

1,8-Ghz-Passives Für DOCSIS 3.1-/4.0-Anwendungen

Die aktuellen High-End-Passivkomponenten sind das Ergebnis einer langen Entwicklungsphase. Viele Innovationen haben Einzug gehalten, sowohl auf Bauteilebene wie auch schaltungstechnischer Art. Speziell die im Hause selbst konstruierten Wickelgüter (Transformatoren, Verteiler und Abzweiger) sind hoch innovativ und nicht kommerziell am Markt verfügbar. Die verwendeten Kern-Materialien, Kern-Geometrien und Bewicklungsschemata reizen die Grenzen des physikalisch machbaren weit aus und stellen einen extrem guten Kompromiss aller unten angeführten Werte und Eigenschaften sicher.

Ein Beispiel: Eine geringe Durchgangsdämpfung und eine gute HF-Anpassung wird mit kleinen Kernen der Wickelgüter erreicht. Kleine Geometrien resultieren in geringen Drahtlängen, auch die magnetischen Flüsse sind für die HF-Eigenschaften ideal. Kleine Kerne sind aber extrem nichtlinear, wenn sie mit Spannungspulsen (elektrostatischen Entladungen) beaufschlagt werden, was zu Intermodulationen und somit zu einer Reduktion der Signalqualität führt. Für das Intermodulationsverhalten sind große Kerne deutlich besser geeignet, diese können Spannungspulse wesentlich besser absorbieren, sind aber schlecht für die HF. Wenn man also kleine Kerne verwenden möchte, müssen mögliche Spannungspulse extern absorbiert werden. Dafür nötig sind große Induktivitäten, die die idealen Eigenschaften des verwendeten Wickelgutes wieder zunichtemachen.

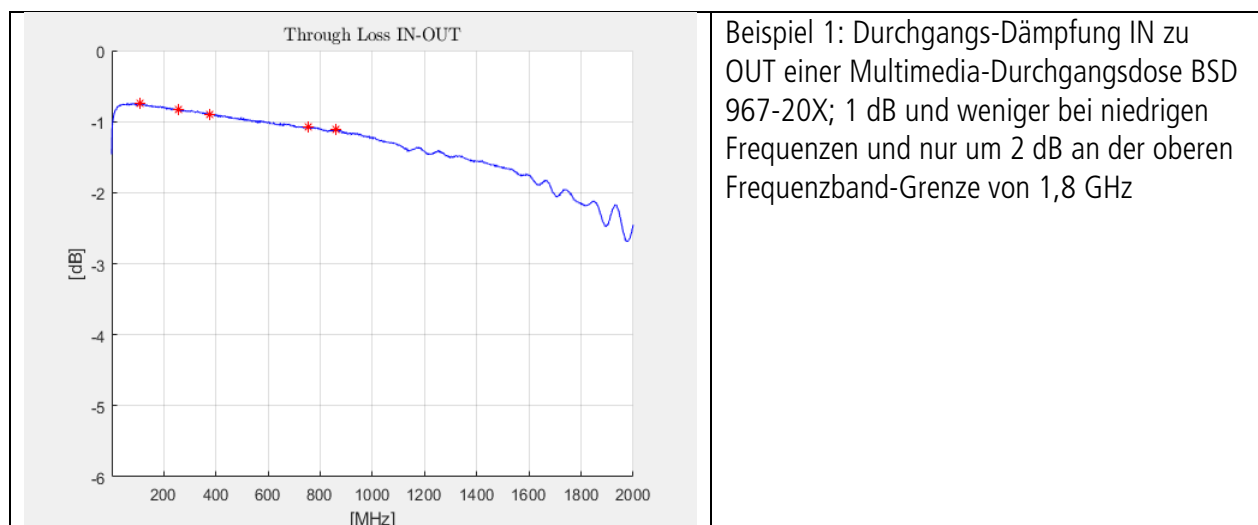
Die eigentliche Innovation liegt somit nicht in punktuell herausragenden Messwerten, sondern ganz eindeutig in der extrem herausfordernden Vereinigung vieler sehr guter Werte und Eigenschaften.

