

Antennentechnik

Antennentechnik

Rechtlches:

Bei den in dieser Präsentation verwendeten Grafiken handelt es sich überwiegend um selbst erstellte Fotos oder Grafiken. Sobald eine Quellenangabe vorhanden ist, wurde diese Grafik/dieses Bild von einer Person oder Firma zur Verwendung in dieser Schulung Verfügung gestellt (vielen Dank dafür!) oder einer Webseite oder einem öffentlich zugänglichen Dokument entnommen. Aus diesem Grund darf diese Präsentation ausschließlich für Ausbildungszwecke verwendet werden. Die abgebildeten Produkte sind ausschließlich repräsentative Beispiele und keine vollständige Marktübersicht. Es soll keine Bewerbung stattfinden. Auf eine Anonymisierung wurde daher verzichtet. Aussagen bezüglich Normen und Vorschriften/Anforderungen stellen den Stand des Jahres 2024 dar und sind später ggf. so nicht mehr gültig. Wenn in diesen Unterlagen der Einfachheit halber die maskuline Form eines Begriffs verwendet wird (z.B. „der Elektriker“), so soll dies auch ohne Diskriminierung die feminine Form („die Elektrikerin“) sowie Personen mit „diversem“, „undefiniertem“ oder „sonstigem“ Geschlecht einschließen.

Antennentechnik

Kennenlernen

Referent:

- Klaus Müller, geboren 1971 in Flensburg
- 1987 Realschulabschluss
- 1987 - 1991 Berufsausbildung „Kommunikationselektroniker Fachrichtung Funktechnik“ Ausbildungswerkstatt AG 52 Leck
- 1991 Kalibrierlabor Aufklärungsgeschwader 52 in Leck
- 1991-1992 Fachoberschule Technik in Flensburg
- 1992-1996 Studium Elektrotechnik, Fachrichtung Nachrichtentechnik, Spezialisierung in Hochfrequenztechnik/EMV an der FH Flensburg
- 1995 Fachpraktikum und 1996 Diplomarbeit „Entwicklung eines kaskadierbaren DiSEqC-Multischaltersystems“ bei Spaun electronic
- 1996-2003 HF-Entwickler bei Spaun electronic, ab 1999 als Entwicklungsleiter
- 2004 Gründung JULTEC technology GmbH, Geschäftsführer
- 2007 Gründung JULTEC GmbH, Geschäftsführer
- Seit 2012 im DKE K735 in der Normung tätig, „Vater“ der EN 50607
- Vertreter der DKE in CENELEC und IEC in WG 1 und WG 8
- Seit 2023 berufener Mitarbeiter im K735

Antennentechnik

Übersicht

- Frequenzen, Antennen und Polarisation
- Dezibel, Pegel, Pegelbereiche
- Impedanz, Reflektion, Intermodulation, Rauschen, Ingress
- Modulationsarten
- Komponenten (Kabel, Dosen, Weichen, Relais, Multischalter, Einkabelsysteme, Kopfstellen)
- Glasfaserübertragung
- Steuersignale für LNBs, Multischalter und Einkabelsysteme
- Konfiguration von Geräten
- Normative/rechtliche Anforderungen an Antennensysteme
- Planung eines Antennensystems
- Messtechnik: Pegel, MER, BER, Paketfehler, Phasenrauschen
- Ausrichtung einer Parabolantenne
- Fehlersuche

Antennentechnik

Grundlagen → Motivation

Heutzutage wird eine ganze Reihe an Radio- und Fernsehdiensten über das Internet angeboten, warum unterhalten wir uns noch über den „almodischen“ Rundfunk?

- Rundfunk lässt sich insbesondere bei drahtloser Übertragung kaum durch Regierungen einschränken. Ich bestimme beispielsweise selbst, auf welche Satelliten ich meine Antenne ausrichte. Somit ist jederzeit ein unabhängiger Zugriff auch auf ausländische Programme möglich.
- Rundfunk ist ein Programmangebot, welches anonym und ohne Einschränkungen genutzt werden kann. Die Auswahl einer bestimmten Sendung erfolgt beim Benutzer. Die anonyme Nutzung stellt sicher, dass nicht nachvollziehbar ist, wer welche Inhalte bzw. Quellen nutzt oder bevorzugt.
- Der freie Rundfunk ist eine wichtige Säule unserer Demokratie. Der Rundfunk ist in Deutschland, auch aufgrund negativer Erfahrungen in der Vergangenheit, unter einen besonderen Schutz gestellt.

Antennentechnik

Grundlagen → Motivation

TV- und Radioprogramme werden schon lange digital verbreitet. Es ist möglich, die entsprechenden Datenpakete auch über IP-Netze zu versenden.

- Gewünschte „Streams“ müssen in IP-Netzen immer angefordert werden. Dies ist nur mit der Übermittlung der eigenen IP-Adresse möglich. Somit ist die Anforderung nicht mehr anonym und damit **kein Rundfunk** mehr.
- Die Nutzung wird protokolliert, ausgewertet und Nutzerprofile erstellt. Persönliche Vorlieben werden nicht nur zur „Programmempfehlung“ genutzt, sondern können auch mit weiteren Daten verknüpft werden (Google-Suche, Bewegungsprofil). Das gezielten Ausspielen von Werbung ist dabei eine der harmlosesten Anwendungen.
- Netzbetreiber müssen staatlichen Stellen im Zuge der Vorratsdatenspeicherung Daten übermitteln.
- Der Einsatz von Geoblocking ist sowohl seitens der Programmanbieter, als auch durch staatliche Behörden oder staatliche Anordnungen leicht möglich (und wird heute schon praktiziert).
- Systembedingt findet eine teilweise erhebliche Zeitverzögerung statt.
- IPTV setzt einen leistungsfähigen und stabilen Internetzugang voraus.

Antennentechnik

Grundlagen → Informationsübertragung

Energieübertragung ↔ Informationsübertragung

Installationen der Energietechnik und der Informationstechnik unterscheiden sich grundlegend voneinander. Es gibt nur geringe Überschneidungen.

	Energieübertragung	Informationsübertragung
Frequenz	50 Hz (16,7 Hz)	DC bis einige GHz
Spannung	230/400 V (10/15/20 kV)	µV bis V
Übertragung	Einphasig, Drehstrom	Koaxial oder symmetrisch (oder per Glasfaser)
Anpassung	Spannungsanpassung	Impedanzanpassung
Verteilung	Parallelschaltung	Spezielle Verteiler

Antennentechnik

Grundlagen → Frequenzbereiche

Frequenzen und Wellenlängen

Frequenz und Wellenlänge stehen in einem festen Verhältnis zueinander:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$\text{Wellenlänge} = \frac{\text{Lichtgeschwindigkeit}}{\text{Frequenz}}$$

Die Lichtgeschwindigkeit hängt vom Medium ab.

Sie beträgt etwa 300 000 km/s.

Merke:

Die Wellenlänge von 100 MHz beträgt 3 m.

Die Wellenlänge von 1 GHz beträgt 30 cm (der „GHz-Fuß“).

Antennentechnik

Grundlagen → Frequenzbereiche

Frequenzbereiche

Frequenz	Wellenlänge	Anwendung
16 Hz .. 16 kHz		Vom Menschen hörbarer Bereich
16,7 Hz	etwa 18 000 km	Bahnstrom
50 Hz	etwa 6 000 km	Netzfrequenz
77,5 kHz	etwa 3 900 m	DCF 77
526 kHz .. 1606 kHz	570 m .. 187 m	Mittelwellen-Rundfunk
5 MHz .. 862 MHz	60 m .. 348 mm	Breitband-Kabelfernsehen
87,5 MHz .. 108 MHz	3,43 m .. 2,78 m	UKW-Rundfunk
174 MHz .. 230 MHz	1,73 m .. 1,3 m	DAB(+) -Rundfunk
470 MHz .. 694 MHz	640 mm .. 430 mm	DVB-T(2)-Fernsehen
950 MHz .. 2150 MHz	316 mm .. 140 mm	1. Satelliten-ZF
10,7 GHz .. 12,75 GHz	28 mm .. 23,5 mm	Sat-Downlink Ku-Band
193,5 THz	1550 nm	Wellenlänge auf Glasfaser
229 THz	1310 nm	Wellenlänge auf Glasfaser
400 THz .. 790 THz	750 nm .. 380 nm	sichtbares Licht
	etwa 10 nm	Röntgenstrahlen

Antennentechnik

Grundlagen → Antenne

Der Dipol

Ein metallischer Leiter wird von einem elektromagnetischen Feld zum Schwingen angeregt, wenn seine Länge die Hälfte oder ein Vielfaches der Wellenlänge beträgt.

Trennt man diesen Leiter in der Mitte auf, so kann man eine elektrische Energie abgreifen.

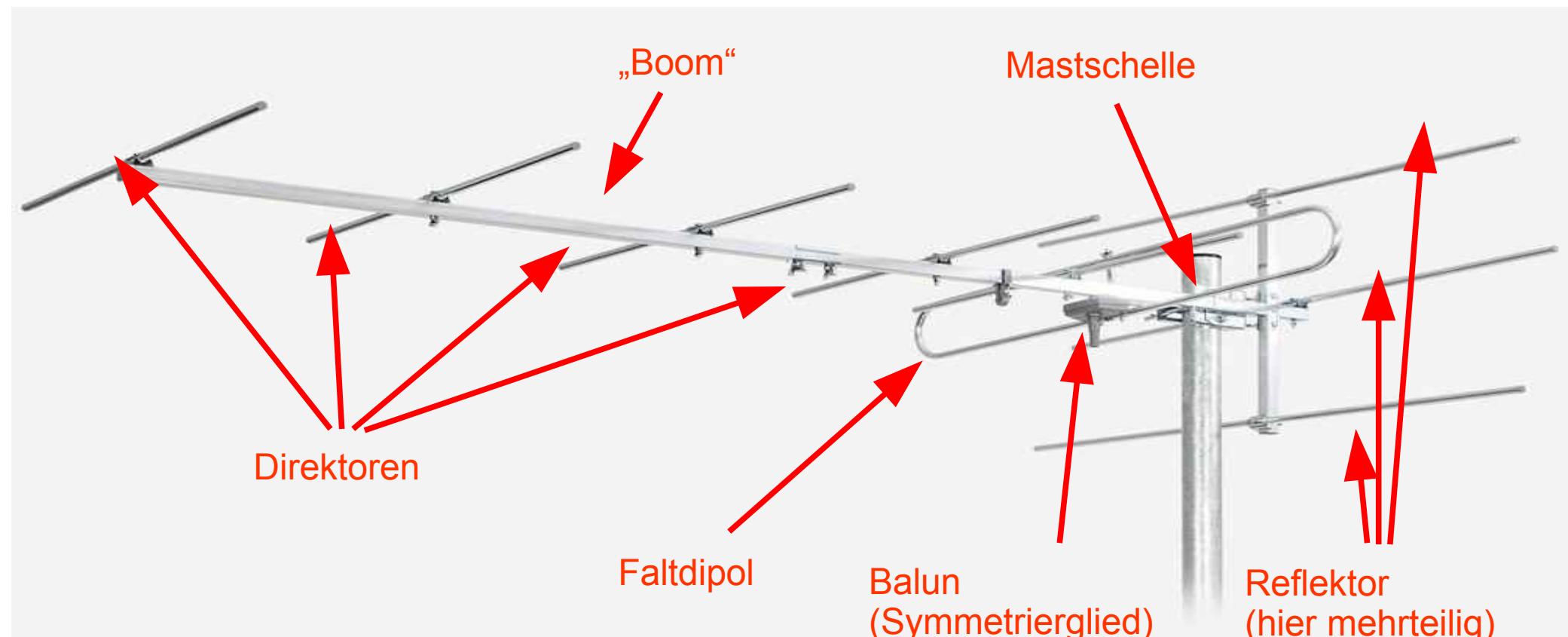
Die Breite einer Antenne (Länge des Dipols) bestimmt, für welche Frequenz die Antenne geeignet ist. Die Bandbreite einer Antenne ist maximal eine Oktave (eine Oktave ist eine Verdopplung der Frequenz), da sich bei einer Frequenzverdopplung die Effekte umkehren. Daher sind TV-Bereiche immer schmäler als eine Oktave.

Das Nutz-Frequenzband fällt aber außerhalb des Nutzbandes nicht so scharf ab, dass es keine Störungen durch benachbarte Funkdienste geben könnte. **Daher müssen Antennen immer selektiv (also über Bereichsweichen) auf breitbandige Eingänge geschaltet werden.**

Antennentechnik

Grundlagen → Antenne

Aufbau einer Yagi-Antenne



Bildquelle: www.fuba.de

Antennentechnik

Grundlagen → Antenne



VHF-Antenne (Bildquelle www.fuba.de)



UHF-Antenne
(Bildquelle www.fuba.de)



aktive Flachantenne
(Bildquelle www.kathrein-ds.com)



Parabolantenne mit zwei LNBs

Antennentechnik

Grundlagen → Antennengewinn

Der Antennengewinn

Der Gewinn wird üblicherweise als Wert gegenüber dem Empfang mit einen Dipol in dB angegeben. Bei einigen Antennen wird der Wert gegenüber einen isotropen Strahler angegeben, dann ist die Einheit dBi.

Je länger eine Yagi-Antenne ist, umso mehr Direktoren hat sie, umso mehr Richtwirkung hat sie und umso mehr Gewinn hat sie.

Bei besonders schwierigen Empfangsverhältnissen kann man mehrere Antennen zu einem „Phased Array“ koppeln und so Richtwirkung und Gewinn erhöhen.

Bei Parabolantennen hängen Gewinn und Öffnungswinkel vom Reflektordurchmesser ab. Wichtig ist, dass das Feedhorn zum Reflektor passt und im Brennpunkt montiert wird.

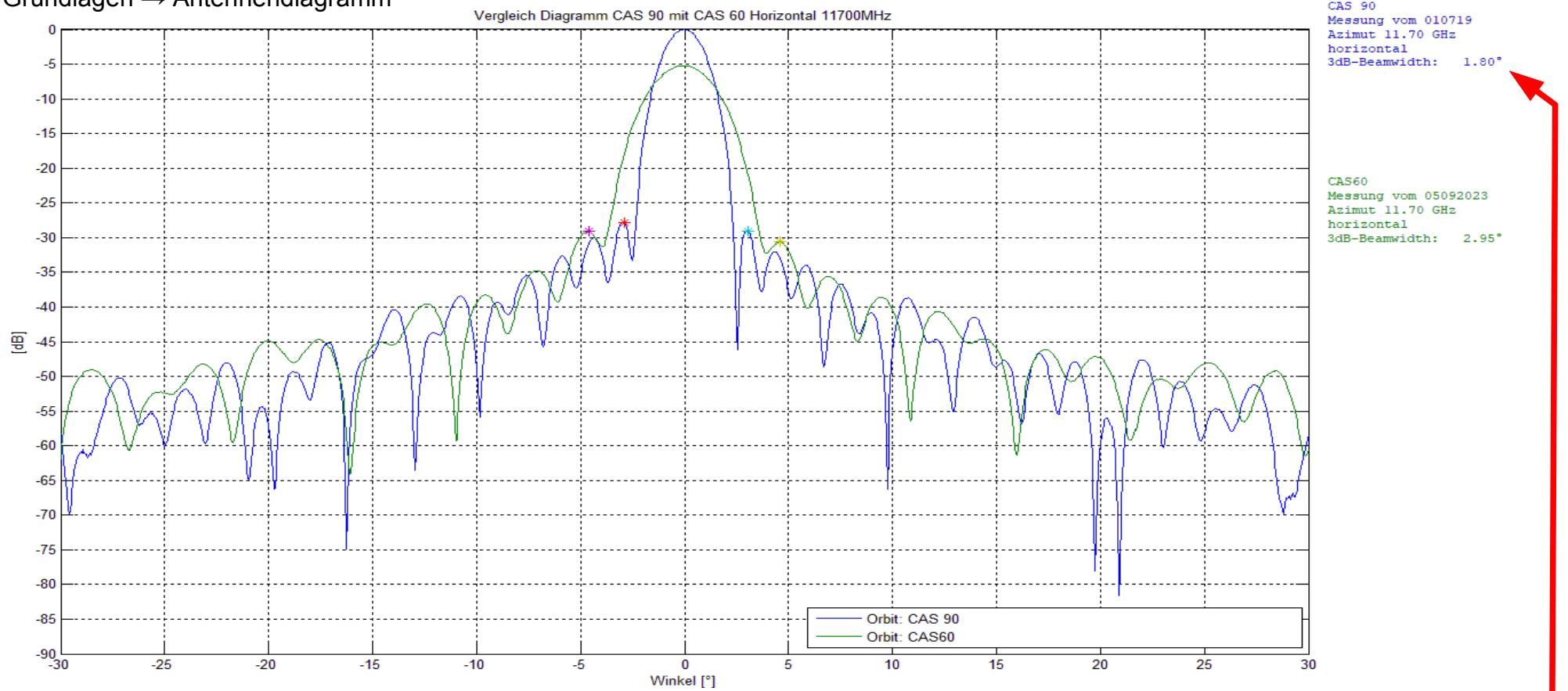
Antennentechnik

Grundlagen → Phased Arrays



Antennentechnik

Grundlagen → Antennendiagramm



Vergleich der Öffnungswinkel von Parabolantennen 90 cm und 60 cm.

Ein größerer Reflektor bedeutet mehr Gewinn und einen kleineren Öffnungswinkel.

→ Bei Parabolantennen ist immer eine sehr genaue Ausrichtung erforderlich, $\pm 0,9^\circ$ aus dem Optimum bedeuten bereits eine Halbierung des Signals!

Antennentechnik

Grundlagen → Aktivantenne

Eine Antenne ist grundsätzlich ein passives Element. Es gibt jedoch Antennen, welche bereits einen Verstärker eingebaut haben, das sind so genannte Aktivantennen.

Aktivantennen benötigen eine Energieversorgung, meistens in Form von Fernspeisung über die Ausgangsbuchse.

Achtung, Antennen unterschiedlicher Anbieter können unterschiedliche Speisespannungen haben!

Aktivantennen können so aufgebaut sein, dass mehrere Antennenelemente für verschiedene Frequenzbereiche bereits in der Antenne zusammengeschaltet sind.

Aktivantennen neigen insbesondere in Sendernähe zu Übersteuerung. Bei Aktivantennen ist auf ein eingebautes LTE-Filter zu achten!

Achtung! Passive Antennen stellen für eine Fernspeisung einen Kurzschluss dar. Einige Baluns lassen sich durch Fernspeisung zerstören!

Antennentechnik

Grundlagen → Polarisation

Bei der Polarisation wird die Richtung nach dem E-Vektor benannt (der H-Vektor steht senkrecht dazu).

Es wird zwischen linearer Polarisation und zirkularer Polarisation unterschieden:

- Bei linearer Polarisation wechselt das Feld innerhalb einer Ebene. Die Polarisation ist üblicherweise vertikal oder horizontal, kann aber auch schräg sein. Insbesondere bei terrestrischer Abstrahlung ergeben sich unterschiedliche Ausbreitungsbedingungen.
- Bei zirkularer Polarisation beschreibt das Feld eine Kreisbahn. Realisiert wird dies durch eine vertikale und eine horizontale Antenne, denen das Signal um 90° Phasenverschoben zugeführt wird.
 - Vorteil: gutes Eindringen in Gebäude, bei Sat keine Skew-Ausrichtung
 - Nachteil: nur für schmale Frequenzbänder geeignetWird bei Sat nur noch bei DBS-Systemen in den USA eingesetzt

Antennentechnik

Grundlagen → Polarisation

Bei Antennen für vertikale Polarisation ist darauf zu achten, dass der Antennenmast hinter dem Reflektor ist. Eine vertikal polarisierte Antenne muss also entweder mit einem Mastausleger seitlich weg vom Mast oder vor dem Mast montiert werden.

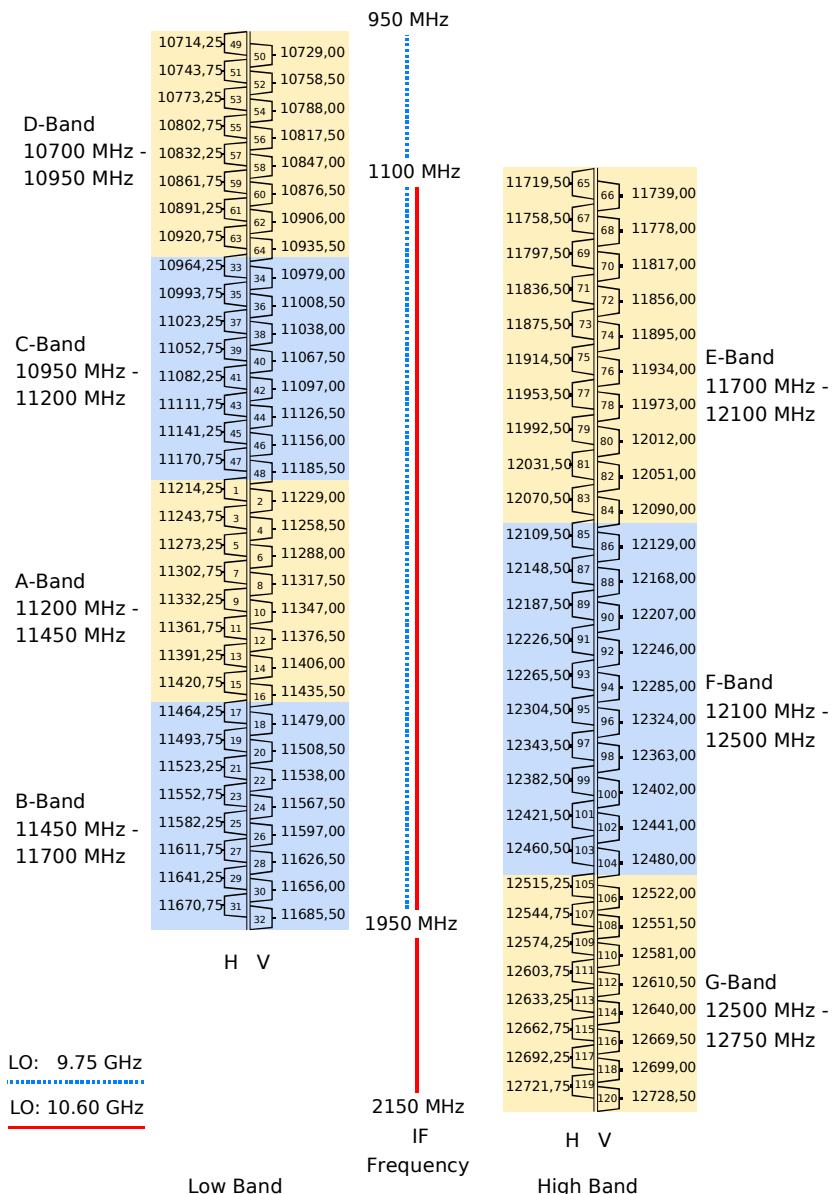
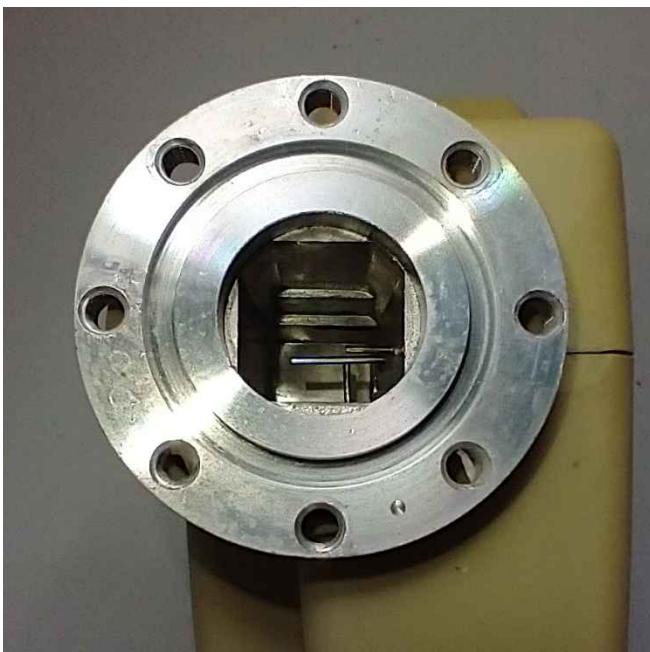


VHF-Antenne für vertikale Polarisation
(Bildquelle www.kathrein-ds.com)

Antennentechnik

Grundlagen → Polarisation

Die beiden Polarisationsebenen stehen üblicherweise senkrecht zueinander („orthogonal“). Eine Antenne empfängt je nach Ausrichtung hauptsächlich die Signale einer Polarisationsebene. Somit kann der gleiche Frequenzbereich doppelt genutzt werden, was bei der Satellitenübertragung absolut üblich ist.



Bildquelle: SES-Astra

Antennentechnik

Grundlagen → Antenne

Auswahlkriterien terrestrische Antenne:

- Frequenzbereich
- erforderlicher Gewinn (hängt von der Feldstärke ab)
- Aktivantenne erforderlich?
- Korrosionsbeständigkeit
- Kunststoffanteil (Kunststoff wird im Laufe der Zeit bröckelig)

Auswahlkriterien Parabolantenne:

- Reflektordurchmesser (hängt von der Stärke des Satelliten ab)
- PFA-Antennen möglichst vermeiden (spezielles Feedhorn, Schnee)
- Art der LNB-Halterung (40 mm-Hals oder Spezialaufnahme)
- Material von LNB-Schelle und AzEl-Halterung (möglichst Metall)
- Material der Schrauben (möglichst Edelstahl. Kopfform?)
- präzise Elevationsführung
- Gesamtstabilität (insbesondere des Feedarms)
- verfügbare Multifeedschiene (höhenverstellbar? kippbar?)

Antennentechnik

Grundlagen → Antennenmasten

Eine Antenne muss auch irgendwie befestigt werden.
Grundlage für stabilen Empfang ist eine stabile
Montage!

- ausreichend lange Schrauben verwenden!
- Anbindung für Erdung?



(Bildquelle www.satshop-heilbronn.de)



Dachsparrenhalter „Herkules“
(Bildquelle www.durasat.de)

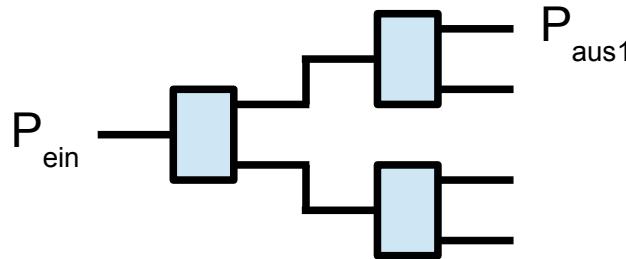
Antennentechnik

Grundlagen → Dezibel

Das Dezibel

Beispiel:

Es steht ein Watt Leistung zur Verfügung. Dieses soll zunächst über einen idealen Zweifachverteiler, danach noch einmal über einen weiteren idealen Zweifachverteiler verteilt werden.



$$P_{\text{aus1}} = P_{\text{ein}} \times 0,5 \times 0,5 = 0,25 \times P_{\text{ein}}$$

→ lästige Multipliziererei!

Antennentechnik

Grundlagen → Dezibel

Das Dezibel

Einführung einer Hilfs-Maßeinheit, benannt nach Alexander Graham Bell.

Das **Dezibel** drückt das **Verhältnis** zweier Werte zueinander in logarithmischer Form aus.

Man kann also niemals eine bestimmte Größe wie eine Lautstärke, einen Pegel, eine Spannung oder eine Leistung in Dezibel ausdrücken! Um dies zu tun, ist immer die Nennung des jeweiligen Bezugs notwendig!

$$a = 10 \log \frac{P_1}{P_2}$$

Merke:

Faktor	1/100	1/10	1/4	1/2	1	2	4	10	100
Dezibel	- 20 dB	- 10 dB	- 6 dB	- 3 dB	0 dB	+ 3 dB	+ 6 dB	+ 10 dB	+ 20 dB

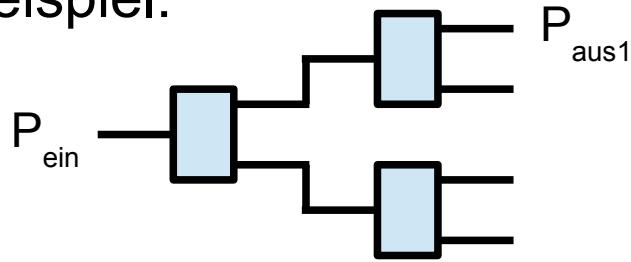
Achtung, diese Tabelle gilt für Leistung, nicht für Spannung!

Antennentechnik

Grundlagen → Dezibel

Das Dezibel

Beispiel:



$$P_{\text{aus1}} = P_{\text{ein}} \times 0,5 \times 0,5 = 0,25 \times P_{\text{ein}}$$

erster Verteiler: $a = 10 \log \frac{0,5}{1} = -3 \text{ dB}$

beide Verteiler: $a = 10 \log \frac{0,25}{1} = -6 \text{ dB}$

Jeder Verteiler im Signalpfad beeinflusst – 3 dB, also insgesamt:
(- 3 dB) + (- 3 dB) = - 6 dB

→ **dank des Dezibels wird nur addiert und subtrahiert!**

Antennentechnik

Grundlagen → Dezibel

Das Dezibel

Leistung ↔ Spannung

Antennentechnik: R ist konstant 75 Ohm

$$P = \frac{U^2}{R} \quad a = 10 \log \frac{P_1}{P_2} = 20 \log \frac{U_1}{U_2}$$

Beispiel: halbe Spannung = viertel Leistung

$$a = 20 \log \frac{U_1}{U_2} = 20 \log \frac{1}{2} = -6 \text{ dB}$$

$$a = 10 \log \frac{P_1}{P_2} = 10 \log \frac{1}{4} = -6 \text{ dB}$$

→ wir müssen bei der Berechnung von Dämpfungen nicht darauf achten, ob wir es mit Spannungen oder Leistungen zu tun haben. Dies wird beim Umrechnen in dB berücksichtigt.

Antennentechnik

Grundlagen → Pegelangaben

Das Dezibel

Pegelangaben:

Angabe	Bezugsgröße	Anwendung
dB(μ V)	1 μ V	Antennentechnik
dB(mV)	1 mV	USA CATV-Technik, Kabelmodems
dB(m)	1 mW	allgemein in der HF gebräuchlich
dB(pW)	1 pW	EMV oder Lautstärke
dB(A)	menschliche Hörschwelle	Lautstärke

→ Es ist penibel darauf zu achten, dass der korrekte Bezug angegeben wird, ansonsten wird die Angabe wertlos!

Antennentechnik

Grundlagen → Pegelangaben

Das Dezibel, Pegelangaben

Beispiele:

$$0 \text{ dB}\mu\text{V} = 1 \mu\text{V} \cdot 10^{\frac{0}{20}} = 1 \mu\text{V} \cdot 10^0 = 1 \mu\text{V}$$

$$47 \text{ dB}\mu\text{V} = 1 \mu\text{V} \cdot 10^{\frac{47}{20}} = 1 \mu\text{V} \cdot 10^{2,35} = 224 \mu\text{V}$$

$$60 \text{ dB}\mu\text{V} = 1 \mu\text{V} \cdot 10^{\frac{60}{20}} = 1 \mu\text{V} \cdot 10^3 = 1 \text{ mV}$$

$$80 \text{ dB}\mu\text{V} = 1 \mu\text{V} \cdot 10^{\frac{80}{20}} = 1 \mu\text{V} \cdot 10^4 = 10 \text{ mV}$$

$$105 \text{ dB}\mu\text{V} = 1 \mu\text{V} \cdot 10^{\frac{105}{20}} = 1 \mu\text{V} \cdot 10^{5,25} = 178 \text{ mV}$$

$$120 \text{ dB}\mu\text{V} = 1 \mu\text{V} \cdot 10^{\frac{120}{20}} = 1 \mu\text{V} \cdot 10^6 = 1 \text{ V}$$

Antennentechnik

Grundlagen → Pegelbereiche

Normpegelbereiche

Die an Empfänger-Anschlussdosen einzuhaltenden Pegelbereiche für digitale Signale sind in der DIN EN 60728-101 (VDE0855-101) aufgeführt.

Standard	Pegelbereich	Max. Variation
DAB(+)	28 .. 94 dBµV	keine Angabe
DVB-T2	16 QAM: 38 .. 74 dBµV 64 QAM: 44 .. 74 dBµV	gesamt 12 dB Nachbarkanal 3 dB
DVB-C	64 QAM: 47 .. 67 dBµV 256 QAM: 54 .. 74 dBµV	gesamt 12 dB Nachbarkanal 3 dB
DVB-S/DVB-S2	47 .. 77 dBµV unabhängig von der Modulation	„in Beratung“ (persönliche Empfehlung: max +10 dB bzw. - 5 dB Schräglage)
DOCSIS	Sendepiegel des Kabelmodems: 105 dBµV (regelt sich automatisch aus!)	max. 5 dB Variation zwischen Dosen

Antennentechnik

Grundlagen → Pegelbereiche

Normpegelbereiche

Die an Empfänger-Anschlussdosen einzuhaltenden Pegelbereiche für analoge Signale sind in der DIN EN 50083-7 aufgeführt.

Standard	Pegelbereich	
UKW-Hörfunk	mono: 40 .. 70 dBµV stereo: 50 .. 70 dBµV	
Analog-TV	bis 20 Kanäle: 60 .. 80 dBµV mehr als 20: 60 .. 77 dBµV	

Antennentechnik

Grundlagen → Impedanz

Impedanz

In der Hochfrequenztechnik spricht man nicht von „Widerstand“, sondern von „Impedanz“. Es ist vom Grundsatz her das Gleiche, jedoch ist der Widerstand eine Gleichstromgröße, während die Impedanz eine Wechselstromgröße ist.

Der Widerstand lässt sich mit einem Multimeter messen, für die Impedanz sind spezielle Messgeräte erforderlich.

Die Impedanz wird nicht nur durch ohmsche, sondern auch durch kapazitive und induktive Effekte bestimmt. Die Impedanz kann über der Frequenz variieren.

In der Antennentechnik beträgt die Nennimpedanz 75 Ohm.

Antennentechnik

Grundlagen → Reflektion

Reflektion

Ändert sich die Impedanz einer Übertragungsleitung oder hat eine Verteilkomponente eine andere Impedanz, wird ein Teil der Hochfrequenz-Energie an der Übergangsstelle reflektiert. Dieser Effekt ist z.B. auch in der Optik bekannt (Spiegelung an Glasscheiben).

Bei Licht haben unterschiedliche Medien (Glas/Luft) unterschiedliche Brechungsindices. In der Hochfrequenz wird diese Eigenart als Impedanz bezeichnet.



Quelle: www.debeste.de

Antennentechnik

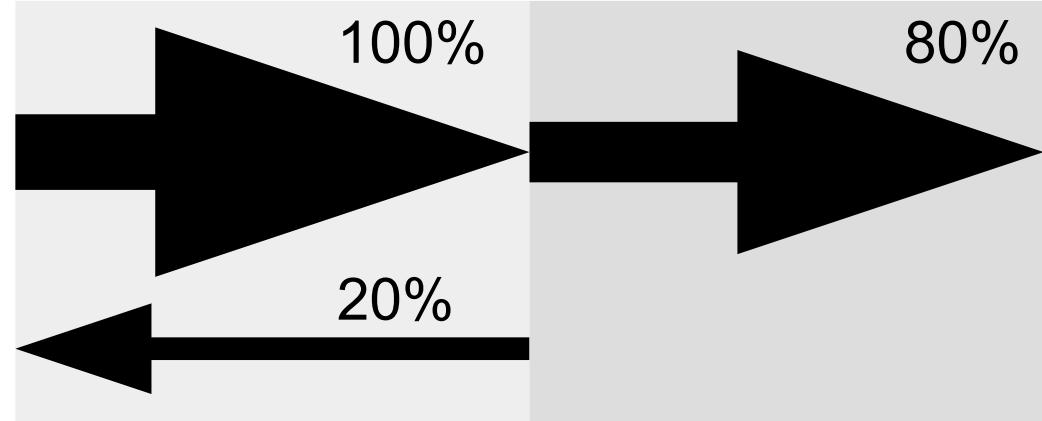
Grundlagen → Reflektion

Reflektion → Rückflussdämpfung

Reflektion verursacht einen Verlust an Signalenergie. Je weniger reflektiert wird, umso besser. In der Antennentechnik wird hierfür der Begriff „Rückflussdämpfung“ verwendet. In der Amateurfunktechnik ist dagegen die Angabe „VSWR“ geläufig.

Die Rückflussdämpfung wird in dB ausgedrückt.

Das zurückreflektierte Signal fehlt in der Signalrichtung, es tritt also ein Signalverlust auf.



Beispiel: 20 % der Energie werden an der Stoßstelle reflektiert

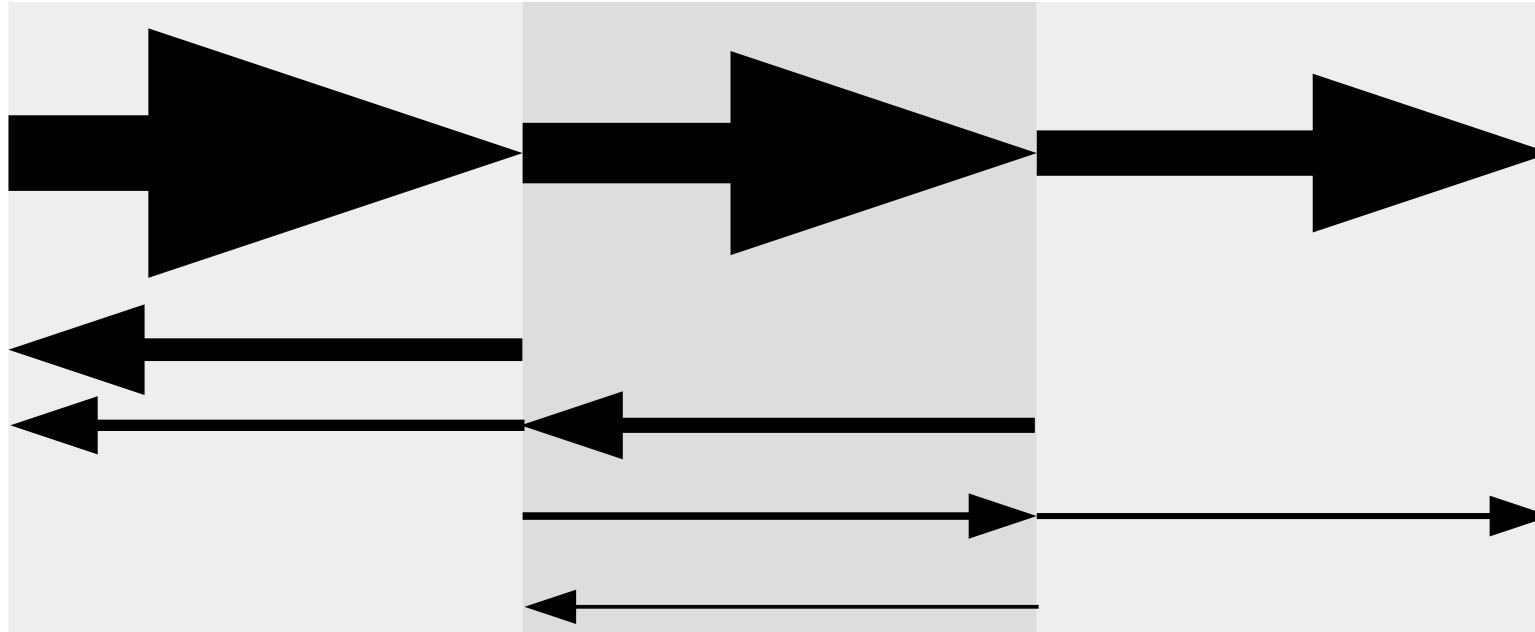
$$\text{Rückflussdämpfung} = 10 \log \frac{20}{100} = -7 \text{ dB}$$

$$\text{Durchgangsdämpfung} = 10 \log \frac{80}{100} = -1 \text{ dB}$$

Antennentechnik

Grundlagen → Reflektion

Reflektion → Mehrfach-Reflektion

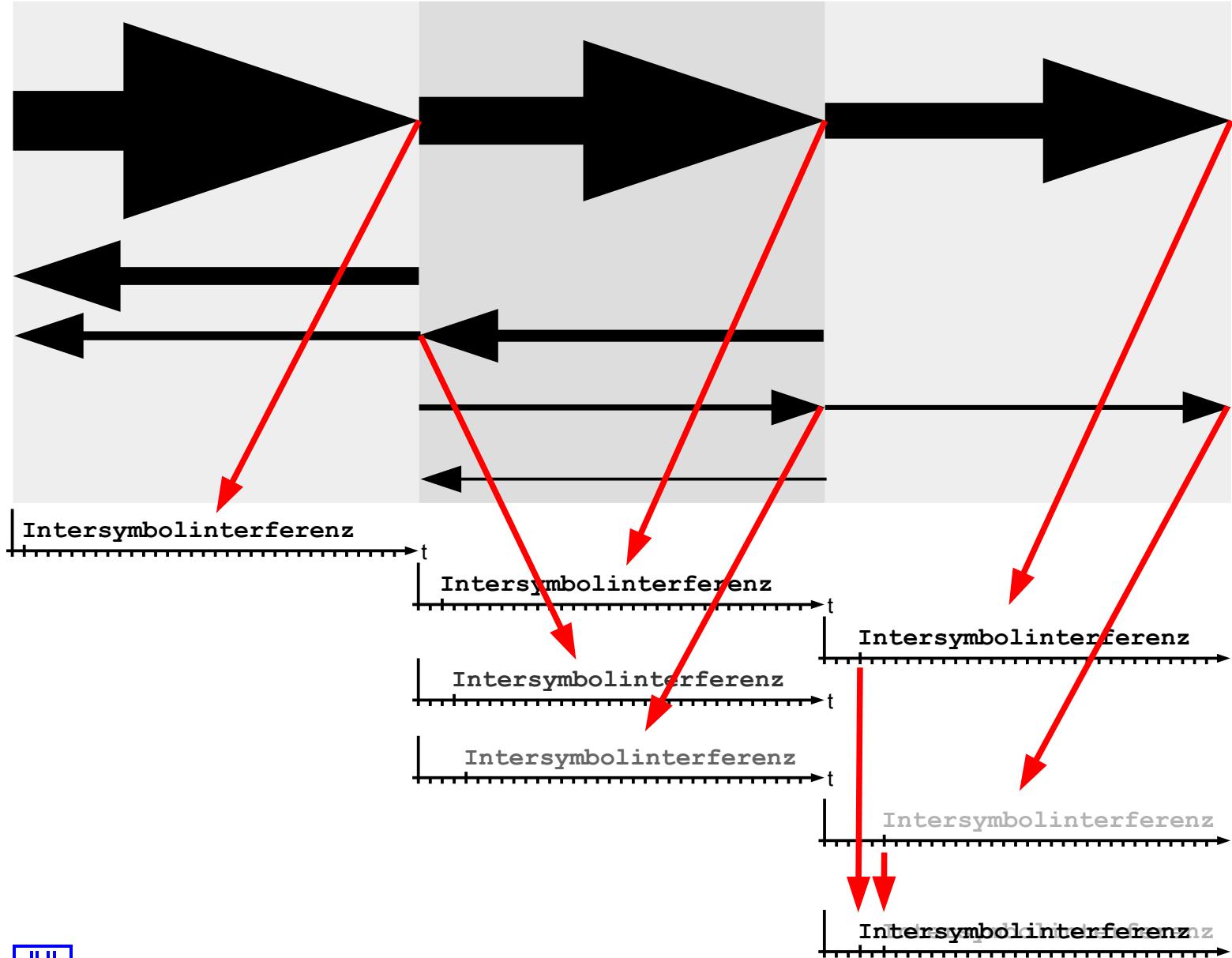


Problematisch ist, dass ein doppelt reflektiertes Signal in der originalen Signalfussrichtung liegt und sich zeitverzögert zum Nutzsignal addiert. Dies kann je nach Frequenz gleichphasig geschehen, aber eben auch gegenphasig. Daraus resultieren Welligkeiten und eventuell Inter-Symbol-Interferenzen, die die Signalqualität drastisch verschlechtern.

Antennentechnik

Grundlagen → Reflektion

Reflektion → Mehrfach-Reflektion



Antennentechnik

Grundlagen → Intermodulation

Intermodulation

Klirr: Aus der Audiotechnik ist der Begriff „Klirr“ bzw. „Klirrfaktor“ bekannt. Wird ein Verstärker übersteuert, also in den nicht mehr linearen Bereich ausgesteuert, so entstehen Oberwellen des Signals.

Intermodulation ist das Zusammenspiel mehrerer Signale an einer nichtlinearen Kennlinie. Hier geht es nicht um Oberwellen, sondern um **Mischprodukte**.

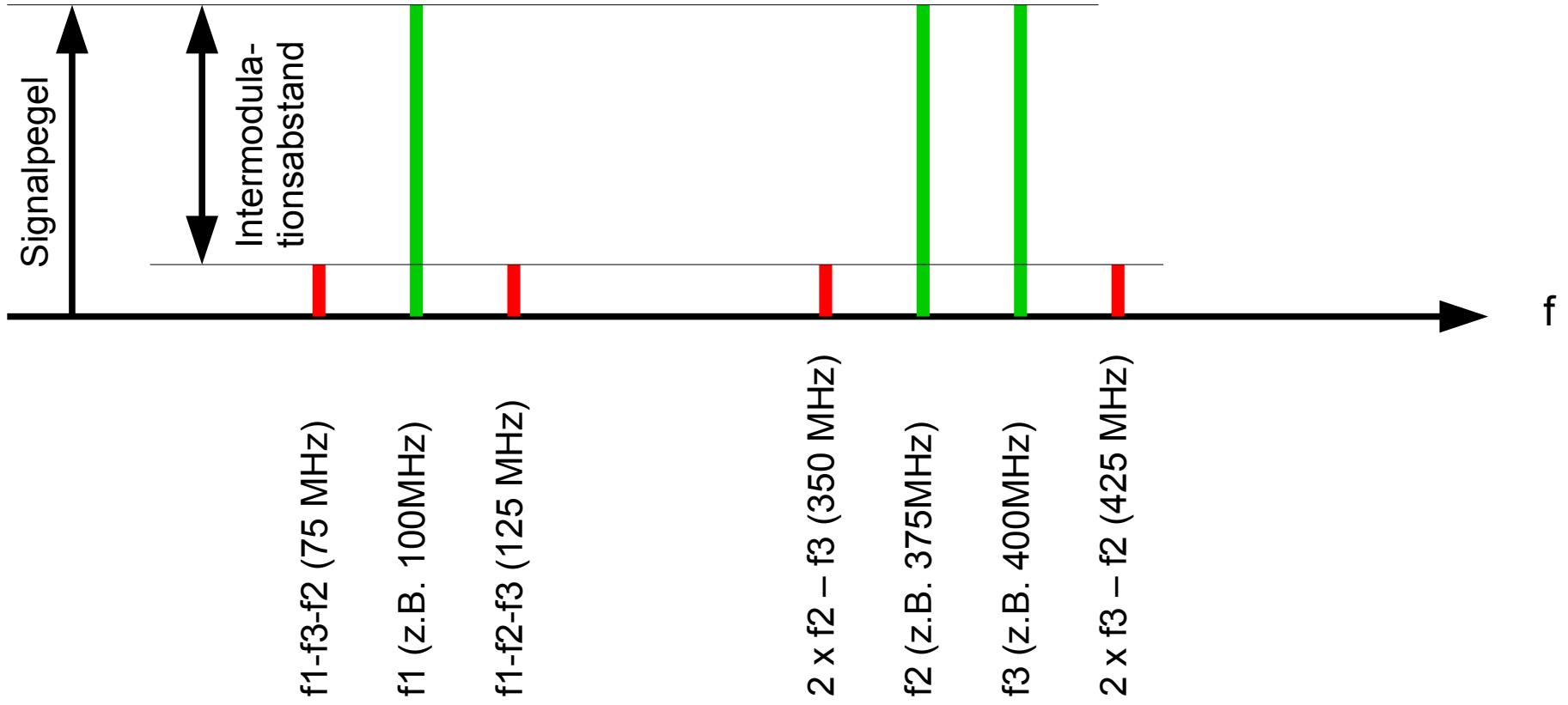
Zu Zeiten analoger Signalübertragung bezogen sich die Messverfahren auf Kreuzmodulation, also das Einprägen eines fremden Signals auf das Nutzsignal. Ausgedrückt wurde dies als „KMA“ (Kreuzmodulationsabstand). Ein Mehrträger-Messverfahren war „CTB/CSO“ (Composite Triple Beat bzw. Composite Triple Order).

Antennentechnik

Grundlagen → Intermodulation

Intermodulation

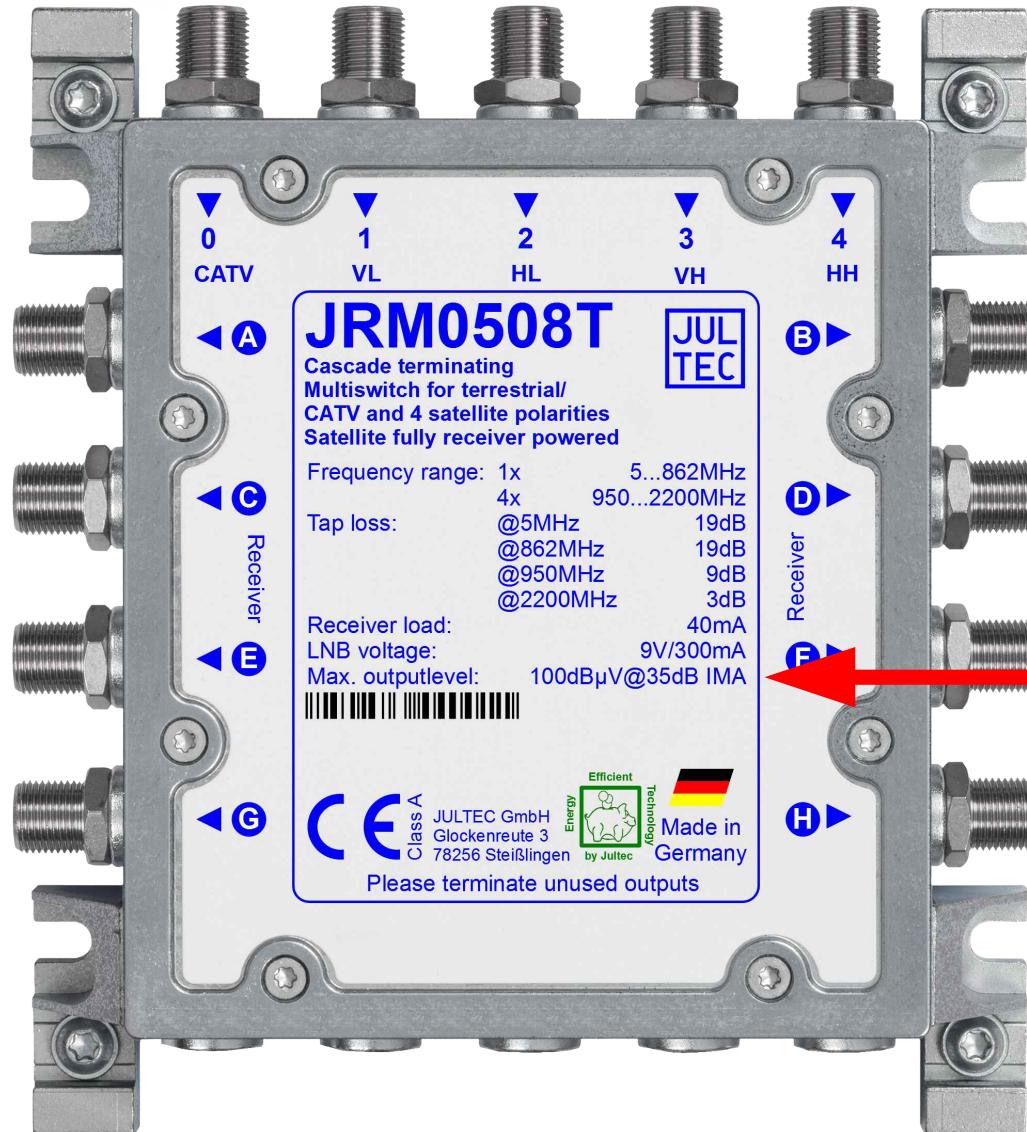
Messverfahren: 3 Signalträger auf DUT. Messung der auftretenden Intermodulationsprodukte bei verschiedenen Frequenzkombinationen.
Die Intermodulationsprodukte steigen etwa 3 x so stark wie die Nutzträger.
Ziel: Angabe x dB μ V @ y dB IMA



Antennentechnik

Grundlagen → Intermodulation

Intermodulation



Pegelangabe in der Sat-ZF
immer bezogen auf 35 dB
Intermodulationsabstand

Achtung! Dieser Pegel gilt für
eine Kanallast von 3 Trägern!

**Faustformel für Betriebspegel
in der Sat-ZF:
IMA3-Wert minus 12 dB**

Antennentechnik

Grundlagen → Intermodulation

Mehrkanalbelegung

Bei Mehrkanalbetrieb ist eine Pegelreduzierung gegenüber dem standardisierten Messverfahren mit 3 Trägern erforderlich.

Im Kabelfernsehbereich hat man bei analogen TV-Signalen ein spezielles CTB/CSO-Messverfahren verwendet. Dieses bewertet die in den TV-Kanälen auftretenden Störprodukte bei einem definierten Kanalraster. Bei einer Kabelfernsehanwendung verwendet man diesen Wert für die Aussteuerung.

Dieser Wert gilt für die gesamte Kanallast, wird also nicht weiter reduziert!



Antennentechnik

Grundlagen → Intermodulation

Passive Intermodulation (PIM)

Passive Intermodulation findet durch nichtlineare Effekte passiver Komponenten auf. Dies sind insbesondere:

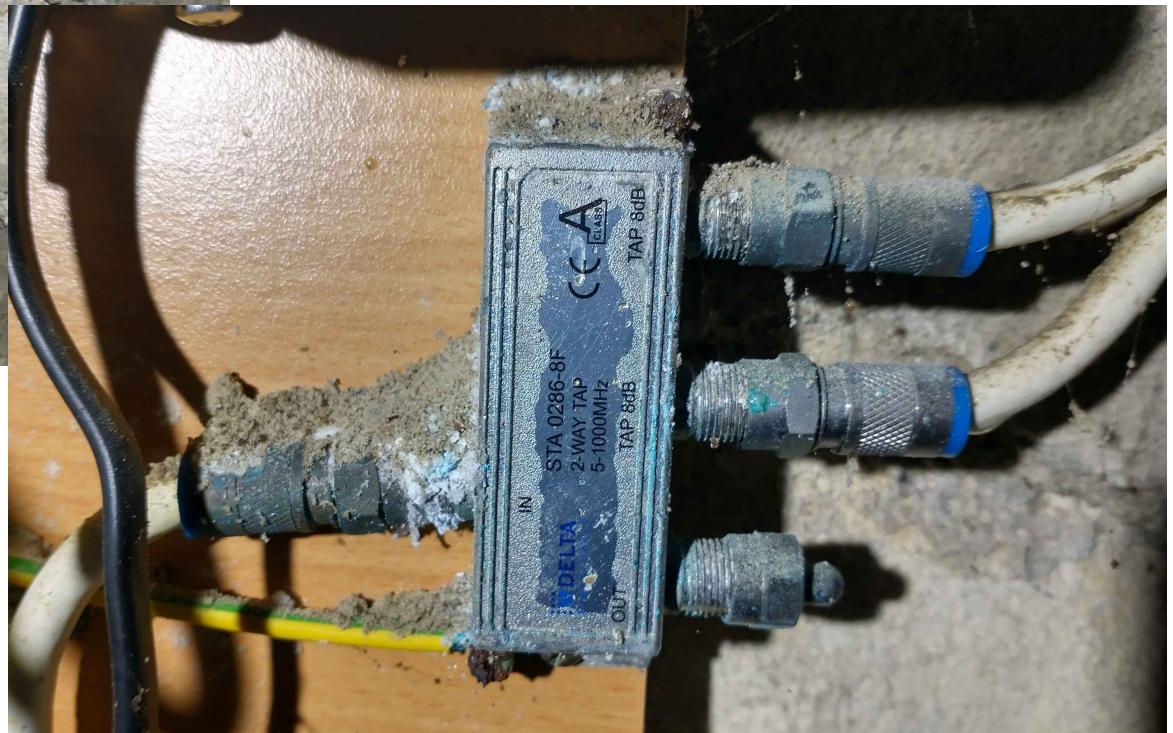
- Geräte mit Ferritübertragern (Verteiler/Abzweiger/Antennendosen). Das Ferritmaterial kann durch zu viel HF-Pegel in die Sättigung gehen oder ist vormagnetisiert. Eine Vormagnetisierung kann durch Fernspeiseströme oder Brummströme entstehen. Die EN 60728-4 (passive Breitbandgeräte für koaxiale Verteilnetze) definiert Anforderungen, an die sich leider nicht alle Anbieter halten.
- Korrosionsstellen. Häufigste Fehlerquelle sind StaKu-Innenleiter von Koaxialkabeln oder Schirmgeflecht aus Aluminium.

PIM tritt insbesondere im Upstream von Kabelmodems auf. Die Störprodukte fallen dann besonders in den unteren Sonderkanalbereich.
→ Bildaussetzer, wenn das Kabelmodem gerade Daten sendet.

Antennentechnik

Grundlagen → Intermodulation

Passive Intermodulation (PIM)



Antennentechnik

Grundlagen → Rauschen

Rauschen

Es wird zwischen zwei verschiedenen Rauscharten unterschieden:

- thermisches Rauschen
- Intermodulationsrauschen

Thermisches Rauschen:

$$UR = \sqrt{(4 \cdot k_B \cdot T \cdot R \cdot B)}$$

UR = Rauschspannung

kB = Boltzmann-Konstante

T = absolute Temperatur

R = Widerstand

B = Bandbreite

Beispiel:

20 °C (293 K), 75 Ohm, 8 MHz

$$UR = \sqrt{(4 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 293 \cdot 75 \cdot 8 \cdot 10^6)}$$

$$UR = 3,11 \cdot 10^{-6} [V]$$

$$UR = 3,11 [\mu V]$$

$$UR = 9,9 [dB\mu V]$$

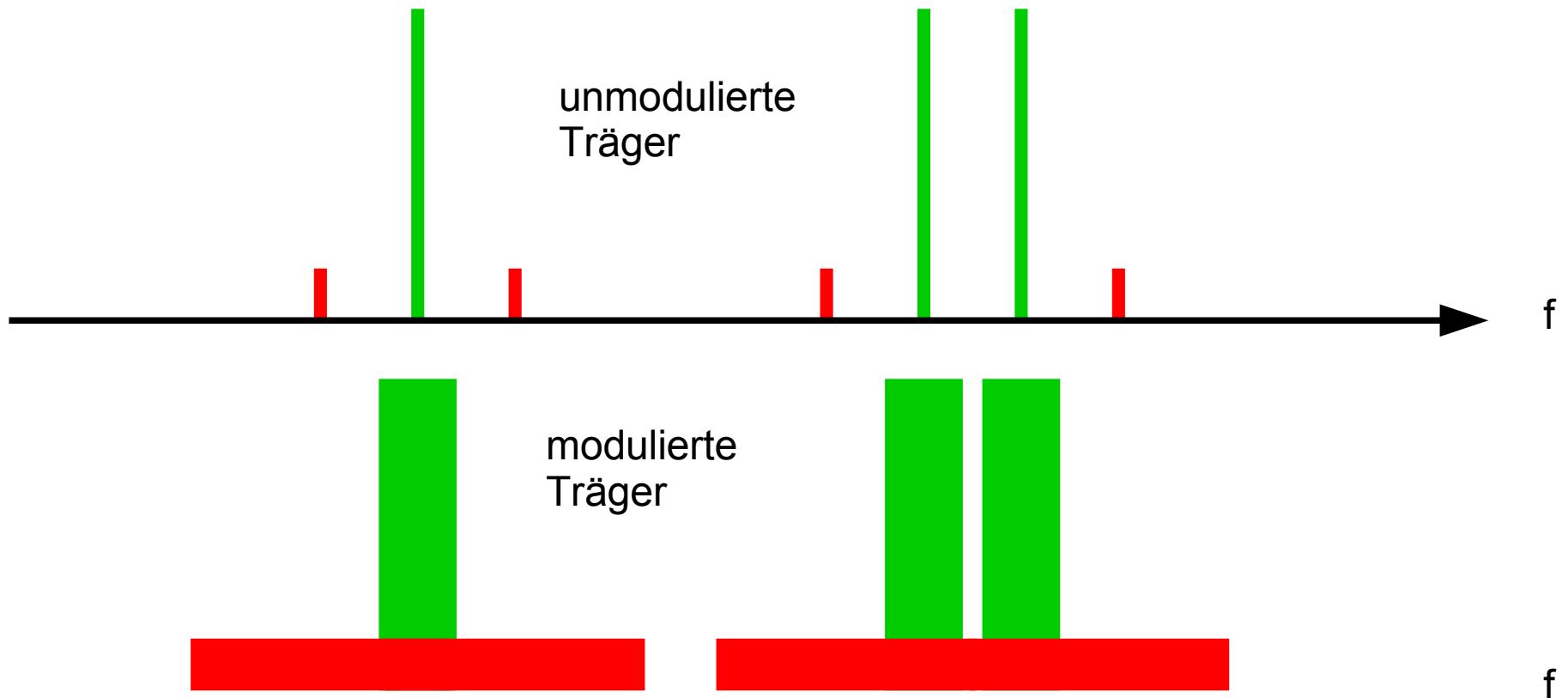
In einem 8 MHz breiten Kanal liegt der thermische Rauschteppich bei etwa 10 dB μ V

Antennentechnik

Grundlagen → Rauschen

Intermodulationsrauschen

Intermodulationsrauschen entsteht durch modulierte Träger. Es ergibt wie thermisches Rauschen einen breiten Rauschteppich. Da das Intermodulationsrauschen nicht zufällig verteilt ist, ist es viel signalschädlicher als ein thermisches Rauschen.

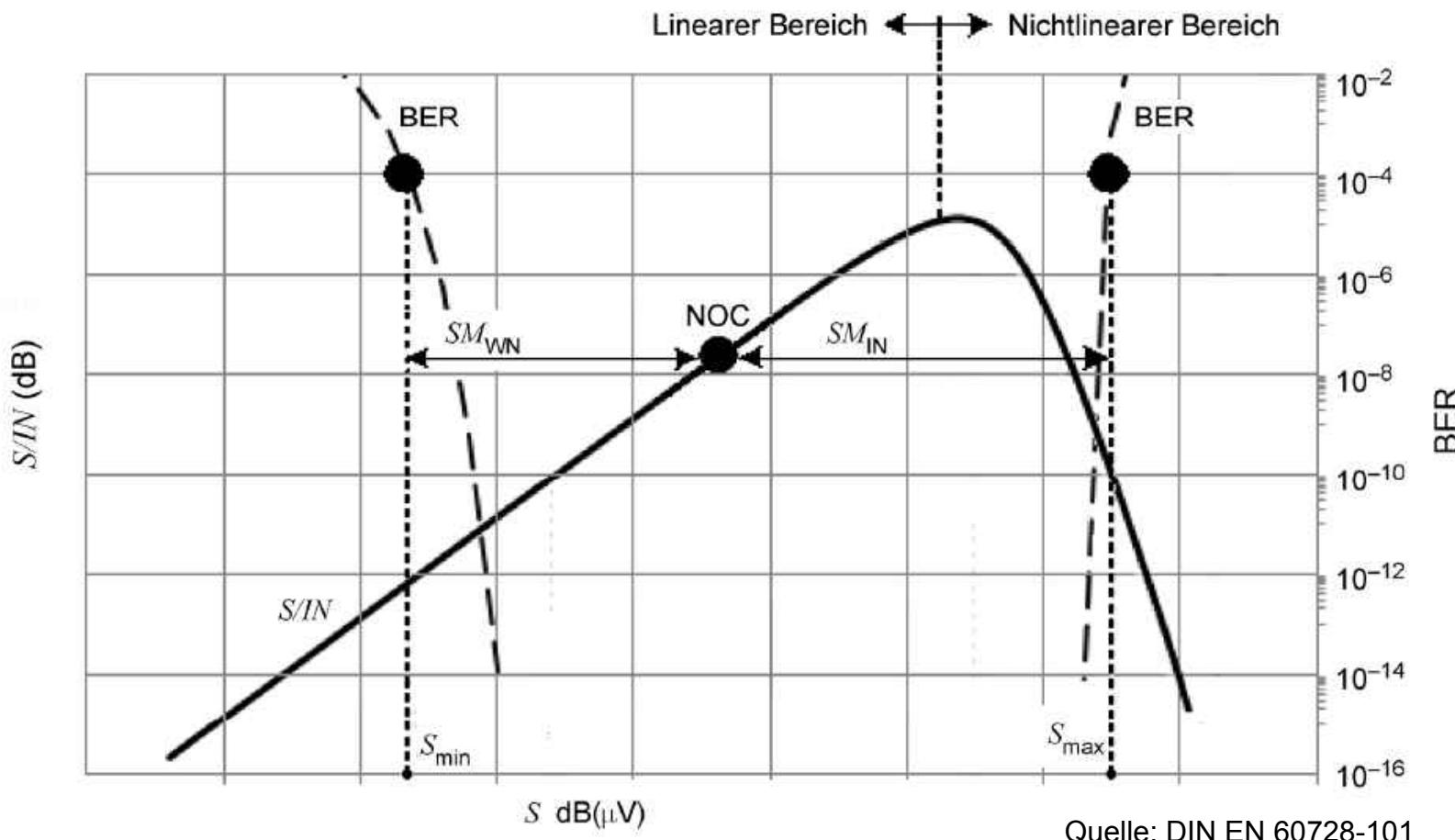


Antennentechnik

Grundlagen → Rauschen

Rauschen

Optimaler Betriebspunkt zwischen thermischem Rauschen und Intermodulationsrauschen



Antennentechnik

Grundlagen → Ingress

Ingress sind Störungen, welche sich überwiegend im Rückweg eines Kabelfernsehnetzes ansammeln. Da der Rückweg von allen Teilnehmern gesammelt zur Kopfstelle (CMTS = Cable Modem Termination System) zurückläuft, beeinflusst schon eine einzige Störquelle den gesamten Rückweg. Kabelnetzbetreiber reagieren (zurecht) extrem empfindlich auf Ingress-Eintrag.

