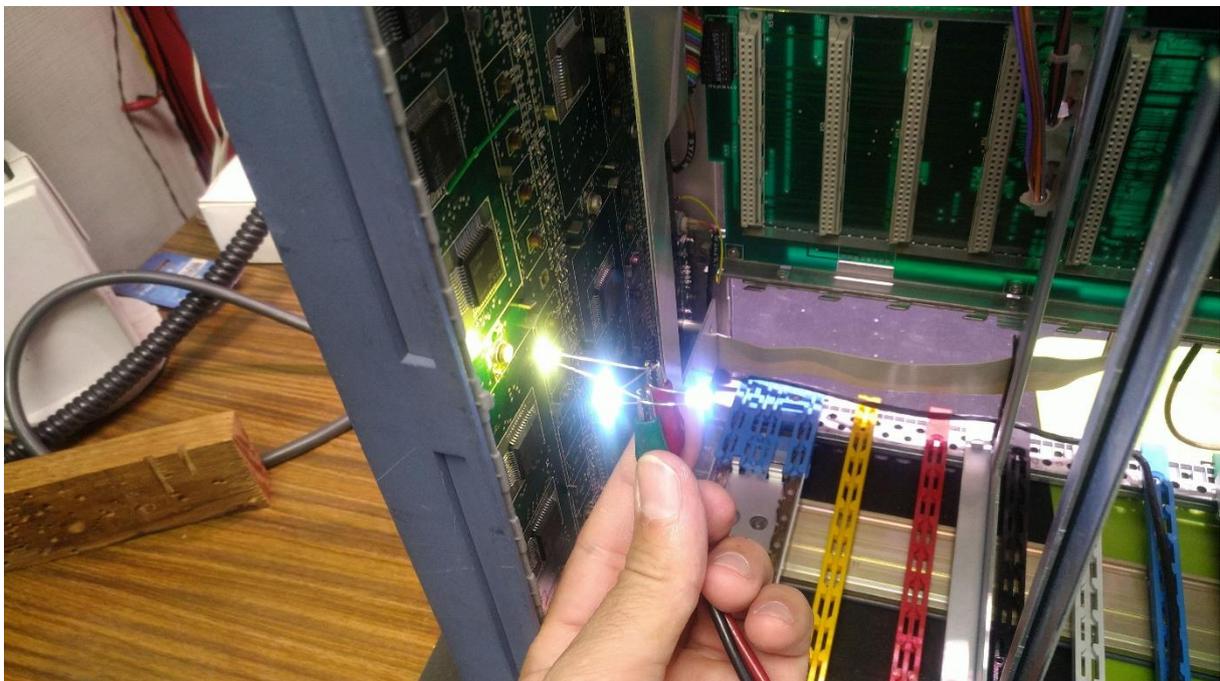
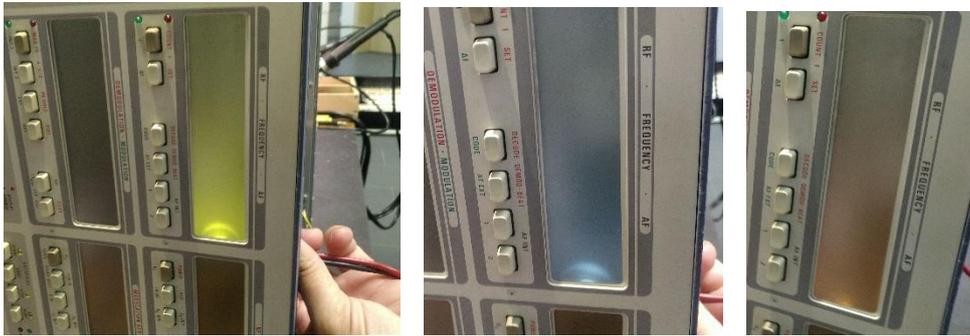


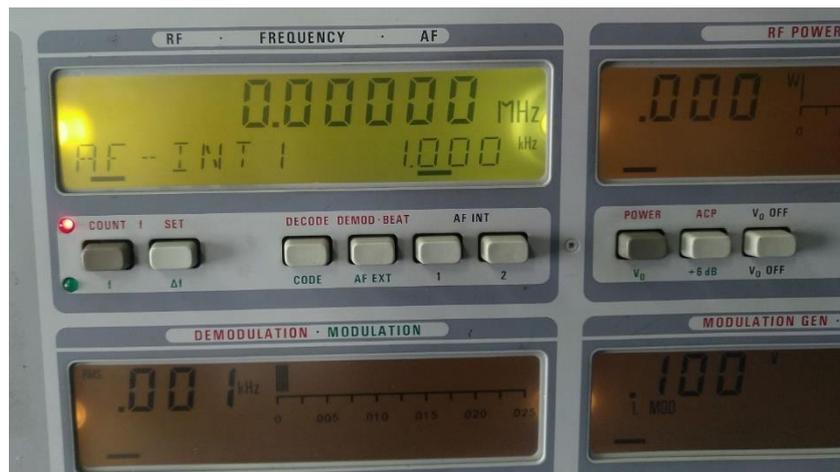
Abbildung 178: drei 3mm LED-Testkandidaten in warmweiß, neutralweiß und kaltweiß

Das Ergebnis kann ich zwar mit meinem Fotohandy sicher nicht farbecht zeigen, aber ich denke, der grün- bzw. Blaustich ist hier deutlich zu sehen. Am schönsten sieht wirklich die originale Glühlampe aus...(Bild ganz rechts).



**Abbildung 179: durch die LCD-Scheibe hindurch sieht das Licht total anders aus!**

Ich gehe einen Schritt weiter und löte verschiedene Kombinationen ein und probiere aus, wie sie sich als Hinterleuchtung machen.



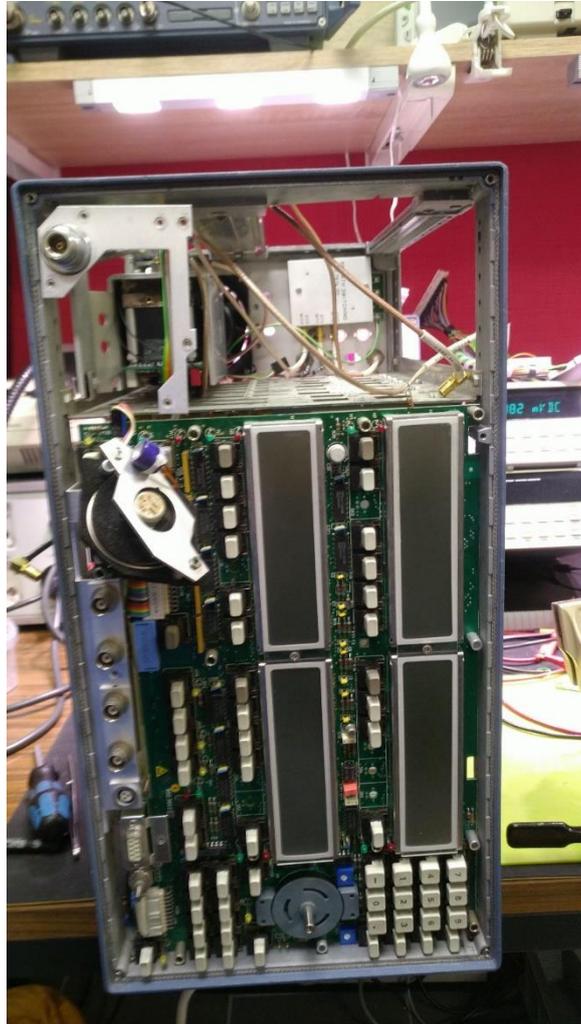
**Abbildung 180: hier zwei verschiedene LEDs in der Anprobe**

Allen gemein ist, dass LEDs natürlich eher nach vorne abstrahlen- selbst wenn man diffuse Bauformen und solche mit möglichst breiter Abstrahlung kauft. Einen hellen Punkt am Displayrand kann man nicht ganz vermeiden. Allerdings sieht man ein bisschen was davon auch mit den originalen Glühlampen. Nur nicht ganz so intensiv.

Trotzdem: es fällt -unabhängig von der Farbe- bereits jetzt auf, dass man die Displays mit den LEDs deutlich besser ablesen kann als mit den originalen Glühlampen!

Es steht fest: ich werde Willi auf LED umbauen. Ich will damit Erfahrungen sammeln und da Willi sowieso dringends ein neues Outfit braucht, fiel die Wahl leicht.

Also zuerst die Frontplatte herunter.



**Abbildung 181: Ausbau der Display-Platine**

Dann die Display-Platine selber ausbauen.



**Abbildung 182: Displayplatte auf dem Labortisch**



Es hilft nichts, ich muss irgendwie die -durch den Reiniger teilweise zerstörte- Oberflächensatinierung wieder hinbekommen. Und wie mache ich das? Diamant-Läpp-Paste und eine billige (chinesische) Granitplatte als Untergrund.

Ich nehme ein Klötzchen aus MDF zum Reiben. Anfangen tue ich mit 1 $\mu$ m Partikelgröße. Aber das ist noch zu fein.



**Abbildung 186: Diamant-Läpppaste 1 $\mu$ m**

Also erhöhe ich die Körnung und starte einen zweiten Versuch:



**Abbildung 187: Körnung etwas gröber, aber reicht noch nicht**

Mit 10 $\mu$ m Körnung allerdings kommen wir dem Ziel nahe!



**Abbildung 188: aber erst die 10 $\mu$ m-Körnung erzeugt eine originalgetreue Mattierung**

Und siehe da: das Ergebnis sieht wieder einwandfrei aus. Hier ein Bild mit den neu satinierten LCD-Filterschreibern:



**Abbildung 189: gerettet: die nachgeläpften Filterscheiben**

Uff! Aber nun weiter. Nur eine geputzt Krawatte macht noch keinen Gentleman. Zeig her deine Finger! Will sagen: alle Tasten herunter und ab ins Ultraschallbad! Und die Frontplatte ins Waschbecken mit warmem Wasser, einem sanften(!) Schwamm und Spülmittel!



**Abbildung 190: Badetag für Willis Frontplatte und Tasten**

Auch hier lässt sich das Ergebnis wirklich sehen:



**Abbildung 191: Willis neuer Frack**

Im Bad hat Willi spontan seine Hosen heruntergelassen und den Bespannstoff für den Lautsprecher verloren. Das macht nichts. Ein wenig UHU und schon sitzt er wieder.

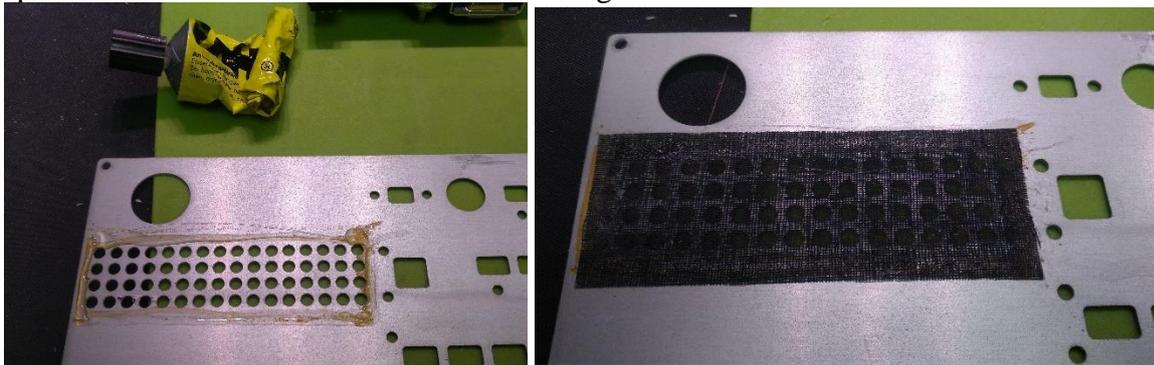


Abbildung 192: Lautsprecherstoff neu ankleben

Nun aber endlich weiter zum Einkleben der LEDs. Ich benutze Elastosil von der Firma Wacker, um die 3mm-LEDs kopfüber in die vorhandenen Lämpchenlöcher zu kleben.

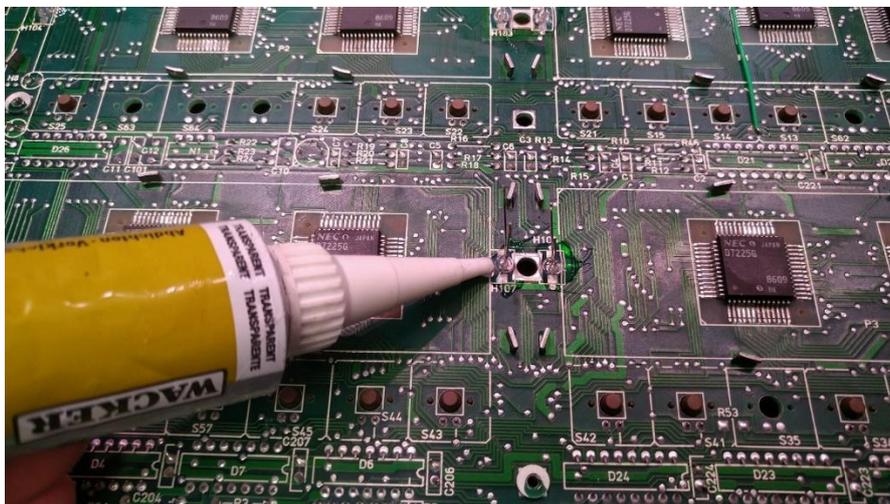


Abbildung 193: Einsetzen der weißen LEDs mit Wacker Elastosil

Am Ende habe ich noch einen vierten LED-Typ gekauft, für den ich mich dann auch entschieden habe: 2700Kelvin warmweiße 3mm-LEDs von der Firma Quadrios (erhältlich u.a. bei Reichelt).



