

10. TECHNISCHE INFRASTRUKTUR DER REGIONAL- UND LOKAL-TV-SENDER

10.1 Technische Ausstattung / Investitionskosten

Die Ausstattung selbst kleiner Fernsehstationen umfasst neben der betrieblichen Infrastruktur eines Multimedia-Unternehmens die gesamte Bandbreite audio-visueller Produktionsmittel. Die Studioeinrichtung sowie die weiteren Produktionsmittel stellen einen großen Kostenfaktor dar. Die Höhe der Gesamtinvestitionen ist jedoch abhängig von der geplanten Senderstruktur, d.h. welches eigenproduzierte Programmvolumen mit welcher Anzahl an Mitarbeitern in welcher Qualität produziert werden soll. Um diese Investitionskosten so niedrig wie möglich zu halten, können zwei Strategien angewendet werden:

Die erste Möglichkeit ist die vollständige Umstellung der Produktion auf günstige Digital-Technik mit günstigen DV-Kameras und günstigen PC-Schnittplätzen. Hier muss bei der jeweiligen Anschaffung darauf geachtet werden, dass sich manche Geräte im Produktionsprozess nur durch zusätzlichen Aufwand mit professioneller Studioteknik vernetzen lassen. Die günstigen Consumer-Geräte richten sich primär an den Home-User und sind nicht auf den Dauerbetrieb in einem Fernsehstudio ausgerichtet.

Die zweite Möglichkeit besteht darin, gebrauchte Analogtechnik anzuschaffen. Analoge Kameras, Regietechnik, MAZ, Editoren u.ä. erhält man gebraucht teilweise für die Hälfte bis zu einem Zehntel des Neupreises.

Viele Bereiche sind jedoch bei analoger und digitaler Produktionsweise gleich kostenintensiv: Dazu gehören der Bildmischer, die Audio- und Lichttechnik sowie die allgemeine Studioausstattung.

Nachfolgend werden die für eine TV-Produktion notwendige analoge und digitale Technik beschrieben und im Markt recherchierte Einzel- oder Durchschnittspreise für die einzelnen Hardware- und Software-Komponenten genannt. Viele diese Produkte werden häufig im Rahmen von Dienstleistungspaketen inkl. Installation und Service angeboten, sodass die hier angeführten reinen Hardware-Preise lediglich eine Orientierungsgröße darstellen.

10.1.1 EB-Kamera-Technik

Eine der wesentlichen Investitionsentscheidungen beim Aufbau eines regionalen oder lokalen Fernsehsenders ist die Wahl des Videoformats. Das Videoformat bestimmt die Kosten für die Beschaffung der Kamerageräte und der damit korrespondierenden Bildbearbeitungstechnik.

Bei den Videoformaten sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Anschaffungskosten des Systems und laufende Kosten (z.B. Videobänder)
- Qualität des Videobildes (evtl. auch Ton)²¹²
- Kompatibilität des Formats (Gefahr des Qualitätsverlusts beim Überspielen von analog zu digital bzw. von analog zu analog)²¹³

Für den Außeneinsatz, der sog. "Elektronischen Berichterstattung", ist im Regional- bzw. Lokal-TV-Markt die analoge Betacam-SP-Kamera noch weit verbreitet. Sie gehörte lange auch zur Standardausrüstung der elektronischen Berichterstattung großer Fernsehstationen. Da eine professionelle, analoge Beta-SP-Kamera (inkl. Licht, Stativ, Objektive etc.) jedoch über 80 Tsd. Euro kostet, kommen bei kleinen Lokal-TV-Sendern teilweise auch semi-professionelle, analoge Systeme wie S-VHS oder HI8 zum Einsatz.²¹⁴ Zu einer vollständigen Kameraausrüstung gehört weiterhin ein ebenfalls kostspieliges Zubehör: versch. Objektive, Filter, Stativ, Akkus²¹⁵, Zusatzmikrofon etc..

Mittlerweile verdrängt die Digital-Technik in der Fernsehproduktion die analogen Kameras sowie die analoge Bildbearbeitung.²¹⁶ Während kleinere Lokal-TV-Sender für die Außenberichterstattung teilweise mit DV-Cams aus dem Consumer-Bereich arbeiten, verwenden viele größere Regional- und Lokal-TV-Sender mittlerweile die gleichen digitalen Systeme wie die nationalen Fernsehsender: DVC-Pro von Panasonic oder DVCam von Sony.²¹⁷ Beta-Digital-Kameras (DigiBeta), der digitale Nachfolger der Be-

²¹² Die Qualität des Tones lässt sich mittlerweile zwar kaum noch daran festmachen, ob ein externes Mikrofon oder ein in die Kamera integriertes Mikro verwendet wurde. Auch die "DV-Ton"-Qualität reicht mittlerweile für die Produktion von Nachrichtenbeiträgen aus. Der Unterschied zwischen DV-Kameras und BetaSP- bzw. DigiBeta-Kameras liegt darin, dass man bei DV generell nur zwei Tonspuren zur Verfügung hat, während bei Beta vier Tonspuren genutzt werden können. Dies bedeutet, dass der Original-Ton und der Sprecherton direkt auf dem Band zusammengemischt werden können, ohne dass eine Überspielung auf ein neues Band notwendig ist.

²¹³ Sturm, Robert und Zirbik, Jürgen: "Die Fernseh-Station – Ein Leitfaden für das Lokal- und Regionalfernsehen", Konstanz 1998, S.404 ff

²¹⁴ Die analogen Profi-Systeme Betacam, Betacam SP und alle digitalen Systeme wie DV, DVCPPro, DigiBeta etc. erstellen sog. "**Komponenten-Signale**". Hier werden die Helligkeits- (Y) - und die beiden Farbdifferenzsignale (U, V) getrennt aufgezeichnet.

S/VHS und HI8 zeichnen zwei getrennt modulierte Signale auf: das Farbsignal (C) und das Helligkeitssignal (Y). Bei den VHS-Systemen werden die Helligkeits- (Luminanz) und Farbwerte (Chrominanz) nicht als Einzelsignale, sondern als "**Composite-Signale**" (Gesamt-Signal) übertragen. Dadurch kommt es zu Vermischungen dieser beiden Signale, was bei der Wiedergabe oder bei der Bildmischung häufig zu minderwertigen Ergebnissen führt.

²¹⁵ Da Akkus mit erheblichen Kosten verbunden sind, ist auf Kompatibilität beim Einsatz verschiedener Kameratypen zu achten.

²¹⁶ Die analoge Bildbearbeitung zeichnet sich dadurch aus, dass der Bildschnitt nur "linear" erfolgen kann, d.h. die Bilder nacheinander geschnitten werden müssen. Dieser Bildschnitt wird auch als "Hartschnitt" bezeichnet.

²¹⁷ Für die Erstellung des Masterbandes (nach dem Schnitt eines Beitrags) wird jedoch häufig das Digital-Beta-Format (DigiBeta) verwendet. Nur bei sehr hohen Qualitätsansprüchen wird auf DigiBeta gedreht. *Quelle: vgl. dazu ausführlich: Webers, Johannes. "Handbuch der Film- und Videotechnik", München 2000*

tacam-SP, kommen aufgrund der Anschaffungskosten von über 60 Tsd. Euro bei Regional- und Lokal-TV-Sender bislang nur selten zum Einsatz.

Andere, kostengünstigere digitale Kamerasysteme, Digital-VHS oder das Digital-S-System (Nachfolger von S-VHS) haben den Nachteil, dass sie nur wenig verbreitet sind; es kommt daher beim Austausch von Material zu Nutzungsproblemen.

Die digitalen Kamera-Systeme unterscheiden sich im Wesentlichen in den Leistungsmerkmalen "Abtast-Frequenz"²¹⁸ und "Komprimierung".²¹⁹ Je niedriger die Abtastfrequenz und je höher die Komprimierung der digitalen Signale bereits bei der Aufzeichnung sind, desto schlechter ist die Bildqualität.²²⁰ Die Standard-DV-Cam zeichnet beispielsweise mit 25 Mbit pro Sekunde (Mbit/s) auf. Diese Qualität ist deutlich besser als beim analogen Hi8- oder S-VHS-Format, liegt jedoch weit unter der Qualität der Digital-Beta, die mit 125 Mbit/s aufzeichnet.

²¹⁸ Die Abtast-Frequenz (Sampling), mit der die Luminanz- und Chrominanz-Werte gesampelt werden, lassen sich mit einem Vielfachen der Abtastrate von 3,375 MHz darstellen. Das Komponenten-Signal wird je nach Komprimierung in unterschiedlichen Abtastverhältnissen des Helligkeitswertes zu den beiden Farbwerten (Rot und Blau) abgetastet.

Internationaler Sampling-Standard für professionelles, digitales Video CCIR 601 (*ITU-R 601*) verlangt ein Abtastverhältnis von 4:2:2, d.h. die Luminanz wird mit 13,5 MHz ($4 \times 3,375$), die beiden Chrominanz-Werte mit je 6,75 MHz gesampelt. Die CCIR-601-Norm kommt bspw. bei dem Digital-Beta-Format zum Einsatz.

Bei DV-PAL (DV/DVCam) liegt das Abtastverhältnis bei 4:2:0. Das Luminanz-Signal wird ebenfalls mit 13,5 MHz abgetastet. Bei der Abtastung der Farbdifferenzsignale macht man sich zu Nutze, dass das menschliche Auge in vertikaler Richtung ein erheblich geringeres Auflösungsvermögen besitzt als in der Horizontalen. Abwechselnd wird eine Bildzeile im Verhältnis 4:2:2 und die darauffolgende Zeile im Verhältnis 4:0:0 digitalisiert. Zeilen, für die keine Farbinformation aufgezeichnet wurde, übernehmen das Farbsignal der darüber liegenden Zeile.
Quelle: www.bet.de

²¹⁹ Bei der Bildkomprimierung werden digitale Signale so abgespeichert, dass nur Unterschiede in den Bildpixeln von einem Bild zum nächsten abgespeichert werden. Bleiben Pixelwerte von einem Bild zum nächsten gleich, werden dafür auch keine Werte abgespeichert. Bei einer hohen Komprimierung werden auch leichte Veränderungen der Pixelwerte auch nicht erfasst. Die Toleranzspanne ist größer und ähnliche Pixelwerte werden bei der Wiedergabe in *einer* Farbe dargestellt. Dadurch wirken digitale Bilder häufig "pixelig", weil die Übergänge zwischen den einzelnen Farbwerten bei hoher Komprimierung sehr scharf sind. Die Digital-Kamera-Systeme nutzen in der Regel den DCT-Codec (Discrete Cosinus Transformation), um das Volumen mit einem verlustbehafteten Kompressionsverfahren auf verschiedene Größen zu reduzieren. *Quelle: vgl. dazu ausführlich: Webers, Johannes. "Handbuch der Film- und Videotechnik", München 2000*

²²⁰ *Quelle: Fernseh- und Kinotechnische Gesellschaft e.V.: "Fernsehen Heute und morgen – Technik – Märkte – Strategien", Kap. 4: Produktion (www.tv-plattform.de)*

Tabelle 28: Übersicht der gängigen digitalen Video-Formate für die elektronische Berichterstattung

Video-Format	Hersteller	Beschreibung	Kompatibilität	Komprimierung und Abtastrate	Video-Datenrate	Neupreis
DV/MiniDV	diverse	ursprünglich für den Consumer-Bereich entwickelt, digitale Komponentensignale werden zusammen mit zwei digitalen Tonsignalen auf eine Kassette mit 1/4 Zoll breitem Reineisenband aufgezeichnet, Max. Bandlaufzeit: DV-Kassete: 270 Min., Mini-DV-Kassetten: 60 Min.	DV CAM und DVC-Pro - Wiedergabe	5:1 4:2:0	25 Mbit/Sek.	Mini-DVs ab 1.500 Euro abhängig von der Zahl der Chips (Charge Couple Device)*
DVCam/ DVC200	Sony Panasonic	für den professionellen Bereich entwickeltes Format, welches auf DV basiert, höhere Bandgeschwindigkeit als das DV, Max. Bandlaufzeit: DV-Kassette: 184 Min, Mini-DV-Kassette: 40 Min.	DV-Wiedergabe	5:1 4:2:0	25 Mbit/Sek.	Mini-DVCams ab 3.200 Euro / Große DV-Cams ab 7.000 Euro
DVC Pro 25	Hitachi, Ikegami, Panasonic, Philips	für den professionellen Bereich entwickeltes Format auf DV-Basis, größere Spurbreite und dickeres Bandmaterial als DV, Max. Bandlaufzeit stationärer Geräte: 123 Minuten, Max Bandlaufzeit kleiner Kassetten für Kamerarecorder: 63 Minuten	DV-Wiedergabe	5:1 4:1:1	25 Mbit/Sek.	Ab 7.000 Euro
DVC Pro 50 (D-7)	Panasonic	für den professionellen Bereich entw. Format auf DVCPRO 25 Basis, digitale Komponentensignale werden zusammen mit zwei digitalen Tonsignalen auf eine Kassette mit 1/2 Zoll breitem Reineisenband aufgezeichnet, doppelte Bandgeschwindigkeit als DVCPRO 25 und damit Aufzeichnung der doppelten Datenmenge, Max. Bandlaufzeit stationärer Geräte: 62 Min., Max. Bandlaufzeit kleiner Kassetten für Kamerarecorder: 31 Min.	DVC-Pro 25 Wiedergabe, teilweise auch DV und DC Cam	5:1 4:2:2	50 Mbit/Sek.	ca. 65.000 Euro (ohne Sucher, ohne Objektiv)
Digital Betacam	Sony	Nachfolger von Betacam-SP (analog) bei höchsten Ansprüchen an die Bildqualität, digitale Komponentensignale werden zusammen mit zwei digitalen Tonsignalen auf eine Kassette mit 1/2 Zoll breitem Reineisenband aufgezeichnet, Max. Bandlaufzeit stationärer Geräte: 124 Min. Max. Bandlaufzeit kleiner Kassetten für Kamerarecorder: 40 Min.	Betacam SP (analog) Wiedergabe mit einigen Geräten	2:1 4:2:2	126 Mbit/Sek.	ca. 62.000 Euro (ohne Sucher, ohne Objektiv)

Quellen: www.filmtechnik-online.de / www.bet.de

10.1.2 Studiotechnik

10.1.2.1 Studiokameras

Größere Fernsehsender nutzen für die Studioproduktion analoge oder digitale Studiokameras, die auf fahrbaren Präzisionsstativen montiert sind. Die Kamera ist durch ein Mehrader- oder Triaxkabel mit der Bildtechnik (MAZ) verbunden und übermittelt die Bildsignale unkomprimiert. Sie besitzt einen großen Suchermonitor, Anschlussmöglichkeiten für einen Teleprompter sowie Objektive mit großer Brennweite und können durch entsprechende Vorrichtungen auch aus der Bildregie ferngesteuert werden.

Die Kosten für echte Studiokameras sind jedoch sehr hoch. Analoge Studiokameras (Röhrenkameras) sind gebraucht für ca. 20 Tsd. Euro zu erwerben. Der Preis für neue, digitale Studiokameras, welche die digitalen Bilder ohne Datenreduktion in die Bildregie übertragen,²²¹ bewegt sich im sechsstelligen Eurobereich. Häufig werden für die Studioproduktion nationaler Fernsehformate auch Studioversionen der Beta-SP- oder der Beta-Digital-Kamera eingesetzt. Die Studiokameras sind an sog. MAZ-Geräte in der Bildregie angeschlossen, in denen die analogen oder digitalen Videobilder auf Magnetbändern aufgezeichnet werden.²²² Die DigiBeta-Recorder kosten durchschnittlich 20 Tsd. Euro.

Die Regional- und Lokal-TV-Sender setzen i.d.R. die gleichen Kameras für den Studiobetrieb ein, die sie auch für den Außeneinsatz nutzen. Dies bedeutet, dass hier von der Digi-Beta/-Beta-SP über DVC-Pro bis hin zur S-VHS-Kamera fast das gesamte Spektrum (semi-)professioneller bis Consumer-Kamera-Technik zum Einsatz kommt.

Neben den Kosten für die Kameras bestimmen die Videoformate auch die laufenden Kosten für die MAZ-Aufzeichnung. Wenn man mit DigiBeta arbeitet, statt mit S-VHS/Digital-S oder kostengünstiger DV, kostet allein eine Kassette mindestens 50 Euro.

10.1.2.2 Studioausstattung

Im Studio sind zudem eine Lichtenanlage (Scheinwerfer) sowie eine entsprechende Audiotechnik (Mikrofone) erforderlich. Hinzu kommen die Möblierung und sonstige Studioausstattung sowie ggf. ein Teleprompter.²²³

²²¹ Hochwertige digitale Studiokameras übertragen die Bildsignale (1:1) unkomprimiert im Standard CCIR 601. Hier kommen vor allem die MAZ-Formate D-1, D-5 und D-6 zum Einsatz. D-1 (Sony) ist ein digitales Komponentenformat. D-5 (Panasonic) ist eine Weiterentwicklung von D1. D2 (Ampex BTS) und D3 (Sony, Panasonic) sind digitale Komposit-Formate und werden aufgrund der schlechteren Bildqualität kaum verwendet. D-6 ist ein HDTV-Format, das jedes Bild mit mehr als 1150 Zeilen aufzeichnet.

²²² Die analogen Kameras übertragen die Bilder über entsprechende analoge Videokabel (YUV-Komponentensignal, FBAS, S-VHS-Kabel ...). Digital Betacam- und DVCPRO-Kameras übertragen komprimierte Komponentensignale mit Hilfe eines sog. "Serial Digital Interface" (SDI) über ein Koaxialkabel an die Bildregie.

Für DV-Kameras sind mittlerweile auch Fire-Wire-Verbindungen erhältlich, die eine direkte Aufnahme der DV-Bilder auf Festplatte (PC oder MAC) und damit eine durchgehend native Bearbeitung von der Kamera bis zur Sendekodierung ermöglichen. Diese Festplatten-Systeme (z.B. von PYRO oder FireStore) kosten zwischen 500 und 1.000 Euro. *Quelle: www.kodiak.de, www.slashcam.de*

²²³ Ein Tele-Prompter kostet neu ca. 14. Tsd. Euro. Um diese Kosten zu sparen, funktionieren viele Lokal-TV-Sender hierfür einen PC-Monitor um. Indem sie den Kathodenstrahl des Monitors umkehren, kann die Schrift

Je nach Umfang des Studios und Anzahl der Moderatoren und der geplanten Programmformate müssen darüber hinaus entsprechende Geräte zur Bild- und Tonregie angeschafft werden: Monitorwand, Bild- und Tonmischpult (vgl. nachfolgenden Abschnitt) sowie evtl. ein Telefonhybrid.²²⁴ Welche Ausstattung für die Bildregie notwendig ist, hängt auch entscheidend davon ab, ob ein Live-Programm produziert wird, bei dem Beiträge zugespült werden müssen.²²⁵

10.1.2.3 Bildbearbeitung (Video-Editing)

Ähnlich wie bei derameratechnik existieren auch für die Bildbearbeitung (Video-Editing) erhebliche Preisunterschiede, je nach dem ob man analog oder digital produziert und ob man semiprofessionelle oder professionelle Technik einsetzt.

Für die analoge Bildbearbeitung werden ein linearer Videoschnittplatz, ein Bildmischer²²⁶, ein Schriftgenerator sowie mehrere Player/Recorder und Monitore benötigt. Die Kosten für diese Geräte sind wiederum stark von den verwendeten MAZ-Formaten abhängig. Der Neupreis für einen professionellen, linearen Schnittplatz für Beta-SP mit integriertem Bildmischer und analoger Kopiermaschine liegt bei ca. 100 Tsd. Euro und darüber. Auch gebraucht kosten diese Geräte immer noch mehrere 10 Tsd. Euro. Einfache Schnittplätze und allein stehende Bildmischpulte sind günstiger zu erwerben.

Digitales Bildmaterial auf einer Festplatte kann im Gegensatz zu analogen Bändern "nicht-linearer" geschnitten werden. Das "nonlinear-editing" (NLE) ermöglicht es, dass jedes Bild einer Aufnahme in beliebiger Folge mit einem anderen zu einer veränderten Bildfolge aneinandergereiht werden kann. Zum digitalen Schnitt kommen Softwareprogramme von Pineaccl, Avid, Adobe (Premiere), Ulead, Fast Multimedia, Incite, Pinnacle oder Apple (Final Cut) zum Einsatz.

Für den Consumer-Bereich werden rein software-basierte Video-Schnitt-Software-Versionen für PC oder MAC in Kombi-Paketen mit Firewire-Karte für weniger als 100 Euro angeboten. Die DV-Inhalte werden hier über eine Firewire-Verbindung auf den Desk-Top-Rechner oder das Notebook überspielt. Semiprofessionelle und professionelle Bildformate (DVCPPro oder DigiBeta) können mit diesen Systemen in der Regel nicht bearbeitet werden, weil die Hardwarekapazitäten (Prozessor-Leistung und Arbeitsspeicher) nicht ausreichen, um diese hochauflösenden Bildformate zu bearbei-

spiegelverkehrt auf einen lichtdurchlässigen Spiegel projiziert werden, der vor der Kameralinse platziert ist. So kann ein Text vom Sprecher abgelesen werden, während er direkt in die Kamera schaut.

²²⁴ Ein Telefonhybrid ist ein System, mit dem Telefonanrufe von außen über Lautsprecher in das Studio geleitet werden können und damit eine Interaktion zwischen Moderator und Anrufer möglich wird. Die Kosten für einen Telefon-Hybriden liegen bei ca. 2.500 bis 3.000 Euro.

²²⁵ Sturm, Robert und Zirbik, Jürgen: "Die Fernseh-Station – Ein Leitfaden für das Lokal- und Regionalfernsehen", Konstanz 1998, S.404 ff

²²⁶ Bildmischgeräte ermöglichen es, statt harter Bildschnitte die Bildübergänge mit verschiedenen Blenden zu versehen. Darüber hinaus können durch aufgelegte Masken Bilder miteinander vermischt werden. Zudem können durch die sog. "Bluebox-Technik" einfarbige Hintergründe ausgeschnitten und mit anderen Bewegt- oder Standbildern gefüllt werden. Diese Form der Bildmischung wird "Keying" genannt. Mit dieser Technik können auf eine einfarbige Rückwand auch bei live gesendeten Studioproduktionen verschiedene Hintergründe in das Bild montiert werden. *Quelle: www.bet.de*

beitsspeicher) nicht ausreichen, um diese hochauflösenden Bildformate zu bearbeiten.²²⁷

Im Broadcast-Bereich müssen daher PCI-Karten-gestützte Systeme²²⁸ eingesetzt werden. Mit dieser zusätzlichen Hardwareunterstützung ist das Einspielen der Videobilder, die Videobildbearbeitung, die Integration von Grafik und 3D-Animation sowie Multilayer-Editing (Bearbeitung verschiedener Bildebenen) in Echtzeit möglich.

Marktgängige semiprofessionelle und professionelle Karten stammen z.B. von Matrox (Matrox RT, Matrox Digisiut), Pinnacle (z.B. Cinewave), Media 100 (z.B. i/DV) oder von Aurora (Igniter). Diese Karten werden häufig im Paket mit passender Videoschnitt- und Bildbearbeitungssoftware verkauft. Dabei handelt es sich um entsprechend höherwertige Versionen der oben genannten Schnitt- und Bearbeitungsprogramme.

Die Karten sind in unterschiedlichen Versionen auf dem Markt erhältlich, die sich in Bezug auf Leistungsfähigkeit und Preis unterscheiden. Die Leistungsfähigkeit der Karten unterscheidet sich anhand folgender Kriterien:

- die Videosignale, die als Eingangssignale genutzt werden können: S-Video, Composite-Video, FBAS, Komponentensignale, DVCam, DV, SDI
- die Codecs (Art der Speicherung, Komprimierungsstufe), mit der die Bildverarbeitung durchgeführt wird: DV, DVCam, DV50, M-JPEG²²⁹ oder unkomprimierte Verarbeitung²³⁰
- die Anzahl der Datenströme, die gleichzeitig verarbeitet werden können
- die im Paket enthaltene Software für unterschiedliche Bildbearbeitungseffekte
- die Videosignale, die ausgespielt werden können: S-Video, Composite-Video, FBAS, Komponentensignale, DVCam, DV, SDI, MPEG-2²³¹, MPEG-4 ...²³²

²²⁷ Wenn ein DV-Video über eine Firewire-Verbindung auf einen PC gespielt wird, geschieht dies nicht in Echtzeit. Das Schnittprogramm dekomprimiert die Daten und zeichnet dann das Video Bild für Bild auf (Capturing) und komprimiert die Daten wieder. Um die Videosequenzen zu bearbeiten (bspw. um eine weiche Blende oder einen fließenden Übergang zweier Szenen herzustellen), muss die Komprimierung wieder rückgängig gemacht werden. Dieser Vorgang der Dekomprimierung und Komprimierung erlaubt bei rein Software-basierten Systemen keine Bearbeitung in Echtzeit. Gleiches gilt für die Integration von Grafiken. Auch diese Bildbearbeitung kann hier nicht in Echtzeit vollzogen werden. Der Rechner benötigt Zeit, um die Grafik im Rahmen des "Renderings" in ein Videobild zu integrieren.