Bei einem CATV-Verteilnetz muss unbedingt beachtet werden:

- wenn der Rückweg nicht genutzt wird, ist dieser abzuschalten (im Verstärker bzw. Verstärker ohne Rückweg verwenden)
- Alle Antennensteckdosen müssen Multimedia-Dosen sein. Alternativ werden Stränge ohne Multimediadosen mit einer Rückwegsperre versehen.
- Kabelmodems sollen mit typisch 105 dB μ V senden, entsprechend sind Verstärkung/Dämpfung im Verteilnetz auszulegen. Das Rückwegsignal sollte niemals unter 70 dB μ V sinken.
- Nur Kompressionsstecker verwenden, diese mit Drehmomentschlüssel festschrauben.

Antennentechnik

Grundlagen → Modulationen

Modulationsarten

DVB ↔ MPEG

Zwei Welten, die nichts miteinander zu tun haben!

DVB kümmert sich darum, beliebige Daten optimal an das Übertragungsmedium angepasst von A nach B zu bringen.

MPEG kümmert sich darum, ein Ton- oder Bildsignal bei möglichst geringer Datenrate mit möglichst bester Qualität zu übertragen.

Antennentechnik

Grundlagen → Modulationen

Modulationsarten

Hochfrequenz ist immer eine analoge Größe! Auf den analogen Träger können analoge und digitale Signale moduliert werden.

System	Nutzsignal	Modulation	Besonderheit
UKW	analog	FM	Einräger-Verfahren
TV analog	analog	RSB-AM	
DAB	digital	QPSK	COFDM
DVB-C	digital	64/256 QAM	Einräger-Verfahren
DOCSIS 2	digital	16/64/256 QAM	Einräger-Verfahren
DOCSIS 3.0	digital	16/64/256 QAM	gebündelte Kanäle
DOCSIS 3.1	digital	16/64/256/1024/4096 QAM	COFDM, verschiedene Profile
DVB-T2	digital	16/64 QAM	COFDM
DVB-S(2)	digital	QPSK/8PSK	Einräger-Verfahren, konstante Amplitude

Antennentechnik

Grundlagen → Fehlerkorrektur

Fehlerkorrektur

Damit sich einzelne Übertragungsfehler nicht auf den Nutzdatenstrom auswirken, werden die Datenströme mit verschiedenen Fehlerschutzmechanismen versehen. Es handelt sich immer um eine Vorwärts-Fehlerkorrektur (es werden neben den reinen benötigten Daten zusätzliche Fehlerschutzdaten übertragen).

System	1. Fehlerschutz	2. Fehlerschutz
DVB-T	Viterbi	Reed Solomon
DVB-T2	LDPC	BCH
DVB-C	ohne	Reed Solomon
DVB-S	Viterbi	Reed Solomon
DVB-S2	LDPC	BCH

Antennentechnik

Grundlagen → Modulationen

Modulationsarten

Die zu übertragenden digitalen Daten werden in Symbolen zusammengefasst. Je nach Modulationsart kann ein jedes Symbol wenige oder viele Bits übertragen. Je weniger Bits, umso weniger Zustände hat ein Symbol, die sich leichter unterscheiden lassen.

Wenige Bits → sehr robustes Signal

Viele Bits → hohe Übertragungsqualität notwendig

Die Geschwindigkeit, mit der die Symbole übertragen werden, wird als Symbolrate bezeichnet.

Niedrige Symbolrate → wenig HF-Bandbreite

Hohe Symbolrate → viel HF-Bandbreite

Antennentechnik

Quelle: R+S Manual FSV3-K70

Grundlagen → Modulationen

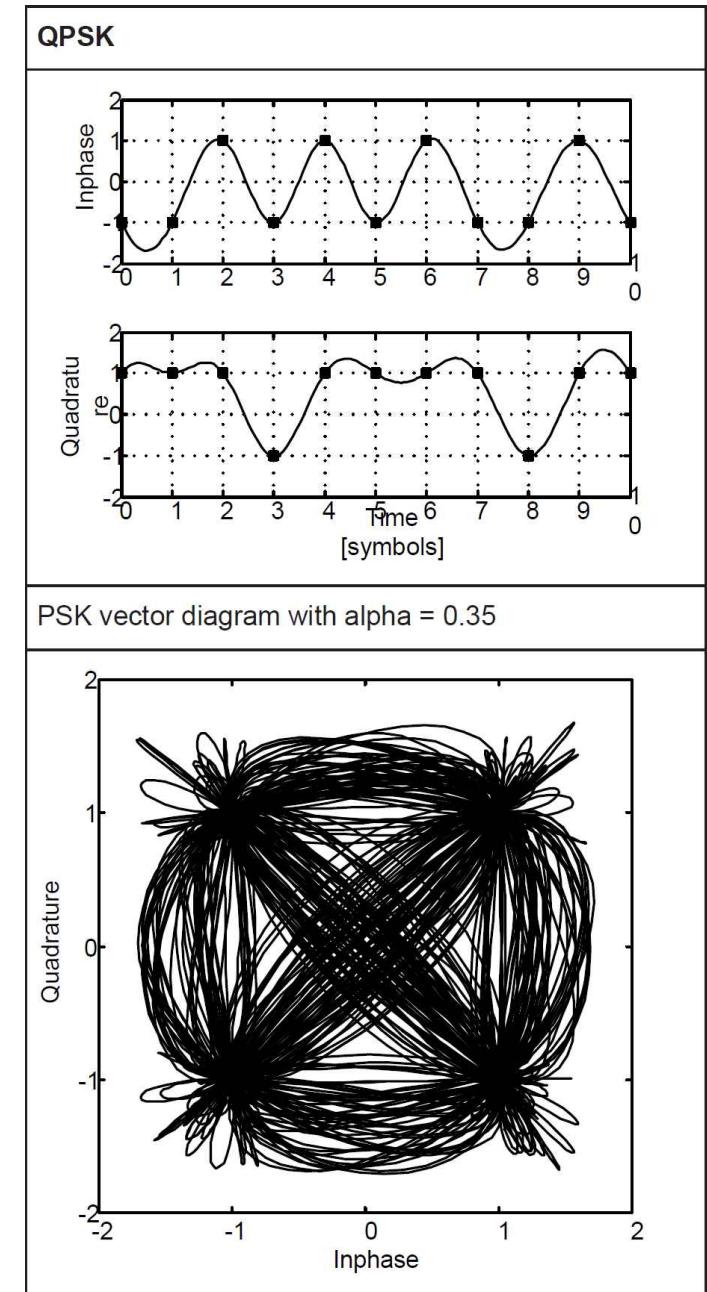
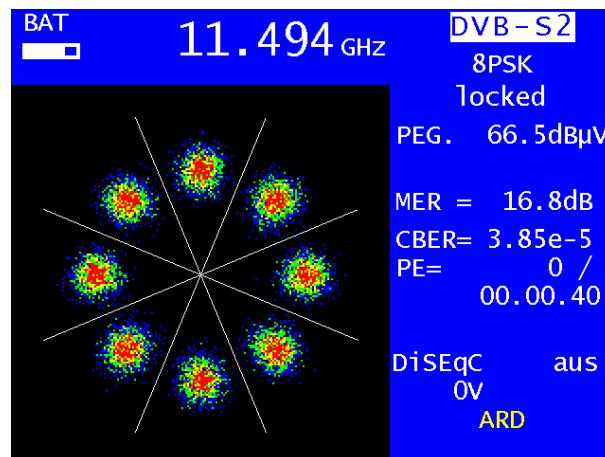
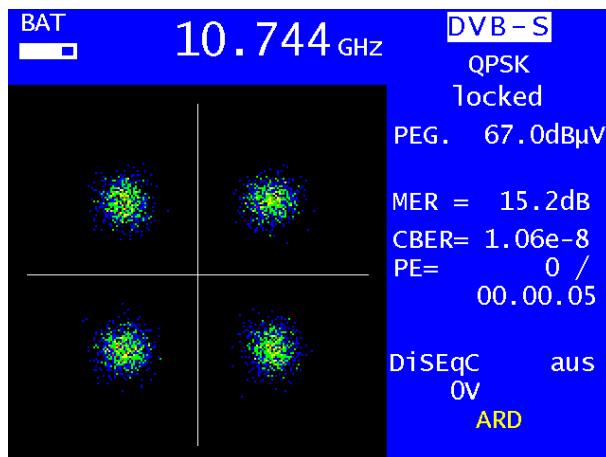
PSK = Phase Shift Keying

Die **Phase** des Trägers wird in Abhängigkeit der zu übertragenden Daten verändert.

QPSK: zwei Bit pro Symbol → DAB, DVB-S

8PSK: drei Bit pro Symbol → DVB-S2

Vorteil: keine Amplitudeninformation!



Antennentechnik

Grundlagen → Modulationen

QAM = Quadratur Amplitude Modulation

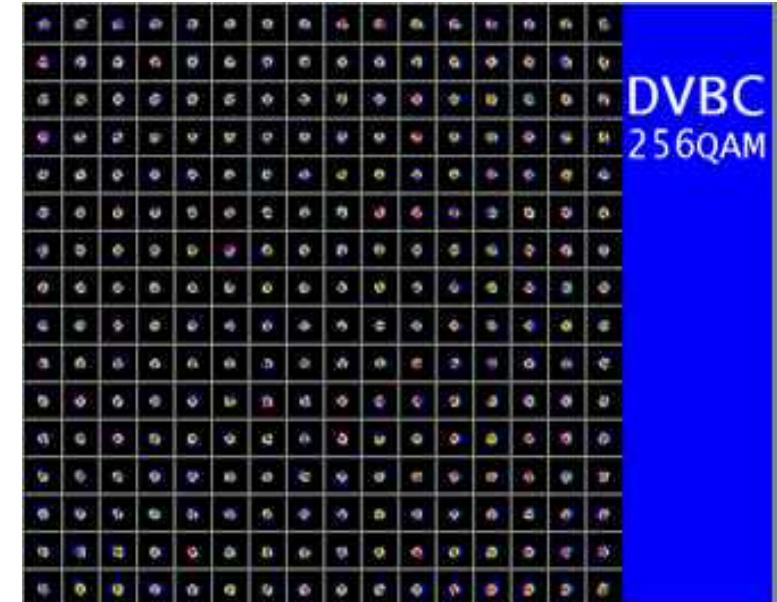
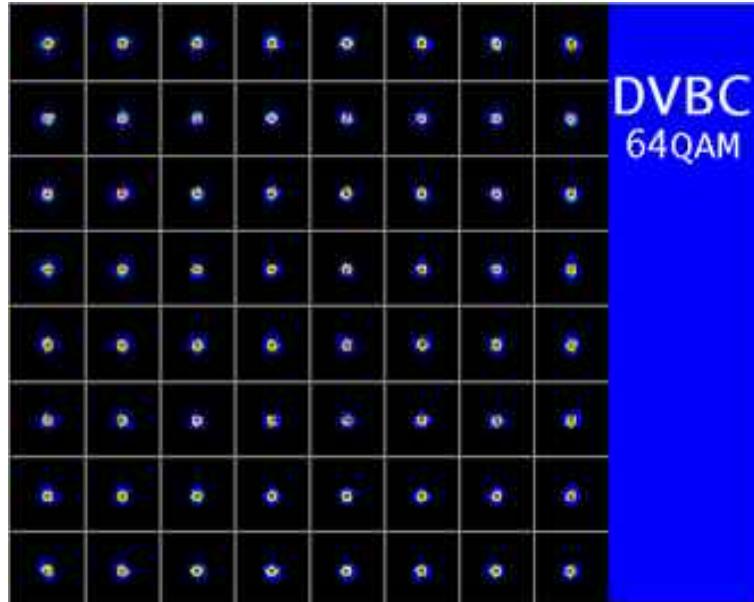
Die **Phase** und die **Amplitude** des Trägers werden in Abhängigkeit der zu übertragenden Daten verändert.

16QAM: 4 Bit pro Symbol

64QAM: 6 Bit pro Symbol

256QAM: 8 Bit pro Symbol

Anwendung: DVB-T2, DVB-C



Antennentechnik

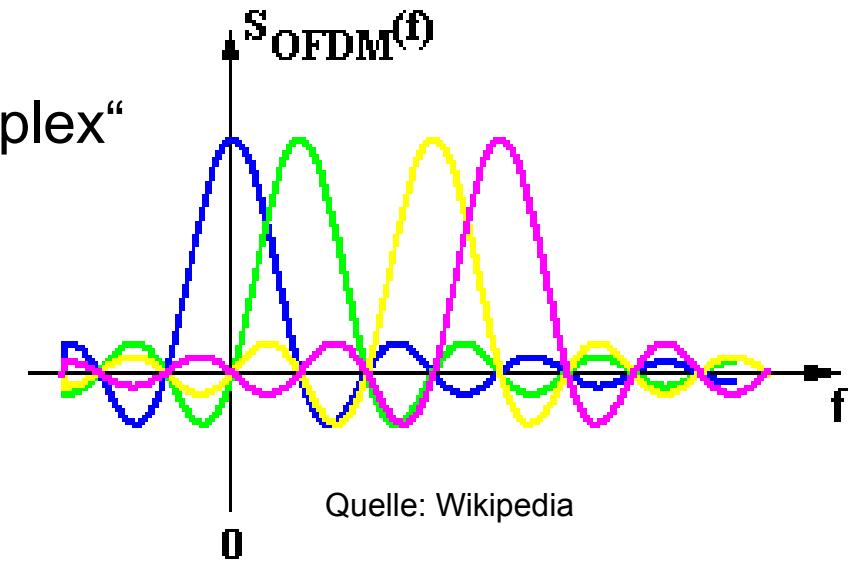
Grundlagen → Modulationen

COFDM

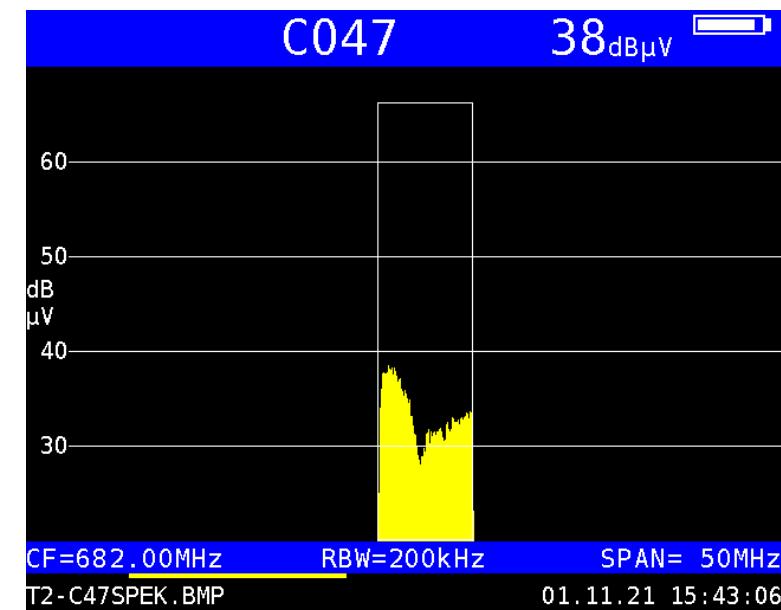
„Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex“

Statt die Daten auf einem einzigen Träger zu übertragen, wird es auf eine Vielzahl von Einzelträgern verteilt. Diese können PSK oder QAM moduliert sein und sind so angeordnet, dass der Träger in der spektralen Nullstelle des benachbarten Signals liegt. Da die Symbolrate niedrig sein kann, sind die Träger sehr dicht zueinander angeordnet. Dies ergibt eine sehr hohe Spektraleffizienz.

Da der Datenstrom über viele Träger verteilt ist, lässt sich der Datenstrom durch Fehlerschutz selbst beim Totalausfall einiger Träger wiederherstellen.



Quelle: Wikipedia



Antennentechnik

Grundlagen → Modulationen

COFDM

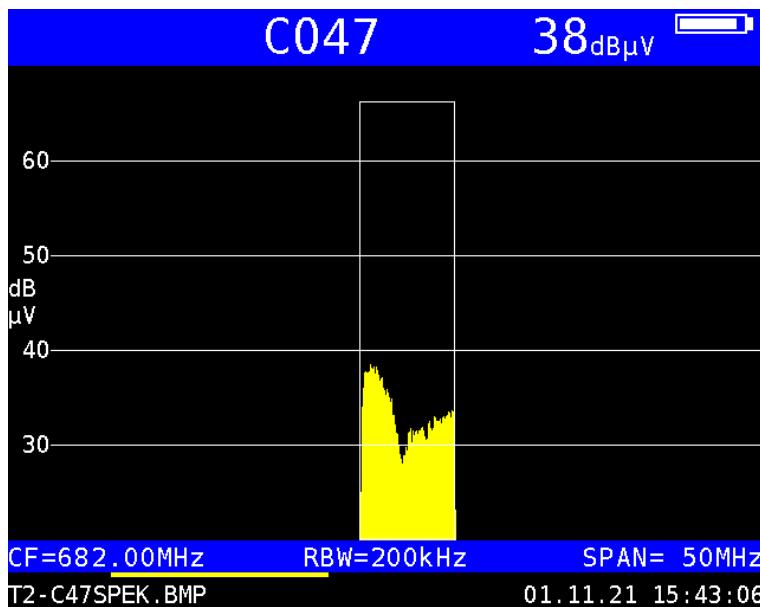
DAB (Modus 1): 1536 Einzelträger (auf 1,5 MHz)

DVB-T2: ca. 16000 bzw. 32000 (auf 8 MHz)

Je mehr Träger, umso geringer die Bandbreite des Einzelträgers.

Je geringer die Bandbreite, umso geringer das thermische Rauschen.

Daraus resultiert eine enorme Empfangsempfindlichkeit



Antennentechnik

Grundlagen → DOCSIS

DOCSIS steht für „Data Over Coax System Interface Specification“. Es beschreibt Verfahren zur Datenübertragung in Kabelfernsehnetzen. Für die Datenübertragung wird ein Rückweg benötigt.

Das System besteht aus dem CMTS (Cable Modem Termination System) und Kabelmodems.

In jedem DOCSIS-Downstreamkanal (die „ganz normal“ wie TV-Kanäle übertragen werden) ist Information über die Anordnung der Datenkanäle und deren Modulation enthalten. So weiß das Kabelmodem nicht nur, wo es Daten empfangen muss, sondern auch, wann es wie auf welcher Frequenz senden darf.

Das System beinhaltet einen Regelmechanismus für den Sendepegel der einzelnen Kabelmodems („Ranging“), damit alle Modems am CMTS mit gleichem Pegel ankommen. Das CMTS generiert automatisch Warnmeldungen, wenn der zulässige Sendepegelbereich der Modems verlassen wird.

Antennentechnik

Grundlagen → DOCSIS

DOCSIS 2:

Gleichzeitig ein Upstream- und ein Downstream-Kanal je Modem. QPSK und QAM.

DOCSIS 3.0:

Bündelung mehrerer Kanäle im Up- und Downstream möglich. QPSK und QAM.

DOCSIS 3.1:

Zusätzlich zu 3.0 Verwendung breitbandiger Kanäle (192 MHz) mit vielen OFDM-Trägern. In diesen Kanälen unterschiedliche Profile möglich (z.B. 256 QAM, 1024 QAM, 4096 QAM). Je nachdem, wie gut der Weg zum jeweiligen Modem ist, sendet das CMTS für dieses Modem mit dem entsprechenden Profil (und umgekehrt das Modem zum CMTS).

Antennentechnik

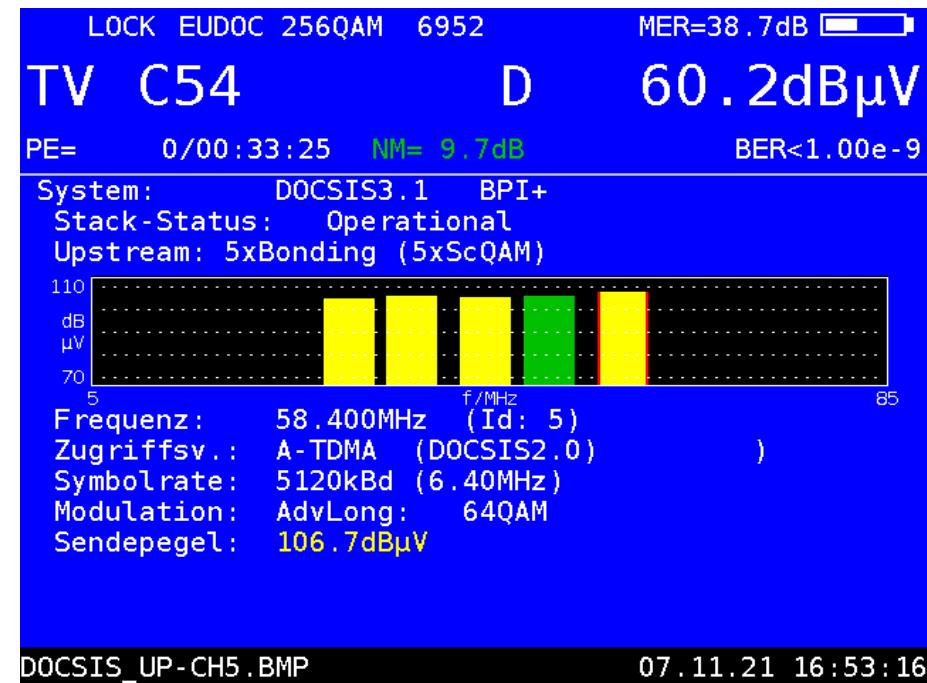
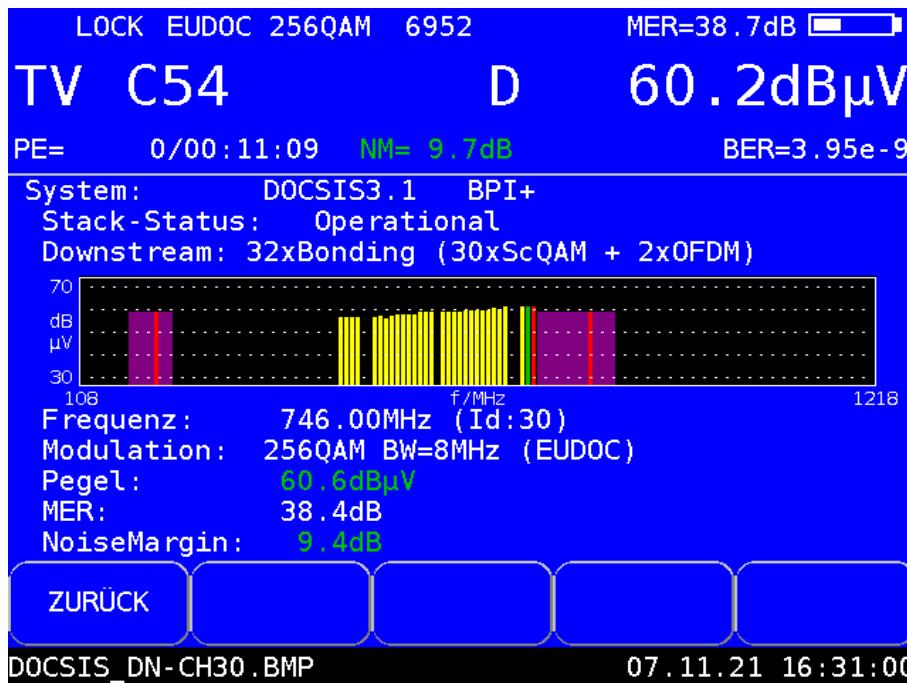
Grundlagen → DOCSIS

DOCSIS 2.0	DOCSIS 3.0	DOCSIS 3.1	DOCSIS 4.0
5..42 MHz QPSK..128QAM	5..65 MHz QPSK..128QAM	5..204 MHz QPSK..128QAM COFDM	Voll-Duplex im gesamten Frequenzbereich
88..860 MHz 64/256QAM	108..1002 MHz 64/256QAM	108..1800 MHz 64..16384QAM COFDM	Voll-Duplex im gesamten Frequenzbereich
Je ein Up- und ein Downstream-Kanal	Zusätzlich Kanalbündelung	Zusätzlich COFDM mit verschiedenen Profilen	Keine Upstream- / Downstream-Trennung möglich
up: ca. 30 MBit/s dn: ca. 40 MBit/s	ca. 200 MBit/s ca. 1 GBit/s	ca. 2 Gbit/s ca. 10 GBit/s	ca. 60 GBit/s symmetrisch

Der jeweilige DOCSIS-Level ermöglicht entsprechende Frequenzbereiche. Das bedeutet nicht, dass ein erweiterter Frequenzbereich vom jeweiligen Level auch tatsächlich genutzt werden muss (Beispiel: DOCSIS 3.1 im 862 MHz-Netz).

Antennentechnik

Grundlagen → DOCSIS



Übersicht über die Downstream-Kanäle. Gelb sind 256 QAM-Kanäle, rötlich die OFDM-Blöcke.

Übersicht über die Upstream-Kanäle. Hier ausschließlich 64 QAM.

In oben beispielhaften Netz ist derzeit DOCSIS 2.0, 3.0 und 3.1 (nur im Downstream genutzt) im Frequenzbereich 5..65/85..862 MHz im Einsatz. Mit DOCSIS 3.1 kann der Upstream bis 204 MHz und den Downstream bis 1800 MHz genutzt werden.

Antennentechnik

Grundlagen → Modulationen

DVB-T(2):

- Optimiert für geringe Signalpegel
- Optimiert für Signalreflektionen / SFN und teilweise spektrale Auslöschung

DVB-C (DOCSIS):

- nutzt die zur Verfügung stehende Dynamik ideal aus
- hohe spektrale Effizienz
- Einträger-Verfahren für geringe Kanallast
- (COFDM ab DOCSIS 3.1 für maximale Datenrate)

DVB-S(2):

- Optimiert für geringe Signal/Rausch-Abstände
- Einträgerverfahren ohne Amplitudeninformation

Antennentechnik

Komponenten → Abschlusswiderstand

Abschlusswiderstand

Das Ende einer Hochfrequenzleitung muss impedanzrichtig „abgeschlossen“ sein, damit es nicht zu Signalreflektionen kommt. Dazu verwendet man Abschlusswiderstände.

Merke: es gibt Abschlusswiderstände ohne DC-Trennung und Abschlusswiderstände mit DC-Trennung.

Immer, wenn eine **Fernspeisung** vorhanden ist (Sat-Anwendung), müssen **DC-getrennte Widerstände** (mit Trennkondensator) eingesetzt werden.

Wenn man mit einem Multimeter 75 Ohm messen kann, ist kein Trennkondensator vorhanden.

In **CATV**-Installationen sollten immer Abschlusswiderstände **ohne DC-Trennung** eingesetzt werden!

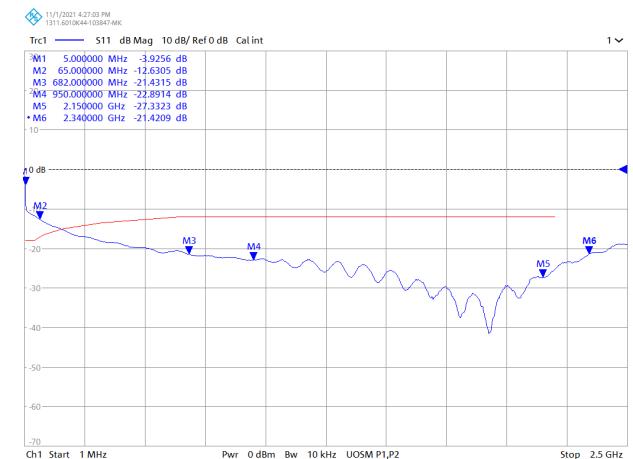


Antennentechnik

Komponenten → Abschlusswiderstand

Abschlusswiderstand

Es gibt durchaus Qualitätsunterschiede bei Abschlusswiderständen.



Antennentechnik

Komponenten → Koaxialkabel

Koaxialkabel

Das Koaxialkabel erfüllt mehrere Funktionen:

- Transport des Nutzsignals
- Verhinderung von Störaussendung und Störeinkopplung
- Transport von Fernspeiseenergie
- Transport von Steuersignalen

Signale können symmetrisch und asymmetrisch übertragen werden. Auf LAN-Leitungen werden die Signale symmetrisch auf Adernpaaren übertragen, das Nutzsignal wird zwischen den Adern des Paars abgegriffen.

Auf Koaxialkabeln werden Signale asymmetrisch übertragen. Das Signal im Innenleiter hat seinen Bezug zum Schirm, der üblicherweise Massepotential aufweist.

Antennentechnik

Komponenten → Koaxialkabel

Aufbau



Oben gezeigtes Koaxialkabel ist „doppelt geschirmt“.

Kabel mit Dreifachschirm haben zwischen Schirmgeflecht und Mantel eine weitere Lage Folie.

Koaxialkabel mit noch mehr als drei Schirmlagen sind zu vermeiden, da das Aufsetzen von Steckern problematisch ist.

Auch Koaxialkabel mit doppelter Schirmung halten die erforderliche Schirmdämpfung (A+, A++) ein.

Antennentechnik

Quelle: b-d-a Schulung

Komponenten → Koaxialkabel

Technik, Installation & Normung von CATV-Kabeln, bda Vertreterschulung 2020 01-28

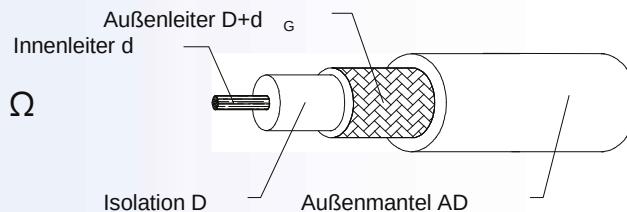


Wellenwiderstand und Kapazität

Der **Wellenwiderstand** Z als charakteristische Größe eines HF-Koaxialkabels ergibt sich aus dem Verhältnis der Durchmesser von **Außenleiter** zu **Innenleiter** (D/d) sowie aus der **Dielektrizitätskonstanten** ϵ_r des Isolationsmaterials.

Für Frequenzen > 10 MHz gilt:

$$Z_0 = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_r}} \cdot \ln \frac{D}{d} \quad \Omega \quad \text{z.B.: } \frac{60}{\sqrt{1,4}} \cdot \ln \frac{4,8}{1,1} = 74,7 \quad \Omega$$



$$Z_0 = u_{hin} / i_{hin}$$

längenbezogene **Kapazität** C' und längenbezogene **Induktivität** L' des Kabels:

$$C' = \frac{55,6 \cdot \epsilon_r}{\ln(D/d)} \quad \text{pF/m (picoFarad/Meter)} \quad L' = \frac{\infty_0 \infty_r}{2 \pi} \cdot \ln \frac{D}{d} \quad \text{mH/m (milli-Henry/Meter)}$$

Als Isolationsmaterial kommt vorwiegend **Polyethylen (PE)** mit einer Dielektrizitätskonstanten ϵ_r von 2,28 sowie **(physikalisch) geschäumtes Polyethylen (CELL-PE)** mit einem ϵ_r im Bereich von 1,35 bis 1,5 zum Einsatz.

$$Z_0 = \sqrt{L'/C}$$

Bernhard Mund,

Antennentechnik

Komponenten → Koaxialkabel

Die Anforderungen an Koaxialkabel für Haus-Installationen bis 3000 MHz sind in der EN 50117-Reihe festgeschrieben.

Wichtige Auswahlkriterien:

- Material des Innenleiters: Nur Vollkupfer verwenden, kein StaKu/CCS!
- Material des Dielektrikums: Geschäumtes PE verwenden.
- 1. Schirm aus überlappender (Alu-) Folie
- 2. Schirm aus verzинntem Kupfergeflecht mit hoher Überdeckung
Kein Kabel mit Geflecht aus Aluminium verwenden!
- ggf. 3. Schirm aus (Alu-) Folie
- Schirmdämpfung Klasse A/A+/A++
- Schleifenwiderstand
- HF-Dämpfung
- UV-Beständigkeit des Mantels
- Brandlast

Antennentechnik

Quelle: b-d-a Schulung

Komponenten → Koaxialkabel

Technik, Installation & Normung von CATV-Kabeln, bda Vertreterschulung 2020 01-28



Dämpfung

Auf dem Übertragungsweg durch das Kabel erfahren die hochfrequenten Signale eine Abschwächung, die mit zunehmender Kabellänge sowie mit steigender Frequenz ansteigt.

Diese sogenannte **Kabeldämpfung** ergibt sich aus den Drahtwiderständen von Innen- und Außenleiter sowie aus Verlusten im Dielektrikum des Isolationsmaterials (beschrieben durch den "Tanges-Delta").

Wegen des **Skineffektes**, d.h. wegen der Stromverdrängung nach außen im Leiter bei höheren Frequenzen und wegen zunehmender Verluste im Dielektrikum steigt die Kabeldämpfung mit steigender Frequenz an.

Um die Dämpfungswerte einzelner Kabelstücke sowie die Dämpfungswerte von Bauteilen einfach addieren zu können, wird die Dämpfung von Kabeln im logarithmischen Maßstab in **Dezibel (dB)** pro Länge, d.h. im allgemeinen in **dB/100m**, angegeben.

Dämpfung von f_2 bei gegebener f_1 (Näherung): $a_1 / a_2 \approx \sqrt{f_1 / f_2}$ (a/dB, f/MHz)

Antennentechnik

Komponenten → Koaxialkabel

Katalogauszug Koaxkabel

CCS = „Copper Coated Steel“

Die Dämpfung steigt mit der Frequenz

Mit dieser Formel lässt sich die exakte Dämpfung des Kabels bei beliebiger Frequenz ausrechnen

CCS ergibt einen deutlich erhöhten Gleichstromwiderstand!

Typ / Type	TELASS...	...40	...70	...100	...3000	...CSF 165
PVC	1026	Fca	2491 Eca	1030* Eca	3861* Eca	-
Produktnummer / Product number	PE**	-	-	1429 Fca	3866 Fca	3288 Fca
	FRNC	-	-	1340 Eca	3862 Eca	-
* Alle Kabel mit PE-Mantel sind erdverlegbar. / All cables with PE sheathing can be directly buried in the ground (dbc).						
Aufbau / Structure						
Innenleiter / Inner conductor	Ø (mm)	CCS 0,40	Cu 0,65	Cu 1,13	Cu 1,00	Cu 1,65
Isolation / Insulation	Ø (mm)	Cell-PE 2,0	Cell-PE 3,0	Cell-PE 4,9	Cell-PE 4,5	Cell-PE 7,3
1. Schirm / 1 st screen		ALF	ALF	ALF	ALF	ALF
2. Schirm / 2 nd screen		CuGsn	CuGsn	CuGsn	ALF	CuGsn
3. Schirm / 3 rd screen				CuGvz	ALF	
Mantel / Jacket	Ø (mm)	3,5	4,3	6,8	6,8	10,0
Farbe / Color		□	□	■ □	■ □	■
Elektrische Eigenschaften / Electrical properties						
Wellenwiderstand / Characteristic impedance	(Ω)	75 ± 4	75 ± 4	75 ± 3	75 ± 3	75 ± 3
	5 MHz	3,4	2,1	1,2	1,4	1,3
	50 MHz	10,7	6,7	3,9	4,5	3,0
Dämpfung bei / Attenuation at 20°C (Nominal) (dB/100m)	100 MHz	15,2	9,6	5,6	6,4	4,1
	500 MHz	34,4	21,8	12,8	14,5	9,0
	800 MHz	43,7	27,9	16,4	18,5	11,6
	1000 MHz	49,1	31,4	18,4	20,7	13,1
	3000 MHz	87,0	56,6	33,4	36,5	24,4
Gleichung & Koeffizienten / Equation & coefficients	a	0,0016	0,0018	0,0012	0,0005	0,0009
f(MHz), a (dB/100m)	b	1,5013	0,9352	0,5451	0,6389	0,3851
$\alpha(f) = a \cdot f + b \cdot \sqrt{f} + c$	c	0,0104	0,0237	0,0003	0,0060	0,0025
Verkürzungsfaktor / Velocity ratio	v/c	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
DC-Widerstand Innenleiter / DC-resistance center cond.	(Ω/km)	345,0	52,0	18,0	24,0	8,9
DC-Widerstand Außenleiter / DC-resistance outer cond.	(Ω/km)	60,0	26,0	24,0	12,0	15,1
Kapazität (ca.) / Capacitance (approx.)	(pF/m)	55	55	55	54	53
Rückflussdämpfung bei / Structural return loss at (dB) (EN 50117)	5-30 MHz	20	20	23	26	23
	30-470 MHz	20	20	23	26	23
	470-1000 MHz	18	18	20	24	20
	1000-2000 MHz	16	16	18	20	18
	2000-3000 MHz	15	15	18	18	16
Kopplungswiderstand / Transfer impedance	mΩ/m (5-30 MHz)	< 40	< 35	< 50	< 0,9	< 2,5
Schirmdämpfung bei / Screening attenuation at (dB)	30-1000 MHz	> 90	> 90	> 85	> 110	> 110
	1000-2000 MHz	> 85	> 85	> 75	> 105	> 100
	2000-3000 MHz	> 80	> 80	> 70	> 100	> 100
EMV-Klasse / EMC class	EN 50117	C	C	C	A++	A+

Antennentechnik

Komponenten → Koaxialkabel

Katalogauszug Koaxkabel

Nicht jedes Kabel ist erdverlegbar. Auch Erdverlegung vorzugsweise immer im Schutzrohr!

Mythos: „Schwarze Kabel sind UV-beständig“.
Tatsächlich kommt es auf das Material des Mantels an, nicht auf die Farbe.

FRNC = Flammhemmender Kunststoff → nicht für Außenverlegung!

Typ / Type	TELASS...	...40	...70	...100	...3000	...CSF 165
PVC	1026	Fca	2491 Eca	1030* Eca	3861* Eca	-
Produktnummer / Product number	PE**	-	-	1429 Fca	3866 Fca	3288 Fca
	FRNC	-	-	1340 Eca	3862 Eca	-
^ Alle Kabel mit PE-Mantel sind erdverlegbar. / All cables with PE sheathing can be directly buried in the ground (dbc).						
Elektrische Eigenschaften / Electrical properties						
Wellenwiderstand / Characteristic impedance	(Ω)	75 ± 4	75 ± 4	75 ± 3	75 ± 3	75 ± 3
	5 MHz	3,4	2,1	1,2	1,4	1,3
	50 MHz	10,7	6,7	3,9	4,5	3,0
Dämpfung bei / Attenuation at 20°C (Nennwert / Nominal) (dB/100m)	100 MHz	15,2	9,6	5,6	6,4	4,1
	500 MHz	34,4	21,8	12,8	14,5	9,0
	800 MHz	43,7	27,9	16,4	18,5	11,6
	1000 MHz	49,1	31,4	18,4	20,7	13,1
	3000 MHz	87,0	56,6	33,4	36,5	24,4
Gleichung & Koeffizienten / Equation & coefficients	a	0,0016	0,0018	0,0012	0,0005	0,0009
f(MHz), α (dB/100m)	b	1,5013	0,9352	0,5451	0,6389	0,3851
$\alpha(f) = a \cdot f + b \cdot \sqrt{f} + c$	c	0,0104	0,0237	0,0003	0,0060	0,0025
Verkürzungsfaktor / Velocity ratio	v/c	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
DC-Widerstand Innenleiter / DC-resistance center cond.	(Ω/km)	345,0	52,0	18,0	24,0	8,9
DC-Widerstand Außenleiter / DC-resistance outer cond.	(Ω/km)	60,0	26,0	24,0	12,0	15,1
Kapazität (ca.) / Capacitance (approx.)	(pF/m)	55	55	55	54	53
	5-30 MHz	20	20	23	26	23
Rückflussdämpfung bei / Structural return loss at (dB) (EN 50117)	30-470 MHz	20	20	23	26	23
	470-1000 MHz	18	18	20	24	20
	1000-2000 MHz	16	16	18	20	18
	2000-3000 MHz	15	15	18	18	16
Kopplungswiderstand / Transfer impedance	mΩ/m (5-30 MHz)	< 40	< 35	< 50	< 0,9	< 2,5
Schirmdämpfung bei / Screening attenuation at (dB)	30-1000 MHz	> 90	> 90	> 85	> 110	> 110
	1000-2000 MHz	> 85	> 85	> 75	> 105	> 100
	2000-3000 MHz	> 80	> 80	> 70	> 100	> 100
EMV-Klasse / EMC class	EN 50117	C	C	C	A++	A+
Mechanische Eigenschaften / Mechanical properties						
Min. Biegeradius (ca.) / Min. bending radius (approx.)	dyn./stat. (mm)	30/15	43/22	68/34	68/34	100/50
Max. Zugbelastung / Max. tensile strength (20°C)	(N)	32	45	100	100	200
Gewicht (ca.) / Weight (approx.)	(kg/km)	12	20	41	52	82
	PVC	0,06	0,08	0,22	0,15	-
Verbrennungswärme / Heat of combustion (kWh/m)	PE	-	-	0,25	0,18	0,69
	FRNC	-	-	0,26	0,2	-
UV-Beständigkeit / UV resistance	PVC	sehr gut / very good				
	PE	gut / good				
	FRNC	bedingt / limited				

Antennentechnik

Komponenten → Koaxialkabel

Probleme mit Koaxkabeln



- Alterung 1: Mantelkunststoff schrumpft mit der Zeit (siehe Bilder)
- Alterung 2: Mantelkunststoff wird spröde (ggf. nicht UV-Beständig)
- Alterung 3: Dielektrikum zersetzt sich (Innenleiter nicht mehr zentrisch, dadurch Reflektionen)
- CCS-Innenleiter: Korrosion (Pin rostet weg) und Intermodulation
- Alu-Schirmgelecht: Korrosion (schlechte Schirmung) und Intermodulation

Antennentechnik

Komponenten → Koaxialkabel

Berechnung des Spannungsfalls auf Koaxkabeln:

Kabeltype	TELASS 40	TELASS 100
Material Innenleiter	CCS	Kupfer
DC-Widerstand Innenleiter	345 Ohm / km	18 Ohm / km
DC-Widerstand Schirm	60 Ohm / km	24 Ohm / km
Schleifenwiderstand	405 Ohm / km	42 Ohm / km
Schleifenwiderstand auf 25 m	10,1 Ohm	1,05 Ohm
Spannungsfall auf 25 m bei 250 mA	2,53 V	262 mV

Berechnung mit TELASS-Kabeln, da diese gut dokumentiert sind. Am Markt sind Koaxialkabel mit deutlich schlechteren DC-Widerständen anzutreffen!

Antennentechnik

Komponenten → Koaxialkabel

Verlegung von Koaxialkabeln

Nach DIN 18015 Teil 1 (Ausgabe 2020-05) ist für Koaxialkabel ein sternförmiges Leerrohrnetz vorzusehen.

Vorherige Ausgaben schrieben explizit „Kommunikationsleitungen müssen austauschbar verlegt sein. Eine Verlegung direkt in Putz ist nicht zulässig“.

Die Impedanz eines Koaxialkabels hängt von der Geometrie des Kabels ab,
eine Druckstelle verändert die Impedanz und führt zu Signalreflektionen.
Nagelschellen sind tabu!

Koaxialkabel sollen unter Putz in Leerrohren, auf Putz in Installationsrohren oder Kabelkanälen geführt werden.

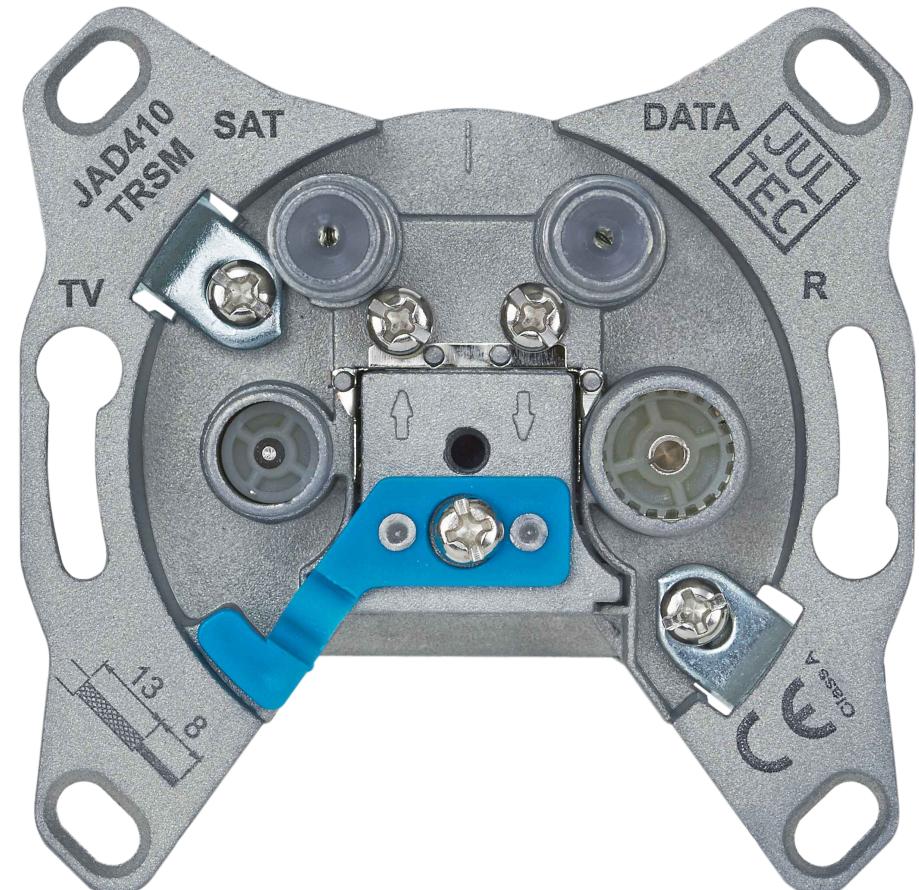
Die zulässige Zugbelastung des Koaxkabels nicht überschreiten!
Koaxkabel werden abgetrommelt und nicht aus der Spulenmitte gezogen!
Zu viel Zug oder Drall lassen einzelne Drähte des Schirmgeflechts reißen.

Antennentechnik

Komponenten → Stecker

In der Antennentechnik sind heute nur noch zwei verschiedene Steckertypen üblich:

- Belling-Lee-Stecker/Kupplung/Buchse (auch als „IEC-Stecker“ bekannt):
An jeder handelsüblichen Antennensteckdose für Radio und TV
An jedem handelsüblichen Fernsehgerät als Antenneneingang
- F-Stecker/Buchse
Eingesetzt bei festen Installationen
Anschluss von Kabelmodems
Anschluss in der Sat-Technik



Antennentechnik

Komponenten → F-Stecker

Der F-Stecker hat sich bei festen Installationen durchgesetzt.

- mechanisch verriegelt durch Überwurfmutter (SW 11 mm)
- beste HF-Eigenschaften:
 - Innenleiter des Koaxkabels ist der Steckerpin
 - kurzer Masseübergang
 - hohe Schirmdämpfung (bei korrekter Montage)
- einteilig
- wasserdicht (bei korrekter Montage!)
- preisgünstig

Leider ist viel Billigmaterial im Umlauf und bei der eigentlich echt einfachen Montage kann Grundlegendes falsch gemacht werden.

Vorsicht bei vergoldeten Steckern! Diese gaukeln meistens mehr Qualität vor, als sie haben. NITIN ist die beste Oberfläche!

Genau wie es Koaxialkabel mit unterschiedlichen Durchmessern gibt, gibt es auch F-Stecker für unterschiedliche Kabeldurchmesser.

Es ist wichtig, den für den Kabeltyp passenden Stecker zu verwenden!

Antennentechnik

Komponenten → F-Stecker

Den F-Stecker gibt es in drei verschiedenen Ausführungen:

- als Schraubstecker
 - wird nur noch im Notfall verwendet
- als Crimpstecker
 - wird kaum noch verwendet
 - auch als Hex-Crimp anzutreffen
- als Kompressionsstecker
 - beste und etablierte Art
 - seit etwa 2000 im Einsatz



Antennentechnik

Komponenten → F-Stecker

Montage Schraubstecker

1. Passt der Stecker?

Der Stecker muss sich stramm auf den Mantel des Koaxkabels schrauben lassen

2. Mantel etwa 10 mm entfernen

3. Geflecht im Uhrzeigersinn auf das Dielektrikum „schrauben“

4. Dielektrikum um etwa 8 mm kürzen

5. Stecker aufschrauben, bis das Dielektrikum bis zur Innenkante des F-Steckers reicht. Pin kürzen (Überstand 0,5 bis 1 mm)

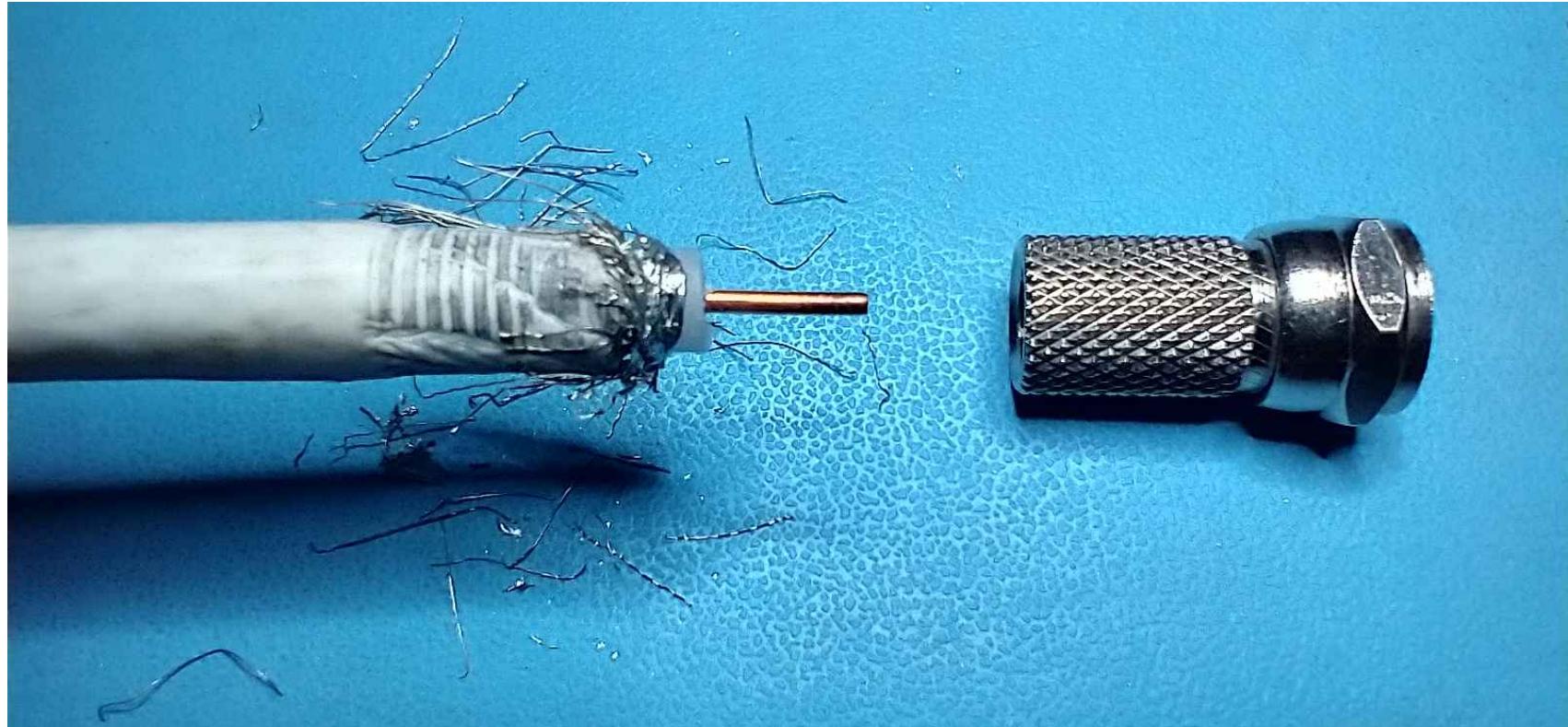


Antennentechnik

Komponenten → F-Stecker

Montage Schraubstecker

Bei einem Schraubstecker wird niemals das Geflecht umgeschlagen! Das Gewinde im Stecker schert die einzelnen Adern des Geflechts ab. Dies verursacht EMV-Probleme. Durch die Kapillarwirkung wird Wasser in den Stecker gezogen.



Antennentechnik

Komponenten → F-Stecker

Montage Kompressionsstecker

1. Passt der Stecker? Der Steckerhersteller gibt zugelassene Kabeltypen an

2. Absetzwerkzeug verwenden!

3. Geflecht auf den Mantel bürsten

4. Stecker zunächst falsch herum aufschieben, um die Schirmung zu glätten

5. Stecker aufschieben, bis das Dielektrikum vorn am Stecker ankommt

6. Stecker mit Kompressionswerkzeug festmachen



Antennentechnik

Komponenten → F-Buchse

Die Qualität eines Produkts lässt sich oft schon durch einen Blick auf die verwendeten F-Buchsen bewerten.



Mehrfachkontaktierung
des Innenleiters



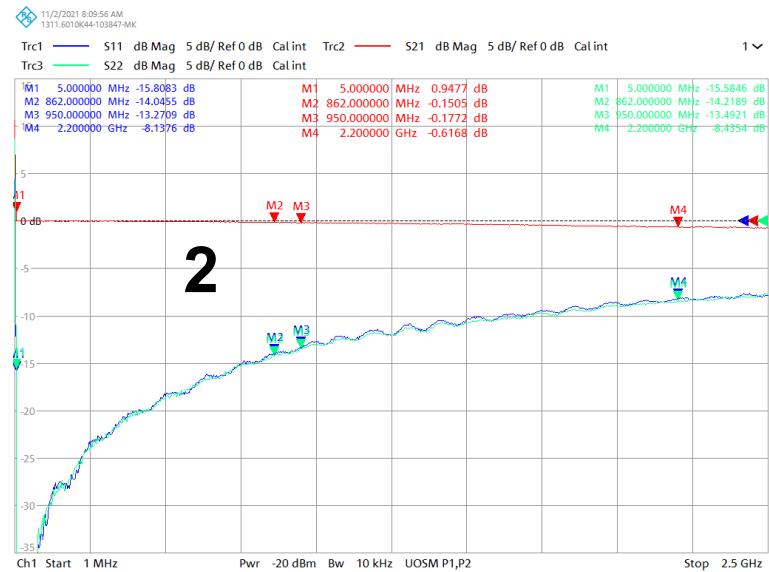
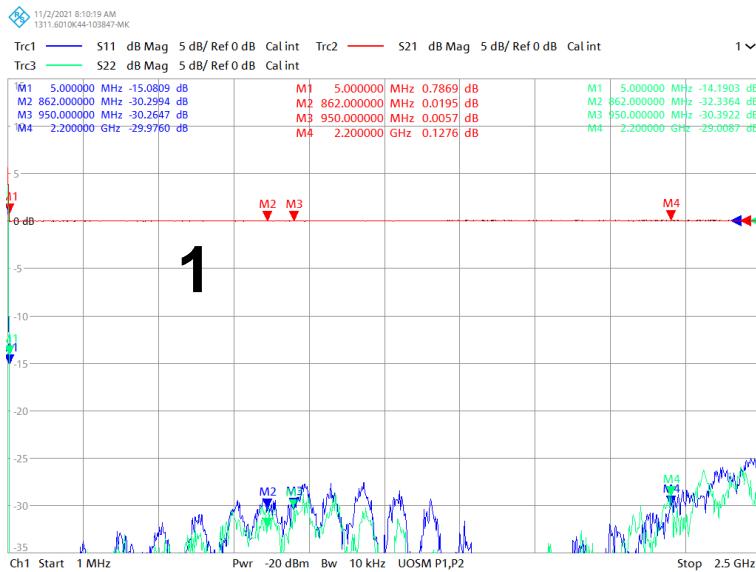
Plane Stirnflächen für ideale
Masseverbindung zum F-Stecker

Geschnittene Gewinde (nicht gegossen)

Antennentechnik

Komponenten → F-Verbinder

Auch bei F-Verbindern gibt es deutliche Unterschiede



Antennentechnik

Komponenten → Potentialausgleichswinkel

Für den Potentialausgleich werden heute überwiegend Erdungsblöcke oder Blechwinkel mit eingeschraubten F-Verbindern eingesetzt.

Erdungsschienen mit Kabelschellen quetschen die Kabel, beschädigen die Schirmung und sind nicht zeitgemäß!

Wie bei den Verbindern spielt auch hier die Rückflussdämpfung eine große Rolle.



Bildquelle: www.ppc-online.com



Bildquelle: www.axing.com

Antennentechnik

Komponenten → Empfängeranschlusskabel

Empfängeranschlusskabel sind in der DIN EN IEC 60966-1 spezifiziert

Das Empfängeranschlusskabel ist eine häufige Störungsursache:

- mangelhafte Schirmung
- hohe Dämpfung
- hoher Gleichstromwiderstand
- Im Einflussbereich des Kunden (Fehlkauf, Behandlung)

Bei einem Feldtest der BNetzA fiel mehr als die Hälfte aller Empfängeranschlusskabel durch die Tests durch.

- Nur hochwertige Anschlusskabel kaufen
- Empfängeranschlusskabel selbst bauen (Meterware, Kompressionsstecker)

Antennentechnik

Komponenten → Verteiler

Es kommt vor, dass ein Antennenkabel aufgeteilt werden muss

Aber nicht so!!!

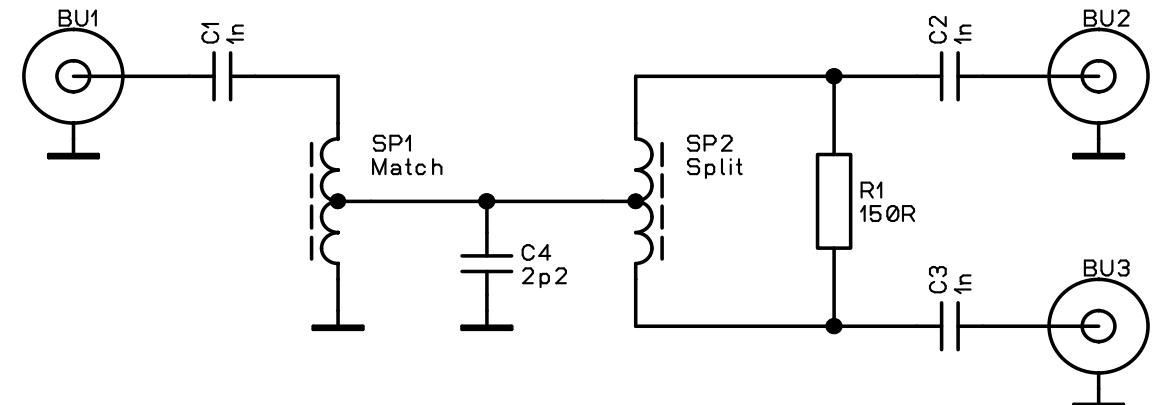


Antennentechnik

Komponenten → Verteiler

Ein Verteiler soll:

- das Signal möglichst verlustfrei gleichmäßig aufteilen
- die Verteilung impedanzmäßig richtig vornehmen (alle Seiten 75 Ohm)
- die Ausgänge voneinander entkoppeln
- intermodulationsfest sein
- geschirmt sein
- ggf. einen Fernspeisepfad, ggf. mit Diodenentkopplung haben



Bildquelle: www.kathrein-ds.com

Antennentechnik

Komponenten → Verteiler

Verteiler mit diodenentkoppeltem Fernspeisefad



Bildquelle: www.kathrein-ds.com

Antennentechnik

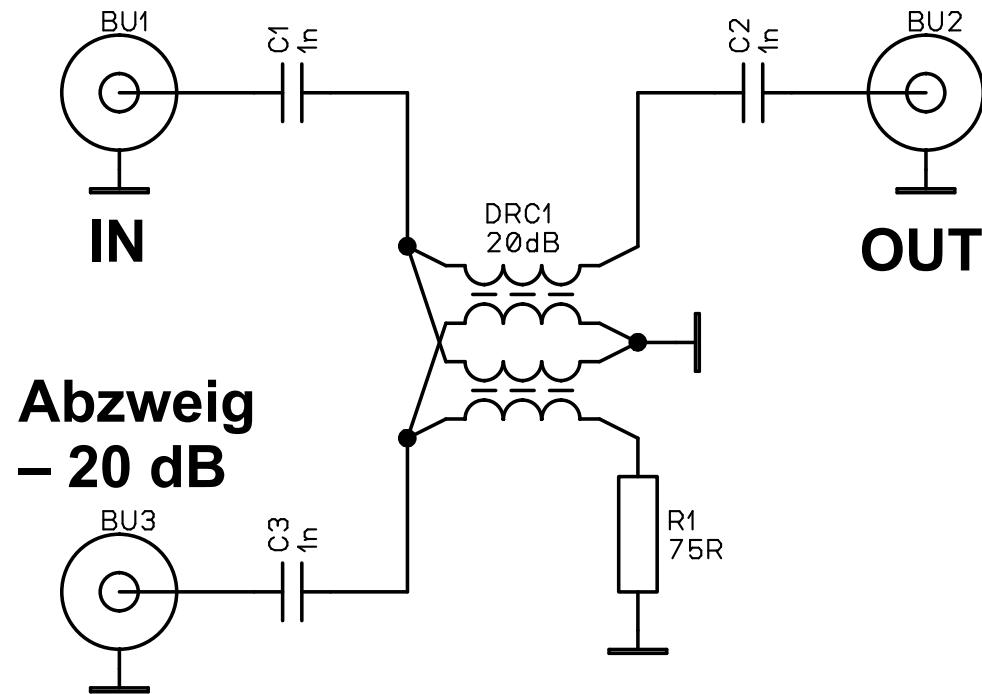
Komponenten → Abzweiger

Im Gegensatz zu Verteilern haben Abzweiger Ausgänge mit unterschiedlich hoher Dämpfung. Man spricht von einem Stammdurchgang mit relativ niedriger Dämpfung und einem Abzweig mit relativ hoher Dämpfung.

Abzweiger sorgen für eine hohe Entkopplung des Abzweigs vom Stamm.
Abzweiger haben eine Richtwirkung.



