

Ton- und Fernseh-Rundfunksender

1. Im Überblick

Rundfunkprogramme werden heute über Antenne, Breitbandkabel, Satellit und Internet übertragen. Die zugehörige Rundfunktechnik umfasst neben der Studioteknik die Technik der Programmübertragung und den Sendebetrieb.

Zu den seit vielen Jahrzehnten etablierten amplitudenmodulierten Hörfunk-Sendeanlagen gehören die Langwellen-, Mittelwellen- und Kurzwellen-Stationen. Der Langwellen-Rundfunkbereich erstreckt sich von 148,50 kHz bis 283,50 kHz, der Mittelwellen-Rundfunkbereich von 526,50 kHz bis 1606,50 kHz. Der Kurzwellenrundfunk arbeitet innerhalb des Frequenzbereiches von 2,3 MHz bis 26,1 MHz auf bestimmten, mit der zugehörigen Wellenlänge bezeichneten Bändern, z. B. dem 49-, 41-, 31- und 15-Meterband.

Lang- und Mittelwellensender verwenden Sendeleistungen von bis zu 2000 kW, Kurzwellensender von bis zu 500 kW.

Die im Frequenzbereich von 87,5 MHz bis 108,0 MHz arbeitenden analogen Ultrakurzwellen (UKW)- Rundfunksender sind frequenzmoduliert und verfügen über Sendeleistungen von bis zu 100 kW. Langfristig soll der analoge UKW-Rundfunk durch das bereits parallel betriebene digitale Übertragungsverfahren DAB (Digital Audio Broadcasting) abgelöst werden. DAB-Sender nutzen derzeit die Frequenzbereiche 174 MHz bis 230 MHz und 1452 MHz bis 1492 MHz mit Sendeleistungen von bis zu 10 kW.

Die terrestrischen Fernsehsender arbeiten heute in Deutschland ausschließlich digital mit dem Übertragungsverfahren DVB-T (Digital Video Broadcasting Terrestrial). Die zugehörigen Frequenzbereiche liegen zwischen 174 MHz und 230 MHz sowie zwischen 470 MHz und 790 MHz. Die Sendeleistungen betragen bis zu 100 kW.

2. Technik

2.1 Amplitudenmodulierte Ton-Rundfunksender im Lang-, Mittel- und Kurzwellenbereich

Die Rundfunksender im Langwellen-, Mittelwellen und Kurzwellen-Bereich sind besonders geeignet für Hörfunkübertragungen über weite Entfernungen.

Der Langwellenrundfunk nutzt den Frequenzbereich zwischen 148,5 kHz und 283,50 kHz mit einem Sendekanal-Abstand von 9 kHz. Die in Deutschland verwendeten Sendeleistungen betragen bis zu 2000 kW.

Der Mittelwellenrundfunk arbeitet auf Frequenzen zwischen 526,5 kHz und 1606,5 kHz und verwendet ebenfalls das 9-kHz-Frequenzraster. Die Sendeleistungen der deutschen Mittelwellensender belaufen sich auf bis zu 1000 kW.

Die für den Kurzwellenrundfunk vorgesehenen Frequenzen liegen in bestimmten Bändern, auch als Wellenlängen oder Meterbänder bezeichnet. Diese befinden sich innerhalb des Frequenzbereiches von 2,30 MHz bis 26,10 MHz. Nachfolgende Tabelle listet die heute für den internationalen Rundfunk verwendeten Wellenlängen nebst zugehörigen Frequenzbereichen auf:

Tabelle 1: Wellenlängen und Frequenzbereiche im KW-Funk

Wellenlänge	Frequenzbereich
120 m	2,300 – 2,495 MHz
90 m	3,200 – 3,400 MHz
75 m	3,900 – 4,000 MHz
60 m	4,750 – 5,060 MHz
49 m	5,900 – 6,200 MHz
41 m	7,100 – 7,350 MHz
31 m	9,400 – 9,900 MHz
25 m	11,600 – 12,100 MHz
22 m	13,570 – 13,870 MHz
19 m	15,100 – 15,800 MHz
16 m	17,480 – 17,900 MHz
15 m	18,900 – 19,020 MHz
13 m	21,450 – 21,850 MHz
11 m	25,600 – 26,100 MHz

Die Arbeitsfrequenzen der Kurzwellen-Rundfunksender sind in einem 5-kHz-Frequenzraster angeordnet. Die zugehörigen Sendeleistungen betragen bis zu 500 kW.