Sehr geringe Einfüge- und Durchgangs-Dämpfungen:

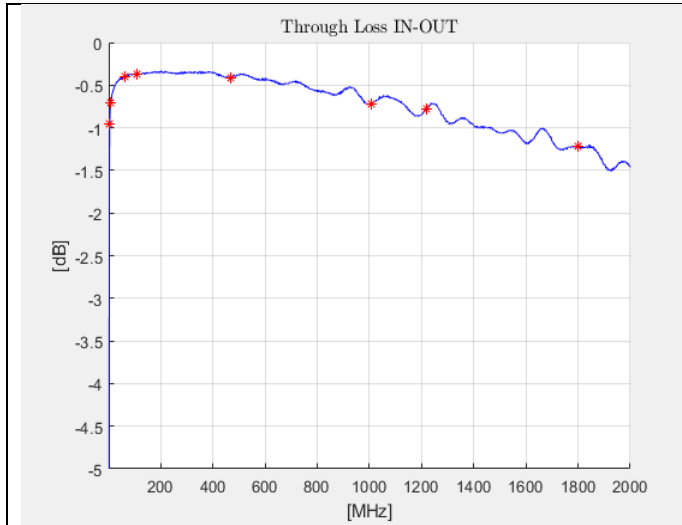
Bei Durchgangs-Antennendosen soll möglichst viel des Eingangs-Signalpegels am Stammausgang anliegen, damit nachfolgende Antennendosen bestmöglich versorgt werden.

Auch bei Abzweigern (Taps) soll möglichst viel Eingangs-Signalenergie den Stammausgang erreichen.

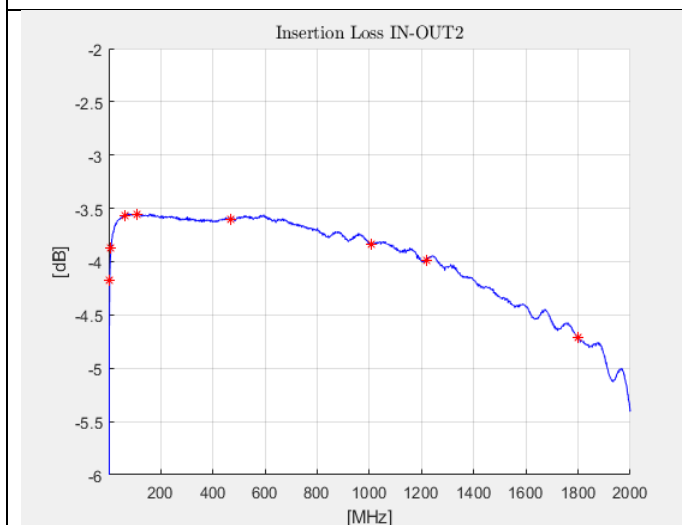
Bei Verteilern soll sich der Eingangssignalpegel möglichst gleichmäßig auf die Ausgänge verteilen und das bei minimalem Energie- bzw. Pegelverlust.



Beispiel 1: Durchgangs-Dämpfung IN zu OUT einer Multimedia-Durchgangsdose BSD 967-20X; 1 dB und weniger bei niedrigen Frequenzen und nur um 2 dB an der oberen Frequenzband-Grenze von 1,8 GHz



Beispiel 2: Durchgangs-Dämpfung IN zu OUT eines Einfach-Abzweigers BAB 1-20X; deutlich unter 1 dB bei niedrigen Frequenzen und nur um 1.2 dB an der oberen Frequenzband-Grenze von 1,8 GHz



Beispiel 3: Verteil-Dämpfung IN zu OUT2 eines Zweifachverteilers BVE 2-01X


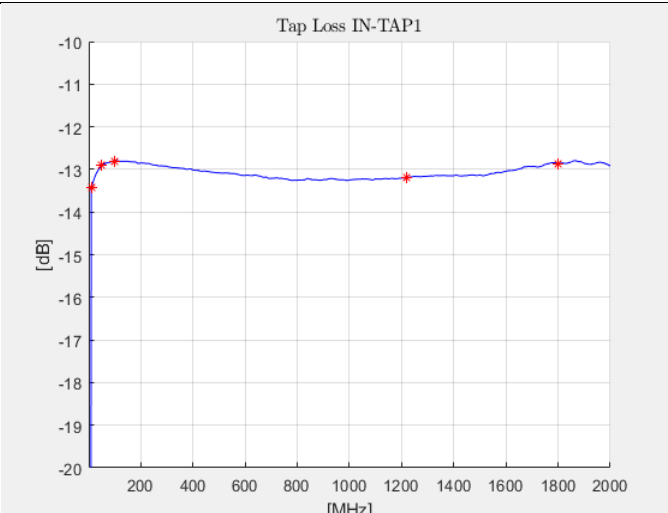
Die theoretisch minimale Verteildämpfung errechnet sich zu $10 \cdot \log(2) = 3,01$ dB

