

# Koaxialkabel

ist nicht immer  
eine runde  
Sache

Eine Antenne soll möglichst frei und hoch aufgestellt werden, damit sie aus den Erd- und Massepotentialen ihrer Umgebung herausgehoben wird und so ungehindert ein Maximum an Energie abstrahlen – und im Empfangsfall aufnehmen kann. Aus diesem Grund schon und zusätzlich noch bei ungünstigen Standortverhältnissen zwischen Transceiver und Antenne, kann es leicht zu größeren Längen der Speiseleitung kommen. Und da es hier auf einen möglichst verlustfreien Transport der HF-Energie ankommt, müssen wir unser besonderes Augenmerk auf diesen Transportweg, die Speiseleitung, richten.

Im CB-Funk ist es das bekannte schwarze Koaxialkabel, das in fast allen Fällen diese Aufgabe übernimmt. Es sind die beiden Typen RG 58 C/U und die dickere Variante mit der Bezeichnung RG 213/U. Die Präfixe der Bezeichnungen sind militärischer Herkunft und kommen aus dem Amerikanischen: RG = Radio Grade = Funkqualität.

Im folgenden wollen wir etwas gründlicher über das Koaxialkabel mit Ausrichtung auf die CB-Praxis sprechen – so gründlich und praxisorientiert, wie es im deutschsprachigen Raum für uns CB-Funker bisher noch nicht der Fall gewesen ist. Dafür gibt es mehrere handfeste Gründe, von denen einige zum besseren Verständnis kurz erläutert werden sollen:

*Was ist an der Legende wahr, daß ein schlechtes Stehwellenverhältnis durch die Änderung der Koaxiallänge verbessert werden kann?*

*Wie wird gute Koaxialqualität von schlechter unterschieden?*

*Welche Längen sind in der Speiseleitung (un-)günstig?*

*Wie kann ein schlechtes SWR vom senderseitigen Koaxende aus reguliert werden?*

*Welche Koaxialtypen für Außenleitungen?*

*Darf Koaxialkabel im Erdboden verlegt werden?*

Diese und mehr Fragen wollen

wir an dieser Stelle gründlich klären, denn die Qualität unserer Speiseleitung ist für uns zu wichtig, als daß wir sie vernachlässigen dürfen. Denn was nützen der beste Sendeeempfänger mit einer Top-Modulation und die aufwendigste Antenne, wenn in der Speiseleitung ein Teil der Sendeleistung durch unsere eigenen Fehler und Unwissenheit sinnlos in Form von Wärme verbraucht wird?

## Koaxialkabel – ideal für Speiseleitungen

Koaxialkabel bestehen aus einem inneren Draht in Vollausführung oder aus mehreren kleinen Drähtchen verdreht, der als Seele bezeichnet wird. Die Seele ist von einer Isolationsschicht, Dielektrikum genannt, umgeben, die aus festem Polyäthylen, Polyäthylenschäum, Teflon oder Polystyrol bestehen kann. Das Dielektrikum wird von einem

möglichst engmaschigen Abschirmgewebe umkleidet, das wiederum unter einer Schutzhülle aus Kunststoff liegt.

Der Wellenwiderstand der beiden Koaxialtypen RG 58 und RG 213 liegt bei etwa 50 Ohm. Es gibt auch Koaxialkabel mit den Wellenwiderständen zwischen 60 und 75 Ohm, die als das sogenannte „weiße Fernsehkabel“ bekannt sind. Angesichts der neuen Antennenregulierung im deutschen CB-Funk, müssen wir uns auch mit diesen Kabeltypen beschäftigen, da es verschiedene für uns neue Antennenformen gibt, die sich damit ideal einspeisen lassen.

