

# Rohde & Schwarz FSEM 26GHz Spektrum-Analyzer

## 1 Einleitung

Ich sehe selbst von hier aus schon wieder Eure leuchtenden Augen.



Abbildung 1: Rohde&Schwarz FSEM

"Wie kommt der Marc denn da schon wieder dran?", werden einige von Euch vielleicht fragen. Ich frage mich das inzwischen sogar selbst. Irgendwie scheint mein Messgerätehobby so 'ne Art "Selbstläufer" zu werden und ich warte noch auf den Tag, wo mir einer von Euch noch ein komplettes Messgerät schenkt, nur damit er damit wieder einen Reparaturbericht erzwingen kann. Ach, falsch, ist ja sogar schon mal passiert. Grüße an Karlheinz an dieser Stelle.

Der Rohde&Schwarz FSEM ist der große Bruder der FSE-Familie. Mit seinem 26,5GHz Frequenzbereich ist dieses Teil hier definitiv in der Liga der Supersportwagen zu suchen und nur noch der FSEK (40GHz) konnte ihn damals noch übertreffen.

Obwohl ich derzeit eigentlich absolut keine Ambitionen habe, mich im Millimeterwellenbereich herumzutreiben (die Wellenlänge in Luft liegt hier bei immerhin nur ca. 11 Millimetern!) konnte ich einfach nicht widerstehen. Nach meinem letzten Projekt (KW-Transceiver), wo ich mich mit quasi "leicht welligem Gleichstrom" beschäftigen musste (Wellenlänge bis zu ca. 160m), könnte der Unterschied jetzt kaum krasser sein. Der FSEM ist quasi die "Punkband" des Rock'n'Roll und alleine schon die Tatsache, dass er keinen N-Anschluss mehr besitzt (weil N zu schlecht ist für 26,5GHz), sollte gehörig Respekt einflößen.

## 2 Keine Tücke ohne List

Als ich das Gerät bekam, hatte es eigentlich mit den schönsten Fehler, den man sich denken kann: es ließ sich nicht einschalten! Das erinnerte mich sofort an meine ZVC-Havarie, daher war der erste Griff gleich der zum Schraubendreher. Sollte hier einer auch wieder Module ausgebaut.... nein! Uff! Es scheint im Bauch des FSEM wenigstens alles vollständig zu sein, das ist schonmal die halbe Miete! Gut!

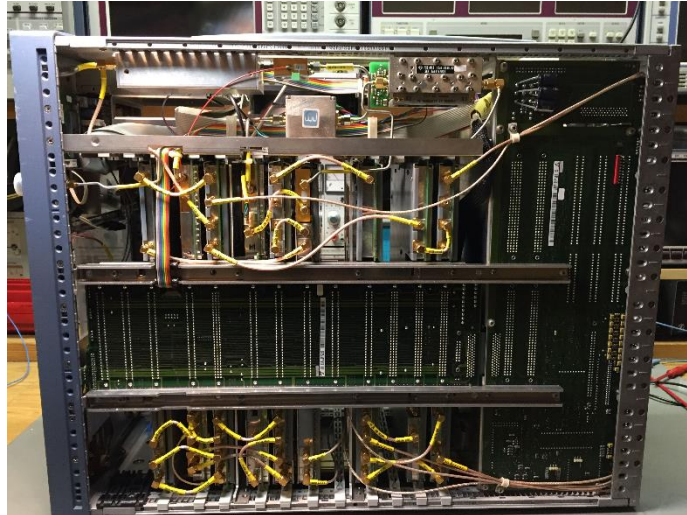


Abbildung 2: Glück gehabt: scheint alles drin!

Wir starten also mit einer Netzteilreparatur. Nein, eigentlich nicht: Wir starten mit einer Netzteil-Austauschbaugruppe! Zu neugierig bin ich, ob der FSEM wirklich nur einen Netzteilfehler für mich bereit hält oder noch was anderes Schönes, so dass ich nach einer kurzen Bestätigung der fehlenden Betriebsspannungen gleich den Schritt wage: ich schraube stattdessen ein funktionierendes Netzteil rein und schalte den FSEM an.

Das Dickschiff bootet!

Kurz nach dem Tipp auf den Standby-Taster rasseln die Lüfter los, zündet die CCFL (Displaybeleuchtung) und gibt ein mager hinterleuchtetes "BIOS 2.1"-Bild von sich.

Hoffentlich ist sonst noch was kaputt, denn ich hatte gehofft, mit dem FSEM mal so richtig Gigahertz-mäßig Spaß zu haben! Aber der dicke Kumpel wird mich nicht enttäuschen, lest weiter.

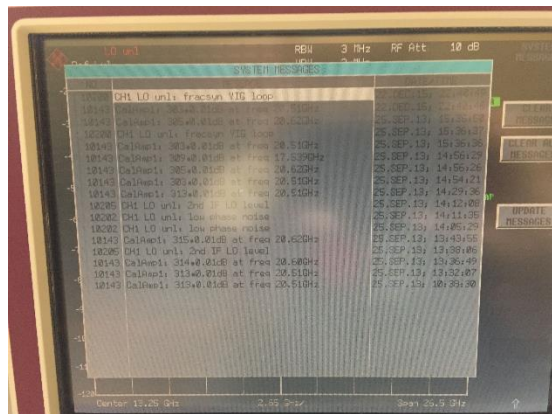


Abbildung 3: dieses Projekt verspricht Spaß: jede Menge Fehlermeldungen :-)))

Sofort weiß ich, dass ich mich um neue Lüfter sowie eine neue Displayhinterleuchtung werde kümmern müssen. Aber erstmal eins nach dem Anderen. Immerhin erreicht das Gerät nach dem Booten seinen normalen Betriebszustand und präsentiert mir einen etappenweise bis 26GHz leicht ansteigenden Noisefloor. Wenn da diese eine Zacke bei ca. 16GHz nicht wäre, sähe das doch schonmal gut aus!

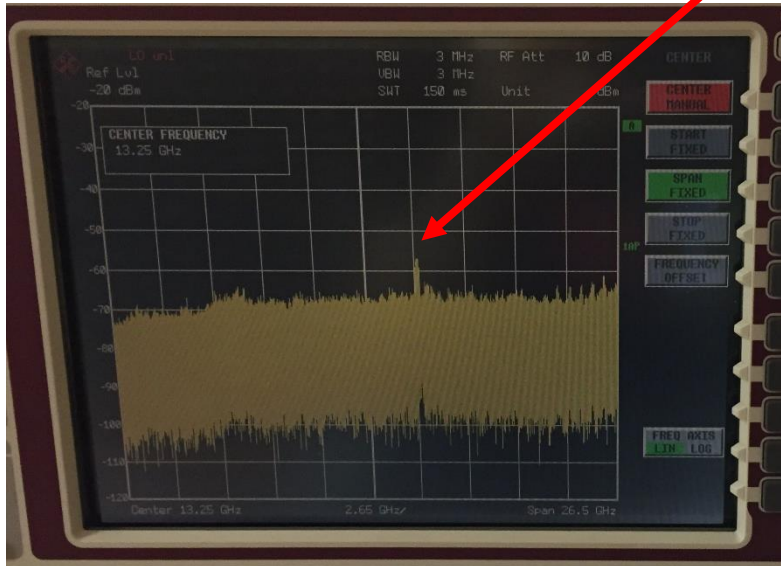


Abbildung 4: mageres Bild- aber immerhin!

Ich tippe mich erstmal ins Options-Menü und sehe die Aufkleber auf der Rückseite bestätigt: die FSE-B10, also die 7GHz Tracking-Generatordoption ist sicherlich eins der Highlights dieses Geräts. Dazu kommt die FSE-B15, also die Computerfunction-Option sowie die Low-Noise-OCXO-Option FSE-B4. Zu allem Überflus wurde der Trackinggenerator auch noch mit einem schaltbaren Abschwächer ausgestattet- der FSE-B12.

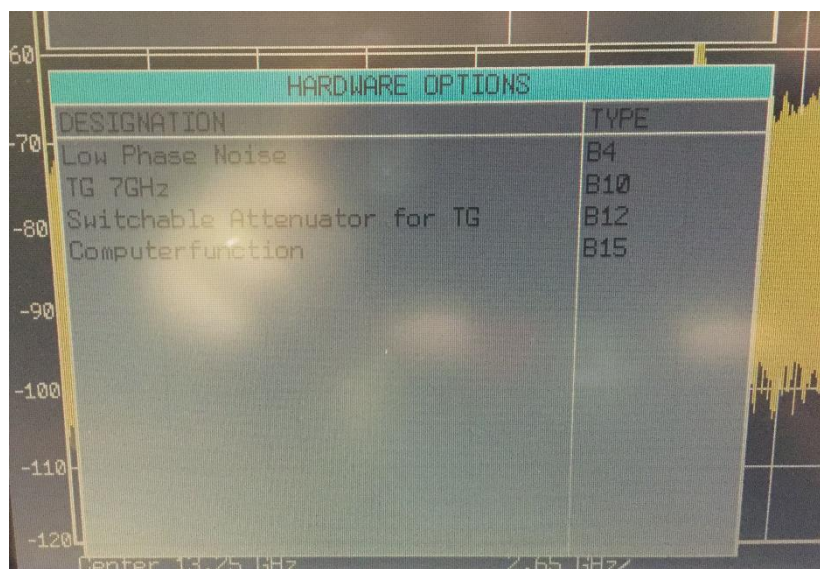
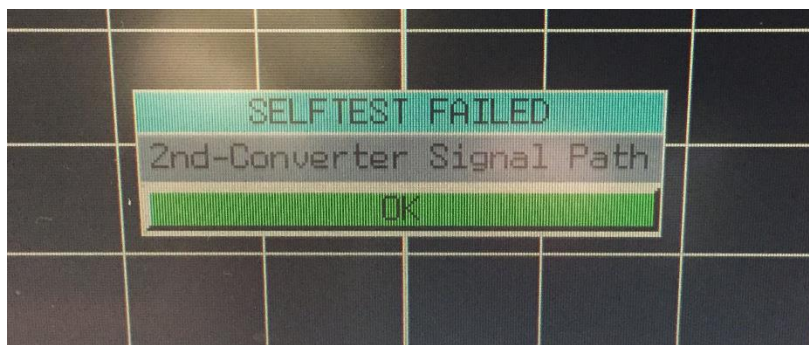


Abbildung 5: geile Ausstattung!

Was das Gerät erstaunlicherweise nicht hat, sind die FFT-Filter. Das hätte ich bei so einem Top-Gerät eigentlich erwartet. Um es mal in die Automobil-Sprache zu übersetzen: niemand kauft sich einen AMG Mercedes Black Series mit V8 Motor und nimmt dann aber die billige Velours-Ausstattung, weil ihm das Geld ausgegangen ist. Bei so einem Topklasse-Analyzer sind FFT-Filter quasi die "Ledersitze" der Signalanalyse und gehören für mich einfach mit zum guten Ton. Ich werde also auf jeden Fall versuchen, sie am Ende nachzurüsten.

Doch bevor ich schon über Nachrüstungen rede, ist es noch ein weiter Weg. Zuerst gehört das Gerät erst einmal in einen ordentlichen Grundzustand versetzt und da ist noch viel zu tun. Der gestartete Selbsttest jedenfalls bricht mit der Fehlermeldung "2nd-Converter Signal Path" ab. Außerdem erscheint der rote Schriftzug "UNCAL LO unl" im Display.



**Abbildung 6: juchhuuu! Endlich was zu tun! :-)**

Sehr gut. Als doch nicht nur Gleichstromreparaturen diesmal! :-)

### 3 Fehlermeldungen

Jetzt ist das so eine Sache mit den Fehlermeldungen. Ich muss zugeben, dass sie mir bei der Reparatur diesmal doch eher wenig helfen. Ich nehme sie eher als Hinweis, dass irgendwas nicht stimmt und ich mich um eine Reparatur kümmern muss. Leider ersetzen sie aber für mich nicht die systematische Schritt-für-Schritt-Analyse; alleine schon aus dem kurzen Text heraus ergeben sich für mich Fragen: Was genau ist der "2nd Converter Signal Path"? Ist das die Baugruppe "2nd IF", reden wir über das HF-"Converter"-Modul oder ist vielleicht die "2.Zwischenfrequenz" selbst? Falls ja- was genau ist denn dann die "2."? Aus Sicht des 26GHz Microwave-Converter-Moduls ist die 2.ZF das 7GHz-Frontend selbst (Baugruppe A130), aus Sicht des Schaltplans ist die 2.ZF allerdings die 741MHz- die technisch allerdings auch als 3.ZF bezeichnet werden könnte, wenn man das Signal hinter der 1.LO auch noch mitzählen würde.

Ich weiß, viele von Euch verstehen die Botschaft vermutlich. Mir ist schon öfter aufgefallen, dass ich manchmal "zu kompliziert" oder zumindest "anders" denke als die meisten. Wenn ich bei meinem Auto auf der Intervalleinstellung des Scheibenwischers so ein Icon in Form eines anschwellenden Dreiecks sehe, assoziieren 98% der Deutschen damit: "mehr Dreieck- mehr (=schneller) Wisch".

Ich nicht.

Ich assoziiere da: "mehr Dreieck, desto länger das Austastintervall zwischen zwei Wischungen, also kleinere Frequenz, weniger "Wisch", mehr Regen".

Und liege natürlich prompt falsch.

Jeder Landstreicher zwischen Flensburg und Antwerpen würde es instinktiv richtig machen. Nur ich wieder nicht. Ich bin einfach ein Pictogramm-Legastheniker- und das macht mich im heutigen Pictogramm-Zeitalter manchmal echt wahnsinnig. Die einzigen, die ich kapiere, sind die aus der Straßenverkehrsordnung. Die finde ich gut gemacht. Wobei ich mich bis heute frage, was genau mir das Zeichen "Eingeschränktes Lichtraumprofil" sagen soll.

Egal-

Wir sehen also, ein aus Sicht des damaligen Programmierers bestimmt todsicher gut und präzise gemeinter Fehlermeldungstext kann -ohne nähere Erläuterungen- manchmal eher verwirren als helfen. Und genauso passiert es auch: um den Fehler näher einzukreisen, tausche ich alles an Baugruppen, was ich hier so herumliegen habe und irgendwie mit "2.nd Converter" gemeint sein könnte. Nur die Fehlermeldung bleibt.

Am Ende werden wir sehen, dass mich der Fehlermeldungstext erstmal komplett in die falsche Richtung geschickt hat. Aber wir werden den Fehler finden. Versprochen!

## 4 Sherlock Holmes

Man sagt prominenten Detektiven wie Sherlock Holmes oder Inspektor Columbo ja nicht nur einen messerscharfen Verstand, sondern auch eine systematische Vorgehensweise nach. Von beidem brauche ich nun ein bisschen, auch wenn der graue Trenchcoat vorerst im Schrank bleiben darf. Die Fehlermeldung aus dem Selbsttest hat mir leider nicht wirklich weiter geholfen, also versuche ich nun die "Sherlock-Methode".

Der FSEM hat (wie seine Schwestergeräte auch) einen internen 120MHz Kalibriergenerator mit an Bord, den der Analyzer während seines Tests selber zurückmisst. Also mache ich erstmal genau das: ich aktiviere den CAL-Generator, stelle die Center-Frequenz auf 120MHz und schaue mal, ob ich den Peak sehe.

Und das tue ich: bei exakt -40dBm kommt der Peak zum Liegen und sieht von der Form her auch sehr schön sauber und symmetrisch aus. Na das ist doch schonmal ein guter Anfang. Also zoomen wir mal rein, indem wir alle RBW-Bandbreiten ausprobieren. Als ich zu den schmalbandigen RBW-Filtern komme, fange ich natürlich an, den Span zu verkleinern. Und dann stutze ich: sobald der Span kleiner als exakt 10MHz wird, ist der Träger auf einmal "weg"! Huch! Nochmal probieren. Und nochmal. Andere RBW auswählen und nochmal. Ergebnis: es hat nichts mit den RBW-Filtern zu tun- es scheint einfach an der gewählten SPAN-Einstellung zu liegen. Sobald man auf Werte unter 10MHz kommt, scheint im FSEM irgendwas zu passieren. Und das, was da passiert, scheint in irgendeiner Form einen defekten Schaltungsteil zu benutzen. Oder wenigstens das Fehlerbild zu aktivieren.

## 5 Synthesizer-Konzept

Nun wird es spannend, denn dieser Fehler zwingt mich, in eines der technisch komplexesten Gebiete abzutauchen, den man in diesem Analyzer finden kann: in seine Signalerzeugung!

Der Einstieg ist dabei noch relativ leicht. Oder anders gesagt: ich MACHE es mir leicht. Denn indem ich den SPAN zu 0Hz auswähle, mache ich den sweependen Spektrumanalyzer zu einem "einfachen" Festfrequenzempfänger. Und da der Fehler hier auch auftritt, habe ich den entscheidenden Vorteil, in einem eingeschwungenen System messen zu können und nicht in einem Gerät, das dauernd hin und her sweept.

Als Festfrequenzempfänger kann man an den FSEM herangehen wie an ein altes Radio. Nur eben sehr viel aufwändiger und komplexer, aber davon lassen wir uns jetzt erstmal nicht beeindrucken. Wir beginnen systematisch ganz von vorn und überprüfen den "Lebensraum" dieses Festfrequenzempfängers. Mit dem neuen Netzteil versorgt, kann ich davon ausgehen, dass alle Betriebsspannungen ok sind, aber ich messe sie vorsichtshalber doch noch einmal nach. Ergebnis: jupp, alles ok.

Dann der nächste Schritt: die Referenzfrequenz! Ein so komplexes Gerät benötigt einen Haufen Referenzfrequenzen, die alle aus dem 10MHz OCXO abgeleitet werden. Also prüfe ich zuerst das und stelle fest, dass die 10MHz sauber und stabil geliefert werden. Sowohl bei Spans >10MHz als auch <10MHz.

Dann prüfe ich die nächsten Signale. Aus den 10MHz werden im Gerät 20MHz erzeugt sowie 720MHz, die dann teilweise über mehrere Baugruppen hinweg durch den FSEM durchgereicht werden. Ergebnis meiner Messung: auch hier stehen diese Signale alle permanent und störungsfrei an.

Nächster Schritt: der 1.LO!

Im Rahmen des Empfangskonzepts benutzt der FSEM unter anderem eine 1.LO von 7,2GHz. Dazu wird der eingebauten Verdopplerstufe im HF-Frontend ein sehr starkes 3,6GHz zugeführt. Vielleicht ist damit ja was nicht ok? Also Signal abgreifen und messen. Ergebnis: ok!

Schade, denn nun müssen wir unser Gehirn wieder einschalten und uns die nächsten Schritte überlegen. Ich komme kurz dazu, zu überprüfen, ob die HF-Baugruppe im Fehlerfall am Ende auch brav ihre 741,4MHz ZF liefert und werde teilweise fündig: das ZF-Rauschen (=Noise floor) wird zwar immer geliefert, im Fehlerfall sieht man aber nur das und kein richtiges Signal. Es ist also ganz so, als würde die HF-Baugruppe auf einer falschen Empfangsfrequenz empfangen und damit nur Rauschen am ZF-Ausgang liefern.

Ich komme dem Problem also näher!

Um zu beurteilen, ob mein Verdacht richtig ist, hilft es nichts: ich muss versuchen, das PLL-Konzept zu verstehen und daraus abzuleiten, welche Bedingungen (=Signale) wo anliegen müssen, damit das Gerät am Ende brav seinen 120MHz CAL-Generator empfangen kann. Das bedeutet: Service Manual lesen!

## 6 Synthesizer

Es dauert wirklich etliche Stunden, bis ich ansatzweise was verstehe und ich muss zugeben: so komplett durchdrungen habe ich das Synthesizerkonzept bis heute nicht! Es ist irre komplex, besteht aus einem Mischer mit Oberwellenverzerrung, benutzt je nach eingestelltem Span zwei verschiedene Betriebsmodi, um das Phasenrauschen zu senken (aha! wenn das mal nicht was mit meinem 10MHz-Problem zu tun hat!) und liefert je nach Ausstattung (FSE-B4 oder nicht) die Referenzsignale auch noch über unterschiedliche Wege. Meinen höchsten Respekt für diese Entwicklungsleistung!

Trotzdem gelingt es mir, den Fall "120 MHz Empfangsfrequenz" wenigstens so weit zu begreifen, dass ich rechnerisch darauf komme, welche LO Frequenz am ersten Mischer anliegen muss (meine Frau sagt "Zuführfrequenz" dazu, was ich sehr anschaulich finde!), damit -nach der Mischung mit 7,2GHz- eine ZF von 741,4MHz entsteht: nämlich genau 8061MHz!

Glücklicherweise kann man die 1.LO auch messen, ohne die HF-Baugruppe ausbauen zu müssen- man kann sich dieses Signal am Eingang der Tracking-Generatorbaugruppe abgreifen, denn dort wird es auch gebraucht. Also Kabel dort ab, Frequenzzähler dran und festgestellt: daneben!

Rechne ich die gemessene 1.LO Frequenz zurück, so sagt mir mein Taschenrechner, dass der FSEM beim Span=0 auf irgendwas um die 40MHz empfängt (statt der eingetippten 120MHz).

Das will ich genau wissen! Ich schalte meinen Signalgenerator ein, stelle -40dBm ein und speise sie direkt am FSEM-HF-Eingang ein. Ich kurbele ein paar Dutzend kHz hin und her- Bingo! Bei exakt 39,6MHz Eingangsfrequenz gelingt es mir, dass der FSEM mir ein wunderschön sauberes HF-Signal anzeigt! Sprich: das Teil empfängt derzeit auf 39,6MHz- sollte aber auf 120MHz empfangen!

Der Grund für die falsche Empfangsfrequenz ist die falsche 1.LO Frequenz. Die wird vom YIG-Oszillator erzeugt, der wiederum durch eine Grob- und eine Feinabstimmungsspule von der PLL-Schaltung angesteuert wird.

## 7 YIG auf Rille?

Könnte es vielleicht sein, dass der YIG nicht mehr auf die benötigte Frequenz abgestimmt werden kann, weil die Abstimmungsspannung schon bereits am Anschlag liegt?

Um das zu testen, gibt es einen Test, der im Servicemanual beschrieben ist. Durch Einspeisen einer externen Gleichspannung (anstelle der PLL-Führungsspannung) in den YIG kann man das Teil in der Fein(!)abstimmung selber abstimmen. In Verbindung mit einer Gleichspannungsquelle und einem Frequenzzähler ist das schnell erledigt:

Es zeigt sich jedoch, dass die Frequenz des YIGs einwandfrei innerhalb der Herstellertoleranzen liegt und ein Nachgleich nicht erforderlich ist. Der Pegel ist zwar etwas geringer als angegeben, allerdings ist mein Messaufbau auch nicht ideal und bei hohen GHz-Signalen ist das Messen von genauem HF-Pegel eh so eine Sache.

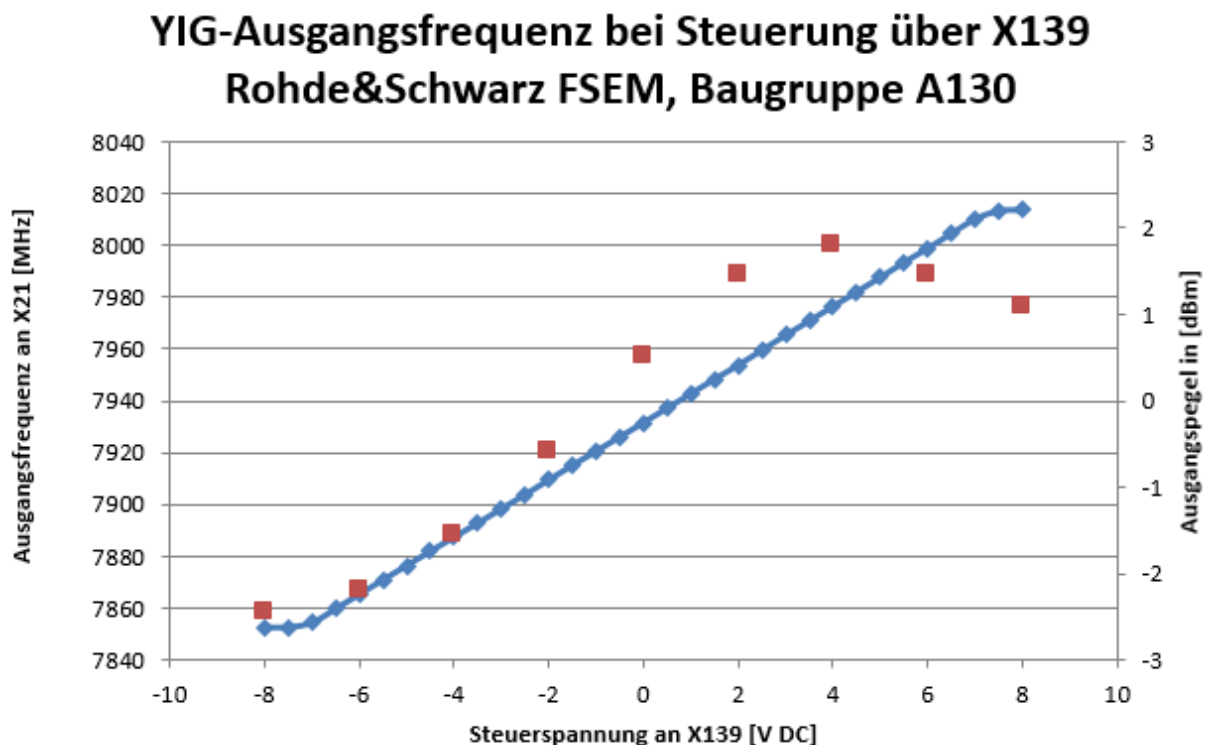


Abbildung 7: YIG-Frequenz (blau) und sein HF-Pegel (rot)

Ich behaupte also: der YIG ist ok und die falsche Frequenz muss eine andere Ursache haben.

## 8 PLL-Signale

Die Vermutung liegt nahe, dass der YIG von der PLL nicht richtig angesteuert wird. Also prüfen wir mal deren Eingangssignale. Das Service-Manual sagt uns, was die an HF-Pegel erhalten soll und wo. Eine PLL lebt ja von einem ständigen SOLL/IST-Vergleich, daher müssen beide Werte in sie eingespeist werden. Das Referenzsignal erhält sie, das habe ich weiter oben mit den 720MHz schon bewiesen.

Wie aber ist es mit dem IST-Signal (YIG)?

Nun kenne ich keine PLL, die direkt mit einem eingespeisten 15GHz-Signal etwas anfangen kann. Also setzt man es vorher auf eine niedrigere Frequenzebene um. Das macht der so genannte "YIG Sampler"-Modul auf der HF-Baugruppe A130. Hier kommt das auf ZF-Ebene von ca. 100MHz heruntergemischte YIG-Signal heraus und wird der PLL im FRAC SYN-Modul angeboten.

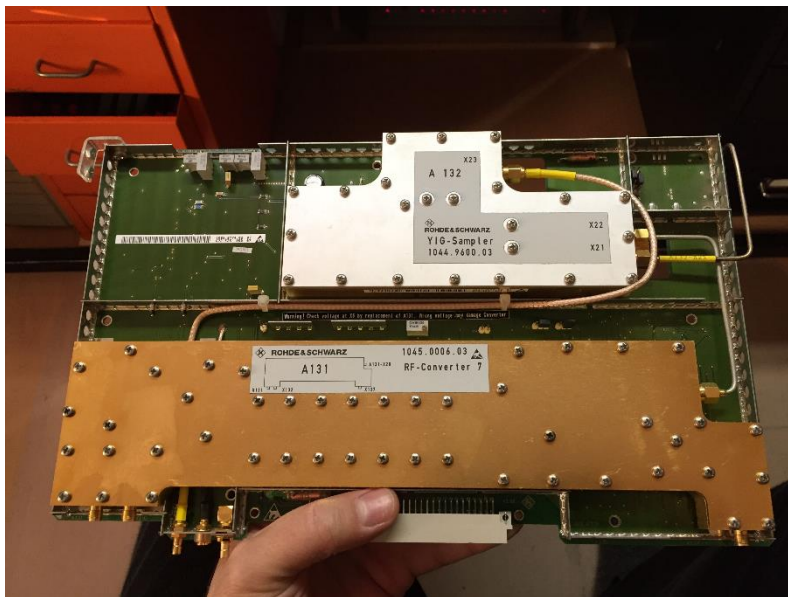


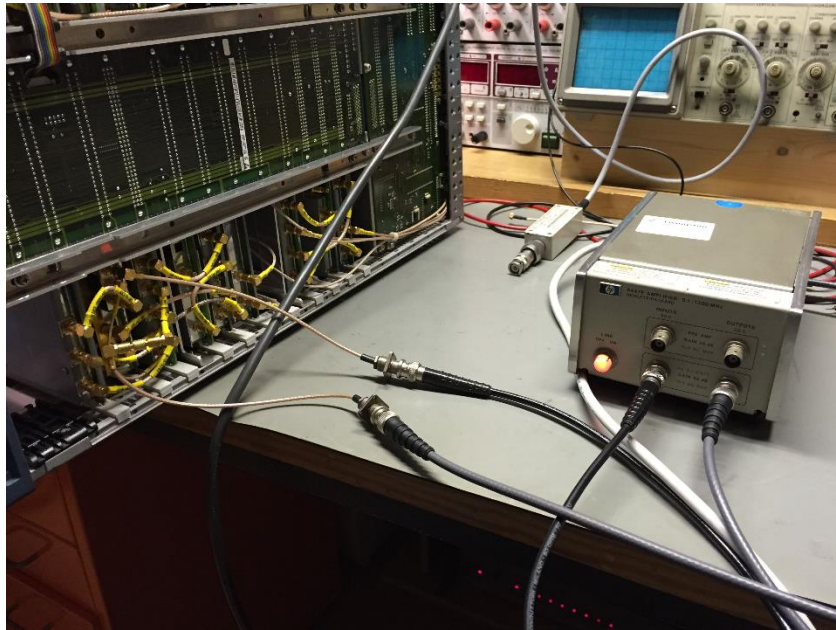
Abbildung 8: Baugruppe A130: oben der verdächtige "YIG-Sampler"

Und prompt mache ich hier eine Entdeckung: mit nur ca. -34dBm HF-Pegel ist dieses Signal viel zu klein! Laut Pegelangaben des Manuals sollte man hier mit ca. -15dBm HF-Pegel rechnen können. Das bedeutet etwa 20dB zu wenig Spannung und macht mich etwas skeptisch.



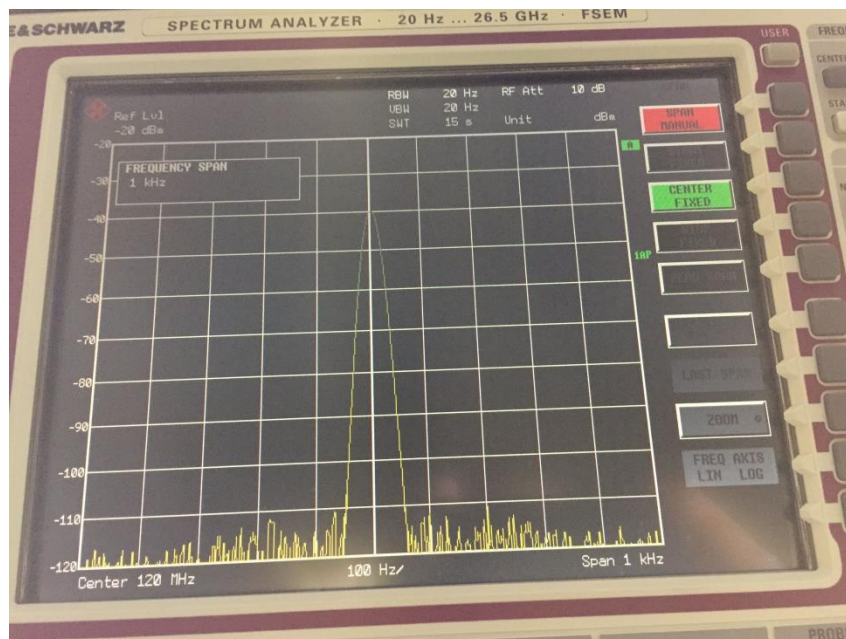
Abbildung 9: nützliches Teil im Labor: HP8447F Breitbandverstärker

Ermutigt durch die Angaben im Manual will ich es nun genau wissen: ich schleife einfach einen Labor-Messverstärker (0,1..1300MHz / 22dB) in die Leitung ein und peppe es dementsprechend im Pegel auf, bevor es zur Synthesizer-Baugruppe weitergeleitet wird.



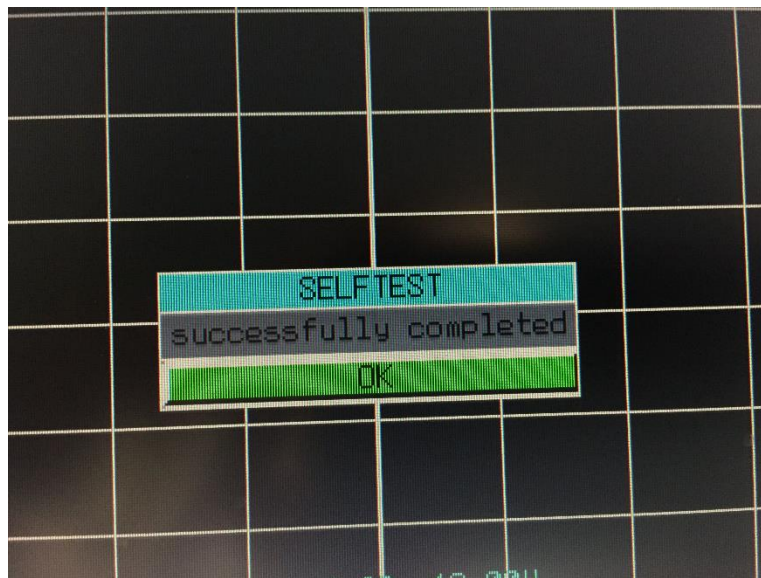
**Abbildung 10: Signal aufpeppen mit Breitbandverstärker**

Und nun kommt's: kaum mache ich das, rastet die PLL, die 120MHz-Testfrequenz des CAL-Generators wird einwandfrei empfangen und sogar bei Span <10MHz gibt es nun keinerlei Probleme mehr!



**Abbildung 11: auf einmal funktioniert auch ein Span < 10MHz**

Und mehr noch: starte ich so (= externer Verstärker eingeschleift) den Selbsttest, läuft der sogar ohne Beanstandung durch! Was sagt man dazu!



**Abbildung 12: Boah!**

Inzwischen interessiert sich sogar meine Frau für die Baugruppe. Wahrscheinlich, weil sie sehen will, wieviel Goldschmuck man daraus herstellen kann, wenn man sie einschmilzt ;-)



**Abbildung 13: kritisches Review**

## 9 Was sagt man dazu...

Nach einem kurzen Check der Goldpreise sind wir uns einig: es scheint also irgendein Problem um den YIG Sampler herum zu geben!

Also was tun?

Die defekte Baugruppe über Verlängerungskabel mit dem Grundgerät verbinden und aufschrauben, denn aufschrauben ist immer gut.

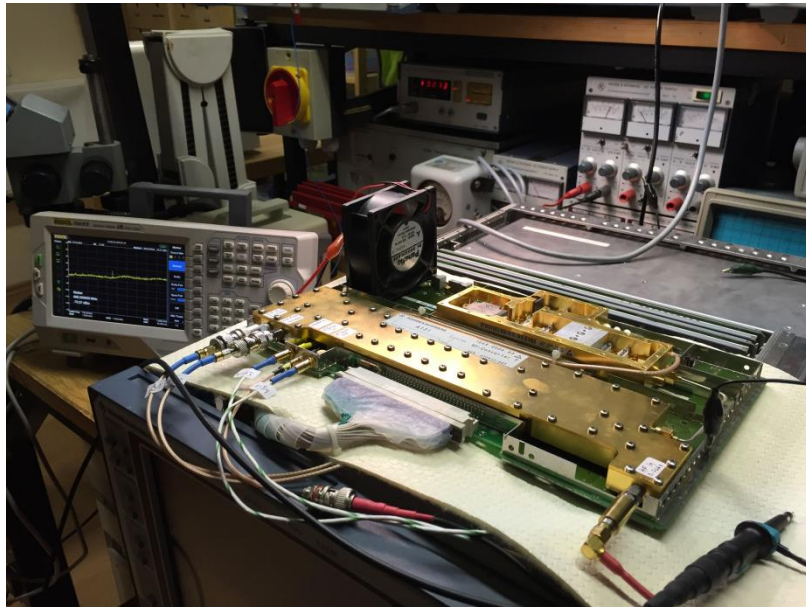


Abbildung 14: Baugruppe A130 an der "Nabelschnur"

Der YIG-Sampler ist die kleine, obere Dose auf der "RF Unit A130". Wird sie außerhalb des FSEM betrieben, greift natürlich das Kühlkonzept nicht. Daher ist man gut beraten, hier einen kleinen externen Lüfter davorzustellen, denn sonst wird die Baugruppe im Betrieb knackeheiß und das muss ja nicht sein.

So sieht der "YIG-Sampler" aus.

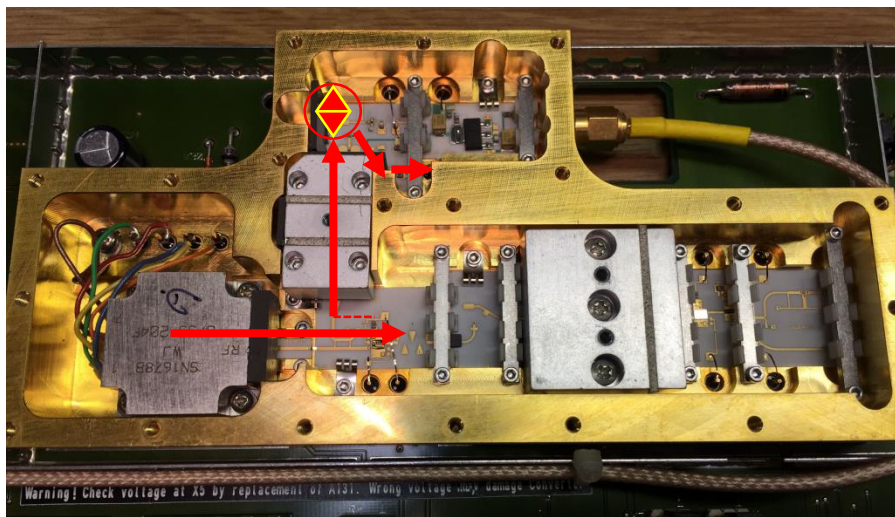


Abbildung 15: YIG-Sampler aufgeschraubt

Wir erkennen links den YIG-Oszillator. Das ist das graue Metallkästchen ganz links mit den vielen bunten Kabeln dran. Das Signal führt über eine kleine goldfarbene Leiterbahn nach rechts, Richtung HF-Ausgang.

Vorher jedoch wird es mit einem kleinen HF-Koppler abgenommen und nach oben verteilt. Da kommt es dann zu einem Mischer, dessen Ausgangssignal über einen kleinen Transistor verstärkt und an den Ausgang gekoppelt wird. Weiter kann man gerade nicht sehen, weil ein Metallklotz die Sicht versperrt. Also weg das Ding.

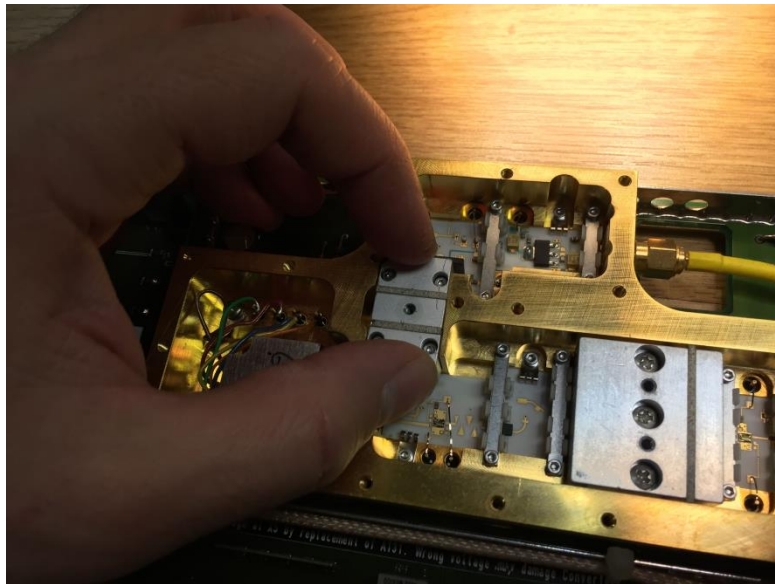


Abbildung 16: weiter demontieren

Darunter sehen wir das da:

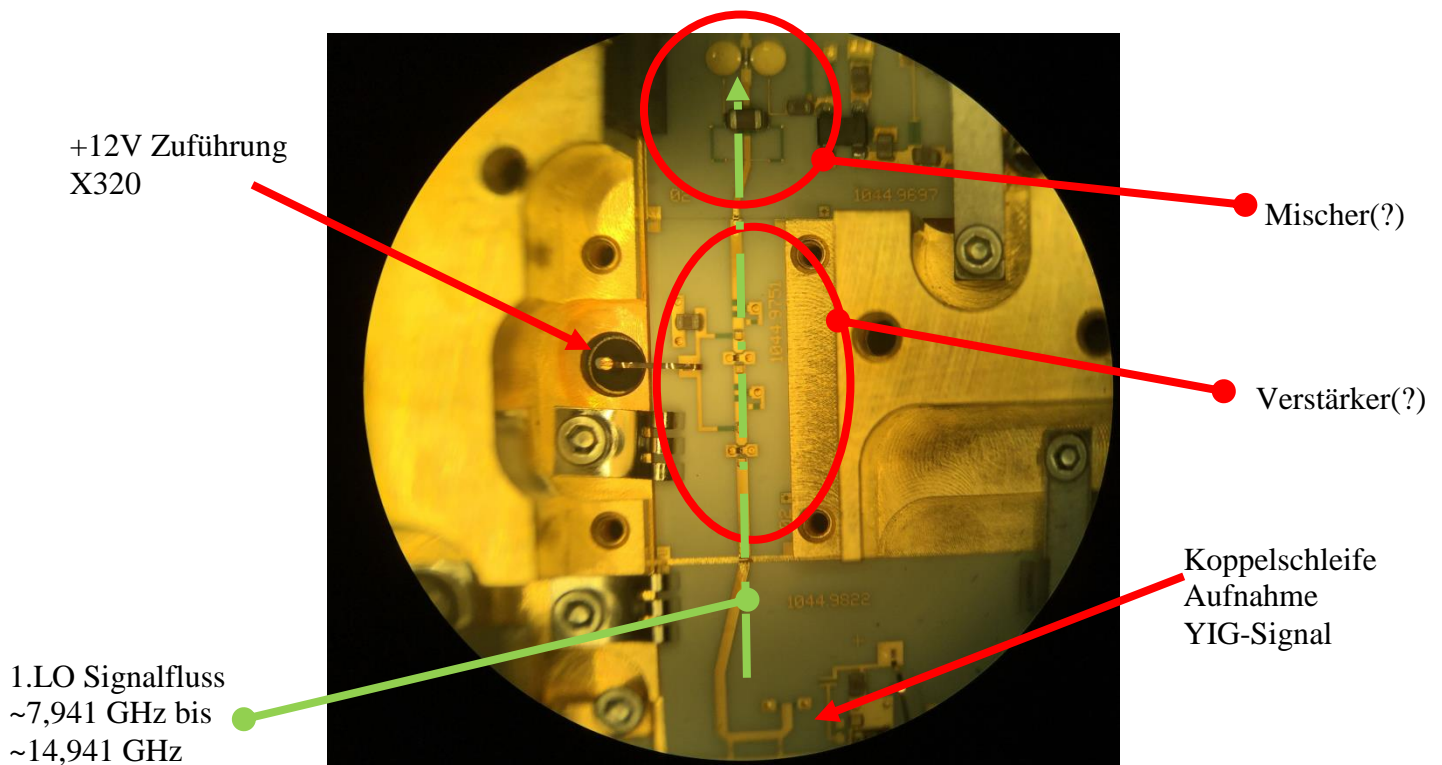


Abbildung 17: Signalfluss 1/2 (unter dem Metallklotz)

Wir sehen ganz unten am Rand die Koppelschleife (Richtkoppler), mit der etwas vom vorbeiführenden YIG-Signal abgezapft wird (Abbildung 17). Dieses so gewonnene Signal (immerhin bis ca. 15GHz) führt dann nach oben auf die nächste Aluminiumoxid-Platte. Darauf scheint so eine Art Verstärker zu sein, denn wir erkennen eine Art "Signal"- oder "Stromzuführung". Nach der Layoutübersicht des Servicemanuals scheint das wohl X320 zu sein und gemäß einer Tabelle auf der nächsten Seite des Manuals gehören da +12V dran.

