

Wie misst man sehr hohe Impedanzen

Ein Vergleich zwischen VNWA in verschiedenen Messmodi und dem VNWA mit einem RF-IV-Adapter.

Dieser Artikel wurde inspiriert von dem Problem, dass Jim Brown K9YC hatte, ein paar Ringkerne, in einem Koaxialkabelwickel , zu messen.

Es bekamen nicht immer dieselben Ergebnisse heraus, mit dem VNWA mit RF-IV-Adapter und anderen Messergebnissen und ich unterstellte, dem RF-IV-Adapter oder der VNWA Software, systematische Fehler:
Übersetztes Zitat Anfang:

Ich habe die RF-IV Testeinrichtung zum Arbeiten bekommen und einige Messungen im Bereich von 2-40 MHz durchgeführt, mit Parallelschwingkreisen im Bereich 3K bis 10K Ohm und Qs in der Größenordnung von 1. Einige meiner Ergebnisse stimmen nicht überein, mit sorgfältig durchgeführten Punkt-zu-Punkt-stationäre Messungen ähnlicher Prüflinge, und ich frage mich, ob es systematische Fehler, der Prüfvorrichtung verbunden mit der Software, sein könnten?

Übersetztes Zitat Ende.

Nach meiner Meinung gibt es keine solchen systematischen Fehler und ich hatte lange zu tun, meine Gedanken zu dem Thema aufzuschreiben.

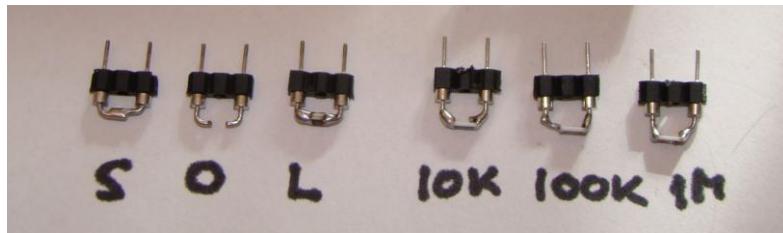
Nachfolgend wird anhand von Beispielen beschrieben, welche Tricks ich verwendet habe, um zuverlässige Messergebnisse zu erhalten und wenn man dem Messaufbau vertrauen kann, misst man, was man erwartet hat.☺

Verschiedene Kalibrierungsmethoden :



Erfahrungsgemäß kalibriert der "Anfänger" den VNWA direkt am TX-Port mit einem männlichen Kalibrierung-Kit und dann entsteht das Problem, wie man ein Testobjekt anschließt, von jetzt an DUT (Gerät unter dem Test) genannt. Ein DUT kann eine Vielzahl unterschiedlicher Komponenten sein, z.B. ein Ringkern oder eine SMD-Komponente.

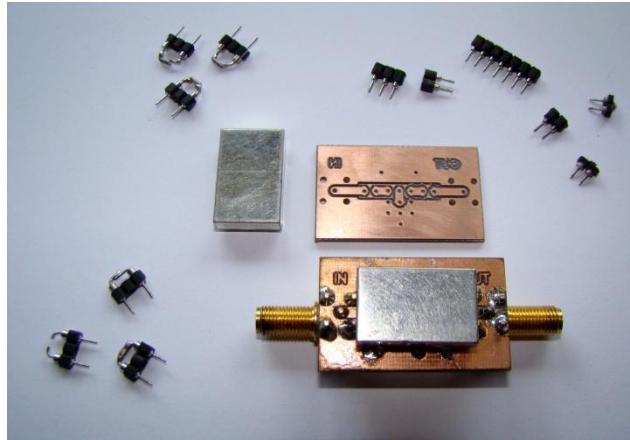
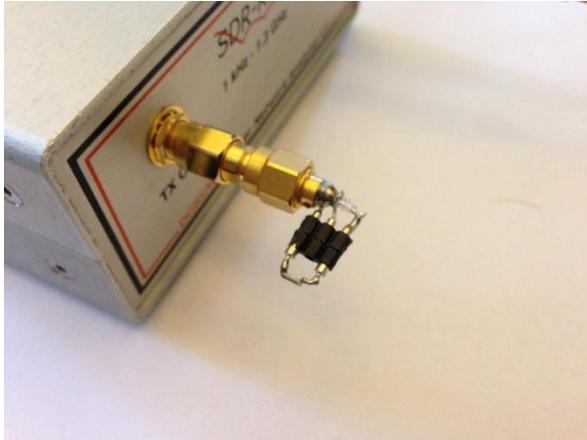
Der gezeigte Bastelsatz unten, wird in den nachfolgenden Beispielen nicht verwendet und ist nur ein Anschauungsobjekt. Für die nachfolgenden Beispiele wird der männliche Amphenol Connex Satz benutzt, der aus einem SMA-Short- und einem 50-Ohm-Load-Stecker von SDR-Kits besteht, wobei der Open, der weiblich/weiblich SMA-Adapter ist, nicht mit 50 Ohm abgeschlossen, mit einem Delay von $2 \times 2.34\text{pF} = -4.67\text{pS}$, die in die Kalibrierungs-Settings eingegeben werden. Der Short hat einen Delay von 16.9 pS und das sind $2 \times 16.9 \text{ ps} = -33.8\text{pS}$, die in den Kalibrierungs-Settings eingegeben werden. Der Amphenol Connex SMA Load ist 50 Ohm mit 1%-Genauigkeit. In meinem Fall, ist er 50.02 Ohm, wird aber als 50 Ohm benutzt.



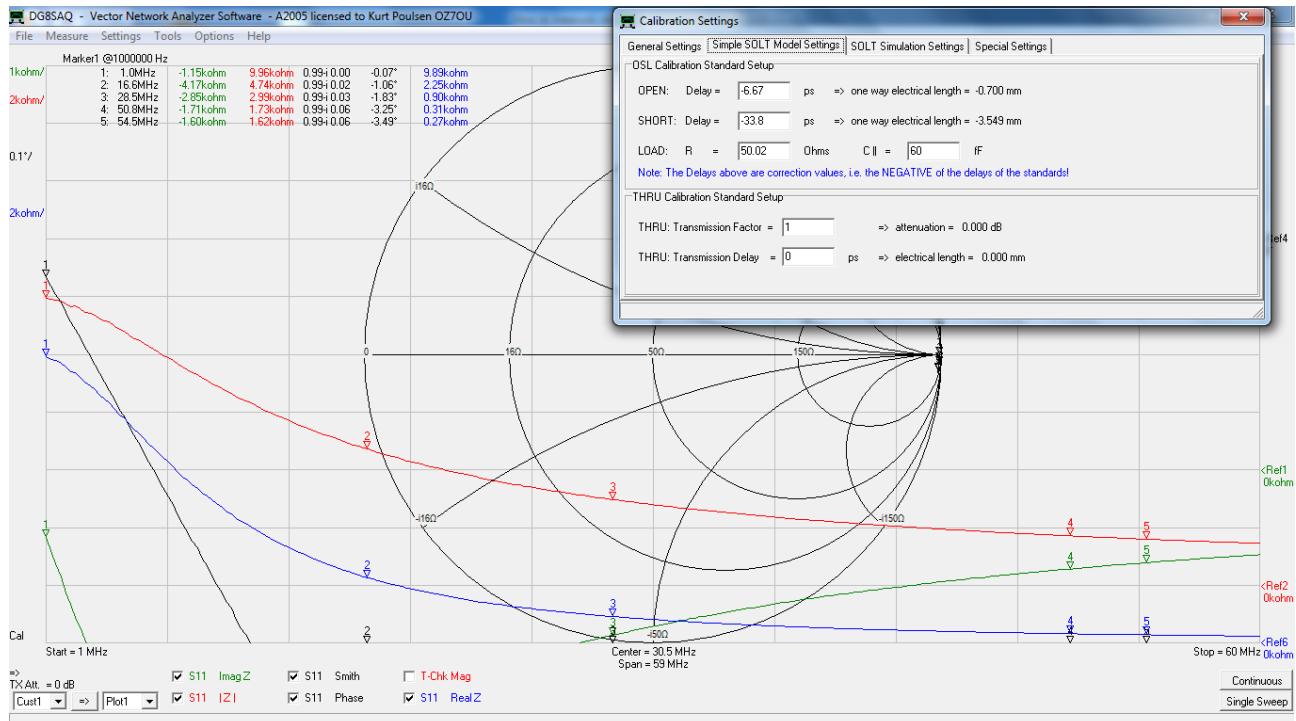
Ich habe eine günstige Möglichkeit gefunden, einen Satz von kleinen Adapters herzustellen, aus DIL-IC Sockeln gebaut und stellen einen Short, Open und Load-Standard (SOL) dar, wie oben zu sehen. Der Load besteht aus 2 Stück SMD 100-Ohm-0.1%Widerstände, die aufeinander gelötet wurden. Mit dieser Methode ist es scheinbar möglich, alles Mögliche, durch Anlöten an einen solchen Adapter, zu einem DUT anzuschließen, weil der Kalibrierungspunkt an der Spitze ist, z.B. an dem Open-Standard, der als 0-pS-Delay definiert ist. Der Short ist so kurz, dass es ebenso als 0 pS definiert werden kann, (genau genommen ist er ungefähr 3 ps lang). Auch gesehen als 3 pc. Test-SMD-Widerstände mit Werten 10KOHM, 100KOHM und 1MOHM, für die Prüfung und Kalibrierung, wie unten demonstriert und benutzt.

Links unten ist ein Testaufbau zu sehen, wo die Kalibrierung durchgeführt werden kann, mit dem gerade beschriebenen SMD Cal-Bastelsatz, gelötet an einen SMA Stecker, der mit einem sehr kurzen, halbstarren Kabel ausgerüstet ist, mit einem 3-poligen DIL-Sockel, so dass der SMD Bastelsatz mit Cal oder DUTs eingesteckt werden kann, der in einer 3-poligen Sockelleiste verlötet ist.

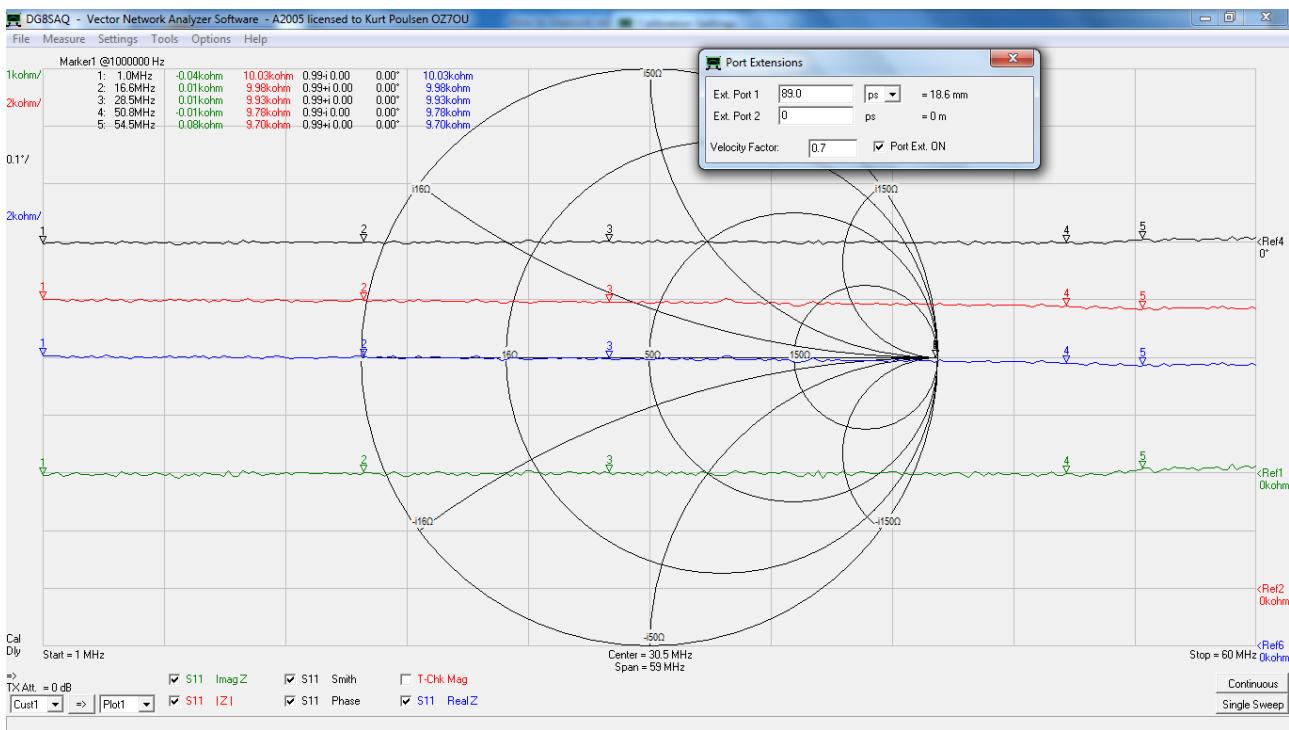
Rechts unten sind die Teile zusehen, die für einen universellen Testadapter benutzt werden, der auf demselben Grundsatz beruht und eine vielseitige Einheit darstellt, für die ganze Reihe von Experimenten und Prüfungen. Unter solchem Test können sehr genaue Quarz-Messungen durchgeführt werden, die, in diesem Bericht, aber nicht weiter beschrieben sind, und später gesehen zu werden, wenn der erwähnte Ringkern geprüft wird.



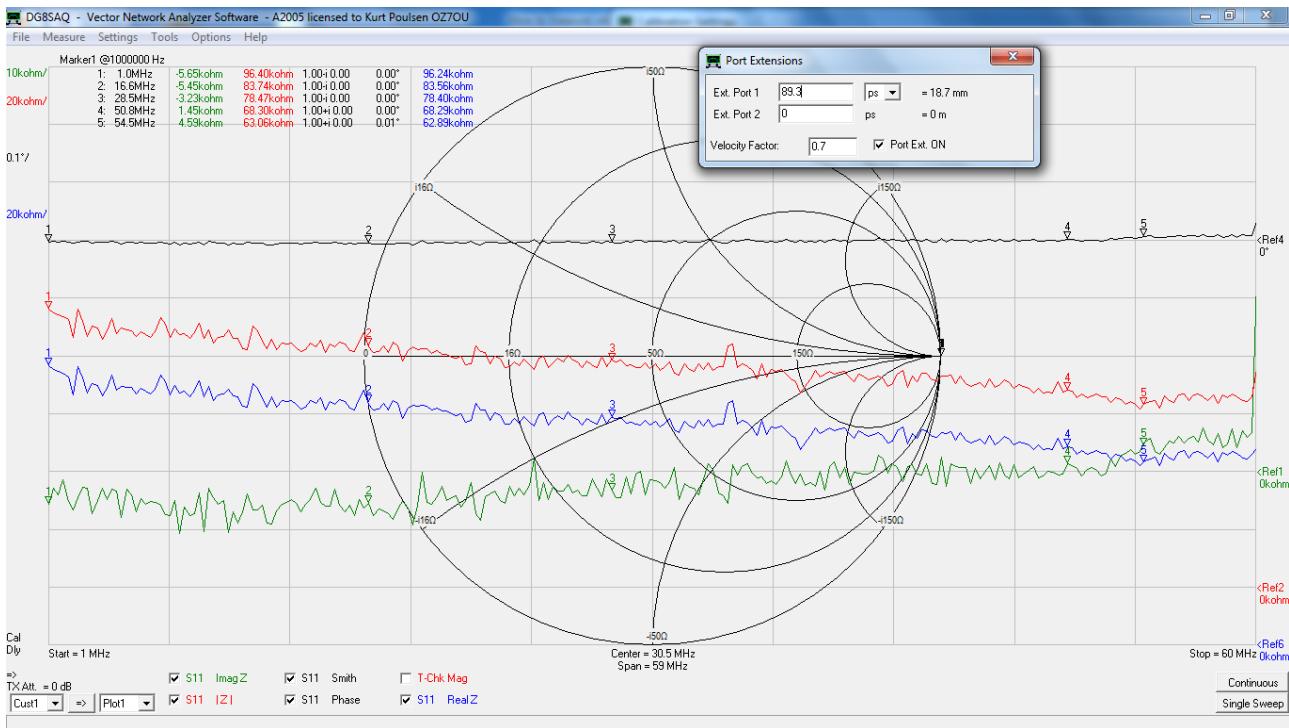
Der erste Test ist die Messung eines 10KOhm SMD-Widerstands, bei dem der VNWA mit dem männlichen Amphenol Connex SMD Kalibriersatz (Short und 50 Ohm-Load) kalibriert wurde, angeschlossen an die TX-Buchse des VNWA als Open Standard (Daten siehe in den Calibration-Settings, gezeigt im Bild unten). Der 10KOhm ist oben links zu sehen, und die Traces sind ziemlich irreführend, auf Grund des Einflusses des SMA Stecker, dem kurzen halbstarren Kabel und den 3 poligen Adaptern. Wir werden jetzt sehen, wie man diese Einflüsse korrigiert.