Aufgrund ihrer Konstruktion sind Koaxkabel sehr gut für den Transport der Hochfrequenz zwischen Sendeempfänger und Antenne. Sie sind biegsam, haben durch ihren Kreisquerschnitt eine kleinere Oberfläche (Angriffsfläche) als Bandleitungen, sind durch ihre Schutzhülle und das Abschirmgeflecht sehr resistent gegen mechanische, chemische und elektrische Einflüsse. Diese Eigenschaften machen es auch möglich, daß eine Speiseleitung aus Koaxkabel unterirdisch und im Wasser verlegt werden kann. Für diese Zwecke – und das gilt unbedingt für alle Außenanwendungen – müssen Sie dann aber wirklich auf die Qualitätsklasse des Koaxkabels achten.

## Qualität

Unnötige Verluste an Sendeleistung in der Koax-Speiseleitung sind im Ansatz schon dadurch auszuschalten, wenn beim Kauf des Kabels und der notwendigen Stecker wirklich auf beste Qualität geachtet wird. Seien Sie mißtrauisch, wenn Sie Sonderangeboten begegnen, denn ein gutes Kabel hat seinen Preis. Untersuchen Sie in solchen Fällen das Kabel genau, und bitten Sie den Verkäufer im Zweifelsfall, Ihnen die technischen Unterlagen dazu zu zeigen.

Ein erster Hinweis auf die Koaxqualität ist der Zustand des Abschirmgeflechts. Schneiden Sie vor dem Kauf ein Stück von der Rolle ab, und entfernen Sie die äußere

Schutzhaut, so daß Sie die Abschirmung sehen. Diese muß so dicht sein, daß die darunter liegende weiße Polyäthylenisolation – also das Dielektrikum – an keiner Stelle zu sehen ist. Bei einem guten Koaxkabel hat die Abschirmung eine Dichte von rund 95%, die Maschen sind so eng gewebt, daß man

mit bloßem Auge nicht mehr durchschauen kann. Billiges Koax hat unter anderem relativ weite Maschen, durch die das Dielektrikum deutlich zu erkennen ist. Verzichten Sie bitte auf so ein „Sonderangebot“ – im Endeffekt schonen Sie dadurch Ihre Nerven- und Arbeitskraft und den Geldbeutel.

Ein ganz wichtiger Qualitätsfaktor beim Koax ist – besonders wenn es für Außenanlagen eingesetzt werden soll – das Material der äußeren Umkleidung. Bei billigen Kabeln des „Typ 1“ (meistens ist es das dünne RG 58) besteht sie aus ganz normalen PVC. Diese Tatsache macht das Koaxkabel für Außenanwendungen, geschweige denn für eine Verlegung im Erdboden, völlig ungeeignet. Dieses Koax vom Typ 1 finden Sie recht oft in Elektronikläden als mit Steckern vorgefertigte Enden (konfektioniert). Für den ausschließlichen Gebrauch innerhalb des Hauses ist dagegen nichts einzuwenden, aber es wird innerhalb von wenigen Monaten brüchig und rissig, wenn es der Witterung im Freien ausgesetzt ist. Das PVC in der Außenisolation enthält einen sogenannten „Plasticizer“, der dafür sorgt, daß es flexibel ist, aber auch eine chemische Reaktion zwischen der äußeren Isolation und dem Dielektrikum bewirkt. Das Ergebnis ist schließlich ein Zusammenbruch der Isolationsverhältnisse und eine gravierende Änderung der Impedanzen. Die Lebensdauer eines Typ-I-Koaxkabels beträgt ab Herstellungsdatum nur zwei Jahre.

Um alle aus dem eben geschilderten Prozeß entstehenden Probleme zu vermeiden, sollten Sie beim Kauf darauf achten und auch darauf bestehen, daß Sie ein Kabel der Qualitätsklasse „Typ IIA“ er-

$$\text{Halbwellenlänge Koaxialleitungen (elektrische Länge)} = \frac{150 \cdot 0,66}{27,2} = 3,64 \text{ m}$$

So mißt eine halbe Wellenlänge der Typen RG 58/U und RG 213/U für unser 11-m-Band – auf Bandmitte, Kanal 20 bezogen – 3,64 m. Eine 1/4-Wellenlänge sind demnach 1,82. Wenn wir in der Praxis diese Werte auf 3,60 m und 1,80 m runden, ist das immer noch genau genug.