Die Ton-Rundfunksender verwenden im Lang-, Mittel- und Kurzwellenbereich die Amplitudenmodulation, bei der die Amplitude des hochfrequenten Signals im Rhythmus des modulierenden Nutzsignals verändert wird.

2.2 Frequenzmodulierte UKW-Ton-Rundfunksender

Mit Ultrakurzwellen (UKW) wird der terrestrische analoge Hörfunk bezeichnet, der in hoher Qualität über einzelne oder in einer Senderkette zusammen geschaltete Frequenzen verbreitet wird.

Die Frequenzen des UKW-Rundfunks befinden sich zwischen 87,5 MHz und 108,0 MHz. Als Modulationsart dient die Frequenzmodulation (FM), bei der die Trägerfrequenz im Rhythmus des zu übertragenden Signals verändert wird. Die Frequenzmodulation ermöglicht eine weniger störungsanfällige Übertragung von Rundfunksignalen, da sie im Vergleich zu der Amplitudenmodulation recht unempfindlich gegenüber atmosphärischen Störungen ist. Der 20,5-MHz-breite UKW-Frequenzbereich ist in Funkkanäle von jeweils 300 kHz Breite aufgeteilt. Der Abstand zwischen den einzelnen Frequenzen beträgt 100 kHz. Somit steht den einzelnen UKW-Rundfunksendern eine gegenüber dem Rundfunk in den AM-Bändern wesentlich größere Bandbreite zur Verfügung, die es erlaubt, eine qualitativ

hochwertige Tonqualität sowie eine zweikanalige Stereo-Übertragung zu realisieren. Zur Verbesserung der Empfangsqualität wird beim UKW-Rundfunk außerdem der Frequenzgang des gesendeten Signals verändert und diese Änderung auf der Empfängerseite wieder rückgängig gemacht.

Mit den UKW-Programmen werden zahlreiche Zusatzmerkmale verbreitet, wie z. B. RDS (Radio Data System), um den durchgehenden Empfang zu benachbarten Sendern oder die Übermittlung von Verkehrsinformationen sicherzustellen.

Die analoge Rundfunkübertragung über UKW soll langfristig abgeschaltet und durch das digitale Sendeverfahren DAB (siehe unten) ersetzt werden.

2.3 DVB-T-Fernseh-Rundfunksender

Das Digital Video Broadcasting Terrestrial (DVB-T) ist der Nachfolger des analogen Fernsehübertragungstechnik über Antenne. Die Umstellung vom analogen Verfahren auf DVB-T ist in Deutschland mittlerweile abgeschlossen.

Die zugehörigen Übertragungsfrequenzen liegen im VHF (Very High Frequency)-Bereich zwischen 174 MHz und 230 MHz mit einem Kanalabstand von 7 MHz sowie im UHF (Ultra High Frequency)-Bereich zwischen 470 MHz bis 790 MHz mit einem Kanalabstand von 8 MHz. Die Sendeleistungen der DVB-T-Sender betragen bis zu 100 kW.

Als Modulationsverfahren dient COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex).

Dabei wird das zu übertragende Digitalsignal in mehrere tausend Teildatenströme aufgeteilt und über eine entsprechende Zahl von Einzelträgern, die innerhalb des Funkkanals angeordnet sind, übertragen. Jeder dieser Einzelträger wird mit dem für DVB-T vorgegebenen Modulationsverfahren moduliert, das ist entweder QPSK (Quadrature Phase Shift Keying), 16 QAM (16-stufige Quadraturamplitudenmodulation) oder 64 QAM (64-stufige Quadraturamplitudenmodulation). Bei DVB-T werden bis zu 4 Fernsehprogramme im MPEG 2-Verfahren kodiert und in einem Multiplex zusammengefasst über einen Funkkanal übertragen. MPEG (Moving Picture Experts Group) ist eine Technik zur Kodierung und Kompression von Video- und Audio-Signalen. Auch wird künftig das MPEG 4-Verfahren zum Einsatz kommen, das qualitativ hochwertigere Bilder bei zugleich weniger Bandbreitenbedarf bereitzustellen vermag.