Es spricht also Vieles dafür und auch das Blockdiagramm aus dem Servicemanual erhärtet das: Gucken wir uns das mal näher an (Abbildung 18):

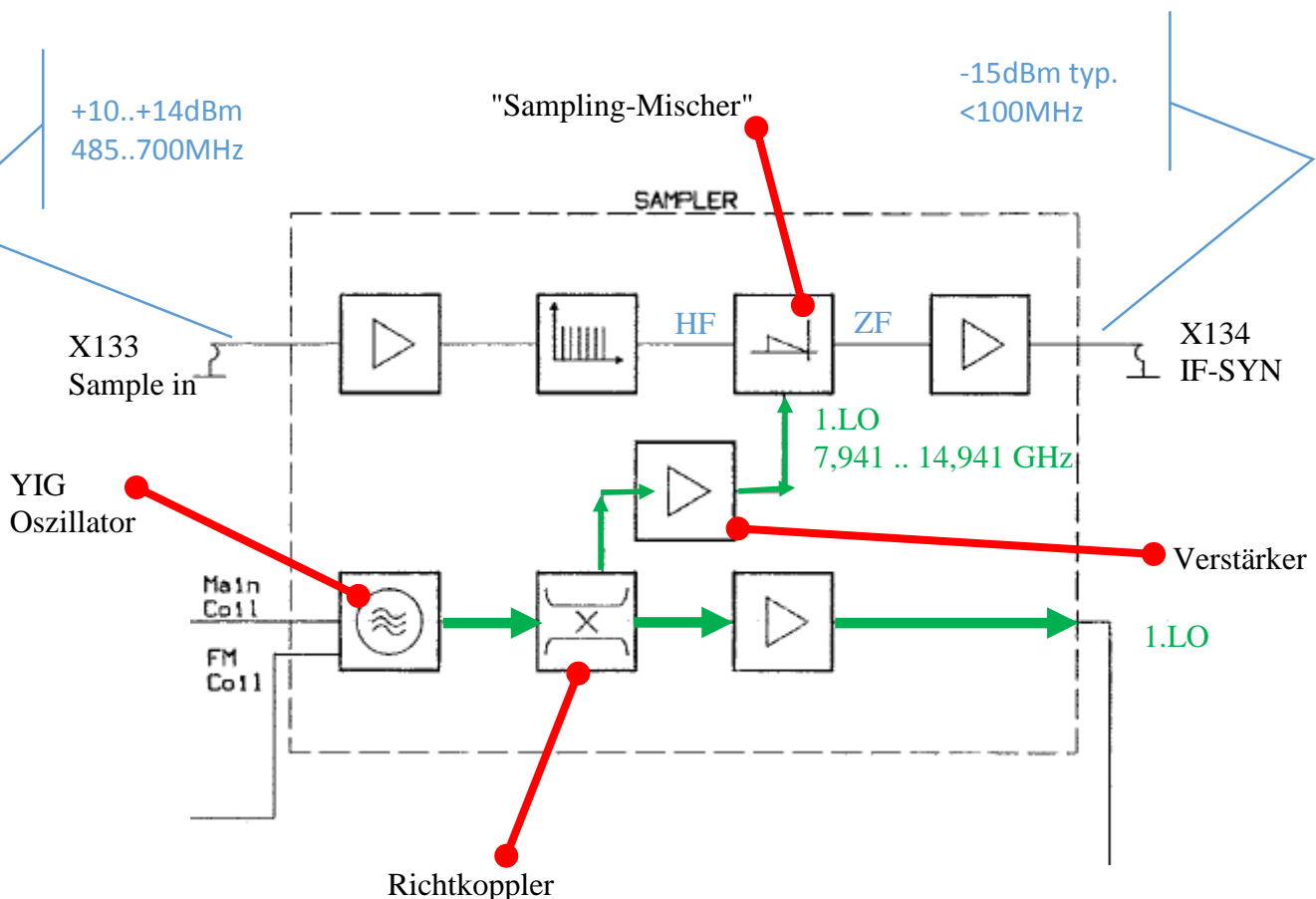


Abbildung 18: Auszug aus Rohde&Schwarz FSE Service-Manual, Baugruppe A130, Blatt2/7

In grün: Signalfluss

Links also der YIG-Oszillator. Zwei Ansteuerleitungen (grob und fein) stimmen ihn auf irgendeine Frequenzen innerhalb seines Frequenzbereichs ab (7,941 4 GHz und 14,941 4 GHz). Dieses Signal ist die so genannte "1.LO" dieses Spektrumanalyzers und hat damit eine ganz besondere Bedeutung. Sie ist das Signal, das zum Sweepen verwendet wird und dem 1.Mischer angeboten wird (ein genauso wichtiges Teil in einem Spektrumanalyzer).

Die 1.LO wird mit einer PLL synchronisiert. Diese ist so irre schnell, dass sie während des Sweepens stets eingerastet bleibt- eine nahezu unglaubliche technische Leistung, wenn man bedenkt, dass der Sweep eines FSEs manchmal nur 5ms dauert!

Damit die PLL das machen und den YIG-Oszillator synchronisieren kann, muss sie natürlich stets wissen, wo genau der YIG gerade herumschwingt. Und in exakt diesem Schaltungsteil befinden wird uns gerade. Hier wird das YIG-Signal mittels eines Mischers heruntergemischt, um es dann dem PLL-Schaltkreis (auf der FRC-SYN Baugruppe) anbieten zu können.

Der Richtkoppler greift also einen Teil der 1.LO vom YIG ab und führt sie einem Verstärker zu. Das ist wohl das Teil mit X320, wo die +12V dranliegen sollen. Aufgrund der extrem hohen Arbeitsfrequenz bis ca. 15GHz ist dieser (zweistufig aufgebaute?) Verstärker natürlich mit extrem kleinen und filigranen Bauteilen aufgebaut.

Dieser Verstärker liefert das Signal dem so genannten "Sampling-Mischer" zu- also einem "normalen" Mischer in die oberen Signalkette zwischen X133 und X134.

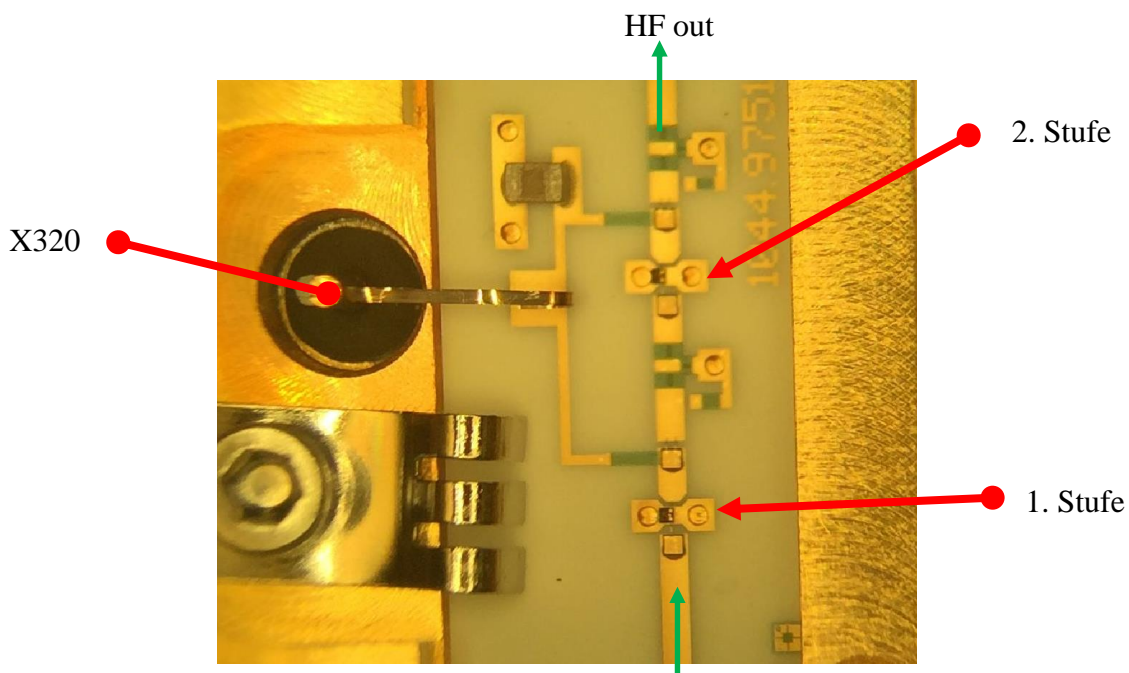


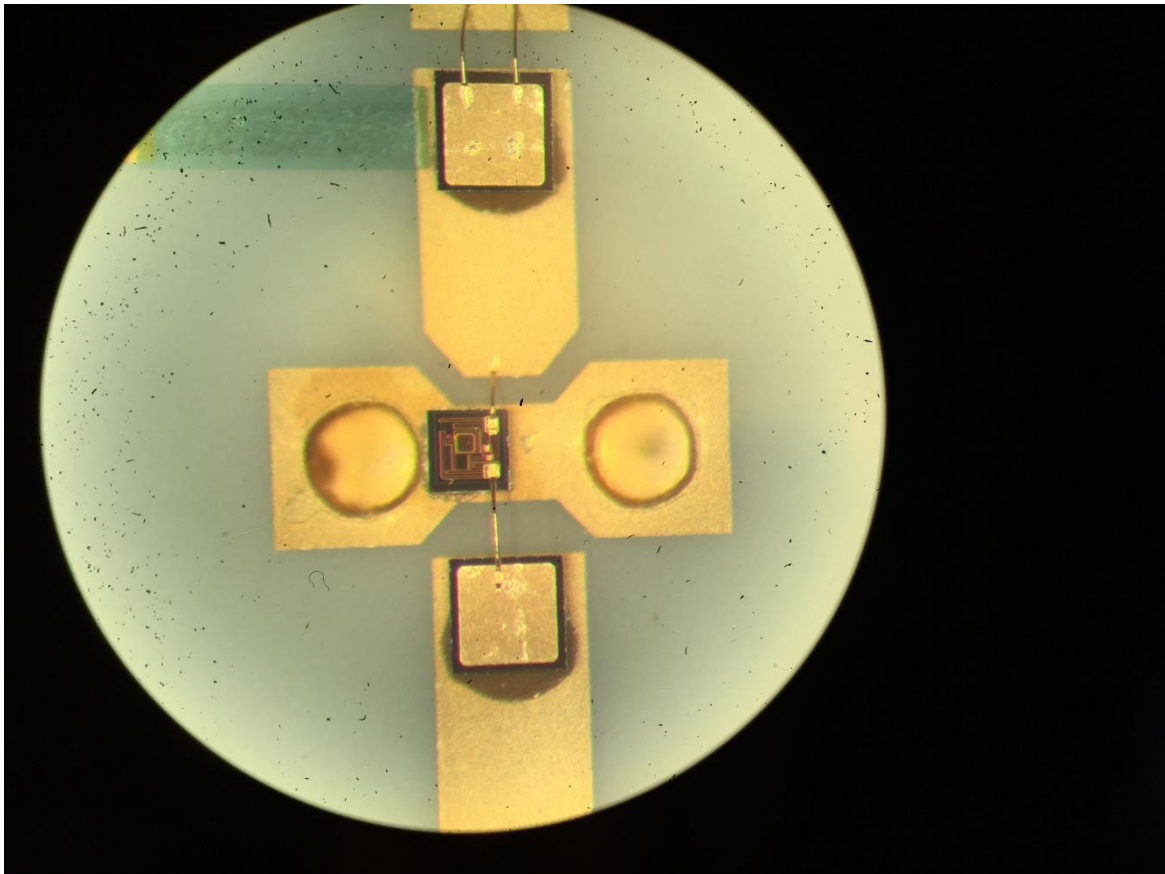
Abbildung 19: 15GHz-Verstärker

Gefüttert wird diese Signalkette mit einem Signal, das ebenfalls wiederum durch eine PLL generiert wird: dem "SAMPLE IN" Signal. Es wird normalerweise von der FRAC-SYN Baugruppe geliefert, liegt zwischen 485 und 800MHz (das Manual ist sich da leider an verschiedenen Stellen nicht immer ganz einig) und hat einen ziemlich hohen Pegel von +10..+14dBm.

Um dann die Verwirrung dann noch komplett zu machen, stammt dieses Signal allerdings nicht immer von der FRAC-SYN Baugruppe. Hat man einen FSE mit der "Low Phase Noise"-Option, so schaltet das Gerät -abhängig vom eingestellten Span- intern auch manchmal um. Sie liefert dann nicht mehr das direkte FRAC-SYN-Signal an den Eingang X133, sondern benutzt ein -durch die LOW-Phasenoise-Baugruppe aufbereitetes- Signal. Das kann zwar nicht so schnelle Frequenzwechsel wie das der FracSyn, hat aber wohl etwa 20dB weniger Phasenrauschen als das der FRAC-SYN-Baugruppe. Je nachdem, was man gerade braucht (schnellen Sweep oder geringes Phasenrauschen), wird das eine oder das andere Signal an X133 durchgeschaltet.

Das macht es für das Verständnis natürlich nicht einfacher, gibt uns für unser Problem aber möglicherweise einen Hinweis: wir haben ja bemerkt, dass die PLL nur dann "unlocked",

wenn der SPAN kleiner als 10MHz wird. Erst dachte ich, dass das ein wortvoller Hinweis sein könnte. Dann habe ich gemerkt, dass diese Beobachtung mich in die Irre führt. Der Eingangspegel an X133 ist in allen Fällen in Ordnung (und der Ausgangspegel an X134 in allen Fällen nicht). Dass der Analyzer bei Spans >10MHz trotzdem rastet, liegt vermutlich daran, dass der Pegel "gerade so auf Kippe" ist, trotzdem zu funktionieren. Dass er also trotzdem rastet liegt nicht daran, dass der Fehler nicht auftritt, sondern dass der Analyzer sich mit so wenig Pegel manchmal trotzdem zufrieden gibt.



**Abbildung 20: nochmal der 15GHz-Verstärker (im Detail)**

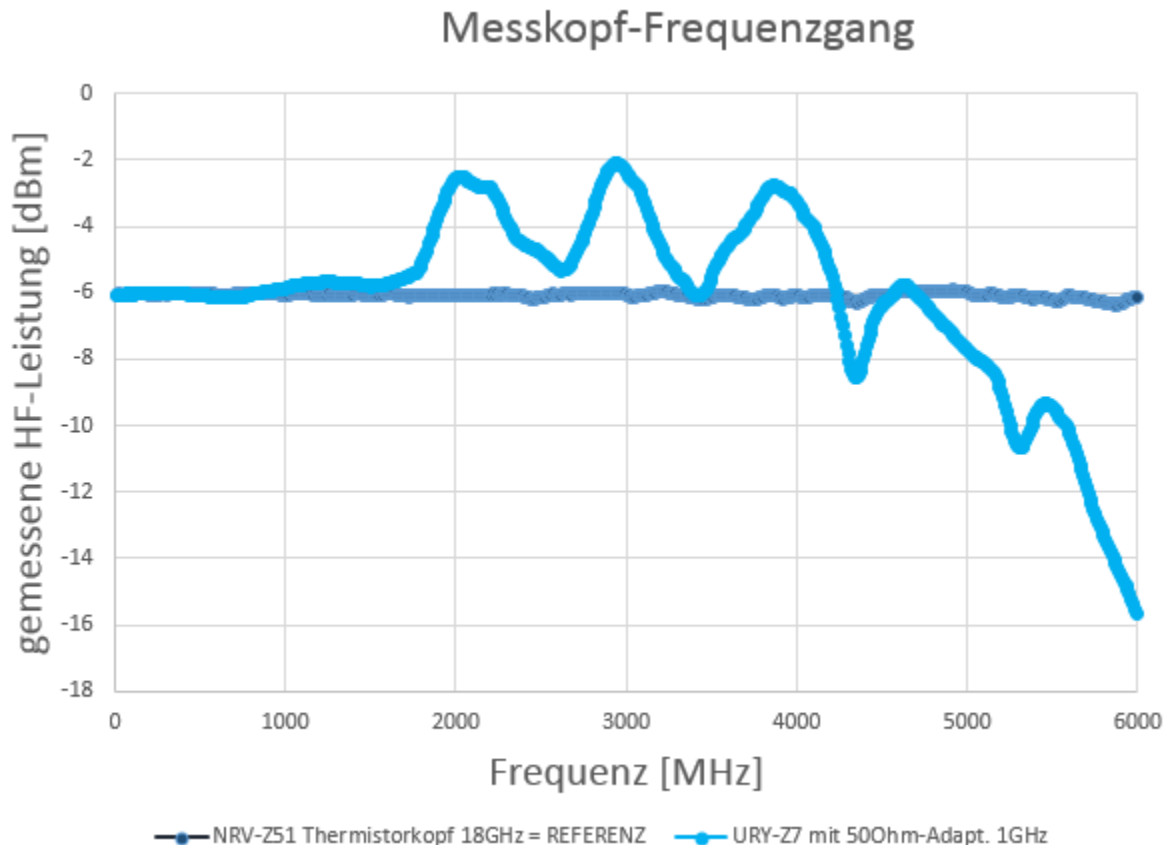
Wenn wir uns die Abbildung 20 ansehen, stellen wir staunend fest, wie erschreckend klein die Strukturen für den 15GHz-Verstärker sind. Hier noch Fehler zu sehen und Pegel zu messen, kann ich mit meinen Möglichkeiten vergessen. Mehr als eine Prüfung, dass der Schaltungszweig eine Betriebsspannung erhält und Überprüfen der Anschlüsse auf sinnvolle Gleichspannungsarbeitspunkte (von denen es aber keine Vorgaben gibt), kann man hier kaum machen.

Das Messen von HF-Pegel vor und nach dem Verstärker kann ich bei 7 (oder sogar 15GHz) komplett knicken.

Wie ich sowas behaupten kann?

Natürlich habe ich das nachgemessen.

Ein HF-Tastkopf des Modells "URY Z7" ist normalerweise bis 1GHz spezifiziert. Treibt man es bunt mit ihm, spendiert ihm noch einen 50Ohm-Adapter und probiert mal aus, "was alles so geht", stellt man das da fest:



Praktisch ist der Tastkopf also bis gut 1,8GHz für wirklich exakte Messungen benutzbar (im Vergleich dazu mein NRV-Z51 Referenz-Messkopf). Darüber kriegt er eine hohe Welligkeit. Wenn man die akzeptiert, kann man relativ messen bestimmt noch bis ca. 5GHz.

Doch dann wird es hässlich. Bei 6GHz (höher kann ich hier momentan nicht so ohne weiteres messen) hat man dann schon über 15dB Abweichung. Da fragt man sich dann in der Tat, ob das selbst für Relativmessungen noch reicht.

Und wenn ich dann den 50Ohm-Adapter entferne (also hochohmig misst), dürfte das den Arbeitsbereich ganz sicher mindestens wieder halbieren und vierteln.

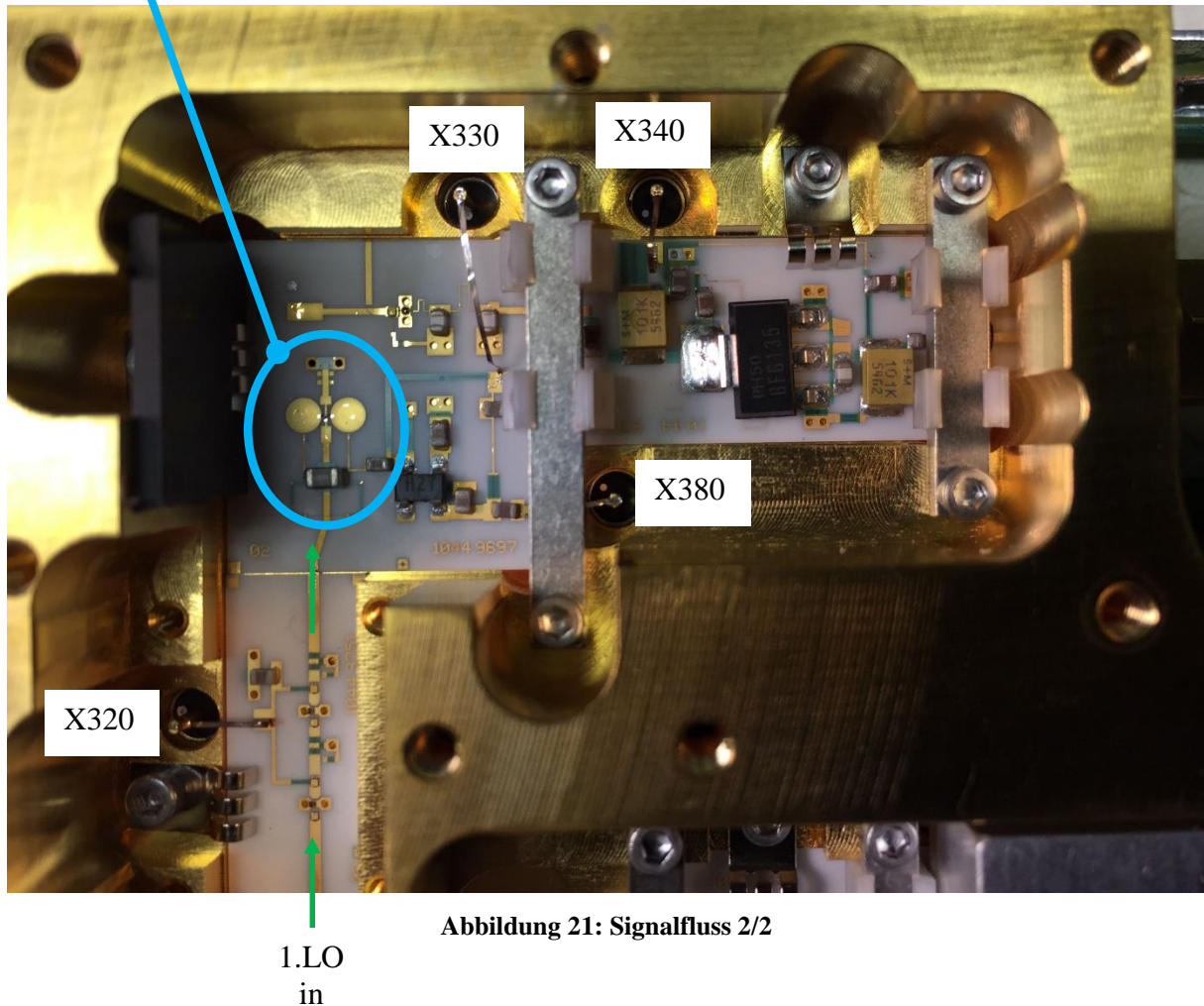
Fazit: Messen des 7GHz-Verstärkers auf korrekte Verstärkung\* kann ich komplett vergessen. Zumindest bei diesen Frequenzen.

\*ich wüsste auch noch nicht mal, welche Verstärkung denn korrekt wäre....

## 10 weiter im Text

Wir sind bei dem Verstärker an X320 also quasi "blind" und können weder ahnen noch wissen, ob er verstärkt oder nicht. Das macht mir Sorgen.

Ich verfolge den Signalverlauf einmal weiter und komme zu einem Bauteil, das ich für den Mischer halte.



Zumindest vermute ich das. Beschriftet ist hier natürlich nix mehr. Schließlich ist dies ja eine "Wegwerf-Baugruppe", wie das ServiceManual schreibt, und nur Spinner wie ich versuchen hier noch eine Reparatur. Und werden scheitern, aber lest selbst.

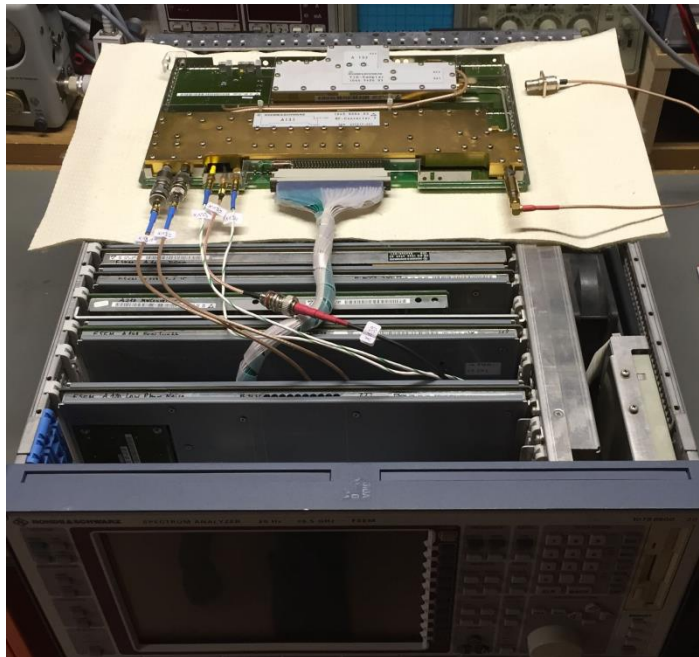
Was dieser "Mischer" nun an LO-Signal erhält, kann ich aus oben dargestellten Gründen nicht mehr wirklich messen. Bei 7..15GHz hilft mir auch mein Tastkopf nicht mehr. Das befriedigt mich nicht wirklich, aber ich kann es leider nicht ändern. Was ich jedoch messen \*kann\*, ist die "Zuführfrequenz", wie meine Frau sagt! Also das Signal an X133 (Eingang) sowie das an X134 (Ausgang). Also messen wir das mal.

## 11 Schnittstellenkontrolle

Wenn wir auf Reisen sind, haben wir auch "Schnittstellen". Wir nennen sie hier meistens "Grenzkontrolle", "Grenzer" oder auch "Passkontrolle".

Wie immer man sie auch benennt- an einer "Schnittstelle" (auch zwischen Staaten) werden üblicherweise die Dinge, die diese Schnittstelle passieren, überprüft. Genauso ist es jetzt auch bei uns. Die "Dinge", die hier von einer zur anderen Schnittstellenseite übergehen, sind die elektrischen Signale von und zur Baugruppe A130. Wir werden jetzt auch etwas "Passkontrolle" machen.

Der Grenzkontrollpunkt sieht so aus:



**Abbildung 22: gewohnter Anblick: A130 an der Nabelschnur**

Wie so oft, legen wir die A130 Baugruppe auf den Analyzer und führen alle Signale über Verlängerungskabel zu. Die Klebeschildchen helfen dabei, Anschlüsse nicht zu verwechseln.



**Abbildung 23: Klebeschildchen**



## 11.1 Wir messen an X133 (Signal "Sample in")

Wir prüfen zuerst, was unserem A130-Modul als "Sample in" Signal angeboten wird. Das kommt laut Signalplan von der LowNoise-Baugruppe A120 (X123). Wir bringen den FSEM in die 120MHz Grundeinstellung (Span=0), ziehen das Signal von X133 ab und stecken es auf den Analyzer.

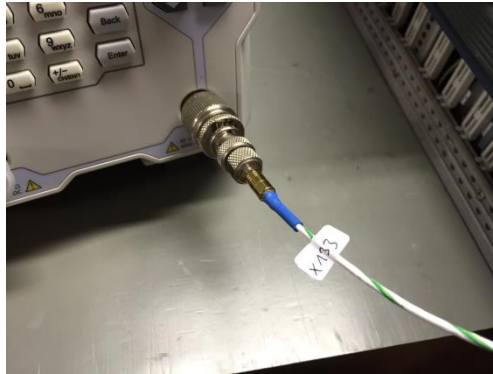


Abbildung 25: Messung an X133

Der zeigt das:

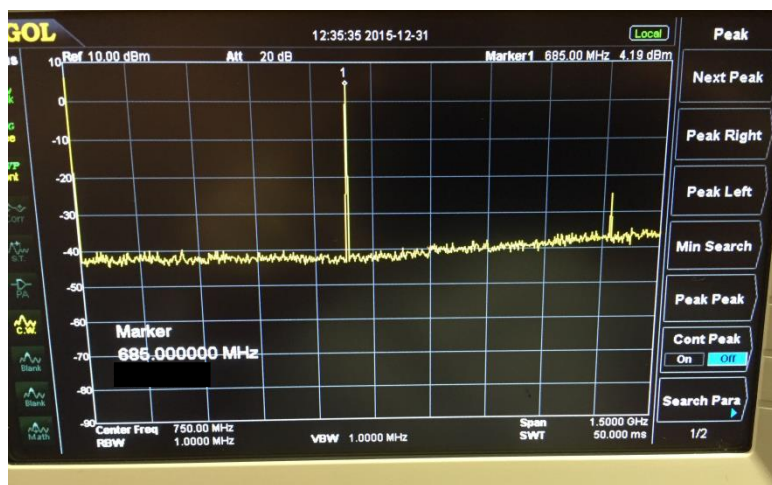


Abbildung 26: Signal an X133

Also 685MHz mit etwa +2dBm. (Der Frequenzzähler misst exakte 685,714 300 MHz)

Im Manual finde ich irgendwo eine Angabe, nach der dort  $>+10\text{dBm}$  gefordert sind. Das ist jetzt wieder so eine Sache- ist dies schon "deutlich" genug Abweichung, um von einem Fehler zu reden? Hmmmm.....

## 11.2 Messung an X134 (IF Synth out)

Aber der etwa 6dB zu gering gemessene Pegel an X133 kann nicht die Ursache für die Probleme sein. Denn wenn ich die Baugruppe, die dieses Signal erzeugt (A120 LowNoise), gegen eine andere auswechsele, ändert das am Auftreten des Fehlers trotzdem nichts. Ich tippe bei allem, was ich bis jetzt weiß, daher nach wie vor auf die A130 RF-Baugruppe.

Wir stecken also X133 wieder zurück und ziehen stattdessen X134 ab, um es auch am Speki zu messen.



Abbildung 27: Signal an X134 messen

Was kommt denn also so raus aus der A130?

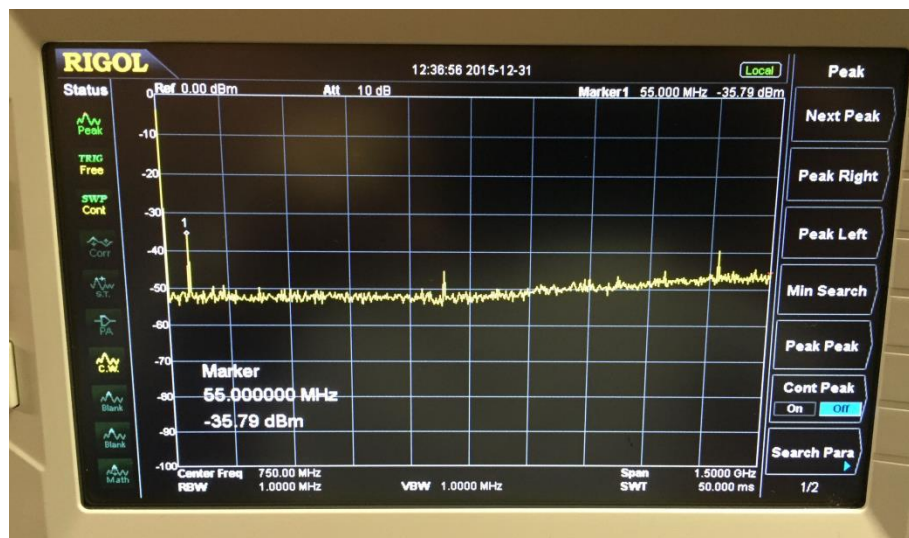


Abbildung 28: schwaches Ausgangssignal an X134

Sehr wenig. Wir erkennen ein ca. 55MHz-Signal, das aber mit nur ca. -36dBm wirklich sehr klein ist. Zoomen wir mal hinein:

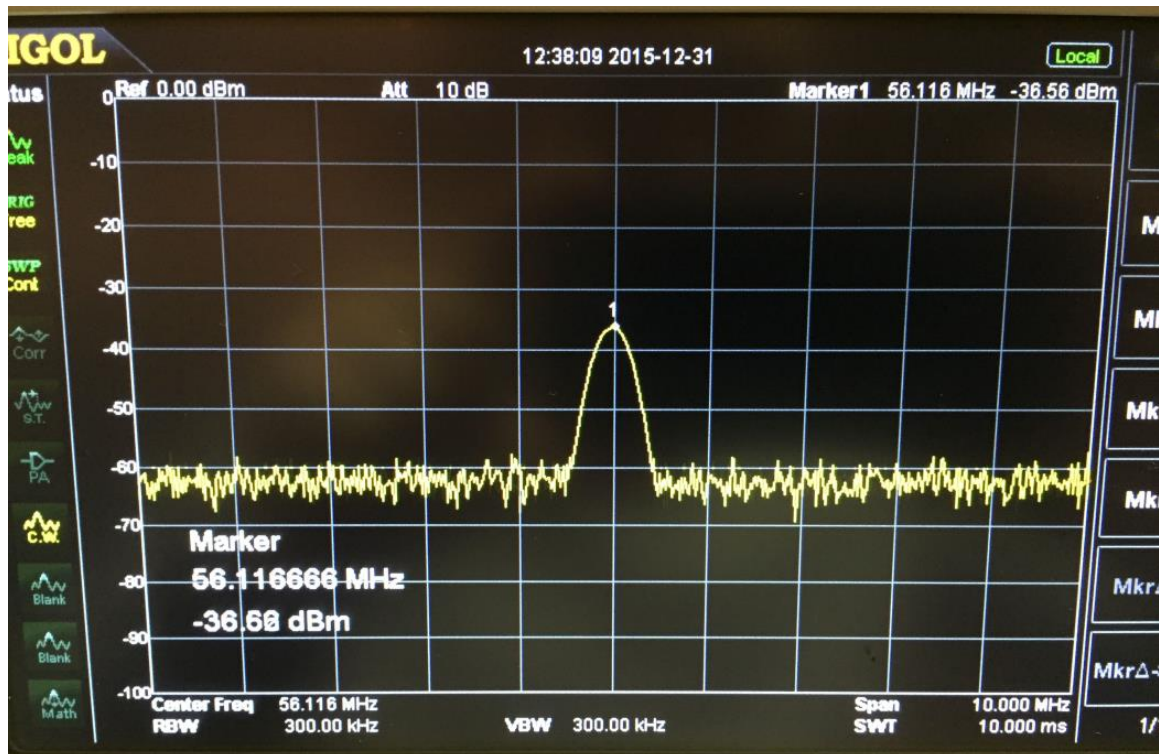


Abbildung 29: Signal X134 im Zoom

Nun muss ich aber leider was zu bedenken geben. In dem Moment, in dem ich X134 abziehe, unterbreche ich den PLL Regelkreis. Was ich messe, ist also eine (sowieso) nicht gelockte PLL.

Ich verändere also meinen Aufbau, verbinde X134 wieder mit der A130. Vorher greife ich mir das Signal aber mit einem T-Stück ab und führe es auf den Spektrumanalyzer.

Jaja, ich weiß, sowas macht man nicht. Ohne richtigen Leisterteiler im Signalzweig habe ich die Anpassung total versaut und wahrscheinlich Mega-Reflexionen. Trotzdem lese ich am Speki den Wert **-41dBm bei 122MHz** (hört, hört) ab. Die PLL war zwar noch immer "un-lock", aber merkt Euch diese Werte trotzdem mal.

Denn:

ich habe mal wieder richtig Glück:

**Ich erhalte eine A130 als Austauschbaugruppe!**

## 12 Schnittstellenkontrolle II

Die neue A130 im FSEM spielt natürlich sofort. Kein "unlock" mehr, keine Probleme. Trotzdem will ich wissen, was mit der defekten Baugruppe los ist. Ich wiederhole die Messung mit X134.

Und siehe da:

mit demselben Aufbau (und dem bösen T-Stück mit derselben bösen Fehlanpassung) erhalte ich:

**f = 83,585 716 MHz**

**Pegel = -22,5dBm**

**PLL Lock!**

Wow! Das sind fast 20dB mehr als mit der alten (defekten) A130. Und selbst wenn ich X134 nicht über das T-Stück führe, sondern die PLL damit auftrenne und direkt auf den Speki stecke (analog Abbildung 27), Locket die PLL zwar nicht (natürlich nicht), aber liefert bei ca. 113MHz (unwichtig) einen Pegel von -19dBm (wichtig!). Also auch hier deutlich mehr als die -36dBm mit der defekten A130.

Für alle Skeptiker kann ich nochmal nachsetzen, dass das Eingangssignal an X133 dabei nahezu unverändert geblieben ist (ca. +3,7dBm statt vorher +2dBm), den Pegelunterschied am Ausgang X134 also nicht erklären kann.

Ergo: der Fehler muss tatsächlich zwischen X133 und X134 liegen und irgendwo im Signalweg 20dB "kosten".

Das ist doch mal eine Aussage!

Trotzdem bringt mich das nicht weiter.

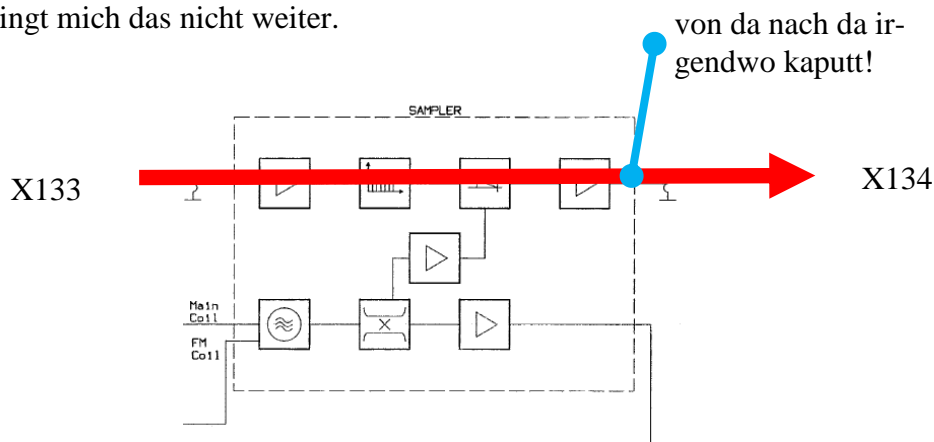


Abbildung 30: Sampler

## 13 Nur ein Versuch

Natürlich könnte man nun argumentieren: "Was will der Marc denn noch, er hat den Fehler auf Bauteilebene eingekreist, hat Beweis und Gegenbeweis geführt und schließlich eine funktionierende Austauschbaugruppe vorliegen, mit der es keine Probleme mehr gibt. Warum noch mit dem kaputten Kram beschäftigen?"

Weil genau das Rock'N'Roll ist.

Immerhin opfere ich durch diesen Austausch meine einzige Reservebaugruppe und das tue ich nur sehr ungern. Zu schön wäre es, wenn ich -statt meine Reservebaugruppe zu verheizen- lieber die Originalbaugruppe in Ordnung bringen könnte.

Also versuchen wir es- auch wenn die Zeichen schlecht stehen. Und es wird auch nicht klappen- so viel schonmal vorweg :-)

Ich war so weit mit meiner Erkenntnis, dass irgendwo auf dem roten Pfeil in Abbildung 30 etwa 20dB verloren gehen. Das ist ein typischer Wert für einen 1 oder 2stufigen Verstärker- von dem es in dieser Baugruppe offensichtlich gleich zwei Stück davon gibt. Einen vor dem Mischer und einen danach. Der hintere ist als aufgelötetes SMD-Teil realisiert,

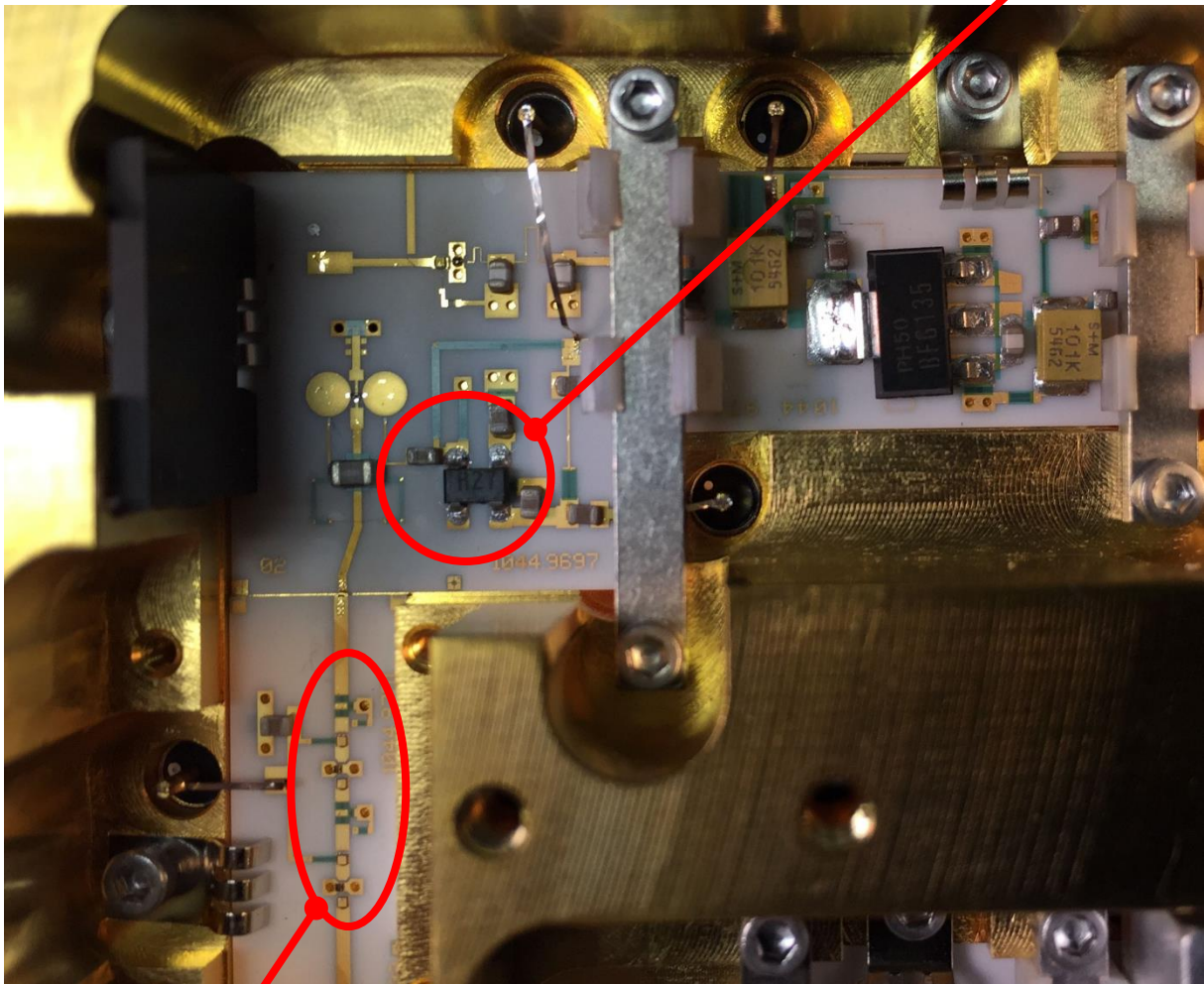


Abbildung 31: nochmal der Sampler

...der vordere als auf das Al-Oxid-Modul gebondetes Spezialbauteil.