Messen des 10KOhm SMD Widerstand. Wir werden jetzt die VNWA Funktion „Measure/Port Extensions“ (Drücke P) benutzen und trimmen Ext.Port1 solange bis der S11 Phase-Trace mit 0.1degree/division (Referenz 0 degree an 7 Divisions) 0 degree zeigt (horizontale Linie). Das zeigt an, dass wir den rein-ohmschen Bereich messen

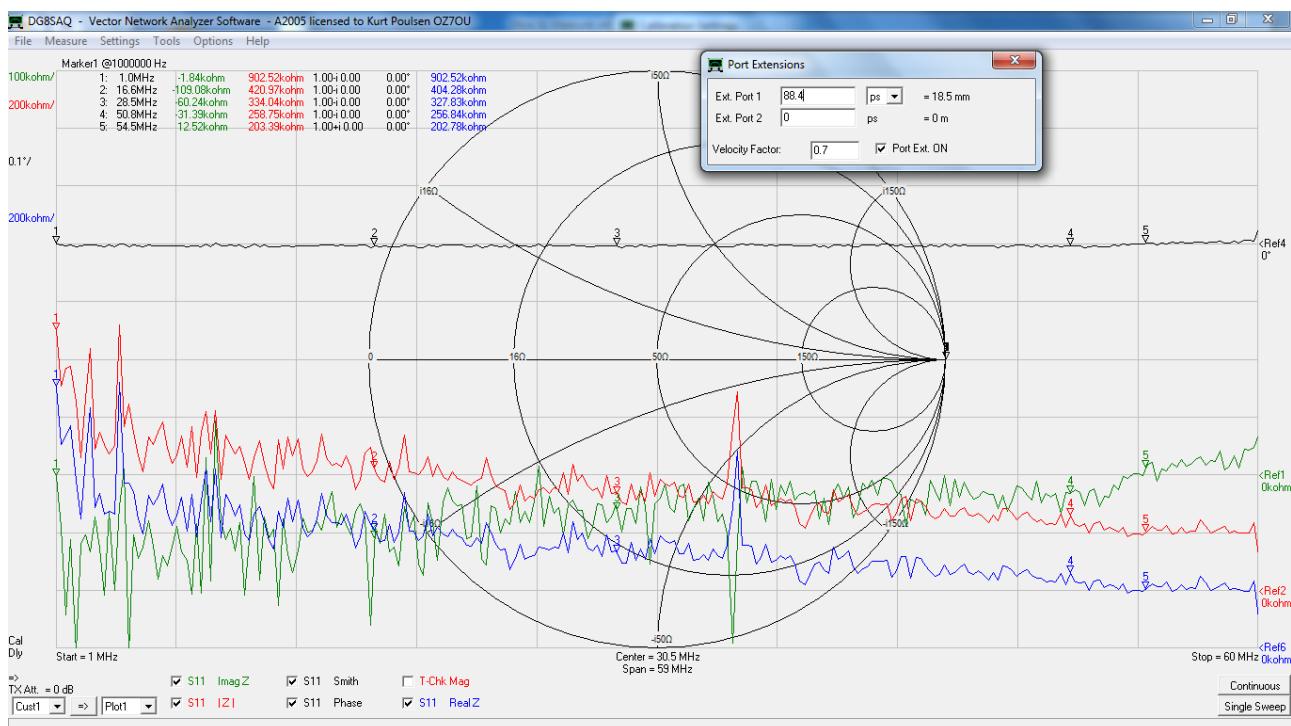


Messung des SMD 10KOhm Widerstand mit der Port1 Delay von 89.0 pS. Es kann der imaginäre Teil ImagZ gesehen werden, ebenfalls ist auch Nulldurchgang über die Frequenzspanne von Interesse (hier 1 bis 60 MHz). Der Widerstand hat ziemlich genau zu eine Abweichung von 3 %, an 60 MHz gemessen.



Messung eines 100KOhm SMD Widerstand. Das Delay verlangt jetzt ein Delay von 89.3 pS teilweise wegen einer unbedeutenden höheren Montage oder etwas mehr benutzten Lots. Die Substrat-Kapazität könnte auch höher sein. Alle diese kleinen Beträge werden sehr leicht detektiert, da der VNWA in Bezug auf Phasen-Messungen äußerst genau ist und in allen Fällen ein feines Instrument ist. Der 100 KOhm-Widerstand fällt schneller zu 60 MHz ab (etwa auf 70kOhm) und im Allgemeinen kann dort die VNWA-Brücke nicht sehr genau messen, weil seine höchste Genauigkeit im Bereich von 50 Ohm ist. Jedoch innerhalb von weniger als 5 % an 1 MHz. Auf dem Smith-Diagramm ist der Widerstand einfach als Open angezeigt, auf der horizontalen Linie am äußersten rechten Rand.

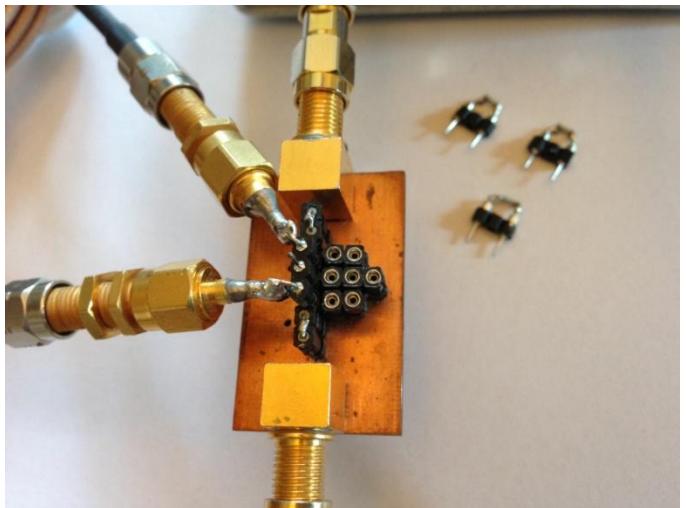
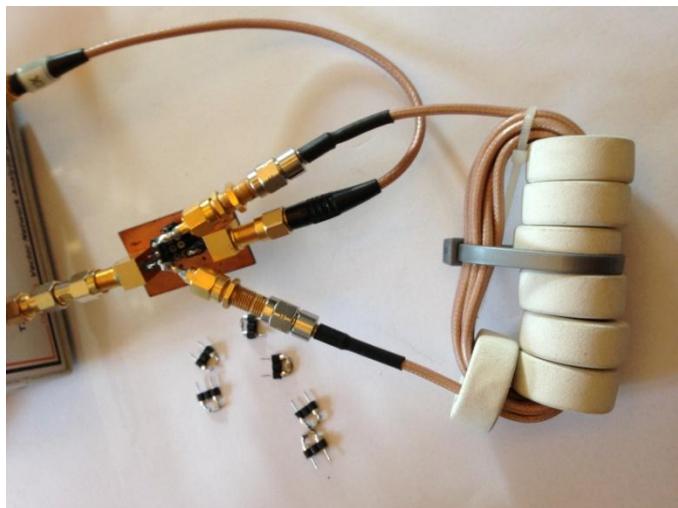
Unten wird die Messung für einen 1 MOhm SMD Widerstand gezeigt.

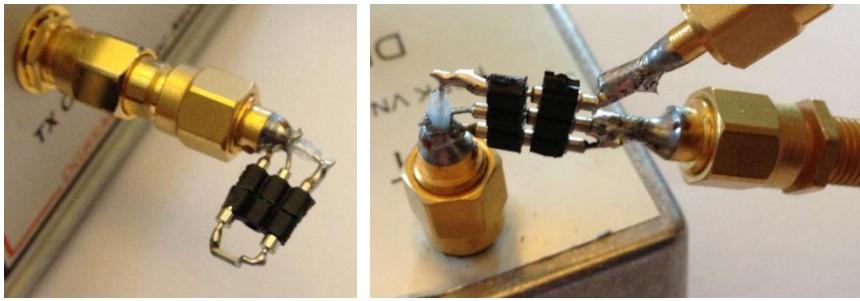


Die Messung für einen 1 MOhm Widerstand demonstriert klar, dass nur bei sehr niedrigen Frequenzen der Wert mit ungefähr 10 % und nur 20 % des Werts an 60 MHz erreicht wird. Ob der Widerstand wirklich 1 MOhm an 60 MHz ist, ist nicht bekannt und eine gute Frage.

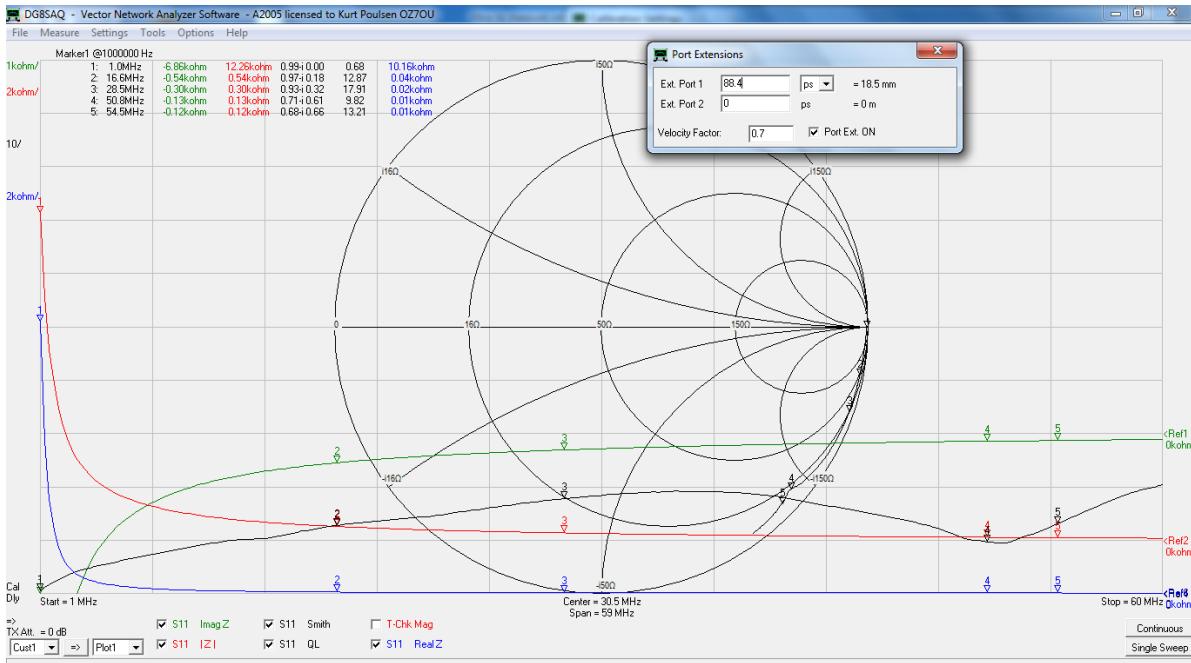
Jetzt zu einer echte Messung an einem Ringkern-DUT.

Unter links ist der DUT gesehen, der dem "Trouble DUT" von Jim Brown K9YC ähnlich ist. Jedoch ist das Ferrite-Material von diesem, weit unterschiedlich von Jim's, aber die Überraschungen, die unten gefunden zu wurden, sind identisch. Das Ziel ist es, die Q-Werte für die Koaxialwindungen durch den Ringkern zu messen, gemessen vom Abschirmung zu Abschirmung (der innere Leiter kann offen gelassen werden oder kurzgeschlossen zur Abschirmung, das hat keinen Einfluss auf die Messung). Der DUT wird hier auf dem Universal-Adapter angeschlossen. Auf dem linken Bild quer zum TX-Port (der normale Weg oder auch Methode 1 genannt) und auf dem rechten Bild in Reihe von dem TX-Port zu dem RX-Port auch Methode 2 genannt.

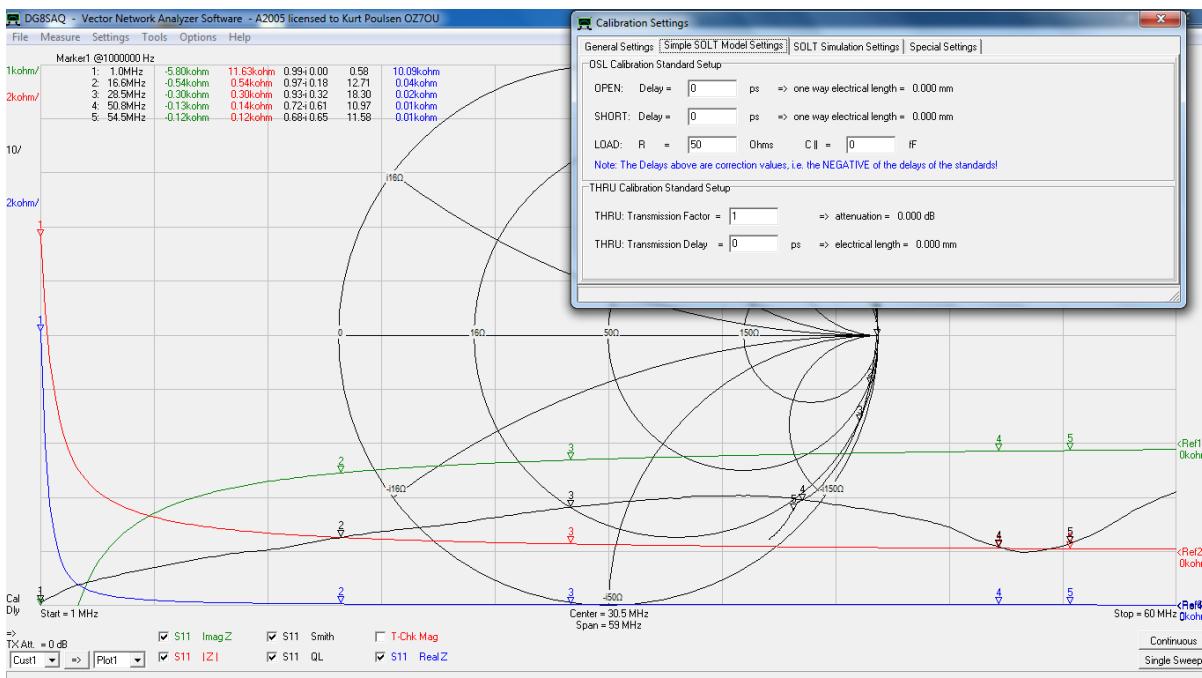




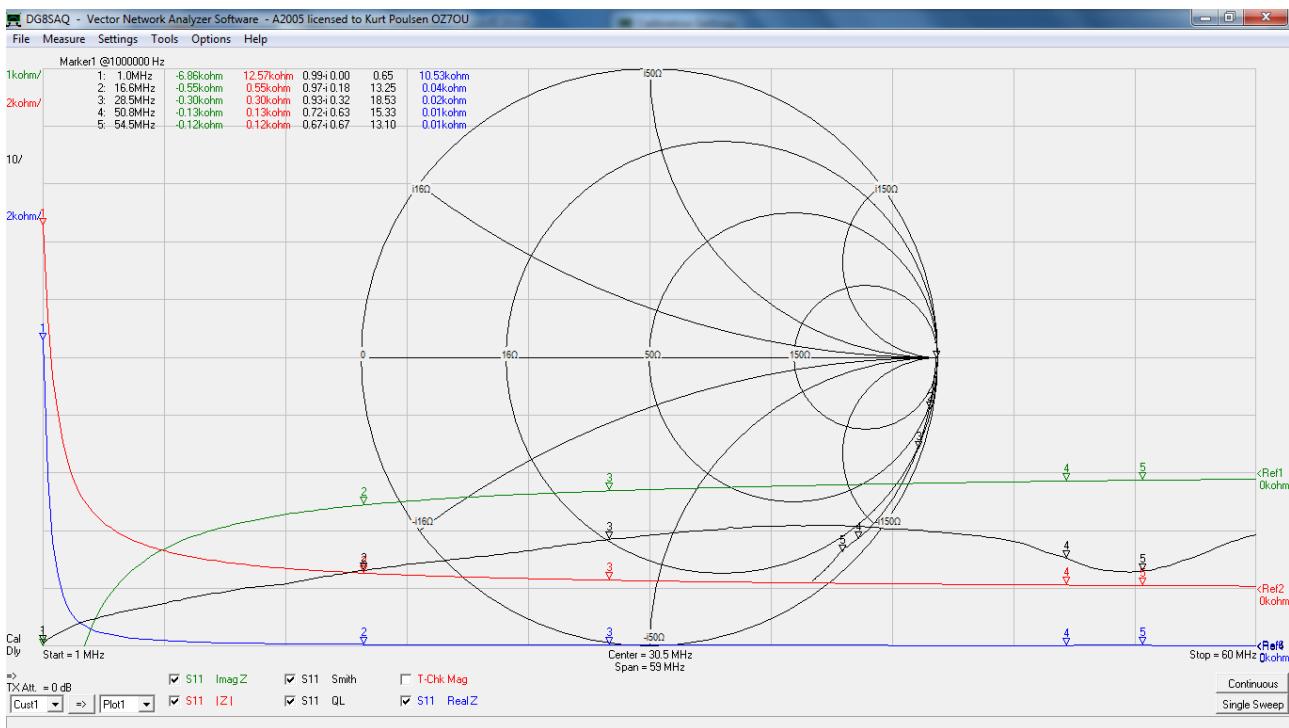
Die erste Ringkernmessung wird getan mit dem VNWA , kalibriert an der SMA Buchse des TX-Ports, wie es für die vorherigen 3 SMD Widerstands-Messungen getan wurde. Das rechte Bild ist für die RF-IV Messung, aber identisch zu den unteren Messungen.



