BK-Kabelnetze für Multimedia-Anwendungen

F. Rätzer, Burgstädt

Die rasante Entwicklung der Fernsehtechnik hat den Kunden eine Vielzahl von Programmen über Kabel oder Satellit und eine verbesserte Übertragungsqualität beschert. Breitbandkommunikations-Kabelnetze bieten auch für neue multimediale Telekommunikationsdienste eine leistungsfähige Infrastruktur. Die erforderlichen Leitungen rangieren bereits gleichberechtigt neben denen für Wasser, Elektroenergie, Gas und Telefon [1][2].
Die Installation dieser zukunftssicheren Empfangs- und Verteilanlagen ist eine Herausforderung für das Elektrohandwerk. Wie Sie dabei Fehler vermeiden, zeigt der folgende Beitrag.

1 Multimedia-Anwendungen

Um die neuen Anforderungen zu erfüllen, müssen BK-Netze technisch zu interaktiven „Full-Service-Networks“ ausgebaut werden, über die hunderte TV- und Hörfunk-Programme, interaktive Multimedia-Systeme, Telefon- und Datendienste angeboten werden können. Neben dem Übertragungsweg vom Sender zum Empfänger beim analogen und digitalen Fernsehen wird künftig auch der Übertragungsweg vom Empfänger zum Sender benötigt für Anwendungen und Dienste wie:

- Pay-Analog-TV/-Audio
- Pay-Digital-TV/-Audio
- Pay per View
- Video on Demand/Audio on Demand
- Pay per Channel.

Die rechtlichen Grundlagen dazu sind im Gesetz über die Anwendung von Normen für die Übertragung von Fernsehsignalen (Fernsehsignalübertragungs-Gesetz FGÜ) vom 14. 11. 1997 sowie dem Telekommunikationsgesetz (TKG) vom 31. 07. 1996 verankert. Durch die Liberalisierung des Fernmeldegesetzes sind Telefonie, Faxdienste, Telemetrie und Datenübertragung durch private Anbieter über eigene Netze möglich. Multimediadienste sind zulässig und es gibt BK-Anlagen mit Internet-Gateways. Online-Dienste und Tele-Banking, Tele-Shopping, Tele-Teaching und Tele-Learning sind im Einsatz bzw. in Vorbereitung. Zum Stand der Technik gehören auch Info-Kanäle, Lokal-TV [3][4]und lokale Online-Dienste, die weiter auszubauen und zu verbessern sind.

Autor

Dipl.-Ing. *Falk Rätzer* ist Geschäftsführer der Satelliten- und Kabelfernsehanlagen/ Industrievertretung GmbH in Burgstädt.

Digitales TV ist das Fernsehen der Zukunft. Dem Nutzer bietet es eine wesentlich höhere Qualität und Funktionalität, und der Kabelnetzbetreiber erreicht eine Vervielfachung der Übertragungskapazitäten durch die Belegung eines Fernsehkanales mit gegenwärtig bis zu acht Sendern. Die Bildqualität ist subjektiv besser als bei vergleichbarer analoger Übertragung, da das Farbrauschen erheblich reduziert ist oder ganz fehlt. Die Tonqualität erreicht bei TV-Sendungen und Hörfunkprogrammen nahezu CD-Qualität.

2 Technische Voraussetzungen

Die Umsetzung dieser Anwendungen erfordert BK-Netze mit einem Vorwärtsübertragungsbereich (Downstream, vom Sender zum Empfänger) von 87,5 MHz bis 862 MHz und einem Rückwärtsbereich (Upstream, vom Empfänger zum Sender) von 4,5 MHz bis ca. 80 MHz, wobei noch Frequenzen für eine Pilotregelung vorzusehen sind.
Bei der Übertragung von Digital-TV in BK-Kabelnetzen werden die vom Satelliten empfangenen QPSK-Signale (Quadratur Phase Shift Keying, Vierphasen-Umtastung) wegen ihres sehr hohen Bandbreitebedarfs in QAM-Signale (Quadratur-Amplitudenmodulation) transformiert [5]. Diese Signale nutzen die durch das Kabel vorgegebenen Bandbreiten wesentlich besser aus. Die sog. Kabel-Set-Top-Boxen sind dann u. a. mit QAM-Demodulator, MPEG-2-Dekoder und Demultiplexer ausgestattet, um die über das Kabel übertragenen Signale so zurückzuverwandeln, daß sie in herkömmlichen Fernsehgeräten genutzt werden können. QAM-Signale mit sinusförmigen Trägern werden über die bereits vorhandenen BK-Netze verteilt. Die Störquellen sind bereits aus der Analogtechnik bekannt. Sie können meßtechnisch erfaßt und visuell beurteilt werden.

