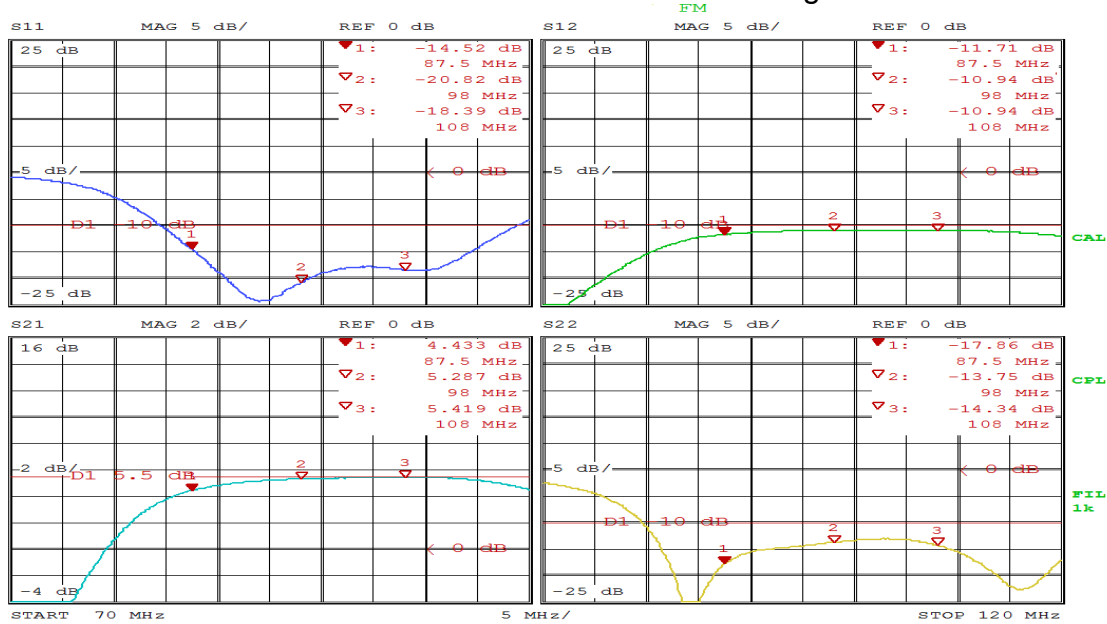


1 Tor Messungen mit VNA skalarem Analyzer und Tracking-Generator

Unser Thema: Was ist eine 1Tor Messung und was kann ich damit anfangen?

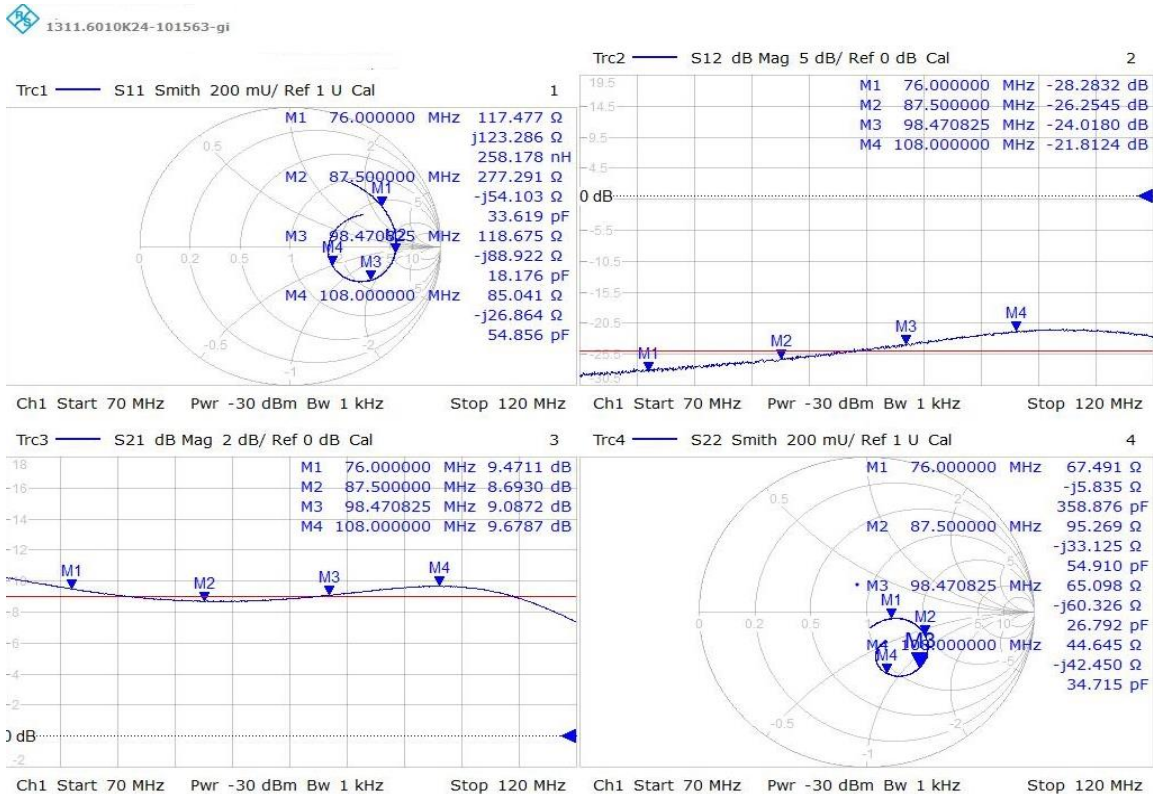
Anders als bei 2 Tor oder 3 (n) Tor Messungen die einen Vektor Netzwerk Aalyzer erfordern um dann auch noch Isolation, Smith Charts, Wirkwiderstände, Blindwiderstände, Impedanzen, Phasen Messungen und viele weitere Messungen ermöglichen, möchte ich Euch eine alternative Messmöglichkeit zeigen! In den beiden Bildern 1 und 2 sind typische S-Parameter Messungen von einem 2 Tor VNA dargestellt.

Bild 1 Die kartesische Darstellung



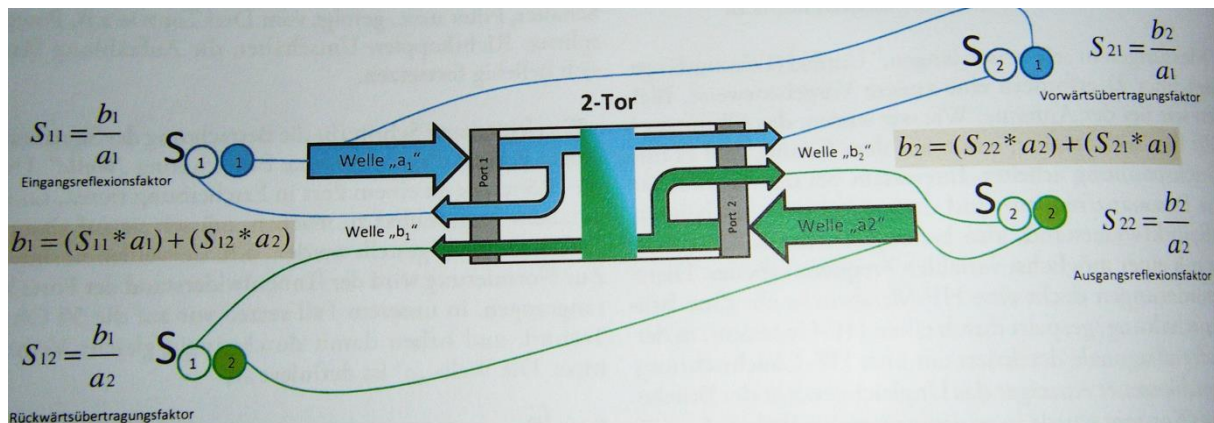
Date:

Bild 2 Smith- und kartesische Darstellung



1 Tor Messungen mit VNA skalarem Analyzer und Tracking-Generator

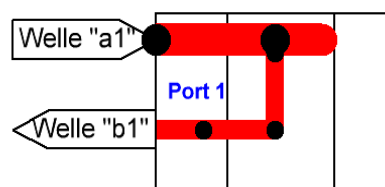
Prinzip eines 2 Tor VNA Messgerätes:



Die **VNA 2** und **n** Tor Messungen sollen aber in diesem Vortrag nicht das Thema sein, schon gar nicht die **n** Tor Messmöglichkeiten mit ihren teuren Geräten. Die Preise für solche Messgeräte entsprechen dann dem eines Mittelklasse Autos! Dennoch möchte ich kurz auf eine kleine Erklärung bezüglich der Bezeichnungen S_{11} , S_{21} , S_{12} und S_{22} eingehen, um ein Verständnis für diese Bezeichnungen zugeben - siehe dazu auch Bild 1 und 2!

Zum Thema: Das Prinzip der 1 Tor Messgeräte z.B. zur Antennenanalyse

Eintretende und austretende Wellen an einem Port



Die oben dargestellten Messungen in **Bild 1** können zum Teil auch mit einem 1Tor Messgerät in Form von einem sogenannten skalaren Analyzer kartesisch gemessen werden. Die S-Parameter S_{11}/S_{22} sind an einem Filter z.B. natürlich durch Umstecken der Ein- und Ausgänge möglich.

(Neue, selbst einfache preisgünstige Geräte können mittlerweile nicht nur kartesische Darstellungen zeigen, sondern auch das Smith Diagramm.)