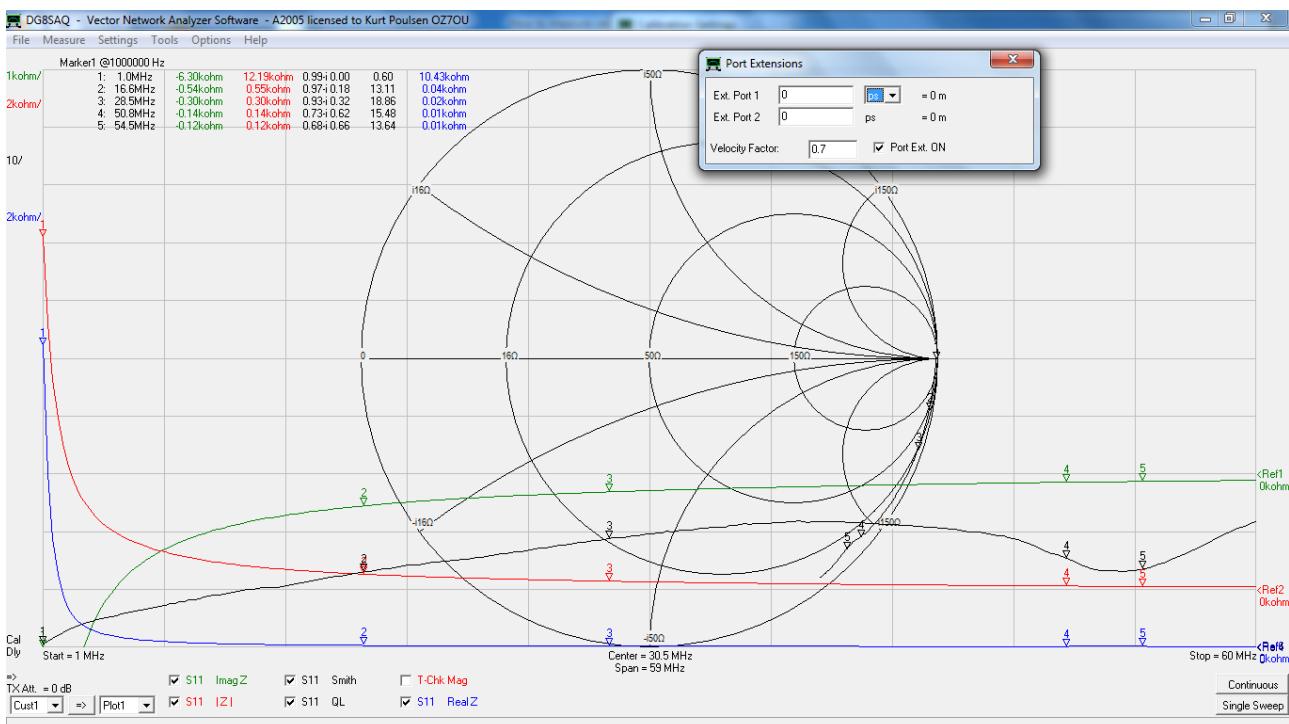
Der schwarze Trace sind die Q-Werte und es scheint, das dort ein Resonanzpeak an Marker 4 ist. Können wir glauben, dass das wahr ist??



Aber bewegen wir die Spule ein bisschen , steigt der Dip in der Frequenz. Bevor wir weiter nachforschen, wollen wir sehen, ob eine Kalibrierung mit dem SMD Cal-Bastelsatz wirklich irgendetwas ändert.



Wir Verwenden das SMD Cal Kit, zum Kalibrieren. Delay = 0pS. Unterhalb der Center-Frequenz von 30.5-MHz, ist alles ziemlich stabil und identisch, aber der Dip bewegt sich wieder ...

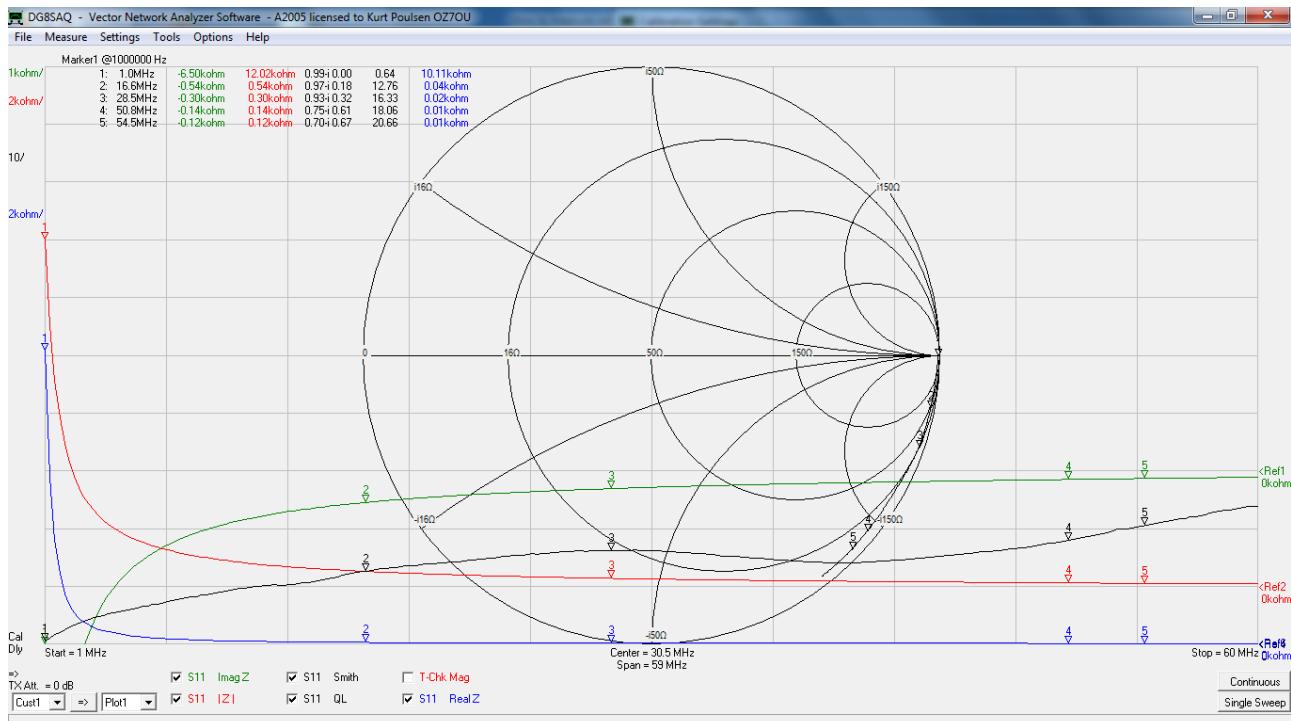


In dieser Messung wurde der Ringkernwickel mit einem langen Holzstock angehoben. Der Q-Dip wandert ... und Wert um 60 MHz höher. Diese Instabilität zeigt an, dass eine " gegenseitige Kopplung“ vorhanden ist.

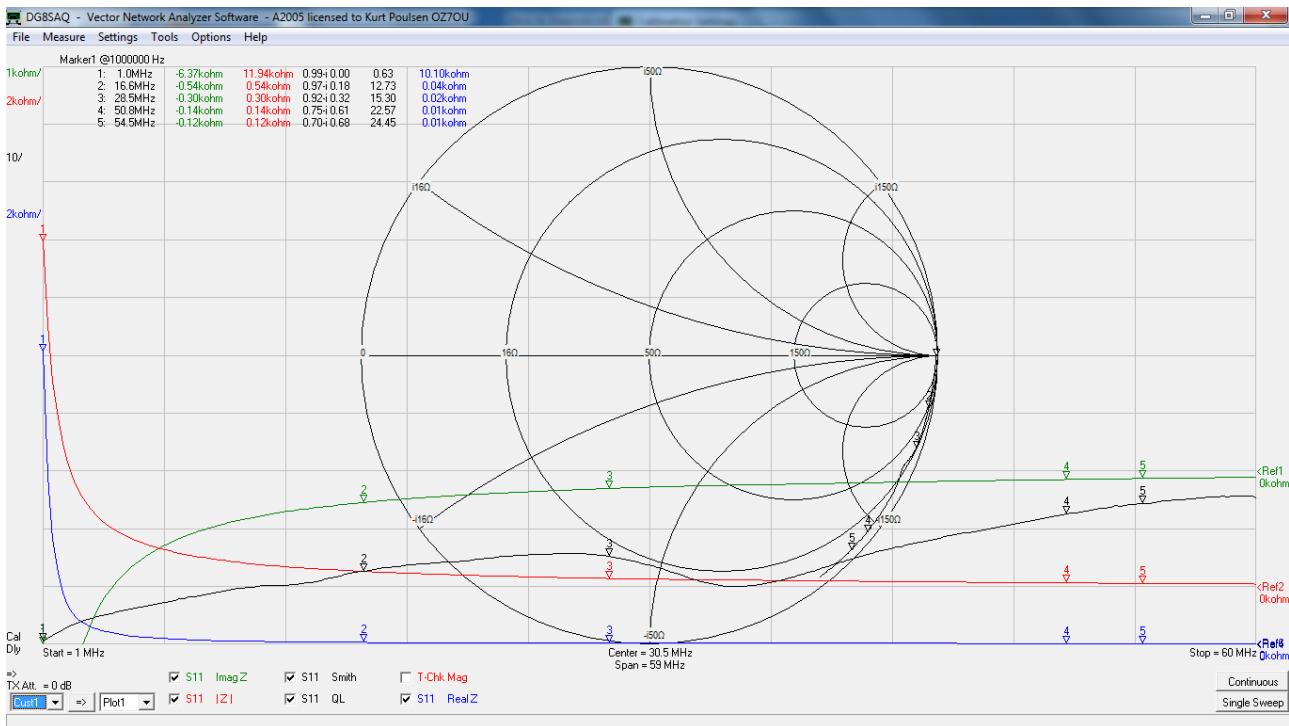
Eine Kabelferrit-Klammer über das USB-Kabel eingefügt



Der Verdacht einer gegenseitigen Kopplung basiert auf vorherigen Erfahrungen mit Messungen von kleinen und hohen Q-Spulen. Der Grund besteht einfach darin, dass der VNWA ein Sender ist, der im Zentrum eines "Antennen-Systems" sitzt, wo das USB-Kabel die "linke Seite" des Strahlers ist und der DUT der rechte Seite. Wenn der DUT aus irgendeinem Grunde auch strahlt und das Feld durch das USB-Kabel aufgenommen wird (und das Kontrollkabel für z.B. der RF-IV Adapter), wird die Messung verfälscht. Es ist am wahrscheinlichsten und in erster Linie das elektrostatische Feld, das diese Kopplung verursacht.

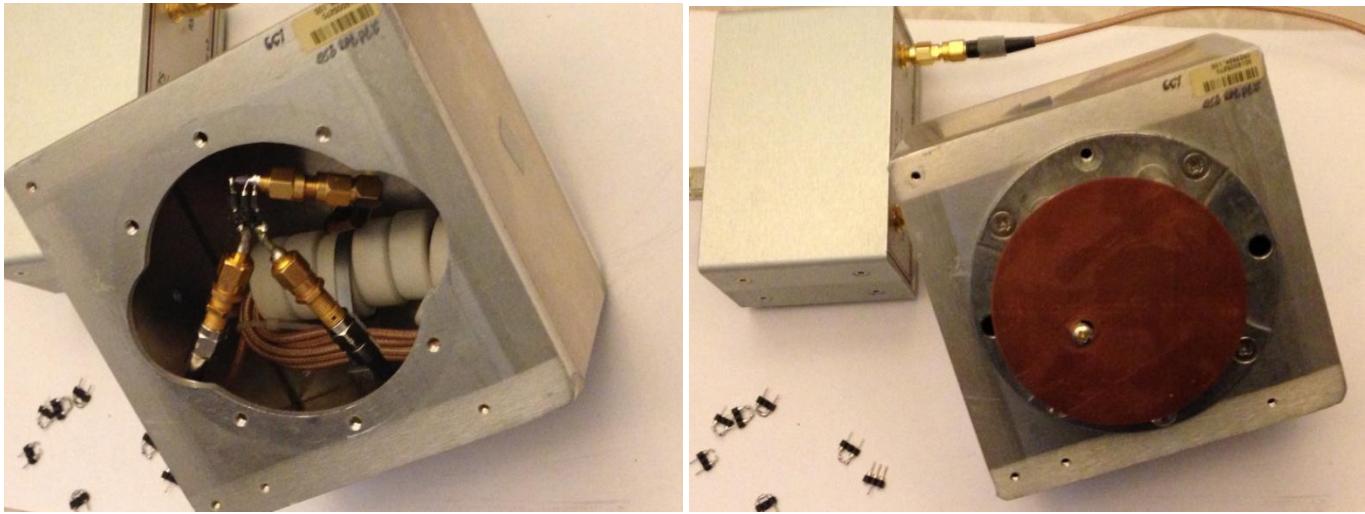


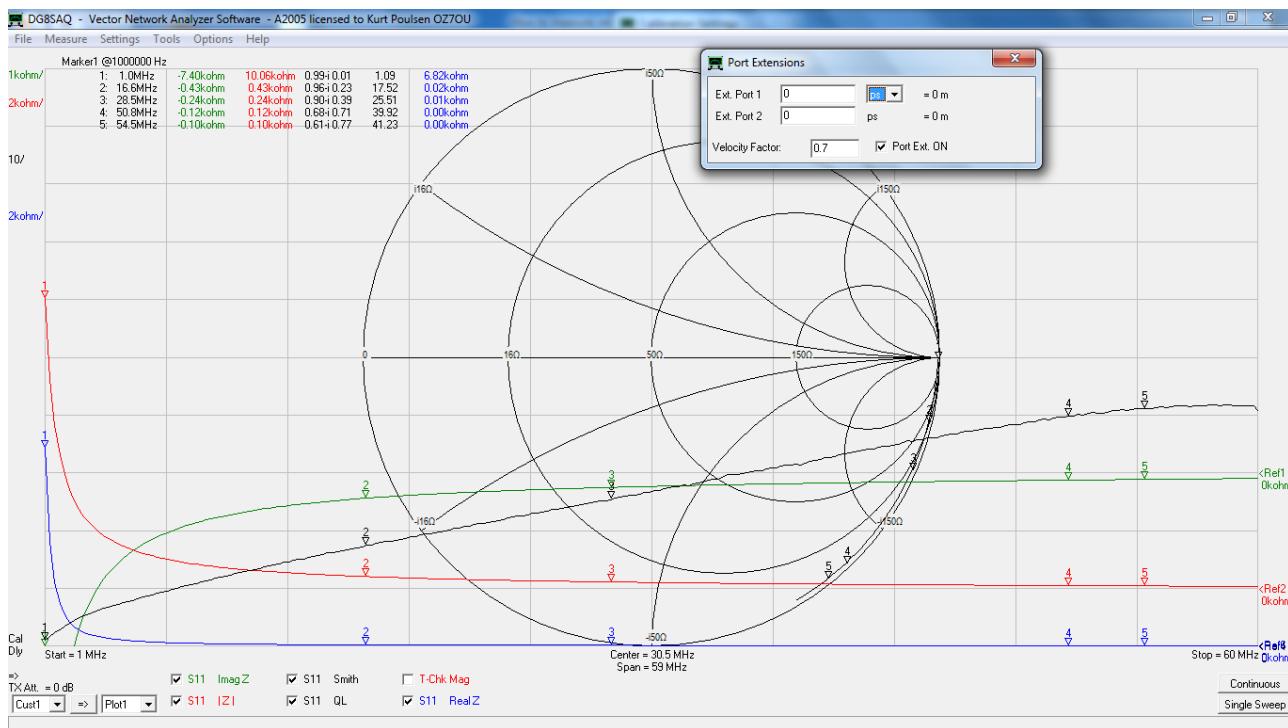
Der RF-Kabel-Ferrit auf dem USB-Kabel festgeklammert. Der Q-Dip hat sich jetzt beträchtlich abwärts bewegt.