Abbildung 194: die weißen LEDs mit 2700K gefallen mir am besten

Und dann der Ausleuchtungstest. Wie gesagt: die gelbliche Färbung kriegt man mit den von mir ausprobierten LEDs nicht weg; man kann nur zwischen blau, grün und gelblichem Farbschein wählen. Ein klares "neutralweiß", was ich am liebsten gehabt hätte, habe ich leider nicht hinbekommen.



Abbildung 195: zugegeben- etwas "weißer" wäre schön gewesen, klappt aber wohl nur mit Glühlampen

Ich stelle dann fest, dass eine der LEDs mir dann doch noch etwas "herausgefluppt" ist, also klebe ich sie noch nach. Das Andrücken erledigt ein Hammer :-)

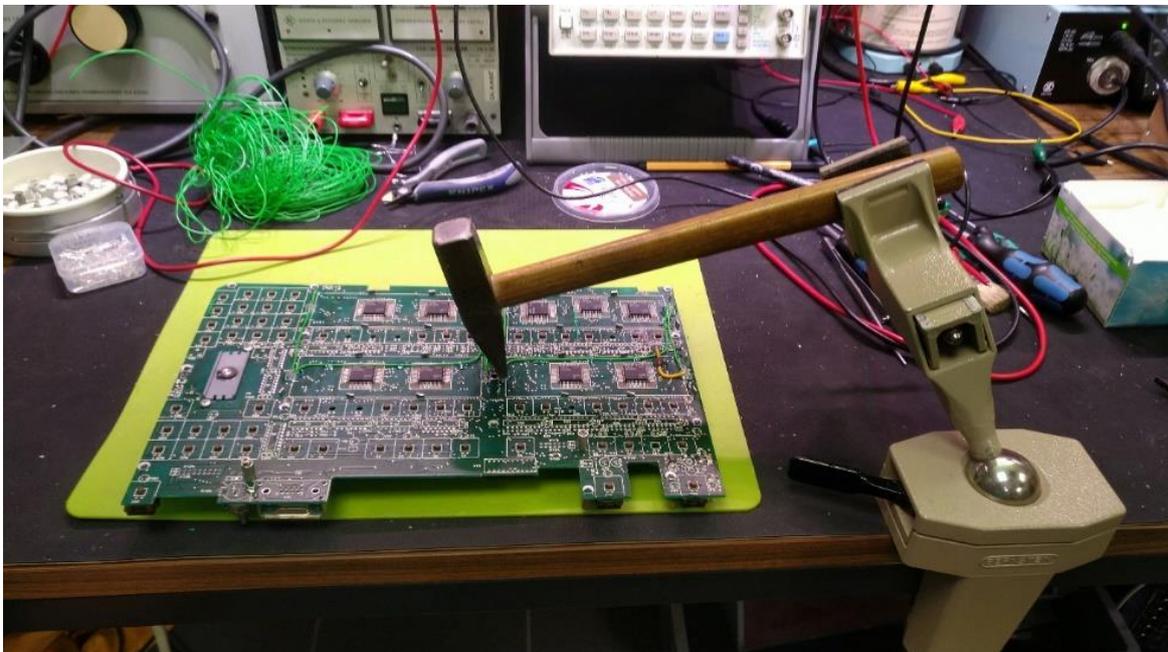


Abbildung 196: nanu...!?

Hier sieht man vielleicht etwas besser, warum ich den Hammer brauchte.

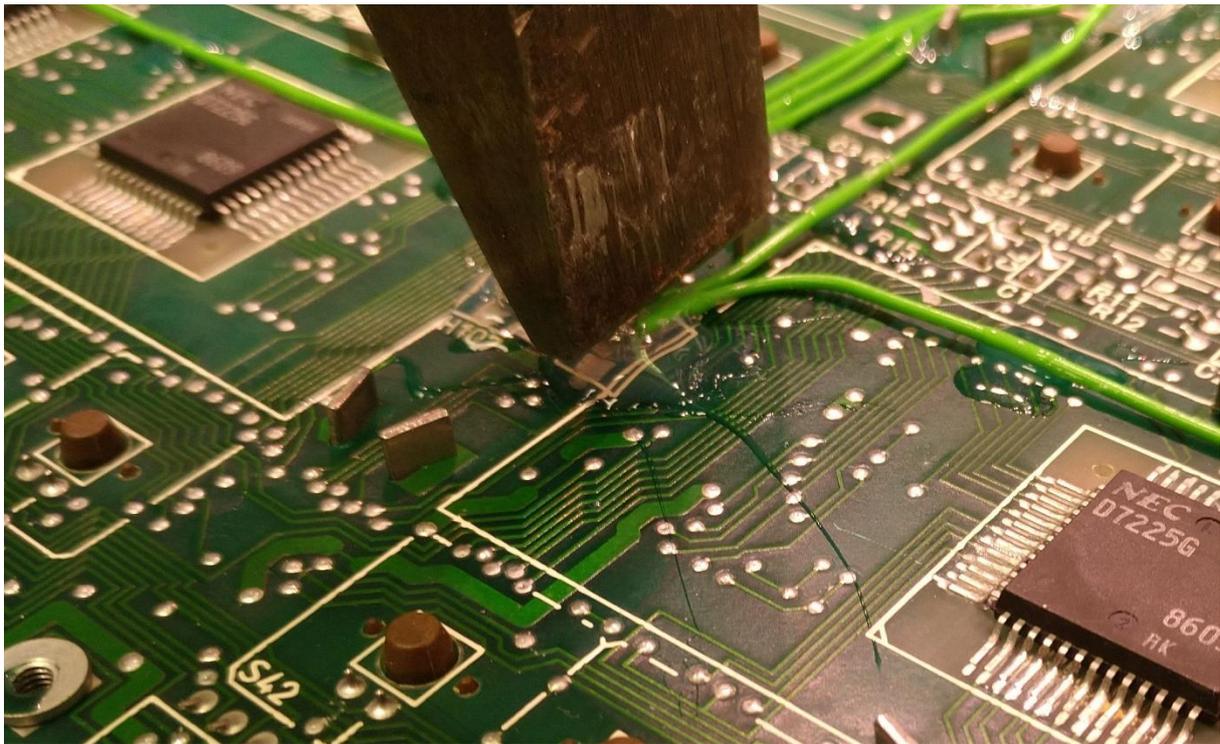


Abbildung 197: Andrücken einer LED, die gerne "herausfluppen" will

Die 8 LEDs hängen bei mir alle in Reihe mit einem gemeinsamen Strombegrenzungswiderstand. Das wiederum geht dann direkt an den Schalttransistor, der diese Kette dann mit +24V versorgt.

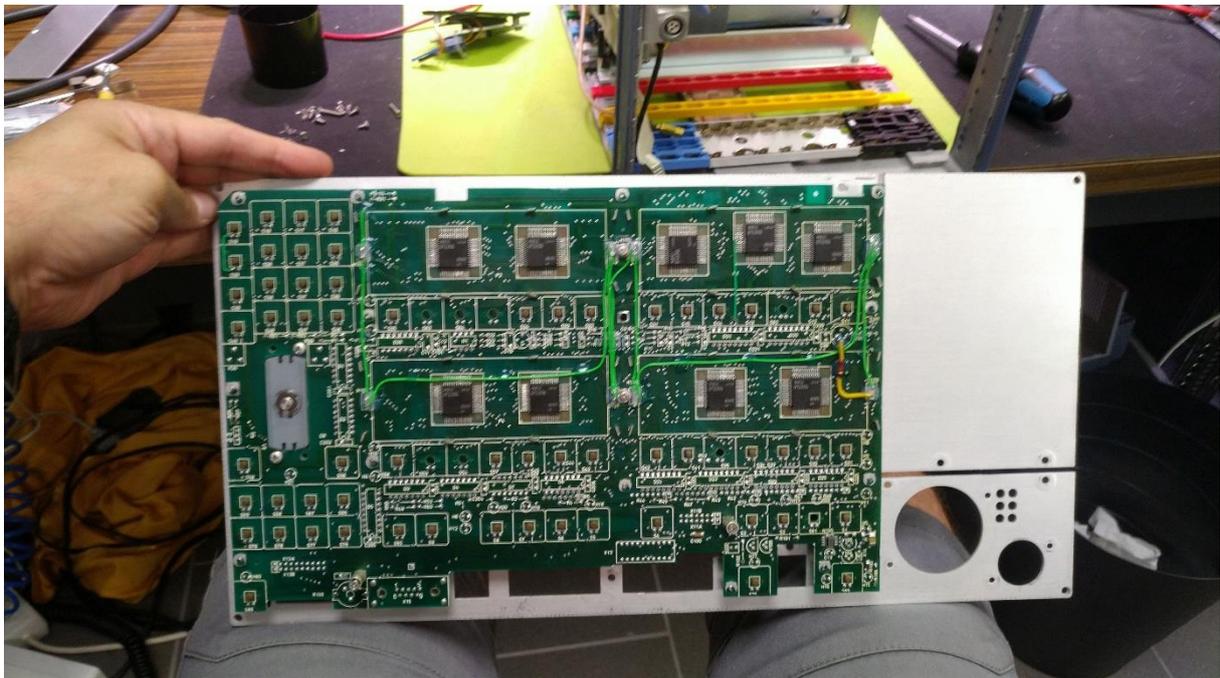


Abbildung 198: nachträgliche Verdrahtung zum Betrieb der 8 LEDs in Reihe an 24V inkl. Schutzwiderstand

Nach dem erfolgreichen LED-Einbau schrauben wir wieder alles zusammen.



**Abbildung 199: wir bauen wieder zusammen!**

Die Alu-Zwischenplatte wird mit drei verschiedenen Schraubentypen angeschraubt, die man auch nicht verwechseln darf!



**Abbildung 200: drei verschiedene Schraubentypen**

Wenn man weiß, welche Schrauben wo hineingehören, ist es ganz einfach.



**Abbildung 201: Aluplatte anbauen**

Kleine Fotostrecke des Zusammenbaus:



**Abbildung 202: Unterbau ist angeschraubt**



**Abbildung 203: Tasten aufgesteckt**



**Abbildung 204: so, jetzt mal einschalten**

Nach kurzer Zeit sind alle Tasten wieder aufgesteckt und die Baugruppen eingebaut. Der große Moment kommt: wird Willi starten und die LED-Hinterleuchtung funktionieren?

Jawoll, das tut sie!



Abbildung 205: neue Beleuchtung in Willi

Nun ist Farbe (wie Form und Design auch) ja oft eine Geschmacksfrage. Ich persönlich finde das zitronengelb als Hinterleuchtung für Willi gar nicht so schlecht- es passt zu ihm. Aber ich verstehe auch diejenigen, die das originale "dunkelorange" besser finden.

Trotzdem: wenn man ehrlich ist, dürfte mir aber jeder zustimmen, dass zumindest die reine Ablesbarkeit der Displays deutlich gestiegen ist- egal, ob man das gelb nun mag oder nicht!

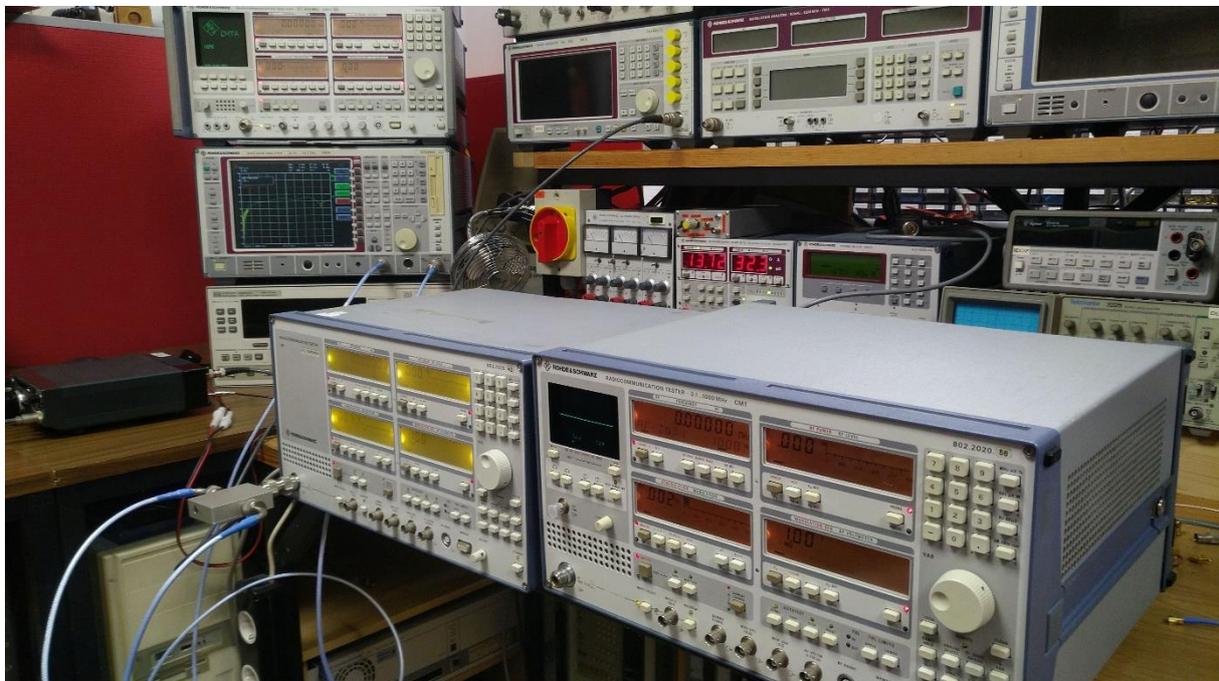


Abbildung 206: Willi neben Maja- und? Wo habt ihr zuerst hingeguckt? Auf das Willi-gelb, oder? ;-)

Am Ende muss ich sagen: was für eine Verwandlung für Willi! Am deutlichsten wird das wohl in einem Vorher-Nachher-Vergleich. Der unrasierte Straßengammler ist zu einem extrovertierten Gentleman geworden!

