

# Digitaler Hörrundfunk (DAB) : Grundlagen, Einführungsstrategien und Aktivitäten in der Schweiz

Autor(en): **Schwarz, Ernst / Vogel, Heinz**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri**

Band (Jahr): **71 (1993)**

Heft 12

PDF erstellt am: **06.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-875535>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Digitaler Hörrundfunk (DAB); Grundlagen, Einführungsstrategien und Aktivitäten in der Schweiz

Ernst SCHWARZ und Heinz VOGEL, Bern

## 1 Einleitung

Moderne digitale Tonspeichersysteme wie Compact Disc (CD), Digital Audio Tape (DAT), Mini Disk (MD) und Digital Compact Cassette (DCC) wie auch digitale, über Satelliten ausgestrahlte Hörfunkprogramme wecken beim Hörer konventioneller terrestrischer UKW-Radioprogramme die zunehmende Forderung nach besserer technischer Qualität.

Ein wichtiger Schritt zur digitalen Tonqualität im Rundfunk wurde mit der Einführung des «Digital Satellite Radio» an der Fera 1991, oder wie es in der Schweiz heisst, «Digit Super Radio», getan. Ausschliesslich über Kabel oder Satellit verteilt, erlaubt dieses System allerdings nur einen stationären Empfang.

Die stetig zunehmende Mobilität und die damit verbundenen Änderungen der Hörgewohnheiten verlangen heute nach einer besseren technischen Qualität sowohl beim festen als auch besonders beim mobilen Empfang, vor allem unter Berücksichtigung des Radioempfangs im fahrenden Auto.

Der analoge UKW-Hörfunk stammt aus den 50er und 60er Jahren und wurde vorwiegend für den stationären Empfang mit Richtantenne entwickelt. UKW ist für den mobilen Empfang, besonders in gebirgigen Gegenden, wegen seines für Mehrwegausbreitung ausgesprochen störanfälligen analogen Schmalbandverfahrens nicht geeignet. Da das UKW-System kaum noch zu verbessern sein dürfte, ist die dringende Versorgungsanierung bei der ständig steigenden Senderdichte in Analogtechnik nicht im gewünschten Umfang durchführbar.

Die Verfügbarkeit eines digitalen terrestrischen Hörfunksystems als mittelfristige Ergänzung zum analogen FM-UKW-System ist also zwingend und mit Blick auf die vielen anliegenden Versorgungsprobleme dringlich geworden. Andere europäische Länder sind in ähnlicher Lage.

## 2 Was bringt DAB dem Hörer?

Mit dem im Rahmen des Forschungsprogramms EUREKA 147 der EG entwickelten DAB-Verfahren (Digital Audio Broadcasting) steht mittel- bis längerfristig ein Hörfunksystem zur Verfügung, das gegenüber dem analogen FM-UKW-System im wesentlichen folgende Vorteile aufweist:

- fehlerfreie Signalübertragung auch bei starkem Mehrwegempfang

- Audioqualität vergleichbar mit CD
- bessere Nutzung des verfügbaren Frequenzspektrums (bis zu dreimal besser als UKW) bei Verwendung von *Gleichfrequenznetzen*, deren Sender alle auf der gleichen Frequenz arbeiten
- einfachere Bedienung der Empfangsgeräte (Tastenauswahl des Programms und nicht der Frequenz)
- Einsatz einfacher Antennensysteme (z.B. Stabantennen)
- vermehrte Möglichkeiten für Zusatzinformationen (Verkehrsleitsysteme, Daten, Personenruf usw.)
- reduzierte Sendeleistung bei Gleichwellennetzen, da über einen Sender mehrere Programme abstrahlbar sind.

## 3 Grundlagen

DAB beruht auf zwei Grundprinzipien, die es erlauben, das nur begrenzt vorhandene Frequenzspektrum möglichst wirkungsvoll zu nutzen. Das erste Prinzip ist die *Quellcodierung*, die den Datenstrom einer Tonquelle auf ein «vernünftiges» Mass reduziert. Das zweite ist das *Modulationsschema*, mit dessen Hilfe die zur Genüge bekannten Probleme beim UKW-Rundfunk, wie Schwund, Mehrwegprobleme usw. eliminiert werden können. Schliesslich erlaubt dieses Modulationsverfahren den Betrieb von *Gleichwellen-Netzen*, die einen sparsamen Gebrauch des Frequenzspektrums ermöglichen.

### 31 Quellcodierung nach dem MUSICAM-Verfahren

Bis vor kurzem war der Einsatz eines digitalen Rundfunkübertragungssystems undenkbar, da bei einer direkten Umwandlung des Tonsignals zu viel Spektrum verbraucht worden wäre. Ein CD-Signal, mit einem konventionellen Codierungsverfahren ausgesendet, würde eine Bandbreite von etwa 560 kHz belegen, und zwar ohne jeglichen Fehlerschutz.

Es mussten also Wege gefunden werden, um die hohe Datenrate linearer digitaler Aufzeichnungssysteme drastisch zu reduzieren, ohne eine hörbare Qualitätseinbusse in Kauf nehmen zu müssen. Der Weg dazu führt über MUSICAM (*Masking pattern adapted Universal Subband Integrated Coding And Multiplexing*), ein Verfahren, das hauptsächlich am deutschen Institut für Rundfunktechnik (IRT) entwickelt wurde.