### Koaxlänge und Stehwellenverhältnis

Zu den CB-Märchen, die sich hartnäckig in unseren Kreisen – und nicht nur da – halten, gehört die Ansicht, daß sich ein schlechtes Stehwellenverhältnis (SWR) durch die Antenne, durch eine Änderung der Speisekabelänge beheben läßt. Die Änderung der Länge der Speiseleitung hat absolut keinen Einfluß auf das SWR! Tatsächlich liegen manchmal bestimmte Längen einer Speiseleitung aus Koaxkabel vor, die uns den Eindruck vermitteln, daß zum Beispiel eine Kürzung der Koaxlänge ein schlechtes SWR verbessert. Das ist immer dann der Fall, wenn die Speiseleitung ganz oder ungefähr 1/4 oder ungerade Vielfache (3/4, 5/4, 7/4 ...) der Betriebswellenlänge (11 m) lang ist. Bei diesen Längen wirkt die Speiseleitung als sogenannte „Umkehrleitung“, die das wirkliche SWR am Antennenfuß für die Ablesung am senderseitigen Ende in falsche Werte verkehrt. Sie können das auch einmal in der Praxis nachprüfen. Dazu brauchen Sie noch ein zweites SWR-Meter, das Sie zwischen dem Ende des Speisekabels und dem Antennenfuß einschleifen. Nehmen Sie für diesen Versuch Koaxkabel, das eine der folgenden Längen hat: 1,82 m (= 1/4-Wellenlänge) – 5,46 m (= 3/4-Wellenlänge) oder 9,10 m (= 5/4-Wellenlänge ... und so weiter. Dabei kommt es auf 40 bis 50 cm mehr oder weniger nicht an, so daß Sie nicht extra ein Kabel zerschneiden müssen. Ist Ihre Antenne nicht sauber angepaßt, zeigen die beiden SWR-Meter am Senderausgang und am Antennenende verschiedene SWR-Werte an. Die Viertelwellen-Speiseleitung (oder ungeradzahliges Vielfache davon) arbeitet für den wahren SWR-Wert als Umkehrleitung. Das richtige SWR lesen Sie in jedem Fall am antennenseitigen Instrument ab. Ist Ihre Antenne einwandfrei eingestellt, dann befinden sich ja keine stehenden Wellen auf der Speiseleitung, zeigen beide Instrumente den gleichen Wert an. Dagegen arbeitet eine Halbwellen-Speiseleitung – oder Vielfache davon – als „Wiederholer“ des richtigen SWR-Wertes. Würden Sie das Kabel zwischen den beiden SWR-Metern auf eine geradzahliges Viertelwellenlänge – 3,64 m (= 2/4 oder 1/2), 7,28 m (= 4/4 oder 2/2) ... und so weiter, bringen, lesen Sie an beiden Instrumenten den gleichen Wert ab. Kleine Abweichungen, das kann an den verschiedensten Faktoren liegen, sind dabei natürlich drin. Aus dieser Betrachtung zwischen Koaxlänge und SWR-Ablesung können

fen, viel Ärger und Zeit sparen, wenn Sie die vorstehenden Erkenntnisse berücksichtigen. So kommt es zum Beispiel recht oft vor – achten Sie mal darauf – daß eine Reihe von Mobilantennen mit der für die SWR-Ablesung am senderseitigen Ende ungünstigen Speisekabelänge von um die 3,50 m oder 5,50 m bestückt sind.

wir einige wichtige Erkenntnisse für uns ableiten:  
– Speiseleitungen mit Längen von ungeraden Viertelwellen verfälschen die SWR-Mes-