3 Qualitätsanforderungen an das Verteilnetz

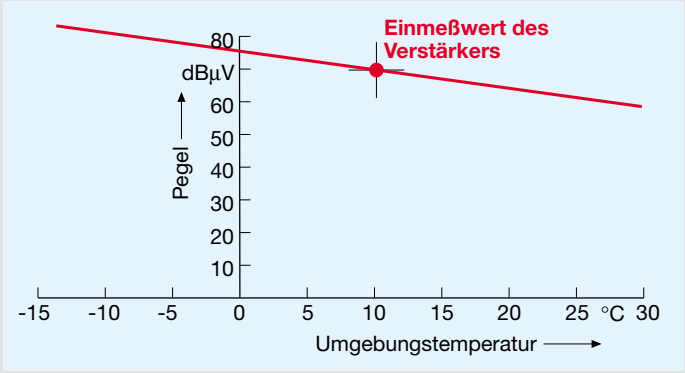
Für die Installation von Antennen- und BK-Anlagen sind vor allem die DIN VDE 0185 (Technische Vorschriften für Rundfunk-Empfangsantennenanlagen) und die Vorschriften über Potentialausgleich und Erdung (DIN VDE 0100 Teile 410, 701, 705 und 728; DIN VDE 0107; DIN VDE 0108, 0165, 0185 und 0800) anzuwenden.
Der Installateur ist verpflichtet, bei der Installation von BK-Netzen alle in der Fachwelt anerkannten Grundsätze und technischen Bestimmungen einzuhalten und Materialien zu verwenden, die mit einem anerkannten Prüfzeichen zertifiziert sind.
Bereits in der Vergangenheit erforderten die Errichtung und das Betreiben von BK-Netzen umfangreiche Spezialkenntnisse. Die übertragungstechnischen Kennwerte sind in der FTZ-Richtlinie 1 R 8-15 zusammengestellt. Sie bilden die Grundlage für die Weitergabe von Signalen. BK-Anlagen, die nach diesen Vorschriften errichtet sind, bereiten bei der Übertragung von QAM-Signalen keine Probleme

4 Auswirkungen fehlerhafter Installationen

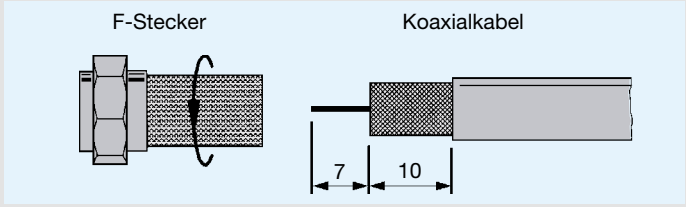
Im folgenden wird davon ausgegangen, daß an einem beliebigen Übergabepunkt (ÜP) oder am Ausgang einer Empfangsanlage die erwähnten Bedingen für die Signalqualität erfüllt sind. Erläutert werden die Auswirkungen fehlerhafter Installationen auf die Signalqualität im analogen Übertragungsbereich und Mängel, die zu Aussetzern bei der digitalen Übertragung führen. Die beschriebenen Fehler wurden bei Überprüfungen von BK-Anlagen in verschiedenen Orten in Deutschland festgestellt. Die Ursachen der Fehler sind vor allem in der Unwissenheit des Montagepersonals, im Preisdumping, aber auch in der Bequemlichkeit der Ausführenden zu suchen. Die Kenntnis der Auswirkungen dieser Fehler kann dazu beitragen, daß der Installateur bei der Errichtung von BK-Anlagen die Ursachen der Mängel vermeidet und damit seinen Beitrag zur Qualitätsverbesserung von Kabelfernsehanlagen leistet.

4.1 Verstärker und Temperatureinfluß

Die wichtigsten aktiven Bauelemente von Kabel-TV-Anlagen sind Linien-, Abzweig- und Hausanschlußverstärker.
Moderne Kabelnetze, die die oben angeführten Forderungen erfüllen sollen, erfordern leistungsfähige, robuste und übersteuerungsfeste Verstärker.