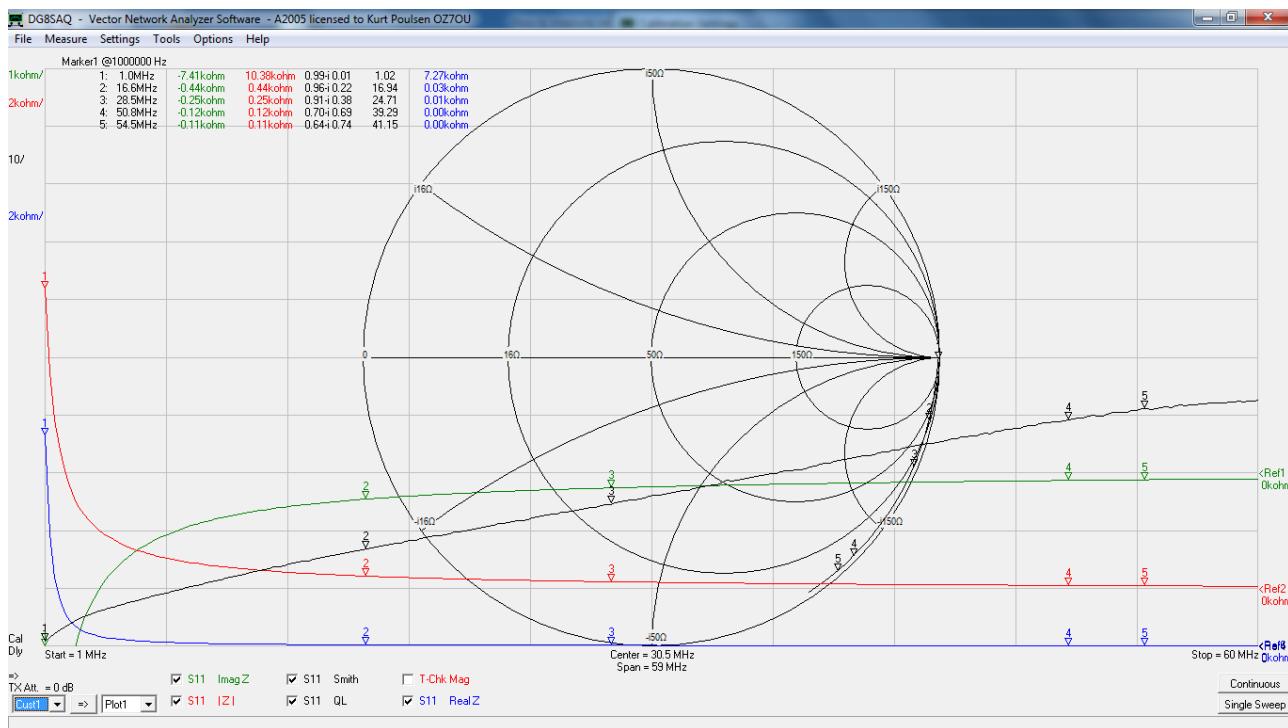
Eine Extrawindung des USB-Kabels durch den RF-Klemmferrit und der Dip ändert sich wieder.

Jetzt ist der DUT in ein Aluminiumgehäuse eingeschlossen, mit einem SMA-Verbinder in der Mitte des Bodens. Die Kalibriereng wird mit dem SMA Cal-Kit innerhalb des Gehäuses durchgeführt und so haben wir eine identisch kalibrierte Messung wie zuvor getan. Messungen, mit und ohne Deckel wurden durchgeführt.





Offener Deckel



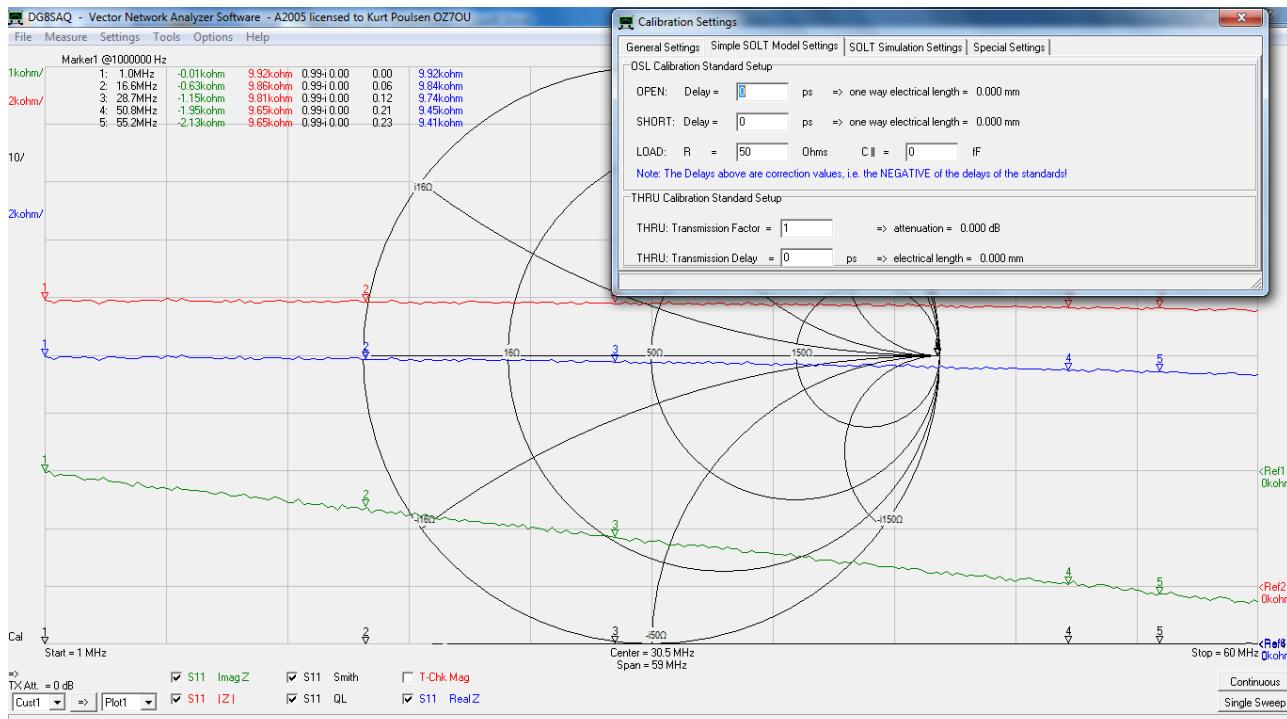
Geschlossener Deckel.

So wurde der wahre Q-Wert für den DUT gemessen und dasselbe mit und ohne Deckel .

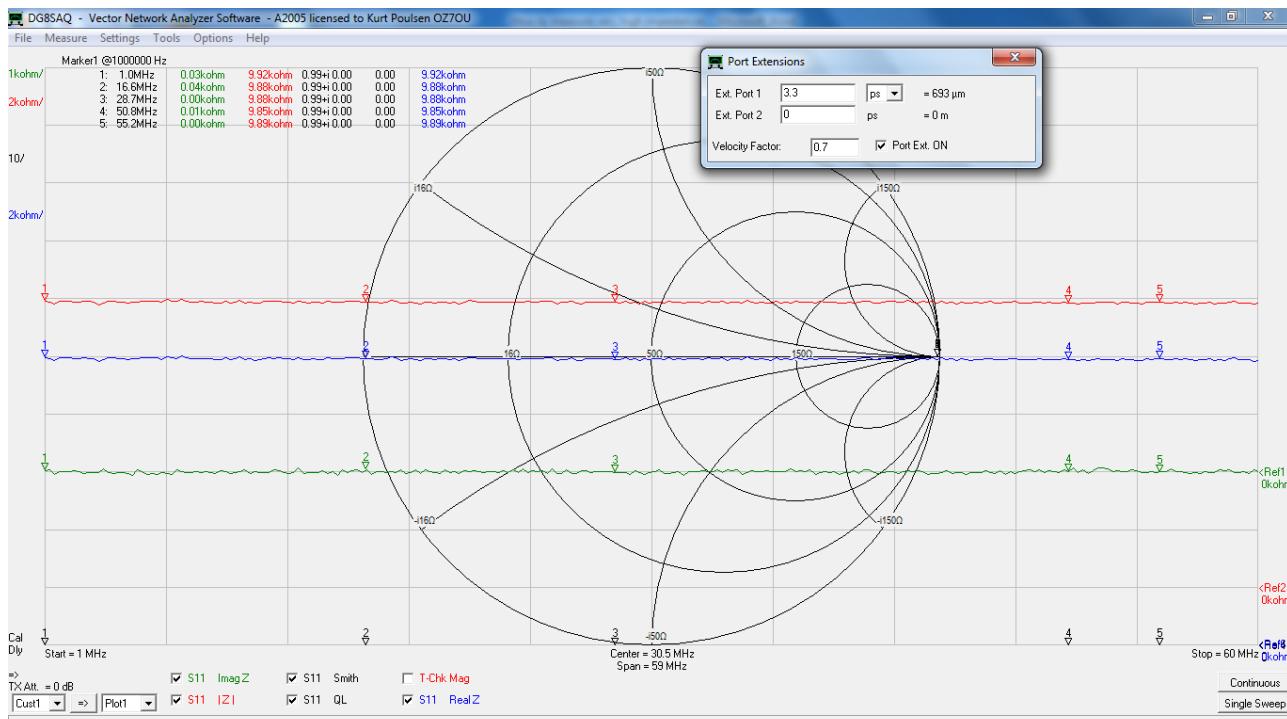
Fall gelöst.....

Wie steht's mit der Methode 2 und Hochimpedanz-Messungen zusätzlich zu den Q Messungen??

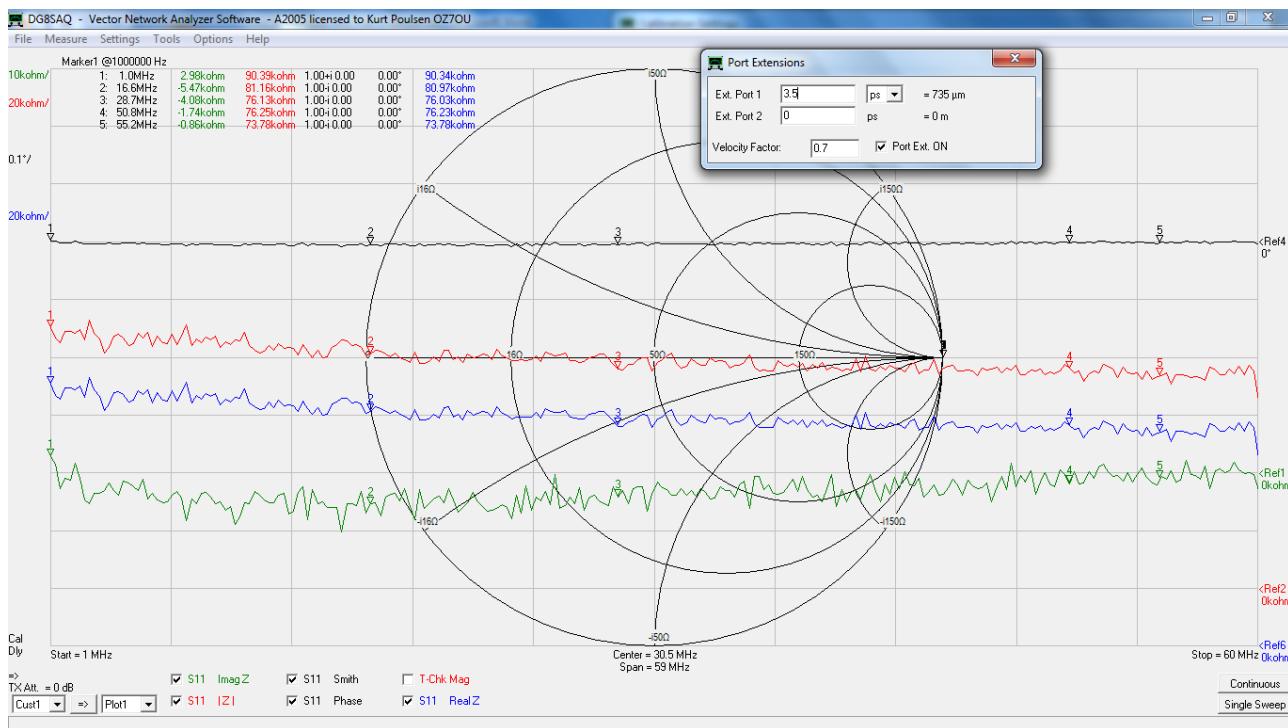
Die Kalibrierung wird mit dem Universal- Adapter durchgeführt und die Platzierung des SMD Cal-Kits in Reihe vom TX-Port zum RX-Port. Vergessen Sie nicht, eine S21 Thru und Thru Match Kalibrierung durchzuführen, sowie die Verwendung des Short SMA Adapters.



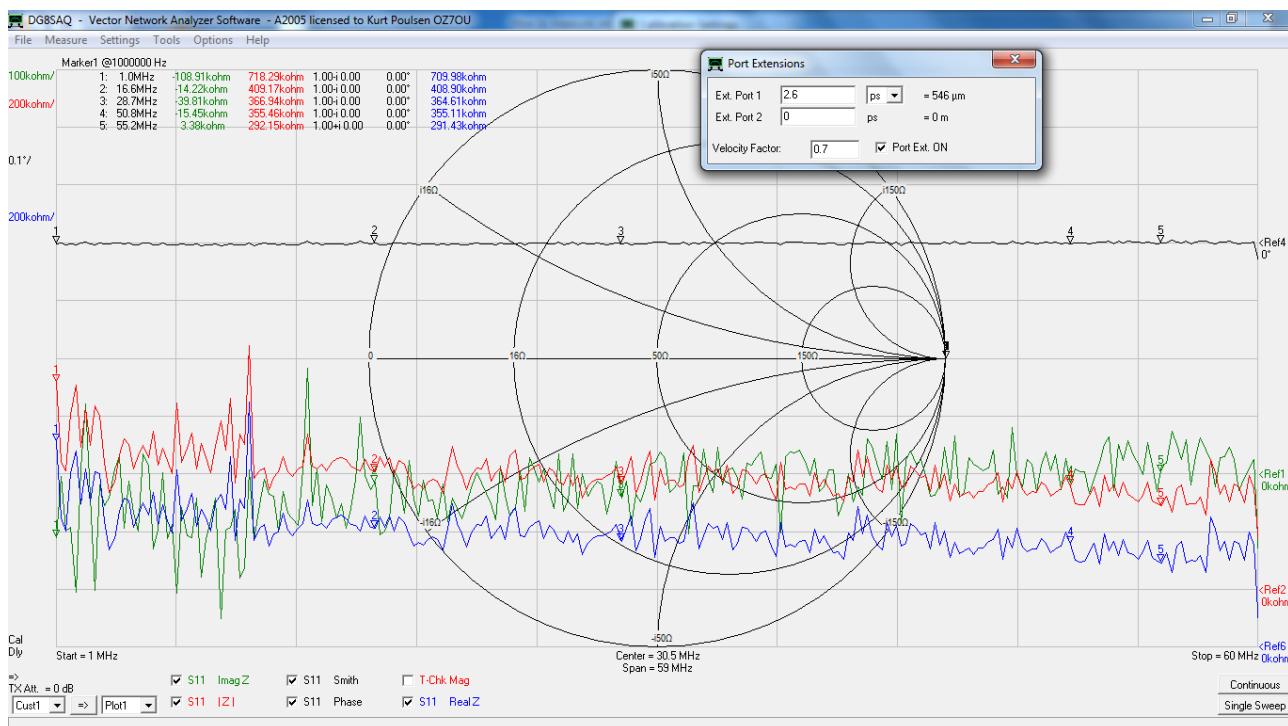
Messung des 10 KOhm SMD Widerstand, ohne jeden Ext. Port1 Delay. Siehe die Kalibrierungseinstellungen oben



