

Reparatur einer Rohde&Schwarz Eichleitung aus einem SMY01

Hallo,

heute geht es um die Reparatur der mechanischen Eichleitung eines Rohde&Schwarz SMY01 Messsenders. Was das ist und warum das so toll ist, will ich nun erklären. Dafür hole ich etwas aus, damit auch jeder mitkommt. Es geht um elektrische Messgeräte; hier im Speziellen um Messsender, also Hochfrequenz-Generatoren, die man zum Bauen und Prüfen von Radios, Funkgeräten oder Mobiltelefonen braucht.

Fast alle Messsender sind in ihrem Ausgangssignal einstellbar. Technisch gesehen wird das meistens so gemacht, dass das produzierte Messsignal erst auf einen festen Wert hin verstärkt wird (z.B. +13dBm). Erst dahinter werden diese +13dBm mit einem nachgeschalteten Ausgangsabschwächer wieder so weit abgeschwächt, dass der gewünschte Ausgangspegel an der HF-Buchse des Gerätes ansteht.

Auch wenn es sich für einen Laien erst einmal widersinnig anhört, ein Signal erst mit viel Aufwand so stark zu verstärken, um es dann gleich wieder durch einen Abschwächer extrem "kaputt" zu machen, so macht dieses Verfahren dennoch Sinn: die Ausgangsendstufe läuft ständig unter derselben Last und auf definierte Verhältnisse, erzeugt also (näherungsweise) immer dieselbe Wärme (=>Vermeidung von Temperaturschwankungen, verbessert die Stabilität!) und die automatische Pegelregelung arbeitet immer auf feste +13dBm und damit stets im optimalen Arbeitspunkt! So macht es eigentlich jeder Hersteller, vermutlich auch schon aus Gründen der Signalgüte (Signal-Rauschabstand, Verzerrungen, usw.).

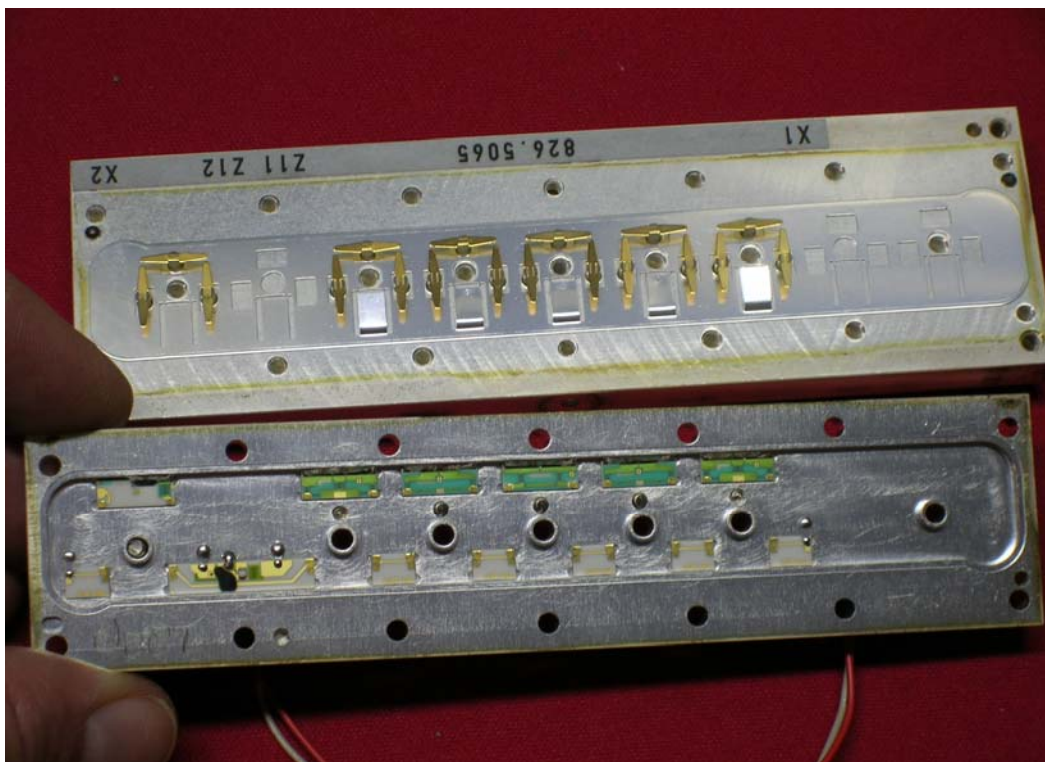


Abbildung 1: Blick in das "Allerheiligste" einer Eichleitung

Bei Rohde&Schwarz sind diese Abschwächer unterschiedlich ausgeführt. Meine Erfahrungswelt beginnt mit dem guten, alten SMDU. Der hat eine 50Ohm Kohleschicht-Schleifbahn, die ihm als eines der ganz, ganz wenigen Geräte auf dem Markt erlaubt, ein Signal kontinuierlich (d.h. OHNE Umschalt-Pegelsprünge) im gesamten Dynamikbereich abzuschwächen. Der SMPU benutzt schon einen anderen Abschwächer, der in etwa so groß ist wie ein halber Schuhkarton und tatsächlich mit kleinen Elektromotoren und vergoldeten Kontaktzungen den Signalfloss steuert. Wer immer mal die Möglichkeit hat, eine SMPU-Eichleitung aufzuschrauben, dem empfehle ich das dringend: das Teil ist ein echtes Kunstwerk- selbstverständlich mit doppelt geschirmtem Gehäuse und einer elektronischen Entprellung für die ganzen Elektromotoren!

