



DVB-T: DasÜberallFernsehen

Informationen für Fachhandwerk, Fachhandel, Kabelnetzbetreiber und Wohnungswirtschaft

Ausgabe 2009

Projektbüro DVB-T Bayern
c/o Bayerische Medien Technik GmbH
Pfälzer-Wald-Str. 32 | 81539 München

Tel.: +49 (0)89 45 11 51-71
Fax: +49 (0)89 45 11 51-99
Email: info@dvb-t-bayern.de
www.ueberallfernsehen.de

Stand: Juli 2009

Im Auftrag von BR und ZDF.

DVB-T: DasÜberallFernsehen

Mit der Umstellung auf DVB-T in München und Nürnberg begann 2005 das Zeitalter des digitalen Antennenfernsehens in Bayern. Durch die Digitalisierung gewinnt auch die terrestrische Fernsehversorgung wieder an Attraktivität und Akzeptanz und kann so als dritter Übertragungsweg - neben Kabel und Satellit - erhalten bleiben. Bei DVB-T werden die Bild- und Tonsignale nach dem weltweit eingesetzten Standard MPEG-2 codiert, reduziert und in Form von Datenpaketen übertragen. So ist es möglich, in einem Fernsehkanal bis zu vier TV-Programme unterzubringen.

DVB-T bietet einen weiteren großen Vorteil und der liegt im portablen und mobilen Empfang. Im Kernbereich können die digitalen TV-Programme auch mit tragbaren Fernsehgeräten, DVB-T-Karten für portable Computer und neuerdings auch mit DVB-T-Handys empfangen werden – und das egal ob in der Wohnung, im Garten oder am Badesee.

DVB-T: DasÜberallFernsehen soll hier aber nicht als Ersatz für die Übertragungswege Satellit und Kabel verstanden werden, sondern vielmehr als ergänzender Übertragungsweg, der neue und andere Formen der Fernsehnutzung ermöglicht.

Kontakt und weitere Informationen

Im Internet:

DVB-T: DasÜberallFernsehen: <http://www.ueberallfernsehen.de> → Bayern

Newsletter bestellen unter:

<http://www.bayern.ueberallfernsehen.de> → newsletter

Hotline für Zuschauer in Bayern:

01805 / 31 05 05 (14 Ct/Min. aus dem dt. Festnetz)

Kontakt:

Projektbüro DVB-T Bayern

Pfälzer-Wald-Str. 32

81539 München

E-Mail: info@dvb-t-bayern.de

DVB-T in der Praxis

Ein Leitfaden für den Fachhandel

Das 50 Jahre alte analoge terrestrische Fernsehsystem wird abgelöst durch DVB-T, ein modernes digitales terrestrisches Übertragungsverfahren. Sie finden in diesem Leitfaden Informationen, die Ihnen die Kundenberatung erleichtern und die bei der Installation sowie bei auftretenden Problemen Hilfestellung geben sollen.

1. Eigenschaften des DVB-T-Systems

Beim analogen Fernsehen wird pro Kanal ein Programm übertragen. Fremdsignale machen sich schon bei kleinen Pegeln störend bemerkbar. Mehrwegeempfang führt zu den bekannten „Geisterbildern“. Beim digitalen System DVB-T ist dies anders:

- **bis zu 4 Programme pro Kanal**

Mit Digitalsignalen lässt sich die Übertragungskapazität eines Fernsehkanals weit besser ausnutzen als mit Analogsignalen. Die mit dieser Technik mögliche Datenrate gestattet es, mehrere TV-Programme gebündelt in einem Datenstrom zu übertragen (sog. „Multiplex“). Teile der Übertragungskapazität können für Zusatzdienste wie z.B. elektronische Programmführer verwendet werden.

- **Störfestigkeit**

Die digitale Übertragung benutzt Fehlerschutzmechanismen, die es dem Empfänger erlauben, durch Störungen verfälschte Teile der übertragenen Information wieder zu korrigieren.

- **Immunität gegen Mehrwegeempfang**

Das System ist so ausgelegt, dass „Echosignale“ vom Empfänger toleriert werden, solange ihre Laufzeiten innerhalb bestimmter Grenzen liegen.

- **Gleichkanalbetrieb der Sendernetze verbessert die Versorgung**

Alle Sender eines Netzes können die gleiche Sendefrequenz benutzen, wenn sie das gleiche Multiplexsignal abstrahlen. Die Signale der einzelnen Sender treffen mit Laufzeitunterschieden am Empfangsort ein. Der Empfänger verarbeitet diese Signale wie bei Mehrwegeempfang. Alle Teilsignale tragen mit ihrem jeweiligen Pegel zum Gesamtnutzpegel bei. Selbst wenn z.B. der nächstgelegene Sender durch Abschattung nur schwach einfällt, können die Signale der anderen Sender zusammen dennoch genügend Pegel für einen einwandfreien Empfang liefern.