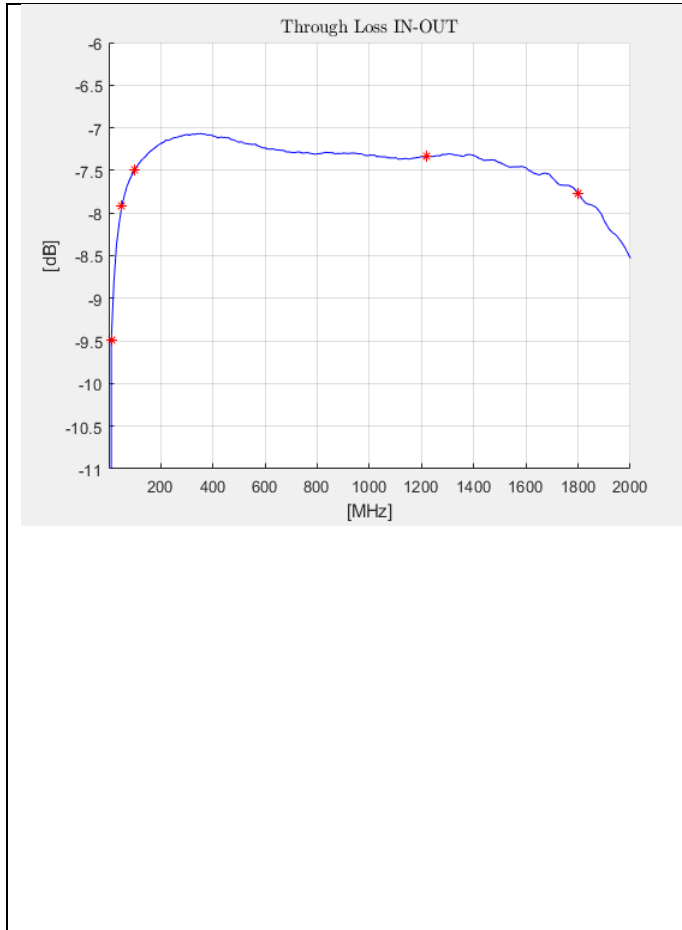
Das AXING-Bauteil liegt bei niedrigen Frequenzen nur rund 0,5 dB über dem theoretisch Erreichbaren.

Auch an der oberen Frequenzband-Grenze von 1,8 GHz dämpft das aktuelle Bauteil nur 4,7 dB

Sehr linearer Frequenzgang:

Idealerweise ist ein Frequenzgang absolut „glatt“, das bedeutet, alle Frequenzen werden gleich „stark“, also mit demselben Signalpegel übertragen. Dies ist in der Realität wegen verschiedener Nicht-Idealitäten von Bauteilen und Materialien nicht möglich. Auch die Physik bzw. Naturgesetze spielen eine gewichtige Rolle. Beispielsweise werden bei der Übertragung von Signalen über egal welches Übertragungsmedium (z. B. Koaxialkabel, Luft, Leiterbahn auf einer Platine, Vakuum, usw.) grundsätzlich hohe Frequenzen stärker bedämpft als niedrige. Man kann Naturgesetze nicht umgehen! Man kann lediglich daran arbeiten, Bauteil-Nichtidealitäten durch die Konstruktion und die verwendeten Materialien so gering wie möglich zu halten und den physikalischen Grenzen so nahe wie möglich zu kommen.