Somit ist der Fall klar: wenn das Spezialbauteil defekt ist, ist eine Reparatur für mich definitiv unmöglich. Wo ich noch eine \*kleine\* Chance hätte, wäre die Stufe mit dem aufgelöteten Transistor.

Aber ist der wirklich defekt? Schauen wir mal.

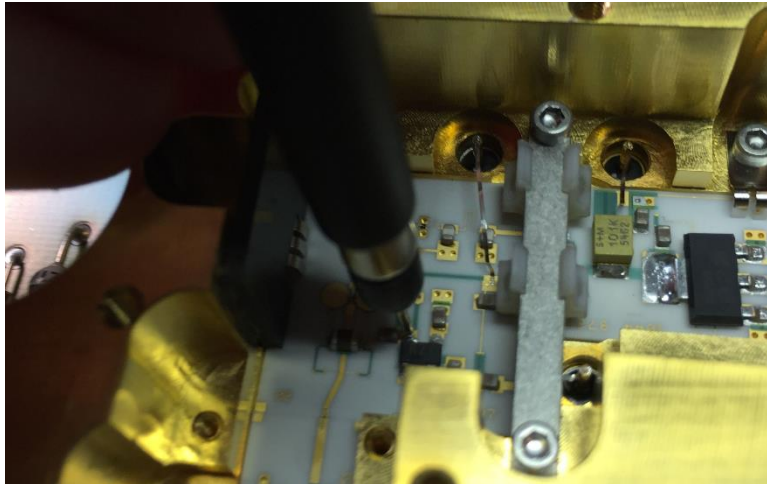


Abbildung 32: Messen am Eingang

Am Eingang sehe ich das hier:

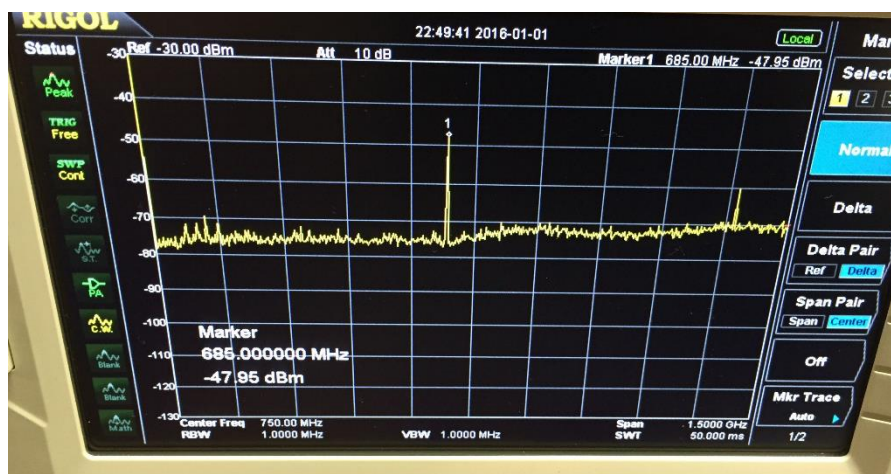


Abbildung 33: Eingangssignal

Also etwa -48dBm bei 685MHz. Aha.

Und am Ausgang?

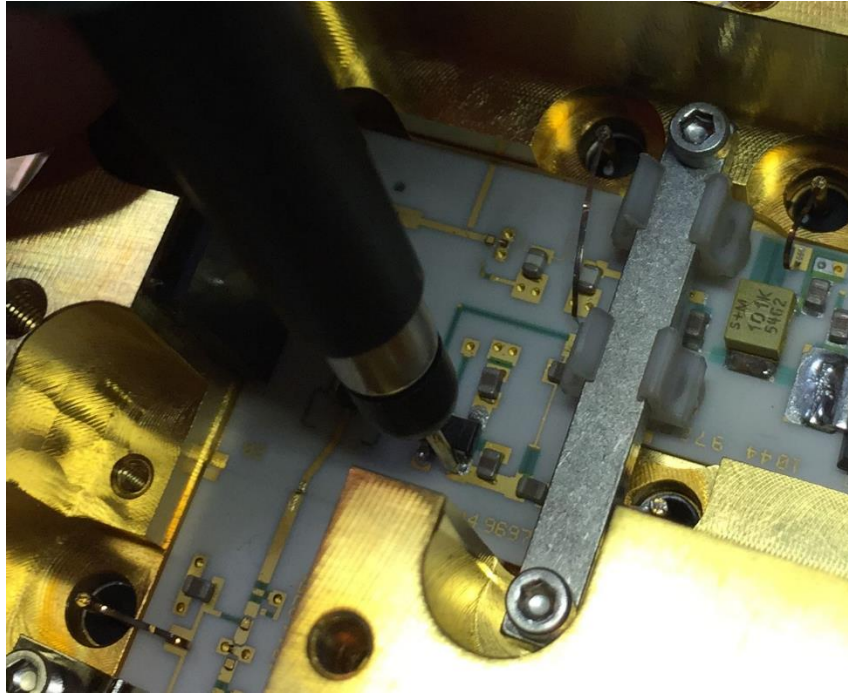


Abbildung 34: Messen am Ausgang

Der kleine Rigol sagt da:

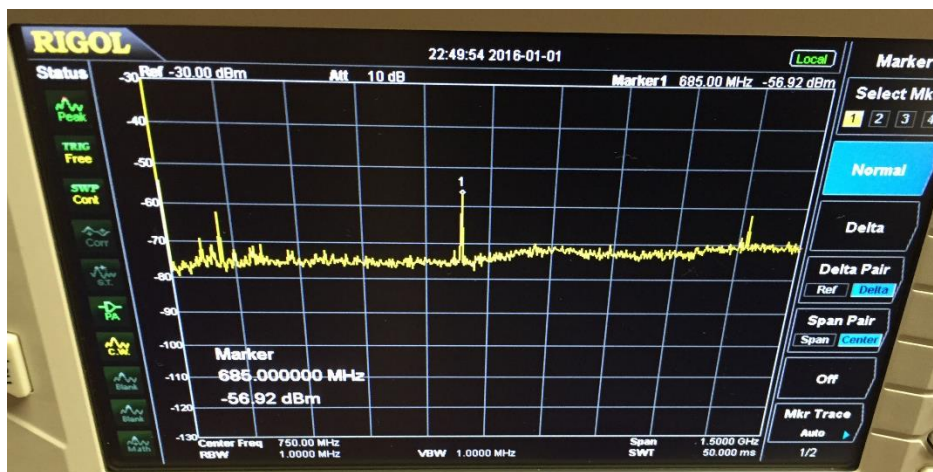


Abbildung 35: Ausgangssignal

Huch?!? -57dBm?

Also fast zehn dB weniger als an seinem Eingang? Ist das denn richtig?

Keine Ahnung. Ich kenne die Außenbeschaltung nicht und entsprechend auch nicht, ob mein Tastkopf hier nicht vielleicht die Schaltung bereits zu stark belastet und so Messfehler erzeugt, die mich auf eine falsche Fährte locken.

Egal, einen Versuch ist es wert. Der Transistor trägt den Namen "R27". Das soll ein NPN sein mit einer maximalen Betriebsfrequenz von etwa 7GHz.

Wenn es ein NPN ist, kann man da aber Diodenstrecken messen. Und Arbeitspunkte. Und genau das mache ich. Zu meinem Erstaunen ist das aber alles unauffällig. Nichts, was jetzt offensichtlich defekt wäre.

Egal, der R27 wird trotzdem als Neuteil bestellt.

SMD CODE	TYPE	SUMMARY	CASE	MARKING	FIG.	PINOUT
R27 NEC	2SC4093R	nnp, RF, fT, 6.5, GHz, hfe, 80-160	SOT143			1→ E 2→ C 3→ E 4→ B
R27 NEC	2SC5011R	nnp, RF, fT, 6.5, GHz, hfe, 80-160	SOT343			1→ E 2→ C 3→ E 4→ B

Abbildung 36: Das sagt das Internet zum "R27"

## 14 PECH

Der Tag ist da, an dem der bestellte Transistor von meinem Lieblingspostboten Burkhard in den entsprechenden Kasten geworfen wird. Zu meinem Erstaunen ist die Bedruckung "R28" anstatt R27- was mich doch etwas stutzig macht. Nach kurzer Datenblattrecherche zeigt sich, dass der R28 eine spezielle Selektion des R27 zu sein scheint und für unseren Einsatz aber dennoch geeignet erscheint. Also raus mit dem alten und rein mit dem neuen.

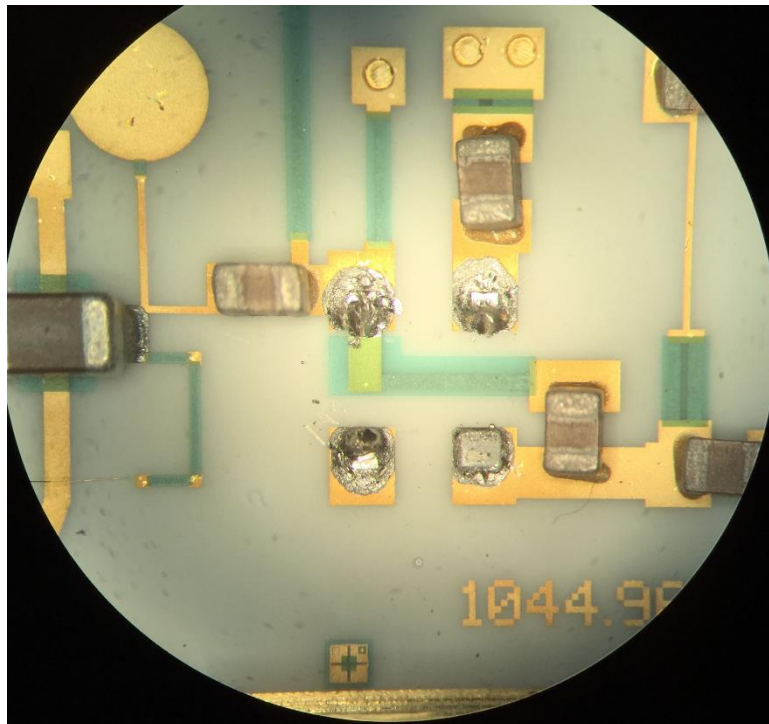


Abbildung 37: R27 rausgeknipst

Das alte Bauteil versuche ich erst gar nicht auszulöten. Ich knipse einfach vorsichtig die Beinchen durch und hebe es mit einer Pinzette aus seinem Platz. Den neuen R28 setze ich dann oben drauf, stelle den Weller Lötkolben auf Maximaltemperatur und schaffe es gerade einmal (mehr recht als schlecht), die Lötstellen so zu erwärmen, dass das Bauteil als "eingelötet" betrachtet werden darf. Schön sieht das nicht aus, denn die Entwärmung der Lötstelle funktioniert bei Aluminiumsubstraten so gut, dass die Lötstelle in der Regel schneller abkühlt, als das Lot verlaufen kann- und zwar TROTZ drangehaltenem Lötkolben auf "Volldampf"!

## 15 Nochmal Pech

Trotzdem habe ich eine gewisse Erwartungshaltung, als ich das so neu bestückte Modul in Betrieb nehme. Ich werde aber komplett enttäuscht. Die HF-Pegel haben sich so gut wie nicht geändert, ebenso wenig die DC-Arbeitspunkte und auch die Funktion ist eher noch schlechter geworden: die FSEM-PLL rastet nun fast gar nicht mehr; nun sogar bei SPAN-Einstellungen  $>10\text{MHz}$ . Eine Verschlechterung also! "Bravo! Gut gemacht", höhne ich mich selber aus.

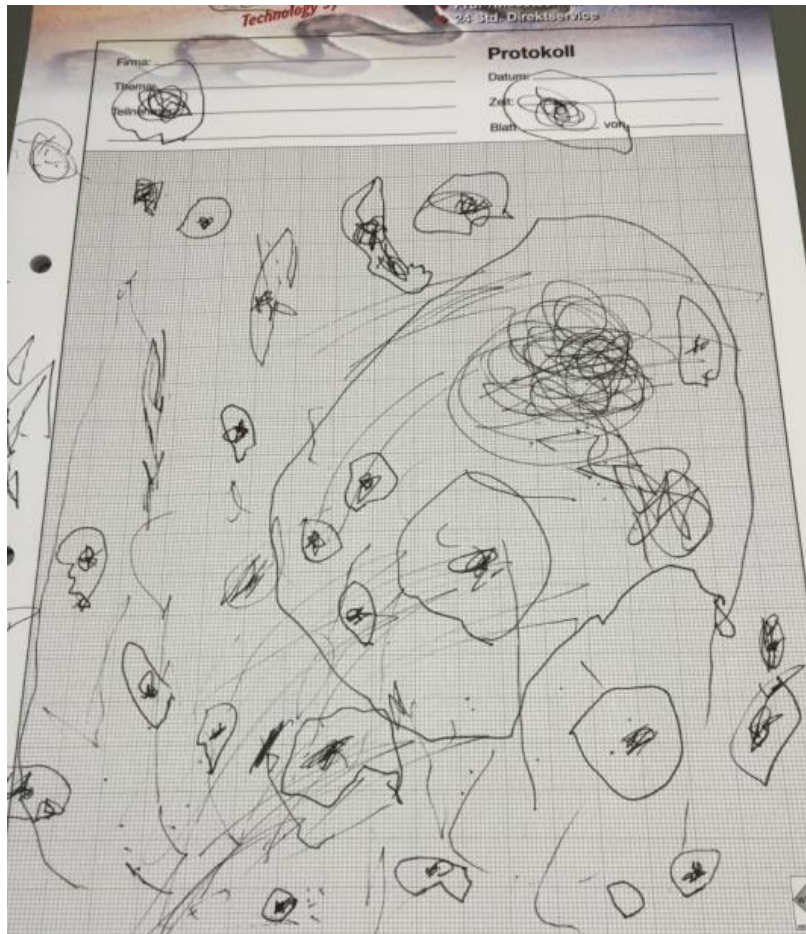
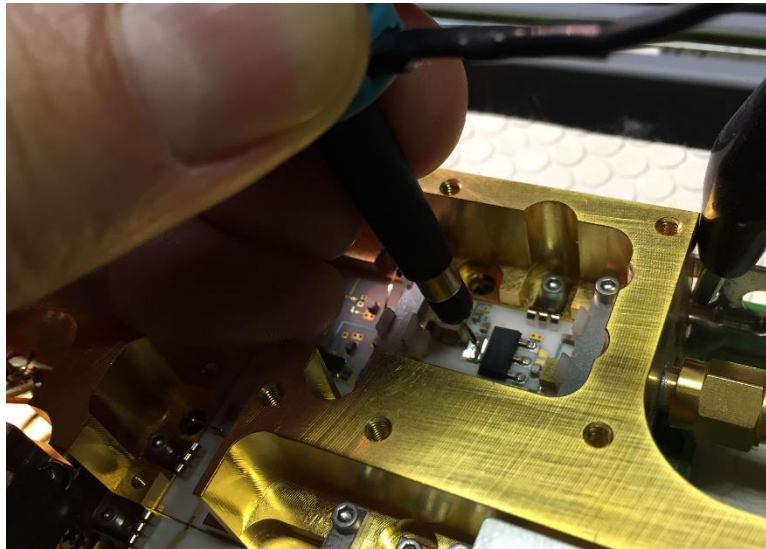


Abbildung 38: Bild unseres Jüngsten über meine Messgeräte. Da wo der Kringel ist, liegt der Fehler, meint er. Nur welcher der vielen Kringel es genau ist, weiß er leider auch nicht.

## 16 Und wie weiter?

Das Messen in 15GHz-Schaltungen auf Al-Oxidsubstraten ist leider nicht so einfach wie in einem HiFi-Verstärker. Das macht eine schlüssige Bewertung von Messwerten schwierig bis unmöglich. Beim Tippen auf die Leiterbahnen selbst mit dem Oszilloskoptastkopf auf 10x-Stellung verändere ich möglicherweise bereits bei 200MHz-Signalen schon so viel, dass ich kompletten Unsinn messe. Vielleicht arbeitet der R27/R28 ja trotzdem korrekt in seiner Schaltung, obwohl ich das derzeit nicht nachweisen kann. So richtig glauben kann ich das jedoch nicht. Dagegen spricht, dass ich mit derselben Messmethodik(!) am Nachbartransistor BFG135 eine Verstärkung von etwa 20dB nachweisen kann!



**Abbildung 39: dieser Transistor macht ordentlich "Dampf"!**

Weil ich die Schaltung des Transistors und die Dimensionierung der passiven Bauteile in dieser GHz-Bauweise nicht so richtig ermitteln kann, schlägt auch der Versuch einer Simulation mit LTSpice fehl!

Und damit gebe ich schweren Herzens den "Terrier-Modus" auf. Es gibt nach diesem Fehlschlag mit dem R27 kaum noch etwas, was ich machen kann. Ich fasse zusammen:

Ich habe keine Unterlagen bzw. kein Schaltbild dieser Baugruppe.  
Ich habe keine Bezugswerte/ Sollwerte für seine Schnittstellen.  
Ich habe keine Messmöglichkeit, für "unbeeinflusstes Messen" bei 15GHz.  
Ich hätte keine Instandsetzungsmöglichkeit für diese Art Technologie (Bonding).  
Ich würde ein defektes Spezialbauteil eh nicht als Ersatzteil nachkaufen können.

Und im Moment sieht es ganz danach aus, dass genau ein solches Spezialbauteil defekt ist. Daher mein Entschluss: keine Chance- ich werde die Ersatzbaugruppe im FSEM drinlassen und die alte Baugruppe zum Ersatzteilträger degradieren müssen.

Kümmern wir uns lieber um andere Dinge, denn die Funktion des FSEM mit der Austauschbaugruppe ist ja wieder hergestellt. Und darauf kommt es am Ende ja eigentlich nur an. (Abgesehen von meinem angeschlagenen Reparaturstolz.)

## 17 Lüfter

Zum Entspannen nun mal was Einfaches. Es geht um den Gerätelüfter, der schon von Anfang an zyklisch "tickende" Geräusche machte. Und zwar so, als ob irgendwo ein Lüfterrad am Gehäuse gaaaaanz leicht anstoßen würde. Also fasste ich mir mal ans Herz und baute das Teil aus. Dafür nimmt man am FSEM ein paar der seitlichen Gehäusebeplankungen ab und schon kann man die zwei Schrauben, mit denen der Lüfter gehalten wird, herausdrehen. Das Anschlusskabel ist auf dem Motherboard eingesteckt. Mit etwas Fingerakrobatik sind sowohl der Stecker abgezogen als auch der Kabelhalter geöffnet und das Kabel samt Stecker ausgefädelt.

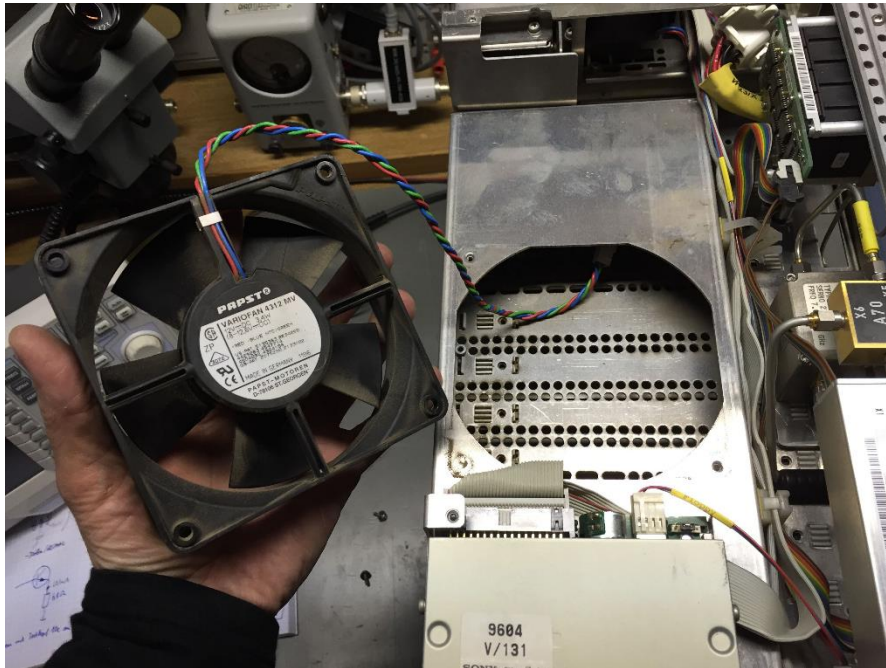


Abbildung 40: dieser Kamerad macht (noch!) arge Laufgeräusche!

Um es mir leicht zu machen, plante ich zuerst, einen Austauschlüfter einzubauen. In meinen FSE-Ersatzteillagern hatte ich ja genug davon drin. Also auch dort den Schraubendreher gezückt und ausgebaut das Teil.

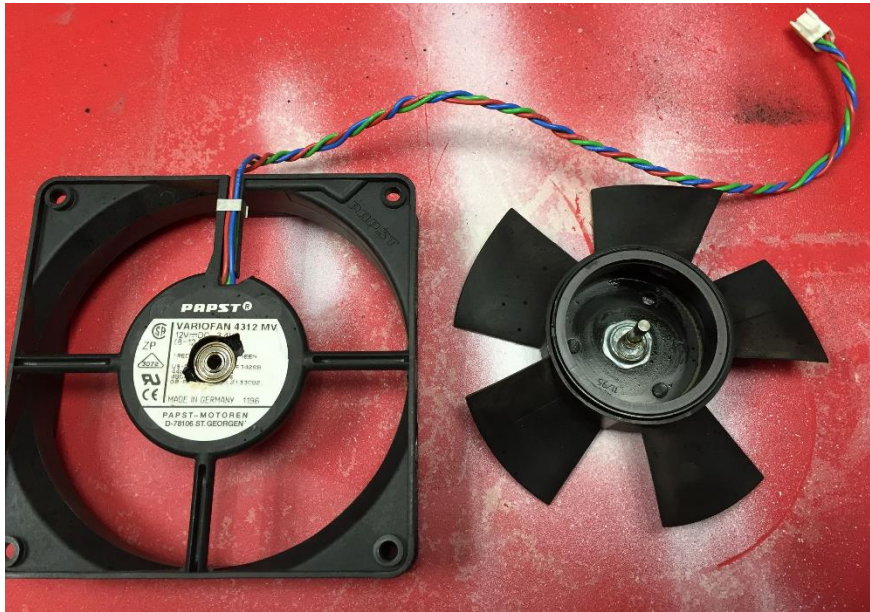


Abbildung 41: Typenschild des originalen Lüfters

Dann gestaunt: er passt nicht!

Der Grund: der Lüfter im FSEM ist deutlich größer als der im kleineren Bruder, daher kann man dort nicht einfach einen ausbauen und meinen, ihn in den FSEM stecken zu können! Im Nachhinein erscheint das logisch, denn im FSEM gibt es ja auch mehr Steckplätze für mehr Module- somit auch mehr Wärme, die ja irgendwie abtransportiert werden muss. Egal, hätte ja klappen können.

Also doch den originalen Lüfter reparieren??



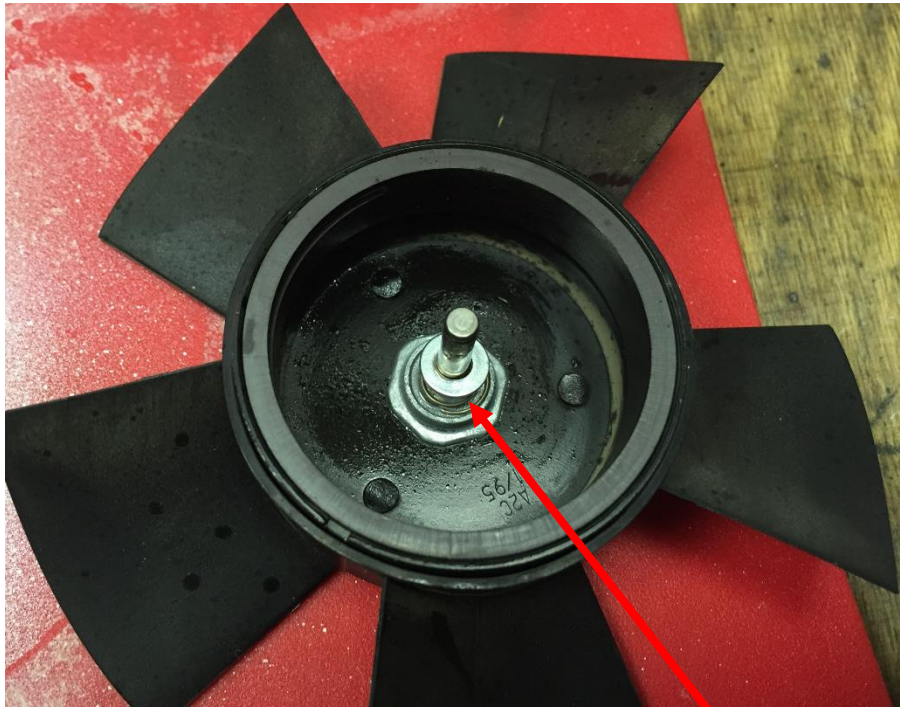
**Abbildung 42: der originale Lüfter wird zerlegt**

Hmmm.... ich halte also schon bald den FSEM-Lüfter wieder in der Hand und wundere mich, dass das Klickern nicht von den Flügeln stammen kann- denn die stoßen definitiv nirgendwo an. Dann hilft nur eins: Auseinanderbauen! Also hinten den Gehäuseaufkleber aufgeschnitten. Dahinter befindet sich ein schönes Kugellager samt Sicherungsring. Den abgezogen, etwas Silikonöl auf die Achse und das Flügelrad aus dem Lager gedrückt. Und dabei kommen wir dem Grund des Klickerns näher: eine auf der Achse steckende Schraubenfeder!



**Abbildung 43: diese kleine Feder macht so einen Lärm!**

Diese Feder soll wahrscheinlich ein Axialspiel längs der Flügelachse ausgleichen und ist daher auf die Achse aufgefädelt. Sie drückt mit einem Ende auf das Lüfterrad, mit dem anderen schabt (und klickt!) sie am Kugellager entlang! Aha! Biest!



**Abbildung 44: eine Unterlegscheibe hilft!**

Mit solchen Fehlern habe ich Erfahrung von meinen Hammondorgeln und den Lesliemotoren her. Was ich mache, ist einfach: ich schiebe eine normale M4 Unterlegscheibe zwischen Feder-Ende und Kugellager- quasi als Gleitebene. Dann noch ein wenig Silikonöl mit auf den Weg gegeben (die leicht angerostet wirkenden Kugellager profitieren wohl auch davon) und wieder zusammengebaut. Ergebnis: Klickern weg, der Lüfter orgelt wieder 1a!

Leider habe ich mit einer erfolgreichen Reparatur gar nicht gerechnet, daher hatte ich mich zwischenzeitlich schon bei eBay erfolgreich zu einem Ersatzlüfter geklickt (neue Lagerware). Nun gut, es schadet bestimmt nichts, das Teil für den Ernstfall im Regal liegen zu haben, aber diese 35Euro hätte ich mir im Endeffekt wohl sparen können. :-/

Macht nix, zurückschicken will ich nun auch nicht; war ja mein eigener Fehler. Vielleicht ist meine Gebläse-Reparatur ja doch nur von kurzem Erfolg gekrönt und das Klickern fängt irgendwann wieder an, dann habe ich wenigstens schon den passenden Ersatzlüfter im Regal.

## 18 Netzteil

Danach beschließe ich, mich um das Netzteil zu kümmern. Die "Power-Supply-Unit", wie sie im Manual genannt wird, ist schon ein echtes Stück Entwicklungsarbeit. Auf minimalem Bau-raum so ein komplexes und technisch anspruchsvolles Gebilde zu konstruieren, verdient meinen tiefsten Respekt. Es liefert immerhin die Spannungen von +5,2VD; +5,5V, +12V, +15V, -15V, +12V Standby und +28V. Nebenbei versorgt es noch die Lüfter mit einer temperaturabhängigen Spannung und bietet (auf den meisten Ports) sogar Kurzschlussfestigkeit und Shut-down-Konzepte bei Übertemperatur.

Bei so viel Komplexität wird mir klar, dass ich mit schwereren Geschützen werden angreifen müssen. Also beschließe ich kurzerhand, mir eine Teststation zu bauen.

Verrückt?

Yep.

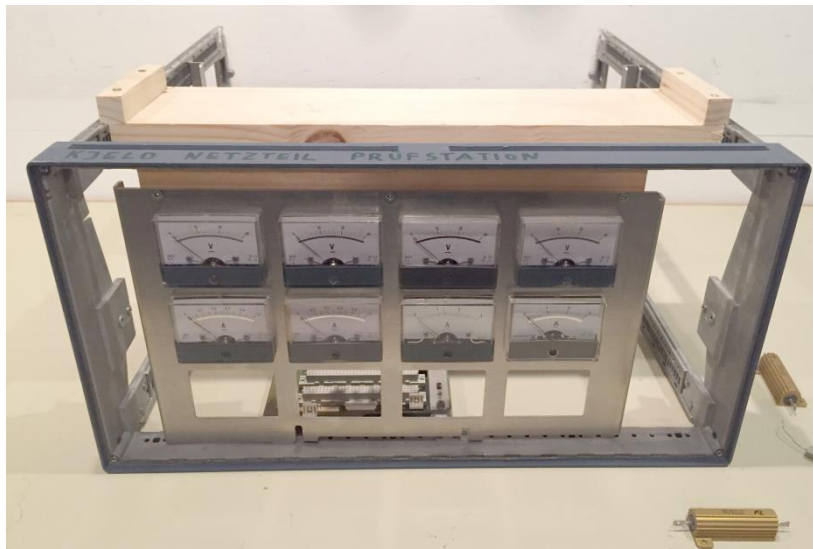


Abbildung 45: Netzteil-Prüfstation im Aufbau

Nach einem tieferen Blick unter die Kellertreppe finde ich einen recht nackten Kjeld, der früher wohl mal ein stattlicher FSE war, man ihn aber ausgesondert und ihn nahezu sämtlicher Baugruppen beraubt hat (siehe Reparaturbericht "FSEB30"). Ideal für meine Zwecke- das wird der Grundstock für meine Netzteil-Teststation! Das einzige, das drinbleibt ist das Motherboard inklusive der Steckverbindungen zum Netzteil. Alles andere wird rausgeschraubt, demontiert und entfernt. Der Jüngste der Familie nimmt jedes herausgeschraubte Bauteil in Empfang und entscheidet darüber, ob es in den Mülleimer, seine Spielzeugkiste oder meine Ersatzteilkiste wandert. Okay, ich hätte nicht bei jedem Bauteil die gleiche Entscheidung getroffen, aber wenigstens konnte ich überzeugend darauf einwirken, Abschwächer, Prozessorkarte und Semirigid-Leitungen behalten zu dürfen und nicht zum Spielzeug degradiert zu werden. Im Austausch darauf besteht der Jüngste auf den Gehäuselüfter (egal, er passt ja eh nicht), die Plastikführungen für die Einschubtechnik (keine Ahnung, was er damit will?) und einen Haufen voller Blechteile.

Nach der Einigung wandert der eine Haufen also in Papas Ersatzteilekiste, der andere Teil in die Spielzeugkiste des 3Jährigen- zusammen mit Legosteinen und auf dem Kindergartenspielplatz gefundenen Holzstöckchen, die nach Definition des Jüngsten in Wahrheit "Bohrer" sind und in eine Bohrmaschine eingespannt gehören.

Für den Restmüll bleibt kaum noch was. Das meiste sahnt der Kleine ab für seine Spielzeugkiste. Wenn das nicht mal aktive Mülltrennung ist!



Abbildung 46: so stelle ich mir das vor: den Prüfling oben drauflegen und ins Grundgerät anschließen

Nun gut, Kjeld steht aber nun erstmal nackt vor mir, wie R&S ihn erschaffen hat. Ich säge eine Querstrebe heraus, um Platz und Zugänglichkeit zu schaffen. Dann kommt ein Holzbrettchen rein, auf das man das zu prüfende Netzteil dann zum Test wird sicher drauflegen können. Als Frontplatte dient mir eines der demontierten Abschirmbleche, denn die Ausschnitte passen sehr gut zum Einbau von Drehspulinstrumenten. Nur sehr widerwillig gibt der Kleine das besagte Blech aus seiner Spielkiste wieder her.

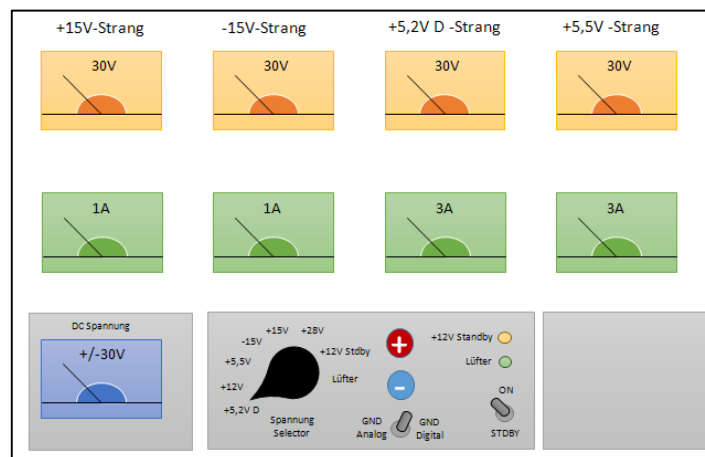


Abbildung 47: Gestaltungsplan der Frontplatte

Ich mache mir eine kleine Zeichnung, wie genau meine Netzteil-Prüfstation aussehen soll und was für Spannungen/Ströme ich messen will. Das Servicemanual sagt, dass mindestens zwei der vielen Ausgangsspannungen des Netzteils an Last hängen müssen, um einwandfrei anschwingen zu können. Dafür wähle ich mir ein paar dicke Lastwiderstände aus, die ich zur

Kühlung an ein Abschirmblech schraube, denn meine Leistungsberechnung ermittelt einen voraussichtlichen Leistungsumsatz von ca. 14Watt.

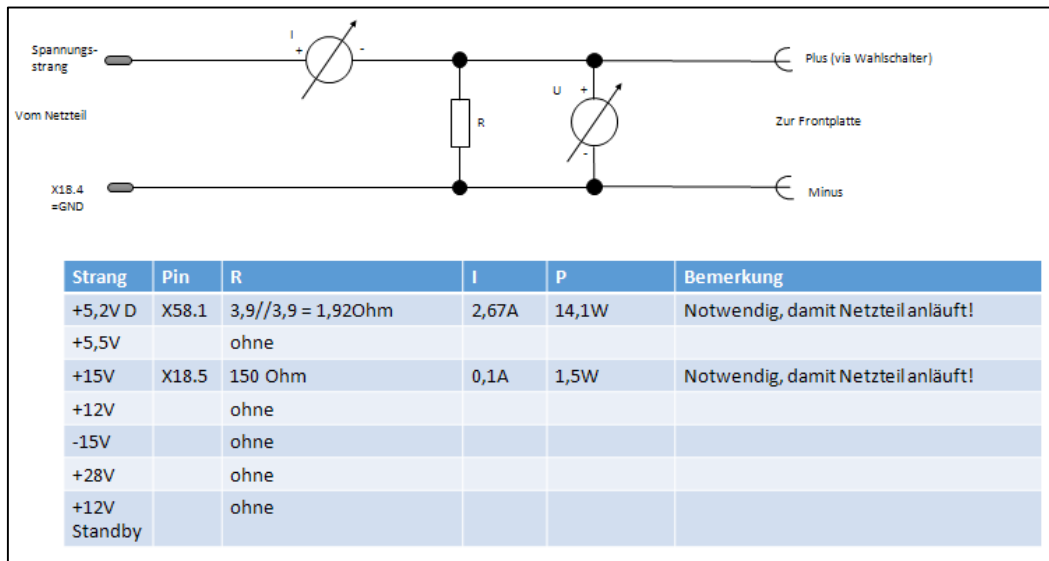


Abbildung 48: kein Projekt ohne Plan!

Es dauert ein wenig, aber irgendwann bringe ich tatsächlich auch dieses Werk zu Ende.



Abbildung 49: Netzteil-Prüfstation

Ich musste zwar einige Sachen etwas anders machen als vorher ausgedacht, aber im Endeffekt hat es ganz gut geklappt. Mit den vielen Anzeigeinstrumenten sehe ich sofort, welche Spannungen anstehen und welche nicht. Sollte ich die Spannungen auch nochmal messen wollen, habe ich einen Wahlschalter angebracht, mit dem man einen Testport nacheinander auf die ganzen Spannungen aufschalten kann. Eine gelbe LED informiert über die vorhandene +12V Standby-Spannung und die grüne zeigt an, dass die Lüfter versorgt werden.

Mit einem Schalter kann man das Netzteil starten und mit einem zweiten zwischen Analog- und Digital-GND wählen.

So weit, so gut.

Jetzt kommt die Enttäuschung.

## 19 Ich kacke ab

Ich habe lange überlegt, ob ich eine Überschrift in meinem Bericht so nennen darf. Würde ich die Kindergärtnerinnen unseres Jüngsten fragen, beginge ich damit ein Sakrileg. Gemäß ihrer Ansicht sei die Laufbahn eines Menschen schon von vorneherein für's Schlimmste vorprogrammiert, wenn man auch nur an Schimpfwörter denke.

Ich persönlich bin der Meinung, dass der Kleine das Wort ruhig benutzen darf, denn ich selber sage es auch hin und wieder. Ich hätte nur wenige Argumente, meinem Kind ein Schimpfwort zu verbieten, das ich auch selber gelegentlich benutze.

Viel wichtiger als die Bedeutung dieses "bösen Wortes" ist mir allerdings, dass der Kurze es richtig ausspricht und auch richtig schreiben kann. Hier jedoch machen die meisten Moralapostel dann aber spätestens schlapp. Dass "Scheiße" ein Diphthong hat, nach dem man -gemäß heute aktuell gültiger Rechtschreibung- den Konsonanten nicht verdoppelt, sondern nach wie vor das "ß" benutzt, habe ich ihnen zu vermitteln versucht; bin aber letzten Endes an der grundsätzlichen Ablehnung von Schimpfwörtern gescheitert.

"Scheiße" sei halt nach wie vor in ihren Augen ein böses Wort- ganz egal, wie man es schreibt. Nun gut. Ich wollte im Gegenzug auf eine korrekte Aussprache der Wort "europäische Union, "Käse" und "Kirche" drängen; war aber auch hier erfolglos. Wenn laut über den Spielplatz gerufen wird "Oh, hör mal die Kööörchenglocken!", tut mir das in meinen Ohren mindestens genauso weh, wie bei ihnen im Hirn, wenn ich laut mit blumigen Metaphern fluche.

Wie dem auch sei- wir beide haben ja irgendwie gleichzeitig recht- das nun folgende Kapitel zeigt mich aber eindeutig beim Abkacken. Man kann es nicht anders nennen. Ich werde alles Mögliche auseinanderbauen, wechseln, auslöten, prüfen, wieder einlöten- es wird nichts bringen.

Ich werde unweigerlich scheitern. Bei diesem Netzteil - und den Pädagogen unseres Kindergartens leider auch ;-)

## 20 Rohrkrepierrer

Ich spanne also das defekte FSEM-Netzteil in meine Prüfstation. Die 12V-Standby-LED leuchtet auf und macht mir Mut. Also drücke ich den START-Schalter.

Das Netzteil macht ein paar ächtzende Laute, die einem uralten Anlasser von 1911 ähneln, zischelt dann etwas und gibt ermattet auf.

Ich probiere es nochmal: wieder das Anlassergeräusch, wieder etwas Zischeln, aber das war's dann auch schon. Kein einziger Zeiger auf meiner großen Anzeigetafel zuckt auch nur.

Mist.

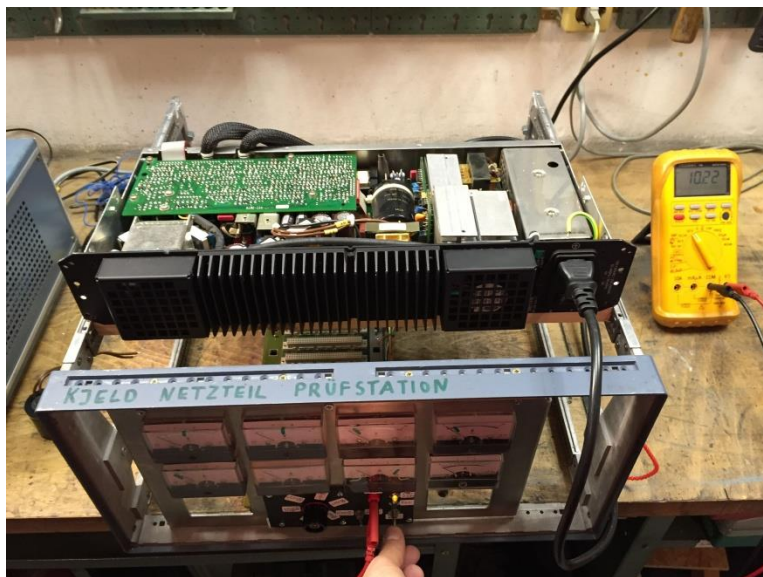


Abbildung 50: das Netzteil will nicht!

Also aufschrauben das Teil. Ein erster Blick und meine Miene hellt sich auf: oh, also dieser Elko hatte sicher schonmal bessere Zeiten gesehen!



Abbildung 51: Elko mit Bauchansatz

Er hat einen runden Bauch wie ein australischer Berglöwe nach dem Verputzen von 12 Nilpferden und wenn man genau hinsieht, kann man sogar etwas ausgelaufenes Elektrolyt erkennen. "Na, DAS ist doch bestimmt der Fehler", freute ich mich.

Pustekuchen.

Zum Einen glaubt selbst mein ESR-Tester noch an "den Herrn" und bescheinigt der Elektrolyteiche noch erstaunlich gute Werte....



**Abbildung 52: trotz Auslauf noch immer 430µF und 0,46Ohm!**

...zum Anderen macht mich auch der Einbau eines anderen Elkos nicht glücklich: das Netzteil röchelt wie zuvor und eine Verbesserung kann ich beim Besten willen nicht erkennen.

Pech. Es hätte so einfach sein können.

Also weiter.

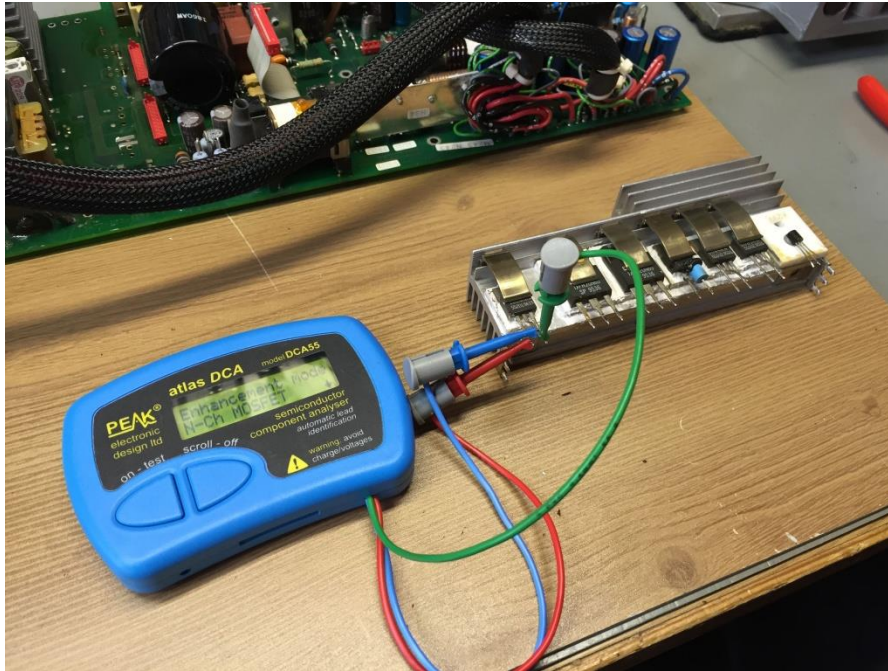
Ich messe die Ladespannung auf diesem Elko: 320Volt. Und während des Startens sogar 390Volt. So gut wie keine überlagerte Wechselspannung- also auch kein Hinweis für eine defekte Gleichrichterdiode.

