Qualität für Multimedia-Kabelnetze sicherstellen

Vorschriften, Strukturen und Funktionselemente

TV-Kabelnetze stellen seit langem die leistungsfähigste Infrastruktur für die Verbreitung von Radio- und Femsehprogrammen dar. Eine fortschreitende Digitalisierung erlaubt nunmehr auch die Nutzung interaktiver Dienste, erhöht aber gleichzeitig die Qualitätsanforderungen. Deren Erfüllung will das Deutsche Institut für Breitbandkommunikation (dibkom) durch die Zertifizierung von Material, Fachpersonal und -betrieb nach außen hin sichtbar machen.

1 Modernisierung erfordert Optimierung der Kenntnisse

Fast 60 % der Bevölkerung werden über TV-Kabelnetze sowohl mit Rundfunkprogrammen als auch mit analogen und digitalen TV-Programmen versorgt. Kabelanbieter haben in jüngster Zeit ihre Netze erweitert und zudem „rückwegfähig“ ausgebaut mit dem Ziel, ihren Kunden neue Dienste anbieten zu können. Dazu zählen vielfältige interaktive Anwendungen über den integrierten Rückkanal, schneller Internetzugang, Kabeltelefonie, elektronischer Programmführer (EPG) als Navigationsinstrument und die elektronische Videothek. Solchermaßen modern ausgebaute hochleistungsfähige Netze werden häufig auch als „Multimedia-Kabelnetze“ bezeichnet.

Für den störungsfreien Betrieb eines Multimedia-Netzes ist ein hoch qualitativer Aufbau unerlässlich. Die Anforderungen sind hoch: Sie sind zum einen definiert durch eine Anzahl von Richtlinien und Gesetzen, die es zu beachten gilt. Zu nennen wären zunächst die baurechtlichen Vorschriften, dann die dem Installateur geläufigen Vorschriften der Installationstechnik, Sicherheitsregeln und Normen. Hinzu kommen die EMV-Vorschriften, die bei hochfrequenten Netzen besondere Bedeutung erlangen.

Hohe Anforderungen bestehen aber auch auf der technischen Seite: Eine „Fachkraft für Kabelnetze“ muss Netzstrukturen unterscheiden und beurteilen können. Sie ist verantwortlich für die Auswahl der Geräte und die Gesamtkonfiguration des Systems. Sie muss fachlich in der Lage sein, Signalpegel zu messen, zu analysieren und einzustellen. Nicht zuletzt ist sie verantwortlich für eine fachgerechte Abnahme der Anlage und die Erstellung einer aussagekräftigen, EC-konformen Dokumentation. All das kann eine qualifizierte Fachkraft allerdings nur dann leisten, wenn ihr dafür adäquates Werkzeug und hochwertige Messtechnik zur Verfügung stehen. In diesem Punkt ist das ausführende Unternehmen in der Pflicht.

Grundlage einer Zertifizierung durch die dibkom (siehe Kasten) ist eine solide Ausbildung, die die zuvor genannten Anforderungen berücksichtigt. Die folgenden Ausführungen stellen die wichtigsten Informationen zur Kabeltechnologie in einem kurzen Überblick dar. Dieser Überblick erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

2 Vorschriften

2.1 Baurechtliche Vorschriften

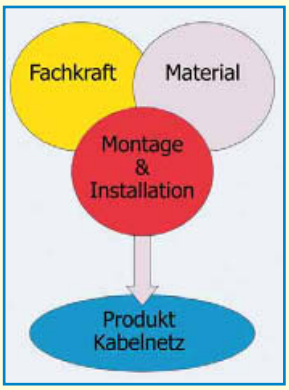
Auf dem Weg zu einem zukunftssicheren Kabelnetz sind nicht nur technische, sondern auch diverse nichttechnische Vorgaben zu erfüllen. Dies beginnt bereits vor der Errichtung des Netzes mit dem Einholen von Genehmigungen örtlicher Baubehörden und der Klärung von rechtlichen Fragen, die Bauarbeiten auf fremden Grundstücken betreffen. Außerdem hat der Netzbetreiber vor dem Errichten einer Kopfstelle die Kanalbelegung festzulegen, was ab einer gewissen Netzgröße die Zustimmung der zuständigen Landesmedienanstalt erfordert.