Die nachfolgenden Geräte (z.B. SMS und SMFP) verwenden eine neue Generation von Ausgangsabschwächern. Sie sind viel kleiner und arbeiten nicht mehr mit Elektromotoren, sondern mit mechanischen Stößeln, die durch eine Art "bistabiler Relaisbatterie" angetrieben werden. Unterstützt wird das Ganze durch eine zusätzliche elektronische Pegelvariation (meist im Ausgangsverstärker), die zwischen 0...20dB arbeiten kann und im Zusammenspiel mit der mechanischen Eichleitung eine feinere Rasterung (0,1dB-Schritte statt wie früher 1dB!) bietet. Gleichzeitig schützt sie die mechanische Eichleitung erheblich vor vorzeitigem Verschleiß, in dem möglichst viel elektronisch (=verschleißfrei!) erzeugt wird und nur noch im "Notfall" die mechanische Eichleitung die Grob-Stufen schalten muss (10dB, 20dB, 40 dB,...).

Diesem Konzept bleibt R&S auch in der Generation der Messsender wie SMG (CMT), SMX, SMY und sogar beim recht neuen SME/ SMT treu. Erst zum SML01 wird meines Wissens nach zum ersten Mal ein elektronischer Abschwächer verwendet (vermutlich mit PIN-Dioden). Hier kenne ich mich aber nicht mehr so gut aus, weil solch neue Geräte leider nur sehr selten den Weg auf meinen Basteltisch finden ;-)

In diesem Bereich will ich einmal zeigen, dass man solch eine Eichleitung für den Hobbybereich auch ganz gut selber reparieren kann. Als Beispiel zeige ich das an einer Eichleitung aus einem SMY01. Diese wird zwar bereits über einen seriellen Digitalbus angesteuert, aber die Mechanik dürfte sich von all den anderen Modellen nicht (oder zumindest nur sehr wenig) unterscheiden.

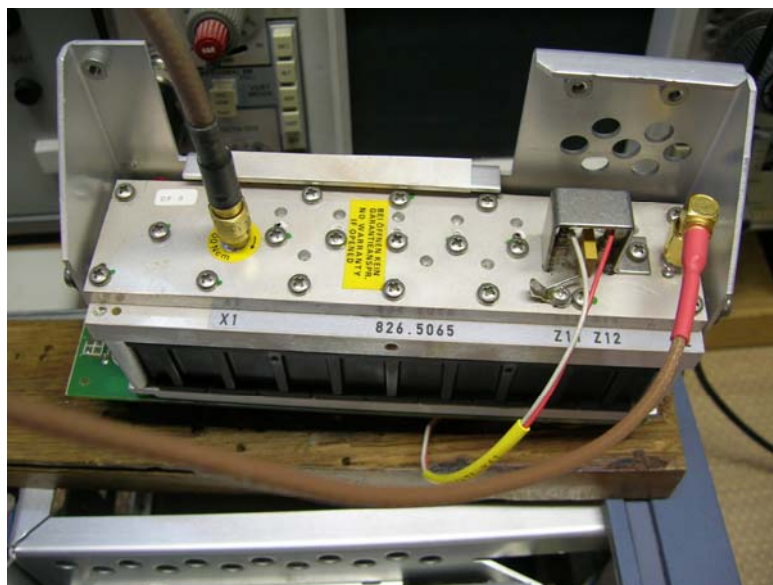


Abbildung 2: ausgebaute Eichleitung im Test

Der typische Fehler, an dem man eine defekte Eichleitung erkennt, ist ein völlig "kaputter" oder ständig schwankender Ausgangspegel, der zumeist auch noch klopfempfindlich ist. Je nach Zustand der Eichleitung kann dieser Pegel um nur wenige Zehntel dB schwanken (habe ich mal an einem SMG erlebt) oder sogar um mehr als 30dB. So festgestellt an einem SMY01, den ich gerade auf dem Tisch habe. Eine Messung hinter der Endstufe zeigt, dass die Pegelschwankung nicht am Generatorteil selber liegt, sondern in der Eichleitung zu suchen sein muss. Eine ohmsche Messung mit einem Multimeter (bei abgeklemmtem Generatorsignal) zeigt ebenfalls stark schwankende Werte. Das sieht nicht gut aus für die Eichleitung.