Analoge Empfangsgeräte können nach Vorschalten einer sogenannten Set-Top-Box (siehe Abschnitt 5) für DVB-T-Empfang weiterbenutzt werden. Moderne TV-Geräte werden teilweise mit integriertem DVB-T-Empfangsteil angeboten.

2. DVB-T-Empfang in der Praxis

Wie unterscheidet sich das Empfangsverhalten im DVB-T-System vom bisherigen Analogsystem?

Beim Analogsystem bleibt die Empfangsqualität mit zunehmender Entfernung vom Sender zunächst relativ konstant, nimmt jedoch bei größeren Entfernungen mehr und mehr bis zur Unbrauchbarkeit ab. Bei DVB-T hingegen gibt es wie bei allen Digitalverfahren praktisch nur zwei Empfangszustände. Überschreitet der Empfangspegel den notwendigen Mindestwert, so ist der Empfang in bester Qualität gewährleistet. Liegt das Signal jedoch unter dieser Schwelle, ist ein Empfang meist gar nicht möglich.

Wann und wo kann DVB-T-Empfang erwartet werden?

- Der Übergang von analogem Fernsehen auf DVB-T erfolgt in Deutschland „inselweise“, in den großen Ballungsräumen zuerst. Die aktuellen Planungen finden Sie unter www.ueberallfernsehen.de.
- Bei der Planung der DVB-T-Netze werden Versorgungsdarstellungen berechnet (siehe Anhang). Der Feldstärkeprognose ist dabei eine mittlere Bebauung zugrundegelegt, welche die wirkliche Bebauung lediglich statistisch wiedergibt. So können auch in Gebieten, die in den Prognosen als versorgt gekennzeichnet sind, in der Realität Empfangsprobleme auftreten. Umgekehrt kann in als unversorgt gekennzeichneten Gebieten Empfang möglich sein, wenn günstige Bedingungen vorliegen (z.B. bei Reflexionen, einfacherer Bebauung).

Die Versorgungsdarstellungen sind für die folgenden Empfangsarten berechnet:

- Empfang mit Zimmerantenne (portabel indoor)
- Empfang mit Außenantenne (portabel outdoor)
- Empfang mit Dachantenne (fixed antenna)

In den folgenden Abschnitten werden Mindestpegel angegeben. Diese Angaben beziehen sich auf Empfangsanlagen mit passiven Elementen. Verstärker im Empfangszweig erhöhen

zwar den Pegel, haben jedoch auch Einfluss auf das Signal/Rausch-Verhältnis. Bei Anlagen mit Verstärker ist der Pegel alleine nicht aussagekräftig.

2.1 Empfang mit Dachantenne

Dies bedeutet: Empfang mit einer auf dem Dach montierten Richtantenne in passender Polarisation. Den Versorgungsprognosen liegen folgende Werte des Antennengewinns und der Kabeldämpfungen zugrunde:

Frequenz	200 MHz	500 MHz	800 MHz
Gewinn in dBD	7	10	12
Kabeldämpfung in dB	2	3	5

dBD = Gewinn gegenüber $\lambda/2$ -Dipol

Ab einem Pegel von **ca. 30 dB μ V** am Empfängereingang kann mit stabilem DVB-T-Empfang gerechnet werden.

2.2 Empfang mit Zimmerantenne

Dies bedeutet: Empfang in Gebäuden (Zimmer mit Außenfenster im Erdgeschoss oder höher) mit kleiner Antenne an optimiertem Aufstellungsort in passender Polarisation. Dabei geht man von einer Empfangsantenne mit einem Gewinn von ca. -2 bis 0 dBD aus.

Am Empfängereingang sollte ein Pegel von **ca. 38 dB μ V** anliegen. Der notwendige höhere Pegel beim Empfang mit Zimmerantenne erklärt sich durch die weniger stabilen Empfangsbedingungen in Gebäuden. Dort herrscht ein weitaus komplexeres Wellenfeld als im Freien. In Räumen können daher je nach Aufstellungsort der Antenne deutlich unterschiedliche Empfangsbedingungen auftreten. Die günstigsten Orte für den Empfang sind - wie beim Telefonieren mit Handys - meistens in Fensternähe zu finden.

Auch wenn der oben genannte Pegel vorhanden ist, kann es zu Empfangsstörungen kommen. Sie können z.B. von Personen oder Elektrogeräten in der Nähe der Empfangsantenne verursacht werden. Derartige Störungen treten um so häufiger auf, je weniger Feldstärkereserven vorliegen.

2.3 Empfang mit Außenantenne

Dies bedeutet: Empfang außerhalb von Gebäuden mit kleiner Antenne in passender Polarisation. Erfahrungsgemäß sollte der Pegel am Empfängereingang mindestens **30 dB μ V** betragen. Bei ungünstigen Empfangssituationen kann ein Pegel bis zu **38 dB μ V** erforderlich sein.