Kabel-Typ und Dielektrikum	Impedanz in Ohm	Verk-Faktor	Dämpfung auf 10 m	Belastbarkeit bei 28 MHz bei 27 MHz (SWR = 1,8)
RG 58/U PÄ	53,5	0,66	0,80 dB	550 Watt
RG 58/U PÄS	50,0	0,79	0,83 dB	550 Watt
RG 213/U PÄ	73,0	0,66	0,60 dB	720 Watt
RG 213/U PÄS	70,0	0,79	0,56 dB	720 Watt
RG 213/U PÄ	52,0	0,66	0,37 dB	1700 Watt
RG 213/U PÄS	50,0	0,80	0,33 dB	1700 Watt
Airmil 7 #	50,0	0,83	0,37 dB	1300 Watt
Airmil Plus #	50,0	0,83	0,28 dB	1700 Watt

PÄ=Polyäthylen PÄS=Polyäthylens-Luftraumisolierung (Schaum) # Schaum mit geringer Dichte und/oder Luftfüllung

- Speiseleitungen können den wahren SWR-Wert verfälschen, wenn eine Fehlanpassung der Antenne besteht – aber nicht die Tatsache, daß die Antenne der Urheber ist.
- Die Koaxlänge zur Ermittlung des SWR ist nicht die mechanische, sondern die elektrische Länge (mechanische Länge abzüglich Verkürzungsfaktor).
- Es hat also keinen Sinn, die Länge unserer Speiseleitung zu ändern, um ein real besseres SWR zu erreichen. Die schlechte Anpassung der Antenne bleibt, trotz guter SWR-Anzeige am Senderausgang.
- Wenn ein schlechtes SWR besteht, sind einwandfreie Meßergebnisse nur möglich, wenn die Speiseleitung ein geradzahliges Vielfaches einer 1/4-Welle lang ist.
- Es gibt vom senderseitigen Koaxende aus keine Möglichkeit, ein schlechtes Antennen-SWR zu korrigieren. Die Korrektur muß immer an der Antenne selbst erfolgen (Neueinstellung).
- Der wirkliche SWR-Wert ist immer an einem SWR-Meter direkt am Antennenfuß abzulesen.

Sie können sich, wenn einige ungünstige Faktoren zusammen-

Da es bei Mobilantennen in der Regel nicht möglich ist – die Speiseleitung wollen wir für die SWR-Messung ja nicht aufrollen – das SWR-Meter am Antennenfuß einzuschleifen, geht wir etwas anders vor. Wir verlängern das Speisekabel über einen PL-Schraubverbinder um ein mit PL-Buchsen belegtes Ausgleichskabel auf das nächste geradzahliges Vielfache. Mit dieser extra für den Antennenabgleich gefertigten Test-Speiseleitung ist es uns dann möglich, die genauen SWR-Werte der Antennen am Senderausgang exakt zu bestimmen. Entsprechendes gilt natürlich auch für alle anderen Antennen mit unbestimmter Speiseleitung. Das „Schlimmste“, was uns passieren kann ist, daß uns das SWR-Meter am Senderausgang nach dem Einstellen der Antenne ein gutes Stehwellenverhältnis anzeigt. In Wirklichkeit hat eine ungünstige Länge der Speiseleitung eine Umkehrung des schlechten SWR in ein gutes bewirkt. Wenn Sie ganz sicher sein wollen, daß Sie am Instrument richtige Werte ablesen, sollten Sie auf jeden Fall die Länge

Ihrer Speiseleitung ausmessen und gegebenenfalls durch ein provisorisches Verlängerungsstück aus den nächsten Halbwellenwert ergänzen. Der zweite Weg, um sicher zu sein, daß alles richtig ist, ist die SWR-Messung am Antennenfuß. Viertelwellenlängen (ungeradzahliges Vielfache) von Koaxkabel RG 58/U und RG 213/U, die Meßergebnisse am senderseitigen Ende verfälschen können:  
1/4-Wellenlänge = 1,82 m  
3/4-Wellenlänge = 5,46 m

5/4-Wellenlänge = 9,10 m  
 7/4-Wellenlänge = 12,74 m  
 9/4-Wellenlänge = 16,38 m  
 11/4-Wellenlänge = 20,02 m  
 13/4-Wellenlänge = 23,66 m  
 15/4-Wellenlänge = 27,30 m  
 Für weitere ungerade Viertel-Wellenlängen werden jeweils 3,64 m dazugezählt.  
 Halbwellenlängen von Koaxkabel RG 58/U und RG 213/U, die Meßergebnisse am senderseitigen SWR-Meter korrekt ablesen lassen.

