

Koaxiale HF-Kabel Einsatz und deren Eigenschaften

Vortragsthema: HF-Koaxialkabel

Dieser Vortrag soll nicht nur dem „Berufsfunkelektroniker“ zur Auswahl geeigneter Koaxial HF Kabel dienen, sondern er soll dem Zweck dienen, dem technisch interessierten Funkamateurer einen Einblick über die vielen Unterschiede bei der Auswahl von geeigneten Koaxialkabel für seinen Anwendungsfall zu ermöglichen. Es wird auf die technischen Daten für die allgemeine Nutzung eingegangen, weniger auf mathematischer aufwendiger und komplizierter Messparameter Technik. Das Ziel des Vortrags ist, für den Nutzer „sein Koaxialkabel“ zu finden! Es wird keine Werbung für irgendein Produkt gemacht, sondern es interessieren nur die technischen Fakten!

Die Aufgaben eines HF- Koaxialkabels sind im Allgemeinen:

- 1. Die vom Sender erzeugte Energie möglichst verlustarm zur Antenne leiten**
- 2. Die von der Antenne empfangenen Signale verlustarm zum Empfänger leiten**
- 3. Das Kabel selbst darf keine Sendeenergie abstrahlen oder Störsignale aus dem Umfeld empfangen**

Auf dem Markt gibt es viele Koaxialkabel mit ihren Bezeichnungen für die verschiedensten Anforderungen die auch für uns im Amateurfunkbereich zur Anwendung kommen. Diese sind bauartbedingt hochflexibel, bedingt flexibel oder starr. Bei den entsprechenden Kabeltypen kommt es auf die technischen Daten bezüglich Dämpfung, dem Schirmungsmaß, den erforderlichen Frequenz- und dem Leistungsbereich, Immunität gegenüber UV Strahlung usw. an.

Alle HF- Koaxialkabel unterscheiden sich aufbaubedingt und dessen Anforderungen im Preis. Im Vordergrund sollte jedoch ein **Qualitätskabel** stehen, nichts ist ärgerlicher wenn eine lange Haltbarkeit nicht gewährleistet ist. Probleme entstehen dann, wenn man ungünstige Installationswege einhalten muss und später an die verlegten Kabel aus welchen Gründen auch immer diese nicht mehr auswechseln kann bei irgendwelchen defekten oder noch schlimmer - nicht darf (z.B. in einem Mieterhaus)!

Zu beachten ist, ein Koaxialkabel unterliegt grundsätzlich einem Alterungsprozess das fängt damit an, das der Weichmacher aus dem Kunststoff verschwindet – dadurch entsteht eine Verhärtung des Kabels. Bei Luftzellenkabel und Schaumstoff Dielektrikum bildet sich im Kabel selbst Feuchtigkeit durch Kapillareffekte. Dass ein so von außen nicht sichtbar geschädigtes Kabel nur noch Müll ist versteht sich von selbst. Die elektrischen Eigenschaften ändern sich dramatisch, mit minimal Messequipment z.B. SWR Messgerät kann man

Koaxiale HF-Kabel Einsatz und deren Eigenschaften

solche Veränderungen nicht feststellen. Da z.B. durch eine steigende Dämpfung des Kabels ein besseres SWR angezeigt wird, **als es tatsächlich an der Antenne ist**. *ACHTUNG: Je höher die Dämpfung eines Kabels ist, umso besser erscheint das SWR!*

Zu weiteren Auslösern gehören dazu mechanische Beschädigungen am Kabel die unter Umständen schon unbemerkt bei der Verlegung stattgefunden haben, oder durch Ungeziefer „bearbeitete“ Kabel sich schleichend verabschieden. Die Kunststoffisolation wird beschädigt und das Schicksal beginnt seinen Oxidationslauf durch Eindringen von Feuchtigkeit zwischen äußerer Isolation und Abschirmung. Dann kommt womöglich noch eine Überlastung von HF Kabel die nicht nur leistungsbedingt sondern spannungsspitzenmäßig auftreten können, dazu gehört u.a. eine extreme Fehlanpassung bei hoher Senderleistung oder auch durch Blitzeinwirkung bei sehr großen umfangreichen hochstehenden Antennen.

Sicher ist einem der Preisunterschied bei den **RG 50xxx** Antennenkabel aufgefallen, nicht die Händlereigenpreise, dafür gibt es einen Grund bis in die 1980er Jahre war die Welt noch in Ordnung!

Die Koaxialkabel mit ihrem Kupferanteil unterlagen davor noch einer Preisanpassung. Diese funktionierte so, bei den Kabeln kam ein sogenannter Kupferaufschlag dazu. Das bedeutet, stieg der Kupferpreis an der Börse, so wurde logischerweise das Kabel teurer oder billiger je nach Kurs.

Was ist passiert: Das gibt es heute nicht mehr, da auch immer mehr Kabelhersteller außerhalb Deutschlands auf den Markt kommen. Die packen dann weniger Kupfer in die Kabel und können somit sparen und Preisschwankungen von vornherein ausgleichen. Seht euch dazu die Kabelpreise bei den für uns in Frage kommenden Anbietern an, dort findet ihr „eingefrorene“ Preise.

Dann wird einem schnell klar, dass darunter die **Leitungseigenschaften** erheblich reduziert werden insbesondere durch die schlechtere Kupferqualität und sich daraus resultierend die Daten verschlechtern. Selbst für die Händler sind diese Eigenschaften und Qualitätsunterschiede nicht sichtbar. Andere deutsche Hersteller versuchen durch markenrechtlich geschützte Bezeichnungen ihre hochwertigen Qualitäten zu schützen (z.B. Ecoflex SSB Elektronik). Andere Hersteller mit dem Hinweis Made in Germany!?

Nehmen wir z.B. das weitverbreitete RG-213, dieses Kabel gibt es in verschiedenen Qualitätsstufen und in unendlich vielen Ausführungen.

Hier nur zwei Beispiele bei den RG-213 Typen unter der Bezeichnung – *siehe auch RG 213 FOAM!*

RG-213U: höherer Kupferanteil MIL 17C-Standard, besseres Schirmungsmaß von 60dB (*EMV bedingt heute nicht mehr ausreichend*), niedrige Dämpfung, ca. 10,3mm im Ø

RG-213UBX: bis zu 25% weniger Kupferanteil, noch schlechteres Schirmungsmaß, das bedeutet geringe Abdeckung durch das Geflecht, größere Dämpfung und dünner.

Koaxiale HF-Kabel Einsatz und deren Eigenschaften

Warum bereiten oft günstige Koaxialkabel z.B. *namenlose RG 213* und andere RG Typen Probleme bei der Stecker und Buchsen Montage, weil Stecker Verbindungen genormt sind und nicht für „Zwischenmaße“ entwickelt worden sind. Denkt bitte auch an den Feuchtigkeitsschutz insbesondere bei den Kabelabfangungen/Zugentlastungen und Verschraubungen die bei nicht normgerechten Kabel einfach nicht passen.

Artenvielfalt der HF Kabel

In der folgenden Tabelle ist nur eine kleine Auswahl über die Vielfalt des RG 58 Kabeltyps aufgeführt, ähnlich sieht es bei den Bezeichnungen für die RG 213 Kabeltypen aus!