3. Antennen

DVB-T wird im VHF-Bereich in den Kanälen 5 bis 10 und im UHF-Bereich in den Kanälen 21 bis 69 abgestrahlt¹. Es wird horizontale und vertikale Polarisation verwendet. Informationen dazu finden Sie in der Übersicht **Senderstandorte und -leistungen** im Anhang.

Für **Dachantennen** können prinzipiell die gleichen Antennentypen wie beim analogen TV eingesetzt werden, wenn sie für die jeweiligen Kanäle geeignet sind. Bei bestehenden Anlagen mit entgegengesetzter Polarisation treten Pegelverluste (bis ca. 15 dB) auf, die sich aber bei ausreichendem Pegel nicht als Qualitätsverlust bemerkbar machen. Es ist dafür Sorge zu tragen, dass bei vertikaler Polarisation vom Mast kein störender Einfluss ausgeht (Vormastmontage/Ausleger). Kombiantennen für VHF und UHF werden ebenfalls angeboten.

DVB-T-Netze werden häufig als Gleichwellennetze betrieben, d.h. mehrere Sender strahlen den gleichen Multiplex auf der gleichen Frequenz ab. Daher findet man bei der Ausrichtung der Antenne oft mehrere Feldstärke-Maxima (meist in Richtung der Sender). Die Antenne sollte auf den stärksten Sender ausgerichtet werden. Die Anteile der anderen Sender im Gleichwellennetz bewirken keine Störung, sondern tragen zum Empfang bei.

Bei den **Zimmerantennen** sind passive und aktive Modelle am Markt erhältlich. Passive Antennen haben häufig einen schlechteren Gewinn als bei den Versorgungsprognosen zugrunde gelegt wird. Sie sollten daher nur in Gebieten mit höherer Feldstärke eingesetzt werden.

Aktive Antennen weisen fast immer höhere Gewinnwerte als passive Antennen auf. Die häufig angegebenen Werte für die Verstärkung sagen allerdings nichts über den Gewinn dieser Antennen aus. Oft werden Verstärker eingesetzt, die eine hohe Verstärkung liefern, aber durch ihr Rauschen den Empfang nicht wesentlich verbessern. Nicht jede aktive Antenne ist daher automatisch besser als eine passive. Welche Antennen gute Testergebnisse liefern, hat u.a. die Stiftung Warentest veröffentlicht.

¹ Bei analogem TV werden in Deutschland nur die Kanäle bis 60 genutzt.
info@dvb-t-bayern.de

Passive und aktive Modelle haben oft keinen über das Frequenzband konstanten Gewinn. Daher kann sich die Empfangbarkeit verschiedener Kanäle und damit verschiedener Multiplexe deutlich unterscheiden, selbst wenn sie vom gleichen Standort abgestrahlt werden.

Bei VHF ermöglichen Zimmerantennen mit längeren Dipolelementen gegenüber kleinen stabförmigen Modellen vielfach einen besseren Empfang. Bei UHF weisen auch kleine planare Bauformen teilweise gute Empfangseigenschaften auf. Jüngste Erkenntnisse zeigen, dass eine Vielzahl der Zimmerantennen schlechte Werte im VHF-Bereich aufweist.

Beim Empfang mit Zimmerantenne ist der Pegelunterschied bei falscher Polarisierung nicht mehr so hoch (bis zu ca. 8 dB) wie bei Dachempfang. Man sollte trotzdem versuchen, in der richtigen Polarisierungsebene zu empfangen.

Beim Einsatz aktiver Antennen ohne eigenes Netzteil muss die nachgeschaltete Set-Top-Box eine Fernspeisemöglichkeit aufweisen (auf richtige Spannung achten). Wird die Speisespannung nicht benötigt (passive Antennen oder Antennensteckdose), sollte sie abgeschaltet werden.

Probleme insbesondere beim Empfang von VHF-Kanälen können von elektrischen Geräten in der Umgebung ausgehen (z. B. PC's, Bildschirme, aber auch Fernsehgeräte). Ein möglichst großer Abstand der Zimmerantenne von derartigen Störquellen kann diese Probleme verringern bzw. beseitigen.