2.2 Vorschriften aus dem Bereich der Telekommunikation

Nach den mehr baurechtlichen Bestimmungen sieht sich der Netzbetreiber dann mit Vorschriften konfrontiert, die mit der Telekommunikation direkt zu tun haben. Zu nennen ist hier zunächst das Telekommunikationsgesetz (TKG), das in erster Linie den Wettbewerb fördern und flächendeckend angemessene und ausreichende Dienstleistungen gewährleisten soll. Es folgt die Frequenzordnung, die für Kabelnetze eine besondere Bedeutung hat und in der Frequenzbereichszuweisungsplanverordnung (FreqBZPV) festgeschrieben ist: Sie enthält die so genannte Nutzungsbestimmung 30 (NB 30), in der die nutzbaren Frequenzbereiche und Störstrahlungsgrenzwerte festgelegt sind. Eine weitere Vorschrift, die Telekommunikations-Kundenschutzverordnung, legt Grundsätze für die Verbindungspreisberechnung fest und verbietet dem Netzbetreiber, Leistungen einzustellen oder zu beschränken. Die Verordnung regelt ferner das Recht des Kunden auf Einzelverbindungsnachweis, die Zuteilung von Teilnehmerrufnummern und die Aufnahme in öffentliche Teilnehmerverzeichnisse. Darüber hinaus verpflichtet sie den Betreiber, laufend Qualitätskennwerte wie Verbindungsaufbau-, Reparatur- und Bereitstellungszeiten und Störungsmeldungen zu erfassen. Als Letztes sei hier das Informations- und Kommunikationsdienstegesetz (IuKD-Gesetz) genannt. Es ist in mehrere Artikel gegliedert, die selbst wieder Gesetze sind oder bestehen-

Zertifizierung durch das Deutsche Institut für Breitbandkommunikation (dibkom)

Es ist das erklärte Ziel der dibkom, die Voraussetzungen für einen hohen Qualitätsstandard bei Breitbandnetzen zu schaffen. Es genügt dabei nicht, auf die Verwendung von geeignetem Installationsmaterial zu setzen. Auf dem Weg von den Komponenten hin zum Kabelnetz als fertigem Endprodukt liegt nämlich noch die Montage durch eine Fachkraft. Nur wenn diese Fachkraft genau weiß, was sie tut, und dieses Fachwissen auch in die Praxis umsetzt, ist davon ausgehen, dass ein breitbandiges Kommunikationsnetz in seiner Gesamtheit die gewünschte Funktionalität aufweist. Dem Handwerk kommt damit eine genauso große Bedeutung zu wie den Herstellern mit der Entwicklung und Fertigung der Komponenten. Einem Netzbetreiber muss daher daran gelegen sein, die fachliche Qualifikation der bei der Errichtung eingesetzten Fachkräfte sicherzustellen. Für diese Fachkräfte hat deshalb die dibkom fünf personenbezogene Zertifikate definiert. Da es Auftraggebern größerer Projekte kaum zuzumuten ist, zu prüfen, ob das Personal eines potentiellen Auftragnehmers über die gewünschten Personenzertifikate verfügt, hat die dibkom zur Vereinfachung auf dieser Ebene zusätzlich Firmenzertifikate eingeführt. Angesichts des Mangels an wirklich qualifizierten Fachkräften geht die dibkom von einem erheblichen Schulungsbedarf aus. Um ausbildungswilligen Fachkräften die Auswahl einer geeigneten Schulungseinrichtung zu erleichtern, wurde – als drittes Modul – zusätzlich eine Zertifizierungsrichtlinie für Schulungseinrichtungen geschaffen. Weitere Infos: **www.dibkom.org**



de Gesetze ändern, so wie das Teledienstegesetz (TDG), das einheitliche wirtschaftliche Rahmenbedingungen für die Nutzung elektronischer Informations- und Kommunikationsdienste schaffen soll.

