

## Die Technik des digital terrestrischen Fernsehen (DVB-T)

Beim analogen Antennenfernsehen wird pro Fernsehkanal ein Programm übertragen. Dieser Kanal hat eine Bandbreite von 7 MHz (VHF) bzw. 8 MHz (UHF). Innerhalb dieses Frequenzspektrums werden die Bild- und Tonträger mit erhöhten

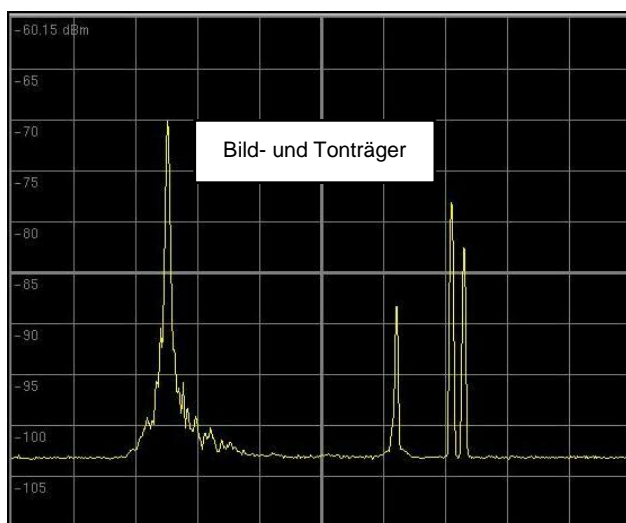


Abbildung 1: Analoges TV Spektrum

Pegeln gesendet. Alle weiteren Frequenzen für Bildinhalte und Farbsignalen etc. weisen demgegenüber geringere Pegel auf. Dies führt dazu, dass bereits geringe Störungen im Übertragungsweg zu Bild- und Tonstörungen führen können. Zusätzlich treten bei ungünstigen Empfangsbedingungen häufig Effekte wie z.B. Geisterbilder auf, die durch Mehrwegempfang hervorgerufen werden. Dabei überlagern sich direkt

vom Sender empfangene Signale mit Signalen, die durch Reflexionen, Beugungen und Streuungen an Bergen, Gebäuden oder ähnliches zeitverzögert am Empfänger eintreffen. Insbesondere in Täler und dicht bebauten Stadtgebieten lassen sich diese Effekte nur schwer vermeiden.

Bei der Standardisierung von DVB-T wurde daher besonderes Augenmerk auf eine Reduktion der Analog-TV typischen Bildfehler gelegt, bei gleichzeitig geringerem Frequenzbedarf für ein Programm. So ist ein System entstanden, bei dem die TV-Signale digitalisiert und mit hoch effizienten Fehlerschutzmechanismen zum Empfänger gelangen.

## Digitalisierung und Datenreduktion

Bei der Aufzeichnung eines digitalen Videosignals in Standardauflösung (SDTV) wird ein so genannter Elementardatenstrom (ES) mit 270 Mbit/s erzeugt. Audiosignale werden in der Regel mit 1,5 Mbit/s aufgezeichnet.

Diese enormen Datenmengen können jedoch nicht direkt drahtlos übertragen werden. Aus diesem Grund erfolgt im Anschluss eine Datenreduktion.