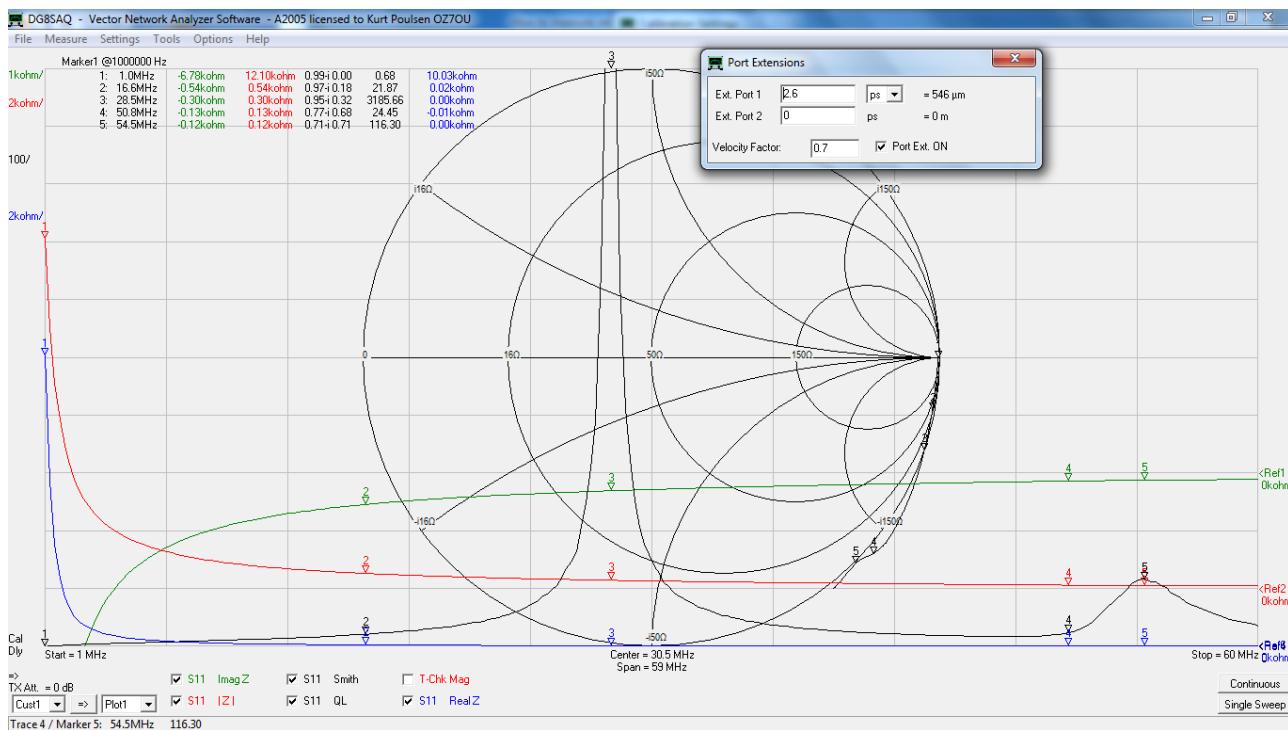
Messung/Port Extension/ext.Port1 enable und die 3.3 pS, die zusätzliche parasitische Kapazität repräsentiert. Genauigkeit innerhalb von 1 % bis 60 MHz.



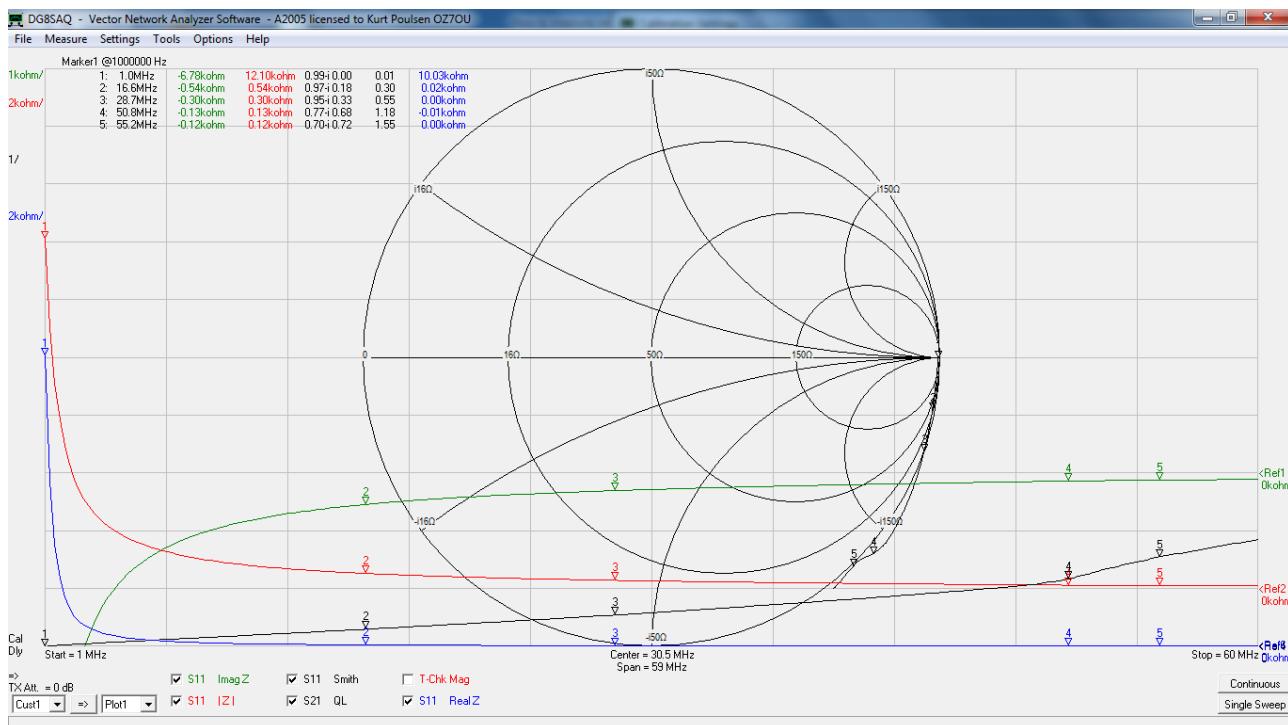
Messung des 100KOhm SMD Widerstand und durch das Vergleichen mit der Messung der Methode 1, eine viel flachere Flugbahn von |Z|, ImagZ und RealZ



Messung des 1 MOhm SMD Widerstand zeigen denselben Fehler bezüglich Methode 1

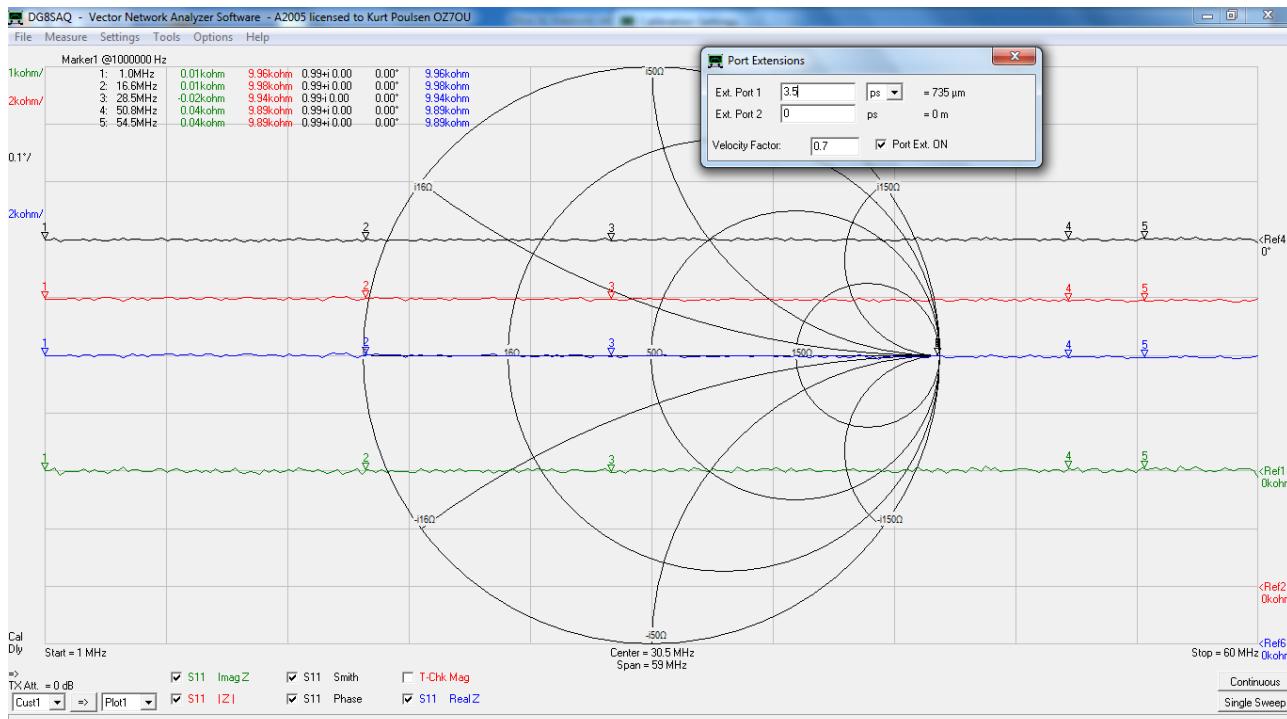


Das Aktivieren eines S11 Q Trace ergibt falsche Daten, weil es keine traditionelle S11 Reflektionsmessung ist.

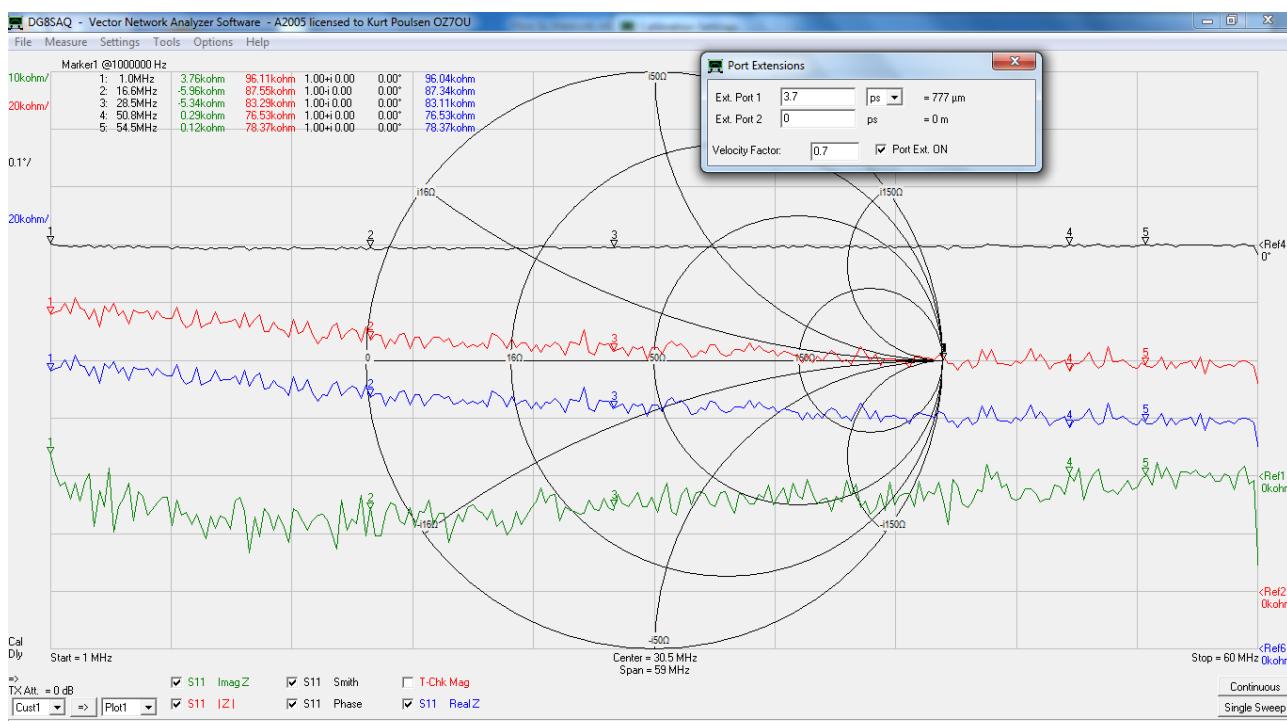


In beiden Fällen macht ein S21 Q Trace keinen Sinn.

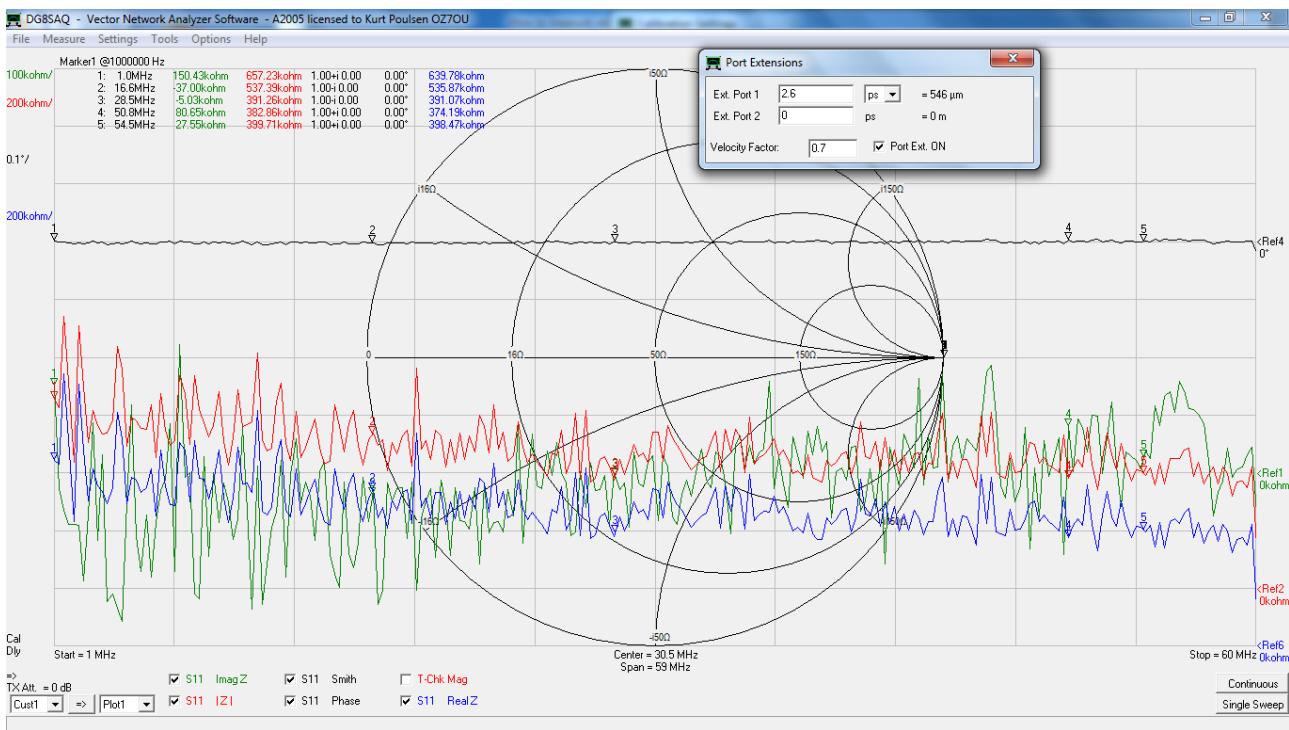
Wenn sie eine gewöhnliche SMD Methode 1 Kalibrierung tut, im Universal-Testadapter, stehen folgende Ergebnisse zur Verfügung.



