

Übertragungsleitungen

Fragen TH301–TH312



Deutscher Amateur-Radio-Club e.V.
Bundesverband für Amateurfunk in Deutschland

Andreas Krüger – DJ3EI



Verkürzungsfaktor

Signale pflanzen sich in üblichen Kabeln fort mit etwa $VF = 60-95\%$ der Lichtgeschwindigkeit.

Den Prozentsatz nennt man auch den **Verkürzungsfaktor** des Kabels.

Der Verkürzungsfaktor ändert sich mit der Material der Isolierung.

Wellenwiderstand

Gedankenexperiment: In ein 1 m langes Kabel ein Signal einspeisen. Es dauert 3-6 nS (Milliardstel Sekunden), bis das Signal am anderen Ende des Kabels ankommt (VF-abhängig). Während dieser Zeit verhält sich das Kabel wie ein Widerstand. Dabei spielt (noch) keine Rolle, was am anderen Ende angeschlossen ist. Der Widerstandswert ist der **Wellenwiderstand** des Kabels.

Eine Frage die man unterschiedlich interpretieren könnte

TH307 Der **Wellenwiderstand** einer Leitung ... ist im HF-Bereich in etwa konstant und unabhängig vom **Leitungsabschluß**.

DL9HCG sagt dazu:

HF-Bereich meint den Bereich der Kurzwellen, wo sich **Ungenauigkeiten** einer Leitung noch kaum auswirken.

Fertigungstoleranzen bei der Herstellung preiswerter Kabel machen sich schon bei VHF in geringem Maße bemerkbar.

Je **höher** die **Frequenz** dann wird, umso **hochwertiger** sollte daher das **Kabel** sein.

Wird die Leitung nämlich um eine Ecke gebogen, ändern **billige Kabel** gern ihren **Wellenwiderstand**.

Und das umso mehr, je höher die Frequenz wird.