Ein Hinweis dazu: Nicht einfach ein Kabel **RG 58 oder RG 213 ohne Index** irgendwo kaufen um es anschließend einzusetzen ohne dessen Daten genau zu kennen.

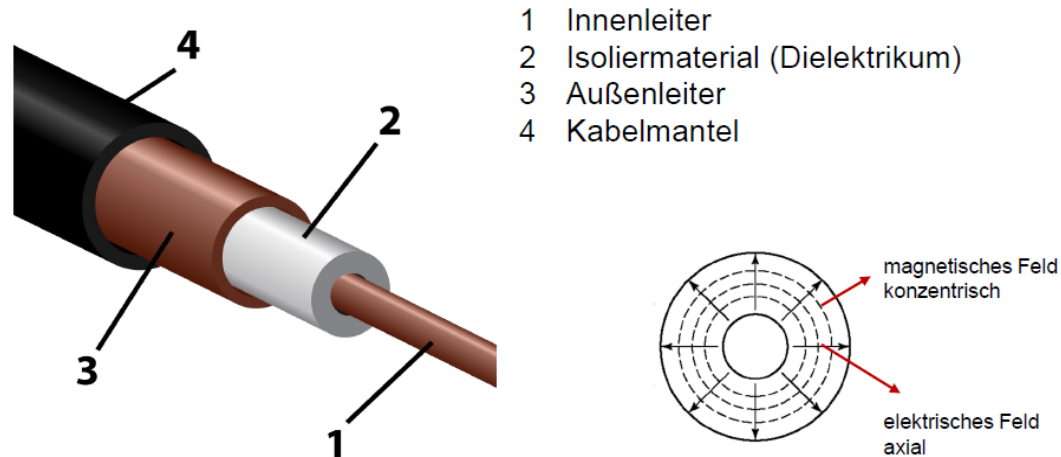
Gerade bei dem Einsatz von **geschäumten Polyäthylen** ist u.a. die Spannungsfestigkeit mit zu berücksichtigen!

Der Grund ist das u.U. bei irgendwelchen Fehlanpassungen können hohe Spannungen im Kabel entstehen und womöglich dadurch ein Schaden auslösen.

Nur einige der Artenvielfalt bei RG 58 XXXX						
TYP	Z _w	V	Kapazität	Außen	Isolation	Max
		Faktor	pF@1 Meter	∅		U _{eff}
RG-58A/U	53,5 Ω	0,66	85,5	5 mm	PE	1,9kV
RG-58B/U	53,5 Ω	0,66	85,5	5 mm	PE	1,9kV
RG-58C/U	50 Ω	0,66	92,4	5 mm	PE	1,9kV
RG-58/U FOAM	53,5 Ω	0,79	85,5	5 mm	S-PE	0,6kV

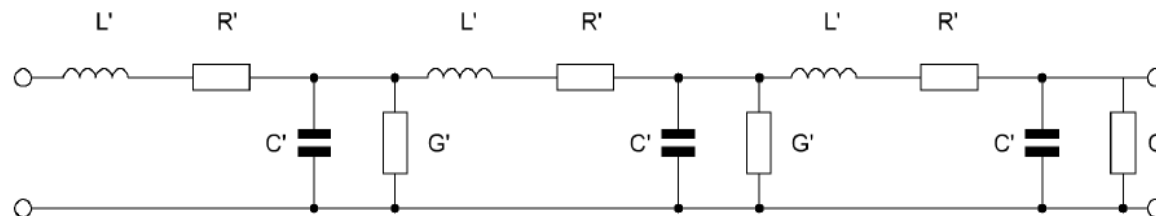
Koaxiale HF-Kabel Einsatz und deren Eigenschaften

Wie ist nun prinzipiell solch ein Koaxialkabel aufgebaut:



Die verlustbehaftete Leitung – die Dämpfung - wodurch entsteht sie?

Genau genommen muss man auch den durch den Leitungswiderstand R' und die Verluste im Isoliermaterial (Dielektrikum) G' berücksichtigen. Man erhält dann das **Leitungsersatzbild** einer realen Leitung mit Verlusten.



Koaxiale HF-Kabel Einsatz und deren Eigenschaften

Einige technische Daten von gebräuchlichen verschiedenen HF- Kabel
Zu beachten ist die Dämpfung und das Schirmmaß meistens $\text{xxdB}@1\text{GHz}$

Bezeichnung	Außen- durch- messer (mm)	min. Biege- radius (mm)	Leitungs- wellen- widerstand	Dämpfung bei 10 MHz (dB/100 m)	Dämpfung bei 145 MHz (dB/100 m)	Dämpfung bei 432 MHz (dB/100 m)	Dämpfung bei 1,3 GHz (dB/100 m)	Verkürzungs- faktor	Schirmmaß *
Aircell 7	7,30	25	$50 \pm 2 \Omega$	2,9	7,9	14,1	26,1	0,83	83 dB
Aircom Plus	10,30	55	$50 \pm 2 \Omega$	1,2	4,5	8,2	15,2	0,85	85 dB
Ecoflex 10	10,20	44	$50 \pm 2 \Omega$	1,2	4,8	8,9	16,5	0,86	>90 dB
Ecoflex 15	14,60	150	$50 \pm 2 \Omega$	0,86	3,4	6,1	11,4	0,86	>90 dB
Ecoflex 15 Plus	14,60	140	$50 \pm 2 \Omega$	0,83	3,2	5,8	10,5	0,86	>90 dB
H2000 Flex	10,30	75	$50 \pm 2 \Omega$	1,2	4,3	9,1	18,3	0,83	>85 dB
RG174A/U	2,60	15	$50 \pm 2 \Omega$	9,5	38,4	68,5	>104,2	0,66	
RG213/U	10,30	50	$50 \pm 2 \Omega$	1,8	7,9	15,8	30,0	0,66	60 dB
RG58C/U	4,95	25	$50 \pm 2 \Omega$	4,5	17,8	33,2	64,5	0,66	
RG223	5,38	25	$50 \pm 2 \Omega$	4				0,66	>80dB
RG316	2,5	15	$50 \pm 2 \Omega$	8,2	8		25	0,7	

* Schirmmaß ist abhängig von der Frequenz



Koaxiale HF-Kabel Einsatz und deren Eigenschaften

Technische Daten

InnenleiterCu-Litze, sauerstoffarm, 7 x 1,0 mm
 Innenleiter Ø2,85 mm
 DielektrikumPE, low-loss Compound
 Dielektrikum Ø7,25 mm

Außenleiter 1Cu-Folie, PE-beschichtet
 Bedeckungsgrad100 %
 Außenleiter 2Cu-Geflecht
 Bedeckungsgrad72 %
 AußenmantelPVC schwarz, UV-stabilisiert
 Außendurchmesser Ø10,2 mm

Gewicht131 g/m
 Min. Biegeradius40 mm
 Temperaturbereich-40 bis +85°C
 Zugkraft5 daN

Elektrische Daten

Impedanz50 Ω
 Kapazität78 pF/m
 Verkürzungsfaktor0,85
 fmax6 GHz
 Schirmdämpfung @ 1 GHz> 90 dB

GHz Gleichstrom-Widerstand: Innenleiter3,3 Ω/km
 Außenleiter8,4 Ω/km
 Max. Spannung1 kV