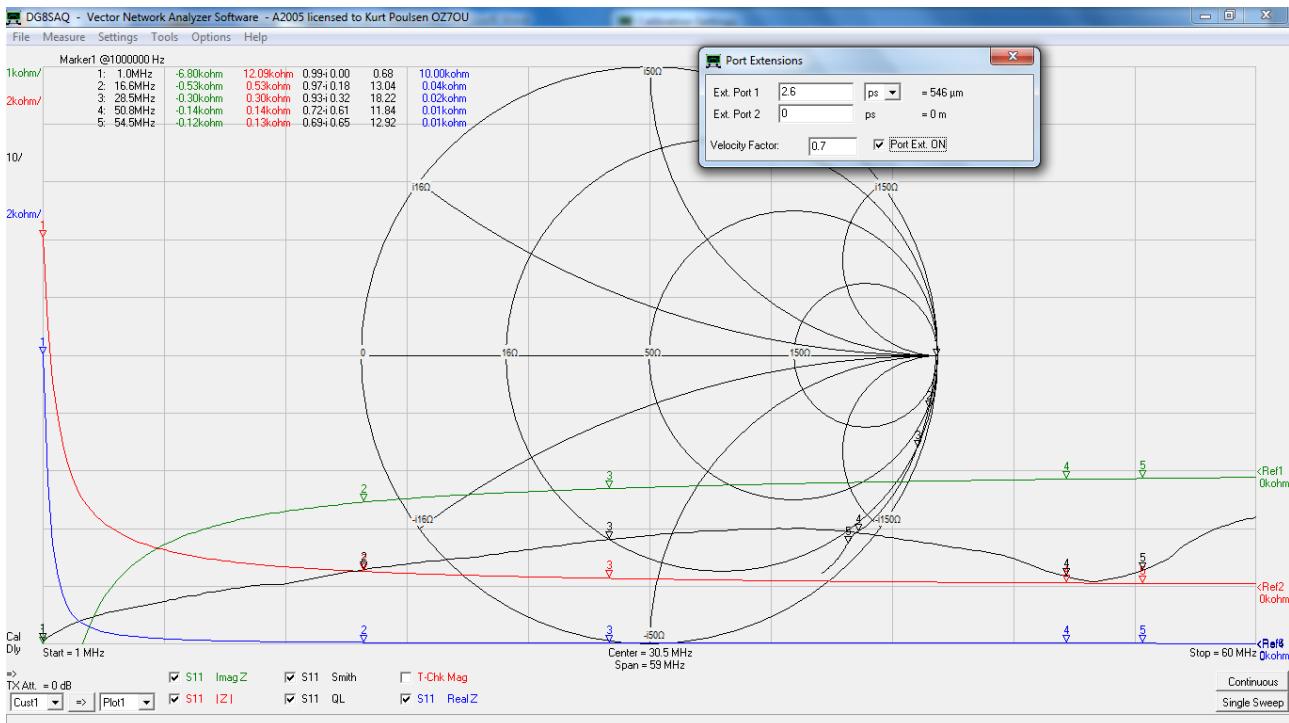
Die Messung des 10KOhm SMD Widerstand ist identisch zu der ersten Methode 1 Messung am TX-Port



Messung des 100 KOhm SMD Widerstand ist identisch zu der ersten Methode1 Messung am TX-Port



Messung des 1 MΩ SMD Widerstand ist simultan zu der ersten Methode 1 Messung am TX-Port. Die bessere Leistung ist wahrscheinlich nur ein glücklicher Zufall.

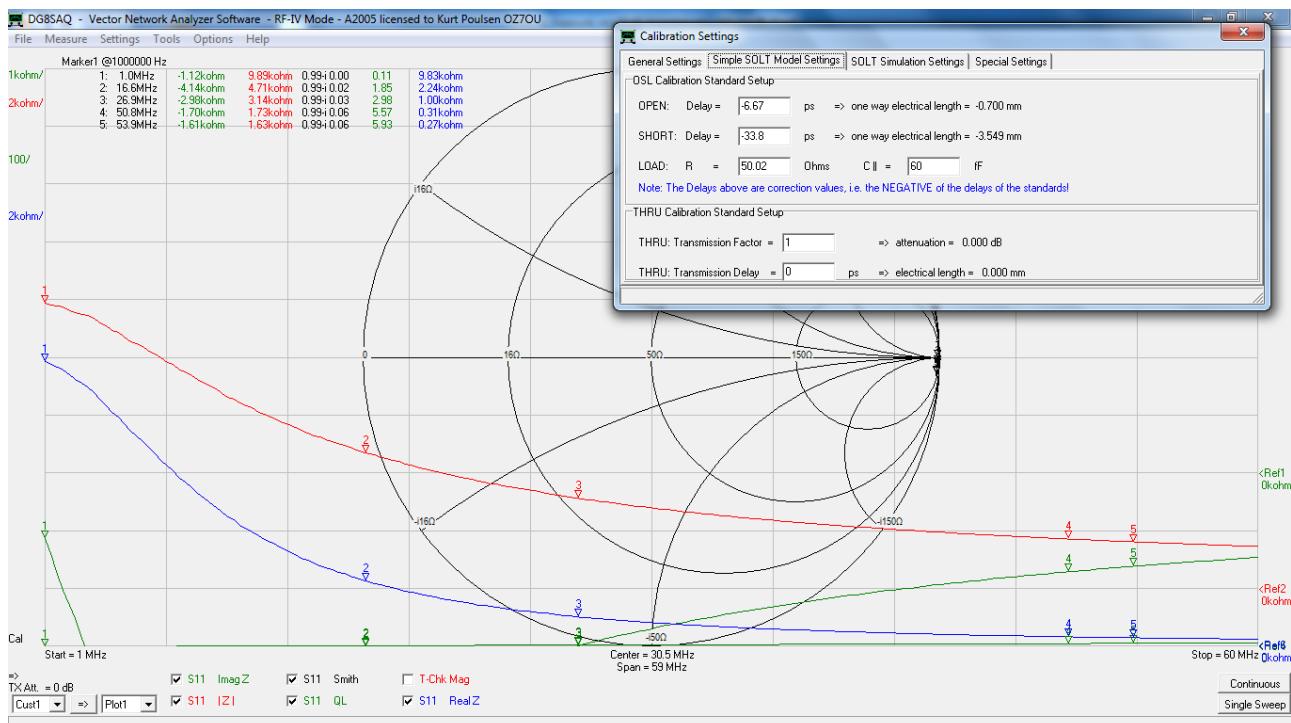


Diese Ringkernmessung ist zu vorherigen Method1 Messung identisch. Geschirmte Messung ist nicht möglich.

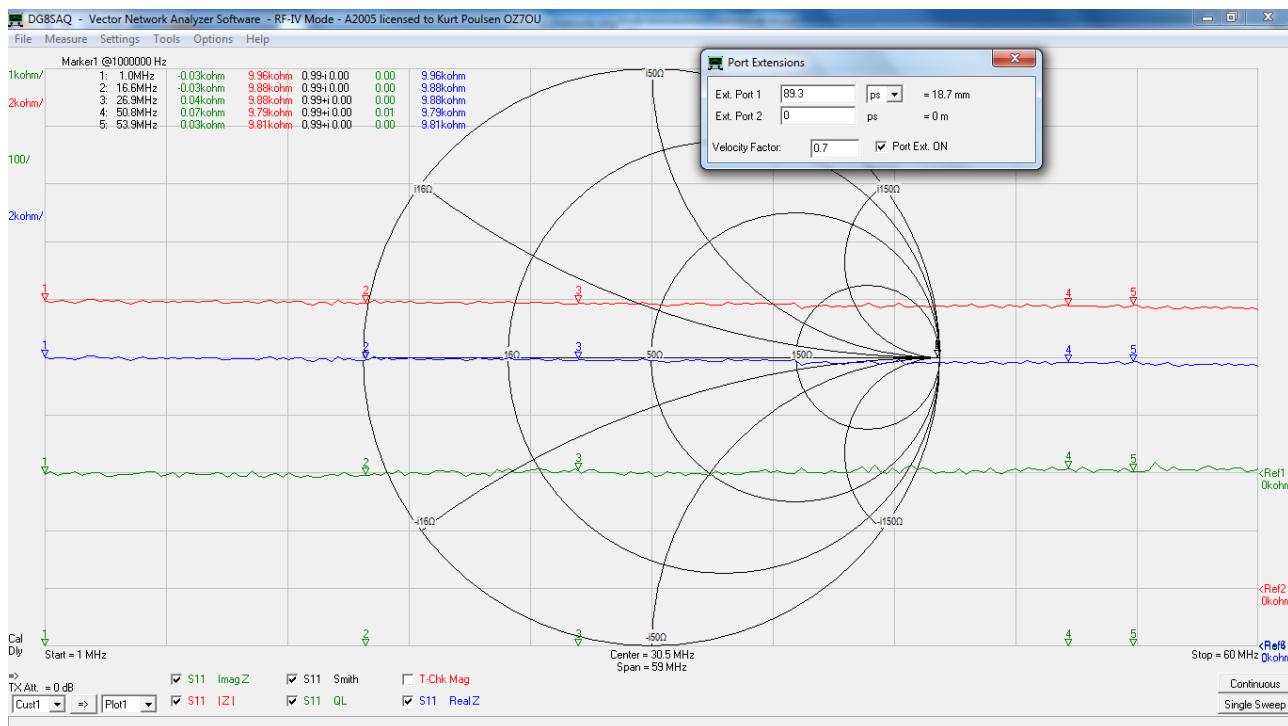
RF-IV Messung.



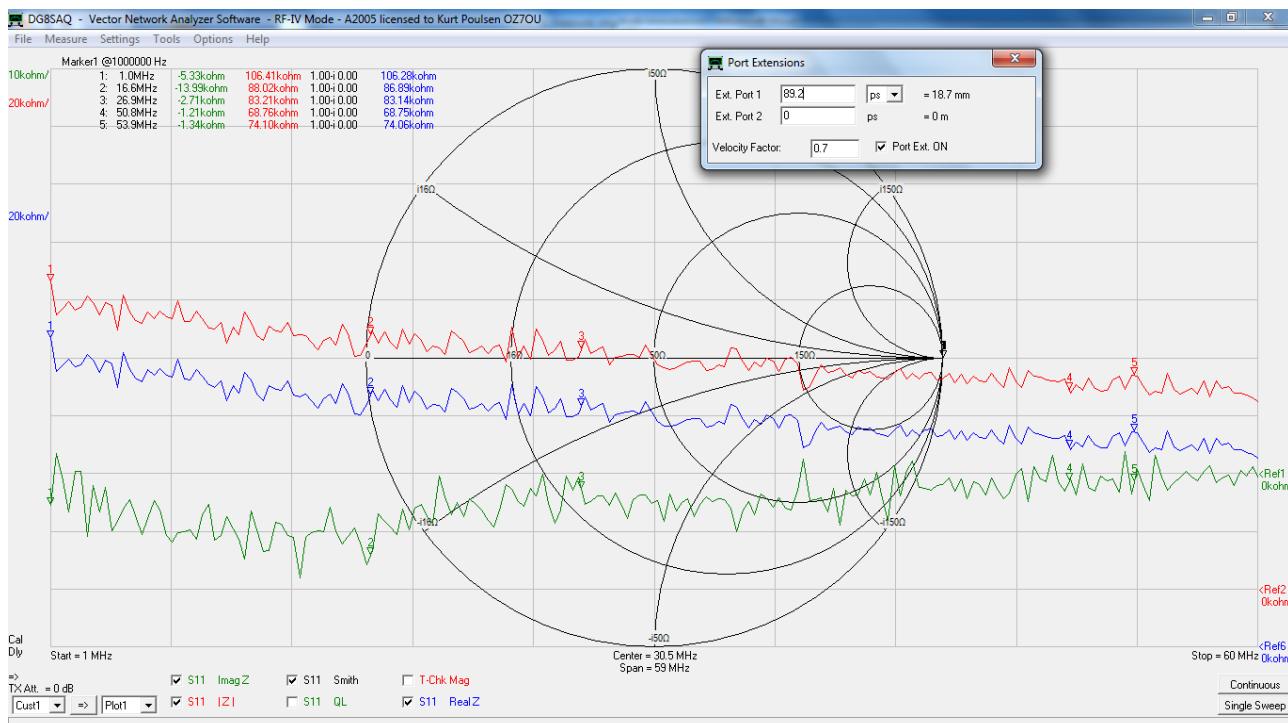
Die erste Kalibrierung wurde durchgeführt mit dem anfangs beschriebenen Amphenol Connex Cal Kit, mit DUT SMA weiblich an dem RF-IV Adapter als Open Standard. Dann wurden die 3 SMD Widerstände gemessen wie im linken Bild zu sehen, gefolgt vom Ringkern, wie auf dem rechten Bild.



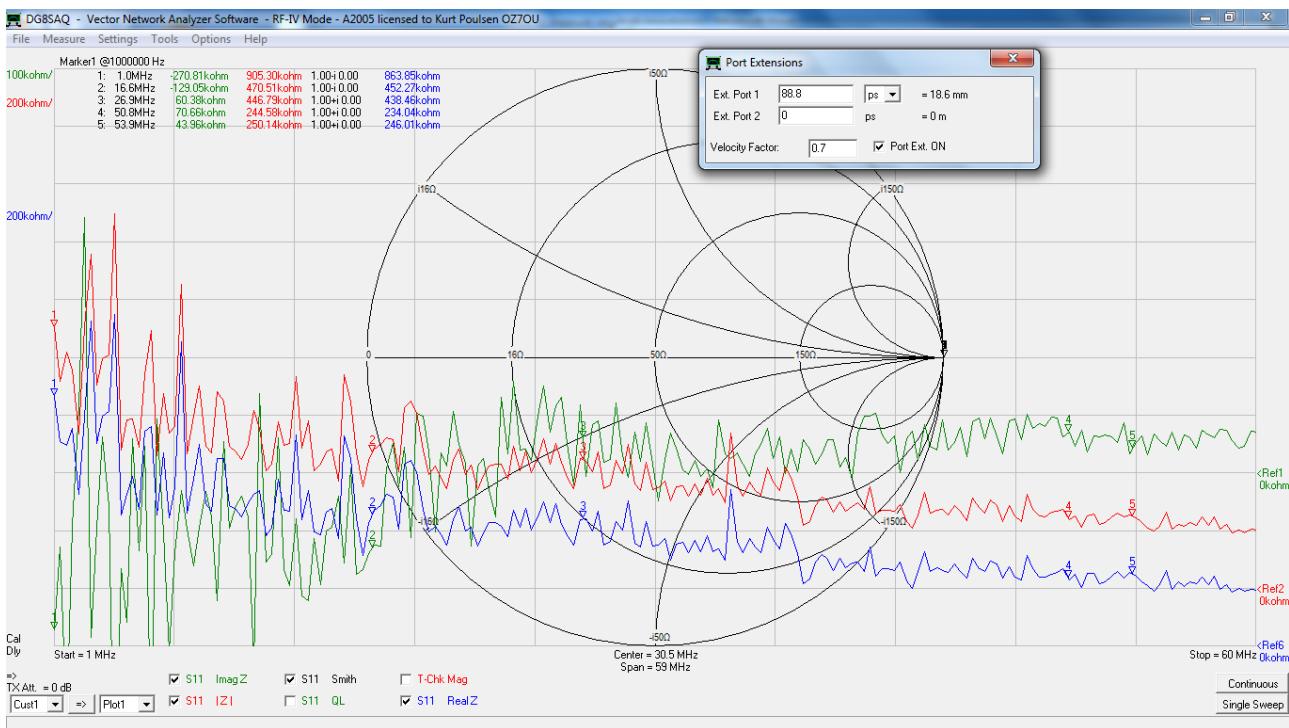
RF-IV Messung des 10 KOhm SMD Widerstand vor der Anwendung des Ext. Port1 Delay. Beachten Sie die Kalibrierungsdaten



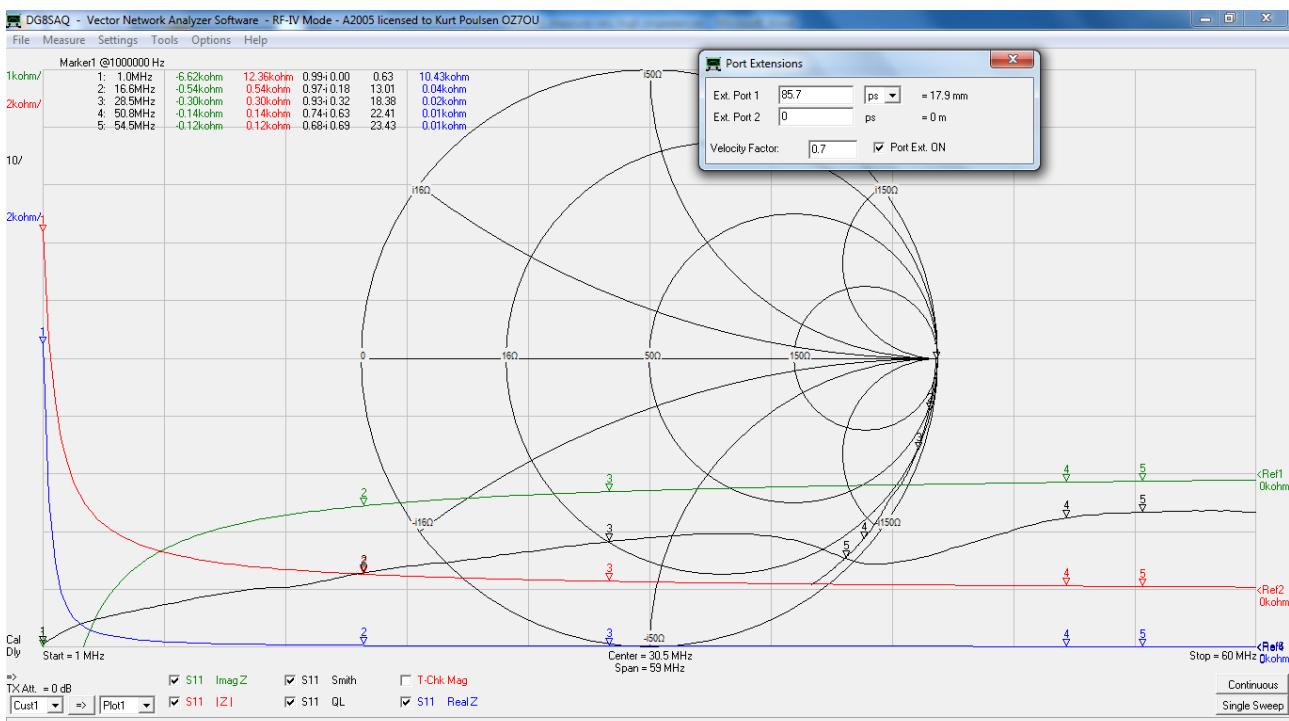
RF-IV Messung eines 10KOhm SMD Widerstand nach der Anwendung des Ext. Port1 Delay. Nicht besser als bei der VNWA Methode 1 oder 2. Aber die Stabilität über die Zeit bleibt erhalten, während die VNWA-Brücke temperaturempfindlich ist und häufige Kalibrierung verlangt.



