

BNC-Steckverbindung – identisches Steckerprofil für unterschiedliche Wellenwiderstände

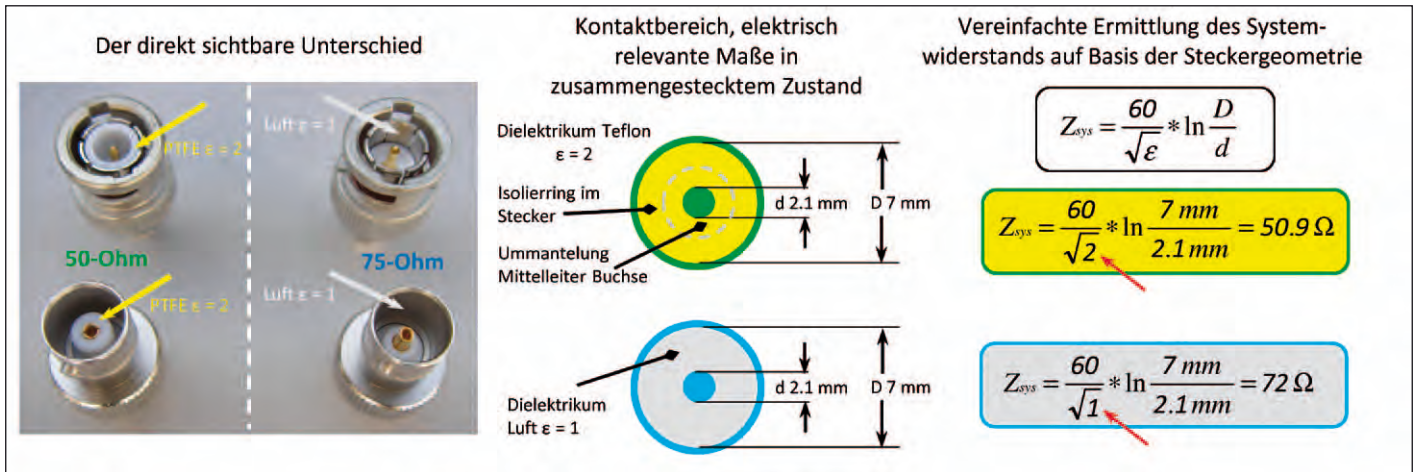


Bild 1 Der Unterschied zwischen 50-Ohm- und 75-Ohm-Komponenten

Die BNC-Steckverbindung findet Anwendung sowohl in 50-Ohm- als auch 75-Ohm-Systemen. Der Beitrag beschreibt die relevanten Unterschiede, die zwischen den Systemvarianten bestehen und zeigt die Auswirkungen auf, wenn, ob bewusst oder unbewusst, die Systeme untereinander gemischt eingesetzt werden.

Die BNC-Steckverbindung dürfte wohl mit zu den am weitesten verbreiteten HF-Steckverbindungen zählen. Der Einsatzbereich ist weit gestreut, viele Messgeräte sind damit bestückt, man denke nur an die zahllosen Oszilloskope und Generatoren. Das Konzept besticht durch seine einfache Handhabung, die Bajonettverriegelung ermöglicht schnelles Herstellen und Lösen einer Verbindung. In diesem Punkt ist sie der N-Norm oder SMA-Norm weit überlegen. Kritiker bezeichnen das BNC-System oft als „Wackelverbindung“, was bei entsprechenden Anforderungen nicht ganz zurückzuweisen ist. Statt der Bajonettverriegelung existiert zusätzlich eine Variante mit einer Schraubverriegelung, wie sie z.B. beim N-System üblich ist. Diese Variante findet man als TNC-System in den Katalogen.

Eine interessante Eigenschaft des BNC-System ist, dass es gleichermaßen für 50 Ohm und 75 Ohm verwendet wird, wobei die mechanische Konstruktion es erlaubt, beide Varianten problemlos miteinander zu verbinden, ohne dass das zur Zerstörung führt, was beim N-System bekanntlich nicht der Fall ist. Eine weitere Variante (93 Ohm) ist bzw. war in der Datenverarbeitung für die Verbindung von

Terminals zum Großrechner verbreitet. Diese hat allerdings durch die aktuell übliche Netzwerktechnik (Twisted-Pair) an Bedeutung verloren.

Das Dielektrikum

Es ist nicht unbedingt sinnvoll zwei unterschiedliche Systemimpedanzen direkt miteinander zu verbinden, das BNC-System bietet diese Möglichkeit, ob beabsichtigt oder unbeabsichtigt. In einem vorangegangenen Artikel (HF-Praxis 2014, Heft 3 und 4) habe ich dieses Szenario detailliert beschrieben.

Worin unterscheiden sich nun konstruktiv BNC-Stecker bzw. Buchse in 50 Ohm und 75 Ohm Systemimpedanz? Ihre Maße sind identisch, denn sonst wäre ein gegenseitiges Zusammenstecken mit uneingeschränkter Kontaktierungsfunktion nicht möglich. Bild 1 zeigt den Unterschied des „Steckgesichts“. In der 50 Ohm Variante der BNC-Buchse liegt der Mittelkontakt eingebettet in einer Umhüllung aus weißem Kunststoff, meist Teflon, beim Stecker trägt der Außenkontakt konzentrisch einen weißen Teflonring, der einen bestimmten Anteil der Innenseite ausfüllt.

In der 75-Ohm-Variante fehlen diese Teflonummantelungen.

Die Impedanzen 50 Ohm und 75 Ohm sind geprägt durch das im „Kontaktbereich“ vorhandene Dielektrikum, bestehend aus Luft oder Teflon. Das lässt sich auch vereinfacht berechnen, im rechten Teil von Bild 1 sind Rechenweg und Werte aufgezeigt. Beim blau skizzierten Stecker befindet sich im Zwischenraum Luft (grau), was einer Dielektrizitätskonstante von $\epsilon = 1$ entspricht. Im grün gezeichneten Stecker (50 Ohm) ist der Zwischenraum durch die beidseitigen Tefloneinlagen (gelb, $\epsilon = 2$) ausgefüllt, und zwar nur dann durchgängig, wenn Stecker und Buchse zusammengesteckt sind. Die Farbgebungen, 50 Ohm „grün“ und 75 Ohm „blau“ wiederholen sich in den nun folgenden Bildern des Artikels.