²²⁸ PCI steht für Peripheral Component Interconnect. Diese Karten nutzen ein standardmäßig im PC vorhandenes Leitungssystem (BUS) mit dem mehrere Steckkarten im Computer parallel angesteuert werden können. Der BUS ist 32 bzw. 64 Bit breit. *Quelle: www.computerlexikon.com*

²²⁹ Das M-JPEG-Format steht für Motion-JPEG und bezeichnet die Kompression der einzelnen Bilder nach dem JPEG-Verfahren, das aus dem Grafikbereich stammt. Üblicherweise basieren heutzutage Schnittlösungen für analoges Video (mit Ausnahme von DV) auf der M-JPEG-Komprimierung. Da die Bilder unabhängig voneinander komprimiert werden, ist ein bildgenauer Schnitt problemlos möglich. Allerdings ist die erzielbare Kompression gegenüber MPEG-1 und MPEG-2-Format (vgl. nächste Seite) wesentlich geringer, wenn man nicht deutliche Qualitätsverluste hinnehmen möchte. Ein M-JPEG-Video erfordert bei guter Bildqualität (S-VHS) einen Datendurchsatz von ca. 3 MB/s, bei sehr hohen Ansprüchen sind bis zu 15 MB/s realistisch. Der große Nachteil von M-JPEG ist, dass keine allgemeinen Standards existieren. Die Hersteller haben jeweils eigene Varianten entwickelt, die untereinander nicht kompatibel und daher auch nicht austauschbar sind.

²³⁰ Unkomprimierte Qualität: Huffman und Run-Length-Entropy-Kodierung

²³¹ MPEG steht für "Motion Pictures Experts Group". MPEG-2 ist der Standard-Codec, der zur Kompression digitale Bewegtbilder mit zugehörigem Audio im Rahmen des DVB-Standards (Digital Video Broadcast) zur digitalen Fernsehübertragung genutzt wird. *Quelle: www.adenet.ch/MP2video.htm*

²³² www.cam.de

Semiprofessionelle Systeme kosten (inkl. Software) zwischen 500 und 4.000 Euro. Bei den günstigeren Paketen müssen jedoch ggf. weitere Karten bzw. Software z.B. für die Bildnachbearbeitung oder das anschließende Encoding in MPEG-2 dazu gekauft werden.²³³

Die MPEG-2-Codierung ermöglicht verschiedene Komprimierungsstufen (Profiles) des digitalen Videomaterials und wird von Fernsehsendern für verschiedene Arbeitsprozesse verwendet. Das hochauflösende Profil "4:2:2 P@ML" (Studio-MPEG-2) wird eingesetzt, um digitales Bildmaterial zu schneiden und als weiterbearbeitungsfähiges Bildmaterial zu archivieren. Die digitale Distribution der MPEG-2-codierte Daten (über Kabel, Satellit oder terrestrisch) erfolgt in einer höheren Komprimierungsstufe, dem sog. "Main-Profile" (DVB/DVD-MPEG-2).²³⁴

²³³ Hardware-basierte MPEG-2 Encoder (PCI-Karte und Software), die das geschnittene Programm zur digitalen Übertragung offline in MPEG-2 codieren, sind ab ca. 300 Euro erhältlich. Kombinierte Karten-basierte Echtzeit-Encoding- und Decoding-Systeme z.B. für die Wandlung von SDI-, DV-Daten oder PAL in MPEG-2 und die Umwandlung von MPEG-2 in PAL sind ab 1.500 bis 2.000 Euro erhältlich. Professionelle Systeme kosten über 3.000 Euro. Professionelle hardware-basierte Echtzeit-Encoder-Systeme (4:2:2), z.B. von Tandberg oder TIER-NAN kosten zwischen 15.000 und 20.000 Euro.

²³⁴ Die Komprimierung digitaler Bildinformationen durch den MPEG-Codec geschieht durch drei Methoden: die Redundanzlimitierung (hier werden nur Änderungen in Bildinhalten weiterübertragen), die Irrelevanzreduktion (Bildstrukturen, die vom menschlichen Auge nicht erkannt werden können werden weggelassen) und die Bewegungskompensation. Bei der Bewegungskompensation werden nicht alle Änderungen pro Bild übertragen. Über eine bestimmte Anzahl von Bildern hinweg werden Bewegungen im Bild vorhergesagt und als Schätzwert übertragen. Bei Veränderungen die nicht durch Bewegung im Bild geschehen, wird nur die Differenz der Veränderung zwischen zwei Bildern übertragen. Der dadurch produzierte Bilddatenstrom besteht aus:

- I-Frames. (Intra-codierte Bilder): Dieser Bildertyp ergibt sich aus der Redundanz- und Irrelevanzreduktion und bildet die Referenzbilder für die nachfolgenden und zurückliegenden vorhergesagten Frames.
- P-Frames (Prädizierte Bilder): Diese Frames werden auf Grundlage des I-Frames vorhergesagt.
- B-Frames (Bidirektional prädizierte Bilder): Zwischen I-Frame und P-Frame liegt eine bestimmte Anzahl B-Frames. Diese werden auf der Basis des vorangegangenen I-Bildes und des folgenden P-Bildes codiert.

Je nachdem welche Bandbreite (Bitrate) für die Übertragung zur Verfügung steht, können durch die MPEG-2 Codierung unterschiedlich hohe Kompressionen vorgenommen werden. Dafür wurden sechs Profile und vier Levels entwickelt. Die Kombination von Profile und Level beschreibt die jeweilige MPEG-2 Variante. Die Level stehen für die jeweilige Bildauflösung. Die Profile bestimmen Bildwechselfrequenz und Sampling (Abtastfrequenz). In der nachfolgenden Tabelle sind zu jedem Profil in jedem Level die maximal notwendige Übertragungsbandbreite (Netto-Datenrate) sowie die Bildauflösung (Zeilen und Spalten) angegeben.

MPEG-2 Level und Profile

Level/Profile	Simple Profile	Main Profile	SNR Profile	Spatial Profile	High Profile	422 Profile
Low Level (S-VHS-Qualität)		4 Mbit/s 352 x 288				
Main Level (PAL-Qualität)	15 Mbit/s 720 x 576	15 Mbit/s 720 x 576	15 Mbit/s 720 x 576		20 Mbit/s 720 x 576	50 Mbit/s 720 x 576
High 1440 Level (HDTV)		100 Mbit/s 1440 X 1152		60 Mbit/s 1440 X 1152	80 Mbit/s 1440 X 1152	
High Level (HDTV)		60 Mbit/s 1920 x 1152			100 Mbit/s 1920 x 1152	

Quelle: www.glossar.de

- **422 Profile:** Das 422-Profil @ Main Level arbeitet mit 4:2:2 Sampling und wird für die Postproduktion und Archivierung verwendet. Die Bildauflösung entspricht dem PAL-Standard (720 x 576 Bildpunkte)

Professionelle digitale Kartensysteme (z.B. Matrox-Digisiut) kosten (inkl. Software) zwischen 6.000 und 15.000 Euro. Je nach Version und Software können hiermit neben einer Vielzahl von Video-Editing- und Video-Compositing-Funktionen auch datenbankgestützte Split-Screen-Applikationen erstellt werden.²³⁵ Diese Systeme erlauben das Authoring und die Programmierung verschiedenster Split-Screen-Darstellungen mit geteilten Videobildern, Bild-in-Bild-Darstellungen sowie die Integration von Laufbändern (Crawls) und können mit unterschiedlichen Datenbanken (i.d.R. SQL-Datenbanken wie Access) verknüpft werden.

Geschlossene digitale Schnittplätze, die auf Desk-Top-Rechnern (PC oder Mac) vorinstalliert sind und deren Hard- und Software speziell konfiguriert und abgestimmt ist, kosten zwischen 15.000 und 100.000 Euro (z. B. AVID Media Composer, Discreet Smoke oder Accom Affinity).

Professionelle digitale Schnittplätze, die in geschlossenen Systemen installiert sind und über eine Peripherie mit speziellen Bedienelementen verfügen, die den analogen Schnittplätzen entsprechen, kosten oft mehr als 200 Tsd. Euro. Dafür bieten sie jedoch auch die größte Laufstabilität bzw. die höchste Ausfallsicherheit. Die gleichen Preise gelten für geschlossene digitale Video-Effekt-Geräte und Schriftgeneratoren (DVE-Systeme). Digitale Bildmischer sind als Stand-Alone-Geräte in einfacher Ausführung ab 3.000 Euro zu erhalten. Professionelle Geräte sind ab 40 Tsd. Euro zu erwerben.

10.1.2.4 Tonbearbeitung (Audio-Editing)

Weitere Geräte sind für die Tonbearbeitung notwendig. Die Mischung der Originaltöne wird bei digitaler Bildmischung bereits beim Schnitt am PC durchgeführt. Zusätzliche Sprach- und Musiksequenzen werden auf Audiomischpulten bearbeitet.²³⁶ Für die Tonbearbeitung im Regional- und Lokalfernsehen können einfache, analoge Tonmischer verwendet werden, die gebraucht schon für wenige Hundert Euro erhältlich sind.

Professionelle digitale Audiomischpulte kosten ca. 50 Tsd. Euro. Es werden jedoch auch kleine, digitale Audiomischpulte ab 3.000 Tsd. Euro angeboten. Digitale Audiomischgeräte haben den Vorteil, dass sie individuell für die einzelnen Sprecher vorprogrammiert werden können.²³⁷

-
- **High Profile:** Das High Profile @ High Level wird für HDTV-Programme verwendet.
 - **Main Profile:** Das Main Profile @ Main Level wird vor allem für Distribution, d.h. für DVDs und für digitales Fernsehen (DVB) verwendet.
 - **Simple/SNR/Spatial Profile:** Diese Profile kommen seltener zum Einsatz und eignen sich für kostengünstige Applikationen, zum Beispiel Telekommunikation.

²³⁵ Hier bieten sich das InfoCaster Systeme von Inscribe oder das Matrox InfonetTV-System an, die beide etwa für 8.000 Euro im Handel erhältlich sind.

²³⁶ Sturm, Robert und Zirbik, Jürgen: "Die Fernseh-Station – Ein Leitfaden für das Lokal- und Regionalfernsehen", Konstanz 1998, S.404 ff

²³⁷ Bei der digitalen Tonbearbeitung wird das AES-Format verwendet. Dabei handelt es sich um ein von der Audio Engineering Society (AES) und der European Broadcasting Union (EBU) genormtes digitales Tonformat, das zwei analoge Tonsignale mit einer Abtastfrequenz von 48 kHz abtastet und mit üblicherweise 16 Bit linear quantisiert. Die Datenrate umfasst mit Hilfssignalen und einem Time Code insgesamt 3,072 MBit/s. *Quelle: www.bet.de*

Für die Zuspielung weiterer Audioquellen werden verschiedene Player (Tape, CD, Dat, MP-3) benötigt. Für die nachträgliche Aufnahme von Kommentaren muss eine schallisolierte Sprecherkabine eingerichtet werden.

10.1.2.5 Videotext und Bildtafeln

Soll ein programmbegleitendes oder programmerkänzendes Videotext-Angebot produziert werden, benötigt man einen Videotextgenerator (Teletext-Editoren, Teletext-Inserten). Diese lassen sich teilweise auch für Telezeitungs-Angebote auf dem Fernsehkanal nutzen.

Einfache Videotextgeneratoren (Software inkl. Datenbank und Redaktionssystem und komplementäre Hardware) zur Erstellung und Speicherung von Videotextseiten und deren Einbindung in ein analoges Videosignal kosten etwa zwischen 2.000 und 3.200 Euro, je nach dem, ob es sich um PC-Karten-basierte Systeme für Windows-PCs oder um geschlossene Systeme handelt. Systeme, die gleichzeitig Teletextseiten und Standbilder (Bildtafeln) erzeugen, kosten ca. 7.000 Euro.

Will man nur Bildtafeln als Slide-Shows ohne Videotext anbieten, benötigt man einen Slide-Show-Generator. Diese Systeme gibt es mittlerweile auch als Software-Pakete für Standard-PCs. Die günstigste Variante stellt eine automatisierte Microsoft Powerpoint-Präsentation dar, die über eine Video-Out-Karte ausgespielt wird. Professionelle Systeme sind preislich vergleichbar mit den Teletext-Systemen bzw. sind teilweise bereits darin integriert.

10.1.2.6 Workflow: Bearbeitung, Speicherung und Distribution

Die meisten Regional- und Lokal-TV-Sender bearbeiten ihr erstelltes Videoprogramm noch in sog. "Turnschuh-Netzwerken", d.h. die Videobilder werden in analoger oder digitaler Form auf Bändern zu den einzelnen Arbeitsstationen der Video- und Audio-Postproduktion gebracht.

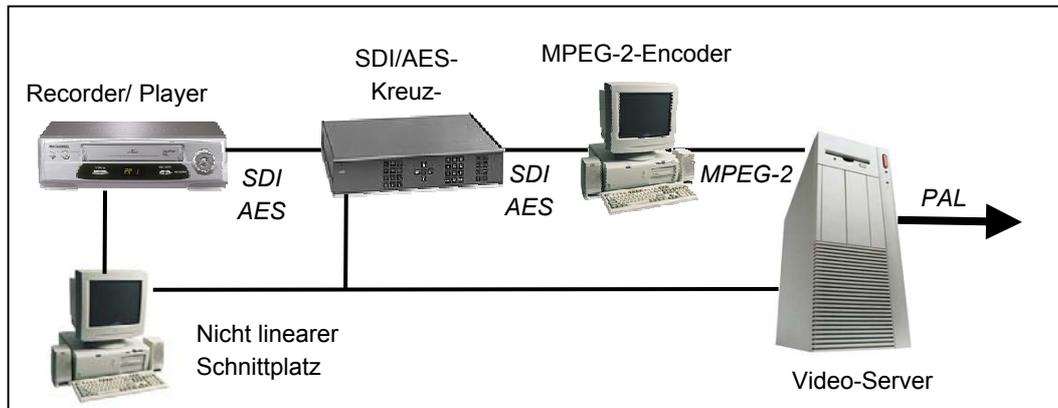
Das fertige Band wird dann manuell, halbautomatisch oder automatisch über analoge Videoplayer (PAL) oder digitale MPEG-2-Player ausgespielt. Über Kreuzschienen²³⁸ können diese Player z.B. mit Bildschirmtafel-Generatoren verbunden werden. Die Kreuzschienen-Systeme regeln in diesem Zusammenhang, wann welche Inhalte zur Ausspielung gelangen. Die für die digitale Ausspielung benötigten broadcastfähigen Video-Player kosten ca. 1.500 Euro.

In einigen Regional- und Lokal-TV-Sendern sind bereits "Video-Server" (Play-Out-Server) installiert. Auf diesen Servern sind die zur Ausspielung vorgesehenen Videodaten abgespeichert und werden anhand einer "Playlist" ausgespielt. Verwaltung und

²³⁸ Eine Kreuzschiene ist ein Gerät, mit dem immer nur eine von mehreren Signalquellen per Tastendruck oder PC-Steuerung durchgeschaltet wird. Je nach Bilddistribution werden analoge oder digitale Kreuzschienen verwendet. *Quelle: www.bet.de* Je nach Art und Anzahl der Quellen und der benötigten Bandbreiten betragen die Kosten für diese Kreuzschienen zwischen wenigen Hundert Euro bis weit über 10 Tsd. Euro für komplexe Kreuzschienen-Systeme.

Play-Out der Clips (Videsequenzen) werden durch Datenbanken, z.B. auf Basis von XML SQL (Microsoft) oder MySQL realisiert. In der Playlist werden auch die Überblendzeiten, die Logoeinblendungen sowie eine mögliche Videotextzuschaltung festgelegt. Dieser Prozess wird als "Sendeablaufsteuerung" bezeichnet.

Abbildung 11: Play-Out-Steuerung über Video-Server



Quelle: Eigene Darstellung

Moderne digitale Fernsehstudios verfügen mittlerweile über sog. "Storage Area Networks" (SAN). Mit einem SAN können die digitalen Videodaten auf einem zentralen Video-File-Server²³⁹ z.B. in DV, DVCPPro, M-JPEG oder MPEG-2 (4:2:2) gespeichert werden, auf den dann mehrere Computerarbeitsplätze gleichzeitig und in Echtzeit zugreifen können.²⁴⁰ Sofort nach Aufnahmeabschluss einer Studioproduktion kann hier ohne Verzögerung der Videoschnitt einsetzen. Von den Schnittplätzen wird das Material wieder auf dem SAN gespeichert und dann in die Postproduktion importiert. Externe Produktionen werden per Festplatte oder Band eingespielt. Nach Fertigstellung erfolgt der Export in ein vom Sendeserver unterstütztes File-Format. Der Sendeserver (Play-Out-Server) ist i.d.R. in das SAN-System integriert.

Einfache SAN-Systeme sind ab 20 Tsd. Euro erhältlich. Die professionellen SAN-Systeme (File-Server und Play-Out-Server) kosten oft mehr als 60 Tsd. Euro. Die Kosten für große SAN-Systeme, z.B. von Ciprico Inc.²⁴¹, DataDirect Networks²⁴² oder Rorke Data²⁴³, betragen mehrere 100 Tsd. Euro. Die SAN-Server unterscheiden sich vor allem in der Arbeitsgeschwindigkeit, der Größe der Festplatten (Speicherkapazität) sowie der vorhandenen Redundanz, damit bei Ausfall einer Hardware der Sendebetrieb weiterläuft.

²³⁹ In diesem Video-Server arbeiten Festplatten in einem Verbund zusammen, der von einer Steuerelektronik überwacht wird. Man spricht von einem sog. "RAID" System (Redundant Array of Independent Disks, Redundante Einheit unabhängiger Festplatten).

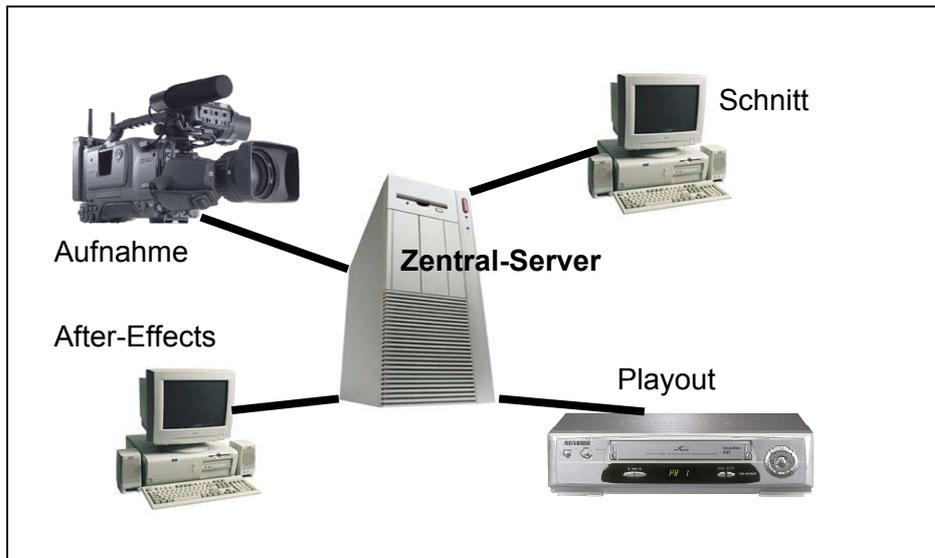
²⁴⁰ Um einen Zugriff auf das Videomaterial in Echtzeit zu realisieren, muss das jew. LAN (Local Area Network) Geschwindigkeiten von mindestens 100 Mbit/s (100BaseT Voll-Duplex Gigabit Ethernet) pro Arbeitsstation ermöglichen. Große SAN-Systeme erlauben Arbeitsgeschwindigkeiten von 2 Gigabit/s.

²⁴¹ www.ciprico.com

²⁴² www.datadirectnet.com

²⁴³ www.rorke.com

Abbildung 12: Darstellung eines Storage Area Networks (SAN)



Quelle: Eigene Darstellung

10.1.3 Senderstandort / Raumbedarf

Die Produktion eines Fernsehprogramms erfordert einen relativ hohen Raumbedarf. Man benötigt i.d.R. folgende Räume oder Raumteile:

- Studio(s)
- Lagerraum
- Postproduktion
- Schnittplätze
- Tonkammer
- Technikraum
- Serverraum
- Archiv
- Büroraum (oder Bürozellen)
- Besprechungsraum
- Veranstaltungsraum
- Sozialräume: Toiletten, Küche

Damit werden schnell Grundflächen von über 300 qm gefüllt. Hier kommt es darauf an, ein kostengünstiges Gebäude zu finden, das vor allem über einen Raum mit der notwendigen Deckenhöhe für ein Studio verfügt.²⁴⁴ Zudem sollten bei der Auswahl des Sendestandortes infrastrukturelle Gegebenheiten wie Verkehrsanbindung, Nähe zum Zentrum der Berichterstattung sowie evtl. Nähe zu Kabeleinspeisepunkten oder Funktürmen berücksichtigt werden.

²⁴⁴ Aufgrund der hohen Hitzeentwicklung der Lichtanlagen ist eine Deckenhöhe von fünf Metern wünschenswert.

10.2 Kabelnetz-Distribution

10.2.1 Einführung

Die Verbreitung regionaler und lokaler Fernsehsender beschränkt sich in der Regel auf die analoge Kabelnetzverbreitung. Eine zusätzliche terrestrische Verbreitung sowie eine Verbreitung über Satellit kann von den meisten Veranstaltern nicht finanziert werden. Damit erreichen vieler Regional- und Lokal-TV-Sender nur 50 Prozent der Fernsehhaushalte in ihrem Verbreitungsgebiet.

Tabelle 29: Fernsehempfang in Deutschland Ende 2002 nach Empfangsarten

Signalübertragung	in Mio.	in Prozent**
Terrestrischer Empfang	2,95	8,8
Fernsehhaushalte mit Kabelanschluss		
Analoges Kabel	15,36	45,8
Digitales Kabel	1,62	4,8
Gesamt	16,98	50,6
Fernsehhaushalte mit Satellitenempfangsanlage		
Analog-Sat	11,71	34,3
Digital-Sat	2,10	6,3
Gesamt	13,81	40,6
<i>davon Individual-Empfang (DTH)</i>	<i>8,40</i>	<i>25,0</i>
Fernsehhaushalte gesamt	33,6	100

Basis: 33,56 Mio. deutschsprachige TV-Haushalte insgesamt (inkl. ausländ. Fernsehhaushalte: 36,7 Mio. TV-Haushalte)
Quellen: AGF/GfK-Fernsehforschung 2002, SES/ASTRA SES Astra German Satellite Monitor, NFO Infratest März 2003

Die Kosten für die analoge Kabelnetzübertragung lassen sich unterteilen in Kosten für die Zuführung des Signals zur Einspeisung in das Kabelnetz (Signalzuführungskosten) und in Kosten für die Durchleitung des Signals zu den Haushalten.

Die bundesweit verbreiteten Programme verfügen über die finanziellen Mittel, um ihr Programm analog und digital über Kabel-Festverbindungen, Satellit und teilweise auch terrestrisch auszustrahlen. Diese Programme sind damit für jede Kabelkopfstation empfangbar. Bei diesen Sendern steht eine qualitativ hochwertige, ausfallsichere Form der Signalverbreitung im Vordergrund.

Für Regional- und Lokal-TV-Sender stellen die Verbreitungskosten i.d.R. einen wesentlichen Kostenfaktor dar (teilweise mehr als 20 Prozent der Gesamtkosten). Hier gilt es, ein TV-Signal in akzeptabler Qualität so kostengünstig wie möglich zu distribuieren. Dabei spielt die Distanz, die zwischen Fernsehsender und Kabeleinspeisepunkt liegt, sowie die Anzahl der Einspeisepunkte eine wesentliche Rolle.

Bei Regional-TV-Veranstaltern, die ihr Programm in Ballungs- und Verdichtungsräumen oder nur in einzelnen Städten verbreiten, hängt der Aufwand für die Kabelnetzeinspeisung vom Aufbau der regionalen Netzinfrastruktur ab. Wenn die Städte und Ort-

schaften im Verbreitungsgebiet durch ein zusammenhängendes Regional-Netz versorgt werden, muss das Fernsehsignal nur an eine Breitbandkabel-Verteilstelle (BKVtSt) oder an übergeordnete Breitbandkommunikations-Verstärkerstellen (üBKVrSt) der ehemaligen Kabelregionalgesellschaften der Telekom herangeführt werden, um alle Kabel-TV-Haushalte zu erreichen. Hierbei handelt es sich um die sog. "Netzebene 3".²⁴⁵ Zu den ehemaligen Kabelregionalgesellschaften gehören die Kabel Deutschland²⁴⁶, Kabel Baden-Württemberg, Ish²⁴⁷ und eKabel Hessen (lesy).

²⁴⁵ Die Kabelnetzstruktur, wie sie vor allem in Westdeutschland und West-Berlin durch die Deutsche Bundespost (später Deutsche Telekom) aufgebaut worden ist, lässt sich in vier Netzebenen unterteilen:

Netzebene 1: Der Rundfunksender

Als Netzebene 1 werden die Netze bezeichnet, die Hörfunk- oder Fernsehsender zur Übertragung von Bild und Ton innerhalb ihrer Studios sowie zwischen einzelnen Sendestandorten nutzen. Für die Verbindung zwischen den einzelnen Sendestandorten werden Satellitenverbindungen oder ATM-Verbindungen genutzt.

Netzebene 2: Vom Rundfunksender über Kopfstationen/Verteilstellen zur lokalen Verstärkerstelle

Die Netzebene 2 bezeichnet den Abschnitt, wo das Rundfunksignal den Sender verlässt, um in die erdgebundenen physischen Kabelnetze eingespeist zu werden. Für die bundesweite Einspeisung in das Kabelnetz müssen via Kabel und Satellit ca. 450 große überregionale Kabelkopfstationen erreicht werden. Dabei handelt es sich i.d.R. um Fernmeldetürme der Deutschen Telekom. Hier befinden sich die technischen Einrichtungen für den Empfang terrestrischer Programme und oft auch für die Satelliten-Programme. Die von den Kabelkopfstationen der Deutschen Telekom empfangenen Satelliten-Signale werden an sog. "Breitbandkommunikations-Verteilstellen" (BKVtSt) weitergeleitet. Die Breitbandkommunikations-Verteilstellen sind häufig direkt in einem Fernmeldeturm untergebracht. Hier findet die Übergabe des Fernsehsignals an die ehem. Kabel-Regionalgesellschaften der Deutschen Telekom bzw. Kabel Deutschland statt. Von der üBKVrSt wird das Signal zu einer sog. "benutzerseitigen lokalen Verstärkerstelle" (bBKVrSt) weitergeleitet, die in den einzelnen Ortsteilen installiert ist. Hier beginnt die Netzebene 3.

