

Digitales terrestrisches

Klaus Bäumer

Das digitale Fernsehen (Digital Video Broadcasting Terrestrial, kurz DVB-T) wird in Deutschland bis 2010 Schritt für Schritt das bisherige, über Dach- oder Zimmerantenne empfangbare analoge Fernsehen ersetzen.

Die neue Technik ermöglicht eine bessere Ausnutzung der knappen Sendefrequenzen in den begehrten Fernsehbandern. Durch „Gleichwellenbetrieb“ sind topografische Probleme lösbar, so dass sogar stabiler Fernsehempfang in Fahrzeugen möglich ist und die Programme in gesteigerter technischer Qualität ins Haus kommen. Mit entsprechenden mobilen Empfangsgeräten hat man ohne großen Antennenaufwand überall Empfang – im Garten, im Auto, auf dem Campingplatz.

Hierfür genügen je nach Standort die vorhandene Dach- oder Zimmerantenne (ggf. mit Antennenverstärker). Zwischen Antenne und Fernsehgerät muss lediglich eine Set-Top-Box (funktioniert ähnlich wie ein digitaler Satellitenempfänger – aber nicht mit diesem kompatibel!) geschaltet werden, um die digital verschlüsselten Signale zu decodieren. Man braucht kein neues Fernsehgerät und keine neue Dachantenne. Bei vielen tragbaren DVB-T-Empfängern ist die Antenne sogar ins Gerät integriert. Diese Sender sind dabei: die ARD, das ZDF, die regionalen Dritten, Premiere und die meisten Privaten, z. B. die Sender der ProSieben-Sat1-Gruppe und der RTL-Gruppe – insgesamt sind dies je nach Region 16 bis 24 Sender. Weitere aktuelle Infos findet man unter www.dvb-t-portal.de.

Bereits jetzt ist die Umstellung im Raum Berlin/Potsdam abgeschlossen, seit Mai 2004 wurde der Sendebetrieb in den Großräumen Köln/Bonn, Hannover/Braunschweig, Bremen/Untersee aufgenommen und bis Herbst 2004 schrittweise die Anzahl der Sender erhöht. Jetzt ist DVB-T in Hamburg/Lübeck/Kiel, Mannheim/Mainz/Frankfurt (Main), und Düsseldorf/Ruhrgebiet empfangbar, ab 2005 in und um München, Nürnberg, Stuttgart, Erfurt/Weimar, Leipzig/Halle und Rostock. Im Zuge der Einführung von DVB-T werden für die versorgten Gebiete die bisherigen analogen Sender abgeschaltet.

Teil 1

Fernsehen (DVB-T)