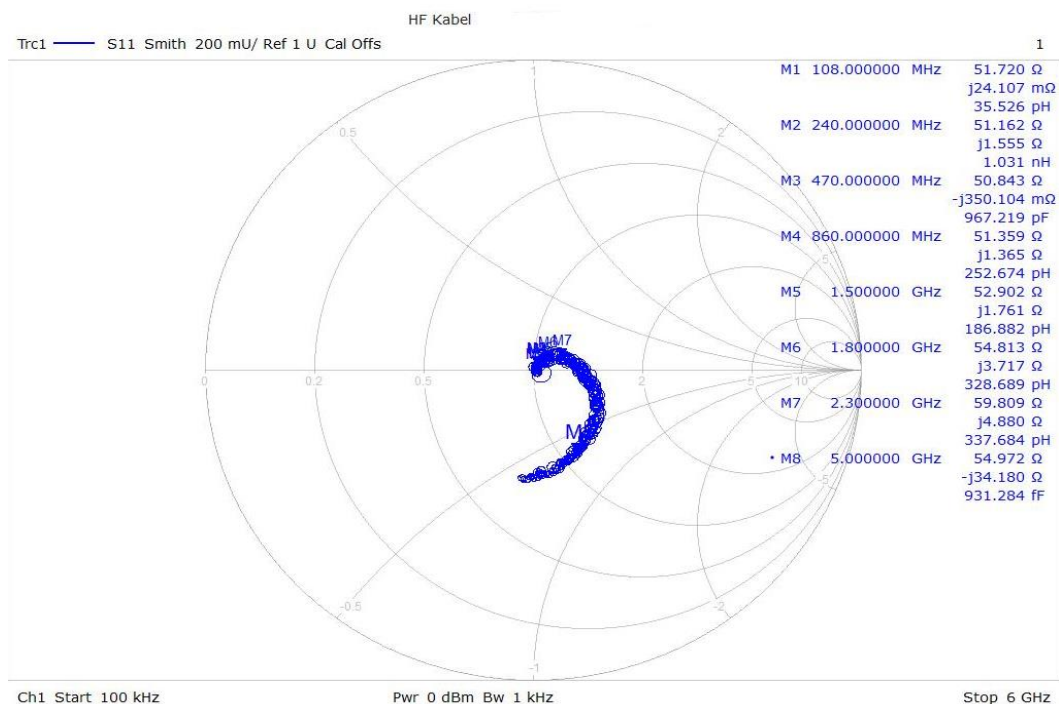
Alternativ geht es auch mit verhältnismäßig „*einfachen HF Messgeräten*“ um z.B. Frequenzverläufe, Anpassungen von Antennen, Band Pass Filter, HP-TP-Filter usw. messen zu können!

Diese sind naturgemäß aufwendiger im zeitlichen Aufwand, obwohl der Messgerätebedarf durchaus gering sein kann. Der Zeitaufwand ist bei Verwendung von derartigen Messgeräten gegenüber den Analyzer Messungen einfach größer. Auch die Messaussagen sind nicht so aussagefähig gegenüber „*Bilddarstellungen*“, jedoch für den Funkamateure meistens noch ausreichend, wenn man nicht gerade komplexe Eigenentwicklungen realisieren will. Oder kein Geld für einen entsprechenden Analyzer investieren möchte.

1 Tor Messungen mit VNA skalarem Analyzer und Tracking-Generator

Um HF-Messungen an den entsprechenden Geräten, Antennen und Zusätzen sinnvoll durchführen zu können ist unbedingt Folgendes zu beachten:

1. Die Buchsen- und Steckverbindungen sollten einen gewissen Standard aufweisen. Ich empfehle dazu **N-Norm** oder **SMA** Verbinder (*PL und BNC ist etwas für „Niederfrequenz und Video Verbindungen“*) somit vollkommen ungeeignet für HF-Messzwecke!
2. Verschraubungstechnik bei Messadaptern und Messkabel berücksichtigen, gleiches gilt **insbesondere bei Einsatz von Kalibrier-Standards!!!**
3. Die Messkabel müssen einen hohen Qualitätsstandard hinsichtlich Schirmungsmaß, Geräuschminimierung, Welligkeit, Verformbarkeit usw. aufweisen - ich empfehle dazu **RG 142B-U** (*alternativ preiswert RG-223 - auf keinen Fall RG58*)
4. Beispielmessung eines HF-Messkabel mit Steckverbindern

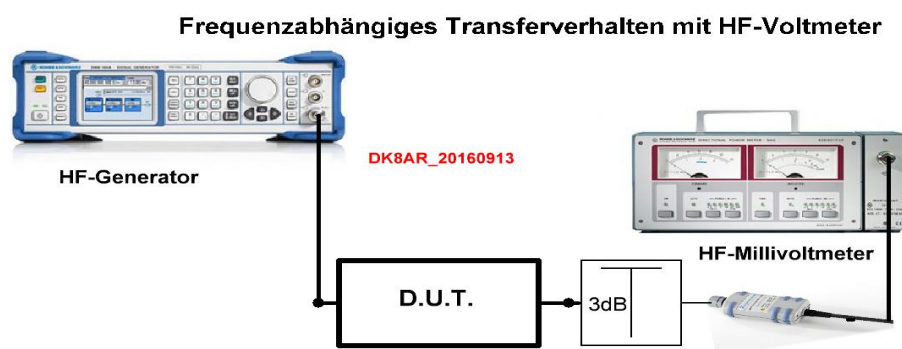


1 Tor Messungen mit VNA skalarem Analyzer und Tracking-Generator

In den folgenden **Bildern 3 bis 6** geht es um ein sogenanntes **frequenzabhängiges Transferverhalten (S21)**. Also ermitteln von Frequenzgängen mit unterschiedlichen Messgeräten und Verfahren, allen gemeinsam ist die Ermittlung von Durchlass- und Sperrbereichsdämpfung von Filtern, dazu gehören auch TP/HP usw.

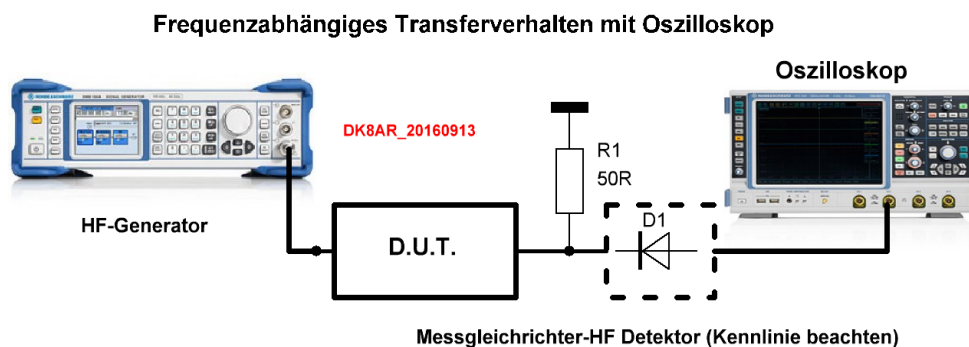
In dem **Bild 3** ist eine Möglichkeit dargestellt um z.B. unter Verwendung eines HF Generators und eines HF Millivoltmeter den Frequenzgang eines Filters zu ermitteln. Die Messdynamik und das erzielte Ergebnis sind recht gut bei ausreichendem Generatorpegel. Zwangsanpassungen von 50Ω sind gegebenenfalls erforderlich!

Bild 3



Gleiches gilt auch bei der Verwendung eines analog Oszilloskop **Bild 4** als Anzeigergerät, wobei ein einfaches 5MHz vollkommen ausreichend ist, da nur die **Gleichspannung** die über den Dioden-Messkopf gewonnen und angezeigt wird. Hier ist es jedoch wichtig, dass die (HF) Kennlinie des Messkopfes bekannt sein und berücksichtigt werden muss. Bei einem modernen Oszilloskop mit FFT Funktionalität kann nicht nur der Zeitbereich, sondern auch der **Frequenzbereich** (S21) angezeigt werden. Ähnlich einem Analyzer ist dabei aber zu berücksichtigen die maximale Empfindlichkeit ist etwa -50 bis -80dBm dementsprechend ist die Dynamik. Die kleinste Darstellung bei einem Oszilloskop beträgt 1mV/Division ($1\text{mV} \triangleq 60\text{dB}\mu\text{V}$).

Bild 4

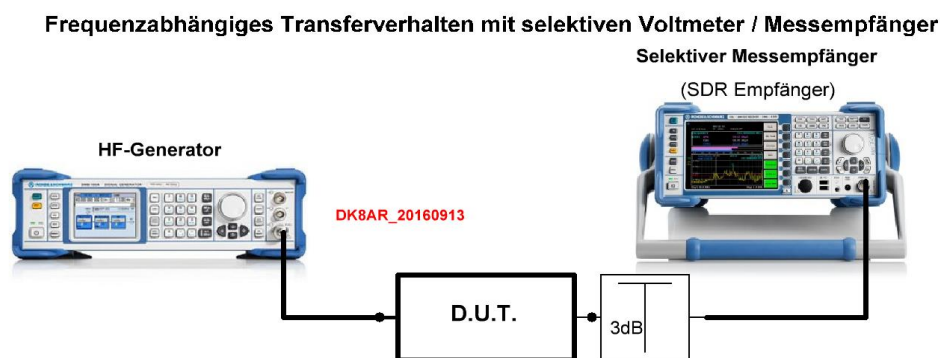


1 Tor Messungen mit VNA skalarem Analyzer und Tracking-Generator

Hinzu kommt noch ein sogenannter „Zwangsabschluss“ durch R1 von 50Ω zum Einsatz oder ein **Dämpfungsglied** mit mindestens 10dB ($ar > 20\text{dB}$). Dieser Abschluss ist wichtig, da der HF-Detektor für ein Oszilloskop $> 1\text{M}\Omega$ ist und daher alle Messungen auf der 50Ω Ebene vollkommen falsch wären! Die Messdynamik ist allerdings mit einem Analog Oszilloskop bei diesem Aufbau gering, anders als bei einem FFT Oszilloskop!

Eine weitere Möglichkeit stellt der im **Bild 5** dargestellte Messaufbau dar. Auch hier sollte vor dem Empfänger, als Zwanganpassung, gegebenenfalls ein Dämpfungsglied von 3-10dB vorgeschaltet werden. Da die Empfänger keinen „ausreichenden“ 50Ω Eingang haben. Bei dieser Messung eignen sich SDR Empfänger recht gut wegen der genaueren S-Meter Anzeige. Messempfänger oder Spektrum-Analyzer sofern vorhanden, mit Bildschirm sind jedoch wegen ihrer Messpräzision und ihrer Dynamik vorzuziehen!