2.3 Installationsrichtlinien

Weniger für den Kabelnetzbetreiber, sondern mehr für den Installateur wichtig sind eine Reihe von DIN-Normen und VDE-Vorschriften, die die elektrische Sicherheit von Bauteilen und Anlagen betreffen. Sie sind bei der Planung, Errichtung, Inbetriebnahme, im Regelbetrieb und im Service unbedingt zu beachten. DIN 18015 beispielsweise ist anzuwenden bei der Installation von elektrischen Anlagen in Wohngebäuden und damit auch bei der Planung und Installation von Rohrnetzen. Ein Elektroinstallateur sollte sich hier bestens auskennen.

2.4 EMV-Vorschriften

Eine unerlässliche Bedingung für den störungsfreien Betrieb eines Kabelnetzes ist seine elektromagnetische Verträglichkeit. Der Begriff umfasst grundsätzlich zwei unterschiedliche Aspekte:

- Elektrische Systeme sollen auch in gestörter Umgebung bestimmungsgemäß funktionieren.
- Elektrische Systeme dürfen ihre Umgebung (Beispiele: Polizeifunk, Notruf- und Flugsicherungssysteme) nicht unzulässig stören.

Maßnahmen zur Erlangung einer elektromagnetischen Verträglichkeit sind in den europaweit geltenden EMV-Richtlinien und im deutschen EMV-Gesetz festgelegt. Eine Missachtung der gesetzlichen Situation kann gerade für Errichter und Betreiber von Kabelnetzen bedrohliche Konsequenzen nach sich ziehen.

3 Signale in Kabelnetzen

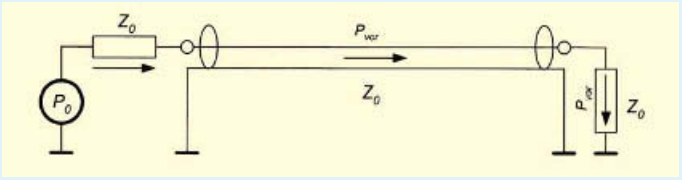
Die wichtigsten Signale in Kabelnetzen sind:

- FM-Rundfunk: Für die terrestrische Übertragung von Tonrundfunk (UKW-Radiosignalen) ist das Funkspektrum von 87,50 bis 108,00 MHz reserviert. Es wird in gleicher Weise auch in Kabelnetzen genutzt. In beiden Fällen geschieht die Übertragung der Audio-Signale mit Hilfe der Frequenzmodulation.
- Analoges Fernsehsignal: Basis der analogen Fernsehbildübertragung ist das BAS-Signal. Darunter versteht man das komplette Fernsehsignal für die Schwarzweiß-Bildübertragung, das sich aus dem Bildsignal (B), dem Austastsignal (A) und dem Synchronisationssignal (S) zusammensetzt (Bild-Austast-Synchron-Signal; auch: Schwarz-Weiß-Signal). Es entsteht in den Kameras, die das aufgenommene Bild zeilenweise in seiner Helligkeit abtasten. Beim Farbfernsehen spricht man entsprechend vom FBAS-Signal (Farb-Bild-Austast-Synchron-Signal).
- Digitale Signale: Zunehmend lösen digitale Verfahren die lange Zeit vorherrschenden analogen Übertragungs- und Aufzeichnungsverfahren ab. Im Bereich der Tonsignale (CD, ISDN, Mobilfunk) ist dieser Wechsel weit gehend abgeschlossen. Bei der Bewegtbildübertragung ist die Entwicklung zwar noch nicht ganz so weit, fortschreitende Erfolge wie bei MPEG und DVB lassen aber auch hier eine vollständige Umstellung in nicht zu ferner Zukunft erwarten.