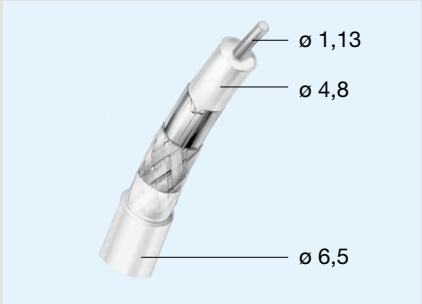
❶ **Pegeländerung in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur bei einer Frequenz von 300 MHz am Ende einer freiverlegten 7-mm-Koaxialleitung mit einer Länge von 300 m** (Quelle: Wisi)



❷ **Ordnungsgemäß abisoliertes Koaxialkabel vor dem Aufschrauben des F-Steckers**



❸ **Schaltkasten für diverse Verstärker – die Kabel sind nicht auf der Rückwand befestigt, auf Schienen für den Potentialausgleich wurde gänzlich verzichtet**



❹ **Doppelt geschirmte Koaxialkabel gewährleisten das geforderte hohe Schirmungsmaß – alle Elemente der gesamten Anlage, auch das Empfängeranschlußkabel, müssen diesen hohen Anforderungen genügen** (Quelle: Wisi)

Geräte ohne Gegentaktendstufe sollten abgelöst werden.

Zu geringe Pegelwerte am Eingang einer aktiven Baugruppe führen zu einem nicht mehr auszugleichenden Grundrauschen, daß als „Schnee“ bezeichnet wird.

Übersteuerte bzw. defekte Verstärker führen zu Moiré in Bild und Ton, zu Gitterlinien, zur Verdopplung von Konturen und beeinflussen die Farbsättigung des Bildes.

Bei Temperaturveränderungen besteht die Gefahr einer Übersteuerung, besonders dann, wenn Koaxialkabel direkt der Außentemperatur ausgesetzt sind. Die Dämpfung der Koaxialkabel ist temperaturabhängig und nimmt mit sinkender Temperatur ab (Bild ❶). Anlagen mit Freileitungen, Kabelverlegung im Dachgeschoß, und Baugruppen an witterungsempfindlichen Stellen, die an heißen Sommertagen errichtet und eingepegelt wurden, neigen leicht zu Übersteuerungen im Winter. Die Anzahl der Verstärkerkaskaden und die Gesamtkabellängen haben wesentlichen Einfluß auf die Übertragungsqualität. Es empfiehlt sich deshalb, in regelmäßigen Abständen, mindestens im Frühjahr und im Herbst, ein Einmessen der Gesamtanlage vorzunehmen, damit die projektierten Werte für die Pegel an den einzelnen Meßpunkten erreicht werden.

4.2 Verbindungstechnik

Schlechte Verbindungen der Koaxialkabel, hervorgerufen durch zu kurz gehaltene Innenleiter in den F-Steckern, können zur Pegelreduzierung führen. Deutlich zu erkennen sind derartige Fehler daran, daß in den oberen Frequenzbereichen ein höherer Pegel gemessen wird, während im UKW-Bereich und im Fernsehband I Fehlpegel auftreten. Diese Effekte können durch Temperaturveränderungen und die damit verbundenen Längenänderungen der Kabel hervorgerufen werden. Ein zu kurzer Innenleiter zieht sich dann bei Minusgraden aus der Steckbuchse des F-Steckers zurück (Bild ❷). Beim Anbringen von Crimp-Steckern an Koaxialkabeln ist neben der richtigen Länge des abzuschneidenden Innenleiters bei der Montage darauf zu achten, daß der Stecker mechanisch gut sitzt und eine gute elektrische Verbindung zwischen Steckermantel und Abschirmmaterial der Koaxleitungen zustandekommt. Andernfalls kann es zu Masseproblemen kommen, die sich in Pegelschwankungen und negativen Effekten bezüglich des Potentialausgleiches auswirken.