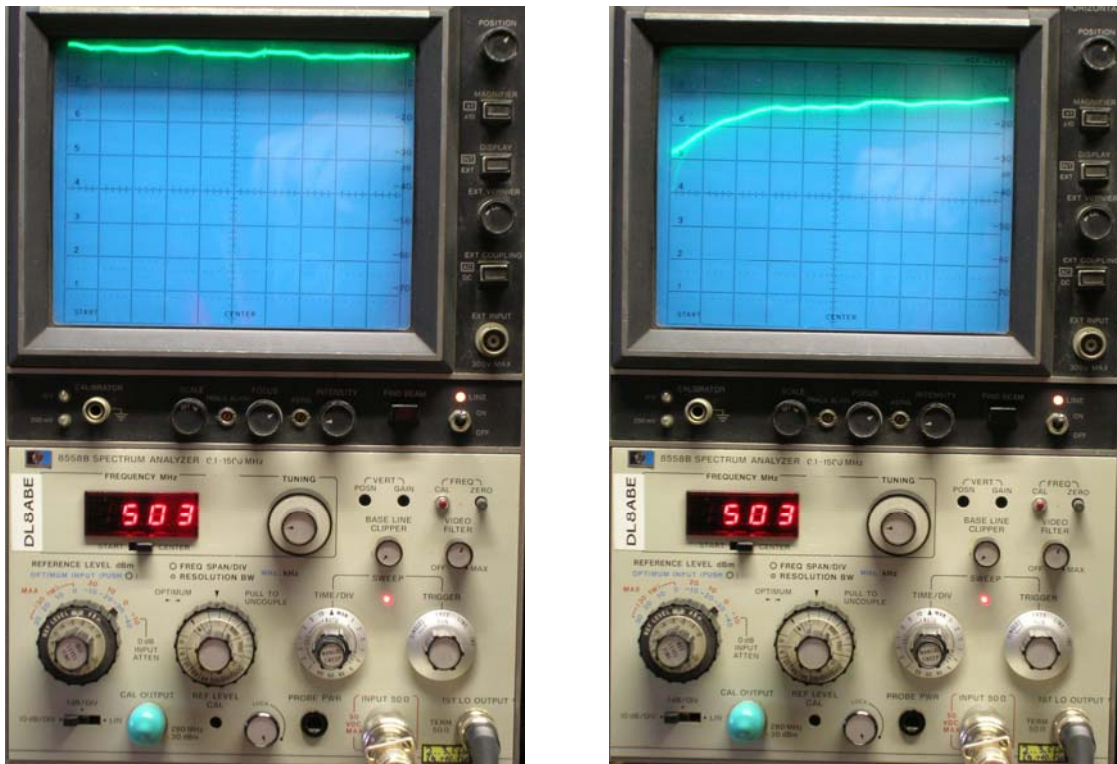


Abbildung 3: Fehler tritt nicht auf (links); Fehler tritt auf (rechts)

Wir sehen, dass die Dämpfung gerade bei tieferen Frequenzen $<100\text{MHz}$ stark ansteigt. Meiner Erfahrung nach ein typischer Verlauf für gebrochene Koppelkondensatoren (die es in der Eichleitung aber nicht gibt) oder Wackelkontakte (die gibt es manchmal ;-)!)



Abbildung 4: auch in anderen Dämpfungsstellungen zeigt sich der Fehler

Die Eichleitung besteht aus drei Teilen:

1. Die Leiterplatte mit der Steuerelektronik und der Overload-Protection
2. der Relais-Batterie (schwarzes Kunststoffgehäuse)
3. dem eigentlichen HF-Block; gefrästes Metallteil mit herausragenden Kunststoff-Stößeln, die von einem Federblech hochgehalten werden.

Bevor man „hirnlos“ alles auseinanderschraubt, sollte sichergestellt werden, dass die Leiterplatte ok ist und die Relaisbatterie auch korrekt antreibt. Dazu schraube ich die Eichleitung immer so weit auseinander, dass ich den HF-Block abnehmen und (noch zugeschraubt!) beiseite legen kann. So kann ich die ganzen Relais anschauen und sehen, ob sie überhaupt schalten.

Mit der auf die Relaisbatterie aufgesteckten Leiterplatte schließe ich die Eichleitung an die SMY01-Flachbandleitung an, schalte das Gerät ein und variiere den HF-Pegel. Wenn alles ok ist, klickert die Relaisbatterie wie ein Mäusekino los, während man den HF-Pegel am VAR-Rad dreht. Das äußerste Relais dient als "HF-OFF" und schaltet nur bei Overload-Erkennung bzw. komplett ausgeschaltetem HF-Pegel.

Alle anderen 5 Relais müssen bei Durchdrehen des HF-Pegels hin und herschalten. Die von ihnen betätigten Schaltwippen sind mit Spangen aus Kupferblech ausgerüstet. Hier bitte kontrollieren, ob auch alle heile sind oder ob die Kupferbleche verformt oder gerissen sind. (Sind aber meistens alle heile!)

