

## A10 Analoge TV-Übertragungssysteme

Die Übertragung des (F)BAS-Signals kann über terrestrische Sender, Kabel-TV-Anlagen oder Satellit zum Kunden erfolgen. Das FBAS-Signal ist dabei das *Niederfrequenzsignal*, das moduliert zum Empfänger gelangt. Ziel ist die möglichst bandbreitesparende, störungsarme Übertragung. Daher wurden unterschiedliche Modulationsverfahren gewählt: Für die terrestrische analoge Übertragung und die analoge Kabel-TV-Verbreitung erfolgt die Übertragung amplitudenmoduliert im *Restseitenbandverfahren* (RSB-AM), während für die Satellitenübertragung die Frequenzmodulation (FM) verwendet wird. [30]

### A10.1 Analoge terrestrische Übertragung

Die analoge terrestrische Übertragung von Fernsehsignalen ist der älteste Verbreitungsweg zum Endkunden. Für eine flächendeckende Versorgung sind eine Vielzahl von Sendern (Grund- und Füllsender) notwendig. So werden z.B. zur Verbreitung eines Hauptprogramms (ZDF) in der Bundesrepublik Deutschland ca. 100 Grund- und 2800 Füllsender benötigt – ein beträchtlicher kommerzieller Investitions- und Betriebsaufwand. Die Sender unterliegen einer exakten Frequenzplanung, um gegenseitige Störungen bzw. Störungen mit anderen Funkdiensten oder Nachbarstaaten zu vermeiden.

Für die analoge terrestrische Übertragung wird zur Einsparung der Bandbreite die RSB-AM (s. Kapitel 7) eingesetzt. Die übliche Amplitudenmodulation ergibt die in Bild A10.1 dargestellten Seitenbänder. Die für einen Sender erforderliche Kanalbreite müsste also größer als 12 MHz sein, was sehr unwirtschaftlich wäre. Da eine ESB-AM eine sehr steile Filterung in der Nähe des Trägers voraussetzt, was wiederum einen sehr hohen technischen Aufwand erfordern würde, wird das so genannte Restseitenband-Verfahren eingesetzt.

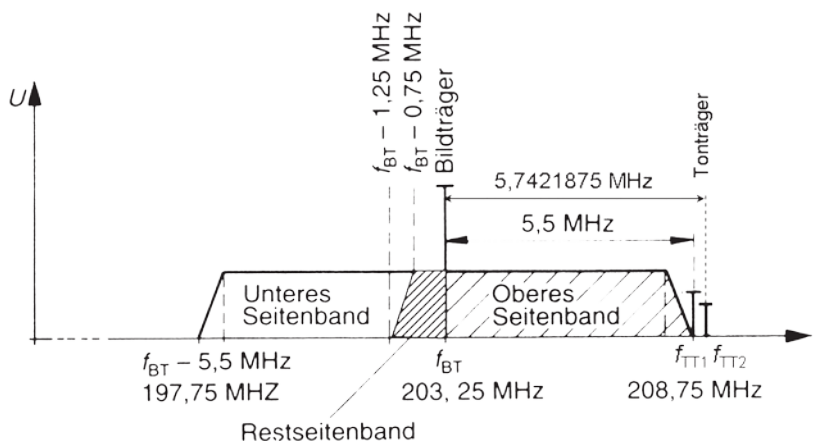


Bild A10.1 Restseitenband- Verfahren

Dabei erfolgt die Übertragung eines vollständigen Seitenbandes und eines Teiles des zweiten Seitenbandes in der Nähe des Trägers. Dieses Frequenzband ist in Bild A10.1 schraffiert dargestellt.

Da Störspannungsimpulse fast immer die Amplitude eines Signals erhöhen, würden diese bei üblicher AM als helle Störstrukturen auf dem Bildschirm sichtbar werden. Man verwendet daher im Fernseh Rundfunk die *negative Amplitudenmodulation* (Bild A10.2): Große Helligkeitswerte werden dabei mit kleinen Spannungen übertragen, kleine Helligkeitswerte mit großen Spannungen. Störimpulse erscheinen somit als schwarze Punkte auf dem Bildschirm und stören weitaus weniger. Ferner hat das Verfahren den Vorteil, dass die Sendeleistung über das stets mit konstanter Amplitude auftretende Synchronsignal sehr gut geregelt werden kann.