Netzebene 3: Von der lokalen Verstärkerstelle zum Hausanschluss

Die Netzebene 3 beginnt bei der sog. "Benutzerseitigen Verstärkerstellen" (bBKVrSt), die sich in den einzelnen Stadtteilen bzw. in den Ortschaften vorwiegend in Gebäuden der Deutschen Telekom befinden. Von dort wird das Signal über weitere Verstärker in der Straße zu Übergabepunkten (den sog. "Straßenverteiler") in den einzelnen Wohngebieten transportiert. Die auch als "Ortsverteilnetz" bezeichnete Netzebene 3 übernimmt damit die flächendeckende Versorgung abgegrenzter Anschlussbereiche und besteht vorwiegend aus Koaxial-Kabeln. Vom Straßenverteiler aus gelangt das Signal bis an die Grundstücksgrenze bzw. bis zur Hausverteilstelle im Keller. Hier endet die Netzebene 3. Die Netzebene 3 wird zu 85 Prozent von den neun ehemaligen Kabelregionalgesellschaften der Deutschen Telekom betrieben. Die übrigen 15 Prozent werden von regionalen und lokalen Kabelnetzbetreibern geführt.

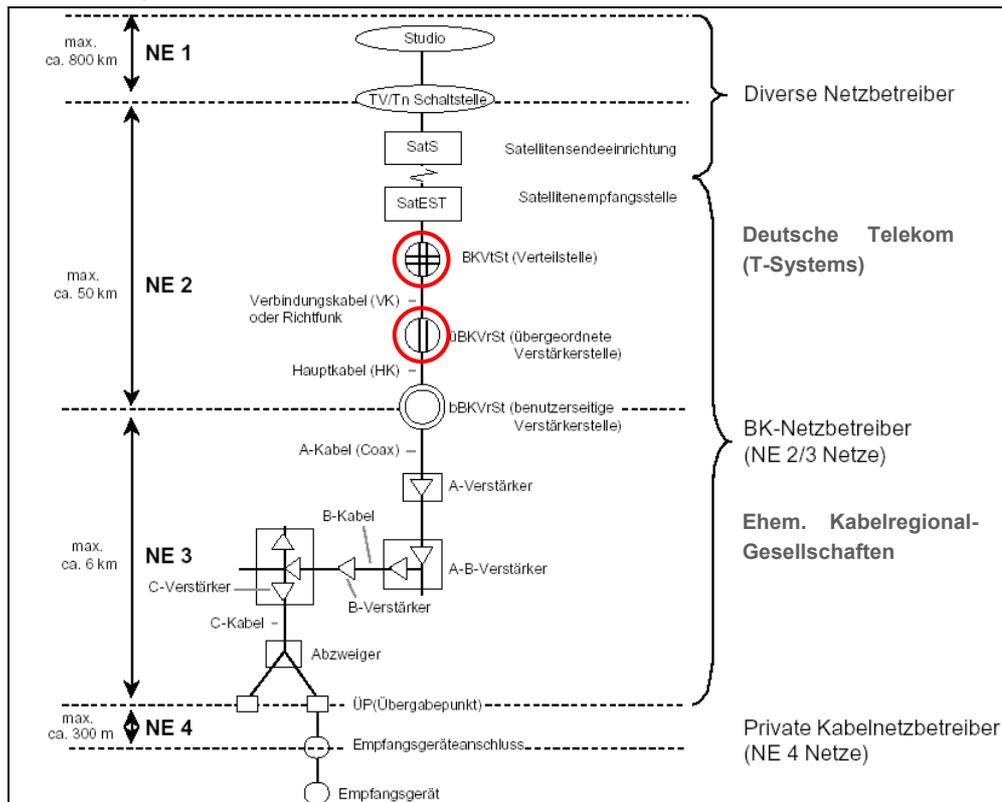
Netzebene 4: Von der Hausverteilstelle zum Wohnungsanschluss

Die Netzebene 4 bezeichnet den direkten Anschluss zwischen regionaler Netzstruktur und Hausstandort. In den meisten Fällen handelt es sich hierbei nur um die Kabelstrecke vom Straßenverteiler bis zur Hausverteilstelle und von dort zum Wohnungsanschluss. Diese Netzstrecke verläuft auf privatem Grund und wird i.d.R. über Gestattungsverträge²⁴⁵ mit der Wohnungswirtschaft (Einzeleigentümer oder Wohnungsgesellschaft/-genossenschaft) durch eine Vielzahl von großen, mittleren und kleinen Netzbetreibern installiert, betrieben und gewartet. *Quelle: Pospischil, Rudolf: "Die Zukunft des Kabels" in Kubicek, Klumpp, Fuchs, Rossnagel (Hrsg.): "Internet@Future - Jahrbuch Telekommunikation und Gesellschaft 2001", Heidelberg 2001, S. 147*

²⁴⁶ Die Kabel Deutschland betreibt Kabelnetze in folgenden Regionen: Hamburg/Schleswig-Holstein/Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen/ Bremen, Berlin/Brandenburg, Sachsen/Sachsen-Anhalt/Thüringen, Rheinland-Pfalz/Saarland, Bayern (www.kabeldeutschland.de)

²⁴⁷ Der Netzbetreiber Ish betreibt die Kabelregion Nordrhein-Westfalen. (www.ish.de)

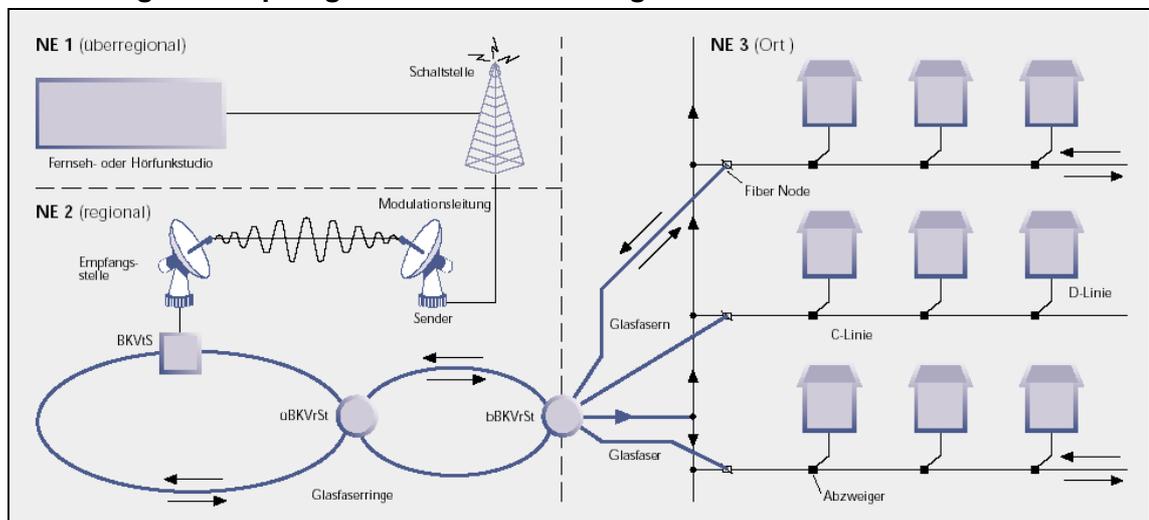
Abbildung 13: Struktur der BK-Netzebenen 1 – 4



Quelle: Pospischil, Rudolf: "Die Zukunft des Kabels" in Kubicek, Klumpp, Fuchs, Rossnagel (Hrsg.): "Internet@Future - Jahrbuch Telekommunikation und Gesellschaft 2001", Heidelberg 2001, S. 147

Neben den Kabelregionalgesellschaften betreiben auch mittelgroße Kabelnetzbetreiber wie Primacom, die Tele Columbus-Holding, Bosch und EWT/TSS flächendeckend regionale und lokale Kabelnetze. Dafür haben diese regionalen Netzbetreiber eigene NE2/NE3-Strukturen mit neuen HFC-Netzen (Hybrid-Fiber-Koaxial-Netze) mit mehreren hierarchisch organisierten Glasfaser-Ringen aufgebaut. Auch hier muss das Signal häufig nur an einen bestimmten Einspeisepunkt herangeführt werden, um das Fernsehsignal in einer ganzen Region zu verbreiten.

Abbildung 14: Topologie eines HFC-BK-Ringnetzes



Quelle: Price Waterhouse Coopers (PWC): "Der Breitbandkabelmarkt Deutschland – Vom Kabel-TV-Netz zum Full-Service-Network", Frankfurt a.M. 2000, S. 53

Werden die Kabel-TV-Haushalte im Verbreitungsgebiet jedoch durch unterschiedliche regionale oder lokale Kabelnetze versorgt, die nicht miteinander verbunden sind, muss das Signal an mehrere Verstärkerstellen oder Kabelkopfstationen herangeführt werden. Diese Situation findet sich vor allem in den ostdeutschen Bundesländern, wo Ortschaften und Ortsteile (Siedlungen) durch eigenständige lokale Netzbetreiber versorgt werden.²⁴⁸

Diese Netzbetreiber übernehmen häufig nicht das Signal der Telekom, sondern verfügen über lokale Kopfstationen, mit denen sie die über Satellit und Terrestrik verbreiteten Rundfunkprogramme empfangen und nach Vorgabe der einzelnen Landesmediengesetze in die lokalen Ortsnetze eingespeisen. Bei diesen Kabelnetzen handelt es sich in den meisten Fällen um die zu DDR-Zeiten entstandenen "Antennengemeinschaften". Diese Antennengemeinschaften waren von den Bewohnern kleiner Ortschaften und Wohnanlagen in Eigeninitiative gebildet worden, die durch ihre topografische Lage die terrestrischen Rundfunksignale des DDR-Fernsehens (und der westdeutschen Programme von ARD und ZDF) nicht störungsfrei empfangen konnten. Die einzelnen Haushalte wurden hier über Kabel an eine leistungsstarke Gemeinschaftsantenne angeschlossen. Schätzungen gehen davon aus, dass ca. 4.000 solcher selbst finanzierten Antennengemeinschaften gebildet wurden,²⁴⁹ was in den neuen Bundesländern zu einer Kabelanschlussdichte von 60 Prozent führte.²⁵⁰

Für viele Regional- und Lokal-TV-Veranstalter in Ostdeutschland bedeutet dies, dass sie nicht selten mehr als 10 dieser Kabelkopfstationen erreichen müssen, damit das Programm in allen lokalen Netzen im Verbreitungsgebiet empfangen werden kann.²⁵¹ Hier gilt es für die Regional- und Lokal-TV-Sender teilweise erhebliche Distanzen zu überbrücken.

Je nach Länge der Zuführungswege, Anzahl der zu versorgenden Verstärkerstellen bzw. Kabelkopfstationen und der zur Verfügung stehenden finanziellen Mittel existieren im Regional- und Lokal-TV-Markt zwei Modelle der Signalheranführung:

- Signalheranführung in Echtzeit
- Zeitversetzte Signalheranführung

²⁴⁸ Seit 1985 sind auf der Netzebene 4 ca. 6.000 mittelgroße, kleine und Kleinst-Netzbetreiber entstanden, die über Gestattungsverträge mit Privateigentümern, Wohnungsbaugesellschaften und Wohnungsgenossenschaften zwischen 100 (bzw. kleiner 100) und 30.000 Wohneinheiten betreuen. Davon versorgen 3.500 Unternehmen als Kleinstbetreiber Wohneinheiten bis zu einer Anzahl von 300. Weitere 2.500 kleine und mittelgroße Netzbetreiber versorgen Wohneinheiten in einer Anzahl zwischen 300 und 30.000.

Quellen: Fachverband Rundfunkempfangs- und Kabelanlagen (FRK): "Zum Thema: Die Renaissance des Mittelstandes", Jahrgang 2001, Nr. 3 und

Messmer, Siegbert: "Digitales Fernsehen in Deutschland – Eine industrieökonomische Analyse des wirtschaftspolitischen Handlungsbedarfs", Frankfurt a.M. 2002, S. 37ff

²⁴⁹ Altrogge, Michael et. al.: "Lokal-TV zwischen Heimat- und Regionalfernsehen – Anbieter und Nutzer des privaten Lokalfernsehen in Sachsen", Berlin, 1999, S. 16 ff

²⁵⁰ vgl. dazu ausführlich: Richter, Hartmut | Zippel, Antje et.al.: "Struktur der Thüringer Kabelnetze – Ein Beispiel für die Struktur ostdeutscher Kabelnetze", TLM Schriftenreihe Band 7, 1999

²⁵¹ In einzelnen Fällen muss ein Sender bis zu 80 Kopfstationen erreichen, um das lizenzierte Kabelverbreitungsgebiet abdecken zu können.

Der Vorteil einer Ausspielung in Echtzeit ist, dass man das Programm erst kurz vor dem Zeitpunkt der Ausspielung fertig gestellt haben muss und damit über einen längeren Programmvorlauf verfügt. Bei der zeitversetzten Signalheranführung werden die Inhalte zuerst zu den einzelnen Einspeisepunkten transportiert, dort gespeichert und zeitversetzt über eine sog. "Sendeabwicklung" als Programmschleife (Repeat-TV) ausgestrahlt. Der große Nachteil einer zeitversetzten Signalzuführung liegt darin, dass i.d.R. kein tagesaktuelles Programm ausgestrahlt werden kann.

10.2.2 Manuelle Einspeisung

Die manuelle Einspeisung ist die kostengünstigste, aber auch entsprechend arbeitsintensivste Form einer zeitversetzten Signaleinspeisung. Hier werden die Videoinhalte über einzelne Sendebewicklungen in den einzelnen Kabelkopfstationen ausgespielt.

Eine analoge Sendebewicklung besteht in der Hauptsache aus einem programmierten Videorecorder, der über eine Kreuzschiene evtl. noch mit einem PC gekoppelt ist, der Bildschirm-Tafeln (als Slide-Show) während des Bandrücklaufs und in den Nebenzeiten ausspielt, wo kein Videoprogramm gezeigt wird. Die zweite Möglichkeit besteht darin, dass ein PC die Funktionsweise des Videorecorders direkt über eine Videorecordersteuerung (z.B. über Powerswitch, CoriScan, Control-X-Box) kontrolliert.

Bei einer vollständig PC-gestützten digitalen Sendebewicklung werden die Videosignale und Bildschirm-Text-Daten auf einem PC gespeichert und ausgespielt. Hier regelt eine sog. "Play-List" die Ausspielung. Die PCs müssen jeweils mit MPEG-2-Decodern und einer TV-Out-Karte²⁵² ausgestattet sein.

Will man zusätzlich Videotext einspeisen, muss an jeder Kopfstation zusätzlich ein Teletext-Insertion installiert bzw. in den Sende-PC integriert werden. Aufgrund der geringen Datenmengen, die zum Update von Videotextangeboten benötigt werden, können diese Daten über eine einfache DFÜ-Verbindung (ISDN) per Modem übertragen werden.

Je nach Anzahl der Kabelkopfstationen müssen einzelne Personen ("Reitender Bote") an einem oder an mehreren Tagen in der Woche die Stationen abfahren, um die Videobänder auszuwechseln oder neue Videodaten aufzuspielen. Auf diese Weise kann i.d.R. kein tagesaktuelles Programm ausgestrahlt werden. Die Lokal-TV-Sender mit manueller Einspeisung produzieren daher Wochenprogramme.

Einige kommunale und lokale Kabelnetzbetreiber haben zur Betriebskontrolle ihrer Kabelkopfstationen aktive Rückkanäle eingerichtet. Dieser aktive Rückkanal wird in Ostdeutschland in Einzelfällen genutzt, um Video-Daten oder Bildschirmtafelinhalte auf den PCs in der Kabelkopfstation zu aktualisieren. Teilweise handelt es sich dabei um reine Infokanäle (nur Bildschirmtafelangebote), die von den Kabelnetzbetreibern selbst betrieben werden.

²⁵² TV-Out-Karten sind ab 40-Euro zu kaufen. Jedoch muss hier besonders auf Stabilität und Systemkompatibilität mit dem jeweiligen Betriebssystem geachtet werden.

Werden Windows-PCs zur Sendeabwicklung in den Kopfstellen eingesetzt, stellt die Lauf-Stabilität dieser Rechner ein Problem dar, weil hier die Gefahr des Systemabsturzes relativ groß ist.²⁵³ Um eine reibungslose Signaldistribution zu gewährleisten, werden daher häufig geschlossene PC-Systeme für die Sendeabwicklung eingekauft. Diese garantieren eine hohe Laufstabilität. In Sachsen setzt die Hälfte der Sender mit manueller Einspeisung alte Industrierechner (Amiga) ein, die über eine sehr robuste Laufweise verfügen.²⁵⁴

10.2.3 Kabelgebundene Signalzuführung

10.2.3.1 Zuführung über analoge Standard-Festverbindung

Die Signale der Regional- oder Lokal-TV-Programme können über verschiedene Zuführungsleitungen zu den einzelnen Kabelkopfstationen transportiert werden. Im Normalfall wird das analoge Fernsehbildsignal über eine sog. "Analog R5M Standard-Festverbindung" der Telekom an die Kabelkopfstation oder die Verstärkerstelle (übKVRSt) herangeführt.²⁵⁵

Für eine R5M-Leitung erhebt die Telekom monatlich entfernungsabhängige Gebühren, die sich an folgenden Gebietsgrößen orientieren: Ortszone 1²⁵⁶, Ortszone 2²⁵⁷ (bis 20 km), Fernzone bis 50 km, Fernzone bis 100 km, Fernzone über 100 km. Ab Ortszone 2 wird eine Gebühr pro Hundert Metern berechnet. Wenn TV-Sender und Kabelkopfstation sich innerhalb eines Ortes befinden und weniger als 20 km von einander entfernt sind, kostet die Überlassung einer R5M-Standardverbindung mit Stereo-Ton 1.630 Euro pro Monat (netto) und 12,70 Euro (netto) pro angefangene 100 Meter.²⁵⁸

²⁵³ Hier kommt es u.a. darauf an, welche Komponenten (z.B. TV-Karten) man für die Sendeabwicklung nutzt und ob diese Komponenten aufeinander abgestimmt sind. Bei Einsatz von Windows-PCs ist die Überwachung der Hardware durch einen Rückkanal, wie z.B. eine Internet-Anbindung oder ein Mobilfunkverbindung (Status-Nachricht per SMS), notwendig. Zusätzlich sollten die PCs für einen automatischen Neustart (Reset) programmiert werden.

²⁵⁴ Quelle: ARiS

²⁵⁵ Standard-Festverbindungen Analog R5M sind dauerhaft bereitgestellte analoge Übertragungswege, die der Übermittlung von Fernsehsignalen der PAL-Norm B, G und H oder der NTSC-Norm M dienen. Sie werden als Standard-Festverbindungen Analog R5M (ohne Begleitton), Standard-Festverbindungen Analog R5M mit Monoton und als Standard-Festverbindungen Analog R5M mit Stereoton angeboten. Zur Übermittlung von Monotonen Signalen werden Standard-Festverbindungen Analog R15K (Mono) und zur Übermittlung von Stereotonen Signalen oder Zweiton-Signalen werden Standard-Festverbindungen Analog R15K (Stereo) (je zwei Standard-Festverbindungen Analog R15K (Mono)) überlassen. Die Mindestmietzeit für Standard-Festverbindungen Analog R5M beträgt ein Jahr, drei Jahre oder fünf Jahre.

²⁵⁶ Ortszone 1: Leitungen, deren Enden in demselben Anschlussbereich eines Ortsnetzbereichs liegen

²⁵⁷ Ortszone 2: Leitungen, deren Enden in verschiedenen Anschlussbereichen eines Ortsnetzbereichs liegen

²⁵⁸ Preisliste "Dauernd überlassene TV/TN-Leitungen" der T-Systems International GmbH Media Broadcast, Stand: November 2002

Abbildung 15: Kosten für eine analoge R5M-Standard-Festverbindung

7	Analog R5M (mit Stereoton) , je Standard-Festverbindung			74107
7.1	Ortszone 1	1 310,00	1 519,60	
7.2	Ortszone 2			
7.2.1	Grundpreis	1 630,00	1 890,80	
7.2.2	längenabhängig, je 100 m	12,70	14,74	
7.3	Fernzone			
7.3.1	bei einer Verbindungslänge bis 50 km			
7.3.1.1	Grundpreis	1 750,00	2 030,00	
7.3.1.2	längenabhängig, je 100 m	21,50	24,94	
7.3.2	bei einer Verbindungslänge von mehr als 50 bis 100 km			
7.3.2.1	für den Teil bis 50 km	12 500,00	14 500,00	
7.3.2.2	für den Teil von mehr als 50 bis 100 km, längenabhängig, je 100 m	11,00	12,76	
7.3.3	bei einer Verbindungslänge von mehr als 100 km			
7.3.3.1	für den Teil bis 100 km	18 000,00	20 880,00	
7.3.3.2	für den Teil von mehr als 100 km, längenabhängig, je 100 m	7,70	8,94	

Quelle: Preisliste "Dauernd überlassene TV/TN-Leitungen" der T-Systems International GmbH Media Broadcast, Stand: November 2002

10.2.3.2 Digitale TV-Festverbindungen

Ähnlich wie die analogen TV-Festverbindungen bietet die Deutsche Telekom auch digitale TV-Festverbindungen an. Über diese digitalen Festverbindungen können DVB-MPEG-2-Videosignale gestreamt werden.

Von den bundesweit verbreiteten Fernsehveranstaltern wird in der Regel eine R140D-Leitung mit einer Bandbreite von 140 Mbit/s oder zumindest eine R34D-Leitung mit 34 Mbit/s Bandbreite genutzt. Damit verfügt man über die entsprechend hohe Redundanz, um ein MPEG-2-codiertes Signal auch bei hohem Datenaufkommen zu gewährleisten.²⁵⁹

Das MPEG-2-Signal mit einer 4:2:2-Codierung benötigt zwar nur eine durchschnittliche Bandbreite von ca. 4,3 bis 4,7 Mbit/s.²⁶⁰ Manche Bildszenen mit schnellen Bildwechseln, z.B. bei Sportübertragungen, benötigen aber aufgrund der größeren Menge an zu

²⁵⁹ Die Größe eines Videos wird durch die Bitrate bestimmt. Diese Bitrate beschreibt, wieviel Bits pro Sekunde Video "verbraucht" werden dürfen. Der Codec MPEG-2 erlaubt grundsätzlich eine maximale Übertragungsrate von 100 Mbit/s. Je nach gewähltem Übertragungsweg stehen jedoch meistens nur Bitraten < 100 Mbit/s zur Verfügung. Die maximal mögliche Bitrate wird zu Beginn der Encodierung festgelegt. Bei der Encodierung kann der Anwender in der Regel zwischen einer konstanten und einer variablen Bitrate wählen. Bei der konstanten Bitrate (CBR) steht dem Encoder eine fest vorgegebene Speicherbandbreite zur Verfügung, die er auf keinen Fall überschreiten darf. Benötigt eine Sequenz dabei mehr Speicherplatz als verfügbar, wird diese Sequenz einfach stärker komprimiert, was in manchen Szenen schnell zu sichtbaren Qualitätseinbußen führt. Die variable Bitrate (VBR) kann dagegen Speicher dynamisch verteilen. Benötigt eine Szene beispielsweise weniger Speicherplatz als die vorgegebene Bitrate, so kann der übrige Speicherplatz für eine spätere Szene "aufgehoben" werden. Die spätere Szene hat dann eine höhere Bitrate zur Verfügung als die geforderte Bitrate des gesamten Videos. Bei einer Echtzeit-Encodierung wird dafür die Zeit (z.B. 4 Sekunden) festgelegt, in der der Encoder mit den Bitraten "jonglieren" kann.

Hier kommt hinzu, dass auch das MPEG-2-Signal unterschiedlich komprimiert werden kann. Das DVB-MPEG-2-Signal wird nach dem 4:2:2-Prinzip abgetastet und mit 720 Bildpunkten pro Zeile, 576 Zeilen und 25 Vollbildern in einem Datenstrom bis maximal 50 MBit/s übertragen. Es kann aber auch das 4:2:0-Prinzip verwendet werden. Durch die höhere Komprimierung reduziert sich die notwendige Bandbreite. *Quelle: www.slashcam.de*

²⁶⁰ vgl. dazu ausführlich Lenz, Martin und Reich, Andreas: "Digitales Fernsehen in der Praxis: Der sichere Start in die digitale Zukunft", Poing 1999

verarbeitenden Informationen mehr Bandbreite (d.h. eine höhere Bitrate), um mit guter Qualität übertragen werden zu können.

Als kleinste Variante zur Übertragung MPEG-2 codierter Fernsehbilder steht die R8D-Leitung der Deutschen Telekom zur Verfügung. Die Grundgebühr für diese Leitungen beträgt ca. 1.400 Euro (netto) im Monat. Hinzu kommen leitungslängenabhängige monatliche Gebühren. Bei einer maximalen Länge von 15 km und einer Vertragslaufzeit von mindestens 3 Jahren muss für 100 Meter je nach Leitung zwischen 15,70 (R8D) und 22,80 Euro (R140D) gezahlt werden. Hinzu kommt eine Installationsgebühr von 5.000 Euro pro Leitung (2.500 Euro je Ende).²⁶¹

Von der Nutzung einer R4D-Leitung mit einer Übertragungsleistung von 4 Mbit/s (also unterhalb der durchschnittlichen Sendebitrate von 4,3 Mbit/s) für MPEG-2-codierte Bilder sollte abgesehen werden, weil der Preisunterschied zur R8D-Leitung nicht wesentlich ist, die geringe Bandbreite jedoch zu deutlichen Qualitätseinbußen, z.B. zur Bildung von Artefakten, führt.