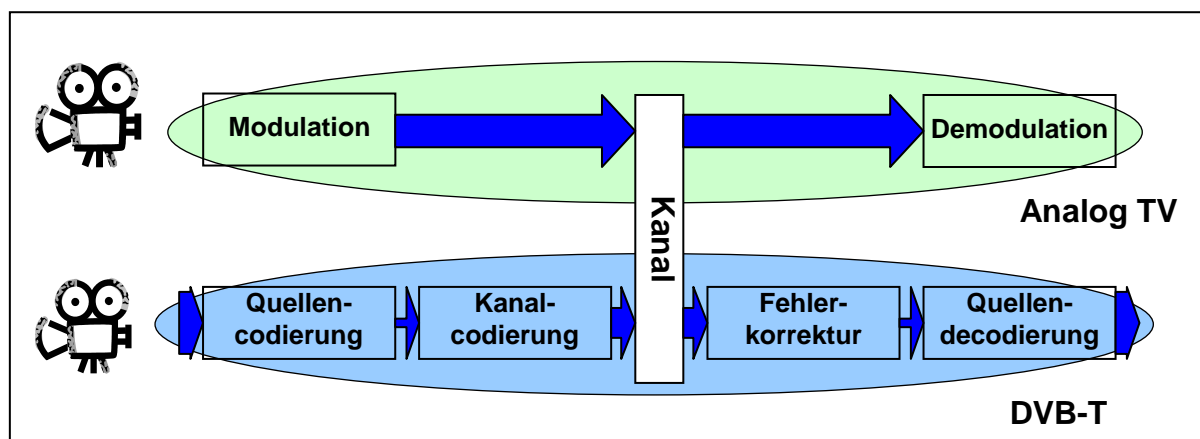


Abbildung 2: Analog- und Digital TV

Zur Anwendung kommen dabei nach MPEG-2 standardisierte Verfahren.

Hierbei werden Signalanteile, die für den Menschen nicht wahrnehmbar oder mehrfach auftreten, aus dem Datenstrom entfernt. In Folge dieser auch als Irrelevanz und Redundanzreduktion bezeichneten Verfahren, stehen für den Videostrom typischerweise 2,5 bis 3,5 Mbit/s und Audioströme mit 100 bis 300 kBit/s zur weiteren Verarbeitung an.

## Multiplexen mehrer Programme

Durch diese Datenreduktion kann man den Fernsehkanal im Vergleich zum Analog-TV deutlich besser ausnutzen. Abhängig von der jeweiligen Datenkompression, werden mehrere digitale Fernsehprogramme in einem Kanal übertragen, ohne sich gegenseitig zu beeinflussen. Dieses Verfahren wird als Multiplexing bezeichnet, die zusammengefassten Datenströme als "Bouquet".

Dabei werden die einzelnen Datenströme so verschachtelt, dass für jedes Programm ausreichend Datenrate zur Verfügung steht. Die Summe der einzelnen Datenraten je Programm ergibt die gesamte Datenrate des Multiplexsignals, die von der jeweiligen Modulation und weiteren Systemparametern abhängt.

In Österreich werden aktuell zwei unterschiedliche DVB-T Bouquets (MUX A und MUX B) übertragen. Der MUX A ist bundesweit verfügbar und das Programmbouquet umfasst die Programme ORF eins, ORF 2 und ATV.

MUX B wird hingegen nur in den Ballungsräumen übertragen und das Programmbouquet umfasst PULS 4, ORF SPORT +, ServusTV, 3Sat und ORF III.

Das Multiplexen der Datenströme erfolgt im Playoutcenter der Österreichischen Rundfunksender GmbH & Co KG (ORS) in Wien. Dort werden die komprimierten Datenströme zu einem Multi-Programm Transportstrom (MP-TS) zusammengesetzt.

Im Empfänger wird dieser Prozess wieder umgekehrt (Demultiplexing). Hierzu ist eine exakte Synchronisation zwischen Sende-Multiplexer und Empfänger-Demultiplexer wichtig, da es sonst zu Auswertefehlern kommen kann.

Aus diesem Grund werden in regelmäßigen Abständen Zeitmarken in den MP-TS eingebettet. Diese Referenzmarken erlauben den Empfängern, die genaue Datenrate des Sende-Multiplexers zu rekonstruieren.