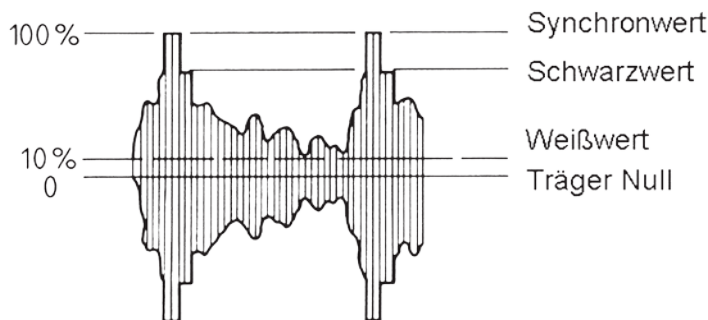


Bild A10.2 Prinzip der negativen Amplitudenmodulation

Das Tonsignal wird über einen besonderen Sender übertragen; es erfolgt eine getrennte Aufbereitung von Ton- und Bildsignal, eine Zusammenführung kann so- gar erst direkt vor der Antenne vorgenommen werden (Bild A10.3).

Die Tonträgerfrequenz  $f_{TT1}$  liegt für die Monoübertragung um 5,5 MHz höher als die Bildsignal-Trägerfrequenz (Bild A 10.1). Bei der Stereo-Übertragung wird ein zusätzlicher Tonträger benutzt mit einer gegenüber dem Bildträger um  $f_{TT2} = 5,7421875$  MHz höheren Frequenz. Man verwendet in beiden Fällen Frequenzmodulation mit einem höchstzulässigen Hub von  $\pm 50$  kHz. Die Leistung des Tonträgers  $f_{TT1}$  beträgt 10% der Bildträgerleistung, diejenige von  $f_{TT2}$  5 bzw. 1% der Leistung der Bildträgerleistung, um Störungen im Bild zu vermeiden.

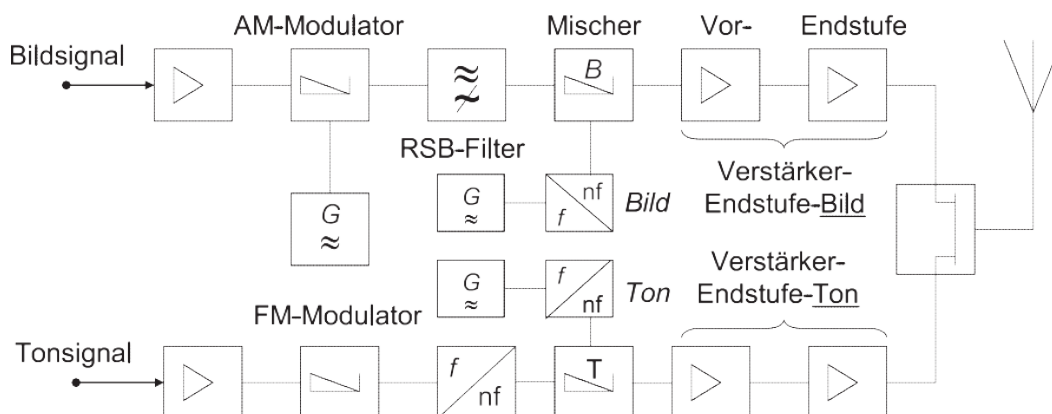


Bild A10.3 Fernsehsender nach dem Split-Prinzip

Neben diesen Zweiträgerverfahren zur Stereoton-Übertragung gibt es digitale Zusatzübertragungsverfahren für den Ton, wie z.B. NICAM, das insbesondere in Skandinavien und England Bedeutung gewonnen hat. [30]

Die analoge terrestrische Übertragung wurde für den VHF-Bereich Band I (48...69 MHz) und III (175...231 MHz) sowie für den UHF-Bereich Band IV und V (471...862) standardisiert. In den VHF-Bereichen hat jeder Fernsehkanal eine Bandbreite von 6 oder 7 MHz; in den UHF-Bereichen 8 MHz. Weitere Informationen über die Übertragungstechnischen Parameter findet man z.B. unter [3].

Die terrestrische analoge Übertragung wird weltweit Zug um Zug auf die digitale Übertragung umgestellt. In Deutschland wurde diese Umstellung bis zum Jahr 2010 abgeschlossen. Mit dieser Umstellung ging eine Neuordnung der Frequenznutzung einher. Die Technik der analogen terrestrischen TV-Übertragung hat daher deutlich an Bedeutung verloren.