Zeitweise trifft man auf die Aussage, dass die Unterscheidung im Durchmesser des Mittelleiters liegt, was nicht korrekt ist, der Durchmesser des Mittelkontakts und die metallische Außenkontaktierung beider Systeme weisen gleiche Maße auf.

Um annähernd eine Impedanz von 75 Ohm unter einem mit Teflon „gefüllten“ Kontaktbereich zu erreichen, müsste der Innenleiterdurchmesser auf 1.2 mm verjüngt werden. Das lässt sich leicht anhand der Formel

Autor:
Joachim Müller

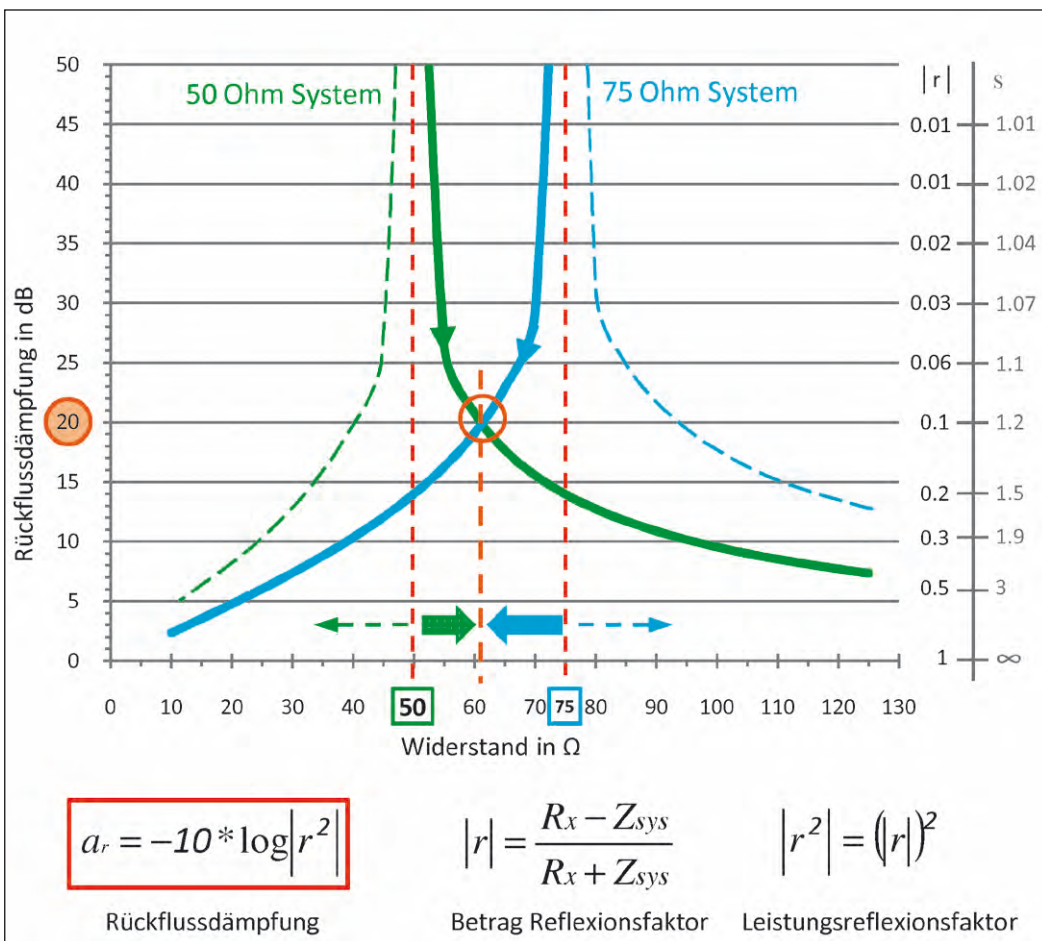


Bild 2 Der „gemeinsame Nenner“ zwischen den Systemen

in Bild 1 nachrechnen, was zur Erkenntnis führt: Die Ausmaße des Mittelleiters müssten in etwa auf die Größe der SMA-Norm reduziert werden, womit die mechanische Kompatibilität zwischen BNC-50 und BNC-75 nicht mehr gegeben wäre.

Die Impedanz des Kontaktbereichs wird also durch die geschickte Wahl des Dielektrikums beeinflusst. Zu beachten ist, dass der Mittelkontakt mit sicherem Halt im Buchsengehäuse befestigt sein muss, es ist leicht nachzuvollziehen, dass bei der 75 Ohm Variante die ϵ -Werte zum Dielektrikum Luft aufgrund einer stabilen Befestigung nicht umfassend realisiert werden können.

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal ergibt sich durch das verwendete Kabel, das zum Stecker oder der Buchse führt. Der 50-Ohm Stecker, z.B. für das Kabel RG58, besitzt eine

dünnere Kabelzuführung als der 75-Ohm Stecker für RG59. Auch die Bohrungen in den Mittelkontakten sind auf den Mittelleiter des jeweiligen Koaxkabels abgestimmt. Besonders ausgeprägt sind diese Merkmale bei Steckern in Crimp-Technik. Hier sind konstruktionsbedingt nur Bruchteile von Millimetern als Toleranz für Crimphülse und Mittelkontakt möglich.

Stecker in Löttechnik sind hier etwas „universeller“ ausgeführt. Dort besteht durchaus die Möglichkeit, den Stecker mit der „falschen Impedanz“ an das Kabel anzubringen.