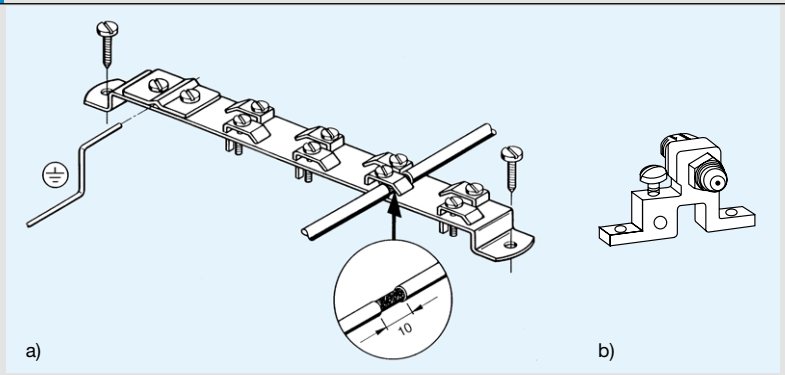
4.3 Erdung und Potentialausgleich

Die Erdung bzw. der Potentialausgleich ist ein besonders sensibles Gebiet der BK-Technik. Nicht selten wird vollständig auf eine Erdung verzichtet, um Brummspannungen, hervorgerufen durch Potentialdifferenzen an verschiedenen Erdpunkten des Netzes, zu vermeiden. Brummspannungen auf Kabelnetzen sind die Ursache für sog. Brummbalken auf dem Fernsehbildschirm, die je nach Stärke unangenehme Querbalken erzeugen, die sich vertikal bewegen, und im Tonbereich ein hörbares, niederfrequentes Brummen hervorrufen.

Der Verzicht auf vorgeschriebene Schutzmaßnahmen ist jedoch nicht der geeignete Weg, um auftretende Fehler einzudämmen (Bild ❸). Es ist immer eine saubere Erde zu verwenden, die mit der entsprechenden Meßtechnik ausgemessen wurde. Darüber hinaus empfiehlt sich der Einsatz von brummentkoppelten Abzweigern und Verteilern.

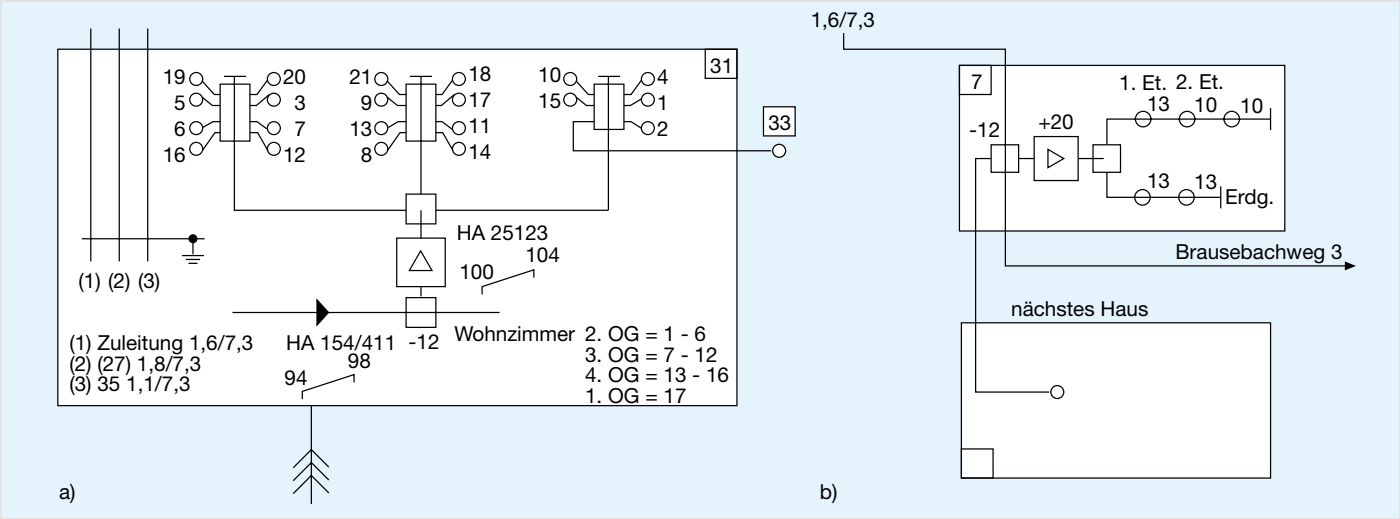
Nach den gültigen Vorschriften müssen die Koaxialkabel (Bild ❹), wie bereits erwähnt, in den Potentialausgleich einbezogen sein (Bild ❺a). Die dafür vorgesehenen Bauelemente haben eine Schelle, die über die freigelegte Abschirmung des Koaxialkabels gelegt wird. Die serienmäßig dafür hergestellten Bauelemente sind i. allg. nicht besonders gut geeignet, da die scharfen Kanten der Halte- und Erdungsschelle den Außenleiter verformen und die Oberfläche mechanisch beschädigen können. Koaxialkabel mit zerstörtem Mantel erfüllen nicht mehr das geforderte Schirmungsmaß, d. h., sie strahlen HF-Signale ab, die an anderer offener Stelle mit Antennenwirkung, möglicherweise auch durch das Empfangsgerät selbst, empfangen und verstärkt werden. Wenn die Signale dann Laufzeitunterschiede haben, sind Geisterbilder die Folge derartiger Fehler. Abhilfe schafft die Verwendung geeigneterer Erdböcke (Bild ❺b). Hier sind die Hersteller und die Normungsgremien gleichermaßen gefordert, verbesserte Bauelemente zu entwickeln und zuzulassen.