Insgesamt bietet die digitale Übertragung von MPEG-2-Videosignalen über digitale TV-Festverbindungen der deutschen Telekom keinen entscheidenden Kostenvorteil ggü. den analogen TV-Festverbindungen. Die Preise sind nur geringfügig günstiger. Zudem beinhaltet die Zuführung eines Fernsehsignals als digitales MPEG-2 Signal den Nachteil, dass durch den notwendigen Encodierungs- und Decodierungsprozess Verzögerungen bei der Bildübertragung bis zu 20 Sekunden (Delay-Zeiten) entstehen. Aus diesen Gründen verzichten die Regional- und Lokal-TV-Veranstalter in der Regel auf eine Signalzuführung über digitale TV-Festverbindungen.

10.2.3.3 Zuführung über private Glasfasernetze

Private Glasfasernetze werden von größeren Unternehmen mit mehreren Standorten in einer Stadt sowie von kommunalen Behörden (Stadtverwaltung), Universitäten und anderen kommunalen und privaten Institutionen betrieben. Über das ATM-Transportprotokoll (vgl. Abschnitt 12.2.2 DVB-S-Projekt in Bayern) können bei OC12-Glasfaserleitungen Übertragungsgeschwindigkeiten bis zu 622 MBit/s realisiert werden.²⁶²

²⁶¹ Preisliste "Digitale TV-Festverbindungen" T-System Internationa GmbH Media Broadcast, Stand: November 2002

²⁶² ATM steht für "Asynchronous Transfer Mode". Es handelt sich um ein asynchrones Datenübertragungsverfahren für Hochgeschwindigkeitsnetze, bei dem die Daten in winzige Pakete, sog. "Zellen", von 53 Byte Länge (davon 48 Bytes Daten) zerteilt werden. Das ATM-Protokoll kann sowohl im WAN- (Wide Area Network / Backbone-Netze) als auch im LAN- (Local Area Network z.B. interne Netzwerke von Unternehmen oder Universitäten) eingesetzt werden. ATM wird im WAN-Bereich als verbindungsorientiertes Protokoll eingesetzt (ATM-Wählverbindungen).

Die Pakete mit der gleichen Adressierung bilden eine virtuelle Verbindung. Trotz der virtuellen Verbindung, durch die eine Zuordnung von Verbindung zu Zeitscheiben realisiert wird, besteht eine feste Wegewahl vor dem Senden, d.h. die Reihenfolge der Zellen bleibt erhalten. Es ist aber auch verbindungsloser Service möglich, was für bestimmte Anwendungen sehr günstig ist (z.B. Videokonferenzen über Multicasting statt vieler Verbindungen von Clients an einen Server). ATM erlaubt sehr hohe Bandbreiten - von 25 MBit/s über 155 MBit/s bis zu 622 MBit/s (in naher Zukunft möglicherweise auch 2 GBit/s). Die Übertragung der Pakete erfolgt in einer sog. "Synchronen Digitalen Hierarchie" (SDH). Dadurch können die an ein ATM-Netz angeschlossenen Endgeräte verschiedene Datenraten benutzen (64 kBit/s, 2 Mbit/s oder 34 Mbit/s). So können im Rahmen eines ATM-Netzes

Befindet sich ein Lokal-TV-Sender in Reichweite dieser privaten Glasfasernetze, besteht im Einzelfall die Möglichkeit, über diese Netze die Signale zu einem Verstärkerpunkt oder einer Kopfstelle zu transportieren. Dafür wird eine Faser des Glasfasernetzes von einer Kopfstation direkt zum Standort verlängert. Unter Umständen können hier kostengünstige Einzelverträge geschlossen werden.

Die notwendige Geräteausrüstung zur Wandlung digitaler Bildsignale in optische Signale für Glasfaser (ATM Glasfaser-Modem) kostet ca. 2.500 Euro.²⁶³ Diese Signalwandler müssen jedoch auch am Kabel-Einspeisepunkt installiert werden. Hier muss das optische Signal wieder in ein digitales Signal umgewandelt und dann zu einem analogen Signal decodiert werden.

Die Deutsche Telekom bietet ATM-Glasfaserverbindungen mit Übertragungsbandbreiten bis zu 622 Mbit/s nur im Einzelfall auf Basis von Projektpreisen an.²⁶⁴ Die dafür entstehenden Kosten sind nach Auskunft der Telekom sehr hoch und für den Lokal-TV-Bereich nicht zweckmäßig.

10.2.3.4 Die digitale Echtzeit-Zuführung über MPEG-4 und H.264

Derzeit wird verstärkt daran gearbeitet, Übertragungsmöglichkeiten zu entwickeln, die eine kostengünstige Zuführung von Broadcast-fähigen Fernsehbilder über schmalbandigere Leitungen zu Kabelkopfstationen ermöglichen. Dieses Thema ist dort besonders aufgrund der kleinteiligen Netzstrukturen in Ostdeutschland von hoher Relevanz.

10.2.3.4.1 Signalführung von MPEG-4-Signalen in Echtzeit

Um die für die Videobildübertragung notwendige Bandbreite zu verringern, müssen die Videodaten stärker komprimiert werden. Dafür verwendet man den, im Internet zur Videoübertragung genutzten Codierungsstandard MPEG-4.²⁶⁵

Geräte und Dienste unterschiedlicher Bitraten miteinander kommunizieren. *Quelle: www.elektronik-kompendium.de*

²⁶³ Quelle: Offener Kanal Wien (<http://ok-wien.at/ok/concept/1016633725>)

²⁶⁴ T-Systems Media & Broadcast

²⁶⁵ MPEG-4 wurde genau wie MPEG-2 von der Motion Picture Expert Group entwickelt. Im Gegensatz zu MPEG-2, wo das digitale Bild in 720 x 576 Bildpunkten abgebildet wird, werden bei MPEG-4 nur die Hälfte der Bildpunkte (384 x 288 Bildpunkte) erfasst. Dies führt bereits zu einer Verringerung der zu übertragenden Datenmenge. Darüber hinaus stellt MPEG-4 eine objektbasierte Codierungsform dar. Unterschiedliche Bildinhalte wie Text, einfache Grafik, 3-D-Grafik, Java, HTML (...) sowie Audiodaten, Bildvordergrund und Bildhintergrunddaten werden einzeln codiert und abgespeichert. Dabei können einzelne Elemente, wie z.B. Bild-Hintergrundbewegungen (sog. "Sprites"), stärker komprimiert werden. Für die Komprimierung dieser Inhalte steht dem Codiermechanismus entsprechend mehr Verarbeitungszeit zur Verfügung. Ein weiterer Vorteil von MPEG-4 ist es, dass mit diesem Codec Bilder in jeder beliebigen Bitrate übertragen werden können. Bei geringeren Datenraten wird die Zahl der erfassten Bildpunkte weiter verringert. Insgesamt ist diese Codierungsform damit wesentlich effektiver als MPEG-2. MPEG4 benötigt gegenüber MPEG-2 nur rund 1/8 des Speicherplatzes und der Übertragungsbandbreite.

Aus diesen Gründen hat sich die MPEG-4 -Codierung seit einigen Jahren als Übertragungsform von Video-Streams und Downloads im Internet durchgesetzt, wo sehr unterschiedliche Bandbreiten zum Empfang der Daten genutzt werden. Der Grund-Codec MPEG-4 existiert in vielen Varianten auf dem Markt. Die bekanntesten proprietären Lösungen stammen von Microsoft (Windows Media 9) und Real Networks (RealOne). Apple Computers (Quicktime 6) erlaubt die Weiterentwicklung des eigenen Systems durch Dritte und gibt dafür den Quellcode frei. *Quelle: www.adenet.ch/MP4video.htm*

MPEG-4 erlaubt es theoretisch, Videobilder bei Übertragungsraten von 2 Mbit/s in PAL-Fernsehqualität darzustellen. Um jedoch Leitungen mit einer Bandbreite von 2 Mbit/s nutzen zu können, muss die Netto-Datenrate für die Videobildübertragung weiter reduziert werden, da neben den Video- und Audiodaten auch Daten für den Fehlerschutz sowie weitere Protokolldaten mit übertragen werden müssen. Die Fehlerschutzmaßnahmen²⁶⁶ sind notwendig, damit bei Übertragungsfehlern oder -ausfällen durch entsprechende Referenzwerte Ersatzsignale erstellt werden können.²⁶⁷ Diese Fehlerschutzmaßnahmen erhöhen die zu übertragende Brutto-Datenrate. Je größer der Fehlerschutz, desto weniger Daten stehen für die Bildübertragung zur Verfügung. Daher muss der MPEG-4 Codec für jeden Übertragungsweg extra angepasst werden, um den größtmöglichen Fehlerschutz bei bestmöglicher Bildqualität zu erzeugen.

Für die Echtzeit-Signalzuführung von Fernsehbildern in MPEG-4 mit einer Brutto-Datenrate von 2 Mbit/s und einer Netto-Bilddatenraten von 1,7 Mbit/s existieren bereits fertige Lösungen auf dem Markt. Hier ist jedoch zu beachten, dass für eine Echtzeitübertragung mit Datenraten unter 2 Mbit/s sehr leistungsfähige und entsprechende hochpreisige Encoder- und Decoder-Systeme (PC-Karten) eingesetzt werden müssen. Diese Systeme arbeiten mit variablen Bitraten, um das aufkommende Datenvolumen in einem bestimmten Sekundenzeitraum optimal zu verteilen und Daten-Peaks abzufangen, die eine vorgegebene Bandbreite überschreiten.

MPEG-4-Lösung der Deutschen Telekom

Die Deutsche Telekom bietet derzeit eine MPEG-4-Lösung auf Basis von Windows-Media 9 und einem Encoder- und Decoder-System mit PCI-Karten von Rapid-Graphics²⁶⁸ und Matrox an. Offizielle Preislisten für dieses Streaming-Angebot existieren noch nicht. Für die MPEG-4-Signalzuführung zur Kabelkopfstation oder zur übergeordneten Breitbandkommunikations-Verstärkerstelle (übKVrSt) vermarktet die Deutsche Telekom ihre digitale Standard-Festverbindung R2D.

Die monatlichen Beträge für die R2D setzen sich zusammen aus einem Sockelbetrag von 950 Euro (netto) sowie monatlichen, entfernungsabhängigen Verbindungskosten.²⁶⁹

²⁶⁶ Die Fehlerschutz-Codierung eines Datenstroms ist Bestandteil der sog. "Kanal-Codierung". Die Kanalkodierung passt den Transportdatenstrom an die Übertragungseigenschaften des jeweiligen Übertragungsweges (Satellit, Kabel, Terrestrik) an. Weil digitale Fernsehsignale in Echtzeit übertragen werden, können sie bei einer Störung nicht einfach ein zweites Mal gesendet werden. Deshalb muss das Datensignal so aufbereitet werden, dass es möglichst störungsfrei zum Empfänger gelangt. Dies geschieht u.a. durch Fehlerschutz-Codierungen. Eine Variante der Fehlerschutz-Codierung ist z.B., Quersummen von Datenblocks mit zu übertragen, damit der Decoder erkennen kann, ob jeder eingetroffene Datenblock vollständig und korrekt übertragen wurde.

Quelle: vgl. dazu ausführlich Lenz, Martin und Reich, Andreas: "Digitales Fernsehen in der Praxis: der sichere Start in die digitale Zukunft", Poing 1999

²⁶⁷ Denn während Übertragungsbedingungen im Labor die konstant gehalten werden können, treten bei der leitungsgebundenen oder terrestrischen Übertragung im Freien Fehler durch Spannungsschwankungen oder Witterungseinflüsse auf.

²⁶⁸ www.rapidgraphics.com

²⁶⁹ Preisliste "Digitale TV-Festverbindungen" T-System Internationala GmbH Media Broadcast, Stand:November 2002

Abbildung 16: Kosten für eine R2D-Verbindung

Nr.	Leistung	Preis monatlich		Artikel-/Leistungs-Nr.
		ohne USt EUR	mit USt EUR	
7	Digital R2D, unidirektional, Orts- und Fernzone, je TV-Festverbindung			71020
7.1	Grundpreis	950,00	1 102,00	
7.2	zusätzlich je 100 m, für den Teil			
7.2.1	bis 15 km	5,50	6,38	
7.2.2	von mehr als 15 km bis 50 km	1,80	2,09	
7.2.3	von mehr als 50 bis 150 km	1,00	1,16	
7.2.4	von mehr als 150 km	0,40	0,47	

* Bei einer Vertragslaufzeit von mindestens 3 Jahren reduzieren sich die Kosten auf 90% der o.g. Summe.

Quelle: Preisliste "Digitale TV-Festverbindungen" T-System International GmbH Media Broadcast, Stand: November 2002

MPEG-4-Lösung der Firma HMS

Die Firma HMS²⁷⁰ aus Halle bietet mit "VXG-4" ein MPEG-4-Encoding-Decoding-System an, das auf Basis eines Lizenzierungsmodells mit jährlichen Lizenzgebühren ab 1.500 Euro vermarktet wird. Der Preis erhöht sich mit der Zahl der Decoder, die für die Ausstattung der Kopf- bzw. Verstärkerstellen benötigt wird.

Für die Übertragung können strukturierte oder unstrukturierte 2 Mbit-Standleitungen (E1-Standard) der Deutschen Telekom oder eines Telekom-Wettbewerbers, wie Arcor oder Viag Interkom, genutzt werden. Die Deutsche Telekom bietet als 2-Mbit-Standleitung die unstrukturierte 2MU-Verbindung oder die strukturierte 2MS-Verbindung an. Die Anbindung wird je nach Verfügbarkeit über Kupfer- oder Glasfaserleitungen realisiert.²⁷¹

Die monatlichen Grundkosten liegen zwischen 340 und 415 Euro und sind damit deutlich günstiger als die R2D-Leitung.²⁷²

²⁷⁰ HMS GbR Zentrum für Multimedia Hard- und Softwareentwicklung (www.hms-dev.de)

²⁷¹ Die Konverter für den reinen 2MU Einsatz sind preiswerter und die nutzbare Brutto-Datenrate ist bei unstrukturierten Leitungen etwas höher. Strukturierte 2MS Leitung hingegen erreichen durch das sog. "Framing" eine bessere Fehlertoleranz und Ausfallsicherheit. Dieser Unterschied spielt jedoch bei einer IP-basierten Übertragung MPEG-4-codierter Videodaten (d.h. Upload und kein Streaming) keine besondere Rolle.

Quelle: www.tlk.de/local/presales/ex.html

²⁷² Preisliste "Digitale Festverbindungen Digital 2MS, 2MU und T2MS" T-System International GmbH Media Broadcast, Stand: Oktober 2002

Abbildung 17: Kosten für eine D2MS- und D2MU-Verbindung

Nr.	Leistung	Preis		Artikel-/Leistungs-Nr.
		ohne USt EUR	mit USt EUR	
1	Digital 2MS, 2MU oder T2MS [Tarif 1 - T1]			
1.1	Ortszone 1, monatlich	340,00	394,40	1)
1.2	Ortszone 2			2)
1.2.1	Sockelbetrag, monatlich	415,00	481,40	
1.2.2	zusätzlich je km, monatlich für den Teil			
1.2.2.1	bis 15 km	59,00	68,44	
1.2.2.2	von mehr als 15 km.....	16,50	19,14	
1.3	Fernzone			2)
1.3.1	Sockelbetrag, monatlich	415,00	481,40	
1.3.2	zusätzlich je km, monatlich für den Teil			
1.3.2.1	bis 15 km	60,40	70,07	
1.3.2.2	von mehr als 15 km bis 50 km	18,80	21,81	
1.3.2.3	von mehr als 50 km	3,50	4,06	

Quelle: Preisliste "Digitale Festverbindungen Digital 2MS, 2MU und T2MS"
T-System International GmbH Media Broadcast, Stand:Oktober 2002

Für die Übertragung der Videosignale über eine Telefondatenleitung muss im Unterschied zur digitalen TV-Standleitung zur Signal-Modulation noch ein Schnittstellenkonverter²⁷³ am Encoder und am Decoder installiert werden. Die Kosten für so einen Konverter liegen bei ca. 600 Euro.²⁷⁴

Bildqualität

Vorteil dieser MPEG-4-Systeme ist eine enorme Kostenersparnis. Der Nachteil besteht jedoch darin, dass man nicht die gewohnte PAL- oder MPEG-2-Qualität erreicht. Der derzeitige Stand der MPEG-4-Entwicklung ermöglicht über längere Videosequenzen hinweg keine einwandfreie Bilddarstellung. Bei harten Schnitten und schnellen Bildwechseln (vor allem bei Sportübertragungen) übersteigt der notwendige, komplette Neuaufbau eines Bildes trotz variabler Bitraten die Bandbreitenkapazitäten, und es kommt zu Artefakten (Verpixelungen) im Bild. Die Bildqualität selbst liegt zwischen VHS und S-Video.

Die Tonübertragung ist mit 128 Kbit/s von gleicher Qualität wie bei der PAL-Ausstrahlung, weil auch hier das Tonsignal nur 15 KHz umfasst. Jedoch stellt derzeit die Lippensynchronizität ein weiteres Problem dar. Über mehrere Stunden hinweg kann es hier zu Verschiebungen kommen. Zudem kann bei Datenraten zwischen 1 und 2 Mbit/s kein Videotext parallel mitübertragen werden. Dieser muss in Sendepausen übertragen und in der Kopfstation auf dem PC zwischengespeichert werden.

Diese niedrige Bildqualität ist nur für Regional- und Lokal-TV-Sender attraktiv, die derzeit über keine Leitungsanbindung an ihre Kabelkopfstationen verfügen und mit einer MPEG-4-Signalführung kostengünstig die Möglichkeit erhalten, tagesaktuelles Programm in die Kabelnetze einzuspeisen.

²⁷³ Eine Möglichkeit der Übertragung von Audio- und Multimediadaten über Telekommunikationsnetze wie beispielsweise ISDN ist im ITU-Standard G.703 definiert. G.703 ist ein allgemeiner Schnittstellenstandard für digitale High-speed Schaltkreise. Dieser Standard enthält jetzt die Spezifikationen für Datengeschwindigkeiten von 64 Kbps, 1,544 und 2,048 Mbps. Ein 2Mbit-Schnittstellenkonverter kostet ca. 600 Euro. *Quelle. www.black-box.de*

²⁷⁴ HMS GbR, Zentrum für multimediale Hard- & Softwareentwicklung

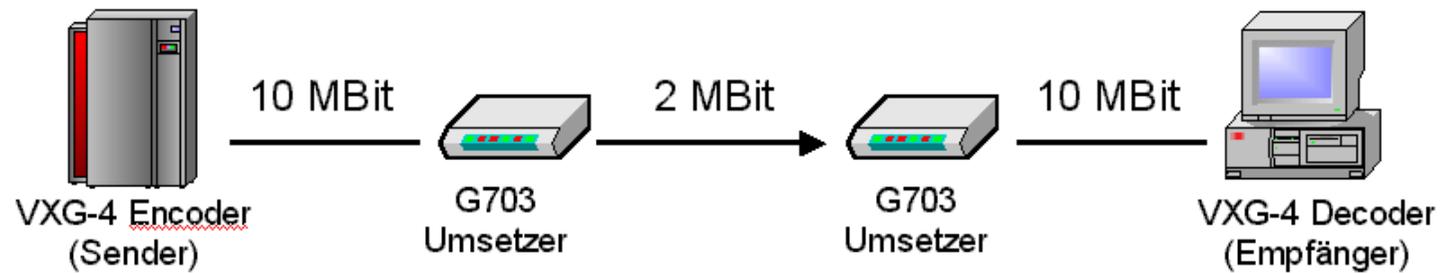
Jedoch könnte eine höhere Bildqualität erreicht werden, wenn man die Videodaten nicht in Echtzeit, sondern leicht zeitversetzt überträgt. Dafür werden die Videodaten offline in MPEG-4-Qualität mit einer Netto-Datenrate von 2 Mbit/s oder mehr codiert und dann als Datensatz über die Datenleitung übertragen. Damit lässt sich zumindest das Auftreten von Artefakten vermeiden. Eine andere Alternative wäre, den MPEG-4-Stream mit einer 4 Mbit-Leitung zu übertragen. Damit wäre eine Echtzeitübertragung in S-Video-Qualität oder mehr möglich.

Abbildung 18: HMS VXG-4 Encoding-Decoding-System

Szenario: Programmzuführung über 2 MBit:



- Aufbau:
- VXG-4 Encoder (Sender), G703 Umsetzer
 - VXG-4 Decoder (Empfänger), G703 Umsetzer



10.2.3.4.2 Signalzuführung in H.264 (Advanced Video Coding)

Die nächste Generation nach MPEG-4 stellt der neue Video-Codec "H.264" dar. Der H.264, der auch als "MPEG-4 Version 10" oder als "MPEG-4 AVC" (Advanced Video-Coding) bezeichnet wird, ermöglicht bei einer Datenrate von 1 Mbit/s theoretisch DVD-Qualität. Eine wesentlich optimiertere Bildvorhersage erlaubt es zudem, Videodaten stärker als MPEG-4 zu komprimieren und trotzdem eine höhere Qualität als MPEG-4 zu erzeugen.²⁷⁵

Die Weiterentwicklung des H.264-Codex wird in Deutschland vor allem durch das Heinrich Hertz Institut (Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik) vorangetrieben, das eine Vielzahl von Patenten am H.264-Codec hält. Weitere Forschungsarbeit wird derzeit z.B. durch die Firma MainConcept²⁷⁶ und verstärkt auch durch die Deutsche Telekom geleistet, die den H.264 Codec vor allem für mobile Anwendungen verwenden will.

Bei dem derzeitigen Entwicklungsstand kann mit H.264 bei halber Bandbreite die gleiche Bildqualität erreicht werden wie mit MPEG-2. Dies bedeutet, dass ein MPEG-2-Signal, das mit 4 Mbit/s übertragen wird, in gleicher Qualität wie ein H.264-Signal mit 2 Mbit/s übertragen werden kann.

Kommerzielle Versionen des Codex mit Encoding- und Decoding-Systemen (Player) sind derzeit noch nicht verfügbar. Zudem stellt die Echtzeit-Codierung in H.264 noch ein Problem dar, weil hierfür Encoder-Systeme mit sehr hohen Rechenkapazitäten erforderlich sind.²⁷⁷

10.2.3.5 Signalzuführung in ACT-L3

Die amerikanische Firma Streambox²⁷⁸ bietet seit kurzer Zeit unter dem Namen "ACT-L3" ein Video-Übertragungssystem mit einem selbst entwickelten proprietären Codec-Verfahren an. Mit dem ACT-L3-Codec können nach Aussage des Herstellers Fernsehbilder (SDI-Komponenten-Signale) schon ab einer Datenrate von 1,5 Mbit/s in PAL-Qualität, d.h. mit einer Auflösung von 720 x 480 Bildpunkten, übertragen werden. DVD-Qualität kann demnach ab einer Bandbreite von 3 Mbit/s erreicht werden.

Der Encoder erreicht diese hohe Komprimierung u.a. deshalb, weil der ACT-L3-Codec eine optimierte Form der Fehlerkorrektur verwendet, die die Brutto-Datenrate verringert. Zum anderen nutzen die verwendeten Rechnersysteme (Windows XP-Rechner)

²⁷⁵ Der **H.264 Codec** stellt eine Fusion der einst konkurrierenden Formate ISO MPEG-4 und ITU-T H.26L dar. Er wurde gemeinsam von der *ITU-T Video Coding Experts Group* (VCEG) und der *ISO/IEC Motion Picture Experts Group* (MPEG) entwickelt. Im Gegensatz zu MPEG-2 und MPEG-4 wo bei der Bewegungskompensation nur die direkt umliegenden Bilder zur Prädikation eines Bildes genutzt werden, nutzt H.264 die sog. "Multiframe-Prädikation". H.264 erlaubt die Auswahl der Referenz für die Bewegungskompensation aus mehreren Bildern (i.d.R. 5 Frames) und ermöglicht so eine bewegungskompensierte Langzeitvorhersage. Das führt zu einer höheren Effizienz der Bewegungskompensation bei gleichzeitig höherer Qualität der Ergebnisse. Jedoch können H.264 Encoder nur auf Rechnern mit leistungsstarken Prozessoren installiert werden. Die CPU-Geschwindigkeit muss dabei über 2 GHz liegen.

Quelle: www.uni-koeln.de/rrzk/multimedia/dokumentation/video/kompression.html#h264

²⁷⁶ MainConcept Multimedia Technologies (www.mainconcept.de)

²⁷⁷ Die Rechenleistung eines Pentium 4 reicht für den ersten H.264-Videocodec nicht. Für das De- oder Enkodieren in Echtzeit müssen zusätzliche PCI-Karten eingesetzt werden.

²⁷⁸ Streambox Inc. (www.streambox.com)

bereits einen leistungsfähigen Intel-Pentium 4 Prozessor mit Hyper-Threading-Technologie, der die notwendige Rechenkapazität für die Codierung in Echtzeit zur Verfügung stellt. Einziger Vertriebspartner dieses Systems ist gegenwärtig die Firma KIR MUSIC GmbH in Pfullendorf.²⁷⁹

Für die Zuführung des Fernsehsignals zu einer Kopf- bzw. Verstärkerstelle wird ein entsprechendes Encoder- und Decoder-System benötigt. Die Anschaffungskosten für ein ACT-L3-Encoder-Decoder-System (inkl. Software-Lizenz), d.h. für einen Encoder beim Fernsehsender und einen Decoder in der Kabelkopfstation oder der Verstärkerstelle, betragen ca. 40 Tsd. Euro.²⁸⁰

Aufgrund der geringen Bandbreite, die für die Übertragung notwendig ist, können sehr kostengünstige Leitungen genutzt werden. Im optimalen Fall reicht eine SDSL-Verbindung (Symmetrical Digital Subscriber Line).²⁸¹

Die Deutsche Telekom bietet eine symmetrische DSL-Verbindung mit 2,048 Mbit/s für monatlich 389 Euro (netto) an. Ab einer Nutzung von 1 Gbyte Datendurchsatz im Monat wird pro zusätzlichem Megabyte 0,017 Cent erhoben.²⁸² Wettbewerber der Deutschen Telekom bieten für ca. 500 Euro pro Monat SDSL-Anschlüsse mit 2,3 Mbit/s ohne Datenbeschränkung oder ab 99 Euro pro Monat mit Datenbeschränkung auf 1 Gbyte, mit entsprechend höheren Zusatzgebühren für jedes weitere Megabyte, an.²⁸³

Ein SDSL-Anschluss stellt damit die günstigste Form der digitalen Signalzuführung dar. Zudem kann durch die SDSL-Anbindung (2,3 Mbit/s Voll-Duplex) mit dem Streambox-System auch der Programmaustausch zwischen Lokal-TV-Sendern, zumindest zur Zusammenstellung von Gemeinschaftsprogrammen (vgl. DVB-S-Projekt in Bayern), realisiert werden. Hierfür ist es jedoch notwendig, dass alle Lokal-TV-Sender im Verbund die Möglichkeit haben, SDSL zu nutzen, und die ACT-L3-Systeme einsetzen.