4. Gemeinschaftsanlagen (Verteilung / Verstärkung)

Die heute für analoges terrestrisches Fernsehen verwendeten Verteilanlagen sind mit Einschränkungen für DVB-T einsetzbar. Es ist Folgendes zu beachten:

- Die Anlage muss für Kanäle über K 60 (Frequenzbereich bis 862 MHz) ausgelegt sein.
- Bei kanalselektiven Verstärkern innerhalb bestehender Anlagen muss überprüft werden, ob sie noch notwendig sind (neue Standorte, neue Frequenzen). Bei Bedarf müssen sie auf die neuen Frequenzen abgeglichen bzw. ausgetauscht werden.
- Kanalumsetzer von UHF nach VHF können nicht weiterverwendet werden, da die Set-Top-Boxen im VHF-Bereich häufig nur im 7 MHz-Modus arbeiten. Zudem unterstützen die Set-Top-Boxen meist keine Sonderkanäle.
- An die Linearität der Verstärker werden bei der digitalen Übertragung höhere Anforderungen gestellt, d.h. manche älteren, analog-tauglichen Verstärker müssen u.U. ausgetauscht werden.

- Automatische Pegelregelung mit Bezug auf die Schwarzschar ist nicht möglich.
- Die meisten Breitbandverstärker können ähnlich wie im analogen Betrieb gepegelt werden. Die Pegel sollten nach der Einführung von DVB-T überprüft werden, wobei Übersteuerung zu vermeiden ist.
- Bei Set-Top-Boxen mit Fernspeisung für aktive Antennen sollte die Speisespannung beim Betrieb an der Antennendose ausgeschaltet werden.
- Im Zuge der Wellenkonferenz 2006 (RRC06) und deren Umsetzung in den Folgejahren kann es zu vereinzelt Kanalwechsell in bereits auf DVB-T umgestellten Regionen kommen.

5. Set-Top-Boxen

Der überwiegende Anteil der derzeit angebotenen DVB-T-Empfangsgeräte sind Set-Top-Boxen. Eine Set-Top-Box setzt die im Antennensignal enthaltene digitale Information in Video- und Audio-Signale um. Bei gleichzeitiger Nutzung mehrerer Programme (z.B. durch Fernseher und Videorecorder) benötigt jedes Gerät eine eigene Set-Top-Box.

Bei DVB-T werden ebenso wie im analogen TV Zusatzsignale übertragen:

- Videotext: Es gibt das gleiche Angebot wie bei analogem TV. Ein Teil der Boxen besitzt einen eigenen Videotext-Decoder. Andere bereiten das Signal so auf, dass es vom Decoder des TV-Geräts verarbeitet werden kann. Untertitel werden wie bisher im Videotext übertragen.
- VPS: Eine dem VPS vergleichbare Information wird in den meisten Programmen übertragen. Allerdings unterstützen die meisten Gerätehersteller diesen Dienst nicht.
- Zweikanalton/Audiodeskription: Wird ausgestrahlt, aber wird nicht von allen Boxen unterstützt. Manche Boxen verarbeiten die Signale nicht korrekt, so dass beide Tonspuren gleichzeitig wiedergegeben werden.

Als neue Dienste stehen prinzipiell zur Verfügung:

- SI (Service Informationen): Programmbegleitende Informationen die vom Empfänger ausgewertet und angezeigt werden.
- MHP (Multimedia Home Platform): MHP ist derzeit nur in wenigen Set-Top-Boxen implementiert.
- Dolby Digital: Die Ausstrahlung von Dolby Digital ist bei DVB-T vorgesehen und wird teilweise bereits realisiert.

Neben den oben aufgeführten Punkten unterscheiden sich die heute erhältlichen Set-Top-Boxen unter anderem auch im Folgenden:

- Das Platzieren und Ausrichten der Antenne wird durch eine Feldstärkeanzeige wesentlich erleichtert. Bei vielen Set-Top-Boxen funktioniert diese aber erst dann, wenn der eingestellte Kanal erkannt und dekodiert wird.
- Die Set-Top-Boxen unterscheiden sich zum Teil deutlich in der Leistungsaufnahme im Standby-Betrieb.

Empfänger, die bestimmte Minimalanforderungen erfüllen, werden von den Herstellern mit einem Qualitätszeichen (DVB-T-Logo) ausgezeichnet. Nähere Informationen hierzu findet man auf den Internet-Seiten der Deutschen TV-Plattform (www.tv-plattform.de und www.ueberall-tv.de).

6. Praktische Tipps zur Messtechnik und zur Fehlerbehebung

Im Folgenden werden einige Tipps zur Messtechnik für DVB-T und zur Fehlerbehebung auf der Empfangsseite gegeben:

- Das DVB-T-System ist in der Lage, Übertragungsfehler bis zu einem bestimmten Grad zu korrigieren, ohne dass es zu Fehlern bei Bild oder Ton kommt. Wird diese Schwelle überschritten, treten massive Störungen oder ein Totalausfall des Systems auf. Optimierungen wie in analogen Systemen und die Einschätzung der Reserven sind daher durch eine Qualitätsbeurteilung des Bildes oder des Tons praktisch nicht möglich.
- Betrachtet man ein DVB-T-Signal auf einem Antennen-Messgerät mit Spektrumsanzeige, so sieht man bei idealer Übertragung ein rechteckförmiges Spektrum mit 7 bzw. 8 MHz Bandbreite (siehe Anhang). Beim Empfang mehrerer Sender eines Gleichwellennetzes oder bei Mehrwegeempfang weicht das Spektrum von dieser idealen Form ab (siehe Anhang). Bei der Einrichtung von Antennen sollte ein Kompromiss zwischen maximaler Feldstärke und idealem Spektrum gesucht werden.
- Je komplexer die Empfangssituation (z.B. in Erdgeschoss-Wohnungen) ist, desto häufiger wird man Spektren wie in Abb. 3 (Anhang 1) beobachten. Mit zunehmender Höhe (also in den oberen Stockwerken) verbessert sich im allgemeinen die Empfangssituation. Bei Dachantennen wird man häufig ein ideales Spektrum wie in Abb. 2 messen.
- Steht kein digitaltaugliches Antennen-Messgerät zur Verfügung, so zeigt ein Frequenz-Suchlauf (Scan) der Set-Top-Box, welche Kanäle in der momentanen Antennenposition empfangen werden können. Da die Ausbreitung von der Frequenz abhängig ist, können sich für einzelne Multiplexe unterschiedliche Feldstärken ergeben, auch wenn sie vom gleichen Senderstandort abgestrahlt werden. Fehlen beim Frequenz-Scan Programme,

so sollte die Antennenposition geändert und ein neuer Scan gestartet werden. Vor dem Neustart des Scans empfiehlt es sich bei den meisten Boxen, die Ergebnisse des vorherigen Scans zu löschen.

- Neben der Feldstärke ist es zwingend erforderlich, auch die Bitfehlerrate (vgl. Anhang 2) zu messen (daher ist ein digitaltaugliches Messgerät unumgänglich). Auch eine ausreichend hohe Feldstärke gestattet bei einer zu hohen Bitfehlerrate keinen Empfang.
- In Sendernähe können auch zu hohe Eingangspegel zu Empfangsproblemen führen. Dies tritt vor allem dann auf, wenn aktive Elemente, wie Verstärker in Empfangszweig verwendet werden. In diesen Fällen muss eine sorgfältige Einstellung der Pegelverhältnisse vorgenommen werden.
- Gibt es bei einem Multiplex dennoch Empfangsprobleme, so kann dieser Kanal von Hand eingestellt und mit der in der Set-Top-Box integrierten Feldstärkeanzeige gesucht und optimiert werden. Das Wechseln der Antennenposition sollte verhältnismäßig langsam vorgenommen werden, da die Set-Top-Boxen erst dann eine Anzeige liefern, wenn sie auf den eingestellten Kanal synchronisieren und diesen decodieren können. Die Synchronisation dauert jedoch oft einige Sekunden. Meistens sind Aufstellungsorte für Zimmerantennen in der Nähe von Fenstern am besten geeignet. Sollte trotzdem noch kein zufriedenstellender Empfang möglich sein, so ist eine Antenne mit höherem Gewinn (meist die größeren Modelle) zu empfehlen.
- Treten beim Empfang sporadische Störungen auf, sollten die in der Nähe der Antenne betriebenen Elektrogeräte (z.B. Bohrmaschinen, Treppenlichtautomaten, Leuchtstoffröhren, Computer, Weidezäune, ...) als mögliche Störursache in Betracht gezogen werden. Zu bedenken ist, dass all diese Störer auch von benachbarten Räumen oder von außen wirken können.

Anhang 1: Erläuterungen zur Technik des DVB-T-Systems

Beim analogen Fernsehen belegen die zu einem Programm gehörenden Bild- und Toninformationen ein 7 MHz breites Frequenzband. Abb.1 zeigt das Spektrum eines solchen Fernsehkanals. Charakteristisch sind hohe Pegel beim Bildträger und bei den Tonträgern, während die übrigen Frequenzen im Kanal nur geringe Pegel besitzen. Daher können Störsignale auch schon bei geringen Pegeln den Empfang merklich beeinträchtigen.

Bei DVB-T werden die Bild- und Toninformationen digitalisiert, nach dem MPEG2-Standard codiert und zusammen mit den Zusatzinformationen mit einer Art "Transportverpackung" versehen. Um die bei der Übertragung unweigerlich auftretenden Störungen korrigieren zu können, wird der Strom der Nutz-Informationen (Nutzbits) mit speziellen Fehlerschutzalgorithmen codiert und zu einem sogenannten Transportstrom größerer Bitrate erweitert. Im Empfänger werden die bei der Übertragung auftretenden Verfälschungen der Nutzinformation erkannt und können korrigiert werden. Das Verhältnis von Nutzbitrate zur Gesamtbitrate im Transportstrom heißt Coderate; übliche Werte sind $2/3$ und $3/4$.