Ecoflex 10 RG 213/U RG 58/U

Kapazität78 pF/m101 pF/m102 pF/m
 Verkürzungsfaktor0,850,660,66

Dämpfung dB/100 m

Frequenz (MHz)	Ecoflex 10	RG 213/U	RG 58/U
10 MHz	1,2	2,0	5,0
100 MHz	4,0	7,0	17,0
500 MHz	9,6	17,0	39,0
1000 MHz	14,2	22,5	54,6
3000 MHz	27,0	58,5	118

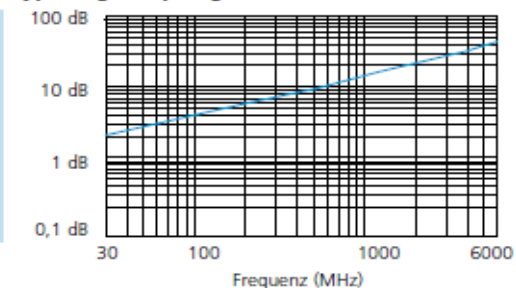
Typ. Dämpfung (dB/100 m @ 20°C)

Frequenz (MHz)	Dämpfung (dB/100 m)
5 MHz	0,8
10 MHz	1,2
50 MHz	2,8
100 MHz	4,0
144 MHz	4,9
200 MHz	5,8
300 MHz	7,3
432 MHz	8,9
500 MHz	9,6
800 MHz	12,5
1000 MHz	14,2
1296 MHz	16,5
1500 MHz	17,9
1800 MHz	19,9
2000 MHz	21,2
2400 MHz	23,6
3000 MHz	27,0
4000 MHz	32,2
5000 MHz	37,0
6000 MHz	41,5

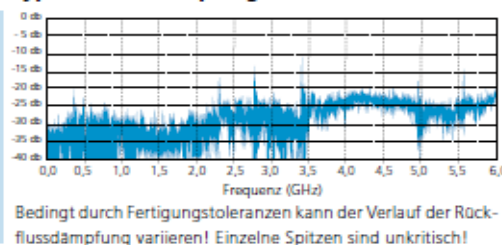
Max. Belastbarkeit (W @ 40°C)

Frequenz (MHz)	Max. Belastbarkeit (W)
10 MHz	3960
100 MHz	1210
500 MHz	510
1000 MHz	350
2000 MHz	230
3000 MHz	180
4000 MHz	150
5000 MHz	130
6000 MHz	120

Typ. Längsdämpfung (dB/100 m @ 20°C)



Typ. Rückflusdämpfung



Daten HF-Kabel ECOFLEX 10 (SSB Elektronik Bezeichnung)

Ecoflex 10 ist ein flexibles und dabei sehr dämpfungsarmes 50 Ohm Koaxialkabel für den Frequenzbereich bis 6 GHz. Modernste Produktionsverfahren und die Verwendung eines verlustarmen **PE-LLC Dielektrikums** (**PE**= Polyethylen – **L**ow **L**oss **C**ompound) setzen bei Koaxialkabel dieser Dimension neue Maßstäbe. Dazu gehört auch ein UV stabilisiertes PVC Material. **DK8AR Oktober 2017**

S21 nicht logarithmisch darstellen - zu unübersichtlich - *siehe dazu Seite 19*

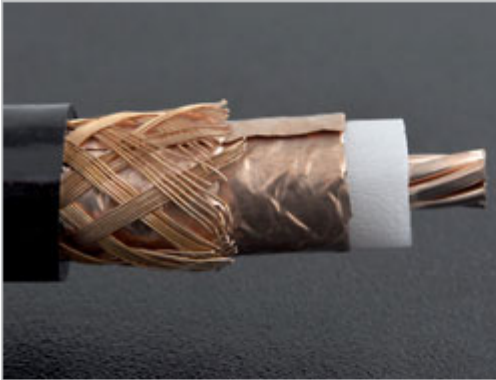
S11 Darstellung ist bei dem Rückflussdämpfungsverlauf fehlerhaft - *siehe dazu Seite 17*



www.ssb-electronic.de

Koaxiale HF-Kabel Einsatz und deren Eigenschaften

ECOFLEX 10® KOAXIALKABEL / 50Ω



Das Ecoflex 10® ist ein Low Loss Kabel ist für den Frequenzbereich bis 6 GHz geeignet. Die HF-Leitung ist flexibel und für Anwendungen im Funkbereich empfehlenswert. Die guten Dämpfungswerte werden durch ein verlustarmes PE-Dielektrikum mit mehr als 50% Luftanteil, sowie durch Innenleiter und zweifach-Schirm aus reinem Kupfer erreicht.

Ecoflex 10® ist ein Koaxialkabel für die meisten Applikationen in der Nachrichten- und Funktechnik. Es ist äußerst flexibel, dämpfungsarm und störstrahlungssicher.

Ecoflex 10® (Mantelfarbe: schwarz) 50 Ω;

Temperaturbereich von **-40°C bis +85°C**

50 Ω KOAXIALKABEL	MATERIAL	DURCHMESSER
INNENLEITER	Cu Litze	2.85mm
DIELEKTRIKUM	PE geschäumt	7.25 mm
SCHIRMUNG	Cu Geflecht / Cu Folie	8.00 mm
KABELMANTEL	PVC	10.20 mm

Ecoflex 10®: Sie dürfen das ®-Zeichen erst dann anbringen, wenn Ihre Marke tatsächlich eingetragen ist (beim Patentamt).

Ein Hersteller aus Italien Messi & Paoloni **von H 2010 / Ultra Flex 10** hier erhältlich: Internet: www.funkshop.com

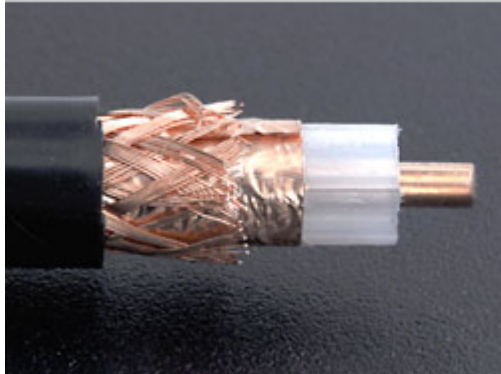
Thomas Werner Erlenweg 41 40699 Erkrath Telefon: 021048181010

Neues qualitativ hochwertiges Koaxialkabel mit ähnlichen Außendurchmesser wie RG-213, aber etwa halbe Dämpfung. Litzen-Innenleiter aus geglühtem **Reinkupfer**, 3lagig geschäumtes Dielektrikum, Kunststoffbeschichtete Kupferfolie.

Man achte auf den Durchmesser des Innenleiters bei dem Ecoflex/Ultra Flex 10, es sind **2,85mm**, dort muss ein Stecker oder Buchse für diesen Innenleiter eingesetzt werden.

Koaxiale HF-Kabel Einsatz und deren Eigenschaften

AIRCOM PLUS® KOAXIALKABEL / 50Ω



Das Low Loss Kabel ist für den Frequenzbereich bis 6 GHz geeignet. Die HF-Leitung ist flexibel und für Anwendungen im Bereich der VHF, UHF und SHF empfehlenswert.