2.4 DRM-Ton-Rundfunksender

Eine Renaissance der Lang-, Mittel- und Kurzwellen-Hörrundfunks wird durch die Digitalisierung der Übertragungstechnik erwartet. Das zugehörige Verfahren DRM (Digital Radio Mondiale) ist weltweit standardisiert für den digitalen Rundfunk auf Lang-, Mittel- oder Kurzwellen. Mit DRM können im gleichen Frequenzraster wie bei den analogen Sendern sowohl Hörfunk als auch Daten übertragen werden. Von Vorteil ist, dass trotz niedriger Datenraten eine UKW-ähnliche Empfangsqualität ermöglicht wird.

Wie DVB-T nutzt DRM das COFDM-Modulationsverfahren, bei dem die zu übertragenden Tonsignale digitalisiert und anschließend auf eine großen Anzahl von innerhalb des Funkkanals dicht nebeneinander liegenden Einzelträgern verteilt werden. Abhängig von der verfügbaren Kanalbandbreite kann die Anzahl der Träger variiert werden. Jeder dieser Einzelträger wird mit dem für DRM vorgegebenen Modulationsverfahren moduliert, das ist entweder QPSK (Quadrature Phase Shift Keying), 16 QAM (16-stufige Quadratur-amplitudenmodulation) oder 64 QAM (64-stufige Quadraturamplitudenmodulation).

Mit der Weiterentwicklung von DRM, nämlich DRM+, wird angestrebt, den weltweiten und offenen Standard auch für die Digitalisierung der bisherigen analogen UKW-Rundfunksender im Frequenzbereich von 87,5 MHz bis 108 MHz einzusetzen. Damit besteht die Möglichkeit, bis zu 4 Hörfunkprogramme zusammenzufassen und über einen Funkkanal zu übertragen.

2.5 Terrestrische DAB-Ton-Rundfunksender

Digital Audio Broadcasting (DAB) ist ein weiteres Übertragungsverfahren zur digitalen terrestrischen Hörfunkverbreitung. Es soll langfristig die analoge FM-Sendetechnik im UKW-Bereich ablösen. In Abhängigkeit von der Quellcodierung lassen sich zwischen 6 bis 16 Hörfunkprogramme über einen DAB-Sendeblock (1,5 MHz-Frequenzraster) verbreiten.

Die DAB-Hörfunksender nutzen derzeit den Fernsehkanal 12 (230 MHz bis 240 MHz) und das sogenannte L-Band (1452 MHz bis 1492 GHz). Innerhalb dieser Frequenzbereiche werden die 1,5-MHz breiten Sendeblocke platziert. Jeder Sendeblock beinhaltet bis zu 6 Programme in sehr guter Stereoqualität oder bis zu 16 Programme in Monofonqualität.

Auch DAB verwendet das COFDM-Modulationsverfahren, bei dem die zu übertragenden Tonsignale digitalisiert und anschließend auf eine großen Anzahl von innerhalb des 1,5-MHz-breiten Funkkanals nebeneinander liegenden Einzelträgern verteilt werden. Jeder dieser Einzelträger wird mit dem für DAB vorgegebenen Modulationsverfahren moduliert, das ist entweder QPSK (Quadrature Phase Shift Keying), 16 QAM (16-stufige Quadratur-amplitudenmodulation) oder 64 QAM (64-stufige Quadraturamplitudenmodulation). Die Sendeleistung der DAB-Sender beträgt bis zu 10 kW.

Weiterentwicklungen des DAB-Standards sind die Verfahren DAB+ und DMB. Mit DAB+ gelingt es dank effizienterer Audiokodierung noch mehr Programme in einem DAB-Sendeblock zu platzieren. Mit DMA (Digital Multimedia Broadcasting) ist auch die Verbreitung von Multimedia- und Video-Inhalten möglich.

3. Themenbezogene Links

International Telecommunication Union, Radiocommunication Sector (ITU-R):

<http://www.itu.int/publications/sector.aspx?lang=en§or=1>

AM-Ton-Rundfunksender: DIN EN 302 017-2; UKW-Ton-Rundfunksender: ETSI EN 302 018-2; DVB-T: ETSI EN 302 296, EN 300 774; DRM-Sender: ETSI ES 201 980
DAB-Sender: ETSI EN 300 401