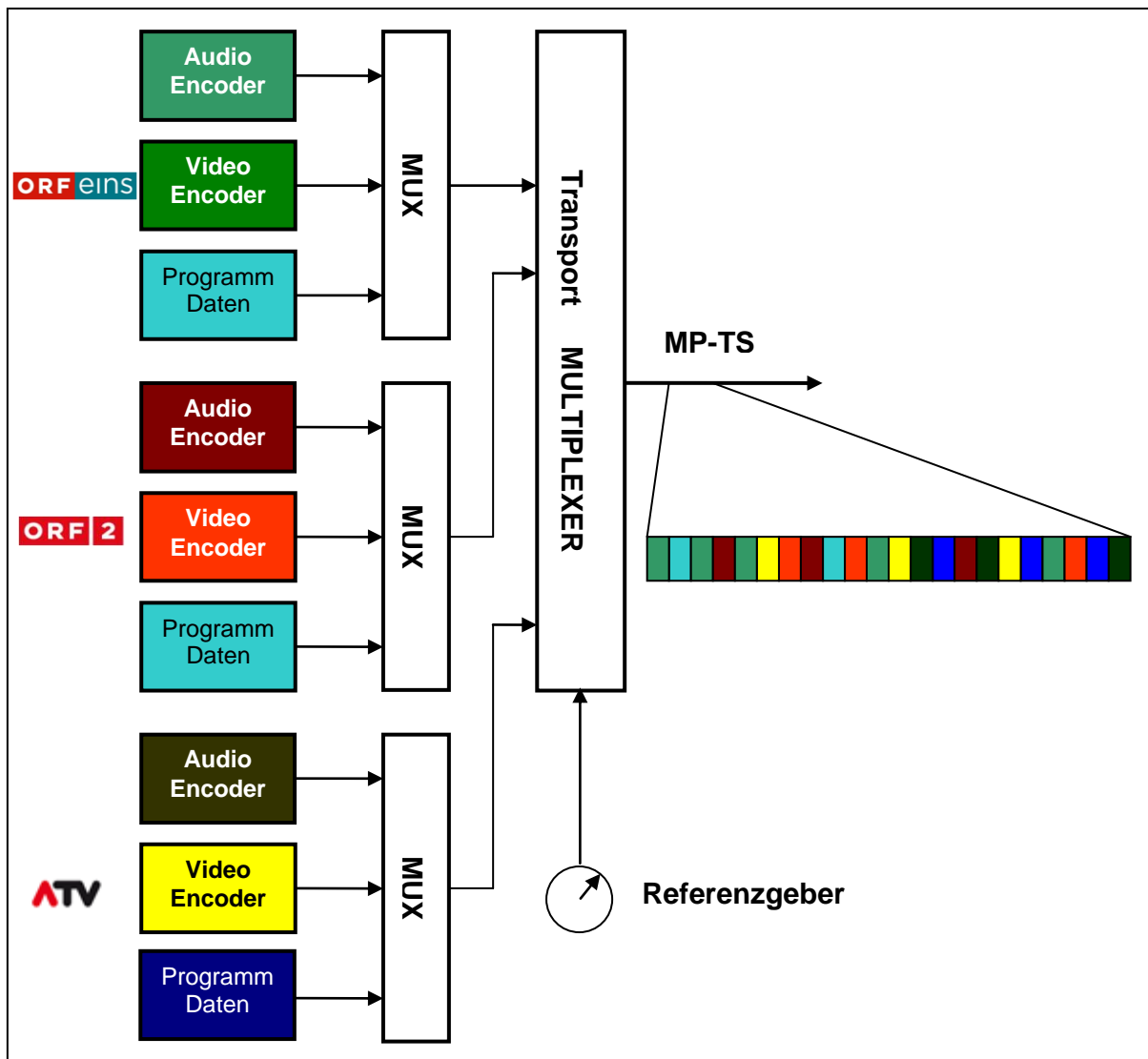


Abbildung 3: Prinzip Multiplexing am Beispiel vom MUX A

### Der Transportdatenstrom (TS)

Der TS ist das zentrale Datenübertragungsformat in DVB, das neben der terrestrischen auch bei der digitalen Satelliten- (DVB-S) als auch der Kabelübertragung (DVB-C) verwendet wird. Er besteht aus Datenpaketen mit einer festen Länge von 188 Byte, die als Transportstrompakete bezeichnet werden. Jeder der zur Versendung anstehenden Audio-, Video und Zusatzdatenströme wird in dieses Format überführt.