Aircom Plus® ist ein Koaxialkabel für die meisten Applikationen in der Nachrichten- und Funktechnik: es ist flexibel, dämpfungsarm und störstrahlungssicher aufgrund seiner doppelten Schirmung.

Aircom Plus® (Mantelfarbe: schwarz) 50 Ω;
Temperaturbereich von **-40°C bis +80°C**

50 Ω KOAXIALKABEL	MATERIAL	DURCHMESSER
INNENLEITER	Cu massiv	2.70 mm
DIELEKTRIKUM	PE Luftzellen	7.20 mm
SCHIRMUNG	Cu Geflecht / Cu Folie	8.00 mm
KABELMANTEL	PVC	10.30 mm

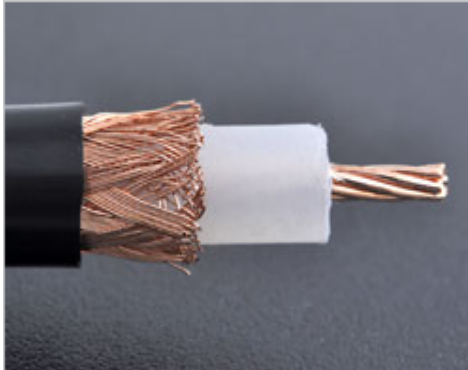
Ähnlich ist der Durchmesser des Innenleiters bei dem AIRCOM PLUS, dort sind es **2,7mm** auch hier einen Stecker oder eine Buchse für diesen Innenleiter einsetzen.

Außerdem würde ich solch ein Kabel nicht mit einem im Wind befindlichen Dipol, oder auch an Antennen montieren die an einem Rotationssystem montiert sind. Der Grund bei einem unflexiblen **starren Innenleiter** besteht durch Bewegung nun einmal Bruchgefahr.

Koaxiale HF-Kabel Einsatz und deren Eigenschaften

Das RG213/U ist heute nicht mehr zeitgemäß und kommt eigentlich aus einer „vergangenen Zeit“

RG213 /U KOAXIALKABEL / 50 Ω



Das RG213 /U ist das Standardkabel in der 10 mm Klasse.

Einsatzgebiete: Medizin, Höchsthfrequenz, Militäranwendungen, Messgeräte, Antennen und EMV

RG213 /U: (Mantelfarbe: schwarz) 50 Ω;
Temperaturbereich von **-35°C bis +80°C**

50 Ω KOAXIALKABEL	MATERIAL	DURCHMESSER
INNENLEITER	Cu Litze	2.25 mm
DIELEKTRIKUM	PE	7.24 mm
SCHIRMUNG	Cu Geflecht	
KABELMANTEL	PVC	10.00 mm

Für diesen Kabel Typ gibt es die meisten, jedoch oft ungeeignetsten Steckverbinder. Diese Verbinder werden und können oft nicht fachgerecht montiert werden. Zum andern lassen die Materialauswahl und Materialpaarungen oft zu wünschen übrig (*Intermodulation resultiert auch durch nicht geeignete Materialien*). Abgesehen von HF- und Feuchtigkeitsabdichtungen werden zu meist der ungeeignetste Stecker aus den frühen 1930'-40' Jahren eingesetzt (PL). Überlegt bitte einmal wie oft sich diese Steckverbindungen lösen, leider nicht nur am Transceiver. Weil der Überwurf des Steckers gleichzeitig nicht nur mechanisch schlecht wirkt, sondern auch die HF Verbindung sicherstellen muss. Diese Stecker sind ohne jegliche Norm. Bei Steckverbindern z.B. der N-Norm Technik und vielen weiteren Profi-Verbindungen 7/16 usw. ist das nicht der Fall, einmal richtig mit der „Hand“ angeschraubt, danach ist meistens ohne Werkzeug die Verbindung nicht mehr lösbar.

Koaxiale HF-Kabel Einsatz und deren Eigenschaften

RG 58 ALL Koaxialkabel Low Loss	
Datenblatt	
Impedanz	50 ± 2 Ohm
Innenleiter	19 x 0,20 mm ± 0,03
Dielektrikum	Gas inj. PE 2,9 mm ± 0,03
Außenleiter	
1. Alufolie	0,008-0,03 x 18 mm
2. Kupfergeflecht	CU VZ ca. 82% ± 2%
Außenisolierung	PVC, 5,0 mm ± 0,2 mm
Verkürzungsfaktor	0,78
Kapazität	82 pF/m ± 2 pF/m
Biegeradius (min)	15 / 40 mm
Temperaturbereich	-30 / +80°C
Widerstand Innenleiter	3,8 Ohm / 100 m
Widerstand Außenleiter	1,8 Ohm / 100 m
Kupferanteil	22 kg / km
Rückflussdämpfung	50-300 MHz - >25 dB
Rückflussdämpfung	300-900 MHz - > 20 dB

Dämpfung / attenuation (dB / 100 m)	
50 MHz	8,3 dB
100 MHz	11,3 dB
200 MHz	15,9 dB
230 MHz	16,4 dB
400 MHz	23,0 dB
470 MHz	24,9 dB
860 MHz	32,1 dB
1000 MHz	39,9 dB

Bei dem Innenleiter fehlt die Materialbezeichnung z.B. CU-Litze verzinkt

Ausführung nach **US-Standard MIL C 17**

Einsatz von genormten Steckverbindern möglich

Unter dem Begriff „Low Loss Kabel“ sind moderne Typen von Koaxial-Kabeln zu verstehen, die sich durch ihren besonderen Aufbau und Leistungsmerkmale unterscheiden. Die Vorteile des Low Loss Kabels sind unter anderem die hohe Schirmungseffizienz, geringere Dämpfung, höhere übertragbare Leistung, höhere Phasenstabilität und geringeres Stehwellenverhältnis (VSWR).

DK8AR Oktober 2017

Low Loss Kabel sind im Gegensatz zu den „klassischen“ RG-Typen doppelt geschirmt und verfügen über einen zusätzlichen Außenleiter aus Alu-Verbundfolie, das **RG58 ALL** ist u.a. bei Kabel Kusch erhältlich.



Low Loss Kabel



Low Loss Flex Kabel

Koaxiale HF-Kabel Einsatz und deren Eigenschaften

Bei dem Kabel Typ **RG-213 FOAM** handelt es sich um ein Koaxialkabel mit demselben Außendurchmesser wie RG-213, aber völlig anderem Aufbau. Statt PVC-Vollmaterial hat dieses Kabel ein Dielektrikum aus geschäumten Polyäthylen. Die Dämpfung ist so wesentlich niedriger als bei RG-213 und erreicht fast die Werte von AIRCOM PLUS.

Der Schirm besteht aus Kupfergeflecht mit zusätzlich beigelegter Kupferfolie, dadurch wird ein sehr hohes Schirmungsmaß erreicht.