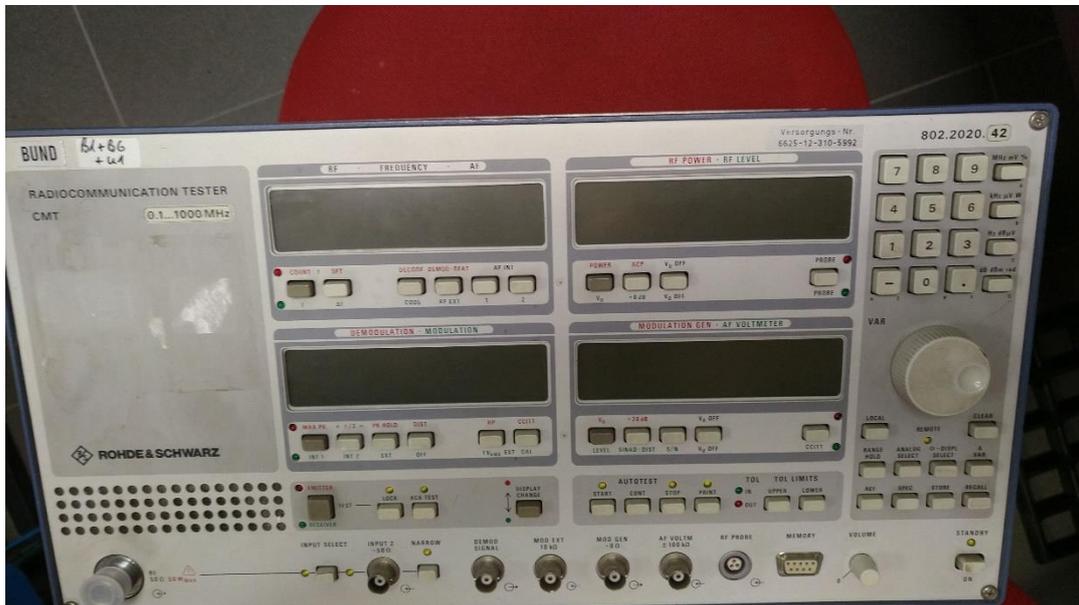


Abbildung 207: Willi vorher



Abbildung 208: Willi nachher

## 40 Lange Leitung

Es ist jetzt wirklich Zeit, die provisorische W3-Leitung durch etwas "richtiges" zu ersetzen. Also bestelle ich mir bei Reichelt gewinkelte SMC-Stecker und hole mir ein Stückchen Semi-Rigid-Leitung aus meiner Kabelbox. Nach dem Abschneiden auf die korrekte Länge löte(!) ich die Stecker sauber an die Enden und wickele noch etwas Isolierband um die Enden.

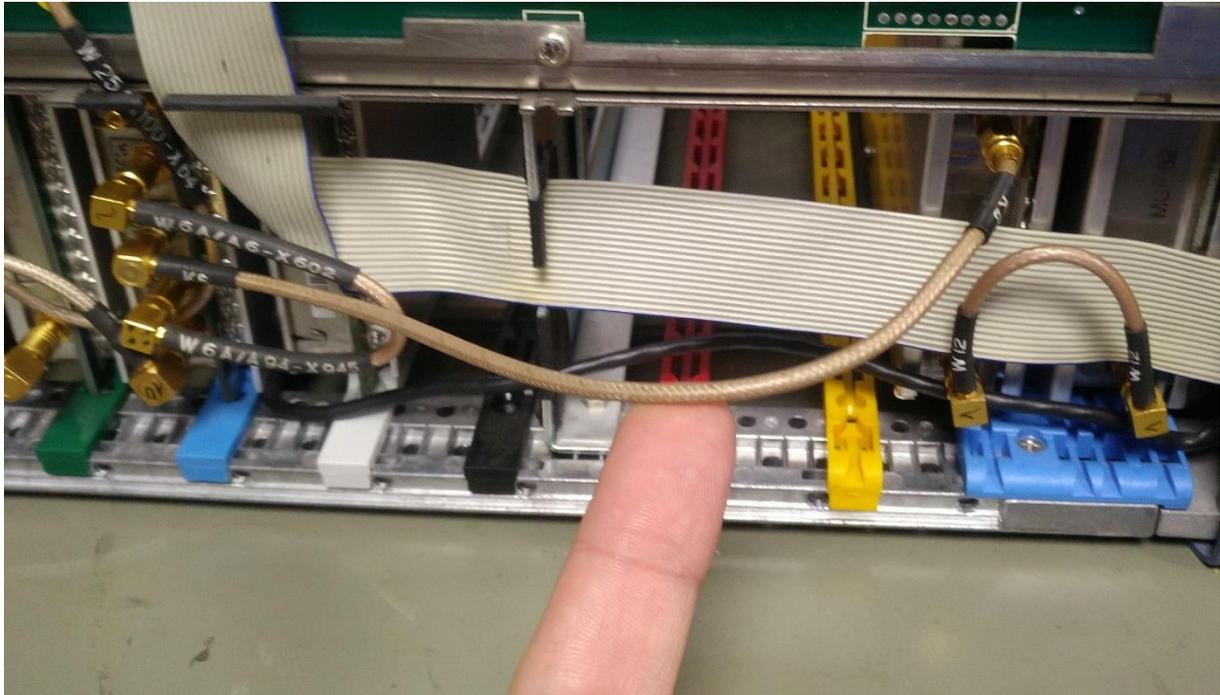


Abbildung 209: provisorische Leitung W3

Nunja, es sieht nicht perfekt aus, aber dürfte hinreichend gut funktionieren. Auf ein Wobbeln der Leitung verzichte ich- wie gesagt: ich muss mal fertig werden.

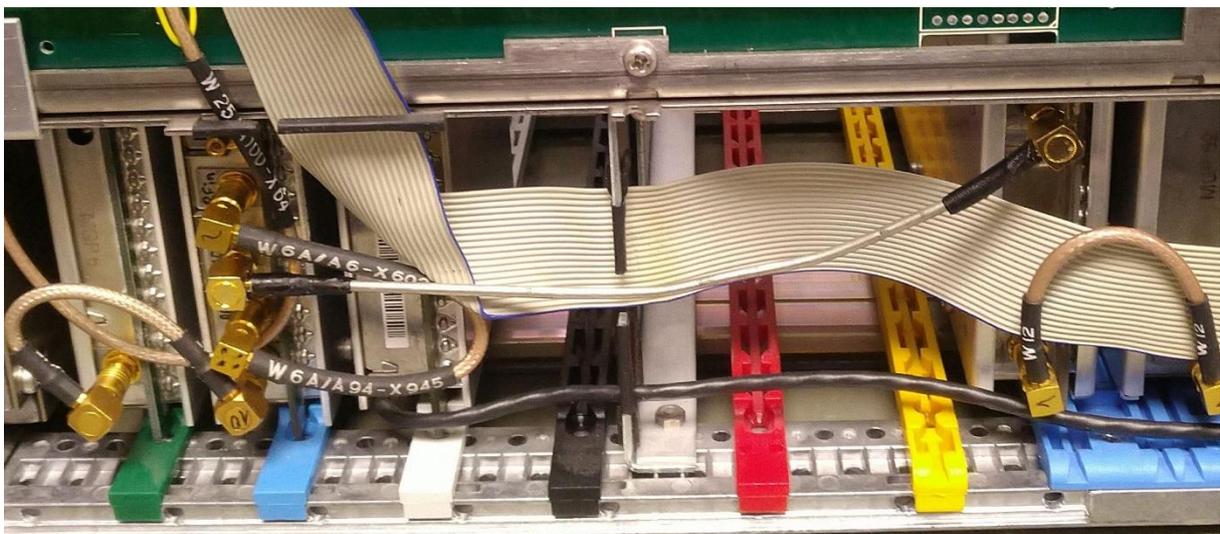


Abbildung 210: neue Leitung W3

## 41 1st Modulationsgenerator

Achja- einen letzten Fehler müssen wir ja noch beheben- nämlich den "schweigsamen Modulationsgenerator"! Der moduliert zwar den CMT, jedoch treibt er die NF-Ausgangsbuchse nicht, wo man eigentlich Sinussignale bis zu 5,1Veff Amplitude abgreifen können müsste.

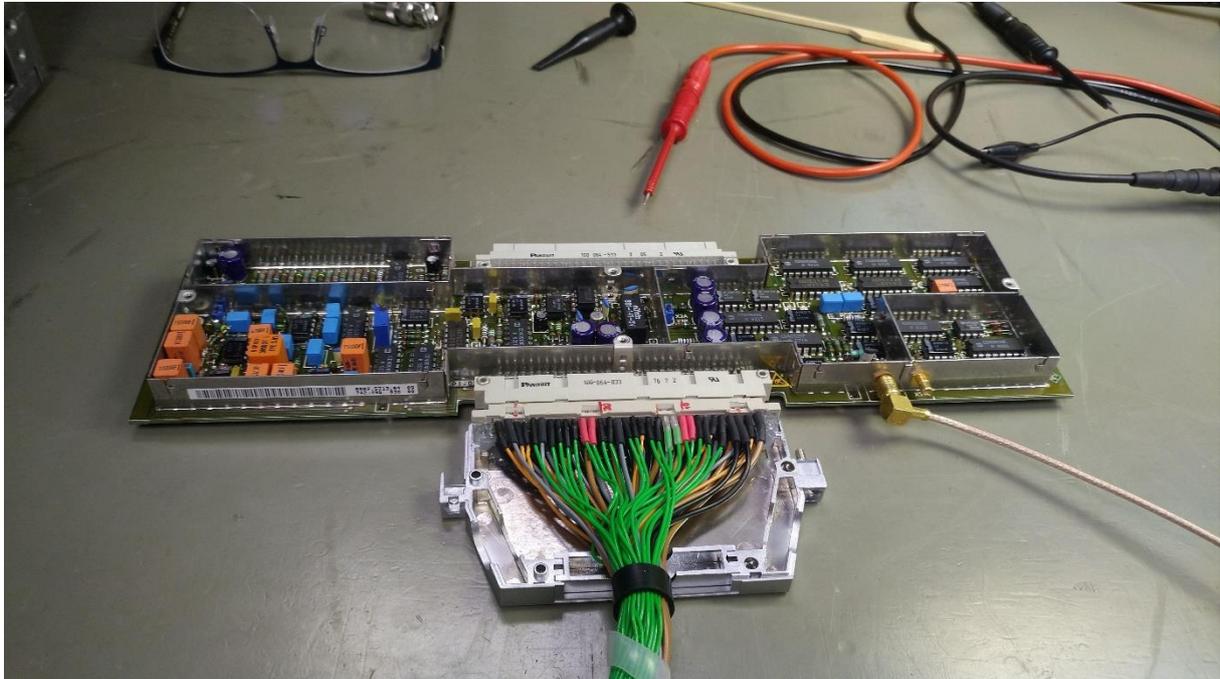


Abbildung 211: Willis Modulationsgenerator

Da die interne Modulation aber an sich funktioniert, kann der Fehler eigentlich nur in der Ausgangsstufe dieser Baugruppe liegen. Ich beginne trotzdem mal die Suche von vorne. Der Modulationsgenerator wird mit dem 32fachen der Ausgangsfrequenz getaktet.



Abbildung 212: das Taktsignal sieht gut aus

Das scheint schonmal zu klappen. So sieht das Taktsignal aus:

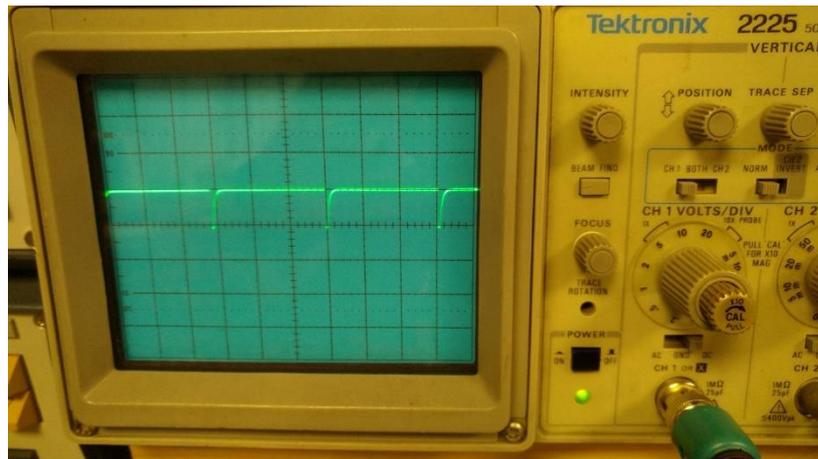


Abbildung 213: Oszillogramm des Taktsignals

Aus diesem Taktsignal erzeugt der Sinusformer einen Treppensinus. Den kann man an diesem Jumper abgreifen...