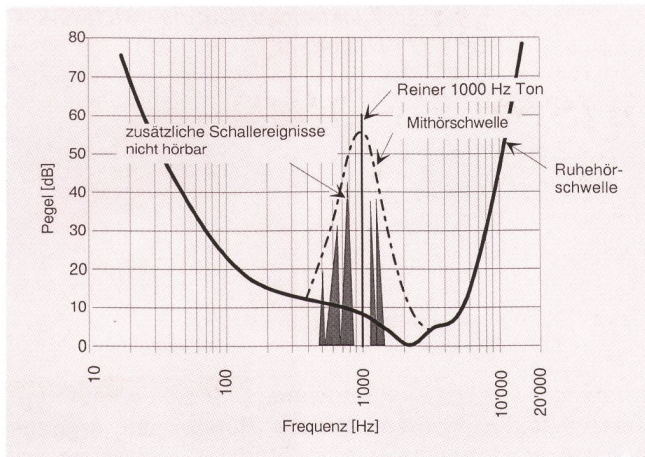


Fig. 1 Verdeckungseigenschaften des menschlichen Gehörs

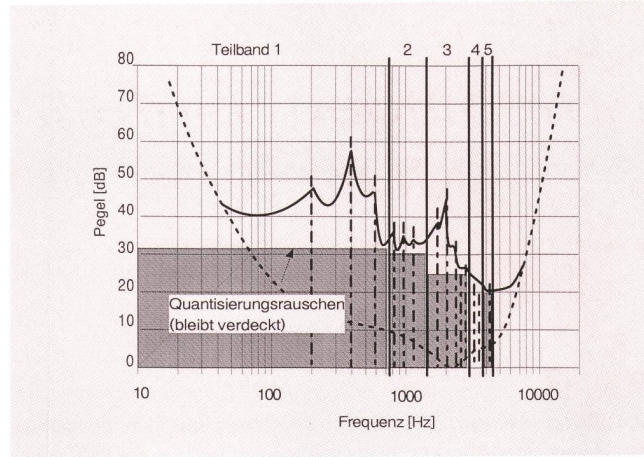


Fig. 2 Unterteilung des Hörbereichs in Teilbänder; Quantisierung und erlaubtes Rauschen

Daten können ohne hörbare Qualitätsverluste reduziert werden, indem Techniken und Algorithmen angewendet werden, die die *psycho-akustischen Eigenschaften des Gehörs* ausnützen. Grundlage ist die Entfernung von Irrelevanz im zu übertragenden Tonsignal:

- Ausnützen der Ruhehörschwelle (was man nicht hört, muss auch nicht gesendet werden)
- Ausnützen der Maskierungseigenschaften des Ohrs (Masking pattern)
- Unterteilung des hörbaren Bereichs in Teilbänder (Subband).

Wird nun ein reiner Ton empfangen, so überlagert das Gehör der Ruhehörschwelle eine Mithörschwelle, die abhängig von der Frequenz und vom Pegel des empfangenen Tons ist. Zusätzliche Töne, die unterhalb dieser Mithörschwelle liegen, werden maskiert, d.h. ausgefiltert. Es ist offensichtlich, dass auf diese Art die nicht benötigte Information aus dem ursprünglichen Signal entfernt werden kann.

Fig. 1 zeigt die typische Empfindlichkeitskurve des menschlichen Ohres, zusammengesetzt aus der Ruhehörschwelle und, bei Vorhandensein eines Tons, einer überlagerten Mithörschwelle. Alle Töne, deren Pegel unterhalb dieser kombinierten Schwelle liegen, sind unhörbar und tragen gemäss Definition im MUSICAM nichts zur Klangcharakteristik bei.

Für jede Abtastung des Ursprungssignals wird nun die Ruhehörschwelle und die momentane Mithörschwelle dem Signal überlagert, d.h., die Mithörschwelle wird für jede Abtastung neu berechnet.

Damit diese Aufgabe für die verwendeten Signalprozessoren etwas vereinfacht werden kann, wird der übertragene Frequenzbereich (von 16 Hz bis 24 kHz bei einer Abtastrate von 48 kHz) in 32 Teilbänder zu je 750 Hz unterteilt. Jedes Teilband wird nun, gemäss dem Kriterium von *Shannon*, mit einer Abtastrate von 1,5 kHz abgetastet und codiert. Die zeitlichen Verdeckungseigenschaften des Gehörs erlauben es, 12 Abtastwerte zu einem Block von 8 ms zusammenzufassen.

Die Codierung wird nicht linear vorgenommen, sondern auch hier werden Eigenheiten der Musik und des Gehörs, vor allem die Dynamik, berücksichtigt. Betrachtet man den Pegel der Frequenzanteile in einem Teilband, so lässt sich feststellen, dass Pegelvariationen innerhalb eines Blocks verhältnismässig gering sind.

Codiert wird deshalb mit einem Skalierungsfaktor von 6 Bit Auflösung, der für jeweils einen Block konstant ist, und dem jeweiligen momentanen Abtastwert, der höchstens 4 Bit lang ist. Die nötige Genauigkeit des Abtastwerts ergibt sich aus dem Quantisierungsrauschen, das unterhalb der Mithörschwelle im jeweiligen Teilband liegen muss (Fig. 2).

Die Unterteilung in Teilbänder konstanter Bandbreite verursacht Probleme bezüglich Abtastpräzision, vor allem im untersten Teilband, das mehrere Oktaven umfasst. Aus diesem Grund wird parallel zur Filterung des Tonsignals eine schnelle Fourier-Transformation (Fast Fourier Transform, FFT) durchgeführt. Diese dient einer genaueren spektralen Analyse des Signals, um die Mithörschwellen möglichst genau zu bestimmen und,