Zusammenhang zwischen Impedanz und Rückflussdämpfung

Die durch Verwendung unterschiedlicher Dielektrika sich einstellende Impedanz der verschiedenen BNC-Varianten können

mit einem TDR (Time Domain Reflektometer) nachgemessen werden, was nun nachfolgend aufgezeigt wird. Zunächst noch zwei aus Sicht des Artikelthemas relevante Eckdaten des BNC-Systems:

- * Rückflussdämpfung > 20 dB
- * Frequenzbereich 0 – 4 GHz

Blättert man in den Katalogen und Datenblättern div. Hersteller, so platziert sich die Masse der Standardausführungen im Schwerpunkt um diese beiden Werte. Besonders ausgesuchte (Präzisions)Produkte tendieren zu besseren Werten.

Vorrangig interessant ist hier die Rückflussdämpfung, weil sie doch in direktem Zusammenhang mit der vorgefundenen Impedanz steht. Welche Impedanz verbirgt sich nun jeweils bei den beiden System (50 Ohm und 75 Ohm) hinter einer Rückflussdämpfung von 20 dB? Berechnet man die jeweiligen

Werte, so wird man auf eine interessante Konstellation stoßen, eine Art gemeinsamen Nenner. In Bild 2 ist dieser Zusammenhang grafisch dargestellt. Auf der X-Achse ist der variable Widerstandswert aufgetragen, der auf eine fest definierte Systemimpedanz (50 bzw. 75 Ohm) gemäß der untenstehenden Formel bezogen wird. Auf der rechten Diagrammseite befindet sich eine Skalierung des Reflexionsfaktors und ergänzend für den, der bevorzugt mit dem VSWR arbeitet, des Stehwellenverhältnisses (s). Die angegebene Formel führt zum Betrag des Reflexionsfaktors, der sich dann leicht zur Rückflussdämpfung umrechnen lässt (linke Skalierung). Diese Berechnung verläuft unter der Verwendung des Leistungsreflexionsfaktors (r^2) reibungsloser ab, als mit dem Spannungsreflexionsfaktor, der ab bestimmten Widerstandswerten auch mit negativem Vorzeichen auftreten wird. Die benötigten Formeln sind ebenfalls in Bild 2 dargestellt. Die Berechnungen wurden für beide Nenn-Systemimpedanzen (rote gestrichelte Linie) durchgeführt und als Kurven (grün und blau) in das Diagramm gelegt.

Die Kurven (grün und blau) bilden einen gemeinsamen Schnittpunkt bei 20 dB Rückflussdämpfung, im Diagramm mit Kreis (orange) markiert. Auf der Widerstandsachse liegt dieser Punkt bei 61 Ohm, d.h., dass dieser Widerstandswert, gleichwohl aus Sicht des 50-Ohm-Systems als auch dem 75-Ohm-System, eine identische Rückflussdämpfung verursacht (Betrag der Rückflussdämpfung $|r|$).

In Bild 3 wurde der Sachverhalt in anderer Form anhand von Skalen gegenübergestellt. Der 75-Ohm-Systemwiderstand darf bis auf 61 Ohm fallen, während der Widerstand im 50-Ohm-System bis auf 61 Ohm steigen darf, um an die Grenze zu einer Rückflussdämpfung von 20 dB anzustoßen. Der jeweilige Verlauf des Widerstandwertes und dessen Einfluss auf die Höhe der Reflexion wurde durch die wachsende Farbintensität ange-

deutet. Die Existenz eines solchen gemeinsamen Nenners (61 Ohm) könnte zu der Idee führen, eine gemeinsame Stecker-Buchsen-Kombination, die für beide Systemimpedanzen gerade gut genug ist, zu entwickeln. Das klingt nicht gerade professionell, es wird jedoch Anwendungen geben, die mit einer Rückflussdämpfung von 20 dB zurecht kommen, besonders wenn man sich vor Augen führt, was sich hinter dem Wert von 20 dB verbirgt: Eine reflektierte Leistung von 1%! Trotzdem wird man für die Messtechnik zu Werten tendieren, die in unmittelbarer Nähe von 30 dB und eventuell auch höher liegen. Die Erkenntnis dieser Betrachtungen ist, dass bei Anpass- bzw. Rückflussdämpfungsmessungen die BNC-Steckverbindung nur bis knapp unterhalb (-3 dB) der Grenze von 20 dB aussagekräftige Werte liefern kann, sofern auf BNC-Standardmaterial zurückgegriffen wird.

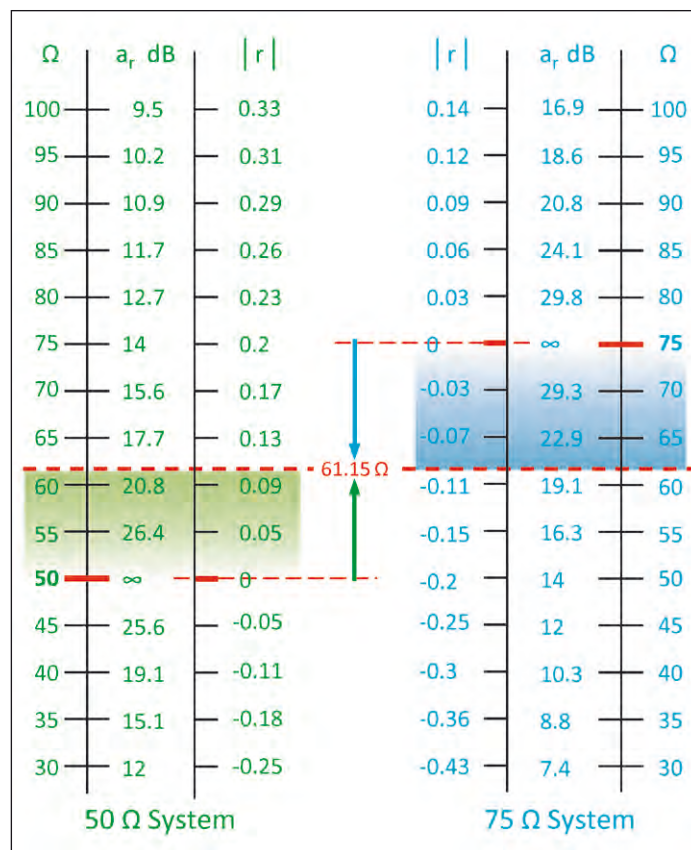


Bild 3 Direkte Gegenüberstellung der Systeme

wendet werden hierzu Laborleitungen mit Längen von 1 – 3 m und entsprechende Stecker, die direkt mit dem Messobjekt korrespondieren.

