

# 4. Audiotechnik und Tonbearbeitung

4.1 Grundlagen der Audiotechnik

4.2 Analoge Audiotechnik

4.3 Raumklang

4.4 Digitale Audiotechnik

4.5 Digitale Rundfunktechnik



4.6 CD und verwandte Speichertechnologien

Literatur:

# Politische Absichtserklärungen

Berlin/Brüssel, 24.05.2005 um 16:38

"Die Europäische Kommission hat die Mitgliedstaaten heute dringend aufgefordert, den Übergang vom analogen zum digitalen Rundfunk zu beschleunigen. [...]"

Die Kommission erwartet, dass der Übergang zum digitalen Rundfunk 2010 weit fortgeschritten sein wird. Als Frist für die Abschaltung des herkömmlichen analogen terrestrischen Rundfunks schlägt sie Anfang 2012 vor. Zudem fordert die Kommission ein koordiniertes Konzept, um die frei gewordenen Frequenzen EU-weit verfügbar zu machen."

<http://www.eu-kommission.de/html/presse/pressemeldung.asp?meldung=5655>

"Angesichts der Tatsache, dass aktuell mehr als 350 000 Ultrakurzwellen (UKW)-Geräte am Markt sind, gestaltet sich jedoch der Digitalisierungsprozess äußerst kompliziert und wird wahrscheinlich bis weit über das Jahr 2015 hinausgehen."

<http://www.bundesregierung.de>, Medien- und Kommunikationsbericht 2008

# Digital Audio Broadcast DAB/DAB+: Technik

Verlustbehaftete Kompression

DAB: MUSICAM-Verfahren

MPEG-Audio-Vorläufer, entspricht MPEG-Audio Layer II

DAB+ (neu): HE AAC Verfahren (niedrigere Datenraten)

Transport-Multiplex

192, 384, 768 oder 1536 Träger im COFDM-Verfahren

Quadraturamplitudenmodulation (4-DPSK) der Träger

„Schutzintervall“ reduziert Effekt von Echos

Kanal-Bandbreite 1,75 MHz, Trägerabstand 1 kHz

Bandbreite netto ca. 1,5 Mbit/s für (ca. 9 DAB-Signale und Datendienste)

Prinzipiell *auch Video* (ca. 5 Signale bei moderner Kompression) denkbar

Datendienste:

Programmbegleitend (*programme associated data PAD*)

Text oder Bilder

Nicht programmbegleitend (*non programme associated data NPAD*)

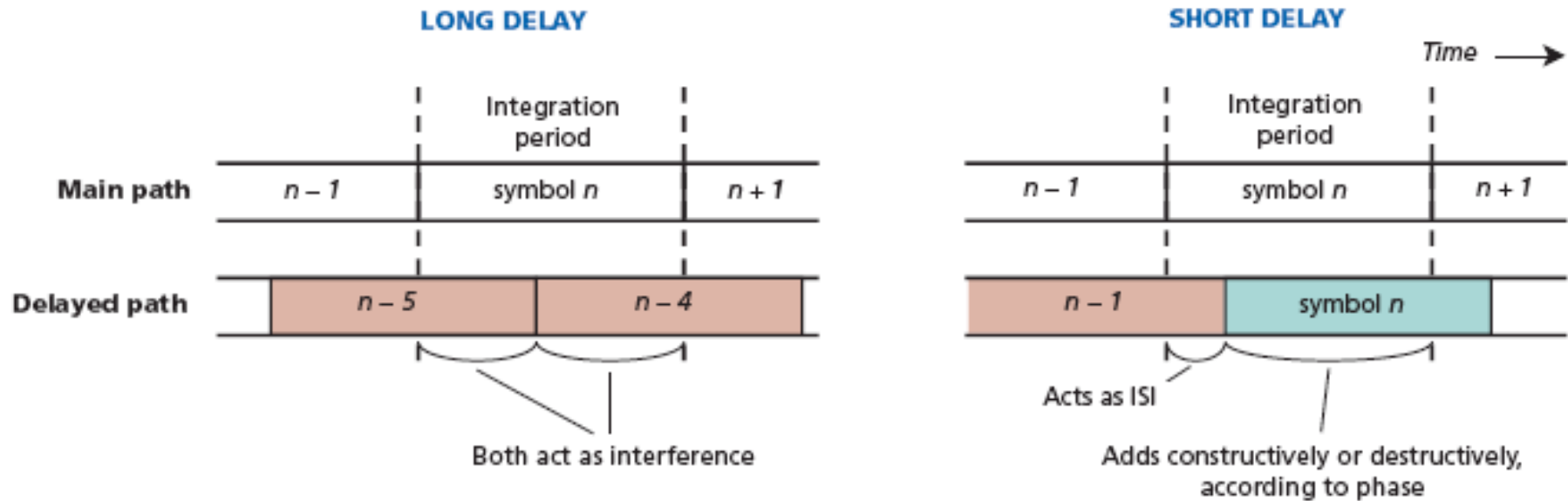
Meist reine Textinformationen (Wetter, Verkehr etc.)