²⁷⁹ KIR MUSIC & MEDIA (www.kirmusic.de)

²⁸⁰ Der Preis variiert entsprechend der Hardware, die in die Rechnersysteme integriert wird. Diese hängen davon ab, welche Video-Signale eingespeist werden sollen und über welchen Übertragungsweg das Signal versandt wird. Hinzu kommen die Kosten für den Service- und Wartungsvertrag mit dem Vertriebspartner.

²⁸¹ Das DSL-Prinzip ist die Kanaltrennung. Der Ansatz setzt auf nicht ausgelastete Bandbreiten innerhalb des Kupferkabelnetzes. Derzeit werden die Telefonkabel überwiegend zur Sprachübertragung genutzt, die Frequenzen von bis zu 4 kHz belegt. Kupferkabel decken jedoch einen Frequenzbereich bis zu 1,1 MHz ab, bieten also Platz für mehr als das 250-fache an Information. Die Kupferleitung wird von xDSL-Modems in drei Kanäle aufgeteilt: ein Kanal steht wie bisher den Sprachdiensten zur Verfügung (POTS-Kanal), der zweite wird für die Verbindung vom Anwender zum Provider verwendet (Upstream-Kanal) und der dritte dient der Datenübertragung vom Anbieter zurück zum Anwender (Downstream-Kanal). Je nachdem, mit welchen Frequenz-Höhen der DSL-Kanal genutzt wird, erhöht sich die Bandbreite. Über eine SDSL-Anbindung (Symmetrische-DSL-Leitung) können theoretisch Daten mit einer Geschwindigkeit von 2,3 Mbit/s in voll duplex (Upload und Download) transportiert werden. Ob DSL genutzt werden kann, hängt jedoch von der Entfernung bis zur nächsten Verteilerstelle (d.h. z.B. der nächsten Ortsvermittlungsstelle der Deutschen Telekom) zum Backbone-Accesspoint des Service-Providers ab. Über längere Strecken treten bei den hohen Frequenzen Bandbreitenverluste auf, weil das Signal abgeschwächt wird. Bei SDSL beträgt die maximal mögliche Distanz zur nächsten Verteilerstelle ca. vier km. *Quelle: Goldhammer Klaus, Zerdick Axel: "Rundfunk Online – Entwicklung und Perspektiven des Internets für Hörfunk- und Fernsehanbieter" Schriftenreihe der Landesmedienanstalten Bd. 14, S. 63ff*

²⁸² Preisliste "T-DSL Business,symmetrisch" der Deutschen Telekom, Stand:1. Februar 2003

²⁸³ www.teltarif.de/i/businessdsl.html

Ob SDSL genutzt werden kann, hängt von der Distanz des Regional- oder Lokal-TV-Senders zur nächsten Ortsvermittlungsstelle der Deutschen Telekom oder zum Backbone-Accesspoint des jeweiligen Service-Providers ab. Die satellitengestützten breitbandigen Internet-Verbindungen (DSL über Satellit)²⁸⁴ können hier nicht genutzt werden, weil diese Systeme i.d.R. keinen breitbandigen Upload ermöglichen.²⁸⁵

Wenn kein SDSL zur Verfügung steht, kann auf eine 2 Mbit/s-Standleitung der Deutschen Telekom (2MS/2MU) oder eines Wettbewerbers zurückgegriffen werden (Preise siehe oben).

²⁸⁴ Internet-Anbindung über Satellit, wie sie von der Firma Strato (Sky-DSL), der Telekom, Tiscali oder Europe Online angeboten werden, basieren auf einem breitbandigen Download via Satellit und einem schmalbandigen Upload über Telefonleitung.

²⁸⁵ Der Download wird in Form von Multicast-Datenströmen über Satellit realisiert, wo jeder Empfänger nur die von ihm angeforderten Daten erhält. Der Upload geschieht jedoch über eine schmalbandige Telefonverbindung (ISDN oder Analog-Modem).

Abbildung 19: ACT-L3-Encoder/- Decoder-System von Streambox

Streambox® ACT-L3 Video Transport

Delivering high quality real-time video inexpensively point-to-point or point-to-multipoint over T1/E1 and Ethernet/IP networks

A Real-time Broadcast & DVD Quality Video Transport Solution for Broadcasting, Film and 2-way news gathering.



10.2.4 Terrestrische Signalzuführung

10.2.4.1 Analoge UHF/VHF-Verbreitung

Der Fernsehempfang hat sich in Deutschland seit Beginn der 90er Jahre fast vollständig vom terrestrischen Empfang hin zum Kabel- und Satellitenempfang verschoben. Derzeit nutzen noch 8,8 Prozent der Haushalte ausschließlich den terrestrischen Antennenempfang.²⁸⁶ Trotzdem verbreiten Ballungsraum-TV-Sender sowie einige weitere Regional-TV-Veranstalter in Bayern, Sachsen und Thüringen ihre Programme weiterhin terrestrisch, weil sie damit auch die Satelliten-TV-Haushalte erreichen können.

Um ein Fernsehprogramm terrestrisch zu verbreiten, muss das Signal an einen eigenen Sendeturm oder einen Sendeturm der Deutschen Telekom herangeführt werden und wird dann über eine UHF- oder VHF-Frequenz verbreitet. Das terrestrische Signal kann an den Kabelkopfstationen empfangen und in die lokalen Kabelnetze eingespeist werden.

Die Gesamtkosten für eine terrestrische Verbreitung hängen davon ab, welchen Teil des lizenzierten Verbreitungsgebietes der TV-Sender erreichen will. Hier spielen vor allem die topografischen Gegebenheiten im Verbreitungsgebiet eine bedeutende Rolle. Sie bestimmen bei der Sendernetzplanung, wie viele Sendemasten insgesamt notwendig sind, damit das Programm flächendeckend verbreitet werden kann.

Die terrestrische Verbreitung analoger Fernsehprogramme über Fernsehsendeanlagen der Deutschen Telekom werden nach Sendeleistung (gemessen in Kilowatt), nach Sendemasthöhe und nach Betriebssicherheit berechnet. Bei den Sendemasthöhen sind die Preisstufen in "unter 30 Meter", "über 30 Meter", "über 60 Meter" und "über 120 Meter" eingeteilt. Zur terrestrischen Abdeckung eines lokalen Verbreitungsgebietes werden häufig Sendeleistungen zwischen 500 Watt und 2 Kilowatt genutzt. Bei einer Sendeleistung zwischen 50 Watt und 5 KW liegen die monatlichen Netto-Kosten je nach Sendemasthöhe ca. zwischen 2.200 und 7.200 Euro.^{287 288} Der Aufbau einer eigenen Sendeanlage kostet je nach Masthöhe und Sendeleistung mehrere 10 Tsd. Euro.

²⁸⁶ Dies hat dazu geführt, dass Sat.1 in Baden-Württemberg die terrestrische Übertragung eingestellt hat, weil die Übertragungskosten höher waren als die zusätzlich generierbaren Reichweite und die damit erzielbaren Werbeeinnahmen. Das gleiche gilt in den neuen Bundesländern. Hier haben Sat.1 und RTL ihre terrestrische Übertragung in Brandenburg und Sachsen eingestellt und in Sachsen-Anhalt, Thüringen und Mecklenburg-Vorpommern von vornherein darauf verzichtet, weil der Kabel- und Satelliten-Empfang nach der Wiedervereinigung sehr schnell den Fernsehempfang dominierten. Im Januar 2003 haben VOX und RTL II aus den gleichen Gründen ihre terrestrische Übertragung in Teilen von Nordrhein-Westfalen eingestellt. Weitere Frequenzabschaltungen wurden im Laufe des Jahres 2003 vorgenommen.

*Quellen: www.digitv.de/News/1039445267?print=&mid=n5842633083115 und
Pressemitteilungen der LfK vom 20.12.2001*

²⁸⁷ Preisliste für "Dauernd überlassene TV/TV-Sendeanlagen", der T-Systems International GmbH Media Broadcast, Stand: 1. November 2002

²⁸⁸ Ab 5 KW Sendeleistung und einer Sendemasthöhe bis 30 Meter kostet der Sender ca. 20 Tsd. Euro pro Monat. Die Sendeleistung einer Sendeanlage kann insgesamt 500 KW und mehr betragen. Die Kosten erhöhen sich dann auf über 30 Tsd. Euro pro Monat. Die Kosten werden zusätzlich von der Sendemastlänge bestimmt. *Quelle: Preisliste der Deutschen Telekom für "Dauernd überlassene TV/TV-Sendeanlagen", Stand: 1. Februar 2002*

Bei der Organisation der Distributionswege können ebenfalls erhebliche Investitionskosten entstehen. Müssen z.B. für eine terrestrische Verbreitung neue Sendemasten (z.B. für Stützfrequenzen) errichtet werden, zahlt der Sender den Aufbau. Darüber hinaus stellt die Deutsche Telekom den Rundfunksendern für neu koordinierte Frequenzen ein einmaliges Zuteilungsentgelt von mehr als 10.000 Euro in Rechnung.

Wenn heute ein neuer Regional- oder Lokal-TV-Sender "on air" geht, wird im Normalfall wegen der hohen monatlichen Gebühren auf eine analoge terrestrische Verbreitung verzichtet, auch wenn damit ca. 40 Prozent der TV-Haushalte im Verbreitungsgebiet vom Empfang ausgeschlossen werden. Im Einzelfall sollte jedoch geprüft werden, ob nicht die terrestrische Verbreitung über alte analoge Füllsender, die ursprünglich von den öffentlich-rechtlichen oder privaten Fernsehveranstaltern zur flächendeckenden terrestrischen Verbreitung genutzt wurden, eine kostengünstige Alternative zur Erreichung von Kabelkopfstationen darstellen.

10.2.4.2 Digitale terrestrische Verbreitung / DVB-T

Mit der digitalen Übertragung wird die Kapazität der terrestrischen Fernsehkanäle deutlich ausgeweitet. Über eine analoge Frequenz können vier digitale Kanäle übertragen werden.²⁸⁹ Statt vorher durchschnittlich acht bis zehn Sender können mit DVB-T 25 bis 30 Sender ausgestrahlt werden. Durch die Aufwertung der Terrestrik können auf diesem Weg Programme übertragen werden, die bislang nur per Kabel oder Satellit verfügbar waren.²⁹⁰ Diese Vergleichbarkeit des deutschsprachigen Programmangebotes mit Kabel und Satellit ist eine der wesentlichen Voraussetzungen für den Erfolg von DVB-T.²⁹¹

Das digitale terrestrische Fernsehen steht in Deutschland jedoch noch am Anfang. Seit 1997 liefen DVB-T-Pilotprojekte in den folgenden Ballungsräumen: Berlin/Brandenburg, Hamburg/Lübeck, Bremen/Bremerhaven, Hannover/Braunschweig, Köln/Bonn, Düsseldorf/Ruhrgebiet, Leipzig Halle, Rhein-Main Gebiet, Großraum Stuttgart, Großraum München und Großraum Nürnberg. Diese Pilotprojekte sollen nach und nach in den Regelbetrieb überführt werden.

In der Testregion Berlin/Brandenburg wurde bereits Ende 2002 der Regelbetrieb gestartet. Als nächstes ist im April 2004 die DVB-T-Umstellung im Ballungsraum Köln/Bonn geplant. Im Anschluss folgt im dritten Quartal 2004 der Großraum Düsseldorf/Ruhrgebiet. Parallel zum Ruhrgebiet ist auch der Start in Hannover/Braunschweig und Bremen/Bremerhaven vorgesehen. Ende 2004 ist der DVB-T-Umstieg im Raum Hamburg/Lübeck vorgesehen. Für das Rhein-Main Gebiet mit Frankfurt, Wiesbaden

²⁸⁹ vgl. dazu ausführlich: Ziemer, Alfred (Hrsg.): "Digitales Fernsehen. Eine neue Dimension der Medienvielfalt", Heidelberg 2003

²⁹⁰ Bislang können über die analoge Terrestrik durchschnittlich 6, in Berlin 11 TV-Programme übertragen werden. Über DVB-T werden zu Beginn mehr als 20 Fernsehprogramme übertragen. Darin enthalten sind die wesentlichen deutschsprachigen TV-Programme (inkl. lokaler und regionaler TV-Angebote und MTV), die derzeit über Kabel und Satellit zu empfangen sind sowie neue digitale Programmangebote der Fernsehanstalten, wie z.B. ZDF.doku und ZDF.info.

²⁹¹ vgl. dazu ausführlich: Arbeitsgemeinschaft der Landesmedienanstalten (ALM) (Hrsg.): "Digitalisierung der Terrestrik - Papier der Technischen Kommission (TKLM) der DLM", Stuttgart, Juni 2001

und Mainz und für den Großraum München geht man bei der Planung ebenfalls von einem Umstiegs-Beginn Ende 2004 aus. In Sachsen ist der DVB-T-Umstieg auf das Jahr 2005 verschoben worden.²⁹²

Die Einführung von DVB-T ist gegenwärtig nur als Insel-Lösung für Ballungsräume konzipiert. Ob DVB-T flächendeckend in Deutschland eingeführt werden kann, ist aufgrund der damit verbundenen hohen Netzaufbaukosten fraglich. Die Entscheidung darüber wird wahrscheinlich von der Nachfrage in den DVB-T-Inseln abhängen.²⁹³

Auch bei einer zeitnahen Einführung von DVB-T in weiteren Ballungsräumen ist in den nächsten Jahren nicht mit einer relevanten Zahl von Nutzern zu rechnen. Daher ist eine Programmverbreitung über DVB-T für Regional- und Lokal-TV-Veranstalter in den nächsten Jahren nicht notwendig. Die durchschnittlichen jährlichen Kosten für die Verbreitung eines Programms im Multiplex-Strom²⁹⁴ einer DVB-T-Sendeanlage (inkl.

²⁹² Für die internationale Einführung von DVB-T und die damit verbundene Neuentwicklung der nationalen Netzstrukturen (Einzelfrequenznetze/Gleichwellennetze und Mehrfrequenznetze) muss eine Revision des Stockholmer Wellenplans aus dem Jahr 1961 erfolgen. Die Stockholm-Nachfolgekonzferenz ist für das Jahr 2005 angesetzt.

²⁹³ Ein Vorteil von DVB-T gegenüber Kabel ist, dass nach einmaliger Anschaffung des Decoders (Einzelhandelspreis liegt derzeit bei 200 Euro) außer der Rundfunkgebühr keine weiteren monatlichen Entgelte zu entrichten sind. Der Vorteil gegenüber Satellit ist, dass der Decoder zum Empfang nur eine kleine Stabantenne (bzw. die alte Dachantenne) benötigt und keine 60cm-Schüssel.

In Verbindung mit der höheren Empfangsqualität und der Möglichkeit des Empfangs ohne Dachantenne wird dadurch die Attraktivität dieses Übertragungsweges deutlich gesteigert. Ob sich dies auch in einem Wachstum der technischen Reichweite niederschlagen wird, bleibt allerdings abzuwarten. Zielgruppe für DVB-T sind dabei nicht unbedingt die letzten 2,5 Prozent der deutschen TV-Haushalte, die ausschließlich den analogen terrestrischen Empfang nutzen. Die rund 3 Mio. TV-Haushalten, die bislang noch über einen rein terrestrischen Analogempfang verfügen, haben offensichtlich kein gesteigertes Interesse an einer Vielzahl von TV-Programmen, sonst wären sie längst auf Kabel- oder Satelliten-Empfang umgestiegen.

Für die Vermarktung der DVB-T-Receiver kommen vor allem TV-Haushalte mit Zweitgeräten sowie preissensitive Kabel-TV-Haushalte als Zielgruppe in Frage. Die kleine Stabantenne eröffnet für viele Kabel-TV-Haushalte die Möglichkeit, sich vom Kabel zu trennen, weil ihnen die Montage einer Sat-Antenne vom Hauseigentümer untersagt wurde, bzw. sie selbst aus optischen Gründen auf den Sat-Empfang verzichtet hatten.

Beim Marketing für die Einführung von DVB-T setzt man mit dem Slogan "Das Überallfernsehen" daher auf "In-door-Portabilität" für Zweitgeräte, die in verschiedenen Räumen zusammen mit einer kleinen Stabantenne genutzt werden können, und auf "Mobilität", d.h. auf den Einsatz von TV-Geräten in mobilen Nutzungssituationen (z.B. TV-Screen im Autorücksitz). In Berlin wurden zwischen Anfang März und Mitte April 2003 100 Tsd. DVB-T Set-Top-Boxen verkauft. Zwischen Mitte April und Ende Juni wurden weitere 50 Tsd. Boxen verkauft. Damit liegt die Reichweite von DVB-T derzeit bei 5 Prozent der 3 Mio. Haushalte, die DVB-T im Haus empfangen können (portabel indoor) und bei 3 Prozent der Haushalte, die DVB-T insgesamt stationär (d.h. über eine Dachantenne) empfangen können.

Quellen: www.orb.de/_unternehmen/presse/mitteilung_jsp?id=899783.html

www.ueberall-tv.de

www.heise.de/newsticker/data/sha-27.02.03-000,

Fachverband für Rundfunkempfangs- und Kabelanlagen, Pressemitteilung vom 04.07.2003 (www.kabelverband-frk.de)

²⁹⁴ Die Datenreduktion digitaler Video- und Audio-Daten führt dazu, dass über die festgelegte Bandbreite eines analogen Fernsehkanals in wesentlich größerem Umfang digitale Video, Audio- und Multimedia-Daten übertragen werden können. Dafür müssen die Daten in einen Transportdatenstrom zusammengefasst werden. Das Zusammenführen der einzelnen Datenströme zu einem Gesamtdatenstrom, der die Bandbreite eines analogen Kanals ausfüllt, nennt man "Multiplexing".

Das Multiplexing erfolgt in drei bzw. vier Schritten:

- Erstellung von Elementardatenströmen (engl. Packetized Elementary Stream (PES))
- Evtl. Verschlüsselung des Datenstroms

Zuführungskosten) schätzt die Bayerische Medien Technik GmbH auf 75. Tsd. Euro.²⁹⁵ Es bleibt abzuwarten, ob in den darauf folgenden Jahren die zusätzliche Kostenbelastung für eine DVB-T Übertragung für Regional- und Lokal-TV-Sender in Relation zur Anzahl technisch erreichbarer Haushalte stehen wird.

10.2.4.3 Digitale Zuführung über DAB/DMB

Eine kostengünstigere Variante der digitalen terrestrischen Signalzuführung zu Kabelkopfstationen stellen DAB-Hörfunksender (Digital Audio Broadcasting) dar.²⁹⁶

Die DAB-Netze für digitalen Hörfunk sind in Deutschland mittlerweile fast flächendeckend ausgebaut.²⁹⁷ Die Brutto-Datenrate, die pro DAB-Frequenzblock zur Verfügung steht, beträgt 1,5 Mbit/s. Jeder DAB-Frequenzblock stellt ein sog. "Ensemble" dar. Ein Ensemble besteht im Normalfall aus bis zu sieben Hörfunkprogrammen²⁹⁸ und begleitenden Datendiensten.²⁹⁹

Ein DAB-Ensemble lässt sich auch dazu nutzen, andere Daten als einen Audio-Stream zu übertragen. Auch Videodaten können somit über DAB distribuiert werden. Nach der Konfiguration des ETI-Protokolls können diese Daten jedoch nicht als Stream, sondern nur als Datenpakete transportiert werden. Dieser Übertragungsmodus wird "Packet

-
- Multiplexing: Zusammenführung des PES zu einem Transportdatenstrom
 - Anpassung an den jeweiligen Übertragungsweg (Kabel, Satellit, Terrestrisch durch Fehlerschutzcodierung und Energieverwischung)

Je nachdem, ob der Multiplex-Strom über Kabel, Satellit oder digital terrestrisch übertragen wird, kommt ein anderes Modulationsverfahren zum Einsatz: DVB-C, DVB-S, DVB-T. *Quelle: Lenz, Martin und Reich, Andreas: "Digitales Fernsehen in der Praxis: Der sichere Start in die digitale Zukunft", Poing 1999*

²⁹⁵ www.bmt-online.de/download/vortraege/bmt-vortrag-0977.pdf

²⁹⁶ Die Reichweite von UKW-Frequenzen ist sehr beschränkt und das Angebot an UKW-Frequenzen (87,5 bis 108 MHz) begrenzt. Digital Audio Broadcast (DAB) wurde Anfang der 80er Jahre von der EU-Forschungsinitiative EUREKA 147 entwickelt, um mit einer effizienten Audiosignal-Kodierung digitaler Radio-Signale mehr Rundfunkangebote auf möglichst geringer Bandbreite im Äther zu ermöglichen. In Deutschland kommt die Marktentwicklung von DAB seit der kommerziellen Einführung der Technik im Jahr 1999 trotz einer mittlerweile fast flächendeckenden Netzinfrastruktur nicht voran. Die Empfangsgeräte sind immer noch sehr teuer und die Zahl der verkauften, bzw. der im Rahmen der Pilotprojekte ausgegebenen Geräte stagniert bei ca. 50.000 DAB-Empfängern im Vergleich zu den rund 200 Millionen UKW-Empfängern im Markt. Die privaten Radiosender investieren nur in DAB-Technik, wenn dies entsprechend durch Fördermittel der Landesmedienanstalten subventioniert wird und einige Landesmedienanstalten überdenken derzeit ihre Position zur weiteren Investition in DAB. *Quelle: Wenk, Holger: "Tolle Technik keine Kunden", aus der Berliner Zeitung vom 11.03.2003* (www.berlinonline.de/berliner-zeitung/archiv/.bin/dump.fcgi/2003/0311/medien/0034/)

²⁹⁷ vgl. www.atlas-digital-radio.de, www.digitalradiowest.de/, www.digitalerrundfunk.de/, www.digitalradio-nord.de/

²⁹⁸ Bei DAB werden Audio-Daten nach dem MUSICAM-Verfahren codiert. Das ist ein Verfahren zur Datenreduktion bei DAB; Töne unterhalb der Ruhehörschwelle und der Mithörschwelle werden ausgefiltert, ohne dass ein hörbarer Qualitätsverlust entsteht. Das DAB-Übertragungsprotokoll ETI (Ensemble Transport Interface) erlaubt die direkte Modulation der MUSICAM-codierten Daten nach dem COFDM-Modulationsverfahren, das auch bei DVB-T zum Einsatz kommt. Dieser Übertragungsmodus wird "Stream Mode" genannt. Der "Stream Mode" sieht eine kontinuierliche Bandbreite und einen kontinuierlichen Datenstrom vor. Die Audiodaten der Radioprogramme werden grundsätzlich im Stream Mode übertragen. *Quelle: www.bmt-online.de/dab/*

²⁹⁹ Dazu gehören programmbegleitende Daten (Program Associated Data / PAD) wie z.B. Musik-Titel und Interpret oder programmgänzende Daten (Non-Programm-Associated-Data/NPAD).

Mode" genannt.³⁰⁰ Über diesen Packet-Mode können auf Basis des Internet-Protokolls (IP)³⁰¹ eine Reihe von Daten HTML, XML, Java oder auch Streaming-Media-Inhalte transportiert werden. Dies geschieht über einen sog. IP-Inserter, der die Daten als IP-Pakete im Packet Mode über DAB versendet.

Um Videobilder innerhalb eines Standard-DAB-Blocks, d.h. mit einer Brutto-Bandbreite von nur 1,5 Mbit/s. in Echtzeit übertragen zu können, müssen die Videodaten in MPEG-4 oder mit H.264 codiert werden. Die durch DAB begrenzte Bandbreite von 1,5 Mbit/s stellt sehr hohe Ansprüche an die Komprimierung und Kanal-Codierung.

Überträgt man anstatt eines Audio-Streams Videosignale oder andere Daten über DAB, so spricht man von "Digital Multimedia Broadcasting" (DMB).³⁰² Derzeit laufen zwei Pilotprojekte in Sachsen-Anhalt und in Sachsen, wo DMB für die Echtzeit-Heranzführung eines Lokal-TV-Programms an eine Vielzahl von Kabelkopfstationen getestet wird.