Abbildung 214: Messpunkt für den Treppensinus

...und messen. Er sieht so aus:

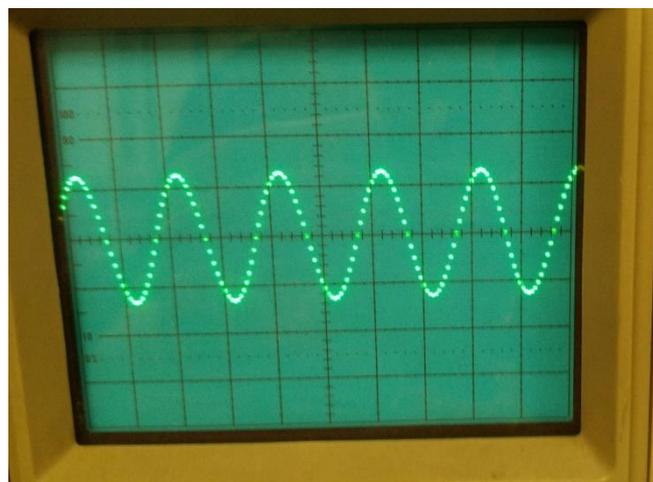


Abbildung 215: Treppensinus

Die Spitze-Spitze-Spannung soll laut Anleitung genau 5V<sub>ss</sub> betragen. Da ich damals mein R&S URE3 verkauft habe und ich keine Lust habe, dafür extra meinen R&S UPL hochzufahren, kann ich das momentan am Schnellsten wohl mit meinem B&K 2636 messen. Also die Peak-Funktion ausgewählt und geprüft.

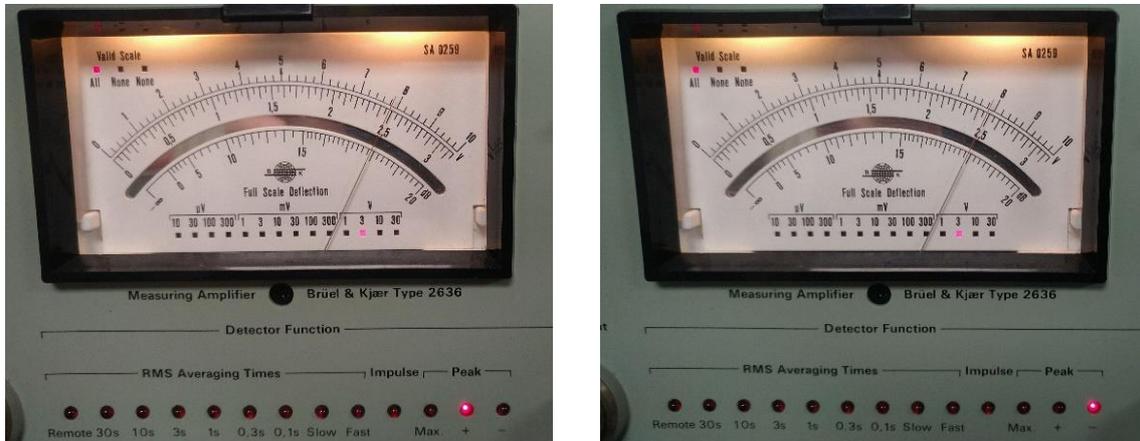


Abbildung 216: Messung mit B&K 2636

Scheint sowohl bei + als auch bei - bei ziemlich genau 2,48Vs zu liegen. Das ist uns genau genug. 1% Toleranz sind erlaubt, von daher alles ok, denn viel genauer ist auch mein B&K 2636 nicht.

Dann sagt die Anleitung, dass man die 5V Referenzspannung prüfen soll.



Abbildung 217: einmal mehr erfolgreiche 5V

3% Toleranz sind erlaubt, das passt auch sehr gut.

Nun soll man das Ausgangssignal des Tiefpassfilters messen. Denn der macht aus dem Treppensinus durch Filterung erst ein sauberes Sinussignal.

Wir klemmen die schwarze Messbanane hier an...

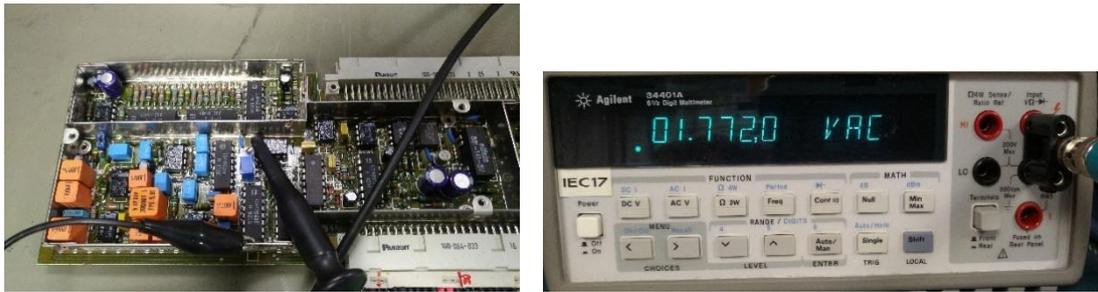


Abbildung 218: NF-Ausgangssignal

... und glotzen anschließend auf das HP34401. Wir sollen  $1,768V_{eff} \pm 1\%$  treffen. Das sind  $0,2\%$ , also passt auch.

Dann kommt der Abgleich des Maximalwertes, also  $5,1V_{eff}$ . Und da will ich es mir geben, denn ich bin mir momentan nicht so sicher, ob das HP34401 dafür in der Genauigkeit ausreicht. Vermutlich tut es das, aber ich kann es eben genauer. Und es ist eben standesgemäß. Bei einer Einladung zur Jagd auf Schloss Oelber (das gibt es übrigens wirklich im Nachbarort) knattert man auch nicht mit einem Fiat Punto vor (obwohl das sicher ein gutes Auto ist, keine Frage), sondern flaniert lässig mit dem Jaguar bis zum Eingangportal.

Ich habe auch so einen Jaguar hier im Keller und den habe ich damals von unserem verstorbenen Messplatzmitglied Jochen "geerbt". Seither halte ich ihn in Ehren und er würde sich bestimmt freuen, wenn er jetzt sähe, dass ich ihn auch tatsächlich hin und wieder einsetze.

Und wenn es nur dafür ist, mal anständig zu prahlen und zu zeigen, dass man mich auch auf Schloss Oelber einladen könnte. Ich habe zwar keinen Jaguar, aber ich komme dann damit:

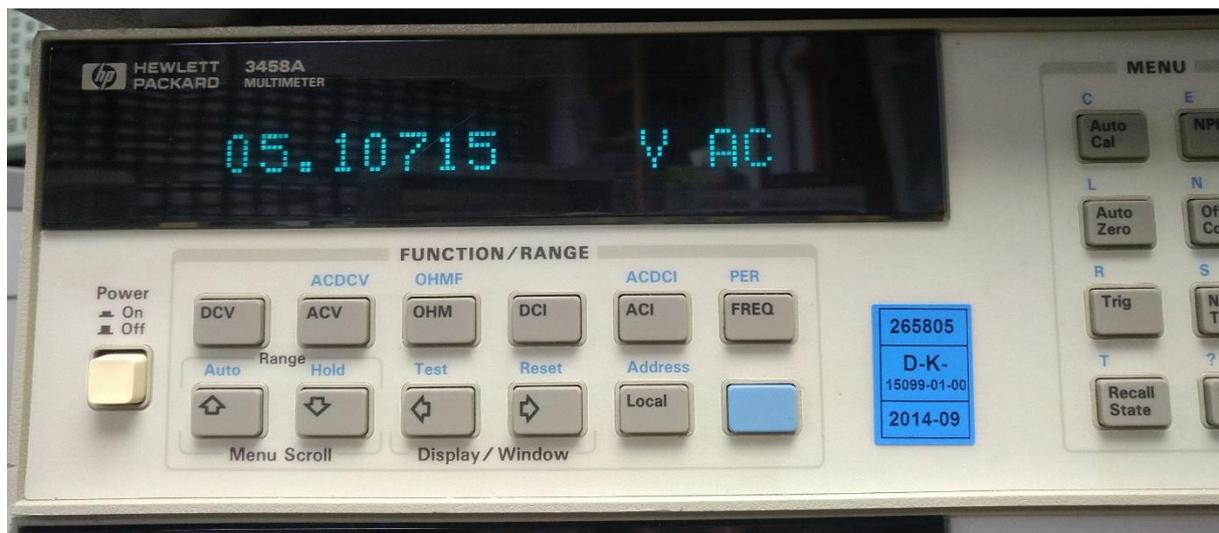
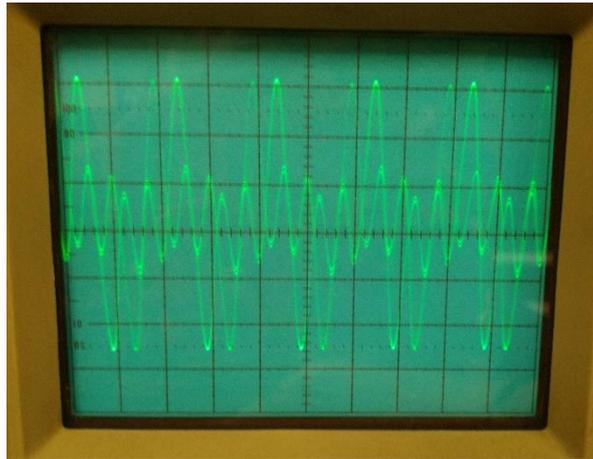


Abbildung 219: mein "Jaguar"

Ich könnte noch 'ne Nachkommastelle mehr, aber ich glaube, das reicht. Genauer ist der CMT-Generator eh nicht. Und muss er auch nicht.

Aber bevor der Jaguar startet, muss ich erst wissen, warum das Hoftor klemmt: denn natürlich messe ich erstmal NULL Volt am Ausgang. Aber nach kurzer Suche finde ich den Ausgangstreiber (einen NE5532), der scheinbar wortlos in den Ruhestand gegangen zu sein scheint. Aber weil das OP-Amps sind, die ich immer in meiner Bastelkiste habe, löte ich eine Fassung ein und stecke einen neuen Kameraden ein. So repariert entstand Abbildung 219.

Der Vollständigkeit ackere ich mich danach noch einmal durch die Signalverteilung durch. Dazu soll man ein 2Ton-Signal messen. Das klappt auch und sieht lustig aus auf dem Oszi.



**Abbildung 220: Doppeltonmodulation**

Aber weitere Fehler finde ich dabei nicht mehr. Die Baugruppe ist repariert und der "defekt"-Aufkleber, den jemand da mal draufgeklebt hat, kann entfernt werden.



**Abbildung 221: Job done- Willis NF-Quäke geht wieder :-)**

## 42 Abgleich des HF-Leistungsmessers

Eine Textpassage aus dem R&S Servicemanual, die ich bislang nie verstanden habe, ist diese hier:

### **4.3.5.11 Abgleich der Leistungsanzeige**

- Einstellungen:**    → Sendertest  
                          → In die Buchse RF IN/OUT definierte Leistung  
                          von 10 W einspeisen
- Abgleichpunkt:**   → Display RF POWER
- Abgleichwert:**    → Mit R672 auf 10,2 W abgleichen

Abbildung 222: Auszug aus R&S CMT Service Manual

Ich soll 10,0W HF-Leistung einspeisen, aber die Anzeige dann auf 10,2W einstellen? Wozu denn das? Soll der CMT immer 200mW mehr anzeigen, als ich vorne einspeise? Also bewusst einen Anzeigefehler produzieren? Was macht das für einen Sinn?!?

In meinen Augen überhaupt keinen, aber ich werde demnächst eine Vermutung haben, weshalb die Anleitung hier solche "komischen" Angaben macht. Spoiler: es könnte an der Umgebung liegen, in der man den Abgleich macht, denn an den R672, an dem man drehen muss, kommt man nur im ausgebauten Zustand des Analog-Boards dran- und das verändert vermutlich die HF-Pegelverhältnisse derart, dass man hier erst einen "Falschwert" einstellen muss, damit später (in eingebautem Zustand) dann damit der korrekte Wert getroffen wird. Nur leider schreibt das Manual das nicht und man ist als Anwender erstmal komplett baff, wie man das jetzt verstehen soll!

Aber beginnen wir von vorn.

Weil Willi mir beim Einspeisen von HF-Leistung nicht ausreichend präzise Werte liefert, möchte ich den HF-Leistungsmesser nachstellen. Das Manual verweist auf R672- der befindet sich auf dem Analog-Board!

Also schaue ich in meinen Unterlagen und finde R672 im unteren Teil des Analog-Boards.

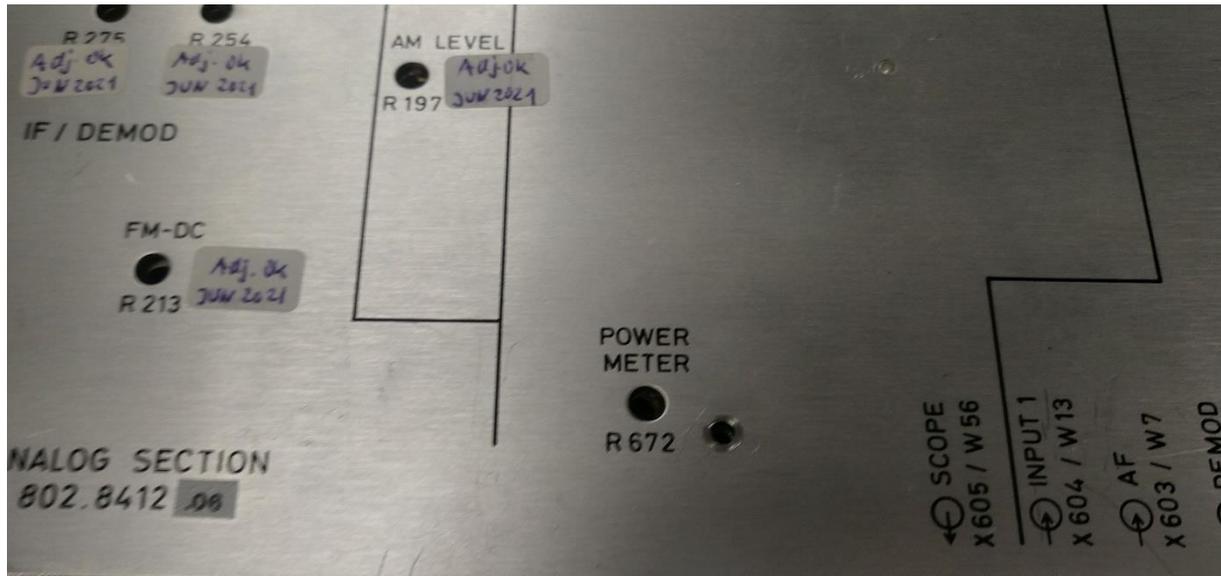


Abbildung 223: Deckel des Analog-Boards mit Abgleich-Loch für den HF-Leistungsmesser

Das bedeutet -will man ihn verstellen- muss man die gesamte Baugruppe in ausgebautem Zustand über ein Servicekabel betreiben, denn sonst kommt man nicht ran an R672.