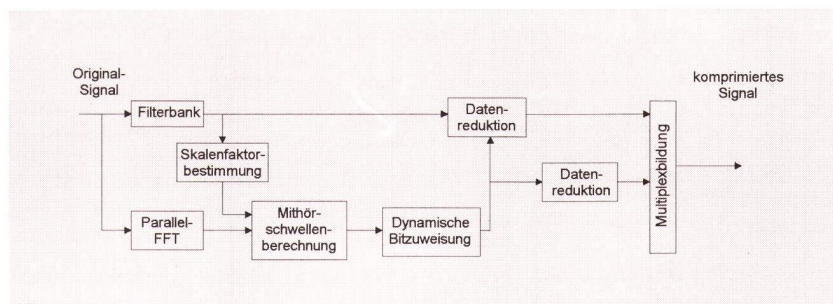


Fig. 3 Funktionsprinzip des MUSICAM-Coders

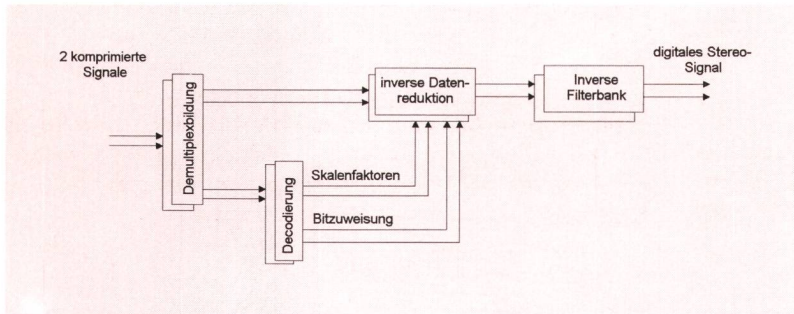


Fig. 4 Funktionsprinzip des MUSICAM-Decoders

darauf basierend, eine minimale Bitzuweisung für die 32 Teilbänder bei höchster subjektiver Qualität zu erzielen. *Figur 3* zeigt das Funktionsprinzip des MUSICAM-Coders. Dieses Verfahren ist nach ISO-Norm 11172-3, Layer II, genormt.

Die im Coder vorhandenen Funktionen sind recht komplex und erfordern einen hohen Rechenaufwand. Deshalb ist der Aufbau eines Coders kostenaufwendig und hat entsprechend hohe Stückpreise zur Folge.

Im Gegensatz dazu ist der Decoder unkompliziert aufgebaut, die Coderfunktionen werden einfach invertiert. Vor allem die Empfänger mit den darin integrierten Decodern sollen preislich attraktiv gestaltet werden können (*Fig. 4*).

### 32 Modulationsschema COFDM

COFDM steht für *Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex*, womit zwei wesentliche Merkmale dieses Verfahrens charakterisiert werden:

- die parallele Übertragung der Information über eine Vielzahl von Unterträgern
- die Kanalcodierung, die die Informationen vor Übertragungsfehlern schützt.

Es handelt sich im wesentlichen um eine Entwicklung des französischen CCETT (*Centre Commun d'Etudes de Télédiffusion et Télécommunications*).

Das Verfahren wurde den Eigenschaften des Funkkanals angepasst. Damit werden besonders die empfangsseitigen Probleme vermieden, wie sie beim mobilen UKW-

Empfang auftreten (Schwund, Mehrwegempfang). Durch Addition mehrerer Wellen (Reflexionen) ergeben sich starke Einbrüche und Erhöhungen (selektives Fading). Die Phasenbeziehungen und relativen Amplituden können zu einer fast vollständigen Auslöschung der örtlichen Feldstärke führen. Diese Variation ist bandbreitenabhängig, je grösser die Bandbreite, desto geringer sind die örtlich messbaren Variationen (*Fig. 5*).

Um das selektive Fading zu reduzieren, sollte deshalb die Übertragungsbandbreite so gross wie frequenzmässig tragbar gewählt werden. Ein solches Verfahren wird auch als «*Spread Spectrum System*» bezeichnet. Nun sind aber die Forderungen von Frequenzökonomie einerseits und grosser Übertragungsbandbreite gegen Fading andererseits sehr kontrovers.

Man hat prinzipiell zwei Möglichkeiten, diese beiden Forderungen zu kombinieren: «*Frequency Hopping*» (Frequenzsprungverfahren) oder die gleichzeitige Übertragung mehrerer Programme. Für DAB wurde die zweite Variante gewählt. Das Hochfrequenzsignal besteht bei diesem Verfahren aus 1536 Trägern, die auf 1,5 MHz Bandbreite verteilt sind. Jeder Träger ist in Differenzieller Quadratur-Phasenumtastung (Differential Quadrature Phase Shift Keying DQPSK) mit einer niedrigen Datenrate moduliert, und der Trägerabstand entspricht dem inversen Wert der Bitdauer (diese orthogonale Anordnung ergibt eine Spektrumseffizienz von etwa 1,6 Bit/s/Hz). Eine Anzahl Audio-Programme, das Programm-Multiplex, wird nun auf diese Träger verteilt (*Fig. 6*).

Ein weiteres Problem bei mobilem Empfang ist die Zeitselektivität des Übertragungskanal (z.B. Einbrüche beim Durchfahren einer Abschattung). Dem wird durch eine zeitliche Verschachtelung des Programmsignals

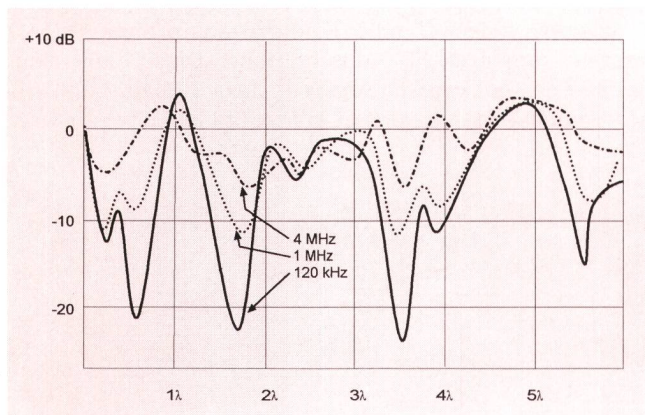


Fig. 5 Fading entlang einer Wegstrecke bei verschiedenen Bandbreiten (selektives Fading)