## Kanalcodierung

Anders als beim analogen TV, kann in DVB-T das zu versendende Signal mit Fehlerschutzinformationen versehen werden. Dieses Verfahren wird als Kanalcodierung bezeichnet. Bitfehler, die während der Übertragung unweigerlich auftreten, können dadurch korrigiert werden.

Hierzu wird der TS mit speziellen Fehlerschutzalgorithmen codiert und zu einem TS größerer Bitrate erweitert. Das Verhältnis von Bitrate mit Fehlerschutz und eigentlicher Nutzbitrate wird als Coderate bezeichnet und wurde für Österreich auf  $3/4$  bei MUX A bzw.  $5/6$  bei MUX B festgelegt.

## Terrestrische Ausstrahlung - Orthogonal Frequency Division Multiplex (OFDM)

Nach der Kanalcodierung erfolgt die Ausstrahlung der digitalen Fernsehsignale. Im Gegensatz zum analogen Antennenfernsehen erfolgt dies in DVB-T unter Verwendung einer Vielzahl von parallelen Trägerfrequenzen entsprechend des OFDM Verfahrens. Dieses Verfahren eignet sich besonders für die terrestrische Übertragung.

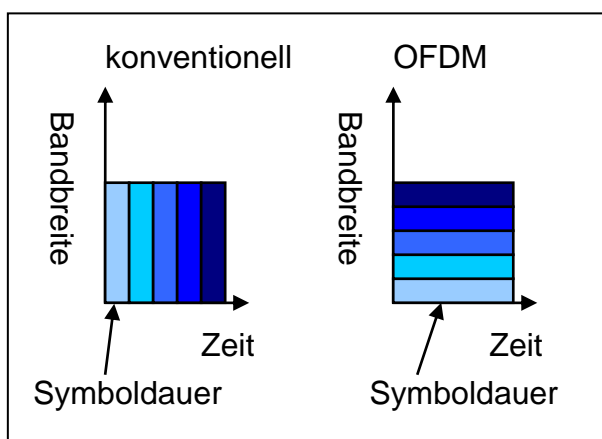
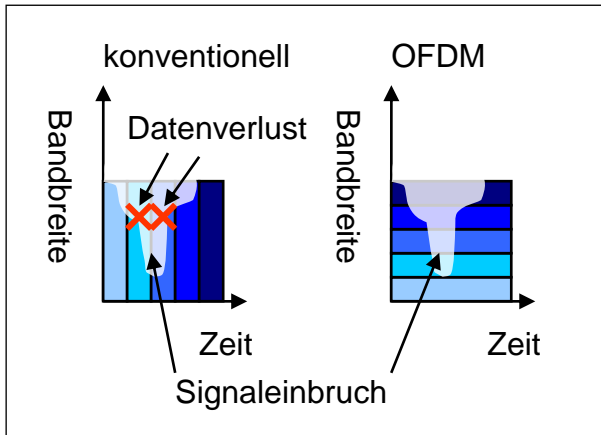


Abbildung 4: OFDM vs. konventionellen TV

Anders als in konventionellen Systemen werden die Daten nicht nacheinander, sondern zu einem Symbol zusammengefasst und parallel übertragen.

Der sich daraus ergebende Vorteil ist die Möglichkeit, die Symboldauer signifikant zu verlängern. Der Empfänger hat somit mehr Zeit, einen stabilen Signalabschnitt zu detektieren.



**Abbildung 5: Auswirkung von Signaleinbrüchen**

Führt ein Signaleinbruch im analogen TV zu einem möglichen Datenverlust, kann ein OFDM System solche Effekte kompensieren, da immer nur geringe Signalanteile betroffen sind und durch die Fehlerschutzmechanismen herausgerechnet werden können.