Bild 5 zeigt die Gesamtansicht der TDR-Messung. Links unten ist zu erkennen, dass die Auflösung pro Division auf 100 ps eingestellt ist. Im Feld darunter ist die absolute Lage der Zeitachse angegeben, knapp 13 ns entsprechen einer Vorlaufleitung von ca. 2.5 m bis zum eigentlichen Messobjekt. Die Definition der Marker ist rechts oben zu sehen, weiterhin können unter dem Reiter „Traces“ Messkurven gespei-

chert und deren Darstellung aktiviert oder unterdrückt werden.

Zu den nachfolgenden Messungen wurden teilweise „spezielle“ Leitungen angefertigt, um z.B. den Impedanzverlauf eines 50-Ohm-Steckers an einem 75-Ohm-Kabel zu demonstrieren.

Starten wir mit Bild 6, hier wurden verschiedene Kombinationen von 50 Ohm bzw. 75 Ohm Steckern und Buchsen vermessen. Zunächst das Diagramm links oben, Ausgangspunkt bildet eine 50-Ohm-Leitung mit 50 Ohm Kabelbuchse.

Der schwarze Kurvenzug zeigt die offene Buchse, das offene Ende ist hochohmig, womit die Kurve fast senkrecht nach oben verläuft. Theoretisch müsste die Steigung am hochohmigen Kabelende senkrecht ausfallen, sie wird jedoch durch die endliche Anstiegsflanke des TDR-Impulses bestimmt. Auf diese 50-Ohm-Buchse wird nun ein 75-Ohm-Stecker gesteckt, der an ein 50-Ohm-Kabel montiert wurde. Durch diese „Falschmontage“ wird exklusiv das Verhalten des Steckers sichtbar und nicht durch ein korrektes, aber damit dominierendes 75-Ohm-Kabel überdeckt. Das Ergebnis zeigt die grüne Kurve. Die Kombination 50-Ohm-Buchse mit 75-Ohm-Stecker übersteigt geringfügig die 61-Ohm-Linie (orange), erfüllt also nicht mehr exakt die Spezifikation für eine Rückflussdämpfung > 20 dB.

Wir drehen nun die Kombination um, ein 50-Ohm-Stecker wird auf eine 75-Ohm-Buchse gesteckt (Bild 6 oben rechts). Die grüne Linie liegt deutlich unter der 61-Ohm-Marke, der schlechteste Wert der Rückflussdämpfung beträgt hier 24 dB (Marker M1 mit 56.5 Ohm).

Die Untersuchung zeigt, dass die sich einstellende Rückflussdämpfung entscheidend von der Art der Kombination beeinflusst wird.

Wechseln wir nun die Systemimpedanz und betrachten die eben hergestellten Kombinationen aus dem Blickwinkel der 75-Ohm-Welt.

Das Diagramm im Bild 6 links unten zeigt als Ausgangspunkt wieder eine offene Buchse, dieses Mal nun mit 75-Ohm

Praktische Messung von Impedanz bzw. Rückflussdämpfung

Tiefere Einblicke ergeben sich durch einen Versuchsaufbau (Bild 4), in welchem unterschiedliche Konstellationen hergestellt werden können. Benötigt wird ein TDR, mit dem elektrische Längen im Bereich von 10-20 mm noch gut aufgelöst werden können, die benötigte Anstiegsflanke sollte dafür im zweistelligen Pico-Sekundenbereich liegen.

Für die vollständige Darstellung des Messobjekts wird dieses zwischen eine Vorlauf- und Nachlaufleitung geschaltet, ver-

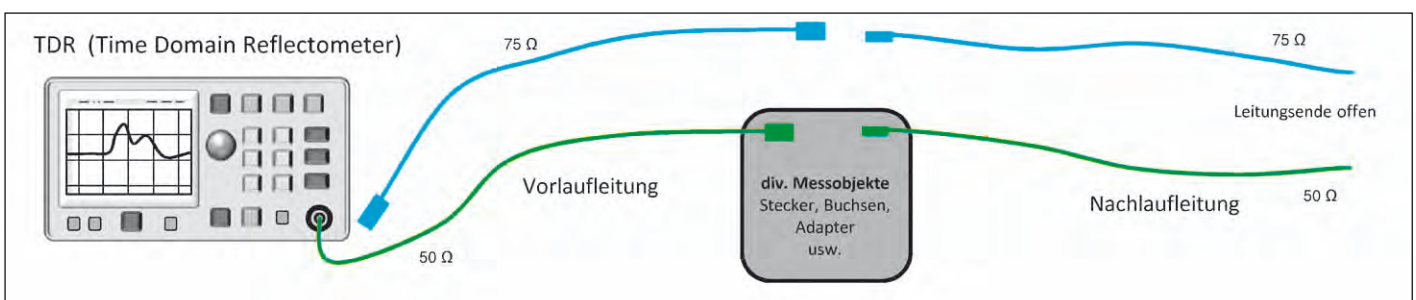


Bild 4 Versuchsaufbau zur messtechnischen Untersuchung unterschiedlicher Kombinationen