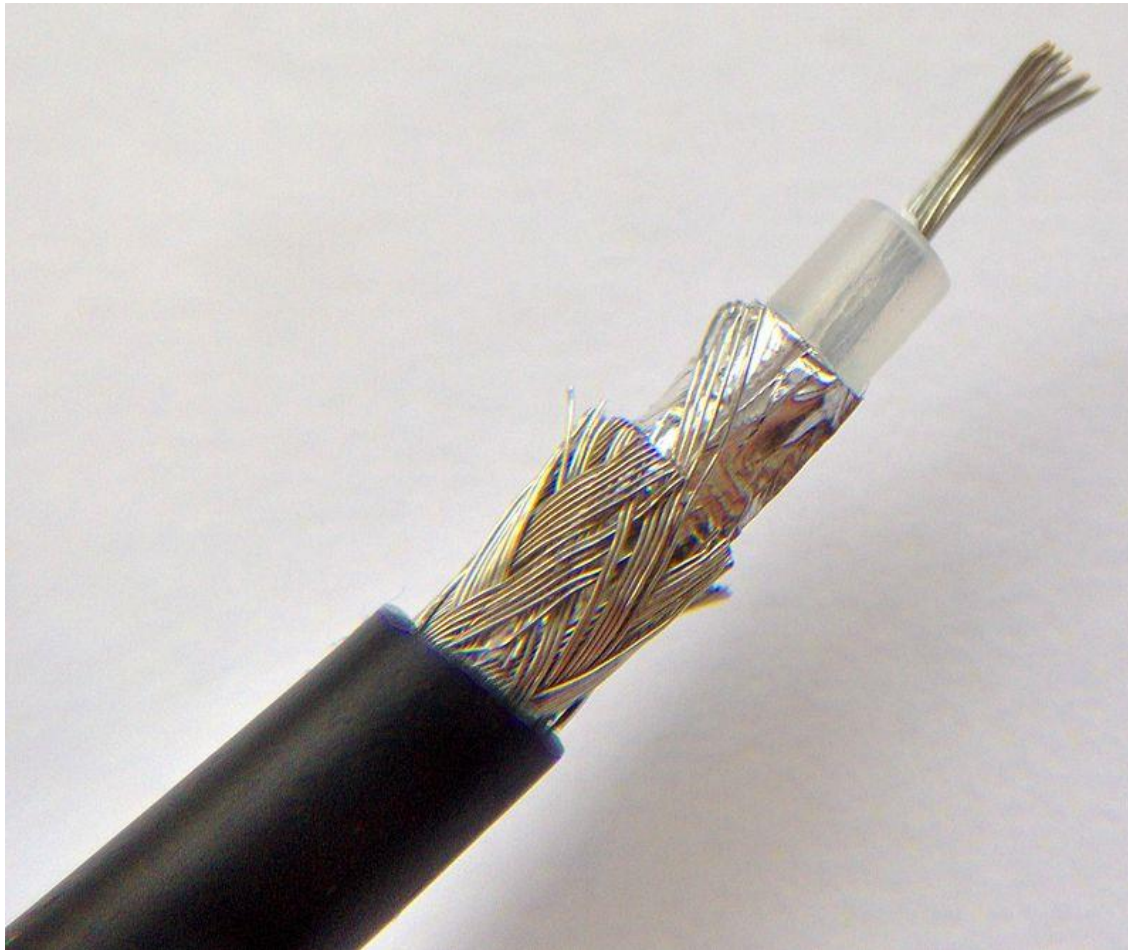
Koax(ial)kabel

Koaxkabel ist eine **unsymmetrische Speiseleitung**, weil beide Leiter unterschiedlich geformt sind.

Amateurfunktransceiver haben meist passende unsymmetrische 50 Ω Anschlüsse, geeignet für Koaxkabel mit 50 Ω Wellenwiderstand. In der **Fernsehtechnik** findet 75 Ω Kabel Verwendung. Früher wurde auch noch 60 Ω Kabel benutzt.

Koaxkabel strahlen nicht und nehmen keine Störsignale auf, wenn man sie richtig benutzt (**Mantelwellen** vermeidet).

Aufbau von Koaxkabel



Bildquelle: FDominec - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1799992>

Steckernormen für Koaxkabel

PL-Stecker (auch UHF oder SO-259 genannt) sind, aufgrund der einfachen Art der Verarbeitung und des günstigen Preises, **weit verbreitet**.