 <p>Graph titled "Tap Loss IN-Data" showing loss in dB vs frequency in MHz. The loss is constant at approximately -14 dB from 200 MHz to 1800 MHz, then drops to -17.5 dB at 2000 MHz.</p>	<p>Beispiel 1: Auskoppel-Dämpfung IN zu DATA einer Multimedia-Durchgangsdose BSD 967-14X</p> <p>Die Auskopplung erfolgt über einen Richtkoppler; da die 14 dB Auskoppeldämpfung erwünscht sind bei einer „14er-Durchgangs-Dose“ und nicht auf maximale Pegel-Ausbeute Wert gelegt wird, ist es möglich, den Frequenzgang extrem linear auszulegen. Voraussetzung dafür sind extrem gute Richtkoppler, die extrem hohe Linearität bis 1,8 GHz gewährleisten.</p>
 <p>Graph titled "Through Loss IN-OUT" showing loss in dB vs frequency in MHz. The loss starts at -0.5 dB at 200 MHz and decreases linearly to -3.5 dB at 2000 MHz.</p>	<p>Beispiel 2: Durchgangs-Dämpfung IN zu OUT einer Multimedia-Durchgangsdose BSD 967-20X</p> <p>Im Durchgang einer Dose ist eine maximale Pegelausbeute gewünscht. Hier schlagen physikalische Effekte bei hohen Frequenzen sehr stark zu Buche. Neben der bereits vorgenannten sehr geringen absoluten Einfüge-Dämpfung zeigt sich in diesem Beispiel aber auch, dass hohe Frequenzen nur wenig „schlechter“ übertragen werden als niedrige Frequenzen!</p>
 <p>Graph titled "Tap Loss IN-TAP1" showing loss in dB vs frequency in MHz. The loss is constant at approximately -13 dB from 200 MHz to 1800 MHz.</p>	<p>Beispiel 3: Frequenzgang am 13-dB-Tap-Ausgang Nummer 1 eines 8-fach Graded Taps BAB 8-01X</p>



Beispiel 4: Frequenzgang vom Eingang zum Ausgang eines 8-fach Graded Taps BAB 8-01X

Bei einem so genannten „Graded Tap“ handelt es sich um einen Richtkoppler mit mehreren Ausgängen (8 im vorliegenden Beispiel), der an jedem Tap-Ausgang eine um 1 dB erhöhte Auskoppel-Dämpfung besitzt (im vorliegenden Beispiel 13 bis 20 dB). Dies wird im Bauteil durch eine Kette von Einzel-Richtkopplern realisiert. Bei einem 8-fach Graded Tap durchläuft das Eingangssignal bis zum Ausgang also 8 Richtkoppler! Trotzdem zeigt das Signal am Ausgang im Beispiel links eine extrem geringe Welligkeit von unter 1 dB über den gesamten Frequenzbereich bis 1,8 GHz. Neben der geringen Welligkeit sei auch noch einmal die extrem geringe absolute Durchgangsdämpfung von im Schnitt etwa 7,3 dB hervorgehoben. Dies ist nach dem Durchlaufen von 8 (!) Richtkopplern ein extrem niedriger Wert.

Sehr gute Anpassung:

Idealerweise besitzen HF-Bauteile in der Kommunikationstechnik einen so genannten Wellenwiderstand von 75 Ohm. Dies stellt sicher, dass die Signale in einer Kette von Bauteilen und Leitungen möglichst perfekt und verlustfrei übertragen werden.

Dieser Wellenwiderstand weicht in der Realität teilweise von 75 Ohm ab und ist zudem frequenzabhängig. Wenn der Wellenwiderstand an einer Stelle eines Übertragungssystems von 75 Ohm abweicht, kommt es zu Reflexionen. Die von der Quelle zur Senke laufende HF-Signalenergie kann den Sprung des Wellenwiderstandes nicht voll überwinden und Signalanteile laufen auf der Leitung zurück in die Richtung, aus der sie ursprünglich kamen. Dies führt in letzter Konsequenz zu Pegelverlusten und zu Verwellungen im Frequenzgang, vor allem dann, wenn der Wellenwiderstand an mehreren Stellen des Übertragungssystems verletzt wird.

Die Anpassung ist ein Maß dafür, wie gut der Wellenwiderstand eines HF-Bauteils bei einer bestimmten Frequenz mit den idealen 75 Ohm übereinstimmt. Die Anpassung beschreibt in einer negativen dB-Größe, wieviel Signalenergie an einem Port (Eingang oder Ausgang) eines Bauteils reflektiert wird. Je größer der Wert für die Anpassung in -dB ist, umso idealer verhält sich ein Bauteil. Das bedeutet: ein Wert von zum

Beispiel -6 dB entspricht einer schlechten Anpassung und ein Wert von zum Beispiel -14 dB entspricht einer guten (aber nicht überragenden) Anpassung.