Bild 5



Bei den vorgestellten Messschaltungen ist eine optische Bilddarstellung der Messkurven nicht möglich (außer mit einem Messempfänger oder Analyzer) da die Messungen nur punktuell aufgenommen werden. Allerdings besteht die Möglichkeit einer Excel-Darstellung bei ausreichenden Punkten um die Kurven dann als „Spannungsverlauf“ sichtbar zu machen. Ein Unterschied sei noch genannt, ein Messempfänger, ein selektives HF Voltmeter arbeiten nach dem Überlagerungsempfänger- Prinzip, gleiches gilt auch für Spektrum-Analyzer.

Eine ganz andere Lösung stellt die Möglichkeit im Folgenden **Bild 6** dar. Wenn man einen Spektrum-Analyzer mit externem- oder integriertem Tracking-Generator hat.

Damit kann man komfortabel Frequenzgang - Messungen durchführen mit allen möglichen Markern versehen und diese dann entsprechend setzen. Man sieht auf Anhieb z.B. den Durchlass- oder Sperrbereich einer Tiefpass- oder Hochpass-schaltung, Filterverlauf, Verstärkungsverlauf eines aktiven Bauteils usw.

Die Messung wird kalibriert durchgeführt und somit sind diese sehr aussagefähig, da sie zudem optisch sichtbar und dokumentiert werden können (gegebenenfalls) über

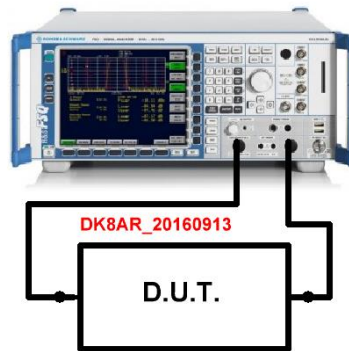
1 Tor Messungen mit VNA skalarem Analyzer und Tracking-Generator

die USB Schnittstelle bei neuen Geräten um anschließend diese mit dem PC bearbeitet zu können.

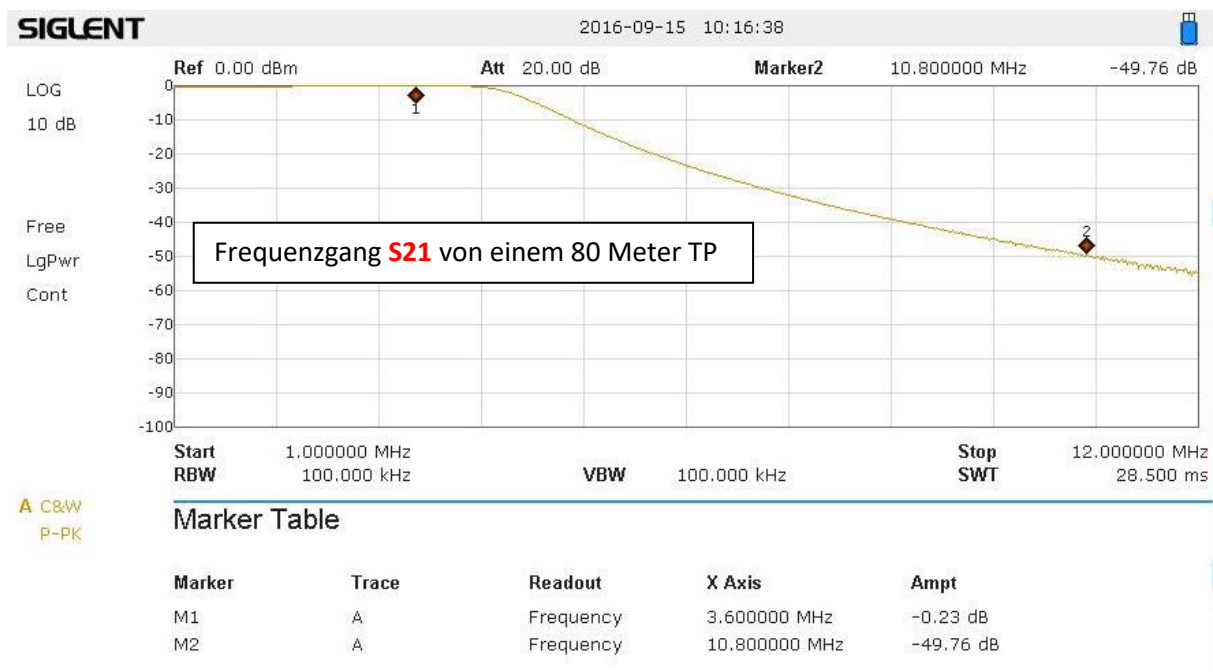
Bild 6

Frequenzabhängiges Transferverhalten mit Spektrumanalyzer und Tracking-Generator

Spektrumanalyzer mit Tracking-Generator



Dieser Messaufbau mit seinem Ergebnis ist sehr aussagefähig und daher vergleichbar einer S21 Messung mit einem VNA - siehe nachfolgendes Bild.

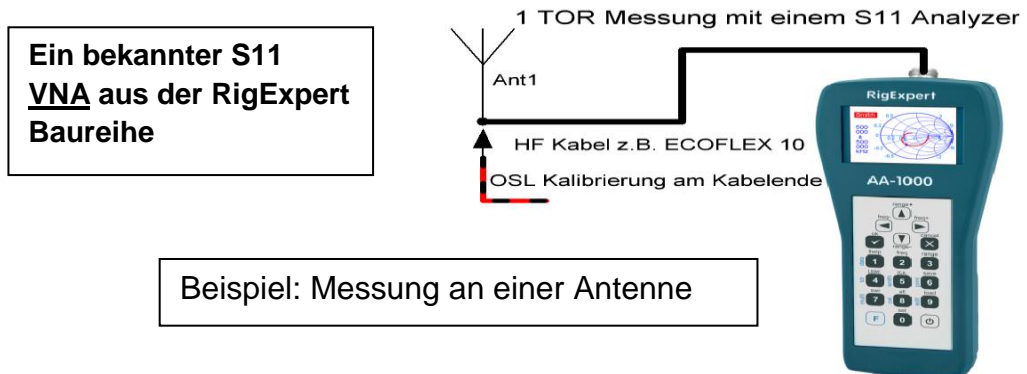


Im ersten Kapitel ging es weitestgehend um das Transferverhalten (Übertragungsverhalten S21).

Im Folgenden werden S11/S22 Rückflussdämpfung- und SWR Messungen mit entsprechenden Beispielen näher beschrieben, Messungen mit einem 1 Tor Standard S11 VNA/Analyzer. Auch in dieser Dokumentation werden wieder sogenannte alternativ Messungen vorgestellt. Um auch die die nicht über einen Analyzer verfügen eine Messmöglichkeit zu beschreiben.

1 Tor Messungen mit VNA skalarem Analyzer und Tracking-Generator

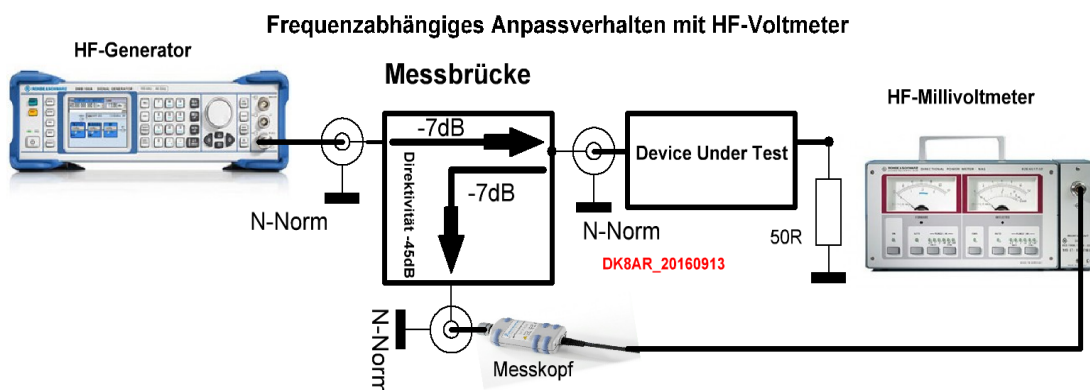
Messungen von Anpassungen (z.B. SWR)



Um **S11** Messungen z. B. mit einem der nachfolgenden Messaufbauten durchführen zu können ist noch ein weiteres Teil erforderlich. Bei einem Hand hold Analyzer ist diese bereits integriert, es ist die **Reflexionsmessbrücke** oder SWR-Brücke. Diese unterscheiden sich hauptsächlich durch ihren Frequenzbereich, den technischen Daten und der Buchsenbestückung z.B. SMA, N-Norm 50Ω, aber Achtung es gibt auch solche in 75Ω N-Norm, diese nicht vertauschen. Wenn ein 50Ω Stecker in eine 75Ω Buchse geschraubt wird, ist diese unwiderruflich defekt! Die Qualität einer Messbrücke liegt darin, dass ihre Eigenanpassungen bei Abschluss sehr gut sind, dazu die Direktivität, das ist die Entkopplung vom Signalgenerator zum Eingangs Port - gute Werte sind hier deutlich **< -45dB!** Die Werte von RF IN zum D.U.T. und von RF OUT zum D.U.T. Anschluss sind typisch mit etwa **-7dB** anzusetzen.

Im **Bild 7** ist eine Möglichkeit dargestellt um Anpassungen mit HF Millivoltmeter und Signalgenerator zu messen. Dazu ist natürlich eine Reflexionsmessbrücke erforderlich nach obigen Angaben. Die Messdynamik und das erzielte Ergebnis sind befriedigend bei ausreichendem Eingangspegel **>10dBm**.