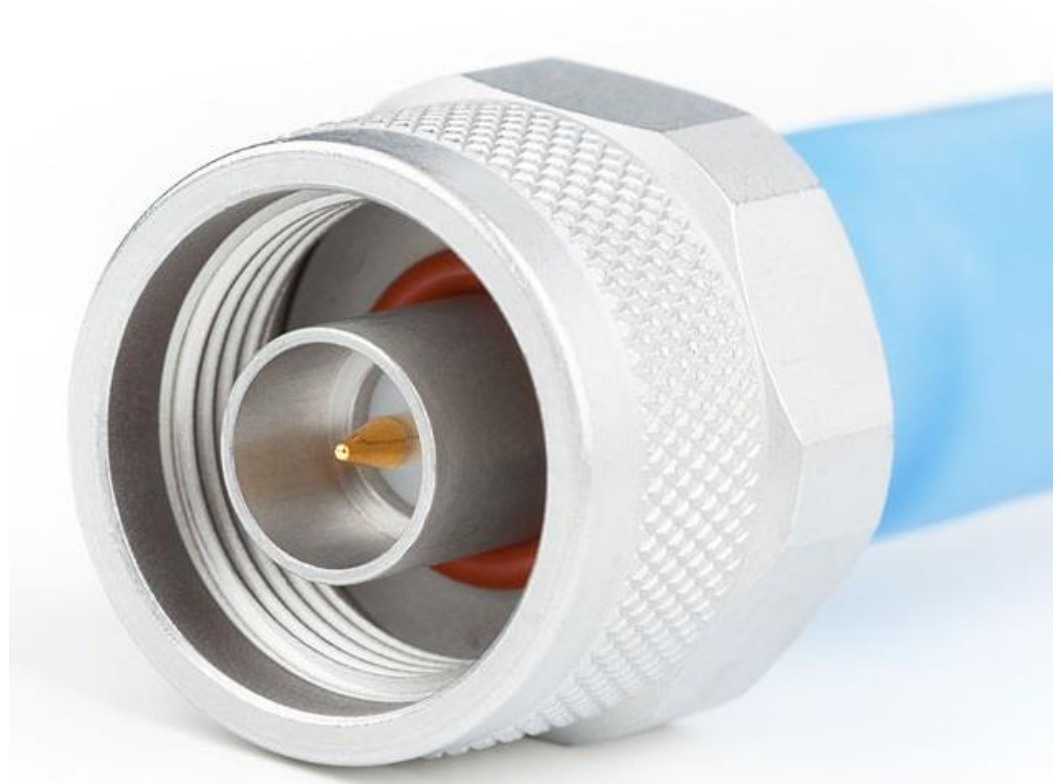


Bildquelle: Appaloosa - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4433526>

Steckernormen für Koaxkabel

N-Stecker werden auf **höheren Frequenzen** eingesetzt weil sie **weniger Verluste** haben.

Zudem halten sie **mehr Leistung** aus und sind **wasserdicht**.



Bildquelle: Von Swift.Hg - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=25678659>

Steckernormen für Koaxkabel

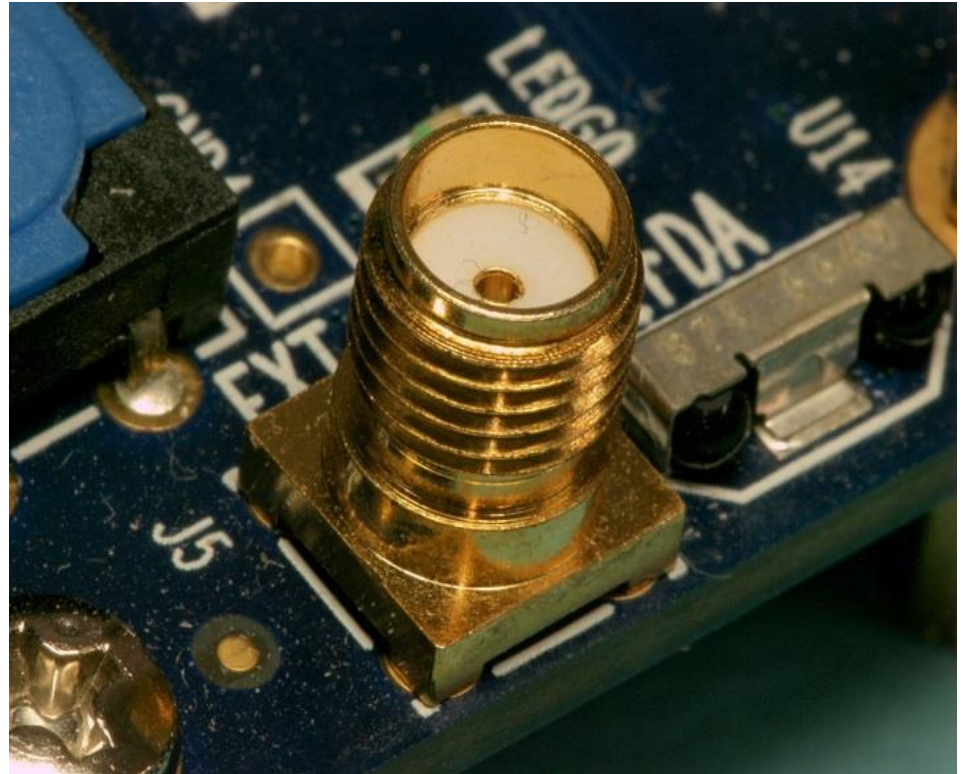
BNC-Stecker finden sich vor allen Dingen an **Messgeräten** weil sie sich schnell **an-** und **abstecken** lassen.



Bildquelle: Jonas Bergsten - Photo taken by Jonas Bergsten using a Canon PowerShot G3., Domínio público, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=232485>

Steckernormen für Koaxkabel

SMA-Stecker werden aufgrund ihrer kleinen **Bauform** gerne in Handfunkgeräten und zur **Verkabelung** innerhalb von **Geräten** eingesetzt.



Bildquelle: Von KaiMartin - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=18564868>

Verluste von Koaxkabeln

Beim Transport der **HF-Energie** im Koaxkabel geht Energie verloren, wird in **Wärme** verwandelt.