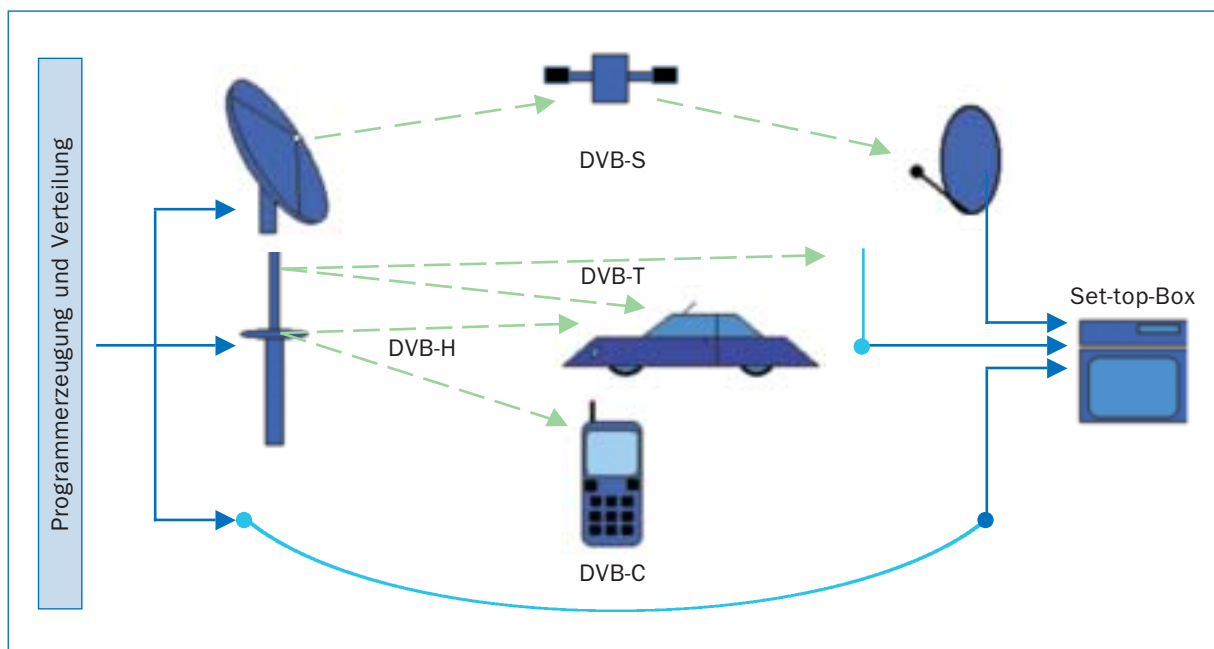


Abb. 1

Der Übergang von der analogen zur digitalen Welt hat nun auch die terrestrische Verbreitung von TV-Programmen erreicht. DVB-T heißt die neue Schlüsseltechnik für mehr Programme und eine verbesserte Empfangsqualität. Sie ermöglicht portablen und mobilen Empfang und führt zu Kosteneinsparung bei den Sendeanstalten.

Digitales Fernsehen

DVB ist eine modular aufgebaute Gruppe von Standards zu digitalen Verarbeitungs- und Übertragungsverfahren für die Verbreitung von Fernseh- und Radioprogrammen sowie diversen Zusatzdiensten.

Folgende Systeme werden innerhalb der DVB-Familie unterschieden:

DVB-T als Standard für den terrestrischen Bereich,
DVB-S für den digitalen Satellitenempfang,
DVB-C für Kabelsysteme und bald auch
DVB-H für mobile Endgeräte

Die einzelnen Verfahren und ihre Aufgaben lassen sich nach einem allgemeinen Schema für digitale Übertragungssysteme darstellen, s. Abbildung 1 und 2.

Die **Quellenkodierung** reduziert die Informationsfülle auf den für die menschlichen Sinne relevanten Anteil, d.h. alles empfängerseitig redundante (bekannte) oder irrelevante (nicht erkennbare oder unterscheidbare)

DVB-T

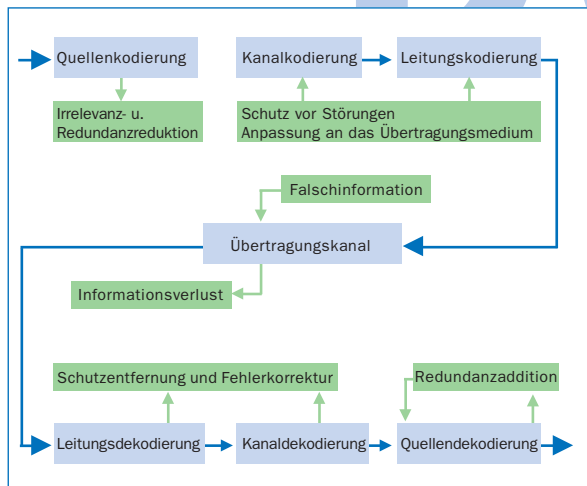


Abb. 2

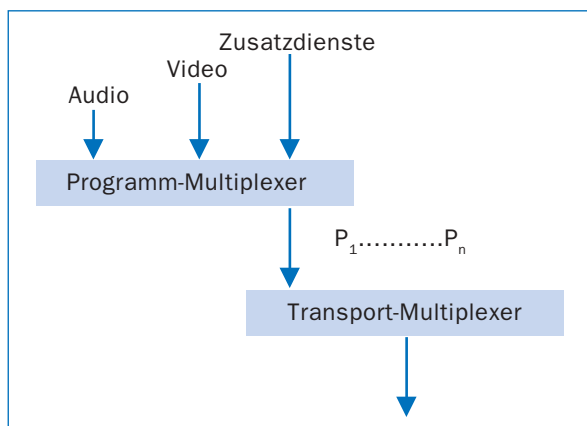


Abb. 3

wird ausgefiltert. Im TV-Bereich betrifft dies die begrenzten Fähigkeiten des Auges, Helligkeitsunterschiede, Farbkonturen, Farbnuancen sowie Bewegung und Bildwechsel wahrzunehmen.

DVB reduziert nach dem MPEG2-Verfahren, d. h. es werden 12 Einzelbilder zu einer Bearbeitungseinheit zusammenfasst. Diese Einheit wird in ein Hauptbild und Delta-Daten darüber, wie sich die ursprünglichen Einzelbilder von diesem Hauptbild unterscheiden, umgewandelt. Das Hauptbild enthält bereits nur noch die Information, die das begrenzte Auflösungsvermögen des Auges erfassen kann und die Delta-Daten nur noch jene über bewegte Bildinhalte.