Bildquelle: www.kathrein-ds.com

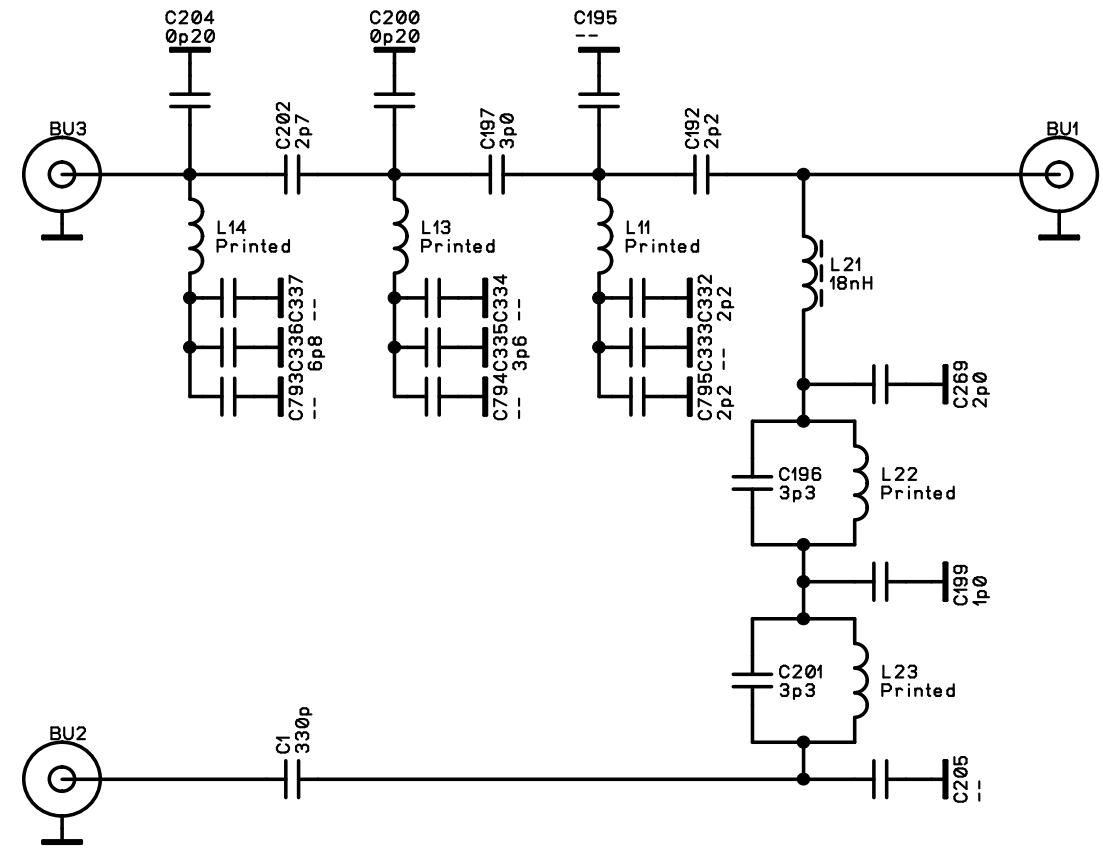
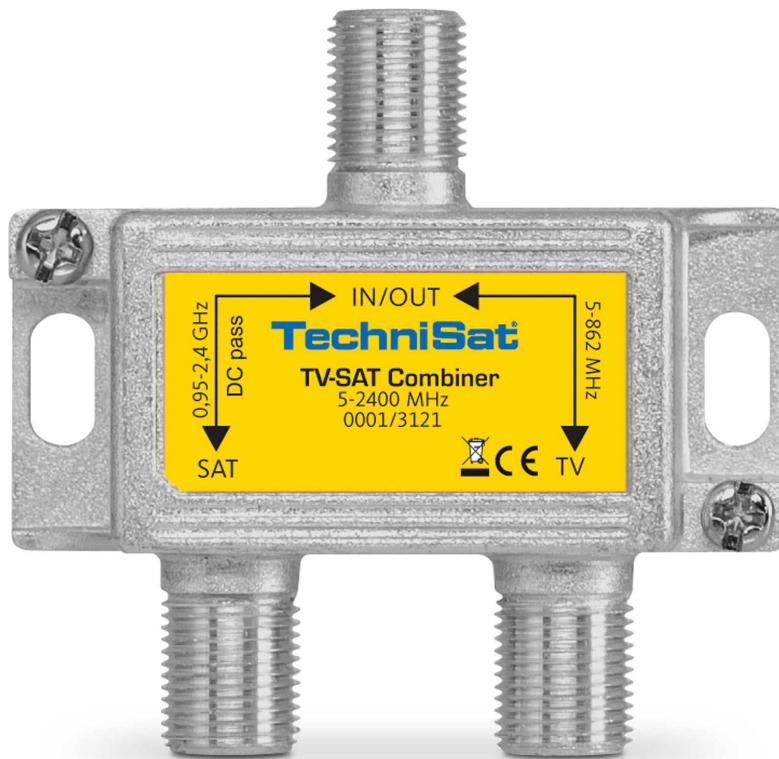


**Abzweig
– 20 dB**

Antennentechnik

Komponenten → Frequenzweichen

Frequenzweichen kombinieren oder trennen Frequenzbereiche voneinander. Sie bestehen üblicherweise aus einer Tiefpass-/Hochpass-Kombination



Bildquelle: www.technisat.de

Antennentechnik

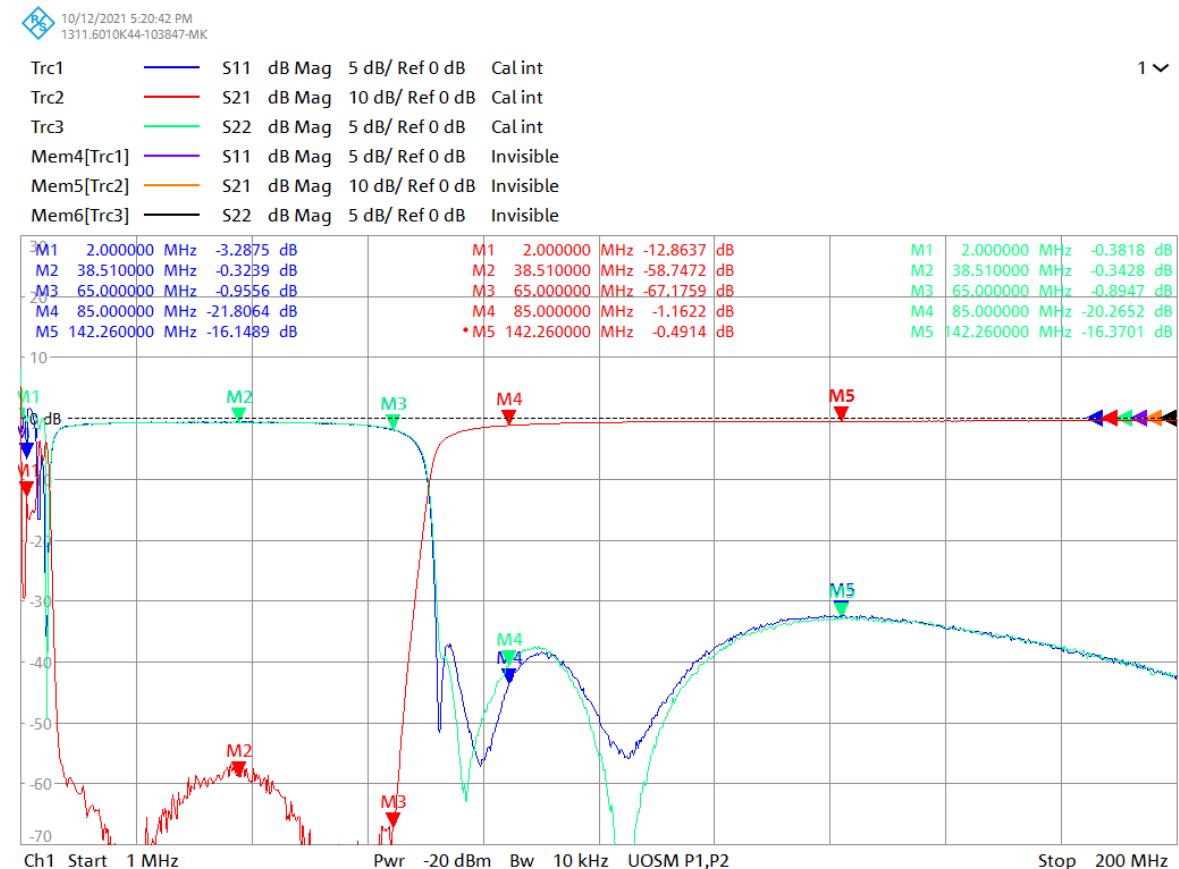
Komponenten → Sperrfilter

Sperrfilter sorgen dafür, dass bestimmte Frequenzbereiche nicht passieren
Beispiel: Rückwegsperre im Kabelfernsehen



Bildquelle: www.shop.brauntelecom.de

Achtung, Sperrfilter haben meistens im Sperrbereich keine Impedanz von 75 Ohm!



Antennentechnik

Komponenten → Sperrfilter

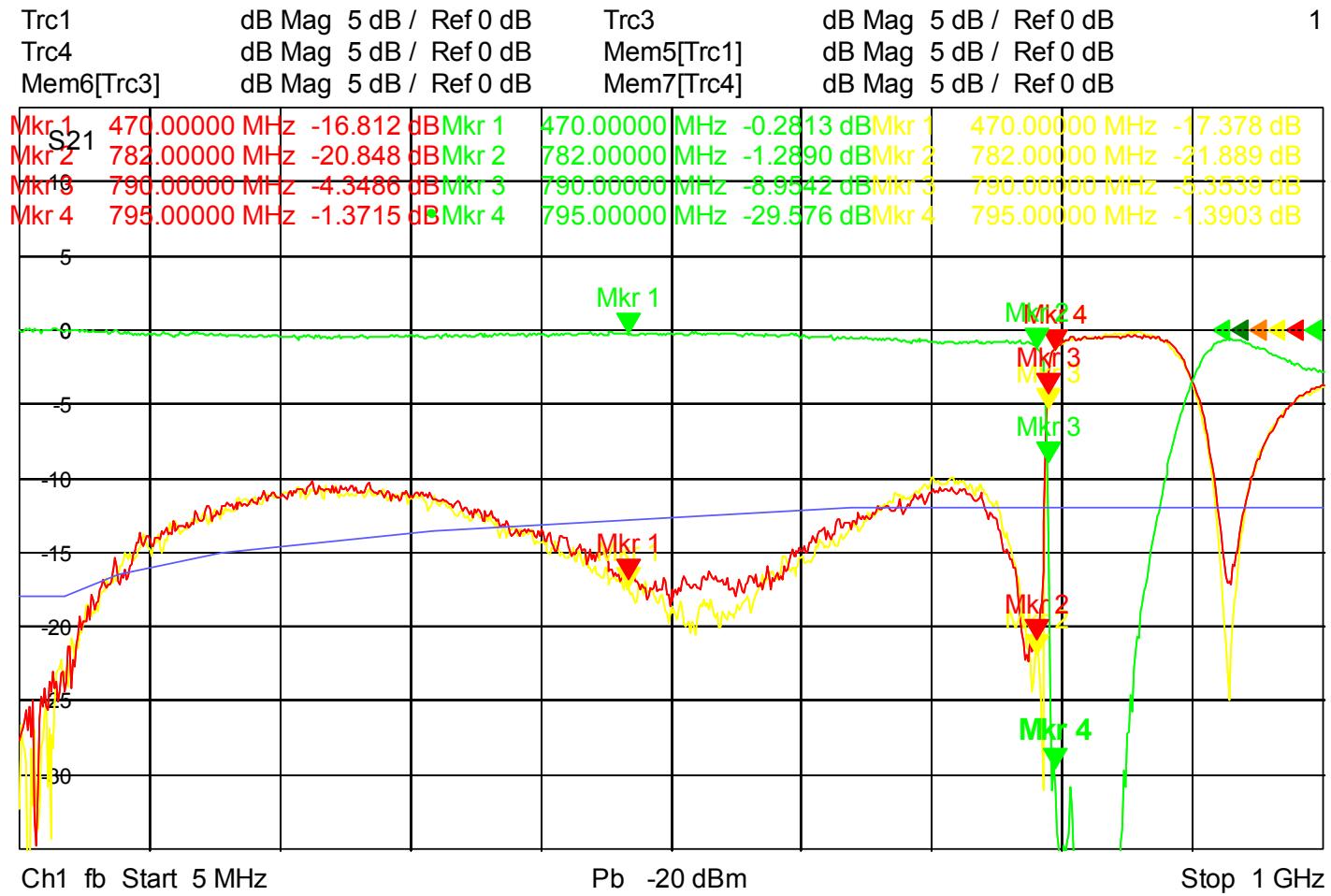
„LTE-Sperrfilter“ sorgen dafür, dass Mobilfunkfrequenzen, die in ehemals für Fernsehen genutzten Frequenzbereichen liegen, in Antennenanlagen keine Störungen verursachen können.



1



Bildquelle: www.spaun.com



11/15/2021, 7:42 AM

Antennentechnik

Komponenten → DC-Trennglied/galvanisches Trennglied

Soll eine vorhandene Fernspeisung auf einem Koaxialkabel abgeblockt oder eine Hauseinführung galvanisch getrennt werden, so werden Trennglieder eingesetzt.

Einfaches Trennglied: unterbricht nur den Innenleiter



Bildquelle: www.axing.de

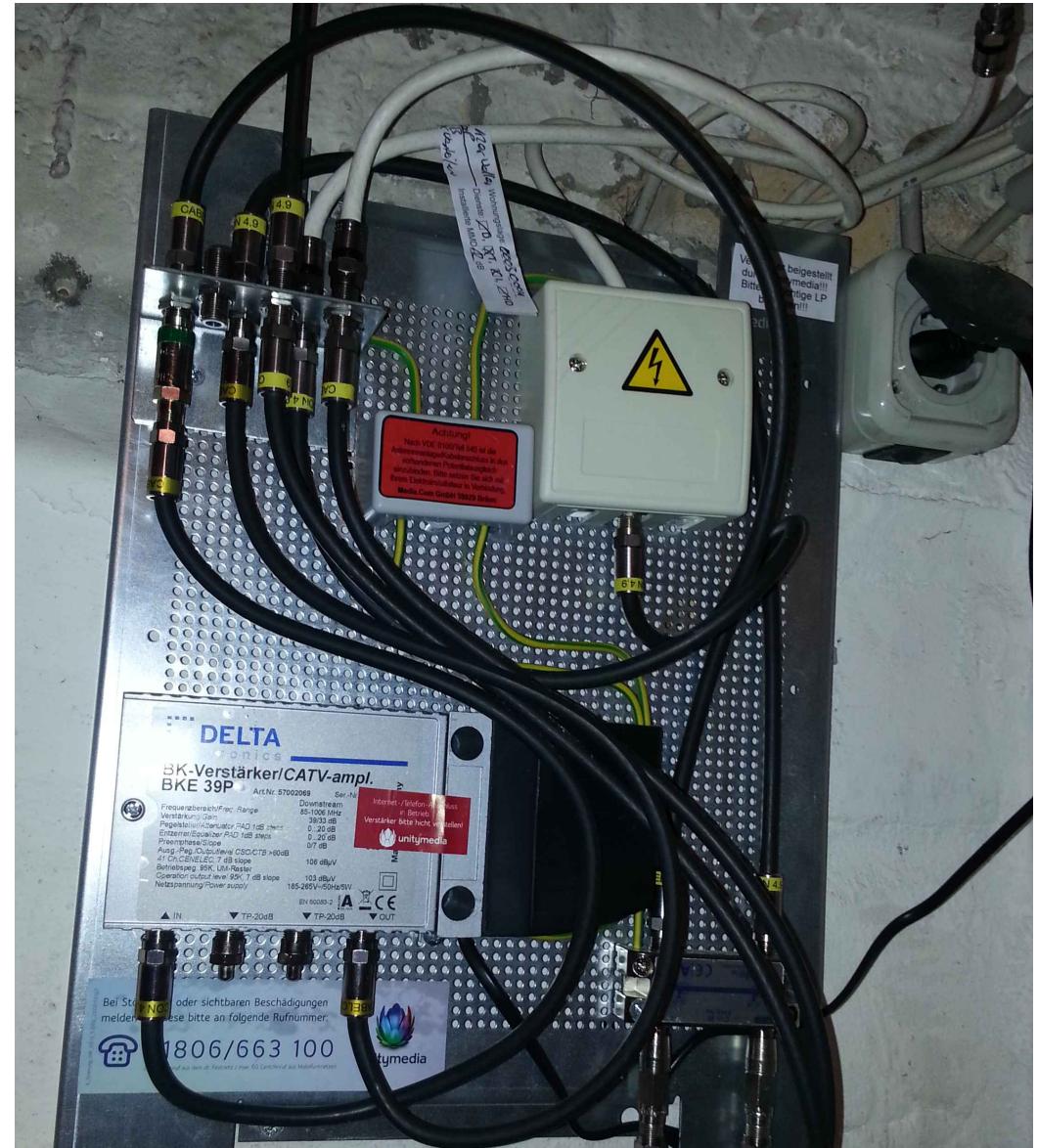
Antennentechnik

Komponenten → DC-Trenglied/galvanisches Trenglied

Ein doppelt galvanisches Trenglied unterbricht Innenleiter und Schirm

Gefahr!

Eine Leitung, die mit einem doppelt galvanischen Trenglied abgetrennt ist, kann unbekannte Spannungspotentiale aufweisen!



Antennentechnik

Komponenten → Antennensteckdosen

Antennensteckdosen bilden den Abschluss des Verteilnetzes. An die Antennensteckdose schließt der Benutzer seine Empfangsgeräte an.

Es gibt drei verschiedene Grundtypen Antennensteckdosen:

Type			Dämpfung
Stichleitungsdo se	Hat nur einen Eingang	Führt das Eingangssignal direkt (ggf. über Weiche oder Verteiler) auf die Ausgangsbuchsen. Hat keine Entkopplung!	etwa -1..-4 dB
Durchgangsdo se	Hat einen Stammeingang und einen Stammausgang	Hat einen Abzweiger integriert. Die Ausgangsbuchsen sind vom Stamm entkoppelt	Stamm bis zu 3 dB Abzweig min. 7 dB
Enddo se	Hat nur einen Stammeingang	Hat ausreichend Entkopplung/Dämpfung, so dass sie als Stammabschluss eingesetzt werden kann	min. 7 dB

Antennentechnik

Komponenten → Antennensteckdosen

Stichdosen:

Achtung! Einige Händler bezeichnen Stichdosen fälschlicherweise als Enddosen.

Eine Stichdose hat nur einen Eingang. Sie ist ein offenes Kabelende, wenn kein Empfangsgerät angeschlossen ist. Das verursacht Welligkeiten.

Eine Stichdose darf nur als einzige Dose in einen Strang nach einem Abzweiger eingesetzt werden. Der Abzweiger sorgt für die notwendige Entkopplung, die die Stichdose alleine nicht hat.

Eine Stichdose darf keinesfalls als letzte Dose in einer Stammleitung eingesetzt werden!

Stichdosen erkennt man an ihrer Dämpfung von kleiner 7 dB

Antennentechnik

Komponenten → Antennensteckdosen

Durchgangsdosen:

Eine Durchgangsdose ist eine Kombination aus einem Abzweiger und einer Stichdose. Sie hat einen Stammleitungseingang und einen Stammleitungsausgang.

Der Abzweiger sorgt dafür, dass die Teilnehmerausgänge ausreichend entkoppelt sind. Es wirkt sich also kaum aus, ob ein Empfangsgerät angeschlossen ist oder nicht.

Durchgangsdosen gibt es üblicherweise mit unterschiedlichen Abzweigdämpfungen. Damit kompensiert man in einer Reihenschaltung die Durchgangs- und Kabeldämpfung der vorhergehenden Dosen.

Der Stammausgang einer Durchgangsdose darf nie offen bleiben. Hier muss entweder eine weitere Durchgangsdose, eine Enddose oder ein Abschlusswiderstand angeschlossen werden.



Abschlusswiderstand für Durchgangsdose
Bildquelle: www.satshop-heilbronn.de

Antennentechnik

Komponenten → Antennensteckdosen

Enddosen:

Eine Enddose hat nur einen Stammleitungseingang.

Sie erfüllt die Funktion einer Durchschleifdose mit geringer Abzweigdämpfung mit bereits eingebautem Abschlusswiderstand auf dem Stammdurchgang.

In den meisten Fällen wird die notwendige Entkopplung der Ausgänge zum Eingang durch Dämpfung realisiert. Eine Richtwirkung ist nicht erforderlich. Die Eingangs-Rückflussdämpfung bei offenen Ausgängen ist 2 x die Abzweigdämpfung. Eine Enddose mit 7 dB Abzweigdämpfung hat also immer mindestens 14 dB Rückflussdämpfung und schließt eine Stammleitung ordentlich ab.

Achtung! Einige Händler bezeichnen fälschlicherweise Stichdose ohne Entkopplung als Enddosen. Eine Enddose hat immer mindestens 7 dB Dämpfung.

Antennentechnik

Komponenten → Antennensteckdosen

Antennendosen für verschiedene Anwendungen

Terrestrik:

Dose hat Ausgänge für UKW-Radio und TV.

Problem: alte Dosen haben DAB auf dem TV-Bereich.

Kabelfernsehen:

Alte Dosen wie Dosen für Terrestrik.

Multimediadosen haben einen zusätzlichen Anschluss für Kabelmodem (3-Loch, manchmal auch zwei, dann 4-Loch). Diese Dosen haben eine Rückwegsperre an TV- und Radio-Port. Neue Dosen ohne Radio-Port.

Satellitenempfang:

Üblicherweise 3-Loch-Dosen für Radio/TV/Sat oder Modem/TV/Sat. Am Markt aber auch 2-Loch Breitband-Dosen.

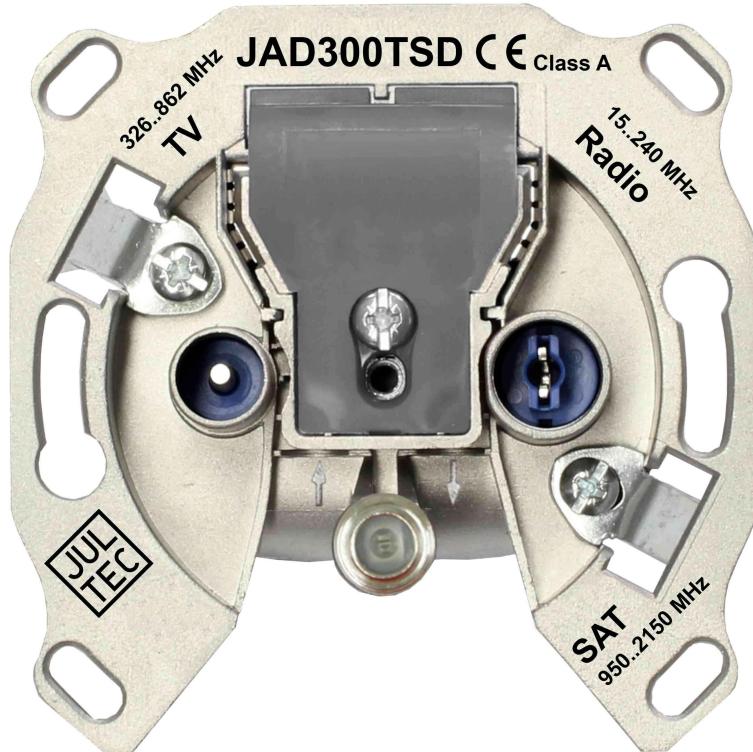
Auch als Twin-Dose (4-Loch) für zwei separate Kabel verfügbar.

Achtung! Antennendosen für Kabelfernsehen und Satellitenempfang sehen identisch aus, haben aber völlig unterschiedliche Funktion!

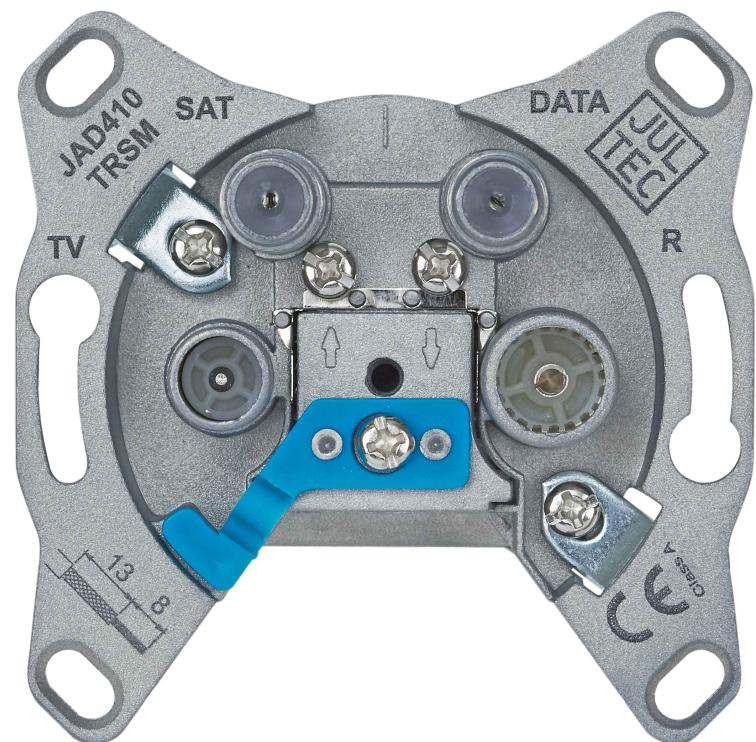
Antennentechnik

Komponenten → Antennensteckdosen

3-Loch-Dose

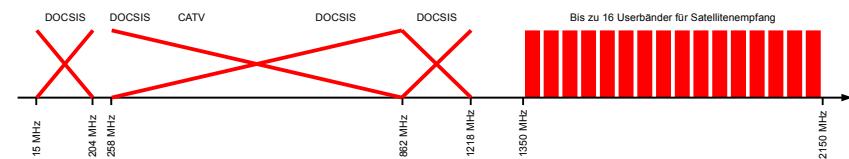
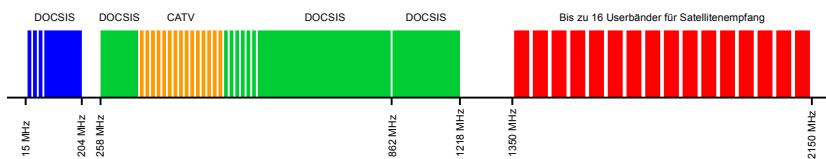
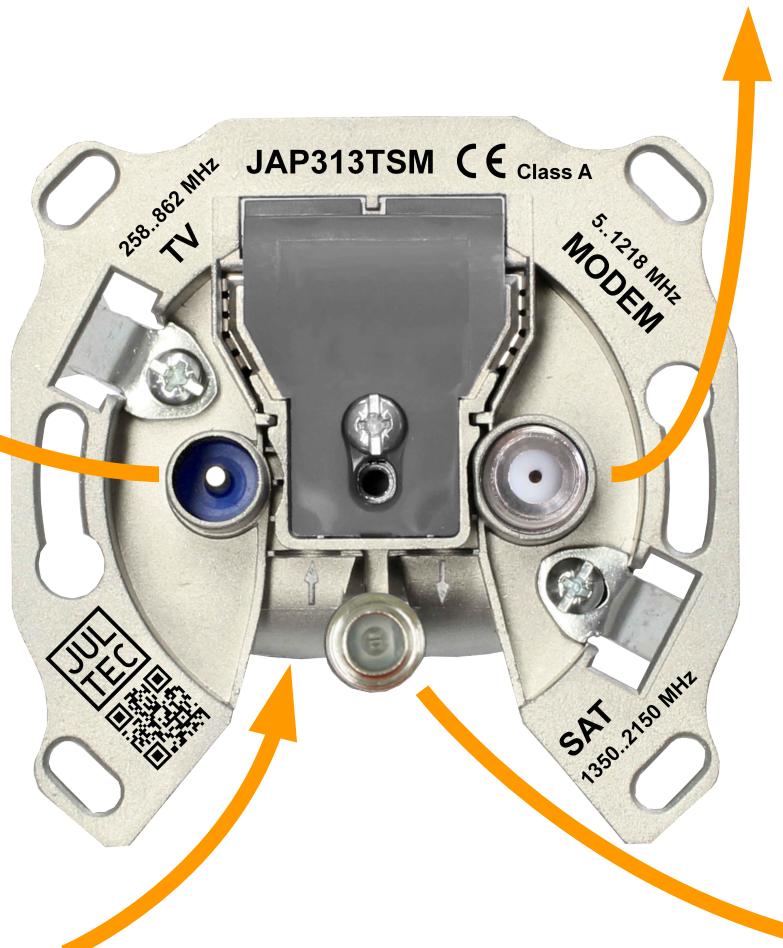
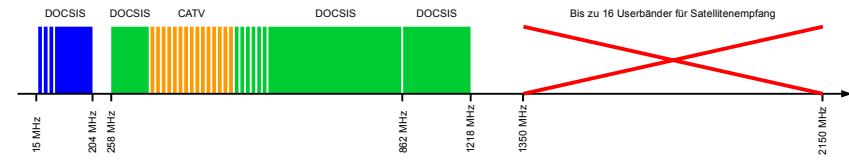
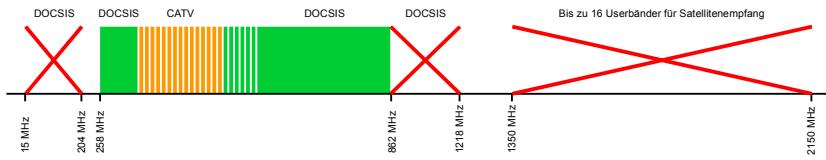


4-Loch-Dose



Antennentechnik

Komponenten → Antennensteckdosen



Antennentechnik

Komponenten → Dämpfungsglieder

Es kann vorkommen, dass ein Signalpegel zu hoch ist, so dass er abgesenkt werden muss.

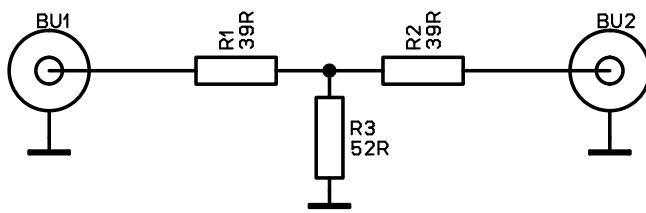
feste Dämpfung



→ Frequenzbereich?
→ fernspeisetauglich?

Bildquelle: www.durasat.de

einstellbare Dämpfung



Realisierung:

- mechanisch (gekoppelte Potis)
- mechanisch (verschiedene Steckpads)
- elektronisch (PIN-Dioden)
- elektronisch (Stufenabschwächer)

Antennentechnik

Komponenten → Entzerrer/Equalizer

Koaxialkabel verursacht eine frequenzabhängige Dämpfung. Um diese Dämpfung auszugleichen, werden frequenzabhängige Dämpfungsglieder eingesetzt. Diese werden als „Entzerrer“, „Leitungsentzerrer“ oder „Equalizer“ bezeichnet.

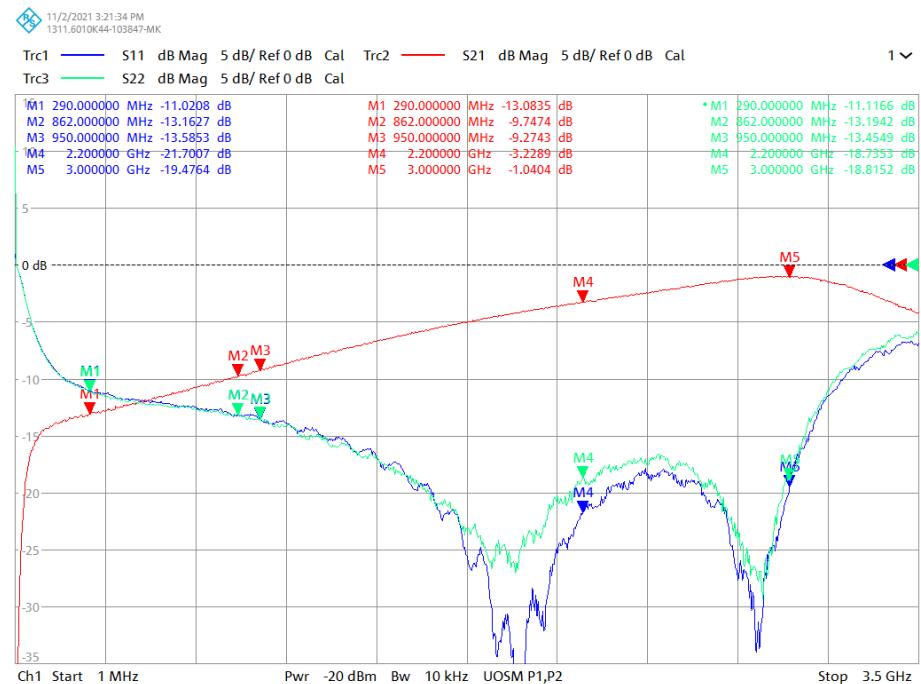
Equalizer können einstellbar oder fix sein



Bildquelle: www.durasat.de



→ Frequenzbereich?
→ fernspeisetauglich?



Equalizer für Breitband-Sat-ZF (JULTEC JSE2350)

Antennentechnik

Komponenten → Verstärker

Um Dämpfungen und Verteilverluste auszugleichen, werden Verstärker eingesetzt.

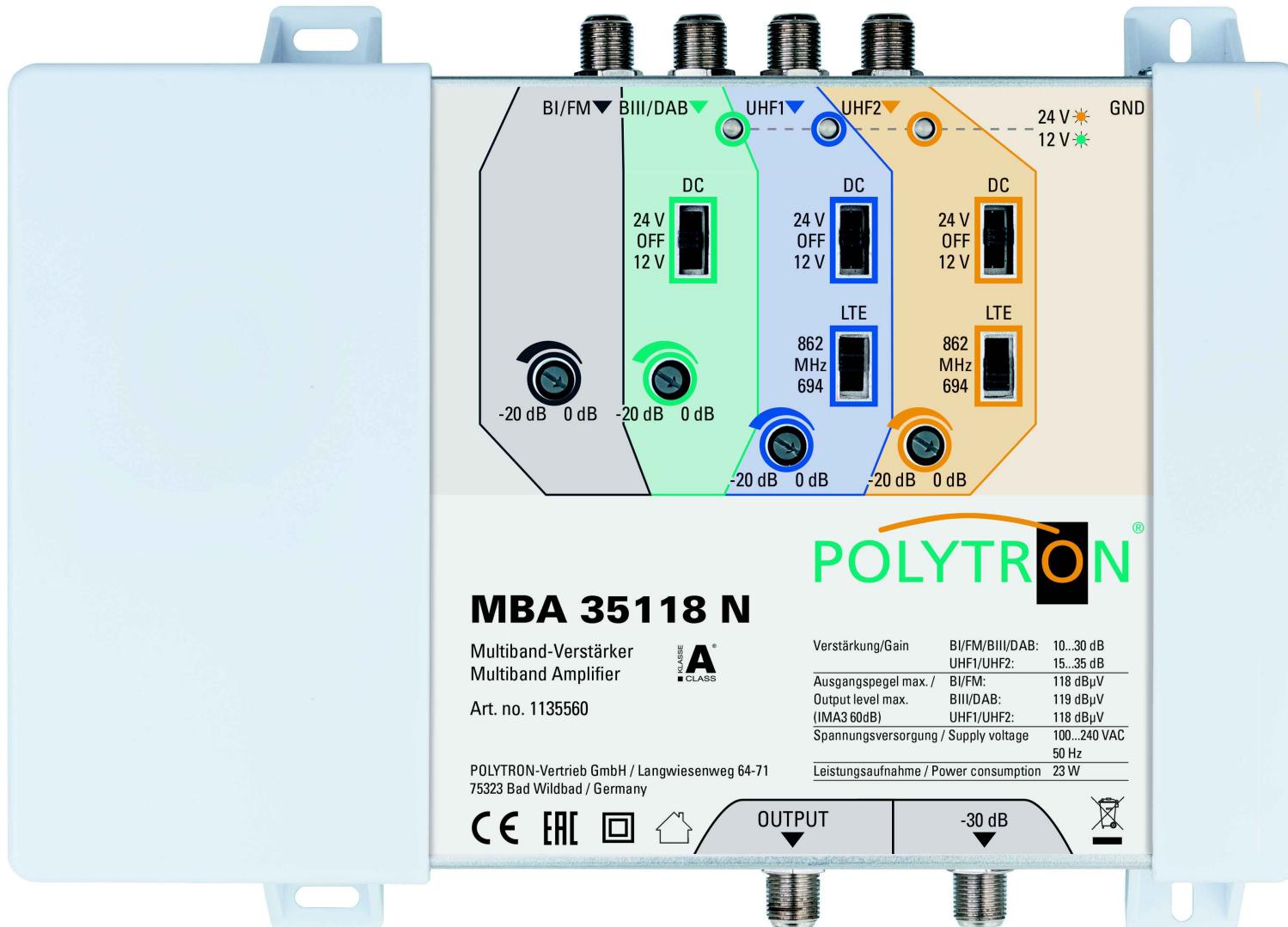
Wichtige Parameter eines Verstärkers:

- Frequenzbereich(e)
- max. Ausgangspegel/Betriebspegel
- Verstärkung
- einstellbare Verstärkung?
- einstellbare Entzerrung?
- Rauschmaß
- Schirmungsmaß
- Ortsspeisung/Fernspeisung?
- Fernspeisedurchgang?
- Strom-/Leistungsaufnahme
- Art der HF-Anschlüsse
- Testbuchse(n)?
- Gehäuse/IP-Klasse

Antennentechnik

Komponenten → Verstärker

Mehrbereichsverstärker



Bildquelle: Polytron

Antennentechnik

Komponenten → Verstärker

Kabelfernsehverstärker



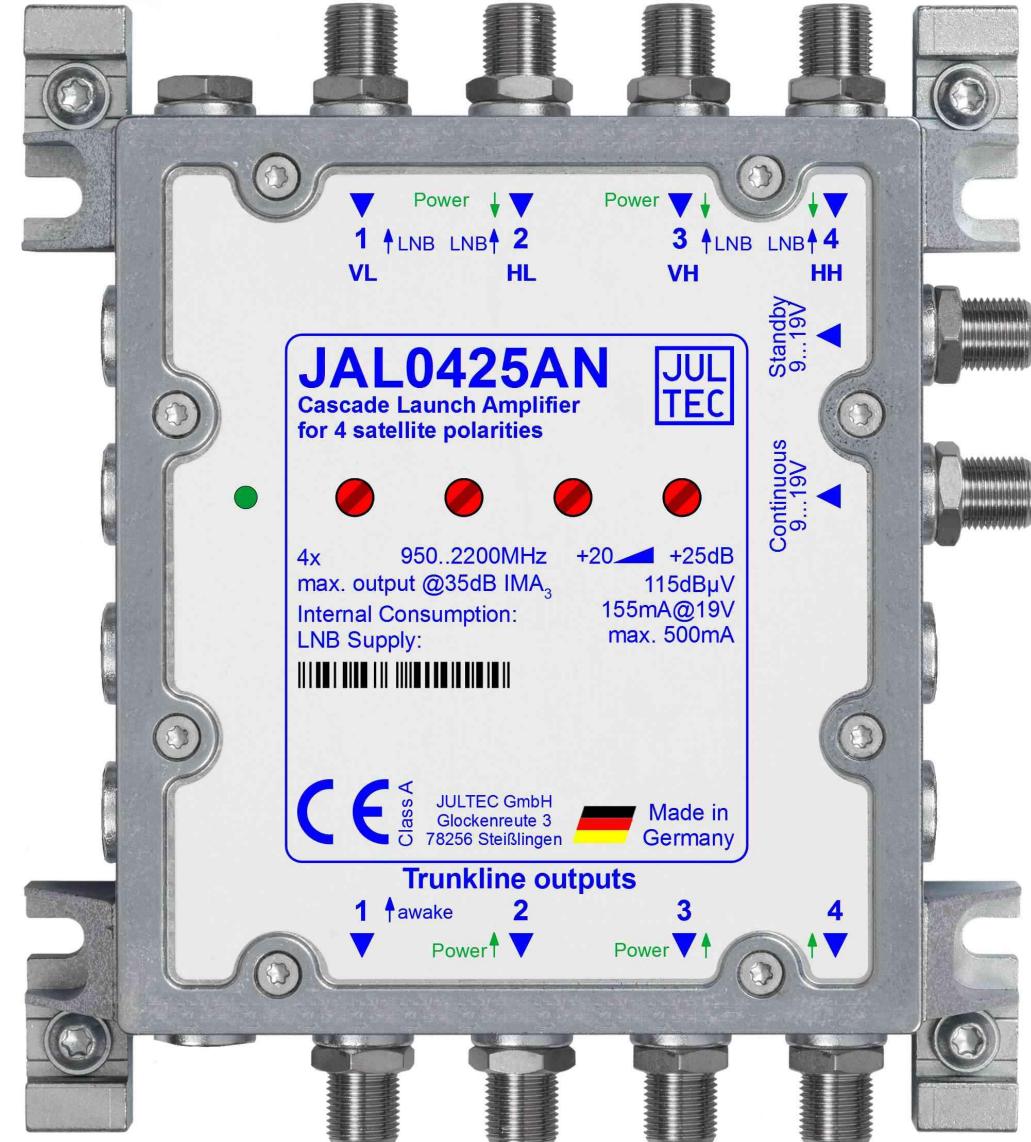
Bildquelle: DCT-Delta

Antennentechnik

Komponenten → Verstärker

Sat Kaskaden-Startverstärker

- Verstärkung der vier ZF-Ebenen
- Verstärkung einstellbar
- Schräglagen-Vorentzerrung
- Fernspeisung des LNBs
- speisbar über Netzteil oder per Fernspeisung über die Stammleitungen

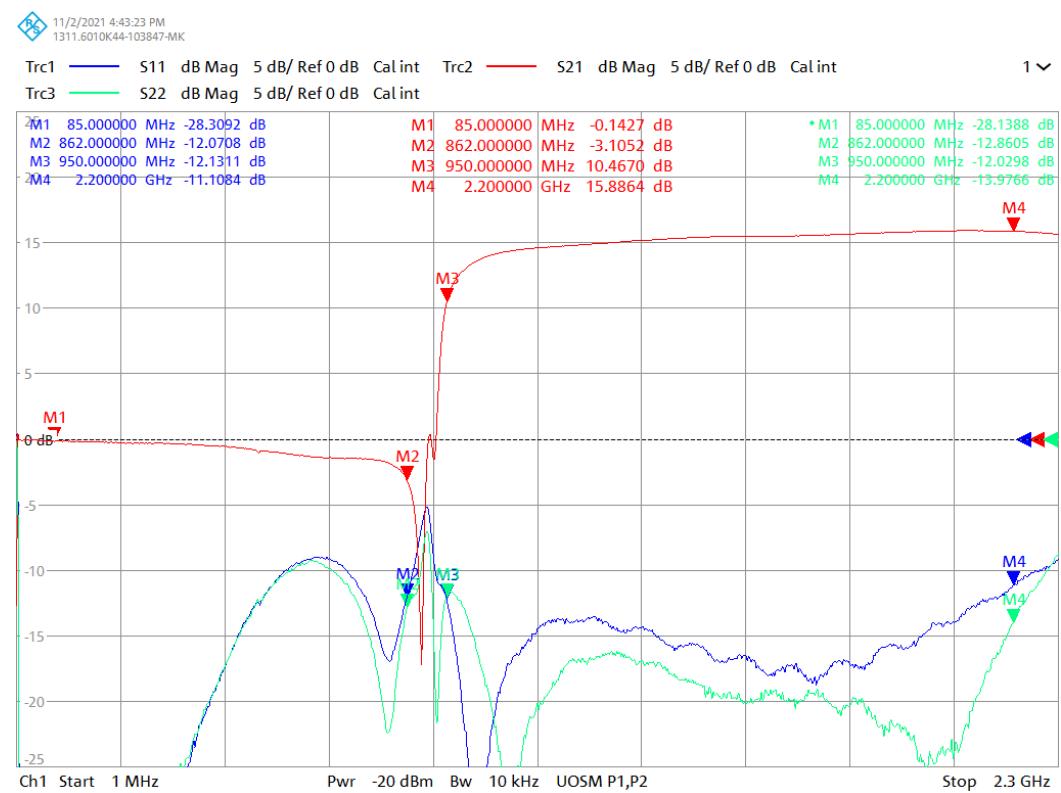
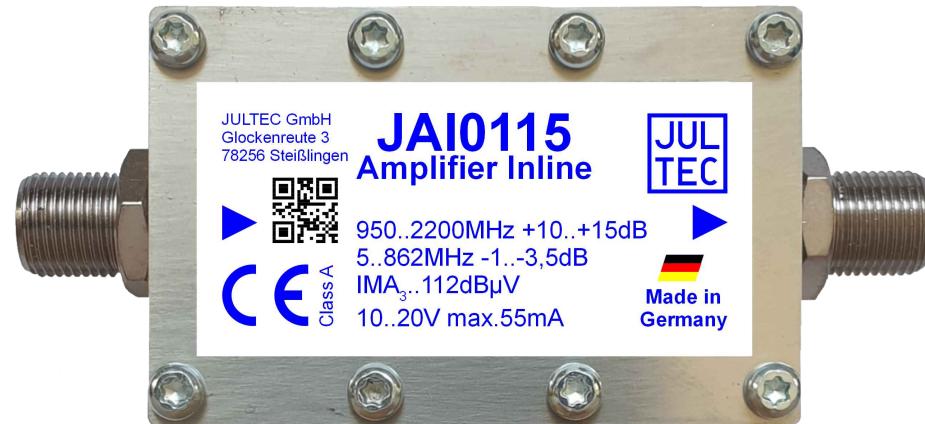


Antennentechnik

Komponenten → Verstärker

Sat Inlineverstärker

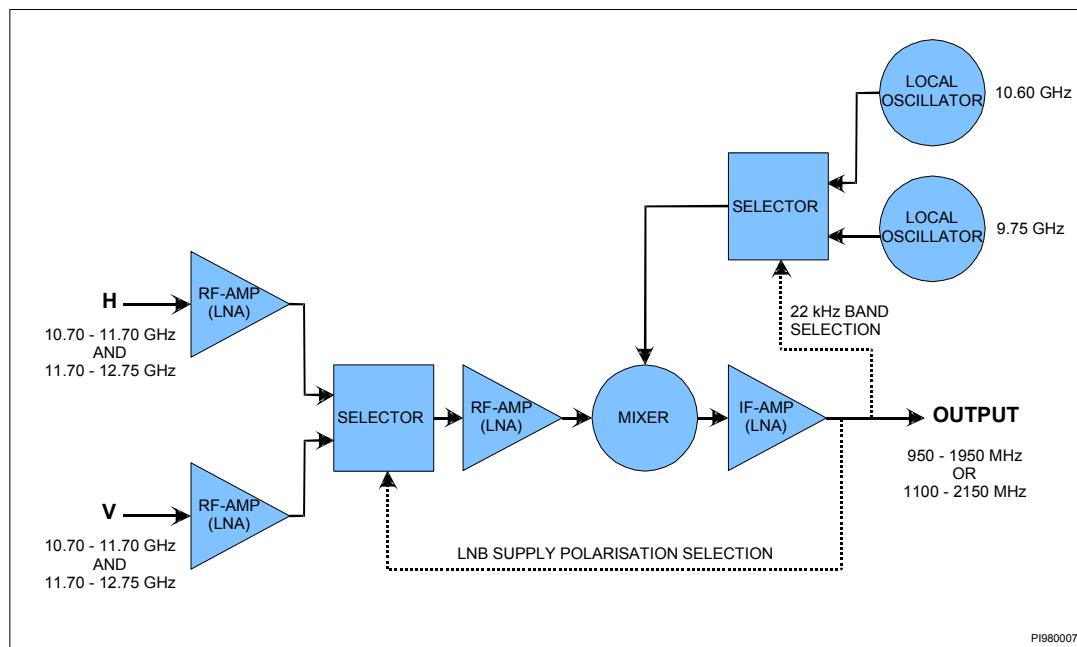
Besonderheit: passiver Bypass des terrestrischen Frequenzbereichs (d.h. die Terrestrik ist auch ohne Fernspeisespannung verfügbar)



Antennentechnik

Komponenten → Parabolantenne

LNB steht für „Low Noise Blockconverter“. Es ist Bestandteil einer Satellitenempfangsanlage. Es besteht aus rauscharmen Verstärkerstufen und einem Frequenzumsetzer. Einige LNBs haben bereits HF-Umschalter integriert. Meistens ist auch das Feedhorn integriert.



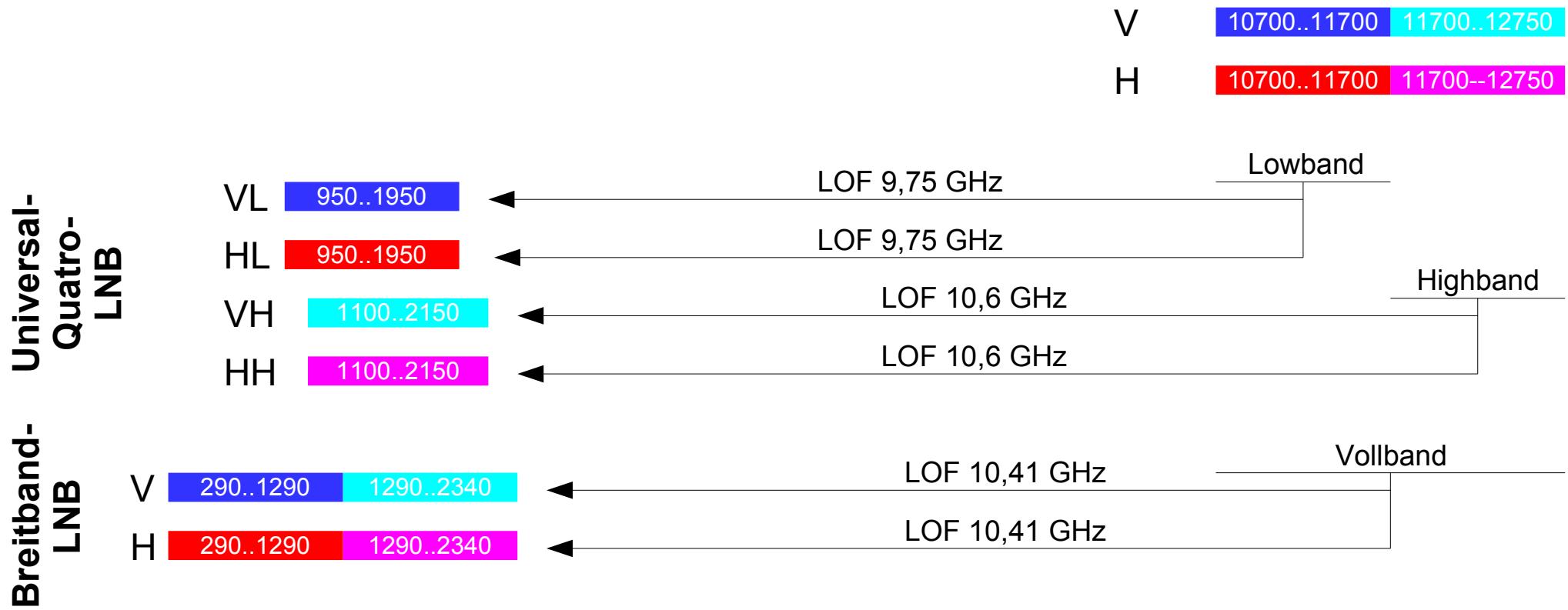
Blockschaltbild Universal Single LNB. Quelle: SES Astra

Zwei LNBs
als Duofeed



Antennentechnik

Komponenten → LNB



Achtung bei Breitband-LNBs:

- Die standardisierte LOF ist 10,41 GHz. Es sind aber auch LNBs mit 10,40 GHz im Umlauf! Der Einkabelumsetzer muss kompatibel zur LOF sein
- Breitband-LNBs sind direkt nur mit Einkabelumsetzern verwendbar!

Antennentechnik

Komponenten → LNB

Am Markt sind verschiedene LNB-Typen für verschiedene Anwendungen erhältlich. Die Bezeichnung „Universal-LNB“ bedeutet zunächst nur, dass das LNB mit bestimmten Lokaloszillator-Frequenzen (9,75/10,6 GHz bzw. 10,41 GHz) ausgestattet ist.

Name	Anwendung	Signale
Universal Single	1 Empfängsgerät direkt	VL oder HL oder VH oder HH je nach Steuersignal
Universal Twin	2 Empfangsgeräte direkt	VL oder HL oder VH oder HH je nach Steuersignal
Universal Quad	4 Empfangsgeräte direkt	VL oder HL oder VH oder HH je nach Steuersignal
Universal Octo	8 Empfangsgeräte direkt	VL oder HL oder VH oder HH je nach Steuersignal
Universal Quattro	4 Ausgänge für Multischalter	Je ein fester Ausgang pro Polarisationsebene
Wideband-LNB	Ausgänge für Einkabelumsetzer	Je ein breitbandiger Ausgang V und H
Einkabel-LNB	Mehrere Empfänger auf Leitung	Spezielles Einkabelspektrum

Antennentechnik

Komponenten → LNB

Auswahlkriterien LNB:

- Anzahl der Ausgänge für Anwendung
- Für Multischalter immer Quattro-LNB verwenden, für Einkabelumsetzer Quattro- oder Breitband-LNB.
- Verstärkung: nur in Ausnahmefällen High-Gain-LNBs verwenden
- Stromaufnahme: erhebliche Unterschiede!
- PLL-Oszillatoren: verbessertes Phasenrauschen
- Rauschmaß: Angaben sind gelogen. Wert spielt heute keine Rolle mehr.
- Polarisationsentkopplung: heute maßgeblich für die Signalqualität!
- Montageart: Quasi-Standard ist 40 mm-Hals
Spezialaufnahme bei Kathrein, Astro, Technisat
- F/D-Verhältnis: Öffnungswinkel des Feedhorns
Für Offset-Reflektoren üblicherweise 0,6.
Passt nicht in PFA-Antennen (F/D ca. 0,3)! → Hierfür Flansch-LNB plus passendes Feedhorn!
- Dual-/Multifeed? Auf Baugröße (Breite) achten!
- Wetterschutz für F-Stecker vorhanden?
- LTE-Filter: überwiegend Werbegag, genau wie „UHD-tauglich“
- Bei Twin-/Quad-LNB ist eine Entkopplung der 22 kHz-Töne wichtig

Antennentechnik

Komponenten → LNB



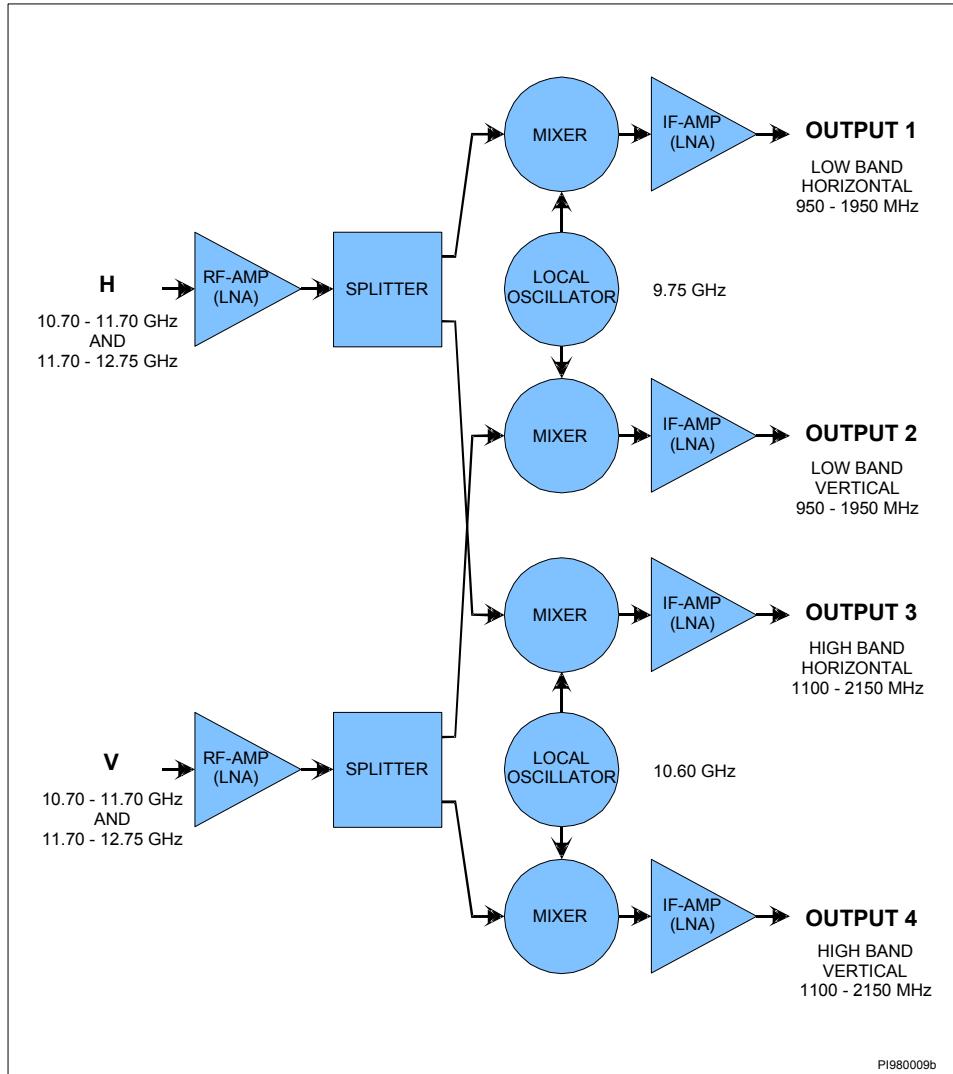
Antennentechnik

Komponenten → LNB

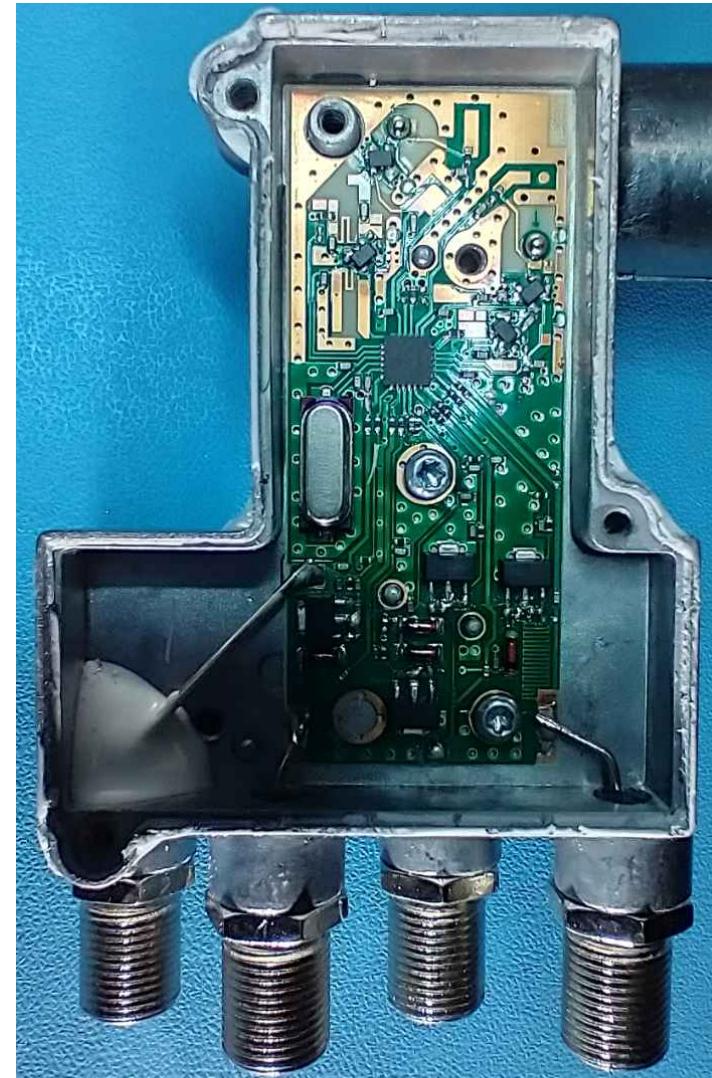


Antennentechnik

Komponenten → LNB



Blockschaltbild Universal Quattro LNB. Quelle: SES Astra



Blick in ein Universal-Quad-LNB

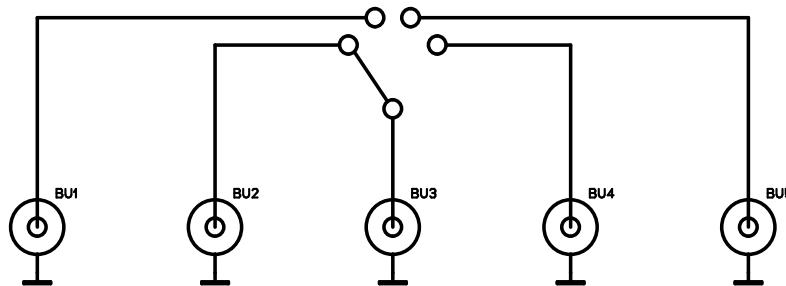
Antennentechnik

Komponenten → Antennenrelais

Zum Zusammenschalten mehrerer LNBs (Empfang mehrerer Satellitensysteme) werden Antennenrelais verwendet. Die Umschaltung erfolgt durch Steuersignale (DiSEqC-Befehle) der Empfangsgeräts. Das Relais leitet die Fernspeisung weiter zum gewählten LNB.