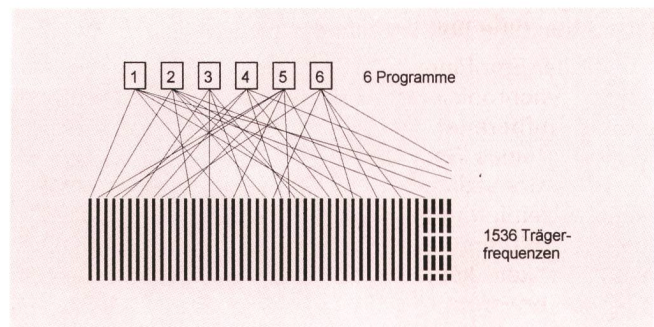


Fig. 6 Aufteilung der einzelnen Programme auf die Unterträger des COFDM-Modulators

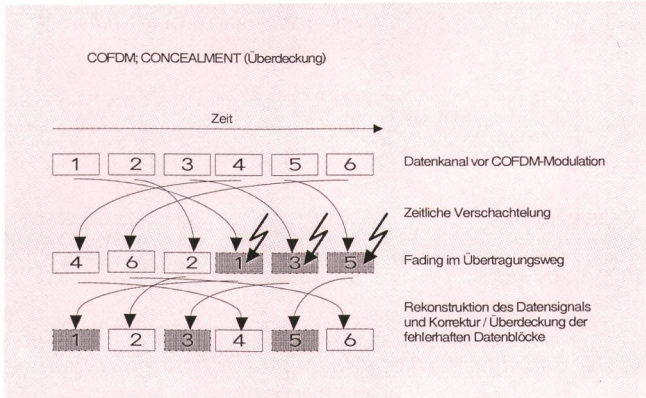


Fig. 7 Concealment (Überdeckung) von Fehlern durch zeitliche Verschachtelung

entgegengetreten. Die einzelnen Datenblöcke des Programms werden zwischengespeichert und in einer anderen Reihenfolge ausgesendet. Im Empfänger wird dann die richtige Reihenfolge durch das gesteuerte Lesen aus dem Empfangsspeicher wiederhergestellt (Fig. 7).

Um auf der Übertragungsstrecke entstandene Fehler zu korrigieren, kommen je nach Länge des Unterbruchs verschiedene Rekonstruktions- oder Überdeckungsverfahren zur Anwendung:

- Da die Übertragung einen Fehlerschutz aufweist, kann ein Grossteil der Übertragungsfehler korrigiert werden. Sind die Fehler nicht mehr korrigierbar, wird z.B. die letzte korrekt empfangene Bitfolge wiederholt. Wegen der zeitlichen Verschachtelung sind diese kurzen Überdeckungen unhörbar.
- Eine andere Fehlerverdeckung ist die kurzzeitige Substitution des einen Stereokanals durch den anderen, sofern dieser nicht gestört ist.

Dies alles tönt nach einer erschreckenden Vergewaltigung des Musiksignals. Das menschliche Gehör ist jedoch sehr fehlertolerant und hat erstaunliche Fähigkeiten, Eindrücke so zu korrigieren, wie sie klingen sollten. Diese Wahrnehmbarkeitsschwellen wurden natürlich beim Konzipieren des Systems entsprechend berücksichtigt.

Ein nicht zu lösender, systembedingter Nachteil ist jedoch die Tatsache, dass durch zeitliche Verschachtelung sende- und empfangsseitig Speicher verwendet werden, die keine eigentliche «Live-Übertragung» zulassen; das Signal tritt beim Hörer mit etwa 0,5 s Verzögerung ein. Dies dürfte entsprechende Vorkehrungen, vor allem studioseitig, verlangen (Zeitansage, Monitoring usw.).

Damit der Empfänger sich auf dieses digitale Breitband-signal synchronisieren kann, werden die Daten entsprechend aufbereitet. Eine wichtige Eigenschaft ist das Einfügen eines Schutzintervalls zwischen zwei Symbolen. Das Schutzintervall ist wichtig beim Vorhandensein starker, zeitlich verzögerter Reflexionen, wird doch das nächste Bit erst gesendet, wenn mit grösster Wahrscheinlichkeit keine Reflexionen des vorhergehenden mehr zu erwarten sind. Das Schutzintervall beträgt rund  $\frac{1}{4}$  der Symbolzeit. Im «Mode 1» (Fig. 8), der für die terrestrische Aussendung geeignet ist, beträgt das Schutzintervall 246 ms.

Der Datenstrom wird in Rahmen gepackt. Während der Zeit des ersten Symbols – es heisst *Nullsymbol* – wird nicht gesendet. In dieser Zeit kann z.B. die Störsituation im Übertragungskanal gemessen werden, ohne dass es nötig ist, eine Aussendung zu unterbrechen. Das zweite Symbol «Sine Sweep» ist in seiner Form dem Empfänger bekannt und wird von diesem zur Einstellung des adaptiven Decoders für eine optimale Anpassung an Laufzeitverzerrungen und Echos benützt. Das dritte Symbol «Service Channel» oder «Fast Information Channel» enthält Informationen über die augenblickliche Zusammensetzung des Programm-Multiplexes, die Art des Fehlerschutzes usw. Anschliessend folgen die Programm-daten.

Je nach Anforderung kann jedes Programm mit einem unterschiedlichen Fehlerschutz versehen werden. So verlangt z.B. die Übertragung von Daten einen höheren Schutz als eine Direktübertragung einer Sportveranstaltung in Mono-Qualität.