Außendurchmesser: 10,3 mm



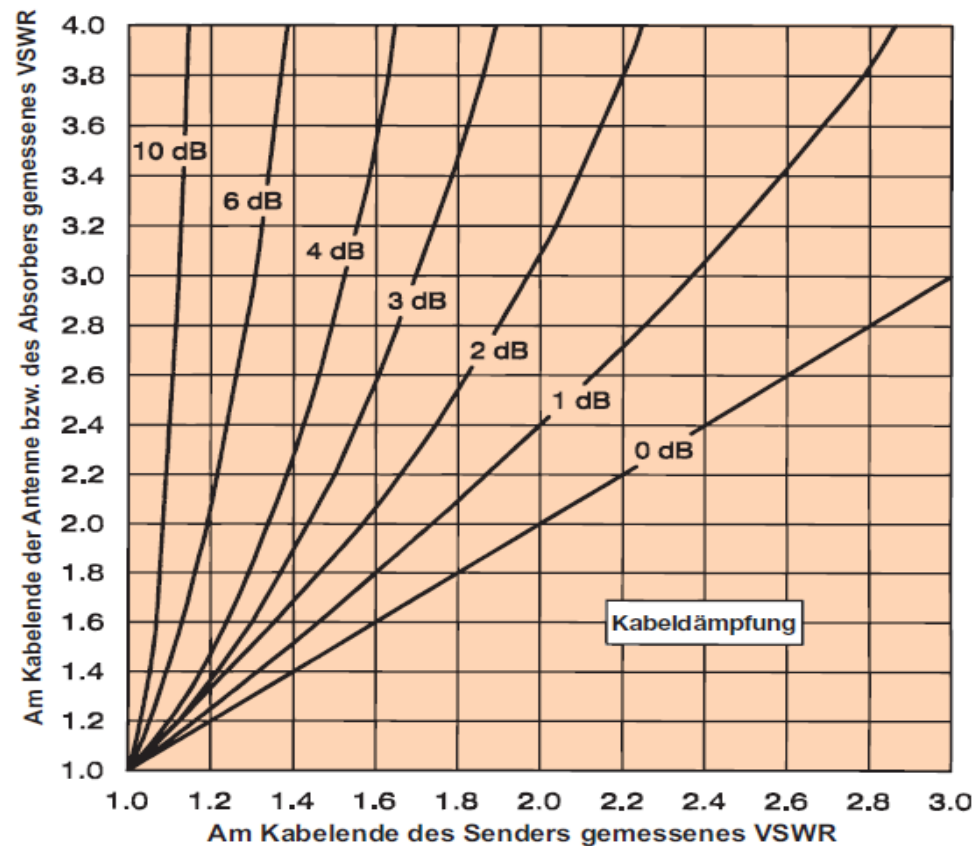
Einige Hinweise noch zur Verlegung und Installation von HF Koaxialkabel mit geschäumten Polyäthylen Dielektrikum:

1. Wenn eine Verlegung mit Nagelschellen erfolgt sind unbedingt die Abstände zu variieren
2. Die Nagelschellen dürfen das Kabel nicht „erwürgen“, das bedeutet es dürfen keine Formveränderungen des Kabels erfolgen durch den Einsatz von zu kleinen Schellen
3. Bei Antennenturmverlegung die Kabelbinder (möglichst breite) nicht zu fest ziehen, da auch hier Formveränderungen stattfinden
4. Die Formveränderungen führen unweigerlich zu Stoßstellen an denen sich dann die Impedanz des Kabels ändert
5. Einige Kabel sind nicht für Erdverlegungen geeignet, dazu gehören sogar einige wenige RG Typen - Daten prüfen
6. Nicht auf das Kabel treten. Das Dielektrikum ist weich (gleiches gilt auch bei Luftzellenkabel – zusätzlich Biegeradius einhalten)

Koaxiale HF-Kabel Einsatz und deren Eigenschaften

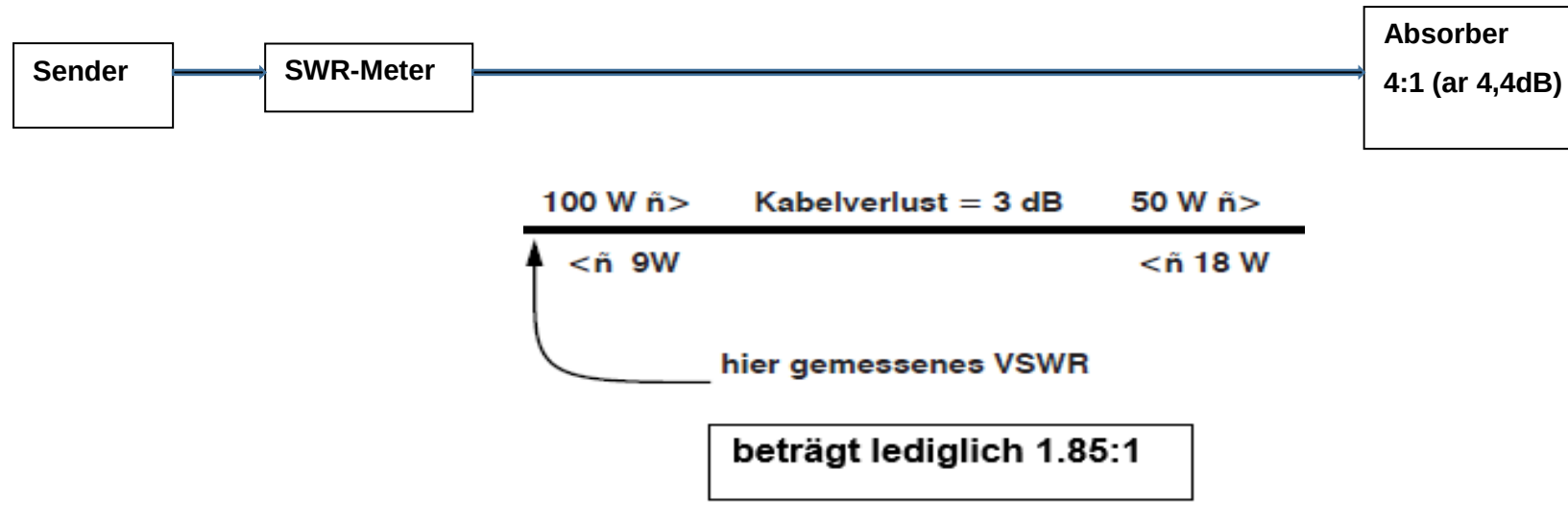
Warum nun hochwertige HF Kabel einsetzen?

Bei unbedeutenden Dämpfungswerten und kurzen Verbindungskabel kann das VSWR an jedem geeigneten Punkt gemessen werden. Werden dagegen Messungen am Senderausgang Richtung Antenne vorgenommen bei größeren Leitungslängen, neigt ein Speisekabel mit **höherer Dämpfung** dazu, die Effekte eines schlechten VSWR am Kabelanfang Richtung Antenne zu verschleiern, und das VSWR ist augenscheinlich besser, als es tatsächlich ist. Das untenstehende Diagramm zeigt, wie ein direkt an der Antenne gemessenes VSWR höher ist als das am Anfang (Senderseite) des Speisekabels gemessene VSWR. Das VSWR Verhältnis variiert entsprechend mit der zusätzlichen Kabeldämpfung.



Koaxiale HF-Kabel Einsatz und deren Eigenschaften

Fehlanzeigen des SWR Verlauf durch Kabeldämpfung



Erläuterung:

Die Sendeleistung beträgt 100 W, die Kabeldämpfung beträgt 3 dB. Lediglich 50 Watt erreichen den Abschlusswiderstand (der ein VSWR von 4 hat). Demnach werden 36% von den 50 W (18 W) reflektiert, von denen weitere 9 W (50%) im Kabel verloren gehen, bevor der Messpunkt erreicht ist. Die Vorlauf- und (gemessene) Rücklaufleistung ergibt ein augenscheinliches VSWR von 1.85:1 (10,8dB) **und nicht den tatsächlichen Wert von einem SWR von 4** (ar 4,4dB). Dann fragt man sich u.a. wo die Sendeleistung von 100 Watt geblieben ist - aufgefressen!