DMB-Projekt Sachsen-Anhalt

In Sachsen-Anhalt wird das DMB-Pilotprojekt als Bestandteil des landesweiten DAB-Projekts unter der Leitung des "Projektbüros Digitaler Rundfunk" der Medienanstalt Sachsen-Anhalt (MSA) durchgeführt. Partner in diesem Pilotprojekt ist der Lokal-TV-Sender "Welle Süd Fernsehen" in Weißenfels, der in seinem Verbreitungsgebiet derzeit bis zu 50 Kabelkopfstationen zu versorgen hat. Die technische Realisierung liegt in den Händen der Firma HMS GbR - Zentrum für multimediale Hard- & Softwareentwicklung in Halle. (vgl. Abschnitt 10.2.3.4.1 Signalzuführung von MPEG-4-Signalen in Echtzeit) Der verwendete MPEG4-Codec wurde vom Heinrich Herzt Institut (Fraunhofer Institut für Nachrichtentechnik) zugeliefert. Die Leitungsdienste übernimmt die Deutsche Telekom (T-Systems). Die verwendete Antennentechnik sowie der IP-Inserter stammen zum Großteil von der Firma Rohde & Schwarz.³⁰³

Die DMB-Signale werden über einen L-Band-Sender (Reichweite 15 bis 20 km)³⁰⁴ der Deutschen Telekom übertragen. Dieser Sender ist Bestandteil des DAB-Pilotprojekts der MSA.³⁰⁵

³⁰⁰ Der "Packet Mode" bezeichnet eine nicht kontinuierliche Aussendung (wechselnde Bandbreite). *Quelle: www.bmt-online.de/dab/*

³⁰¹ IP gehört zur *TCP/IP* Protokollfamilie, einem anerkannten Industriestandard für die Kommunikation zwischen offenen Systemen. Das Übertragungsprotokoll definiert die Regeln und Vereinbarungen, die den Informationsfluss in einem Kommunikationssystem steuern. Hauptaufgabe des IP ist die netzübergreifende Adressierung. Das Protokoll arbeitet nicht leitungs-, sondern paketvermittelt: Sogenannte Datagramme suchen sich über die jeweils verfügbaren Verbindungen ihren Weg zum Empfänger. *Quelle: www.glossar.de/*

³⁰² Der Name "DMB" ist ursprünglich von der Firma Bosch eingeführt worden, die DMB im Rahmen eines Pilotprojekts am Funkturm Berlin Alexanderplatz zusammen mit dem Fraunhofer Institut für Rechnerarchitektur und Softwaretechnik und der Deutschen Telekom (T-Systems) getestet hat. *Quelle: www.first.gmd.de/dibs/*

³⁰³ www.digitalrundfunk.de

³⁰⁴ Die European Conference of Postal and Telecommunication Administrations (CEPT) legte auf der Konferenz in Wiesbaden 1995 fest, dass für die Übertragung von DAB der Kanal 12 im Frequenzband III (174 – 230 MHz), sowie Kapazitäten im L-Band (1452 - 1467,5MHz / 1,5 GHz-Bereich) genutzt werden sollten. Die RegTP (Regulierungsbehörde für Post und Telekommunikation) vergab daraufhin Frequenzen aus den Frequenzbereichen Band III (vorwiegend Kanal 12) und L-Band an die Deutsche Telekom (T-DAB), damit diese die erforderliche Netzinfrastruktur aufbaut, um damit den Regelbetrieb in der Bundesrepublik Deutschland zu ermöglichen. Im

DMB-Projekt Sachsen

Das DMB-Projekt in Sachsen wird unter der Leitung des Kabeljournals in Beiersdorf (dem größten regionalen Kabel-TV-Veranstalter in Sachsen) zusammen mit T-Systems durchgeführt und von der Sächsische Landesanstalt für privaten Rundfunk und neue Medien (SLM) gefördert. Das Kabeljournal muss momentan ca. 80 Kabelkopfstationen versorgen.

T-Systems verwendet bei diesem Pilotprojekt den H.264-Codec (H.264/AVC). Bislang liegt das DMB-Pilotprojekt aufgrund der Unausgereiftheit des H.264-Codex und der geringen Vorlaufzeit in Bildqualität und Laufstabilität hinter dem Pilotprojekt in Sachsen-Anhalt.³⁰⁶

Die Kosten für eine DAB-Übertragung von TV-Signalen in Echtzeit ergeben sich hauptsächlich aus den Investitionskosten und den laufenden Kosten.

Investitionskosten für die DMB-Signalübertragung:

- IP-Inserters (Preise auf Anfrage bei Rhode&Schwarz)³⁰⁷
- DAB-Empfänger: ca. 300 Euro

Laufende Kosten für die DMB-Signalübertragung:

- L-Band-Sender
- Leitungszuführung zum L-Band-Sender über D2 MU-Leitung (siehe oben)

Die Kosten für den L-Band-Sender mit einer DAB-Antenne können gegenwärtig noch nicht genau bestimmt werden. Die Deutsche Telekom befindet sich hier noch in Verhandlung mit den Rundfunksendern und den Landesmedienanstalten.³⁰⁸ Es liegt daher auch noch keine mit der RegTP (Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post) abgestimmte Preisliste vor.³⁰⁹ Man geht jedoch davon aus, dass die Zuführung von Videosignalen bis zu einer Anzahl von zehn Kabelkopfstellen kostengünstiger über eine leitungsgebundene MPEG-4 Übertragung als über DMB realisiert werden kann.

In wie weit einzelne DAB-Frequenzen in Zukunft ausschließlich für Non-Program-Associated-Data (NPAD) genutzt werden dürfen, ist derzeit noch unklar. Dies wird im Rahmen der Stockholm-Nachfolgekonferenz im Jahr 2005 geklärt werden müssen.³¹⁰

Juni 2002 wurde anlässlich der Konferenz von Maastricht eine weitere DAB-Bedeckung im L-Band vergeben.
Quellen: www.bakom.ch/de/radio_tv/dvb/dab/ und www.regtp.de/reg_tele/start/in_05-05-05-00-00_m/ - 13k

³⁰⁵ www.digitalerrundfunk.de

³⁰⁶ T-Systems, Projektbüro Digitaler Rundfunk der Medienanstalt Sachsen-Anhalt (MSA)

³⁰⁷ Rohde & Schwarz (www.rohde-schwarz.com/www/dev_center.nsf)

³⁰⁸ Ein KW - UKW-Sender kostet im Monat ca. 1780 Euro (netto) Quelle: Preisliste für dauernd überlassene TN/TV-Sendeanlagen der T-Systems International GmbH MediaBroadcast

³⁰⁹ Projektbüro Digitaler Rundfunk der Medienanstalt Sachsen-Anhalt (MSA)

³¹⁰ "Im Jahr 1961 wurden auf einer Wellenkonferenz in Stockholm Fernsehfrequenzen europaweit geplant. Damals waren nur Mehrfrequenznetze mit Standortplanung einzelner Frequenzen für analoges Fernsehen Gegenstand der Planung. Für die heute möglichen, modernen, digitalen Gleichwellennetze (eine Frequenz an vielen Standorten) ist eine Revision des Stockholmer Wellenplanes erforderlich. Dies soll auf einer sogenannten "Stockholm-Nachfolgekonferenz" im Jahr 2005 erfolgen. In diese internationale Konferenz, die über die Nutzung und Verteilung von Frequenzressourcen des Rundfunks für die nächsten Jahrzehnte entscheidet, müssen von Deutschland für die nationale Rundfunkversorgung optimalen Forderungen eingebracht werden. Dazu muss rasch

10.2.4.4 Zuführung über Richtfunk

Eine andere Möglichkeit, das Signal vom Fernsehsender zur Kabelkopfstation zu übermitteln, stellt der analoge und digitale Richtfunk dar. Die Telekom bietet an, dass man die UKW- und Fernsehsendeanlagen auch zur Richtstrahlung nutzen kann. Hierfür werden jedoch 80 Prozent der entsprechenden Monatspreise für die Rundstrahlung erhoben. Daher ist eine reine Richtfunk-Nutzung von analogen Fernsehsendeanlagen der Telekom nicht attraktiv.³¹¹

Zudem bietet die Deutsche Telekom (T-Systems) eine digitale Richtfunkübertragung von MPEG-2-Signalen als Dienstleistung an. Feste Preistabellen wie bei ATM existieren hier aufgrund variabler Parameter (Länge der Verbindung, Wahl der Sendestandorte...) nicht. Eine durchschnittliche Richtfunkverbindung, die über vier Jahre fest angemietet wird, kann ca. 2.500 bis 3.000 Euro pro Monat kosten.³¹² Je nach Entfernung und nötiger Signalstärke steigen die Preise.

Darüber hinaus können auch private Mikrowellen-Richtfunkstrecken aufgebaut werden. Eine Richtfunkstrecke im Frequenzband zwischen 18 und 38 GHz kostet ca. 70 Tsd. Euro.

Die Standardreichweite für Richtfunkstrecken liegen bei max. 30 Kilometern. Der Vorteil dieser Richtfunkverbindungen liegt darin, dass dem Betreiber bei eigenen Richtfunkstrecken Bandbreiten von 34 Mbit/s in Voll-Duplex (Zwei-Weg-Verbindung) zur Verfügung stehen. Damit können z.B. 4 x 8,5 Mbit-Leitungen zur Übertragung von MPEG-2-Videostreams genutzt werden, oder man verwendet einen Teil der Bandbreite zur eigenen Datenkommunikation bzw. vermietet die redundanten Bandbreite an Dritte. Niederfrequentigere Richtfunkstrecken mit 6,5 GHz können über Distanzen bis 60 Km verwendet werden. Jedoch reduziert sich hier die zur Verfügung stehende Bandbreite auf 16 Mbit/s.³¹³

über die nationalen Versorgungskonzepte und den daraus abgeleiteten Kapazitätsbedarf entschieden werden." *Quelle: Arbeitsgemeinschaft der Landesmedienanstalten (ALM) (Hrsg.): "Digitalisierung der Terrestrik - Papier der Technischen Kommission (TKLM) der DLM", Stuttgart, Juni 2001, S. 13*

Damit DAB-Frequenzen auch für die Übertragung andere Daten (NPAD-Daten) als für Audiodaten genutzt werden dürfen, wird es darauf ankommen, dass die Rundfunkfrequenzen im Band III und im L-Band auf der Stockholm-Nachfolgekonferenz nicht auf einen bestimmten Datentyp festgelegt werden. Hier bestehen noch Uneinigkeiten bei der Definition einer deutschen Position. *Quelle: Arbeitsgemeinschaft der Landesmedienanstalten (ALM) (Hrsg.): "Digitalisierung der Terrestrik - Papier der Technischen Kommission (TKLM) der DLM", Stuttgart, Juni 2001, S. 13*

³¹¹ Preisliste der Deutschen Telekom für "Dauernd überlassene TV/TV-Sendeanlagen", Stand:1. Februar 2002

³¹² Die Deutsche Telekom legt bei diesem Mietpreis die Investitionskosten auf die Laufzeit um.

³¹³ Richtfunkverbindungen arbeiten im Mikrowellen-Frequenzspektrum (> 1 Ghz) und nutzen im Normalfall Frequenzen oberhalb von 10 Ghz. Bei kleineren Frequenzen (längeren Wellen) können die Ausgangs-Bandbreiten nicht aufrechterhalten werden. Richtfunksysteme im unteren Mikrowellenspektrum können werden für die Echtzeit-Übermittlung von digitalen Videosignalen nicht stabil genug betrieben.

Tabelle 30: Reichweiten gängiger Richtfunkssysteme

Antennendurchmesser	30 cm	60 cm	120 cm
Systemtyp / Reichweite			
18 GHz standard Power	11 km	21 km	30 km
23/26 GHz standard Power	5 km	11 km	15 km
38 GHz standard power	3.5 km	6.5 km	-

Quelle: GoC AG

Für die alleinige Signalzuführung eines digitalen MPEG-2-Signals in eine Richtung sind diese Systeme im Prinzip zu groß ausgelegt. Für Regional- und Lokal-TV-Veranstalter, die lange Zuführungswege zu einzelnen Kabelkopfstationen überbrücken müssen, lohnt sich die Investition in eine digitale Richtfunkstrecke trotzdem. Die Kosten für eine Richtfunkstrecke amortisieren sich teilweise bereits nach einem Jahr.

Die laufenden Kosten für eine Richtfunkstrecke werden im Wesentlichen durch die Stellplätze der Antennen bestimmt. Da Richtfunkverbindungen auf Sichtverbindungen angewiesen sind, können die Antennen nicht immer auf Hausdächern montiert werden. Je nach Topographie der Region müssen eigene Funktürme aufgestellt oder Stellplätze auf den Funktürmen der Deutschen Funkturm GmbH angemietet werden. Hierfür existieren derzeit keine Preislisten. Die Preise für die Anbringung von Richtfunkantennen auf Funktürmen richten sich sowohl nach Standort und Höhe des Funkturms, als auch nach dem Durchmesser der Parabol-Antenne und der damit verbundenen Windlast.³¹⁴

In vielen Fällen ist aufgrund der topografischen Gegebenheiten oder aufgrund der Tatsache, dass kein Sendeturm in der Nähe ist, überhaupt keine Sichtverbindung zwischen TV-Sendestandort und Kabelkopfstation herzustellen. In diesem Fall müssen andere Alternativen zur Signalheranführung gewählt werden.

10.2.5 Zuführung und Verbreitung über Satellit

10.2.5.1 Digitale Satellitenverbreitung

Die nationalen Fernsehsender speisen ihre Programme überwiegend über analoge und digitale Satellitenverbindungen in die Kabelnetze ein. Die analoge Satellitenverbreitung ist mit sehr hohen Kosten verbunden und von keinem Regional- oder Lokal-TV-Sender finanzierbar.³¹⁵ Aufgrund der Tatsache, dass bei der digitalen Übertragung wesentlich

³¹⁴ Seit Anfang 2003 hat die Deutsche Funkturm GmbH (Tochter der Deutschen Telekom) die Preise für Stellplätze privater Antennen auf ihren Funktürmen deutlich erhöht, um den privaten Wettbewerb zu den Richtfunk-Dienstleistungen der Telekom einzuschränken. Einzelne Dienstleister konnten jedoch bereits Rahmenverträge mit der Funkturm AG abschließen. Je nach Funkturm- und Antennengröße betragen hier die Mietpreise pro Jahr zwischen zwischen 4 und 15 Tsd. Euro. *Quelle: Ewald Restle, KIR MUSIC & MEDIA (www.kirmusic.de)*

³¹⁵ Die Zuführung des Programms zu den analogen Kabelnetzen erfolgt vorzugsweise über einen Kommunikationssatelliten, wie Kopernikus. Analoge Zuführungskanäle über Kopernikus kosten jedoch über 500.000 € pro Jahr. Hinzu kommen die Kosten für den Satelliten-Uplink. Hier ist mit Kosten von jährlich 240.000 € zu rechnen. *Quelle: Deutsche Telekom*

geringere Bandbreiten in Anspruch genommen werden,³¹⁶ sind die Kosten für digitale Satellitenkanäle deutlich geringer.

Die digitalen Programme werden jeweils in Multiplexpaketen gebündelt und zusammen über einen analogen Transponder ausgestrahlt. Hierbei kann prinzipiell zwischen zwei Multiplex-Möglichkeiten gewählt werden: eine Einspeisung direkt über SES/Astra oder eine Einspeisung über einen Multiplex der bundesweit verbreiteten TV-Sender. Eine täglich 24stündige Einspeisung in einen von SES/ASTRA zusammengestellten Multiplex kostet zwischen 700 und 800 Tsd. Euro pro Jahr. Die Übertragung eines digitalen Kanals bei Eutelsat kostet 500 bis 600 Tsd. Euro pro Jahr auf Hot Bird und ca. 400 Tsd. Euro auf dem Eutelsat-Satelliten 8 Grad West. Der Uplink kostet zusätzlich zwischen 150 und 180 Tsd. Euro pro Jahr.³¹⁷ Die Einspeisung in einen Multiplex der ARD-Landesanstalten oder von ZDF, RTL, ProSiebenSat.1/Premiere ist in der Regel günstiger. Die Preise werden mit den Multiplex-Betreibern auf Basis individueller Verhandlungen festgelegt.

Darüber hinaus muss jedoch die räumliche Distanz zum Satelliten-Uplink beachtet werden.³¹⁸ Hier entstehen zusätzlich Kosten für die Zuführung des Signals zum entsprechenden Standort des Uplinks.

Der direkte Reichweitzuwachs, der durch eine digitale Programmverbreitung über Astra realisiert werden kann, ist sehr gering. Derzeit erreicht man über Astra Digital direkt nur ca. 2 Mio. TV-Haushalte in ganz Deutschland. Jedoch ermöglicht eine digitale Satelliten-Übertragung über Astra oder Hot-Bird die Zuführung des Programmsignals zu allen Kabelnetzen in Deutschland (bzw. innerhalb der gesamten Ausleuchtzone des Satelliten).

Aus diesen Gründen nutzen derzeit nur die Ballungsraum-TV-Sender TV.Berlin, tv.nrw und Rhein-Main-TV eigene digitale Satellitenkanäle. Für mittlere und kleine Regional- oder Lokal-TV-Veranstalter sind die jährlichen Kosten für einen eigenen digitalen Satellitenkanal immer noch zu hoch.

Die Kosten für einen analogen Fernseh-Satelliten, wie Eutel-Sat oder Astra, liegen noch höher. SES/ASTRA bietet Verträge mit einer Laufzeit von fünf Jahren zu einer Transpondermiete von 5,5 Mio. € pro Jahr an. Hinzu kommen die Kosten für den Uplink (siehe oben) und Kosten für die Zuführung des Signals zum Uplink. Eine analoge Satellitenübertragung über Astra bietet jedoch den Vorteil, dass man einerseits 10 Mio. analoge Satelliten-TV-Haushalte direkt erreicht und darüber hinaus das Signal von den Kabelkopfstationen zur Einspeisung empfangen wird. *Quelle: SES/ASTRA*

³¹⁶ Bei der Satellitenausstrahlung beschränken sich die Datenmengen pro digitalen Kanal auf ca. 4 Mbit/s.

³¹⁷ SES Astra (www.ses-astra.com) und Eutelsat S.A. (www.eutelsat.com)

³¹⁸ Die RTL Group hat ihren Uplink in Köln. Dienstleister ist das Cologne Broadcasting Center (CBC). ProSiebenSat.1Media AG nutzt den ehem. Kirch-Media Dienstleister Beta Digital, jetzt DPC (Digital Playout Center). Das ZDF realisiert den analogen und digitalen Uplink vornehmlich in Mainz und nutzt T-Systems (Deutsche Telekom) als Service-Dienstleister. Die ARD-Landesanstalten verfügen über eigene analoge Satelliten-Uplinks und haben ihr digitales Satelliten-Play-Out-Center in Potsdam. Die Telekom betreibt Uplink-Stationen in Köln und Usingen. Darüber verfügen eine Reihe Dienstleister und Nachrichtenagenturen über eigene Satelliten-Uplink-Stationen. *Quelle: www.uplinkstation.com/Germany.shtml*

10.2.5.2 DVB-S-Projekt in Bayern

10.2.5.2.1 Struktur der DVB-S-Piloten

Im Auftrag der bayerischen Staatsregierung führt die Bayerische Landeszentrale für neue Medien (BLM) derzeit ein DVB-S-Projekt durch, um die in Bayern verbreiteten Lokal-TV-Sender digital über Satellit zu verbreiten. Im Vordergrund steht hier die Erhöhung der lokalen Reichweite durch Erreichung der wachsenden Zahl digitaler Satelliten-TV-Haushalte.

Um die Kosten für die digitale Satellitenverbreitung zu minimieren, werden jeweils fünf räumlich benachbarte Lokal-TV-Sender zu einer Satellitenkooperationsgemeinschaft zusammengeführt. Derzeit konnten bereits zwei Satellitenkooperationsgemeinschaften gebildet werden: "ON-TV" (Oberpfalz/Niederbayern) und "Franken-SAT". (vgl. Abschnitt 12.3.5 DVB-S-Projekte in Bayern)

Vier Sender einer Kooperationsgemeinschaft übertragen ihre 30minütigen Lokalnachrichten digital im MPEG-2-Format über ATM-Leitungen (Asynchronous Transfer Mode) der Deutschen Telekom zu einem zentralen Regiezentrum, das vom fünften TV-Sender beherbergt wird.

Über eine ATM-Leitung können, ähnlich wie über eine Telefonleitung, Wählverbindungen zu anderen ATM-Teilnehmern mit Bandbreiten zwischen 2 und 135 Mbit/s aufgebaut werden. Wird eine ATM für die Zuführung von Regional- und Lokal-TV-Signalen genutzt, ist damit auch eine Vernetzung der Sender untereinander und damit ein Programmaustausch (in Echtzeit) möglich.³¹⁹ Im Prinzip gelten bei der Deutschen Telekom alle Städte über 40 Tsd. Einwohner als ATM-versorgt. Voraussetzung für die Nutzung des ATM-Netzes ist eine Zuleitung zu einem "ATM-Netzknoten" (Teleports), der die Signale aufnehmen und weiterleiten kann. Diese Netzknoten befinden sich nur in größeren Städten und in direkter Nähe großer Rundfunkanstalten.³²⁰

Im Regiezentrum werden die Programme zusammengeführt und anschließend in einer festgelegten Reihenfolge ebenfalls über eine ATM-Leitung zum Play-Out-Center der DPC GmbH³²¹ (ehem. Beta Digital) in München übertragen. DCP überträgt die Signale dann in einem Multiplex-Strom mit anderen Digital-TV-Programmen zur Astra-

³¹⁹ Die bundesweit verbreiteten Fernsehsender nutzen ATM-Leitungen zur Verbindung zwischen einzelnen Landesstudios sowie für die Zuspaltung digitaler Videosignale zu Satelliten-Uplinks und Play-Out-Centern. So gelangt beispielsweise das MPEG-2-Signal des ZDF-Programms von Mainz nach Berlin, um dort im Rahmen des DVB-T-Projekts verbreitet zu werden.

³²⁰ ATM-Knoten der Deutschen Telekom befinden sich in folgenden Städten: Aachen, Aschaffenburg, Augsburg, Bad Soden am Taunus, Berlin, Bielefeld, Böblingen, Bochum, Bonn, Braunschweig, Bremen, Chemnitz, Darmstadt, Dortmund, Dresden, Düsseldorf, Duisburg, Erfurt, Erlangen, Essen, Frankfurt/Main, Freiburg im Breisgau, Friedrichshafen, Gera, Göppingen, Göttingen, Gütersloh, Hamburg, Hannover, Ingolstadt, Itzehoe, Jena, Kaiserslautern, Karlsruhe, Kassel, Kelsterbach, Kiel, Koblenz, Köln, Krefeld, Leipzig, Lörrach, Ludwigshafen am Rhein, Magdeburg, Mainz, Mannheim, München, Münster, Neuss, Nürnberg, Oldenburg, Osnabrück, Potsdam, Ratingen, Regensburg, Reutlingen, Rostock, Saarbrücken, Siegen, Stuttgart, Suhl, Trier, Ulm, Walldorf Baden, Wiesbaden, Wiesloch, Wolfsburg, Wuppertal, Würzburg und Zweibrücken.

Quelle: T-System Media&Broadcast: "Handbook of Services", (www.t-systems.de)

³²¹ www.dpc.de

Satelliten-Plattform. Über den digitalen Astra-Satelliten sind die bayerischen Lokal-TV-Programme in ganz Europa zu empfangen.

Die Lokal-TV-Beiträge und das Gemeinschaftsprogramm ergeben eine Programmschleife von drei Stunden. Diese Schleife wird zeitpartagiert zwischen 18 bis 24 Uhr zweimal ausgestrahlt, d.h. jedes Lokal-TV-Programm wird in diesen sechs Stunden zweimal ausgestrahlt.

Die zeitpartagierte digitale Satellitenübertragung kann auch für die Signalführung der Fernsehprogramme zu den einzelnen Kopfstationen genutzt werden. Dies würde jedoch bedeuten, dass in den einzelnen Kabelkopfstationen PC-gestützte Sendeabwicklungen installiert werden müssten, die das jeweilige Lokal-TV-Programm für das Verbreitungsgebiet aufzeichnen, in ein analoges PAL-Signal umwandeln und als Programmschleife ausspielen.

10.2.5.2.2 Kosten der DVB-S-Piloten

Um eine Sendervernetzung nach dem bayerischen DVB-S-Modell zu realisieren, muss eine komplexe technische Infrastruktur aufgebaut werden. Für das Regiezentrum, wo die Video-Streams zusammengeführt und bearbeitet werden, sind folgende Investitionen notwendig:

- ATM-Anschluss (u.a. ATM-Wandler/Rundfunkservicemultiplexer³²², Installation der Leitung ...)
- Video-Server-System, Play-Out-Server
- Hard- und Software zur Aufzeichnung und Zusammenfügung der einzelnen MPEG-2-Videoblöcke zu einem Video-Stream

Die Investitionskosten für den Aufbau der einzelnen Regiezentren liegen zwischen 75 und 80 Tsd. Euro pro Regiezentrum.³²³ Voraussetzung ist, dass die beteiligten Sender in der Lage sind, digitales Bildmaterial in MPEG-2 in der entsprechenden Komprimierungsstufe zur Verfügung zu stellen und der Sender, indem sich das Regiezentrum befindet, über die entsprechende Ausstattung digitaler Schnittsysteme (NLE-System), sowie über die notwendigen Encoding- und Decoding-Systeme verfügt.

Die laufenden Kosten dieser Sendervernetzung entstehen durch das Multiplexing und den Satelliten-Uplink.³²⁴ Aufgrund der zeitlich begrenzten Übertragung in einem Astra-Satelliten-Multiplex liegen die Kosten hier bei ca. 420 Tsd. Euro. inkl. Uplink pro Jahr.³²⁵

³²² Um MPEG-2-Signale über ATM-Leitungen zu versenden, müssen beim Sender und Empfänger sog. "ATM-Wandler" im Preis von ca. 6.300 Euro installiert werden, die die digitalen Streaming-Daten in die ATM-Zellen übertragen.

³²³ R. Kretschmann, Landesanstalt für Kommunikation Baden-Württemberg (LfK): "DVB-S Projekt Südwest – Bewertung der Angebote zur technischen Umsetzung"

³²⁴ In Bayern wird diese Dienstleistung von der DPC GmbH (Digital Payout Center) in Unterföhring unternommen. DPC ist eine Tochter der Premiere Fernsehen GmbH & Co. KG und gehörte vor der Kirch-Krise zur Technik-Tochter der Kirch Media AG: Beta Digital.