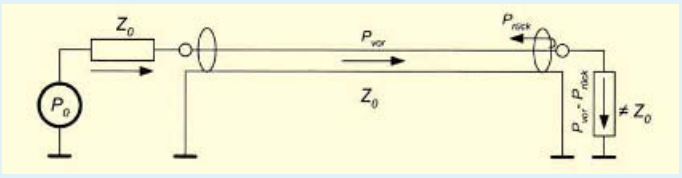
Die Qualität einer Kabelübertragung hängt in entscheidender Weise von der Güte der Signale ab. Hier ist der Techniker in starkem Maße gefragt: Er muss Signalpegel und Dämpfungen, Träger- und Signal-Rauschabstände berechnen und einstellen können. Er muss wissen, was sich hinter den Stichwörtern lineare und nichtlineare Verzerrungen, Intermodulationsabstand, Composite Second Order (CSO) oder Composite Triple Beat (CTB) verbirgt.



❶ **Signalsplitter** Foto: Motorola



❷a **Leistungsanpassung**



❷b **Fehlanpassung der Senke**

Quelle dibkom

4 Netzstrukturen

Bei der Konzeption des Kabelnetzes wurde ehemals eine technische Trennung des Netzes in vier Ebenen vorgenommen. Die Ebenen 1, 2 und 3 waren dabei ausschließlich den Rundfunkanstalten und der damaligen Deutschen Bundespost zugeordnet und wurden mit öffentlichen Mitteln finanziert, während die Netzebene 4 von privaten Firmen installiert und betrieben wurde. Die Gliederung sieht heute folgendermaßen aus:

- Netzebene 1: TV- und Hörfunkstudios
- Netzebene 2: Verteilwege über Rundfunksender, Satelliten, Richtfunk, LWL-Weitverteilnetze
- Netzebene 3: Kabelverteilnetz zu den privaten Haushalten (bis zur Grundstücksgrenze)
- Netzebene 4: Private Hausverteilanlagen

Die Netzstruktur selbst sollte eine möglichst hohe Flexibilität in Bezug auf zukünftige Erweiterungen, Verteilung von Verkehrslasten und die Art der Dienste aufweisen, denn je einfacher und kostengünstiger ein Netz an neue Anforderungen angepasst werden kann, desto wirtschaftlicher ist es auf lange Sicht. Bei der Wahl einer Netzstruktur ist auch zu berücksichtigen, dass fast alle neuen Dienste interaktiv und teilnehmerindividuell sein werden und dass die Gebührenabrechnung für die Inanspruchnahme von Diensten zunehmend nutzungsabhängig erfolgen wird.

5 Verstärker und Funktionselemente

Die nun folgenden Abschnitte zeigen die wichtigsten Komponenten eines Verteilnetzes. In diesem Zusammenhang sei zunächst noch einmal darauf hingewiesen, dass nur solche Geräte zugelassen sind, die den Anforderungen des EMV-Gesetzes und gegebenenfalls weiterer Normen und Richtlinien genügen. Diese Konformität muss der Hersteller schriftlich erklären. Sie wird Teil der technischen Dokumentation, die vom EMVG gefordert wird. Die Übereinstimmung der Gerätespezifikationen mit den einschlägigen Richtlinien, Gesetzen und Normen wird durch das CE-Zeichen bestätigt.

5.1 Eigenschaften des Verstärkers

Wichtig ist zu wissen, dass der Verstärkungsvorgang die Signalqualität vor allem durch Rauschen und Intermodulation beeinflusst. Beim Design eines Verstärkers sind deshalb folgende Eigenschaften anzustreben:

- geringes Rauschmaß
- geringe Intermodulation (nichtlineare Verzerrungen)
- geringe Welligkeit des Frequenzgangs (lineare Verzerrungen)
- steile Filterflanken.