Koaxiale HF-Kabel Einsatz und deren Eigenschaften

REFLEXIONS-KALKULATOR

4

Eingabe gilt für:

- ☐ Reflexionsfaktor [0 - 1]
- ☒ Welligkeit [1 - xxx]
- ☐ Rückflußdämpfung a_r [xxx - 0] in dB
- ☐ reflected power ratio P_r/P [0 - 100] in %
- ☐ Fehlanpassungsdämpfung a_m [0 - xxx] in dB

Ergebnis anzeigen

Reflektionsfaktor r: reflection coefficient	0.6
Welligkeit s: voltage standing wave ratio VSWR	4
Rückflusssdämpfung a_r : return loss	4.44 [dB]
reflected power ratio P_r/P	36 [%]
Fehlanpassungsdämpfung a_m : mismatch loss	1.94 [dB]

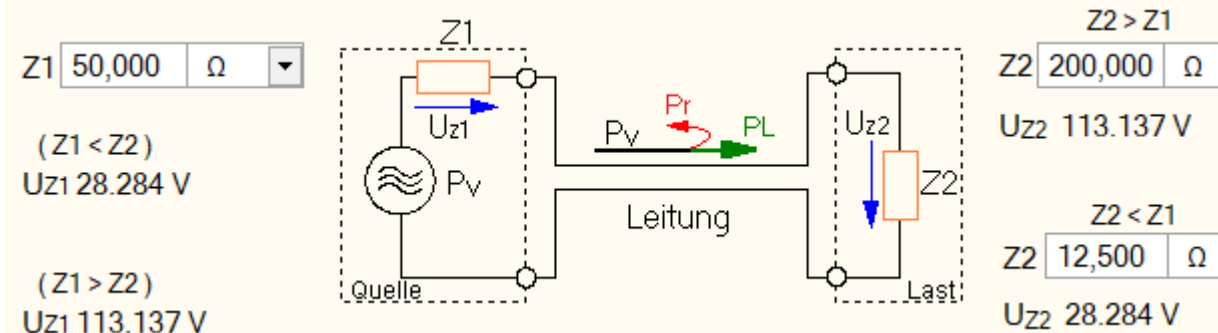
$$s = \frac{1+r}{1-r} \quad a_r = -20 \log r$$

$$P_r/P = 100 r^2 \quad a_m = -10 \log (1 - r^2)$$

P_r = refl. Leistung

P = vorl. Leistung

Bei 100 Watt



Koaxiale HF-Kabel Einsatz und deren Eigenschaften

Wenn die Kabeldämpfung Frequenzabhängig zu hoch wird, ist die Lösung ein Kabel mit geringerer Dämpfung einzusetzen!

Kein Funkamateurlautsprecher baut sich vor seinem Empfänger oberhalb 21MHz ein zusätzliches Dämpfungsglied. Das ist besonders auf den Bändern 10 Meter, 6 Meter, 4 Meter bis weit in den GHz Bereich zu beachten. Ein RG 213 U mit größerer Länge sollte oberhalb 400 MHz und darüber nicht mehr zur Anwendung kommen, das ist Sparen am falschen Ende.

Vergleich bei Einsatz der verschiedenen Koaxialkabel

25Meter Ecoflex 15 Dämpfung 0,85dB@145MHz

25Meter Ecoflex 10 Dämpfung 1,4dB@145MHz

25Meter RG 213U Dämpfung 2dB@145MHz

25Meter RG 58U Dämpfung 4,45dB@145MHz



20171005_DK8AR

Ersatz Schaltbild

Bei Einsatz von 25m RG 58U 4,45dB@145MHz



Eigene Messung bei
Ecoflex 15 mit 25Meter
Kabellänge und 20°C
ergaben -
0,6dB@145MHz
DK8AR

Koaxiale HF-Kabel Einsatz und deren Eigenschaften

Warum qualitative hochwertige Hochfrequenzkabel einsetzen?

Um es zu verdeutlichen, es geht nicht nur um die **Sendeleistungsminimierung an der Antenne**, sondern viel schlimmer, es nützt der rauschärmste Empfänger nichts bei Einsatz von HF-Kabel die eine hohe Dämpfung aufweisen.

Ein Beispiel in diesem Fall stellvertretend für F145MHz bei idealen Bedingungen:

Bei einer Senderleistung von 100Watt wären bei einer Dämpfung von 4,5dB@145MHz nur noch **35,5W** an der Antenne (**Kabel RG58U@25Meter**)

Bei einer Senderleistung von 100Watt wären bei einer Dämpfung von 0,85dB@145MHz wären es dann **82,5W** an der Antenne (**Kabel Ecoflex15@25Meter**)

Dazu kommt immer wieder das nichtbeachtete Hauptproblem **nicht die Leistungsreduzierung ist es, sondern es ist die Signaldämpfung**. Das bedeutet ein Funksignal ist schwach zu hören oder die zu empfangene Sendung geht im Rauschen unter!

Grundsätzlich geht die erste Stufe eines Empfängers in das Rauschen ein und in diesem Fall wäre es schon das Kabel!

Man kann es eigentlich so sehen, ein Vorverstärker für 145MHz bei Einsatz vor einem Ecoflex 15 Kabel mit einer Dämpfung von 0,85dB@25Meter Länge würde nichts wirklich bringen. Da der Vorverstärker selber ein Rauschmaß (NF) von 0,5dB@20°C hat dann würden die guten Gesamteigenschaften des nachfolgenden Transceiver nicht zur Geltung kommen. (Bei mir gemessene Kabeldämpfung Ecoflex 15 ist **0,6dB@25Meter**)