<p>Return Loss IN</p>	<p>Beispiel 1: Anpassung am Eingang eines 2-fach Abzweigers (Taps) BAB 2-08X mit 8 dB Abzweig-Dämpfung an den beiden Ausgängen</p>
<p>Return Loss TAP6</p>	<p>Beispiel 2: Anpassung am Tap-Ausgang Nummer 6 eines 8-fach Graded Taps BAB 8-01X</p>
<p>Return Loss Data</p>	<p>Beispiel 3: Anpassung am DATA-Port einer Multimedia-Durchgangsdose BSD 967-20X</p>

	<p>Beispiel 4: Anpassung am Eingang einer Multimedia-Durchgangsdose BSD 967-20X bei <u>nicht abgeschlossenen</u> (d. h. mit 75 Ohm terminierten) Ausgängen und Ports.</p> <p>Normalerweise wird die Anpassung an einem Port eines Bauteiles gemessen, wenn alle anderen Ports ideal mit 75 Ohm abgeschlossen sind. Bei Antennensteckdosen kann es jedoch vorkommen, dass dies in der Praxis nicht zutrifft, beispielsweise weil keine Geräte angeschlossen sind (Modem, TV-Gerät) oder weil von einer Durchgangsdose kein Koaxialkabel zu weiteren Dosen geführt wird. Gerade freie Ausgangsports sind bei Antennendosen gängige Praxis, da nicht an jede Dose in einer Wohnung zwei Geräte (Modem und TV) angeschlossen sind. In den seltensten Fällen werden dann nicht verwendete Ports mit Abschlusswiderständen versehen.</p> <p>Die neuesten AXING-Antennendosen zeichnen sich dadurch aus, dass auch bei nicht bestimmungsgemäßem Gebrauch eine sehr gute Anpassung erreicht wird! Dies hat extreme Vorteile, weil so das Verteilnetz nicht verschlechtert wird.</p>
---	---

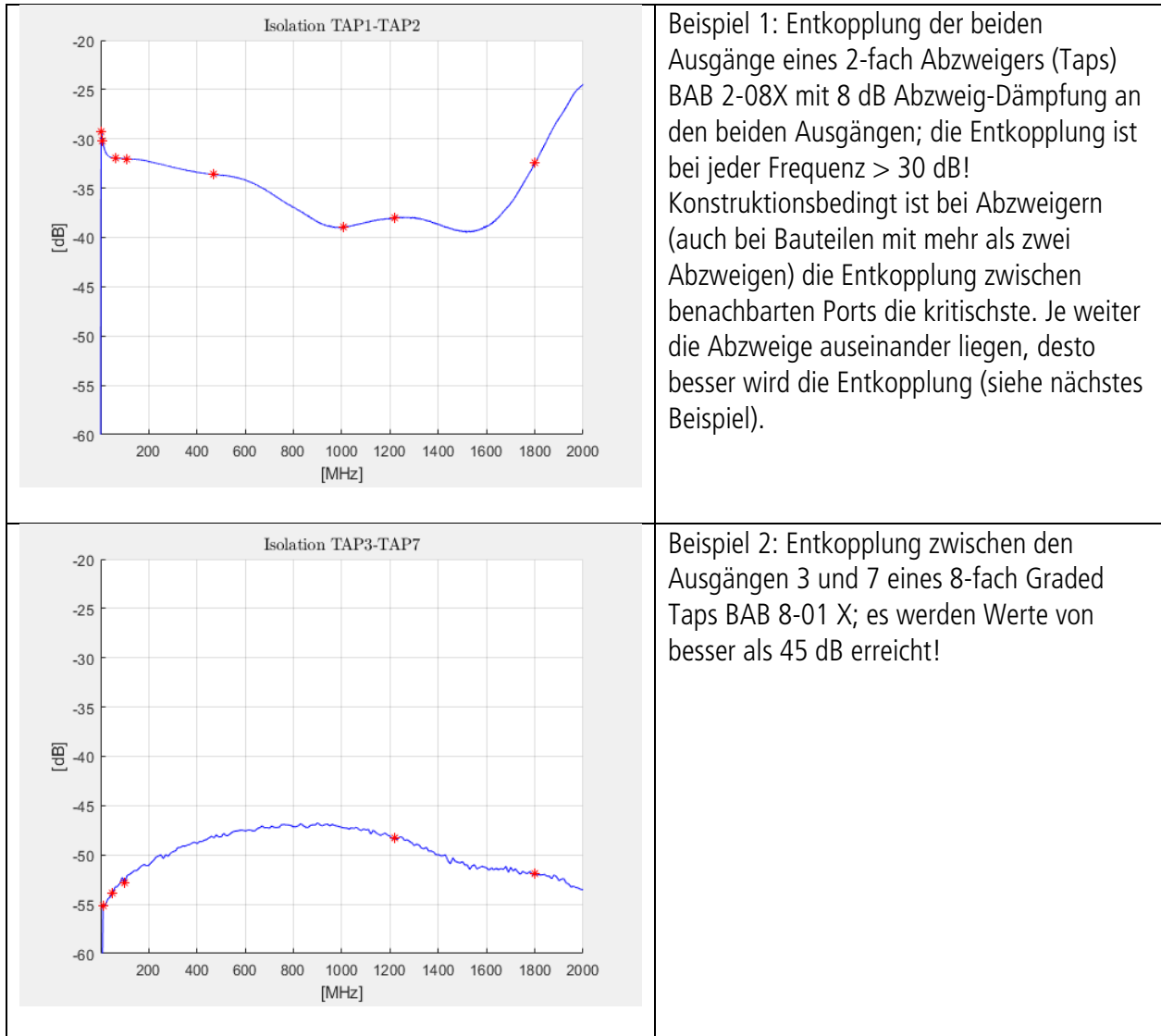
Hohe Port-zu-Port-Entkopplung:

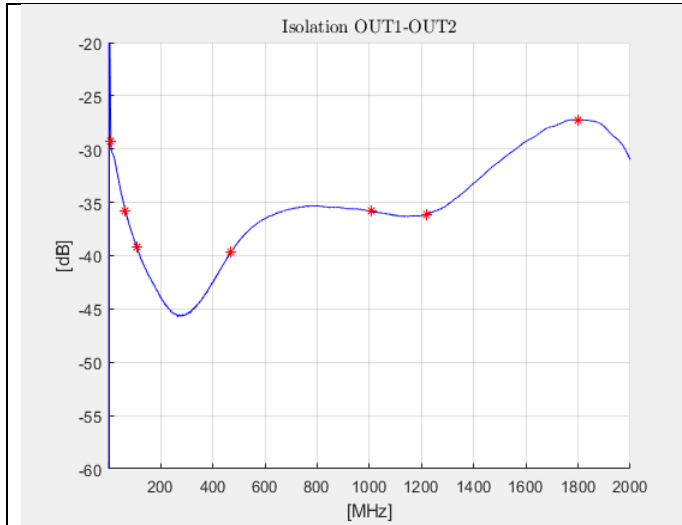
Die Ports von passiven Bauteilen sollten so gut wie möglich entkoppelt, das bedeutet HF-mäßig voneinander isoliert, sein. Dies ist im Wesentlichen aus zwei Gründen nötig.

1. Wird an einem Port eines Bauteils in der Netzebene 4 ein Kabelmodem betrieben, sendet dieses mit beträchtlichen Pegeln von bis zu 118 dB μ V bezogen auf 6,4 MHz Bandbreite. Diese hohen Pegel sollen die an anderen Ports desselben Bauteils betriebenen Geräte (TVs, STBs, Modems) nicht stören.
2. Es kann vorkommen, dass z. B. durch schlecht geschirmte Endgeräte (TVs, Modems, minderwertige STBs), durch schlecht geschirmte Empfängeranschlusskabel oder aber durch nicht sachgemäße Anwendungen (z. B. ein Draht, der in einen Port einer Antennendose eingeführt wird und wie eine Antenne wirkt) Störungen in die Anlage einkoppeln. Eine beliebte Störquelle mit hohem HF-