Bild 7



1 Tor Messungen mit VNA skalarem Analyzer und Tracking-Generator

Im **Bild 8** ist der Einsatz von einem **Analyzer mit Tracking-Generator** zu sehen, es ist nur eine Ersatzlösung gegenüber einem reinen **VNA**. Dazu gehört insbesondere die Kalibrier Ebene, die bei einem **VNA** nicht nur an der Messbrücke endet!

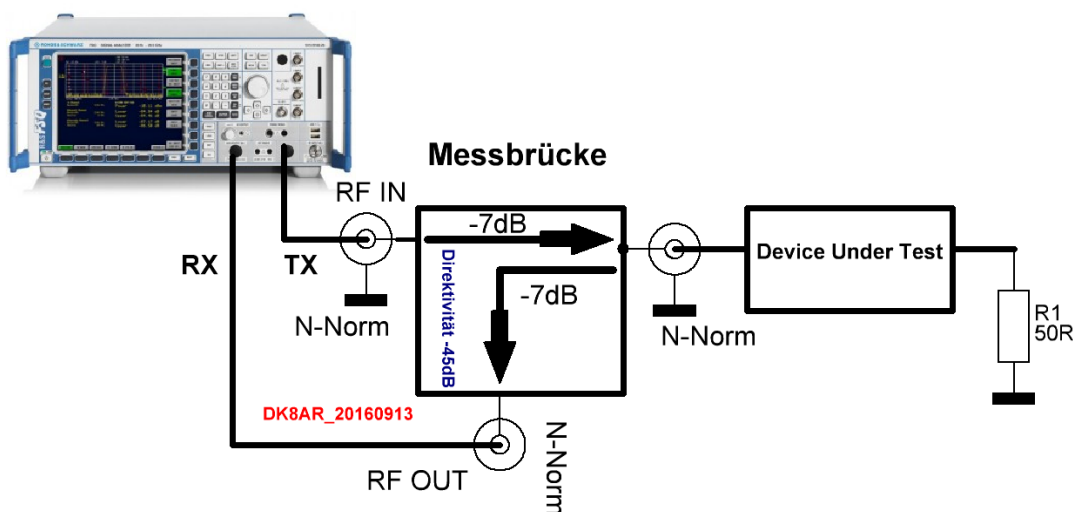
Solche Analyzer mit Tracking-Generator Messungen können daher nicht als Ersatz für einen **VNA** dienen! So sind Messungen wie sie auf Seite 1 dokumentiert sind nicht möglich, aber Übertragungs- und Anpassungskurven können mit einer derartigen Gerätekonstellation durchgeführt werden. Insbesondere im Laborbereich mit kurzen HF-Leitungen sind Messungen gut durchführbar.

Durch die Anschaffung von einem Spektrum Analyzer mit Trackinggenerator hat man natürlich gleich sehr viele Messfunktionen mit nur einem HF Messgerät!

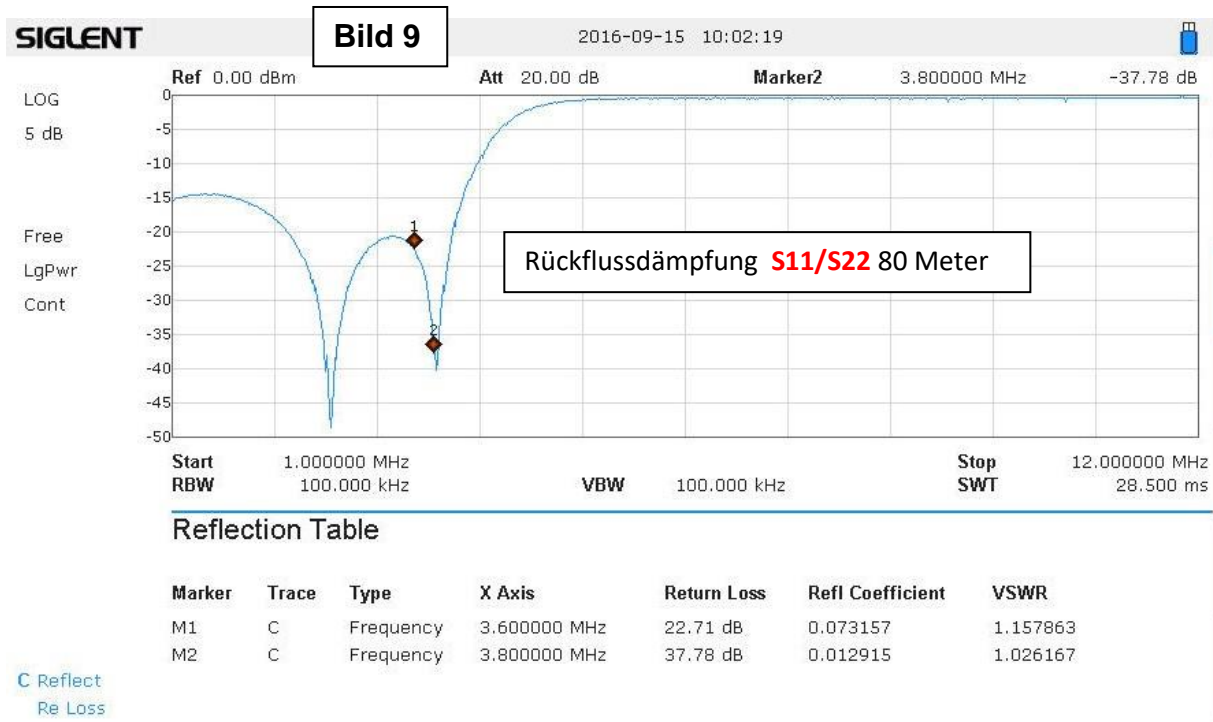
1. Transmissionsmessungen (mit Tracking-Generator 1 Port Messungen)
2. Pegelmessungen (Feldstärke)
3. Rauschspannungsmessungen (Noise Voltage)
4. EMI Empfänger Messungen 200Hz, 9kHz, 120kHz (verschiedene Detektoren)
5. Intermodulationsmessungen (IMA)
6. Frequenzgangmessungen
7. Signalamplituden
8. Signalanalyse
9. Reflexions-Messungen mit optionaler Messbrücke
10. Messempfänger (auch mit Tonwiedergabe FM/AM)
11. Peak Hold Funktion
12. Und vieles mehr

Bild 8

Frequenzabhängiges Anpassverhalten mit Spektrumanalyzer und Tracking-Generator



1 Tor Messungen mit VNA skalarem Analyzer und Tracking-Generator



Rückflussdämpfung gemessen an einem Tiefpass für 7Mhz

Die bisher beschriebenen Messaufbauten und Geräte decken meistens die skalare Analyse ab.

S-Parameter (Streuparameter) oder auch genannt Scattering Parameter sind frequenzabhängige Parameter von hochfrequenten Schaltungen, Komponenten, Geräten und Systemen und stellen die Transmissions- und Reflexionswerte von den Ein- und Ausgängen dar. *S-Parameter werden als komplexe Zahlen in Betrag und Phase angegeben, der Betrag in Dezibel (dB), die Phasenlage in Winkelgraden. Sie sind dimensionslos und unterliegen einer vorgegebenen Normenklatur. Diese Normenklatur ist abhängig von der Toranzahl, resp. Port Zahl. Gemessen werden Streuparameter mit Netzwerkanalysatoren (NWA) und vektoriellen Netzwerkanalysatoren, dargestellt werden sie in einem Smith-Diagramm.*

Bei der rein skalaren Messtechnik fehlen jedoch wichtige Parameter, u.a. die Phasenlage der jeweiligen Magnitude usw.

Die skalare Betrachtung ist dadurch keinesfalls von Nachteil, z.B. ist für die Beurteilung der Anpassung einer Antenne (SWR), der Anpassungsverlauf eines Filters, eine skalare Messung also die Messung der Rückflussdämpfung absolut aussagekräftig, gleiches gilt auch für S21 Messungen.

Falls jemand Interesse an der HF-Messtechnik hat, so kann man sich auf dem Markt umsehen. Der Interessent sollte sich jedoch die unten aufgeführten Informationen ansehen und bei Kauf berücksichtigen für seinen jeweiligen Anwendungsfall!

1 Tor Messungen mit VNA skalarem Analyzer und Tracking-Generator

„Preiswerte?“ alternative Messgeräte zum Analysieren sollten folgende „Grundkriterien“ erfüllen, darüber hinaus preisabhängig und nach Bedarf natürlich alle weiter aufgeführten Voraussetzungen. Die in **Fett unterstrichen** Anforderungen sollten jedoch mindestens erfüllt werden!

1. **Frequenzbereich**
2. **Stehwellen-Verhältnis** SWR
3. Komplexe Impedanz ($R + jX$)
4. Impedanz Magnitude (Z)
5. **Rückflussdämpfung** (RL)
6. Phase ($0-180^\circ$)
7. Kapazität (μF) *auch als C Messgerät einsetzbar*
8. Induktivität (μH) *auch als L- Messgerät einsetzbar*
9. Kabellänge (m) *als Reflektor Meter einsetzbar*
10. **Kabelverlust** (dB)
11. **Ausgangspegel min.0dBm** besser noch +10dBm (typ.)

Ein Hand hold Analyzer mit Graphik-Display, bis 230MHz ist auch der **MFJ-226**. Es ist ein batteriebetriebener Antennen-Analysator für den Frequenzbereich von 1 bis 230 MHz. Durch die Auslegung als vektorieller Netzwerk-Analyzer (VNA) ist der MFJ-226 in der Lage auch komplexe Messwerte zu ermitteln und die Ergebnisse graphisch darzustellen (Smith-Diagramm). So sind Messungen des Stehwellen-Verhältnisses (SWR), der komplexen Impedanz (Wirkwiderstand und vorzeichenbehafteter Reaktanz), des Phasen-Winkels, der Rückfluss-Dämpfung usw. möglich.