## 21 Multiple Techniken

Jeder Startrek-Fan, der Commander Data kennt, lacht sich nun bei dieser Überschrift tot. Alle anderen kann ich nur ermuntern, sich die Staffeln reinzuziehen. Irgendwann werdet ihr wissen, was die Überschrift meint...

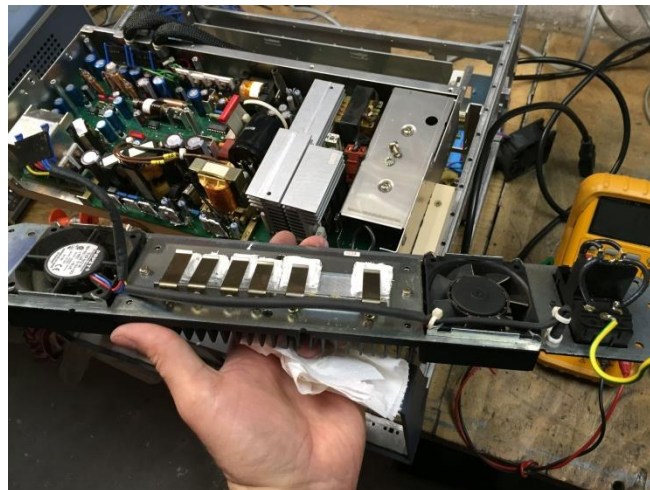
Ich wende jetzt nämlich auch "multiple Techniken" an. Ich probiere fast alles aus, was mir einfällt. Ich löte nahezu alle Leistungs-Halbleiter aus und messe sie mit meinem Halbleiter-analyzer. Ich prüfe alle Leistungsdioden. Ich prüfe fast alle Elkos auf ESR und Kapazität. Ich suche nach Brandstellen, gerissenen Lötäugen oder gerissenen Bauteilen. Ich sprühe Kältespray auf die Bauteile und horche, ob das irgendwas am Anlasser-Sound ändert. Ich schaue mit der Wärmebildkamera. Ich mache Baugruppentausch mit einem heilen Netzteil. Ich klopfe auf die Leiterplatten. Ich löte sogar einige SMD-Bauteile aus und prüfe sie. Aber alles ohne Befund!!!

Ich löte sogar eine komplette Transistoren-Bank samt Kühlkörper aus. Aber auch hier verrät mir der Halbleitertester, dass ich mir diesen Aufwand hätte sparen können.



**Abbildung 53: Prüfung der Leistungshalbleiter**

Die einzige gute Nachricht dabei ist, dass die drei Leiterplatten, die in die Hauptplatte eingesteckt bzw. per Kabel verbunden werden, noch alle drei heile sind. Das hat ein Baugruppentausch-Test mit einem heilen Netzteil ergeben. Der Fehler muss also auf der Hauptplatte liegen.



**Abbildung 54: nett gemachte Mechanik**

Aber so sehr ich mir auch Mühe gebe- ich finde den verflixten Fehler nicht. Und die mir vorliegende Kopie der Schaltungsunterlagen dieses Netzteils hat leider keine Schaltungsbeschreibung, so dass ich jede aufgemalte Baugruppe in ihrer Funktion auch noch erraten muss.

Ich opfere einen kompletten Urlaubstag und werde abends der Familie niedergeschlagen mein Scheitern verkünden müssen. Nun gut, es gibt Schlimmeres im Leben. Aber auch Schöneres.

Nachdem ich alles nochmal durchdacht habe, könnte das gehörte Zischeln auch von einem Windungsüberschlag von einem der Wandlertrafos kommen. Ich dem Fall hätte sich die Reparatur dann eh erledigt. So einen Trafo werde ich nie im Leben als Ersatzteil mehr nachbekommen und die Zeiten, wo ich noch defekte Wandlertrafos neu gewickelt habe, weil ich unbedingt mein erstes, eigenes Oszilloskop haben wollte (ich meine, es war ein Philips PM3326), sind nun endgültig vorbei.

Ich werde also auch hier auf eine Ersatzbaugruppe zurückgreifen, die mir glücklicherweise vorliegt.

## 22 Ernüchternde Worte

Ich verwende Austausch-Baugruppen!!! Schon wieder! Und das mir!!!

So richtig "stilecht" ist das ja nicht für mich- und damit auch wenig befriedigend. Klar läuft der FSEM mit der HF-Baugruppe und dem neuen Netzteil wieder, aber ich bin es eigentlich gewöhnt, Fehlersuche auf Bauteilebene zu machen- dem Fehler so lange hinterherzujagen, bis man das Schaltungskonzept so gut verstanden hat, dass man sich eine Systematik herleiten kann, wie man den Fehler am wirksamsten provozieren und einkreisen kann.

Das ist mir nun leider schon dreimal in Folge nicht wirklich gelungen.

Bei der HF-Unit deshalb, weil ich keine Unterlagen für das HF-Frontend habe.

Den CAL-"Fehler" konnte ich nicht beheben, weil ich das passende Kalibrier-Tooling nicht habe.

Und beim Netzteil schließlich fehlen mir auch hier eine Beschreibung und eine detaillierte Erläuterung der Schaltung. Ohne das würde mich das Erarbeiten der Schaltung womöglich Wochen kosten.

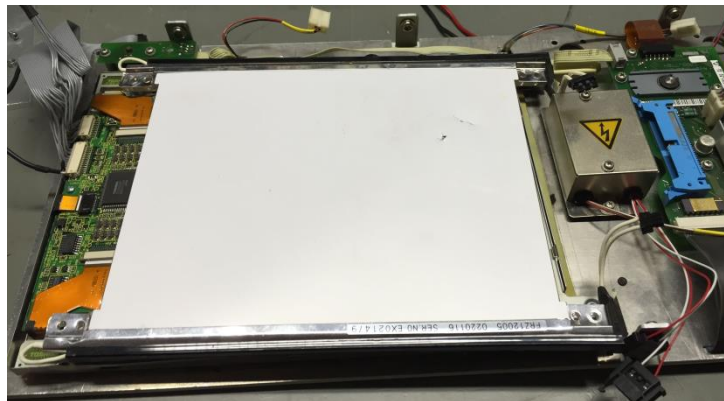
Ich beschließe, diese Zeit nun lieber in andere Dinge zu investieren. Und zwar:

## 23 LC-Display

Es begab sich zu der Zeit, dass mit das eingebaute Display im FSEM eine deutlich dunkle Performance zeigte. Also gibt es da was zu tun!

Man könnte auch hier wieder meinen: Austausch! Aber das reicht mir jetzt inzwischen mit dem blinden Austauschen. Ich will endlich mal wieder was von Grund auf reparieren und nicht immer nur hirarlos tauschen. Also: so schnell werfe ich ein sonst funktionierendes Display nicht weg! Erst recht nicht, wenn nur die Hintergrundbeleuchtung "ausgeleuchtet" zu sein scheint.

Da kann man doch bestimmt die Leuchtmittel erneuern und das Modul somit in eine nahezu Werks-Performance zurückbringen! Man muss dazu sagen: Industrie-Panels wie das im FSEM sind nicht so günstig und einfach zu kriegen wie ein Computerbildschirm für Euren PC. Dort würde ich (zumindest heutzutage) nie anfangen, auch nur einen Schraubendreher an das Ding anzusetzen, sondern ihn gleich zum Wertstoffhof bringen und mir auf dem Rückweg bei Aldi oder Lidl gleich einen neuen mitbringen. Bei Industrie-Panels ist es jedoch anders. Hier wird tatsächlich noch instand gesetzt und nicht weggeworfen! Eigentlich gut- auch für unsere Umwelt!



**Abbildung 55: Hinterleuchtung und Diffusor des LC-Moduls**

Beginnen wir also.

Aber vorher -wie es ein guter Detektiv immer tun sollte- beobachten wir erstmal nur. Ich will für eine vorher/nachher-Beurteilung der Display-Helligkeit was Objektives. Und kaum was ist so schwer zu beurteilen, wie die absolute Helligkeit einer Lichtquelle. Das mit dem Auge machen zu wollen- zwecklos. Ich brauche ein Messgerät.

Geil!

Nun bin ich kein Experte auf dem Gebiet der Optik. Ich weiß, dass der Spektrumanalyzer der Optiker "Spektrometer" heißt und eigentlich nur dieses Ding richtig "absolut" messen kann. Einfachere Farbmessgeräte müssen immer auf ein bestimmtes Emissionsspektrum (also Wellenlängen) justiert werden, bevor man mit ihnen messen kann. Das gilt erst recht für professionelle Farbmessgeräte wie z.B. den Minolta CA-210, den ich zufällig aus meinem Berufsleben her etwas kenne, weil einer "meiner" HW-Entwickler-Kollegen den für den Farbabgleich eines LC-Displays benutzt hatte.

All das muss auch noch für den D65-Farbpunkt stimmen und spätestens jetzt komme auch ich an meine Grenzen bei optischen Messungen. Aber so weit muss ich vielleicht auch gar nicht. Denn das einzige, womit wir ein Problem haben, ist eigentlich nur die Displayhelligkeit und wenn die am Ende stimmt, ist es egal, ob die Farben nicht mehr 100%ig naturgetreu wiedergegeben werden. Jeder HF-Messtechniker, der seine Graphen nun nicht mehr in lupenreinem "Gelb" auswertet, sondern in Zukunft vielleicht etwas an-ge-orange't brachtet (dafür aber schön hell!), wird uns das sofort verzeihen.



**Abbildung 56: mein "Günstig-Luxmeter" im Vergleich: garnichtmal schlecht!**

Ich brauche also eigentlich nur sowas wie ein Lux-Messgerät. Schnell erkenne ich, dass hier die Geräte von Gossen, Testo und co. eigentlich erste Wahl wären. Ich muss jedoch zugeben, dass ich für diesen einmaligen Einsatzzweck nicht ganz so viel Geld ausgeben möchte und entscheide mich ausnahmsweise mal für ein recht günstiges von der Firma "Dr.Meter". Das Modell heißt "LX1330B" und kommt im Internet bei einem Vergleich mit dem "großen Gossen" von einem Taschenlampen-Nerd gar nicht so schlecht weg.

Für etwa 30Euro kann ich nicht so viel falsch machen, also bestelle ich so ein Ding. Auch wenn mich nichts sicher macht, dass die Kalibrierung in meinem Gerät genauso gut sein wird wie bei dem Taschenlampen-Nerd mit seinem Internet-Vergleichstests, so wird es für meine Relativmessungen (vorher/nachher-Vergleiche) sicher trotzdem funktionieren.

## 24 Luchs-Meter

Als es ankommt, bin ich eigentlich ganz angenehm überrascht. Natürlich muss man an Gehäuse und Sensorkabel etwas Abstriche machen, aber immerhin sind im Preis inbegriffen ein Holster(!), ein kleines Köfferchen und eine passende Batterie. Toll, also kann ich gleich loslegen. Etwas lachen muss ich, dass die Bedienungsanleitung schreibt, dass ihr Messgerät sogar "fast die IEC-Norm" einhalten würde! Dass das Verfehlen einer Norm sogar ein positives Qualitätsmerkmal argumentiert wird, ist amüsant. :-)

Aber -was soll ich sagen- der Vergleich mit einem kalibrierten Testo 545 zeigt in einem einfachen Testaufbau bei Leuchtstofflampenlicht eine Abweichung von weniger als 3% - das finde ich für so ein günstiges Gerät eine absolut erstaunliche Performance!!!!

## 25 Der Meister macht die Übung

Also los geht es. Nach einem Zug durch das ganz Haus und spaßeshalber Beurteilung der Lichtverhältnisse am Bastelplatz, Küche & Klo werden wir uns mal um das Display kümmern.

Das heißt: zum "Üben" nehme ich erstmal ein anderes Display. So kann ich sicher sein, dass auch alles klappt, wenn es nachher beim FSEM "um die Wurst" geht. Ich finde noch eins von meinen FSE-Ersatzteillagern, das man als extrem leuchtschwach wohl mal ausgesondert wurde. Für den vorherigen Besitzer wohl ein Totalschaden, aber was schlecht für andere ist, ist oft gerade gut für mich. Also ein idealer Kandidat für meine Displayreparatur. Gelingt es mir bei diesem, kann ich mich problemlos an den FSEM wagen- denn das hat exakt denselben Displaytyp (Toshiba FRZ12005) verbaut.

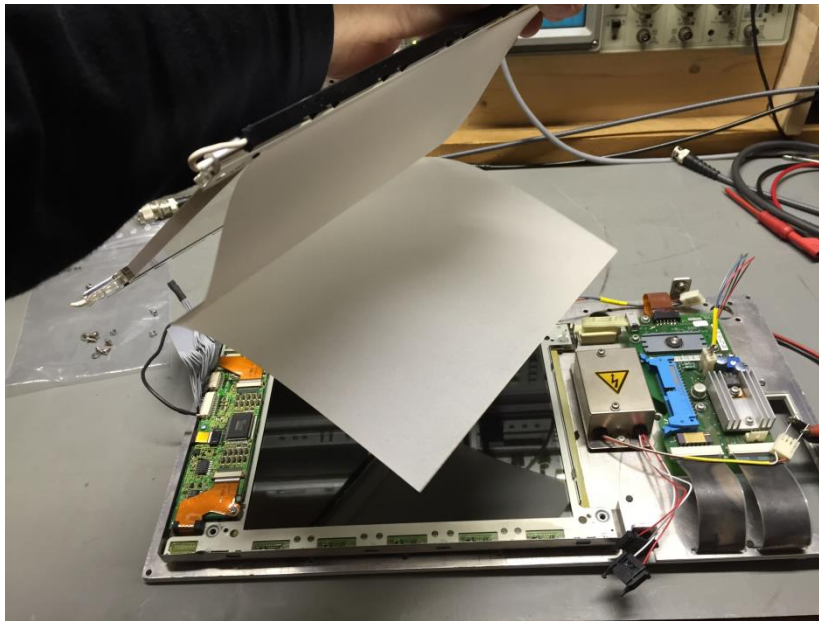


Abbildung 57: Referenzmessung auf "gelber Noisefloor-Kurve"

Im ersten Versuch platziere ich den Sensor des Lichtmessers auf der gelb dargestellten Noisefloor-Messkurve, die man in meinem strahlend leuchtenden FSEB30 Laborgerät dann erhält, wenn man zuvor PRESET gedrückt hat. Mit seinem offensichtlich noch wenig benutzten Display erzielt der hier einen Wert von immerhin 22 Lux. Das wird also meine Referenz sein. Der FSEM mit seinem müden Display erzeugt in derselben Einstellung auf derselben gelben

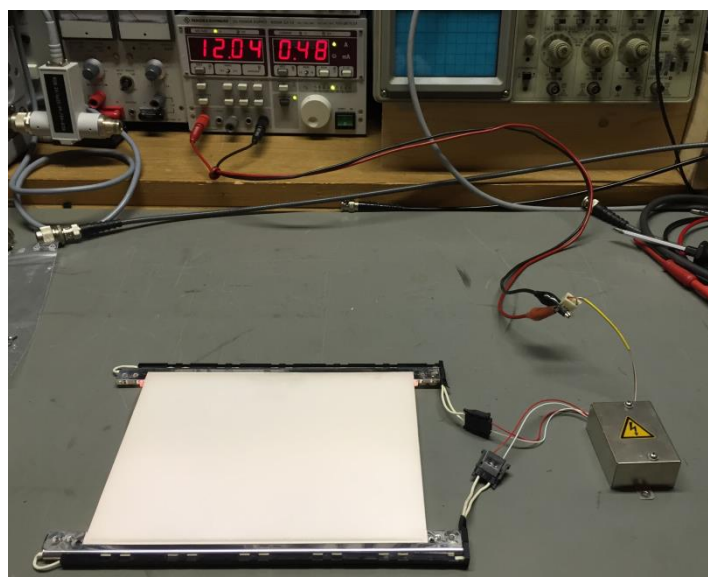
Messkurve gerade mal 8 Lux- also deutlich weniger. Und das sieht man auch sofort- hier ist definitiv Handlungsbedarf!

Aber zurück zum Probe-Display. Weil ich die Frontplatte mit Display gerade einzeln herum-liegen haben und nicht erst in einen anderen Analyzer einbauen will, verkneife ich mir die Lux-Messung des "gelben Noisefloors". Aus dem Gedächtnis weiß ich aber, dass die eine noch schlechtere Performance gezeigt hatte als mein müdes FSEM-Display, somit also ein geeigneter Kandidat für meine Reparatur ist.



**Abbildung 58: Hinterleuchtung abnehmen**

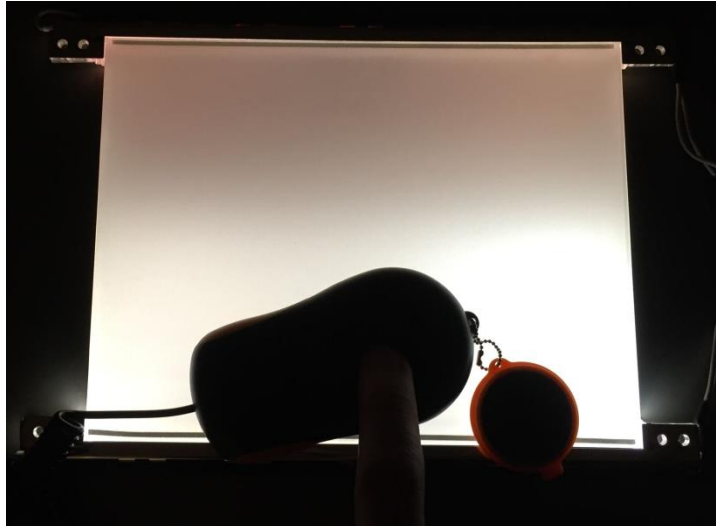
Ich nehme das "Übe-Display" erstmal so weit auseinander, dass ich die Backlight-Einheit einzeln auf dem Labortisch liegen habe. Sie besteht aus einer ca. 5mm dicken, transparenten Kunststoffplatte, die seitlich von zwei CCFL Kaltkathodenröhren beschienen wird. Davor sind dann noch zwei Streuscheiben, die für eine möglichst homogene Verteilung des Lichts innerhalb der aktiven Pixelfläche des Displays sorgen.



**Abbildung 59: Backlight-Einheit an 12V**

Ich entnehme die Backlight-Einheit, schließe den von der Frontplatte kurzerhand abgeschraubten R&S-Hochspannungswandler an und bestrome ihn mit 12V Gleichspannung aus einem Labornetzteil. Bei einer Stromaufnahme von ca. 500mA errechnen wir also einen Leistungsbedarf von etwa 6W (also ca. 3W pro Lampe). Das erscheint mir realistisch.

Ich lege das Backlight mit dem Rücken auf den Tisch und beobachte weiter. Sofort sieht man, dass die untere Displayhälfte weitaus heller leuchtet als die obere- offensichtlich scheint also eine der beiden CCFL-Lampen deutlich stärker abgenutzt zu sein als die andere.



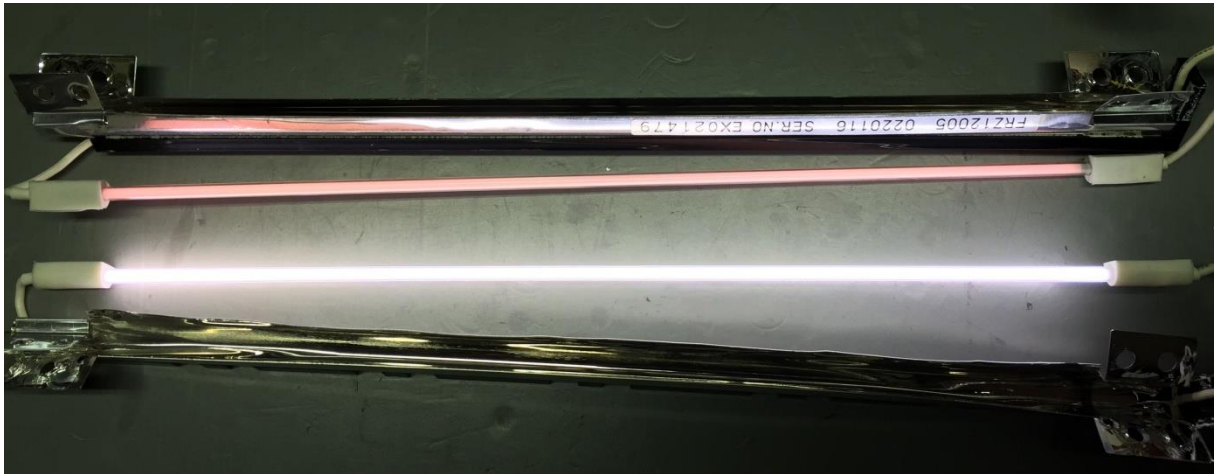
**Abbildung 60: die untere Hälfte scheint deutlich heller zu leuchten**

Ich lege den Sensor des Lux-Meters auf die hellere der beiden Flächen und messe erst etwa 250Lux. Nach wenigen Minuten des Aufwärmens klettert der Wert dann bis auf immerhin knapp 1000Lux. Bei der dunkleren Teilfläche messe ich anfangs sogar nur 67Lux. Das ist sehr wenig, wenn man bedenkt, dass ich direkt auf der Oberfläche und nur die nackte Hinterleuchtung (also ohne Displayglas dazwischen) messe!



**Abbildung 61: das Display ist oben und unten wirklich unterschiedlich hell!**

So viel als Vorbereitung- nun kommt doch der Schraubendreher. Die oben und unten am Leuchtkörper angebrachten CCFL-Lampen werden abgeschraubt und die nur 3mm dünnen Röhrchen entnommen. Nach dem Anschließen der Stromversorgung zeigt sich folgendes Bild:



**Abbildung 62: die beiden CCFL-Röhren mit deren Reflektorschalen**

Bei der schwächeren der beiden Lampen ist das Leuchtspektrum sogar schon ins rosa gekippt. Fragt mich nun bitte nicht nach einer Erklärung für diesen Effekt, aber schon die schwarzen Ablagerungen an den Lampenenden zeugen davon, dass es diese CCFL schon lange "hinter sich" hat. Ein Austausch muss her! Oder ein Umbau?

## 26 Aus- oder Umbau?

Kaum ein Hersteller von Displays setzt heute noch CCFL-Lampen als Backlight ein. Längst werden die Displays von heute mit LED-Chips beleuchtet. Und das macht auch Sinn. Kein Schaltnetzteil, keine Probleme mit Hochspannung, eine gefühlt nahezu unbegrenzte Lebensdauer und absolute Erschütterungsfestigkeit bei vermutlich auch deutlich günstigerem Preis und vielleicht sogar der Vermeidung als gefährlich klassifizierter Stoffe (z.B. Quecksilber).

Leider war man damals aber noch nicht so weit. Wir können schon froh sein, dass hier nicht noch Leuchtfolien als Backlight verwendet wurden (wie z.B. in frühen R&S CMS oder meinem HP8904 Arbiträrgenerator), sondern immerhin "schon" eine CCFL!



**Abbildung 63: gute 3mm dick sind die originalen CCFL-Röhren**

Zuerst dachte ich daher tatsächlich in die Richtung "Umbau auf LED". Aber nach einem Abend erfolgloser Suche nach einem passenden LED-Strip mit den passenden Abmessungen) überlegte ich doch wieder in die Richtung, die CCFLs gegen neue auszutauschen. Als ich bei [www.monitorreparatur.de](http://www.monitorreparatur.de) (Monitorservice Hofmann) dann aber innerhalb nur weniger Minuten fündig wurde und einen Austauschatz CCFL-Lampen für insgesamt 30Euro anpreisen, habe ich nicht mehr lange gefragt, sondern sofort bestellt.

Dort gibt es übrigens dann auch die gestern noch so dringend gesuchten Umbaulösungen auf LED fertig zu kaufen, allerdings deutlich teurer und mit dem Nachteil, die Ansteuerung sowie die Stromversorgung ändern zu müssen. Da das Display nicht die einzige Baustelle meines FSEM ist (und ich auch irgendwann einmal zum Ende kommen will), entscheide ich mich doch für die CCFL-Variante. Hier beschränkt sich die Reparatur auf einen einfachen Austausch der der Röhren, der innerhalb einer einzigen Feierabend-Bastelsession gemütlich zu bewerkstelligen sein dürfte. Sind wir also gespannt.

Auf jeden Fall liefert Monitorservice Hofmann in Rekordzeit. Bereits am nächsten Tag kann ich weitermachen.



**Abbildung 64: die neuen CCFLs von Monitorservice Hofmann**

## 27 Der Eingriff

Nein, es geht hier nicht um Unterhosen. Vielmehr greife ich in die Leuchtkraft des Displays ein. Da es schon fertig zerlegt ist, beschränkt sich die Reparatur nur noch auf das Abkniefen der alten und Anlöten der neuen CCFLs, vorsichtigem Aufschieben der Isolierungs- und Gummidämpfer und Einsetzen des Leuchtmittels in die Reflektorwanne. Ist das erfolgt, wird die Einheit (sieht fast aus wie eine mit Spiegelfolie ausgelegte Dachrinne) wieder auf den Leuchtkörper aufgesetzt und festgeschraubt. Weil ich bei der Demontage aus Versehen erst etwas zu sehr daran herumgebogen hatte, muss ich mit einem kleinen Skalpell unterfassen und es vorsichtig über die Kante "hinaufhebeln" wie der Reifen auf eine Fahrradfelge. Mit etwas Geschick und Geduld ist das aber problemlos möglich und die vorher geschossenen Bilder helfen nun beim Zusammenbau.

## 28 Erleuchtung

Dann der große Moment: war die Reparatur erfolgreich?  
Aber sowas von!

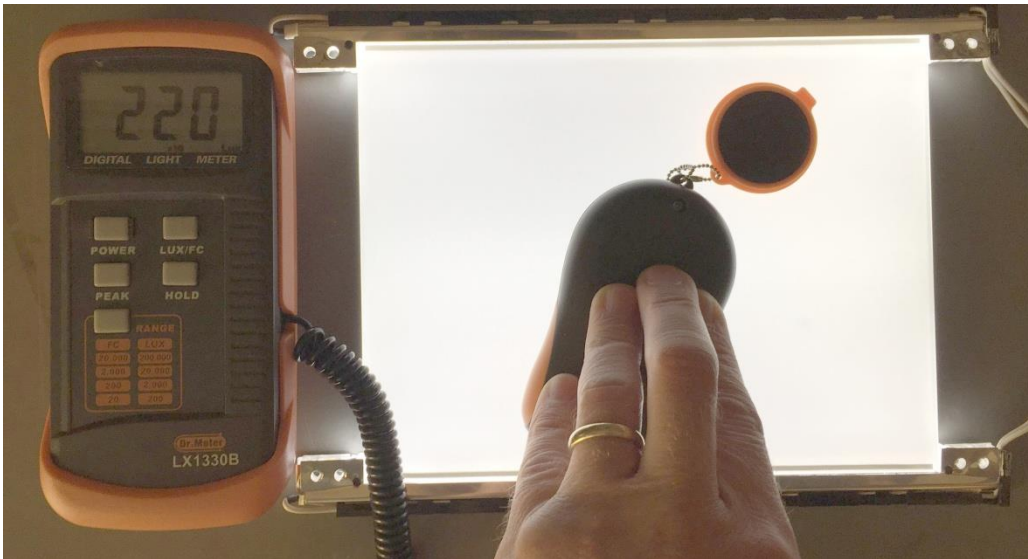


Abbildung 65: direkt nach dem Einschalten zeigt das Luxmeter "nur" 2200 Lux an....

Keine Spur mehr von rosa Farbtönen, das Backlight erzeugt ein strahlend helles, gleißendes Licht! Den Luxmesser muss ich tatsächlich sogar auf einen höheren Messbereich schalten. Nach einer kurzen Warmlaufphase wird er mir über 3100Lux anzeigen und das Netzteil nur einen Stromverbrauch von weiterhin nur 500mA! Super!!

## 29 Jetzt mal richtig!

Mit diesem Erfolg in der Tasche wage ich mich an das FSEM-Display. Die Frontplatte ist relativ schnell abgekabelt, man muss etwas Vorsicht walten lassen mit den ganzen Semi-Rigid-Leitungen. 26GHz verzeiht nichts, also hier sorgfältig und ohne Hast arbeiten.

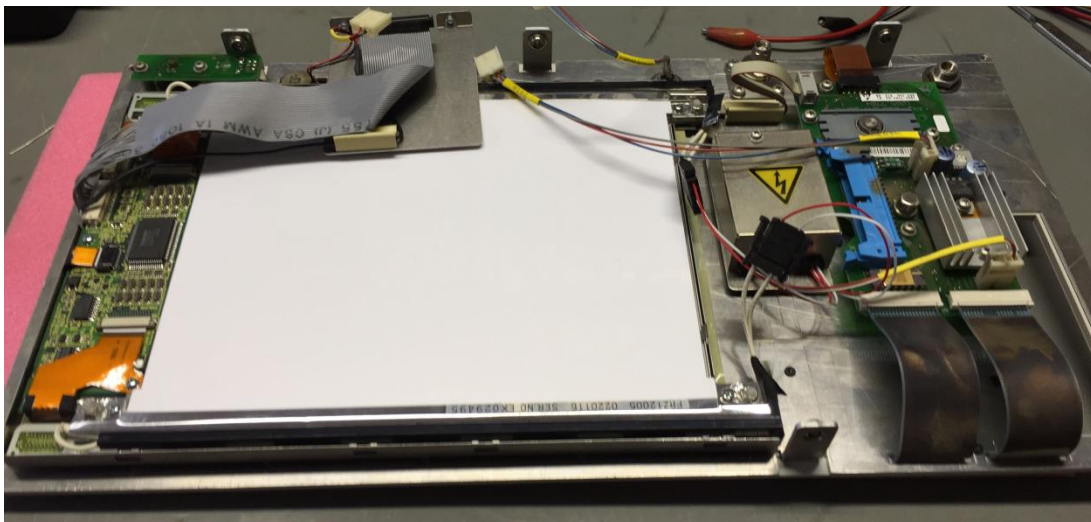
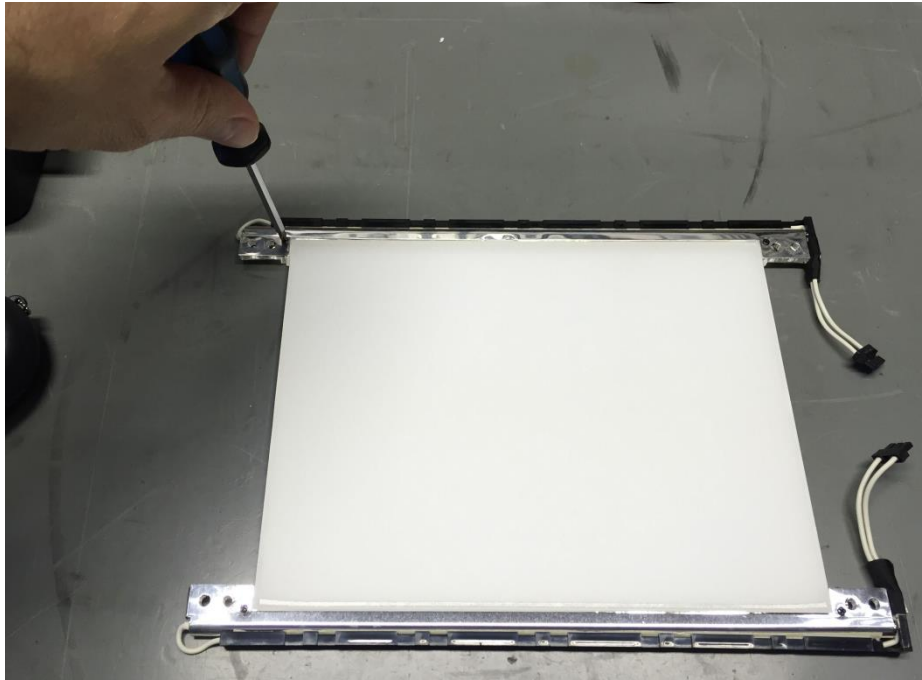


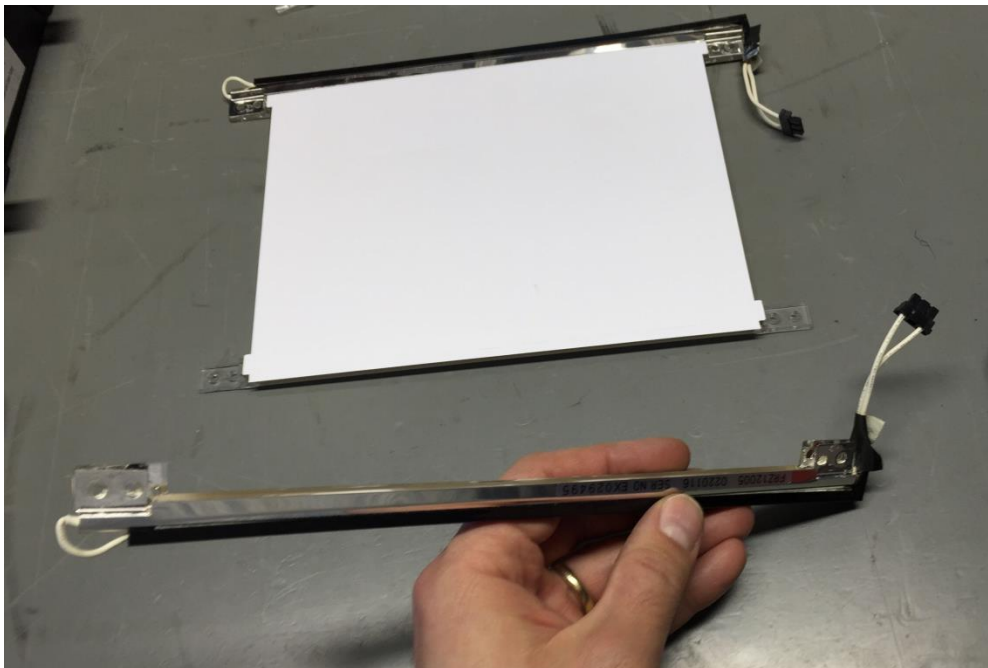
Abbildung 66: jetzt kommt das "richtige" Display des FSEM dran

Ist das Frontpanel abgebaut, ist das Backlight sehr gut erreichbar. Einfach vier Muttern lösen (die mit einer silikonartigen Masse gesichert sind) und schön können wir es abnehmen. Der Test mit dem Lux-Meter zeigt selbst nach dem Aufwärmen nur Werte von 257Lux, also noch deutlich weniger als das "Übe-Display".



**Abbildung 67: Abschrauben der Reflektorwannen mit den innenliegenden CCFL-Röhren**

Während des Tauschs der CCFLs gibt es keine weiteren Besonderheiten. Als alles wieder zusammengebaut ist, messe ich beeindruckende 3380Lux auf der Backlight-Fläche! Wahnsinn!



**Abbildung 68: eine Reflektorwanne in der Hand**

## 30 Erleuchtung II

Ihr könnt Euch vorstellen, was das für die Darstellung bedeutet! Der FSEM strahlt wie frisch aus dem Werk. Die gelbe Noisefloor-Messkurve übertrifft mit sagenhaften 36Lux jetzt sogar meine FSEB-Referenz (22Lux).



Abbildung 69: boooaaahhh!!!

Leider ist das nur die halbe Wahrheit, denn der FSEM mit dem neueren Displaytyp macht trotz etwas geringerem Lux-Wert eine noch etwas bessere Figur, denn der hohe Lichtwert alleine ist es nicht! Vielmehr ist auch der erreichte Kontrast wichtig und hier fällt das FSEM-Display bei genauem Hingucken tatsächlich etwas gegenüber der FSEB-Referenz ab. Das "Schwarz" ist beim FSEM wirklich tief-schwarz (der Fachmann sagt "black level" dazu); beim aufgearbeiteten FSEM-Display ist es eher ein leichtes Tiefgrau. Aber das liegt nicht an der Alterung, ich denke vielmehr, dass es konzeptbedingt wohl auch schon früher so war. Die Displaytechnik hat sich einfach weiterentwickelt und der neuere FSEB30 mit hellblauem Streifen besitzt einfach einen Displaytyp mit besseren optischen Eigenschaften.

Wir wollen insgesamt aber dennoch mehr als zufrieden sein, wenngleich durch die super-helle Hinterleuchtung nun einen anderen Effekt bemerkbar macht: Während des Bootens bei dunklem Bildschirm sieht man recht deutlich, dass der Analyzer viel benutzt wurde. Es hat sich das Gitterraster des Skalengitters "eingebrennt". Man sieht es nun tatsächlich als Schatten auf dem Bildschirm. Ich hätte es nicht gedacht, bislang hatte ich immer verstanden, dass es Einbrenn-Effekte in LC-Displays nicht gäbe, aber der FSEM belehrt mich hier eines Besseren.

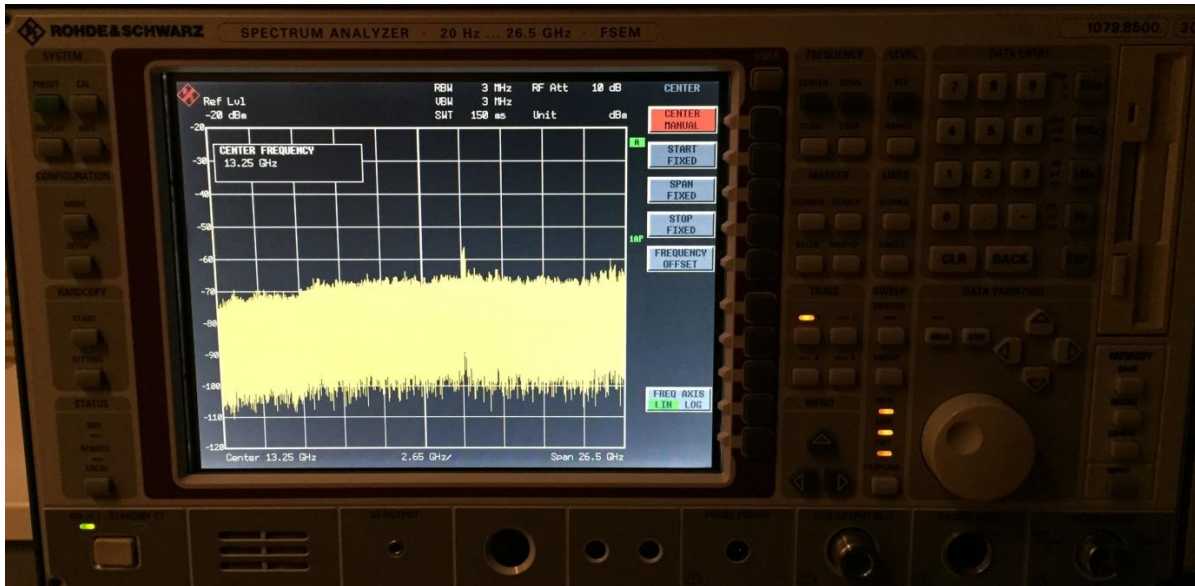


Abbildung 70: so wollen wir das: hell wie eine Taschenlampe!

Nunja- nicht schön vielleicht, aber andererseits auch nicht wirklich störend. Wir werden gut damit leben können, denn im normalen Messbetrieb muss man schon sehr gut hinschauen, wenn man die Einbrennschatten überhaupt erkennen will. Dafür sind die Messkurven selbst nun wieder schön strahlend hell und klar, also hat sich das Erneuern der CCFLs definitiv gelohnt!



Abbildung 71: stattliche 36Lux im gelben NoiseFloor

## 31 FFT-Filter

Wir sind mitten dabei, den FSEM wieder so richtig "schick" zu machen. Wie ich schon weiter oben schrieb, gehören die FFT-Filter quasi als "Lederausstattung" eines gut betuchten Analyzers einfach mit dazu. Weil der FSEM leider nichts dergleichen mitbrachte, werde ich sie nachrüsten. Bislang habe ich noch überhaupt keine Erfahrung, wie genau die nachgerüstet werden, aber das Manual gibt mir den Hinweis, dass die FFT-Option in der IF-Filter-Baugruppe liegen müsste.

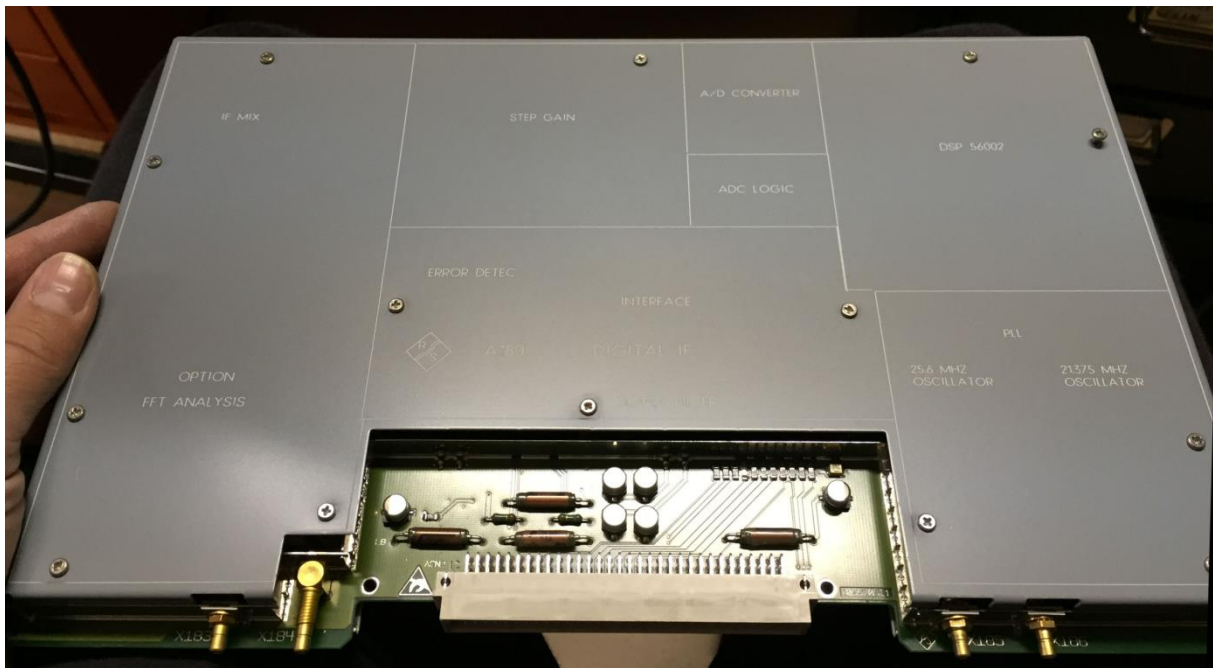


Abbildung 72: "DIGITAL IF" - hier müssten die FFT-Filter zu Hause sein

Also diese Baugruppe kurzerhand herausgerupft. Schon auf dem Deckelaufdruck der Baugruppe sehen wir groß die Beschriftung, wo die FFT-Filter angeblich hingehören. Also gut, aufgeschraubt das Teil und genau an dieser Stelle zwei Steckverbinder gefunden, die eigentlich danach schreiben, dass da eine Optionsplatine drinstecken müsste.