Bitratenmanagement



# Mehrwegeausbreitung und Signallänge

Um Mehrwegeausbreitung digitaler Signale gut behandeln zu können:



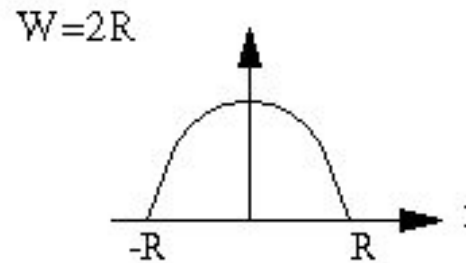
# Orthogonalität

Potentielle Probleme bei vielen Trägerfrequenzen:  
Viele Demodulatoren benötigt?  
Hohe Bandbreite benötigt?

Idee: Unterbänder in ganzzahliger  
Symbolfrequenz = Inverse der Deko

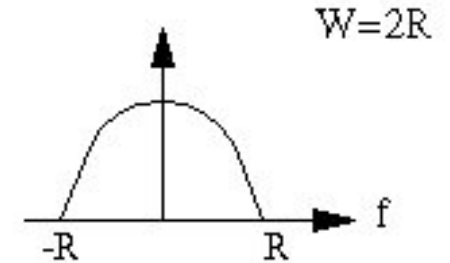
Orthogonalität:  
Mathematisch: Skalarprodukt versch  
Praktisch: Bandbreiteneersparnis durc

*OFDM*

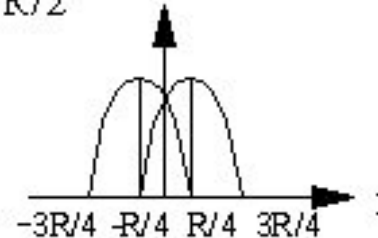


N=1

*FDM*

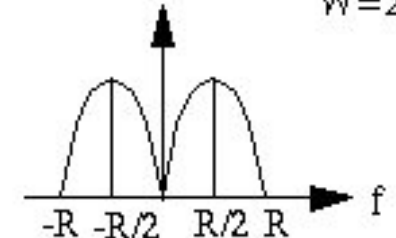


$W=3R/2$



N=2

$W=2R$



# COFDM-Übertragung

COFDM = Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex

COFDM ist Basis aller aktuellen digitalen Rundfunkstandards  
Auch von DVB-T (Digital Video Broadcast Terrestrial)

COFDM u.a. auch verwendet in ADSL- und Powerline-Übertragung

Mehrwegesignale:

Führen zu Störungen (Geisterbilder) bei analogem TV und Radio

Stören bei COFDM nicht, sondern führen zu Signalverstärkung

Signal wird auf viele, dicht nebeneinander liegende Trägerfrequenzen  
verteilt (bis zu 6817 bei DVB-T)

Träger haben minimalen Abstand, beeinflussen sich aber gegenseitig nicht  
(Orthogonalität)

Fehlerkorrektur („C“) ermöglicht verlustfreie Übertragung auch bei  
Störung von Einzelfrequenzen (*frequency interleaving*)

# Gleichwellennetz

Analoger Rundfunk:

Benachbarte Sender grundsätzlich auf verschiedener Frequenz, um Interferenzen auszuschließen