Auswahlkriterien:

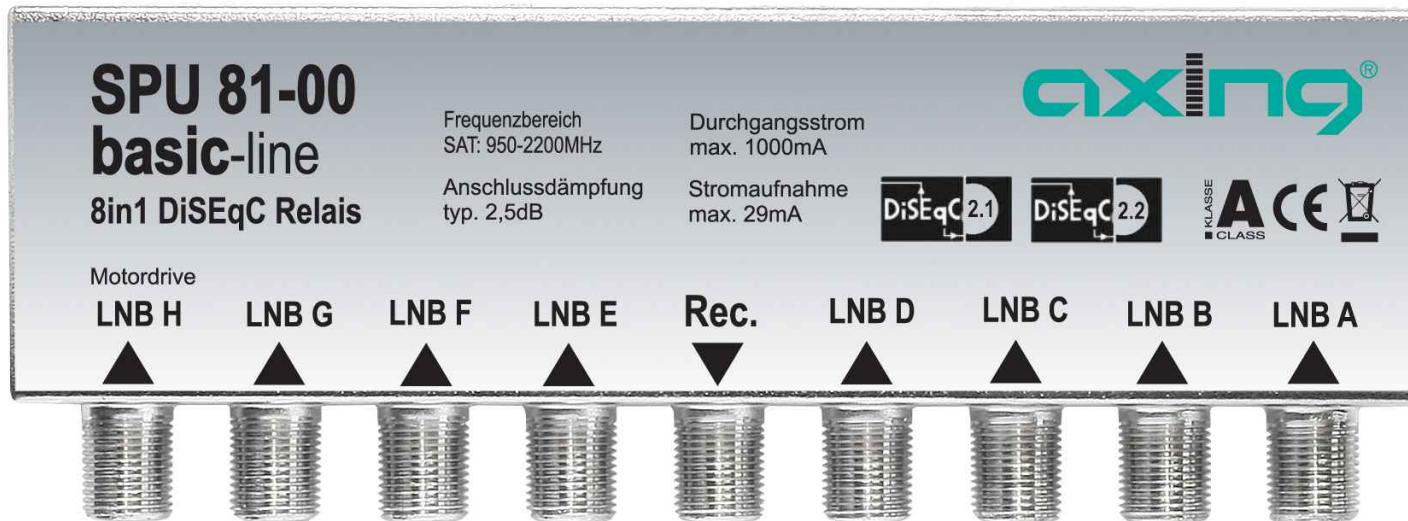
- Anzahl der Eingänge (2/4/8)
- Schaltkriterium (Position/Option/Uncommitted/Drehanlage)
- Schaltisolation
- Wetterschutz/Mastmontage



Bildquelle: www.technisat.de

Antennentechnik

Komponenten → Antennenrelais

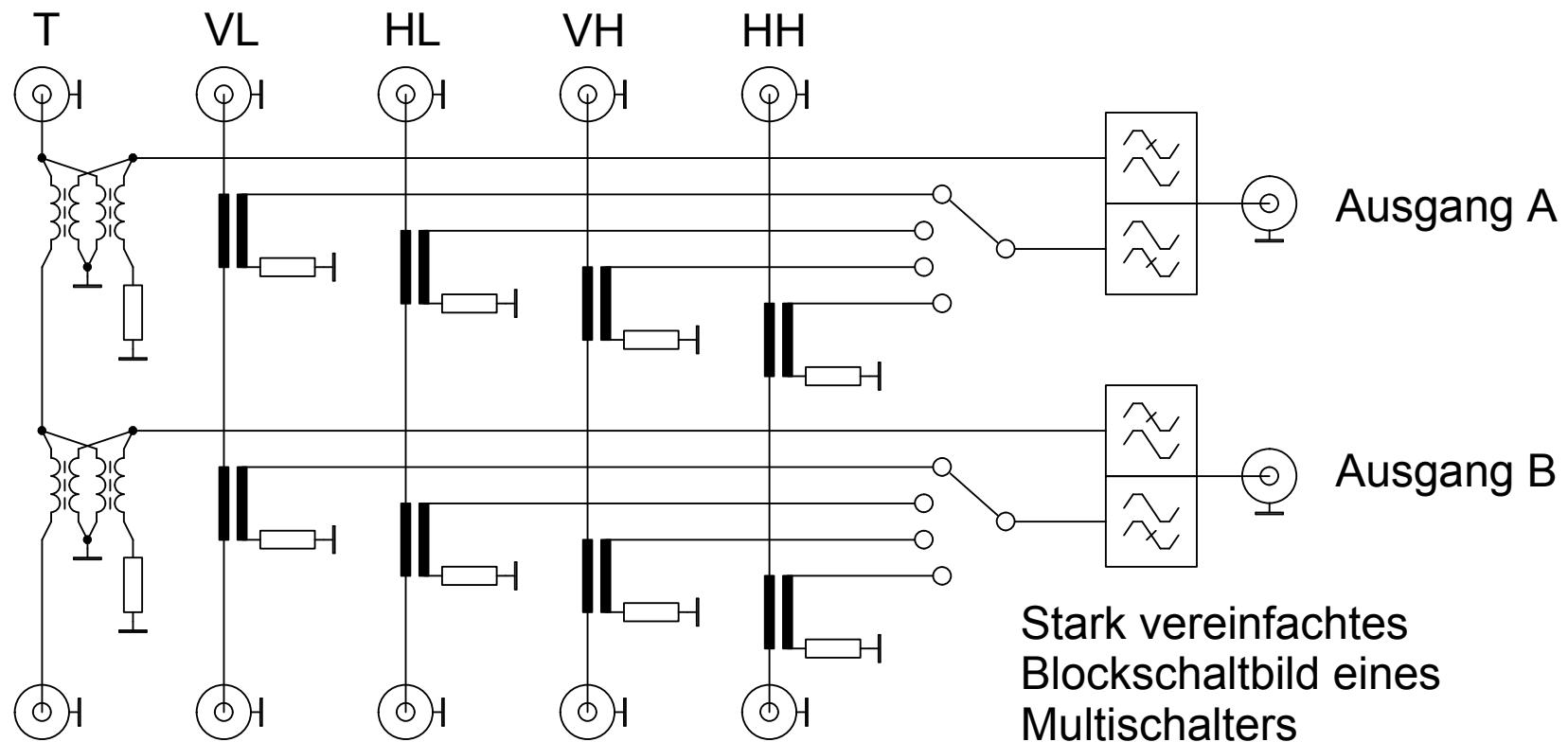


Bildquelle: www.axing.com

Antennentechnik

Komponenten → Multischalter

Um eine Vielzahl von Anschlüssen an einem Quattro-LNB zu realisieren, werden Multischalter eingesetzt. Dabei wird an jedem Ausgang unabhängig von den anderen Ausgängen die vom Empfangsgerät gewünschte Polarisationsebene ausgegeben. Gleichzeitig wird für die notwendige Entkopplung der Ausgänge voneinander gesorgt. Bei den meisten Modellen wird zusätzlich auch der terrestrische Frequenzbereich verteilt.



Antennentechnik

Komponenten → Multischalter

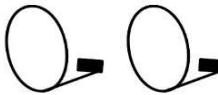
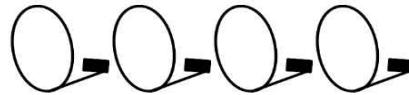
Multischalter gibt es in verschiedenen Ausführungen:

2 / 3 Eingänge: veraltet!	4 / 5 Eingänge: Ein Sat-System	8 / 9 Eingänge: Zwei Sat-Systeme	12 / 13 Eingänge: Drei Sat-Systeme	16 / 17 Eingänge: Vier Sat-Systeme		
ohne Terrestrik		mit Terrestrik		mit CATV-tauglicher Terrestrik		
Kompaktgerät		kaskadierbar (Stammausgänge)				
Unterschiedliche Anzahl an Ausgängen						
mit Verstärkung (aktiv)		ohne Verstärkung (passiv)				
mit Netzteil	ohne Netzteil, komplett receivergespeist		ohne Netzteil, benötigt Startgerät			
ohne Standbyfunktion	mit Standbyfunktion	mit selektiver Standbyfunktion				
Für Quattro-LNB		Quad-tauglich				

Antennentechnik

Komponenten → Multischalter

Multischalter gibt es in verschiedenen Ausführungen:

	 	 	 
	1 Satellit	2 Satelliten	4 Satelliten
8 Ausgänge / Empfangsgeräte	JRM0508M JRM0508T	JRM0908M JRM0908T	JRM1708M JRM1708T
12 Ausgänge / Empfangsgeräte	JRM0512M JRM0512T	JRM0912M JRM0912T	JRM1712M JRM1712T
16 Ausgänge / Empfangsgeräte	JRM0516M JRM0516T	JRM0916M JRM0916T	JRM1716M JRM1716T

Quelle: <http://jultec.de/multiswitch.html>

Antennentechnik

Komponenten → Multischalter

Beispiel für einen Multischalter:

Teilnehmeranschlüsse



Stammleitungsoutputs

Technische Daten:

	JRM0508A	JRM0508M	JRM0508T
Anzahl Abzweige	8	8	8
Stammleitung 5 .. 862 MHz	- 5 dB	-	-
Abzweig 5 .. 862 MHz	- 23 dB	- 19 dB	-
Entkopplung port to port (Terr)		> 35 dB	
Stammleitung 950..2200 MHz	4 x - 1..- 2 dB	-	-
Abzweig 950..2200 MHz		- 9 .. - 3 dB	
Entkopplung port to port (Sat)		> 26 dB	
Max. Ausgangspegel Sat	100 dBµV @ 35 dB IMA (88 dBµV Vollband)		
Maximale Receiverlast	40 mA plus LNB*		
LNB-Versorgung	9 V / 300 mA		
Abmessungen	131 x 144 x 34 mm ³		
Schirmung/EMV	CE (EN 60728-2), Klasse A		
GTIN	4250883440004	4250883440301	4250883440011

Quelle: <http://jultec.de/JRM0508.html>

Antennentechnik

Komponenten → Multischalter

Auswahlkriterien für Multischalter:

- Anzahl der Satellitensysteme (Eingänge)
- Anzahl der benötigten Teilnehmeranschlüsse, an welchem Standort
- ggf. kaskadierbares System einsetzen
- Leitungslängen → ggf. zusätzliche Verstärkung/Startverstärker/Entzerrer
- Leistungsqualität → ggf. Multischalter mit Netzteil
- Terrestrik oder Kabelfernsehen gewünscht?

Qualitätsmerkmale:

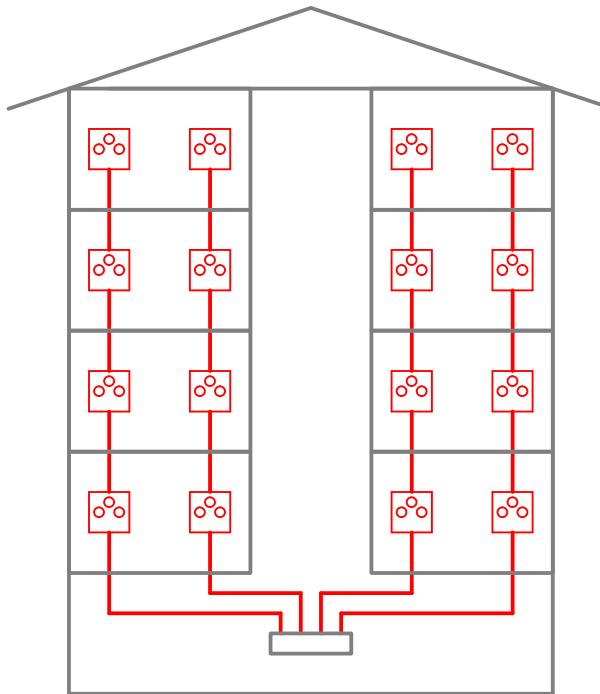
- stabiles Gussgehäuse
- Schirmung Klasse A
- hochwertige F-Buchsen
- niedriger Eigenstromverbrauch, selektive Standbyfunktion
- Schräglagenkompenstation
- maximaler Ausgangspegel
- Schaltisolation (laut Vorgabe mindestens 26 dB)
- Isolation der Ausgänge (laut Vorgabe > 35 dB Terrestrik und > 26 dB Sat)
- niedrige Stammdämpfung

Antennentechnik

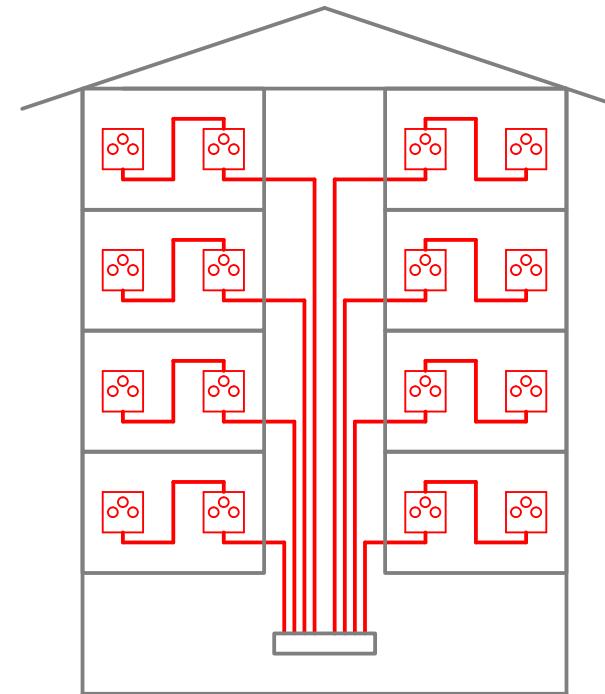
Komponenten → Einkabelumsetzer

Satellitenprogramme sind auf zwei Polarisationsebenen und zwei Frequenzbänder verteilt. Ein Satellitenempfänger fordert die gewünschte Polarisationsebene per Steuersignal an. Aus diesem Grund kann an einer Multischalter- oder LNB-Ableitung nur ein Empfangsgerät betrieben werden.

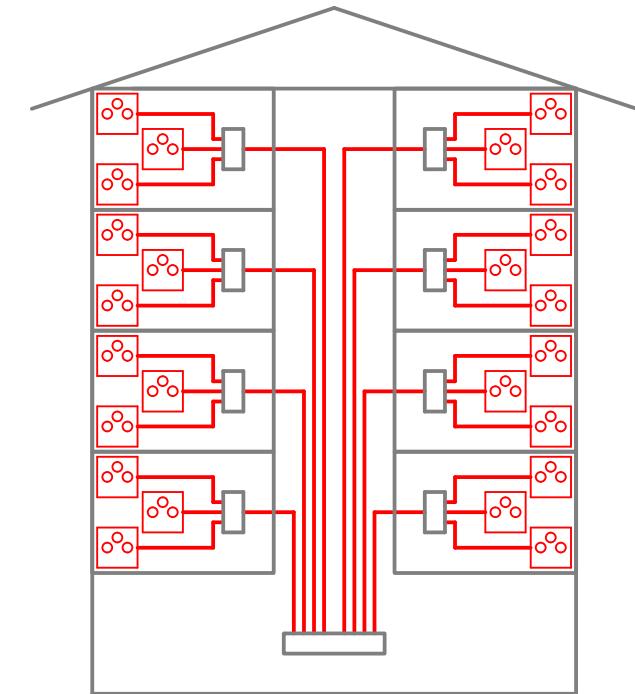
Teilnehmergesteuerte Einkabelumsetzer umgehen dieses Problem.



Baumstruktur



Wohnungsbaum

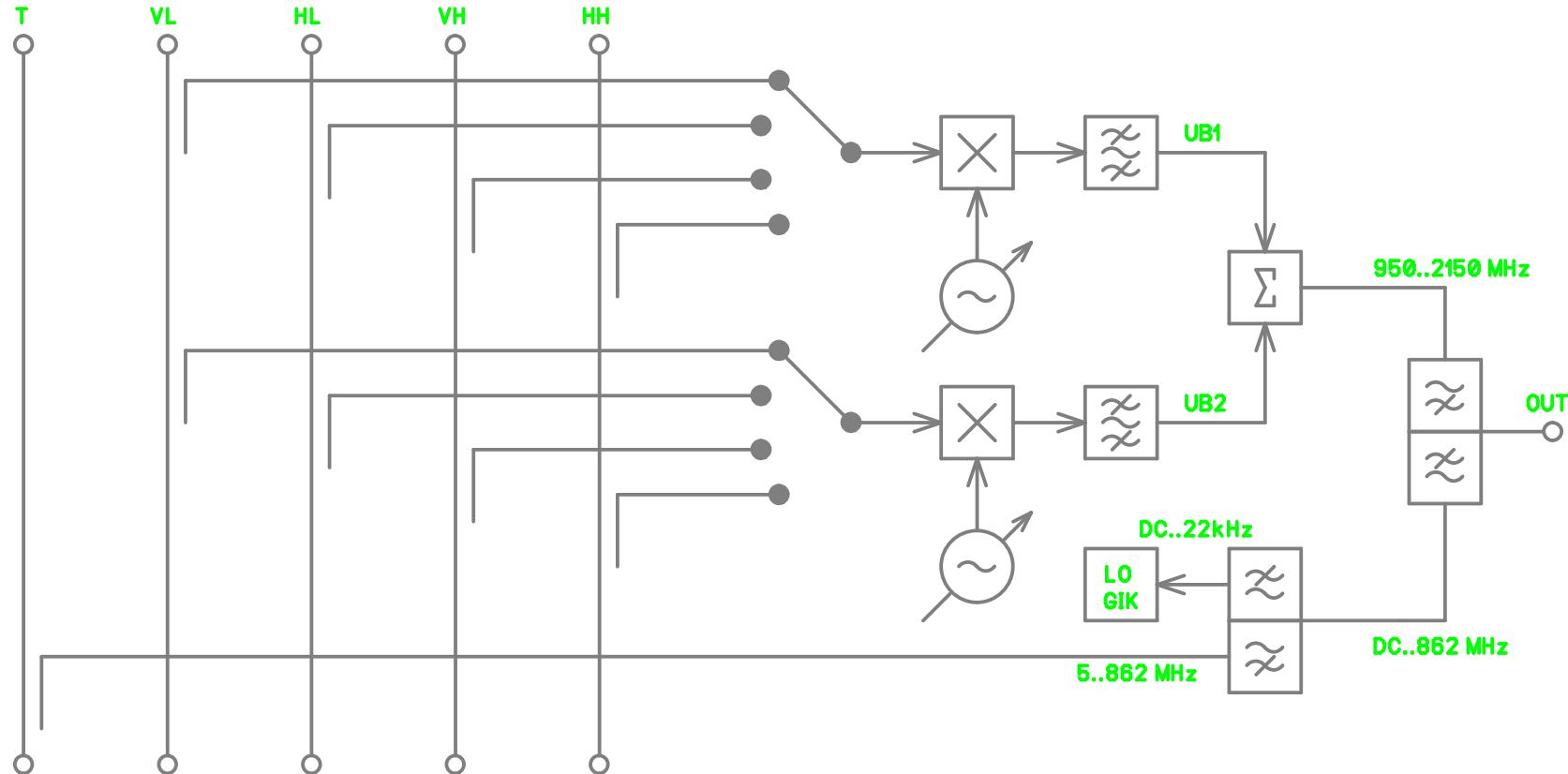


Wohnungsstern

Antennentechnik

Komponenten → Einkabelumsetzer

Prinzipschaltbild teilnehmergesteuertes Einkabelsystem



Antennentechnik

Komponenten → Einkabelumsetzer

Einkabelumsetzer gibt es in verschiedensten Ausführungen:

2 / 4 Eingänge: Nachrüstung	2 / 3 Eingänge: Breitbandzuf.	4 / 5 Eingänge: Ein Sat-System	8 / 9 Eingänge: Zwei Sat-Systeme	16 / 17 Eingänge: Vier Sat-Systeme		
ohne Terrestrik		mit Terrestrik		mit CATV-tauglicher Terrestrik		
Aufsteckgerät		Kompaktgerät		kaskadierbar (Stammausgänge)		
Unterschiedliche Anzahl an Ausgängen						
Unterschiedliche Anzahl an Userbändern						
mit AGC		ohne AGC				
Direktumsetzer		dCSS		a ² CSS		
mit Multischalter-Modus		ohne Multischalter-Modus				
mit Netzteil	mit Einspeiseweiche	ohne Netzteil, komplett receivergespeist				
ohne Standbyfunktion		mit Standbyfunktion		mit selektiver Standbyfunktion		
Für Quattro-LNB		Für Breitband-LNB		Quad-tauglich		
feste Betriebsart		konfigurierbar				

Antennentechnik

Komponenten → Einkabelumsetzer

Qualitätsmerkmale:

- stabiles Gussgehäuse
- Schirmung Klasse A
- hochwertige F-Buchsen
- niedriger Eigenstromverbrauch (Receiverlast beachten!)
- selektive Standbyfunktion
- Schräglagenkompensation (Multischaltermodus)
- AGC-geregelter Ausgangspegel
- Isolation der Ausgänge (laut Vorgabe > 35 dB Terrestrik und > 26 dB Sat)
- voneinander unabhängige Ausgänge
- niedrige Stammdämpfung
- einfache Konfigurierbarkeit
- Unterstützung des aktuellen Steuerstandards JESS
- Startzeit („Booten“) des Geräts
- Kompatibilität mit verschiedenen Empfangsgeräten

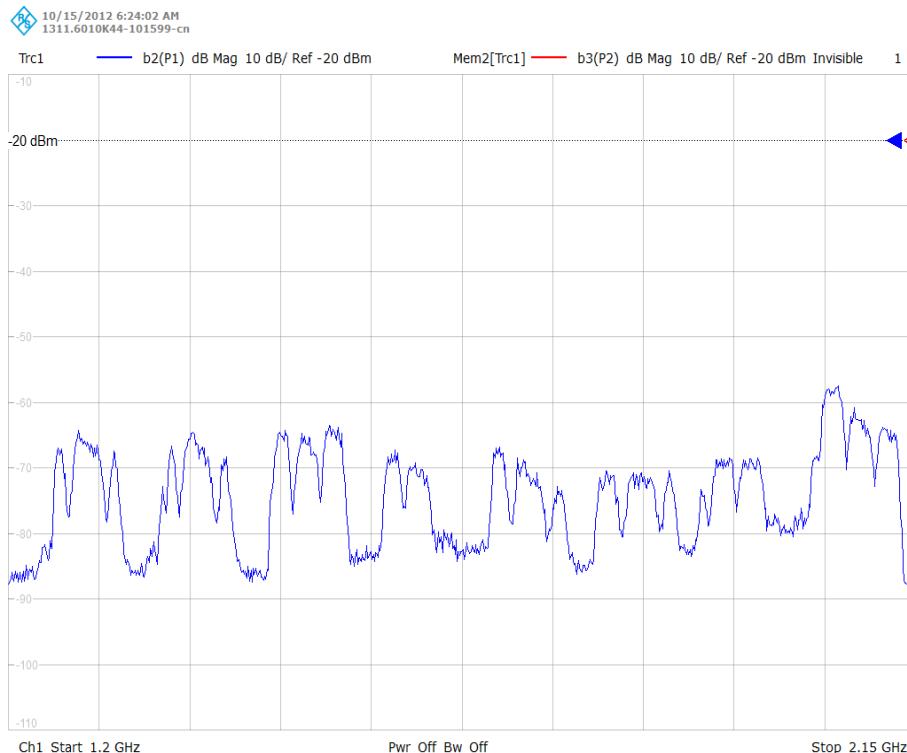
Antennentechnik

Komponenten → Einkabelumsetzer

AGC

AGC steht für „Automatic Gain Control“

Der UB-Pegel wird durch die AGC auf einen festgelegten Wert geregelt.



Ausgangsspektrum eines
Einkabelumsetzers ohne AGC



Ausgangsspektrum eines
Einkabelumsetzers mit AGC

Antennentechnik

Komponenten → Einkabelumsetzer

Auswahlkriterien für Einkabelumsetzer:

- Anzahl der Satellitensysteme (Eingänge). Breitbandzuführung?
- Terrestrik oder Kabelfernsehen gewünscht?
- Anzahl der benötigten Ableitungen pro Standort (Leitungen möglichst nicht zusammenfassen!)
- ggf. kaskadierbares System einsetzen
- Anzahl der Userbänder pro Ableitung
- Anzahl der Dosen und Qualität der Ableitung (→ Ausgangspegel, AGC)
- Multischaltermodus gewünscht? (→ dann keine Breitbandzuführung!)
- besondere Anforderungen (z.B. ausländische Pay-TV-Boxen?)

Antennentechnik

Komponenten → Einkabelumsetzer

Beispiel für einen Einkabelumsetzer:

Teilnehmeranschlüsse



Stammleitungsausgänge

Technische Daten:

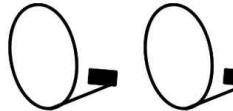
	JRS0504-8M	JRS0504-8T
Anzahl Abzweige	4	4
Abzweig 5 .. 862 MHz	-14 dB	-14 dB
Entkopplung port to port (Terr)	> 35 dB	
Stammleitung 950..2200 MHz	4 x -0,8..-1,8 dB	-
Stammleitung 290..3400 MHz (WB)	4 x -0,5..-2,0 dB	-
Eingangspegelbereich (AGC)	60 .. 90 dBµV (WB: 70 .. 90 dBµV)	
Entkopplung port to port (Sat)	> 26 dB	
Ausgangspegel (konfigurierbar)	78 / 82 / 86 / 90 (default) dBµV	
Anzahl Useränder	4 x 8 (Klick für Frequenzraster)	
Maximale Receiverlast	185 mA plus LNB*	
LNB-Versorgung	9 V / 300 mA	
Abmessungen	131 x 144 x 34 mm ³	
Schirmung/EMV	CE (EN 60728-2), Klasse A	
GTIN	4250883420549	4250883420648

Quelle: <http://jultec.de/JRS0504-8.html>

Antennentechnik

Komponenten → Einkabelumsetzer

Einkabelumsetzer gibt es in verschiedensten Ausführungen:

			
	Quattro-LNB: 1 Satellit Breitband-LNB: 2 Satelliten	Quattro-LNBs: 2 Satelliten Breitband-LNBs: 4 Satelliten	Quattro-LNBs: 4 Satelliten Breitband-LNBs: 8 Satelliten
1 Ableitung	1 x 8 UBs: JRS0501-8 1 x 16 UBs: JPS0501-16	1 x 8 UBs: JPS0901-8 1 x 16 UBs: JPS0901-16	1 x 16 UBs: JPS1701-16
2 Ableitungen	2 x 4 UBs: JRS0502-4 2 x 8 UBs: JRS0502-8 2 x 16 UBs: JPS0502-16	2 x 8 UBs: JPS0902-8 2 x 16 UBs: JPS0902-16	2 x 16 UBs: JPS1702-16
4 Ableitungen	4 x 4 UBs: JRS0504-4 4 x 8 UBs: JRS0504-8 4 x 16 UBs: JPS0504-16	4 x 4 UBs: JPS0904-4 4 x 8 UBs: JPS0904-8 4 x 16 UBs: JPS0904-16	4 x 4 UBs: JPS1704-4 4 x 8 UBs: JPS1704-8
6 Ableitungen	6 x 4 UBs: JRS0506-4 6 x 8 UBs: JRS0506-8 6 x 16 UBs: JPS0506-16	6 x 4 UBs: JPS0906-4 6 x 8 UBs: JPS0906-8	6 x 4 UBs: JPS1706-4 6 x 8 UBs: JPS1706-8
8 Ableitungen	8 x 4 UBs: JRS0508-4 8 x 8 UBs: JRS0508-8 8 x 16 UBs: JPS0508-16	8 x 4 UBs: JPS0908-4 8 x 8 UBs: JPS0908-8	8 x 4 UBs: JPS1708-4 8 x 8 UBs: JPS1708-8
12 Ableitungen		12 x 8 UBs: JPS0912-8	
Spezielle Kombigeräte	JRS0502-4+4T JRS0502-8+4T		Quelle: http://jultec.de/css.html

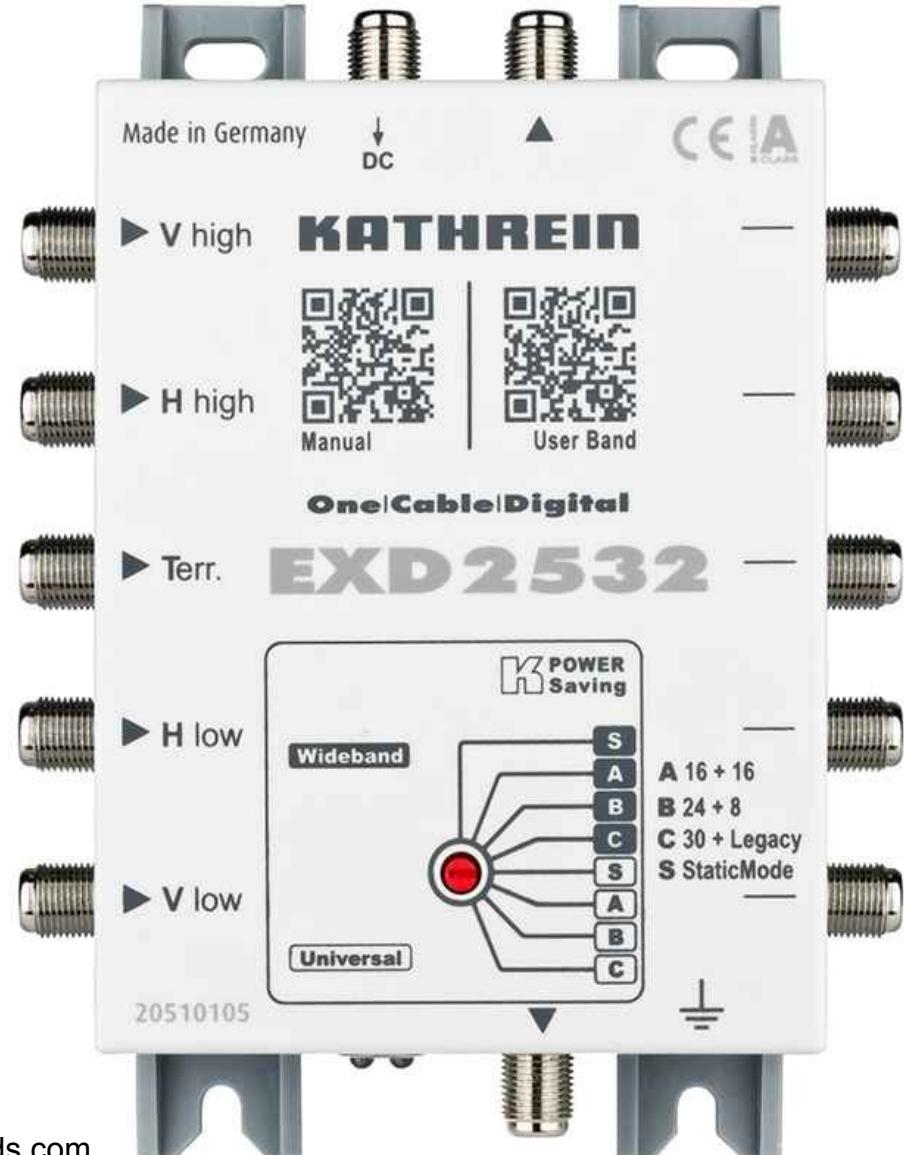
Antennentechnik

Komponenten → Einkabelumsetzer

Einkabelumsetzer gibt es in verschiedenen Ausführungen:



Bildquelle: <http://durasat.de>



Bildquelle: <http://kathrein-ds.com>

Antennentechnik

Komponenten → Kopfstellen

Kopfstellen („Kanalaufbereitungen“) werden überwiegend in verzweigten Baumnetzen eingesetzt.

Kopfstellen setzen üblicherweise eine feste Auswahl an Satellitentranspondern von DVB-S oder DVB-S2 in DVB-C um.

Einige Kopfstellen können auch DVB-T(2) nach DVB-C umsetzen.

Für besonders schlechte Netze gibt es Kopfstellen, welche am Ausgang ein DVB-T-Signal liefern.

Es gibt auch statische Sat-Einkabelsysteme.



Bildquelle: <http://astro-kom.de>



Bildquelle: <http://polytron.de>

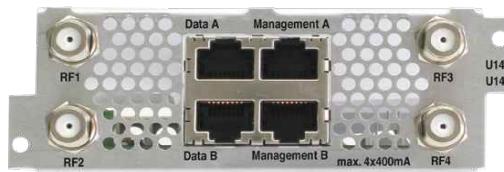
Antennentechnik

Komponenten → Kopfstellen

Für geschlossene Benutzergruppen (z.B. Hotel-TV) werden auch IPTV-Kopfstellen eingesetzt. Verteilung der Signale über das LAN-Netz. Setzt geeignete Empfangsgeräte voraus.



Backplane:



Bildquelle: <http://astro-kom.de>

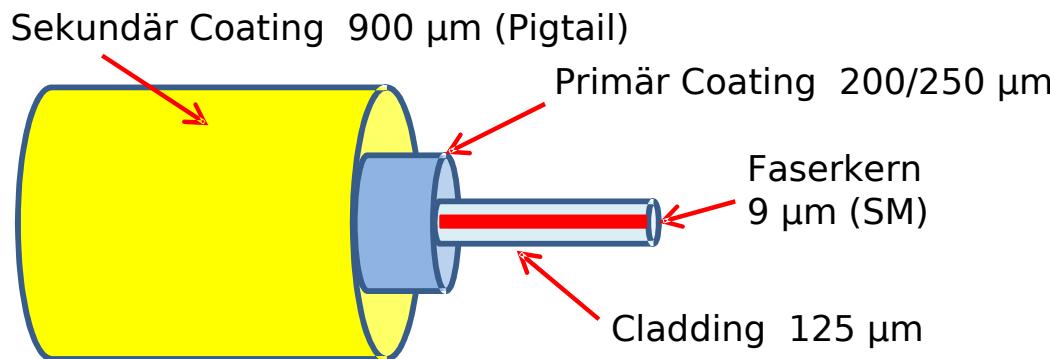
Antennentechnik

Komponenten → Glasfaserübertragung

Hochfrequenz kann auch auf Licht moduliert per Glasfaser übertragen werden. Man spricht hier von „RFoG“ (Radio Frequency over Glas). Es ist ein analoges Übertragungsverfahren.

Für eine Signalverteilung per Glas sprechen viele Vorteile:

- Glasfaser ist kostengünstiger als Kupferkabel
- Glasfaser ist sehr dünn. Viele Fasern können parallel gelegt werden. Auch die nachträgliche Verlegung im Wohnungsbestand ist leicht möglich.
- Glasfasern sind potentialfrei weil elektrisch nichtleitend.
- Die Dämpfung einer Glasfaser ist sehr gering. 1 km Glasfaser hat etwa so viel Dämpfung (ca. 0,3 dB/km) wie 1 m Koaxialkabel (ca. 30 dB/100 m).
- Glasfasern haben eine enorme HF-Bandbreite.

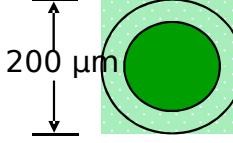
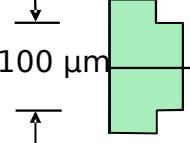
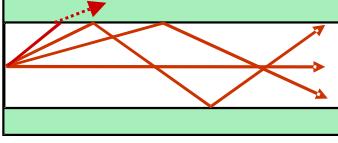
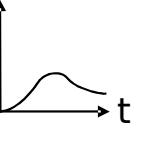
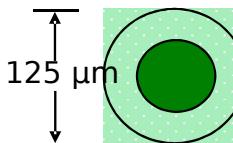
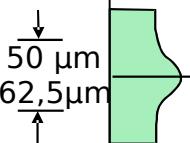
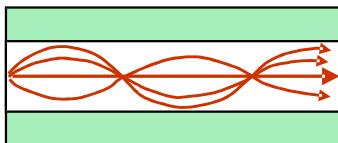
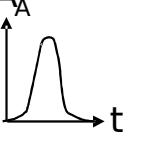
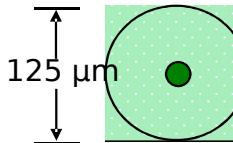
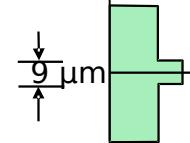
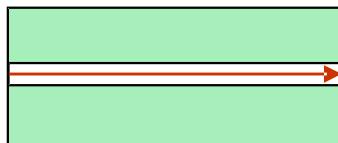
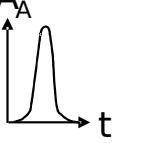
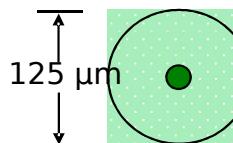
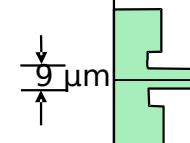
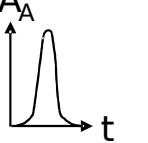


Bildquelle: Glasfaserschulung Fa. Opternus

Antennentechnik

Komponenten → Glasfaserkabel

Es gibt unterschiedliche Fasertypen. Sie unterscheiden sich in den geometrischen Abmessungen und dem Verlauf des Brechungsindex.

Faser	Faserquerschnitt	Brechzahlprofil	Eingangs- Wellenausbreitung	Ausgangs- Impuls
Ältere MM Fasern	Typ: Stufenindex 	r - Faserradius 		A_A 
Aktuelle MM Fasern OM1 - 5 ITU-651	Typ: Gradientenindex 	r 		A_A 
Aktuelle SM Faser OS1 + OS2 ITU-652 A-D	Typ: Single Mode-Faser 	r 		A_A 
Aktuelle BU Faser (SM) ITU-657 A + B	Typ: BIF Biegeunempfindliche SM Faser 	r 		A_A 

Bildquelle: Glasfaserschulung Fa. Opternus

Antennentechnik

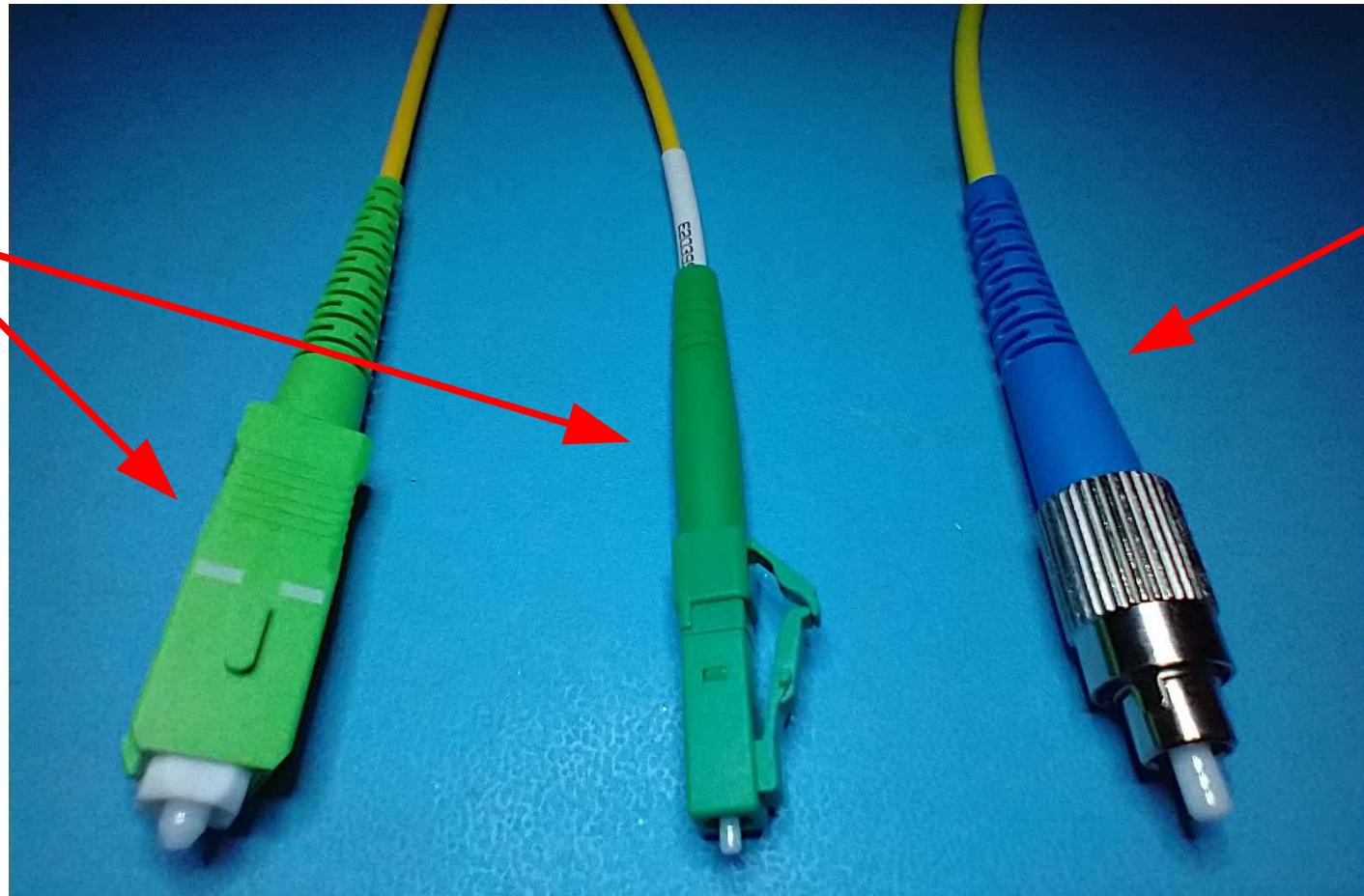
Komponenten → Glasfaserstecker

In der Antennentechnik haben sich drei Glasfaser-Steckersysteme durchgesetzt:

gelber Mantel: Monomode-Faser

**grüner
Stecker:
..APC**

**blaue
Tülle:
..PC**



SC..

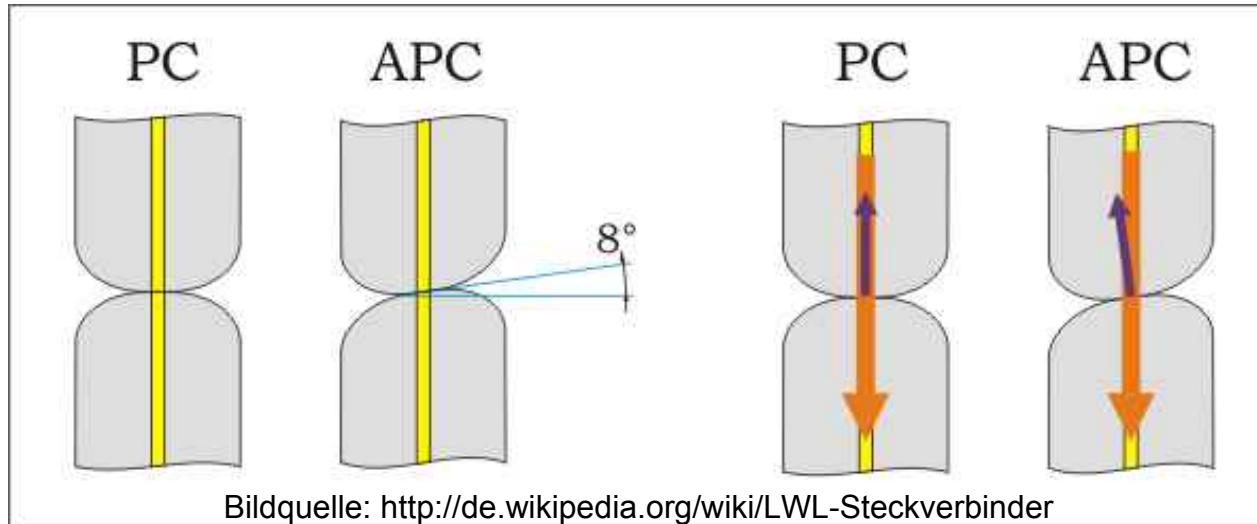
LC..

FC..

Antennentechnik

Komponenten → Glasfaserstecker

Die Endflächen der Stecker gibt es mit unterschiedlichen Winkeln:



Der Schrägschliff sorgt dafür, dass das reflektierte Licht aus dem Kern abgelenkt wird.

PC-Stecker ohne Schrägschliff sind blau gekennzeichnet
APC-Stecker mit Schrägschliff sind grün gekennzeichnet

Diese dürfen nicht gemischt werden!

„Grün auf blau macht keine Sau!“

(Die deutsche Telekom hat rote Spezialstecker mit 9°-Schrägschliff)

Antennentechnik

Komponenten → Glasfaserstecker

Handling der Glasfaserstecker:

- Nur PC mit PC und APC mit APC verbinden
- Der runde FC-Stecker hat eine Führungsnase!
- Schutzkappen erst kurz vor dem Einsticken entfernen. Beim Ausstecken sofort wieder Schutzkappen aufsetzen.
- Stecker und Gegenstück vor dem Einsticken immer erst reinigen. Dazu spezielle Reinigungsstifte verwenden. Niemals „abpusten“ oder versuchen mit Taschentüchern oder Wattestäbchen zu reinigen!

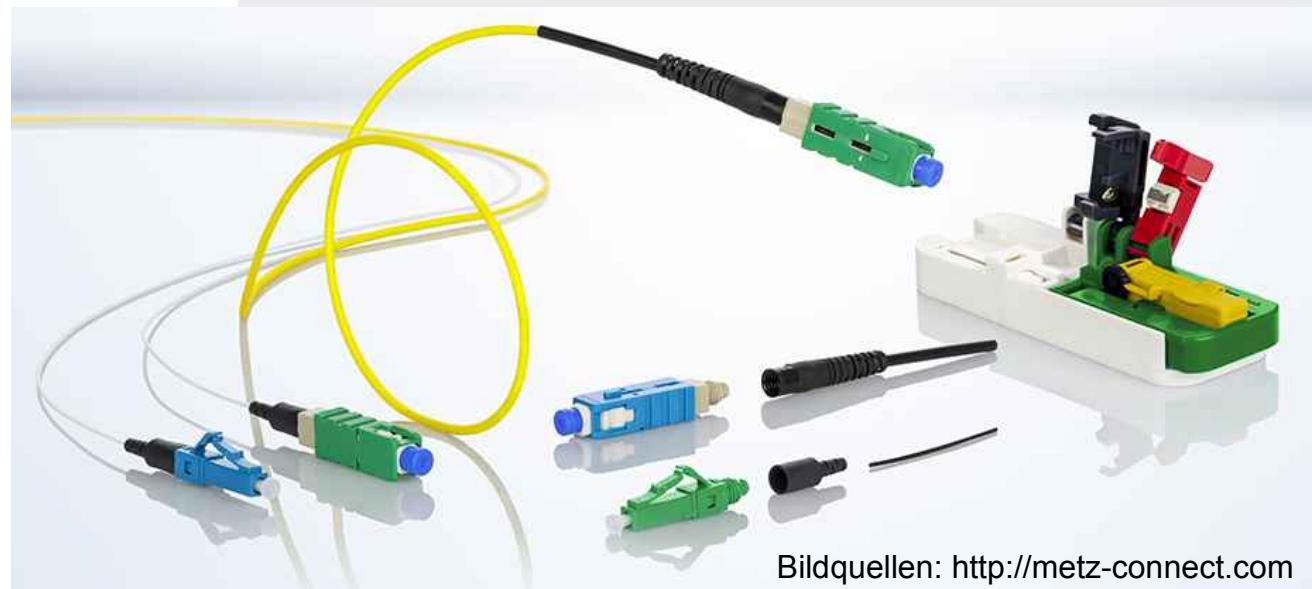
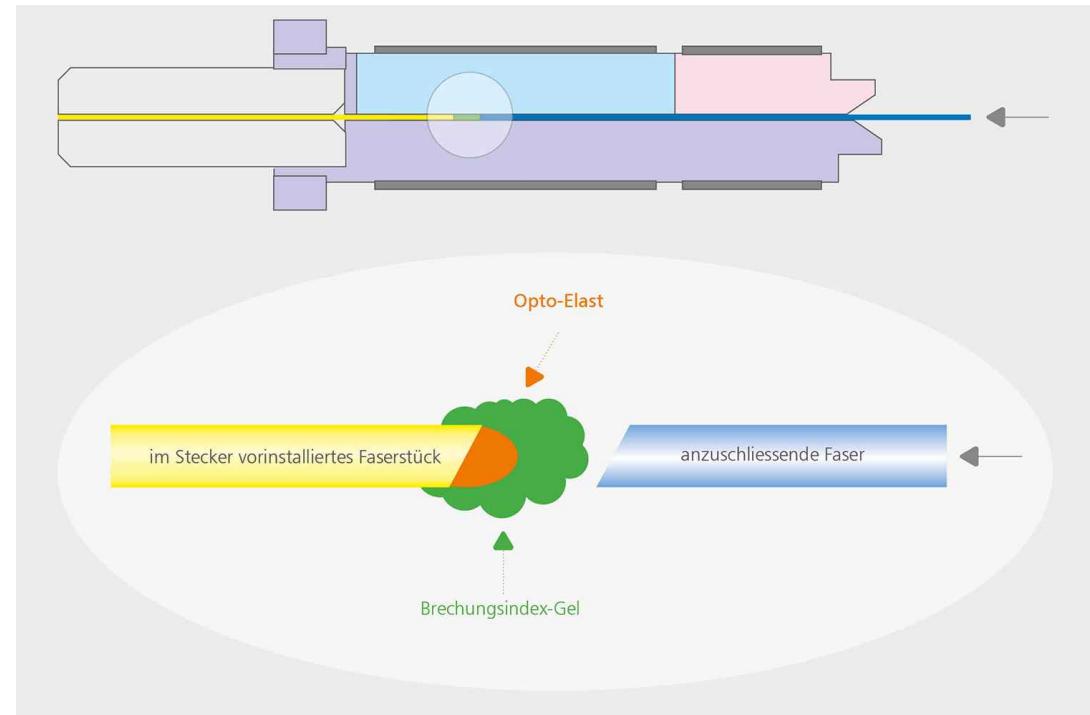


Bildquelle: <http://gt-netstore.de>

Antennentechnik

Komponenten → Glasfaserverarbeitung

Zwischenzeitlich gibt es die zweite Generation von Glasfasersteckern mit speziellem Übertragungsgel. Diese ermöglichen es, vor Ort einen speziellen Stecker ohne Spleißgerät auf eine entsprechend vorbereitete Glasfaser aufzusetzen. Nicht von allen Netzbetreibern zugelassen!



Bildquellen: <http://metz-connect.com>

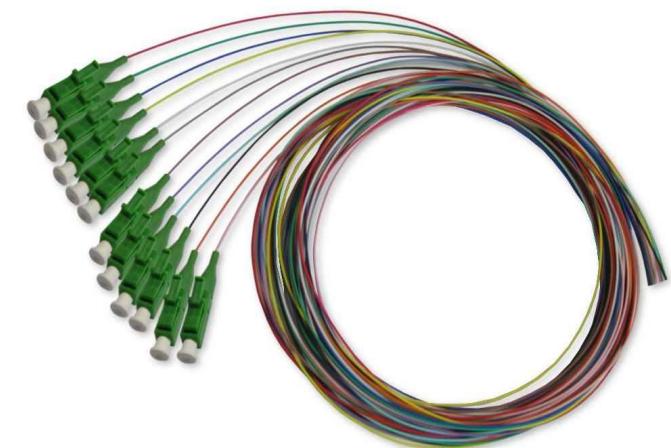
Antennentechnik

Komponenten → Glasfaserverarbeitung

Glasfasern sollten bevorzugt immer fertig konfektioniert (mit aufgesetzten Steckern) bezogen werden. Eine gespleißte Verbindung ist immer dauerhafter, als eine Gelverbindung.

Es gibt auch vorkonfektionierte Fasern mit aufgesetzter Ferrule und Einzugshilfe (z.B. PPC Miniflex QuikDrop).

Bei häufigen Glasfaserinstallationen rentiert sich die Anschaffung eines Spleißgeräts.



LC-APC Pigtauls

Bildquelle: <http://gt-netstore.de>

Antennentechnik

Komponenten → Glasfaserverarbeitung



Spleißboxen von LWL-Streckenkabel
auf Pigtails mit Steckern und
Kupplungen

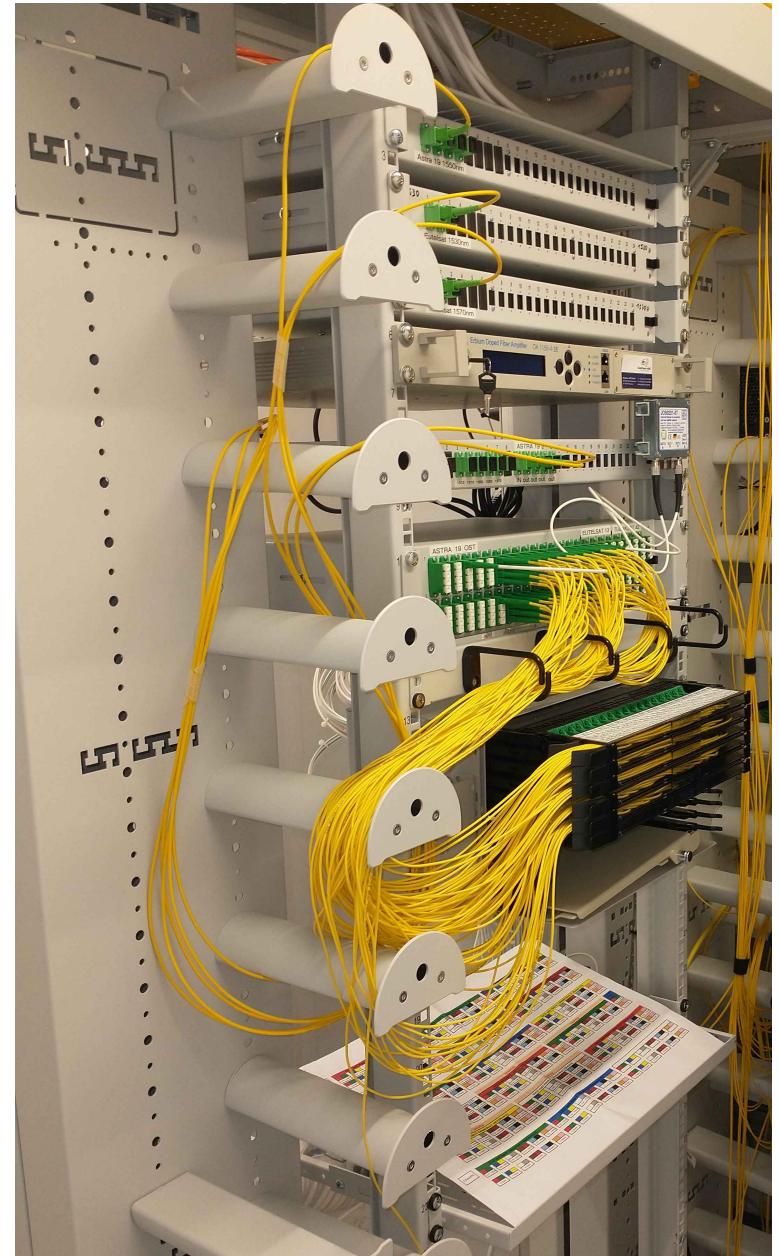
Bildquelle: <http://gt-netstore.de>

Antennentechnik

Komponenten → Glasfaserverarbeitung



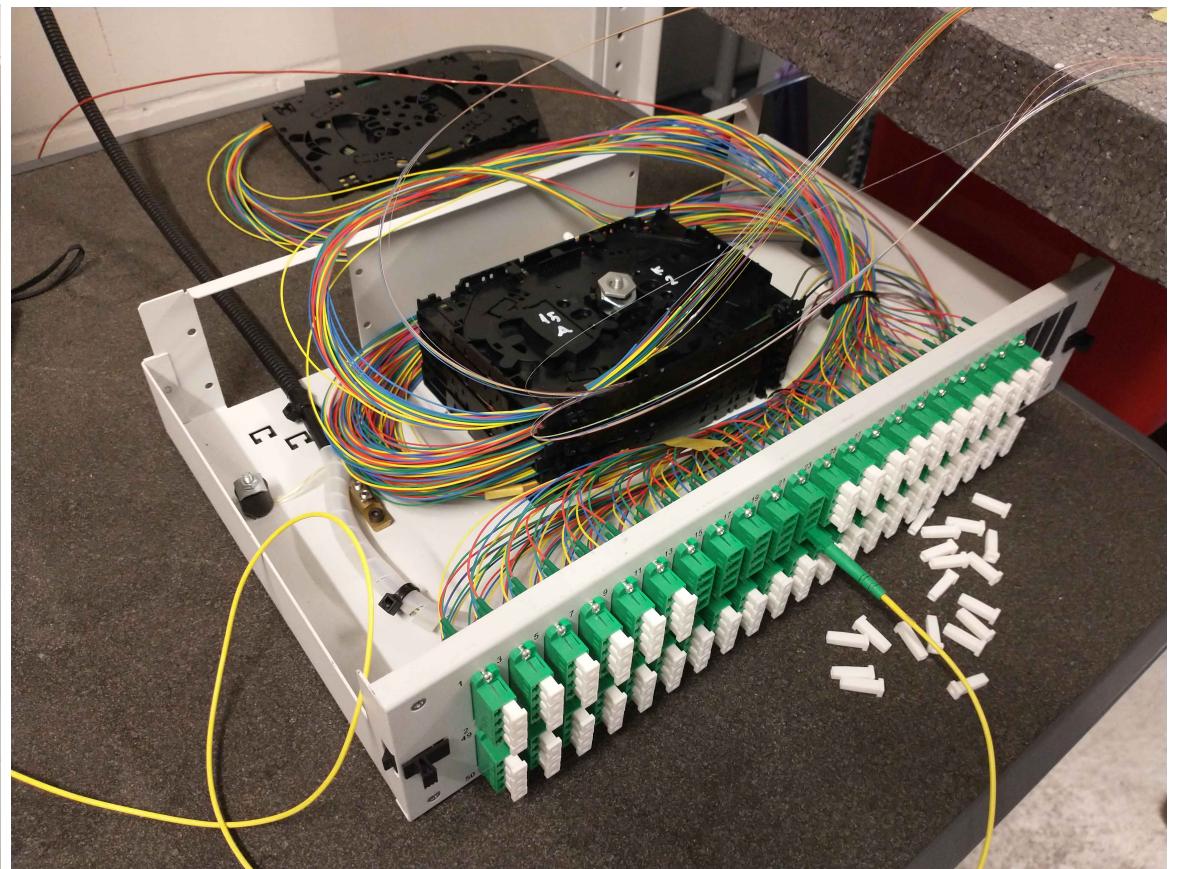
Oben: Teil der Patchfelder einer Open-Access-Glasverkabelung, Baujahr 2016



Rechts: Patchfeld für Verteilung von maximal drei Satellitensystemen in ein Open-Access-Netz für 100 Wohneinheiten, Baujahr 2019

Antennentechnik

Komponenten → Glasfaserverarbeitung



Zentraler Verteilpunkt für 248 Wohnungen
je vier Fasern

Antennentechnik

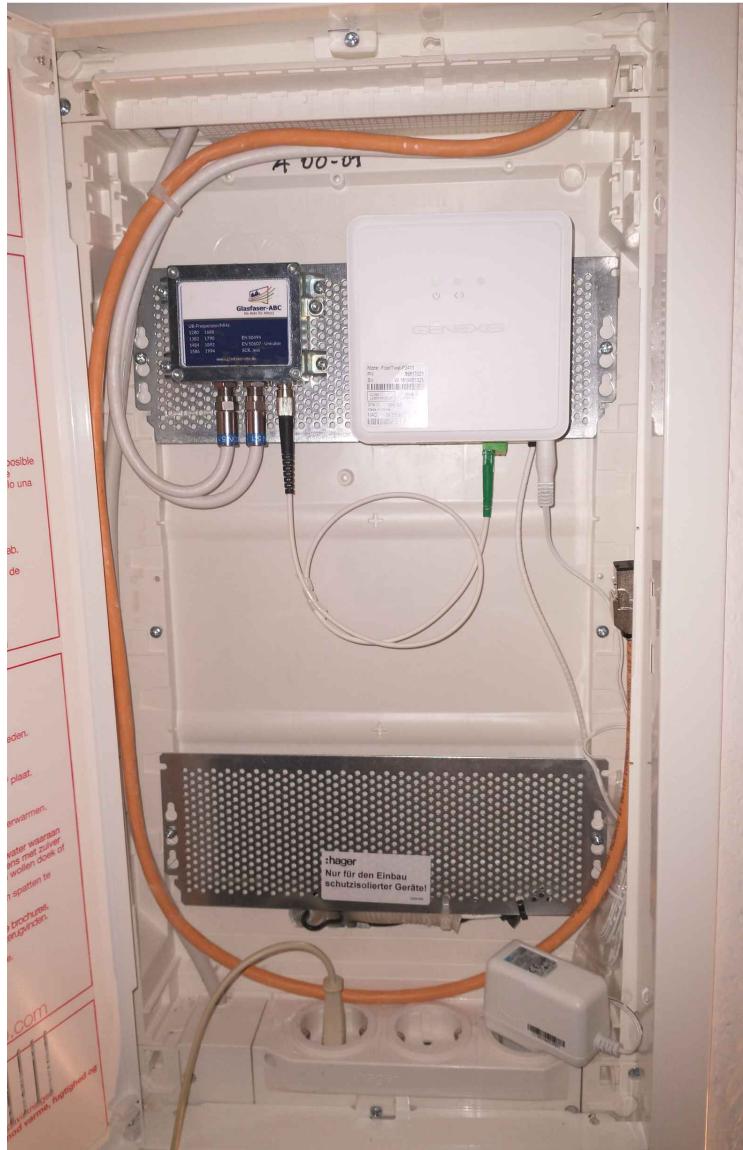
Komponenten → Glasfaserverarbeitung



Zentraler Verteilpunkt für 38 Wohnungen je 8 Fasern inklusive aktiver Verteiltechnik

Antennentechnik

Komponenten → Glasfaserverarbeitung



Antennentechnik

Komponenten → Glasfaser sender und Empfänger

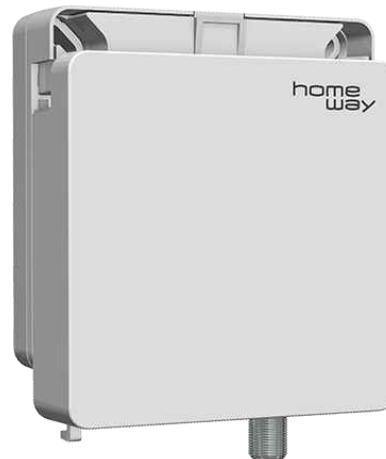
CATV über Glas:



Bildquelle: <http://astro-kom.de>



Bildquelle: <http://astro-kom.de>

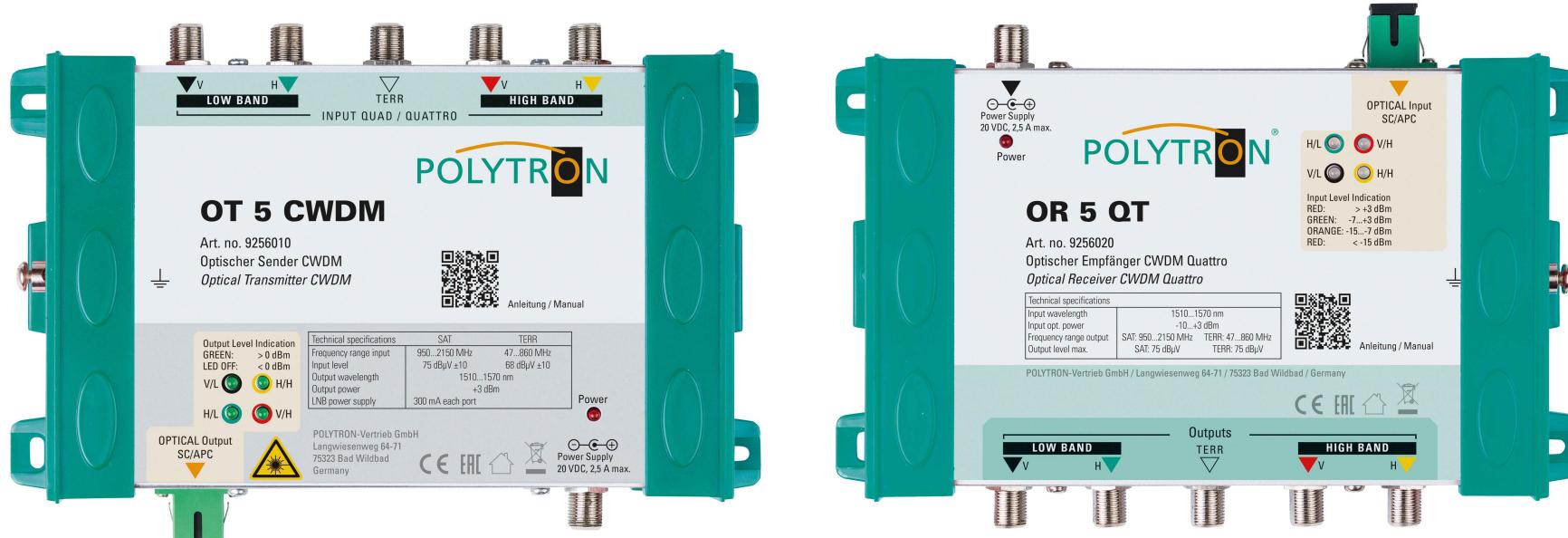


Bildquelle: <http://homeway.de>

Antennentechnik

Komponenten → Glasfaser sender und Empfänger

Sat-ZF-Übertragung mit einer Wellenlänge pro ZF-Ebene



Bildquelle: <http://polytron.de>

Das POLYTRON-System auf CWDM-Basis



Antennentechnik

Komponenten → Glasfaser sender und Empfänger

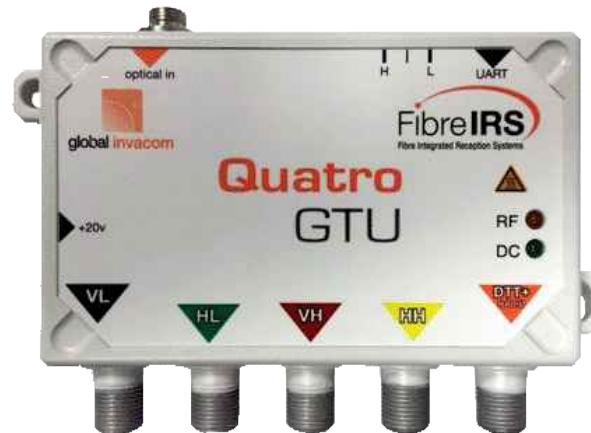
Sat-ZF-Übertragung mit gestapelten ZF-Ebenen
→ Stapelung nach „FibreIRS“ (Global Invacom)



Bildquelle: 2 x <http://satmueller.de>



Bildquelle: GlobalInvacom



Antennentechnik

Komponenten → Glasfaser sender und Empfänger

Sat-ZF-Übertragung mit gestapelten ZF-Ebenen
→ Stapelung nach „Overlight“ (Televes)