Na gut, das war ja mit anderen Abgleichen (FM-Modulator, usw.) auch nicht anders. Also rangeschnallt die AnalogUnit, Abgleichstift geholt und....nanu...ich finde mit dem Abgleichwerkzeug den Trimmerschlitz nicht in dem dunklen Loch. Also doch aufschrauben und bei Licht nachsehen.

Ich schraube auf und....

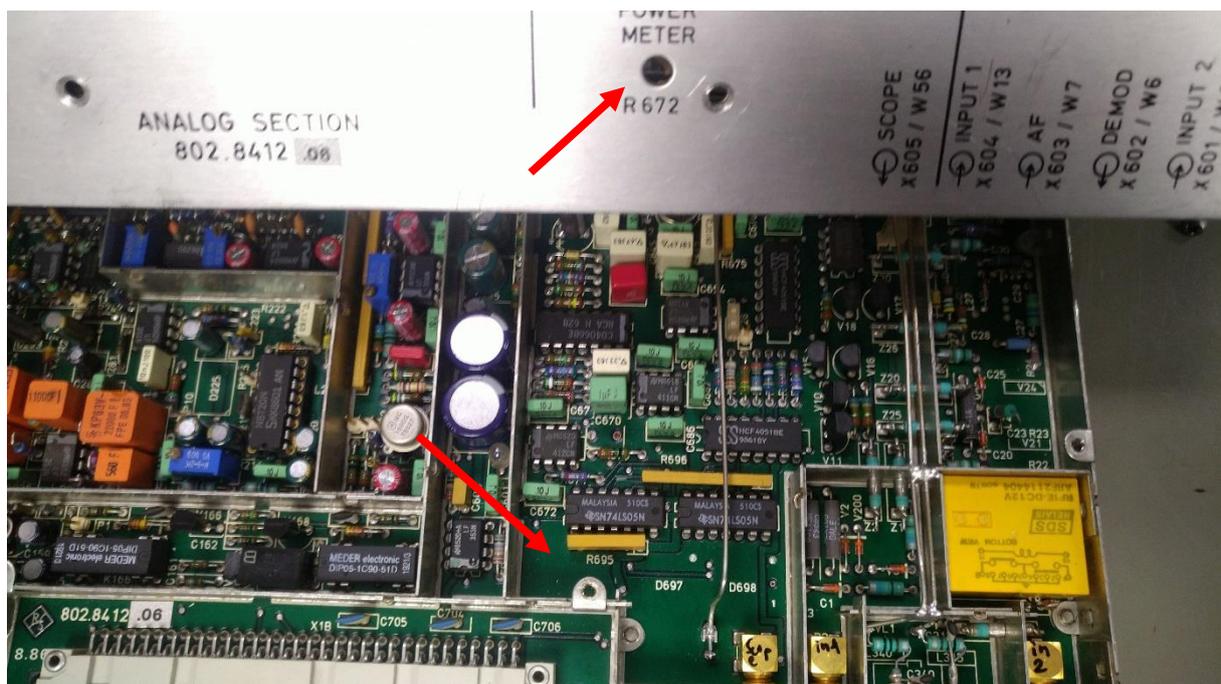


Abbildung 224: das Loch für R672 gibt es- aber kein Poti darunter!!!

...nanu!!!! Kein Trimmer R672 drin????!?!?

Ich gucke fassungslos in meine Unterlagen. Aber da ist er doch eingezeichnet...

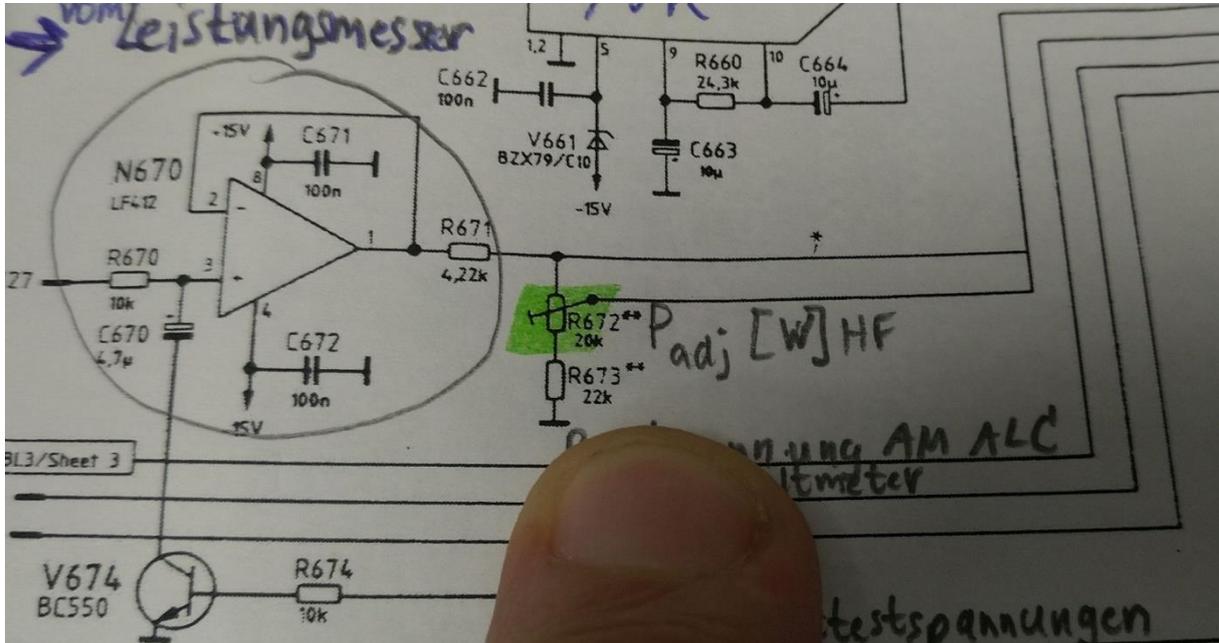


Abbildung 225: Schaltplanauszug Analog-Board aus R&S CMT Service Manual (1/2)

Moment, da sind zwei Sternchen dran. Was bedeutet denn das?

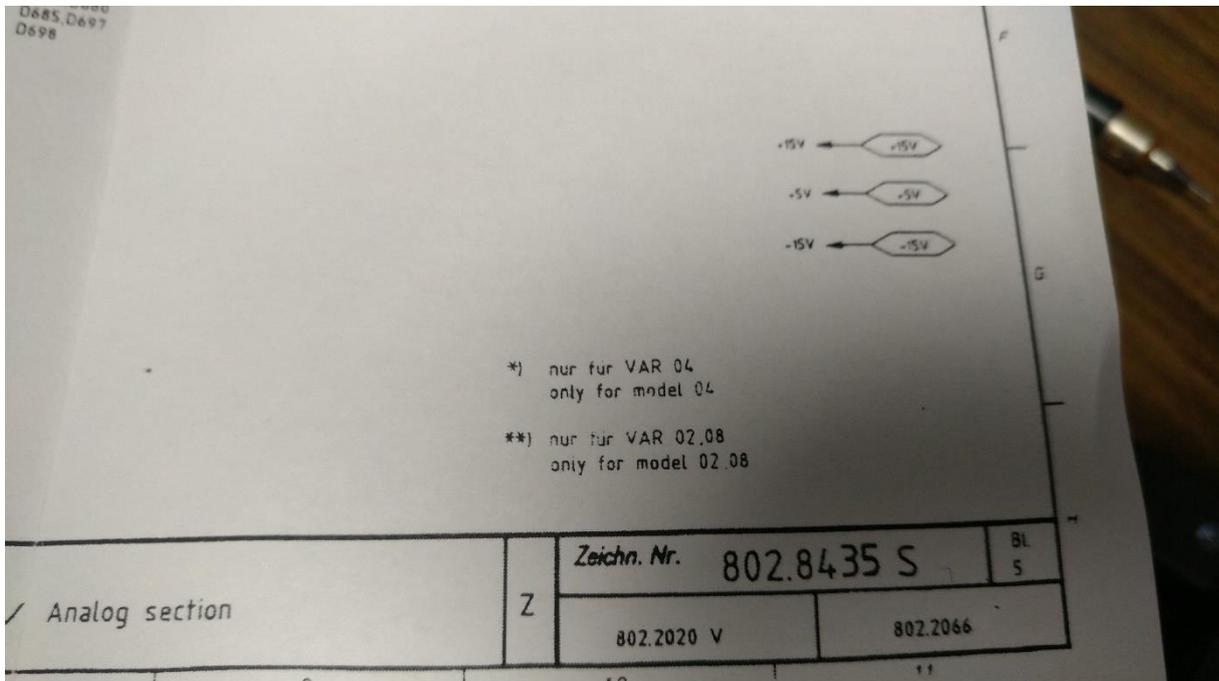


Abbildung 226: Schaltplanauszug Analog-Board aus R&S CMT Service Manual (2/2)

Aha, es scheint also CMT-Modelle zu geben, bei denen diese Abgleichmöglichkeit gar nicht eingebaut zu sein scheint! Vermutlich ist Willi so ein Modell!

Fragt mich bitte nicht, warum man bei so einem hochwertigen Messplatz eine Variante herausbringt, die keine Justiermöglichkeit für den HF-Leistungsmesser besitzt, aber irgendeinen Sinn wird es schon gehabt haben. Viel wichtiger ist die Frage: wie stelle ich jetzt den korrekten Wert ein, denn ich wollte die Anzeige des Leistungsmessers ja verbessern!

Simple Antwort: ich rüste den im Schaltplan beschriebenen Trimmer einfach nach!

Au ja, das mach ich. Also einen 20k-Trimmer geholt, einen 22k Metallfilmwiderstand, den originalen R671 an einem Ende abgekniffen, dort angelötet und die Schaltung so nachgerüstet, dass nun unter dem R672-Loch im Baugruppendeckel nun auch ein echter R672 sitzt :-)

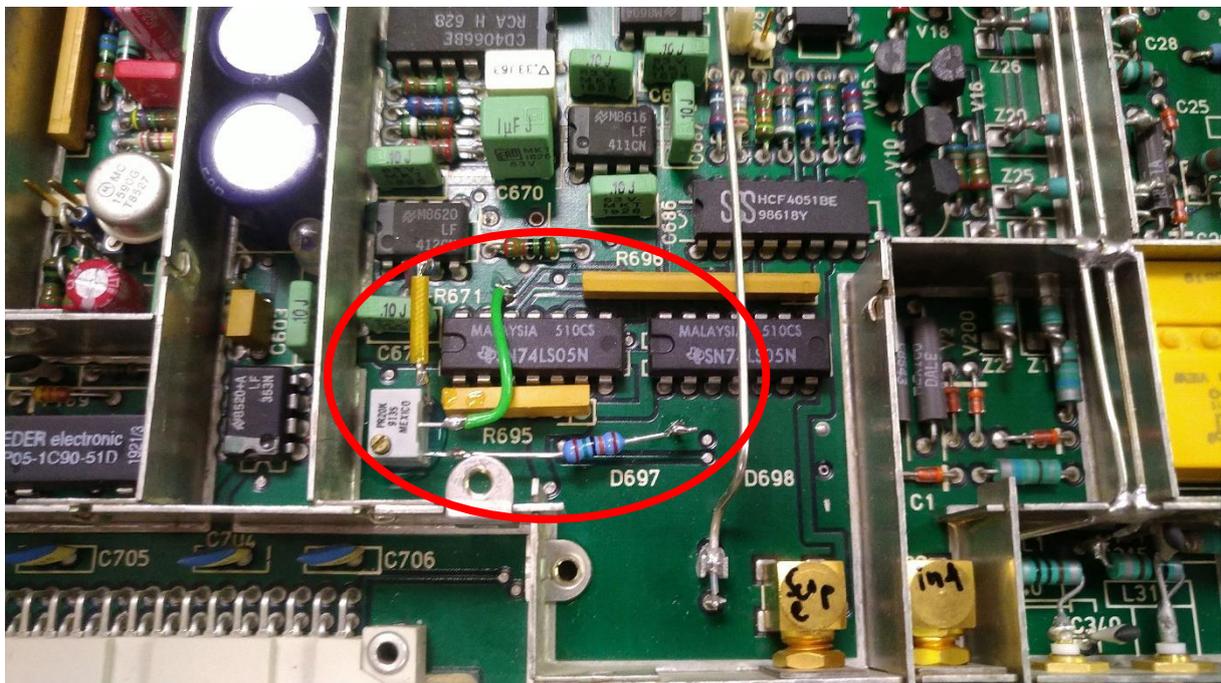


Abbildung 227: erste Variante der R672-Nachrüstung (bitte so nicht nachmachen, lieber Variante 2 nehmen!)