### 33 Audio-Bitraten, Programm-Multiplex

Die Eigenschaften von DAB erlauben eine flexible Gestaltung der Nutzbitrate, die auch während kurzer Zeit (Regionaljournal) anders konfiguriert werden kann. Nach heutigen Erkenntnissen sind folgende Aussagen möglich:

- Mit einer Bitrate von 128 kBit/s je Stereokanal (d. h. 256 kBit/s je Stereoprogramm) ist eine transparente Qualität erreichbar, d.h., mehrfache Codierung/Decodierung ergibt keine wahrnehmbare Qualitätsver-

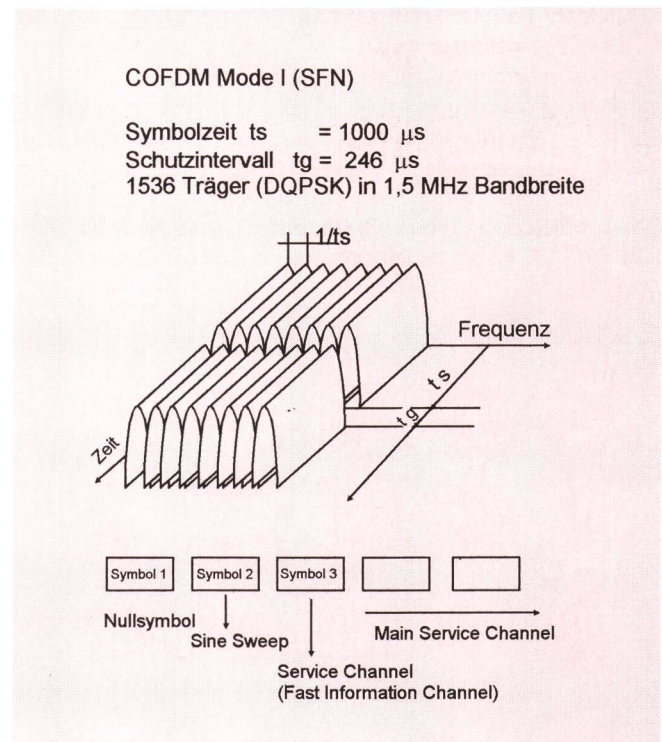


Fig. 8 Struktur des COFDM-Signals

- gepulste Aussendung mit Schutzintervall
- Rahmenstruktur

Tabelle. Beispiele für Programmblöcke

Beispiel	Anzahl Programme	Audio kBit/s	Daten	
			$R \cong 1/2$	$R \cong 1/3$
1	4	256	160	96
2	5	224	48	32
3	6	192	56	32
4	7	160	96	56
5	9	128	32	24
<hr/>				
6	1	256		
6	4	192	64	48
	1	128		
<hr/>				
7	3	192	64	48
	1	192*		
		128*		
2	128			
<hr/>				
* Multisound				

( $R \cong 1/3$  heisst im Durchschnitt 2 Schutzbit je Datenbit)

schlechterung gegenüber dem Originalsignal. Mit einer Bitrate von  $2 \times 96$  kBit/s werden noch die EBU-Empfehlungen für digitale Audiodaten-Reduktionsverfahren für hohe Qualitätsanforderungen in Rundfunkanwendungen (JIWP 10-CMTT/1-7) erfüllt. Bei 48 kBit/s wird eine Qualität wie bei AM-Rundfunk erreicht, 32 kBit/s kann genügend für Sprachübertragungen sein.

- Das MUSICAM-System akzeptiert alle Bitraten von 32, 48, 56, 64, 80, 96, 112, 128, 160 bis 192 kBit/s je Monokanal. Ein Programm-Multiplex oder Programmblock, der bei der Aussendung einen Frequenzblock von 1,5 MHz belegt, könnte dann gemäss obenstehender Tabelle konfiguriert sein.

Für die Einführungsphase wurde die Bitrate auf  $2 \times 96$  kBit/s festgelegt (Beispiel 3). Es werden in einem Frequenzblock sechs Stereoprogramme ausgesendet. Bei der Belegung eines TV-Kanals mit DAB können demzufolge 24 Stereoprogramme ausgesendet werden (Fig. 9).

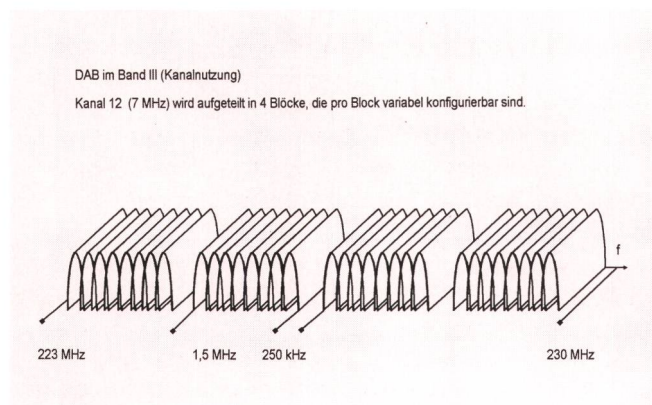


Fig. 9 Belegung eines 7-MHz-Fernsehkanales mit vier DAB-Frequenzblöcken

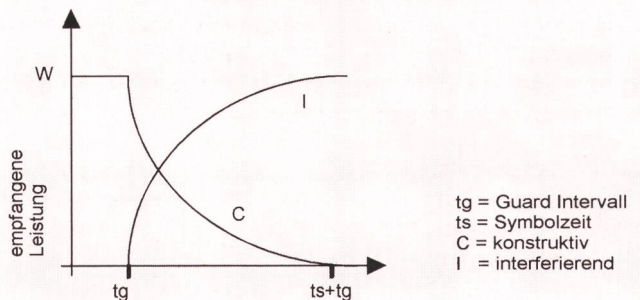


Fig. 10 Beiträge der konstruktiven (C) und interferierenden (I) Signalanteile bei Echos, die später als das Schutzintervall ( $t_g$ ) eintreffen. Die Zeit  $t_s$  entspricht der Symbolzeit

### 34 Gleichfrequenz-Sendernetze (SFN)

SFN steht für *Single Frequency Network*, d.h. Gleichfrequenznetz. Das COFDM-Modulationsverfahren mit dem Schutzintervall ist besonders für den Betrieb von Gleichfrequenznetzen konzipiert. In diesen Netzen sind die Sender in Frequenz und Phase synchronisiert. Die Senderabstände können z.B. im VHF-Bereich bis etwa 70 km betragen, ohne dass eine Empfangsverschlechterung durch Laufzeitunterschiede zu befürchten ist. Treffen Signale nach dem Schutzintervall ein, wirken sie zunehmend interferierend, und der konstruktive Anteil nimmt ab (Fig. 10).