5.2 Verstärker für bidirektionale Übertragung

Ein Verstärker für bidirektionale Übertragung vereint in sich zwei Einzelverstärker, die einen geschlossenen Kreis bilden, wobei der erste die Vorwärtsweg- und der zweite die Rückwegsignale verstärkt. Um ein Oszillieren zu verhindern, ist zwischen den Verstärkern eine Dämpfung vorzusehen. Dabei muss die Summe aus Verstärkung und Dämpfung innerhalb der Schleife <0 dB sein.

5.3 Funktionselemente für Verstärker

Je nach Einsatzgebiet sind Verstärker unterschiedlich konzipiert. Einfache Verstärker haben fest eingebaute Filter und sind in der Regel auch mit einem variablen Dämpfungseinsteller im Eingang ausgestattet. Der Rückweg ist passiv oder aktiv aufgebaut. Aufwändiger gestaltete Verstärker können mit einer Vielzahl von Funktionselementen bestückt sein.

In Frage kommen, um nur einige zu nennen, Duplexfilter für die Aufteilung oder Zusammenführung zweier Frequenzbereiche, Roll-off-Equalizer für die Entzerrung, Dämpfungssteller, Splitter (Bild ❶), Abzweiger und Messbuchsen.

5.4 Hausanschlussverstärker nach dem Hausübergabepunkt (HÜP)

Hausanschlussverstärker, die in der Netzebene 4 eingesetzt werden, haben unterschiedliche Aufgabenstellungen. Ihre Dimensionierung richtet sich nach der maximal im Objekt vorhandenen und zu versorgenden Anzahl der Wohneinheiten.

6 Kabel und Steckverbindungen

Die Güte eines Kabelnetzes hängt maßgeblich von der Qualität der verwendeten Kabel und Steckverbinder ab. Noch wichtiger allerdings ist die fachgerechte Ausführung der Verbindungen selbst. Hier sind eine Ausstattung mit hochwertigem Werkzeug und hohes handwerkliches Können erforderlich.

6.1 Koaxialkabel

Koaxialkabel bestehen aus einem isolierten Innenleiter, der von einem in konstantem Abstand um den Innenleiter angebrachten Außenleiter umgeben ist. Er besteht üblicherweise aus einem Kupferdrahtgeflecht und ist nach außen hin noch einmal isoliert. Der Wellenwiderstand (Z_0) bei Koaxkabeln für Kabelnetze beträgt 75 Ω. Koaxialkabel müssen angepasst sein, Quelle, Leitung und Senke also den gleichen Wellenwiderstand Z_0 haben (Bild ❷).

Für Koaxkabel gibt es eine Mindestforderung für die Gleichmäßigkeit des Wellenwiderstandes. Nach EN 50117 muss dieser Wert für Kabel in der Netzebene 4 mindestens 40 dB betragen. Der Grenzwert wird schon erreicht, wenn der Innenleiter um 7 % des Kabelradius aus dem Zentrum liegt. Für die Praxis bedeutet dies mindestens zweierlei:

- Koaxialkabel müssen vor äußeren Einwirkungen geschützt sein (Verlegung im Rohr)
- Koaxialkabel dürfen niemals enger gebogen werden, als die Herstellerangaben es zulassen. Das Datenblatt des Herstellers ist deshalb unbedingt zu beachten!

Wichtiger Hinweis: Koaxialkabel dürfen nicht gemeinsam mit einer 230-V-Netzleitung in einem Leerrohr verlegt werden.