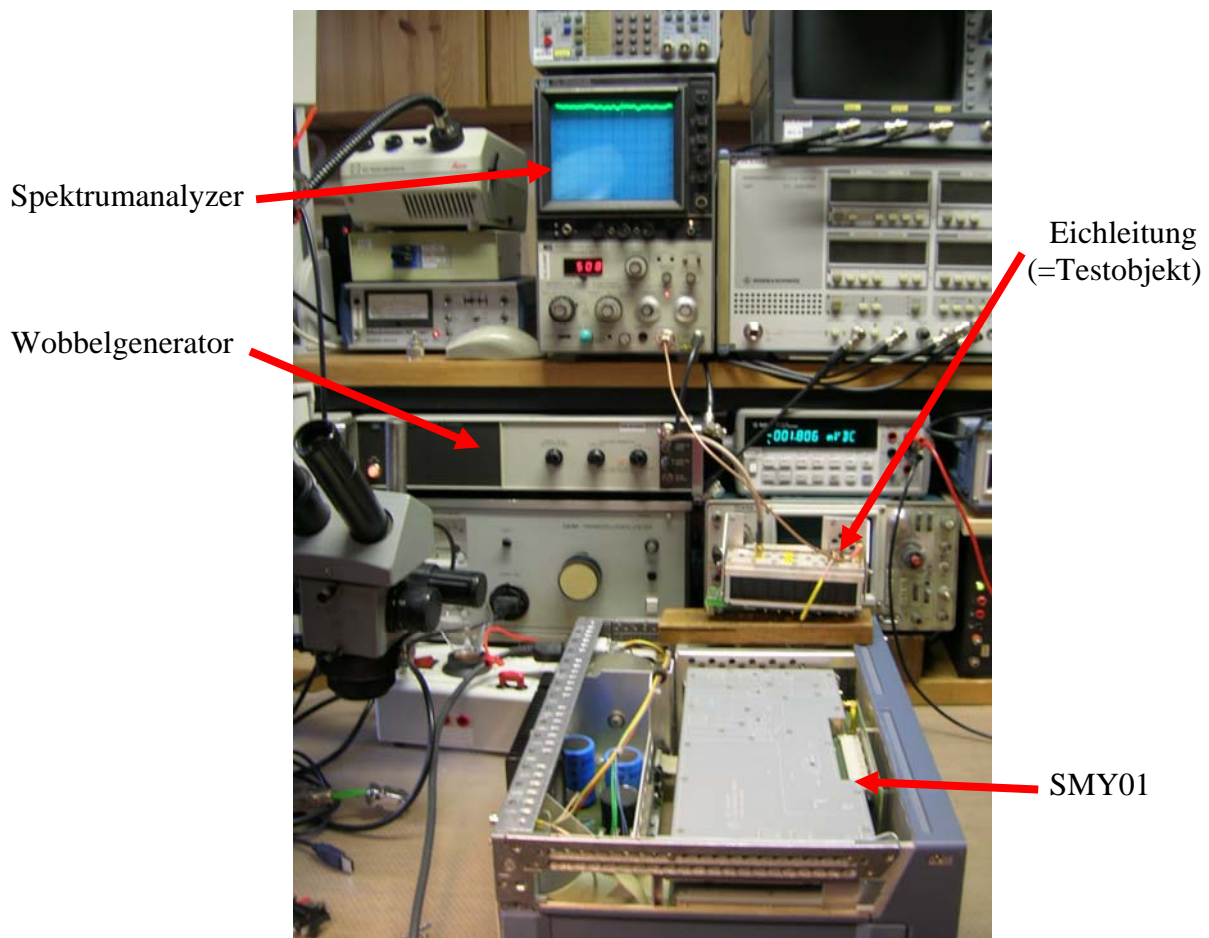


Abbildung 5: Eichleitung ausgebaut beim Wobbeltest

In vielen Fällen hilft es bereits, wenn man nun die Stößel, die die einzelnen Dämpfungselemente im Innern des HF-Blocks betätigen, nun per Hand etwas fester hinunterdrückt. Was genau man damit bewirkt, weiß ich aber bis heute nicht. Bislang dachte ich immer, man kratzt durch das feste Drücken vielleicht Oxidschichten an den Kontaktflächen durch, aber wie wir später sehen werden, sind die Kontakte in der Eichleitung vergoldet und geradezu "hermetisch" verschraubt. Oxidschichten? Keine Chance!

Zweite Möglichkeit ist das "Eichleitungstraining". Das bedeutet, die betroffene Stelle in der Eichleitung ausfindig zu machen und dann das Betätigungsrelais durch einen Funktionsgenerator mit 5Hz antreiben und einige hundert mal rattern zu lassen. Auch dieses Verfahren hat schlechte Kontaktstellen bei mir schon mal in einem SMG erfolgreich und dauerhaft wieder freigeeklopft. Hier halfen diese Tricks aber auch nicht, daher bleibt nur die komplette Demontage. Dazu muss man erst die Eichleitung aus dem Gehäuse nehmen.

Das Eichleitungsmodul wird ausgebaut, indem zuerst die beiden HF-Anschlüsse vorsichtig(!) abgeschraubt werden. Dann zieht man das kleine Flachbandkabel, das die Eichleitung ansteuert, ab. Zu guter Letzt werden vier Schrauben an der Seitenwand gelöst und die Eichleitung als komplette Einheit aus dem SYM01 entnommen.

Wenn der Klickerklackertest erfolgreich beendet ist und damit eine defekte Leiterplatte/Elektronik/Ansteuerung als Fehlerquelle ausgeschlossen werden kann, bleibt nichts anderes übrig: Es geht an das Herz der Eichleitung: dem mit mindestens zwei Dutzend Schrauben extrem gut verschraubtem HF-Block!

Um sicherzugehen, dass ich durch mein Auf- und Zuschrauben keinen weiteren Folgeschaden anrichte, habe ich die Eichleitung jedoch vorher noch einmal mit Spektrumanalyzer und Trackinggenerator vermessen (ist ein HP8656B und HP8444; leider lief mir hier bislang noch nichts Schönes von R&S über den Weg ;-)

Ich habe ein Foto geschossen und währenddessen die Eichleitung ganz schnell durch alle Dämpfungsstufen durchgedreht. Wir erkennen, dass sie Pegelstufen von 10dB macht und der Frequenzgang bis mindestens 1GHz ganz sauber linear ist (geringe Pegelschwankungen im Bild sind auch auf den verwendeten Tracking-Generator zurückzuführen, der auch eine geringe Restwelligkeit besitzt). Ich kann mit diesem System bis 1,5GHz wobbeln. Bis dahin scheint die Eichleitung astrein linear zu sein (zumindest im Rahmen der mir zur Verfügung stehenden Wobbelgenauigkeit).