### A10.3 Analoge Satellitenübertragung

In den letzten 20 Jahren hat die Satellitenübertragung einen enormen Zuwachs erfahren. Die mit einer Satellitenübertragung grundsätzlich verbundene flächen- deckende Verteilung der Rundfunkprogramme erlaubt deren preiswerte Umsetzung. Im Vergleich zur terrestrischen Verbreitung entstehen dabei für die Programmverbreitung nur Bruchteile der Kosten. Die heute speziell in Europa eingesetzten DBS-Satelliten (**D**irect **B**roadcast **S**atellite) gehören überwiegend zu den *Medium Power Satellites*, die mit Leistungen zwischen 60 und 100 W abstrahlen und geostationär in ca. 36 000 km Höhe über dem Äquator angeordnet sind. Für Europa sind dabei die an Positionen 19,2° Ost und 13° Ost von besonderem Interesse, da die dort angeordneten Satelliten speziell Zentraleuropa versorgen und die Programme mit relativ kleinen Antennen zu empfangen sind (Bild A 10.4). Der Übertragungsfrequenzbereich liegt zwischen 10 und 14 GHz, und je nach Satellitentyp beträgt die Bandbreite des Übertragungskanal ca. 27...50 MHz. Dabei erfolgt die Übertragung abwechselnd mit unterschiedlichen Polarisationsrichtungen.

Für die analoge Satellitenübertragung wird die Frequenzmodulation (FM) verwendet, da diese für den relativ stark durch Rauschen gestörten Satellitenübertragungskanal günstigere übertragungstechnische Eigenschaften aufweist. Nach Gl.7.19 ergibt sich für die FM gegenüber der AM eine höhere erforderliche Bandbreite, die von der Satellitenstrecke bereitgestellt werden kann. Aufgrund des bezogen auf die vorkommenden Amplitudenwerte unsymmetrischen TV-Signals ergibt sich anstelle der Gl. 7.19 für die Bandbreite

$$B_{FM,TV} = \Delta f_{TV} + 2 \cdot f_{M,max} \quad (\text{Gl. A10.1})$$

Dabei gibt  $\Delta f_{TV}$  die Trägerfrequenzänderung und  $f_{M,max}$  die maximale Signalfrequenz des Basisbandsignals an. Für die FM wird sendeseitig eine Preemphase (s. Abschnitt 7.3), d.h. eine Absenkung niedriger Frequenzanteile und eine Anhebung der hohen Frequenzanteile durchgeführt, deren Verlauf Bild A10.4 zeigt. Empfängerseitig erfolgt die Deemphase mit entsprechend gegenläufigem Verlauf der Amplitudenbewertung.

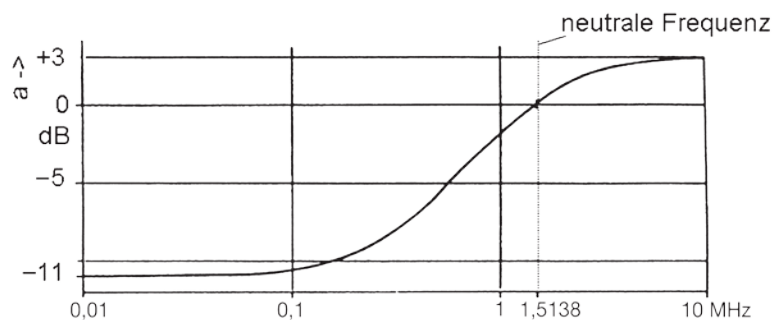


Bild A10.4 Verlauf der Preemphase bei der PAL-Übertragung nach ITU-R 405-1

Durch diese Signalvorverarbeitung kann die FM besser ausgenutzt und das sichtbare Bildrauschen reduziert werden. Die neutrale Frequenz, d.h. diejenige Frequenz, bei der auf das Eingangssignals keine Einflussnahme erfolgt, liegt bei 1,5138 MHz.

Die Vorzüge der FM hinsichtlich der Störsicherheit und des besseren niederfrequenten Störabstandes werden auch für andere Übertragungswege genutzt, wie z.B. Richtfunkstrecken oder die Zubringerleitungen zu den Studios unterschiedlicher Sender.