Die dadurch erzielten Kompressionsraten sind enorm, digitale Videosignale werden so von ca. 170 Mbit/s auf ca. 1,5-6 Mbit/s reduziert. Dies entspricht etwa einer Bildqualität zwischen VHS und PAL.

Auch der Gehörsinn hat solche Beschränkungen, sie betreffen den Hörfrequenzbereich, die Fähigkeit, kleine Lautstärkeänderungen zu unterscheiden, sowie laute und leise Klanganteile gleichzeitig wahrzunehmen. Die MPEG2-Tonkodierung erzielt eine Kompression von 1,4 Mbit/sec auf ca. 0,3 Mbit/sec für die beiden Fernsehkanäle.

Die **Kanalkodierung** passt die zu übertragende Information an die Eigenarten des Übertragungsmediums an und versucht kanaltypische Störungen in ihren Auswirkungen zu minimieren. Kanaltypische TV-Störungen sind Störimpulse, Reflexionen, die Dämpfungseigenschaften der Übertragungsmedien. Durch eine fehlererkennende und korrigierende Kodierung wird die zu übertragende Informationmenge gezielt erhöht.

Die **Leitungskodierung** hat die Aufgabe, dem Sender die Nutz- bzw. Basisbandinformation in einer für die Übertragung gut geeigneten Weise „aufzuprägen“, den Sender zu modulieren.

Die Auswahl der Modulationsart geschieht medienspezifisch, bei DVB beispielsweise unterschiedlich für Kabel (DVB-C mit QAM), Satellit (DVB-S mit QPSK) und terrestrischer Funkübertragung (DVB-T mit QAM/COFDM).



Multiplexer auf der Sendeseite und **Demultiplexer** auf der Empfangsseite haben in der Übertragungskette die Aufgabe, getrennt erzeugte und vorverarbeitete Datenströme zusammenzufassen und wieder zu trennen.

Audio-, Video- und Zusatzdaten eines Programms werden im Programmmultiplexer, mehrere Programme im Transportmultiplexer zusammengefasst (siehe Abbildung 3).

Kodierung und Multiplexing „verwürfeln und verschachteln“ die einzelnen Datenströme. Dies führt zu geringerer Störempfindlichkeit, da eine kurzzeitig auftretende Übertragungsstörung nicht einen einzigen Datenstrom – z. B. nur die Videoinformation eines Programms – trifft, sondern auf die unterschiedlichen Datenströme mehrerer Programme verteilt wird.

DVB-T

Im Vergleich zur Satelliten- oder Kabeltechnik stellt sich die terrestrische Übertragung als weitaus störbehafteter dar. Interferenzen durch entfernte Sender, Geisterbilder durch Reflexionen und geringe Empfangsfeldstärke durch Abschattung des Senders führen beim analogen Fernsehen je nach Empfangslage zu einer starken Beeinträchtigung der Bild- und Tonqualität.

Der hohe Bandbreitenbedarf des analogen Fernsehens lässt zudem nur ein begrenztes Programmangebot zu.

DVB-T wurde so konzipiert, dass trotz dieser Randbedingungen ein qualitativ besserer Empfang von mehr Programmen auch in ungünstigen Lagen möglich ist. In vielen Fällen ermöglicht DVB-T sogar einen portablen Empfang mit Stabantenne und einen mobilen Empfang bei Geschwindigkeiten von bis zu 120 km/h. Zusatzdienste wie **EPG (elektronischer Programmführer)** und **MHP (Multimedia Home Platform)** runden das Angebot ab.

DVB-T nutzt das Frequenzkanalraster des analogen Fernsehens. Im VHF/UHF-Bereich stehen 7 bzw. 8 MHz je

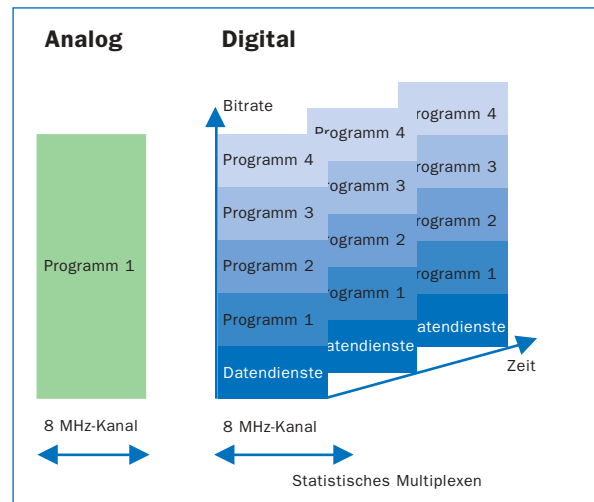


Abb. 4

Kanal zur Verfügung. Während das analoge Fernsehen hier jeweils nur ein Programm unterbringen kann, schafft es DVB-T, drei bis fünf Programme – ein sogenanntes **Bouquet** – in einem Kanal zu übertragen. Dies wird nicht nur durch die MPEG-Kompression, sondern auch durch das statistische Multiplexen, einer dynamischen Bitratenzuweisung erzielt (siehe Abbildung 4).