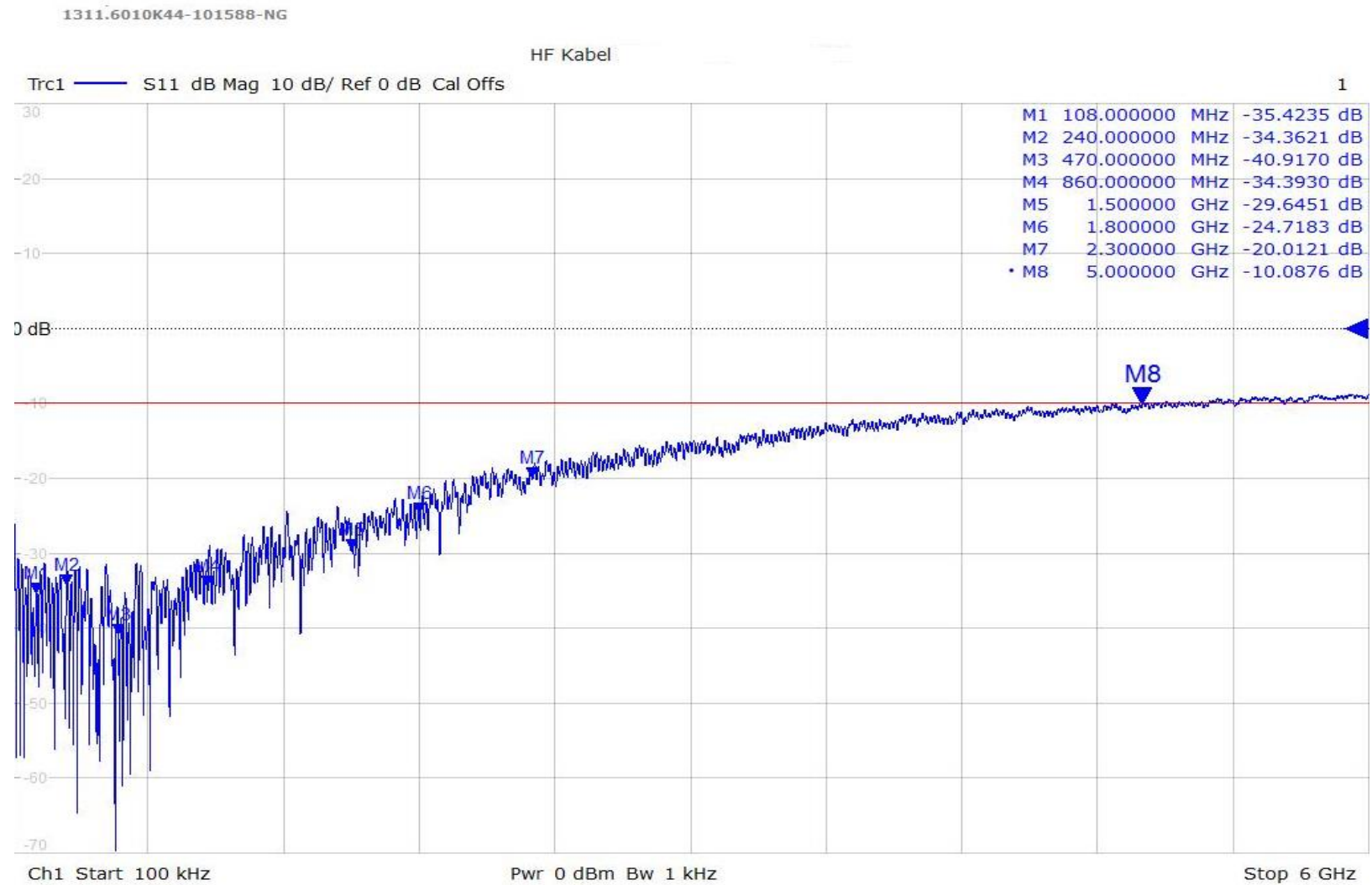
Technische Daten	SP-200
Frequenzbereich [MHz]:	144-146
Rauschmaß(20°C)(NF) [dB]:	0,5
Verstärkung(+/-1%)(S21) [dB]:	10-20*

SP-200 Vorverstärker für 144-146MHz

SSB Elektronik*) Die Verstärkung ist intern oder über ein variables Dämpfungsglied zwischen 10-20 dB einstellbar.

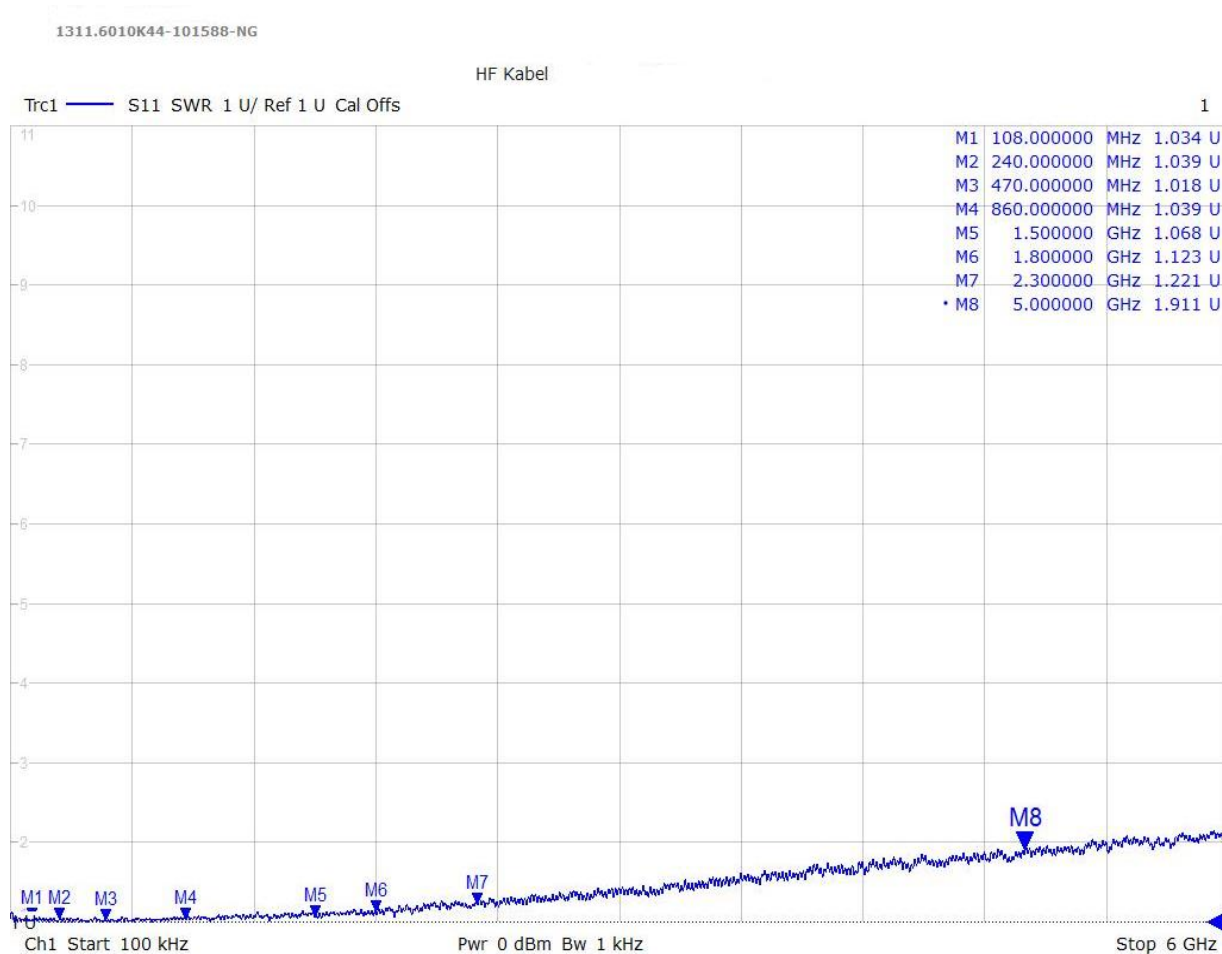
Koaxiale HF-Kabel Einsatz und deren Eigenschaften

Messdarstellungen S11 von einem HF-Kabel der mittleren Klasse (Automobil Verbau)



Koaxiale HF-Kabel Einsatz und deren Eigenschaften

Messdarstellung SWR von einem HF-Kabel der mittleren Klasse (Automobil Verbau)