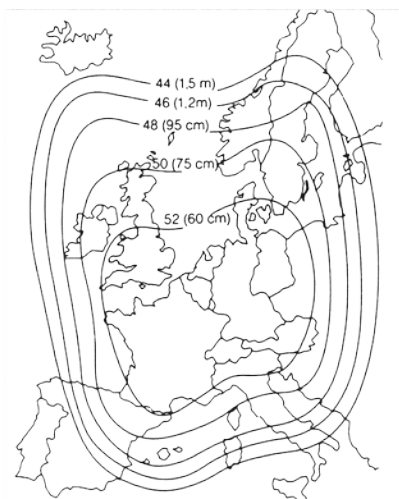


Bild A10.5 Satellitenversorgungsbereich von Position 19,2° Ost mit Angabe des erforderlichen Empfangsantennendurchmessers (nach [30])

### A10.4 Analoge Kabel-TV-Netze

Kabel-TV-Netze sind in den vielen Ländern eine eingeführte Infrastruktur mit hohem Verbreitungsgrad. Aufgrund der Frequenzknappheit für die terrestrische Übertragung wurden mit der Einführung der privaten Rundfunkanbieter hochwertige, breitbandige Fernsehverteilnetze aufgebaut.

In Deutschland wird dieses Kabel-TV-Netz als *Breitbandverteilnetz* (BVN) bezeichnet und basiert überwiegend auf einer Koaxialkabel-Infrastruktur (s. Abschnitt 4.7). Vom Fernsehstudio bis zum Übergabepunkt beim Endkunden (ÜP) ist dieses Netz z.B. hinsichtlich der erlaubten Dämpfung und der Qualität der eingesetzten Verstärker spezifiziert (BVN-Bezugskette), wobei unterschiedliche Netzebenen unterschieden werden. Die Netzebene 3 ist derjenige Netzabschnitt, der beim Endkunden endet und ist baumförmig aufgebaut (Bild A10.6).

Ausgehend von der benutzerseitigen Breitbandkabel-Verstärkerstelle (bBKVrSt), an der die Programmmzusammenstellung abschließend erfolgt, dient die A-Linie der Überbrückung größerer Entfernungen.

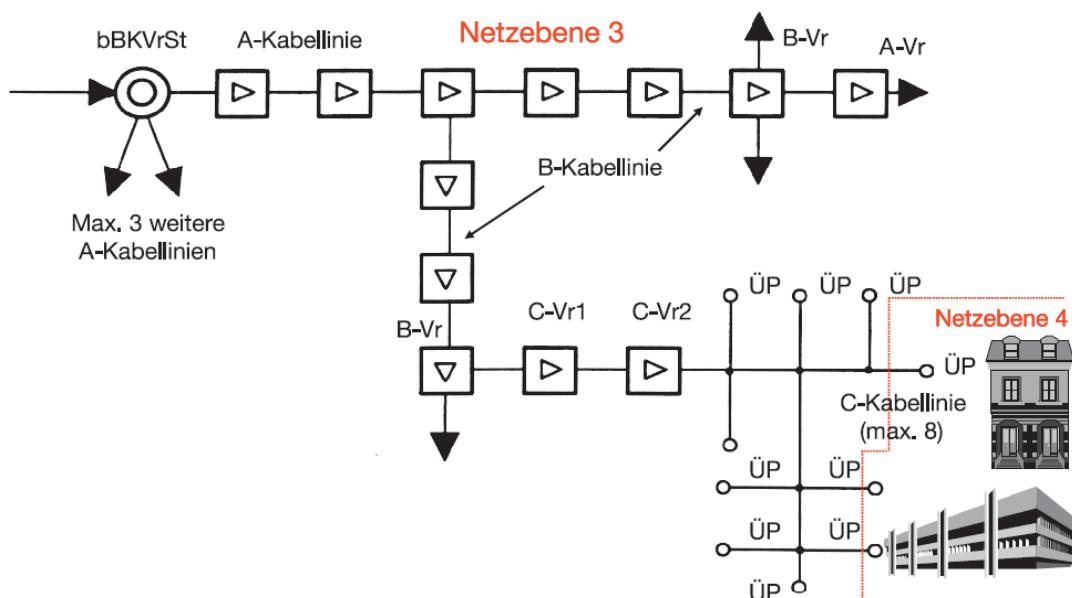
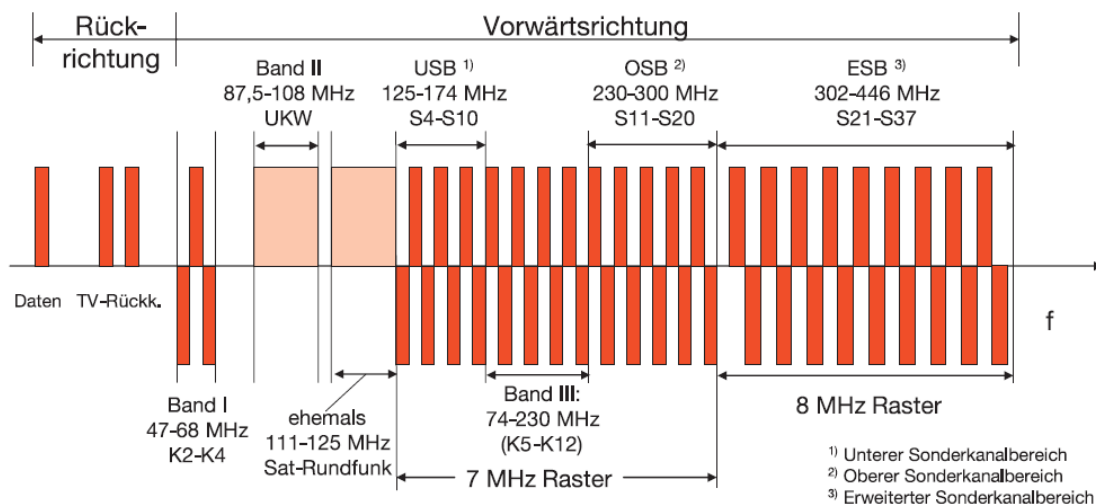