Dazu gehören auch die **RIG Expert Analyzer**: AA-30, AA-54, AA-170, AA-230 ZOOM, und die nicht so preiswerte Serie: AA-600, AA-1000 und AA-1400.

Zu den Ausgangsleistungen von Antennen-Analyzer möchte ich noch zu bedenken geben:

Wenn der ausgehende Messpegel aus dem Port 1 (S_{11}) $< -10\text{dBm}$ ($< -71\text{dB}\mu\text{V}$) insbesondere bei Antennenmessungen $< 15\text{MHz}$ ist, kann das bei starken Bandbelegungen (*nicht nur im AFU Band*) bei großen Antennenflächen die Messsignalamplituden beeinträchtigen. Durch solche zusätzlichen empfangenen Summenamplituden ist die Messung fehlerhaft oder unter Umständen überhaupt nicht durchführbar. **Nicht vergessen jeder Analyzer hat einen Empfänger!**

Z.B. die Messgeräte von RIC Expert AA-30 und AA-54 haben **+13dBm** das sind (1V RMS). „Ideal für große Kurzwellenantennen“.

Die Geräte AA-170 bis AA-1400 haben einen Messpegel von **-10dBm** entsprechend 71mV RMS , das entspricht $97\text{dB}\mu\text{V}$.

Der MFJ 226 hat einen Messpegel von **+10dBm** gleich 707mV RMS .

Einige andere Messgeräte haben hingegen einen Ausgangspegel von 0dBm gleich 224mV RMS . Alle Pegelangaben beziehen sich auf $Z 50\Omega$!

*In der englischen Sprache wird der Effektivwert mit **RMS** Abkürzung für **Root Mean Square** (auf Deutsch quadratischer Mittelwert) bezeichnet.*

S11 Messungen mit dem Antennen-Analyzer

Messungen mit einem Antennenanalyzer an Antennen sind eine nicht so einfache Angelegenheit! Das Problem ist, eine Hochantenne die man messen möchte befindet sich meistens an einem Standrohr am Haus oder Turm (außer bei Labormessungen).

Dort mit einem Antennenanalyzer zu messen gestaltet sich meistens sehr schwierig bis unmöglich. Hinzu kommen noch weitere unerwünschte nicht vermeidbare Effekte die oftmals eine Messung zum Problemfall auswachsen lässt. Dazu muss man wissen, dass ein Antennenanalyzer aus einem Sender/Empfänger besteht.

Dieser Empfänger wird bei Messungen die an Antennen durchgeführt werden mit Empfangssignalen konfrontiert. Dadurch entstehen wie bei jedem Empfänger die bekannten Randbedingungen wie Großsignalfestigkeit, Spiegelfrequenzen, Intermodulationsprodukte usw. Das bedeutet, der Antennenanalyzer wird in solchen Fällen von stärkeren Signalen beeinflusst und dadurch ist eine Messung nicht sinnvoll durchführbar. Die Messwerte können bei starken Empfangssignalen über die Antenne vollkommen unmöglich bis zu erheblichen Fehlmessungen führen. Dazu sollte man gegebenenfalls entsprechende „Messzeiten“ aussuchen!

Das kann nicht nur durch UKW Rundfunk- und Fernsehsender geschehen, sondern auch allgemeine Signale über Funkmasten usw. *(Früher auch durch Mittel- und Langwellensender die in DL weitestgehend abgeschaltet sind)*

Das ist auch dann der Fall, wenn die eingestellte **Frequenzachse** an dem Analyzer z.B. nur den Mittelwellen-Kurzwellen-VHF-UHF Bereich oder Teile davon abdeckt.

Das hängt damit zusammen, wenn eine Dipolantenne z.B. W3DZZ, FB33, Discone-Antennen, Logarithmisch-periodische Antennen oder ähnliche nicht nur den für sie gedachten Empfangs- und Sendebetrieb abdecken, so werden weitere Funksignale außerhalb ihrer eigentlichen Bestimmung empfangen.

Darum sollte sofern vorhanden, mit einem Spektrum-Analyzer, Messempfänger oder bedingt mit einem SDR Empfänger die Bereiche vorher einmal auf starke Signale untersucht werden.

Um eine Antenne mit einem angeschlossenen längeren HF-Kabel messen zu wollen sind besondere Kriterien zu berücksichtigen. Das ist aber ein eigenes Thema, da abhängig von der Frequenz, dem Kabel Typ, Verkürzungsfaktor, die Länge usw. die die Messung beeinträchtigen. Es reicht nicht das reine Kabelende zur Kalibrierung zu nutzen, weil durch die Welligkeit des Kabels und deren Dämpfung diese nicht mit berücksichtigt werden kann. Jedoch für den Funkamateurl ist diese Art der Kalibrierung meistens mit einem Qualitätskabel mit geringer Welligkeit ausreichend.

Bei einem hochwertigen Kabel z.B. ECOFLEX 10/15 reicht eine Vergleichsmessung meistens aus. Dazu sollte man eine alternative Länge verwenden die der entspricht, welches zu der/den Antennen führt als „Kalibrierzusatz“! Dadurch wird zumindest eine Fehlanzeige der Anpassungsverhältnisse vermieden. Bei schlechterem Kabel steigt die Anpassung an, dann entsteht jedoch der Irrglaube die Rückflusdämpfung (SWR) wird besser, jedoch geschieht das nur in Folge der größeren Dämpfung des Kabels mit ansteigender Frequenz!

1 Tor Messungen mit VNA skalarem Analyzer und Tracking-Generator

Ein moderner VNA softwarebasierend hat jedoch die Möglichkeit, diese mathematisch nach Eingabe der Kabelparameter, Steckverbinder usw. als Offset mit einzubeziehen. Dazu werden die Werte in der Kabeltabelle in den Analyzer eingegeben. Die Form der Eingabe unterscheidet sich je nach Analyzertyp oder Software, mögliche Varianten sind Kabellänge mit Verkürzungsfaktor oder auch die Verzögerung bzw. Laufzeit des Kabels.

Begriffe aus der HF Technik kurz erklärt:

Wirkwiderstand - Ohm'scher Widerstand

Der **Blindwiderstand** (auch **Reaktanz**) ist eine Größe der Elektrotechnik, die einen Wechselstrom durch Aufbau einer Wechselspannung begrenzt und eine zeitliche Phasenverschiebung zwischen Spannung und Stromstärke verursacht. Der Wert des Blindwiderstandes ist frequenzabhängig. Der Zusatz „blind“ rührt daher, dass elektrische Energie zu den Blindwiderständen zwar transportiert, aber dort nicht in thermische Energie umgewandelt wird.

Man kann die **Impedanz** als komplexe Zahl auffassen, mit Imaginär- und Realteil bzw. Betrag und Phase. Von einer **Impedanz** spricht man bei einer R/C Reihenschaltung oder bei einer R/L Reihenschaltung und von einer **Admittanz** spricht man bei einer R/C Parallelschaltung oder bei einer R/L Parallelschaltung.

Die **Eingangsimpedanz**:

Sind Widerstände verschiedener Art, wie ein kapazitiver und ein induktiver **Blindwiderstand** oder ein **Wechselstromwiderstand** und ein ohmscher Widerstand zusammenschaltet, so nennt man den Gesamtwiderstand komplexen **Widerstand** oder **Impedanz**. Handelt es sich dabei um einen Eingangswiderstand, so genügt oft die Angabe des Betrages der Impedanz, den man **Scheinwiderstand** nennt. Achtung: Oft wird von einer (kapazitiven) Impedanz gesprochen und es ist der Scheinwiderstand gemeint, das negative Vorzeichen fehlt dann. So ist die Eingangsimpedanz eines Messgerätes wegen der parallelen Kapazität immer negativ (siehe dazu Bild 2).

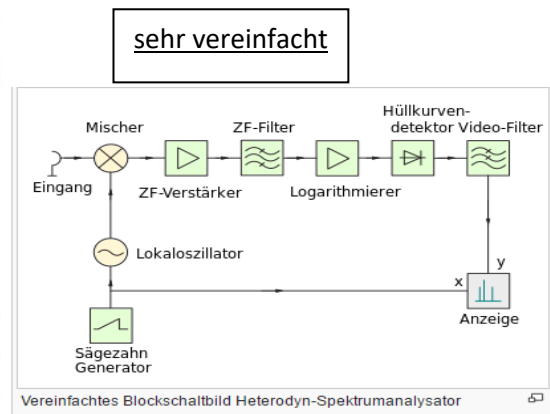
Smith-Diagramm Smith Chart

Das Smith-Diagramm ist eine grafische Darstellung mit einem relativ komplizierten mathematischen Zusammenhang das durch sein geometrisches Konstrukt die Messdaten anzeigt.

Bei dieser Darstellung werden komplexe Zahlen übersichtlich dargestellt, wodurch man Impedanz mäßige Änderungen auf Hochfrequenzkabeln oder anderen HF-Komponenten darstellen kann. Es zeigt dem Benutzer wie sich die Impedanz oder Admittanz aufgrund des Reflexionsfaktors oder des Stehwellenverhältnisses (VSWR) bei verschiedenen Frequenzen verhält.

1 Tor Messungen mit VNA skalarem Analyzer und Tracking-Generator

Weitere Messungen mit dem Analyzer Siglent SSA 3021X:



Ein Analyzer kann auch wie ein „Messempfänger“ eingesetzt werden, im folgenden Bild z.B. ist das 80 Meterband zu sehen. Unter der Funktion Multimarker können alle Amplitudenspitzen mit Markern aktiviert werden und die Signalstärken im unteren Feld abgelesen werden. Es kann auch ein Sonagramm (Wasserfalldarstellung) (siehe Seite 12) zugeschaltet werden.