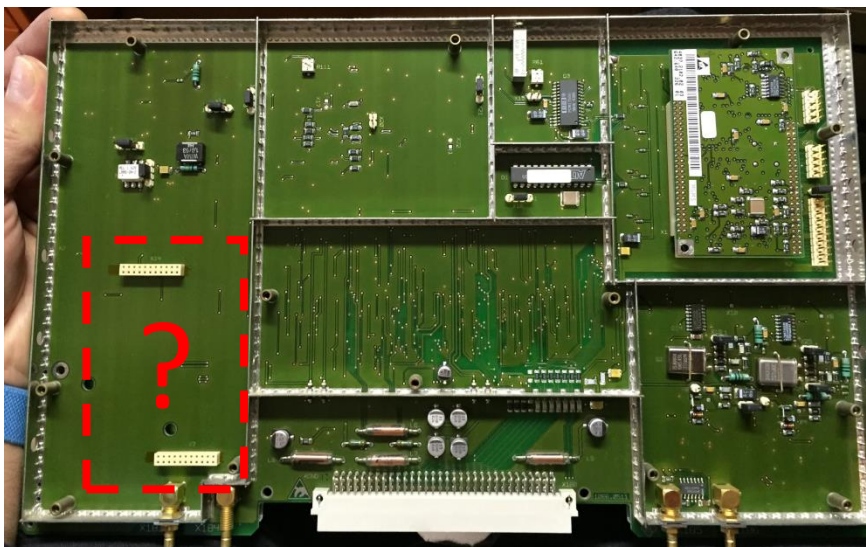
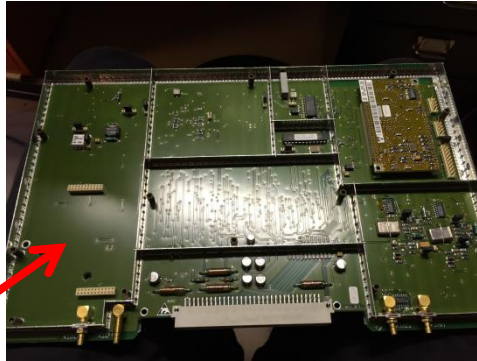


Abbildung 73: keine eingesteckte Platine zu sehen....

Ok, schauen wir mal, was ich noch so an Reservebaugruppen unter der Kellertreppe habe und ob die so eine FFT-Platine da draufstecken haben. Da finde ich tatsächlich drei Stück IF-Unit Baugruppen und anhand der Sachnummer sollten alle auch für den FSEM verwendbar sein. Leider sieht man ihnen nicht an, ob im Innern die FFT-Option gesteckt ist, also schraube ich sie auf.

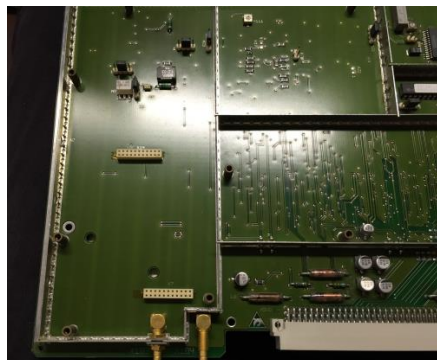
Modul Nr.1 von Egon:



**Abbildung 74: Baugruppe von Egon: leer**

leer! Schade.

Modul Nr.2 von Kjeld:



**Abbildung 75: Kjeld ist auch leer**

auch Leer.....hmmm...

Alle Hoffnung liegen nun auf Modul Nr.3 Benny:



Abbildung 76: auch bei Benny nix zu holen...

AUCH LEER! So ein Mist!

Nun will ich aber wenigstens wissen, was auf diesen Steckplatz gehört. Mein FSEA30 (Börge) hat definitiv die FFT-Filter, also schaue ich da mal nach....



Abbildung 77: hä?

auch....leer...??? Wie jetzt??

Nun verstehe ich die Welt nicht mehr! Die Börge IF-Filter-Unit wird daher in den FSEM gesteckt. Wenige Minuten später stelle ich erstaunt fest, dass mir auf einmal im FSEM wie gewünscht die FFT-Filter zur Verfügung stehen und auch brav als Option angezeigt werden. Nanu!

Liebe Münchner, nun habt ihr mich aber gelinkt. Ich lege die Börge-Baugruppe (mit FFT) neben die FSEM-Baugruppe (ohne FFT) und erkenne (außer ein paar kleinen HW-Modifikationen) keinerlei signifikante Unterschiede! Nur die Sachnummer auf dem aufgesteckten DSP-Modul unterscheidet sich. Sollte die die FFT-Option aktivieren?

Ihr wisst ja: besonders zimperlich bin ich nicht, wenn es um's Ausprobieren und damit um das Erlangen neuer Erkenntnisse geht. Also diese ominöse Platine umgesteckt und ausprobiert, ob die FFT-Filter nun mitwandern.

Ergebnis: sie tun es nicht! Also: die Börge-DSP-Baugruppe allein ist es nicht, dass man FFT-Filter genießen darf! Ergo: die FFT-Funktion steckt irgendwie in der Baugruppe von Börge; aber weder auf einer zusätzlich einzusteckenden Platine noch auf der DSP-Platine (oder zumindest nicht allein).

Irgendwie riecht das alles für mich nach eine SW-Option. Ich weiß es natürlich nicht und vermutlich wird es mir auch keiner auf die Nase binden, aber es würde mich nicht wundern, wenn die FFT-Filter mittels eines SW-Kommandos oder mit der Eingabe eines speziellen SW-Keys jederzeit freigeschaltet werden können. Leider kenne ich weder Key noch Bildungsgesetz, daher sehe ich mich fast schon ohne Lederausstattung im Auto sitzen.

Dann fällt mir aber ein, dass ich bei Egon, Kjeld und Benny möglicherweise zu vorschnell geurteilt habe: wenn das Fehlen eines vermeintlichen FFT-Moduls gar nichts zu sagen hat, könnten sie vielleicht \*doch\* aktiviert sein, ohne dass man es von außen sieht? Da hilft nur ausprobieren!

Und was soll ich Euch sagen: mit der Baugruppe von Egon habe ich Glück: die scheint aus einem FSE mit aktivierten FFT-Filtern zu stammen. Durch das Einstecken dieser Baugruppe in den FSEM erweitere ich erfolgreich den Funktionsumfang um die FFT-Filter.

Klasse. Nun habe ich endlich Leder! :-)

## 32 16,025GHz-Peak (1.Versuch)

Eins stört mich an der Luxuskarosse aber trotzdem noch. Und zwar hat der schicke FSEM-Schlitten leider eine hässliche Beule im "Lack", denn bei exakt 16,025GHz sehen wir eine merkwürdige, relativ schmalbandige Anhebung des Grundrauschens um etwa 10dB und das würde ich gerne verstehen.

Andere FSEMs machen das offensichtlich nicht, wie ich im Internet anhand deren Screenshots sehen kann.

Sowas zu suchen, ist nicht einfach. Erst recht nicht, wenn das in einem Frequenzbereich liegt, für den ich keine richtigen Messmittel mehr habe. Mein derzeit potentester Signalgenerator (SMIQ06B) endet bei 6,4GHz und selbst wenn ich meinen ZVC als Signalgenerator missbrauche würde (was übrigens geht- wenn auch mit furchtbarem Phasenrauschen;-), käme der auch "nur" bis 8GHz. Wie soll ich also nun ausprobieren, ob mein FSEM bei 16GHz ein Problem hat??

Ich versuche, mittels Oberwellen zu messen und hoffe, dass sich mit einer schlechten Oberwellenperformance ein respektables Messsignal bei 16GHz erzeugen lässt. Nur leider scheinen meine beiden SMIQ und SMTs so gut zu sein, dass bei einer 3GHz-Probemessung die 1. Oberwelle bei besser als -40dBc liegt. So werde ich schon echte Schwierigkeiten haben, bei 16GHz überhaupt noch was zu messen. Erstaunlicherweise findet man den Peak im FSEM tatsächlich noch mit etwa -40dB, allerdings ist mit dieser Methode bei 12,8GHz Schluss ( $=6,4\text{GHz} * 2$ ), so dass mir das jetzt auch nicht hilft. Die zweite Oberwelle ( $3 * 6,4\text{GHz} = 19,2\text{GHz}$ ) ist einfach zu schwach, als dass ich da noch was Sinnvolles messen könnte.

Ich probiere es mal anders.

Ich werde die Signalkette im FSEM vom Anfang bis zum Ende mal verfolgen und zwischendrin den Signalfluss unterbrechen. Das Modul in der Signalkette, das diesen Peak erzeugt, müsste sich so doch finden lassen.

Also zuerst das YIG-Filter abziehen. Ergebnis: der Noisefloor bleibt. Uff. Das ist gut! Denn wenn sich jetzt was geändert hätte, hätte ich von einem Abgleich des YIG-Filters auf die Empfangsfrequenz gestanden. Eine Arbeit, die nur mit irre teurem Equipment und R&S Spezial-SW im Werk geht- das mir beides leider nicht vorliegt.

YIG-Filter also wieder anschließen, dann das dahinter liegende 7GHz HF-Frontend A130 abklemmen. Ergebnis: der Noisefloor ändert sich insgesamt, aber der Peak bleibt. Sehr gut, damit ist die Microwave-Converter-Unit vermutlich auch nicht die Ursache des Peaks. Nochmal ein beherztes UFF!, denn alles was jetzt noch kommt, liegt bei höchstens 741MHz- und das klingt deutlich freundlicher als YIG-Filter und MW-Converter.

Die RF-Unit liefert ein 741MHz-Ausgangssignal an den Eingang der Baugruppe "A150 2nd IF Converter". Zieht man der das Eingangssignal weg, bleibt der Peak. Isses also auch nicht.

Weiter im Text. Die IF 21,4MHz, die zum IF Filter geht, wird abgezogen. So hänge ich mich Stück für Stück durch den Signalfluss durch. Am Ende werde ich sogar alle Baugruppen

(bis auf den MW Converter und YIG-Filter) einzeln gegen Reservebaugruppen tauschen. Bloß an dem ärgerlichen 16,025GHz-Peak wird sich nichts ändern! Er ändert zwar -zusammen mit der Messkurve- manchmal das Niveau. Doch die Delle an sich bleibt! So ein Ärger!

## 33 Ratlos

Ich muss zugeben: nun weiß ich kaum mehr weiter. Für mich sieht die Delle eigentlich fast aus wie eine Art "Schwebung" oder "Nullstelle", denn sie steigt erst um ca. 10dB an, bricht dann auf einen Nullwert zusammen, steigt erneut an auf +10dB über Noisefloor und ebbt dann genauso ab, wie sie vorher angestiegen ist. Was kann denn nur sowas verursachen?

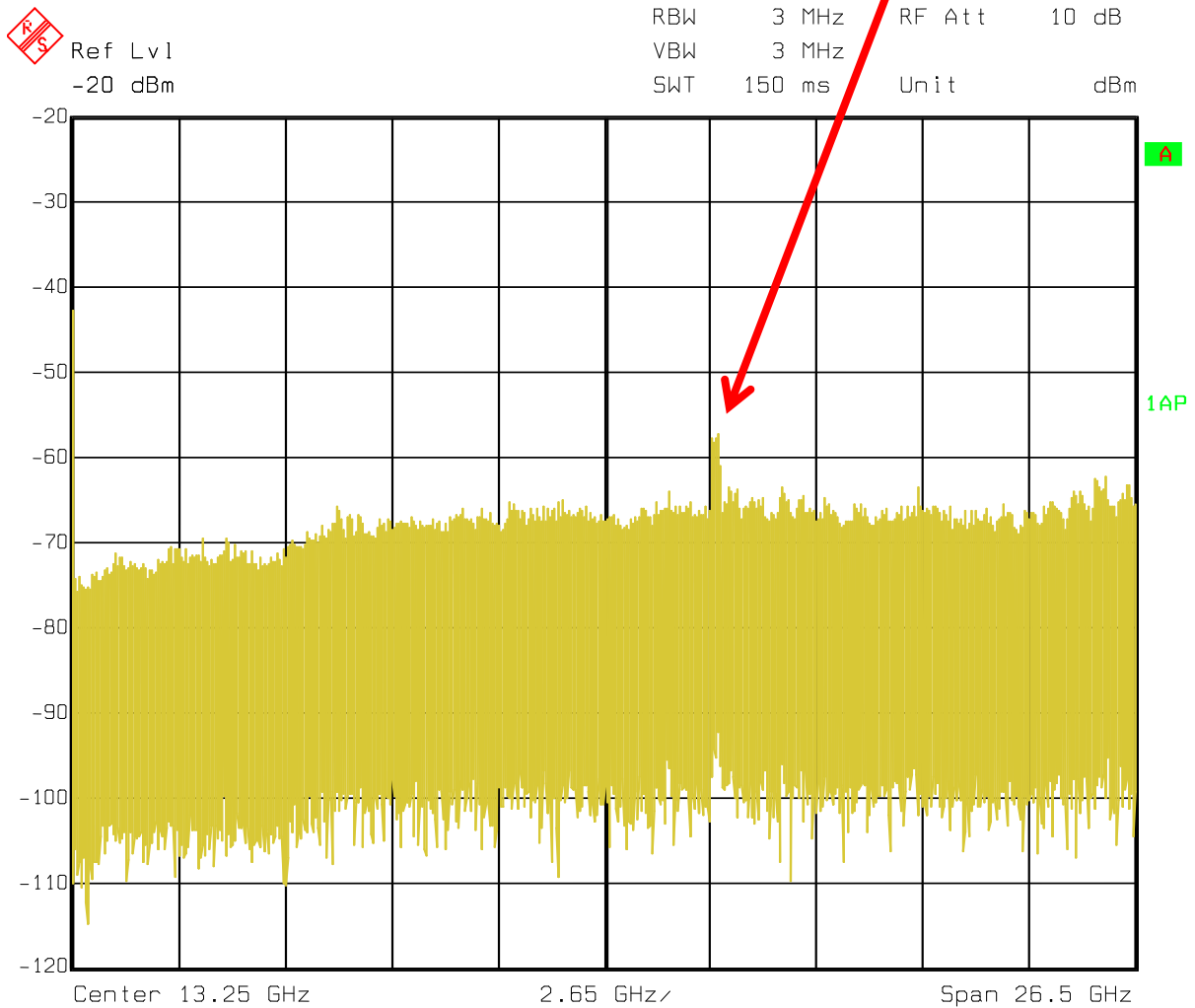
Weil offensichtlich keine der geprüften Baugruppen dafür verantwortlich ist, glaube ich inzwischen schon mehr an ein SW-Thema. Ich weiß, dass Baugruppen teilweise individuelle Kalibrierwerte in ihren EEPROMs haben, die im Werk (oder bei einer Gesamtkalibrierung) eingemessen und den Baugruppen eingespeichert wurden. Für die A130 RF-Unit gibt es so was beispielsweise, denn das Service Manual beschreibt diese Möglichkeit.

Es sagt aber leider nicht, wie genau diese

## 34 Systematisch

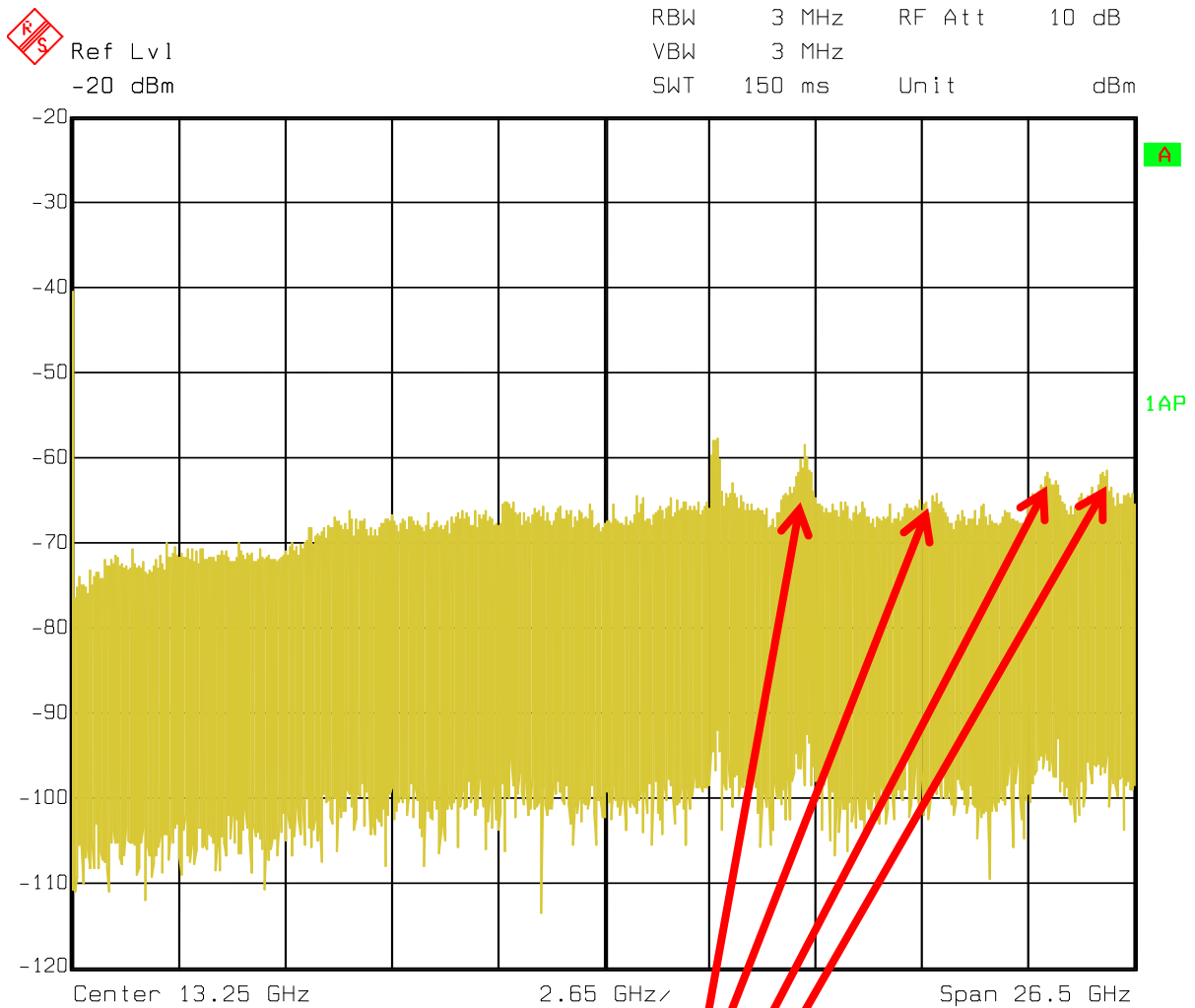
Ein schönes Wort. Wir wollen mal versuchen, die Ursache für die Hubsi-Delle zu finden.

Im Grundzustand, nachdem die Taste PRESET gedrückt wurde.



Deutlich zu sehen: die Hubsi-Dellen-Stelle mit ca. 10dB stärkerem Noisefloor.

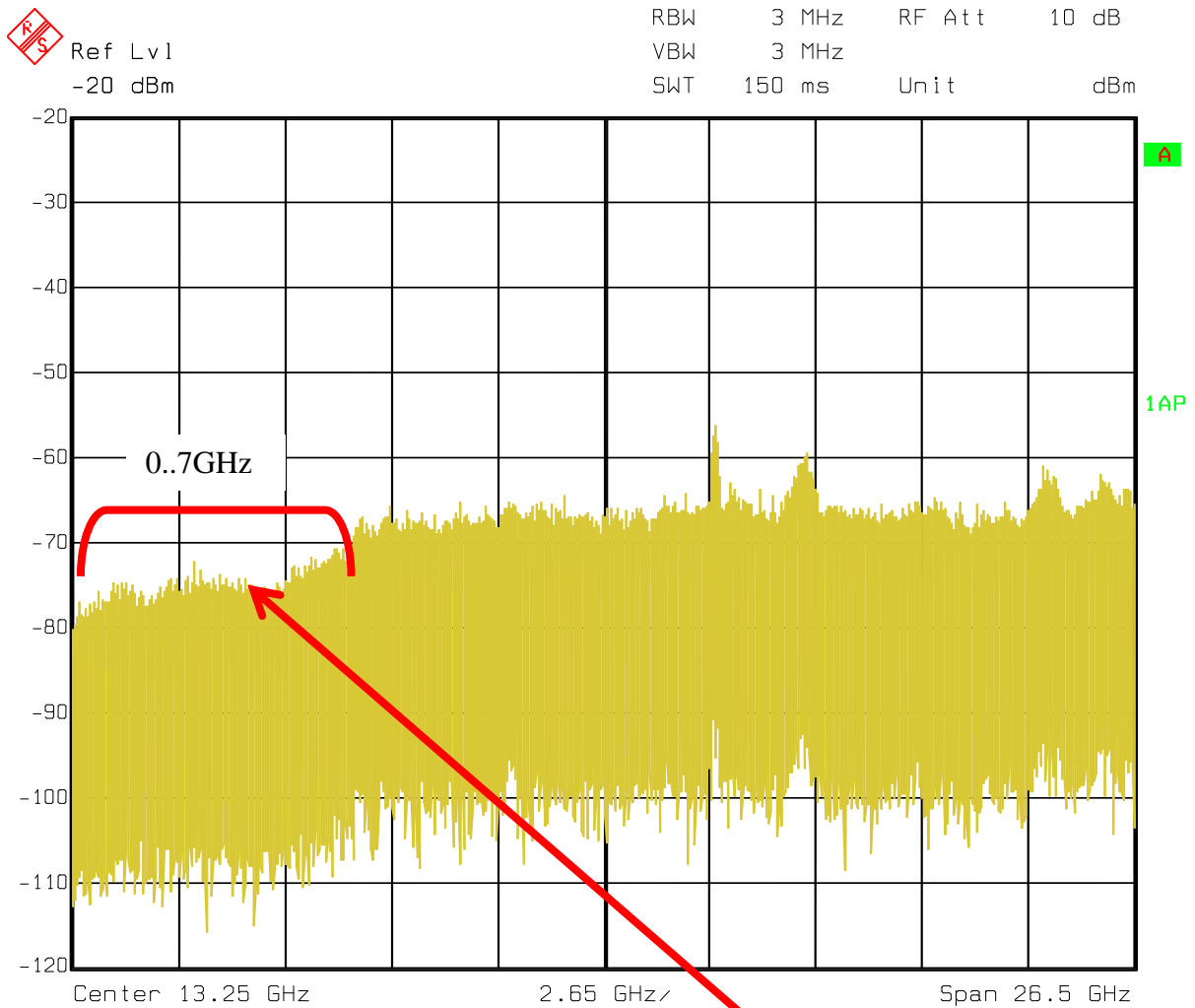
Wir ziehen zuerst X137 ab. Das ist der HF-Eingang des 7GHz RF-Moduls X130.



Lustig: es kommen noch ein paar mehr dieser Störstellen hoch\*. Die bei 16GHz allerdings bleibt!

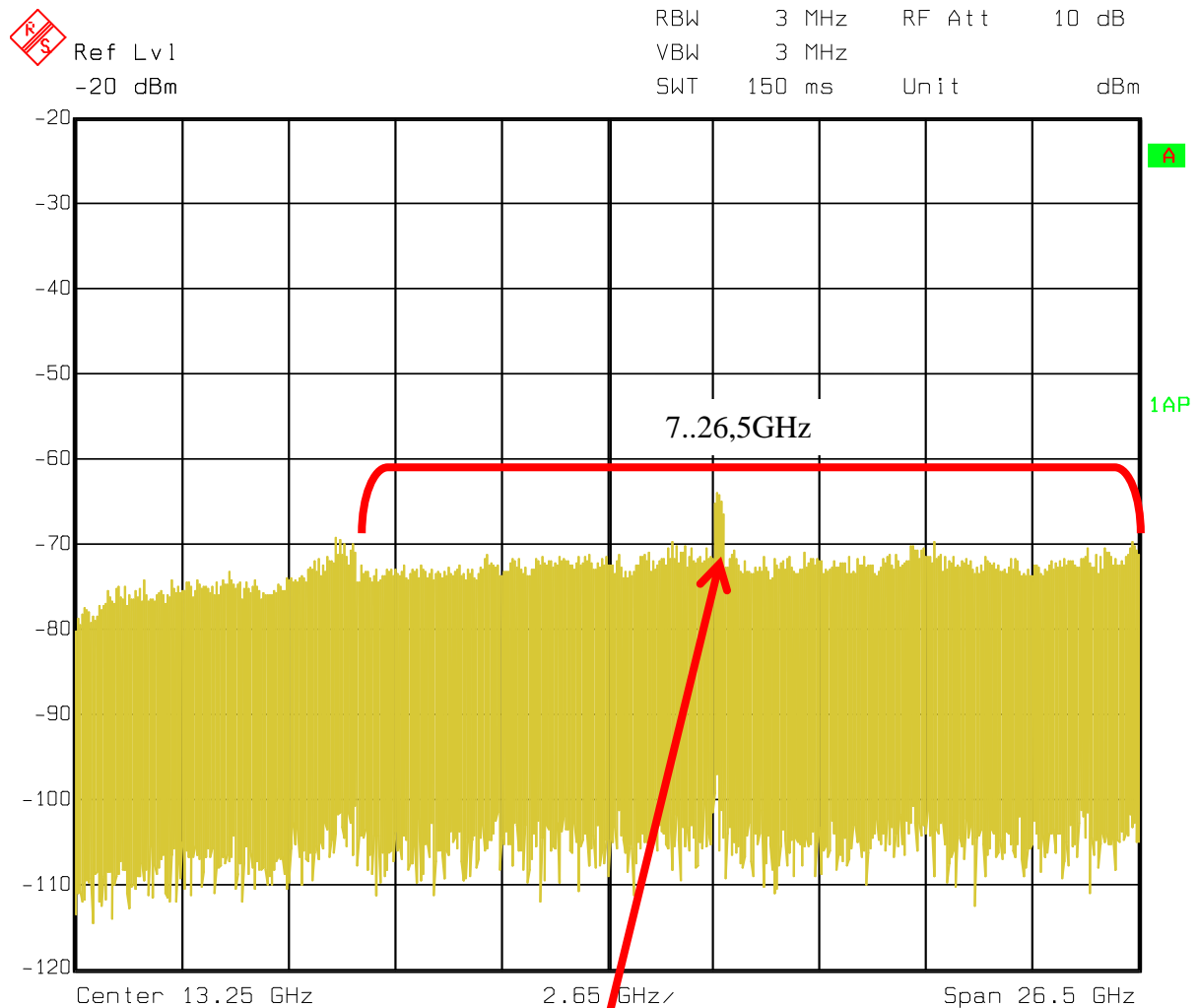
\* vermutlich, weil der Eingang nun offen ist und damit alles mögliche an Störungen einfangen kann

Weiter im Signalpfad. Wir ziehen zusätzlich X132 ab- den 741MHz Ausgang des X130 RF-Moduls.



Wir erkennen, dass nun der gesamte Noisefloor des Bereichs 0.7GHz etwas gesunken ist (logisch, denn von dort kommt ja keinerlei HF-Empfangsbeitrag mehr). Am Rest ändert sich nichts.

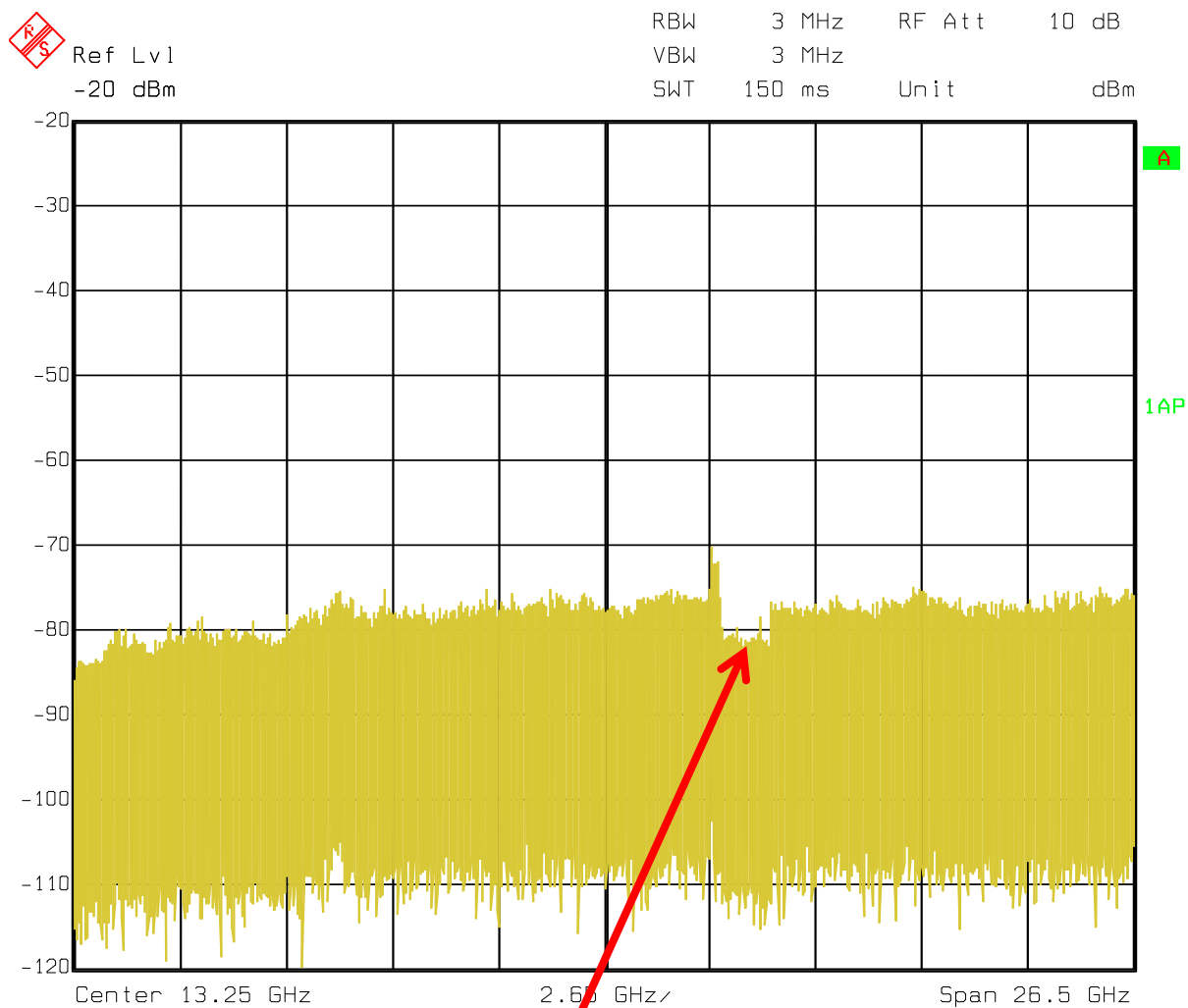
Wir stöpseln zusätzlich X153 ab- das ist der 741MHz-Eingang für den Bereich, der von 7..26GHz umgesetzt wurde. Jetzt wird es spannend:



Aha! Wir sehen, dass nun auch der Noisefloor des Bereichs 7..26GHz gesunken ist. Logisch, denn wir haben ja nun beide Empfangsteile (KF-Unit für 0..7GHz und den MWConverter für 7..26GHz) abgezogen. Beide können also keinen Rauschbeitrag zum Noisefloor mehr liefern => Noisefloor sinkt!

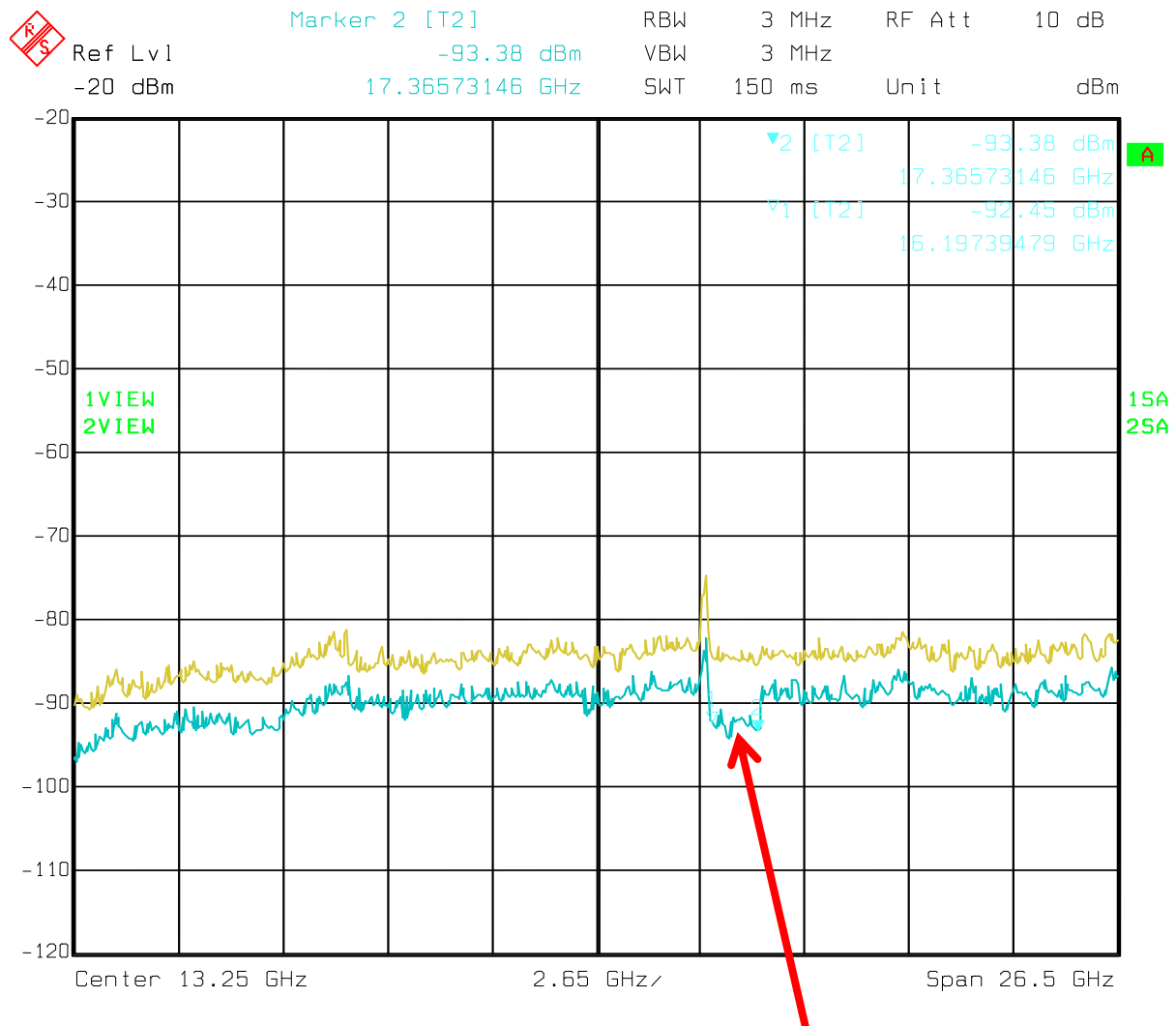
Interessant aber: den Peak bei 16GHz gibt es immernoch!!!

Wir trennen folglich auch noch X158 ab- den 21,4MHz Ausgang des Moduls X150 (=2nd IF Converter)!



Das gucken wir uns nochmal genauer an!!

In GELB: Noisefloor (mit ca. 50x Average) mit aufgestecktem X158  
in BLAU: dito, mit abgezogenem X158.



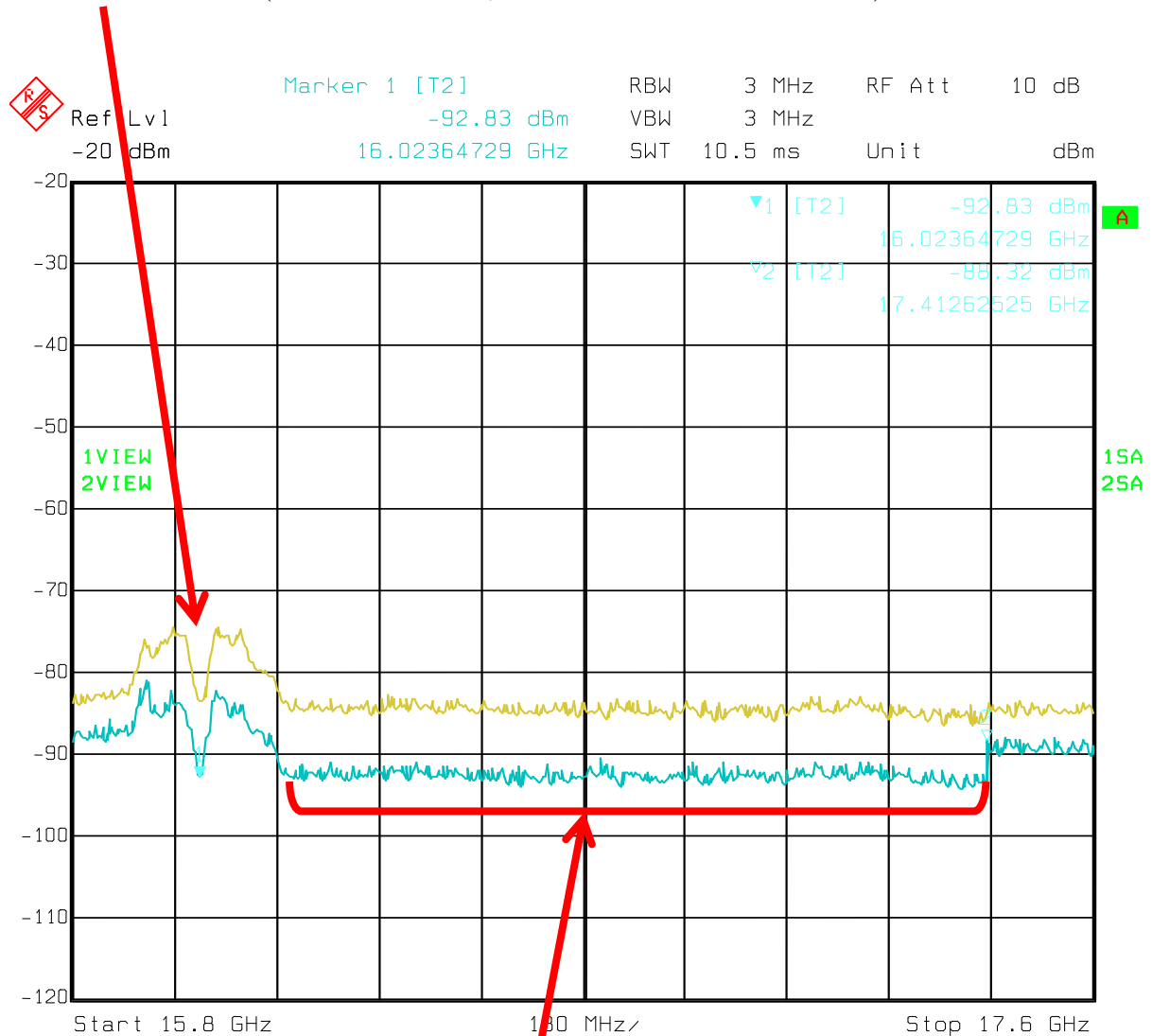
Wir erkennen: die Baugruppe X150 (2nd IF) liefert insgesamt also einen Rauschbeitrag von etwa 5dB. In Ordnung. Und das tut sie in etwa gleichmäßig- bis auf eine kleine Zacke in diesem Bereich von 16,2 bis 17,4GHz! (Die Marker sind leider in hellblau und daher schlecht abzulesen, sorry)

16,2GHz? Diese kleine Lücke beginnt also genau im Anschluss an meine 16GHz-Delle?

Das ist verdächtig!

Zoomen wir nochmal rein!

unsere Hubsi-Delle! (Delle in der Mitte, Hubsi's rechts und links davon)



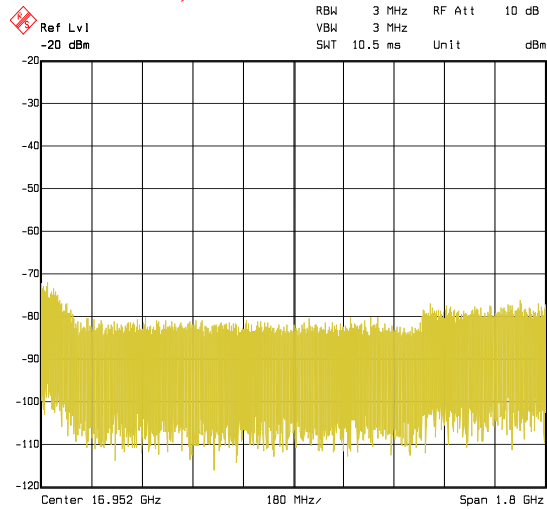
GELB und BLAU wieder wie oben; allerdings gezoomte X-Achse.

Wir erkennen, dass das Absenken des Noisefloor-Niveaus wirklich im direkten Anschluss an meine 16GHz-Delle passiert. Und das nur bei abgezogenem Stecker X158 (=blaue Kurve).

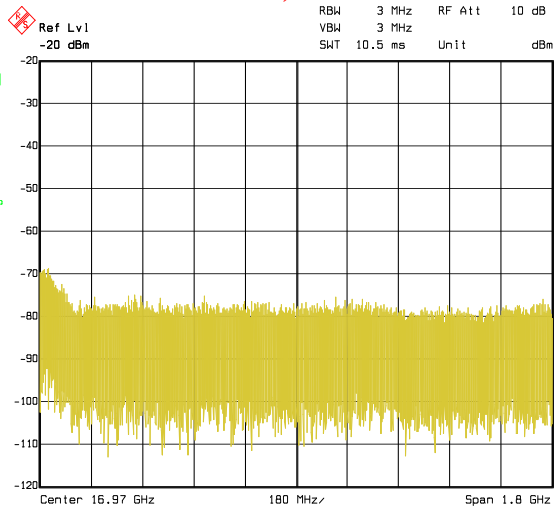
Und jetzt wird es gleich ganz verrückt:

Bei abgezogenem X158 ändere ich einfach nur die Center-Frequenz.

Bei  $f_{\text{Center}} = 16,952 \text{ GHz}$ :

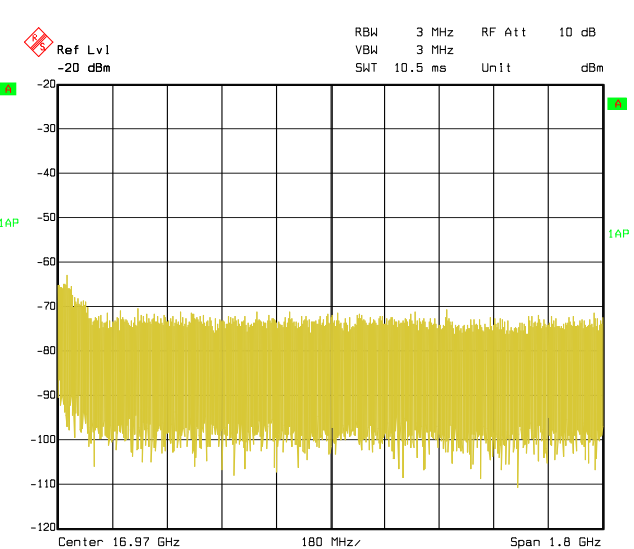
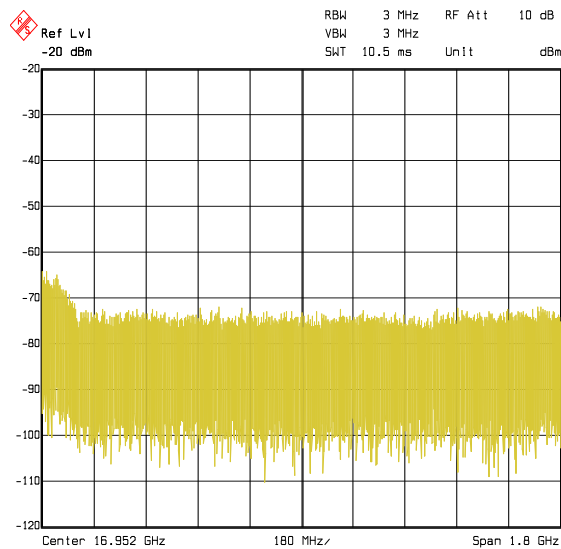


Bei  $f_{\text{Center}} = 16,970 \text{ GHz}$ :



Nanu! Die Center-Frequenz nur 18 MHz weiter gestellt und schon verschwindet das abgesenkte Noisefloor-Niveaustückchen?