Die Höhe der **Verluste** hängen von der **Länge** des Kabels, seiner **Beschaffenheit** und der **Übertragungsfrequenz** ab.

Generell kann man sagen:

- Kurze Kabel haben weniger Verluste!
- Besonders bei hohen Frequenzen verlustarme Kabel verwenden. (Faustregel: Je dicker, um so besser!)

Anpassung

Jedes Speisekabel hat die kleinsten Verluste, wenn als Verbraucher etwas angeschlossen ist, das sich wie ein Widerstand verhält, wobei der Wert des Widerstandes gleich dem Wellenwiderstand des Kabels ist.

Dann spricht man von Anpassung.

Alternative: Paralleldrahtspeiseleitung (Hühnerleiter, Flachbandkabel)

Paralleldraht-Speiseleitungen haben einen hohen Wellenwiderstand (typisch **300-600 Ω**). Sie haben von Haus aus oft geringere Verluste als Koaxkabel. Man nutzt sie gerne in Situationen mit schlechter Anpassung, z.B. bei Kurzwellen-**Multibandantennen**.



Bildquelle: Michael Funke - DL4EAX

Verluste von Kabeln

Verluste werden auch als **Dämpfung** bezeichnet. Somit ist das Dämpfungsmaß ein wichtiges **Kriterium** bei der **Auswahl** von Koaxkabel. Das **Dämpfungsmaß** wird in **dB** an-gegeben.

“**dB**“ bedeutet "**dezi-Bel**" und ist das in der Elektrotechnik übliche Maß für das **Verhältnis** zweier **elektrischer Größen**.

Bei der **dB-Rechnung** rechnet man meist mit **Leistungsverhältnissen**.

Dämpfung

Gängige dB-Werte für das Dämpfungsmaß.
Wie viel von der Leistung, die ich vorne hereinstecke,
bleiben hinten übrig?

Bei 3dB bleibt $\frac{1}{2}$ über.

Bei 6dB bleibt $\frac{1}{4}$ über.

Bei 10dB bleibt $1/10$ über.

Bei 20dB bleibt $1/100$ über.

Das verflixte Vorzeichen

Gängige dB-Werte für Verstärkung, positiven Leistungsgewinn:

+20dB	100-fach
+10dB	10-fach
+6dB	4-fach
+3dB	2-fach

Gängige dB-Werte für negativen Leistungsgewinn:

-3dB	1/2
-6dB	1/4
-10dB	1/10
-20dB	1/100

Merke:

Wenn von **Dämpfung** gesprochen wird, werden Werte mit **positivem Vorzeichen** genommen, obwohl es **Verluste** sind. Das Wort Dämpfung ersetzt hier das negative Vorzeichen. Man sollte also immer kurz innehalten und sich die Fragestellung genau anschauen.

Das verflixte Vorzeichen

TH303 Eine HF-Ausgangleistung von 100 W wird in eine angepasste Übertragungsleitung eingespeist. Am antennenseitigen Ende der Leitung beträgt die Leistung 50 W bei einem Stehwellenverhältnis von 1:1. Wie hoch ist die Leitungsdämpfung?

- A 3 dB
- B -6 dB
- C -3 dB
- D 6 dBm

Leistungspegel

Leistungspegel geben Leistungen in **logarithmischer Form** an, um sowohl sehr große als auch sehr kleine **Leistungsangaben** einfach handhaben zu können. Der Leistungspegel ist ein **absoluter Wert**, also kein **Verhältnis** wie **dB**.

Typischerweise nimmt er auf 1 Milliwatt Bezug (**Dezibel-Milliwatt: dBm**). Selten wird auch Bezug auf 1 Watt genommen (**Dezibel-Watt: dBW**).