DAB ist vor allem für grossflächige Versorgung attraktiv, einerseits wegen der Frequenzökonomie, andererseits wegen des *Netzgewinns*, was heisst, dass in Empfangsgebieten, in denen Signalanteile mehrerer Sender sich unterstützen, die Leistung der einzelnen Sender reduziert werden kann.

## 4 Frequenzbereiche für DAB

### 41 Überblick

DAB ist sowohl für Ausstrahlung und Direktempfang von Satelliten als auch für terrestrische Verbreitung vorgesehen. Für den DAB-Satellitenrundfunk wurde an der WARC 92 (World Administrative Radio Conference) ein 40 MHz breites Band im Bereich von 1,5 GHz (L-Band) festgelegt, das aber in den meisten Ländern erst im Jahr 2007 voll verfügbar sein wird.

Der terrestrische DAB-Dienst hat dagegen noch keine feste Frequenzuteilung erhalten. Dies ist die Aufgabe der nächsten, voraussichtlich in den Jahren 1997/98 stattfindenden UIT-Konferenz.

Die Nutzung von Satellitenfrequenzen für eine flächendeckende terrestrische Verbreitung scheint kaum sinnvoll. So werden für die gleiche Versorgung wie im VHF-Band mehr Sender benötigt, und zudem wäre eine später aufzubauende Verbreitung über Satelliten zumindest beeinträchtigt. Vergleichsstudien über die terrestrische Verwendung des 1,5-GHz-Bereichs sind im Oktober 1993 in Deutschland, Frankreich und England angelaufen.

Die Europäische Rundfunkunion versucht, einen gemeinsamen Frequenzplan zu erstellen, doch bestehen erhebliche Probleme, weil in den einzelnen Ländern in Band I und Band III auch noch unterschiedlich militärische Dienste angesiedelt sind.

Die bisherigen Arbeiten zeigen, dass es möglich sein dürfte, unter optimaler Nutzung der im Fernsehkanal 12 (Band III) einsetzbaren vier Frequenzblöcke für DAB-Gleichfrequenznetze mindestens sechs Stereoprogramme regional oder landesweit zu verbreiten. Für grössere Bedürfnisse müssten womöglich auch Teile der Bänder I oder II und des heutigen Militärbandes 230 bis 240 MHz genutzt werden. Frequenzen im 1,5-GHz-Bereich werden terrestrisch voraussichtlich eher als Lücken- oder Ergänzungssender z.B. für Grossagglomerationen sinnvoll eingesetzt.

Für die Schweiz wäre eine solche Lösung verbunden mit der Auflage, eine Reihe existierende Fernsehumsatzer im Kanal 12 im Rahmen des bestehenden Ablöseplans und damit ohne ausserordentliche Kosten auf andere Kanäle umzulegen. Dagegen dürfte die Nutzung der Kanäle 2 bis 4 für DAB in der Schweiz mit Rücksicht auf die Grundversorgung im Band I grosse Schwierigkeiten bereiten.

Bei diesen Überlegungen ist eine lokale DAB-Verbreitung noch nicht eingeschlossen, denn hier liegt ein Schwachpunkt des DAB-Systems. Beim Betrieb eines Einzelsenders (mit nur einem Programm anstatt der möglichen 6) ist ein frequenz- und leistungsökonomischer Einsatz nicht möglich. Aus diesem Grund haben Lokalradiobetreiber und private Veranstalter Bedenken, DAB vorbehaltlos zu unterstützen. Sie verlangen zu Recht, schon bei der Planung miteinbezogen zu werden und entsprechend Frequenzen für lokale DAB-Verbreitung zu erhalten.

## 42 Entwicklungstendenzen

Die anfänglich ausgezeichnete Zusammenarbeit der Vorreiter für DAB in Europa, Frankreich und Deutschland, bezüglich der Frequenzplanung hat sich beträchtlich versteift. Während Deutschland, England, die skandinavischen Länder und die Schweiz nach wie vor die Meinung vertreten, terrestrisches DAB sei in den allerdings weitgehend belegten Rundfunkfrequenzbändern I bis III (40 bis 350 MHz) wirtschaftlich und physikalisch am besten anzusiedeln, will Frankreich verzugslos die an der WARC 92 für das Satelliten-DAB reservierten Frequenzen (1,5 GHz, in Frankreich nicht belegt) für terrestrisches DAB nutzen. Frankreichs Frequenzpositionen im L-Band würden dabei einem später zu etablierenden DAB-Satellitendienst zugeordnet und für den terrestrischen Dienst die L-Band-Positionen anderer Länder, soweit koordinierbar, genutzt. Obwohl gegen die CEPT-Beschlüsse, ist dieses Vorgehen weitgehend politisch bedingt, geht es doch letztlich um die Sanierung der in tiefer Rezession stehenden eigenen Empfängerindustrie. Vorgesehen ist, bereits Ende 1993 im Raum Paris 6 DAB-Programme auszustrahlen. Mit Empfängern, die an Testpersonen abgegeben werden, will die *Télédiffusion de France* (Tdf) praktische Erfahrungen gewinnen.

