

Inhaltsverzeichnis

1 Koaxialkabel für die HF- und Mikrowellentechnik.....	1
1.1 Wichtige Standardkabel.....	1
1.1.1 Flexible Standardkabel mit einfachem und doppeltem Geflechtschirm	1
1.1.2 Low Loss Kabel mit geschäumtem Dielektrikum und Folien-/Geflecht Außenleiter	2
1.1.3 Semi-Rigid Leitungen mit vollständig geschlossenem Außenleiterrohr	3
1.1.4 Handformbare Semi-Rigid Leitungen mit zinngetränktem Metallgeflecht.....	4
1.1.5 Flexible Mikrowellenkabel für hohe GHz-Frequenzen	4
1.1.6 Phasenstabile Kabel für die Messtechnik.....	5
1.1.7 Wellmantelkabel mit gewelltem Außenleiter	6
1.1.8 Rigid Line - Leitungen mit starrem Außenleiter und sehr großem Durchmesser	7
1.1.9 Koaxialkabel mit 75 Ohm Wellenwiderstand.....	7
1.1.10 Strahlende Kabel	7
1.1.11 Geräuscharme „Low Noise“ Kabel für kleine Spannungen	8
1.1.12 Triaxialkabel für kleine Ströme	8
1.1.13 Kabel für Vakuumanwendungen.....	8
1.1.14 Hochspannungskabel.....	8
1.2 Aufbau und Materialien.....	9
1.2.1 Der Innenleiter	9
1.2.1.1 Stahlinnenleiter.....	9
1.2.1.2 Kupferinnenleiter.....	9
1.2.1.3 Aluminiuminnenleiter	9
1.2.2 Das Dielektrikum.....	10
1.2.2.1 Feste und geschäumte Dielektrika	10
1.2.2.2 Luft.....	10
1.2.3 Der Außenleiter	10
1.2.3.1 Geflechtschirm	10
1.2.3.2 Folien-/Geflecht Außenleiter	10
1.2.3.3 Geschlossene Außenleiter	11
1.2.4 Der Kabelmantel	11
1.2.4.1 PVC (Polyvinylchlorid).....	11
1.2.4.2 PE (Polyethylen).....	11
1.2.4.3 FEP (Fluorethylenpropylen)	11
1.2.4.4 PFA (Perfluoroalkoxy).....	12
1.2.4.5 PUR (Polyurethan).....	12
1.2.4.6 Kapton	12
1.2.4.7 Spezielle Kabelmantel mit verbesserten Brandeigenschaften (z.B. LSOH, LSFH, FRNC)	13
1.2.5 Armierungen.....	13
1.3 Das Brandverhalten von Koaxialkabeln	14
1.3.1 Die Flammwidrigkeit.....	14
1.3.2 Die Brandfortleitung.....	14
1.3.3 Die Rauchdichte	14
1.3.4 Die Halogenfreiheit.....	14
1.3.5 Kabelmantel aus modifizierten Kunststoffen	14

1.3.6 Kabel zur festen Installation in Gebäuden (Bauprodukteverordnung).....	15
1.3.7 „Riser“ oder „Plenum“ Koaxialkabel	15
1.3.8 Normenübersicht.....	15
1.4 Elektrische und mechanische Eigenschaften von Koaxialkabeln	17
1.4.1 Nutzbarer Frequenzbereich (frequency range).....	17
1.4.2 Wellenwiderstand (characteristic impedance)	17
1.4.3 Kabeldämpfung (attenuation).....	18
1.4.4 Belastbarkeit (power capability)	19
1.4.5 Spannungsfestigkeit (operating voltage).....	20
1.4.6 Schirmdämpfung (screening effectiveness).....	20
1.4.7 Kopplungsimpedanz und -admittanz.....	20
1.4.8 Biegeradius (bend/flex radius).....	21
1.4.9 Verkürzungsfaktor, Ausbreitungsgeschwindigkeit und Laufzeit.....	21
1.4.10 Rückflusdämpfung, SRL und SWR	21
1.4.11 Phasen- und Amplitudenstabilität.....	22
1.4.12 Temperaturbereich (operating temperature range)	22
2 Hochfrequenz-Steckverbinder	25
2.1 Technische Eigenschaften	25
2.1.1 Definition von Stecker und Buchse	25
2.1.2 Reverse Polarity - umgekehrte Polarität).....	25
2.1.3 Schlitzfreie Innenleiter für Präzisionssteckverbinder	25
2.1.4 Festgehaltene Innenleiter	26
2.1.5 Steckzyklen - begrenzte Lebensdauer	26
2.1.6 Der Wellenwiderstand.....	26
2.1.7 Frequenzbereich	27
2.1.8 Dämpfung und Belastbarkeit	27
2.1.9 Schirmdämpfung	27
2.1.10 Referenzebene	27
2.1.11 Steckverbinderkompatibilität.....	28
2.1.12 Kopplungsmechanismen	28
2.1.12.1 Schraubverschluss (Screwed Coupling).....	29
2.1.12.2 Bajonettverschluss (Bayonet Coupling Mechanism)	29
2.1.12.3 Schnappverschluss (Snap-on).....	29
2.1.12.4 Einrastmechanismus (Push-Pull).....	29
2.1.12.5 Gleitkontakt (Slide-on)	29
2.1.13 Materialien und Oberflächen.....	29
2.1.13.1 Nickel	29
2.1.13.2 Weißbronze	30
2.1.13.3 Silber.....	30
2.1.13.4 Gold	30
2.1.14 Verbindungstechniken	30
2.1.14.1 Crimptechnik.....	30
2.1.14.2 Lötverbindung	30
2.1.14.3 Steckverbindung (nur Innenleiter)	31
2.1.14.4 Klemmung (nur Außenleiter)	31
2.1.15 Steckverbinder im Außenbereich.....	32