³²⁵ R. Kretschmann, Landesanstalt für Kommunikation Baden-Württemberg (LfK): "DVB-S Projekt Südwest – Bewertung der Angebote zur technischen Umsetzung"

Hinzu kommen die Kosten für die Anmietung der ATM-Leitungen zum jeweiligen Regiezentrum und zum Play-Out-Center. Den Zugang zu einem ATM-Netzknotten der Telekom erhält der TV-Sender über gebündelte 2 Mbit-Kupferleitungen oder über Glasfaser. Als minimale Datenrate für eine MPEG-2-Übertragung in Echtzeit gilt momentan eine Übertragungsgeschwindigkeit von 4,3 Mbit/s (Sendebitrate). Die einzelnen Bilder im Video-Stream können in dieser Komprimierungsstufe nachträglich nicht mehr bearbeitet, sondern nur noch neu zusammengefügt werden.³²⁶

Um diese Übertragungsgeschwindigkeiten zu realisieren, können zwei Standard-ATM-Produkte der Deutschen Telekom genutzt werden: Entweder man nutzt eine ATM-Leitung der "Zugangsklasse Eins" (Bruttodatenrate max. 20 Mbit/s) oder man bündelt drei ATM-Leitungen der "Zugangsklasse Null" (Bruttodatenrate max. 1,9 Mbit/s pro Zuführung). Für den Empfang der Daten im Regiezentrum wurde in Bayern ein ATM-Zugang der "Zugangsklasse Zwei" mit einem möglichen Datendurchsatz von 40 Mbit/s eingerichtet, weil bei den beiden Pilotprojekten teilweise alle vier umliegenden Sender dem Regiezentrum gleichzeitig Videodaten mit einer Bandbreite von über 4 Mbit/s zu spielen.

Tabelle 31: ATM-Leitungen der Deutschen Telekom: Netto-Fixkosten

Zugangsklasse	Bandbreite (Bruttorate)	Installationskosten	Bereitstellungskosten pro Monat	Führungskosten pro Monat Entfernung bis 50 Km ³²⁷	
				Sockelbetrag	pro 100 Meter
0	bis 1,9 Mbit/s	650,00	1.600,00	405,00	1,50
1	bis 20 Mbit/s	1.815,08	6.135,50	2.249,68	53,17
2	bis 40 Mbit/s	2.024,71	7.669,37	2.249,68	53,17
3	bis 135	6.391,14	9.203,25	2.249,68	53,17

Quelle: Preisliste für "ATM Broadcast Services" der T-Systems International GmbH Media Broadcast, Stand: November 2002

Die Kostenunterschiede zwischen der "Zugangsklasse Null" und den übrigen Zugangsklassen sind erheblich. Die laufenden Fix-Kosten für eine ATM-Leitung der "Zugangsklasse Eins" betragen bei einer Entfernung vom ATM-Knoten von 30 Kilometern 24.335,88 Euro (Bereitstellungskosten und Führungskosten). Bündelt man drei ATM-Leitungen der "Zugangsklasse Null", betragen die Kosten nur 7.365 Euro (2.455 Euro pro Leitung). Hinzu kommen Verbindungsstarife, die sich an den Tarifbereichen für die Festnetz-Telefonie (City, Region 50, Region 200, Fern) und an der Gesamtdatenmenge pro Verbindung orientieren. Bei einer Entfernung bis zu 50 Kilometer (Region 50) und einer durchschnittlichen Gesamtdatenmenge von 4,3 Mbit/s ergeben sich für eine 30minütige Verbindung Übertragungskosten zwischen 45 und 65 Euro.³²⁸

³²⁶ Will man DVB-MPEG-2-Videosignale in Echtzeit übertragen, die vom Empfänger noch weiter bearbeitet werden können, darf die Codierung Bitraten 8Mbit/s nicht unterschreiten. Eine Komprimierung von MPEG-2-Daten auf eine Übertragungsgeschwindigkeit zwischen 8 und 15 Mbit/s gilt noch als "Bearbeitungsbitrate", d.h. bei dieser Komprimierung können die Videobilder wieder dekomprimiert und nachträglich weiter bearbeitet werden.

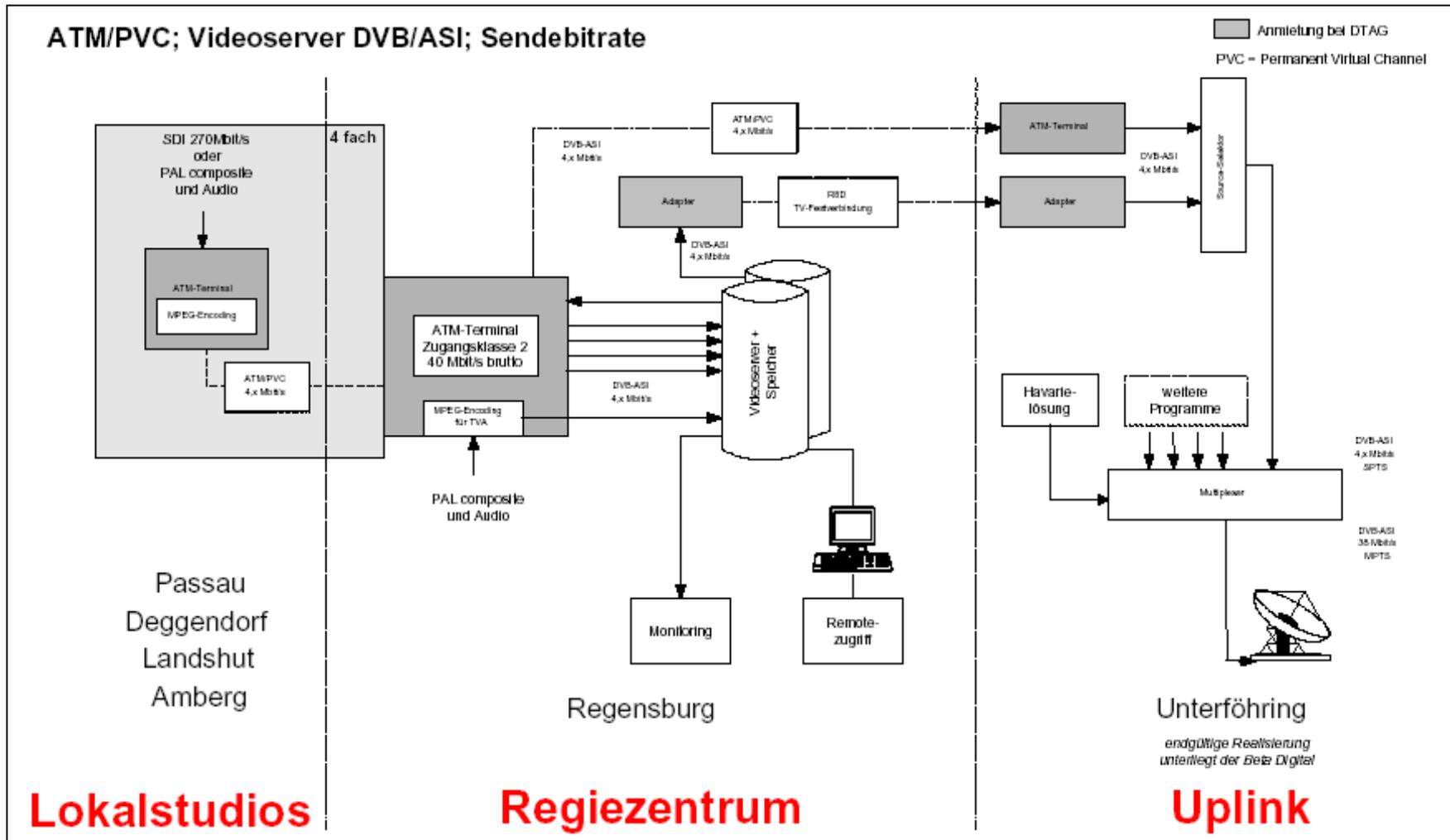
³²⁷ Bei Entfernungen über 50 Km werden die längenabhängigen Gebühren pro hundert Meter günstiger. *Quelle: vgl. Preisliste für "ATM Broadcast Services" der T-Systems International GmbH Media Broadcast, Stand:November 2002*

³²⁸ Preisliste für "ATM Broadcast Services" der T-Systems International GmbH Media Broadcast, Stand:November 2002

Während die tatsächlichen Verbindungskosten pro Monat mit ca. 1.000 bis 1.500 Euro noch relativ gering ausfallen, sind die Kosten für die Bereitstellung und Führung der Leitung extrem hoch und für Regional- und Lokal-TV-Sender nicht tragbar. Die Finanzierung der DVB-S-Projekte in Bayern wird daher vollständig von der Bayerischen Landeszentrale für neue Medien übernommen. (vgl. Abschnitt 12.3.5 DVB-S-Projekte in Bayern)

Die Bundesländer Baden-Württemberg, Saarland, Rheinland-Pfalz und Hessen planen unter dem Namen "DVB-S Südwest" derzeit ein ähnliches DVB-S-Projekt.

Abbildung 20: Technische Realisierung des DVB-S-Projektes "ON-TV"



Quelle: Bayerische Medientechnik GmbH (www.bmt-online.de)

10.2.5.3 Kabelkopfstellenvernetzung über dezentrale Satellitenplattformen (VSAT)

In Brandenburg besteht für viele der 32 Lokal-TV-Veranstalter und Stadtkanäle das Problem, ihr Programm in eine Vielzahl einzelner lokaler Kabelnetze einspeisen zu müssen. Dies geschieht in der Regel manuell. Derzeit wird im Verband "Brandenburgisches Fernsehnetzwerk" (BFN) darüber nachgedacht, wie für diese Sender eine kostengünstige Signalzuführung realisiert werden kann. Die Medienanstalt Berlin-Brandenburg hat hierfür im Rahmen einer internen Studie die verschiedenen technischen Möglichkeiten überprüfen lassen.

Die derzeit favorisierte Lösung stellt die VSAT-Technologie des Satellitenbetreibers Eutelsat dar. VSAT steht für "Very Small Aperature Terminal" und wurde von Eutelsat für Unternehmensnetzwerke (Corporate Networks) entwickelt. Das VSAT-System bietet Unternehmen die Möglichkeit, über eigene Satelliten-Sende- und Empfangsanlagen verschiedene Standorte miteinander zu vernetzen. Über diese sog. "Terminals" können eine Vielzahl unterschiedlicher Daten distribuiert werden:

VSAT-Applikationen

- Sprach- und Fax-Kommunikation
- Local-Area-Network-Verbindungen (LAN)
- Data-Broadcasting
- Videokonferenzen
- Business-TV und -Radio³²⁹

Diese Form der Satellitenübertragung bietet den Vorteil, dass man die Videosignale nicht erst einem Play-Out-Center bzw. einem zentralen Satelliten-Uplink (Hub) zuspiesen muss, sondern die Signale über dezentrale Sendeanlagen vor Ort direkt zum Satelliten überträgt. Dabei kommt das sog. "Frequency Division Multiple Acces"-Verfahren (FDMA) zum Einsatz. Anders als bei digitalen Fernsehsatelliten werden nicht mehrere DVB-MPEG-2-Ströme in einem Multiplex-Strom zusammengeführt, sondern die Streams werden über einzelne, schmalbandige Kanäle (Single Channel per Carrier) übertragen, die vom Satelliten getrennt empfangen und ausgestrahlt werden. Dafür wird ein 72 MHz-Transponder in acht 9-Mbit/s-Kanäle aufgeteilt, die sich noch einmal in zwei 4,4 Mbit/s-Kanäle splitten lassen.

Nach dem derzeit geplanten Modell soll für die brandenburgischen Lokal-TV-Sender maximal ein ganzer Transponder angemietet und in 18 dieser 4,4 Mbit/s-Kanäle aufgeteilt werden. Damit steht gerade genügend Bandbreite zur Verfügung, um von 18 verschiedenen Punkten aus DVB-MPEG-2-Videosignale in akzeptabler Qualität (Sendebitrate) in Echtzeit zu übertragen. Für den Empfang dieser FDMA-Signale werden größere Empfangsantennen mit einem Durchmesser von 180 cm benötigt.³³⁰ Normale Fern-

³²⁹ Eutelsat S.A. (www.eutelsat.com)

³³⁰ Die tatsächliche Größe der Empfangsantenne ist abhängig von dem Satelliten, auf dem das Signal aufgeschaltet ist. Eutelsat nutzt für das VSAT-Angebot vor allem vier seiner W-Sat-Satelliten, sowie einzelne Antlantic-Bird-Satelliten. Die Fernsehsatelliten der Hot-Bird-Reihe werden hierfür nicht verwendet.

sehsatelliten-Antennen benötigen nur einen Durchmesser zwischen 60 und 90 cm. Dort wird das jeweilige Lokal-TV-Programm wieder in ein analoges PAL-Signal decodiert und in die lokalen Kabelnetze eingespeist.

Dieser Transponder soll täglich für eine Stunde gemietet werden. Eutelsat bietet hierfür das sog. "Reservation by Subscription"-Modell an. Reservation-by-Subscription bedeutet, dass TV-Sender Transponderkapazitäten zu bestimmten Tagen für eine feste Zeit anmieten (reservieren) können. Die Nutzungsgebühren beschränken sich auf den Nutzungszeitraum und die in Anspruch genommene Bandbreite.³³¹

Nach Vorstellung des BFN sollen die Programme zwischen 17 und 18 Uhr über die VSAT-Verbindung von den Regiezentren parallel ausgestrahlt und über den Eutelsat-Satelliten den einzelnen Kabelkopfstationen zugeführt werden.

Damit 18 Uplinks ausreichen, müssten sich die Regional- und Lokal-TV-Sender in Brandenburg ebenfalls in Satelliten-Kooperationsgemeinschaften zusammenschließen. Bei dem jeweils größten Sender der Region soll dafür ein Regiezentrum eingerichtet werden. Die maximal 18 Übertragungskanäle reichen aus, um alle Programme der 32 Regional- und Lokal-TV-Veranstalter zu übertragen, weil nur sechs Sender ein tagesaktuelles Programm produzieren. Die übrigen Sender erstellen Programme mit geringerem Aktualisierungsgrad (mehrmals pro Woche, wöchentlich, 14tägig). Die Sendedauer der jeweiligen Regional- und Lokal-Nachrichten umfasst i.d.R. 30 Minuten. Hinzu kommen ggf. weitere wochenaktuelle Formate wie z.B. ein Gemeinschaftsprogramm (Brandenburg Journal), weitere eigene Programme oder Syndication-Programme. (vgl. Abschnitt 8.2.3 Fremdprogramme). Damit lassen sich über jeden der 18 Übertragungskanäle täglich entweder ein tagesaktuelles 30-Minuten-Programmformat und ein wochenaktuelles 30-Minuten-Format oder zwei wochenaktuelle 30-Minuten-Formate übertragen.

Bei dieser zeitpartagierten Nutzung von Transponder-Kapazitäten reduzieren sich die Jahreskosten für einen analogen Transponder auf den genutzten Zeitabschnitt. Die Mietkosten für eine Stunde im Rahmen des VSAT-Angebotes belaufen sich auf ca. 150 Tsd. Euro jährlich.³³² Die für den Uplink notwendigen Sende-/Empfangs-Terminals kosten zwischen 3 bis 4 Tsd. Euro. Ähnliche Terminals werden auch von den bundesweit verbreiteten TV-Sendern für die Zuspiegelung von Beiträgen zum Sendezentrum genutzt. Hinzu kommen die Kosten zur Aufrüstung der Kopfstationen mit größeren Empfangsantennen, Decodern und Sendeservern.

Sinnvollerweise werden die Sendeanlagen vor allem bei Regional- und Lokal-TV-Sendern installiert, die ein tagesaktuelles Programm produzieren, um die kostenintensive Zuspiegelung der Programme über ATM-Leitungen einzusparen. In welcher Form die kleineren Lokal-TV-Sender ihr wochenaktuelles Programm zum nächstgelegenen Uplink transportieren ist noch in der Diskussion. Eventuell können hier SDSL-Leitungen

³³¹ Eutelsat S.A. (www.eutelsat.com)

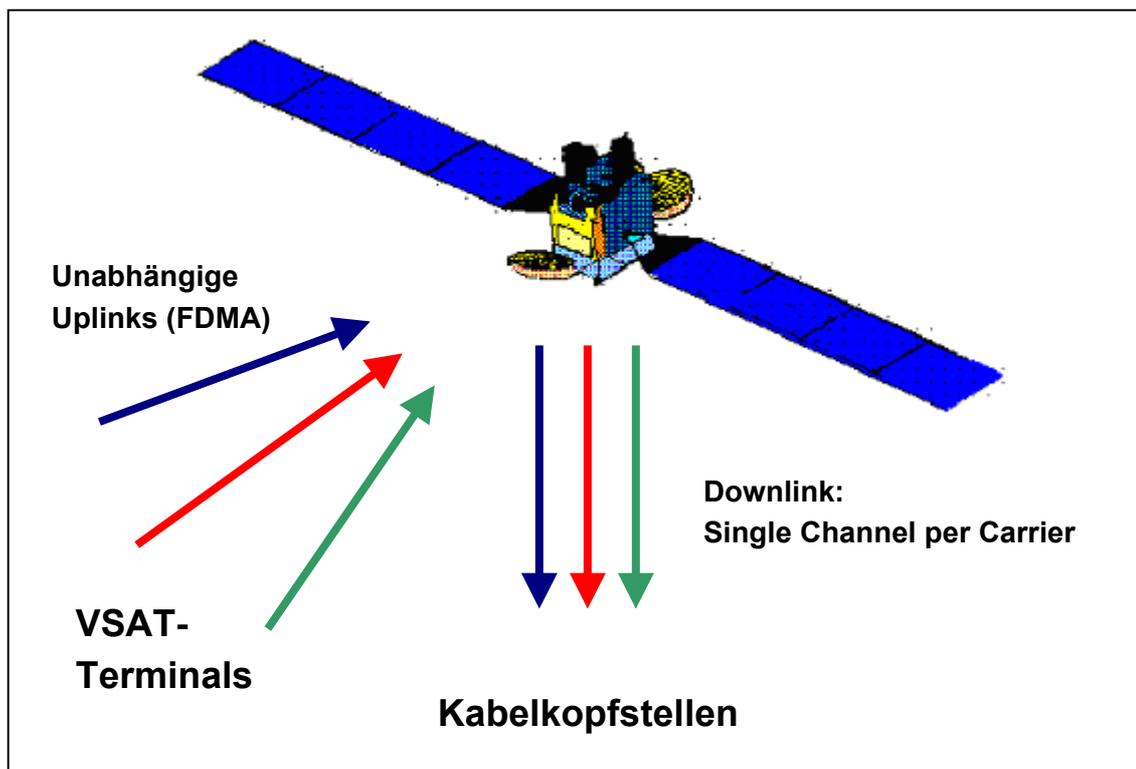
³³² Vertriebspartner des Eutelsat-Angebotes in Deutschland sind: Gilat Europe, GE CapitalSpacenet, Plenexis, Global One, Hughes Olivetti Telecom, Spaceline und Teleport Europe

oder 2-Mbit/s-Standleitungen genutzt werden. Es ist jedoch auch in der Diskussion, die Produktion der Programme auf ca. 10 Lokalsender zu konzentrieren.³³³

Mit dieser Variante der Satelliten-Übertragung kann neben einer Kabelkopfstationen- vernetzung auch ein Programmaustausch zwischen den einzelnen TV-Sendern reali- siert werden, da die einzelnen TV-Sender auch die MPEG-Signale aller anderen TV- Sender empfangen. Die Sendebitrate von 4,4 Mbit/s ermöglicht jedoch keine Bildquali- tät, die eine erneute Bildbearbeitung erlaubt.

Für die Erreichung von Satelliten-TV-Haushalten in Brandenburg ist diese Variante ungeeignet, da die über das FDMA-Verfahren distribuierten Signale von normalen Sat- TV-Analgen nicht empfangen werden können, selbst bei entsprechender Ausrichtung der Antenne auf die Position des verwendeten Eutelsat-Satelliten.

Abbildung 21: VSAT-Angebot von Eutelsat



Quelle: Eigene Darstellung

10.2.5.4 Projekt "Kabelkopfstellenvernetzung" der ARiS

In Sachsen hat die Arbeitsgemeinschaft der Regionalfernsehveranstalter "ARiS" unter der Leitung des Lokal-TV-Senders KabelJournal GmbH (Sendegebiet Aue/Schwarzenberg) eine eigene Variante der Kopfstellenvernetzung und Sendervernetzung entwickelt. Hierbei handelt es sich nicht um eine Broadcast-Satelliten-Übertragung, sondern um eine Satellitenübertragung von Videoinhalten in Form von Datenpaketen (Data-casting). Das Pilotprojekt wurde im Jahr 2002 unter dem Namen "Projekt Kopfstellenvernetzung" durchgeführt.

Das Konzept basiert auf einem zentralen Systemleitserver, dem die Sendeinhalte (Bewegtbild und Bildtafel-Angebote) aller teilnehmenden Lokal-TV-Sender als (MPEG-2-) Datensatz zugespielt werden.³³⁴ Dieser Leitserver sendet die Inhalte dann an einen Multicast-Server weiter, der an das Internet angebunden ist.³³⁵ Der Multicast-Server überspielt die gesammelten Daten als Datenpaket zur Satelliten-Uplink-Station der Firma "Satlynx" in Backnang (Hessen).³³⁶

Satlynx sendet die Daten zu einem Kommunikationssatelliten von Astra oder Eutelsat. Von dort wird der Datenstrom als Downlink mit Bandbreiten optional mit 256 Kbit/s, 512 Kbit/s oder 1,024 Mbit/s übertragen. Die Kopfstationen empfangen diesen Multicast-Datenstrom und extrahieren und speichern die für sie bestimmten Datenpakete auf einem PC (PC-Sendeabwicklung). Wenn alle Daten für ein Lokal-TV-Programm vollständig übertragen wurden, kann der Video-Datensatz als PAL-Signal ausgesendet werden.

Nach dem derzeit diskutierten Modell sollen MPEG-2-codierte Video-Datenpakete, die für eine Datenübertragungsrate von 2 Mbit/s komprimiert sind (MPEG-2 Main Profile @ Low Level / S-VHS-Qualität), über einen 1,024 Mbit/s-Satelliten-Downlink als Gesamtdatei oder in einem Multiplex-Strom mit anderen Lokal-TV-Daten übertragen werden. Theoretisch beträgt die Übertragungszeit von 60 Minuten 2 Mbit/s-Video-Daten über eine 1 Mbit/s-Leitung 2 Stunden. Die KabelJournal GmbH geht jedoch aufgrund des notwendigen Daten-Handlings (Internet-Übertragung, Uplink und Downlink) von der maximal dreifachen Übertragungszeit aus. (Übertragung von 60 Minuten Programm in max. 3 Stunden). Damit können in 24 Stunden mindestens 8 Stunden Programm übertragen werden.

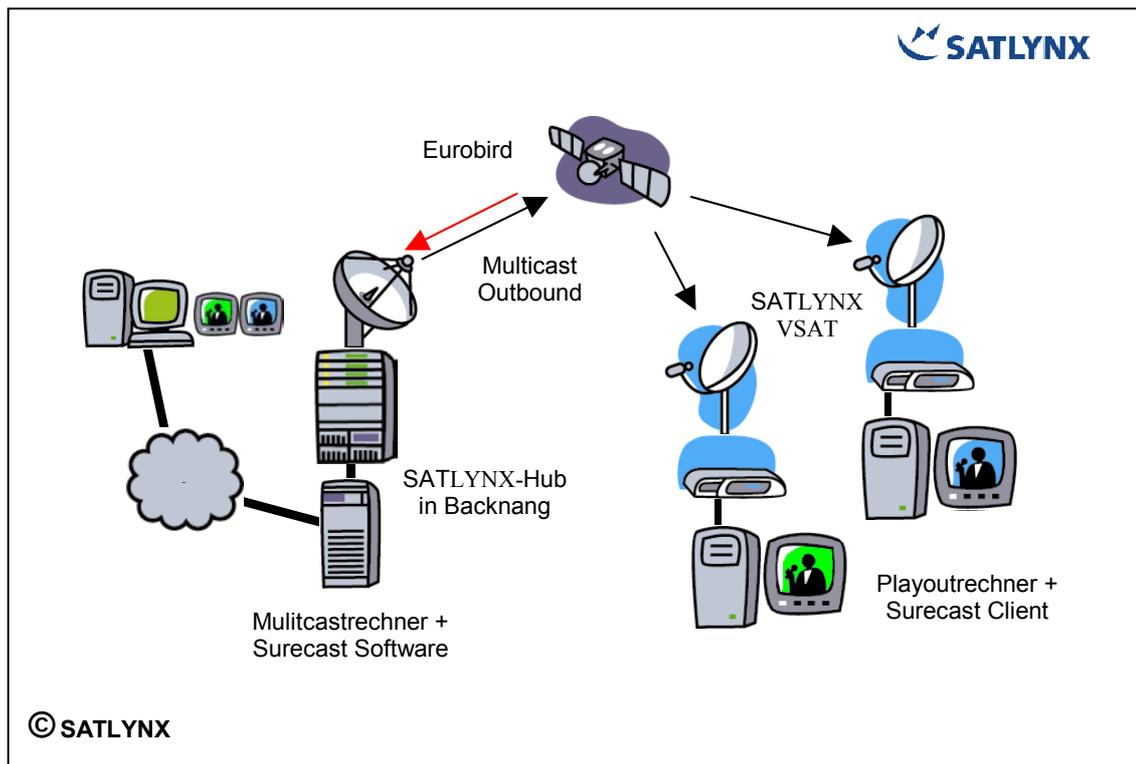
³³⁴ Die einzelnen Lokal-TV-Sender überspielen ihre Sendeinhalte in beliebigen digitalen Formaten (MPEG-2, MPEG-4) als Datensatz per File Transport Protokoll (FTP) über DSL-Verbindungen mit hohen Upload-Geschwindigkeiten (DSL-Angebote für Geschäftskunden) oder der Systemleitserver ruft die Daten über eine Download-Verbindung vom Redaktionsserver der einzelnen Lokal-TV-Sender ab. Der Vorteil der Datensatzübertragung (im Gegensatz zu einer Echtzeit-Streaming-Übertragung) liegt darin, dass sobald ein Filmbeitrag fertiggestellt ist, er als Datensatz auf den Systemleitserver überspielt werden kann, der am Ende die Teilbeiträge der einzelnen Lokal-TV-Sender zu dem jeweiligen Gesamtprogramm zusammensetzt.