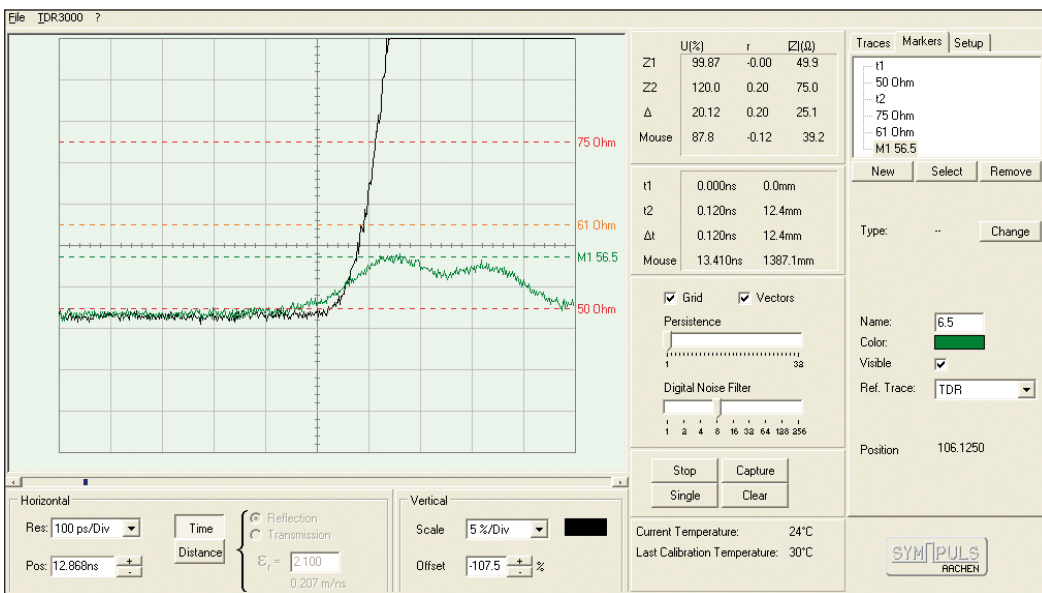


Bild 5 Gesamtansicht der TDR-Messung

(schwarze Kurve). Auf die Buchse wird ein 50-Ohm-Stecker aufgesteckt, der aus dem gleichen Grund, wie oben bereits angeführt, nun an einem 75-Ohm-Kabel montiert wurde.

Die blaue Kurve verläuft deutlich unter der 61-Ohm-Grenze, der Marker M1 steht hier auf 64 Ohm, was einer Rückflussdämpfung von 22 dB entspricht.

Die vertauschte Kombination ist im rechten unteren Diagramm sichtbar: Ein 75-Ohm-Stecker, der auf eine 50-Ohm-Buchse gesteckt wird, verursacht eine Rückflussdämpfung, die gerade noch in der Spezifikation von > 20 dB liegt.

Betrachtet man die Diagramme zusammenfassend, so erlangen wir die Erkenntnis, dass keine

der Kombinationen die Spezifikation für die Grenze der Rückflussdämpfung (> 20 dB) entscheidend verletzt.

Kommt eine Applikation mit dieser Spezifikation zurecht, dann wird sich die Mischung der Stecker- und Buchsenvarianten nicht nachteilig auswirken. Sind die Anforderungen jedoch höher, z.B. bei Messgeräten, so lässt

sich anhand dieser Messungen ermitteln, welche Kombination noch verträglich sein wird. Die vorgestellten Messergebnisse sind natürlich direkt vom verwendeten Material abhängig und können, je nach Hersteller und Qualität, variieren.

Nun wird die Falschmontage von Stecker und Kabelbuchsen an Leitungen und den daraus resultierenden Kombinationen nicht alltäglich sein, trotzdem wird man sie in der Praxis meist an Gerätebuchsen antreffen. Häufig findet man 50-Ohm-Buchsen, die auf Platinen von 75-Ohm-Komponenten eingelötet sind. Auch bei industriell gefertigten Dämpfungsgliedern der 75-Ohm-Welt sind oft Buchsen und Stecker mit „Tefloneinlage“ zu sehen, was eigentlich auf eine 50-Ohm-BNC-Variante schließen lässt. Solange deren Rückflussdämpfung nicht besser als 20 dB spezifiziert ist, erscheint die Angabe der Anpassung noch als glaubwürdig.

Betrachten wir nun den vorgesehenen Regelfall, nämlich in der Systemimpedanz zusammengehörenden Stecker und Buchsen werden zusammengesteckt:

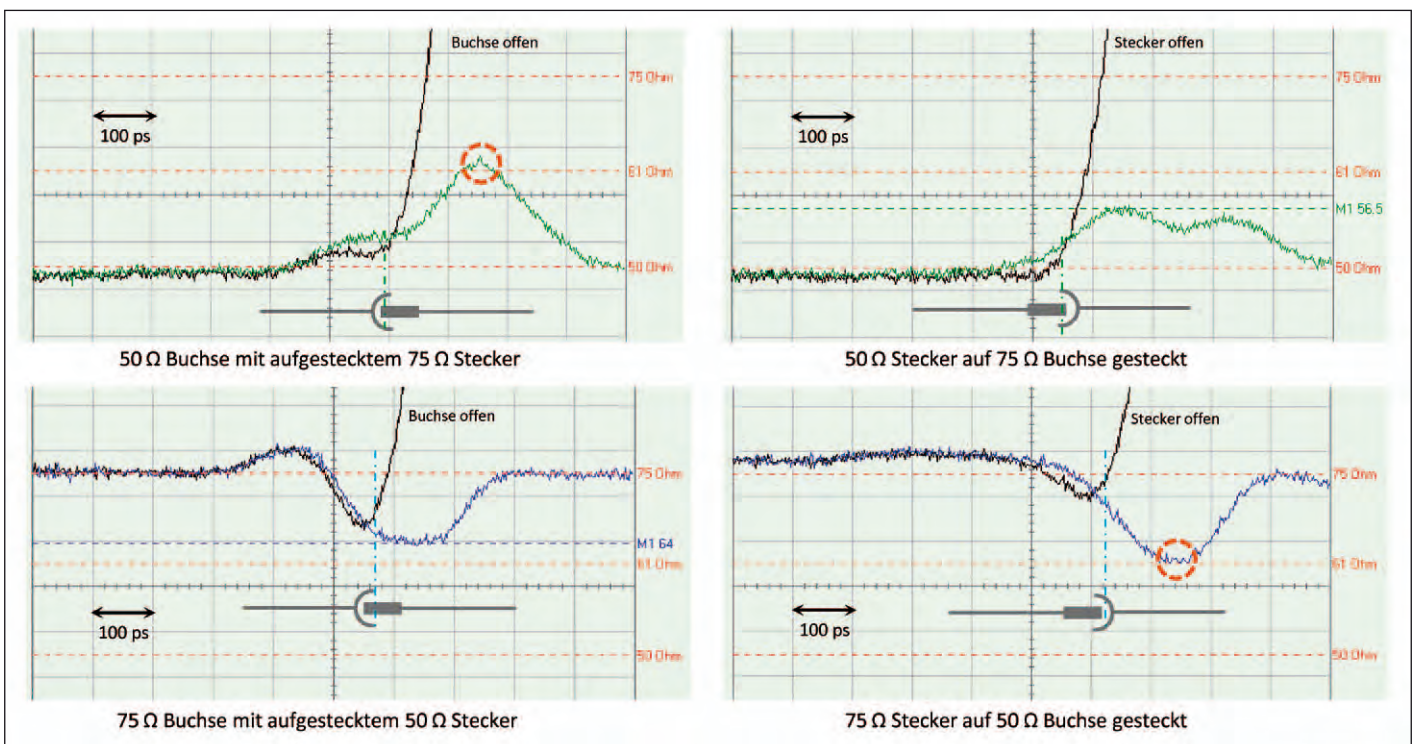


Bild 6 Messergebnisse zu den unterschiedlichen Kombinationen

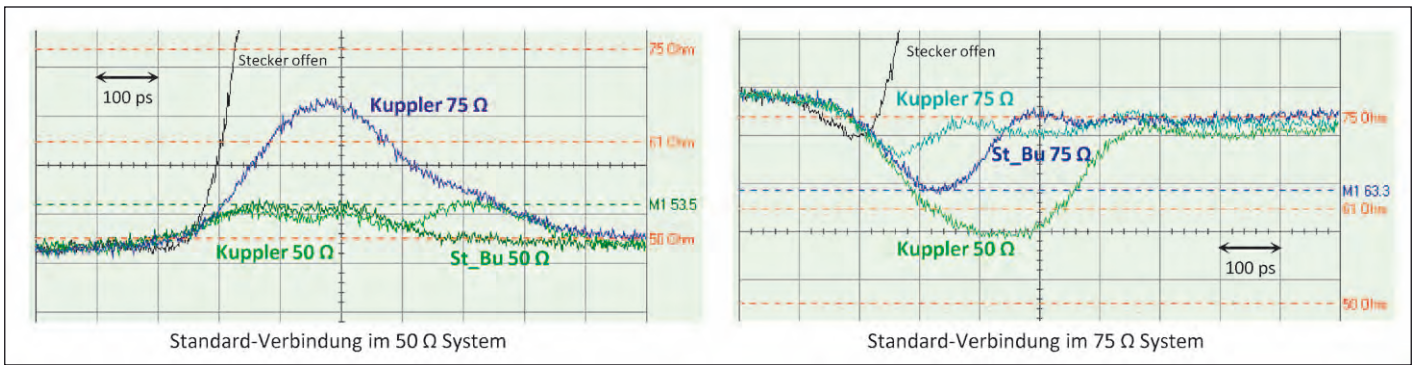


Bild 7 Rückflussdämpfungen innerhalb der beiden Systemvarianten

In Bild 7, linkes Diagramm, sind zwei „Normalfälle“ im 50-Ohm-System dargestellt. Zunächst wieder der offene Stecker (schwarze Kurve) zur Orientierung der Lage. Die dunkelgrüne Kurve zeigt eine Stecker-Buchse Verbindung, die Rückflussdämpfung berechnet sich aus dem Widerstandswert (Marker M1, 53.5 Ohm) auf gut 29 dB.

Das ist ein ordentlicher Wert, der mit Markenqualität erreichbar ist. Hinter der hellgrünen Kurve verbirgt sich ein Kuppler (Buchse-Buchse) mit welchem die beiden Kabel (Stecker-Stecker) verbunden wurden. Auch diese Verbindung steht bzgl. Rückflussdämpfung der vorangegangenen in nichts nach.

Die violette Kurve demonstriert den Fall, wenn der falsche Kuppler (eine 75 Ohm-Variante) erwisch wird, was in der Praxis sehr leicht passieren kann. Wir liegen durch diesen Fehlgriff nun deutlich unterhalb der Spezifikation. Das rechte Diagramm beinhaltet ähnliche Messungen im 75-Ohm-System. Die dunkelblaue Kurve stellt eine Stecker-/Buchsenverbindung dar, der Marker M1 gibt einen Widerstandswert von 63.3 Ohm aus, was einer Rückflussdämpfung von gut 21 dB entspricht. Die Messung mit dem Kuppler (hellblau) fällt in diesem Fall besser aus. Wie bereits schon angedeutet, die Messungen sind direkt vom verwendeten Material abhängig und deshalb nicht allgemeingültig, sie zeigen aber durchaus verlässlich die Tendenzen auf.

Abschließend analog das Beispiel des 50-Ohm-Kupplers im 75-Ohm-System (grüne Kurve). Wie zu erwarten, mit diesem Fehlgriff in die Adaptersammlung fällt die Rückflussdämpfung deutlich ab, die Spezifikation wird dadurch unterschritten.

Messungen an Adaptern

Greifen wir doch gleich etwas tiefer in die Adapterkiste. Für BNC gibt es unzählige Varianten von Adaptern zwischen den einzelnen Steckernormen, Bild 8 zeigt zwei Adapterfamilien die vermessen wurden.

Bild 9, linkes Diagramm, zeigt die Messergebnisse für gängige 50-Ohm-Adapterfamilien. Auch hier werden sich Qualitätsunterschiede deutlich zeigen. Ordentliche Messwerte konnten bei dem Adapter BNC-Buchse auf N-Stecker (hellgrün) festgestellt werden. Dieser ist doch weit verbreitet, er wird gerne auf den Anschluss von Spektrumanalysatoren angeschraubt, wenn es darum geht, rasch einen Messaufbau mit BNC-Verbindungen herzustellen. Da die Adapter unterschiedliche mechanische Längen aufweisen, erscheint die Lage der Kurven im Diagramm entsprechend verschoben.