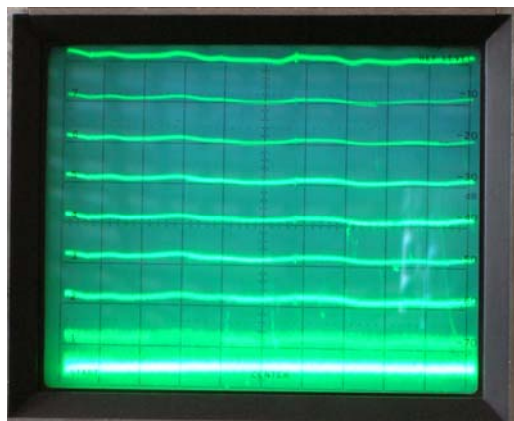
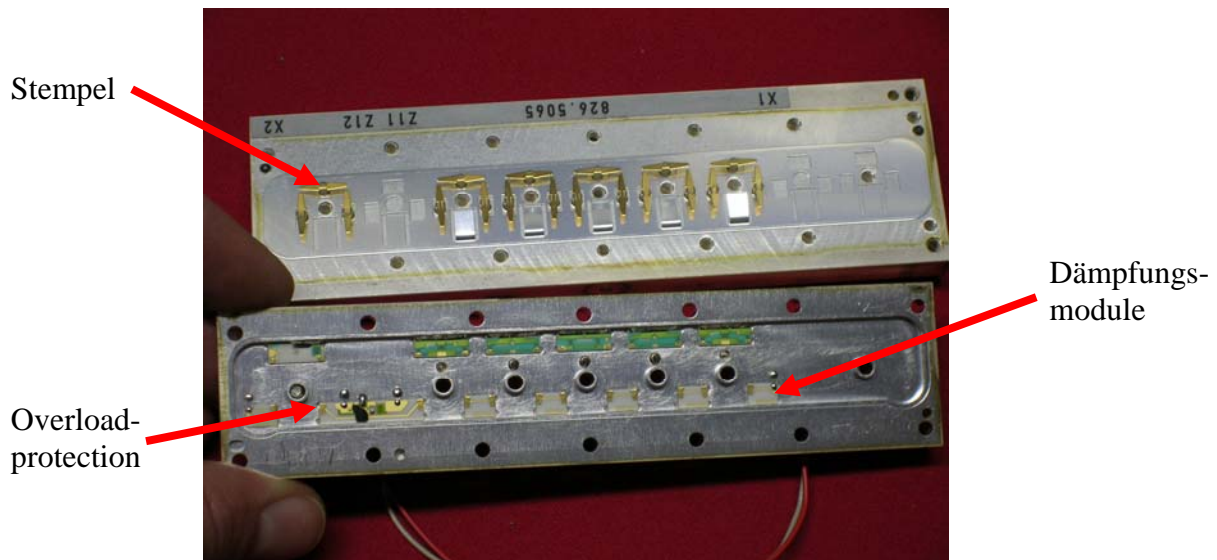


Abbildung 6: 10dB-Schritte der Eichleitung (hier sichtbar: 0..1000MHz)

HF-Teil aufschrauben

Super, ich habe schon lange einen Grund gesucht, eine R&S-Eichleitung dieser Generation aufschrauben zu "müssen". Also Schraubendreher raus, den HF-Block vorsichtig in einen Schraubstock legen und alle Schrauben (gefühlte einige Millionen) losschrauben. Dann kommt der Moment: Oberteil vorsichtig abheben und einen ersten Blick riskieren!



Wir erhalten zwei Teile. Im oberen stecken alle Stößel, die wir ja auch von außen schon betätigen konnten. Nun können wir auch sehen, dass immer dann, wenn wir einen Stößel von außen drücken, im Innern eine kleine (vergoldete) Kurzschlussbrücke (= "Stempel") heruntergelassen wird. Mit diesem (vergoldeten!) Stempel werden die elektrischen Kontakte zwischen den einzelnen Dämpfungsgliedern hergestellt!