³³⁵ Hier muss berücksichtigt werden, dass die KabelJournal GmbH gleichzeitig ein lokaler Internet-Provider ist, der die Daten direkt über die Breitband-Strukturen des Internets versenden kann.

³³⁶ Satlynx ist ein Joint-Venture, betrieben von SES GLOBAL (Astra), Gilat Satellite Networks Limited (Gilat Europe GmbH) und Skybridge dem Satelliten-Arm von Alcatel. *Quelle: www.satlynx.com*

Für dieses Projekt stehen jedoch auch technische Alternativen zur Verfügung: Beispielsweise kann statt MPEG-2 (Main Profile @ Low Level) auch MPEG-4 mit einer Netto-Datenrate von 1,8 Mbit/s eingesetzt werden. Damit würde sich die Übertragungszeit weiter verringern. Zudem können auch größere Downlink-Datenraten genutzt werden. Beispielsweise können mit dem "Reservation by Subscription"-Verfahren auf den Datenkanälen Zeitfenster von z.B. zwei Stunden angemietet werden, in denen man mit einer Datenrate von z.B. 10 Mbit/s alle Videodaten überträgt. Diese Lösungen sind jedoch wesentlich teurer als die 24-Stunden-Nutzung eines 1-Mbit/s-Datenkanals.

Abbildung 22: Kabelkopfstellenvernetzung über Satelliten-Datacasting



Quelle: ARiS

Die reinen Übertragungskosten für den Satelliten-Datenkanal – Uplink und 24-Stunden-Nutzung eines 1-Mbit-Downlink – betragen nach Angaben von Satlynx für eine IP-Daten-Übertragung zwischen 10 und 15 Tsd. Euro pro Monat. Für den Downlink wird keiner der für Deutschland relevanten digitalen Fernsehsatelliten (Astra 19.2° oder Hotbird) sondern günstigere Datensatelliten der beiden Satellitenflotten eingesetzt.³³⁷

338

³³⁷ Satlynx (www.satlynx.com)

³³⁸ Diese Kosten können nach Angabe von Satlynx linear hochgerechnet werden. Wollte man beispielsweise DVB-MPEG-2-Signale als IP-Datensatz über einen 4-Mbit-Satelliten-Downlink distribuieren, würden für die durchgängige Nutzung Kosten in Höhe von 40 bis 50 Tsd. Euro entstehen. Das Programm könnte nahezu in Echtzeit zur Kabelkopfstation übertragen werden. Dort würde das Programm einmal vollständig abgespeichert und könnte im Anschluss direkt ausgespielt werden. Die Übertragungszeit entspricht damit der Sendezeit des Programms plus weitere Minuten für das Daten-Handling. So wäre ebenfalls eine tagesaktuelle Produktion und Ausstrahlung eines Regional- oder Lokal-TV-Programms möglich. Die Kosten für die Anmietung eines digitalen Fernsehsatellitenkanals von Eutelsat sind im Vergleich dazu mehr als zehnmal so teuer. Die Kosten für die Übertragung über einen digitalen Astra-Fernsehsatellitenkanal sind 20mal so teuer.

Hinzu kommen eine Reihe von Investitionskosten zur Installation der Server-Struktur. Dazu zählt zum einen der Aufbau eines Systemleitrechners und eines Multicast-Rechners. Die einzelnen Regional- und Lokal-TV-Sender müssen ebenfalls Video-Server mit einheitlicher Redaktionssoftware installieren, die die einzelnen digitalisierten Beiträge verwalten und fertige Beiträge an den Systemleitserver übertragen. Darüber hinaus müssen die entsprechenden Empfangsgeräte (Antenne, LNB, Receiver), sowie eine PC-gestützte Sendeabwicklung (Decoder, Festplattenrecorder ...) an jeder Kabelkopfstation installiert bzw. für den Satelliten-Empfang aufgerüstet werden. Die ARiS kalkuliert mit Gesamt-Investitionen in Höhe von 1,5 bis 2,12 Mio. Euro für eine Zahl von 16 bis 30 Lokal-TV-Sendern und 225 bis 320 auszurüstenden Kopfstellen.³³⁹

10.2.6 Kosten für die Kabelnetzdurchleitung

10.2.6.1 Analoge Einspeisung

Die Kabelregionalgesellschaften der Kabel Deutschland GmbH berechnen regionalen und lokalen Fernsehveranstaltern Gebühren für die Durchleitung von Fernsehsignalen durch die Netzebene 3 und 4. Die Höhe der Gebühren für die Durchleitung des Signals hängen von der Anzahl der erreichten TV-Haushalte (Wohneinheiten) und von der Dauer der täglichen Nutzung ab. Die meisten Regional- und Lokal-TV-Veranstalter nutzen ihren Kabelkanal täglich 24 Stunden. Manche Lokal-TV-Sender sowie regionale oder lokale Mediendienste übertragen ihr Programm zeitpartagiert und teilen ihren Kabelplatz mit einem oder mehreren anderen Programmen.

Die Preise für die Durchleitung sind nach 50-Tsd.-Wohneinheiten gestaffelt. Reichweiten unter 50 Tsd. Wohneinheiten (WE) kosten ca. 300 Euro pro Monat. Ab 50 Tsd. WE's erhöhen sich die Durchleitungskosten auf ca. 956 Euro. Alle weiteren angefangenen 50 Tsd. WE's kosten ca. 1 Tsd. Euro.³⁴⁰

Im Gegensatz zu den Signalführungskosten, sind diese Durchleitungskosten als gering zu bezeichnen. Private, regionale Kabelnetzgesellschaften, wie z.B. die Tele Columbus Gruppe sowie die lokalen Kabelnetzbetreiber, leiten die lokalen Fernsehsender oftmals kostenlos durch. Bei der Installation einer Sendeabwicklung in den Kopfstationen wird i.d.R. auch keine Miete für die Stellplätze der Geräte erhoben. Diese Netzbetreiber sehen das Lokal-TV-Programm als Mehrwert gegenüber dem Satelliten-TV-Angebot und kommen den lokalen TV-Veranstaltern entsprechend entgegen.

Voraussetzung für diese Form der Datenübertragung sind jedoch entsprechende Empfangsanlagen und Sendeabwicklungen an den einzelnen Kabelkopfstationen. Diese Form der Signalführung eignet sich also ebenfalls nur für Repeat-TV. Darüber hinaus kann das Programm nicht von Satelliten-TV-Haushalten empfangen werden.
Quelle: Satlynx (www.satlynx.com)

³³⁹ Arbeitsgemeinschaft Regionalfernsehveranstalter in Sachsen (ARiS) (www.lokalfernsehen.de) / Mike Bielagk KabelJournal GmbH (www.kabeljournal.de)

³⁴⁰ Preisliste zur Einspeisung von Fernsehprogrammen in die Breitbandverteilnetze der Kabel Deutschland GmbH, gültig ab 01.01.2000

10.2.6.2 Digitale Einspeisung

Mit zunehmender Digitalisierung des Kabel-TV-Empfangs in den nächsten Jahren zeichnet sich ein Problem für die Regional- und Lokal-TV-Sender ab. Bislang speisen die Regional- und Lokal-TV-Sender ihre Programme je nach Größe ihres lizenzierten Verbreitungsgebietes entweder in einer Breitbandkommunikations-Verteilstelle (BKVtSt), in einer übergeordneten Breitbandkommunikations-Verstärkerstelle (üBKVrSt) oder in einer Satelliten-Kopfstation eines regionalen oder lokalen Kabelnetzbetreibers ein.

Nach Vorgaben des § 52 Abs. 3 Nr. 2 RStV haben lokale/regionale Programme sowie Offene Kanäle im digitalen Bereich einen "Must-Carry"-Anspruch. (vgl. Abschnitt 6.1.5 Zuweisung von analogen Kabelplätzen). Jedoch wird eine digitale Einspeisung dieser Programme innerhalb der Kabel-Deutschland-Netze in Zukunft höchstens auf Ebene der Breitbandkommunikations-Verteilstelle (BKVtSt) möglich sein. Auf dieser überregionalen Ebene ist es zu erwarten, dass die Kabel Deutschland GmbH Multiplex-Anlagen installiert, um über Satellit empfangene Multiplex-Ströme zu demultiplexen und die nationalen Programme mit regionalen Programmen zu neuen Multiplex-Strömen zusammenführt. Die mittelgroßen Kabelnetzbetreiber wie Primacom, Tele Columbus oder Bosh verfügen in großen Netzen ebenfalls über eigene (De-)Multiplex-Systeme, um eigene Programmangebote zusammenstellen zu können.³⁴¹

Dies bedeutet, dass die Programmsignale der Regional- und Lokal-TV-Sender zukünftig bis an diese überregionalen Multiplex-Anlagen herangeführt werden müssen, damit sie digital in einem Multiplex-Datenstrom verbreitet werden können. Damit würde sich die zu überbrückende Distanz für die Signalzuführung erheblich verlängern. Die Landesmedienanstalten wollen sich jedoch dafür einsetzen, dass den Lokal-TV-Veranstaltern nur möglichst kurze Strecken zugemutet werden. Dies könnte bei neuen HFC-Netzen zum Beispiel bis zum nächsten Glasfaserring der untersten Hierarchie-Ebene sein. Ob dies von der Kabelwirtschaft ohne wirtschaftliche Notwendigkeit realisiert wird, ist fraglich.³⁴²

In den ostdeutschen Bundesländern besteht das Kabelnetz zudem nicht aus zusammenhängenden Netzstrukturen, sondern aus einzelnen lokalen Netzen, die jeweils über lokale Kopfstationen versorgt werden. Inwieweit den lokalen Netzbetreibern der finanzielle Aufwand zur Installation von Multiplex-Systemen zugemutet werden kann, um die digitale Einspeisung von Lokal-TV-Sendern zu ermöglichen, ist fraglich.

Die digitale Verbreitung von Lokal-TV-Sendern wird in diesem Fall wahrscheinlich allein durch eine digitale Satelliten-Übertragung, wie das derzeitige DVB-S-Projekt in Bayern, zu realisieren sein. Um den derzeitigen, zeitlichen und inhaltlichen Umfang der Regional- und Lokal-TV-Sender aufrechtzuerhalten, benötigt jeder Regional- und Lokal-TV-Sender im Prinzip zumindest zeitpartagiert einen eigenen digitalen Satelliten-

³⁴¹ Ein häufig verwendetes System ist hier das Digital-Video-Management-System "CherryPicker" der Firma Terayon (www.terayon.com)

³⁴² Positionspapier der Landesmedienanstalten: "Eckwerte für den Übergang analog/digital im Kabel" vom 08. Juni 2001

Kanal. Die Kabelnetzbetreiber müssen dafür jedoch das gesamte Transponder-Bouquet übernehmen, auf dem das jeweilige lokale Fernsehprogramm übertragen wird.

Skyplex-System von Eutelsat

Als Alternative zur digitalen Satelliten-Übertragung über Astra in Form von Satellitenkooperationsgemeinschaften steht auch das satellitengestützte Multiplex-System "Skyplex" bzw. "Skyplex Data" von Eutelsat zur Verfügung. Statt eines erdgebundenen Multiplex (Hub) können hier die einzelnen digitalen Programme dem Hotbird-Fernsehsatelliten (13 Grad Ost) dezentral zugespült werden.

Dort werden die Programme dann über einen, an Bord befindlichen, DVB-Signal-Multiplexer ("Skyplex")³⁴³ zu einem Multiplex-Strom zusammengeführt. Damit könnten mehrere Regional- und Lokal-TV-Sender im Verbund sequentiell einen digitalen Satellitenkanal nutzen, ohne dass ein gemeinsames Regiezentrum notwendig wäre.³⁴⁴

Ein Nutzungsmodell "Reservation-by-Subscription" wie bei der VSAT-Übertragung (vgl. Abschnitt 10.2.5.3 Kabelkopfstellenvernetzung über dezentrale Satellitenplattformen) wird für diese Form der Videoübertragung nicht angeboten. Dies bedeutet, dass die Sender die geleaste Kapazität durchgängig bezahlen müssen. Jedoch lassen sich die Kosten durch die genutzte Bandbreite adjustieren. Eutelsat bietet Bandbreiten pro digitalem Kanal von 6 Mbit/s (Single-Channel-per Carrier-Nutzung) bis runter zu 350 Kbit/s an. Im letzteren Fall nutzen 6 Sender gemeinsam einen 2 Mbit/s-Multiplex-Datenkanal (TDMA-Modus).³⁴⁵

Mit der Nutzung von Hotbird verringert sich jedoch die Zahl der technisch erreichbaren digitalen Sat-TV-Haushalte, weil nur eine bestimmte Anzahl von digitalen Sat-TV-Haushalten zukünftig neben Astra auch Eutelsat empfangen wird.³⁴⁶

Aufgrund der hohen Kosten, die mit einer digitalen Satellitenverbreitung und der Echtzeitführung eines MPEG-2-Signals insgesamt verbunden sind, sowie der beschriebenen Multiplex-Problematik ist jedoch zu vermuten, dass Regional- und Lokal-TV-Fernsehen mittelfristig selbst bei zunehmender Digitalisierung der Kabelnetze und der

³⁴³ Skyplex ist ein Multiplex-System, das in die Eutelsat-Fernsehsatelliten (Hot Bird 5) integriert ist. Die mit Skyplex ausgerüsteten Transponder setzen DVB-Signale von unterschiedlichen Sendestationen zu kompletten Bouquets zusammen, die genau die Bandbreite eines Kabelkanals haben (ca. 30 Mbit/s). *Quelle: Dimetis GmbH (www.dimetis.de)*

³⁴⁴ Aber auch hier gilt, dass der Kabelnetzbetreiber jeweils das gesamte Bouquet übernehmen muss, das auf einem Transponder übertragen wird, um das einzelne Regional- oder Lokal-TV-Programm digital übertragen zu können. Zudem ist dieses System nur zu empfehlen, wenn täglich mehrere Stunden Programm über den Satelliten distribuiert werden. Für eine reine Zuführung eines 30-Minuten-Programms, das auf einer dezentralen Sendewicklung abgespeichert und als Repeat-TV-Format ausgestrahlt wird, ist das System zu kostspielig.

³⁴⁵ www.eutelsat.com

³⁴⁶ Von den 13 Mio. analogen Sat-TV-Haushalten empfangen derzeit ca. 4 Mio. TV-Haushalte nur die Astra-Satellitenprogramme. Über 7 Mio. Sat-TV-Haushalte (inkl. nicht-deutschsprachiger TV-Haushalte) empfangen Astra und Eutelsat (Hotbird). Die Zahl der reinen Eutelsat-Empfänger in Deutschland ist nicht bekannt. Dabei handelt es sich wahrscheinlich überwiegend um TV-Haushalte in Gemeinschaftsanlagen (SMATV) für große Wohnanlagen, die auf Multi-Feed-Empfang ausgerichtet sind. *Quelle: Angaben lt. Mprojet Market Relations GmbH (PR-Vertretung von Eutelsat in Deutschland) und www.eutelsat.com: „The Cable and Satellite TV Market“, 2002*

Kabel-TV-Haushalte weiterhin ausschließlich analog verbreitet werden wird. Dies gilt vor allem für die ostdeutschen Bundesländer.

10.2.7 Bewertung der verschiedenen Möglichkeiten der Signalzuführung

Nachfolgend werden die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Möglichkeiten der Zuführung von Fernsehsignalen zu Verstärkerstellen und Kabelkopfstationen in einer Tabelle zusammengefasst. Die in den Tabellen angegebenen Preise stellen weiterhin lediglich eine Orientierungshilfe dar, da es sich um Einzelpreise handelt, die nicht in Form konkreter Angebote abgefragt wurden. Vor allem bei den Investitionskosten sind häufig weitere Kosten für Service-Leistungen zu berücksichtigen. Darüber hinaus handelt es sich bei den hier vorgestellten technischen Lösungen um Projekte, die auf die besondere Situation und Marktstruktur in den einzelnen Bundesländern zugeschnitten sind und unterschiedliche Prioritäten beinhalten. Dadurch gestaltet sich ein direkter Vergleich als schwierig. Insgesamt führt die Betrachtung der unterschiedlichen Möglichkeiten der Signalheranführung und Verbreitung jedoch zu vier wesentlichen Ergebnissen:

1. Will man tagesaktuelles Programm in guter DVB-MPEG-2-Qualität (4,3 Mbit/s oder höher) zu wenigen Einspeisepunkten übertragen, die jedoch weit entfernt liegen, stellt die Signalzuführung über Richtfunk oder die kabelgebundene Übertragung über das Streambox-System (ACT-L3) die beste Lösung dar. Die hohen Investitionskosten lassen sich hier in wenigen Jahren amortisieren. Bei einer größeren Zahl von Einspeisepunkten sind diese Lösungen zu kostenintensiv.
2. Gilt es, eine Vielzahl von Kabelkopfstationen mit tagesaktuellem Programm zu versorgen, erscheint die VSAT-Variante von Eutelsat am günstigsten. Diese Kopfstellenvernetzung ermöglicht zudem eine Sendervernetzung.
3. Will man vor allem die digitalen Satelliten-TV-Haushalte erreichen, um damit zukünftig die technische Reichweite substantiell zu steigern, ist das DVB-S-Modell, wie es in Bayern und zukünftig auch im Südwesten Deutschlands zur Anwendung kommt, die derzeit beste Lösung.
4. Kommt es vor allem darauf an, tagesaktuelles Programm so kostengünstig wie möglich zu den einzelnen Einspeisepunkten zu übertragen, besteht die Möglichkeit, das Programm als MPEG-4-Signal über Leitungen mit 2 Mbit/s oder weniger zu transportieren (vgl. z.B. VXG-4-System von HMS). Jedoch liegt die Bildqualität hier unter dem vom Zuschauer gewohnten PAL-Standard. Zukünftig verspricht die Weiterentwicklung des H.264-Codecs hier einen deutlichen Qualitätsschub.

Zuführungs- und Übertragungssystem	Investitionskosten / Installationsgebühr	Laufende Kosten	Sender-Vernetzung	Zusätzliche Bewertung:
Eigene Richtfunkstrecken DVB-MPEG-2-Signalübertragung	Hohe Investitionskosten für die Sendeanlage: ca. 70 Tsd. Euro für eine Richtfunkverbindung inkl. Encoder-Decoder-System	Bei Nutzung von Funktürmen der Deutschen Funkturm GmbH: <u>Jährliche</u> Antennen-Mietkosten in Höhe von mind. 4.000 bis 15.000 Euro	Bedingt möglich bei räuml. Nähe der Lokal-TV-Sender in Kombination mit ATM-Leitungen oder Standard-Festverb.	Aufgrund der hohen Investitionskosten ist eine Einrichtung von Richtfunkstrecken erst ab großen Distanzen zu empfehlen. Reichweite je nach Übertragungsfrequenz und Antennengröße 15, 30, 60 km. Zudem sollten die redundanten Bandbreiten (34 Mbit/s voll duplex) kommerziell werden, sonst ist das System überdimensioniert.
Astra-DVB-S-Signalübertragung in Satellitenkooperationsgemeinschaften (Digitaler Astra-TV-Kanal, Nutzung 6 Stunden pro Tag)	Aufbau Regiestudio (reine Technikkosten): max. 100 Tsd. Euro	Sehr hohe ATM-Zuführungskosten Satellitenübertragung: ca. 420 Tsd. Euro pro Jahr	Sehr gut möglich, da ATM-Wählverbindung und Satellitenverbreitung des Programms	Das Problem bei der Sendervernetzung ist die geringe Dichte an ATM-Knoten in Deutschland (Hohe Zuführungskosten). Für mittlere und kleine Lokal-TV-Sender ist diese Lösung aufgrund ihrer Kosten zu überdimensioniert. DVB-S-Übertragung kann auch zur Signalzuführung genutzt werden. Als reine Signalzuführungsvariante zu teuer.
Eutelsat VSAT-Übertragung von DVB-MPEG-2-Signalen (1 analoger Transponder, 1 Stunde pro Tag)	Aufbau Regiestudio k.A. Kosten pro Sendeanlage ca. 5.000 Euro Zusätzl. Aufrüstungskosten an den Kabelkopfstationen	Satellitenübertragung: ca. 12.200 Euro pro Monat Zusätzlich Kosten für Kabelzuführung zu den Regiezentren: ATM / R2D / D2MU/D2MS oder SDSL	Sehr gut möglich, da Satellitenverbreitung des Programms	Wesentlich kostengünstiger als die DVB-S-Variante. Das Programm kann jedoch nicht von Sat-TV-Haushalten empfangen werden.
Satlynx / KabelJournal Signalzuführung von Zentralserver über Daten-Satellit (1Mbit/s-Daten-Kanal 24h-Nutzung)	Aufbau Regiestudio, Server-Infrastruktur, Lizenzkosten und Schulung für 16 Sender: ca. 1,5 Mio. Euro	Übertragungskosten ohne Internet-Zuführung ca. 10.000 Euro pro Monat (Uplink und Downlink)	Sehr gut möglich, da Anschluss an Zentralserver	Keine Signalübertragung in Echtzeit möglich. Nur für wochenaktuelles Programm (Aussspielung von Repeat-TV über dezentrale Sendeabwicklung) attraktiv.

Quelle: Eigene Darstellung

Tabelle 32: Bewertung der Übertragungswege für die digitale Signalzuführung

Zuführungs- und Übertragungssystem	Investitionskosten / Installationsgebühr	Laufende Kosten	Sendervernetzung	Zusätzliche Bewertung:
Telekom MPEG-4 Signalzuführung über Digitale R2D-Standard-Festverbindung	Encoder-Decoder-System (einfach): ca. 6 bis 8 Tsd. Euro Kosten für Installation und Netzbereitstellung: ab 5.000 Euro	R2D-Kosten: Bei 5 km ca. 1.225 Euro pro Monat für eine Verbindung	Nicht geeignet, da Festverbindung und MPEG-4-Komprimierung	Die R2D-Leitungen sind halb so teuer wie eine TV-Standard-Festverbindung für PAL und MPEG-2. Problem: Deutsche Telekom setzt derzeit auf Windows-Media-Technologie. (Abhängigkeit von einem proprietären System) Weiter entwickelte MPEG-4-Varianten können nicht als Software-Update angeboten werden.
HMS-System VXG-4 (MPEG-4): Zuführung über Digitale D2MU/D2MS-Festverbindung	Encoder-Decoder-System als Lizenz-Modell G703-Schnittstellen-Konverter: 600 Euro Netzbereitstellung: ab 2.500 Euro	Lizenz-Kosten: 1.500 Euro für eine Sende-Empfangsanlage. Bei 10 Kopfstationen liegen die Lizenzkosten bei ca. 8.900 Euro pro Jahr (ca. 740 Euro im Monat). Zusätzlich fallen Kosten für die R2D-Leitung an.	Wenig geeignet aufgrund der hohen Bildkomprimierung durch MPEG-4. Zudem müssen eine Reihe von 2-Mbit-Standleitungen verlegt werden.	Akzeptable Bildqualität bei monatlichen Kosten von mindestens 2.500 Euro für eine Verbindung zwischen Lokal-TV-Sender und Einspeisungspunkt. Es kann kein Videotext parallel mitübertragen werden. Es muss ein Inserter an der Kabelkopfstation installiert werden.
Streambox-System ACT-L3: Zuführung über D2MU/D2MS oder SDSL	Encoder-Decoder-System: ca. 40 Tsd. Euro G703-Schnittstellen-Konverter 600 Euro Kosten für Installation und Netzbereitstellung: ab 2.500 Euro	Kosten für D2MU/D2MS: Bei 5 km pro Jahr: ca. 710 Euro pro Monat für eine Verbindung Wenn SDSL-Anbindung möglich: 500 - 800 Euro pro Monat	Bei SDSL-Anbindung einfach, sonst müssen eine Reihe von 2-Mbit-Standleitungen verlegt werden	Leitungskosten günstiger als bei R2D-Leitungen Derzeit beste Bildqualität bei 2 Mbit/s. Qualität übersteigt MPEG-4 deutlich. Die Bildqualität ist nach Angaben des Vertriebspartners auch nach einer Komprimierung durch den ACT-L3-Codec gut genug, um das Videomaterial weiter zu bearbeiten. Nachteile sind die hohen Investitionskosten sowie die Anbindung an ein proprietäres System. Zudem kann kein Videotext parallel mitübertragen werden.
DAB/DMB Digitale terrestrische Zuführung im MPEG-4	Encoder-Decoder-System als Lizenz-Modell (Ab. 1.500 Euro pro Jahr) IP-Inserter DAB-Receiver: 300 Euro	Kosten für einen L-Band-Sender wahrscheinlich mehr als 1.500 Euro pro Monat.	Wenig geeignet aufgrund der hohen Bildkomprimierung durch MPEG-4 bzw. H.264 und geringer Reichweite der L-Band-Sender.	Die Bildqualität bei einer Bandbreite von 1,5 Mbit/s mit MPEG-4 nur max. VHS-Qualität. Reichweite zwischen 15 und 20 km. Bei H.264 besteht weiterer Entwicklungsbedarf. Bislang ist die weitere Nutzungsmöglichkeit des L-Bandes für Video ungeklärt (Stockholm-Nachfolgekonzferenz) . Es existiert noch keine Preisliste der Telekom. Es kann kein Videotext parallel mitübertragen werden. Zudem muss ein Inserter an der Kabelkopfstation installiert werden.