Das rechte Diagramm zeigt zwei Adapter von BNC nach F-Norm. Die Abweichungen sind gravierend. Besonders der Adapter BNC-Buchse nach F-Stecker (braun) fällt hier deutlich aus dem Rahmen. Man könnte fast zu dem Schluss kommen, der Adapter weise einen Kurzschluss auf, was aber nicht der Fall ist.

Im Datenblatt findet man die Angabe 6.7 dB für die Rückflussdämpfung. Für Messaufgaben scheidet dieser Adapter aus. Wesentlich besser bedient ist man in diesem Fall mit Herstellung eines passenden Kabels als mit der Verwendung dieses Bauteils.

Wie kommen solche Abweichungen zustande? Interessant war, dass der Mittelleiter auf der BNC-Seite in eine Isolierung eingebettet ist, was eigentlich einer 50-Ohm-Konstruktion entspricht. Die F-Norm ist bekanntlich für die Systemimpedanz von 75-Ohm konstruiert. Nun kann der in Teflon eingebettete Mittelleiter nicht der alleinige Grund für eine derart niedrige Rückflussdämpfung sein, die vorangegangenen Messungen haben gezeigt, dass die Grenze zum gemeinsamen Nenner (20 dB) dadurch nur in geringem Maße verletzt wird.

Die Antwort liegt beim verwendeten Isolierwerkstoff, es fiel auf, dass dieser nicht, wie

für Teflon charakteristisch, eine „schneeweiße“ Farbe aufwies, sondern eher in ein milchiges Weiß einzustufen war. Bei Berührung mit einem heißen LötKolben schmolz das Material sofort, was auf einen thermoplastischen Kunststoff (PE, PVC o.ä.) schließen lässt. Nun ist dieses Material nicht grundsätzlich hf-technisch verwerflich, das Dielektrikum von vielen RG-Kabeln besteht aus thermoplastischem Werkstoff. Ihre Dielektrizitätskonstanten liegen bei $\epsilon = 2.4$ bis 3.

Im Kontaktraum des BNC-Systems verbaut, führt der Werkstoff jedoch zu stark veränderten Impedanzen. Setzt man in die Formel von Bild 1 z.B. die Dielektrizitätskonstante für PVC ($\epsilon = 3$) ein, so errechnet man einen Widerstandswert von knapp 42 Ohm. Aus Sicht des 75-Ohm-Systems befinden wir uns damit weit außerhalb der Spezifikation, im 50-Ohm-System liegt man mit diesem Wert tatsächlich noch innerhalb

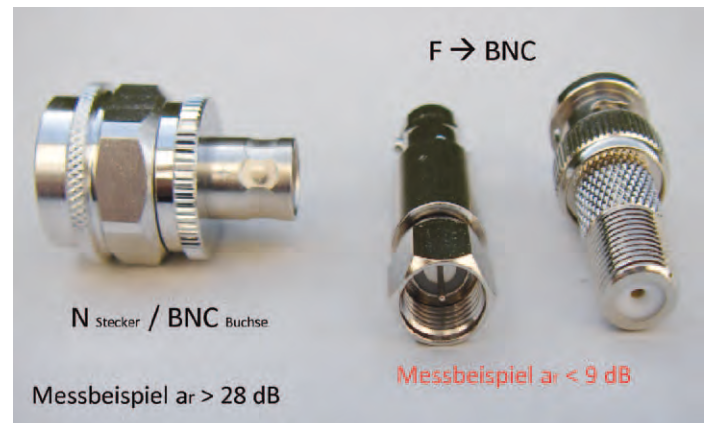


Bild 8 Die vermessenen Adapterfamilien

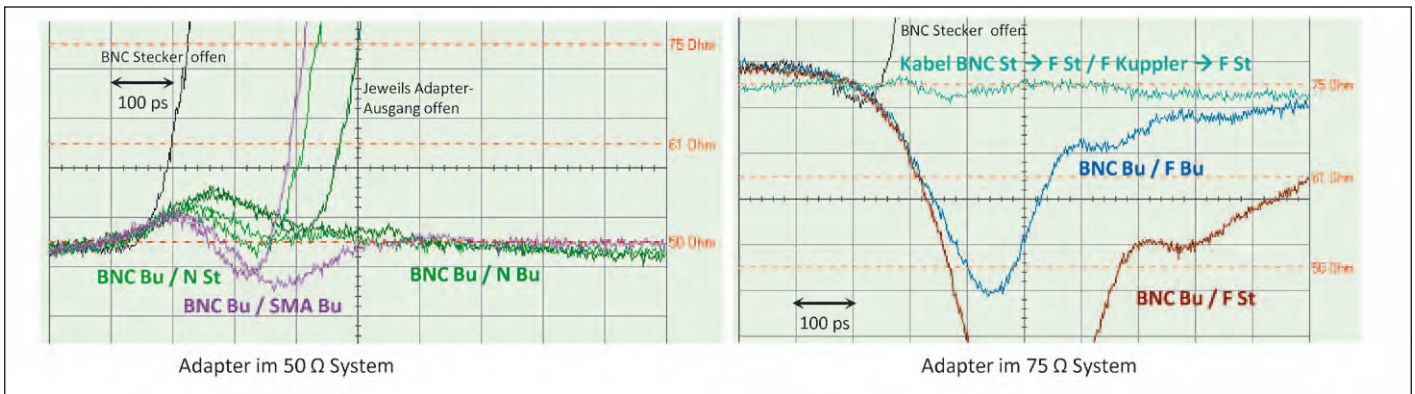


Bild 9 Untersuchung von BNC-Adaptern zu anderen Normen

der Spezifikation, allerdings auf der „anderen Seite der Kurve“. Betrachtet man Bild 2, so findet man auf der grün gestrichelten Kurve den Schnittpunkt für 20 dB Rückflussdämpfung im Bereich von 40 Ohm.