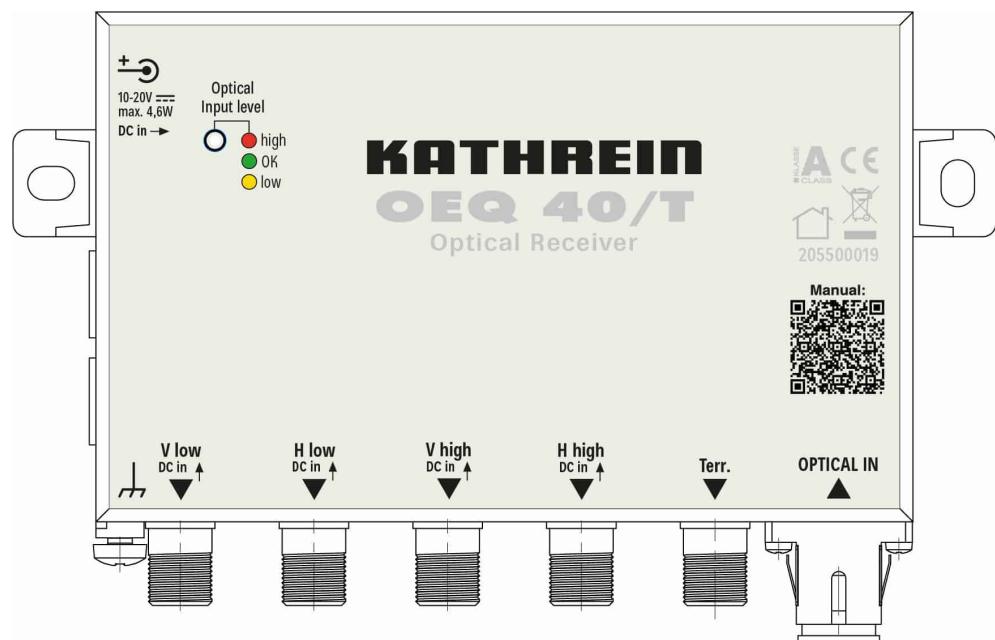
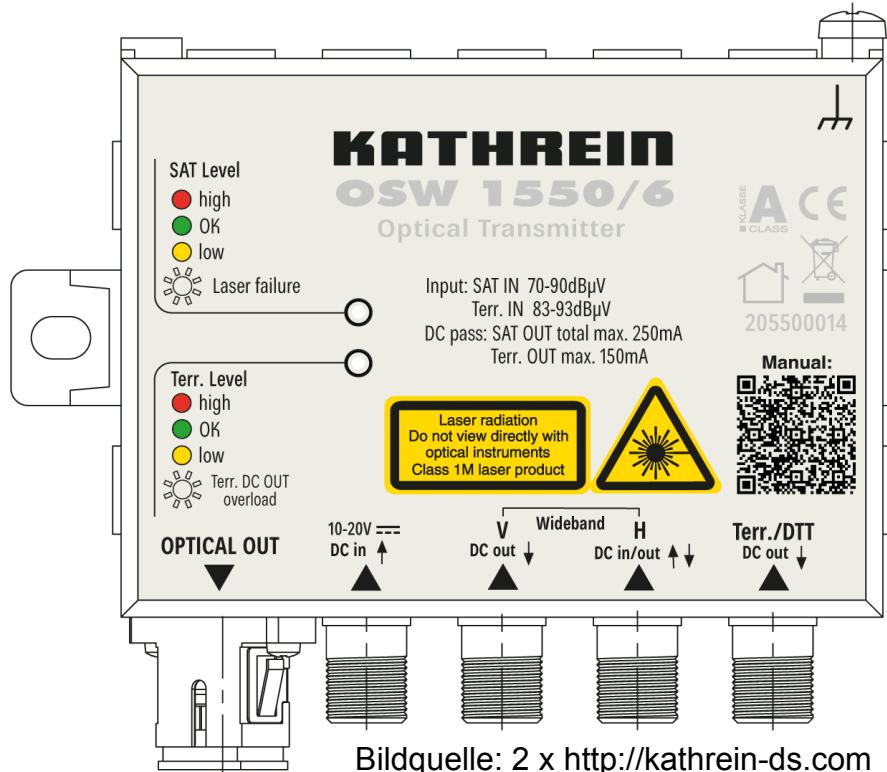
Bildquelle: 2 x <http://televes.com>

Antennentechnik

Komponenten → Glasfaser sender und Empfänger

Sat-ZF-Übertragung mit gestapelten ZF-Ebenen

→ Stapelung nach Kathrein „SC/APC“



Antennentechnik

Komponenten → Glasfaser sender und Empfänger

Sat-ZF-Übertragung mit gestapelten ZF-Ebenen
→ Stapelung nach „OPT-TX“ (Fracarro)



Bildquelle: 2 x <http://fracarro.com>



Antennentechnik

Komponenten → Glasfaser sender und Empfänger

Sat-ZF-Übertragung mit gestapelten ZF-Ebenen
→ Stapelung nach Fracarro



Antennentechnik

Komponenten → Glasfaser sender und Empfänger

Sat-ZF-Übertragung mit gestapelten ZF-Ebenen

→ Stapelung nach „OPT-TX“ (Fracarro)



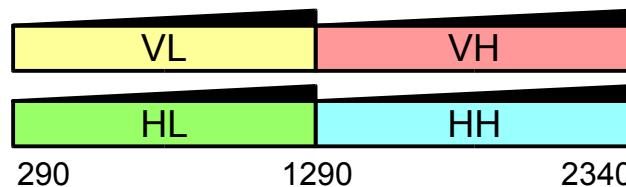
Sat-Kopfstelle Stadtwerke Neuwied



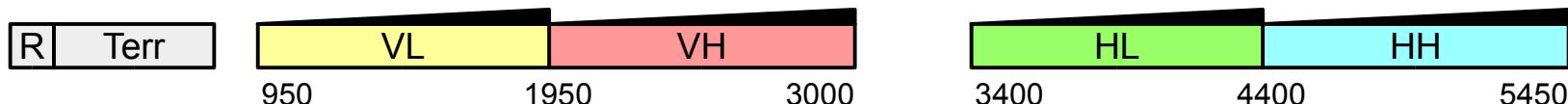
Antennentechnik

Komponenten → Glasfaser sender und Empfänger → Bandstapelungen

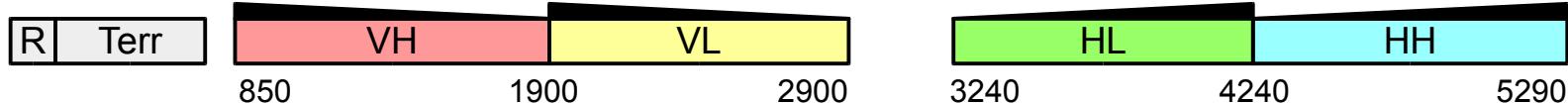
Universal-Breitband-LNB



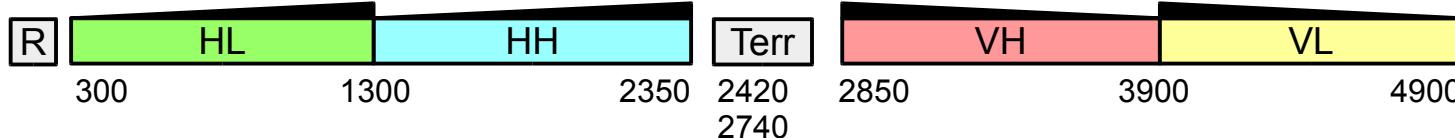
Global Invacom "Fibre-IRS"



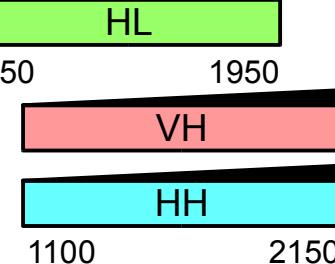
Televes "Overlight"



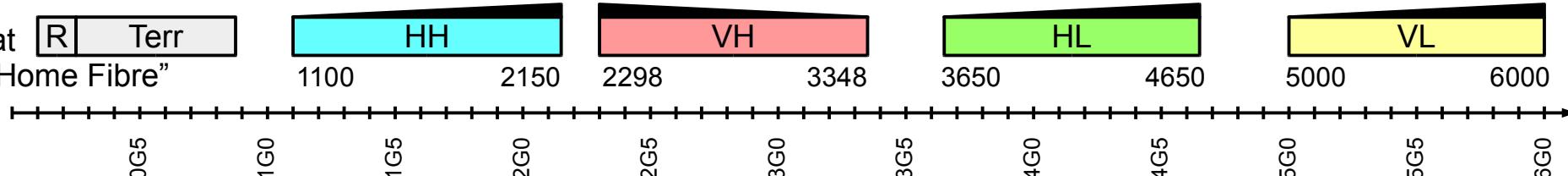
Kathrein "SC/APC"



Universal-Quattro-LNB



JULTEC HS Profisat Fracarro "Home Fibre"



Antennentechnik

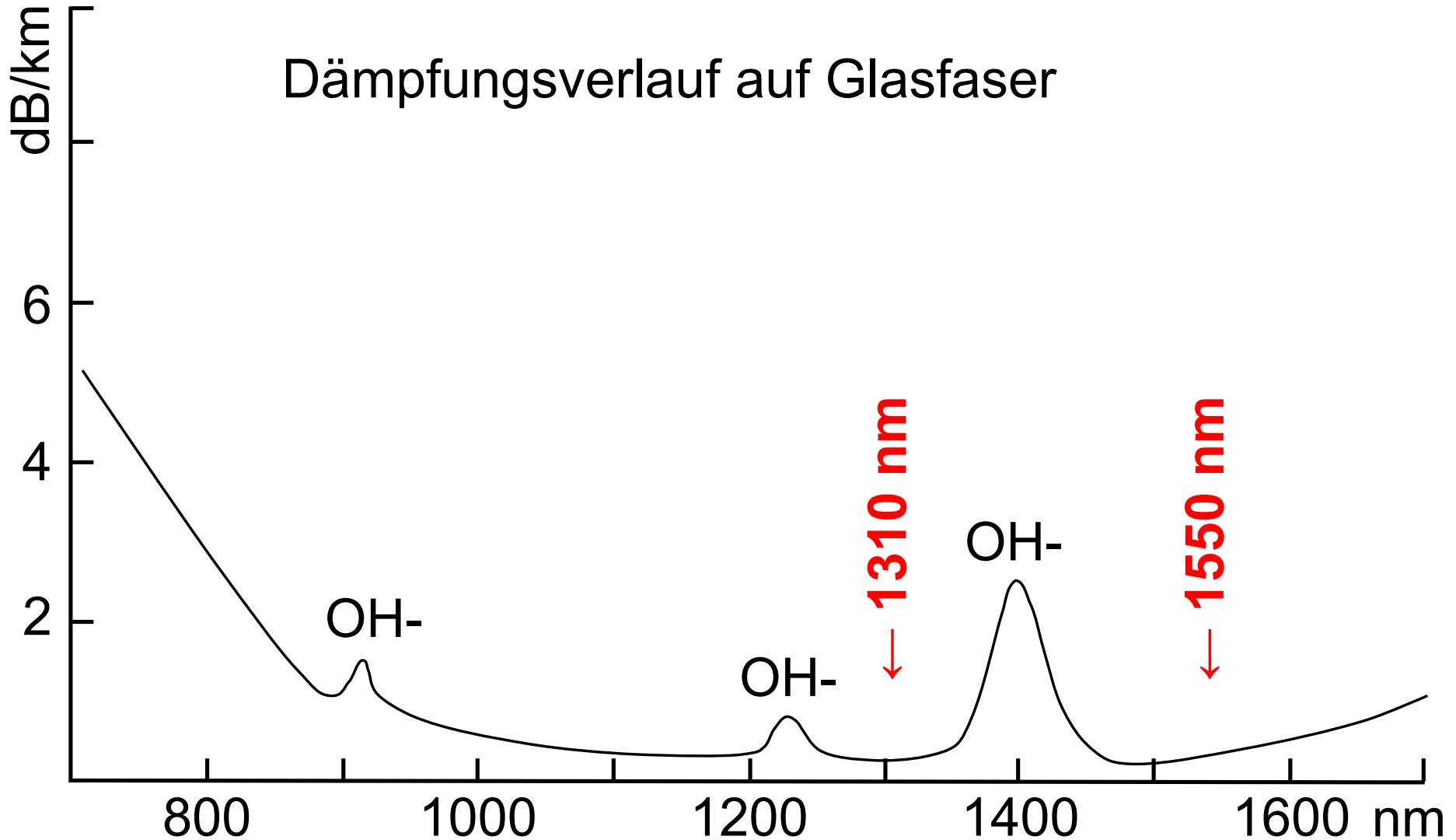
Komponenten → Glasfaser sender und Empfänger → Bandstapelungen

- Da sich die Band-Stapelungen nur durch Ebenenzuordnung und Frequenzoffsets unterscheiden, kann der JOS auf (fast) alle Stapelsysteme konfiguriert werden.



Antennentechnik

Komponenten → Glasfaser sender und Empfänger → Wellenlängen



Antennentechnik

Komponenten → Glasfasersender und Empfänger → Wellenlängen

1310 nm-Bereich	CWDM 1550 nm-Bereich	DWDM 1550 nm-Bereich
Laser sehr preisgünstig	Laser teurer	Laser sehr teuer (Kühlung)
sehr wenige Wellenlängen	mehr Wellenlängen	sehr viele Wellenlängen
nicht verstärkbar	verstärkbar	mehrere Wellenlängen verstärkbar
1310/1550 mit einfacher Spiegeltechnik trennbar	Wellenlängenmultiplexer einigermaßen bezahlbar	Wellenlängenmultiplexer recht teuer

- Die Fotodiode auf der Empfängerseite ist stets breitbandig und “empfängt“ alles, egal ob 1310 nm oder 1550 nm.
- Sind auf einer Faser mehrere Wellenlängen aktiv, so muss der Fotodiode ein Wellenlängenfilter vorgeschaltet werden.

Antennentechnik

Komponenten → Glasfaserverstärker

EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier)

- nur im 1550 nm Bereich
- begrenzte optische Bandbreite
→DWDM



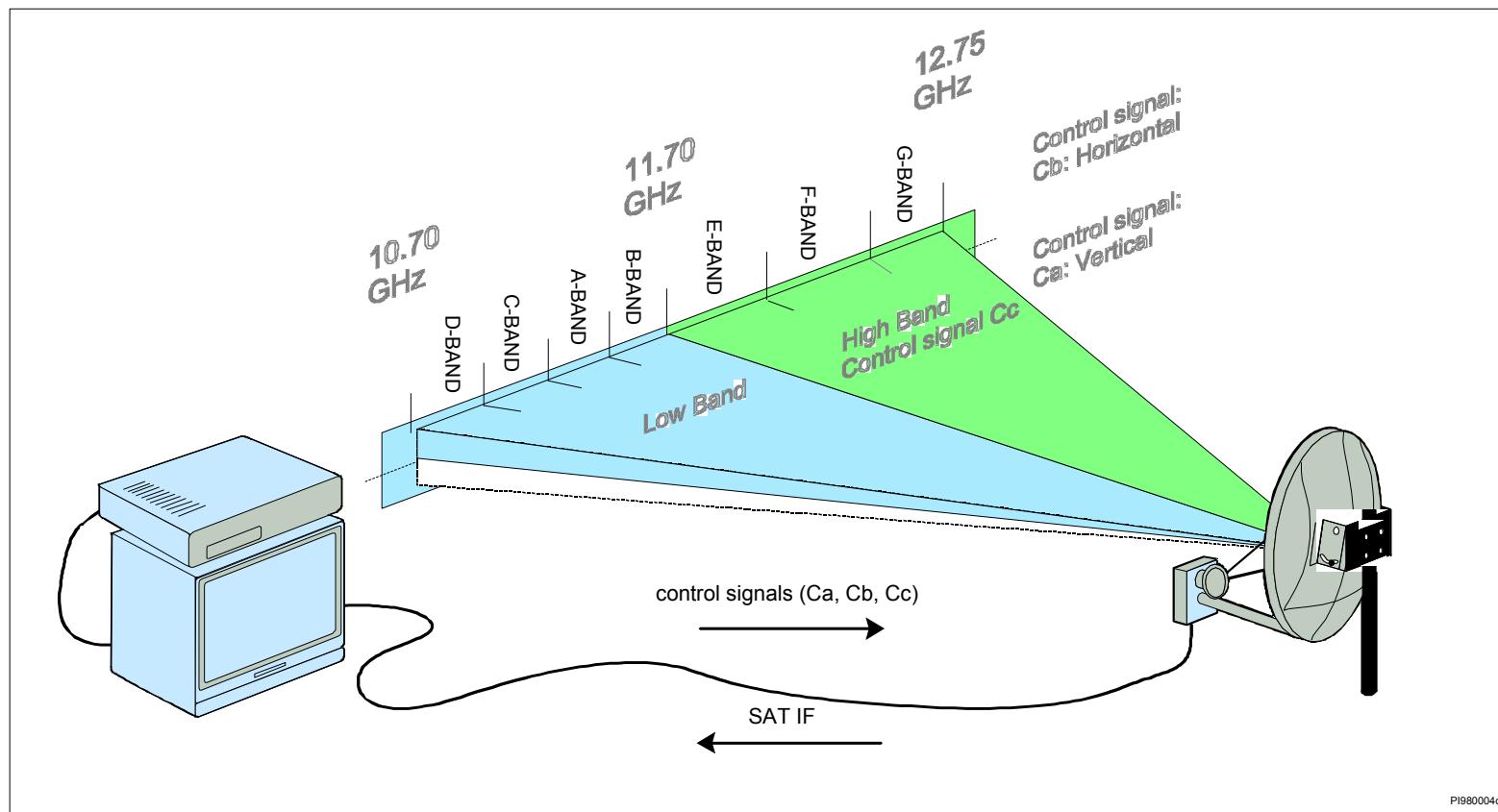
Bild und
Screenshot
<http://polytron.de>

Typ / Type	AT-50-EDFA-20-1	AT-50-EDFA-20-2	AT-50-EDFA-20-4	AT-50-EDFA-20-8
Artikel-Nr. / Article no.	9418026	9418027	9418028	9418029
Optische-Spezifikationen / Optical specifications				
Wellenlänge / Wavelength		1540...1563 nm		
Eingangsleistung / Input power		-8...+10 dBm (typ. +3 dBm)		
Ausgangsleistung / Output power		20 dBm (-3 dB einstellbar / adjustable)		
Stabilität / Stability		±0,3 dB		
Polarisationsmodendispersion (PMD)		0,5 ps		
Polarisationsabhängige Verluste		0,3 dB		
Polarisationsabhängiger Gewinn		0,4 dB		
Entkopplung / Isolation (Input/Output)		30 dB		
Rückflussdämpfung / Return loss		45 dB		
Anzahl Ports / Number of ports	1	2	4	8
Konnektor / Connector		SC/APC		
Allgemeine Spezifikationen / General specifications				
Management Schnittstelle / Interface		RJ45 Web, RS232		
Betriebstemperatur / Operating Temperature		-5...65 °C		
Rel. Luftfeuchtigkeit / Operating relative humidity		5...95 % (nicht kondensierend / non-condensing)		
Stromversorgung / Power supply		90...265 VAC (dual redundant hot plug AC supplies)		
Leistungsaufnahme / Power consumption		50 W (o/p <27 dBm), 80 W (o/p <40 dBm)		
Maße (BxLxH) / Dimensions (WxDxH)		483 x 256 x 44 mm		

Antennentechnik

Sat-Steuersignale → analoge Schaltkriterien

Satellitenprogramme werden auf zwei verschiedenen Polarisationsebenen und in zwei Frequenzbändern ausgestrahlt. Auch können Programme von unterschiedlichen Satellitensystemen empfangen werden. Da immer nur ein Teil der Programme auf der Leitung liegt, muss das Empfangsgerät die benötigte ZF-Ebene per Steuersignal anfordern.



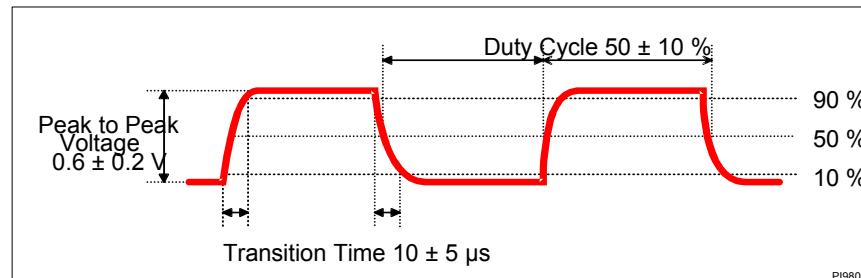
Antennentechnik

Sat-Steuersignale → analoge Schaltkriterien

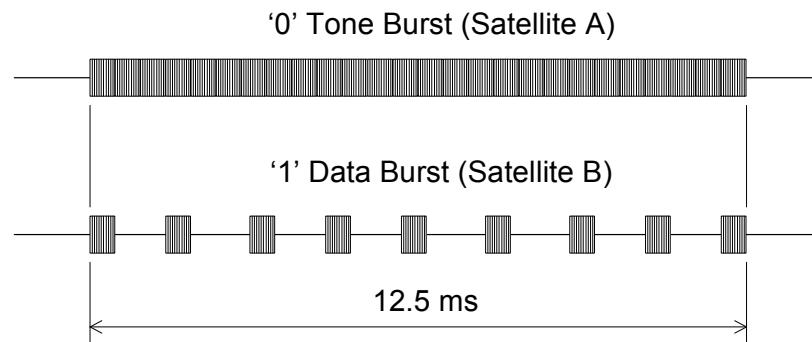
Es wird zwischen analogen Schaltkriterien und DiSEqC unterschieden.

Analoge Schaltkriterien:

- Spannung: nominal 14 V für vertikale und 18 V für horizontale Programme
- 22 kHz Ton: kein Ton für Lowband, Ton für Highband
- Toneburst: Burst A (default) für Satellit A, Burst B für Satellit B



Bildquelle: SES-Astra

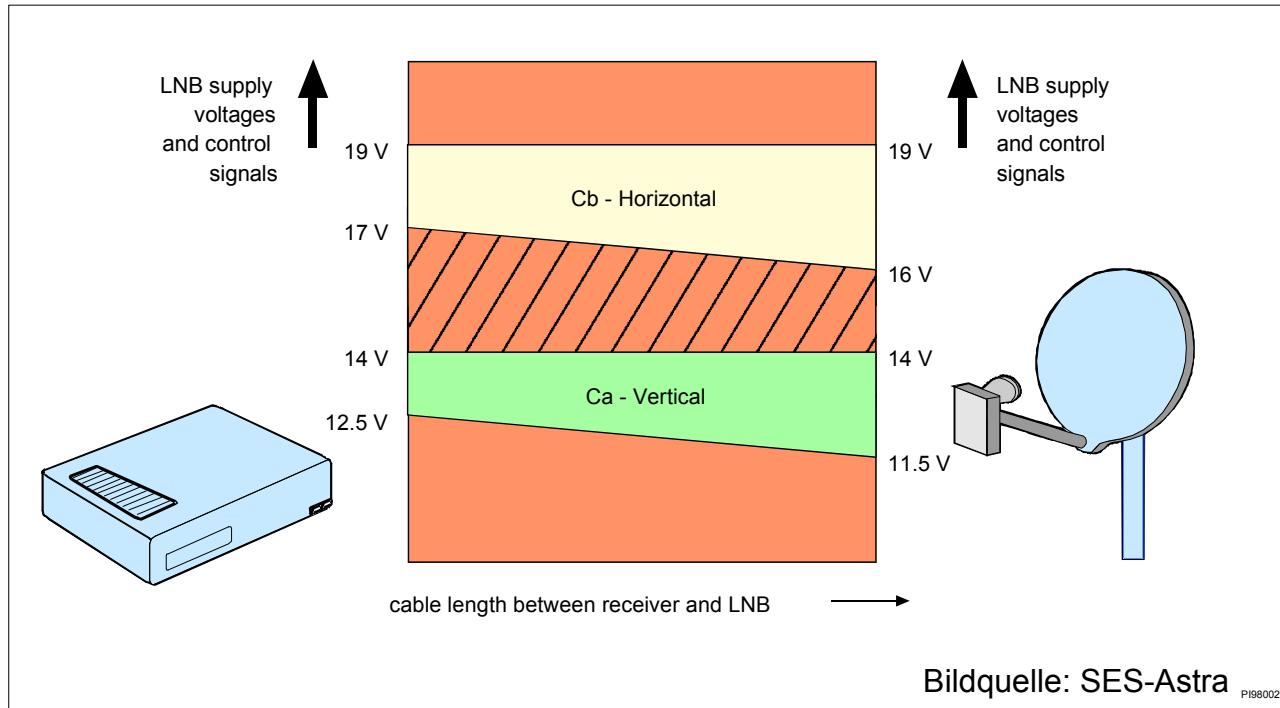


Bildquelle: DiSEqC
BusSpec. 4.2

Antennentechnik

Sat-Steuersignale → analoge Schaltkriterien

Problematik Spannungsfall



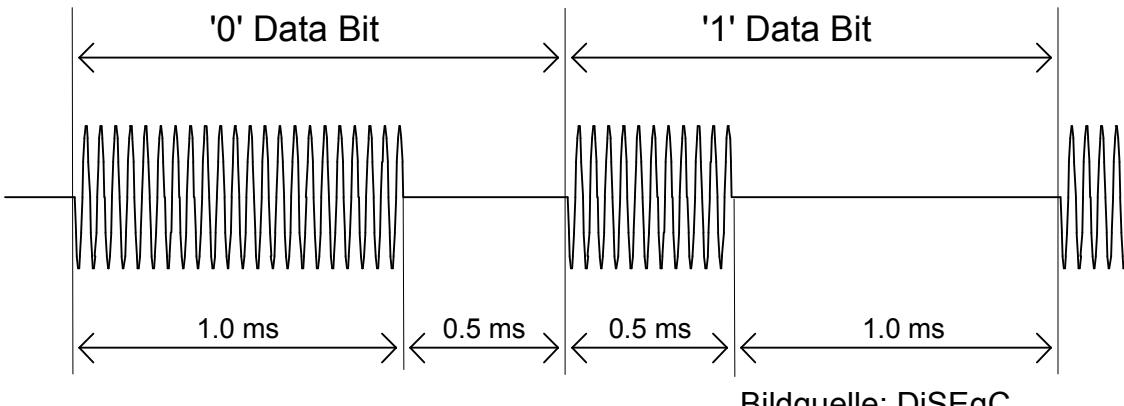
Insbesondere bei Koaxkabeln mit CCS-Innenleiter tritt ein hoher Spannungsfall auf. Bei besonders langen oder minderwertigen Installationskabeln, aber auch bei minderwertigen Empfängeranschlusskabeln, kann der hohe Spannungsfall dazu führen, dass horizontale Transponder nicht mehr erreichbar sind.

Antennentechnik

Sat-Steuersignale → DiSEqC

DiSEqC [gesprochen „Dai-Säck“] (Digital Satellite Equipment Control) ist eine serielle digitale Datenübertragung. DiSEqC wurde von Philips erfunden und ca. 1994 von Eutelsat standardisiert.

Durch Ein-/Ausschalten des 22 kHz-Tons werden Datenbits übertragen.



Bildquelle: DiSEqC
BusSpec. 4.2



Bildquelle: Eutelsat,
„Logos and conditions
of use“

Es werden jeweils 8 Bit übertragen, dann folgt ein ungerades Paritätsbit.
Eine DiSEqC-Nachricht besteht aus einem Framing-Byte, einem Adressbyte, einem Befehlsbyte und optional weiteren Datenbytes.

FRAMING	P	ADDRESS	P	COMMAND	P	DATA	P
---------	---	---------	---	---------	---	------	---

Bildquelle: DiSEqC
BusSpec. 4.2

0xE0

0x00

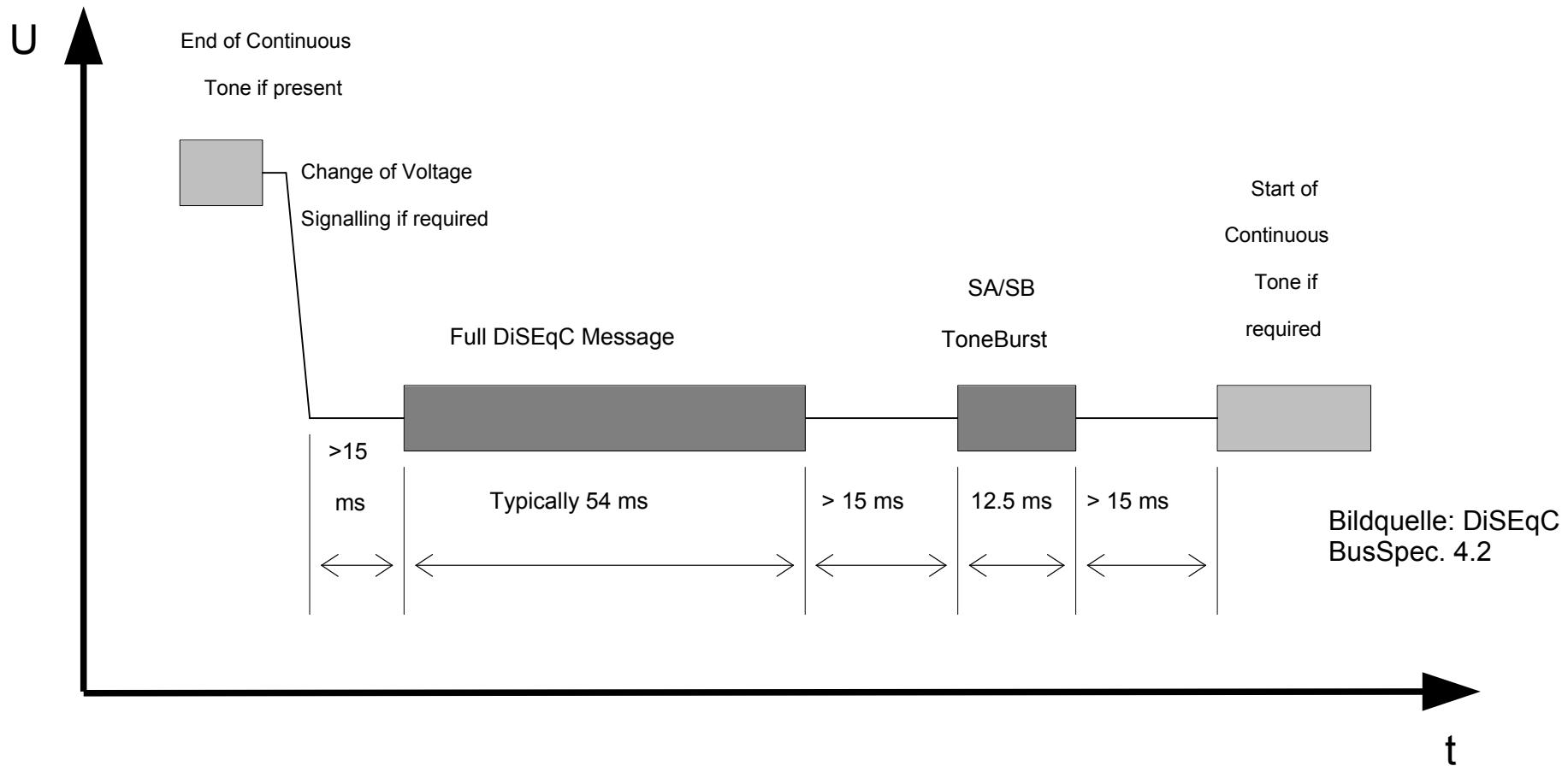
0x38

0xF?

Antennentechnik

Sat-Steuersignale → DiSEqC

DiSEqC-Befehle werden zur Kompatibilität zusammen mit den analogen Schaltkriterien übertragen.



Antennentechnik

Sat-Steuersignale → DiSEqC Level

DiSEqC-Komponenten sind abwärtskompatibel mit den analogen Schaltkriterien. Sie reagieren so lange auf die analogen Schaltkriterien, bis ein gültiger DiSEqC-Befehl empfangen wird. Danach werden alle analogen Schaltkriterien ignoriert!

Eutelsat hat verschiedene DiSEqC-Levels definiert:

ToneBurst 14/18V 22 kHz	Option Position Polarisation Band	Uncommitted 4 Uncommitted 3 Uncommitted 2 Uncommitted 1 Option Position Polarisation Band	Drehanlage Uncommitted 4 Uncommitted 3 Uncommitted 2 Uncommitted 1 Option Position Polarisation Band
-------------------------------	--------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Antennentechnik

Sat-Steuersignale → DiSEqC 2

DiSEqC ermöglicht eine bidirektionale Datenübertragung.
Diese DiSEqC-Levels werden 2.x genannt und sind sonst mit den 1.x Levels identisch.



Für DiSEqC 2.x ist eine erweiterte Hardware erforderlich.

DiSEqC 2.x Master (Empfangsgeräte) müssen dafür eine definierte DiSEqC Busimpedanz von 15 Ohm bei 22 kHz aufweisen auch DiSEqC Empfangen können.

DiSEqC 2.x Slaves (Relais, Multischalter) müssen Antworten generieren können (zusätzlich ein Transistor und zwei Widerstände).

Da DiSEqC heute für weit weniger komplexe Anwendungen benutzt wird, als es gedacht war, wird in den meisten Empfangsgeräten tatsächlich nur ein einziger Steuerbefehl benutzt und es ist keine DiSEqC-Konfiguration oder Anlagenerkennung erforderlich. Bei teilnehmergesteuerten Einkabelsystemen macht es aber durchaus Sinn.

Antennentechnik

Sat-Steuersignale → EN 50494

Wenn mehrere Empfangsgeräte unabhängig voneinander an einer Leitung betrieben werden sollen, müssen die Empfangsgeräte identifiziert werden können. Dazu wird im Installationsmenü des Empfangsgeräts eine **Userband-ID** gewählt.

Das Empfangsgerät fordert den gewünschten Transponder per Einkabel-Steuerbefehl an. Dieser Befehl ist ein spezieller DiSEqC-Befehl, in dem die Userband-ID, die gewünschte Polarisationsebene, das Band, der Satellit und die Frequenz enthalten sind.

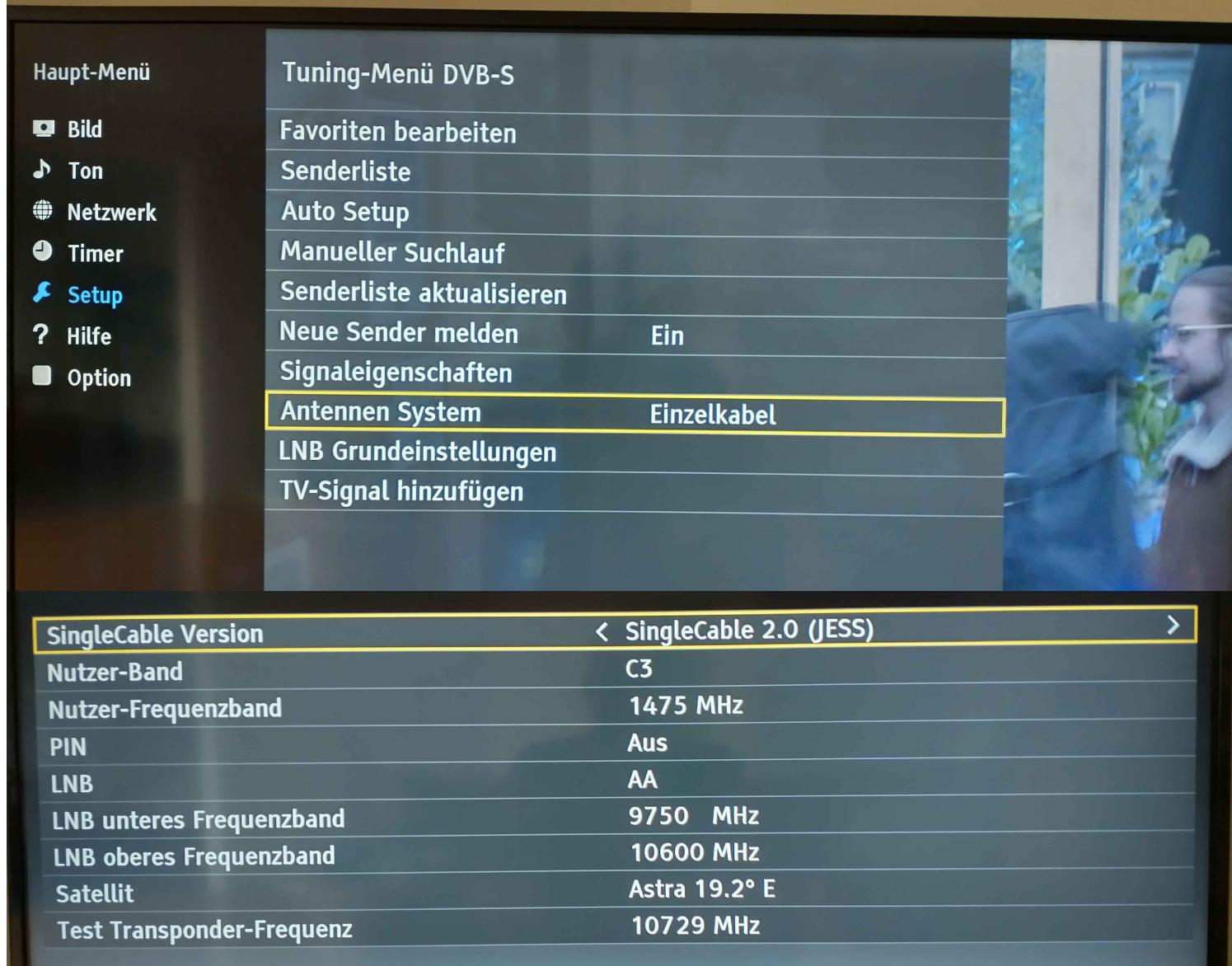
Der Einkabelumsetzer aktiviert den der Userband-ID zugeordneten Frequenzumsetzer und setzt den Transponder der gewünschten ZF-Ebene auf die **Userband-Frequenz** um.

Im Installationsmenü des Empfangsgeräts wurde neben der Userband-ID auch die Userband-Frequenz eingegeben. Der Tuner des Empfangsgeräts bleibt dauerhaft auf dieser Frequenz stehen, da alle angeforderten Transponder durch den Einkabelumsetzer auf diese Frequenz umgesetzt werden.

Antennentechnik

Sat-Steuersignale → EN 50494

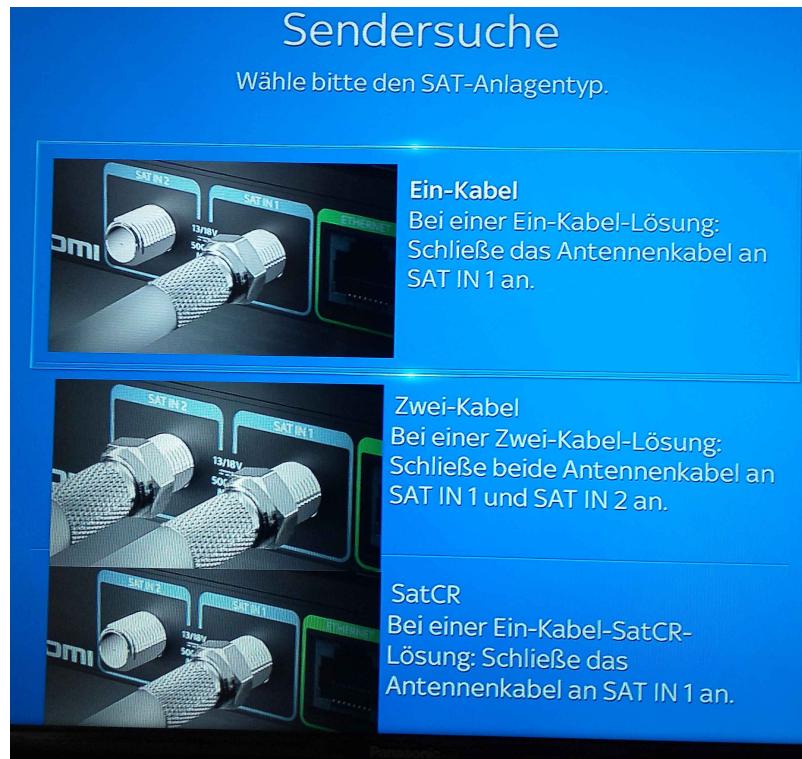
Einkabel-Einstellungen bei einem Panasonic-Fernseher:



Antennentechnik

Sat-Steuersignale → EN 50494

Einkabel-Einstellungen bei einer Sky Q Box:

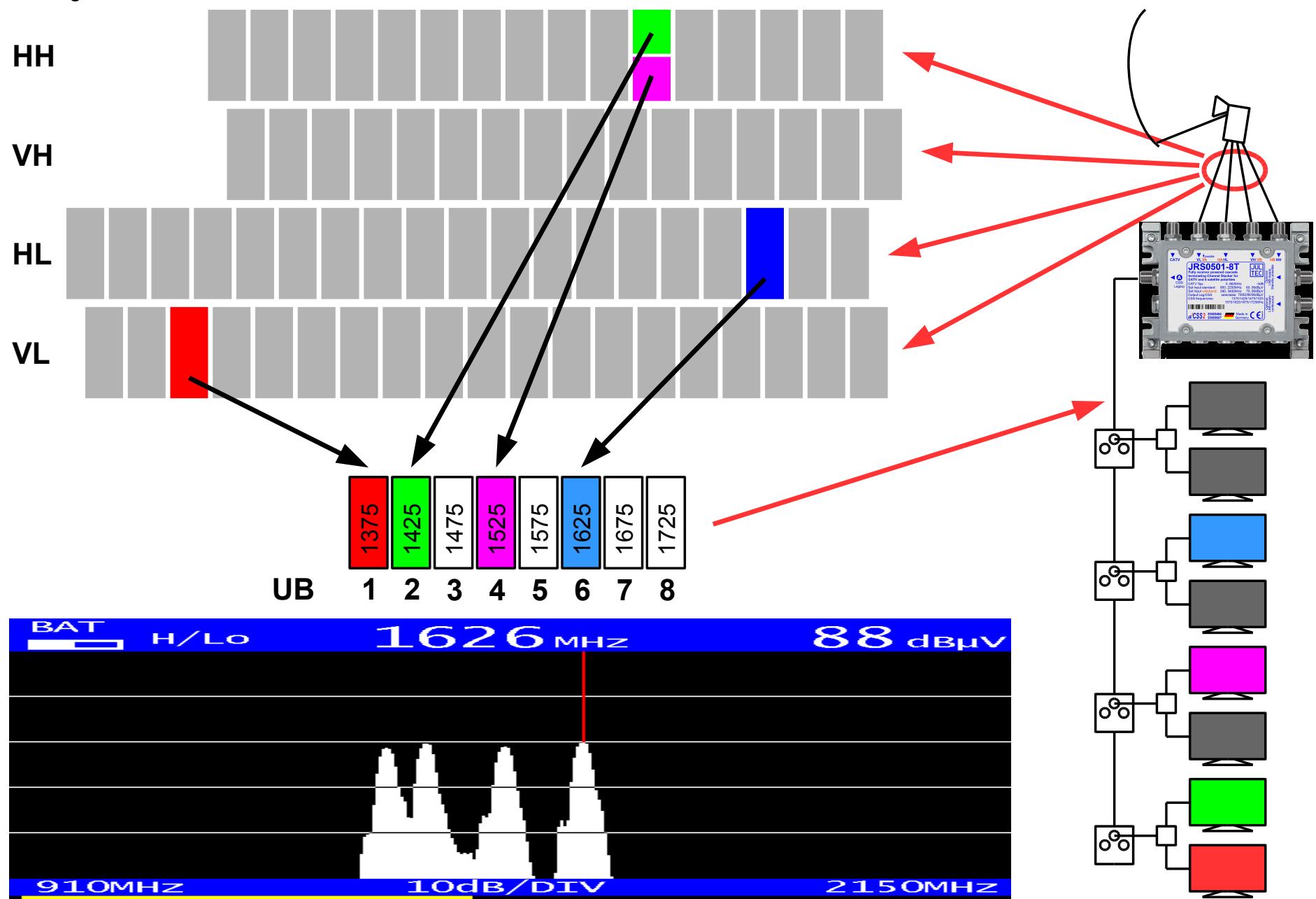


Sendersuche
Konfiguriere jetzt alle Tuner

Tuner 1	Userband	Bearbeiten	1	Fortsetzen
	Frequenz (MHz)		1375	
Tuner 2	Userband		2	
	Frequenz (MHz)		1425	

Antennentechnik

Sat-Steuersignale → EN 50494

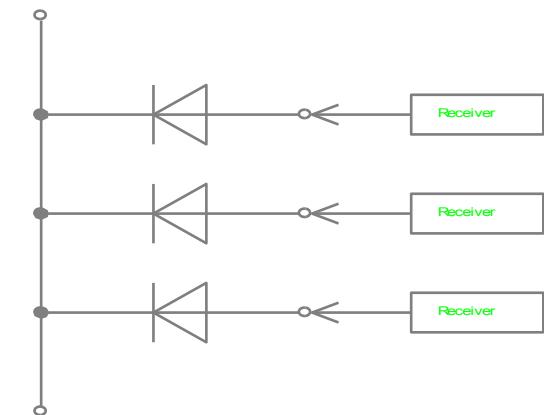
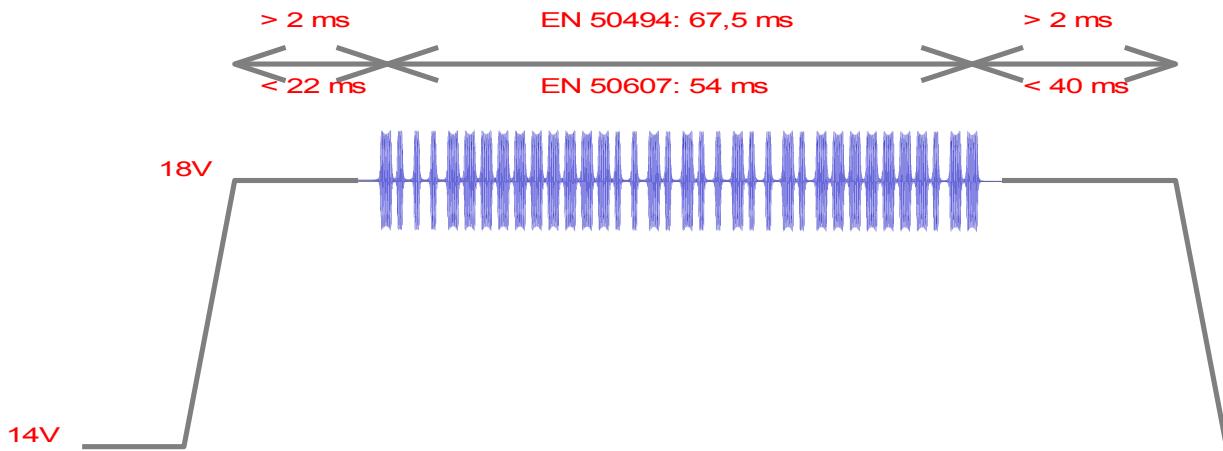


Antennentechnik

Sat-Steuersignale → EN 50494

Im Einkabelmodus liefern die Empfangsgeräte eine Spannung von 14 V. Wenn eine neue Anforderung vorgenommen wird, wird die Spannung auf 18 V erhöht, um Diodenstrecken gezielt zu öffnen. Dann wird der DiSEqC-Befehl gesendet. Danach wird die Spannung wieder auf 14 V zurückgeschaltet.

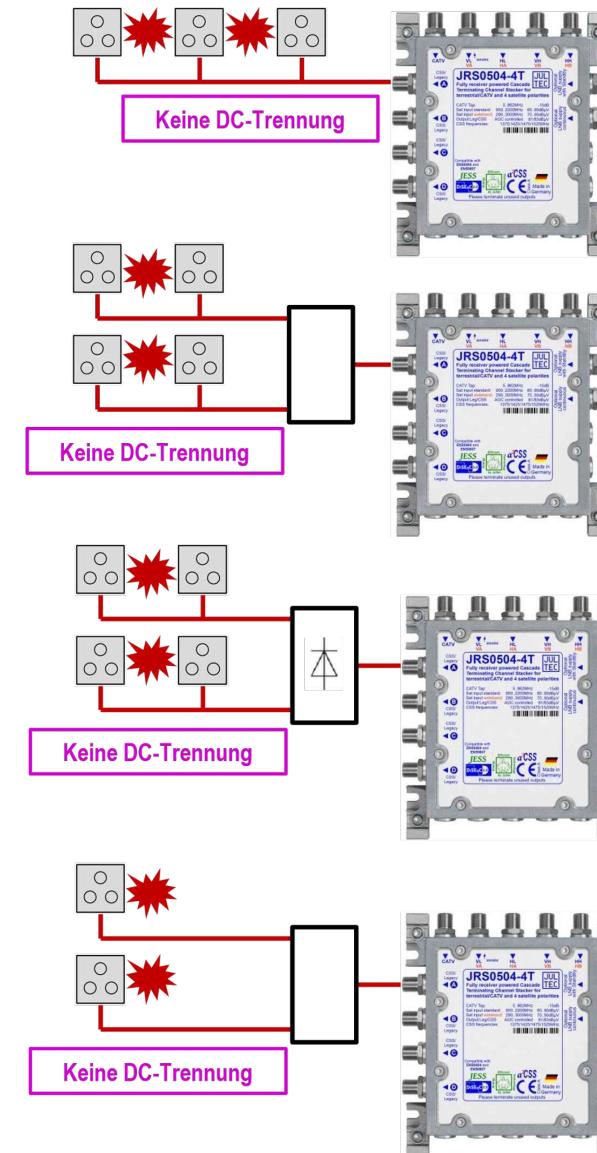
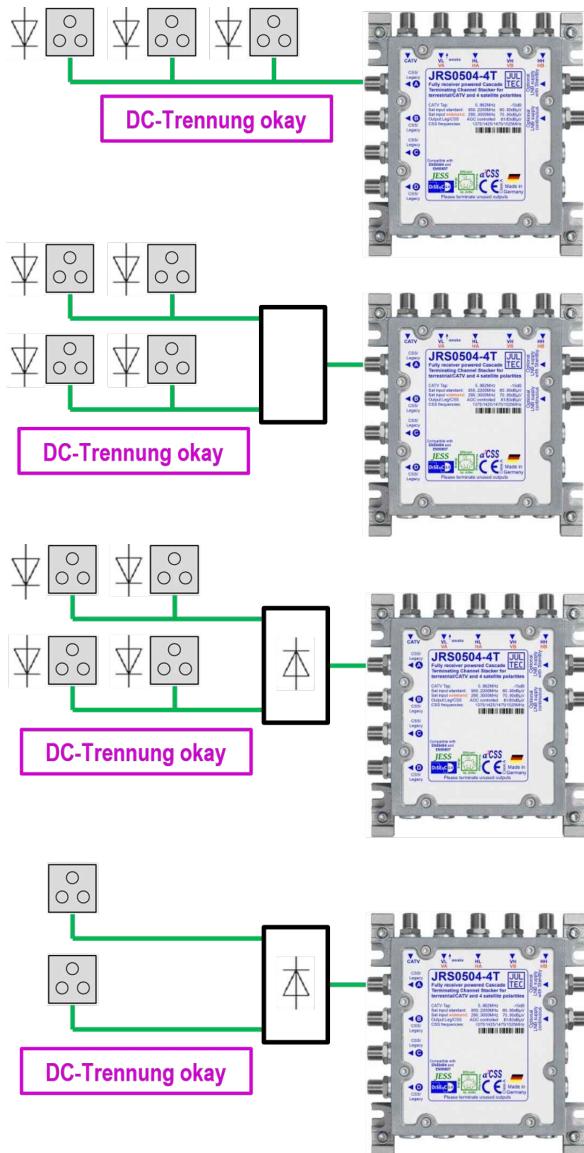
Hinweis: Empfänger dürfen im Einkabelmodus ausschließlich Einkabel-Steuerbefehle senden, keine weiteren DiSEqC-Befehle oder Töne



Wichtig: im Augenblick der Befehlsaussendung speist ein einziger Empfänger das gesamte System!

Antennentechnik

Sat-Steuersignale → Diodenentkopplung



Antennentechnik

Sat-Steuersignale → EN 50494

Nummerierung der Userband-ID:

Sowohl die EN 50494, als auch die EN 50607 legen eine eindeutige Zählweise der Userbänder fest.

→ das erste Userband heißt „UB1“

Leider gibt es Geräteanbieter, die bei „0“ anfangen zu zählen. Im Zweifelsfall muss im Menü „geblättert“ werden, wie der erste Zustand ist.

Beispiel: Möchte man auf das Userband 3 zugreifen, das Empfangsgerät zählt aber ab „0“, so muss man „UB 2“ einstellen, um auf das dritte Userband zuzugreifen.

Bei wohnungsübergreifenden Installationen sind programmierbare Antennendosen einzusetzen! Diese verhindern, dass auf fremde Userbänder zugegriffen wird.

Antennentechnik

Sat-Steuersignale → EN 50494

Datenkollisionen:

In sehr seltenen Fällen kann es vorkommen, dass zwei Empfangsgeräte gleichzeitig Tuningbefehle senden. Die Befehle kollidieren und können beide nicht ausgewertet werden.

Die Empfangsgeräte (sollten) erkennen, dass der Tuningvorgang nicht stattgefunden hat und nach einer Zufallszeit automatisch den Tuningbefehl wiederholen. Im Idealfall bemerkt der User gar nicht, dass eine Kollision stattgefunden hat.

Antennentechnik

Sat-Steuersignale → EN 50494, EN 50607

Seit 2011 gibt es für teilnehmergesteuerte Einkabelsysteme einen neuen Tuningformat mit dem Namen „JESS“ (JULTEC's Enhanced Stacking Standard). Seit 2014 ist JESS als EN 50607 der Nachfolgestandard der EN 50494. Während die EN 50494 auf einen Chipsatz optimiert war, ist JESS auf die Anwendung optimiert.

	EN 50494	EN 50607 (JESS)
Anzahl Satelliten	2	64
Anzahl Userbänder pro Ableitung	8	32
Befehslänge Tuning	5 Byte (67,5 ms)	4 Byte (54 ms)
Schrittweite	4 MHz	1 MHz
Installation	Tonbaken	DiSEqC 2.0 (Tonbaken)

Antennentechnik

Sat-Steuersignale → EN 50494, EN 50607

Beispiel: ARD (HL, 11494 MHz) auf UB1 (1375 MHz)

Steuerbefehl nach EN 50494: **E0 00 5A 09 AE**

1110.0000:0000.0000:0101.1010:0000.1001:1010.1110

Frame Address Command UB Bank Tuningword

Steuerbefehl nach EN 50607: **70 06 6C 02**

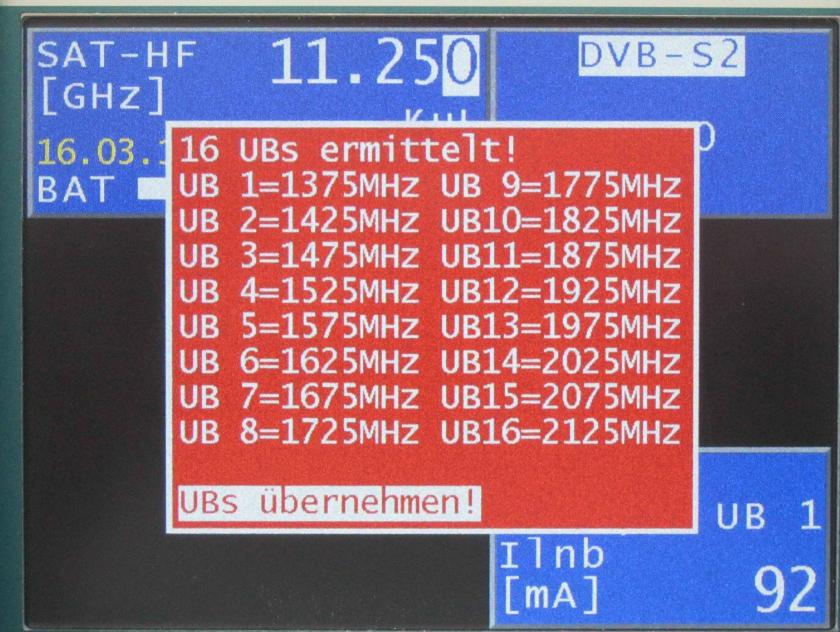
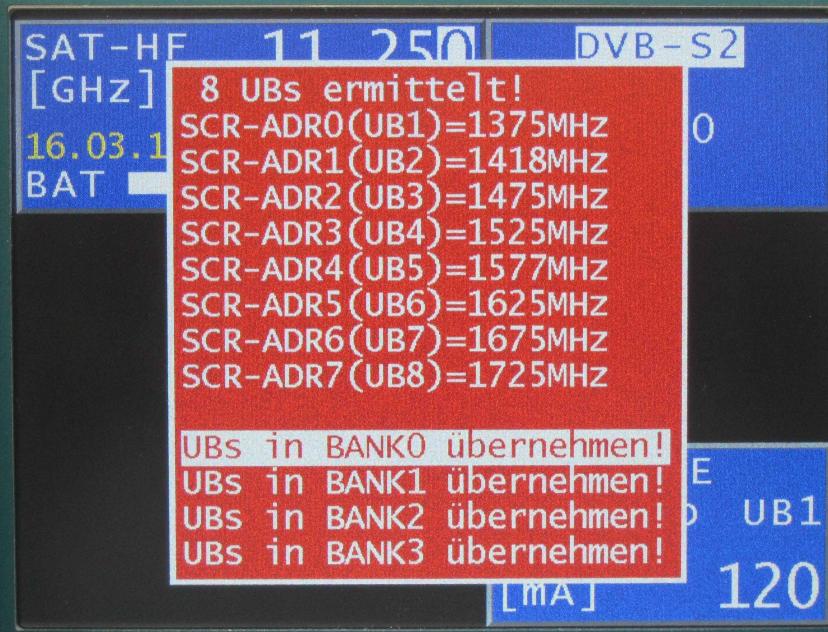
0111.0000:0000.0110:0110.1100:0000.0010

Frame UB Tuningword Bank
Command

Hinweis: nach dem jeweils 8. Bit folgt als 9. Bit ein Paritätsbit. Dieses wurde hier der Übersichtlichkeit halber weggelassen.

Antennentechnik

Sat-Steuersignale → EN 50494, EN 50607



EN 50494 mit Tonbaken

EN 50607 mit DiSEqC 2

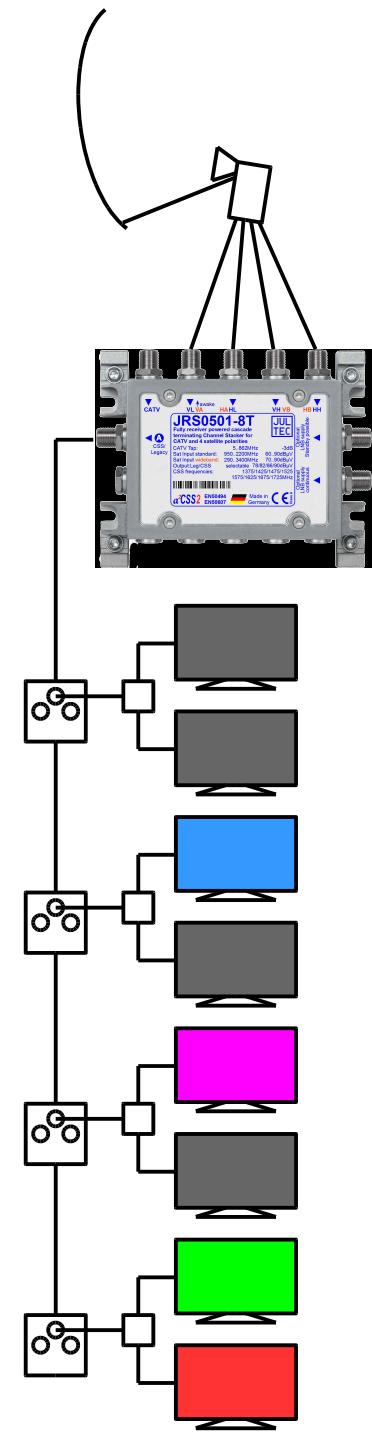
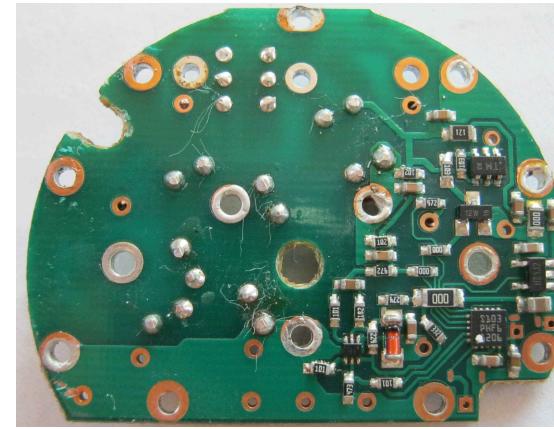
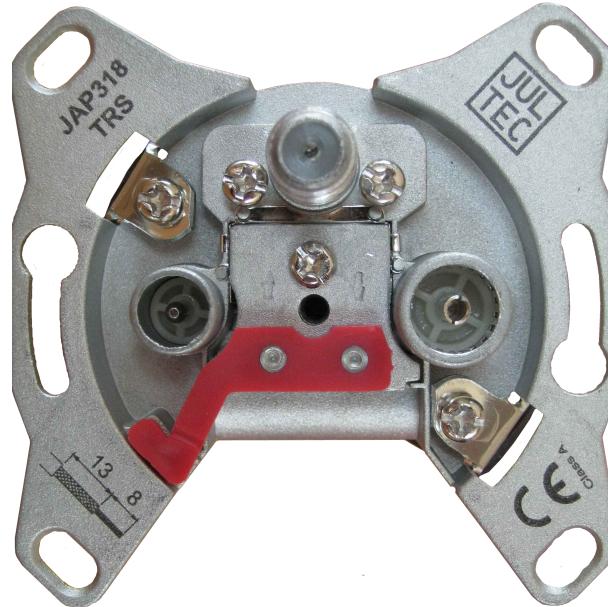
Während die EN 50494 als Rückmeldung Tonbaken verwendet, welche von Empfangsgeräten nur unzuverlässig detektiert werden können, ermöglicht JESS (EN 50607) eine DiSEqC 2 basierte Datenübertragung. Die Tonbaken werden im Userband erzeugt, d.h. aktive Übertragungen werden unterbrochen. Bei JESS bleibt die Übertragung erhalten.

Antennentechnik

Sat-Steuersignale → Einkabeldose

Bei teilnehmergesteuerten Einkabelsystemen darf pro Ableitung jede Userband-ID nur ein einziges Mal vergeben werden. Ebenso darf weder eine Dauerspannung von 18 V, noch ein 22 kHz Dauerton auf die Stammleitung gelangen. Als Schutzelement werden programmierbare Einkabeldosen eingesetzt.