1/2-Wellenlänge = 3,64 m  
 2/2-Wellenlänge = 7,28 m  
 3/2-Wellenlänge = 10,92 m  
 4/2-Wellenlänge = 14,56 m  
 5/2-Wellenlänge = 18,20 m  
 6/2-Wellenlänge = 21,84 m  
 7/2-Wellenlänge = 25,48 m  
 8/2-Wellenlänge = 29,12 m  
 Für weitere Halbwellenlängen werden jeweils 3,64 m dazugezählt.

Wie wir uns erinnern, sind wir auf das Thema „Koaxlänge und SWR“ eingegangen, um etwas gegen den weitverbreiteten Irrglauben

ben zu unternehmen, daß man durch Veränderung der Speisekabelänge ein schlechtes Antennen-SWR verbessern kann.

Änderungen der Koax-Speiseleitung verändern den SWR-Ablesewert am senderseitigen Instrument, wenn stehende Wellen vorhanden sind – aber nicht die Tatsache, daß die Antenne deren Urheber ist. Das war jetzt eine ganz schöne Portion Theorie an einem Stück. Aber wenn Sie sich genau überlegen, um was es hier ging, ist es bestimmt nicht schwer, daraus die nötigen Schlußfolgerungen für die Praxis zu ziehen.

### Summa Summarum

Wir haben jetzt so einiges über das Koaxkabel gehört. In der Tabelle über die Eigenschaften verschiedener Koax-Typen haben Sie auch gesehen, daß die

Speiseleitung aus diesem Kabel auch gewisse Verluste (Dämpfung) beinhaltet. Wenn unsere Zuleitungen zur Antenne nicht gerade mehrere 100 Meter mißt, brauchen wir uns darüber kaum Sorgen zu machen, wenn wir zum Beispiel das ziemlich verlustarme RG 213 benutzen. Beim RG 58 sollten wir schon vorsichtiger sein, da hier die Verluste mit zunehmender Länge sehr groß werden können. Das schluckt unnötige Sendeleistung und Empfangsfeldstärke, so daß unsere Station ziemlich „taub“ werden kann. Wenn wir in Zukunft ausgespannte Drahtantennen fahren, müssen wir uns auch über

das Gewicht von Speiseleitungen aus Koaxialkabel Gedanken machen. Angenommen, unsere Antenne hängt sehr hoch, und wir wohnen im Erdgeschoß, so kann unsere Speiseleitung sehr lang werden. Das ergibt dann unter ganz ungünstigen Umständen ein sehr hohes Gewicht, daß am Einspeisepunkt der Antenne hängt, wenn wir zum Beispiel unser sehr schweres RG 213 benutzen. Von der Seite her sieht unsere Drahtantenne dann wie ein „V“ aus, dessen Sattelpunkt sich bei größerem Gewicht immer weiter nach unten

verlagert. Wenn dieser Punkt sehr tief liegt, verändert sich die Abstrahlung der Antenne im ungünstigen Sinn. Zweitens ist die mechanische Beanspruchung der gesamten Antennenanlage dermaßen groß, daß es im Laufe der Zeit durch Wind- und Wettereinflüsse zu Bruch- und Rißschäden