Die Information des Transportstroms moduliert eine Vielzahl von gleichzeitig ausgesendeten Trägerschwingungen (etwa 6800), welche die zur Verfügung stehende Kanalbreite von 7 MHz (VHF) bzw. 8 MHz (UHF) gleichmäßig füllen (siehe Abb.2). Die Träger sind Sinussignale, deren Phasen und Amplituden in einem vorgegebenen Takt (etwa jede Millisekunde) umgetastet werden. Bei dieser sogenannten Quadratur-Amplituden-Modulation wird gewöhnlich ein Schema verwendet, bei dem jeder Träger 16 verschiedene Zustände annehmen kann ("16QAM"). Die während einer Taktdauer von allen Trägern zusammen repräsentierte Information wird ein "Symbol" genannt. Die Dauer eines Symbols steht in Zusammenhang mit dem Frequenzabstand der Träger.

Analoge Übertragung wird u.a. durch Mehrwegeausbreitung (Reflexionen des Signals, die mit Laufzeitunterschieden beim Empfänger eintreffen) erheblich beeinträchtigt. Beim DVBT-System wird eine weitgehende Immunität gegen solche Signalechos erreicht, indem die Symboldauer um ein sogenanntes "Guardintervall" verlängert wird. Üblich ist ein Guardintervall von $1/4$ der Symboldauer (gelegentlich $1/8$). Solange die zusätzlichen Laufzeiten der Echos kürzer sind als dieses Guardintervall, kann der Empfänger für jedes Symbol einen zur Dekodierung geeigneten stabilen Signalabschnitt finden.

Durch den Mehrwegeempfang kann ein Teil der Träger durch Interferenz der Teilwellen ausgelöscht und die spektrale Hüllkurve des Signals stark verformt werden (siehe Abb.3).

Die mit den ausgelöschten Trägern verlorengegangene Information wird jedoch im Empfänger durch die schon erwähnten Fehlerschutzmechanismen rekonstruiert.

Wegen der Immunität des Systems gegen Echos können innerhalb eines DVB-T-Sendernetzes alle Sender, die mit gleicher Modulation arbeiten und dieselben Inhalte abstrahlen, den gleichen Kanal benutzen (Gleichwellennetz, SFN = Single Frequency Network).

Dies bietet große Vorteile bei der Flächenversorgung mit einem Sendernetz: Es wird nur ein Kanal beansprucht, und alle Sender tragen zur Leistung in der Empfangsantenne bei.

Ein 8 MHz breiter DVB-T-Kanal ermöglicht bei der Modulationsart 16QAM, einer Coderate von 2/3 und einem Guardintervall von 1/4 eine Nutzdatenrate von etwa 13 Mbit/s. Damit lassen sich 4 Fernsehprogrammen in PAL-Qualität inkl. Zusatzdaten wie Videotext übertragen (ein sogenannter Multiplex).

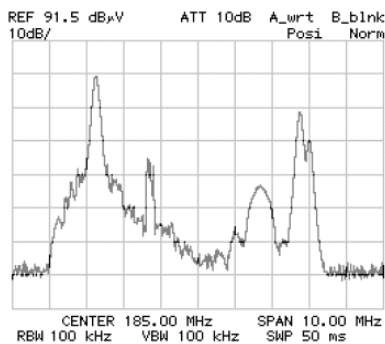


Abb. 1: Analoges TV-Signal

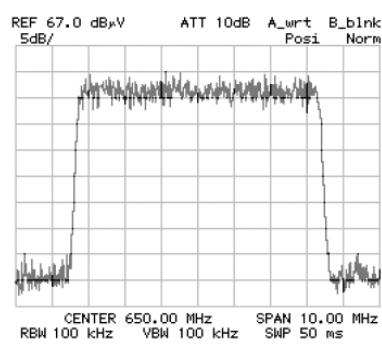


Abb. 2: DVB-T- Signal (ideal)

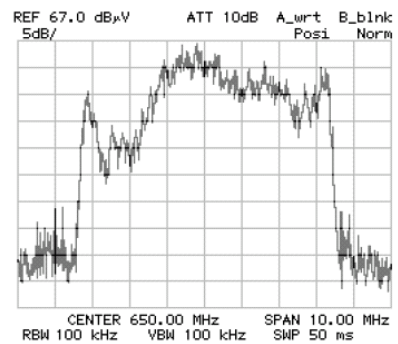


Abb. 3: DVB-T-Signal bei
Mehrwegeempfang

Anhang 2: Glossar

Quellencodierung und Datenraten:

Die Digitalisierung eines Videosignals ergibt eine sehr hohe Datenrate. Zur effizienten Übertragung müssen diese Datenmengen reduziert werden. Bei DVB-T wird die MPEG-2-Codierung sowohl für die Videoübertragung als auch für die Audioübertragung als Quellencodierung zur Datenreduktion angewendet. Zur Übertragung von Fernsehprogrammen in PAL-Qualität mit MPEG-2-Codierung sind Mindestdatenraten erforderlich. Diese sind 2,5 – 4 Mbit/s für ein Fernsehprogramm inkl. ca. 0,2 Mbit/s für den Stereoton.