Doch schnell stelle ich fest, dass mit dieser Modifikation die Leistungsanzeige zu geringe Werte zeigt und man selbst mit Rechtsanschlag des Poti nicht "hoch genug" kommt. Also vergrößere ich R673 in einigen Versuchen auf 150kOhm (!). Damit habe ich auch nach oben hin noch etwas Einstellreserve.

Ich benutze wieder mein Icom IC-260 2m Amateurfunkgerät als Signalquelle und den 100V Durchgangskopf an meinem NRVD als Referenz. Mit hoher als auch kleiner Sendeleistung mache ich den Abgleich.

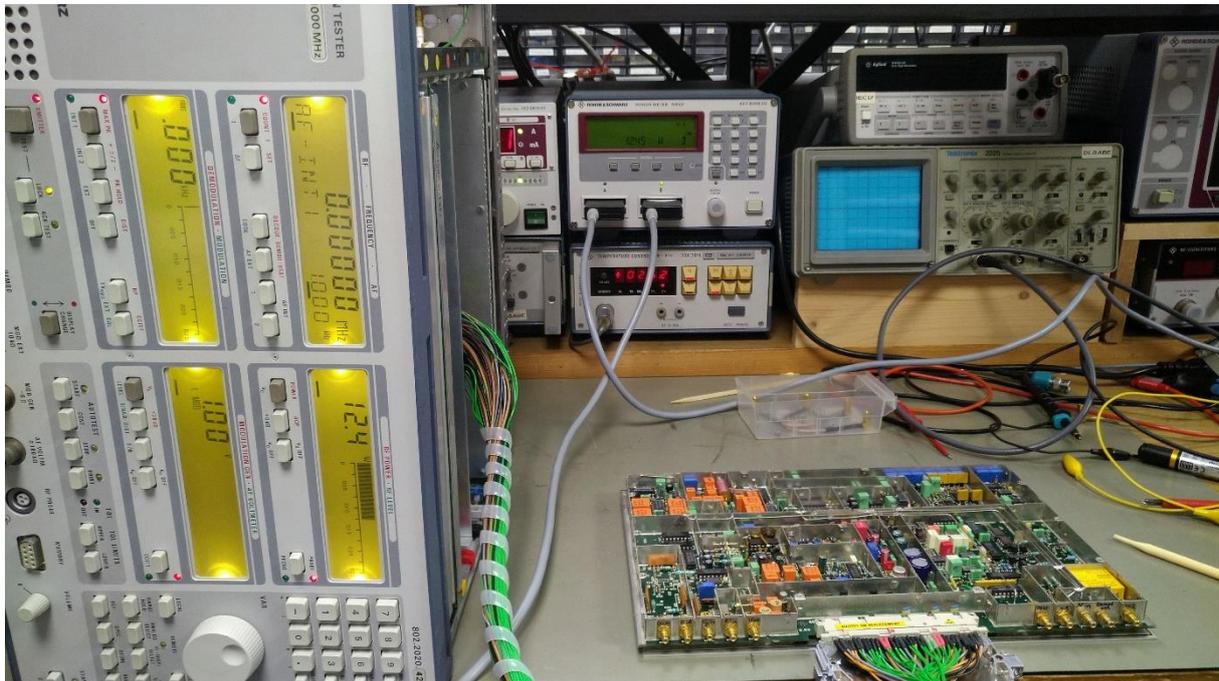


Abbildung 228: Anzeige "12,4W" bei 12,45W im NRVD- das sieht gut aus

Mit dem Ergebnis bin ich sehr zufrieden. Sowohl bei hoher als auch bei kleiner Leistung stimmen die Werte nun prima überein. Ich schraube die Baugruppe wieder zu und baue sie in Willi ein.

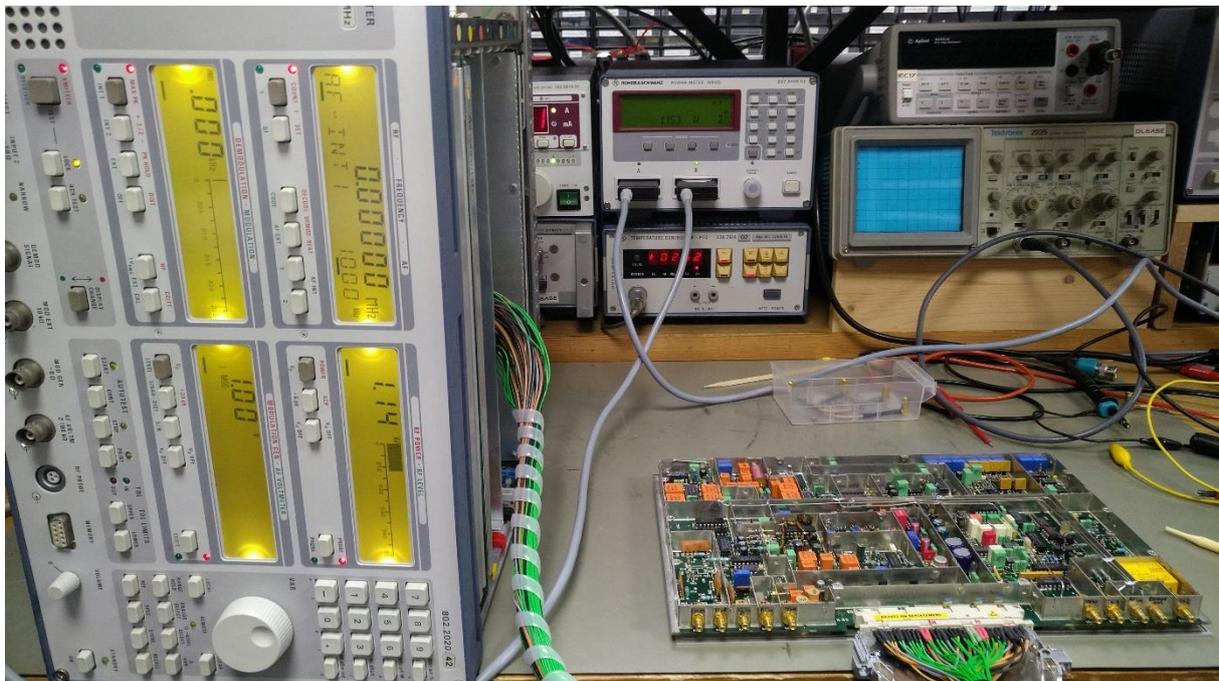


Abbildung 229: auch bei kleiner Leistung stimmen Willi und NRVD nun sehr gut überein!

Und dann kommt's:

In einem finalen Abschlusstest wiederhole ich die Messung und erhalte auf einmal viel zu hohe Anzeigewerte! Die eingespeisten 13W werden auf einmal als knappe 15W angezeigt- das ist ja schlechter als vorher! Was ist hier los?

Relativ schnell dämmert es mir: es geht um den korrekten (50Ohm-)Abschluss aller HF-Leitungen, die Einfluss auf den HF-Leistungsmesser haben! Ohne es richtig zu verstehen, zeigt insbesondere das Abziehen der Leitungen an X604 und X610 einen erheblichen Einfluss auf den HF-Leistungsmesser! Warum genau, habe ich nicht weiter untersucht, aber vermutlich hat dies Rückwirkung auf den Leistungsdummyload in der Eichleitung.

Das bedeutet: wenn ich den Abgleich korrekt machen will, muss ich R672 irgendwie bedienbar machen, während die Analogbaugruppe EINGEBAUT ist.

## 43 Einbau von R672 - zweiter Versuch!

Ich überlege mir die Möglichkeiten und finde tatsächlich eine Option, wie mir das gelingt. Direkt neben den Anschluss X605 bohre ich ein 3mm Loch und klebe dort einen 10Gang-Wendeltrimmer ein, dessen Einstellschraube dann leicht aus dem Gehäuse ragt. Das wird eine knappe Kiste, aber kann funktionieren.

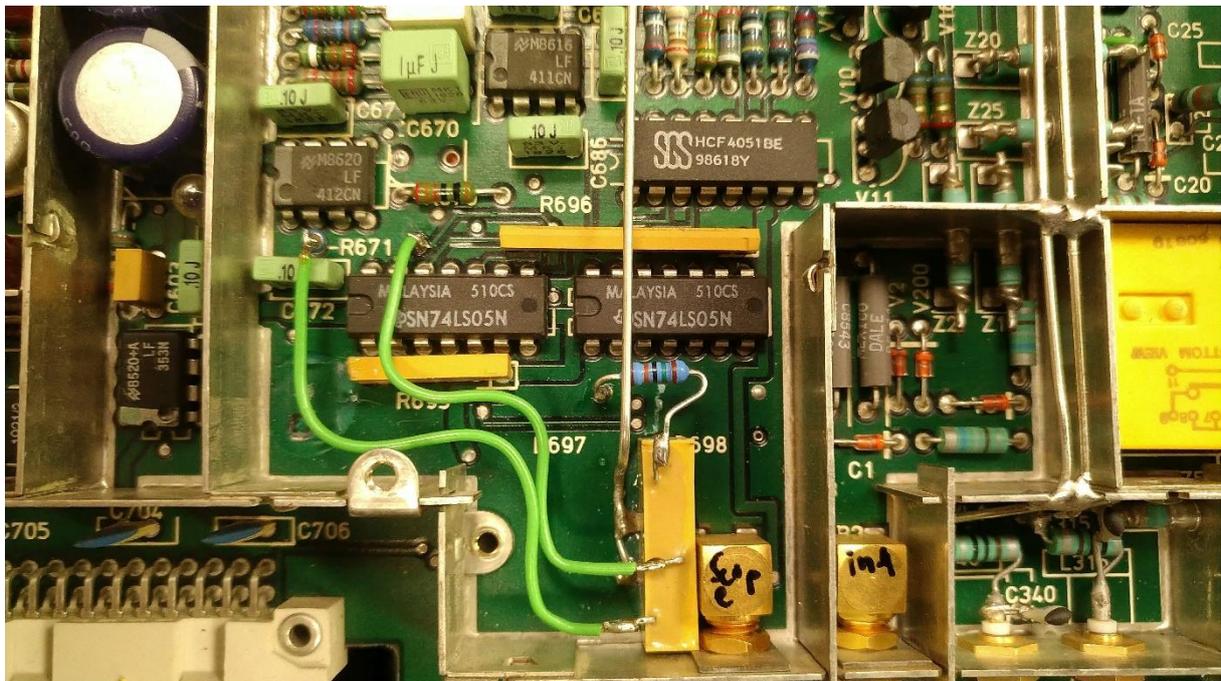


Abbildung 230: verbesserte Variante für R672-Nachrüstung

Mit etwas Nachfeilen und Umbiegen der Lötanschlüsse für das Semi-Rigid-Kabel kriegt man den Trimmer geraaaade so eingebaut.



Abbildung 231: Nicht besonders hübsch (ich musste das Loch nachfeilen), aber es wird funktionieren!

So sieht die ganze Geschichte am Ende aus:

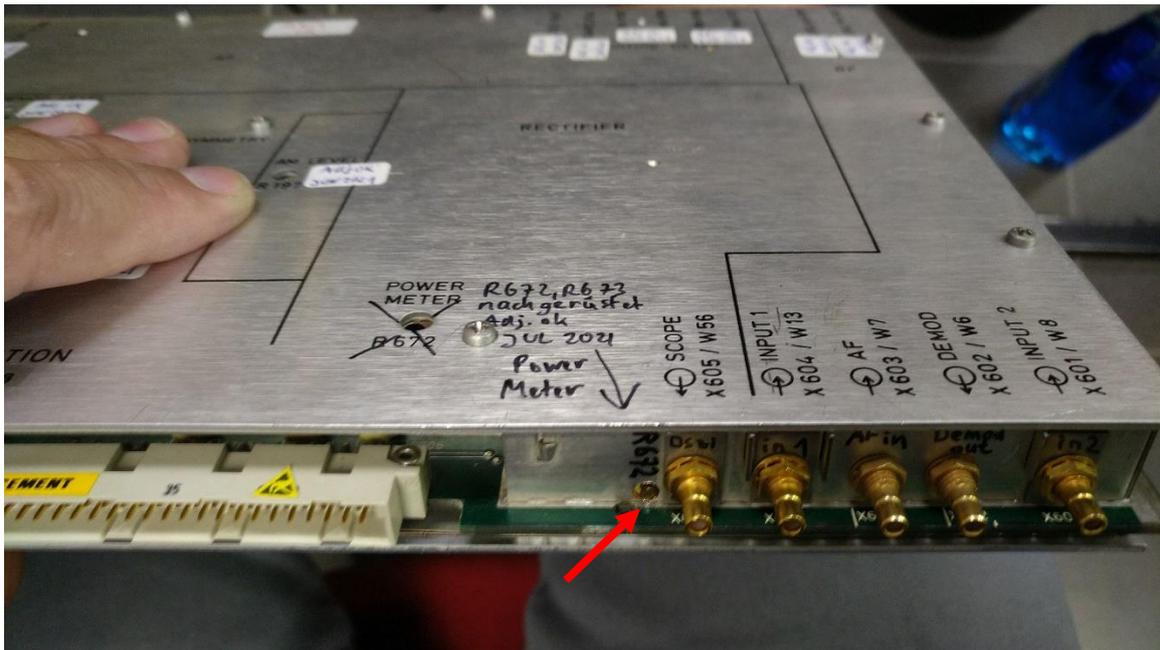


Abbildung 232: R672 von außen erreichbar!