Das **statistische Multiplexen** nutzt die Tatsache, dass die benötigte Übertragungsrate eines MPEG-komprimierten Videosignals in Abhängigkeit vom Bildinhalt stark schwankt. Programme mit ruhigem Bildinhalt überlassen den freien Teil ihrer nominalen Übertragungskapazität jenen Programmen, die aufgrund hoher Bewegungsinhalte momentan mehr Kapazität benötigen. Im Mittel steht allen Programmen jedoch nur die gleiche nominale Kapazität zur Verfügung.

Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex – COFDM – ist das optimale Verfahren für DVB-T, um die Auswirkung von Reflexionen, Nachbarsendern und Fremdstörungen zu minimieren. Die Nutzinformation wird auf mehrere tausend dicht nebeneinander liegende Trägerfrequenzen in einem VHF/UHF-Kanal verteilt. Fremdstörungen beeinflussen dann nur einzel-

DVB-T	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Mehr Programme • Bessere Empfangsqualität • Portabler Empfang • Mobiler Empfang • Bessere Sendenergiebilanz 	<ul style="list-style-type: none"> • Mängel bei der Bildqualität • Lange Umschaltzeiten • Set-Top-Box

Abb. 5

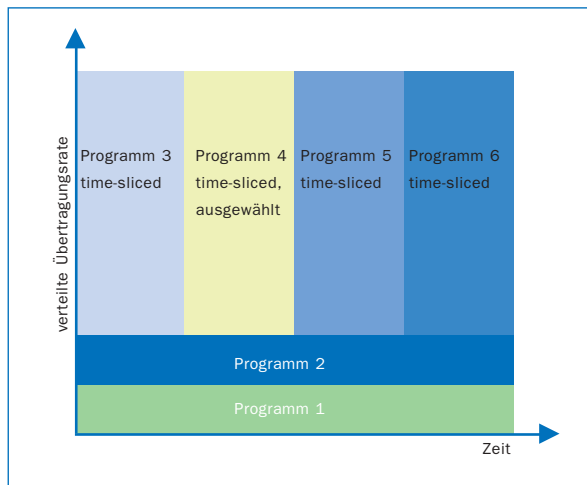


Abb. 6

ne Trägerbereiche, die Störauswirkung auf die Nutzinformation wird dadurch deutlich verringert. Gehören Reflexionen und Nachbarsenderanteile (s.u.) zum gleichen Kanal, dann werden diese Signalanteile sogar konstruktiv zur Dekodierung genutzt. Erst durch diese Fähigkeit ist auch ein mobiler Empfang möglich. Die lückenlose, verbesserte Versorgung durch mehrere Sender wird durch das **Gleichwellenverfahren (SFN, Single Frequency Network)** ermöglicht. Die Sender arbeiten landesweit synchronisiert auf gleichen Sendefrequenzen und überlappen sich in ihrer Reichweite. Eine partielle oder totale Abschattung eines bestimmten Senders kann ein Nachbarsender in vielen Fällen ausreichend kompensieren.

COFDM, SFN und ausgefeilte Fehlerkorrekturmechanismen führen zu einem sogenannten **Systemgewinn**, d. h. für einen gleichen Abdeckungsgrad wird im Vergleich zum analogen Fernsehen weniger Sendeleistung benötigt.

Praxis

In der Praxis ist man von der guten Empfangsqualität auch in schwierigen Empfangslagen überrascht. Bildrauschen und Geisterbilder gehören der Vergangenheit an. Manchmal vermisst man im Bild feine Detailstrukturen und Farbnuancen. Aufgrund der blockweisen Verarbeitung des Bildes zeigen sich unter ungünstigen Bedingungen blockartige Bildstörungen, sogenannte Kompressionsartefakte. Die zusammenfassende Bearbeitung mehrerer Bilder bei der Quelenkodierung führt – zusammen mit dem Multiplexing – auf der Empfangsseite zu Verzögerungen beim Programmwechsel (siehe Abbildung 5).