Das ist ja heiß! Mache ich dasselbe mit eingestecktem X158-Kabel:



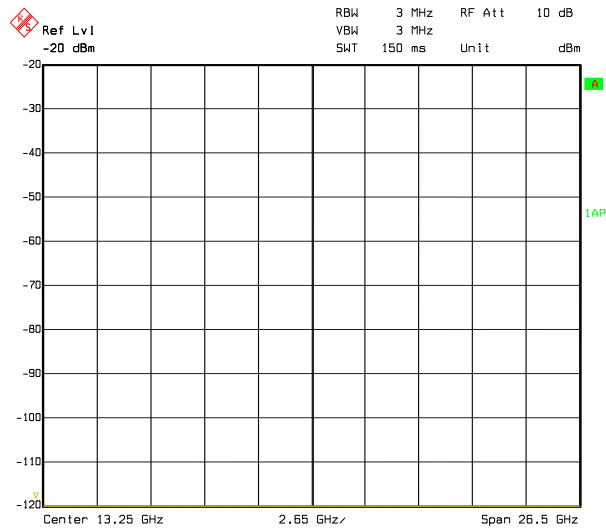
Weg!

Also scheint es sich dabei möglicherweise um eine gewollte Kompensation für irgendwas zu handeln. Und das wird erst sichtbar, denn man den Signalfluss unterbricht.

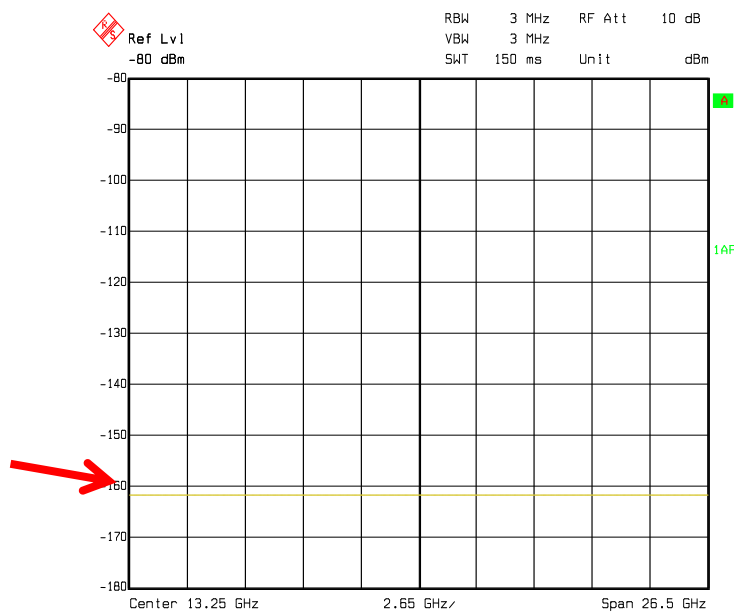
Nun gut, das verfolgen wir nicht weiter, denn ich würde es eh nicht mehr verstehen und Spezial-Know-How.

Machen wir lieber weiter in unserer Signalflussskette.

Wir kommen zu den IF-Filtern. Es ist logisch, dass -wenn man das Video-out der IF-Filter abzieht (X161)- es kein Signal mehr für den Detektor gibt, was er noch sinnvoll anzeigenkann:



Setzen wir den REF-Level also etwas niedriger, damit wir nach ganz unten gucken können:



Es ist eine aalglatte Linie bei etwa -162dBm.

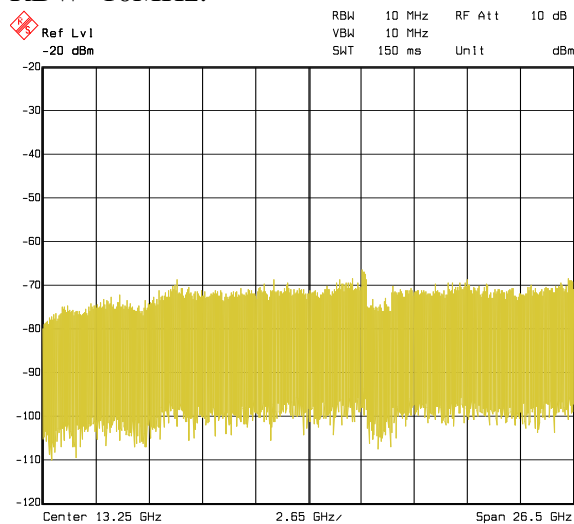
Was lernen wir daraus?!?!?

Offensichtlich ist dem Detektor (und dahinter!) keine spezielle Frequenzgangskorrektur mehr überlagert, denn sonst müsste man sie spätestens jetzt sehen. Das letzte Bild, wo ich die 16GHz-Hubsi-Delle noch gesehen habe, war, als ich beim IF-Filter (Baugruppe A160) das Eingangssignal abgezogen habe. Sprich: die IF-Filter müssten eigentlich diese Delle erzeugen! Also zurück zu dieser Baugruppe!

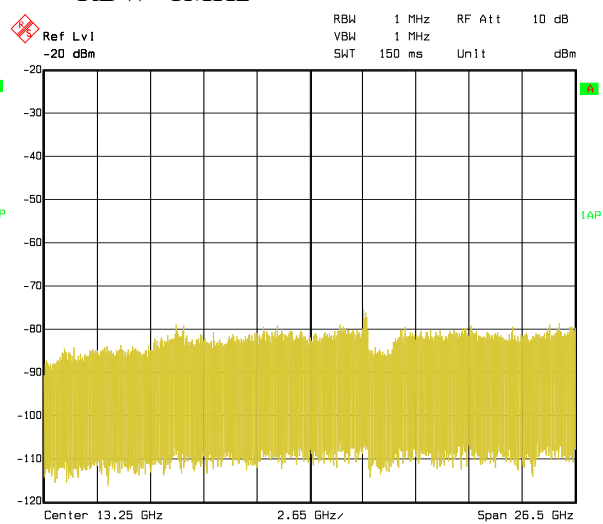
Wenn die gesuchte Delle also vielleicht von dem IF-Filter kommt, dann müsste sich die Delle doch vielleicht ändern, wenn ich eine andere Filterbandbreite wähle? Mal probieren!

Also X161 wieder drauf (damit der Detektor was zu zeigen hat), X158 abgezogen lassen (=Eingang IF-Filter also leer laufen lassen) und Sweeps bei verschiedener Auflösungsbandbreite (RBW) machen.

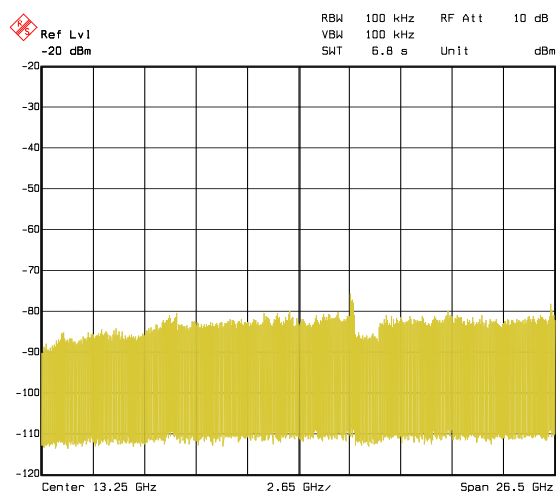
RBW=10MHz:



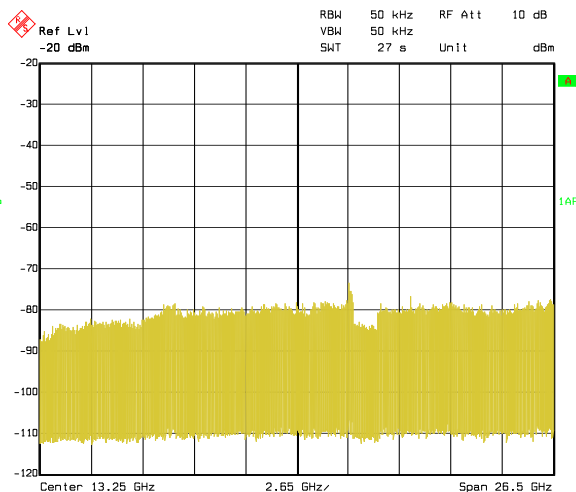
RBW=1MHz



RBW=100kHz

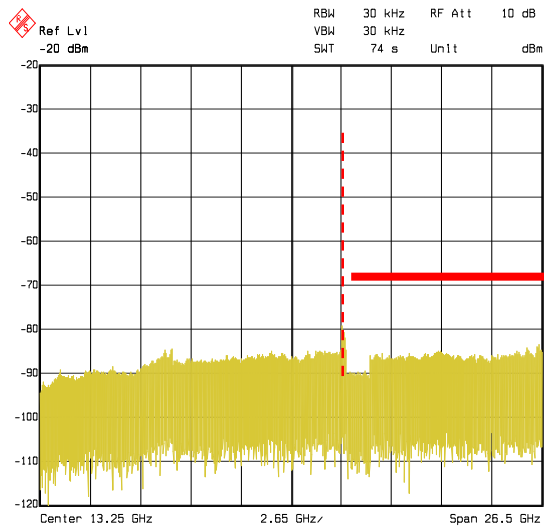


RBW=50kHz



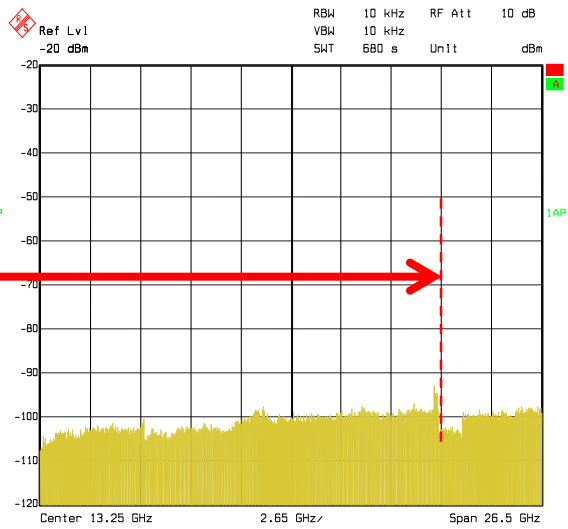
(\*versteh ich nicht, aber egal)

RBW=30kHz



NoiseLevel: -86dBm

RBW=10kHz



NoiseLevel: -100dBm

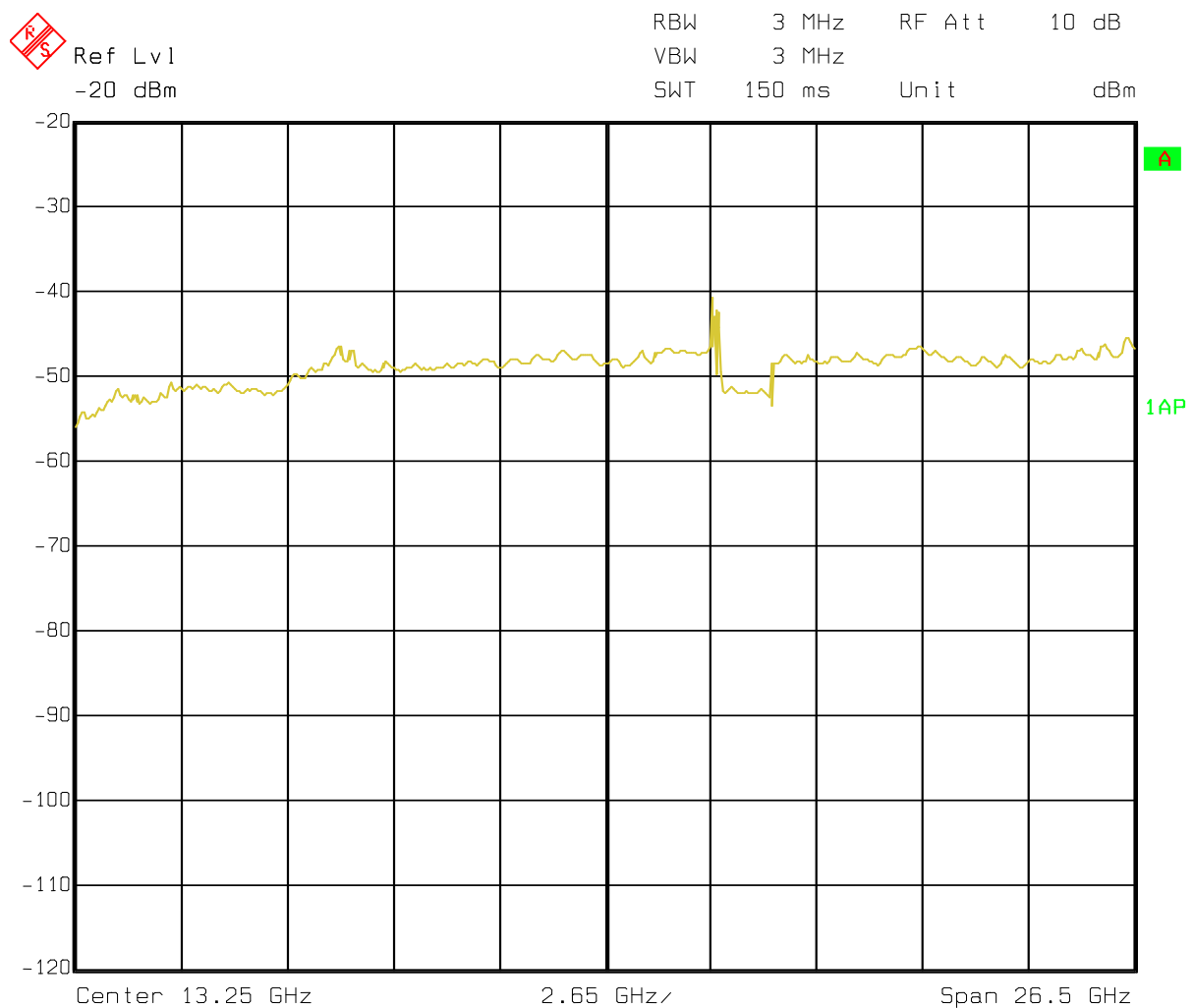
Wir sehen, dass insbesondere die letzte der beiden Screenshots einen deutlichen Versatz in X-Richtung hat. Das liegt vermutlich daran, dass die Sweepgeschwindigkeit für die gewählte Filterbandbreite von 10kHz selbst mit 680s noch viel zu schnell sein dürfte und daher das Filter gar nicht richtig einschwingen kann, bevor die Sweepfrequenz schon wieder weiter gewandert ist.

Wichtig ist hier nur: die "Delle" gibt es immernoch- also ist vermutlich kein einzelnes ZF-Filter defekt. Wenn hier was "defekt" ist, dann etwas, was bei \*allen\* RBW-Auflösungen im Signalpfad liegt.

## 35 IF-Filter

Nun mach ich mal was anderes. Ich will wissen, ob das IF-Filter diesen komischen Frequenzgang erzeugt. Ich mache nun wieder was mit seinem Eingang X158- aber anstatt ihm das Eingangssignal zu klauen, mach ich das Gegenteil: ich speise was ein: nämlich genau 21,4MHz mit -60dBm aus einem Signalgenerator!

Heraus kommt das da:



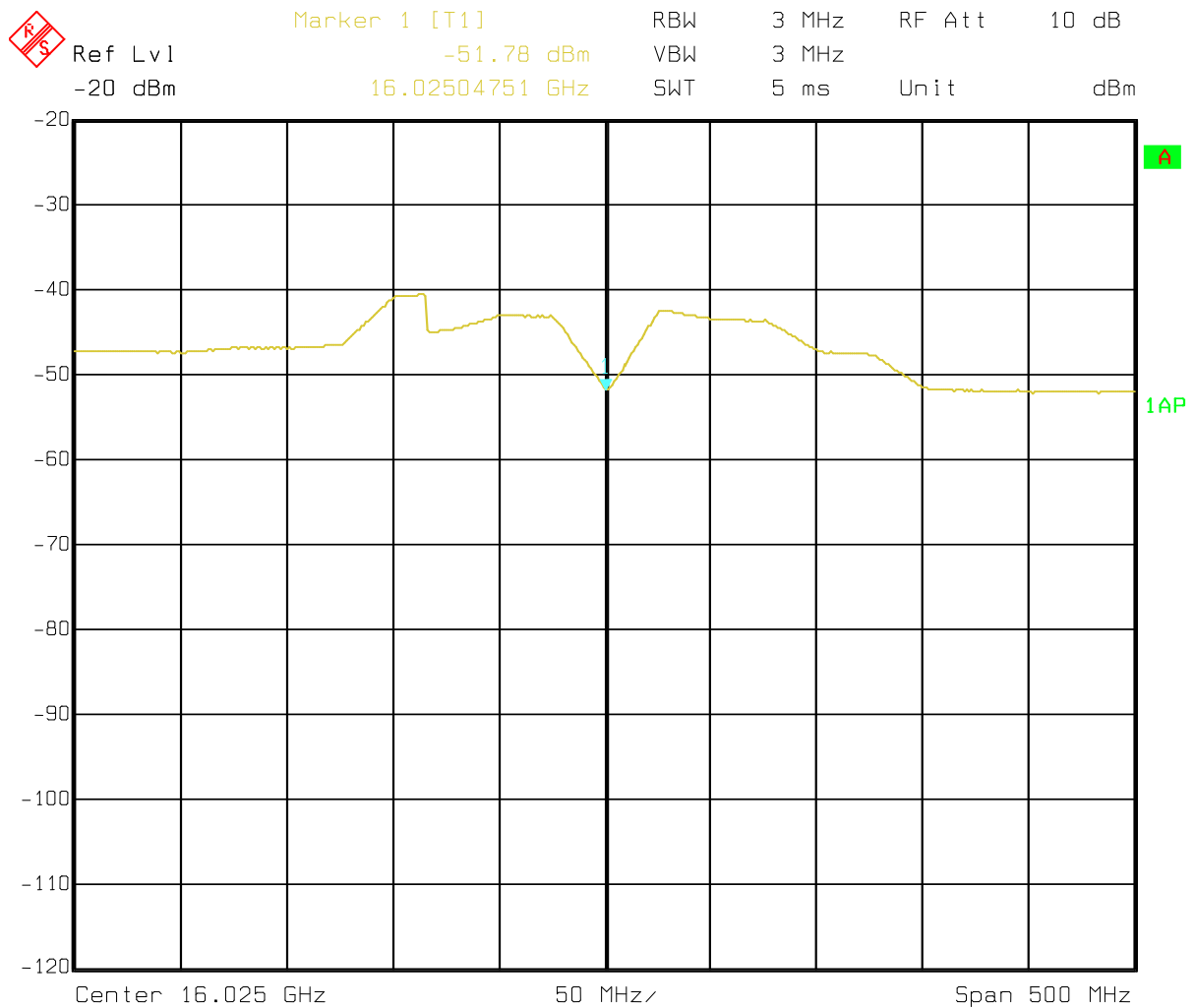
Ach wie schick!

Die Delle ist immernoch sichtbar! Soso! Das bedeutet, dass hier -frequenzabhängig- ganz furchtbar eine Frequenzgangskorrektur stattfindet, denn sonst hätten wir (wie beim Detektor vorhin) nur eine ganz schnurgerade Linie auf dem Bild. Haben wir aber nicht: durch das Einspeisen eines schön sauberen, konstanten 21,4MHz-Signals offenbart uns das IF-Filter seine interne Frequenzgangskorrektur!\*

\* oder wie immer der FSEM diese Korrektur eben macht!

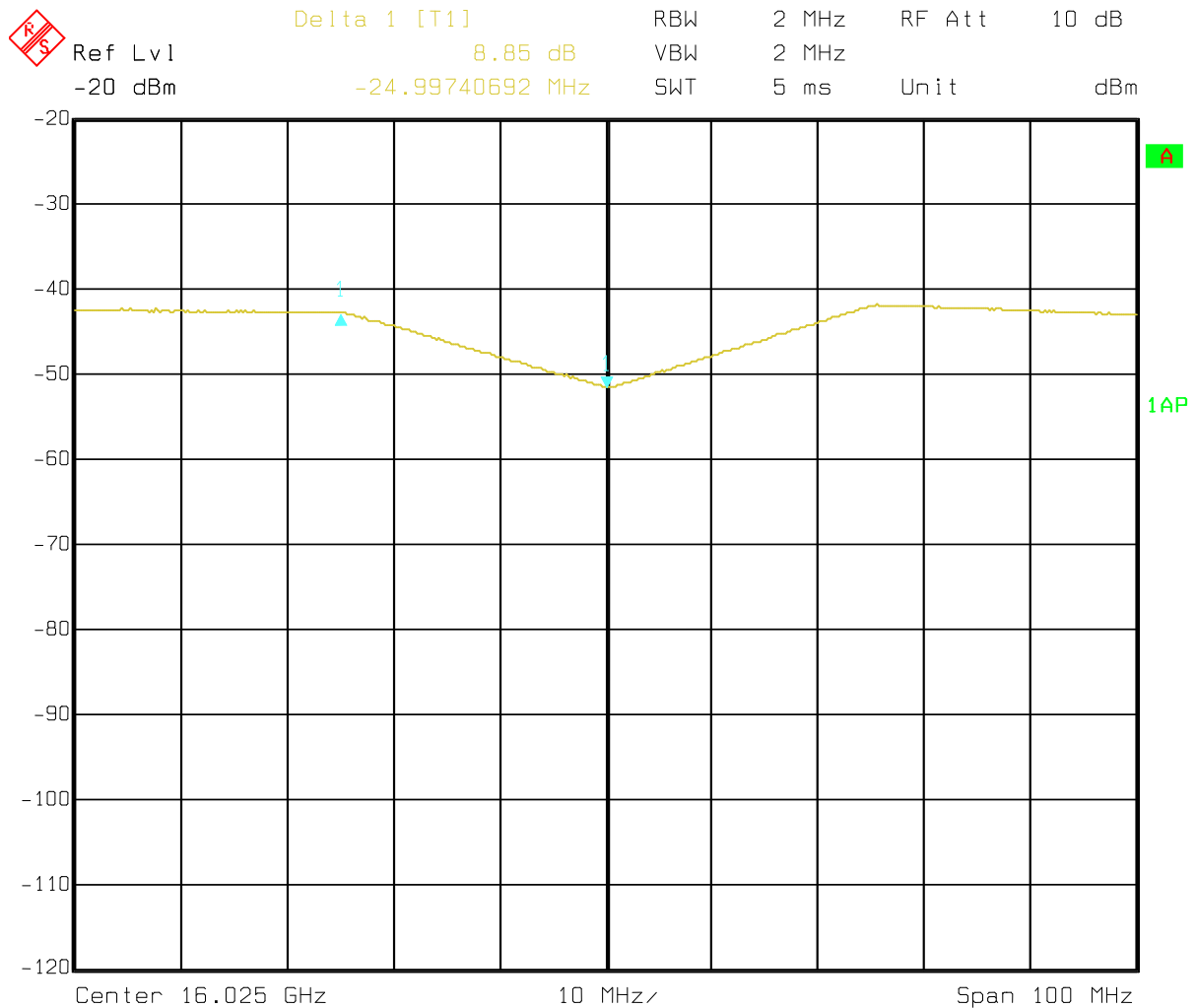
Jetzt zoomen wir da mal rein.

Center = 16,025GHz, Span = 500MHz



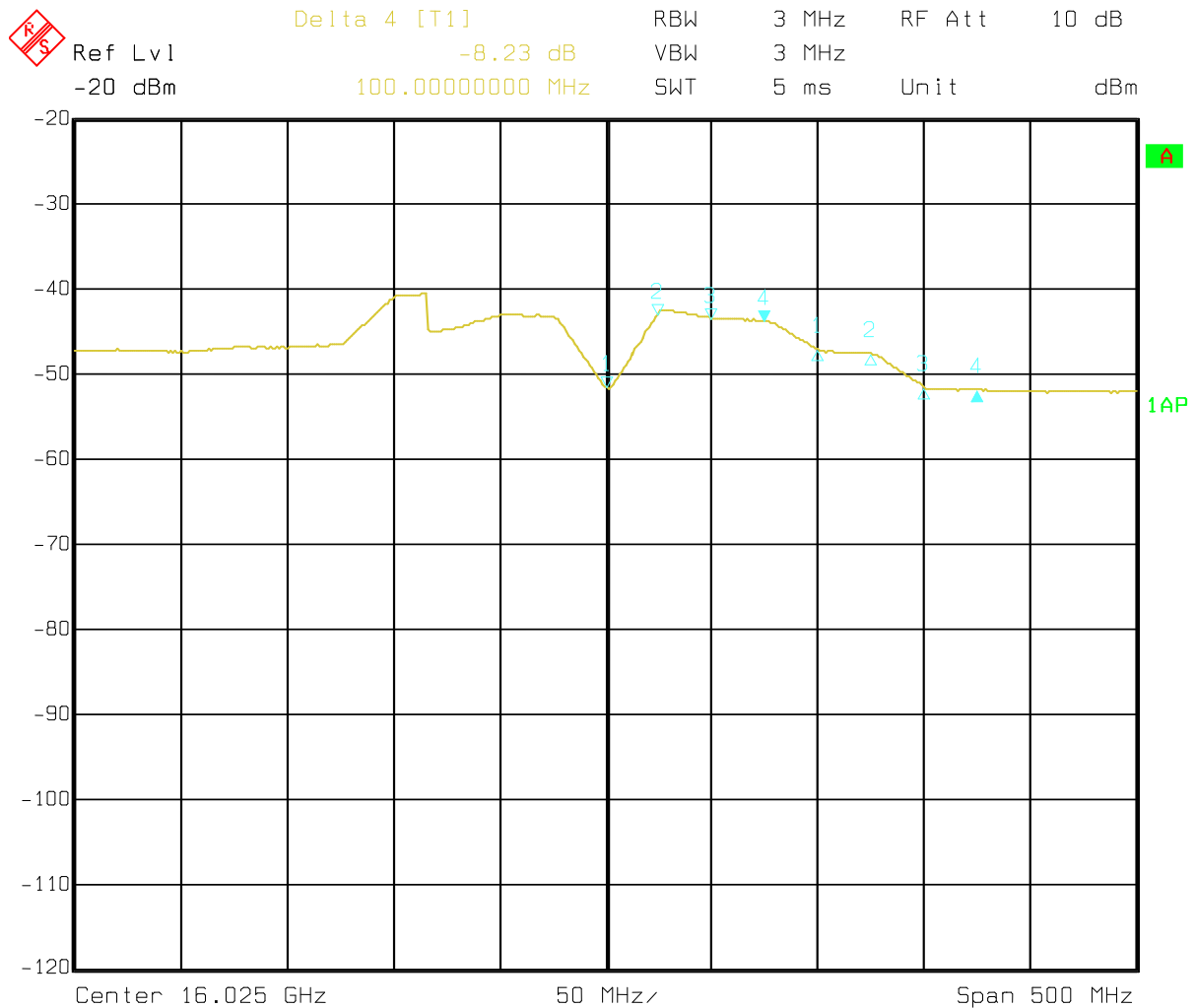
Also das ist ja irre.

Noch weiter rein, das kann doch kein Zufall sein!



Also Leute, das kann doch kein Zufall sein. Für mich sieht das nach einer Frequenzgangs-Korrekturgerade aus, die mittels linearer Interpolation arbeitet und "zufällig" genau alle 25MHz einen neuen Stützpunkt hat.

Ich mach' mal dieselbe Auflösung wie vorher (Span=500MHz) und zeichne alle 25MHz einen Cursor rein.



Bingo. Was wir hier sehen, ist definitiv künstlich. Kein real physikalisches Bauteil auf der Welt (und Fehler auch nicht) macht alle 25MHz ruckartig eine Änderung der Steigung in seiner Übertragungsfunktion! (Der Mathematiker würde wohl von "Unstetigkeiten" sprechen.)

Apropos Mathe: das einzige, was sowas kann, ist ein mathematischer Algorithmus, bzw. eine Liste mit Kalibrierwerten. Und jede Wette- irgendwo in dem FSEM ist genau so eine Liste hinterlegt, die im Abstand von 25MHz einen Korrekturwert besitzt, der sich bei 16,025GHz von seinem Nachbarn um genau 8,85dB unterscheidet.

Jede Wette!

## 36 Schlau- aber hilflos!

Das ist ja alles schön und gut. Nur- was genau machen wir nun mit dieser Erkenntnis?

Gucken wir mal in die Sicherheitskopie der Festplatte, die wir gemacht haben. Auf der 2. Partition finden wir unter dem Ordner "Runtime" das Verzeichnis "CAL". Sehr interessant dabei ist die Datei "IF\_FILT.DAT".

Adresse F:\RUNTIME\CAL			
Name	Größe	Typ	Geändert am
BW_CENTR.BAK	2 KB	BAK-Datei	04.01.1980 14:36
BW_CENTR.RES	2 KB	RES-Datei	04.01.1980 18:58
CAL_AMP2.RES	1 KB	RES-Datei	04.01.1980 18:58
CALDATE	1 KB	Datei	04.01.1980 18:58
DETECTOR.DAT	1 KB	DAT-Datei	09.02.2001 13:42
DIGIT_IF.DAT	1 KB	DAT-Datei	09.02.2001 13:42
FRAC_SYN.DAT	1 KB	DAT-Datei	09.02.2001 13:41
I2C_CAL.DAT	1 KB	DAT-Datei	04.01.1980 18:58
I2C_CFTP.DAT	1 KB	DAT-Datei	04.01.1980 18:58
I2C_DETE.DAT	3 KB	DAT-Datei	04.01.1980 18:58
I2C_FRAC.DAT	4 KB	DAT-Datei	04.01.1980 18:58
I2C_LCR1.DAT	9 KB	DAT-Datei	04.01.1980 18:58
I2C_LCR2.DAT	9 KB	DAT-Datei	04.01.1980 18:58
I2C_LCR3.DAT	9 KB	DAT-Datei	04.01.1980 18:58
I2C_LCR4.DAT	9 KB	DAT-Datei	04.01.1980 18:58
I2C_LCR5.DAT	9 KB	DAT-Datei	04.01.1980 18:58
IF_FILT.DAT	2 KB	DAT-Datei	09.02.2001 13:43
LEVEL.BAK	2 KB	BAK-Datei	04.01.1980 14:36
LEVEL.RES	2 KB	RES-Datei	04.01.1980 18:58
LO_PHASE.DAT	1 KB	DAT-Datei	09.02.2001 13:42
LOG_CORR.BAK	24 KB	BAK-Datei	04.01.1980 14:36
LOG_CORR.RES	24 KB	RES-Datei	04.01.1980 18:58
MW_CONV.DAT	1 KB	DAT-Datei	09.02.2001 13:43
MW_YIG.DAT	2 KB	DAT-Datei	09.02.2001 13:43
RF.DAT	2 KB	DAT-Datei	09.02.2001 13:41
RF_ATT.DAT	2 KB	DAT-Datei	09.02.2001 13:42
SCND_IF.DAT	1 KB	DAT-Datei	09.02.2001 13:42

Liest man die mit einem ASCII-Editor, sieht die so aus:

75

Datei		Bearbeiten	Optionen	Codierung	Hilfe
Lister - [f:\RUNTIME\CAL\IF_FILT.DAT]					
00000000:	18 00 C0 5D 10 00 0C 00	03 00 05 00 07 00 44 06		00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00
00000010:	F0 9D A2 00 05 6B 29 28	08 00 C1 5D 00 00 1C 42		00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00
00000020:	10 00 C2 5D 03 FD F5 F6	0B 05 FC FD 1D 1D 15 19		00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00
00000030:	D0 00 C3 5D DC 00 E2 00	E9 00 EF 00 F6 00 FC 00		00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00
00000040:	03 01 09 01 10 01 16 01	1D 01 24 01 2B 01 32 01		00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00
00000050:	39 01 41 01 48 01 4F 01	56 01 5D 01 65 01 6D 01		00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00
00000060:	75 01 7D 01 85 01 8E 01	96 01 9E 01 A6 01 AE 01		00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00
00000070:	B7 01 C0 01 CA 01 D3 01	DD 01 E7 01 F0 01 FA 01		00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00
00000080:	03 02 0D 02 17 02 21 02	2B 02 36 02 40 02 48 02		00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00
00000090:	55 02 5F 02 6A 02 74 02	7F 02 8B 02 98 02 A4 02		00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00
000000A0:	B1 02 BE 02 CA 02 D7 02	E3 02 F0 02 FD 02 0A 03		00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00
000000B0:	18 03 26 03 34 03 42 03	50 03 5E 03 6C 03 7A 03		00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00
000000C0:	88 03 98 03 A8 03 B8 03	C8 03 D8 03 E8 03 F8 03		00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00
000000D0:	08 04 18 04 28 04 3A 04	4C 04 5F 04 71 04 84 04		00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00
000000E0:	96 04 A8 04 BB 04 CD 04	E0 04 F4 04 09 05 1E 05		00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00
000000F0:	33 05 48 05 5D 05 72 05	87 05 9C 05 B1 05 00 00		00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00
00000100:	34 01 C4 5D 79 00 7F 00	85 00 8B 00 91 00 97 00		00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00
00000110:	9C 00 A2 00 A8 00 AE 00	B4 00 BA 00 C1 00 C7 00		00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00
00000120:	CE 00 D5 00 D8 00 E2 00	E8 00 EF 00 F5 00 FD 00		00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00
00000130:	04 01 0C 01 13 01 1B 01	22 01 2A 01 31 01 39 01		00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00
00000140:	41 01 49 01 52 01 5B 01	63 01 6C 01 74 01 7D 01		00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00
00000150:	86 01 8E 01 97 01 A1 01	AA 01 B4 01 BE 01 C8 01		00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00
00000160:	D1 01 DB 01 E5 01 EF 01	F8 01 03 02 0E 02 1A 02		00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00
00000170:	25 02 30 02 3B 02 46 02	51 02 5C 02 67 02 74 02		00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00
00000180:	80 02 8D 02 99 02 A6 02	B2 02 BF 02 CC 02 D8 02		00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00
00000190:	E5 02 F3 02 01 03 10 03	1E 03 2C 03 3B 03 49 03		00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00
000001A0:	57 03 66 03 74 03 84 03	94 03 A5 03 B5 03 C5 03		00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00
000001B0:	D5 03 E5 03 F5 03 06 04	16 04 28 04 3B 04 4D 04		00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00
000001C0:	60 04 72 04 84 04 97 04	A9 04 BC 04 CE 04 E3 04		00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00
000001D0:	F7 04 0B 05 20 05 34 05	49 05 5D 05 72 05 86 05		00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00
000001E0:	9A 05 B2 05 CA 05 E2 05	FA 05 11 06 29 06 41 06		00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00
000001F0:	59 06 71 06 88 06 A4 06	BF 06 DA 06 F6 06 11 07		00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00
00000200:	2C 07 48 07 63 07 7F 07	9A 07 B9 07 D8 07 F6 07		00 00 00 00 00 00 00 00	00 00 00 00 00 00 00 00

Ich wage die Behauptung: das hier sind die im 25MHz-Raster eingetragenen Kalibrierdaten der IF-Unit! Leider endet mein Latein hier. Ich kann nur so viel sagen: bei 27GHz Frequenzumfang und einem 25kHz Raster ergeben sich theoretisch genau 1080 Stützwerte. Die Datei ist bei mir genau 1200Byte groß. Ich weiß nicht, wie viel Byte man braucht, um die Stützwerte im Binärcode abzubilden- das hängt natürlich auch stark von der Auflösung und dem Wertebereich der Stützwerte ab. Aber selbst wenn wir nur 8Bit pro Korrekturwert hätten (also sowas wie +/-127 Halb-dB-Schritte), so könnten wir mit den 1200Byte locker eine 27GHz Kalibriergerade mit 25MHz Stützstellen im Wertebereich +/-63dB und 0,5dB Auflösung erzeugen. Oder +/-32dB mit 0,25dB Auflösung- Oder +/-16dB mit 0,125dB Auflösung. Das klingt doch gut, oder?!!

Fazit also: plausibel! Es könnte genau so sein- das Gedankenmodell jedenfalls lässt diese Vermutung zu!

Wissen tun wir es damit aber trotzdem nicht. Und auch ändern können wir es wohl nicht wirklich. Außer, wir hacken da jetzt wild irgendwelche Hex-Werte rein, spielen die Datei zurück und probieren, was sich verändert hat.

Mal ehrlich?

## 37 Angriff!

Jetzt erst recht!

Eigentlich wollte ich ja nicht, aber nicht zuletzt weil dieser FSEM die B15 Computerfunction-Option mit an Bord hat, reizt es mich doch. Durch die B15 ist der manuelle Zugriff auf die CAL-Dateien auf der zweiten Festplattenpartition sehr einfach möglich. Per Norton Commander und einfachem Diskettenlaufwerk kann ich die DOS-Dateien umkopieren und nach Herzenslust austauschen, ohne dass mich ein "überschlaues" Betriebssystem mich versucht auszu-tricksen.

Das ist eben das, was ich meinte: die Wartung der alten DOS-Geräte ist sowas wie ein Oldtimer. Kein kompliziertes Motorsteuergerät, bei dem niemand mehr genau versteht, was es macht. Nur einfache Vergaser und Unterbrecherkontakte. Alles vielleicht nicht "topmodern"- aber dafür extrem zuverlässig auch in vielen Jahren immer noch problemlos zu reparieren!

Aber legen wir los. Meine Idee: ich pokere etwas und modifiziere wahllos und ohne irgendwelche technischen Hintergrundkenntnisse ein paar Daten in der IF\_FILTER.DAT Datei. Das ist riskant, denn das wahllose Ändern von irgendwelchen Bits könnte sonstwas auslösen (z.B. das Setzen von gegeneinander liegenden Ports auf Ausgang und damit die Erzeugung von Rauchwolken). Trotzdem: ohne Einsatz kein Gewinn, also probieren wir's. Es wird auch (ansatzweise) funktionieren, so viel darf ich schonmal vorausschicken.

Dann werde ich die so modifizierte IF\_FILTER.DAT in den FSEM überspielen und sehen, was die im FSEM bewirkt. Also los.

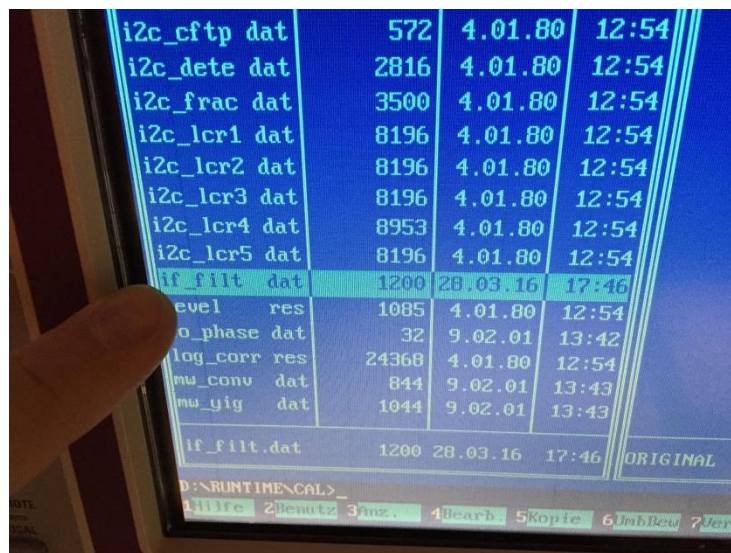


Abbildung 78: Norton Commander auf dem FSEM

## 37.1 Datei IF\_FILT.DAT modifizieren

Für die Bearbeitung von Binär-Dateien im HEX-Format gibt es wohl kaum was Naheliegenderes als der eingebaute Editor eines EPROM-Brenngerätes. Ich habe mir vor einiger Zeit mal einen Batronix EPROM-Brenner gekauft und bin seither sowohl mit Hard- als auch Software sehr zufrieden. Das Programm heißt "Prog-Express" und dient primär zur Ansteuerung des EPROM-Brenners. Den eingebauten HEX-Editor nehme ich, um gezielt ein paar Daten zu modifizieren. Ich entschlief mich für Adresse 0x200 und ändere dort wahllos ein paar Bytes. Wie und wo, überlasse ich dem Zufall. Wichtig ist nur, dass ich überhaupt erkennen kann, dass diese Daten eine Auswirkung auf den dargestellten NoiseFloor FSEM haben werden. Wenn ich das irgendwo sehe, bin ich richtig mit meiner Vermutung!

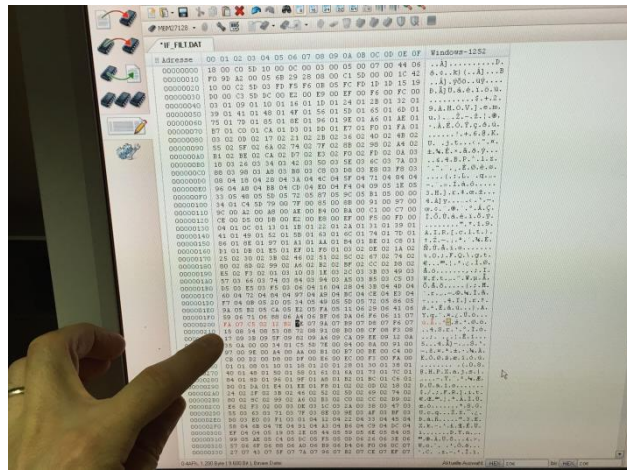


Abbildung 79: da habe ich die Daten geändert

## 37.2 Originale IF\_FILT.DAT retten

Bevor ich aber irgendwas modifiziere, rette ich explizit noch einmal die originalen Daten aus der Baugruppe. Mit der Service-Funktion 2.26.3.0 veranlasst man den FSEM dazu, die Kalibrierdaten aus der IF-Filter Baugruppe abzurufen und als IF\_FILT.DAT auf die Festplatte zu schreiben (D:\RUNTIME\CAL\IF\_FILT.DAT).

Ein kleiner Schriftzug im Display des FSEM bestätigt den Erfolg des Auslesens und danach verschiebe ich diese Datei per NortonCommander in eine sichere Ecke der Festplatte.

## 37.3 Modifizierte IF\_FILT.DAT einspielen

Nun schiebe ich die mittels HEX-Editor modifizierte Datei an genau die Stelle, wo vorher die originale Datei lag (D:\RUNTIME\CAL\IF\_FILT.DAT. )

## 37.4 modifizierte IF\_FILT.DAT ins EEPROM

Das alleine reicht aber noch nicht, dass diese Daten verwendet werden. Die Daten aus der IF\_FILT.DAT müssen erst noch in das EEPROM der Baugruppe geladen werden! Das erledigt die Servicefunktion 2.26.3.1.