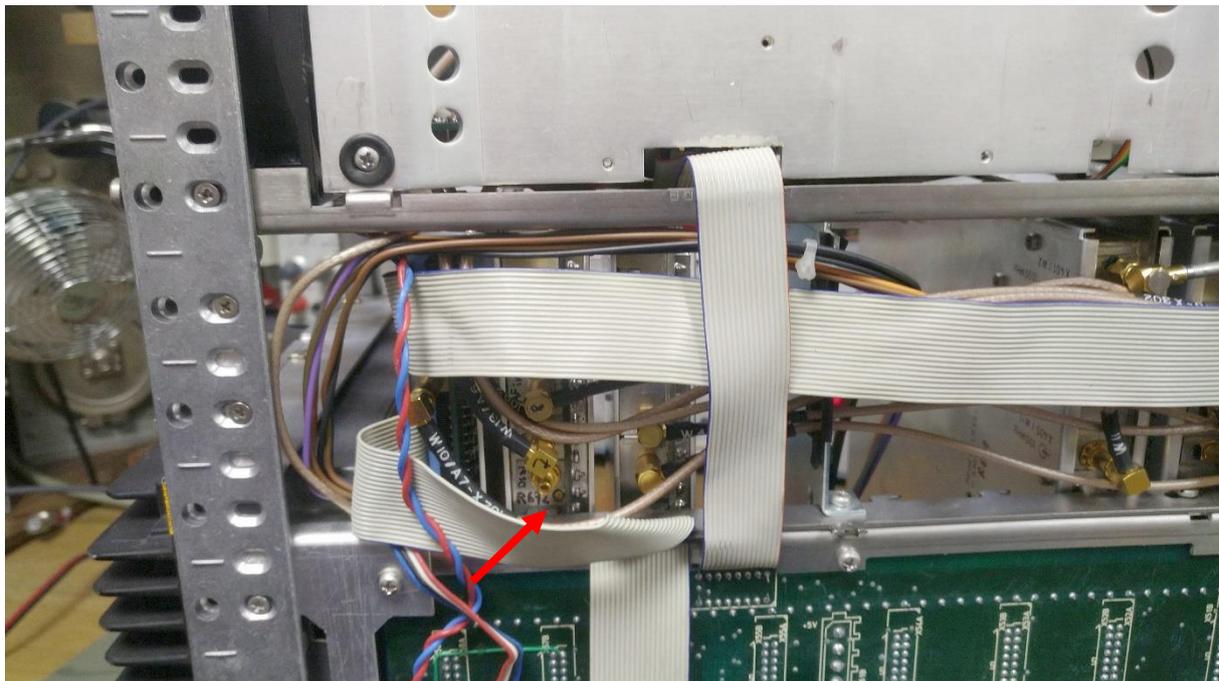


Abbildung 233: nicht sehr komfortabel, aber für einen Abgleich reicht es!

Und nun wendet sich das Blatt für mich! Die Erreichbarkeit von R672 war der Schlüssel für einen präzisen Abgleich des HF-Leistungsmessers!



**Abbildung 234: endlich! So will ich es haben!**

Am Ende mache ich noch eine kleine Vergleichsmessung des Leistungsmessers zwischen Maja, Willi und Frl. Cassandra. Maja erreicht dabei den Spitzenplatz, Willi schlägt sich ebenfalls wacker und auch Frl. Cassandra liefert mir Werte, die innerhalb der Toleranz des Datenblattes liegen. Mit knappen 5% Falschanzeige sehe ich jedoch, dass auch ihr ein Nachgleich tatsächlich gut tun würde!

## 44 Restarbeiten

Was gibt es noch zu tun?

Ein wenig. Die 61,9Ohm SMD-Widerstände sind eingetroffen. Das war ja der Ersatz für Majas Analog-Baugruppe an besagtem "Fußballabend". Also machen wir das noch schnell.

Die Analogbaugruppe auszubauen, ist ja leider das aufwändigste an einem CMT, aber es hilft nichts. Wenn, dann will ich es auch ordentlich machen.

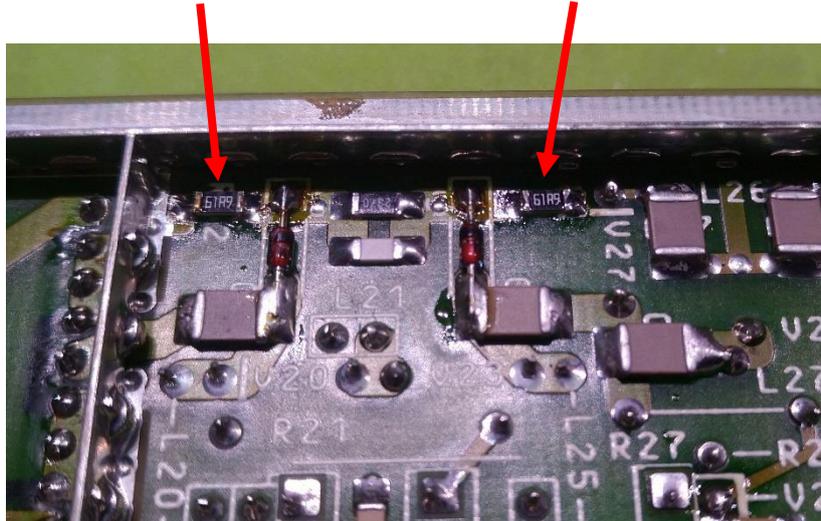


Abbildung 235: die originalen 61,9Ohm-Widerstände sind wieder drin

Nach dem Zusammenbau vertausche ich aus Versehen noch die Anschlüsse für den NKL, weshalb Maja erst nicht funktionieren will. Aber das ist schnell gefunden.



Abbildung 236: letzte Innenansicht von Maja- danach wird sie wieder zugeschraubt

## 45 Final call? oder Final CAL?

Das Projekt "CMT" neigt sich wirklich dem Ende zu. Aber bevor ich Willi, Maja und die freundliche Fräulein Cassandra offiziell in den Dienst stelle, arbeite ich noch kurz meinen Abschlusstest durch. Das ist quasi eine Art kleine "Testvorschrift", mit der ich die wesentlichen Baugruppen der CMTs noch einmal gegenmesse und deren Funktion bestätige. Sie umfasst keine Sonderbaugruppen wie HF-Millivoltmeter oder NKL- sie ist vielmehr sowas wie ein "privater Michalzik-TÜV" für Messgeräte.

Ich habe mir diese Art Tests inzwischen für viele Sachen gemacht; nicht nur für Messgeräte, sondern z.B. auch für Funkgerätestests, die ich ja auch nur hin und wieder mache. Damit ist nach einem Jahr dann auch noch weiß, wie ich welchen Test und warum gemacht habe, schreibe ich mir das immer auf und kann es dann später nachlesen. Außerdem kann man die Messwerte so dokumentieren und auch mal nach Jahren noch hervorkramen und vergleichen, ob sich was verändert hat.

Als Beispiel mal ein Screenshot von Majas Ausgangstest. So sah das dann während der Endabnahme bei mir aus:

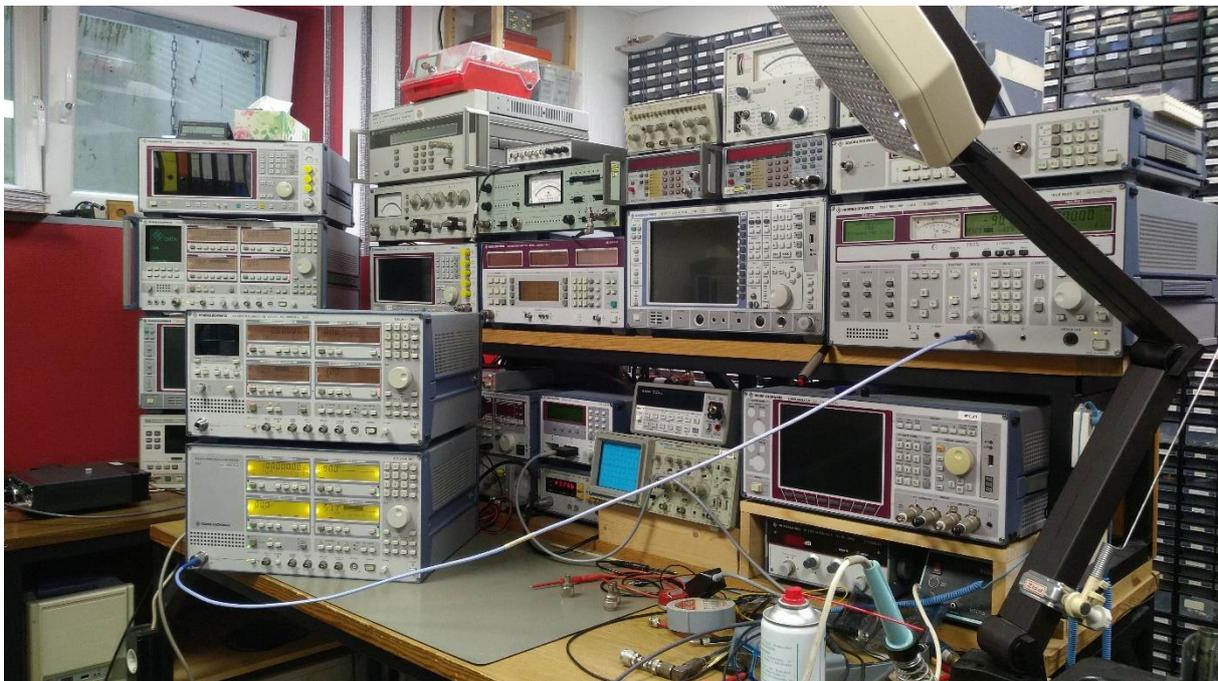


Abbildung 237: finaler Ausgangstest für die CMTs

Noch ein Wort zum Bild: bei den HF-Pegelmessungen mit sehr kleinen Signalspannungen (kleiner -50dBm) benutze ich einen R&S ESVP Messempfänger als Pegelmesser. Bei einer ZF von 10kHz kann man damit herunter bis zu etwa -110dBm recht genau noch Pegel bestimmen (sein Noise floor liegt dann bei ca. -120dBm). Ein gutes Verbindungskabel ist dabei allerdings Pflicht: hier ein Sucoflex 104 N-Kabel in hübschem R&S "hellbau". ;-)

Da die Frage sowieso kommen wird- hier ein Screenshot meiner Messprotokolle.

Performance-Check für Rohde&Schwarz Messender vom Tgp SME, SMG, SMX, SMY, SMS			
<b>PROFILING</b>		<b>PROFITECHNIK</b>	
Typenbezeichnung:	Rohde&Schwarz CMT58 "Maja"	Frequenznorm:	Racal 1992, rychran.
Seriennummer:		Frequenzähler:	mit Racal 9748
Messung durchgeführt von:	M. Michalzik	Modulation:	R&S FMA
Datum:	JUL 2021	NF-Parameter:	R&S FMA
Bemerkungen:	RW-Teil (Messsender)	HF-Pegel:	R&S NRVD mit NRV-251, 24
Temperatur während Messung:	+25,3°C	HF-Pegel:	R&S ESVP
		Oberwellen:	R&S FSEM
<b>1. Frequenzgenauigkeit</b>			
Parameter:	f-100MHz, U-0dBm, mod-OFF	Messung mit:	
IST:	99,999998 MHz	Racal 1992	<b>ABWEICHUNG:</b> 9,0E+06 Δfff
<b>2. FM-Hub</b>			
Parameter:	f-100MHz, U-0dBm, mod-3,0kHz FM-Hub, fmod-1kHz	Messung mit:	R&S FMA 20Hz..23kHz
IST:	2,974 kHz Pk/2	THD:	0,143%
		<b>ABWEICHUNG:</b>	-0,9%
<b>3. AM-Modulationsgrad</b>			
Parameter:	f-100MHz, U-0dBm, mod-80% AM, fmod-1kHz	Messung mit:	R&S FMA 20Hz..23kHz
IST:	80,74 % Pk/2	THD:	0,085%
		<b>ABWEICHUNG:</b>	0,9%
<b>4. NF-Generator</b>			
Parameter:	f-1kHz, U-1Veff	Messung mit:	
Frequenz	IST: 0,999999 kHz	Racal-Dana 1992	<b>ABWEICHUNG:</b> -1,0E-06 Δfff
Amplitude 1Wr	IST: Veff	R&S FMA 20Hz..23kHz	<b>ABWEICHUNG:</b> ---
Amplitude 1Veff	IST: 0,9940 Veff	R&S FMA 20Hz..23kHz	<b>ABWEICHUNG:</b> -0,6%
Klirr THD	IST: 0,101 %	R&S FMA 20Hz..23kHz	
<b>5. HF-Pegel frequencies</b>			
Parameter:	U-0dBm, mod-OFF	Messung mit:	
@f-1MHz	IST: 0,10 dBm	R&S NRVD und NRV-24	<b>ABWEICHUNG:</b> 0,10 dB
@f-10MHz	IST: -0,08 dBm	R&S NRVD und NRV-24	<b>ABWEICHUNG:</b> -0,08 dB
@f-100MHz	IST: -0,30 dBm	R&S NRVD und NRV-24	<b>ABWEICHUNG:</b> -0,30 dB
@f-1GHz*	IST: 0,44 dBm	R&S NRVD und NRV-24	<b>ABWEICHUNG:</b> 0,44 dB
@f-1,5GHz*	IST: dBm	R&S NRVD und NRV-24	<b>ABWEICHUNG:</b> --- dB
@f-1,6GHz*	IST: dBm	R&S NRVD und NRV-24	<b>ABWEICHUNG:</b> --- dB
@f-2GHz*	IST: dBm	R&S NRVD und NRV-24	<b>ABWEICHUNG:</b> --- dB
@f-3GHz*	IST: dBm	R&S NRVD und NRV-24	<b>ABWEICHUNG:</b> --- dB
* falls möglich			
<b>6. HF-Pegel Schritte</b>			
Parameter:	f-100MHz, mod-OFF	Messung mit:	
U-+13dBm	IST: 12,68 dBm	R&S NRVD und NRV-24	<b>ABWEICHUNG:</b> -0,32 dB
U-+12,9dBm	IST: 12,58 dBm	R&S NRVD und NRV-24	<b>ABWEICHUNG:</b> -0,32 dB
U-+12dBm	IST: 11,68 dBm	R&S NRVD und NRV-24	<b>ABWEICHUNG:</b> -0,32 dB
U-+0,14dBm	IST: -0,22 dBm	R&S NRVD und NRV-24	<b>ABWEICHUNG:</b> -0,32 dB
U-0dBm	IST: -0,30 dBm	R&S NRVD und NRV-24	<b>ABWEICHUNG:</b> -0,30 dB
U--0,14dBm	IST: -0,40 dBm	R&S NRVD und NRV-24	<b>ABWEICHUNG:</b> -0,30 dB
U--10dBm	IST: -10,45 dBm	R&S NRVD und NRV-24	<b>ABWEICHUNG:</b> -0,45 dB