Bild A10.6 Aufbau eines BVN-Anschlussbereiches der Netzebene 3

Die B-Linien erschließen die Fläche zwischen den A-Linien, und die C-Linien enthalten die letzten aktiven Elemente (Verstärker) der Ebene 3, die dann am Übergabepunkt endet. Vom Einspeisepunkt bis zum ÜP sollten dabei nicht mehr als 23 Verstärker in Reihe geschaltet werden. Der ÜP ist auch der Abschluss der Zuständigkeit der Netzbetreiber: Die nachfolgende Netzebene 4 ist überwiegend in der Hand der privaten Wohnungsbesitzer und kann sehr unterschiedlich viele Teilnehmer versorgen. So kann ein ÜP ein einzelnes Einfamilienhaus mit ggf. nur einem Anschluss versorgen – es kann ein ÜP, aber auch ein nachfolgendes Ebene-4-Netz speisen, das viele hundert Wohnungen mit Kabel-TV versorgt. Ein durchschnittlicher Breitbandkabel-Anschlussbereich versorgt 10 000...15 000 Wohneinheiten.

Übertragungstechnisch erfolgte der Ausbau als Verteilnetz zunächst mit einer Bandbreite bis 450 MHz, vereinzelt bis 862 MHz. Aus frequenzökonomischen Gründen und aufgrund der geringen Rauschstörungen erfolgt die Übertragung – wie bei der terrestrischen analogen TV-Übertragung – mittels RSB-AM. Bis 300 MHz wurde ein 7-MHz-Kanalraster gewählt, im Sonderkanalbereich von 300...450 MHz beträgt der Kanalabstand 8 MHz. Durch dieses Mischraster konnten die gegenseitigen Störungen deutlich reduziert werden. Neben der Übertragung von analogen TV-Signalen erfolgt auch die Einspeisung von FM-Hörrundfunksignalen und die Übertragung von digitalen TV-Signalen (s. Kapitel 13). In Bild A10.7 ist die grundsätzliche Nutzung des Kabelnetzes dargestellt. Im Hinblick auf zukünftige Nutzungsmöglichkeiten des BVN sei auf die vorgesehenen Rückkanalfrequenzbereiche hingewiesen.



Hinweis: Datenrückkanal: 6,8 - 9,6 MHz (FSK-Frequenzen 7,889 und 8,875 MHz)  
 TV-Rückkanal I: 14,75 - 21,75 MHz (Bildträger 16 MHz)  
 TV-Rückkanal II: 21,75 - 28,75 MHz (Bildträger 23 MHz)

Bild A10.7 Frequenzbelegung des BVN