

FACHHOCHSCHULE WEDEL

SEMINARARBEIT

in der Fachrichtung
Wirtschaftsinformatik

Thema:

Rundfunksysteme

in der Reihe

Mobile Computing

Eingereicht von: Michael Orlean
Am Landpflegeheim 37
22549 Hamburg
Tel.: +49 (40) 23 557 887

Referent (FH Wedel): Dr. Sebastian Iwanowski
Fachhochschule Wedel
Feldstraße 143
22880 Wedel
Tel.: +49 (4103) 80 48 63

Erarbeitet im: 9. Semester

Abgabedatum: 22. November 2004

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	ii
Abbildungsverzeichnis	iii
Tabellenverzeichnis	iv
Abkürzungsverzeichnis	v
I. Hauptteil	1
1. Begriffsbestimmung	1
1.1. Symmetrie.....	1
1.2. Asymmetrie	1
1.3. Unidirektionalität.....	2
2. Rundfunk	3
2.1. Geschichte	3
2.2. Optimierung des Rundfunks	3
2.2.1. Senderseite.....	4
2.2.2. Empfängerseite.....	6
2.3. Übertragungsmedien.....	7
2.4. Fazit.....	8
3. Analoge Übertragung	9
3.1. Definition.....	9
3.2. Frequenzen.....	9
3.2.1. Allgemein	9
3.2.2. Terrestrische Übertragung.....	10
3.3. Datenaufkommen.....	12
3.3. Fazit.....	12
4. Digitale Übertragung	13
4.1. Definition.....	13
4.2. Entstehung	13
4.3. DVB.....	13
4.3.1. DVB-C	15
4.3.2. DVB-S.....	15
4.3.3. DVB-T.....	16
4.4. Kompression.....	18
4.5. Hardware	19
4.6. Zusammenfassung	19
II. Anhang	21
1. Quellenverzeichnis	21
1.1. Literaturverzeichnis	21
1.2. Quellen im Internet.....	21
2. Eidesstattliche Erklärung	22

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Bandbreitenaufteilung im traditionellen Telefonsystem.....	1
Abbildung 1-2: Asymmetrische Client/Server-Struktur.....	1
Abbildung 1-3: Unidirektionaler Datenverkehr.....	2
Abbildung 2-1: Rundfunkübertragung.....	4
Abbildung 2-2: Zyklische Übertragungsmuster.....	5
Abbildung 2-3: Multi-Disk Verfahren.....	6
Abbildung 3-1: Netzebenen im Kabelrundfunk.....	10
Abbildung 3-2: Analoger Sender mit Nachbarsendern.....	11
Abbildung 4-1: Containerprinzip bei DVB.....	13
Abbildung 4-2: Beispiel für Begleitinformation.....	14
Abbildung 4-3: Electronic Program Guide – EPG.....	14
Abbildung 4-4: Erweiterung des Kabelnetzes um Internetzugang.....	15
Abbildung 4-5: Gleichwellennetz im DVB-T.....	16
Abbildung 4-6: Programmerweiterung durch DVB-T.....	17
Abbildung 4-7: Abdeckung DVB-T.....	18
Abbildung 4-8: Diverse Hardware für DVB.....	19
Abbildung 4-9: Vergleich von UMTS, DAB und DVB.....	20

Tabellenverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Frequenzspektrum (Auszug)	7
Tabelle 2-2: Für Fernsehen reservierte Frequenzbänder	7
Tabelle 2-3: Frequenzbereiche im Satellitenrundfunk.....	8

Abkürzungsverzeichnis

CA	Conditional Access
DAB	Digital Audio Broadcasting
DVB	Digital Video Broadcasting
DVB-C	DVB-Cable
DVB-S	DVB-Satellite
DVB-T	DVB-Terrestrial
DVB-H	DVB-Handheld
GEZ	Gebühreneinzugszentrale
MPEG	Moving Picture Experts Group
PAL	Phase Alternating Line
VHF	Very High Frequency
UHF	Ultra High Frequency