Multiplex:

In einem Fernsehkanal werden Fernsehprogramme und andere Dienste wie z.B. Mediendienste oder Datendienste gleichzeitig übertragen und zu einem Multiplex verschachtelt. Aus der Summe der Datenraten für die einzelnen Programme ergibt sich die Datenrate des Multiplexsignals.

Kanalcodierung:

Nach der Quellencodierung und Multiplexbildung ist es erforderlich, das zu übertragende Multiplexsignal an die Eigenschaften des Übertragungskanals (Kabel, Satellit oder Terrestrik) anzupassen. Die Kanalcodierung umfasst alle Maßnahmen, damit das Multiplexsignal möglichst störungsfrei über den Übertragungskanal zum Empfänger gelangen kann. Durch die Kanalcodierung reduziert sich die Nutzdatenrate durch Addition von Fehlerschutz.

Fehlerschutz:

Als Fehlerschutz gelten alle Maßnahmen, welche die zu übertragenden Bitfolgen der Nutzdaten gegen Fehler schützen oder auftretende Fehler korrigieren.

Coderate:

Die Coderate ist das Verhältnis zwischen dem eigentlichen Nutzsignal und dem Gesamtsignal, wobei sich das Gesamtsignal aus dem Nutzsignal und der Menge der Fehlerschutzbits zusammensetzt.

Coderate = $\text{Nutzdaten} / (\text{Nutzdaten} + \text{Fehlerschutzbits})$

Die Qualität bzw. die Wirksamkeit des Fehlerschutzes hängt unmittelbar von der gewählten Coderate, also von der Anzahl der Fehlerschutzbits, ab.

Coderate klein (z.B. 1/2) = starker Fehlerschutz

Coderate groß (z.B. 7/8) = schwacher Fehlerschutz

Schutzintervall (Guard-Interval):

Um alle Gleichkanalsignale und Reflexionen zu nutzen, die nicht zeitgleich am Empfänger eintreffen, wird der erste Teil des ausgesendeten Signals nicht zur Datenübertragung genutzt. Dieser erste Teil wird mit Schutzintervall bezeichnet und kann auf verschiedene Längen wie 1/4, 1/8, 1/16 oder 1/32 der gesamten Symboldauer eingestellt werden. Ein langes Schutzintervall bedeutet, dass auch noch relativ spät eintreffende Signale genutzt werden, jedoch ist dann die Nutzdatenrate geringer.

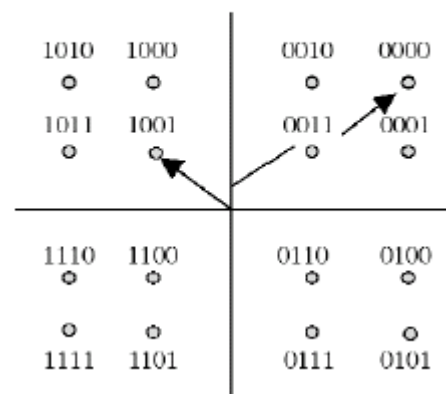
Symboldauer (TS):

Die Symboldauer (oder Symbollänge) gibt an, für welchen Zeitraum die auf Träger aufmodulierten gleichen Daten ausgesendet werden. Die Symboldauer beträgt im 2k-Modus 224 µs und im 8k-Modus 896 µs. Unter Berücksichtigung des Schutzintervalls ergibt sich damit die Gesamtsymboldauer $TGS = TG + TS$ (s. Tabelle 1)

Modulationsarten (QPSK und QAM):

Für die Übertragung der Datenratenströme stehen bei der digitalen Übertragung die Modulationsarten QPSK, 16 QAM und 64 QAM zur Verfügung. Ein Teil der seriell ankommenden und zu übertragenden Daten werden gleichzeitig und parallelisiert auf eine bestimmte Anzahl von Trägern als Symbol (Amplitude und Phase) aufmoduliert. Dies sind 2 bit pro Symbol (pro Träger) bei QPSK, 4 bit bei 16 QAM und 6 bit bei 64 QAM.

Konstellationsdiagramm bei 16-QAM Modulation



Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex (COFDM):

COFDM bezeichnet das Verfahren, mit dem auf eine Vielzahl von parallelen Trägern die zu übertragenden Symbole (bit-Gruppen) aufmoduliert werden (Mehrträgertechnik). Durch diese breitbandige parallele Aussendung ist die Ausgestaltung von Gleichwellennetzen möglich.