Noise Voltage Messungen @50Ω: -23dBμV entsprechen -130dBm bzw. 70,795nV Ueff z.B. 1dBμV entsprechen -106dBm bzw. 1,122μV Ueff

EMI/EMV (Elektromagnetisch Interferenzen)

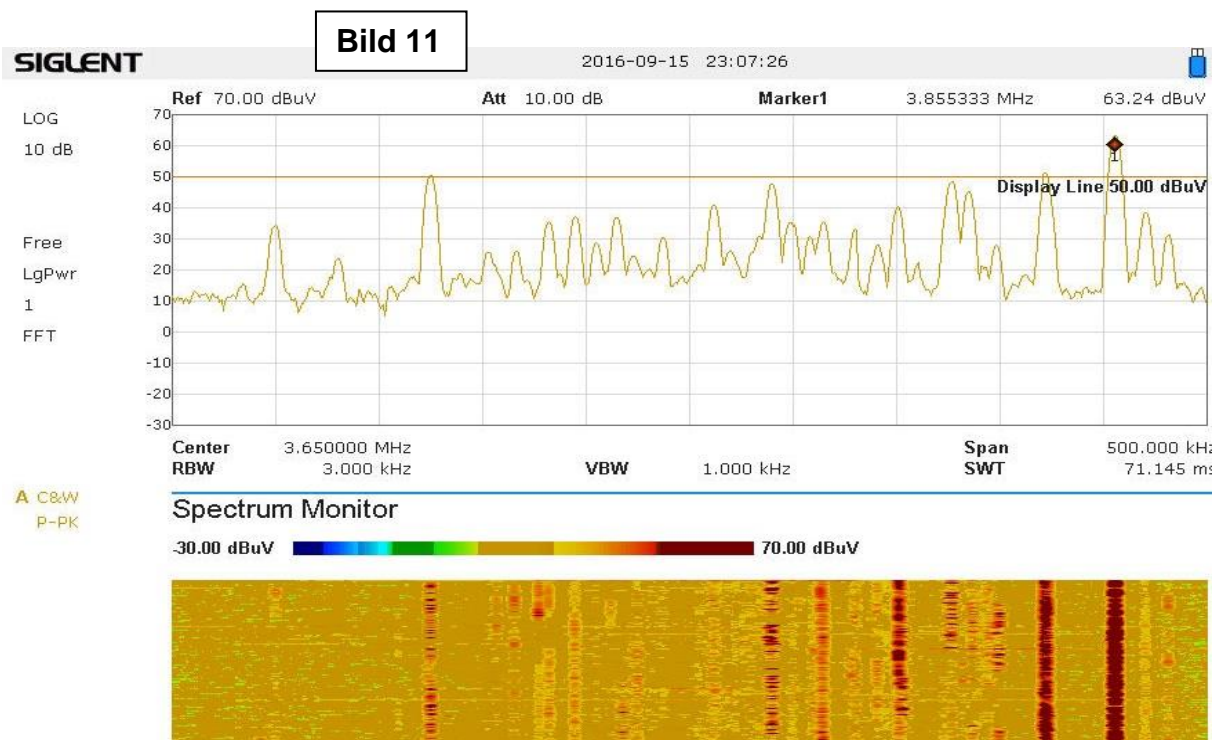
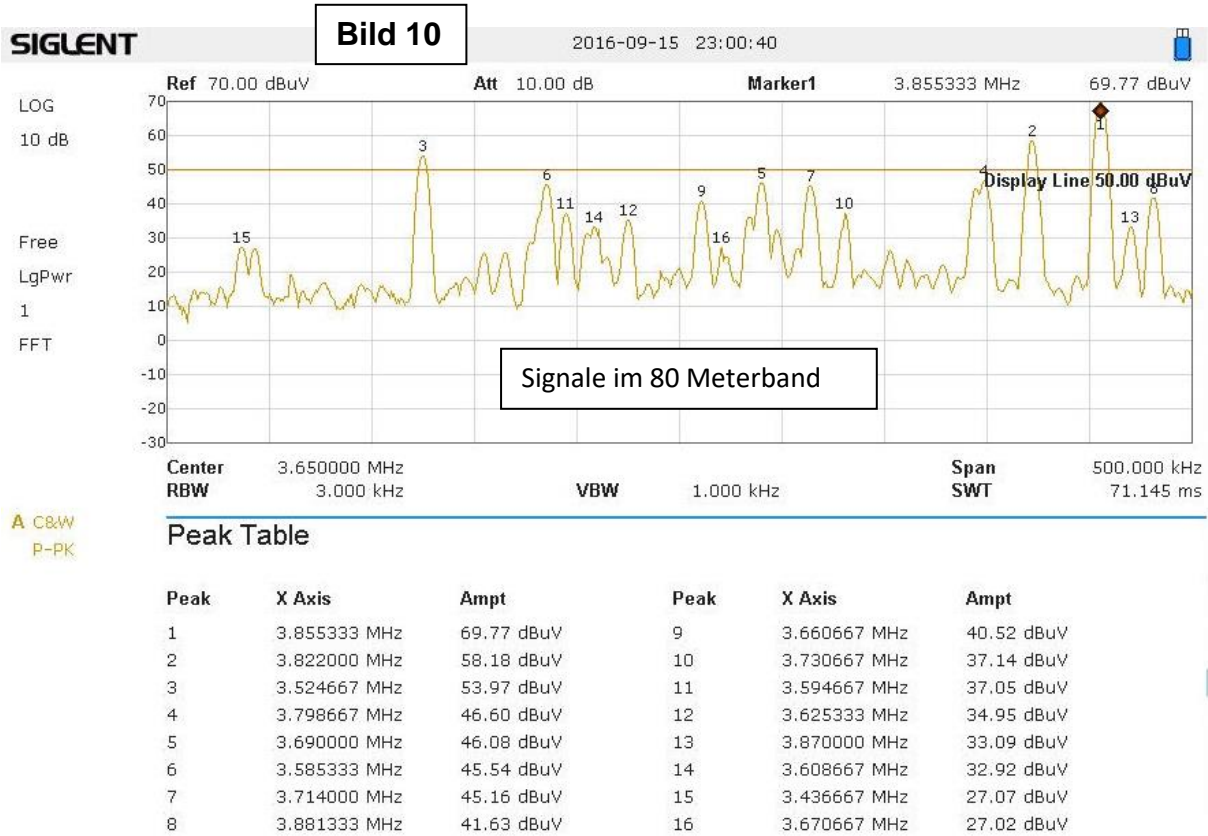
Ein Messgerät, wie es hier beschrieben wird, hat neben den nicht geringen Kosten zudem den Vorteil, dass man die damit realisierten Messungen während des Entwicklungsprozesses mehrfach wiederholen kann und sich so jedes einzelne Modul schnell und unkompliziert vermessen lässt. Auf diese Weise bekommt man eine „Sicherheit“, dass der finale EMI-Test auch bestanden wird und nicht im Nachhinein eine kostspielige Nachentwicklung des Gerätes erfolgen muss.

Zum Ermitteln von „schwingenden“ Schaltungen, zum Beispiel bei Einsatz von FET Transistoren, dual Gate MOSFET Transistoren, MMICS, ERA, INA Schaltungen usw.

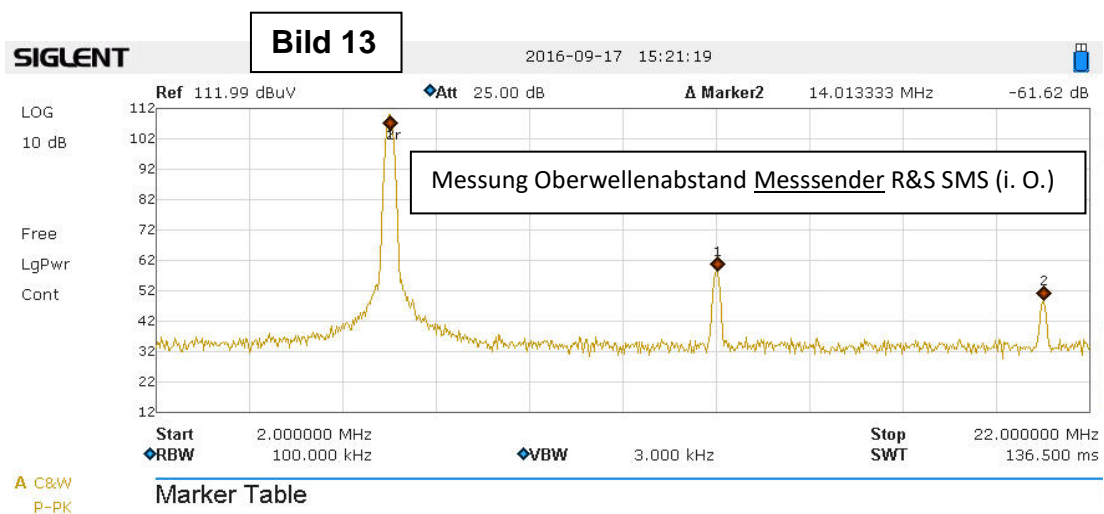
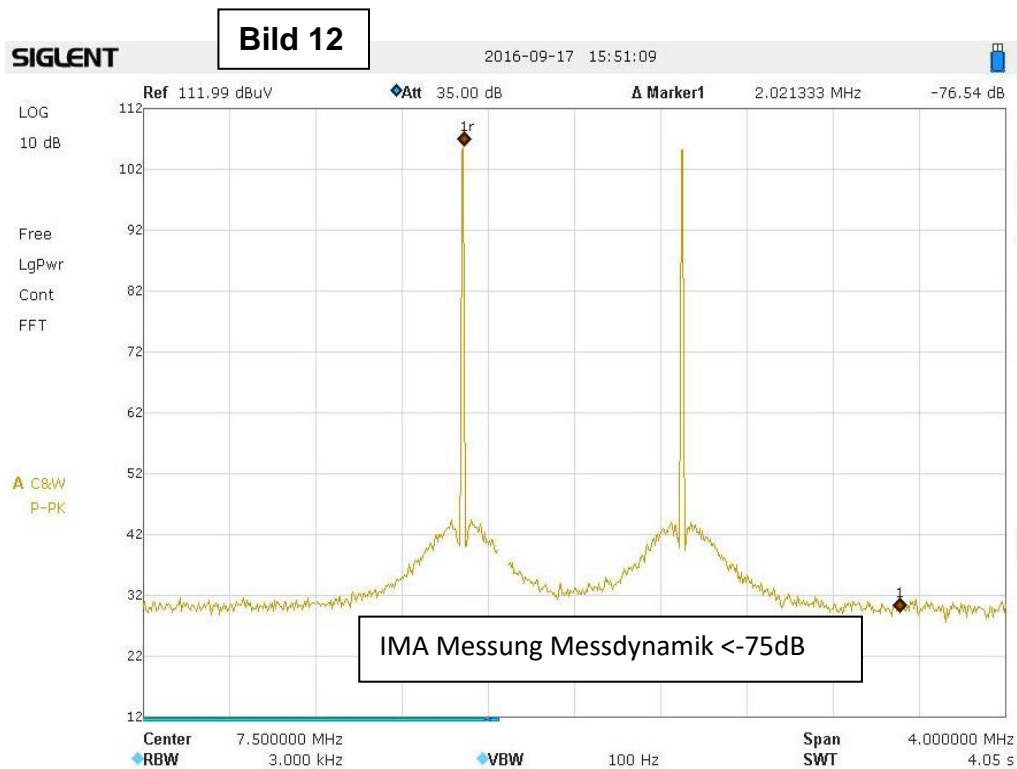
Es gibt noch sehr viele weitere Messmöglichkeiten mit einem Analyzer die jedoch hier nicht alle aufgezählt werden können!