Gleichwellennetz (*single frequency network*):

Zeitlich genau synchronisierte Ausstrahlung auf der gleichen Frequenz bei allen Sendern (auch bei überlappendem Empfangsbereich)

Wesentlich effektivere Frequenzbandnutzung

Im Lang- und Mittelwellenbereich verbreitet, aber Interferenzstörungen möglich

(z.B. Bayerischer Rundfunk 801 kHz)

Digitale Übertragungsverfahren nach COFDM unempfindlich gegen Laufzeitdifferenzen, deshalb Gleichwellennetz möglich



# DAB (Digital Radio): Verbreitung

In mehr als 40 Ländern im Einsatz:

UK, Deutschland, Deutschschweiz, Südtirol, Belgien, Norditalien, Teile Kanadas,

...

USA und Japan favorisieren Alternativsysteme

Finnland und Schweden stellen DAB-Versuche wieder ein

2007: Weltweit ca. 12 Millionen DAB-Empfänger verkauft

In Deutschland seit 1999 im Regelbetrieb

Generell geringe Akzeptanz wegen unklarem Mehrwert

Verfügbarkeit von Frequenzen:

Drei „Bedeckungen“ im Fernsehband III (VHF, 174-230 MHz) verfügbar seit der *Regional Radio Conference 2006* (RRC-06)

Zwei Bedeckungen im L-Band (1,5 GHz) verfügbar

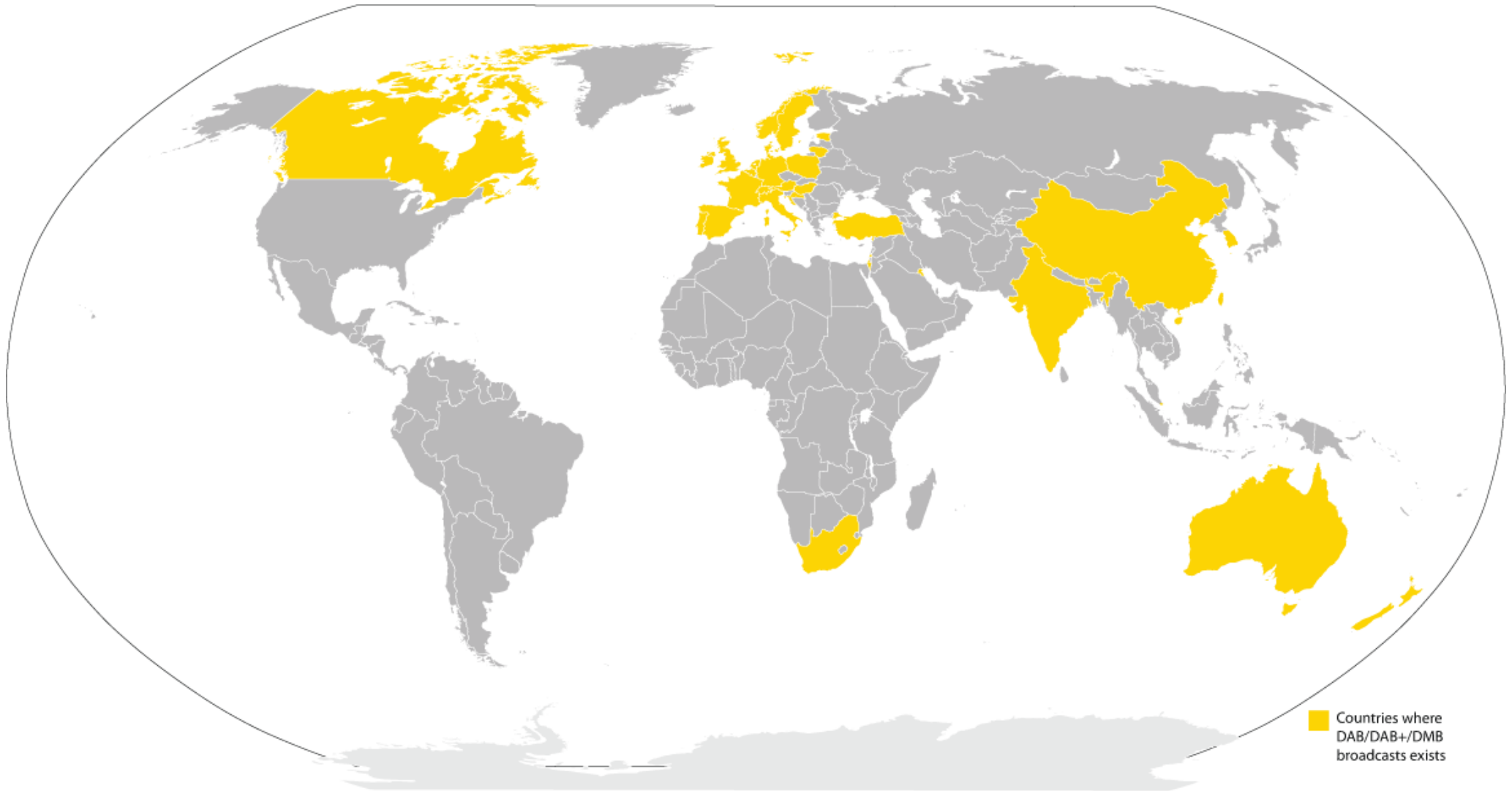
Flächenabdeckung in Deutschland ca. 80% (Fernsehsender 12)