Abbildung 238: Beispiel Ausgangstest "RX" für Maja

PRÜFLING		PRÜFTECHNIK	
Typenbezeichnung:	Rohde&Schwarz CMT548 "Maja"	Frequenznormal:	Rocal-Dana 9748
Seriennummer:		Modulation:	Rohde&Schwarz FMA
Messung durchgeführt von:	M. Michalzik	NF-Parameter:	Rohde&Schwarz UPL, HP339A
Datum:	JUL2021	NF-Pegel:	Rohde&Schwarz NRVD, NRV-Z4
Bemerkungen:	Int. Referenz	HF-MoZZender:	Rohde&Schwarz SME03
		HF-Quelle Kap. 5	Fliuke 5700

1. Frequenzmesser Anzeige Genauigkeit			
Parameter:	f-100,000 000 MHz	Einpeisung durch "HF-MoZZender" (Kontrolle durch Frequenznormal)	
Anzeige bei... ...100MHz	IST: 100,000000 MHz		<b>ABWEICHUNG:</b> 0,0E+00 $\Delta f/f$ 0,0 Hz @100MHz 0,0 Hz @10MHz

2. Modulationsmesser: Demodulation FM-Hub			
Parameter:	f-100MHz, U- +04Bm, mod-3,0kHz FM-Hub, fmod-1kHz	Modulationshub der Referenz gemessen: gemessener FM-Klirr der Referenz:	2,975 kHz 0,049% (20Hz..23kHz)
Anzeige bei... ...FM-Hub +peak ...FM-Hub -peak ...FM-Hub +/- f2 ...Klirr THD	IST: 2,98 kHz IST: -3,00 kHz IST: 2,99 kHz IST: 0,37 %	Einpeisung durch "HF-MoZZender" (Kontrolle durch a.s. Modulations-MoZZer) ohne CCITT-Filter	<b>ABWEICHUNG:</b> -0,7% <b>ABWEICHUNG:</b> 0,0% <b>ABWEICHUNG:</b> -0,3%

3. Modulationsmesser: Demodulation AM-Modulationsgrad			
Parameter:	f-100MHz, U- +7 dBm, mod-80% AM, fmod-1kHz Hinweis: bessere Signalqualität bei +7dBm!	Modulationsgrad der Referenz gemessen: gemessener AM-Klirr der Referenz:	80,05% 0,11% (20Hz..23kHz)
Anzeige bei... ...AM-mod +peak ...AM-mod -peak ...AM-mod +/- f2 ...Klirr THD	IST: 80,6 kHz IST: -80,2 kHz IST: 80,5 kHz IST: 0,41 %	Einpeisung durch "HF-MoZZender" (Kontrolle durch a.s. Modulations-MoZZer) ohne CCITT-Filter	<b>ABWEICHUNG:</b> 0,7% <b>ABWEICHUNG:</b> 0,2% <b>ABWEICHUNG:</b> 0,6%

4. Leistungsmesser			
Parameter:	f-145MHz	Einpeisung durch LeistungsmoZZender (oder z.B. Amateurfunkgerät)	
Anzeige bei... P-1,33Watt HF P-12,7Watt HF	IST: 1,36 W HF IST: 12,7 W HF	R&S NRVD, 10V-Durchgangskapf R&S NRVD, 100V-Durchgangskapf	<b>ABWEICHUNG:</b> <b>ABWEICHUNG:</b>

5. NF-Voltmeter			
Parameter:	f-1kHz	Einpeisung durch "NF-Parameter"-Prüfmittel	
Anzeige bei... U-1mVeff U-10mVeff U-100mVeff U-1Veff U-5Veff	IST: 1 mVeff IST: 10 mVeff IST: 100 mVeff IST: 0,995 Veff IST: 4,99 Veff		<b>ABWEICHUNG:</b> 0,0% <b>ABWEICHUNG:</b> 0,0% <b>ABWEICHUNG:</b> 0,0% <b>ABWEICHUNG:</b> -0,7% <b>ABWEICHUNG:</b> -0,2%

6. Klirrfaktormesser, SINAD-MoZZer			
Parameter:	f-1kHz, U-1Veff	Einpeisung durch "NF-Parameter"-Prüfmittel	
minimale Anzeige (Noisefloor) klirr THD	IST: 0,11 %	Annahme: THD der Quelle kleiner als MoZZdynamik der Prüfling Eigenklirrfaktor THD der NF-Quelle:	0,0046%
Anzeige bei... k-20x (14dB SINAD) k-10x (20dB SINAD) k-5x (26dB SINAD)	IST: 19,9 % IST: 9,97 % IST: 4,97 %	IST: 14,0 dB SINAD (CCITT off) IST: 20,0 dB SINAD (CCITT off) IST: 26,1 dB SINAD (CCITT off)	

**CAL-Signal "THD" Calculator**  
 U1: f-1kHz, 1Veff  
 U2: f-2,5kHz, Amplitude u.  
**THD [%]:** 0,5%  
**SINAD [dB]:** 46,02 dB  
 U2 [Veff]: 0,0050001 Veff  
 Doppellinear mit R&S UPL

Abbildung 239: Beispiel Ausgangstest "TX" für Maja

Diesen Ausgangstest habe ich für alle drei CMTs gemacht. Er reicht bereits aus, um die jeweiligen Stärken der Bienenfamilie herauszufinden. Fräulein Cassandra ist besonders Pegeltreu, Willi misst besonders genau HF-Leistung und Maja hat den am besten optimierten Klirrfaktormesser. Aber das sind alles Feinheiten: "innerhalb Spec" sind sie alle!

## 46 Exkurs: CAL-Signal für THD-Messer

Quasi als kleine "Zugabe" will ich noch einmal vorstellen, wie ich meine Klirrfaktormesser und SINAD-Messer überprüfe.

Es ist ja immer gar nicht so leicht, zu bestimmen, ob ein Klirrfaktormesser oder SINAD-Messer (der ja eigentlich auch nicht viel Anderes ist als ein Klirrfaktormesser!) grob die korrekten Werte anzeigen. Denn dafür braucht man ein Kalibriersignal, von dem man ganz genau weiß, welchen Klirrfaktor es genau hat!

Wo aber sowas hernehmen? Sowas liefert normalerweise kein AC/DC/Ohm-Kalibrator!

Also selbermachen!

KLIRRFAKTOR ERZEUGEN

M. MICHALZIK  
22.04.2011

$$k = \sqrt{\frac{U_2^2}{U_1^2 + U_2^2}}$$

DEFINITION FÜR NUR  
EINE OBERWELLE

$$k^2 = \frac{U_2^2}{U_1^2 + U_2^2}$$

$$k^2 (U_1^2 + U_2^2) - U_2^2 = 0$$

$$k^2 \cdot U_1^2 + k^2 \cdot U_2^2 - U_2^2 = 0$$

$$U_2^2 (k^2 - 1) + k^2 \cdot U_1^2 = 0$$

$$U_2^2 = \frac{-k^2 U_1^2}{k^2 - 1}$$

$$U_2 = \sqrt{\frac{U_1^2 k^2}{1 - k^2}}$$

$$U_2 = \frac{U_1 \cdot k}{\sqrt{1 - k^2}}$$

$U_1 =$  Grundwelle  
 $U_2 =$  Oberwelle  
 $k =$  Klirrfaktor

---

z.B.  $k \stackrel{!}{=} 10\% = 0,1 \rightarrow U_2 = \underline{0,1005 V}$   
 $U_1 \stackrel{!}{=} 1V$

z.B.  $k \stackrel{!}{=} 1\% \rightarrow U_2 = \underline{10,005 mV}$   
 $U_1 \stackrel{!}{=} 1V$

Abbildung 240: kleine Hilfe zum Erzeugen definierter Klirr-Signale

## 47 Fazit

Was für eine Weltreise!

Anfangs kaum zu glauben, habe ich nun tatsächlich zwei CMT-Geräte wieder in einen Zustand gebracht, mit dem ich mich bedenkenlos auf eine Amateurfunkmesse trauen würde. Natürlich würde ich dann vorher noch ein paar Eigenschaften im ausgedehnten Dauerlauf gewissenhafter nachprüfen (z.B. die angezeigten Werte von SINAD-Messer, NKL, usw.), aber im großen und ganzen halte ich das Bienen-Duo durchaus für einsatzbereit.

Natürlich- noch mehr machen kann man immer. Aber auch weniger. Mit aktuell über 160 Seiten finde ich den Bericht aber auch lang genug und nebenan wartet noch immer die Deckel FP1 auf ihre Fortsetzung, die ich bis Jahresende ja auch schaffen wollte.



**Abbildung 241: Siegerfoto Maja und Willi! Über den LED-Umbau und die Farbwahl bei Willi kann man geschmacklich sicher geteilter Meinung sein. Aber spätestens mit diesem Foto wird sehr deutlich, wie sich die Ablesbarkeit der Displays gegenüber der Originalbeleuchtung verbessert hat!**

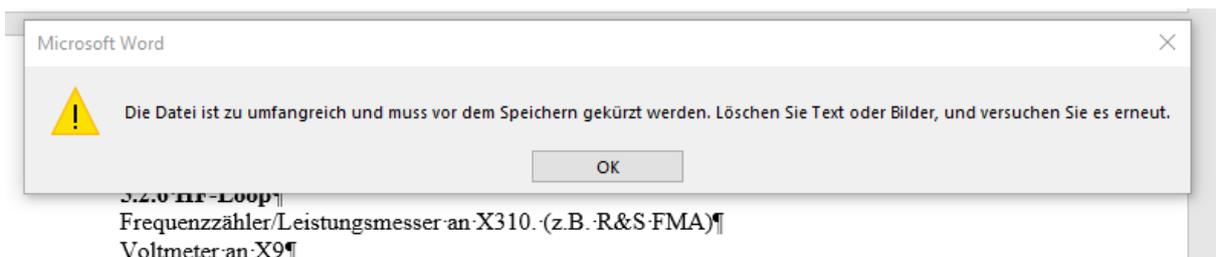
Als geplantes "Zwischenprojekt" ist dieser Bericht dann irgendwie doch größer geworden, als ursprünglich gedacht. Und schneller fertig, als gedacht, denn gerade diskutiert das Rohde&Schwarz-Forum intensiv über Reparaturen von R&S CMT Funkmessplätzen und ich bin mir sicher, dass ich die Threads mit diesem Reparaturbericht irgendwie "weiter" bringen kann, daher habe ich mich am Schluss dann auch sehr beeilt.

Obwohl wir gerade in den August 2021 starten, schließe ich mit einem winterlichen Abschlussbild aus dem Wald oberhalb meines Heimatdorfes.



**Abbildung 242: Abschlussbild: einer meiner Lieblings-Laufwege bei uns zu Hause im winterlichen Wald**

Kleine Zugabe, gerne mit einem kleinen Augenzwinkern an diejenigen gerichtet, die Handy-Apps und moderne SW total gut finden ;-)



**Abbildung 243: tja...und die Verfechter moderner IT-Technik hören nicht auf uns täglich zu erklären, wie super die neuen Produkte und "Apps" alle seien...**

## 48 Nachruf und Aufruf!

Dieser Reparaturbericht ist

**Dr. Eric Hecker**

gewidmet, der am 25. Juli 2021 nach langer Krankheit im Kreis seiner Familie verstorben ist.

Als Mitglied unseres "Bastelkreises" hat er mir stets mit Rat und Tat zur Seite gestanden und mich oft ermuntert, mit den erhaltenen Ergebnissen nicht zu früh "zufrieden" zu sein, sondern immer zu versuchen, wirklich das Bestmögliche zu erreichen!



Wir sind alle sehr betroffen von Erics Tod und geben ihm auf seine letzte Reise ein "Ehren-10Volt" mit- sozusagen als ewige Referenz.

Ruhe in Frieden, lieber Eric.

Marc Michalzik, 01AUG2021

Wer ebenfalls seine Anteilnahme an die Hinterbliebenen ausdrücken möchte, sendet mir bitte ein Bild von seinen persönlichen "Ehren-10Volt" an [marc.michalzik@byimm.de](mailto:marc.michalzik@byimm.de).

Ich werde alle zugesendeten Fotos sammeln und den Hinterbliebenen dann als eine Art "elektronische Kondolenz" der Bastelcommunity übergeben. Es ist dabei nicht wichtig, wie genau Eure Referenz ist. Zur Not reicht auch eine 9Volt-Batterie und ein Multimeter. Hier geht es vielmehr darum, Eric eine letzte Ehre zu erweisen.

Einsendeschluss ist der **01OCT2021**.

## 49 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 Veröffentlichen 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 Artikel5, Absatz1 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. V28; Marc Michalzik. 01AUG2021