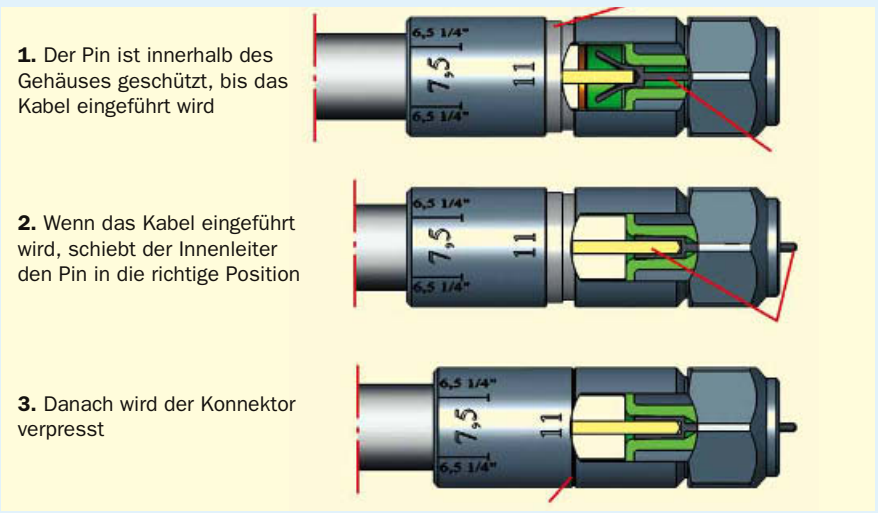
6.2 Stecker und Steckverbindungen

In allen Kabelnetzen, besonders in solchen mit Rückwegdiensten, sind qualitativ hochwertige Stecker und fachgerecht hergestellte Verbindungen von nicht zu überschätzender Bedeutung. Doch selbst bei qualifiziertester Ausführung ist immer noch eine Dämpfung von etwa 0,3 dB bis 0,5 dB je Steckverbindung zu unterstellen. Zudem sind Steckverbindungen potenzielle Störquellen. Ihre Anzahl sollte daher schon im Planungsstadium so weit wie möglich reduziert werden.

Für die Verbindung von Verstärkern, Verteilern oder anderen Bauteilen innerhalb der Installation kommen heute vorwiegend so genannte F-Konnektoren in Frage. Man unterscheidet – je nach Montageart – geschraubte, gecrimpte und verpresste Ausführungen, von Bedeutung sind aber nur noch die beiden letztgenannten. Geschraubte Konnektoren bergen immer das Risiko einer unsachgemäßen Montage in sich und werden deshalb von den meisten Kabelbetreibern abgelehnt.

Gecrimpte F-Konnektoren sind seit Jahren im Einsatz. Ihrem sehr günstigen Preis und ihrer Zuverlässigkeit steht eine allerdings etwas schwierigere Handhabung gegenüber. Der Installateur darf im Sinne einer fehlerfreien Verbindung grundsätzlich nur mit der passenden Crimpzange arbeiten. Die Verwendung anderer Werkzeuge (Rohrzange, Flachzange) würde die Geometrie des Steckers und damit die Impedanz verändern. Die vorgeschriebenen EMV-Werte wären nicht einzuhalten.

Die qualitativ beste Lösung ist die so genannte Kompressionstechnik (Bild ❸). Viele Kabelnetzbetreiber favorisieren diese Verbindungstechnik und schreiben sie für ihre Anlagen bindend vor. Sie sind erst seit wenigen Jahren im Einsatz und haben gegenüber den gecrimpten F-Steckern zunächst einmal den Vorteil, dass sie sich nur mit einem Spezialwerkzeug montieren lassen. Weitere Qualitätsmerkmale sind ihre mechanische Stabilität, ihre hervorragenden übertragungstechnischen Eigenschaften, die große Zugfestigkeit zwischen Kabel und Stecker, die hohe Feuchteresistenz und das hohe Schirmungsmaß von weit über 100 dB. Untersuchungen haben gezeigt, dass diese F-Konnektoren die besten EMV-Ergebnisse erzielen. ■



❸ **Anschluss eines Kompressionssteckers** Quelle: Cabelcon

Fortsetzung ELEKTRO PRAKTIKER

Passive Bauteile, System- und Messtechnik