Die Nichteinhaltung der vorgeschriebenen Biegeradien der Koaxialkabel kann zum



❺ Erdungs- und Potentialausgleich
a) Erdungs- bzw. Potentialausgleichsschiene für 8 Koaxialkabel (Quelle: Wisi)
b) Erdungs- und Verbindungsbock mit F-Konnektor

❻ Auszug aus einem Schaltplan eines BK-Ortsnetzes
a) Hausverteilung in Sternstruktur
b) Hausverteilung in Baumstruktur, Abschluß der Leitungen an der letzten TAD mit einem 75-Ω-Widerstand



Knicken der Kabel und einer damit verbundenen Beschädigung der Abschirmung führen, die die gleichen Störungen verursacht.

4.4 Ungeeignete Anschlußkabel und zusätzliche Verteilungen

Nicht ordnungsgemäße Anschlußkabel, die sich zwischen Teilnehmeranschlußdose (TAD) und Gerät befinden, sind eine häufige Ursache für Störungen, die ebenfalls durch HF-Abstrahlung verursacht werden. Oft werden selbstgebaute Anschlußleitungen mit leicht zu montierenden ungeschirmten Winkelsteckern eingesetzt. Es wurde aber auch festgestellt, daß Videorecorder, selbst namhafter deutscher Hersteller, mit Anschlußkabeln ausgeliefert werden, die die Forderungen nach doppelter Schirmung nicht erfüllen. Allein das Auswechseln derartiger Anschlußkabel zwischen Teilnehmeranschlußdose und Fernsehgerät führt oft zu einer beachtlichen visuellen Bildverbesserung.
Einfluß auf die Signalqualität haben auch zusätzliche Verteilungen nach der Teilnehmeranschlußdose zum Anschluß weiterer Geräte, die nicht fachgerecht installiert wurden. Anstelle von ungeschirmten Abzweigern bzw. Verteilern empfiehlt sich hier die Verwendung von kleinen Aufsteckverstärkern. Diese Verstärker kompensieren den Pegelverlust durch die passive Verteiltechnik.

4.5 Vorsicht bei Minikoaxialkabeln

Minikoaxialkabel lassen sich zwar leicht in vorhandene Leerverrohrungen einziehen, sie haben aber den Nachteil, daß ihre Dämpfung, besonders bei Ausschöpfung des Frequenzbereiches von 862 MHz und bei großen Kabellängen, wesentlich höher ist als bei herkömmlichen Koaxialkabeln. Dem Installateur sei hier empfohlen, die Kabeldämpfung vor der Leitungsverlegung nachzurechnen, damit an der TAD der vorgeschriebene Pegelwert garantiert werden kann.

4.6 Netzstruktur beachten

Der Anschluß von Wohneinheiten in Mehrfamilienhäusern sollte über eine

sternförmige Verteilung der Netzebene 4 (zwischen ÜP und TAD) realisiert werden, um die einzelnen Kunden nach Belieben an- bzw. abklemmen zu können (Bild ❻). Obwohl es wesentliche Unterschiede zwischen Baum- und Sternstruktur des Kabelnetzes gibt, werden sie in einigen Fällen mißachtet. So wurden in sternförmig aufgebauten Netzen Durchschleifdosen mit einer Auskoppeldämpfung im Bereich von 10 dB gefunden, deren Durchgangsleitung mit einem Widerstand von 75 Ω abgeschlossen wurde!
Auch kleinere Fehler bei der Installation, wie lockere Schrauben oder fehlende Abschlußwiderstände, haben mitunter schwerwiegende Auswirkungen. Die dann erforderliche Fehlersuche durch einen Fachmann steht oft im krassen Gegensatz zu der durch schnelle, aber flüchtige Arbeit bei der Installation gewonnenen Zeit.