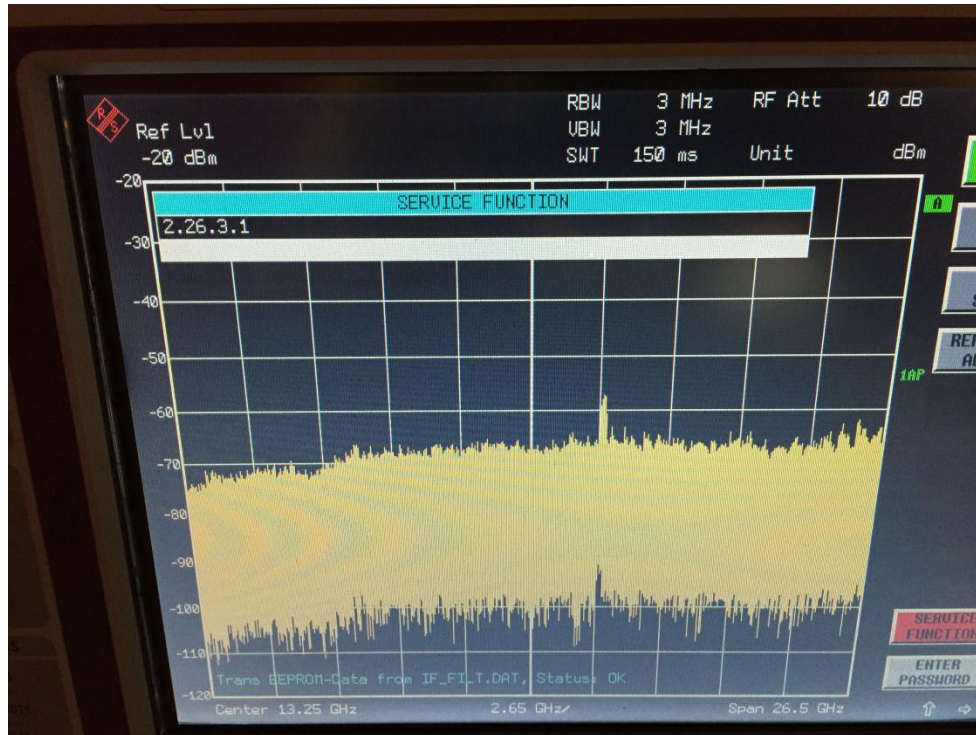


Abbildung 80: Servicefunktion zur Übernahme der Daten ins Baugruppen-EEPROM

## 37.5 Reboot - tut gut

Nun muss der FSEM noch ein- und ausgeschaltet werden, damit die neuen EEPROM-Daten auch verwendet werden.

Und nun: Enttäuschung!

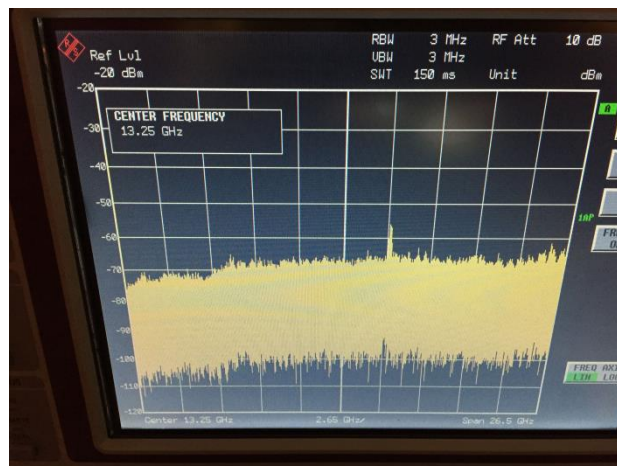


Abbildung 81: man sieht erstmal nix....

In der normalen Ansicht 0..26,5GHz sieht man erstmal nix. Aber vielleicht ist die Änderung ja erst zu sehen, wenn man reinzoomt?

Ich untersuche also den gesamten Frequenzbereich in 1GHz-Häppchen. Um den Noisefloor etwas "schärfer" zu machen, benutze ich das Averaging im TRACE-Menü.

Und diese da: auf einmal finde ich was! Im Bereich 6..7GHz sieht doch was auffällig aus! Also nochmal reinzoomen:

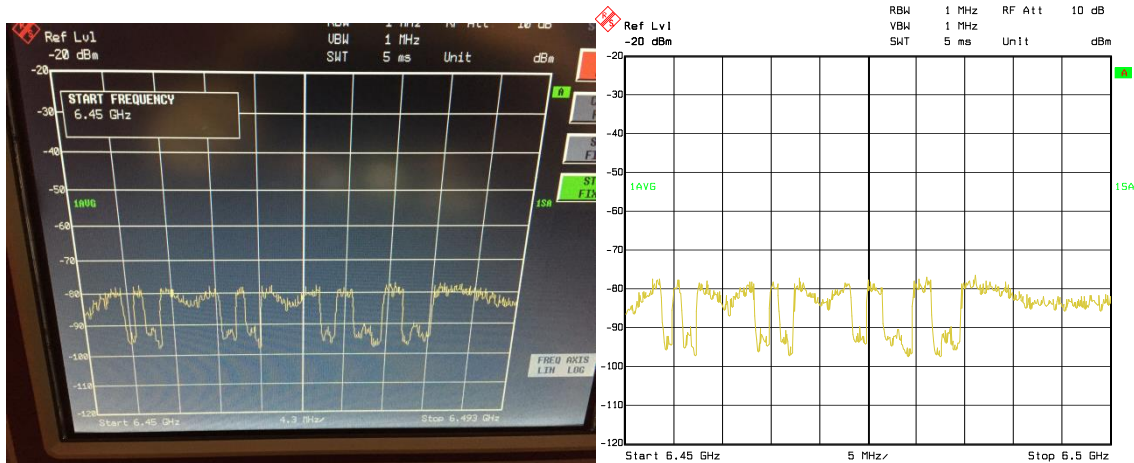


Abbildung 82: Na, das sieht doch "künstlich" aus! (links Realbild, rechts Screenshot)

Ich zoome nochmal etwas hinein:

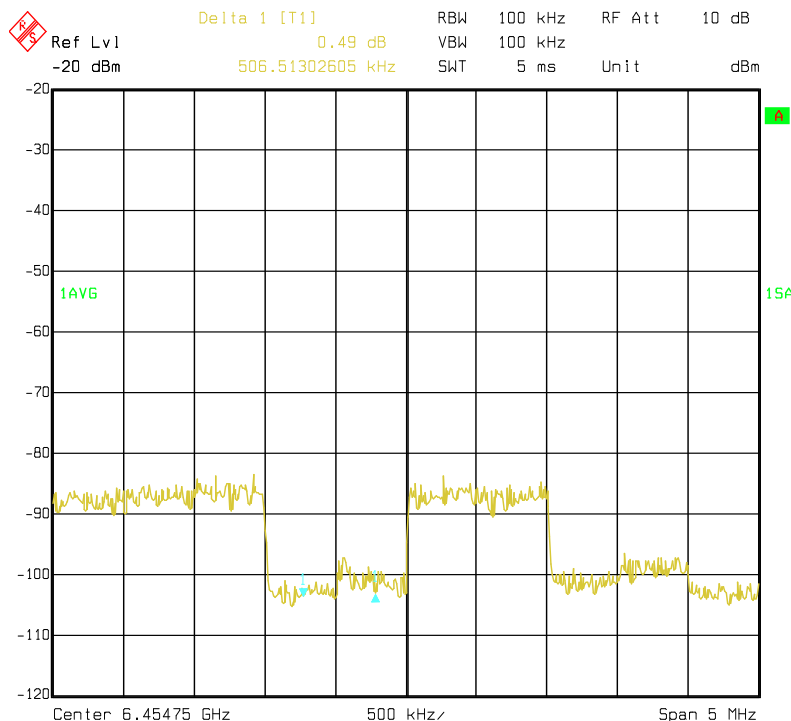


Abbildung 83: Detailansicht

Mit den Delta-Markern erlebe ich eine kleine Überraschung: die Schrittweite der einzelnen Stützstellen scheint hier viel enger zu sein - nämlich 500kHz - und nicht 25MHz wie im oberen GHz-Bereich!

Ein unterschiedliches Raster macht die Auswertung des Binärfiles natürlich nicht einfacher. Inzwischen konnte ich sogar Bastlerfreund Dennis dazu ermuntern, sich mit der IF\_FILT.DAT zu beschäftigen. Ein erstes Einlesen der Daten in Excel sieht so aus:

BILD

Das ist eine Interpretation der Daten als 8Bit-Werte. Aber ob das stimmt?

## 38 Wer, wie was

Im letzten Kapitel haben wir bewiesen, dass eine Änderung der IF\_FILT.DAT tatsächlich Einfluss auf die Pegel-Kalibrierung des Analyzers hat. Wir wissen zwar noch nicht, WO und WIE, aber wir wissen schonmal, DASS.

Der nächste logische Schritt wäre nun, gezielt nur ein einziges Byte zu ändern. Damit könnte man herauskriegen, welchen Wertebereich man zur Verfügung hat (wieviel dB entspricht der Wert "00" und wieviel dB "FF") und auch genau WO auf der X-Achse man welche Frequenz mit welcher Adresse der IF\_FILT.DAT beeinflusst.

Ich mache also Folgendes:

Ich schreibe an Adresse 0x100 eine "00".

An die Adresse 0x101 kommt eine "FF".

Die Datei wird wieder auf den FSEM geladen und per Servicefunktion ins EEPROM der Baugruppe geschossen.

Das hätte ich man lieber nicht machen sollen.

Direkt nach dem Hochfahren bleibt der FSE stehen. Ich kann keine Taste mehr drücken, kein Trace ist mehr sichtbar, keine Reaktion mehr auf irgendwas. Ich werde blass. Ich habe einen FSEM getötet!

## 39 Notaufnahme

Nur mit allergrößter Not (Booten mit gedrückter Punkt-Taste) und Zurücksetzen der Original-einstellungen gelingt es mir, den Analyzer wieder ins Leben zurück zu holen. Ich atme auf- aber das war mir eine Lehre!

Ich spiele sofort die originale IF\_FILT.DAT zurück und lasse eine TOTAL-Kalibrierung durchlaufen. Wie ich schon eingangs sagte, ist das Herumfummeln an Binärdateien ein echtes Risiko. Wenn man nicht ganz genau weiß, was man da tut, kann man hier viel heile- aber auch viel kaputt machen. Bei mir ging es gerade noch einmal gut; aber diesen Schuss vor den Bug habe ich verstanden. Ich werde ab sofort meine Griffel von der Datei lassen und - wenn überhaupt- es "ordentlich" machen.

## 40 Zwischenstand

Es sind einige Tage vergangen seit meiner Messung aus dem letzten Kapitel. Ich habe mir bewusst etwas Zeit zum Durchatmen gelassen, damit ich auf andere Gedanken -und damit vielleicht auf neue Ideen- komme.

Und so war es dann auch. Nach ein paar Walddläufen, ein paar Tagen mit dem Fahrrad zur Arbeit und etwas Frischluft, hatte ich die Birne wieder so frei, dass sie mir einen (endlich Endzielführenden) Ansatz lieferte.

## 41 Neuanfang

Den Ansatz mit dem Modifizieren irgendwelcher Binärfiles habe ich inzwischen verworfen. Der Schreck mit dem zwischenzeitlich nicht mehr bootenden Analyzer hat mir gezeigt, dass ziellose Aktivitäten manchmal mehr Schaden anrichten können, als sie nützen. Ich gehe nun einen anderen Weg.

Ich blättere in dem Service-Manual und den dort beschriebenen Servicefunktionen. Und schließlich finde ich den lang gesuchten Schlüssel zu meinem Problem: für die meisten Baugruppen kann man dort eine spezielle Servicefunktion nachlesen, mit der man bestimmte "EEPROM"-Korrekturwerte auslesen und schreiben kann. Das ist doch genau das, was ich brauche!!!

Der Rohde&Schwarz Customer Support hatte in einem Telefonat mal erwähnt, dass das YIG-Filter eine sauber abgestimmte Abstimmkurve hätte und auch dort eine Frequenzgangskorrektur stattfände (zumindest hatte ich das so verstanden). Also starte ich damit: Baugruppe "MW YIG Filter" mit dem Service-Code 2.17

Ziel: Auslesen aller EEPROM-Werte, grafische Darstellung dieser Werte entlang einer Frequenzachse und dann beobachten, ob es bei 16GHz eine Auffälligkeit ergibt.

## 42 R&S BASIC

In Zeiten der vernetzten Welt, Apps und Flashplayern mag mein jetziger Ansatz etwas antiquiert klingen. Aber er ist maximal effizient und minimal störanfällig: ich benutze das R&S-BASIC!!

Dazu braucht man nichts weiter als einen alten DOS-Rechner (z.B. 486er mit MS-DOS 6.22) und eingebauter IEC-Bus Karte (z.B. PC2A von NationalInstruments). Weil ich weiß, wie kostbar sowas in heutiger Zeit ist, schmeiße ich so alte Technik nie weg, sondern habe IMMER einen solchen Rechner bei mir am Start.

Das R&S-BASIC ist eine von Rohde&Schwarz entwickelte BASIC Programmiersprache und schon ziemlich alt. Der Editor verwendet noch Zeilennummern und unter MS-DOS kriege ich leider auch nicht gleichzeitig das BASIC und den deutschen Tastatursatz zum Laufen, also arbeite ich mit englischem Zeichensatz und male mir die (englischen) Zeichen zusätzlich mit Filzstift auf die (deutsche) Tastatur.

Und genau so lege ich los. Ein paar alte R&S Programme, die ich auf Festplattenimages alter R&S-Industrierechner gefunden hatte, dienen mir als Lernhilfe. Schnell erkenne ich, wie mächtig (und einfach zugleich!) das R&S BASIC ist. Mit wenigen Befehlen kann man per IEC-Bus ganze Messgerätestürme steuern. Ich erinnere mich an meine alte SMPU-Zeit und die ersten Versuche von Messgerätesteuerung mit einem alten Commodore CBM-Rechner. Es ist fast wie früher :-)

Ich erstelle mir erstmal ein paar Testprogramme und probiere damit herum. Das unten in Abbildung 84 ist ein kleines Beispiel, wie kurz solche Programme sein können.

```

10 '-----
20 'Programm zum Auslesen der Kalibrierwerte aus der RF-Unit
30 'fuer Rohde&Schwarz FSED auf IEC-Kanal 20, 10..7000MHz
40 'M. Michalzik, APR2016
50 '-----
100 'Hauptschleife
110 FOR N=2 TO 1400
120   Freq=N*5
130 REM IEC OUT 20,"DIAG:SERV:FUNC? 2,11,22, "+STR$(N)
140 REM IEC IN 20,Serv$: Bgdat=VAL(Serv$)
150   PRINT "N: ";N;"   Freq: ";Freq;" MHz  Wert: ";Wert
160   PRINT "N: ";N;"   Freq: ";Freq;" MHz  Wert: ";Wert
170   HOLD 100
180 NEXT N
READY

```

EDITMODE RUN CONT LISTe LOAD"e SAVE"e HELPe  
OFF F2 F3 F4 F5 F6 F7

Abbildung 84: erste Versuche in R&S-BASIC

Hinweis: für alle die, die nun das Programm einfach abtippen und selber verwenden wollen: so funktioniert es bewusst (noch) nicht! Warum? Bedenkt bitte: Rohde&Schwarz kalibriert im Kundenauftrag FSE-Geräte und das ist eine Dienstleistung, mit der einige Servicemitarbeiter ihr Geld verdienen und ihre Familien versorgen. So soll es auch weiterhin bleiben und ich möchte nicht dazu beitragen, dass diese Leute durch meine selbstgetippten Programme irgendwann noch arbeitslos werden (oder zumindest auf mich schimpfen, weil ich ihnen damit zahlende Kundschaft wegnehme). Also: der Screenshot oben zeigt grundsätzlich den Weg, wie man Kalibrierwerte aus einem FSE ausliest- es fehlt aber noch was und das werde ich hier bewusst nicht verraten. Für die Bastler an Euch ein Tipp: alle Informationen stehen im Service Manual drin und mit etwas Probieren kriegt ihr es sicher auch alleine raus.

## 43 Kalibrierwerte auslesen

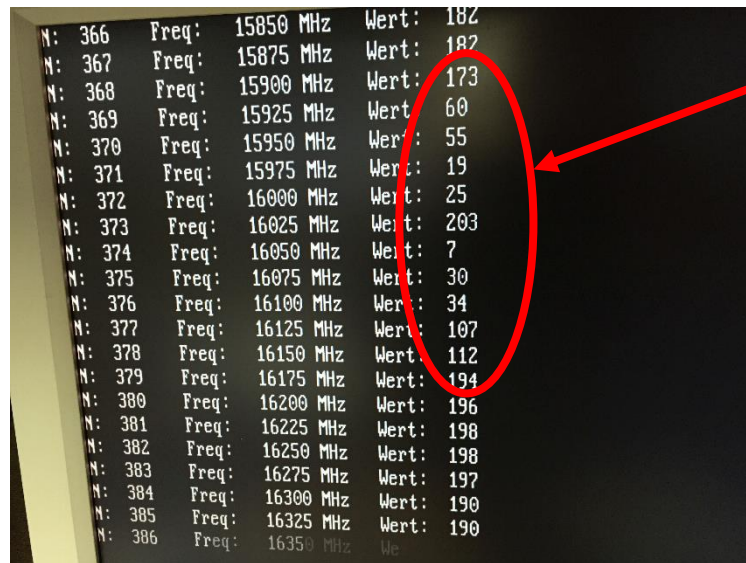
Aus den oben genannten Gründen gehe ich hier also nicht weiter ins Detail, sage aber immerhin so viel: mit diesem BASIC-Programm kann ich die EEPROM-Kalibrierdaten der Baugruppe "MW YIG Filter" auslesen. Das geht übrigens auch manuell mit der Servicefunktion 2.17.20.x (x = Adresse des Korrekturwertes)!

Ich mach es aber mit meinem BASIC-Programm und heraus kommt das hier:

N: 150	Freq: 10450 MHz	Wert: 168
N: 151	Freq: 10475 MHz	Wert: 168
N: 152	Freq: 10500 MHz	Wert: 171
N: 153	Freq: 10525 MHz	Wert: 174
N: 154	Freq: 10550 MHz	Wert: 181
N: 155	Freq: 10575 MHz	Wert: 181
N: 156	Freq: 10600 MHz	Wert: 185
N: 157	Freq: 10625 MHz	Wert: 182
N: 158	Freq: 10650 MHz	Wert: 183
N: 159	Freq: 10675 MHz	Wert: 181
N: 160	Freq: 10700 MHz	Wert: 181
N: 161	Freq: 10725 MHz	Wert: 181
N: 162	Freq: 10750 MHz	Wert: 178
N: 163	Freq: 10775 MHz	Wert: 178
N: 164	Freq: 10800 MHz	Wert: 172
N: 165	Freq: 10825 MHz	Wert: 173
N: 166	Freq: 10850 MHz	Wert: 173
N: 167	Freq: 10875 MHz	Wert: 170
N: 168	Freq: 10900 MHz	Wert: 168
N: 169	Freq: 10925 MHz	Wert: 169
N: 170	Freq: 10950 MHz	Wert: 169

Abbildung 85: die Werte prasseln über den Bildschirm!

Nur kurz danach halte ich diesen wichtigen Moment mit dem Fotoapparat fest:



N: 366	Freq: 15850 MHz	Wert: 182
N: 367	Freq: 15875 MHz	Wert: 182
N: 368	Freq: 15900 MHz	Wert: 173
N: 369	Freq: 15925 MHz	Wert: 60
N: 370	Freq: 15950 MHz	Wert: 55
N: 371	Freq: 15975 MHz	Wert: 19
N: 372	Freq: 16000 MHz	Wert: 25
N: 373	Freq: 16025 MHz	Wert: 203
N: 374	Freq: 16050 MHz	Wert: 7
N: 375	Freq: 16075 MHz	Wert: 30
N: 376	Freq: 16100 MHz	Wert: 34
N: 377	Freq: 16125 MHz	Wert: 107
N: 378	Freq: 16150 MHz	Wert: 112
N: 379	Freq: 16175 MHz	Wert: 194
N: 380	Freq: 16200 MHz	Wert: 196
N: 381	Freq: 16225 MHz	Wert: 198
N: 382	Freq: 16250 MHz	Wert: 198
N: 383	Freq: 16275 MHz	Wert: 197
N: 384	Freq: 16300 MHz	Wert: 190
N: 385	Freq: 16325 MHz	Wert: 190
N: 386	Freq: 16350 MHz	Wert: 190

das sieht aber komisch aus!!! Bei genau 16 GHz!

Abbildung 86: jetzt wird es spannend!

Na, hier bin ich doch definitiv auf der richtigen Fährte. Mein kleines Programm speichert mir die so gewonnenen Werte in eine kleine csv-Datei. Die wiederum spiele ich mir auf eine 1,44MB Diskette (ja, sowas habe ich noch :-)) und importiere das in Excel.

Und staune:

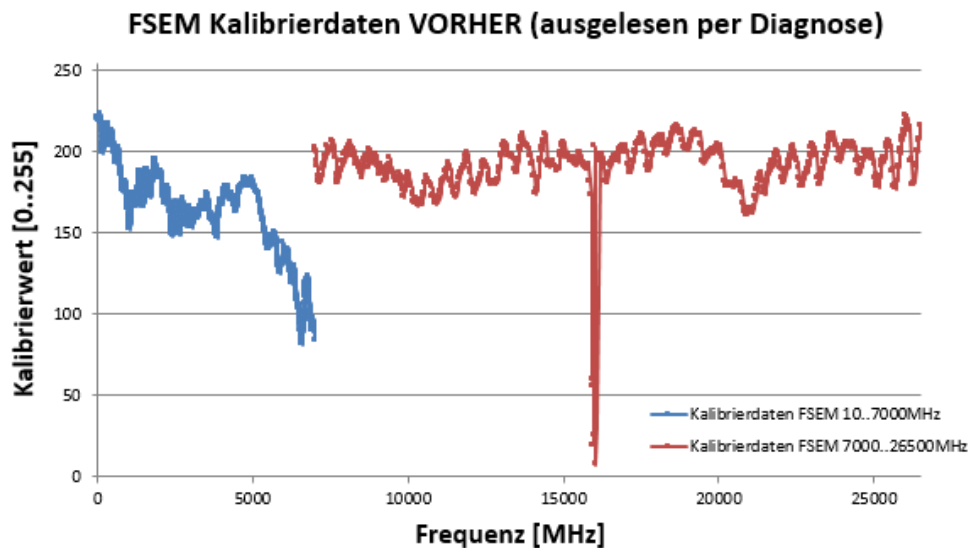


Abbildung 87: Kalibrierdaten des FSEM

Ich glaube, den Dip bei 16GHz kann man ja wohl nicht übersehen....

Beim Hineinzoomen wird es noch deutlicher:

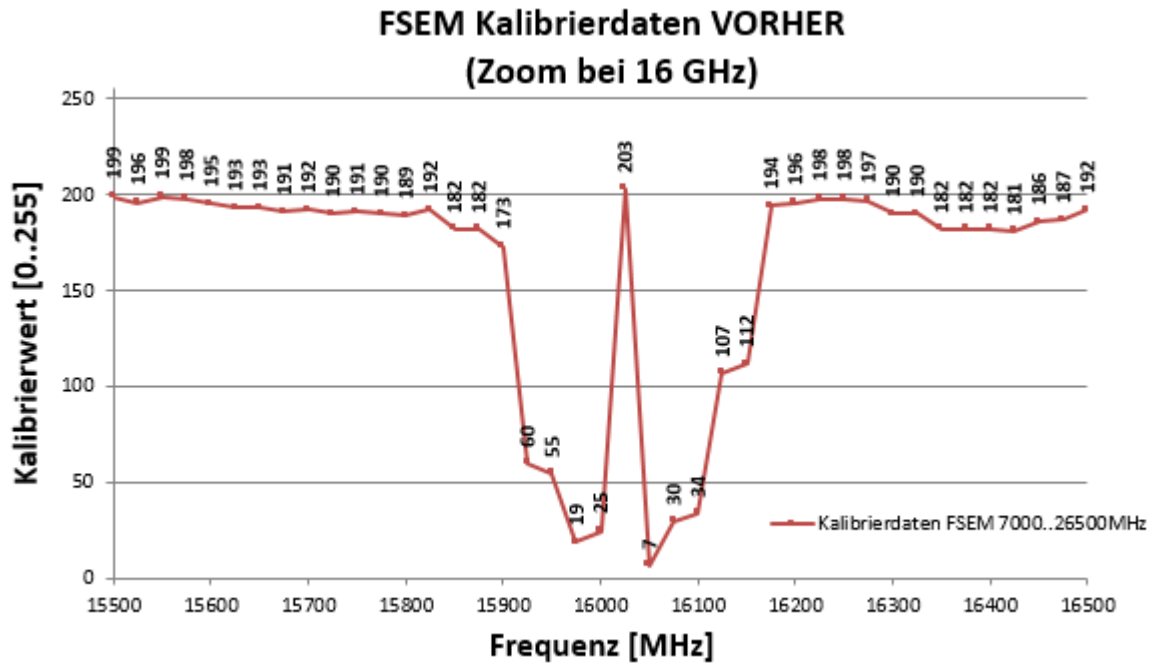


Abbildung 88: Kalibrierdaten (Zoom)

Ich habe keine Ahnung, was wohl damals beim Kalibrieren schief gelaufen ist. Vielleicht wurde der FSEM ja auch nie kalibriert, oder irgendjemand hat daran herumgefummelt, eine Servicefunktion verwechselt (oder bewusst manipuliert?), aber ich kann Euch sagen: das da sieht nicht original aus! Eine so extreme Kurve kann nicht richtig sein.

Und das ist sie auch nicht. Warum, zeigt Euch Bastlerfreund Dennis.

## 44 Kaffeebesuch

Dennis ist in meinen Augen ein richtiges Reparaturgenie. Mit seiner extrem schnellen Auffassungsgabe repariert er Messgeräte in derartiger Geschwindigkeit, dass ich nur voller Respekt meine Augenbrauen hochziehen kann. Wir pflegen so etwas, was man als lockere Brieffreundschaft bezeichnen könnte und dieser Kontakt manifestierte sich nun tatsächlich sogar in einem persönlichen Besuch bei mir im Messgeräte Keller.

Als guter Gast hatte Dennis etwas ganz Besonderes mit dabei: einen HP8673- also einen waschechten 18 GHz Signalgenerator!

Auf diese Gelegenheit hatte ich die letzten Wochen vergeblich gewartet: mit diesem Generator war er mir möglich, endlich zu überprüfen, ob mein FSEM im hohen GHz-Bereich überhaupt ordentlich anzeigt und auch, wie er sich an der 16GHz-Stelle verhält.

Ich holte meinen stabilsten Rolltisch und wir bauten das Folgende auf:

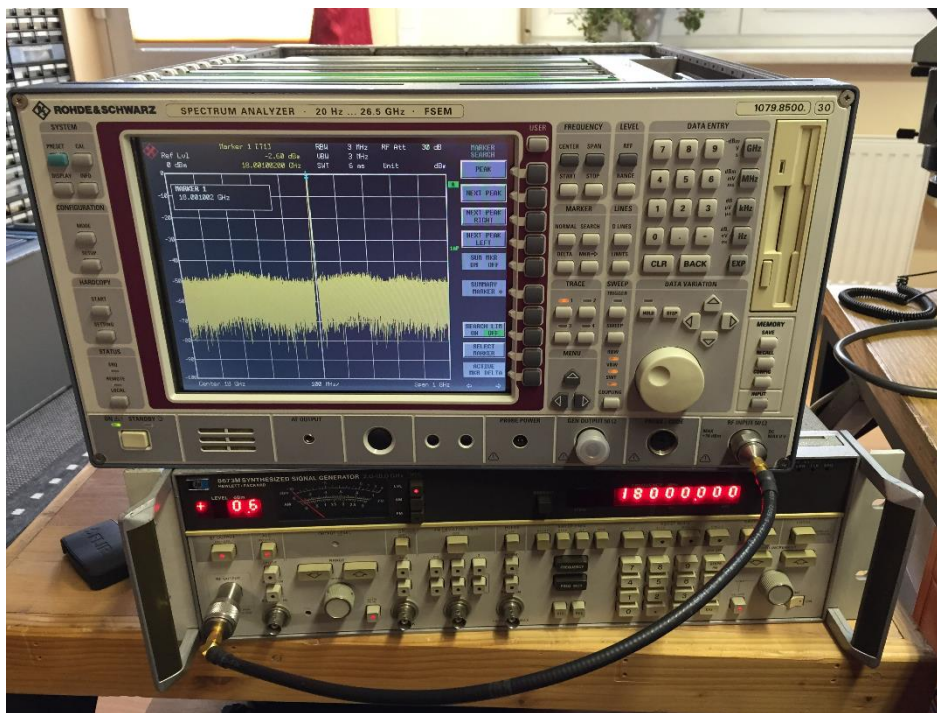


Abbildung 89: FSEM mit HP8673M

Den Pegel prüften wir vorher mit einem 18GHz Diodenmesskopf und meinem NRVS.

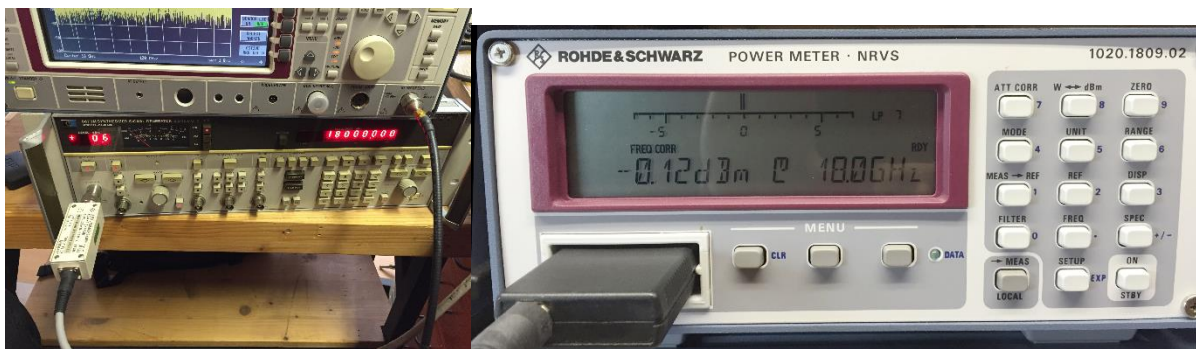


Abbildung 90: Pegelprüfung bei 18GHz

## EINSCHUB

Ich weiß, dass man \*ganz\* genaue Pegelmessungen mit einem Precision Resistive Divider (z.B. HP 11667 oder Weinschel 1870A) und parallel angeschlossenen Leistungsmesskopf durchführt. Nur dann kann man relativ sicher sagen, welchen Pegel der Analyzer nun genau an seinem Eingang sieht. Damit Ihr wisst, dass ich nicht nur "schnacke", sondern sowas auch machen kann, das folgende Bild als Beweis.



Abbildung 91: so würde man diese Messung eigentlich richtig machen

Bei meinem ersten Versuch ist solch eine Genauigkeit allerdings gar nicht gefordert, daher spare ich mir diesen Aufwand.

## AUSSCHUB

Mein Gesicht jedenfalls strahlt wie das eines Kindes, das gerade eine Tüte Bonbons geschenkt bekommen hat: mein FSEM zeigt den 0dBm/18GHz-Träger als -2,4dBm an- für eine "Mal eben schnell"-Messung mit nicht kompensiertem Signalkabel bei 18GHz ein super Messwert!

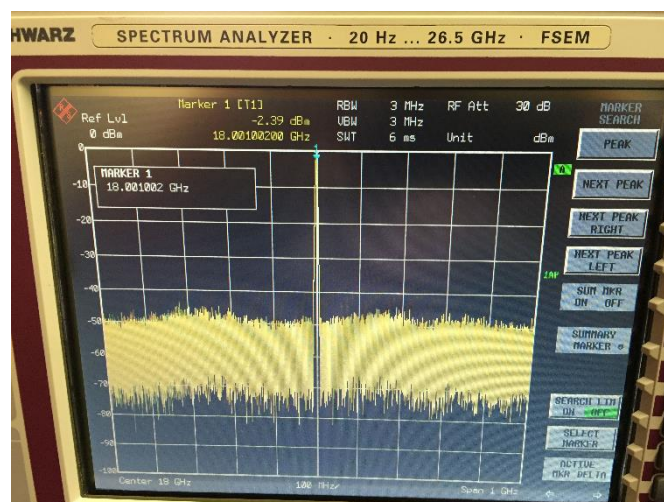


Abbildung 92: FSEM mit 18GHz Testsignal

Ich darf also tatsächlich davon ausgehen, dass das HF-Frontend in meinem FSEM heile ist!  
Ich variere sowohl die Frequenz als auch die Leistung- aber der Analyzer zeigt brav alle Pegel und Frequenzen an!

Sogar bei dem winzigen Pegel von -120dBm kann der FSEM -dank der FFT-Filter- noch einen sauberen Messwert zur Anzeige bringen. Sämtliche Unterschiede zwischen dem den HP Signalgenerators und der FSEM-Anzeige sind durchweg kleiner als 2dB. Also absolut glaubhaft!

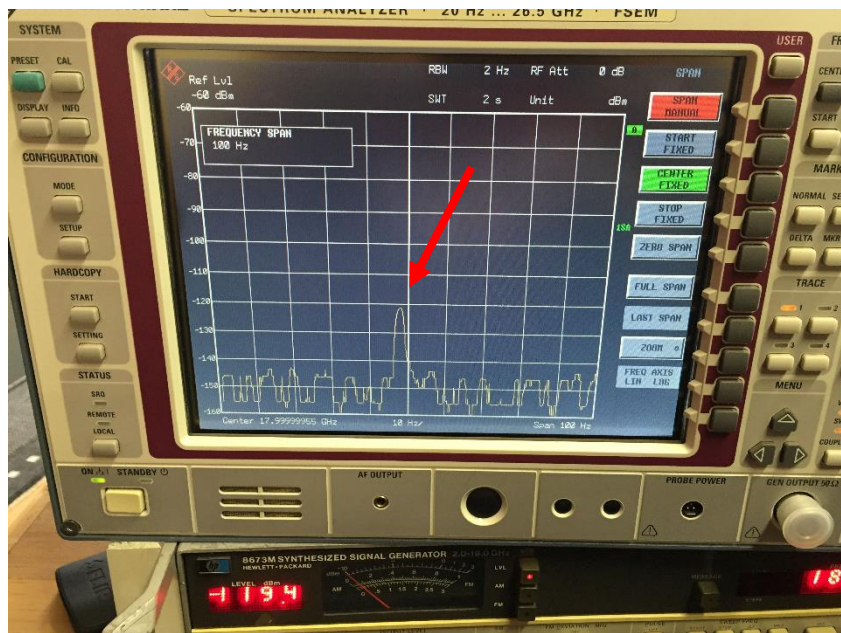


Abbildung 93: -120dBm bei 18GHz

Nun wird es aber interessant: wie verhält sich der FSEM, wenn man ihm genau bei der 16,025GHz-Stelle ein Signal hinstellt? Überraschung: das 0dBm-Signal wird mit ebenfalls -2,4dBm Pegel gemessen. Also ohne Auffälligkeit....hmmm....und wie ist links und rechts?

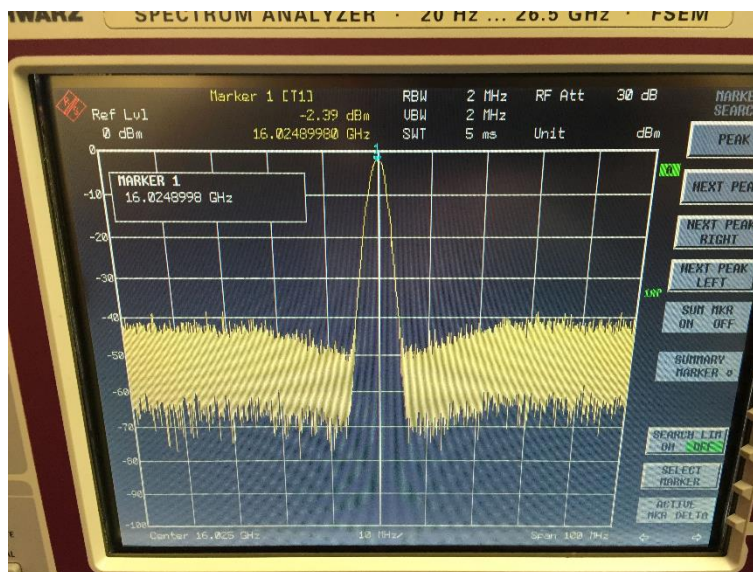


Abbildung 94: Testsignal bei genau 16,025GHz

Jetzt kommen wir der Sache schon näher:

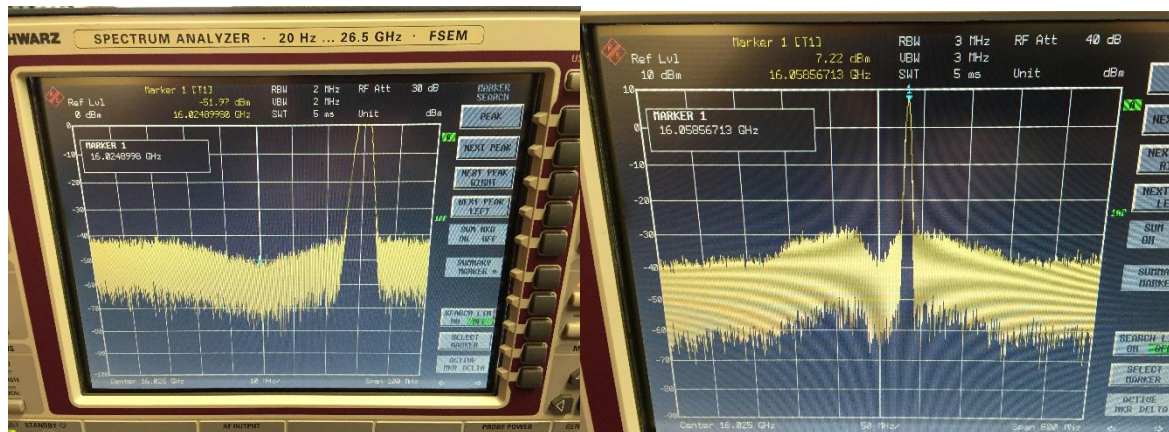


Abbildung 95: große Ungenauigkeit rechts daneben

Mit einem angezeigten Pegel von +7,2dBm misst der FSEM an dieser Stelle mindestens über 7dB zu hoch! Dasselbe Verhalten auch links neben der Dellen-Stelle (< 16,025GHz).

In größerem Abstand zur Dellen-Stelle stimmt die Anzeige dann wieder- es handelt sich also wirklich nur um ein Problem, das eng um die 16,025GHz-Stelle herum auftritt.

Noch eine Erkenntnis: speist man dem FSEM bewusste ein Signal an der Stelle ein, an der falsch misst (also die +7,2dBm anzeigt statt 0dBm), variiert dann aber den Signalpegel, so stellt man fest, dass zwar der Absolutpegel falsch ist, aber die Pegeländerung jedoch korrekt gemessen wird! Will sagen: bei Pegelreduzierung um 10dB am Generator werden aus den falschen +7,2dBm dann folgerichtige -2,8dBm! Bedeutet: der logarithmische Detektor arbeitet selbst an der Fehlstelle einwandfrei!

Diese Erkenntnis ist sehr wichtig und untermauert unsere Hypothese einer verkorkten Frequenzgangskalibrierung.

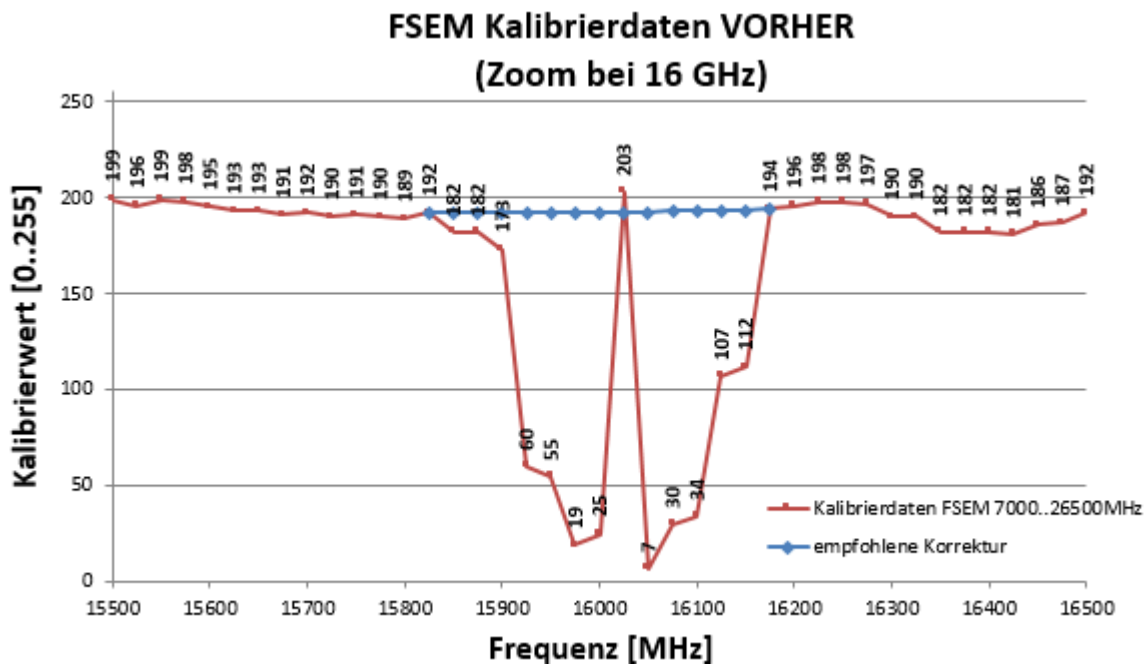
## 45 Zurück zur Kalibrierung

Nun haben wir endlich alle Spielkarten und können das Bild zusammensetzen. All unsere Erkenntnisse spiegeln die verkorkste Kalibrierkurve aus Abbildung 88 wieder:

in der Dellen-Mitte bei 16,025GHz zeigt der Analyzer nahezu "richtig" an. Das passt zum Wert "203" in der Mitte des Kurvenzugs (Abbildung 88), der auf ähnlichem Niveau liegt wie seine Stützwerte weit links und rechts entfernt (ca. 185..190).

Signalpegel, die jedoch sehr dicht nahe der Mitte liegen, werden durch die kleinen Stützwerte sehr stark beeinflusst. (Man scheint offensichtlich bei der Kalibrierung eine Dämpfung einzustellen, keine Verstärkung!). Werte von 19, 25 oder gar der 7 führen zu einer starken Erhöhung der Anzeigewerte an diesen Frequenzstellen. Da das auch das Grundrauschen betrifft, zeigen sich hier die beiden Beulen links und rechts der Delle.

Wir lernen: die Kalibrierkurve (Abbildung 88) ist genau die Inverse des resultierenden Frequenzgangs. Wenn ich die verkorksten Stützstellen irgendwie begradigen könnte, z.B. so,....(siehe in blau)



...dann hätte ich bei 16,025GHz zwar vielleicht keine herstellenseitig ausgemessene Werkgengenauigkeit garantiert; aber zumindest die offensichtlich komplett falschen Stützwerte eliminiert. Denn selbst eine einfache Gerade als Verbindung zwischen den beiden Seiten kommt der Wahrheit mit Sicherheit um Größenordnungen näher als das verkorkste Gebilde, was dem FSEM bislang dort (fälschlicherweise?) eingegeben wurde.



Mit jeder Eingabe einer neuen Stützstelle glättet sich die Delle Stück für Stück:

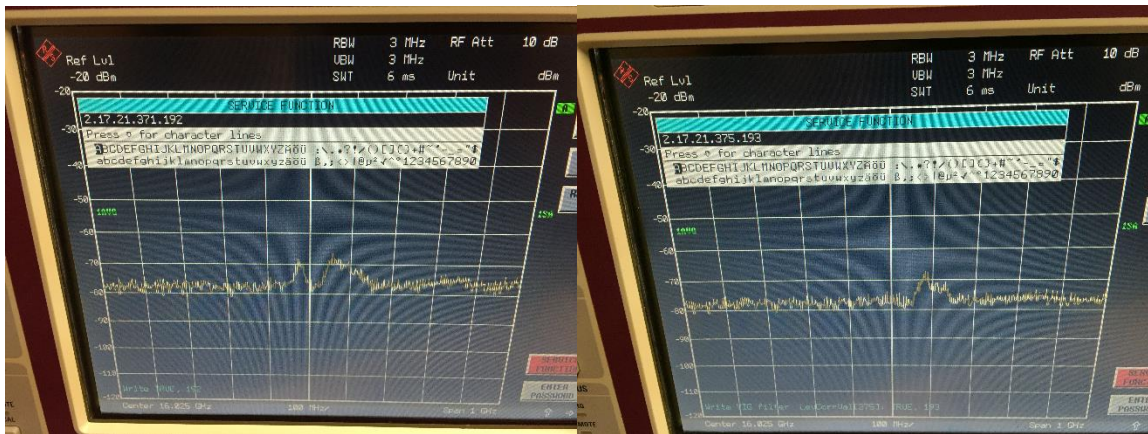


Abbildung 99: die Delle schwindet...