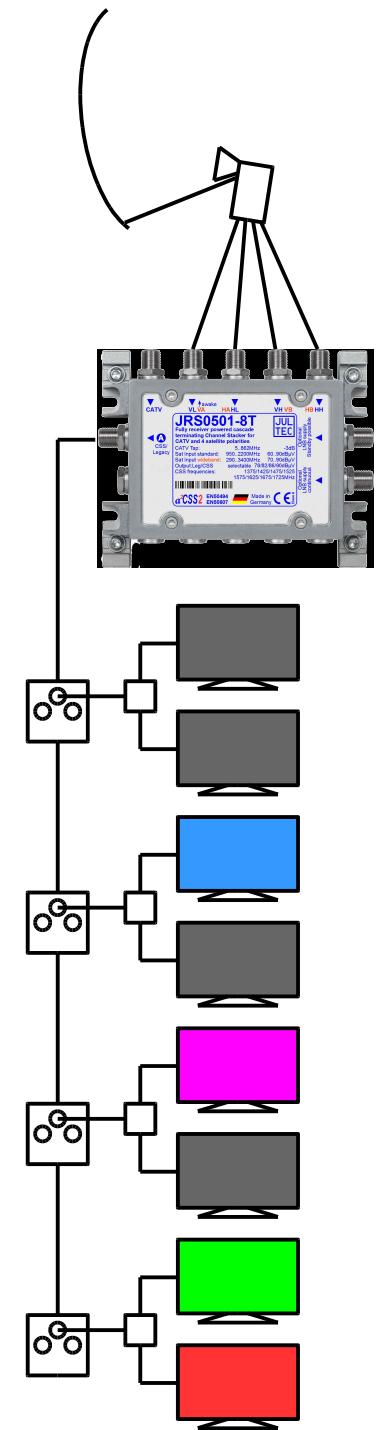
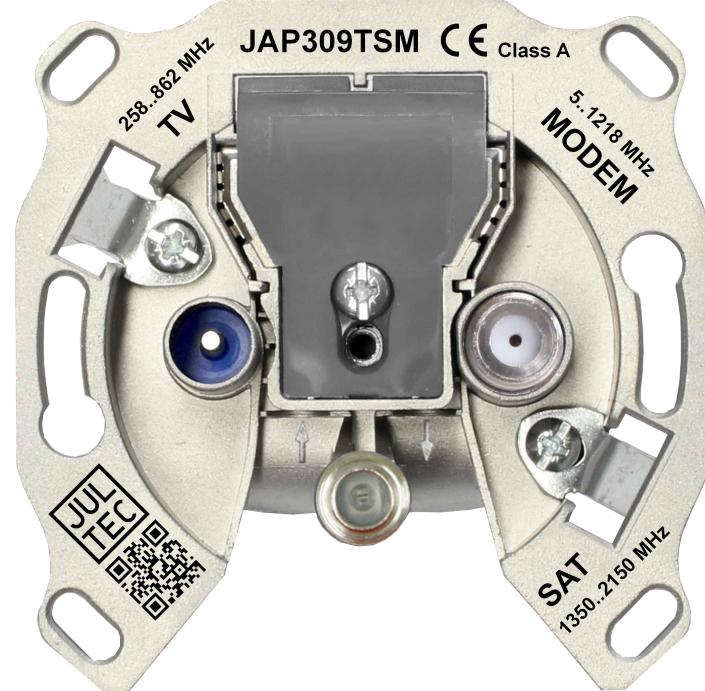
→ Europapatent von JULTEC technology
Lizenznehmer: JULTEC, Axing, Kathrein, TechniSat ...



Antennentechnik

Sat-Steuersignale → Einkabeldose

Neu am Markt sind Dosen, die den erweiterten CATV-Frequenzbereich bis 1218 MHz und Sat-Empfang kombinieren



Antennentechnik

Sat-Steuersignale → Einkabeldose

Die Einkabeldose:

- hat eine Schaltstrecke für den Fernspeisepfad vom Teilnehmer zum Stamm.
- hat keinen Einfluss auf die HF. Es wird nur der Fernspeisepfad beeinflusst.
- misst die Höhe der Fernspeisespannung und trennt den Teilnehmer bei hoher Spannung nach 500 ms von der Stammleitung. Setzt sich selbst wieder zurück.
- detektiert einen 22 kHz Dauerton und trennt den Teilnehmer nach 500 ms von der Stammleitung. Setzt sich selbst wieder zurück.
- hat einen nichtflüchtigen Speicher, in dem berechtigte Userbänder hinterlegt werden.
- wertet Einkabel-Steuerbefehle (EN 50494 und EN 50607) aus und entscheidet anhand der hinterlegten Berechtigung, ob der Steuerbefehl zulässig ist oder ob dieser zerstört werden muss
- blockiert alle sonstigen DiSEqC-Befehle (z.B. auch „alle Tonbaken ein“) und Befehle mit Paritätsfehler.

Antennentechnik

Sat-Steuersignale → Einkabeldose

Oszilloskopogramm der Fernspeisespannungen vor und nach der Dose, wenn diese den Einkabelbefehl wegen Zugriff auf ein nicht zugelassenes Userband verhindert.

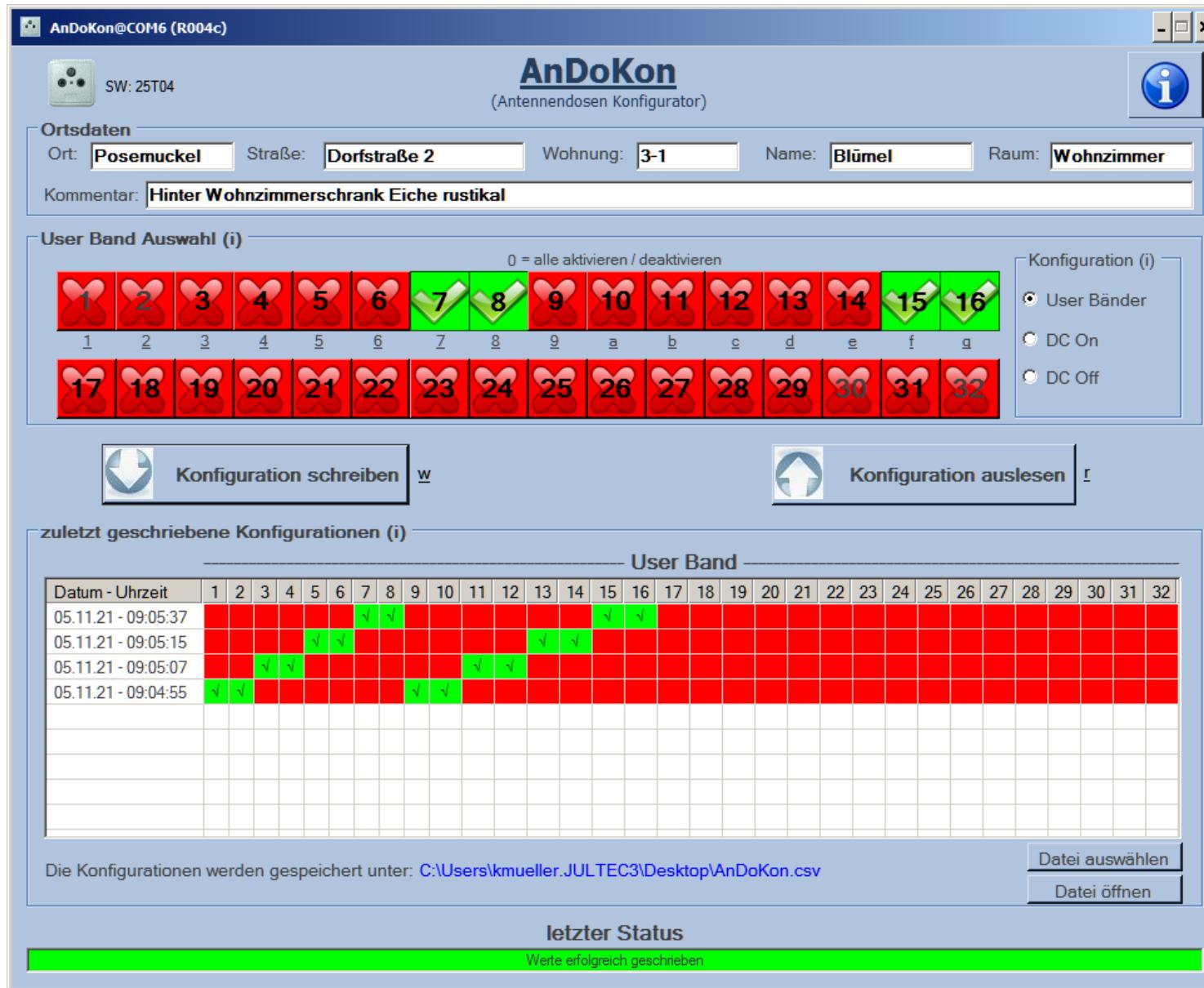
Signal vor der Dose

Signal nach der Dose



Antennentechnik

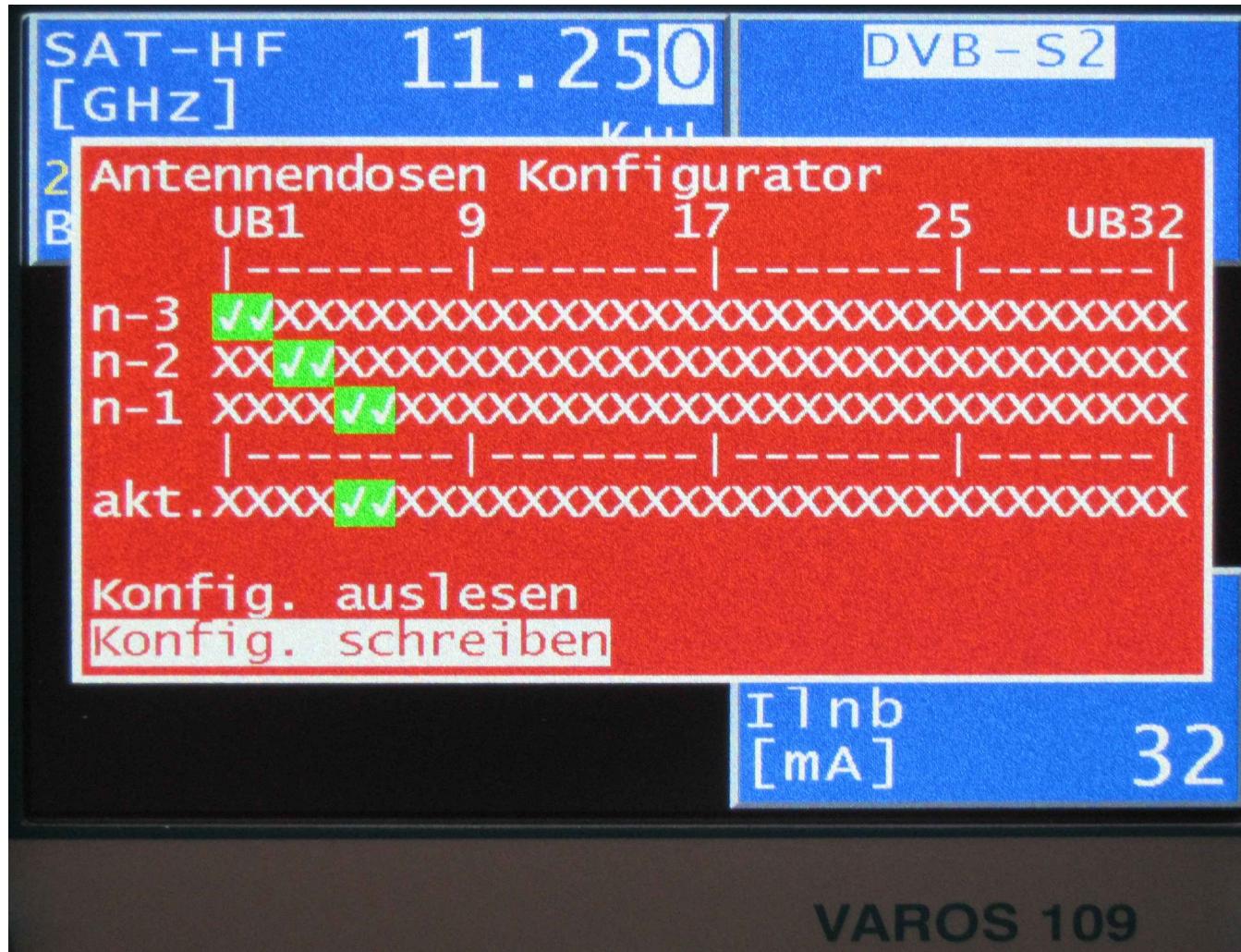
Gerätekonfigurationen → Einkabeldose



Antennentechnik

Gerätekonfigurationen → Einkabeldose

Die Konfiguration der Antennensteckdosen kann auch mit verschiedenen Messgeräten durchgeführt werden.



Antennentechnik

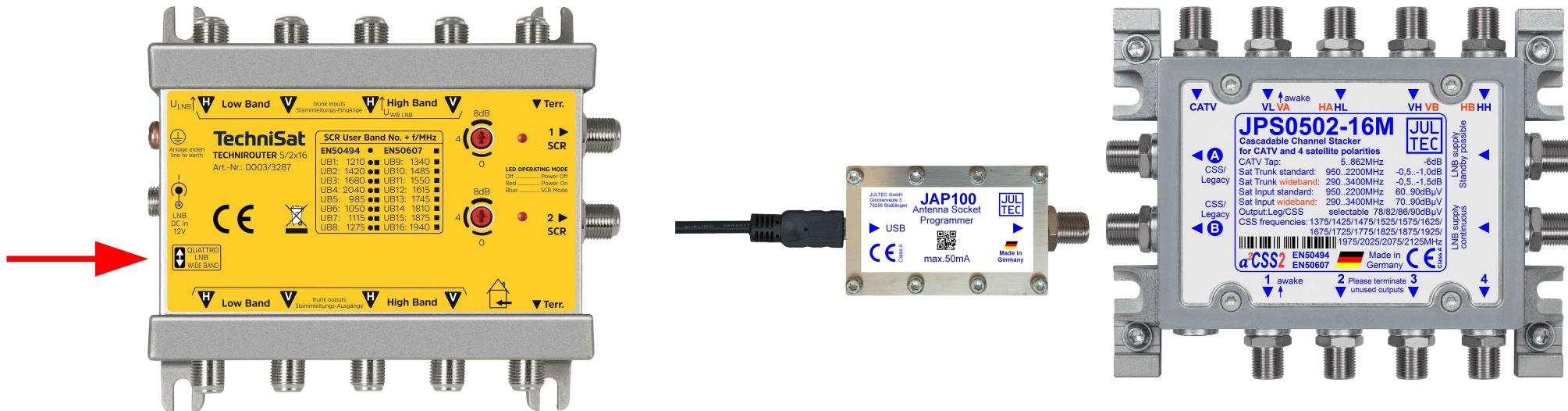
Gerätekonfiguration → Multischalter/Einkabelumsetzer

Die Einkabelumsetzer verschiedener Anbieter sind konfigurierbar.

- Einige Anbieter verwenden dazu Dreh-/Schiebeschalter.
- Andere verwenden eine Bediensoftware und ein DiSEqC-Modem, welches die Konfiguration über spezielle DiSEqC-Befehle einspielen

Bei den Bediensoftwares gibt es zwei Strategien:

- alle Einzelkonfigurationen sind anklickbar/veränderbar.
- es werden vordefinierte Konfigurationsfiles ausgespielt.



Antennentechnik

Gerätekonfiguration → Multischalter/Einkabelumsetzer

Wozu Geräte konfigurieren?

- Ausgänge abschalten
- Satellitenreihenfolge tauschen oder Satellitzugriff einschränken
- Breitbandzuführung aktivieren, Anpassung an die LOF
- Anpassung an verschiedene Glasfaser-Stackings
- Zugriff auf Userbänder sperren
- Frequenzen der Userbänder ändern (z.B. bei Ersatz eines defekten Geräts oder zur Anpassung an Pay-TV-Boxen)
- Ausgangspegel konfigurieren
- zukünftige Ideen?
→ viel mehr Funktionen als mögliche Schalterstellungen!

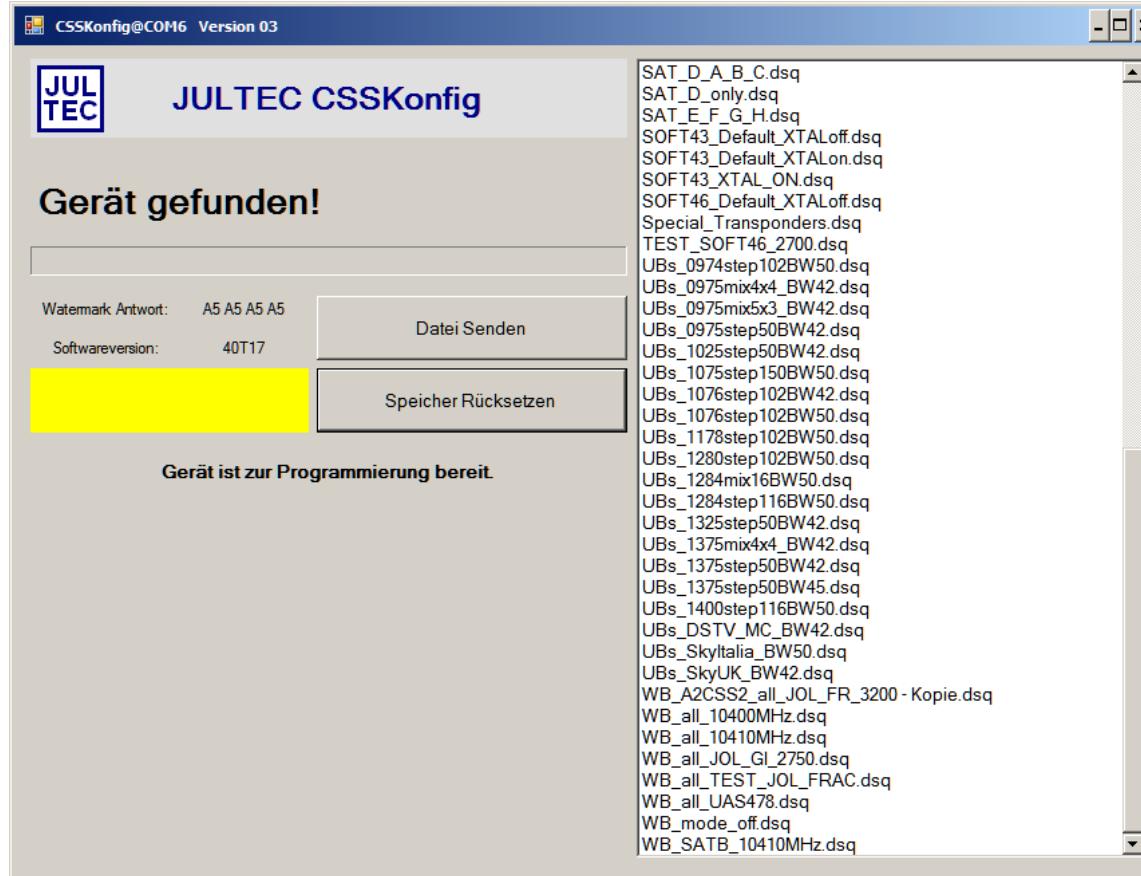
Vorteil vordefinierter Konfig-Files:

- einfache Benutzeroberfläche, keine Updates bei neuen Funktionen
- Konfiguration per Messgerät möglich

Antennentechnik

Gerätekonfiguration → Multischalter/Einkabelumsetzer

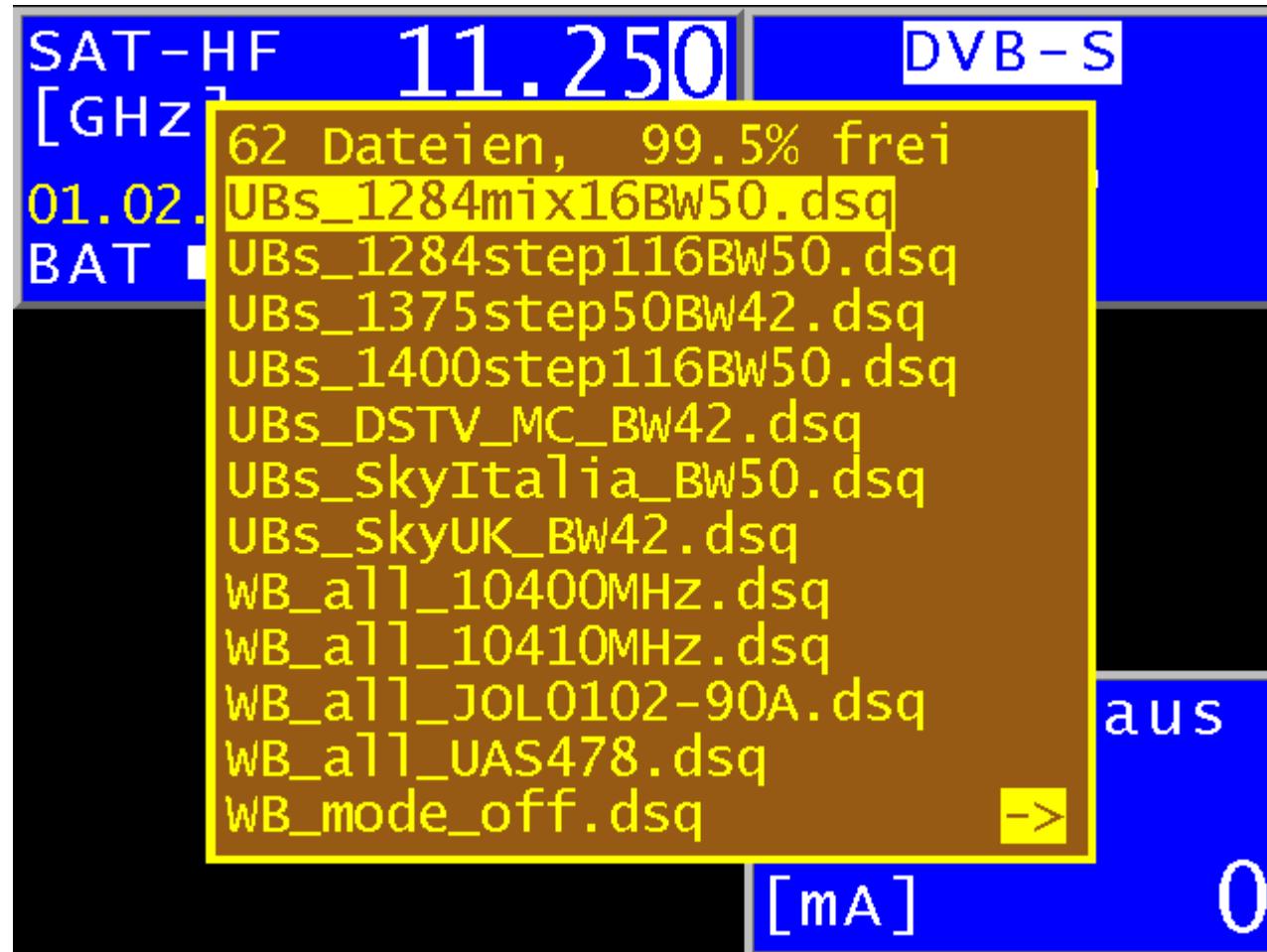
Bedienoberfläche JULTEC CSSkonfig



Antennentechnik

Gerätekonfiguration → Multischalter/Einkabelumsetzer

Bedienoberfläche KWS VAROS 109



Antennentechnik

Vorgaben für Antennenverteilssysteme

Bei Planung und Auslegung einer Antennenverteilung sind verschiedene Normen (einige davon haben Gesetzescharakter) einzuhalten. Dies sind insbesondere:

- DIN EN IEC 60728-11 (VDE0855-1)
“Sicherheitsanforderungen“
Hier sind z.B. Schutzzpotentialausgleich und Erdung geregelt
- DIN EN IEC 60728-101 (VDE0855-101)
“Systemanforderungen bei Vollbelegung der digitalen Kanäle“
Hier sind Parameter an der Anschlussdose definiert
- DIN 18015
“Elektrische Anlagen in Wohngebäuden“
Hier sind Mindestausstattungen und Leitungsführungen definiert
- SchuTSEV
Verhinderung von Störungen besonders wichtiger Funkdienste

Antennentechnik

Vorgaben für Antennenverteilssysteme → DIN EN 60728-11

DIN EN 60728-11 (VDE0855-1) in Kurzform:

- alle Leitungen müssen in den Schutzzpotentialausgleich einbezogen werden.
- Liegen Antennen, Teile von Antennen oder Leitungen im blitzgefährdeten Bereich, muss eine blitzstromtragfähige Erdableitung erfolgen.
- Die Antennenanlage muss mechanisch stabil aufgebaut sein.

Antennentechnik

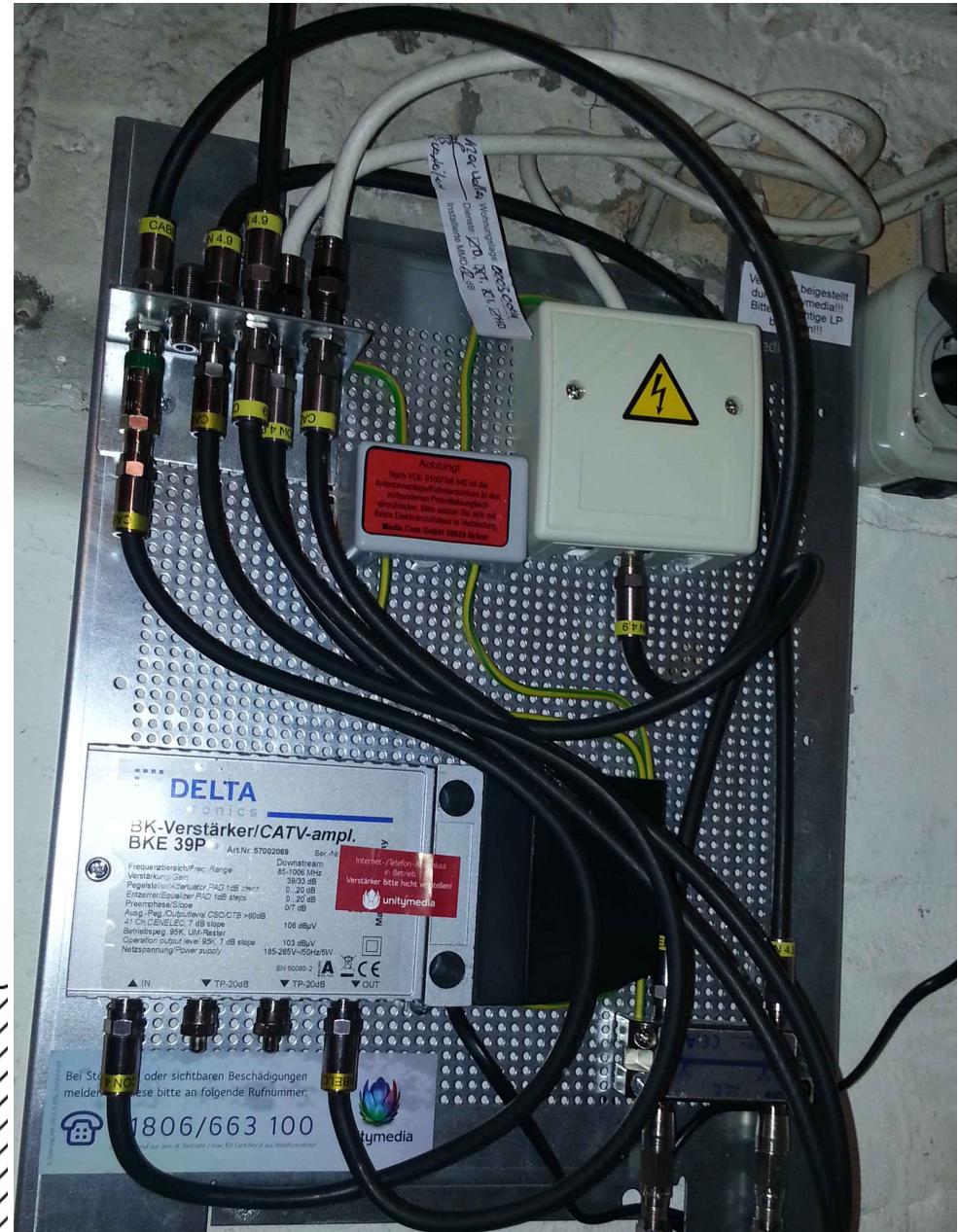
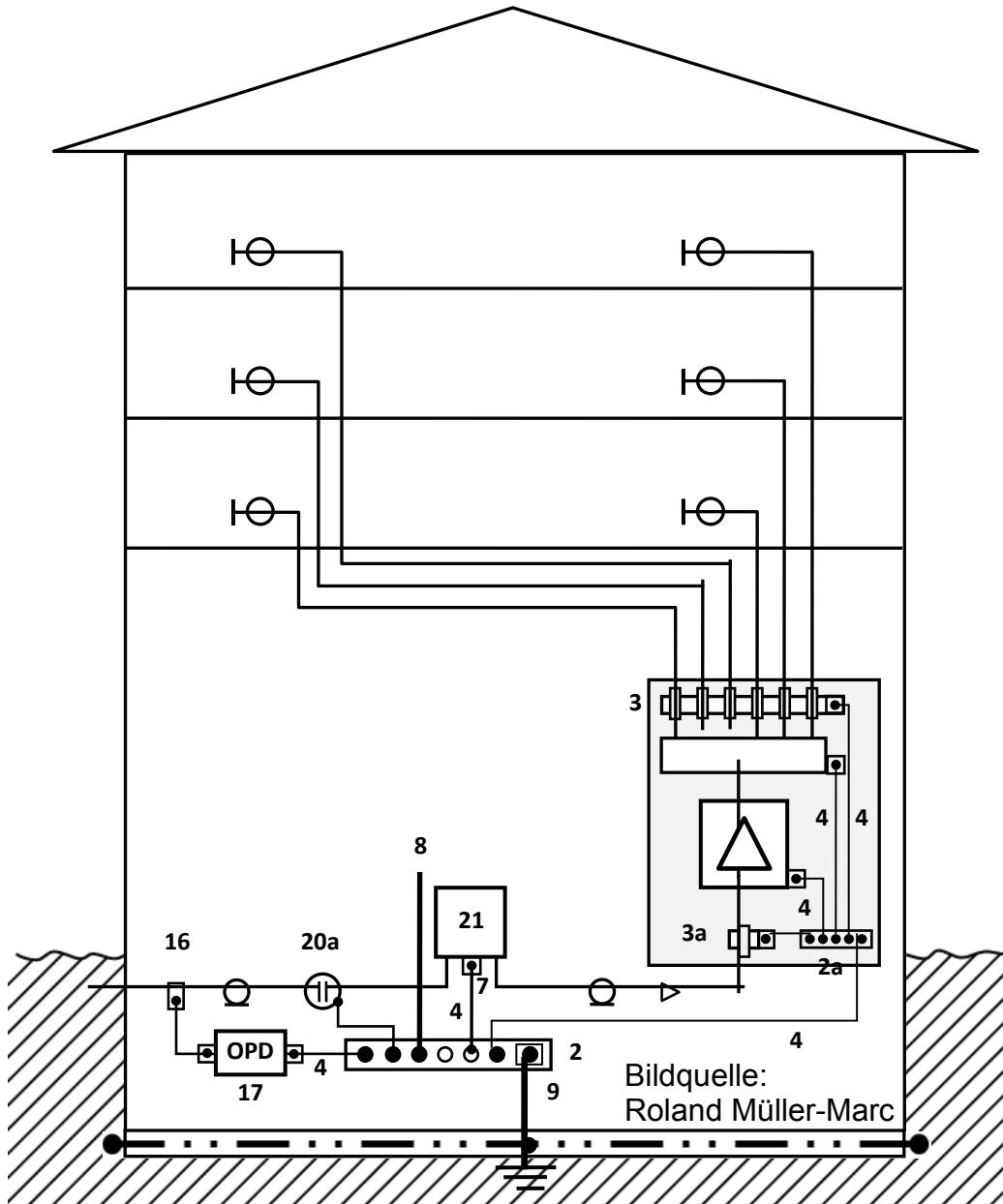
Vorgaben für Antennenverteilssysteme → Schutzpotentialausgleich

Schutzpotentialausgleich

- Der Schutzpotentialausgleich sorgt dafür, dass vom Verteilnetz keine Gefahr durch gefährliche Energiemengen ausgehen kann. Er zwingt berührbare leitfähige Strukturen auf Erdpotential.
- Der Schutzpotentialausgleich ist nicht zum Schutz vor anderen Gefahrenquellen gedacht oder ausgelegt.
- Der Schutzpotentialausgleich ist eine sicherheitsrelevante Installation, auf die nur unter ganz besonderen Bedingungen verzichtet werden kann (dennoch wird auch unter diesen besonderen Bedingungen ein Schutzpotentialausgleich unbedingt empfohlen).
- Ausführung: Querschnitt 4 mm² bzw. 2,5 mm² bei geschützter Verlegung. Ein-, mehr- oder feindrähtig. Kennfarbe grün-gelb.
- Ein Endkunde als technischer Laie kann einen Installateur nicht von der Verantwortung entbinden, den erforderlichen Schutz-PA auszuführen.

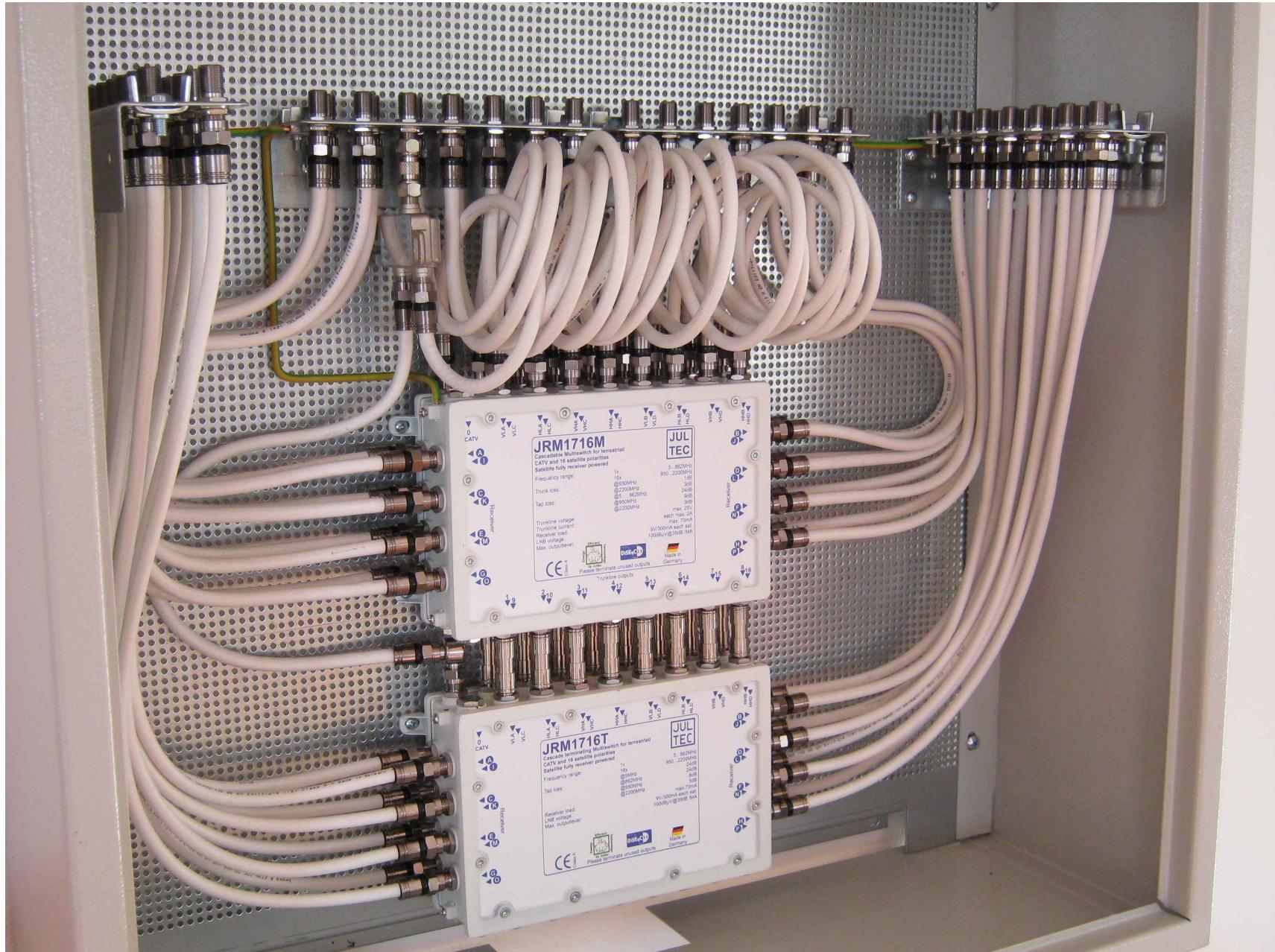
Antennentechnik

Vorgaben für Antennenverteilssysteme → Schutzzpotentialausgleich



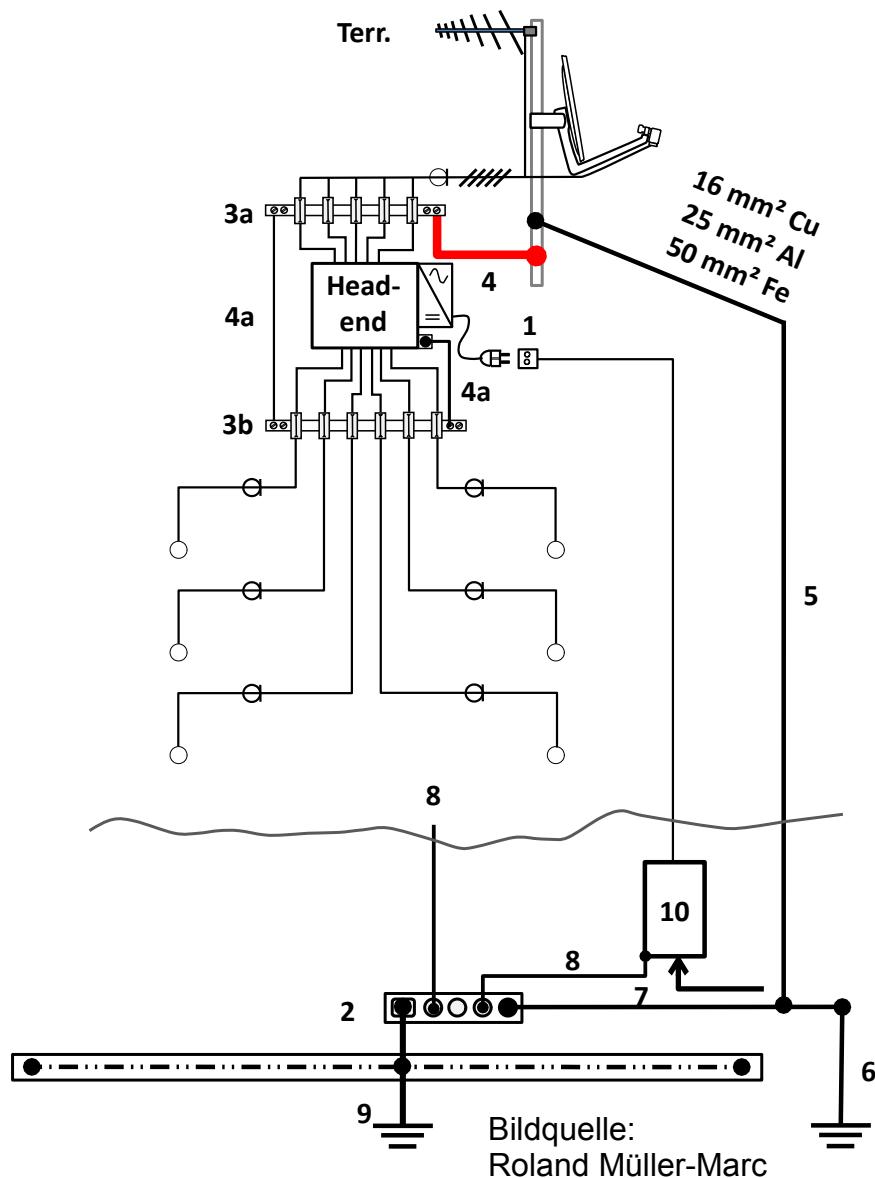
Antennentechnik

Vorgaben für Antennenverteilssysteme → Schutzzpotentialausgleich



Antennentechnik

Vorgaben für Antennenverteilssysteme → Schutzpotentialausgleich

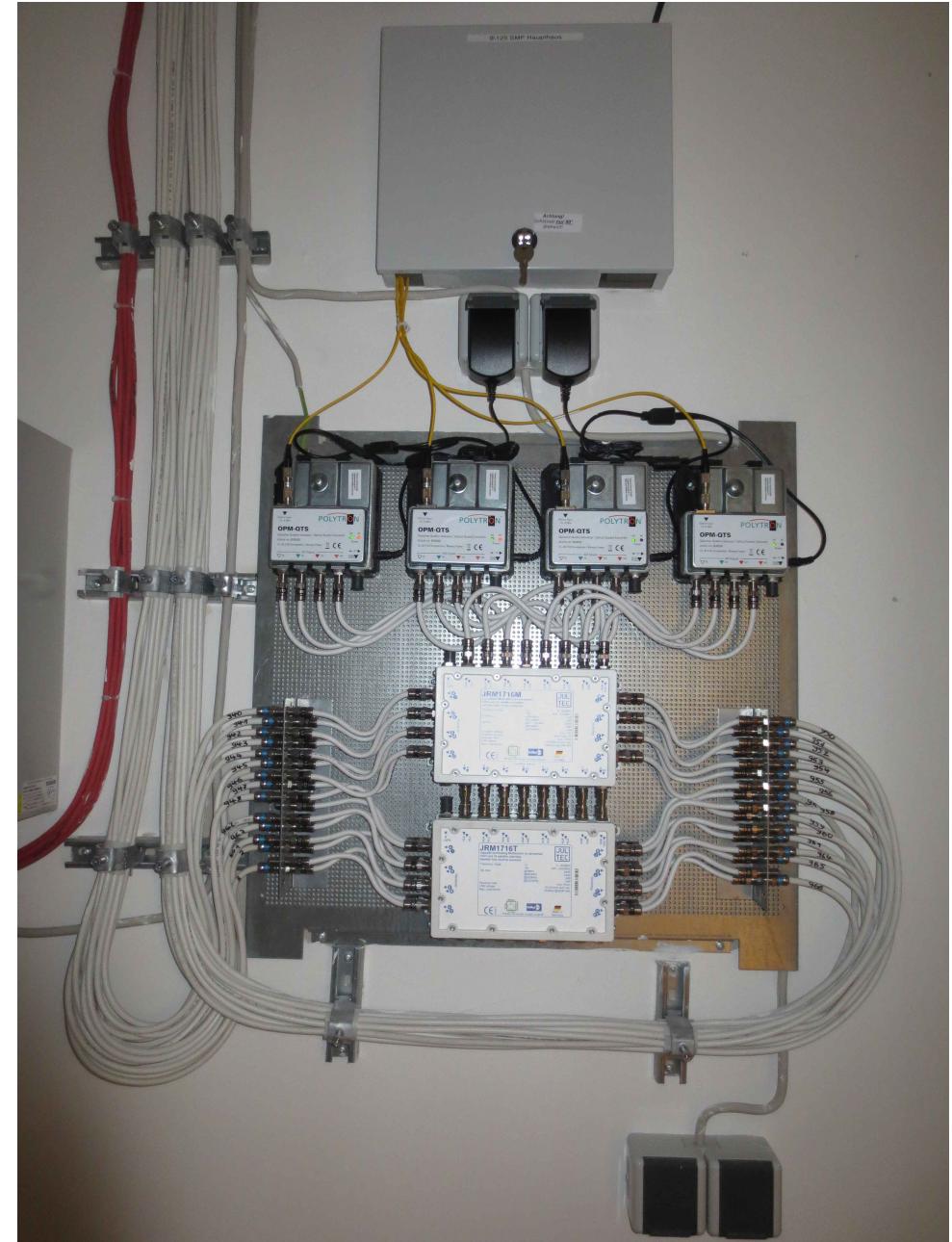


- 1: Steckdose
 - 2: Haupterdungsschiene
 - 3a/b: Erdungswinkel
 - 4: mastnaher Potentialausgleich**
 - 5: blitzstromtragfähige Ableitung
 - 6: Blitzerder
 - 7: Verbindung Blitzerder-HES
 - 8: PEN-Anschluss EVU
 - 9: Fundamenteder

Der mastnahe PA koppelt zwar Blitzenergie ins Verteilnetz, verhindert aber einen brandauslösenden Lichtbogen!

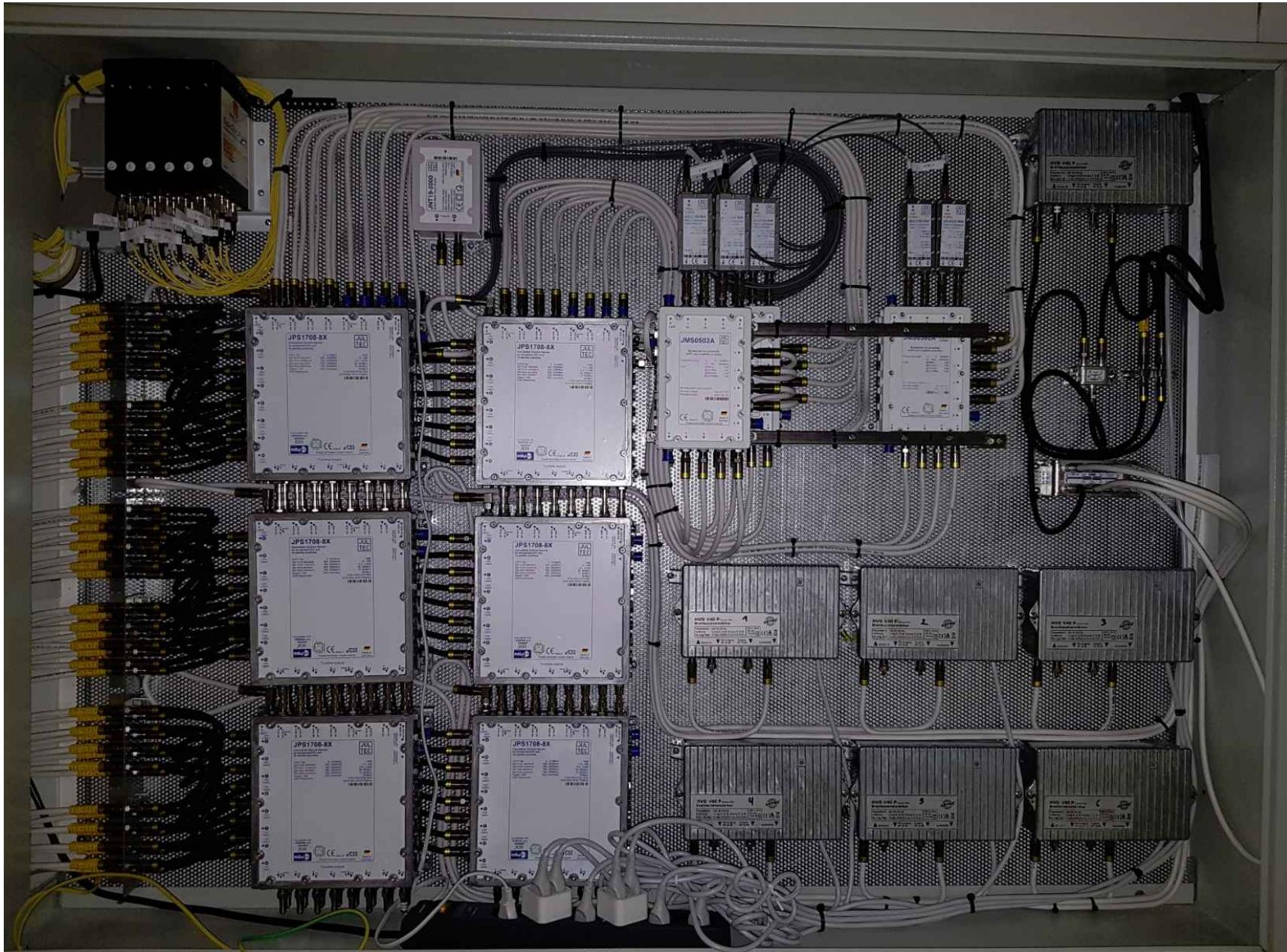
Antennentechnik

Vorgaben für Antennenverteilssysteme → Schutzzpotentialausgleich



Antennentechnik

Vorgaben für Antennenverteilssysteme → Schutzzpotentialausgleich



Antennentechnik

Vorgaben für Antennenverteilssysteme → Schutzbereichsausgleich

Vermischung:

Um ein möglichst niederohmiges Schutzbereichsausgleichssystem herzustellen und mögliche Einkopplungen zu reduzieren, wird ein vermaschter Potentialausgleich empfohlen. Damit ist eine Mehrfachanbindung des Schirms an das Erdpotential gemeint.

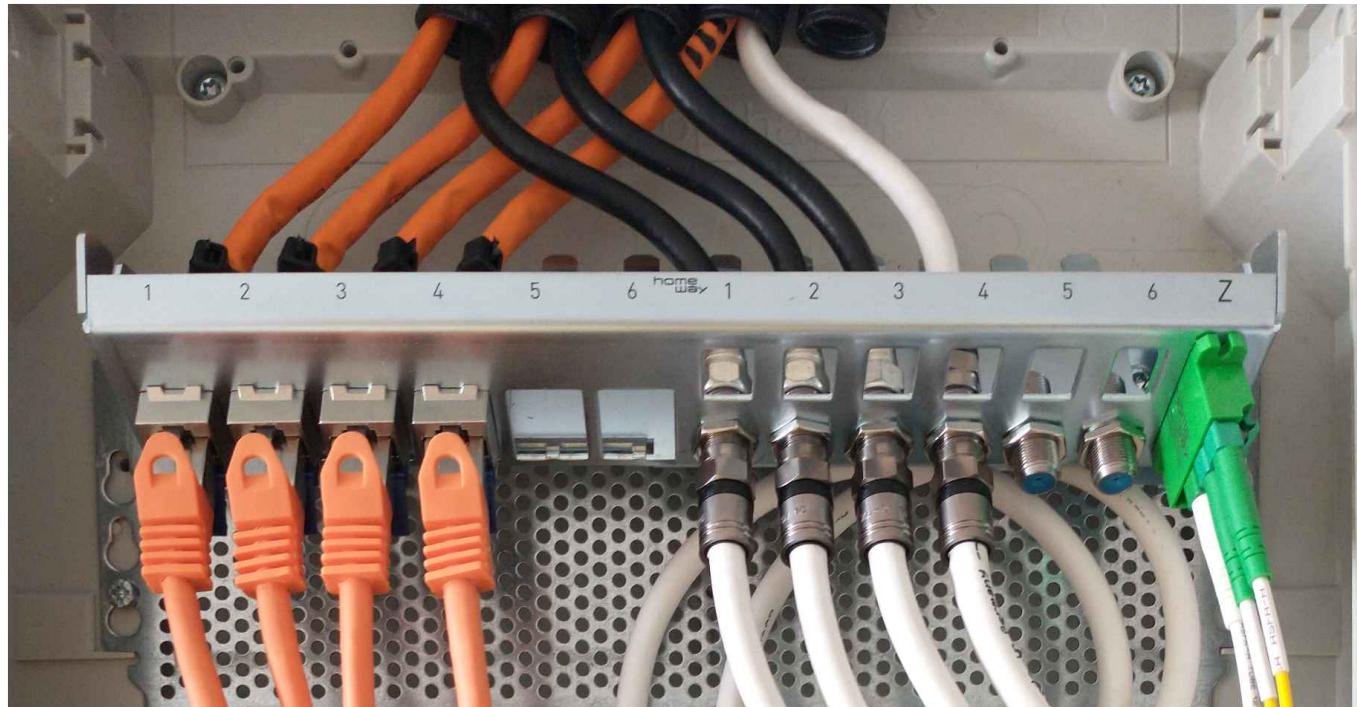
Dies kann z.B. in einem Mehrfamilienhaus die Einbindung der Wohnungszuführung in den PA im Keller und eine erneute Einbindung im Wohnungs-Medienverteiler sein. Auch kann eine weitere Vermischung zwischen Netzwerksteckdose, Antennensteckdose und Schutzelektrode z.B. bei einer Kombirahmenmontage vorgenommen werden.

Wichtig: zum Schutzbereichsausgleich dürfen nur Leiter ohne Strombelastung herangezogen werden, also keine PEN-Leiter!

Antennentechnik

Vorgaben für Antennenverteilssysteme → Schutzbereichsausgleich

Eine Einbindung des Patchwinkels im
Medienverteiler als Wohnung-Potentialausgleich
ist sinnvoll und verhindert Störungen.



Auch wenn für Netzwerkleitungen nur ein Funktionspotentialausgleich (rosa) gefordert ist, so ist der PA in der Antennentechnik immer ein Schutzbereichsausgleich und somit auch bei einem gemeinsamen Erdwinkel in „grün-gelb“ auszuführen!



Antennentechnik

Vorgaben für Antennenverteilssysteme → Schutzzpotentialausgleich

Wann darf auf einen Potentialausgleich verzichtet werden?

- Bei Antennen im nicht blitzgefährdeten Bereich mit ausschließlich wohnungsinterner Verteilung und einem maximalen Berührungsstrom von 3,5 mA. (3,5 mA gilt als sichere Loslass-Schwelle).
- Bei Ableitung über ein doppelt galvanisches Trenglied oder nach einem Fibre-Node, wobei auch hier die Grenze von 3,5 mA zu beachten ist und die Installation nur in einer Wohnung sein darf.
- Bei einer speziellen doppelt galvanisch getrennten Antennensteckdose.

In allen anderen Fällen ist ein Potentialausgleich Pflicht!

Antennentechnik

Vorgaben für Antennenverteilssysteme → „Blitzerdung“

„Blitzerdung“

Die DIN EN IEC 60728-11 (VDE0855-1) verwendet den Begriff „Blitzerdung“ absichtlich nicht, statt dessen wird auf atmosphärische Überspannungen eingegangen. Damit grenzt man sich absichtlich von Blitzschutzsystemen für Gebäude ab. Andernfalls wäre für die Erstellung der Antennenerdung eine Blitzschutzfachkraft erforderlich.

Eine metallische Konstruktion z.B. auf einem Dach sorgt für eine inhomogene E-Feld-Verteilung und somit für ein erhöhtes Blitz-Einschlagsrisiko. Die Erdanbindung der Antenne soll dafür sorgen, dass durch die Antenne kein erhöhtes Risiko für Mensch und Gebäude entsteht.

Die Erdanbindung der Antenne dient nicht als Blitzschutz für das Gebäude!

Wenn das Gebäude mit einem Blitzschutzsystem ausgestattet ist (oder werden soll), müssen Antennensystem und Blitzschutz koordiniert werden.

Antennentechnik

Vorgaben für Antennenverteilssysteme → „Blitzerdung“

Der „Drehstrom-Blitz“

Ein Blitzereignis besteht aus drei Phasen:

Phase 1: der Blitz sucht sich seinen Weg für die spätere Entladung. Es ist ein elektrostatischer Vorgang, daher spielt die Leitfähigkeit zunächst keine Rolle. Feldinhomogenitäten werden als Weg bevorzugt, da die Luft hier eher ionisiert. Der „Suchvorgang“ findet so lange statt, bis die Spannung zur Überbrückung des Wegs ausreicht.

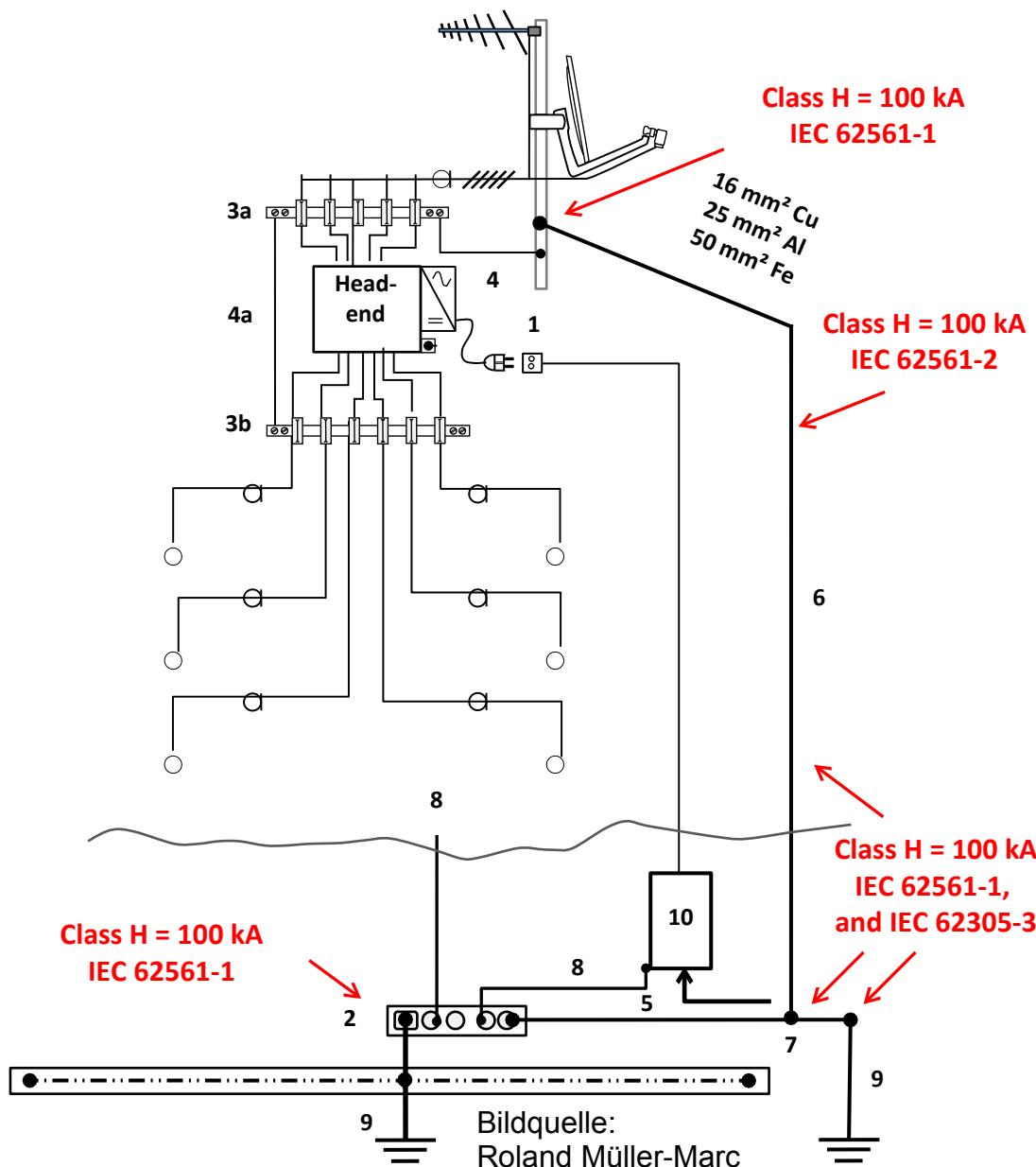
Phase 2: es bildet sich vom Boden in die Wolke der leitfähige Blitzkanal.

Phase 3: die Entladung findet von der Wolke in die Erde statt.
Durchschnittliche Stromstärke ist 35 kA, es können auch 200 kA auftreten.

Ein Direkteinschlag hat etwa 10 µs ansteigenden Strom und dann 350 µs abfallenden Strom.

Antennentechnik

Vorgaben für Antennenverteilssysteme → „Blitzerdung“



- Bei einer Direkterdung des Mastes muss ein mastnaher PA hergestellt werden.
- Die Blitzableitung darf als PA-leiter verwendet werden.
- Alle Klemmen der Blitzableitung müssen mindestens Klasse H erfüllen und zum Kabel passen.
- Die Ableitung muss mindestens aus 16 mm² Kupfer, 25 mm² Aluminium oder 50 mm² Stahl bestehen.
- Wird ein zusätzlicher Erder gesetzt, ist dieser mit der Haupterdungsschiene zu verbinden.

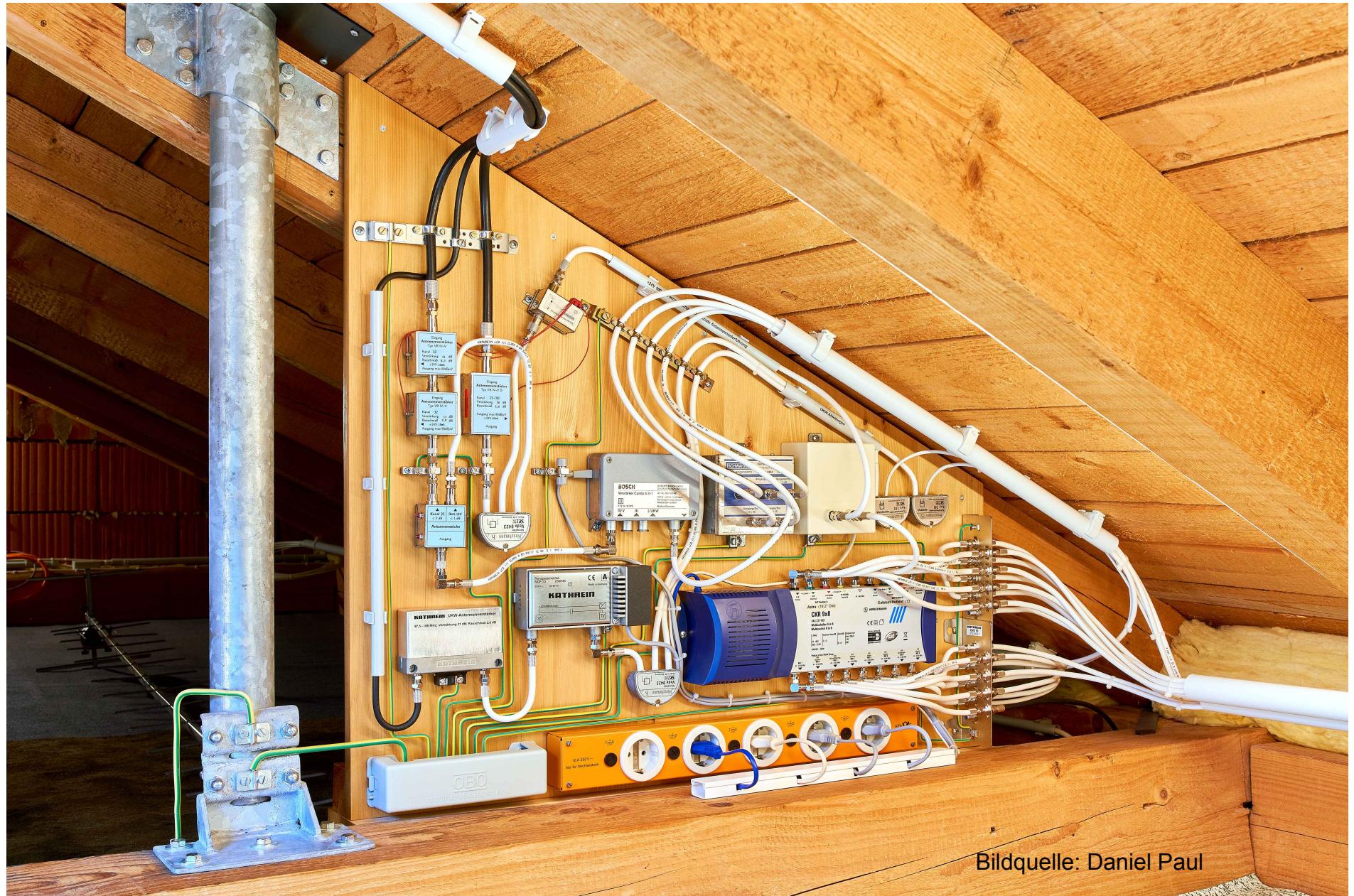
Antennentechnik

Vorgaben für Antennenverteilssysteme → „Blitzerdung“

- Art des Ableiters: Zur Ableitung des Blitzstromes dürfen eindrähtige, mehrdrähtige und feindrähtige Leiter verwendet werden. Ausschlaggebend ist, dass für die Art des Leiters und für Blitzstrom zugelassene Klemmen verwendet werden!
- Insbesondere bei Dachsparrenhaltern ist zu prüfen, ob die Klemme blitzstromtragfähig ist!
- Die Ableitung sollte auf kürzestem Wege erfolgen (jeder Meter verursacht etwa 1 kV Spannungsfall).
- Die Ableitung sollte möglichst außen am Gebäude heruntergeführt werden (keine Vorschrift).
- Eine Fangstange sollte immer einer Direkterdung vorgezogen werden.