Bitfehlerrate (bit error rate BER):

Die Bitfehlerrate ist das Verhältnis von fehlerhaft empfangenen Bits zu den gesamt übertragenen Bits. Als quasi fehlerfreier Empfang gilt ein BER-Wert von $2 \cdot 10^{-4}$ (nach Viterbi).

DVB-T-Modi (2k und 8k):

Es stehen die beiden DVB-T-Modi 8k-Modus mit 6817 (6048 für Nutzdaten) Trägern und der 2k-Modus mit 1705 (1512 für Nutzdaten) Trägern in einem 8 MHz Kanal zur Verfügung. Der 8k-Modus eignet sich, bedingt durch die lange Symboldauer, zur Gleichkanalversorgung bei großen Senderabständen. Der 2k-Modus erfordert bei Gleichwellennetzen einen kleineren Senderabstand (siehe Tabelle 1).

Gleichwellennetze, Mehrfrequenznetze (SFN, MFN):

Für DVB-T können durch die Anwendung des COFDM neben Mehrfrequenznetzen (multi frequency networks **MFN**) auch Gleichwellennetze (single frequency network **SFN**) realisiert werden. Diese SFNs dürfen bei DVB-T eine bestimmte Größe nicht überschreiten, da sonst Eigeninterferenzen auftreten. Gleichwellennetze weisen gegenüber Mehrfrequenznetzen eine deutlich höhere **Frequenzeffektivität** auf.

Netzgewinn:

Der Netzgewinn ergibt sich aus dem gleichzeitigen Empfang von mehreren Sendern an einem Ort in einem Gleichwellennetz. Der Netzgewinn kann bis zu 3 oder mehr dB betragen, wenn zwei Sender oder mehrere Sender gleicher oder annähernd gleicher Stärke am Empfangsort, also gerade in den kritischen Gebieten zwischen den Sendern, empfangen werden können. Ist jedoch die Empfangsfeldstärke eines empfangbaren Senders um 10dB oder mehr höher, als die der an deren am gleichen Ort empfangbaren Sender, so wirkt sich der Gleichkanalgewinn nicht mehr aus.

Statistischer Multiplex:

Der statistische Multiplex ist eine dynamische Datenratenzuweisung an die Programme im gleichen Multiplex. Wenn ein übertragenes Programm kurzzeitig eine höhere Datenrate benötigt (z.B. bei schnellen Kameraschwenks oder sehr schnellen Bildsequenzen), wird diese zusätzliche Datenrate von anderen Programmen, die „ruhigere“ Bilder übertragen, abgezogen. Dadurch wird eine verbesserte Bildqualität in kritischen Übertragungssituationen gewährleistet.

Parameter	Modus							
	2k				8k			
Symboldauer T_S [μ s]	224				896			
Trägerabstand Δf_T [kHz]	4,4643				1,116			
Trägeranzahl (theoretisch)	2048				8192			
Trägeranzahl (real)	1705				6817			
Belegte Bandbreite [MHz]	7,609				7,612			
Gesamtsymboldauer T_{GS} [μ s]	280	252	238	231	1120	1008	952	924
Schutzintervall T_G [μ s]	56	28	14	7	224	112	56	28
T_G/T_S	1/4	1/8	1/16	1/32	1/4	1/8	1/16	1/32
Zul. Senderabstand [km]	16,8	8,4	4,2	2,1	67,2	33,6	16,8	8,4

Tabelle 1: Übertragungsparameter im 8-MHz-Kanal

		Netto-Datenrate [Mbit/s]			
		Schutzintervall/ T_G			
Modulation	Coderate	1/4	1/8	1/16	1/32
QPSK	1/2	4,98	5,53	5,85	6,03
	2/3	6,64	7,37	7,81	8,04
	3/4	7,46	8,29	8,78	9,05
	5/6	8,29	9,22	9,76	10,05
	7/8	8,71	9,68	10,25	10,56
16-QAM	1/2	9,95	11,06	11,71	12,06
	2/3	13,27	14,75	15,61	16,09
	3/4	14,93	16,59	17,56	18,10
	5/6	16,59	18,43	19,52	20,11
	7/8	17,42	19,35	20,49	21,11
64-QAM	1/2	14,93	16,59	17,56	18,10
	2/3	19,91	22,12	23,42	24,13
	3/4	22,39	24,88	26,35	27,14
	5/6	24,88	27,65	29,27	30,16
	7/8	26,13	29,03	30,74	31,67

Tabelle 2: Übertragbare Nutz-Datenraten für DVB-T in einem 8-MHz Kanal unter Berücksichtigung der möglichen Parameter

Weitere Informationen finden Sie unter
www.ueberallfernsehen.de → Bayern

- Empfangsprognose (nach PLZ oder Ort)
- Programmbelegung
- Versorgungskarten
- Interaktive Standorttabelle
- ID-Übersicht
- u.v.m