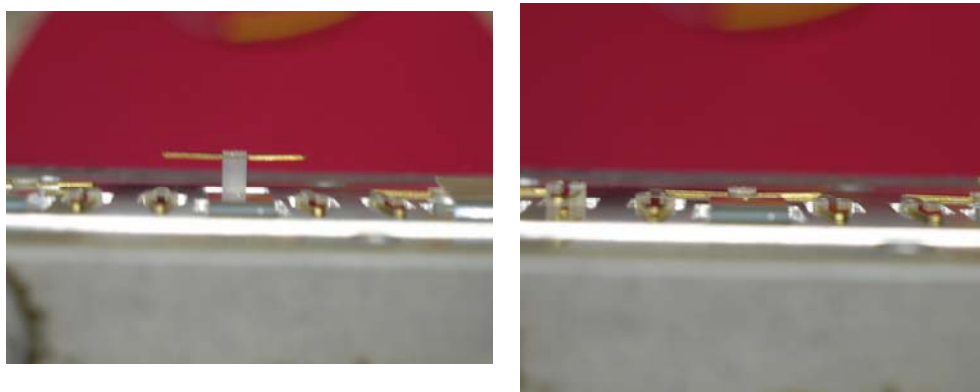


Abbildung 7: links: Stempel ausgefahren; rechts: Stempel in Ruhelage

Die 10, 20 und 40dB Dämpfungsglieder liegen im Unterteil der Eichleitung und sind als kleine Plättchen ausgeführt, die an einer Seite direkt mit dem Metallblock HF-freundlich verlötet sind. Die Plättchen sind in spezieller Technik ausgeführt (Dünnschicht/Dünnschichttechnik?). Die von oben heruntergedrückten Stempel schließen auf Wunsch den Kontakt und steuern so den Signalfluss.

Es ist ein echter Genuss für jeden Technik-Fan, diese Präzisionsarbeit unter dem Mikroskop zu betrachten. Sehr erstaunlich finde ich, dass die Kontaktflächen sowohl auf dem Dämpfungsplättchen als auch auf den Stempeln so gut wie keinerlei Abnutzungserscheinungen zeigen.

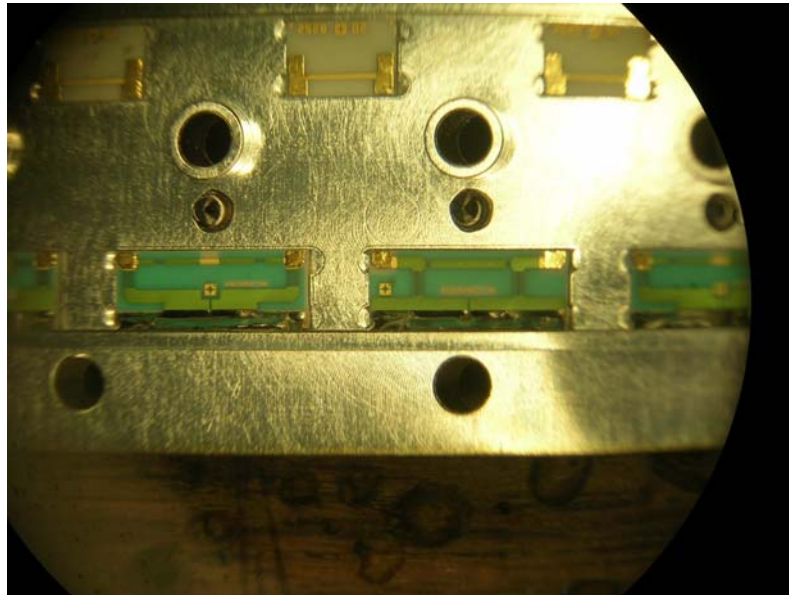


Abbildung 8: Mikroskopaufnahme der Dämpfungplättchen

Und das bei einer Eichleitung, die mit Sicherheit bereits einige Zehntausende Schaltspiele hinter sich haben dürfte (der SMY wurde vorher mit hoher Wahrscheinlichkeit in der Produktion eingesetzt und damit jahrelang im Dauerlauf betrieben)!

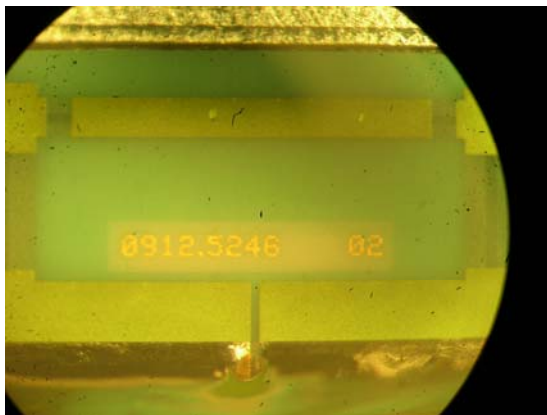


Abbildung 9: links: Dämpfungsmodul in etwas stärkerer Vergrößerung

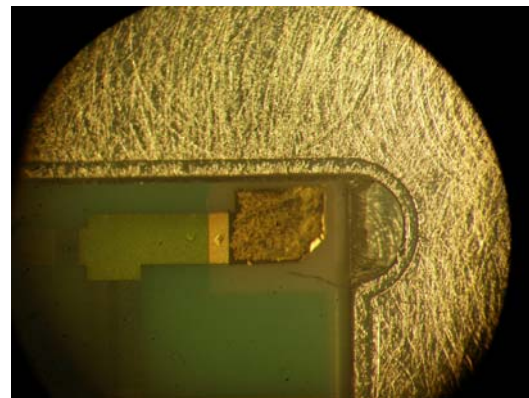


Abbildung 10: rechts: eine Kontaktfläche in sehr starker Vergrößerung

Der Verschmutzungsrad am Gehäuselüfter spricht jedenfalls Bände. Hier macht sich die -auf den ersten Blick etwas übertrieben wirkende- Monsterverschraubung der Eichleitung bezahlt: im Innern ist kein einziges Staubkorn zu sehen; die zwischengelegte Metall"dichtung" war eine kluge Maßnahme gegen eindringende Verschmutzung!