„in-house“ problematisch wegen Sendeleistung

2010 Zweites DAB-Netz in Bayern (BR, auf Kanal 11)

Begriff "Digital Radio": Marketing-Begriff wegen Belegung von „DAB“

# DAB Verbreitung weltweit



Source: [http://worldadab.org/country\\_profile.php](http://worldadab.org/country_profile.php)

# Datendienste in DAB

MOT (Multimedia Object Transfer):

Push-Broadcast-Verfahren zur Übertragung von Dateien

Optimiert auf unidirektionale Verbindung (Wiederholungen)

Anwendung: BWS (Broadcast Web Site)

Übertragung eines HTML-Baums mit Startseite und interaktiven Elementen

Übertragung als NPAD oder PAD

DLS (Dynamic Label Service)

Ähnlich Radiotext

Interpret etc. als PAD zu Audiodaten

TMC (Traffic Message Channel)

Komprimierte Verkehrsinformationen (aus RDS übernommen)

TPEG (Transport Protocol Experts Group)

Multimediale Verkehrs- und Reiseinformationen

# Digital Video Broadcast DVB

DVB: Industrie-Konsortium, 270 Rundfunksender, Hersteller, Regulierungsbehörden etc. aus 35 Ländern

<http://www.dvb.org>

Standard-Familie:

DVB-T: Terrestrisch

DVB-C: Kabel

DVB-S (und -S2): Satellit

DVB-H: Handheld

MHP: Multimedia Home Platform

Kanalbandbreite DVB-T, DVB-H: 8 MHz  
wesentlich breiter als DAB/DMB

Mobilität:

DVB-T „portabel“

DVB-H „echt mobil“

(Empfang in Bewegung)

The logo for Digital Video Broadcast (DVB) consists of the letters 'DVB' in a bold, stylized, black font. The 'D' and 'V' are connected, and the 'B' is slightly separated.

**THE STANDARD OF THE DIGITAL WORLD**

# DVB-T im Handy

Vereinzelte Geräte:  
DVB-T Empfänger im  
Mobiltelefon integriert  
(oder extern angeschlossen)

Problem:  
Energieverbrauch

Große Konkurrenz:  
Streaming-Portale über Mobilfunk

2012: DVB-H  
offizielle EU-Empfehlung  
in Deutschland nicht verfügbar  
keine Endgeräte erhältlich



DVB-T/DVB-H Handy  
(2008, Ländervarianten)  
LG HB 620 T  
Bild: Amazon



DVB-H Handy  
LG U960 (2007)  
Bild: Amazon



DVB-T für iPad/iPhone  
Elgato eyeTV mobile  
Bild: Amazon

# Digital Multimedia Broadcast DMB

Weiterentwicklung von DAB für Video und Multimedia

Abwärtskompatibel zu DAB

Mischung DAB/DMB problemlos möglich

Besonders verbreitet in Süd-Korea

Hersteller: LG, Samsung u.v.a.