Das DAB-Verfahren gemäss den Spezifikationen EUREKA 147 bildet aber nach wie vor die technische Grundlage der Versuche beider Lager, und auch in Deutschland wird der Einsatz des 1,5-GHz-Bands mit Rücksicht auf mögliche finanzielle Vorteile (z.B. Vermeidung der Auslagerung von Kanal-12-Fernsendern) untersucht werden.

Ausserhalb Europa hat einzig Kanada beschlossen, ab 1995 ein DAB-Netz, beruhend auf der EUREKA-Norm, einzuführen. Das grossflächige Land wird eine Versorgung über Satelliten anstreben, unterstützt durch «Gap-filler» (Lückenfüller) im Hybrid-Verfahren (Gleichfrequenz).

In den USA sind «DAB-In-Band-Verfahren», die mit einem hohen Pegelunterschied von 30 dB und mehr dem UKW-Träger aufgesetzt sind, in Entwicklung und teilweise bereits vorgeführt worden. Sie eignen sich, im Gegensatz zum europäischen Verfahren, primär für festen Empfang und als Träger eines zusätzlichen Programms in CD-Qualität. Allerdings ist ihr Versorgungsbereich, bedingt durch den stark abgesenkten Leistungspegel, bedeutend kleiner als jener des benützten FM-Trägers. Dafür käme der Hörer in kleinen Versorgungsbereichen in den Genuss des digitalen Klangs, ohne dass die Kommunikationsräume völlig neu zugeschnitten werden müssten. Unter der Voraussetzung kompatibler Empfänger könnten u. U. auch in Europa für lokale Versorgungsbereiche solche Systeme Verwendung finden. Entsprechende Abklärungen finden in Deutschland und Frankreich statt.

## 5 Netzaufbau

Das digitale DAB-System ist mit dem analogen FM-UKW-System nicht kompatibel. Die Forderungen nach einer optimalen Nutzung des Frequenzspektrums wie auch nach einer dringlichen Qualitätsverbesserung des Mobilempfangs bringen mit sich, dass neue digitale DAB-Netze die bestehenden analogen UKW-Netze zum Teil ablösen, zum Teil ergänzen werden. Die genannten Auflagen bedingen aber einen Mehrnormempfänger und für DAB ein neues Sendernetz.

Für gleiche Versorgungsaufgaben dürften die Investitions- und Betriebskosten eines DAB-Netzes (Zellulernetz) je verbreitetes Programm bedeutend niedriger sein als jene eines konventionellen UKW-Netzes.

Mangels erhärteter Angaben über die unterschiedliche Netzkonzeption, weitgehend bestimmt durch die Programmstruktur, ist es heute schwierig, bereits eine finanziell abgestützte Kosten-Nutzen-Analyse für die langfristige Ergänzung und teilweise Ablösung des analogen UKW-Netzes durch ein digitales DAB-Hörfunknetz darzulegen.

Mit Rücksicht auf die rasch fortschreitende Planung in Deutschland und Frankreich ist die Schweiz jedoch gut beraten, sich bereits heute an den Arbeiten mindestens eines zentraleuropäischen DAB-Frequenzplans zu beteiligen. Ein Abseitsstehen könnte sonst in einer unbefriedigenden Situation enden, indem sich einmal mehr eine nicht optimale Frequenzuteilung für unser Land ergeben würde.

Es ist aber unvermeidbar, dass sich die unter 42 dargestellte Situation in unseren Nachbarstaaten hemmend auf unsere Planung und Versuche auswirkt. Dies um so mehr, als die ARD beschlossen hat, DAB frühestens 1997 einzuführen. Zwischen den deutschen und französischen Militärbehörden bestehen zudem grosse Schwierigkeiten bezüglich Nutzung des Fernsehkanals 12 bzw. der Kanäle 3 und 4 im Grenzbereich dieser Staaten. Teile dieser Kanäle werden vom Militär benützt und ungenutzt ohne Ersatzfrequenzen für zivile Anwendungen freigegeben.

Um aber erfolgreich an europäischen Frequenzkoordinationsgesprächen teilnehmen zu können, ist es für den Netzbetreiber Telecom PTT unumgänglich, vorgängig mit den Programmgestaltern unter der Schirmherrschaft des Bundesamtes für Kommunikation (BAKOM) ein klares Programmkonzept zu erarbeiten. Die Durchführung dieser Arbeiten ist angelaufen.

## **6 *Laufende und geplante Vorarbeiten für eine mögliche terrestrische Einführung von DAB in der Schweiz***

Wichtigste Voraussetzung für eine gute Versorgung der Bevölkerung mit DAB sind möglichst präzise Kenntnisse des Ausbreitungsverhaltens dieses neuen Rundfunksystems. Auch ist es sehr hilfreich, die Absichten unserer Nachbarn zu kennen. Aus diesem Grund sind Fachleute der Telecom PTT in verschiedenen Arbeitsgruppen tätig, so unter anderem in der DAB-Plattform e.V., in Spezialistengruppen der Europäischen Rundfunkunion (European Broadcasting Union EBU) und andern europäischen und internationalen Organisationen.

Parallel zu den Erfahrungen, die in diesen Gruppen ausgetauscht werden, erarbeitet die Telecom PTT Grundlagenwissen auch mit eigenen Feldversuchen und Tests. Die Besonderheit der schweizerischen Topographie und der Siedlungsstruktur, vor allem in bergigen Gegenden, erfordert, dass Versuche vorwiegend in diesen Gebieten vorgenommen werden, da solche im Ausland nicht prioritär sind. So werden in Attinghausen (Kanton LU) ab Herbst 1993 erste Versuchsausstrahlungen im Kanal 12 durchgeführt, die es erlauben, das Ausbreitungsverhalten besser kennenzulernen. Besonders interessiert, wie durch gezielte Ausnützung von Reflexionen das Versorgungsgebiet eines Senders erweitert werden kann.