Die Display Line ist bei diesem Beispiel auf 50dBμV (S 9+17dB) eingestellt.
S 9 entspricht 34dBμV@<30Mhz

1 Tor Messungen mit VNA skalarem Analyzer und Tracking-Generator



1 Tor Messungen mit VNA skalarem Analyzer und Tracking-Generator



Um den Rahmen nicht zu sprengen, habe ich nur einen kleinen Teil der Messungen die mit einem Analyzer möglich sind hier dargestellt. Mit entsprechenden Zusätzen und Optionen ist ein Analyzer auch einsetzbar für Rückflussdämpfungs- und Übertragungsmessungen im skalaren Format siehe oben, sowie weiteren Messmöglichkeiten einsetzbar. Zur Speicherung aller Daten kann man einen USB-Datenträger in den vorgesehenen Schacht stecken und dann alle Daten mit Text aufzeichnen bei gleichzeitig kleinem Speicherbedarf im JPG Format.

1 Tor Messungen mit VNA skalarem Analyzer und Tracking-Generator

Alle hier gezeigten und besprochenen Messungen sollen nur Beispiele darstellen um einen **kleinen Einblick in die HF Messtechnik zu ermöglichen**. Diese Technik kann man keineswegs in kurzer Zeit vermitteln und verstehen, ich selber habe mich mit dieser Technik mehr als vier Jahrzehnte beschäftigt. Insbesondere praktisch und dadurch mit allen möglichen Messproblemen die bei der Realisierung von Messungen und Messaufbauten entstehen. Auch die Auswahl und Zusammenstellung von Messgeräten zum Aufbau, Beschreibungen zahlreicher HF Messplätze, darunter gehört auch die Messplatz Örtlichkeit (HF Noise und EMV reduzierte Räume) für Laboranwendungen in verschiedenen Firmen zu ermitteln!

Weitere „low Preis“ Analyzer z.B. Rohde & Schwarz HMS-X



Kerndaten

- ▮ Frequenzbereich: 100kHz bis 1,6GHz / 3GHz (mit HMS-3G (HV212) Option)
- ▮ Spektrale Reinheit größer als -100 dBc/Hz (bei 100 kHz)
- ▮ SWEEP von 20ms bis 1000s

Technische Daten

Modellüberblick:	Grundgerät
Auflösungsbandbreite	10 kHz bis 1 MHz, 200 kHz (-3 dB)
Videobandbreite	1[nbsp]]kHz bis 1[nbsp]]MHz

Base Unit

▶ HMS-X

Bestellnummer 3593.2219.02



▶ Spectrum Analyzer

HMS-X Options

▶ HMS-TG

Bestellnummer 5800.2260.02

▶ Activation of built-in tracking generator (HV211)

▶ HMS-EMC

Bestellnummer 5800.2277.02

▶ EMC option with preamplifier

▶ HMS-3G

Bestellnummer 5800.2254.02

▶ Bandwidth upgrade to 3 GHz

1 Tor Messungen mit VNA skalarem Analyzer und Tracking-Generator

Kerndaten

- Diese Option aktiviert den Tracking Generator im Gerät.
- Mit Hilfe des Tracking Generators lassen sich Frequenzgangmessungen an Filtern, Verstärkern oder Mischern durchführen.

Kerndaten

- Der Frequenzbereich eines HMS-X Grundgerätes wird mit dieser Option von 1,6 GHz auf 3 GHz erhöht.

Kerndaten

- Mit dieser Option werden alle Funktionen aktiviert, die für EMV-Precompliance Messungen benötigt werden.
- Außerdem ist die Preamplifier Funktion, die zuvor separat zum HMS-X erhältlich war, nun ein fester Bestandteil der HMS-EMC Option.



DK8AR Hewlett Packard VNA
(von1991)

Network Analyzers Netzwerk Analyatoren

Hewlett Packard 8753C

Der HP 8753 C ist ein Netzwerkanalysator mit Farbbildschirm.

- Frequenzbereich: 300 kHz bis 3 GHz
- Markenauflösung 0,001 dB, 0,01° bzw. 0,01 ns
- Direktes Speichern und Laden mit einem externen Diskettenlaufwerk ist möglich
- Flimmerfreie Farbanzeige
- HP-IB Schnittstelle
- Die eingebaute Synthesizer-Quelle liefert eine Ausgangsleistung von > 100 mW, eine Frequenzauflösung von 1 Hz und die Wobbelarten linear, logarithmisch, Listenwobbeln,
- Leistungswobbeln und kontinuierliches Wobbeln. Die Testsequenzfunktion gestattet auf Knopfdruck die schnelle und konsequente Durchführung komplexer Tests. Im Sequenzbetrieb brauchen Sie die Messung nur einmal von der Frontplatte aus zu steuern, dabei speichert das Gerät die Tastendrücke, so daß keine besonderen Programmierkenntnisse erforderlich sind. In eine Testsequenz können Sie sogar andere HP-IB Messgeräte einbinden.
- Drei abgestimmte Empfänger für Frequenzen von 300 kHz...3 GHz ermöglichen eine vielseitige und unabhängige Leistungsmessung oder gleichzeitige Verhältnismessungen über einen Dynamikbereich von 100 dB.



Hewlett Packard HP 8753C
Maße/ Dimensions : 438mm (B/W) x 190mm (H/H) x 530mm (T/D)
Gewicht/ Weight: 26 kg

Geprüft / Fully tested: 4105,50 € INKLUSIV MWST / 3450,00 € NETTO
Gewährleistung: 1 Jahr
One Year Warranty

Ref. #: 0576979361 Hewlett Packard HP 8753C
© by Helmut Singer Elektronik Vertriebs GmbH

1 Tor Messungen mit VNA skalarem Analyzer und Tracking-Generator

Im folgenden Bild ein aktueller VNA von R&S!

Solche **4Tor** Geräte findet man in gut ausgestatteten HF Laboren, ich selber habe lange mit derartigen Messgeräten gearbeitet. Neue Modelle (Modellwechsel) kommen nicht so schnell auf den Markt. Aber Optionen werden entwickelt, um immer auf dem neusten Stand zu sein, seltener kommen sogenannte Updates.

R&S®ZVA Vector Network Analyzers



Technische Daten

For R&S®ZVA50/67/110 see below

	R&S®ZVA8	R&S®ZVA24	R&S®ZVA40
Number of test ports	2 or 4		
Frequency range	300 kHz to 8 GHz	10 MHz to 24 GHz	10 MHz to 40 GHz
Number of test points per trace	1 to 60001		
Measurement bandwidths	1 Hz to 1 MHz (with option: up to 30 MHz)		
Max. number of internal sources	2	4	4
Operating system	Windows XP Embedded		
Dynamic range at 10 Hz measurement bandwidth:			
Between test ports	typ. 140 dB	typ. 135 dB	typ. 140 dB
With direct receiver access	typ. > 145 dB	typ. > 145 dB	typ. > 150 dB

Noch etwas zur Speicherung von S-Parametern mit **2TOR oder mehr (n) TOR Messplätzen**:

*Vollständige S-Parameter insbesondere als SNP-Datei (Deutsch: SNP steht als Dateierweiterung für einen Access Report **Snapshot** z.B. um PDF Fail oder ähnliches zu erstellen), werden von Geräten in den oben vorgestellten Konstellationen nicht geliefert. Mit auf diese Weise ermittelten Daten ist demzufolge keine Weiterverarbeitung in Richtung Netzparameter (Z, Y) möglich. Wohl aber mit dem R&S VNA.*

*Auch können CSV Daten gespeichert werden für EXCEL Anwendungen. **Comma Separated Values** (Komma-getrennte Werte) (**CSV**) ist ein Textdateiformat, mit dem sie Daten aus einem Datenbank-*