RF-IV Messung des 100 KOhm SMD Widerstand nach der Anwendung des Ext. Port1 Delay. Nicht besser als bei der Anwendung der VNWA 1 Methode.

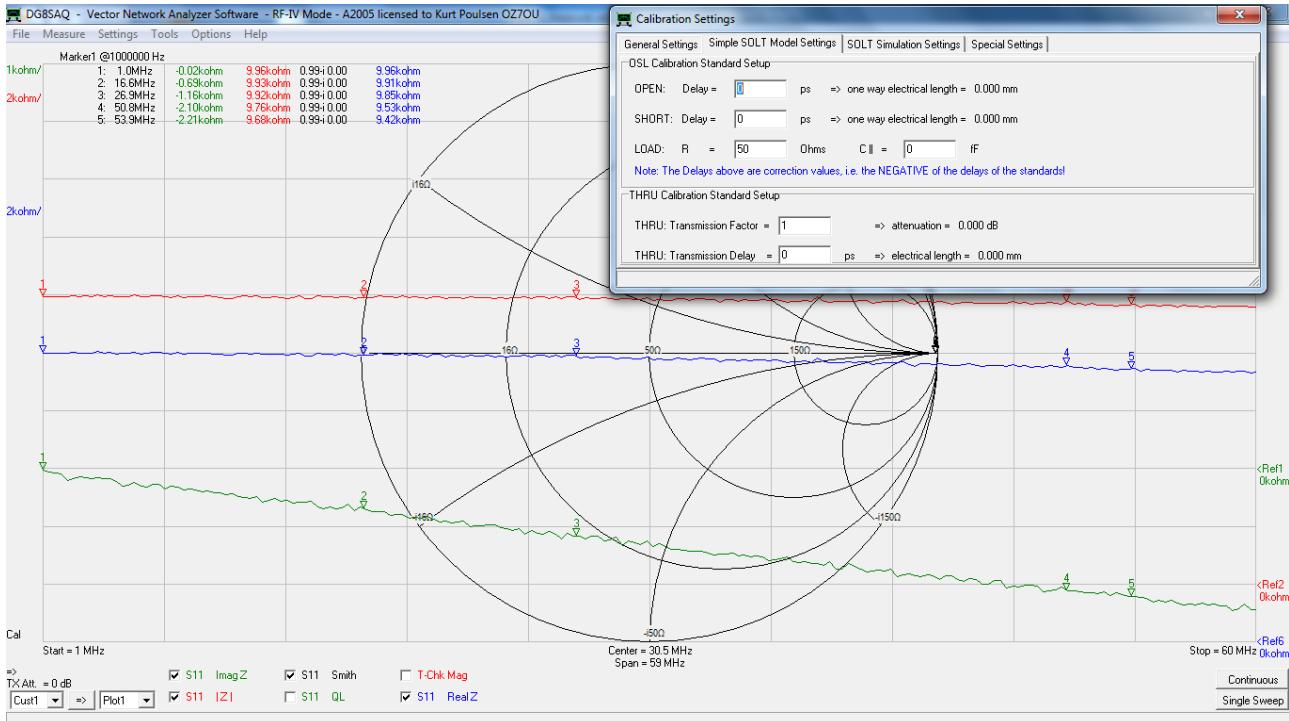


RF-IV Messung des 1 MΩ SMD Widerstand nach der Anwendung des Ext. Port1 Delay. Nicht besser als bei der Anwendung der VNWA 1 Methode.

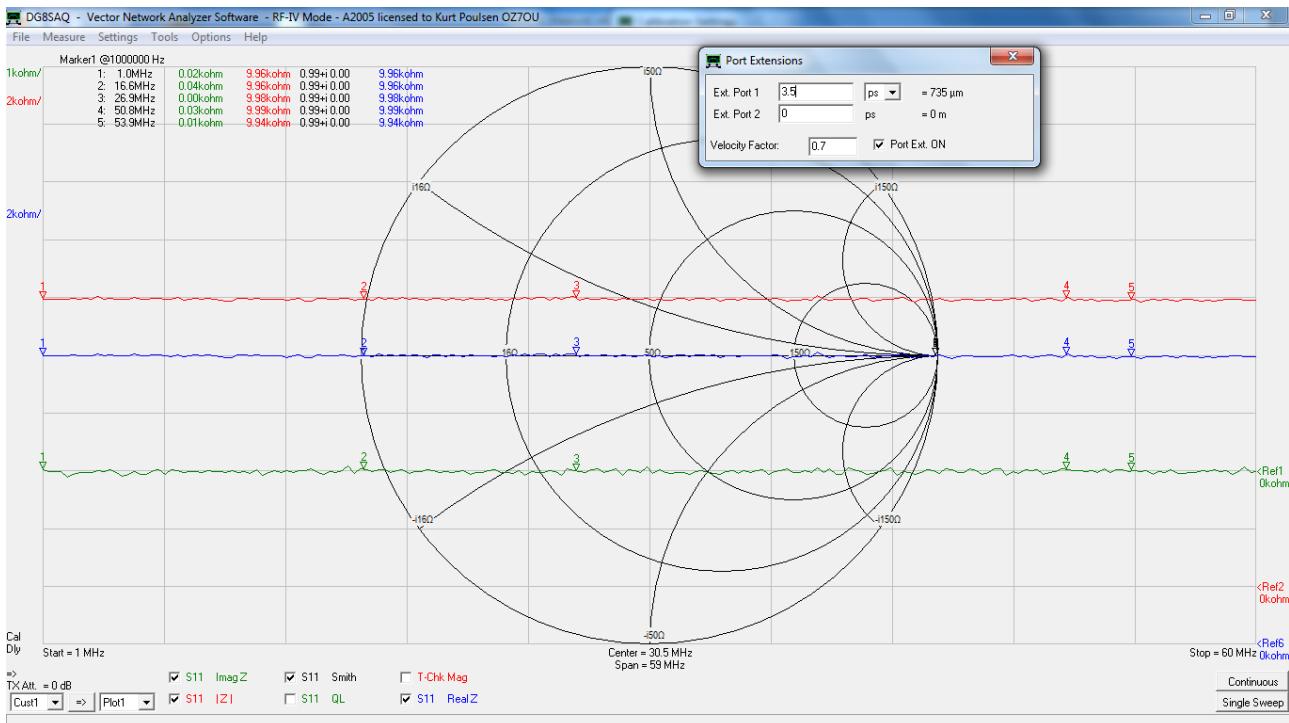


Ringkern-Messung, identisch zur VNWA 1 Methode. Das USB-Kabel wurde nicht mit dem Kabel-Klappferrit ausgerüstet. Da der Detektor-Ausgang einen 20/21dB niedrigenden Meß-Level hat, so das der Q-Dip basiert auf der gegenseitigen Kopplung und wegen dieser Tatsache unterschiedlich kann. Die Q-Werte unter 30 MHz sind identisch.

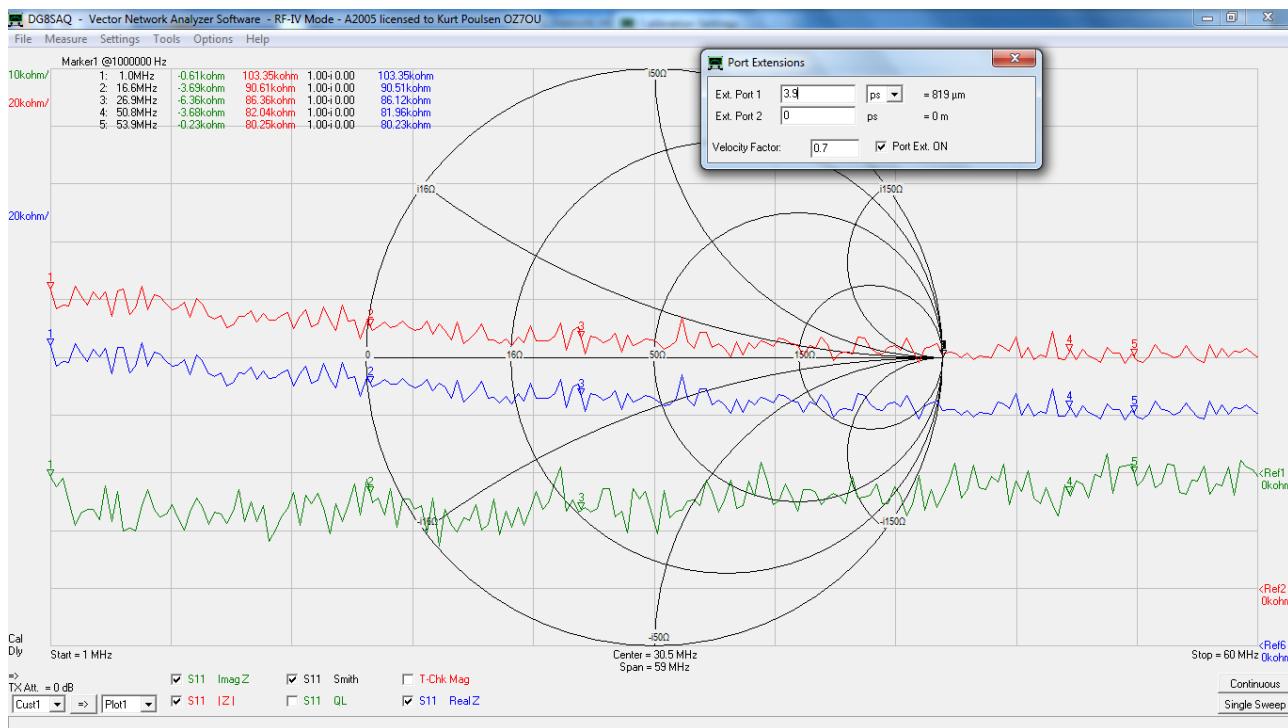
Jetzt wird der SMD Kalibrierung Kit für den RF-IV Adapter benutzt.



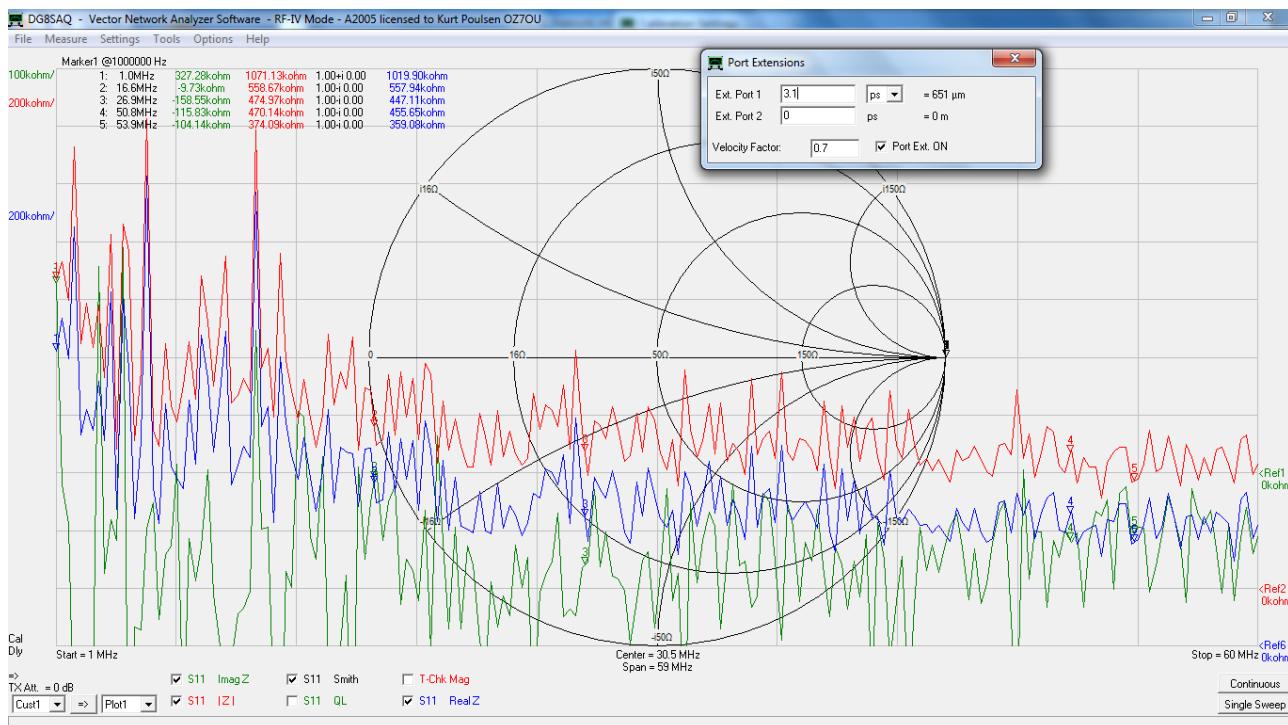
RF-IV Messung des 10 KOhm SMD Widerstand vor der Anwendung des Ext. Port1 Delay.



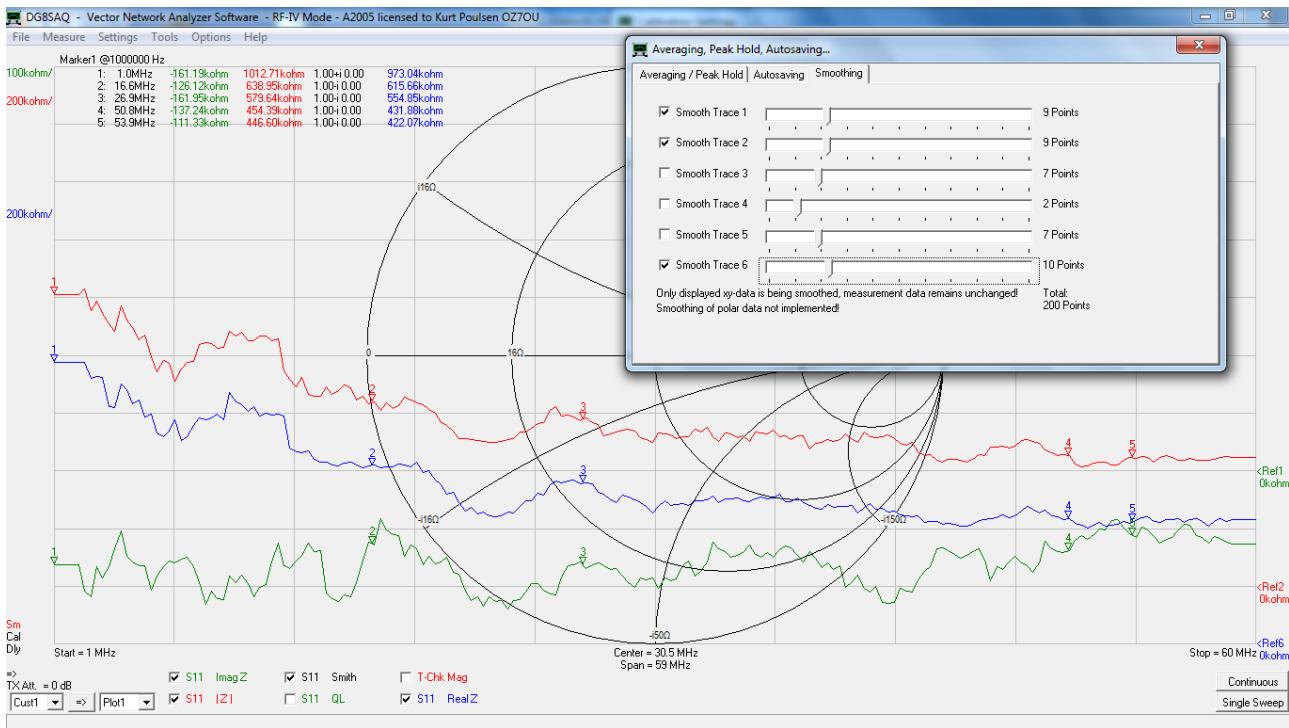
RF-IV Messung des 10 KOhm SMD Widerstand nach der Anwendung des Ext. Port1 Delay. Die besten Ergebnisse bis jetzt.