Das bedeutet u.a., dass der 50-Ohm-BNC-Steckverbinder durchaus mit PVC-Dielektrikum gefertigt werden kann, die BNC Grundspezifikation (>20 dB) wird damit ebenfalls eingehalten.

Nun eröffnet sich eine umfangreiche Spielwiese der Kombinationen z.B. „Teflon-Stecker“ mit „PVC-Buchse“ und viele weitere mehr, die man vermessen könnte. Das würde den Rahmen des Beitrags allerdings deutlich sprengen, bietet jedoch Potential für eigene Experimente.

Zur Vollständigkeit: Die in der Computervernetzung (ARCNET) verwendete Systemimpedanz von 93 Ohm (diese Form ermöglichte höhere Kabellängen) orientiert sich an Komponenten des 75-Ohm-Kontaktbereichs, dessen Kabelaufnahme auf das etwas dicker ausfallende 93-Ohm-Kabel (z.B. RG62) modifiziert wurde. Die Maße des Kontaktbereichs sind fix vorgegeben, eine Dielektrizitätskonstante $\epsilon < 1$ lässt sich ja nicht realisieren, die höchstmögliche Impedanz des Kontaktbereichs durch den „Werkstoff“ Luft ist damit ausgereizt. Aus Sicht des 93-Ohm-Systems verursacht eine Fehlanpassung von 75 Ohm eine Rückflussdämpfung von 20 dB. Auch in dieser Kategorie ist die Grundspezifikation wieder

erfüllt, siehe Bild 2, blau gestrichelte Kurve.

Die Entwickler Paul Neill und Carl Concelmann haben sich in der Tat in den späten 1940er Jahren ein sehr facettenreiches System ausgedacht.

Messung mit dem Netzwerkanalyser – direkte Anzeige der Rückflussdämpfung in dB

Abschließend soll noch eine weitere Variante für die Durchführung von Messungen aufgezeigt werden.

Das moderne TDR ermöglicht entlang eines Leitungsverlaufs in der Regel die direkte Ausgabe von Impedanzwerten. Aus diesem Wert kann die Rückflussdämpfung ermittelt werden.

Die direkte Darstellung der Rückflussdämpfung kann mit einem Netzwerkanalyser erfolgen, der das DTF-Verfahren (Distance to Fault) unterstützt. Das Diagramm zeigt quasi die Verteilung der Rückflussdämpfung entlang der Leitung, Bild 10. Es wurden zwei Kurvenzüge aufgenommen: Der grüne Verlauf beinhaltet zwei Spitzen, auf welche die Marker 2 und 3 eingestellt sind. Hinter Marker 2 verbirgt sich eine gewöhnliche Stecker/Buchse-Verbindung mit einer Rückflussdämpfung von 23.8 dB. Sie erfüllt die Spezifikation. Die Spitze unter Marker 3 wird durch einen Kuppler (Buchse/Buchse) verursacht. Fast 28.2 dB Rückflussdämpfung deutet auf ein hochwertiges Bauteil hin.

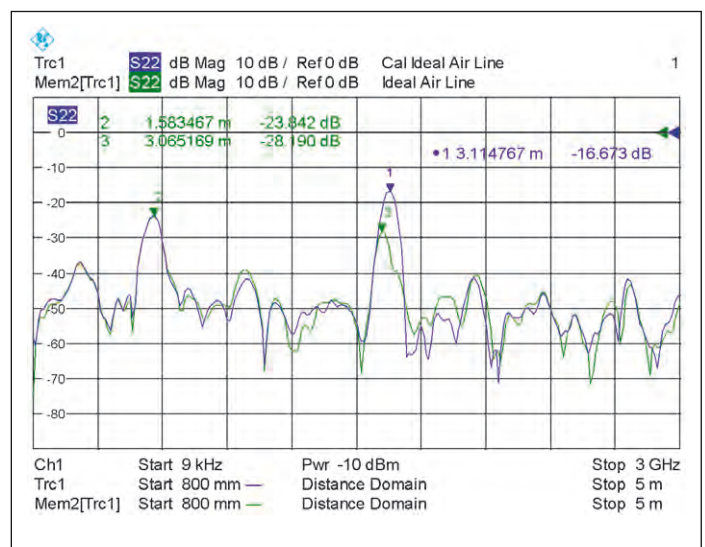


Bild 10 Messung der Rückflussdämpfung mit dem DTF-Verfahren

Die zweite Kurve (violett) weicht an einer Stelle gravierend ab, der Marker 1 gibt 16.6 dB aus. Die Ursache: Der an dieser Stelle ursprünglich vorhandene 50-Ohm-Kuppler (Marker 3) wurde gegen einen 75-Ohm-Kuppler getauscht, der bereits einige Abschnitte zuvor beschriebene „Fehlgriff“.

Mit dem Netzwerkanalyser und seiner DTF-Funktionalität können Stoßstellen entlang der Leitung leicht aufgespürt werden, die Ausgabe erfolgt direkt als Rückflussdämpfung in dB. Gegenüber der TDR-Messung ergibt sich allerdings ein Unterschied: Ein in den 50-Ohm-Leitungszug eingefügtes 75-Ohm Kabelstück verursacht ausschließlich an den Übergangsstellen einen Peak. Die TDR-Messung zeigt den abweichenden Verlauf des

Wellenwiderstandes durchgängig über die entsprechende Leitungslänge an.

Fazit

Das BNC-System setzt seine Spezifikation auf Rückflussdämpfungswerte bei 20 dB. Von Präzisionsprodukten können höhere Werte (enger tolerierte Impedanzen) erwartet werden. Für Anwendungen, bei denen höhere Rückflussdämpfungswerte eingehalten werden müssen, stößt man leicht an die Grenzen des Systems.

Die Rückflussdämpfungswerte von Adaptern können stark abweichen, im Zweifelsfall ist eine Kontrollmessung mit TDR oder Netzwerkanalyser (DTF-Verfahren) unbedingt zu empfehlen. ◀