kommen kann. Einen Ausweg bietet dann natürlich eine leichtere Speiseleitung, die die Gewichtsbeanspruchung unserer Antenne in erträglichen Grenzen hält. Das RG 58 wird dann wohl kaum eine gute Lösung darstellen, da es unter Umständen zu große Verluste bringt. Für ein RG 58 dürfte das Längenlimit bei 30 m liegen, wo dann der Verlust eine knappe halbe S-Stufe (3 dB) beträgt. Einen Ausweg bietet dann das „neue“ Aircell-Kabel, daß auch ziemlich leicht ist, aber auf 30 m mit einem Verlust von gut einem dB sehr günstig liegt. Überhaupt sei in diesem Zusammenhang auf die beiden Koaxtypen „Aircell 7“ und „aircomplus“ hingewiesen. Beide Kabeltypen sind äußerst dämpfungsarm und bringen deshalb ein Minimum an Verlusten. Dazu kommt noch, daß diese beiden Kabel sehr biegefreudig sind, und sich deshalb

in kleinsten Radien verlegen lassen, ohne daß sich die Kabelimpedanz durch innere mechanische Verschiebungen verändert.

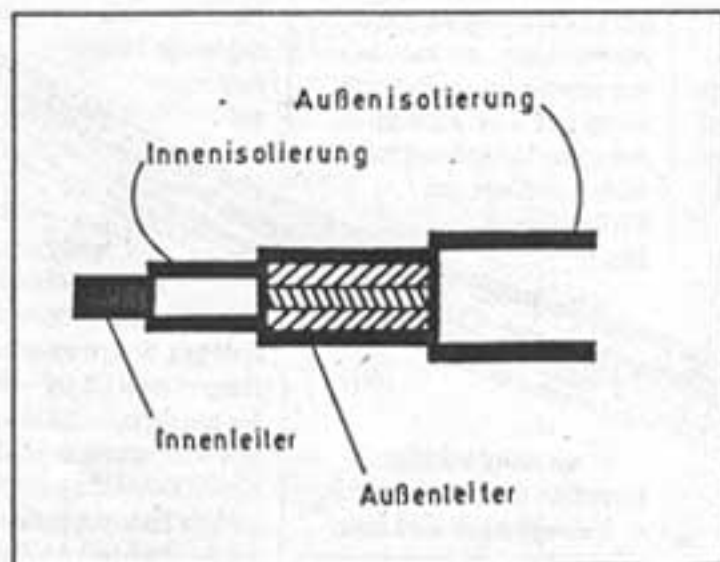
Der dritte Vorteil dieser Kabel ist, daß die Dichte der Schirmung 100% beträgt. Erreicht wird das dadurch, daß der Schirm aus einer Lage Kupferfolie plus einem Schirmgeflecht darum besteht.

Der Preis dieser beiden „Superkabel“ ist jedoch gegenüber den herkömmlichen Kabeln vier bis fünf Mal höher. Das sollte aber kein Argument dagegen sein, denn wer aus seiner Station das Letzte herausholen will – und die Zuleitungen verhältnismäßig lang sind – findet hier trotz des höheren Preises eine gute Lösung.

Eines sollte zu guter Letzt aber doch noch zu den beiden „Aircell-Kabeln“ bemerkt werden. Wenn sie der direkten Sonnenbestrahlung ausgesetzt sind, kann es zu Veränderungen der Impedanz kommen. Da im Dielektrikum ein hoher Luftanteil enthalten ist, wird dieser natürlich wegen der Sonnenwärme mehr oder weniger stark erhitzt. Dann dehnt die eingeschlossene Luft sich natürlich, und kann im Innern mechanische Veränderungen hervorrufen, was auf Kosten der Impedanz geht.

So ist beim Verfasser in einem Test mit einer Rauschbrücke in mehreren Messungen an verschiedenen Sommertagen großer Hitze festgestellt worden, daß das „Aircell 7“ bis zu 18% mehr Impedanz aufwies. Es sei aber unterstrichen, daß diese Messungen keineswegs als repräsentativ betrachtet werden können. Um wirklich Endgültiges zu sagen, bedarf es natürlich längerer Testreihen unter Laborbedingungen.

Jörg Teschner



Der Aufbau eines Koaxialkabels ist ganz simpel