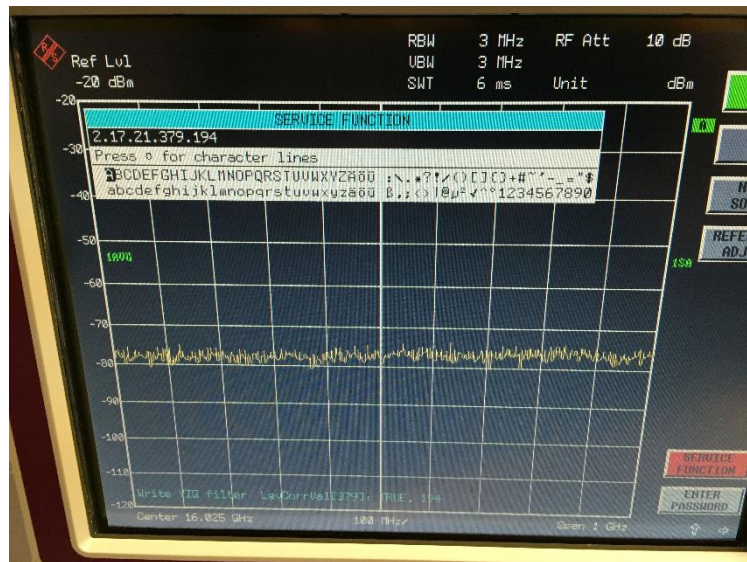


Abbildung 100: ... und ist schließlich weg! :-)

Mit der Servicefunktion 2.17.5 werden die so neu programmierten Stützstellen schließlich ins EEPROM geschrieben und damit persistent gespeichert.

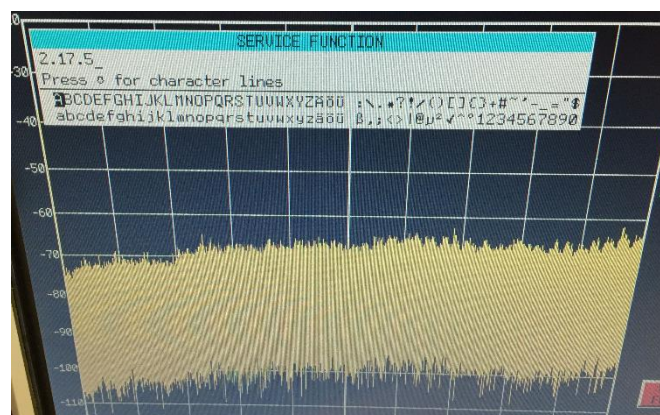


Abbildung 101: Daten ins EEPROM der Baugruppe schreiben

## 47 Sieg über 16GHz

Was soll ich Euch sagen..... Weg! :-)

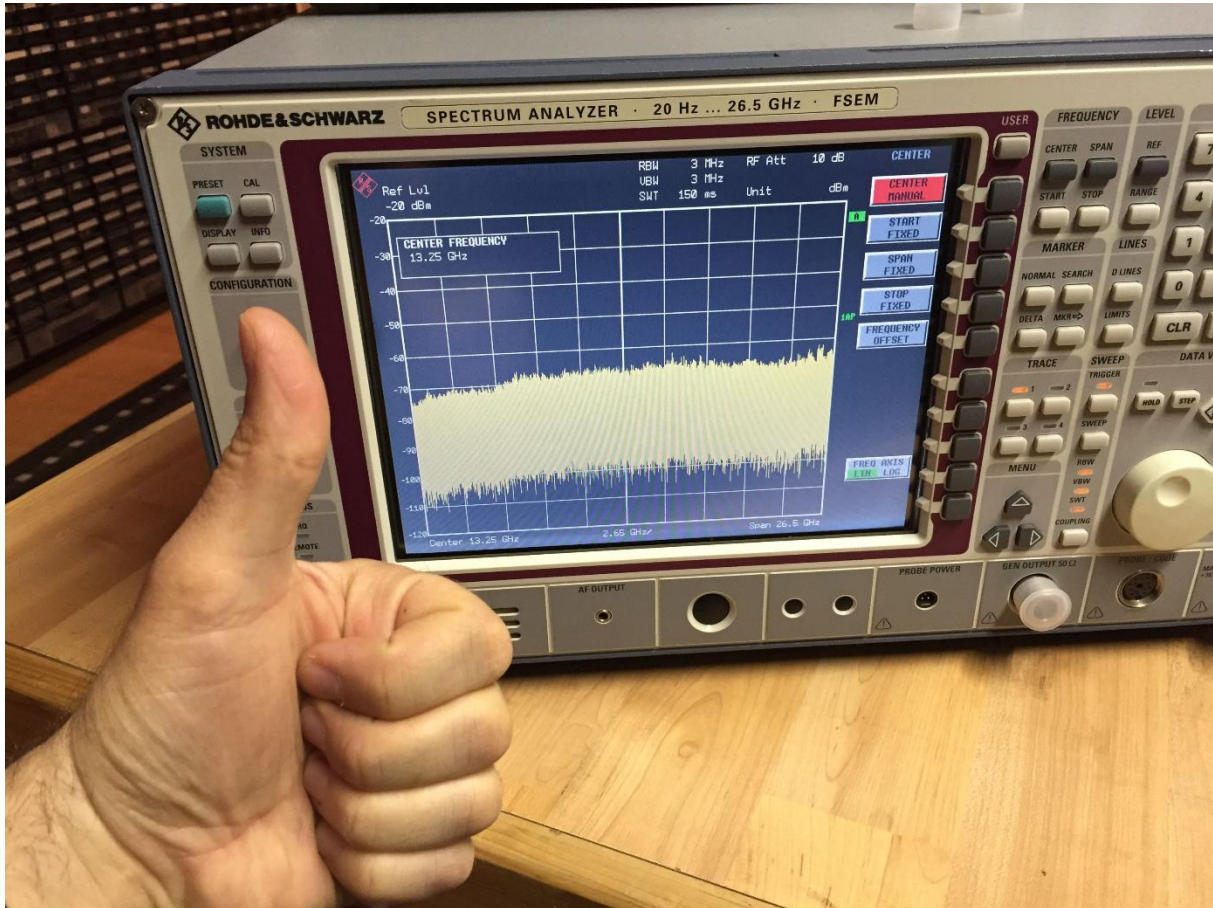


Abbildung 102: keine Delle mehr bei 16GHz

## 48 Tracking-Generator

Es wird dringend Zeit für das Sahnehäubchen dieses Gerätes: den 7GHz Tracking-Generator! Dringend deshalb, weil mich bereits die Ersten von Euch ungeduldig anmailen und wissen wollen, wann der großspurig von mir angekündigte FSEM-Bericht endlich online gestellt würde.

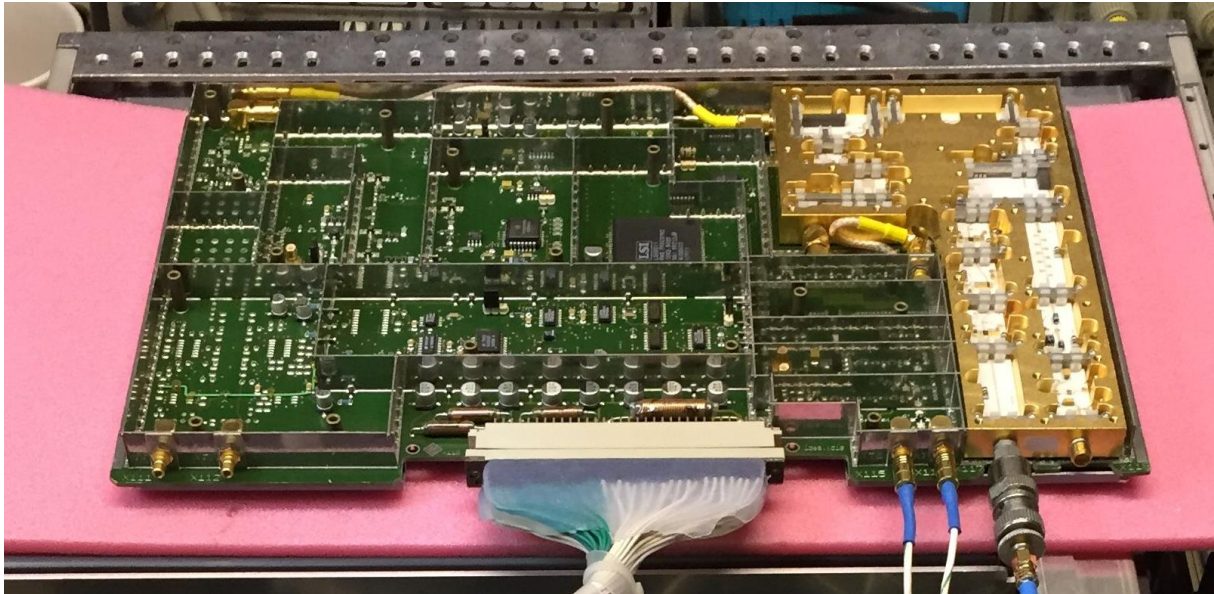


Abbildung 103: der Tracking-Generator im FSE

Das Projekt "Trackinggenerator für Marc" beginnt ungünstig. Ich habe keinerlei Unterlagen für diese Baugruppe. Und sogar das "intensiv-Suchen" des Rohde&Schwarz Customer Service-Centers bringt dieses mal leider kein Ergebnis. Ich bin auf mich allein gestellt!

Also, wie gehe ich dieses Thema richtig an?

Sage ich Euch: mit einer Schnittstellenanalyse.

Ich untersuche zuerst alle extern verbundenen Signale und leite mir daraus sowas wie ein Blockschaltbild ab. Anhand dieses Blockdiagramms kann ich Zusammenhänge besser verstehen und möglicherweise sogar Schlussfolgerungen ziehen oder mir ganze Prüfkonzpte ausarbeiten.

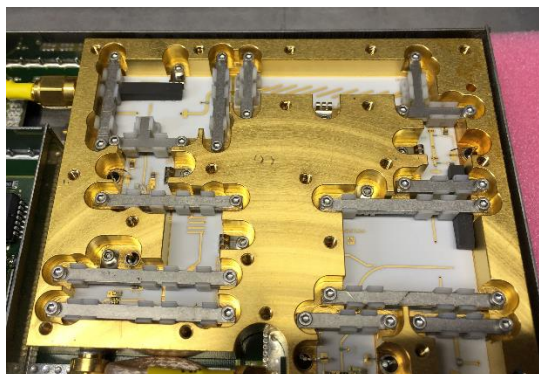


Abbildung 104: wieder die geile GHz-Technik, die wir bereits vom HF-Frontend her kennen

Nach kurzer Zeit kritzele ich mir das da in mein Laborbuch:

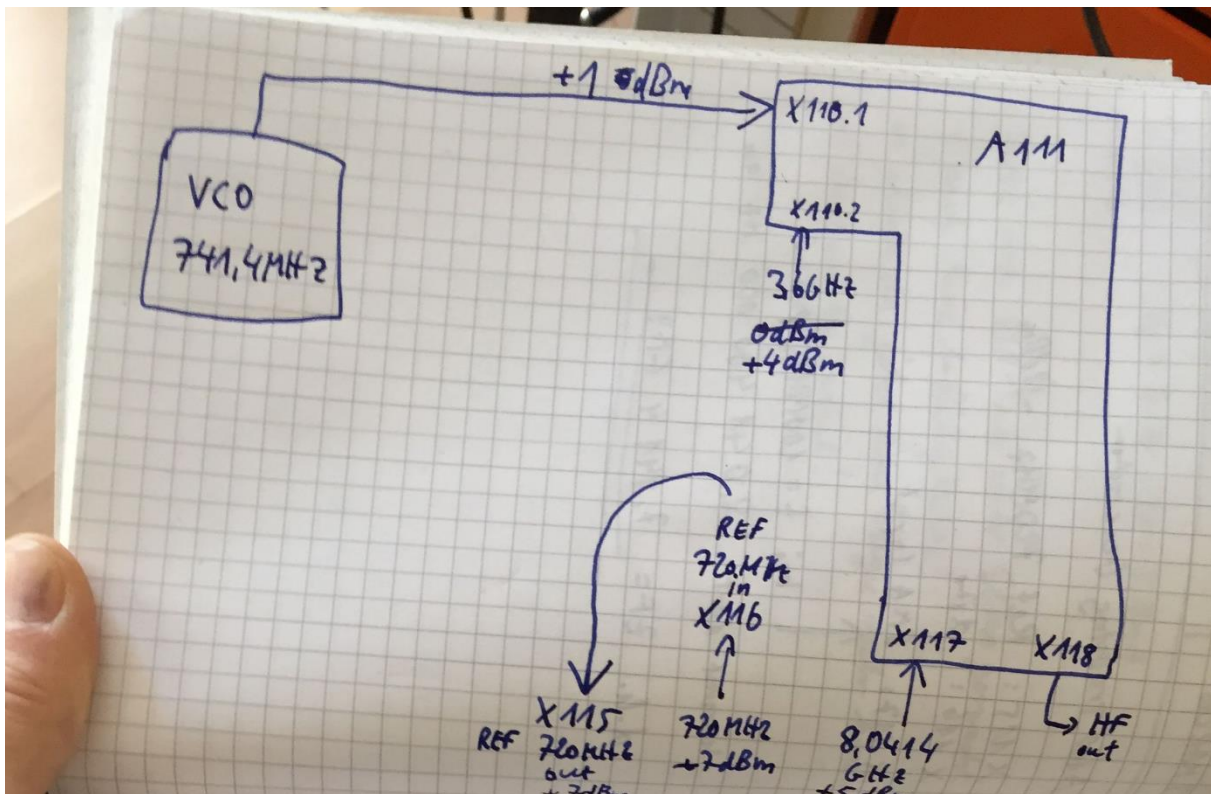


Abbildung 105: mein einfaches "Blockschaltbild"

Ich habe keine Ahnung, ob die Signale, die ich mir da zusammengemessen habe, wirklich korrekt sind oder nicht. Ich kann nur vermuten.

Die 720MHz Referenz, die mit +7dBm in Buchse X116 eingespeist wird, verlässt die Baugruppe mit ebenfalls +7dBm wieder an Buchse X115. Das erscheint mir erstmal plausibel.

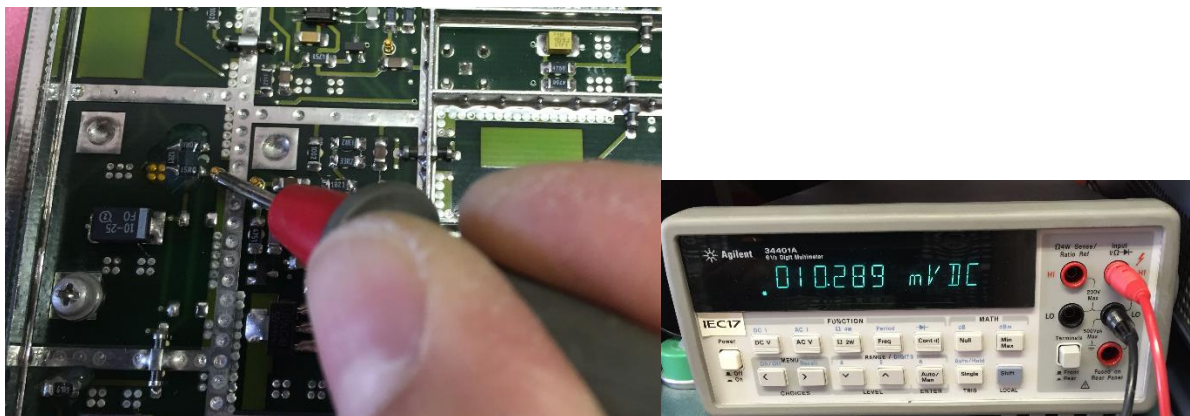
Aus den 720MHz erzeugt der Trackinggenerator ein 3,6GHz-Signal, das mit +4dBm in die Blechbüchse eingekoppelt wird. Auch das scheint für mich ein "normaler" Pegel.

Als ich mit meinen Messungen fertig bin, mache ich mir kleine Klebeschildchen auf die Baugruppe, damit ich mich bei den nun folgenden Signalverfolgungen besser orientieren kann.

Um herauszukriegen, wieviel "Reserve" bei den anliegenden Signalen noch vorhanden ist, ziehe ich einige Signalkabel von der Baugruppe ab und speise teilweise mit einem externen Signalgenerator ein. Hier stelle ich fest, dass sich der Fehler nicht durch einfaches Anheben des Signalpegels eines der externen Signale beheben lässt.

Ich bemerke allerdings: irgendwo hinter dem Mischer scheint mir massiv HF-Pegel abhanden zu kommen, was dazu führt, dass der Signalausgang des Trackinggenerators etwa (mal wieder!) 20dB zu wenig Pegel liefert. Die Signalfrequenz an sich scheint dabei jedoch korrekt zu stimmen, also vermutlich kein Fehler in der Signalaufbereitung, sondern eher im nachfolgenden Verstärker.

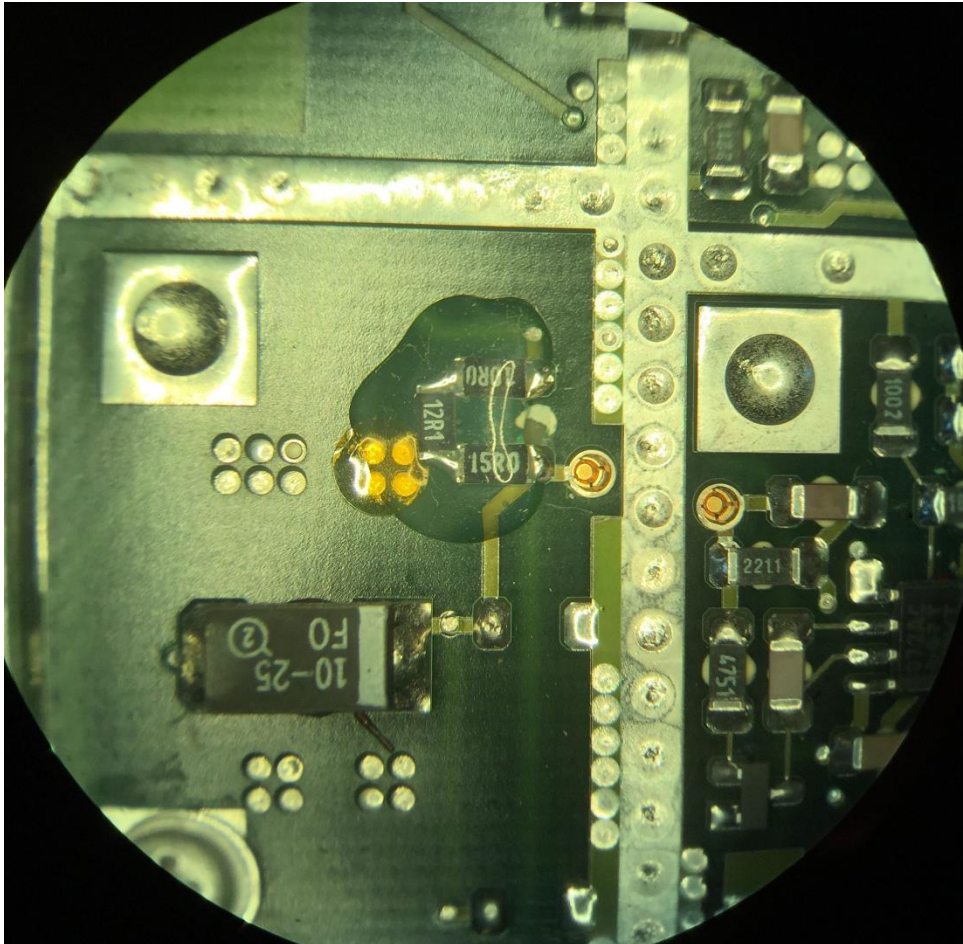
Ich bemühe mein Digitalmultimeter und kontrolliere die zugeführte Versorgungsspannung dieser Verstärkerstufe. Und siehe da:



97

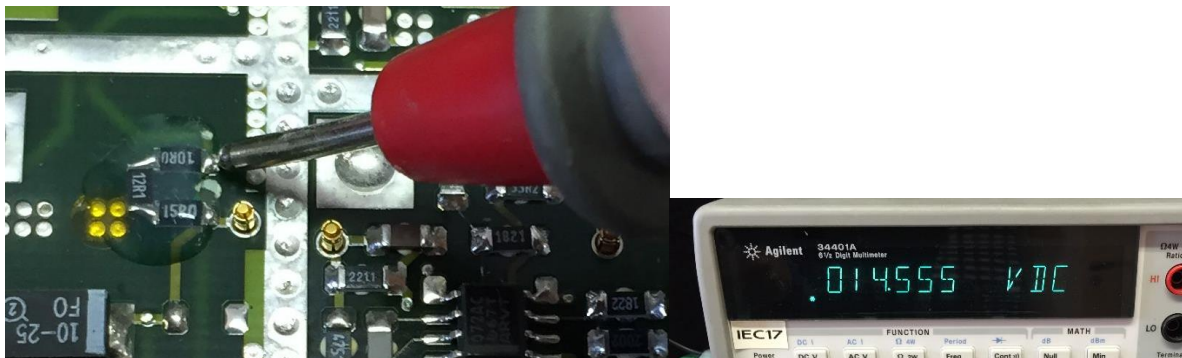
An dieser Verstärkerstufe kommt keine Betriebsspannung an!

Wie wir im Mikroskopfoto erkennen, scheint R&S hier eine HW-Modifikation eingebaut zu haben. Möglicherweise um den Ruhestrom dieser Verstärkerstufe zu senken, kann man hier deutlich drei in Reihe gelötete SMD-Widerstände von 10, 12,1 und 150Ohm erkennen (in Summe also 37,1Ohm).



**Abbildung 108: Modifikation in der Zuführung der Betriebsspannung**

Erstaunlich ist dabei, dass die +14,5V am Eingang dieser Widerstandskette zu messen sind (Abbildung 108)- am Ausgang jedoch nicht (siehe Abbildung 107).



Na, jetzt sind wir dicht dran. Ich kratze etwas von der Silikon-Schutzhaut ab und messe die Widerstände durch. Beim 150Ohm-SMD-Widerstand schließlich....



**Abbildung 109: Faktor 100 zu groß...**

Aha. Den hat's gehimmelt. 1,7kOhm statt 150Ohm. Eindeutig.

Ich angele mir einen neuen Widerstand. Ich stelle fest, dass ich in meiner Bastelkiste in der benötigten Gehäuseform gerade nur einen 220Ohm da habe. Das sind 7 Ohm mehr als gewollt, aber da diese Herstellermodifikation mit hoher Wahrscheinlichkeit die Reduzierung des Betriebsstroms als Ziel hatte (was vielleicht noch immer nicht reichte, denn wie sonst brennt ein 150Ohm-Widerstand einfach durch?), tendiere ich mit einer weiteren Widerstandserhöhung sicher in die richtige Richtung.

Einige von Euch haben mich gefragt, wie es im Hintergrund meines Messplatzes aussieht. Man sähe ihn immer nur von vorne. Wie also sieht es auf der anderen Seite aus?

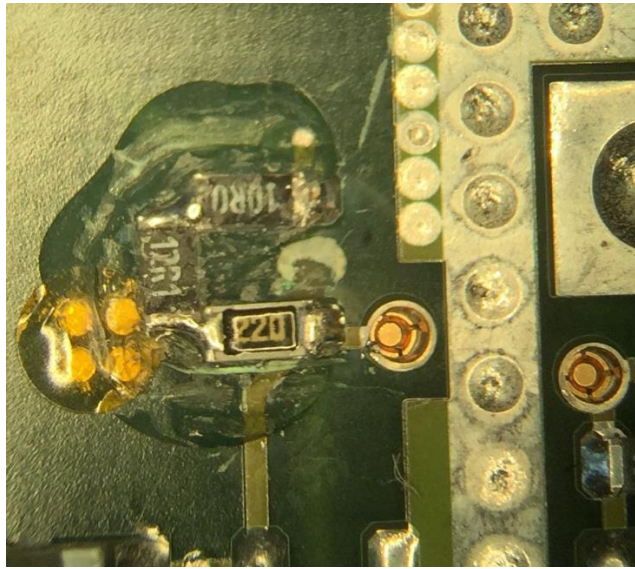
Nun, auf der anderen Seite des Zimmers befindet sich meine Bastelkiste. Nicht ganz so, was man sich unter einer "Bastelkiste" normalerweise vorstellt, aber was ist bei mir schon "normal".



**Abbildung 110: Blick hinter den Messplatz: meine "Bastelkiste"**

Meine Bastelkiste habe ich im Alter von etwa 16 Jahren gegründet, indem ich damals einen kompletten Baumarktbestand an Sortimentskästen aufgekauft habe. Das Einsortieren aller Bauteile hat damals die kompletten Sommerferien in Anspruch genommen, aber noch heute ziehe ich Nutzen davon. Noch für dieses Jahr ist eine Erweiterung geplant, weil ich festgestellt habe, dass ich noch eine ganze Reihe weiterer Kästchen oben drüber kriege, wenn ich die alle Kästchen nur um wenige Zentimeter auf den Fußboden absenke.

Nun gut. Das zu meiner Bastelkiste. Nun wieder zurück zum Trackinggenerator.



**Abbildung 111: neu eingelöteter 220Ohm-Widerstand**

Der 220Ohm ist eingelötet und die Betriebsspannung wird erneut kontrolliert.



**Abbildung 112: Kontrolle der Betriebsspannung**

Aha! +11,5Volt statt vorher 10Millivolt. Das sieht schonmal viiiel besser aus.

Sollte es das aber schon gewesen sein?

Mit zitternden Händen starte ich den Trackinggenerator und schließe meinen kleinen Rigol an den HF-Ausgang an.

Und....

# Tatsache!

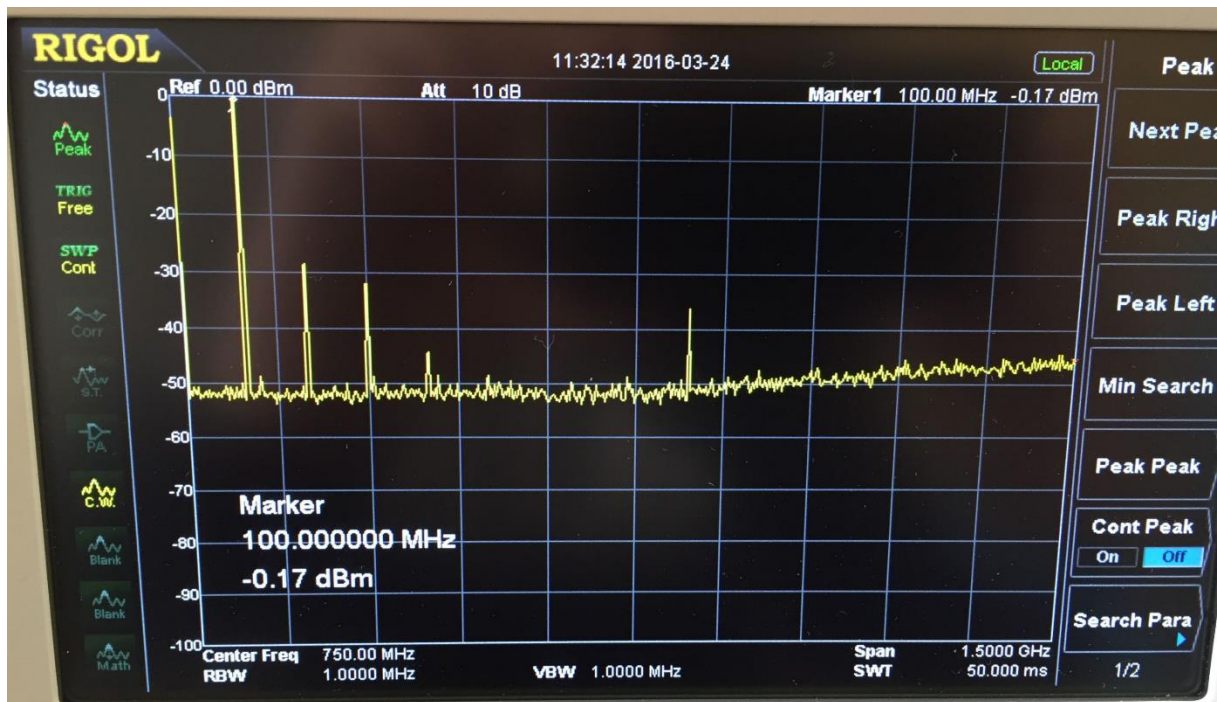


Abbildung 113: sehr freundliche -0,2dBm vom Trackinggenerator

Mit einem Ausgangspegel von exakt -0,2dBm und einer Frequenz von 100MHz sowie 30dB Oberwellenabstand liefert der FSEM nun endlich wieder ein super Tracking-Generatorsignal!!! Juchuuu!!!



Abbildung 114: Grund genug für ein kleines Jubeln!

Diese Messung ermutigt. Schnell baue ich die Baugruppe wieder in den FSEM und verbinde Trackinggenerator-Ausgang mit Spektrumanalyzer-Eingang. Und ich sehe:

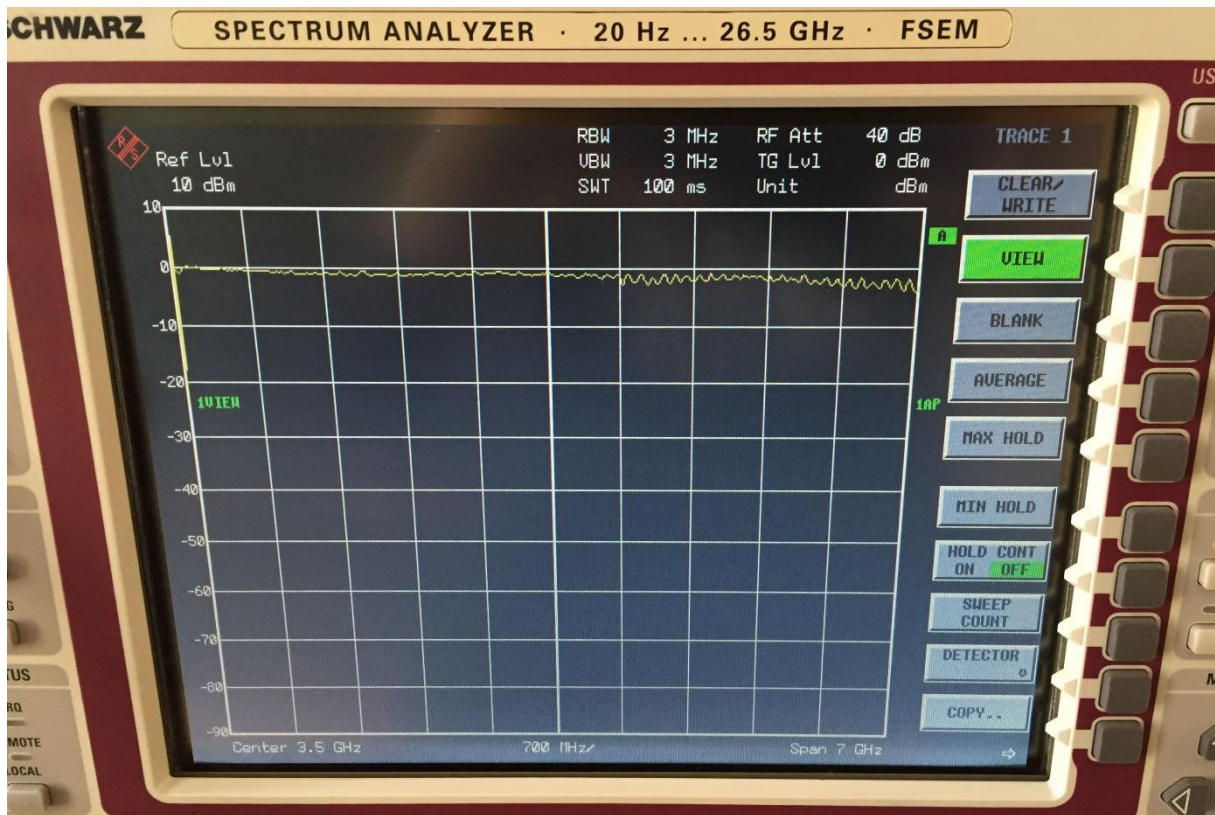


Abbildung 115: so wollen wir das!

...eine mustergültig glatte (unkorrigierte!) Pegellinie des Mitlaufgenerators! Diese Reparatur scheint definitiv gelungen!

Mehr als zufrieden mache ich Feierabend.



Abbildung 116: Feierabend!

## 49 Sicherheitstipp des Tages

Aus gegebenem Anlass berichte ich mal über ein paar Sicherheits-Tipps. So, wie die Reparaturwerkstatt diese Kaltlichtquelle repariert hat, solltet ihr es definitiv NICHT machen.

Man hatte das Netzkabel gewechselt, weil es vermutlich beschädigt war. Also wurde das Gerät aufgeschraubt und ein neues angeschlagen. Der Hersteller (Leitz) hat alles richtig gemacht. Hier die Lüsterklemme auf der 230V-Seite hinter dem Übergabepunkt.

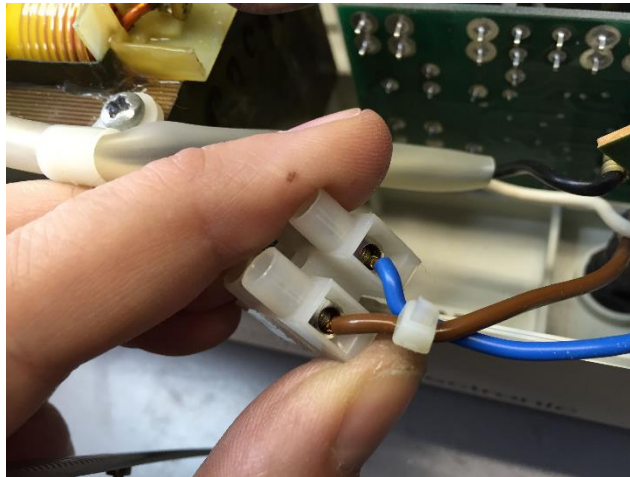


Abbildung 117: alles super

Und so hat es die Reparaturwerkstatt auf der anderen Seite der Lüsterklemme gemacht:

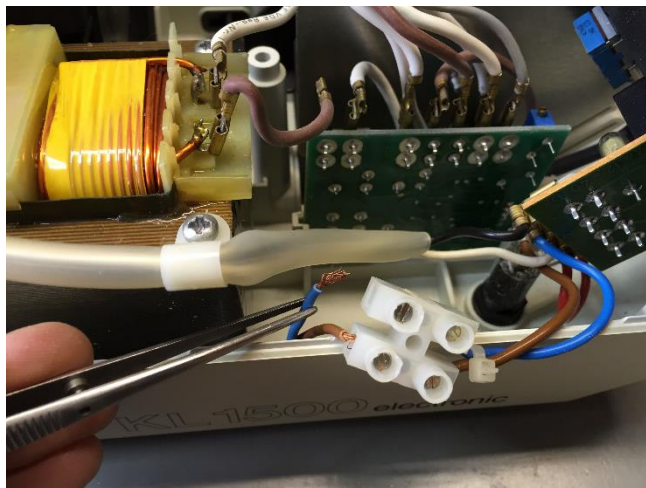


Abbildung 118: alles Mist!

Höchststrafe!

Die Werkstatt hat eine Litze, aber keine Aderendhülsen verwendet! Eine tickende Zeitbombe, denn es hat schon einen Grund, warum Aderendhülsen an Litzenenden vorgeschrieben sind!

Wie man in Abbildung 118 sehen kann, genügt ein bloßes Berühren der Ader, dass sie sich aus der Verschraubung löst und man sie in der Hand hält.

Leute, sowas dürft ihr nicht auf die leichte Schulter nehmen, denn solche schlechten Kontaktstellen können Brände auslösen und schlimmstenfalls Menschen das Leben kosten!

Wie mache ich es richtig?

Kauft Euch eine Aderendhülsen-Presszange und macht da ordentliche Aderendhülsen drauf. Es muss keine so teure sein wie meine (die ein DIN-gerechtes 6-Kanten-Profil quetscht), es reicht auch eine einfache aus dem Baumarkt. Wichtig ist nur, dass ihr sie verwendet und diese Gefahr nicht zu leicht nehmt.



**Abbildung 119: so macht man es richtig!**

Das Gerät wurde natürlich ordnungsgemäß wieder instand gesetzt und die Brandgefahr ausgeschlossen. Da es sich um ein schutzisoliertes Gerät ohne Erdungsanschluss handelte, blieben mir die vorgeschriebenen Messungen für Isolation und Ableitstrom erspart. (Das ist auch nochmal ein Kapitel für sich ;-)

Soweit zum Sicherheits-Tipp des Tages! :-)

## 50 Abschluss, Ausblick und sonst so

Tja, und damit ist dieses Projekt auch "schon" wieder zu Ende.

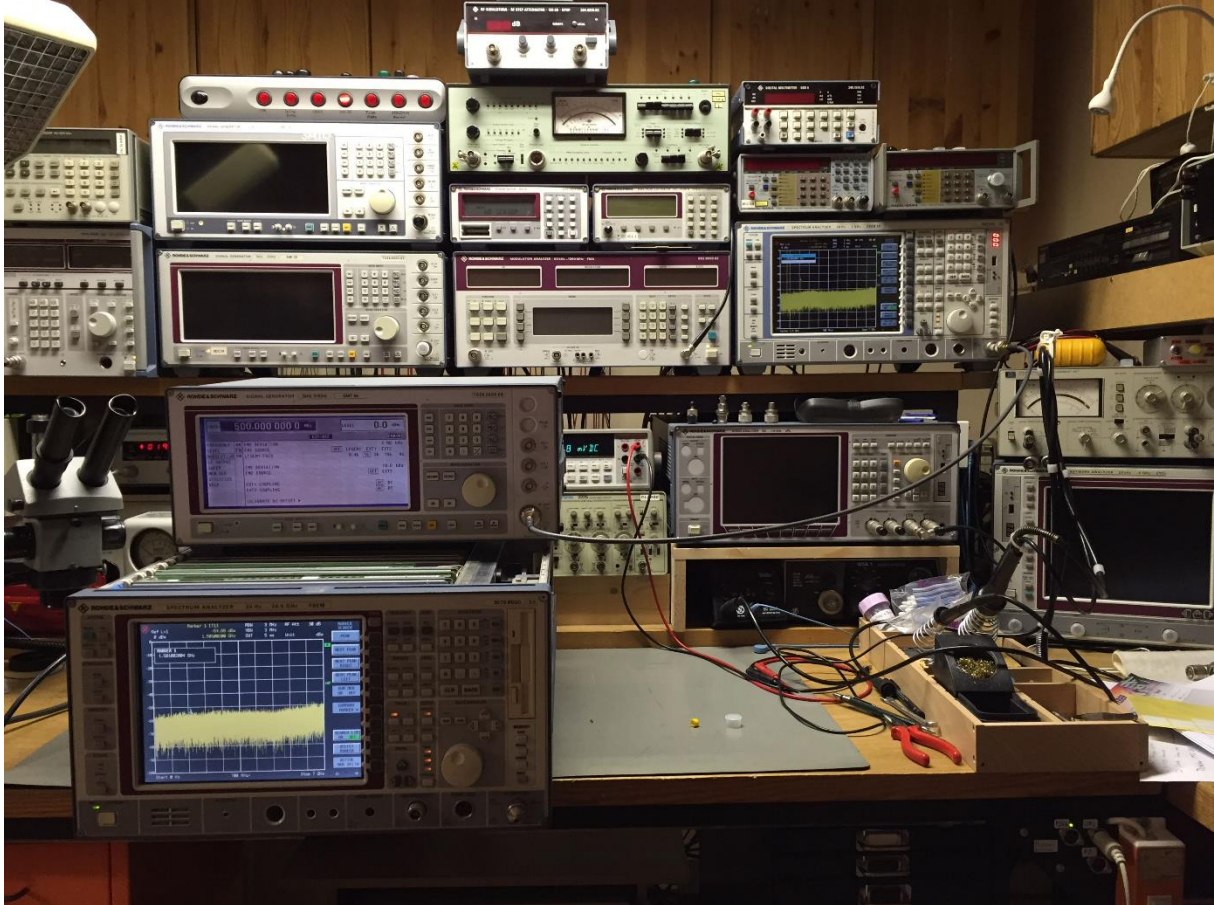


Abbildung 120: Siegerfoto

Wie immer bin ich dadurch vielleicht ärmer, aber keinesfalls dümmer geworden. Der FSEM ist ein Granaten-Analyzer, und selbst wenn ich zweistellige GHz-Technik eigentlich gar nicht "brauche", so ertappe ich mich gerade dabei, wie ich ungehemmt 40GHz-Abschlüsse in 2,92mm-Norm und 26GHz Power Splitter kaufe, nur um meinen FSEM vielleicht irgendwann doch einmal so richtig "werks-kalibrieren" zu können.

Bis dahin ist aber noch ein sehr weiter Weg. Auch wenn sich viele meiner Bekannten gerade mit 18- und 26GHz-Signalgeneratoren ausrüsten und ich da (zumindest im Moment) nur traurig hinterherblicken kann, schließe ich nicht aus, dass ich in irgendeiner fernen Zukunft auch mal höher GHz-mäßig unterwegs sein werde.

Davor haben die Götter allerdings den Schweiß gesetzt und weil mir der eben frisch reparierte FSEM auf dem Funk.TAG in Kassel (nach tagelangem, problemlos absolviertem Probe-Dauerlauf) in einem Anfall von Ironie schon nach knapp 2 Stunden wieder um die Ohren geflogen ist, habe ich hier erstmal schon wieder andere Prioritäten. :-(

Was der nächste Reparaturbericht bringen wird, weiß ich noch nicht. Jetzt, da der FSEM ja wieder im Ar... ist, könnte ich einen zweiten Teil darüber bringen. Da es wieder der Tracking-

Generator ist, der gerade die Perestaltik erkundet (= "im Ar..."), wäre es vielleicht sogar nochmal interessant, hier genauer reinzugucken. Reparieren werde ich ihn auf jeden Fall irgendwann!

Ich könnte aber auch was zur Aufarbeitung eines Rohde&Schwarz SMGU bringen, der noch immer als besonders performanter High-End Signalgenerator gehandelt wird und der bei mir schon sehnsüchtig unter der Kellertreppe auf eine Wiederbelebung wartet.

Ich habe allerdings auch schon einen weiteren Bericht über das Top1-Thema von bymm.de angefangen: die Reparatur eines weiteren Sennheiser MD-441 Mikrofons, das mir ein Fan von bymm.de günstig abgegeben hat.

Also- wie immer es auch weitergeht: ich freue mich auf jeden Fall schon auf den nächsten Bericht. Und ich freue mich, dass Ihr, liebe Messgeräteners, meine Berichte tatsächlich lest. Das zeigen mir nicht nur die Downloadzahlen auf bymm.de (derzeit etwa 3GB/Monat!), sondern auch Eure mails oder gar persönliche Besuche bei mir im Bastelkeller.

Viel Spaß also auch weiterhin bei unserem tollen Hobby!

Marc Michalzik  
im Mai 2016

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

#### **Haftungshinweise**

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

**Kontakt:**

Marc.Michalzik@bymm.de

Dieser Artikel unterliegt dem Urheberrecht. © ®. Alle Rechte vorbehalten. Keine Vervielfältigung, Nachdruck.  
2016, Marc Michalzik