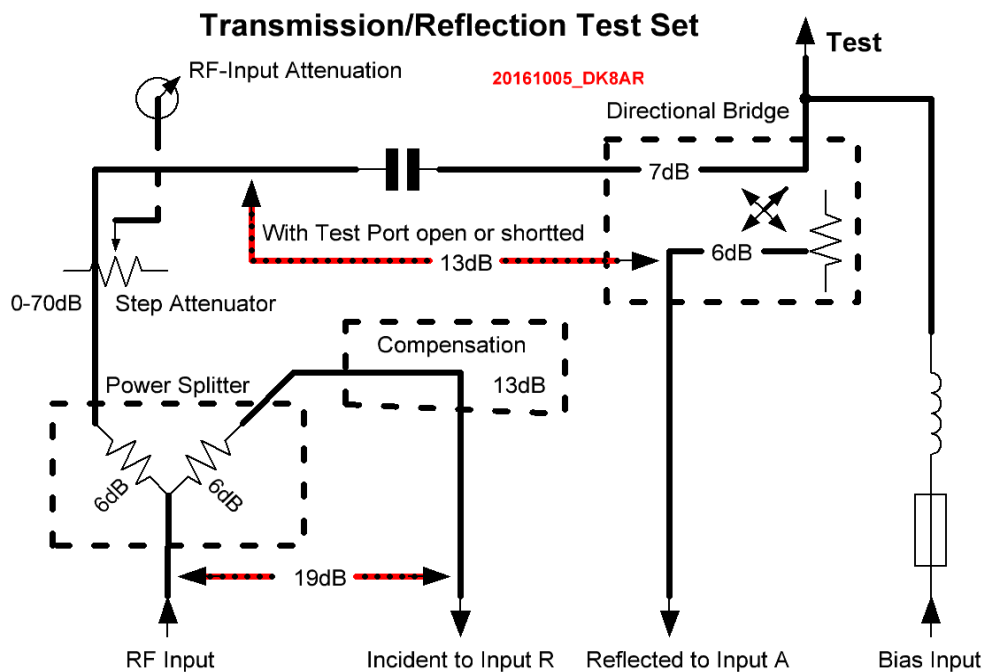
1 Tor Messungen mit VNA skalarem Analyzer und Tracking-Generator

oder Tabellendokument anwendungsübergreifend austauschen können. Jede Zeile in einer Text **CSV-Datei** steht für einen Datensatz in einer Datenbank oder einer Zeile in einem Tabellendokument.

Die oben gezeigten Geräte sind nie in ihrer Software/Ausstattung komplett und müssen, obwohl teilweise eingebaut, mit verschiedenen Optionen gegen Zusatzzahlungen aktiviert werden. Wie bei vielen Autoherstellern die Zubehörliste!

Die folgende Schaltung zeigt eine hochwertige Reflexionsmessbrücke für einen Network Analyzer. Diese Brücken haben ihren Einsatz von etwa 500kHz bis > 6GHz

Bild 14

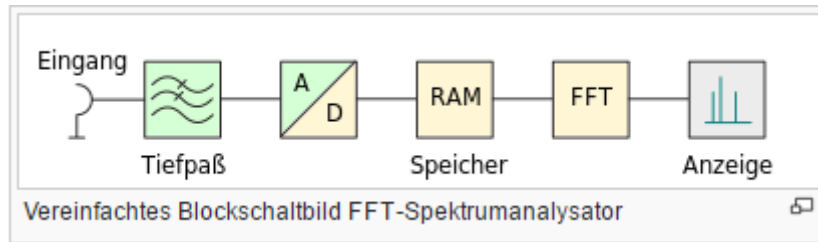


FFT-Analysator

Mit Hilfe der Fourier-Transformation (in den üblichen digitalen Messgeräten findet die schnelle Fourier-Transformation Anwendung) wird direkt das Frequenzspektrum berechnet. Auch die Spektraldarstellung in digitalen Oszilloskopen basiert meist auf diesem Verfahren. Messungen dieser Art werden Zeitbereich-Messungen oder Zeitbereichsmethoden (englisch Time Domain Measurement) genannt.

Vorteil ist der vergleichsweise geringe technische Aufwand im Messgerät, nachteilig ist die geringe erzielbare Bandbreite bzw. bei hohen Bandbreiten die nur geringe spektrale Auflösung mit reduzierten Dynamikumfang. So ist eine hohe Dynamik von 100 dB nur bis zu Frequenzen von 100 kHz technisch machbar.

1 Tor Messungen mit VNA skalarem Analyzer und Tracking-Generator



Ursachen von PIM

Passive Intermodulation in Kabeln und Verbindern wird häufig verursacht durch Korrosion, Verschmutzung, nicht fachgerechter Montage von Stecker und Buchsen und auch durch mindere Qualität bei den Materialien. Daneben spielen auch die Materialien eine Rolle, ferro-magnetische Metalle (Hysterese) oder Ferrite (Zirkulatoren, Isolatoren) haben ebenfalls nichtlineares Verhalten und tragen so zu Intermodulations-Problemen bei.

Auf atomarer Ebene ist auch die best-polierte Kontaktfläche ein Gebirge, der Kontakt zwischen zwei Konnektor-Flächen ist auch bei hohem Anpressdruck eine große Zahl von Punktkontakten. Diese Metall-Metall-Kontakte verhalten sich stark nicht-linear (ähnlich wie Dioden-Kontakte) und tragen ebenfalls zu PIM bei.

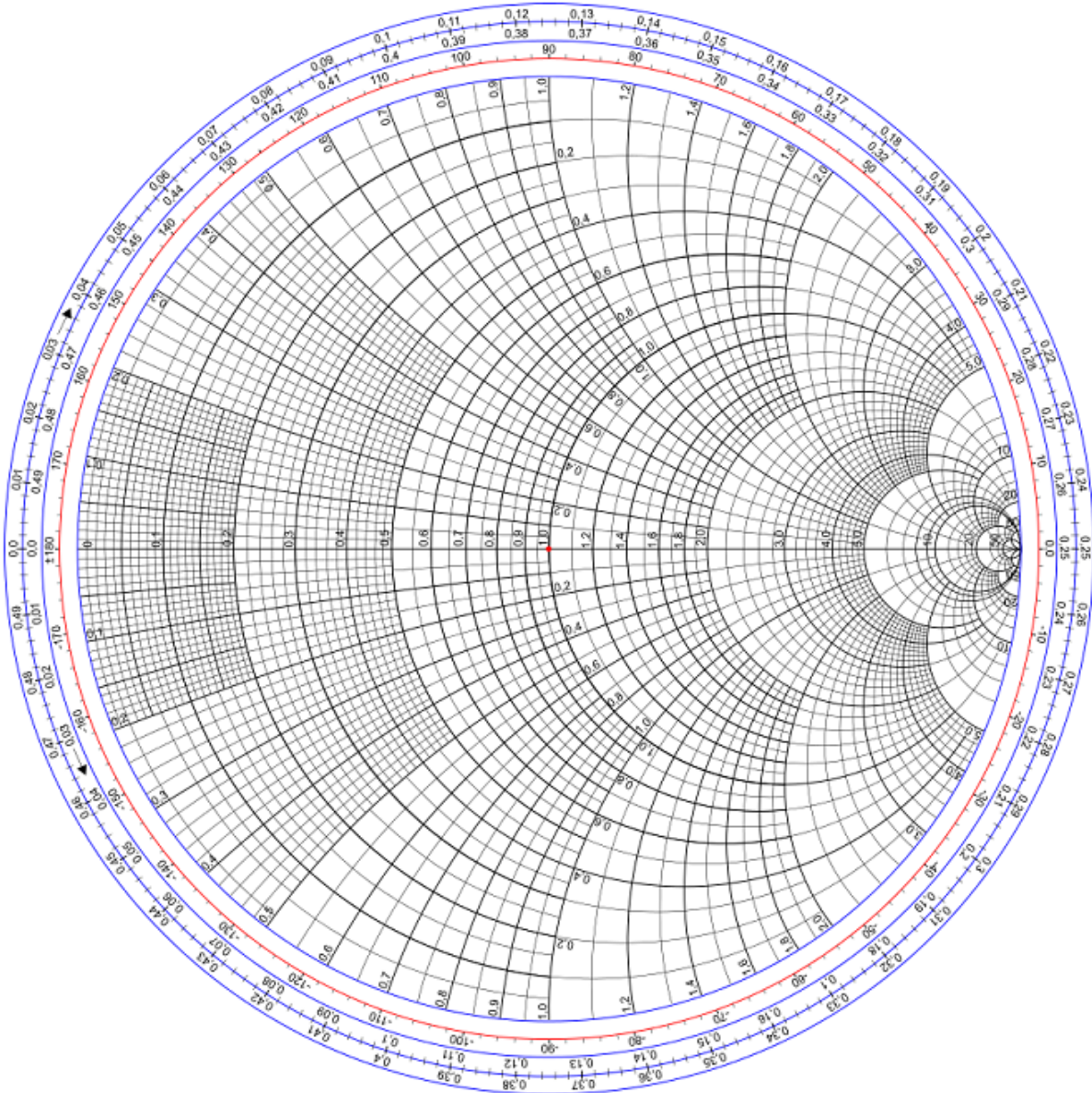
Eingeschlossene Feuchtigkeit trägt erheblich zu Korrosion in Verbindungen bei. Auch wenn es verführerisch ist, Staub etc aus einem Verbinder "herauszupusten": Atemluft ist gesättigt mit Wasser und wird auf lange Sicht die Verbindung verschlechtern. Trockene Druckluft (aus Sprühdosen) ist die bessere Wahl.

Ebenso verbietet sich das Berühren der Kontaktflächen mit den Fingern. Feuchtigkeit, Hautschuppen, usw. verursachen ebenfalls Korrosion.

Daneben stellen "externe" Korrosionsflächen eine weitere Quelle von PIM dar. Metallzäune oder ähnliche Objekte in der Nachbarschaft der Sendequelle können (durch rostige Kontaktflächen) ebenfalls PIM verursachen, daher ist auch bei der Planung der Anlagen auf die nähere Umgebung zu achten.

**Ich bedanke mich für Eure
Aufmerksamkeit!
DK8AR Henri**

Das Smith Chart



1 Tor Messungen mit VNA skalarem Analyzer und Tracking-Generator

Keysight Technologies

Oscilloscope



Keysight Basic Spectrum Analyzers (BSA)



ENDE