2.1.16 Ruggedized Test Port (NMD)	32
2.1.17 Der Knickschutz	32
2.1.17.1 Knickschutztüllen.....	33
2.1.17.2 Schrumpfschlauch.....	33
2.1.17.3 Niederdruck-Spritzguss	33
2.1.18 Passive Intermodulation (PIM).....	33
2.2 Wichtige Steckverbinder.....	35
2.2.1 N-Steckverbinder	35
2.2.2 QN-Steckverbinder	35
2.2.3 SnapN-Steckverbinder	35
2.2.4 BNC-Steckverbinder	36
2.2.5 (Mini) HD-BNC Steckverbinder	36
2.2.6 TNC-Steckverbinder.....	36
2.2.7 SMA-Steckverbinder	37
2.2.8 Der 3.50 mm-Steckverbinder	37
2.2.9 Der 2.92 mm-Steckverbinder	38
2.2.10 QMA- und QLS®-Steckverbinder.....	38
2.2.11 Der 2.40 mm-Steckverbinder	38
2.2.12 Der 1.85 mm-Steckverbinder	39
2.2.13 Der 1.35 mm (E)-Steckverbinder.....	39
2.2.14 Der 1.00 mm-Steckverbinder	39
2.2.15 Der 7 mm-Steckverbinder	40
2.2.16 BMA, OSP und RPC-SP	40
2.2.17 SMP-Steckverbinder	40
2.2.19 Der SMB/SMZ-Steckverbinder	42
2.2.20 SSMB-Steckverbinder	42
2.2.21 Der SMC-Steckverbinder.....	42
2.2.22 SSMC-Steckverbinder	43
2.2.23 Fakra / SMBA® Steckverbinder.....	43
2.2.24 MCX-Steckverbinder	43
2.2.25 MMCX-Steckverbinder	43
2.2.26 SSMCX-Steckverbinder	43
2.2.27 Der 7-16-Steckverbinder.....	44
2.2.28 Der 4.3-10-Steckverbinder.....	44
2.2.29 NEX10® Steckverbinder	44
2.2.30 UHF-Steckverbinder	44
2.2.31 Mini-UHF-Steckverbinder	45
2.2.32 FME-Steckverbinder	45
2.2.33 F-Steckverbinder.....	45
2.2.34 U.FL / UMCC-Stecker	45
2.2.35 Insert Coax 1.0-2.3.....	46
2.2.36 Insert Coax D-SUB	46
2.2.37 MHV-Steckverbinder	46
2.2.38 SHV-Steckverbinder.....	46
2.2.39 HN-Steckverbinder	47
2.2.40 LEMO 00.250 Steckverbinder	47

3 Konfektionierte Hochfrequenzkabel	49
3.1 Spezifikationen konfektionierter Koaxialkabel	49
3.1.1 Längendefinition und Toleranz.....	49
3.1.2 Orientierung der Steckverbinder.....	49
3.1.3 Phase Matching.....	50
3.2 Messungen an fertigen Kabeln	50
3.2.1 Durchgangstest mit Ohmmeter.....	50
3.2.2 Durchschlagstest (Hipot-Test).....	50
3.2.3 Frequenzmessung mit dem Netzwerkanalysator	51
3.2.3.1 Kalibrierung und Adapter	51
3.2.3.2 Messungen von sehr langen Kabeln.....	51
3.2.3.3 Messung mit nur einem Port (S11).....	51
3.2.3.4 Messung der Rückflussdämpfung beider Steckverbinder des Kabels.....	52
3.2.4 Messung der passiven Intermodulation (PIM).....	52
3.3 Messprotokolle interpretieren	52
3.3.1 Abweichungen bei unterschiedlichen Produktionschargen des Kabels.....	53
3.3.2 Peaks durch periodische Störstellen.....	54
3.3.3 Bewegungsabhängigkeiten bei Folien-/Geflechtkabeln	54
3.4 Feeder, Patch und Jumperkabel	57
3.5 Zubehör und Schutzelemente für konfektionierte Koaxialkabel	57
3.5.1 Schutzkappen	57
3.5.2 „Port Saver“ Adapter für Testkabel.....	57
3.5.3 Schnellverschluss-Adapter	58
3.6 Koaxialkabel für Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt	58
Literatur	59
Anhang A: Frequenzbereiche von Steckverbindern.....	62
Anhang B: Anzugsdrehmoment Steckverbinder	63
Anhang C: Reinigung von Steckverbindungen	64
C.1 Reinigungsablauf verschmutzter Steckverbinder.....	64
Anhang D: Vergleichstabellen	65
Vergleichstabelle - Steckverbinder 50 Ohm	67
Vergleichstabelle - Steckverbinder 50 Ohm	68
Vergleichstabelle - Steckverbinder 75 Ohm und Hochspannung.....	69
Vergleichstabelle - Standardkabel.....	70
Vergleichstabelle - Halogenfreie und dämpfungsarme Kabel.....	71
Vergleichstabelle - Mikrowellenkabel und Semi-Rigid.....	72
Vergleichstabelle - 75 Ohm Koaxialkabel	73
Vergleichstabelle - Low Loss (Funktechnik)	74
Vergleichstabelle - Low Loss (Funktechnik)	75