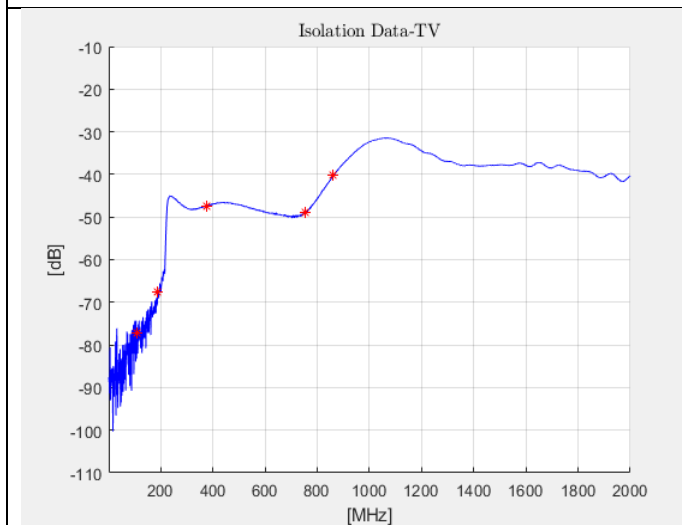
Funkpegel sind beispielsweise Mobilfunkgeräte aber auch andere Quellen wie Lampen und Leuchten, Maschinen oder Haushaltsgeräte können HF-Störenergie generieren. Die eingekoppelten Störungen sollen die an anderen Ports eines passiven Bauteils betriebenen Geräte (TVs, STBs, Modems) nicht stören.

Die Entkopplung, also die Dämpfung zwischen zwei Ports, die idealerweise voneinander unabhängig sein sollten, wird in einer dB-Größe angegeben. Je größer der Betrag dieses Wertes ist, umso besser ist die Entkopplung zwischen den beiden vermessenen Ports.





Beispiel 3: Entkopplung der beiden Ausgänge eines 2-fach Verteilers BVE 2-01X.



Beispiel 4: Entkopplung zwischen TV- und DATA-Port einer Multimedia-Durchgangsdose BSD 967-11X

Sehr hoher Überspannungsschutz:

Alle passiven Bauteile sind gegen folgende Spannungspulse immun:

- 1 kV / 1,2/50 μ s Surge Puls gemäß IEC 61000-4-5
- 160 VDC Impuls (zur Magnetisierung vor der Intermodulationsmessung (siehe nächster Punkt))

Hohe Intermodulationsfestigkeit (≤ 115 dBc):

Intermodulation bedeutet, dass durch nichtlineare Effekte Mischprodukte entstehen können. Das bedeutet, es können Signale auf neuen Frequenzen entstehen die ursprünglich im Originalsignal gar nicht vorhanden waren. Um zu testen, welche Neigung ein Bauteil hat, dass an ihm Signale intermodulieren und um einen definierten Messwert zu erhalten, werden einfachstmögliche Testsignale, also Sinusträger, verwendet. Ein passives Bauteil wird auf zwei Frequenzen mit zwei Sinusträgern von hohem Pegel beaufschlagt. Dann wird bei den Frequenzen, an denen man Mischprodukte erwarten würde – dies ist unter anderem bei der Summe oder der Differenz der beiden Testfrequenzen ($f_1 \pm f_2$) sowie aber auch beim doppelten einer Testfrequenz

zu- oder abzüglich der anderen Frequenz ($2 \cdot f_1 \pm f_2$, $2 \cdot f_2 \pm f_1$) der Fall – gemessen und der Wert ermittelt, um wieviel die Intermodulationsprodukte schwächer sind als die beiden Testsignale. Es ergibt sich ein Wert mit der Maßeinheit dBc. Die steht für „dB below Carrier“ und sagt somit aus, um wie viele dB die Mischprodukte niedriger sind als der Pegel der Testträger. Ein Wert von 115 dBc bedeutet also, dass die Mischprodukte 115 dB niedriger sind, als der Pegel der Testfrequenzen.

Diese Werte werden auch nach dem Beaufschlagen der Bauteile mit den vorgenannten Spannungspulsen gehalten. Die Wickelgüter, deren Kerne für eine erhöhte Intermodulation nach Spannungspulsen verantwortlich sind, sind sowohl durch ihre Konstruktion als auch durch ihre Um-Beschaltung in höchstem Maße immun gegen externe Spannungspulse. Die Kunst dabei ist, dass sich die hohe Intermodulationsfestigkeit nicht zu negativ auf die HF-Kenngrößen der Bauteile auswirkt!