Antennentechnik

Vorgaben für Antennenverteilssysteme → „Blitzerdung“ und Potentialausgleich



Bildquelle: Daniel Paul

Antennentechnik

Vorgaben für Antennenverteilssysteme → „Blitzerdung“

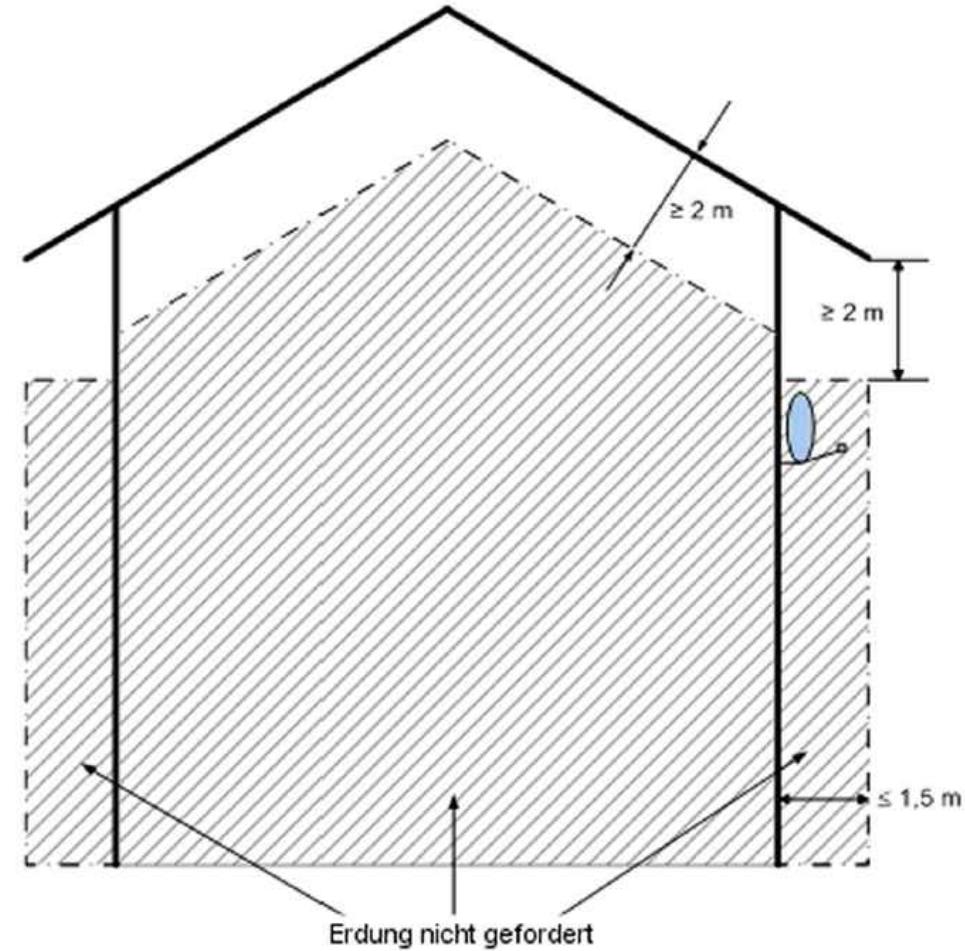
Wann kann auf eine Blitzerdung verzichtet werden?

Nach DIN EN 60728-11 (VDE0855-1) besteht bei Montage im „geschützten Bereich“ keine Pflicht zur blitzstromfähigen Erdanbindung.

Der Bereich ist mindestens 2 m unterhalb der Dachkante und weniger als 1,5 m vom Gebäude entfernt.

Die max. Gebäudehöhe ist leider nicht definiert.

Die Notwendigkeit eines Schutzelektrodenpotentialausgleichs bei wohnungsübergreifender Installation bleibt bestehen!



Bildquelle: DIN EN 60728-11 (VDE0855-1)

Antennentechnik

Vorgaben für Antennenverteilssysteme → weitere Sicherheit

Kombirahmenmontage:

Steckdosen und Antennensteckdose dürfen unter einer gemeinsamen Abdeckung montiert werden, wenn die Steckdosen auch ohne Abdeckung berühsicher sind (DIN EN IEC 60728-11 (VDE0855-1):2023-10, Punkt 9.3).
→ Nahezu alle aktuellen Steckdosensysteme sind ohne Abdeckung berühsicher.

Leitungsführung:

Koaxialkabel und Starkstromkabel dürfen bei ausreichender Isolierung ohne zusätzlichen Abstand verlegt werden (also z.B. in der Nachrüstung auch in einem gemeinsamen Leerrohr).

Koaxialkabel nach EN 50117 weisen eine Mantel-Spannungsfestigkeit von 2 kV auf. Einzeladern sind auch bis 2 kV isoliert. → Koaxmantel und Einzelader ergeben eine doppelte Isolierung.

Quelle: DIN EN IEC 60728-11(VDE0855-1): 2023-10, Punkt 9.3

Achtung: die DIN18015 fordert ein separates Leerrohrsystem für Koaxkabel!

Antennentechnik

Vorgaben für Antennenverteilssysteme → Signale an den Antennendosen

DIN EN 60728-101 (VDE0855-101) in Kurzform:

Standard	Pegelbereich	Max. Variation	MER
DAB(+)	28 .. 94 dB μ V	keine Angabe	keine Angabe
DVB-T2	16 QAM: 38 .. 74 dB μ V 64 QAM: 44 .. 74 dB μ V	gesamt 12 dB Nachbarkanal 3 dB	32 dB
DVB-C	64 QAM: 47 .. 67 dB μ V 256 QAM: 54 .. 74 dB μ V	gesamt 12 dB Nachbarkanal 3 dB	64 QAM: 26 dB 256 QAM: 32 dB
DVB-S/ DVB-S2	47 .. 77 dB μ V unabhängig von der Modulation	„in Beratung“ (persönliche Empfehlung: max +10 dB bzw. - 5 dB Schräglage)	QPSK: 11 dB 8PSK: 14 dB

- Entkopplung zwischen zwei Antennendosen:
30 dB zwischen beliebigen Dosen
22 dB zwischen Dosen in einem Haushalt
- Max. Frequenzversatz Sat 5 MHz

Antennentechnik

Vorgaben für Antennenverteilssysteme → DIN 18015

DIN 18015 in Kurzform:

- Kommunikationsverteiler im Neubau (WÜP)
- Kommunikationsverteiler mit 2 x mindestens 32 mm Leerrohr anfahren
- Leitungsführung in der Wohnung ausschließlich sternförmig und im Leerrohr (25 mm!). Nur Bögen, keine Knicke!!!
- Für „Rundfunk und Kommunikation“ (RuK) ist ein eigenes Leerrohrnetz vorzusehen, keine Mischung mit Starkstrom
- Installationszonen beachten!
- Mindestausstattung mit Antennensteckdosen:
 - 1 x in Küche
 - 2 x im Wohnzimmer
 - 1 x im Esszimmer
 - 1 x je Schlafzimmer
 - 1 x je Kinderzimmer
 - 1 x je Gästezimmer
 - 1 x je Büro

Antennentechnik

Vorgaben für Antennenverteilssysteme → SchuTSEV

SchuTSEV in Kurzform:

- Insbesondere in Kabelfernsehnetzen werden Frequenzbereiche genutzt, welche auch von wichtigen Funkdiensten genutzt werden. So liegen beispielsweise die TV-Sonderkanäle S2 bis S5 im Frequenzbereich des Flugfunks.
- Geschützt werden sollen Funkdienste, die Sicherheitszwecken dienen, aber auch öffentliche Telekommunikation.
- Es kommt immer wieder zu Störungen durch Aussendungen von Kabelnetzen. Ursache sind schlecht geschirmte Leitungen, schlecht geschirmte Verstärker und schlecht aufgesetzte oder lose Stecker.
- Der Errichter hat dafür zu sorgen, dass die Anlage so aufgebaut ist, dass von dieser dauerhaft keine Störungen ausgehen.
- Der Errichter soll auf Verlangen Unterlagen vorlegen können, die die Konformität der Anlage belegen. In der Praxis werden die Unterlagen nur verlangt, wenn es zu einer Störung kommt.
- Verstoß (Störaussendung) kann nach StGB § 315 geahndet werden.

Antennentechnik

Planung Antennenanlagen

Bei der Planung einer Antennenanlage sind verschiedene Parameter zu berücksichtigen:

- Umfang des geplanten Systems:
→ Terrestik / Kabel / Sat oder Kombination?
- Frequenzbereich bzw. gewünschte Programmauswahl
- Anzahl der Anschlusspunkte, Mindestausstattung
- Räumliche Ausdehung des Netzes, Leitungslängen
- Neubau oder Modernisierung?
- Wahl des Transportmediums (Kupfer oder Glas)
- eventuell Vorgaben des Kabelnetzbetreibers
- gesetzliche Vorgaben (Sicherheit, öffentlicher Grund)

Antennentechnik

Planung Antennenanlagen → Terrestrik

Bei Antennenanlagen mit gewünschter Einspeisung von terrestrischen Signalen müssen einige Randbedingungen geprüft werden:

- UKW, DAB(+) und DVB-T(2) sollten eingespeist werden
- Welche Programme sind empfangbar, reicht dem Kunden die Auswahl?
- Mit welcher Feldstärke sind die gewünschten Programme am Standort empfangbar (wichtig für die Auswahl der Antennen).
- Wo können die Antennen montiert werden?
- Wie lang und stabil muss der Antennenmast sein?
- Wie lässt sich die Blitzeerdung realisieren?

Antennentechnik

Planung Antennenanlagen → CATV

Bei Verteilungen von Kabelfernsehsignalen müssen folgende Punkte beachtet werden:

- Ist das Netz für reinen TV-Empfang gedacht oder auch für interaktive Dienste?
- Bei vorhandenem Netz: wem gehört das Netz, wer darf verändern?
- Lässt der KNB Fremdinstallationen zu oder nur eigene Installateure?
- Wenn das Netz mit aktivem Rückweg gebaut wird, müssen entweder konsequent alle Dosen Multimediadosen sein oder es müssen Rückwegsperren eingebaut werden.
- Wie ist der Frequenzbereich (Upstream/Downstream) des Kabelnetzes?
- Kabelmodems übermitteln stetig Qualitätsparameter an den KNB. Selbst „unnormale“ Pegelverhältnisse führen automatisch zu einem Serviceeinsatz des KNB. Daher muss die aufgebaute Installation „perfekt“ sein.
- Ingress und Intermodulation führt zu Störungen im gesamten Netz. Der KNB wird bei Problemen ohne zu zögern den Anschluss abschalten.

Antennentechnik

Planung Antennenanlagen → Sat-Anlage

Bei Satellitenempfangsanlagen müssen einige Punkte berücksichtigt werden:

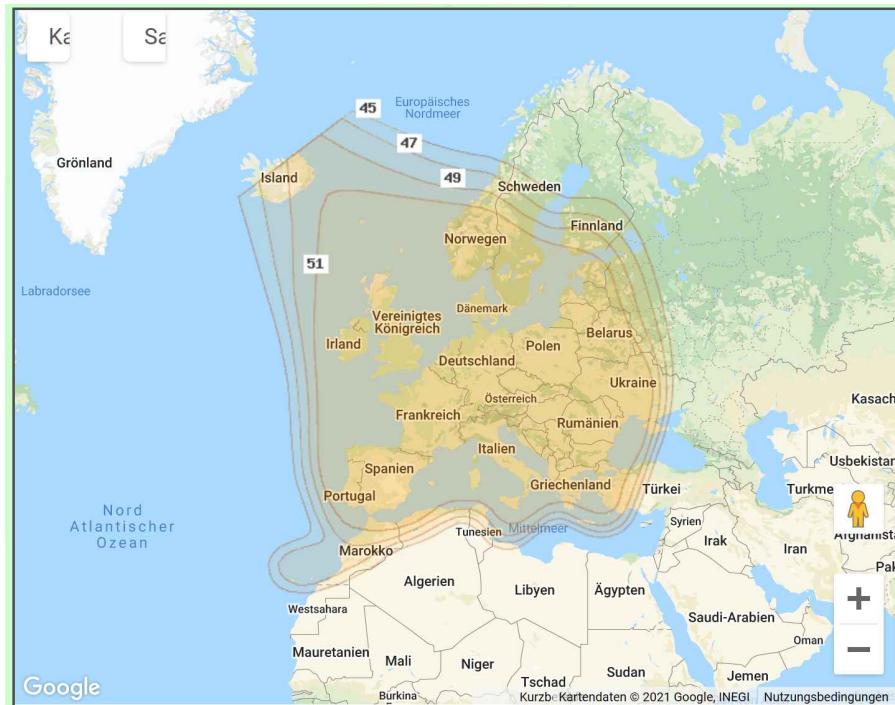
- Welche Satellitensysteme (Programme) sollen empfangen werden?
- Welcher Reflektordurchmesser muß dazu gewählt werden?
- Multifeed möglich oder separate Antennen?
- Welchen Montageort für die Antenne gibt es?
- Wie sieht es mit einer Blitzerdung aus?
- Einzelanlage oder Multischalterlösung?
- Sternstruktur, Baumstruktur oder Wohnungsstern (→ Einkabelumsetzer)?
- Wird die Verteilung zentral aufgebaut oder gibt es Verteilinseln?
- Wie viele Anschlüsse sollen realisiert werden?
- Wie sind die Leitungslängen?
- Wird koaxial oder per Glas verteilt oder eine Kombination aus beidem?
- Ist zusätzlich Terrestrik oder CATV gewünscht?

Antennentechnik

Planung Antennenanlagen → Sat-Anlage

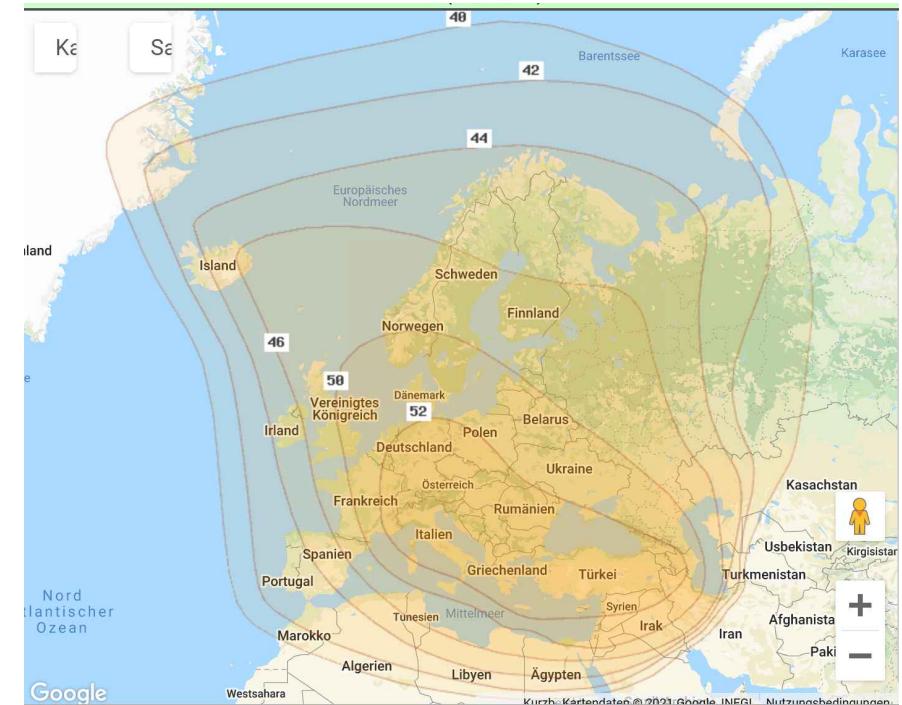
Die Leistungsverteilung von Satelliten wird in über genannte „Footprints“ ausgedrückt. Abhängig vom EIRP (Equivalent Isotropically Radiated Power) muss die Antenne gewählt werden.

Merke: unterschiedliche Satelliten haben unterschiedliche Footprints.
Meistens hat sogar ein einziger Satellit schon unterschiedliche Beams.



Footprint Astra 1 N (19,2° Ost), Pan Europe Beam

Bildquelle: www.lyngsat.com



Footprint Türksat 3A (42° Ost), Westbeam

Bildquelle: www.lyngsat.com

Antennentechnik

Planung Antennenanlagen → Sat-Anlage

Auszug aus der DIN EN IEC 60728-101 (VDE0855-101):

b) Digitaler Satellitenrundfunk

Die von Satelliten übertragene Leistung für Direktempfangsdienste (DTH-Dienste) beträgt im Versorgungsbereich (üblicherweise definiert als Bereich, in dem die Leistungsflussdichte um 3 dB gegenüber dem Zentrum abfällt) ungefähr 50 dB(W) bis 52 dB(W). Ist das LNB-Rauschmaß kleiner als 2 dB, reichen Empfangsantennen mit Durchmessern von unter 1 m aus.

Die Hauptstörungen kommen vom Rauschen und von den atmosphärischen Bedingungen (Nebel, Regen usw.) her. Es ist empfehlenswert, das Empfangssystem (Antenne und LNB) mit einem angemessenen Sicherheitsaufschlag auf das an der Teilnehmeranschlussdose erforderliche Mindest-Träger-Rauschverhältnis C/N auszustatten.

Für Gemeinschaftsempfang mit Verteilung der PSK-, APSK- oder FM-modulierten Signale in der 1. ZF (950 MHz bis 2 150 MHz) wird vorgeschlagen, den Antennendurchmesser um 50 % zu erhöhen, um die Verschlechterungen durch das Verteilnetz auszugleichen.

Antennentechnik

Planung Antennenanlage → Pegelberechnung Multischalter

Projektbeschreibung:

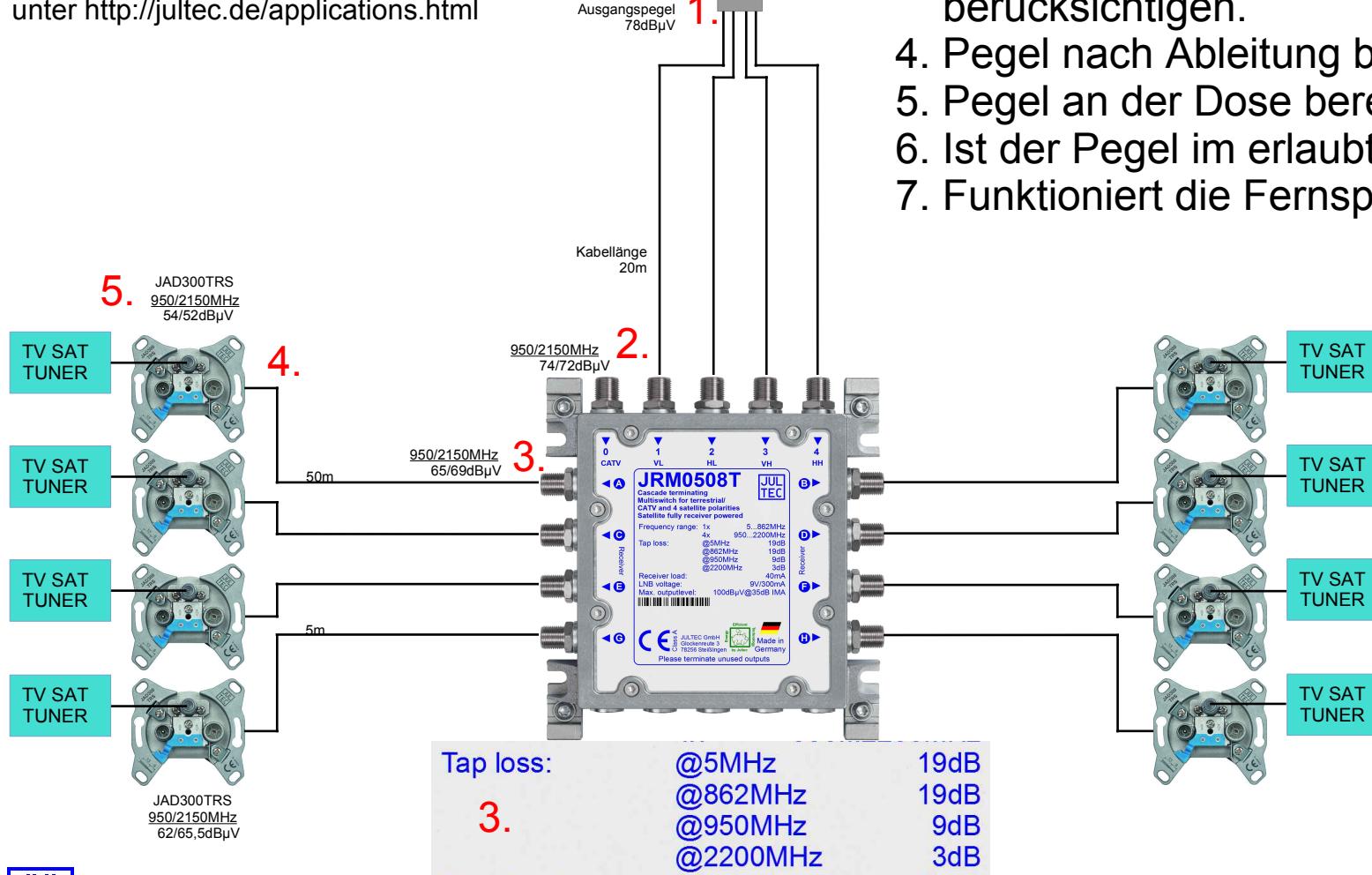
Die Antennenanlage ist für 1 SAT-Position ausgelegt. Als Antennendosen werden die JAD3xxTRS verwendet.

Kabel-Dämpfungswerte:

18dB/100m@950MHz – 30dB/100m@2150MHz

2.

Verschiedene Planungsbeispiele unter <http://jultec.de/applications.html>



1. Der LNB-Pegel kann üblicherweise mit 78 dB μ V angenommen werden.
 2. Eingangspegel am Multischalter berechnen (Kabeldämpfung).
 3. Abzweigdämpfung des Multischalters berücksichtigen.
 4. Pegel nach Ableitung berechnen.
 5. Pegel an der Dose berechnen.
 6. Ist der Pegel im erlaubten Pegelfenster?
 7. Funktioniert die Fernspeisung?

Antennentechnik

Planung Antennenanlagen → Pegelberechnung Multischalter

1. Ausgangspegel LNB:

Die Empfangbarkeit bzw. Signalqualität von Satelliten-Transpondern hängt fast nur von der Feldstärke über dem Grundrauschen ab. Diese sind für die üblichen Satelliten im Bereich 50 bis 52 dBW EIRP.

Das Rauschen des LNBs hat nahezu keine Bedeutung mehr, die meisten Angaben zum Rauschmaß sind zudem ohnehin gelogen.

Mehr Verstärkung im LNB ergibt kein besseres Signal!

Mehr Signalqualität wird nur mit mehr Reflektordurchmesser erreicht.

(Die Polarisationsentkopplung ist bei vielen LNBs qualitätsbegrenzend!)

Somit stehen am Ausgang des LNBs nahezu immer die gleichen Signalpegel zur Verfügung.

Für heutige LNBs kann ein Signalpegel von 78 dB μ V angenommen werden.

Wichtig: High-Gain-LNBs neigen zu Eigen-Übersteuerung! Diese sind zu vermeiden.

Antennentechnik

Planung Antennenanlagen → Pegelberechnung Multischalter

2. Eingangspegel Multischalter

Der Eingangspegel am Multischalter ergibt sich aus dem Ausgangspegel des LNBs abzüglich der (frequenzabhängigen) Kabeldämpfung. Berechnet wird stets für die niedrigste und die höchste Frequenz.

	bei 950 MHz	bei 2150 MHz
Ausgangspegel LNB	78 dBµV	78 dBµV
Kabeldämpfung auf 100 m	18 dB	30 dB
Kabeldämpfung bei 20 m	$18 \text{ dB} * 0,2 = 3,6 \text{ dB}$	$30 \text{ dB} * 0,2 = 6 \text{ dB}$
Pegel nach 20 m Leitung (Eingangspegel Multisch.)	$78 \text{ dB}\mu\text{V} - 3,6 \text{ dB} = 74,4 \text{ dB}\mu\text{V}$	$78 \text{ dB}\mu\text{V} - 6 \text{ dB} = 72 \text{ dB}\mu\text{V}$

Antennentechnik

Planung Antennenanlagen → Pegelberechnung Multischalter

3. Pegel am Multischalter-Abzweig

Multischalter haben üblicherweise auch eine frequenzabhängige Abzweigdämpfung. Idealerweise findet eine Vorentzerrung der Ableitung statt.

	bei 950 MHz	bei 2150 MHz
Eingangspegel Multisch.	74,4 dBµV	72 dBµV
Abzweig	- 9 dB	- 3 dB
Pegel am Abzweig	$74,4 \text{ dB}\mu\text{V} - 9 \text{ dB} = 65,4 \text{ dB}\mu\text{V}$	$72 \text{ dB}\mu\text{V} - 3 \text{ dB} = 69 \text{ dB}\mu\text{V}$
Check max. Ausgangspegel	Wert kleiner 88 dBµV → OK	Wert kleiner 88 dBµV → OK

Antennentechnik

Planung Antennenanlagen → Pegelberechnung Multischalter

4. Pegel vor der Antennensteckdose

Der Pegel am Multischalterausgang wird durch die Verluste der Ableitung gedämpft

	bei 950 MHz	bei 2150 MHz
Pegel Ausgang Multisch.	65,4 dBµV	69 dBµV
Kabeldämpfung auf 100 m	18 dB	30 dB
Kabeldämpfung bei 50 m	$18 \text{ dB} * 0,5 = 9 \text{ dB}$	$30 \text{ dB} * 0,5 = 15 \text{ dB}$
Pegel nach der Ableitung	$65,4 \text{ dBµV} - 9 \text{ dB} = 56,4 \text{ dBµV}$	$69 \text{ dBµV} - 15 \text{ dB} = 54 \text{ dBµV}$

Antennentechnik

Planung Antennenanlagen → Pegelberechnung Multischalter

5. Pegel an der Antennensteckdose

Die Dämpfung der Antennensteckdose muss ebenso berücksichtigt werden.

	bei 950 MHz	bei 2150 MHz
Pegel nach Ableitung	56,4 dBµV	54 dBµV
Dämpfung der Dose	2 dB	2 dB
Pegel nach der Dose	54,4 dBµV	52 dBµV
Prüfung des Pegelfensters	$47 \text{ dB}\mu\text{V} < 54,4 \text{ dB}\mu\text{V} < 77 \text{ dB}\mu\text{V} \rightarrow \text{OK}$	$47 \text{ dB}\mu\text{V} < 52 \text{ dB}\mu\text{V} < 77 \text{ dB}\mu\text{V} \rightarrow \text{OK}$
Prüfung der Schräglage	$52 \text{ dB}\mu\text{V} - 54,4 \text{ dB}\mu\text{V} = -2,4 \text{ dB} \rightarrow \text{OK}$	

Damit ist die erste Ableitung berechnet und geprüft.

Antennentechnik

Planung Antennenanlagen → Pegelberechnung Multischalter

6. Entkopplungen

Innerhalb einer Wohnung werden 22 dB Entkopplung von Antennendose zu Antennendose gefordert. Zwischen zwei Wohnungen muss die Entkopplung mindestens 30 dB betragen.

→ Blick in die Spezifikation des Multischalters. Angabe „> 26 dB“ (Sat). Damit sind die Anforderungen innerhalb einer Wohnung allein durch den Multischalter erfüllt.

Die Entkopplung von Dose zu Dose berechnet sich aus der Entkopplung des Multischalters zuzüglich den Dämpfungen der Ableitungen zuzüglich der Dämpfungen der Dosen. Mit je 10 m Koaxkabel je Ableitung plus Antennensteckdose werden die geforderten 30 dB erreicht.

Antennentechnik

Planung Antennenanlagen → Pegelberechnung Multischalter

7. Fernspeisung

Bei der Satellitenverteilung wird nicht nur u.a. die ZF-Ebene über die Höhe der Spannung signalisiert, sondern auch das System mit Energie versorgt. Deswegen muss auch diese geprüft/berechnet werden.

Worst-Case-Betrachtung:

Stromaufnahme LNB: 230 mA

Stromaufnahme Multischalter: 40 mA

→ maximale Stromlast Receiver: 270 mA

→ Ziel: Stromlast kleiner 300 mA → Ziel erreicht

Berechnung Spannungsfall auf Leitung:

Kabel mit Schleifenwiderstand 40 Ohm / km

→ 2 Ohm / 50 m

→ Spannungsfall $2 \text{ Ohm} * 270 \text{ mA} = 540 \text{ mV}$

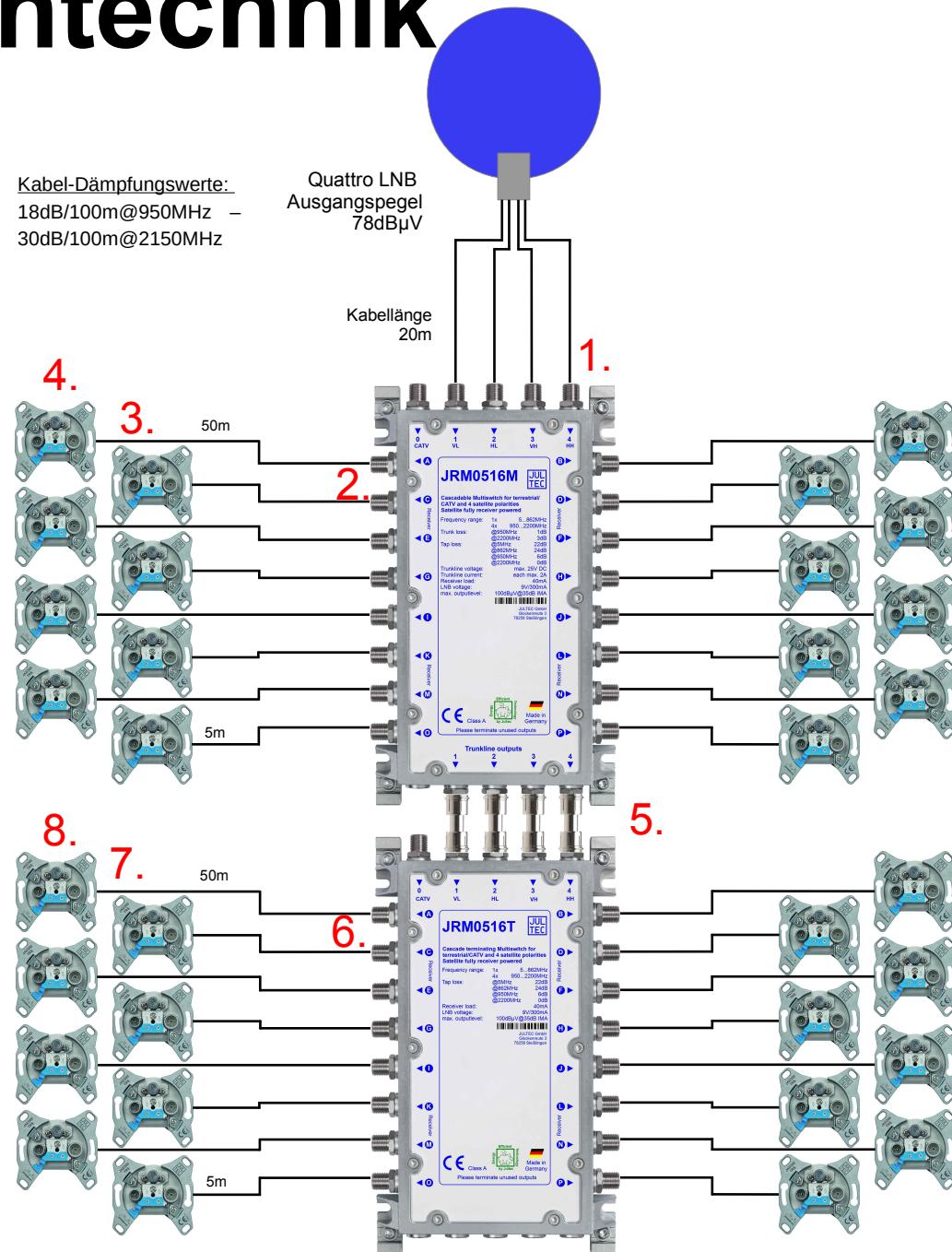
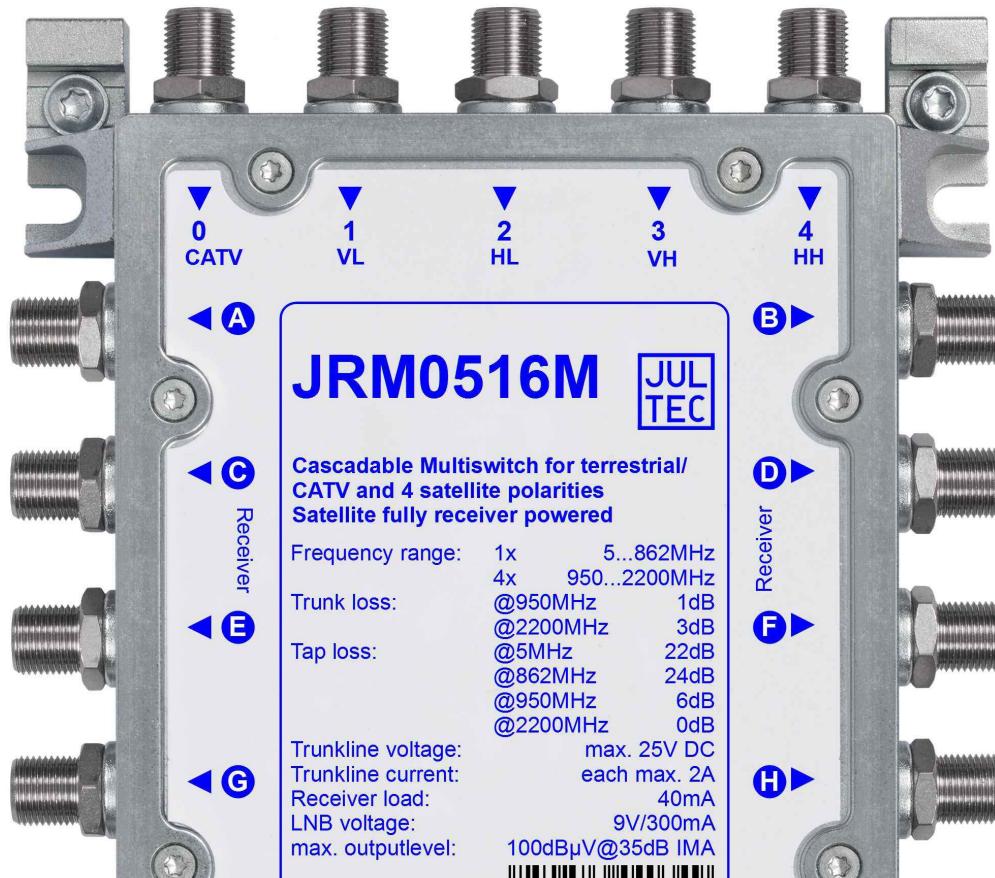
→ Ziel: Spannungsfall kleiner 2 V → Ziel erreicht

Vorsicht bei StaKu-Kabel!

Antennentechnik

Planung Antennenanlage → Pegelberechnung Multischalter

Bei kaskadierten Systemen wird der Pegel schrittweise durch die Anlage berechnet. Der Quickverbinder ist vernachlässigbar.



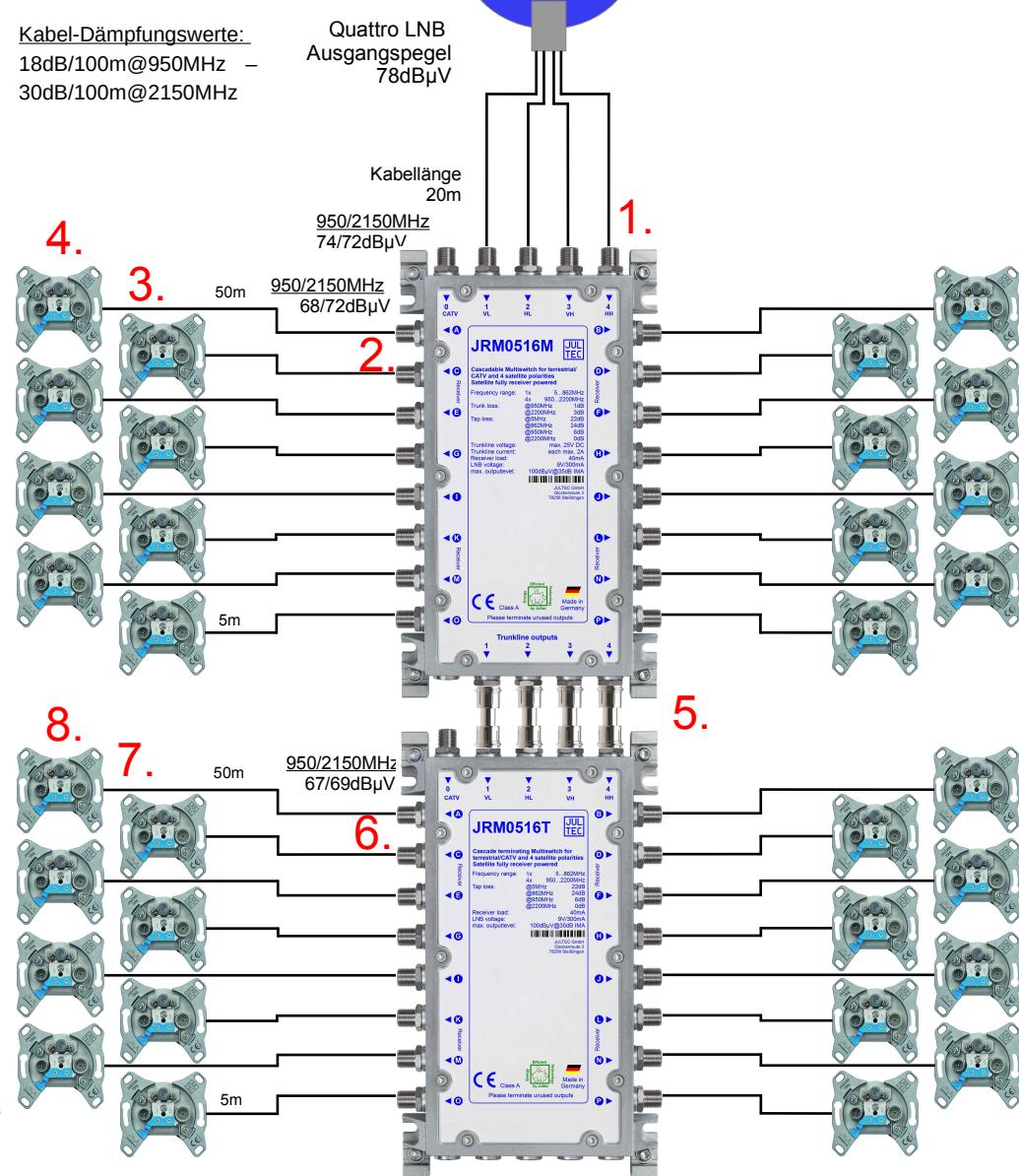
Antennentechnik

Planung Antennenanlage → Pegelberechnung Multischalter



Kabel-Dämpfungswerte:
18dB/100m@950MHz -
30dB/100m@2150MHz

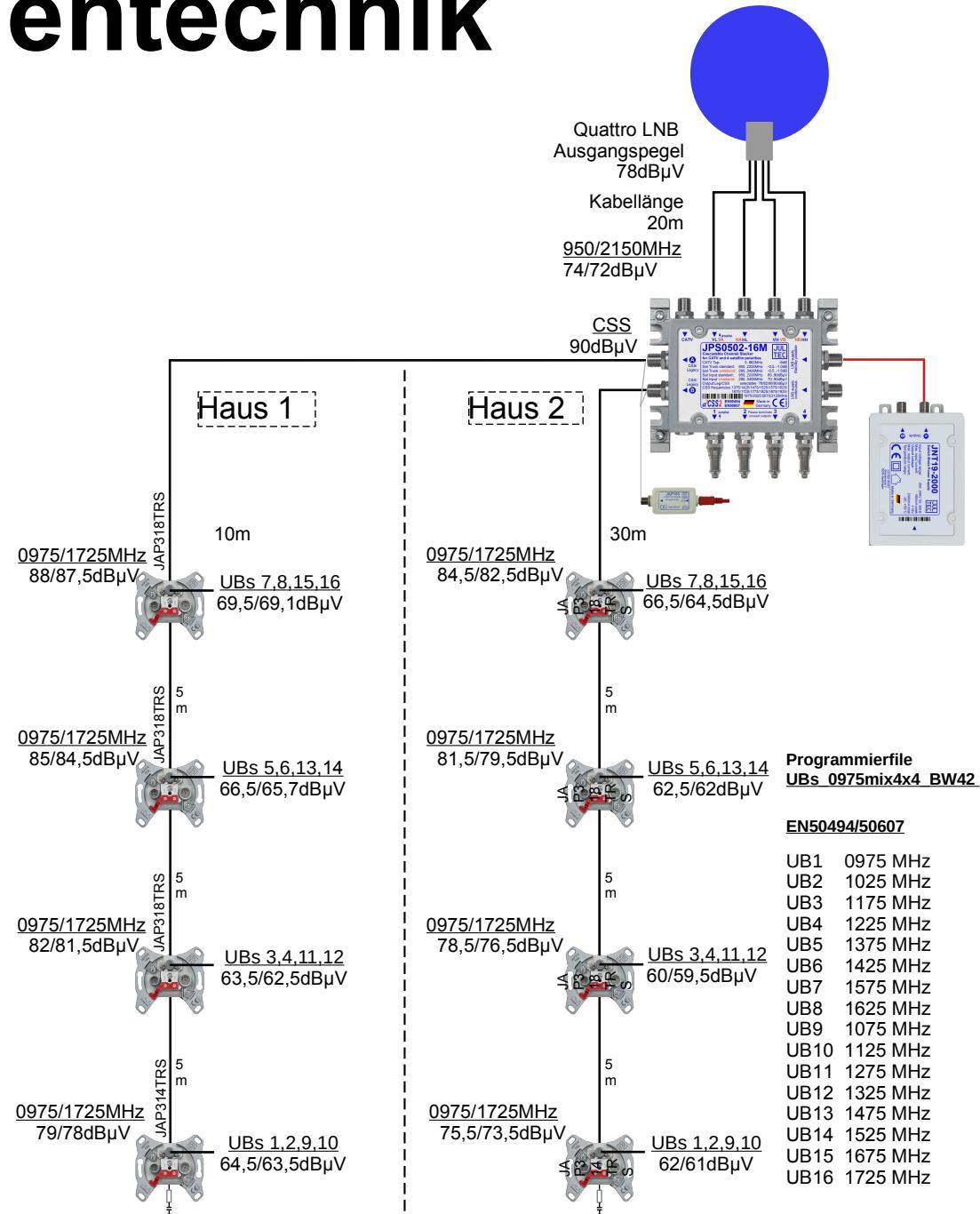
Quattro LNB
Ausgangspegel
78dB μ V



Antennentechnik

Planung Antennenanlage → Pegelberechnung Einkabelsystem

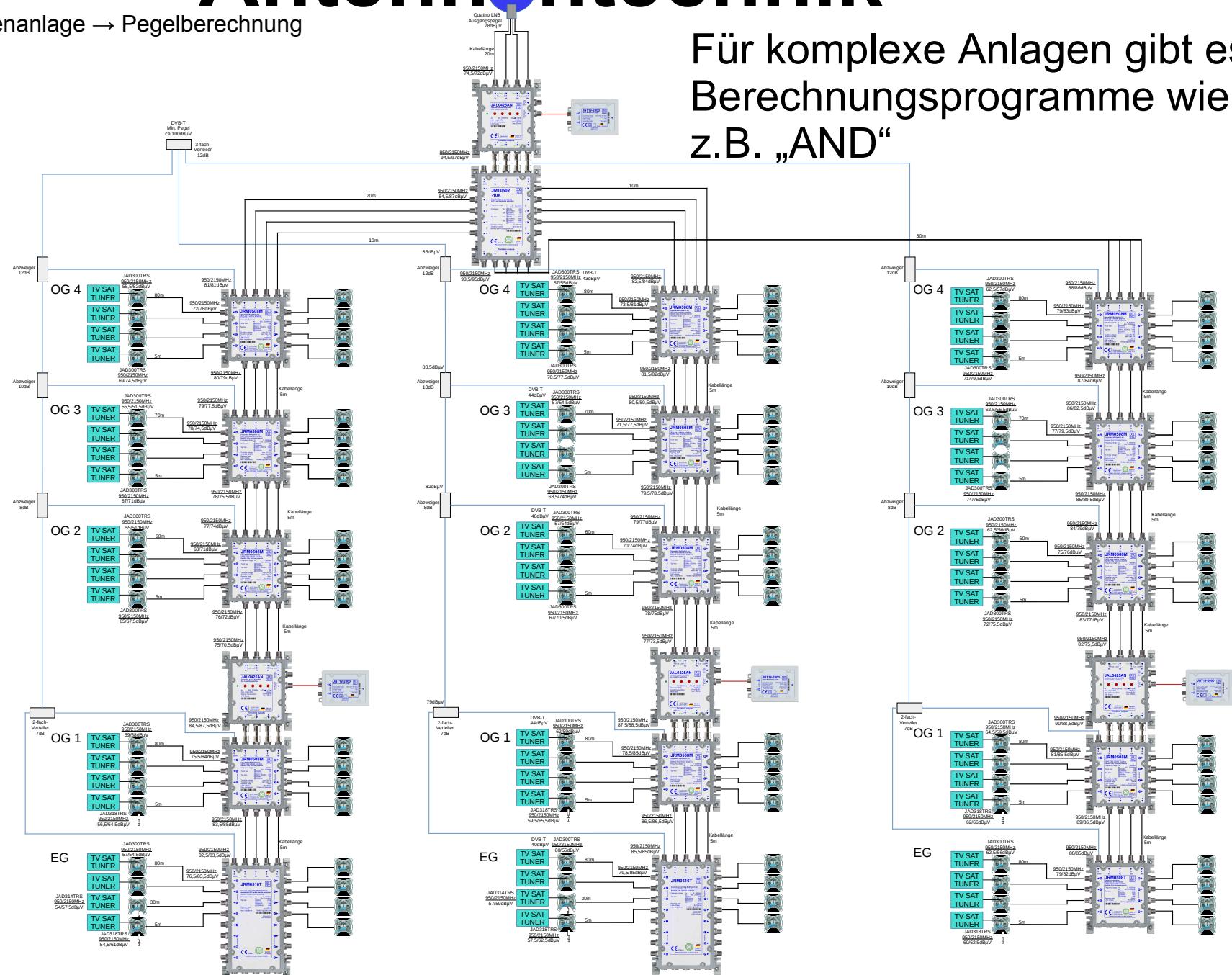
Auch bei teilnehmergesteuerten Einkabelsystemen wird eine Pegelberechnung durchgeführt. Wenn der Einkabelumsetzer mit einer AGC ausgestattet ist, dann wird geprüft, ob das Eingangssignal im erlaubten Eingangspegelbereich liegt. Danach kann mit einem konstanten Pegel am Ausgang weitergerechnet werden.



Antennentechnik

Planung Antennenanlage → Pegelberechnung

Für komplexe Anlagen gibt es Berechnungsprogramme wie z.B. „AND“



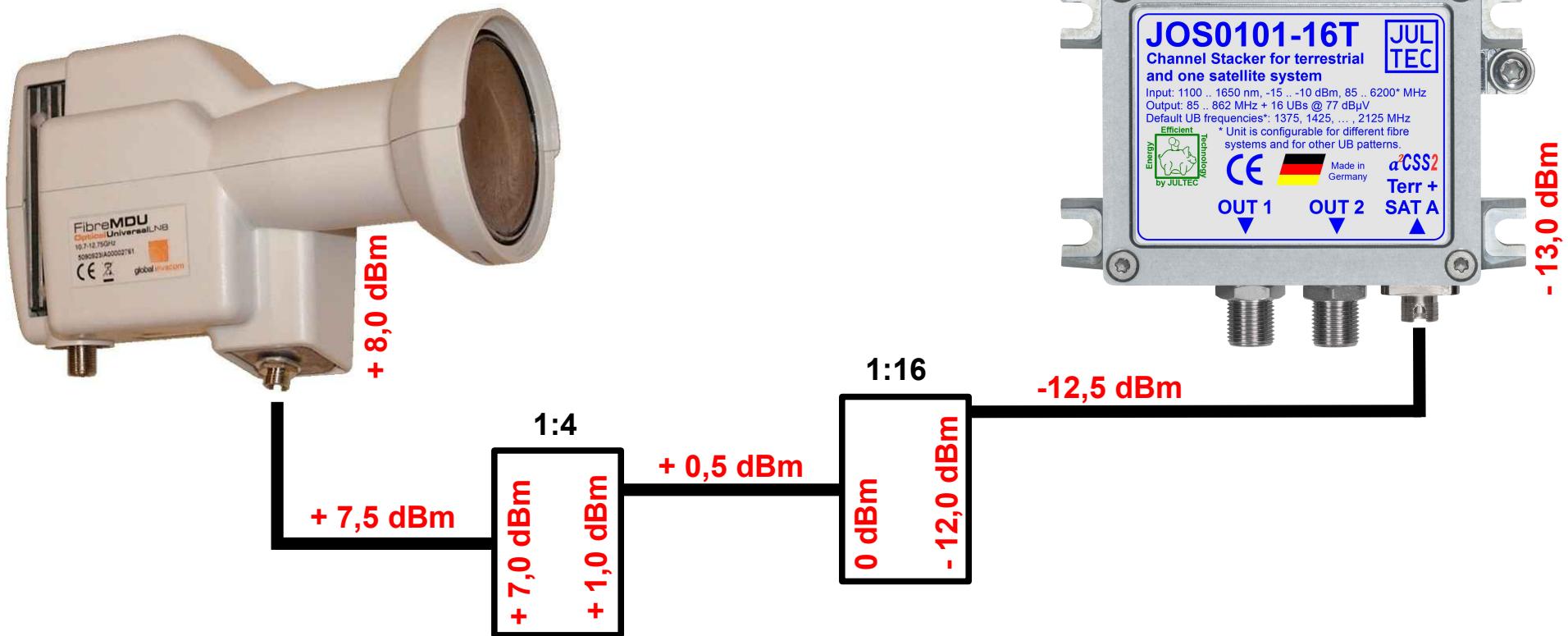
Antennentechnik

Planung Antennenanlage → Pegelberechnung Glasfaser

Glasfaserverteilungen werden wie koaxiale Antennenverteilungen berechnet. Der Lichtpegel wird in dBm angegeben.

Die Streckendämpfung ist üblicherweise vernachlässigbar. Verteiler können als ideal angesehen werden (pro 2-fach-Verteilung -3,0 dB).

Pro Steckverbinder sollte 0,5 dB Dämpfung eingerechnet werden.



Antennentechnik

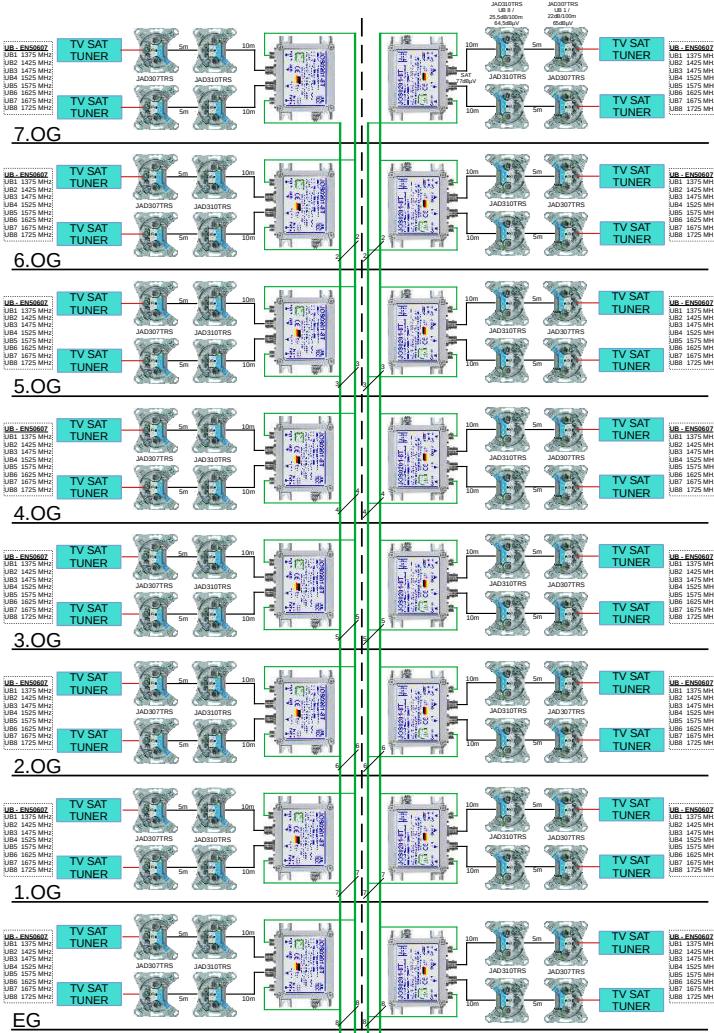
Planung Antennenanlage → Pegelberechnung Glasfaser

Projektbeschreibung:

Die Wohnhausanlage besteht aus einem achstöckigen Wohnhaus mit 16 Wohneinheiten, sowie aus einem Einfamilienhauspark mit 16 EFH.

Die Antennenanlage ist für 2 SAT-Position ausgelegt. Die Verteilung der SAT-Signale erfolgt in Lichtwellenleitertechnik (LWL). Die SAT-Antennen stehen im Einfamilienhauspark.

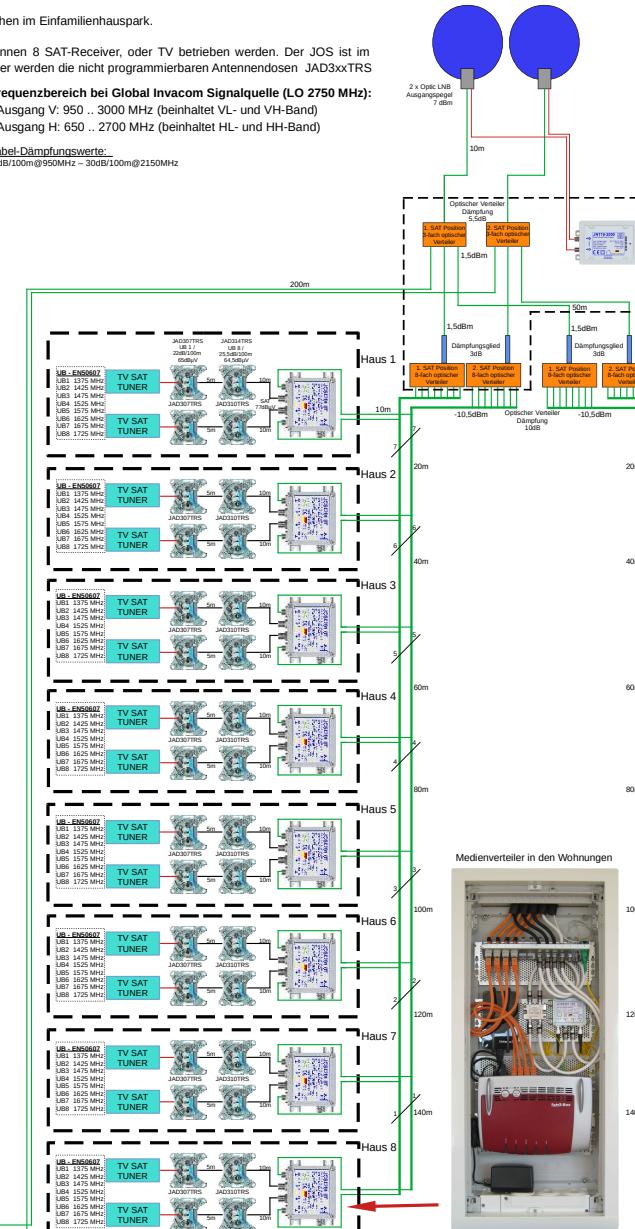
In den Wohneinheiten kommt die neue Einkabeltechnik aCSS2 zur Anwendung. Für jede WE werden 8 UBS zur Verfügung gestellt. Somit können 8 SAT-Receiver, oder TV betrieben werden. Der JOS ist im Auslieferungszustand auf das Global Invacom System vorprogrammiert. Die Ausgänge des Einkabelschalters sind nicht wohnungsübergreifend, daher werden die nicht programmierbaren Antennenlosen JAD3xxTRS verwendet.



Frequenzbereich bei Global Invacom Signalquelle (LO 2750 MHz):

- Ausgang V: 950 ... 3000 MHz (beinhaltet VL- und VH-Band)
- Ausgang H: 650 ... 2700 MHz (beinhaltet HL- und HH-Band)

Kabel-Dämpfungswerte:
18dB/100m@950MHz - 30dB/100m@2150MHz



System	Bereich	Min. Pegel an der Dose	Max. Pegel an der Dose
DVB-T2 / 64QAM_203	VHF / UHF	39 dBµV	74 dBµV
DVB-C / CATV (256 QAM)	VHF / UHF	54 dBµV	74 dBµV
DVB-C / CATV (64 QAM)	VHF / UHF	47 dBµV	67 dBµV
DVB-S / S2	SAT	47 dBµV	77 dBµV
DAB	Band III	28 dBµV	94 dBµV

Die Anwendungsbeispiele sind mit folgenden Kabel-Dämpfungswerten berechnet: 18dB/100m@950MHz bis 30dB/100m@2150MHz. Die Pegelangaben basieren auf den angegebenen Werten und teilweise auf volle oder halbe dBµV auf oder abgerundete. Die Anschlussdämpfungen der Antennenlosen werden nach den anstehenden Standardpegeln abgestuft. Potentielle Verluste durch Antennenlosen müssen nach den gültigen Vorschriften EN 60728-11 ausgeführt werden. Insbesondere bei häuserübergreifender Installationen die auftretenden Potentiadifferenzen zu beachten. Die Anwendungsbereiche sind ohne Gewähr.

2Sat-Pos_LWL_GI_32WE8UB_Dezentral_JOS2021-8.odg



Antennentechnik

Planung Antennenanlage → Pegelberechnung CATV/DOCSIS

Wie plane/baue ich eine CATV-Verteilung mit DOCSIS?

1. Vorwärts- und Rückwegpegel am HÜP messen. Dafür ist ein Messgerät mit DOCSIS notwendig. Hilfsweise ein Kabelmodem.
2. Die Verteilnetzstruktur so wählen, dass sie möglichst symmetrisch ist. Der Pegel-/Dämpfungsunterschied zwischen verschiedenen Anschlusspunkten darf im Rückweg maximal 5 dB betragen.
3. Pegelberechnung im Netz. Kabelmodems sollen mit 105 dB μ V senden (regelt sich automatisch mit dem CMTS aus). Den Rückwegpegel niemals unter 60 dB μ V sinken lassen.
4. Es müssen alle Komponenten (auch Stecker und Kabel!) im Netz für den Rückweg geeignet sein. Also entweder alle Antennendosen als Multimediadosen ausführen, oder Zweige mit Rückwegsperren abkoppeln.
5. Verstärker unter Beachtung des maximalen Betriebspegels auswählen. Nur so viel Verstärkung wählen, wie man braucht.
6. Bei der Inbetriebnahme die Rückwegverstärkung so einstellen, dass die Kabelmodems mit 105 dB μ V senden.

Antennentechnik

Messtechnik

Grundlage für das Einrichten einer Antenne und die Beurteilung von Signalqualität und Pegel ist ein Antennenmessgerät.

Messgeräte gibt es von einer Auswahl an Anbietern in unterschiedlichsten Preisklassen und vor allem in unterschiedlichsten Ausstattungen und Qualitäten.

Merke: Ein Gerät, welches Pegel und Signalqualität in Prozent angibt, ist kein Messgerät!

(Nur der optische Modulationsindex wird in Prozent angegeben).

Es gibt kein „Allround-Messgerät“, welches in allen Lebenslagen alles misst, was in der Antennentechnik benötigt wird. Vielmehr wird man ein oder mehrere Messgeräte auswählen, die dem üblichen Einsatzgebiet entsprechen.

Antennentechnik

Messtechnik → Messgeräteauswahl

DVB-T(2)	DVB-S(2)	DVB-C	UKW/DAB+
Kabel ohne DOCSIS		Kabel mit DOCSIS 3	Kabel mit DOCSIS 3.1
ohne Bilddarstellung	Darstellung Spektrum	Konst.-Diagr.	Bild, h.264
Sat mit DiSEqC 2	Sat mit EN 50494	Sat mit EN 50607	DiSEqC-Tools?
Akkulaufzeit?	Anzeige des Fernspeisestroms		Fernspeisung auch bei DVB-T
Glasfasereingang	Messung von Leistung und OMI		gestapelte Sat-ZF-Ebenen messbar?
Übersichtlichkeit Display	Werte aus der Entfernung (ohne Brille...) lesbar?		
Ausreichend Speicherplätze	Automatischer Ablauf von Mess-Sequenzen (mit Protokoll)		

Antennentechnik

Messtechnik → Messgeräteauswahl

Anwendung DVB-T(2):

DVB-T(2)	DVB-S(2)	DVB-C	UKW/DAB+		
Kabel ohne DOCSIS	Kabel mit DOCSIS 3		Kabel mit DOCSIS 3.1		
ohne Bilddarstellung	Darstellung Spektrum	Konst.-Diagr.	Bild, h.264		
Sat mit DiSEqC 2	Sat mit EN 50494	Sat mit EN 50607	DiSEqC-Tools?		
Akkulaufzeit?	Anzeige des Fernspeisestroms	Fernspeisung auch bei DVB-T			
Glasfasereingang	Messung von Leistung und OMI	gestapelte Sat-ZF-Ebenen messbar?			
Übersichtlichkeit Display	Werte aus der Entfernung (ohne Brille...) lesbar?				
Ausreichend Speicherplätze	Automatischer Ablauf von Mess-Sequenzen (mit Protokoll)				

- Spektrumfunktion gibt schnellen Gesamteindruck und zeigt evtl. Störer.
- Fernspeisung von Aktivantennen (Spannung umschaltbar).
- Großes Display ermöglicht die Ablage, während beide Hände die Antenne montieren.
- UKW und DAB+ wird üblicherweise mitgebaut.

Antennentechnik

Messtechnik → Messgeräteauswahl

Anwendung DVB-C:

DVB-T(2)	DVB-S(2)	DVB-C	UKW/DAB+	
Kabel ohne DOCSIS		Kabel mit DOCSIS 3	Kabel mit DOCSIS 3.1	
ohne Bilddarstellung	Darstellung Spektrum	Konst.-Diagr.	Bild, h.264	Bild, h.265
Sat mit DiSEqC 2	Sat mit EN 50494	Sat mit EN 50607	DiSEqC-Tools?	
Akkulaufzeit?	Anzeige des Fernspeisestroms		Fernspeisung auch bei DVB-T	
Glasfasereingang	Messung von Leistung und OMI		gestapelte Sat-ZF-Ebenen messbar?	
Übersichtlichkeit Display	Werte aus der Entfernung (ohne Brille...) lesbar?			
Ausreichend Speicherplätze	Automatischer Ablauf von Mess-Sequenzen (mit Protokoll)			

- DOCSIS nur wenn häufiger verwendet (teuer). Wenn dann gleich 3.1.
- Darstellung des Spektrums zur Beurteilung von Schräglage.
- Glasfasereingang wenn Betreiber von Glas-CATV am Ort.
- Automatische Mess-Sequenzen zur Protokollierung aller Kanäle.
- Konstellationsdiagramm zur Fehlersuche.

Antennentechnik

Messtechnik → Messgeräteauswahl

Anwendung DVB-S(2):

DVB-T(2)	DVB-S(2)	DVB-C	UKW/DAB+			
Kabel ohne DOCSIS		Kabel mit DOCSIS 3	Kabel mit DOCSIS 3.1			
ohne Bilddarstellung	Darstellung Spektrum	Konst.-Diagr.	Bild, h.264	Bild, h.265		
Sat mit DiSEqC 2		Sat mit EN 50494	Sat mit EN 50607	DiSEqC-Tools?		
Akkulaufzeit?	Anzeige des Fernspeisestroms		Fernspeisung auch bei DVB-T			
Glasfasereingang	Messung von Leistung und OMI		gestapelte Sat-ZF-Ebenen messbar?			
Übersichtlichkeit Display		Werte aus der Entfernung (ohne Brille...) lesbar?				
Ausreichend Speicherplätze		Automatischer Ablauf von Mess-Sequenzen (mit Protokoll)				

- Darstellung des Spektrums zur Beurteilung von Schräglage.
- Glasfasereingang wenn große ZF-Anlagen geplant sind.
- Automatische Mess-Sequenzen zur Protokollierung aller Kanäle.
- Konstellationsdiagramm zur Fehlersuche (Phasenrauschen).
- EN 50607 ist heute Muss. DiSEqC-Tools können sinnvoll sein.
- Antennen-Ausricht-Tool?