Umso wichtiger ist es nun, bei den nun folgenden Reinigungsarbeiten auf äußerste Sorgfalt zu achten. Das Eindringen von Staub, Fusseln, Flusen, also Fremdkörpern irgendwelcher Art muss -so gut es geht- vermieden werden! Wer Zugriff auf einen Reinraum hat, sollte wirklich erwägen, seine Bastelstunde in diese Umgebung zu verlagern! (Abgesehen davon ist es bestimmt total cool, mit Haarnetz, Mundschutz und weißem Kittel wie ein Wissenschaftler eine solch "wichtige" Arbeit auszuführen!)

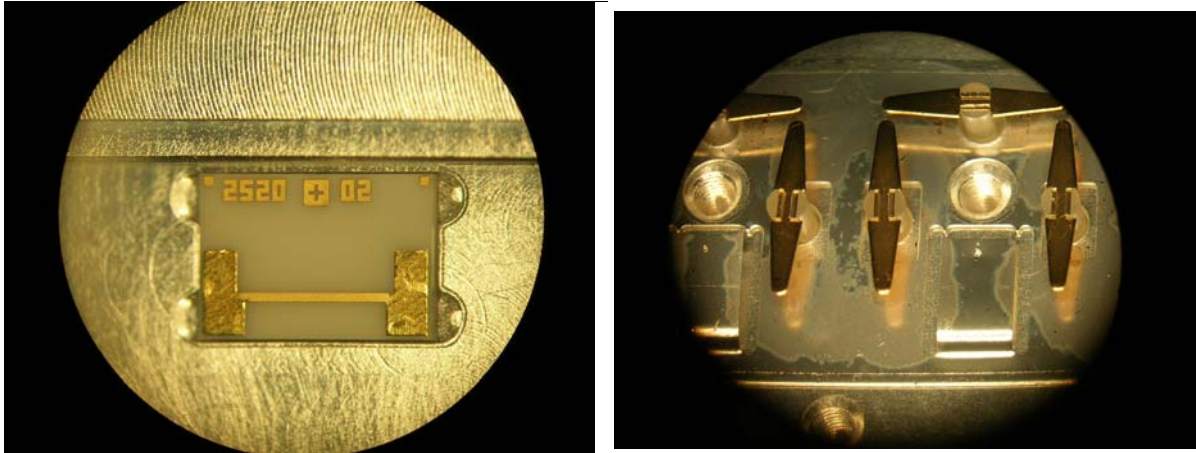


Abbildung 11: links: eine weitere Mikroskopaufnahme eines "Plättchens"

Abbildung 12: rechts: die Kontaktstößel unter dem Mikroskop

Entgegen aller Phantasie musste ich die Reinigung leider bei mir zu Hause durchführen; das ist zwar nicht optimal, aber wenn man vor dem Zusammenschrauben noch einmal kritisch mit einem Mikroskop in die Eichleitung reinäugt, mit einem (neuen!) Pinsel den Staub abpinselt und vorsichtig drüberpustet (Sabbern ist zu vermeiden!), hat man auch dann sehr gute Erfolgchancen.

Die Reinigung habe ich wie folgt gemacht:

1. Reinigen sämtlicher Kontaktflächen (Stempel und Plättchen!) mit Ohrenstäbchen; getränkt in Kontakt60
2. trocknen
3. wie 1), jedoch mit KontaktWL
4. trocknen
5. abpinseln und auf Fusseln (z.B. von den Watte-Ohrstäbchen!) kontrollieren

Doch das alleine reichte bei mir leider nicht, wie ich während des anschließenden Zusammenbaus feststellen musste. Der Pegelabfall trat nach kürzester Zeit erneut auf und ich musste traurig eingestehen, dass diese Reinigung alleine den Fehler nicht beseitigen konnte.

Also schraubte ich den HF-Block erneut auf und überlegte, was denn noch alles einen Pegelabfall bewirken könnte. Und während ich so durchs Mikroskop schaute und darauf wartete, dass mein Frau ein Stockwerk höher den nachmittäglichen Kaffee-Lockruf ausstieß, kam mir eine Idee: die Kurzschlussbrücken nachbiegen!

Man stelle sich vor, dass die Eichleitung unzählige tausend Male die kleinen Kurzschlussbrücken auf die Kontaktflächen aufgedrückt und wieder abgehoben hat. Durch den ständigen Druck auf die Enden der "Brücke" könnte sich das Kurzschlussblech doch im Laufe der Zeit ganz leicht nach hinten gebogen haben. Nur eben so weit, dass der Stempel im ausgelenkten Zustand geraaaaaade so nicht mehr richtig auf die Kontaktfläche aufgedrückt wird. Die Maßnahme ist also, die Kurzschlussbleche ganz leicht und vorsichtig so zurechtzubiegen, dass sie eine leichte V-Form erhalten und während des Kontakt-Schließens mit den Spitzen zuerst auf dem Dämpfungsplättchen aufsetzen. Zu weit biegen darf man allerdings auch nicht, denn eine übertriebene V-Form der Kurzschlussbrücken könnte den Frequenzgang der Eichleitung bzw. die Übersprechdämpfung bei maximaler Dämpfung negativ beeinflussen!