I. Hauptteil

1. Begriffsbestimmung

1.1. Symmetrie

Eine symmetrische Datenkommunikation ermöglicht beiden Kommunikationspartnern eine gleich große Bandbreite für den Datenversand und -empfang. Ein typisches Beispiel für diese Kommunikation ist das traditionelle Telefonsystem.¹

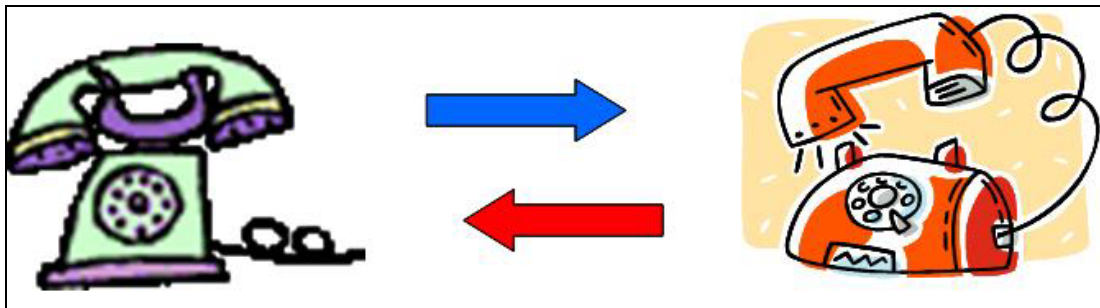


Abbildung 1-1: Bandbreitenaufteilung im traditionellen Telefonsystem

1.2. Asymmetrie

Die asymmetrische Kommunikation wurde als Optimierung der symmetrischen Kommunikation eingeführt, um die dem Übertragungsmedium begrenzt zur Verfügung stehende Bandbreite ungleich auf die Kommunikationspartner zu verteilen. Hieraus ergeben sich für die beiden Kommunikationspartner jeweils unterschiedliche Up- und Downloadraten. Ein bekanntes Beispiel ist die ADSL-Technik für die Verbindung zum Internet, die in der Client/Server-Struktur üblicherweise dem Client die höhere Bandbreite einräumt.²

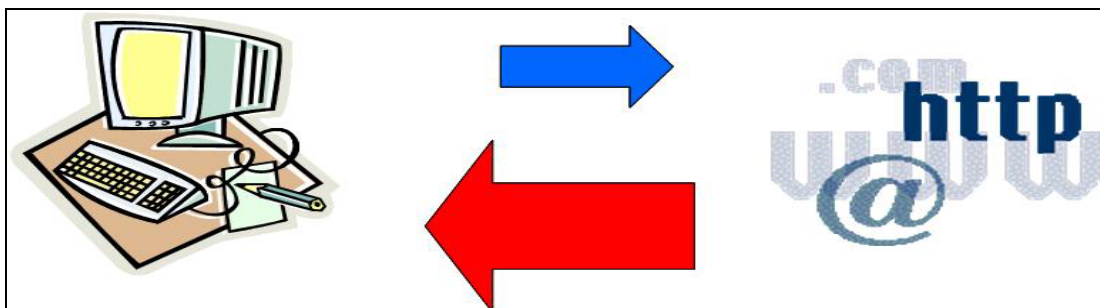


Abbildung 1-2: Asymmetrische Client/Server-Struktur

¹ Vgl. Schiller, Jochen, 2003: [Mobilkommunikation], Seite 224.

² Vgl. Schiller, Jochen, 2003: [Mobilkommunikation], Seite 224.