SWR - MESSUNG DES STEHWELLEN - VERHÄLTNIS BEI KOAXIALKABEL

Das Stehwellenverhältnis SWR

(englisch: **standing wave ratio**)

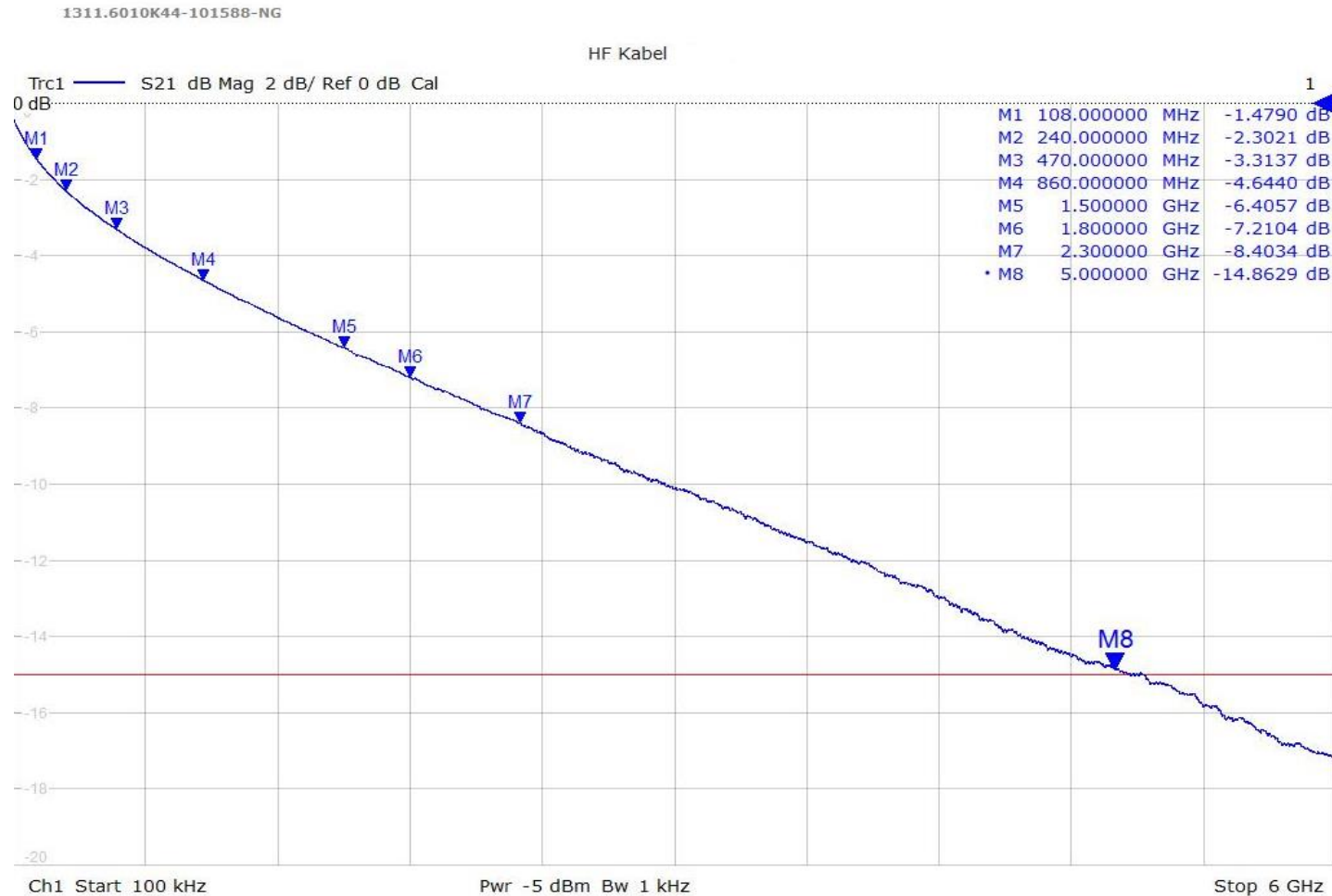
ist ein Maß für die stehende Welle, die auf einem Wellenleiter durch Reflexion entsteht.

Auswirkungen auf das Kabel:

Der Wert des Stehwellenverhältnisses erlaubt eine Aussage über die **Übertragungsverluste** im Kabel. Es wird *nur* durch das Kabel und den Wert des Abschlusswiderstandes (z. B. einer Antenne) bestimmt und kann durch keine Maßnahmen am Sender geändert werden. *Siehe auch Seite 19!*

Koaxiale HF-Kabel Einsatz und deren Eigenschaften

Messdarstellung Frequenzgang mit Dämpfungsverlauf



Bei dieser Darstellung einmal den **Frequenzgang** des Kabels beachten!

Ein Kabel mit exakt linearem Frequenzgang gibt es nicht!

Koaxiale HF-Kabel Einsatz und deren Eigenschaften

Noch einige Bemerkungen:

Die Verbindung vom Transceiver zur Antenne ist in den meisten Fällen das Koaxialkabel, es darf nicht in seiner wichtigen Funktion unterschätzt werden!

Noch einige Punkte zu 50 Ω , 75 Ω Kabel und Paralleldrahtleitungen:

Ein 50 Ω Koaxialkabel kann man nicht über einen Tuner an den Sender anpassen, da dieser bereits ca. 50 Ω hat. **Es wird immer wieder der Fehler gemacht über das 50 Ω Zuleitungskabel eine aus der eigentlichen Resonanz liegende Antenne anzupassen, das geht nicht.** Verluste entstehen und schlimmer noch das Kabel fängt selber an zu strahlen, das bedeutet überall ist HF im Funkraum und nicht nur dort. Auch eingesetzte Mantelwellensperren helfen dort nicht, es treten große Unsymmetrien auf, einfach gesagt Strom- und Spannungsbäuche entstehen auf der Abschirmung und werden abgestrahlt.

Eine Dipolantenne hat im Allgemeinen eine ausgeprägte Resonanzstelle z.B. eine Antenne für das 80 oder 40Meter Band hat eigentlich bei **richtiger Aufbauhöhe** eine Eingangsimpedanz von etwa 73,9 Ω @Cu im Resonanzfall dort ist auch ohne weiteres ein TV Antennenkabel oder ein RG 11 einsetzbar, sofern der Transceiver über einen integrierten Tuner verfügt und dieses Kabel an den Transceiver Ausgang dadurch angepasst werden kann.

Für die Betreiber von Paralleldraht gespeisten Antennen ist dieser Vortrag nicht so interessant, die haben andere Probleme wenn ihre Zweidrahtleitung im Regen, Schnee, Eisbefall, Nebel mit einem Haufen von Spinnweben auf ihren Abstandshaltern sich breit gemacht haben. Die können jedoch solche Effekte durch ihren Paralleldrahttuner ausgleichen – jedoch dann Verlustbehaftet. Bei Koaxialleitung gespeisten Antennen tritt so etwas nicht auf, außer wenn die Antenne selber durch derartige Wettereinflüsse beeinträchtigt wird.

Fazit:

Nicht nur die Antenne ist der beste „HF-Verstärker“ - dazu gehört auch ein verlustarmes Kabel sonst funktioniert das nicht!

Ich Danke für Eure Aufmerksamkeit
DK8AR Henri