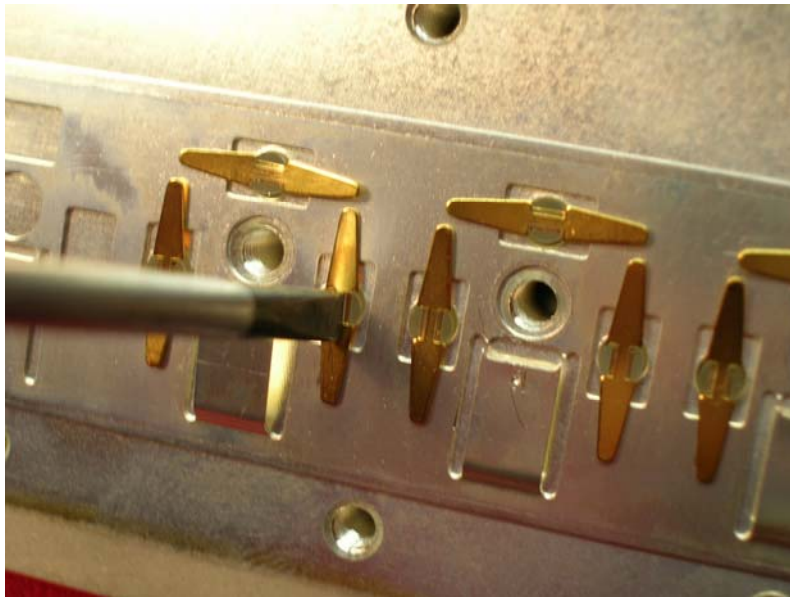


Abbildung 13: Kontaktstempel nachbiegen

Zum V-Biegen lege ich das Oberteil der HF-Einheit auf den Rücken und drücke mit einem kleinen Schraubendreher vorsichtig von oben auf die Stößelachse. Die gibt etwas nach und zieht dadurch die an ihr befestigte Metallbrücke in der Mitte etwas nach unten- es entsteht die gewünschte V-Form.

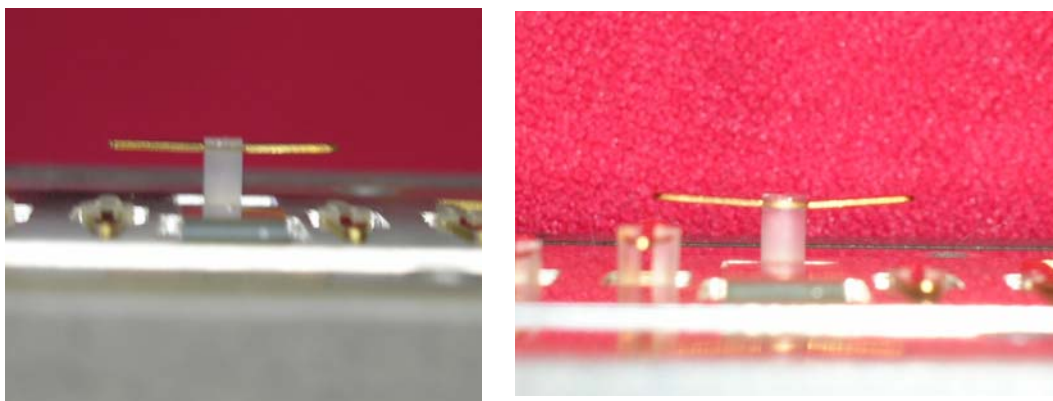


Abbildung 14: Metallbrücke vorher (links) und nachher (rechts)

Sobald alle Stempel auf diese Weise behandelt worden sind, baue ich die Eichleitung wieder zusammen. Die Wiederholung des anfangs durchgeführten Wobbeltests bestätigt mich: Fehler beseitigt! Frequenzgang unverändert, ein Nachgleichen ist nicht erforderlich!

Schlusswort

Eins muss ich abschließend aber ins richtige Licht rücken: wir reden hier über eine bastlermäßige Instandsetzung eines Präzisionsbauteils mit rudimentären Haus-Mitteln! Obwohl die Frequenzgang-Wobbelung mir zwar zeigt, dass ich grundsätzlich vieles richtig gemacht zu haben scheine, bewegen wir uns nach wie vor im Hobby-Bereich. Mit einer professionellen Instandsetzung durch den R&S-Service kann diese Lösung sicher nicht konkurrieren. Man bedenke, dass die Eichleitung direkten Einfluss auf die Gerätekalibrierung hat- jedes Zehntel-dB Welligkeit schlägt hier zu 100% sofort auf die Pegelgenauigkeit des gesamten Messsenders durch. Wir reden da über Genauigkeiten, die ich bei mir zu Hause mit den mir zur Verfügung stehenden Bordmitteln noch nicht einmal richtig erkennen kann. Die Botschaft ist also: für zu Hause und Hobby kann man meinen Vorschlag der Eichleitungsreparatur allemal probieren. Wer Messgeräte jedoch professionell einsetzt (und die Einhaltung sämtlicher Spezifikationswerte nachgewiesen sein muss), sollte seine Eichleitung aber lieber zu R&S schicken!

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, lasse Sie bitte lieber die Finger davon.
5. Die kommerzielle Nutzung des hier beschriebenen Wissens ist nicht vorgesehen.

Dieser Artikel unterliegt dem Urheberrecht. Alle Rechte vorbehalten.
02AUG2010, Marc Michalzik