Roll-out

Der DVB-T-Start erfolgte 2003 in Berlin/Brandenburg. Im Laufe des Jahres 2004 wurde auch in den Regionen Köln/Bonn, Hannover/Braunschweig und Bremen/Unterweser, Düsseldorf/Ruhrgebiet, Frankfurt und Hamburg/Kiel der DVB-T-Fernsehempfang möglich. 2005 wird der Erschließungsschwerpunkt im süd-



DVB-T

deutschen Raum liegen. Die Fernsehprogramme werden in jedem Gebiet für eine Übergangszeit von ca. 6 Monaten gleichzeitig analog und digital ausgestrahlt (**Simulcast-Betrieb**). Die Vollversorgung in Deutschland ist für 2010 geplant und wird dann zur Abschaltung der letzten analogen Sender führen.

Ausblick

Eine angepasste Bildauflösung, ein niedriger Energieverbrauch (Akku) und ein störungsfreier Empfang bei hohen Geschwindigkeiten mit Mobiltelefonen und Pocket-Computern waren die Optimierungsziele bei der Entwicklung des neuesten Standards, DVB-H. Zusätzlich wird der Zugang zu interaktiven IP-basierten Diensten mit Übertragungsraten bis zu 15 Mbit/sec möglich.

Die Video-Übertragungsrate wird an die kleinere Auflösung der Displays angepasst. Auflösungen zwischen 180*144 Bildpunkten für Mobiltelefone und 360*288 Bildpunkte für Taschenempfänger werden mit Raten von 128 kbit/sec – 2 Mbit/sec versorgt.

Eine im Vergleich zu DVB-T niedrigere Anzahl an COFDM-Einzelträgern verbessert die Toleranz gegenüber dem bei hohen Geschwindigkeiten den DVB-T-Empfang beeinträchtigenden Dopplereffekt. Statt 6817 (**8-K-Mode**) werden nur 3409 aktive Träger (**4-K-Mode**) verwendet. Auch die Störwirkung der Zündimpulse im Kraftfahrzeug wird dadurch deutlich gedämpft. Die niedrigere Anzahl an Trägern bedingt allerdings einen geringeren Senderabstand, also ein dichteres Sendernetz.

Der Energieverbrauch des Empfangsteils wird durch das **Time-Slicing-Verfahren** deutlich reduziert. Während bei DVB-T der verschachtelte Datenstrom aller Programme eines Bouquets kontinuierlich empfangen wird, schaltet sich der DVB-H-Empfänger (front end) nur zu bestimmten Zeitintervallen ein, genau dann, wenn die Daten des ausgewählten Programms komprimiert mit erhöhter Übertragungsrate gesendet werden.

Empfangsseitig werden die Daten-Bursts zu einem kontinuierlichen Datenstrom zeitlich gedehnt. Neben der Energieeinsparung verbessert das Time-Slicing-Verfahren auch den Versorgungsbereichswechsel bei hohen Geschwindigkeiten (**smooth handover**). DVB-H-Signale können sowohl eigenständig als auch im DVB-T-Multiplex übertragen werden.

Erste Feldversuche laufen bereits in Berlin, Helsinki und Pittsburgh. Angeboten werden „symmetrische und unsymmetrische bidirektionale Multimediadienste“. Als Zielmarktsegmente sieht man den geschäftlichen Bereich mit Anwendungen wie Börsenberichten, Nachrichten, Wetter, Internetzugang und den Freizeitbereich mit Angeboten wie Musikvideos, Kurzfilmen und interaktiven Spielen. Eine einfache Übernahme der TV-Programme erscheint nur in Teilbereichen sinnvoll. Die Industrie setzt vielmehr auf sogenannte „Content-Provider“ die spezielle Angebote maßschneidern. Man hofft auf Umsatzgenerierung durch Werbung, Live-SMS und kostenpflichtige Angebote.

Als Rückkanal und Abrechnungsmöglichkeit bieten sich die Mobilfunkdienste an. Zumindest das Verhältnis zwischen UMTS und DVB-H ist jedoch noch nicht ganz geklärt. Kooperation wird von den Fachleuten betont und technisch erprobt, Konkurrenz ist aber durchaus möglich. In Teil II (voraussichtlich nächste Ausgabe) soll auf die Strahlungsemission von DVB-T/H-Sendern eingegangen werden.

Literatur und weiterführende Links:

- www.ard-digital.de
- www.dvb.org
- www.dvb-t-technik.de
- www.irt.de
- www.protocols.com
- www.spiegel.de/netzwelt/technologie/
- www.tv-plattform.de
- www.ueberallfernsehen.de/
- de.wikipedia.org/wiki/DVB-T
- Meincke/Grundlach, Taschenbuch der Hochfrequenztechnik

Dipl. Ing. Klaus Bäumer, Deutsche Telekom AG