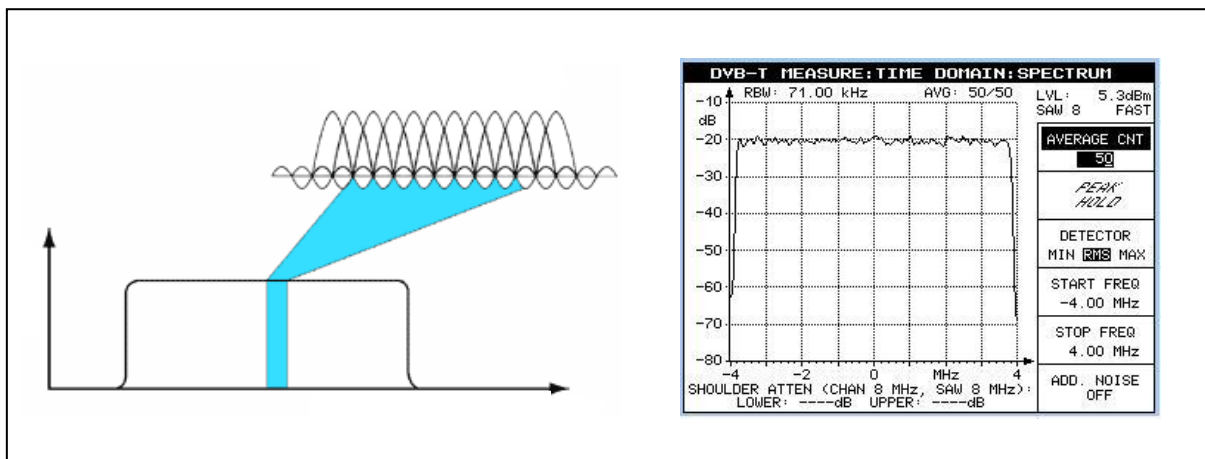
Um dabei aber keine Bandbreite zu verschwenden, werden die

Einzelfrequenzen (Träger) zusammen

geschoben und so platziert, dass eine gegenseitige Beeinflussung ausgeschlossen ist. Im Spektrum ist genau an der Stelle wo sich ein Träger befindet eine Nullstelle des Spektrums aller anderen benachbarten Träger.

Der Trägerabstand entspricht dabei dem Umkehrwert der Symboldauer

$$(\Delta t_{\text{Symboldauer}} = 1 / \Delta f).$$



**Abbildung 6: OFDM Spektrum**

Jede Trägerfrequenz ist ein Sinussignal, auf dem die binären Daten moduliert werden. In Österreich kommt hierbei die 16-Quadratur-Amplituden-Modulation (16 QAM) zum Einsatz.

Bei dieser Modulationsart kann der Träger 16 verschiedene Zustände annehmen.