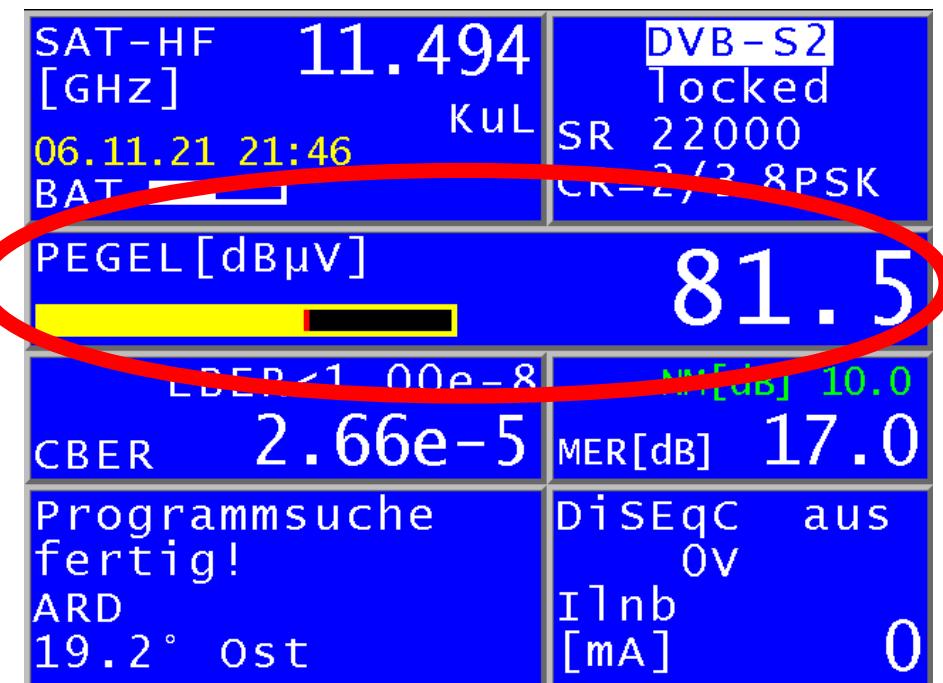
Antennentechnik

Messtechnik → Messung des Signalpegels

Eine der grundlegendsten Messungen ist die des **Signalpegels**. Der Signalpegel wird in der Antennentechnik üblicherweise in dB μ V angegeben, in der Kabelfernsehtechnik wird teilweise aber auch dBmV verwendet.

Im Messgerät sind zunächst eine Reihe von Verstärkern und schaltbaren Abschwächern vorhanden. Nach der dann folgenden Kanalselektierung wird das Signal gleichgerichtet. Anhand des Spannungswertes nach der Gleichrichtung, der Frequenz, der Bandbreite und der Abschwächerstellung wird in einer Kalibriertabelle nachgeschaut, welchen kalibrierten Pegelwert dies ergibt. Dieser Wert wird angezeigt.

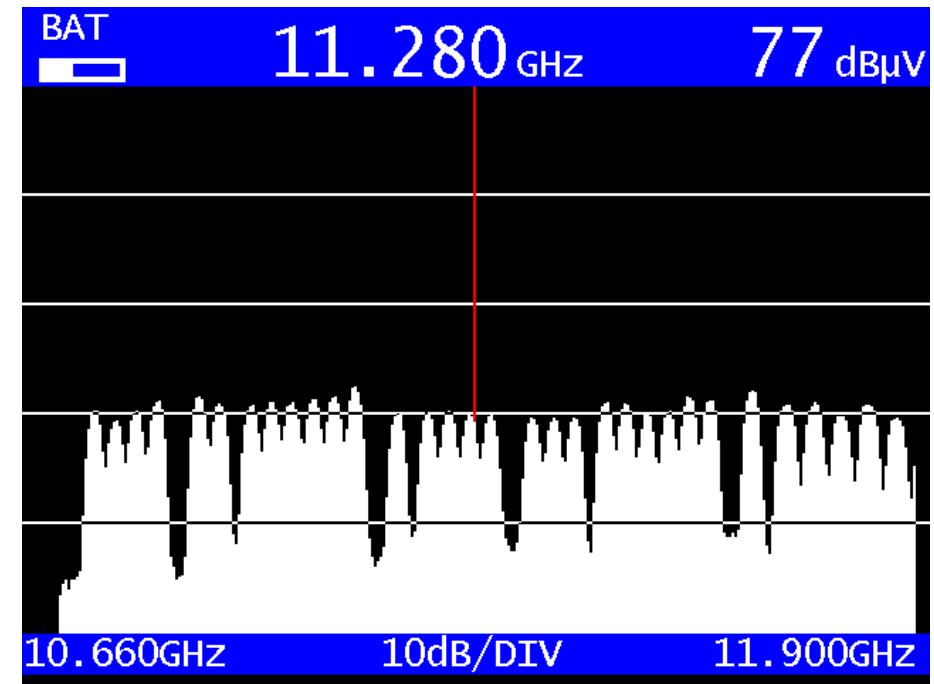
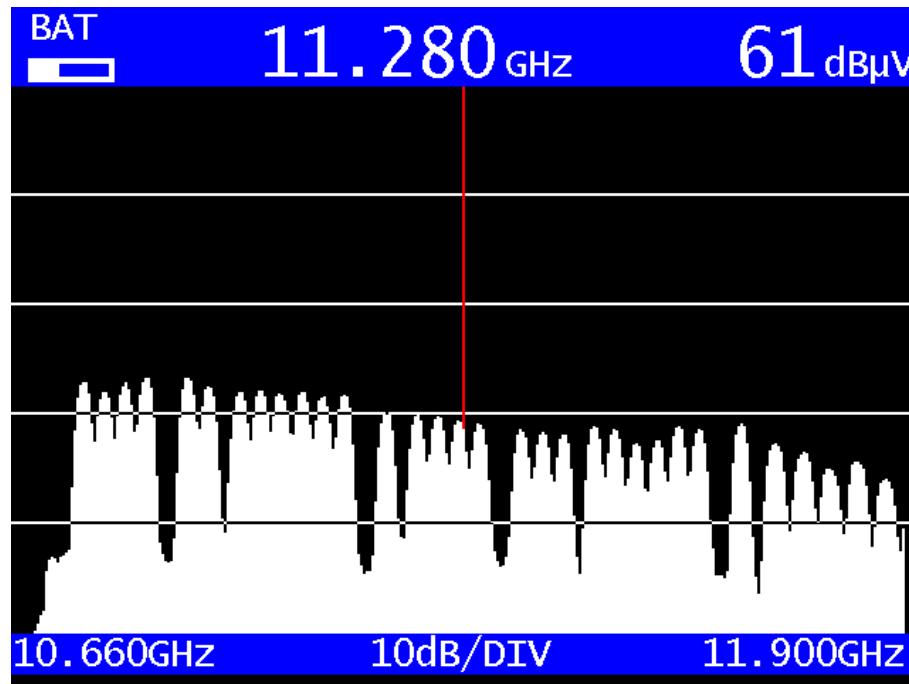
→ Handelsübliche Antennenmessgeräte haben üblicherweise eine Toleranz von +- 2dB.



Antennentechnik

Messtechnik → Spektrumfunktion

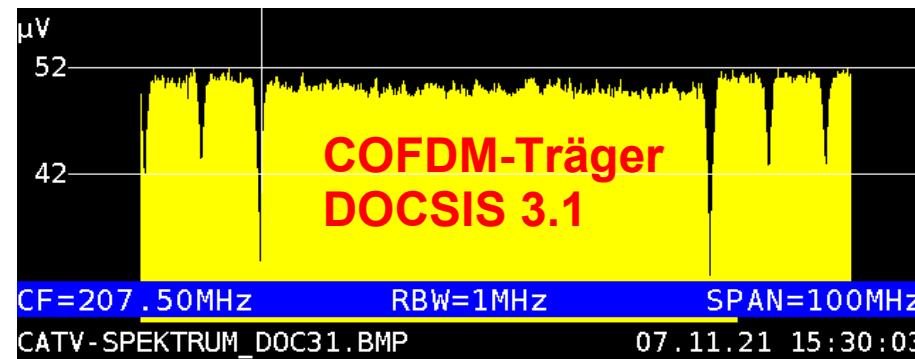
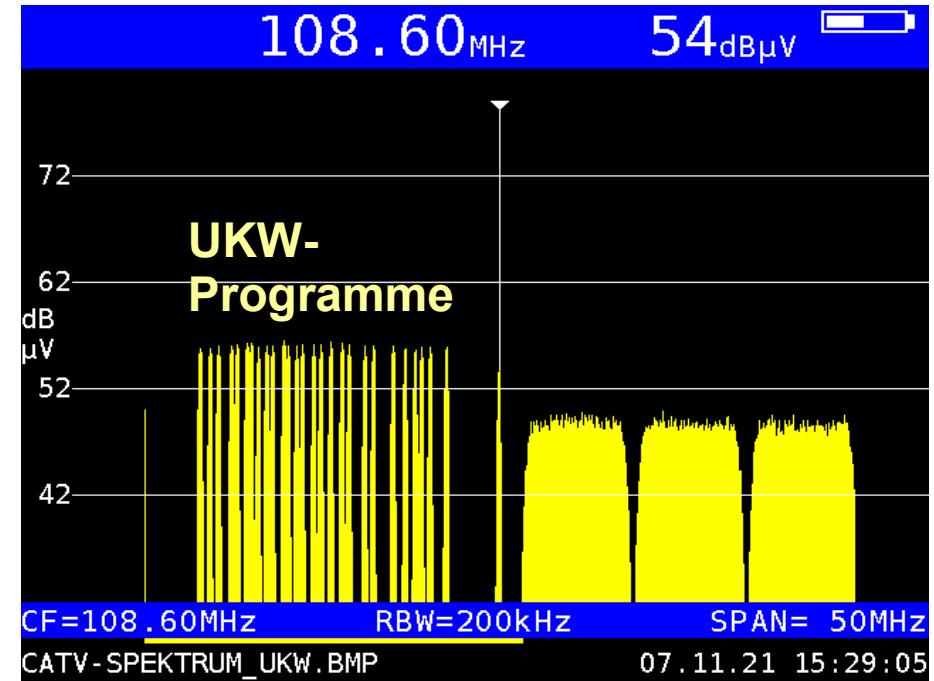
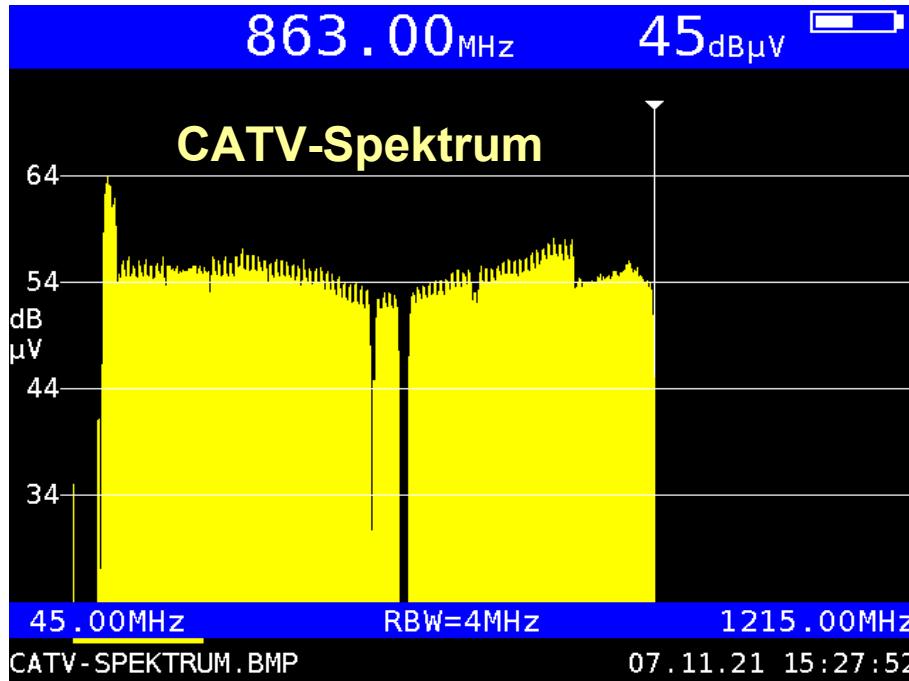
Mit einer Spektrumsfunktion kann man sich recht schnell einen Überblick über Schräglagen schaffen. Mit etwas Übung erkennt man am Spektrum, um welchen Satelliten und um welche ZF-Ebene es sich handelt.



Antennentechnik

Messtechnik → Spektrumfunktion

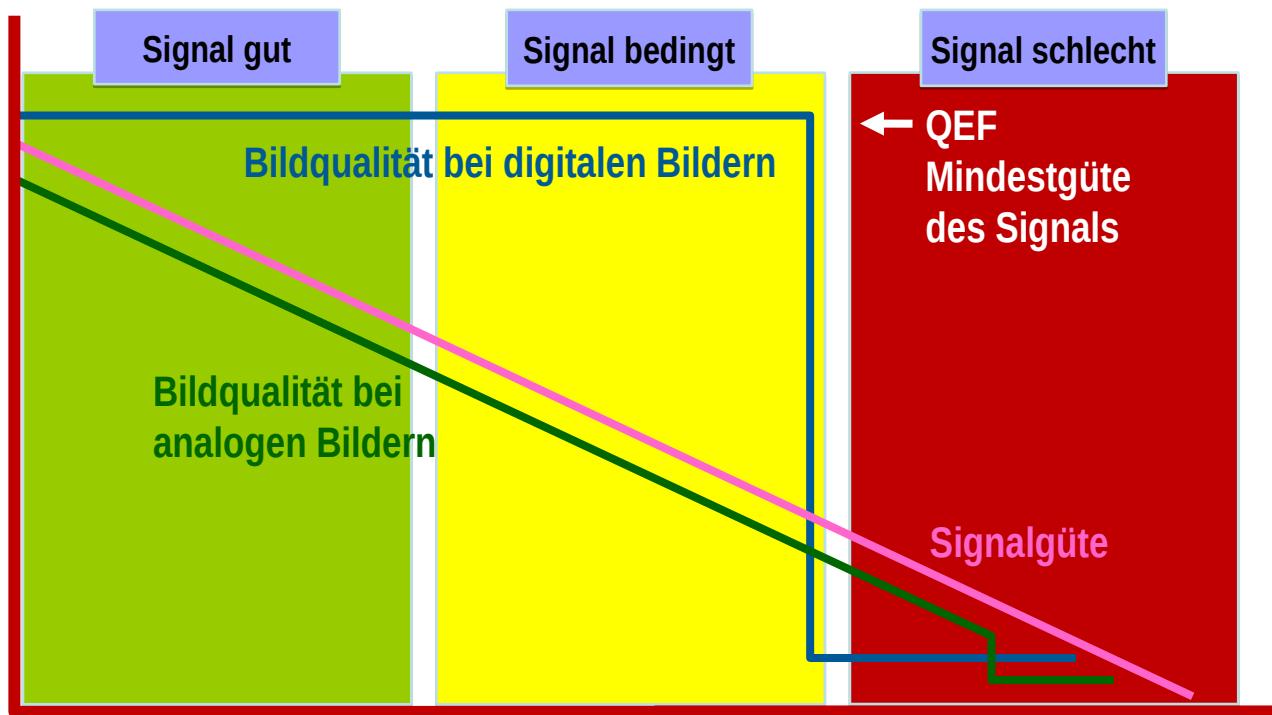
Bei einem Kabelfernsehsignal erkennt man neben der Schräglage auch, welche Dienste verfügbar sind.



Antennentechnik

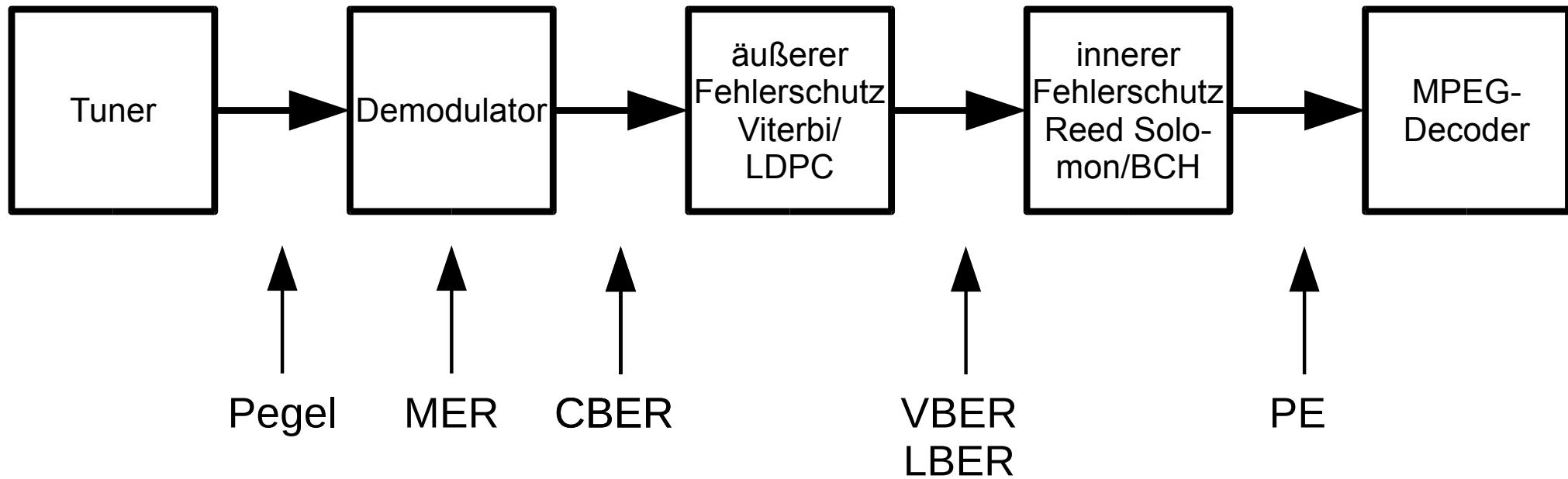
Messtechnik → Signalqualität

Während man bei analogen TV-Übertragungen die Signalqualität direkt im Fernsehbild gesehen hat, sorgt bei der digitalen Übertragung der Fehlerschutz dafür, dass das Bild bis zum totalen Zusammenbruch gut bleibt. Daher ist gerade bei der digitalen Übertragung eine Messung der Signalqualität erforderlich.



Antennentechnik

Messtechnik → Signalqualität



MER: Fehlervektor, Bewertung im Demodulator

CBER: Bitfehler-Verhältnis nach dem Demodulator vor dem äußeren FS

VBER/LBER: Bitfehler-Verhältnis vor dem inneren Fehlerschutz

PE: Paketfehler-Zähler (die Pakete, die nicht korrigiert werden konnten)

Antennentechnik

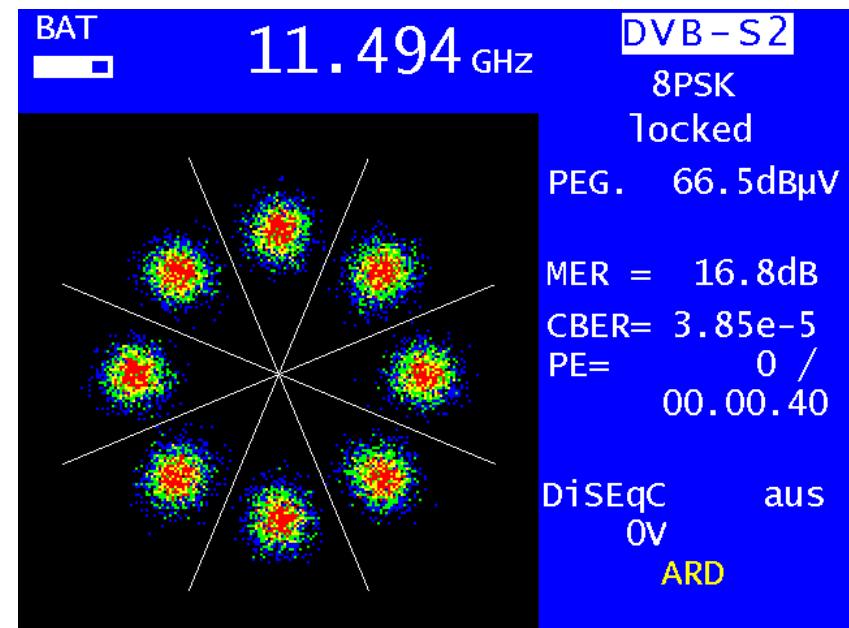
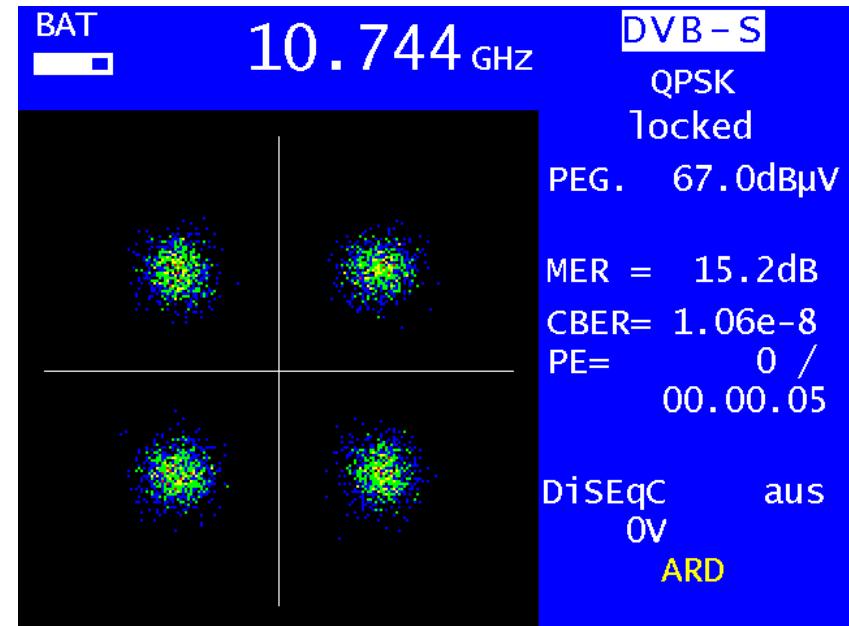
Messtechnik → MER

MER steht für „Modulation Error Ratio“ und ist ein einheitenloses Verhältnis, welches auch in dB ausgedrückt werden kann.

Jeder Punkt im Konstellationsdiagramm stellt den Zustand beim jeweiligen Symbol dar. Der Demodulator berechnet das Verhältnis aus dem Abstand zum Ideal-Punkt und der Durchschnittsamplitude.

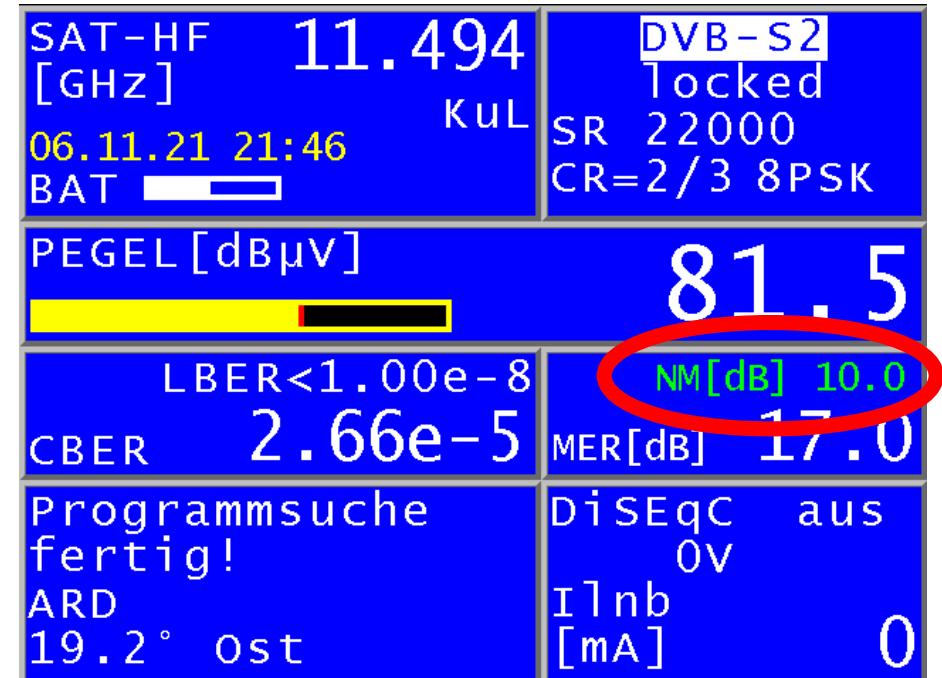
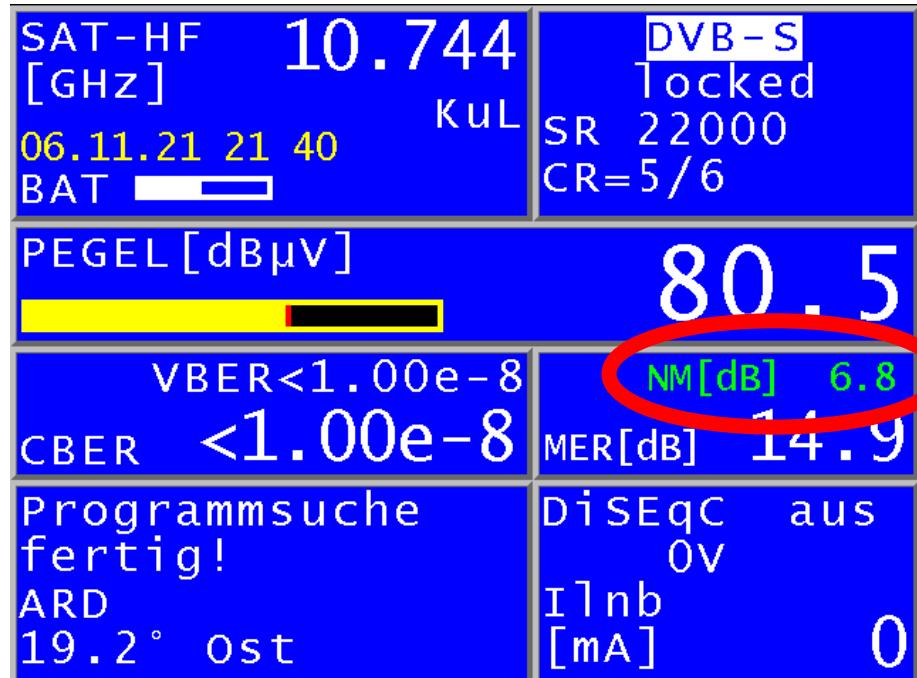
$$MER(dB) = -20 \log \left(\frac{\text{Symbolabweichung}}{\text{Symbolpegel}} \right)$$

Da das MER vom Demodulator bestimmt wird, gibt es hier nur geringe Toleranzen.



Antennentechnik

Messtechnik → Noise Margin

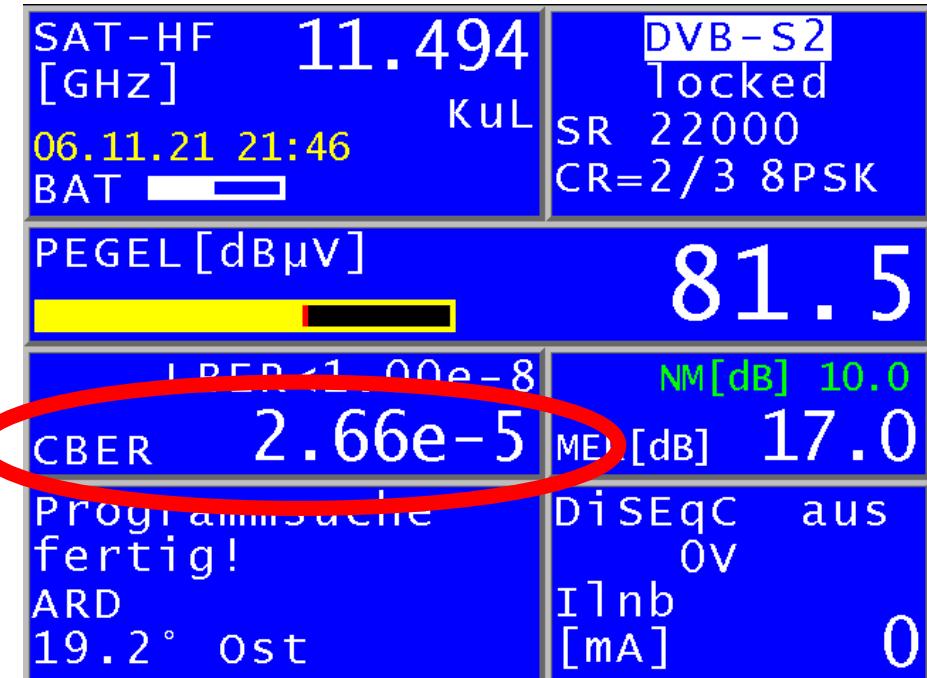
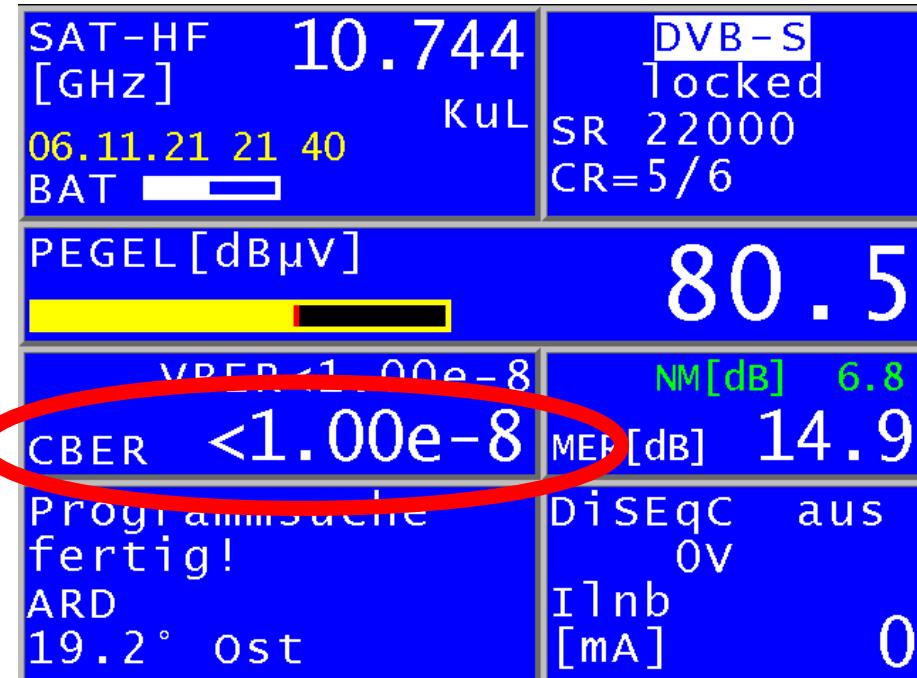


Wie „gut“ ein Signal für den fehlerfreien Empfang sein muss, hängt von verschiedenen Parametern wie z.B. dem gewählten Fehlerschutz ab und ist daher nicht bei allen Kanälen/Transpondern gleich.

Einige Messgeräte zeigen die Signalreserve als „Noise Margin“ an. Die Reserve sollte im allerschlimmsten Fall mindestens 3 dB betragen.

Antennentechnik

Messtechnik → CBER



Gelegentlich erkennt der Demodulator auch ein Symbol falsch. Der nachfolgende Fehlerschutzblock erkennt den Fehler und versucht diesen zu korrigieren.

$$CBER = \frac{\text{Anzahl fehlerhafter Bits während Messzeit}}{\text{Anzahl aller Bits während Messzeit}}$$

Antennentechnik

Messtechnik → CBER

$$CBER = \frac{\text{Anzahl fehlerhafter Bits während Messzeit}}{\text{Anzahl aller Bits während Messzeit}}$$

Es werden in Zeitintervallen die Anzahl der fehlerhaften Bits ins Verhältnis mit allen Bits gesetzt. Die Zeit kürzt sich also aus der Formel. Somit ist das Ergebnis ein Verhältnis (englisch „ratio“) und keine Fehlerrate (engl. „rate“).

BER = „Bit Error Ratio“ = Bitfehler-Verhältnis (auch Bitfehler-Häufigkeit)

Da die Anzahl der fehlerhaften Bits recht gering ist, ist das Verhältnis ein kleiner Wert. Es hat sich eingebürgert, hier eine Exponentialschreibweise zu wählen.

Beispiel:

2,66e-5 bedeutet $2,66 \cdot 10^{-5} = 0,0000266$

Das sind 266 fehlerhafte Bits pro 10 Millionen Bits

Antennentechnik

Messtechnik → VBER/LBER

SAT-HF [GHz] 06.11.21 21 40 BAT	10.744 KuL	DVB-S Locked SR 22000 CR=5/6
PEGEL [dBμV]		80.5
VBER<1.00e-8 CBER <1.00e-8	NM[dB]	6.8
Programmsuche fertig! ARD 19.2° ost	MER[dB]	14.9
DISEqC aus 0V I1nb [mA]		0

SAT-HF [GHz] 06.11.21 21:46 BAT	11.494 KuL	DVB-S2 Locked SR 22000 CR=2/3 8PSK
PEGEL [dBμV]		81.5
LBER<1.00e-8 CBER 2.66e-5	NM[dB]	10.0
Programmsuche fertig! ARD 19.2° ost	MER[dB]	17.0
DISEqC aus 0V I1nb [mA]		0

Viterbi (DVB-S) oder LDPC (DVB-S2) als äußerer Fehlerschutz konnten möglicherweise nicht alle Fehler beheben. Daher gibt es noch einen BER-Wert vor der finalen inneren Fehlerkorrektur (BCH bzw. Reed Solomon). An dieser Stelle gilt ein BER von kleiner $1 * 10^{-4}$ als **QEF** (quasi error-free), weil der Reed-Solomon (bei zufällig verteilten Fehlern) daraus ein fehlerfreies Signal konstruieren kann.

Antennentechnik

Messtechnik → Paketfehler

SAT-HF [GHz] 06.11.21 21 40 BAT	10.744 KuL	DVB-S Locked SR 22000 CR=5/6
PEGEL [dBµV]		80.5
PE= 0 /00.00.06	NM [dB] 6.8	
CBER <1.00e-8	MER [dB] 14.9	
Programmsuche fertig! ARD 19.2° ost	DiSEqC aus 0V I1nb [mA]	0

SAT-HF [GHz] 06.11.21 21:45 BAT	11.494 KuL	DVB-S2 Locked SR 22000 CR=2/3 8PSK
PEGEL [dBµV]		81.5
PE= 0 /00.00.17	NM [dB] 9.9	
CBER 2.79e-5	MER [dB] 17.0	
Programmsuche fertig! ARD 19.2° ost	DiSEqC aus 0V I1nb [mA]	0

Spätestens nach dem inneren Fehlerschutz sollte der Datenstrom fehlerfrei sein. Kommt es dennoch zu Fehlern, weil der Fehleranteil zu hoch oder die Fehler zu ungünstig verteilt waren, hilft der Paketfehlerzähler, diese Ereignisse über einen längeren Zeitraum zu detektieren. So können beispielsweise kurzzeitige Störungen erkannt werden.

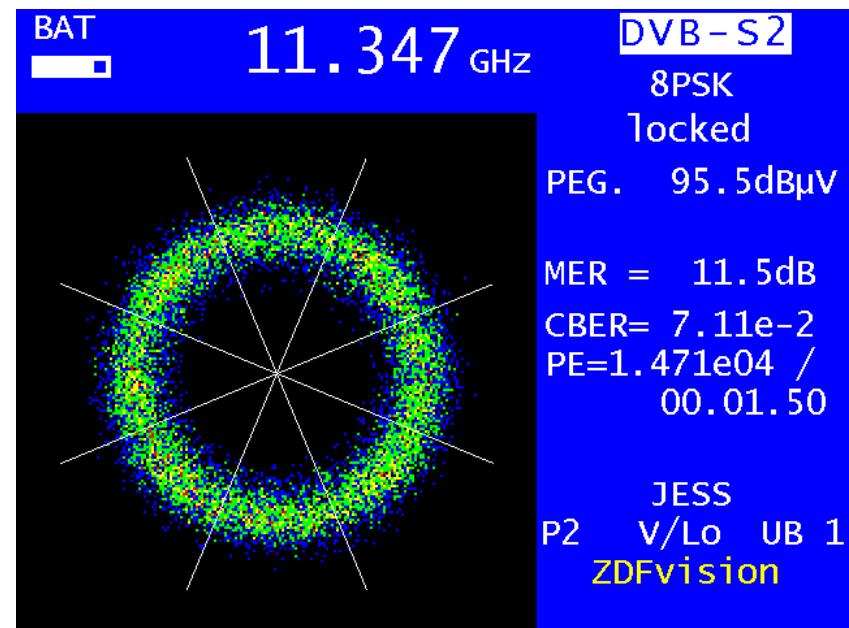
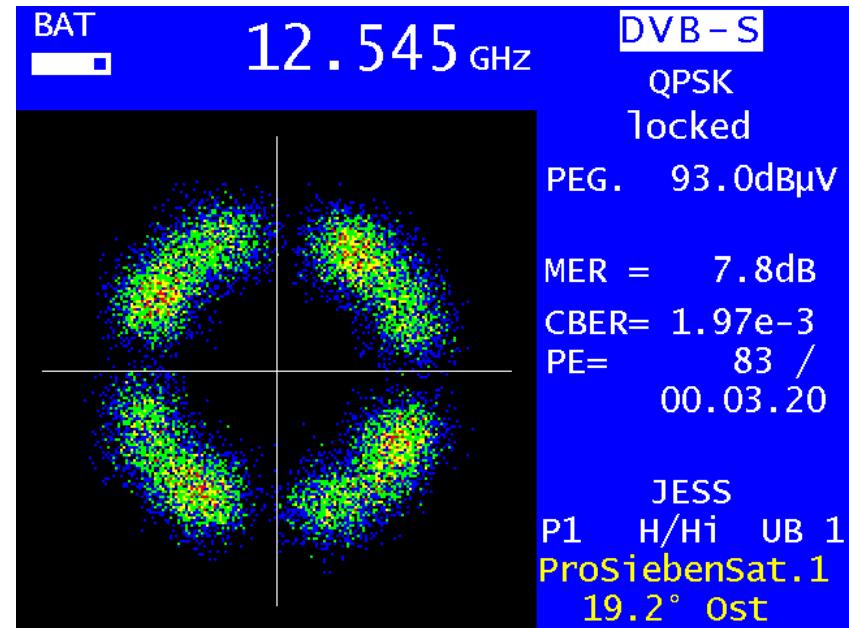
Antennentechnik

Messtechnik → Phasenrauschen

Für ein schlechtes Bitfehlerverhältnis kann ein unsauber laufender Oszillator verantwortlich sein

→ Phasenjitter bzw. Phasenrauschen

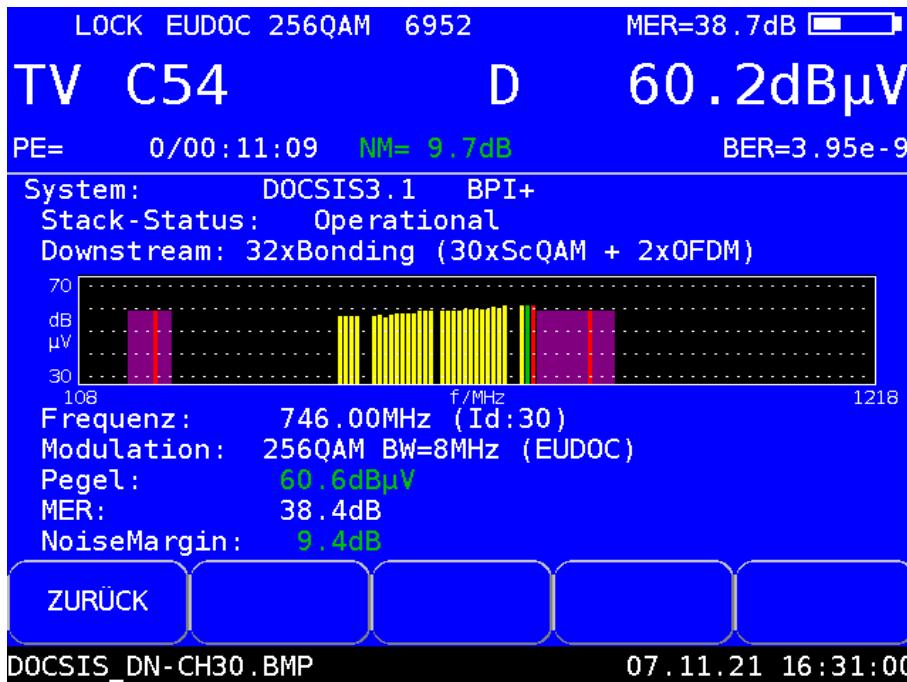
Dieser Fehler ist sofort im Konstellationsdiagramm zu erkennen



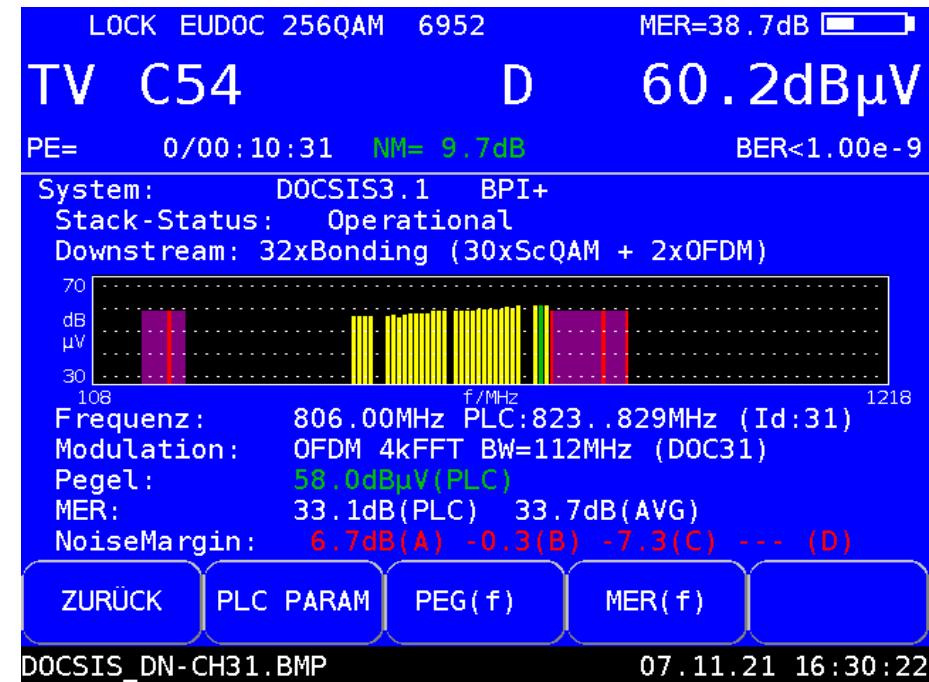
Antennentechnik

Messtechnik → DOCSIS

Für Kabel-TV-Installationen mit genutzem Rückweg empfiehlt es sich, ein Messgerät mit DOCSIS-Modem zu verwenden. DOCSIS 3.1 ist bereits flächendeckend im Einsatz.



Datenkanal 30 ist 256QAM-moduliert und hat ein Noise-Margin von 9,4 dB

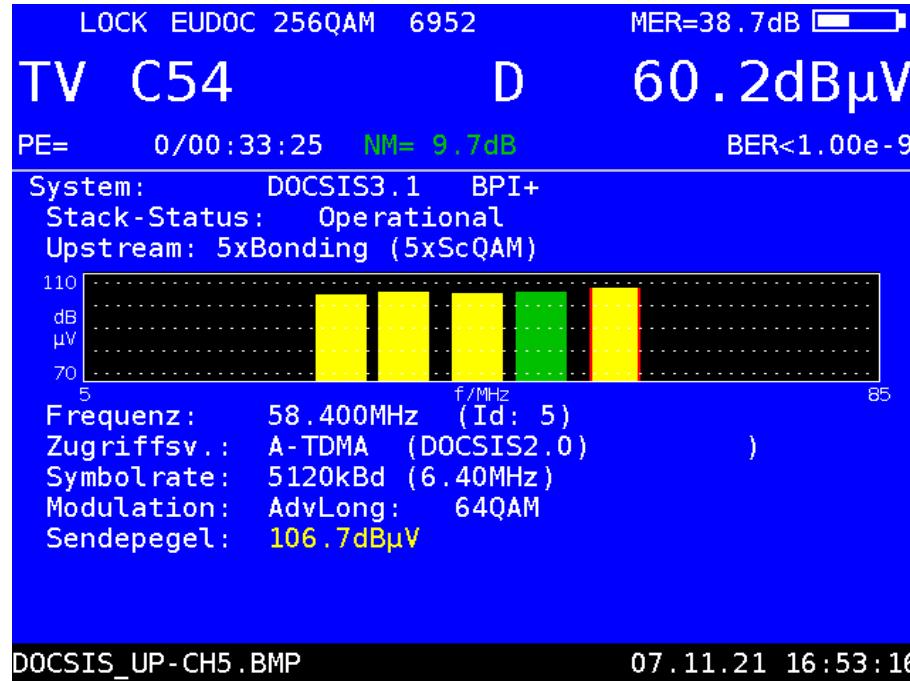


Datenkanal 31 ist ein breiter COFDM-Kanal mit 4096 QAM-Modulation.
Profil A (256QAM) hat 6,7 dB Noise-Margin, Profil B (1024QAM) nur noch – 0,3 dB (Info wird leider durch Softkeys überdeckt...)

Antennentechnik

Messtechnik → DOCSIS

Für eine korrekte Rückweg-Funktion ist es unerlässlich, die Modem-Sendepegel korrekt einzustellen. Um den korrekten Verstärker für das Netz auszuwählen, muss zunächst der benötigte Sendepegel am ÜP gemessen werden.

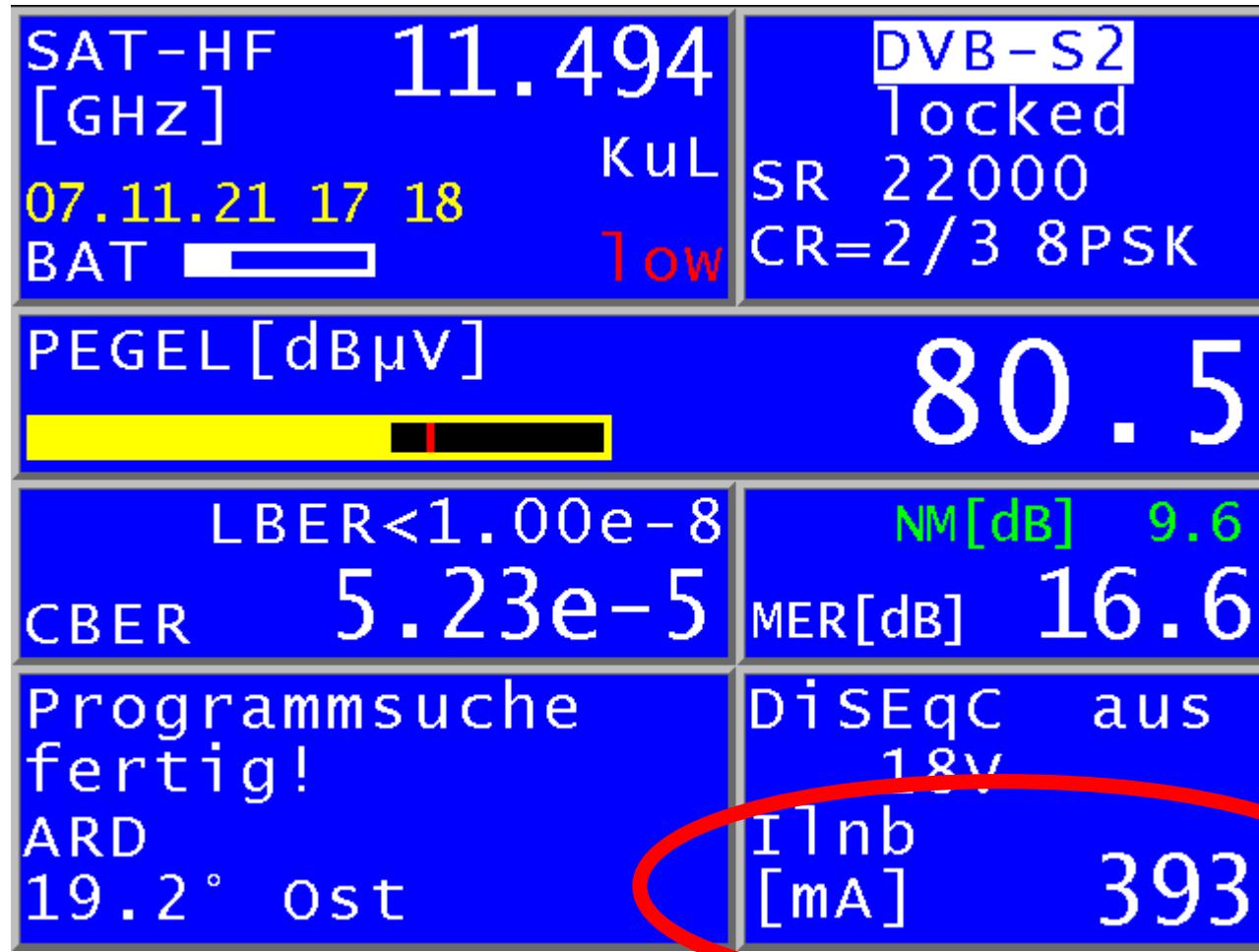


Das CMTS (Cable Modem Termination System) weist das Modem an, stärker oder schwächer zu senden, damit der CMTS-Eingangspegel optimal ist. Ziel ist es, dass das Kunden-Modem mit 105 dB μ V in die Antennendose sendet.

Antennentechnik

Messtechnik → Fernspeisung

Ein sehr oft unterschätztes Feature bei Antennenmessgeräten ist die Anzeige des Fernspeisestroms. Mit Hilfe dieser Anzeige lassen sich schon sehr viele Installationsfehler und Defekte erkennen.



Mehr als 300 mA Fernspeisestrom sollte man von einen Empfänger nicht dauerhaft fordern. Das führt zu Problemen.

Antennentechnik

Messtechnik → DiSEqC

Bei Sat-Messgeräten ist DiSEqC Standard. Nicht immer üblich sind DiSEqC 1.1 und 1.2.



Antennentechnik

Messtechnik → DiSEqC

Ein Sat-Messgerät muss heute die beiden Einkabelmodi EN 50494 und EN 50907 unterstützen.

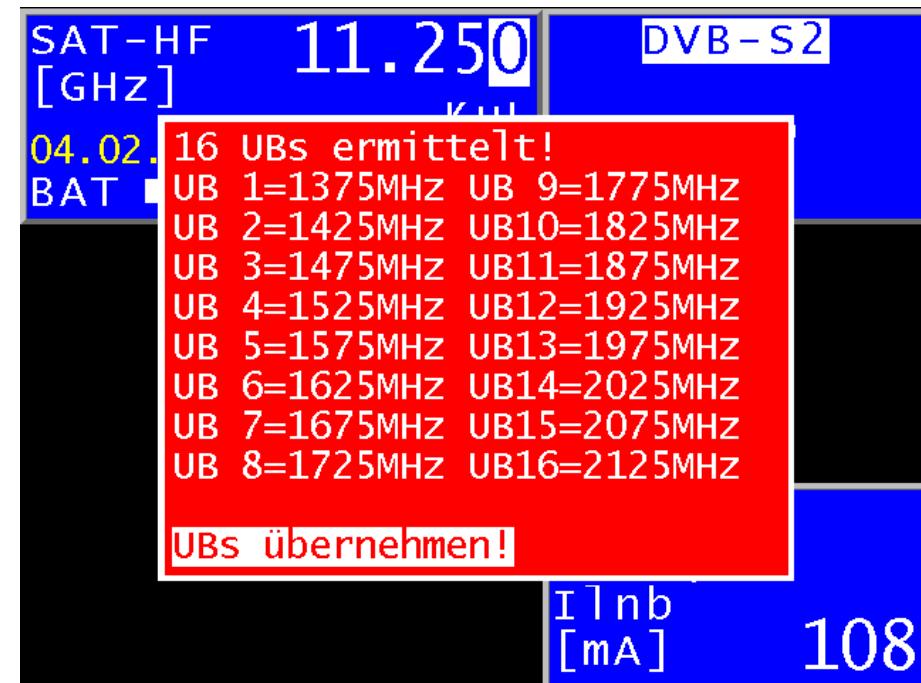
Bei der alten EN 50494 sollten im Messgerät verschiedene UB-Raster hinterlegt werden können, so dass man die UB-Frequenzen nicht immer manuell eingeben muss.



Antennentechnik

Messtechnik → DiSEqC

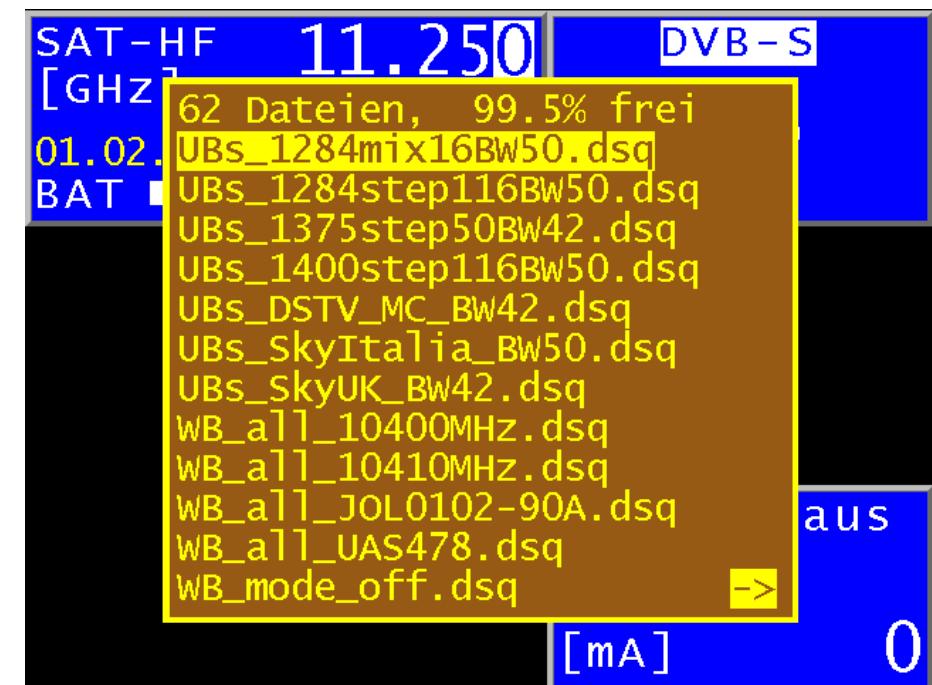
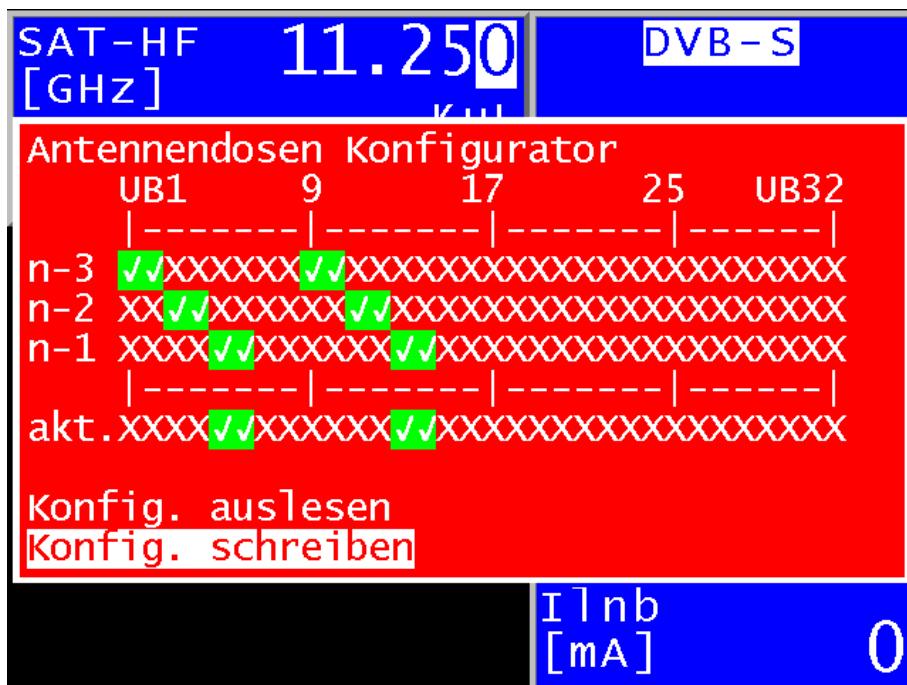
Ideal ist bei EN 50607 eine bidirektionale Datenübertragung, denn so können die UB-Frequenzen einfach ausgelesen werden.



Antennentechnik

Messtechnik → DiSEqC-Tools

Wer häufiger mit programmierbaren Antennensteckdosen oder mit konfigurierbaren Sat-Komponenten zu tun hat, wird DiSEqC-Tools im Messgerät zu schätzen wissen.



Antennentechnik

Messtechnik → Ausrichtung einer Parabolantenne

Die „Halbwertsbreite“ einer Parabolantenne (also der Winkel, bei dem das Signal um 3 dB abfällt) beträgt etwa +- 1°. Voraussetzung für die erfolgreiche Ausrichtung einer Parabolantenne ist daher ein stabiler Mast und eine stabile AzEl-Halterung (Azimut/Elevation)!

Eine Parabolantenne kann nur mit einem ordentlichen Messgerät mit MER in Zehntel dB Anzeige optimal ausgerichtet werden.

- 1) Elevation voreinstellen. Die meisten Antennen haben eine Skala für die Elevation eingeprägt. LNB grob montieren. Messgerät anschließen und Spektrumdarstellung wählen. Fernspeisung ein!
- 2) Die Antenne drehen (Azimuth), bis das gewünschte Satellitensystem erscheint. Fixieren. Mit dem Messgerät einen Transponder wählen.
- 3) Elevation und Azimuth nach maximalem MER feineinstellen. Der Pegel ist egal, es kommt auf die Signalqualität an! Halterung festschrauben.
- 4) Das LNB in der Halterung vor und zurückziehen, um den optimalen Brennpunkt zu finden. Das LNB in der Halterung drehen (Skew-Einstellung).
- 5) Leicht in allen Richtungen gegen den Reflektor drücken und prüfen, ob das MER in allen Richtungen sinkt.

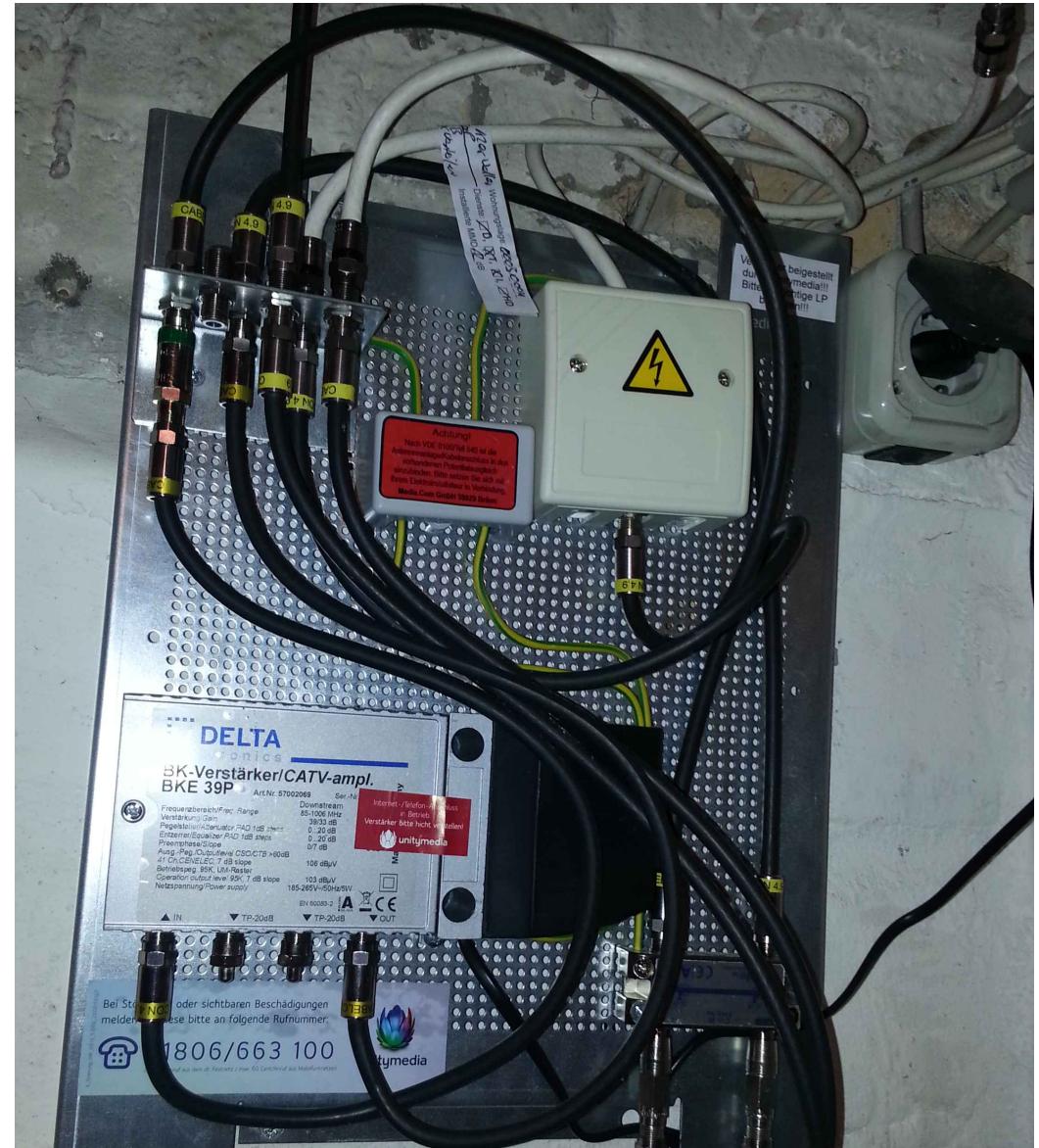
Antennentechnik

Messtechnik → Fehlersuche in einem CATV-Netz

Bei einem Fehler in einem CATV-Netz muss zunächst geklärt werden, wem die Anlage gehört.

Ist die Anlage im Eigentum eines Netzbetreibers, prüfen wir nur das Signal an der Antennensteckdose, um auszuschließen, dass der Fehler im Empfangsgerät oder am Anschlusskabel liegt.

Für alles Andere ist der KNB zuständig!



Antennentechnik

Messtechnik → Fehlersuche in einem CATV-Netz

Haben wir Zugriff auf die Anlage, hoffen wir, dass der Fehler noch vorhanden ist. Durch Messung von Signalpegel und MER wird die Fehlerquelle lokalisiert. Häufige Fehler sind defekte Verstärkernetzteile und schlecht aufgesetzte oder lose Stecker. Wenn das Signal schon am ÜP schlecht ist: Anruf beim KNB.

Tritt der Fehler nur gelegentlich auf, so ist zu erfragen, ob es alle oder nur einige Kanäle betrifft.

- alle Kanäle: Wackelkontakt suchen. Nach Brummquellen suchen.
- untere Sonderkanäle: Wenn Kabelmodems im Netz sind:
Verteiler/Abzweiger/Dosen nicht intermodulationsfest (Problem tritt nur auf, wenn das Kabelmodem sendet)?
- prüfen, ob betroffene Kanäle terrestrisch belegt sind
- Pegel grenzwertig, Schräglage?

Antennentechnik

Messtechnik → Fehlersuche in einer Sat-Installation

Auch Sat-Anlagen können einem Betreiber gehören und vermietet sein, dann ist der Betreiber für die Entstörung zuständig.

In sehr vielen Fällen hat sich die Antenne verdreht oder das LNB ist defekt. Eine Messung der Signalqualität (MER) und der Stromaufnahme an der Hauseinführung sagt schnell viel.

Fehlen bestimmte ZF-Ebenen oder nur bestimmte Programme?

- Bei Tele 5 und DMAX → Einstrahlung durch DECT
- Ist Terrestrik vorhanden? → Einstrahlung LTE/5G

Eingrenzen der ZF-Ebene:

- horizontal → Spannungsfall (Empfängeranschlusskabel)?
- Lowband (zeitweise) → Brummproblem?

Treten die Probleme zu bestimmten Uhrzeiten auf?

- „gestohlenes“ Userband (Nachbar schaut TV)?
- Brummprobleme (insbesondere im MFH, Nachbar kocht Essen)?
- Feuchtigkeit im LNB

Antennentechnik

ENDE!

Vielen Dank fürs Durchhalten.

Noch Fragen?