Die so erarbeiteten Kenntnisse ermöglichen in Zukunft eine wirkungsvolle Netzplanung, die eine optimale Ausnützung bestehender Senderstandorte und der begrenzt vorhandenen Frequenzen erlaubt. Das Ziel der Telecom PTT ist es, bei der Einführung von DAB in Europa die nötigen Kenntnisse und Erfahrungen zu besitzen, um kompetent bei der Frequenzverteilung mitreden zu können und anschliessend die DAB-Netze zügig aufzubauen.

Allerdings kann im jetzigen Zeitpunkt schwer abgeschätzt werden, wann eine solche Einführung geschehen könnte. Da Deutschland mit Abstand der grösste Markt in Europa ist, wirkt sich speziell der Beschluss des öffentlich-rechtlichen Rundfunks in Deutschland, eine Entscheidung ins Jahr 1997 zu verschieben, hemmend auf die Motivation der Empfängerindustrie aus, sofort DAB-Empfänger zu entwickeln.

Die Gefahr besteht, dass jetzt eine Gelegenheit verpasst wird und dass in einem späteren Zeitpunkt andere, untereinander nicht kompatible digitale Rundfunksysteme sich am Markt unnötig konkurrenzieren.



## Zusammenfassung *Résumé*

*Digitaler Hörrundfunk (DAB); Grundlagen, Einführungsstrategien und Aktivitäten in der Schweiz*

Zuerst werden die Gründe, die zur Entwicklung des digitalen Hörrundfunks (DAB) geführt haben, erörtert, also vor allem die unbefriedigende Tonqualität und die Frequenzknappheit beim FM-UKW-Rundfunk, die im Zeitalter der digitalen Tonträger dem Hörer nicht den erwarteten, hochqualitativen Empfang anzubieten vermögen. In einem weiteren Abschnitt werden die Grundlagen des im Projekt EUREKA 147 entwickelten DAB (Digital Audio Broadcasting) erklärt, hauptsächlich die beiden «Grundpfeiler» MUSICAM (ein Verfahren zur Datenreduktion bei Audiosignalen) und COFDM (ein Modulationsschema, das gegen Reflexionen und Schwunderscheinungen weitgehend immun ist). Schliesslich erläutern die Autoren die äusserst komplexe und schwierige Frequenzsituation, die sich bei der Einführung von DAB in Europa (und erst recht weltweit) ergibt. Mit den Aktivitäten der PTT, der Mitarbeit in internationalen Gremien und den Zukunftsaussichten wird der Artikel abgeschlossen.

*Radiodiffusion numérique (DAB); principes, stratégies d'introduction et activités y relatives en Suisse*

Les auteurs expliquent les raisons qui ont conduit au développement de la radiodiffusion numérique (DAB), à savoir surtout la qualité sonore peu satisfaisante et la pénurie de fréquences en radiodiffusion FM OUC. En effet, l'auditeur habitué à la qualité des enregistrements audionumériques (CD/DAT) ne retrouve plus sur les ondes l'excellente qualité sonore à laquelle il s'attend. Un autre paragraphe décrit les principes de la DAB développés dans le cadre du projet EUREKA 147, notamment les deux «piliers» MUSICAM (compression des données pour signaux audio) et COFDM (modulation assurant une large immunité contre les réflexions et le fading). L'article traite aussi de la situation difficile et très complexe en matière de fréquences qu'entraîne l'introduction de la DAB en Europe (plus particulièrement à l'échelle mondiale) et se termine par un survol des activités des PTT, de la collaboration au sein d'organismes internationaux et des perspectives d'avenir.

## Riassunto

*Radiodiffusione digitale (DAB); basi, strategie di introduzione e attività in Svizzera*

Gli autori spiegano dapprima i motivi che hanno condotto allo sviluppo della radiodiffusione digitale (DAB) prendendo in esame soprattutto la qualità audio insoddisfacente e la scarsità di frequenze per quanto riguarda la radiodiffusione OUC-FM; questi motivi non consentono all'ascoltatore, nell'epoca dei supporti sonori digitali, di godere della ricezione di alta qualità che egli si attende. Gli autori in seguito presentano le basi del DAB (Digital Audio Broadcasting) sviluppato nel progetto EUREKA 147 e soprattutto i due «pilastri» MUSICAM (un sistema per la riduzione dei dati dei segnali audio) e COFDM (uno schema di modulazione ampiamente immune alle riflessioni e agli affievolimenti dei segnali). Essi infine descrivono la situazione estremamente complessa e difficile nell'ambito delle frequenze in Europa (e ancora più difficile a livello mondiale) al momento dell'introduzione del DAB. Gli autori terminano il loro articolo illustrando le attività delle PTT, la collaborazione in seno a enti internazionali e le previsioni per il futuro.

## Summary

*Digital Audio Broadcasting (DAB); Basics, Introduction Strategy and Activities in Switzerland*

At first the reasons which have led to the development of the Digital Audio Broadcasting (DAB) are discussed, i.e. in particular the unsatisfactory tone quality and the frequency shortage of FM radio which are not able to offer the high quality reception to meet the listener's expectations in this age of digital sound media. In a further section the authors explain the basics of the technique which was developed in the EUREKA 147 project, in particular both «basic pillars» – MUSICAM (a method for data reduction of audio signals) and COFDM (a modulation scheme which is to a large degree immune against reflections and fading). Finally the authors explain the extremely complex and difficult frequency situation which arises with the introduction of DAB in Europe (and all the more worldwide). The article closes with the activities of the PTT, the cooperation in international committees and the future prospects.