5 Schlußbemerkungen

Die vorhandenen, meist erst im Frequenzband bis 450 MHz ausgebauten BK-Kabelnetze sind für die Übertragung von QAM-Signalen bereits geeignet.
Die erläuterten Fehlerursachen führen eher im analogen Fernsehbereich zu unangenehmen visuellen Störungen als zu Aussetzern beim Digital-TV.
Die Einhaltung des Signal-Rausch-Verhältnisses, des Intermodulationsabstandes und der Rückflußdämpfung ist zu gewährleisten. Der weitere Ausbau der bestehenden BK-Kabelanlagen unter Einhaltung höchster Qualitätsanforderungen ist eine dringend notwendige Aufgabe.
Programm- und Dienstanbieter bereiten sich weltweit auf die Erschließung neuer Dienste vor, deren Vermarktung neue Tätigkeitsfelder für den Elektrofachhandel mit sich bringt. Die uneingeschränkte Nutzung setzt jedoch u. a. hochwertige BK-Netze voraus, die vom Elektrohandwerk errichtet, erweitert und gewartet werden müssen.

Literatur

[1] *Rätzer, F.*: Antennenanlagen für Großgemeinschaften. Elektropraktiker, Berlin 46 (1992) 11, S. 821-826.
[2] *Nüssel, N.*: Platzsparender Hausanschluß. Elektropraktiker, Berlin 52(1998)5, S. 442-444.
[3] *Rätzer, F., Rohland, A.*: PC-Programm für eigene Fernsehsendungen. Radio Fernsehen Elektronik, Berlin 43(1994)5, S. 52-53.
[4] *Rätzer, F.; Döring, U.; Rohland, A.*: Rechnergesteuertes Lokalfernsehen. Radio Fernsehen Elektronik, Berlin 44(1995)12, S. 46-48.
[5] *Kriebel, H.*: Satellitenempfang mit Aufbereitung der Empfangssignale. Elektropraktiker, Berlin 53(1998)1, S. 60-65.

ÜBERBLICK **BK-Kabelinstallation**

Kabel und Schirmung

- Hochwertige Kabel auch in der Hausinstallation verwenden (Dämpfung ≤ 9 dB/100 m bei 300 MHz)
- Doppelte Schirmung
- Vorgeschriebene Biegeradien beachten
- Kabel während der Montage nicht knicken
- Minikoaxialkabel nur bei kleinen Kabellängen einsetzen
  Empfehlung: Pegel nachrechnen
- Auf geschirmte Gerätestecker achten
- Geräteanschlußkabel auf Qualität prüfen

Verbindungstechnik/F-Stecker

Korrekte Verarbeitung beachten:
- Koaxialkabel mit massivem Innenleiter verwenden (bildet den Steckerstift!), Durchmesser 0,85 bis 1,15 mm
- Innenleiter und freigelegtes Schirmgeflecht mit richtiger Länge einsetzen
- Keine Ader des Schirmgeflechts darf mit dem Innenleiter in Berührung kommen (Kurzschluß)
- Gute Verbindung zwischen Steckermantel und Abschirmung
- Saubere Kontaktflächen
- Feste Verschraubung
- Evtl. F-Steckverbindung mit selbstverschweißendem Dichtband abdichten

Erdung/Potentialausgleich

- Alle Erdpunkte in die Erdung bzw. Potentialausgleich einbeziehen
- Auf sauberes Erdpotential achten, meßtechnisch nachweisen
- Geeignete Erdböcke ohne scharfe Kanten an Schellen einsetzen
- Brummentkoppelte Abzweiger und Verteiler verwenden

Verstärker (Linie, Abzweig, Hausanschluß)

- Nur Verstärker mit anerkanntem Prüfzeichen einsetzen
- Robuster Aufbau
- Übersteuerungsfest
- Gegentaktendstufe
- Regelmäßiger Abgleich bzw. Einmessen auf die projektierten Pegelwerte im Frühjahr oder Herbst (Temperaturabhängigkeit der Kabeldämpfung beachten)

Netzstruktur

- Wohneinheiten in Mehrfamilienhäusern in Netzebene 4 in Sternstruktur verkabeln
- Die richtige Dose für die Kabelstruktur einsetzen:
  Sternverteilung – Stichdose
  Reihen-, Baumverteilung – Durchgangsdose
- Abschlußwiderstand (-widerstände) entsprechend der Netzstruktur