China experimentiert mit Übernahme (Peking, Guangdong, Shanghai)

Kompression:

MPEG-4 AAC für Audio

H.264 AVC für Video

Ca. 16 Audiosignale pro Kanal möglich

Deutschland:

Vereinzelte Pilotprojekte

von 2006 bis 2008



# Neustart 2011 mit DAB+ in Deutschland

## Technik:

DAB+ arbeitet mit  
HE AAC Codierung  
(höhere Bandbreiten-  
Effizienz)

## Verbreitung:

Bundesweites Angebot

## Programme:

ARD  
Deutschlandradio  
10 private Programme  
Teilweise nicht über UKW

## Zusatzdienste:

"Kontextmenü" zum  
Radioprogramm  
(Bilder, Links etc.)

## Breites Endgeräte-Angebot

auch preisgünstig

Kombiniert mit Webradio, iPod, ...

## Radio-Info

**Digitalradio-Neustart im August: „Lehren aus der Vergangenheit sind gezogen“**

**Digitalmagazin im Gespräch mit Thomas Wächter, Leiter Produktentwicklung Hörfunk bei Media Broadcast**

15.04.2011



**Für den Neustart des digitalen Radios am 1. August laufen derzeit die Arbeiten an der ersten Ausbaustufe. „Sie umfasst Errichtung und Betrieb von 27 Senderstandorten. Damit erreichen wir bereits zum Start 38 Millionen Hörer per Inhaus-Empfang. Zudem können wir rund 50 Prozent der Fläche Deutschlands mit Digitalradio per Mobilempfang versorgen“, erklärt Thomas Wächter, Leiter Produktentwicklung Hörfunk bei Media Broadcast, im Digitalmagazin-Interview.**

**2014/15 soll das Netz dann in einer zweiten Stufe mobil zu 90 Prozent in der Fläche verfügbar sein. Für Wächter jedenfalls ist klar: Dieser Digitalradio-Neustart muss gelingen. „Einen dritten Anlauf können wir uns nicht mehr erlauben“.**

<http://www.infosat.de/Meldungen/?msgID=62985>

# Digital Radio Mondiale DRM

Digitalradio-Standard für längere Wellenlängen

Seit 1996

Kurzwelle, Mittelwelle, Langwelle (< 30 MHz, erweitert auf < 120 MHz)

Weiträumige, teilweise weltweite Empfangbarkeit

Daten-Zusatzdienste

Reife der Technologie seit ca. 2007

BR-Kurzwellensender Ismaning seit Mai 2006 auf DRM umgestellt  
Angebot im Oktober 2010 wieder eingestellt!

Verwendet bestehende Frequenzbänder (Amplitudenmodulation AM)

Skalierbare Signalbandbreiten (4,5 kHz bis 20 kHz)

Kompression:

MPEG-4 AAC (moderner und effizienter als bei DAB)

Alternativ MPEG4 CELP (für Sprache) oder HVCX (für Sprache mit einfacher Qualität)

DRM+: Weiterentwicklung als Standard für lokale Verbreitung

Besser für kleine Einzelsender geeignet als DAB (über 30 MHz)

<http://www.drm.org>



# Terrestrische digitale Systeme im Vergleich

System	Broad cast?	Übertragungs- Kapazität	Mobilität	Versorgungs- gebiet
GPRS	nein	100 kbit/s	Sehr gut	landesweit
UMTS	nein	2 Mbit/s	Geringer bei höherer Geschwindigkeit	Ballungsräume, Autobahnen
WLAN	nein	54 Mbit/s	portabel	In-House
DAB/DMB	ja	1,2 Mbit/s	Sehr gut	landesweit
DRM	ja	40 kBit/s	eingeschränkt	länderübergreifend
DVB-T	ja	13 Mbit/s	Niedrige Geschwindigkeiten	Ballungsräume
DVB-H	ja	6-12 Mbit/s	Niedrige Geschw., Günstigere Leistungs- aufnahme als DVB-T	Ballungsräume
				Quelle: bmt