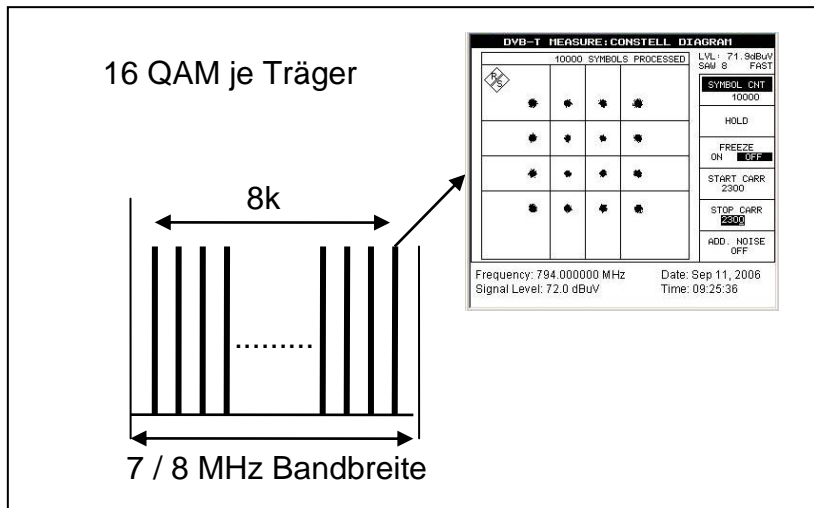


Abbildung 7: Modulation der Trägerfrequenzen

Je mehr Träger verwendet werden, desto länger kann ein Symbol werden. Dies und das Einfügen einer so genannten Schutzzeit (Guard Interval) bewirkt eine weitgehende Immunität gegenüber Störeffekten, die aus Mehrwegeempfang herrühren. Je länger die Schutzzeit ist, desto unempfindlicher ist das System. Die Schutzzeit stellt dabei einen Signalabschnitt dar, der vom Empfänger nicht ausgewertet wird. Solange die Echosignale einen Laufzeitunterschied kleiner der Schutzzeit aufweisen, kann der Empfänger stabile Signalabschnitte finden.

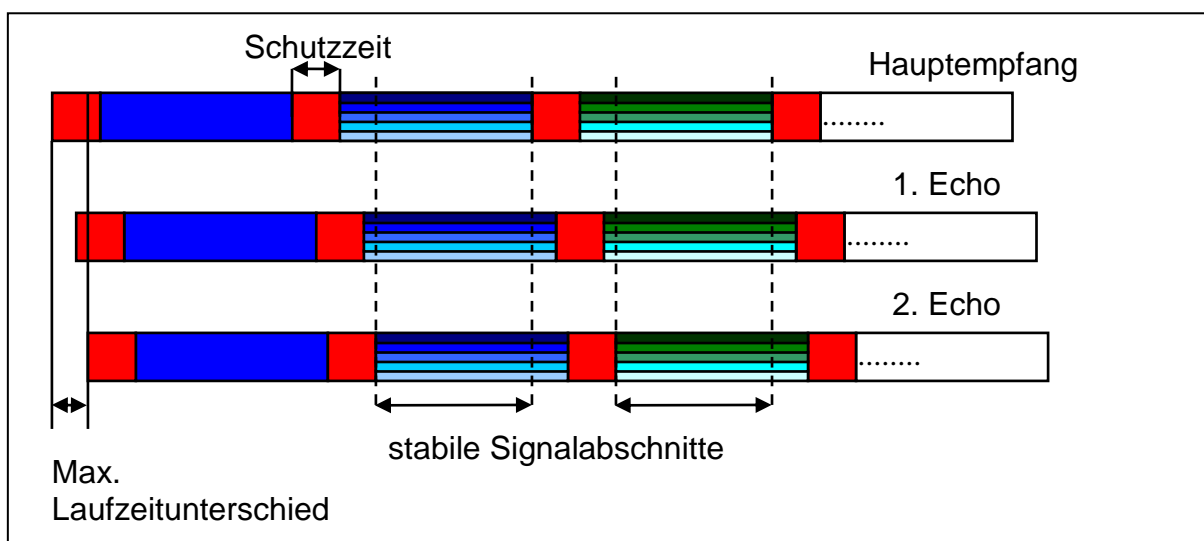


Abbildung 8: Prinzip der Schutzzeiten

## DVB-T Systemparameter in Österreich für MUX A

Bandbreite:	8 MHz
Modulation:	16 QAM
OFDM Variante:	8k
Nutzträger:	6817
Symboldauer:	896 $\mu$ s
Guard Interval:	1/4 (224 $\mu$ s)
Coderate:	3/4
Datenrate:	14,93 Mbit/s



## DVB-T Systemparameter in Österreich für MUX B

Bandbreite:	8 MHz
Modulation:	16 QAM
OFDM Variante:	8k
Nutzträger:	6817
Symboldauer:	896 $\mu$ s
Guard Interval:	1/4 (224 $\mu$ s) bzw. 1/8 (112 $\mu$ s) in Wien
Coderate:	5/6
Datenrate:	16,59 Mbit/s bzw. 18,43 Mbit/s in Wien