Gängige Werte:

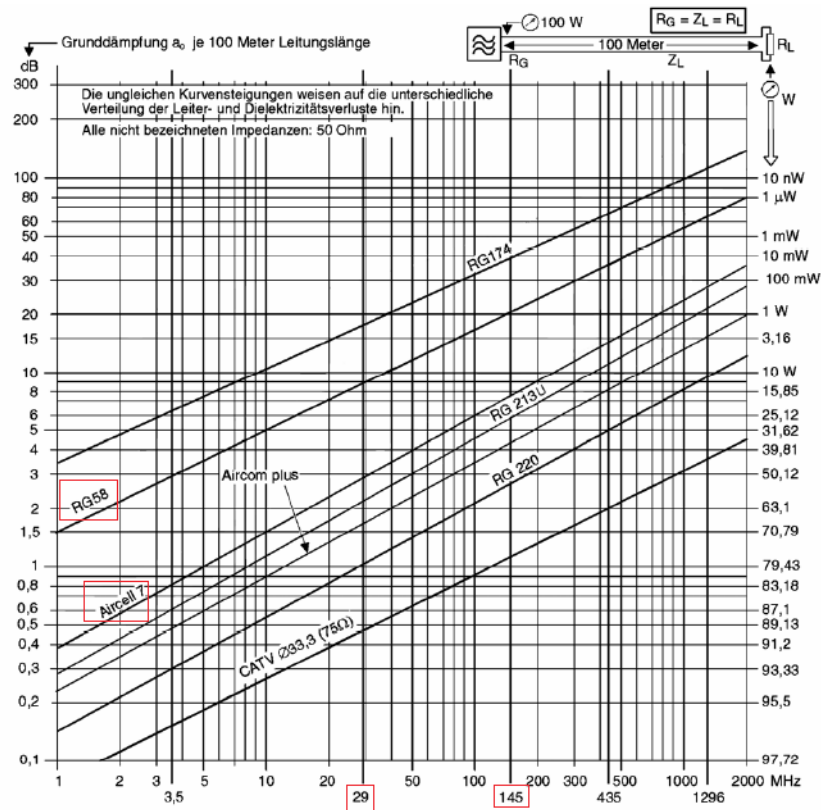
0dBm entspricht 1mW	0dBW entspricht 1W
3 dBm entspricht 2mW	3dBW entspricht 2W
10dBm entspricht 10mW	10dBW entspricht 10W
20dBm entspricht 100mW	20dBW entspricht 100W

Das Kabeldämpfungsdiagramm ...

... beschreibt die **Dämpfung** (bezogen auf 100m) eines **Koaxkabels**. Man sucht zuerst das Kabel und die Frequenz und dann die Stelle, an der die **Linie** für die **Dämpfung** getroffen wird.

Den **ermittelten Wert** danach **teilen**, wenn man nicht gerade 100m Kabel hat.

Das Kabeldämpfungsdiagramm



Grunddämpfung verschiedener gebräuchlicher Koaxleitungen in Abhängigkeit von der Betriebsfrequenz für eine Länge von 100 m.

Bildquelle: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen
Fragenkatalog Prüfungsfragen „Technische Kenntnisse“ Klasse E 1. Auflage, September 2006



Das war schon alles!



Initiales Autorenteam:

Michael Funke - DL4EAX

Carmen Weber - DM4EAX

Willi Kiesow - DG2EAF



Änderungen durch:

Andreas Krüger - DJ3EI

Hier bitte Ihren Namen eintragen, wenn Sie Änderungen vorgenommen haben.

Sie dürfen:

Teilen: Das Material in jedwedem Format oder Medium vervielfältigen und weiterverbreiten.

Bearbeiten: Das Material verändern und darauf aufbauen.

Unter folgenden Bedingungen:

Namensnennung: Sie müssen angemessene Urheber- und Rechteangaben machen, einen Link zur Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden. Diese Angaben dürfen in jeder angemessenen Art und Weise gemacht werden, allerdings nicht so, dass der Eindruck entsteht, der Lizenzgeber unterstütze gerade Sie oder Ihre Nutzung besonders.

Nicht kommerziell: Sie dürfen das Material nicht für kommerzielle Zwecke nutzen.

Weitergabe unter gleichen Bedingungen: Wenn Sie das Material verändern oder anderweitig direkt darauf aufbauen, dürfen Sie Ihre Beiträge nur unter derselben Lizenz wie das Original verbreiten.

Der Lizenzgeber kann diese Freiheiten nicht widerrufen solange Sie sich an die Lizenzbedingungen halten.

Details: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/de/>