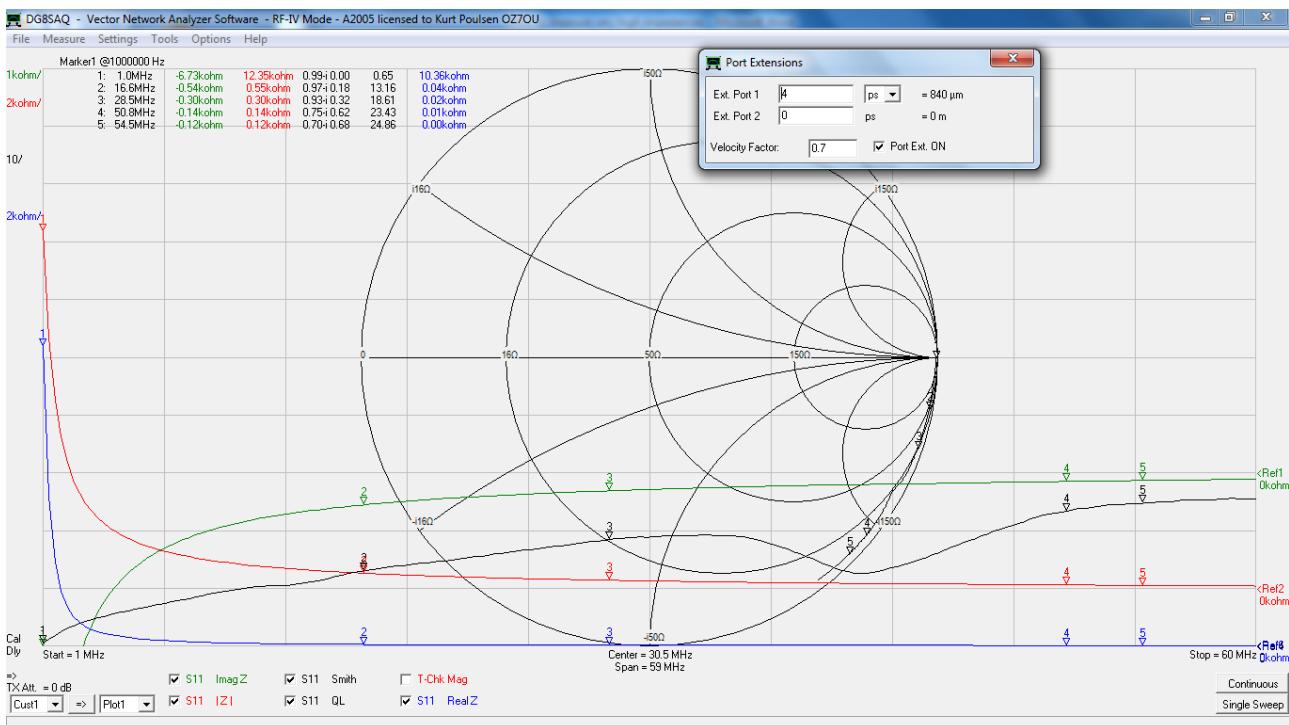
RF-IV Messung des 100 KOhm SMD Widerstand nach der Anwendung des Ext. Port1 Delay. Die besten Ergebnisse bis jetzt.



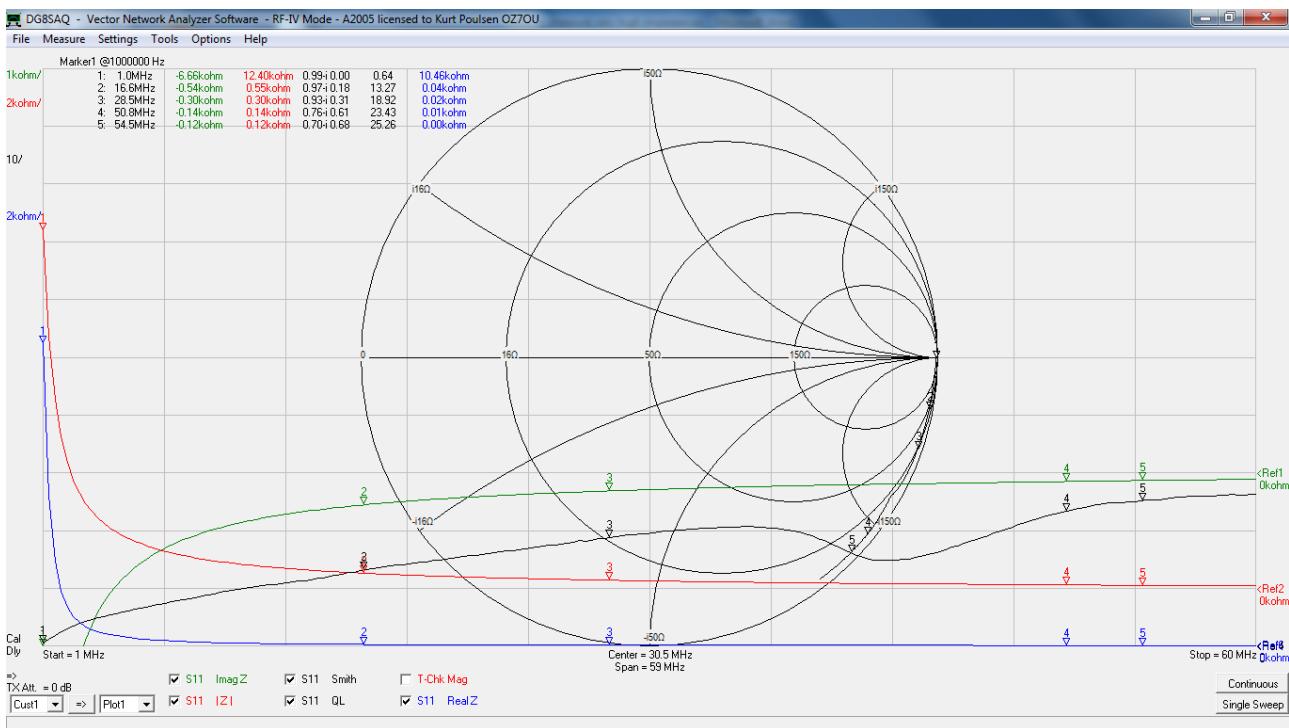
RF-IV Messung des 1 MOhm SMD Widerstand nach der Anwendung des Ext. Port1 Delay. Vielleicht die besten Ergebnisse bis jetzt, aber sehr verrauscht wegen des niedrigen Detektor-Output.



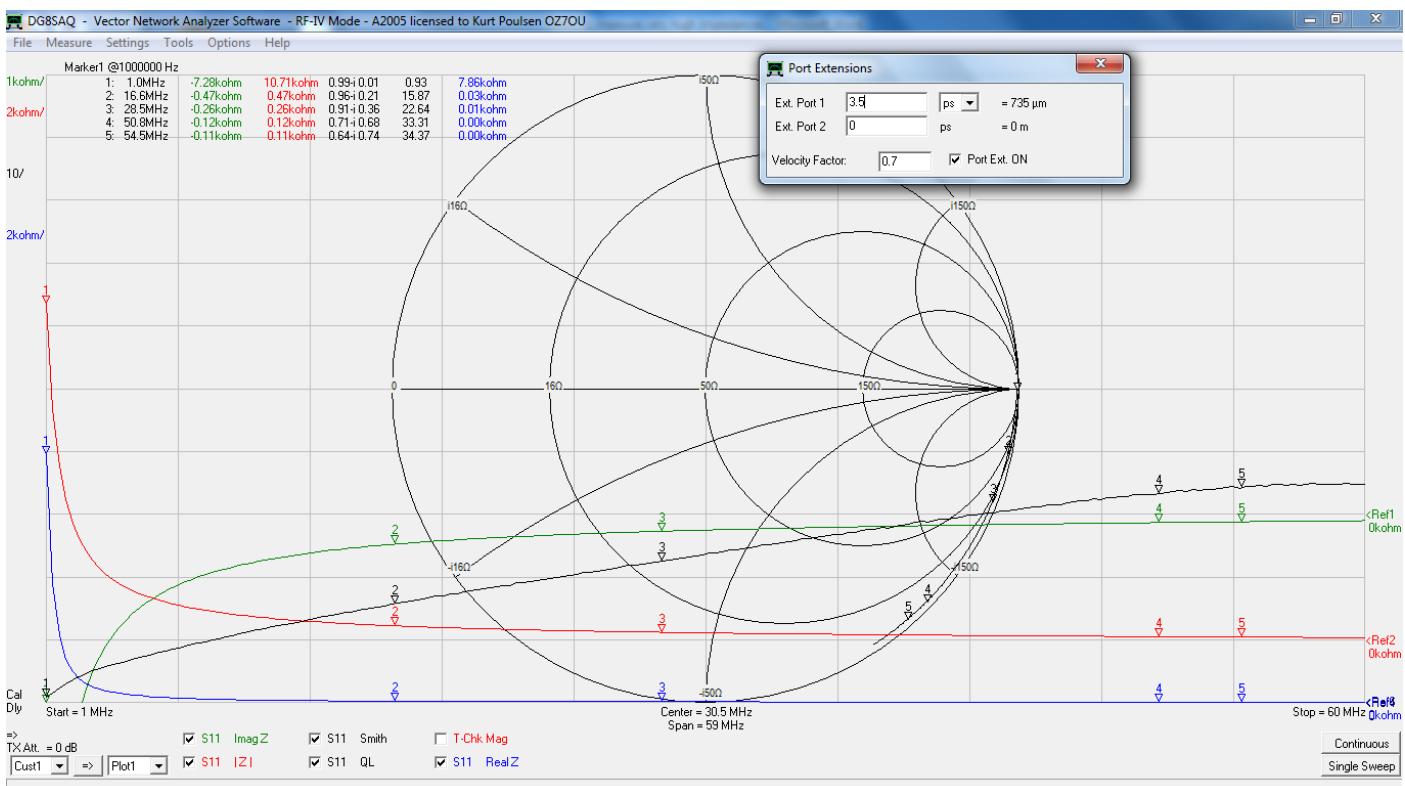
Die Anwendung des Signalglättung (Smoothing) kann vorteilhaft sein.



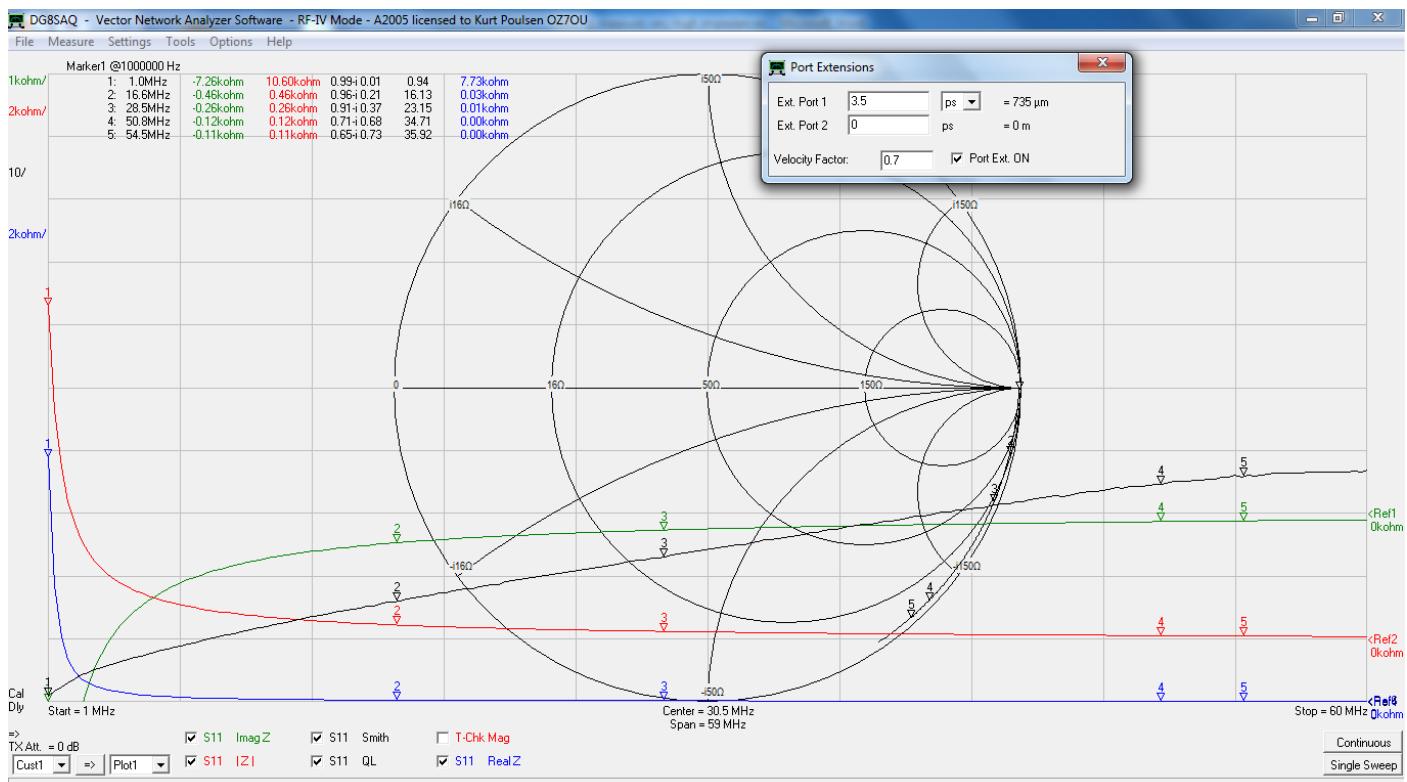
Identische Ringkernmessung .



Am Ende eines 20-cm-langen Testkabels, das mit dem SMD cal Kit kalibriert wurde, um nachzuforschen, ob die Kopplung reduziert wurde



Ringkern in einer Abschirm-Box ohne Deckel



Ringkern in einer Abschirm-Box mit Deckel

Zusammenfassung:

RF-IV misst nicht genauer als der VNWA in Mode 1 und Mode 2. Der Vorteil ist bessere Zeit- und Temperatur-Stabilität. Der VNWA ist in der Theorie weniger genau als RF-IV, wenn Fehler eingefügt werden. Siehe das Video auf YouTube, dieses Thema entsprechend. Suche nach DG8SAQ oder TheKurtPoulse.

Das wichtigste Problem, ist auf zu zeigen, wenn man große physische Sachen misst, die vielleicht ausstrahlen können oder eine große Luftkapazität haben, die sich durch ein elektrostatisches Feld in Leitungen koppeln kann, die an den VNWA angeschlossen sind, wie das USB-Kabel und das Kontrollkabel für einen externen Testsatz oder den RF-IV-Testadapter. Das Heilmittel ist, benutzen einer Abschirmung oder das Einschließen des DUT. Nicht notwendig ist ein völlig geschlossenes Gehäuse, aber die Verhinderung einer elektromagnetische/elektrostatische Kopplung (faraday Einschließungstechnik). Dieser Kommentar ist hoch gültig, um Antennen draußen zu messen und dem DUT zu messen, den Jim Brown K9YC an diesen Tagen entwirft, ein wertvolles Gerät für VNWA Messungen an Drahtantennen, die über koaxiale Kabel gespeist werden.

Kurt Poulsen de OZ7OU 31. März 2013

Deutsche Übersetzung: Manfred Zillmer de DG3OK 2. Juni 2013