1.3. Unidirektionalität

Rundfunk wird als extrem asymmetrisches Kommunikationssystem betrachtet, da hier gänzlich auf einen Rückkanal verzichtet wird. Die volle Bandbreite steht nur in eine Richtung zur Verfügung. Deshalb wird es im Gegensatz zu den oben vorgestellten bidirektionalen Systemen als unidirektionales System bezeichnet. Die Grundeigenschaft des Rundfunks besteht daher nicht in einer Punkt-zu-Punkt-Kommunikation, sondern in einer reinen Broadcast-Kommunikation. Eine individuelle Kommunikation mit einem Empfänger findet nicht statt. Alle Daten werden allen Empfängern geschickt.³

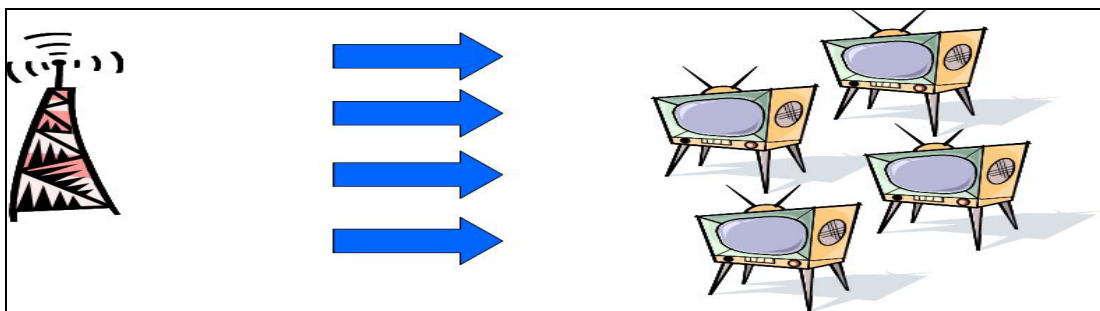


Abbildung 1-3: Unidirektionaler Datenverkehr

³ Vgl. Schiller, Jochen, 2003: [Mobilkommunikation], Seite 224f.

2. Rundfunk

2.1. Geschichte

Um einen groben Überblick über die Geschichte des Rundfunks zu geben, sollen hier die wichtigsten Meilensteine dazu aufgelistet werden:

Chronologie des Rundfunks⁴

1876	Alexander G. Bell,	Erfindung des Telefon (drahtgebunden)
1886	Heinrich Hertz,	Entdeckung der elektromagnetischen Wellen
1897	Guglielmo Marconi,	Drahtlose Übertragung von Nachrichten über fünf Km
1913		Röhrensender
1917	H. Bredow/ A. Meißner,	Musikübertragung an dt. Westfront, Beginn des Hörfunks

Chronologie des Fernsehens⁵

1883	Paul Nipkow	Elektrisches Teleskop, Erfinder des Fernsehens
1897	Ferdinand Braun	Braunsche Röhre, Kathodenstrahlröhre
1900	Constantin Perskyi	Prägung des Worts „Television“
1935	Berlin	1. regelmäßiges Fernsehprogramm der Welt an drei Tagen in der Woche für je 1 ½ Stunden
1952	Deutschland	Tägliches Fernsehprogramm, es gibt 4.000 Fernsehgeräte
1967	Deutschland	Umstellung auf Farbfernsehen
1980+		Einführung des Stereo-Tons

2.2. Optimierung des Rundfunks

Die asynchronen Übertragungssysteme stellen im Prinzip eine Optimierung der synchronen Systeme dar, denn die Bandbreite wird lediglich neu aufgeteilt. Wie kann eine Optimierung des Rundfunks, einer unidirektionalen Übertragung, von statten gehen. Hier stellt sich die Schwierigkeit, daß ein Sender weder seine individuellen Empfänger noch deren individuelles Zugriffsverhalten kennt. Ferner weiß er zu einem beliebigen Zeitpunkt nicht, wie viele Empfänger es gegenwärtig gibt.

Eine Optimierung kann daher nur für die gesamte Gruppe der Empfänger stattfinden. Sie beruht auf reinen empirischen Analysen, wie sich die Gruppe in der Vergangenheit verhalten hat. Eine dynamische Analyse zu einem beliebig aktuellen

⁴ Vgl. **Wikipedia**, [Hörfunk].

⁵ Vgl. **Wikipedia**, Chronologie des Fernsehens.

Zeitpunkt ist aufgrund des fehlenden Rückkanals und der damit verbundenen möglichen Identifizierung nicht möglich.

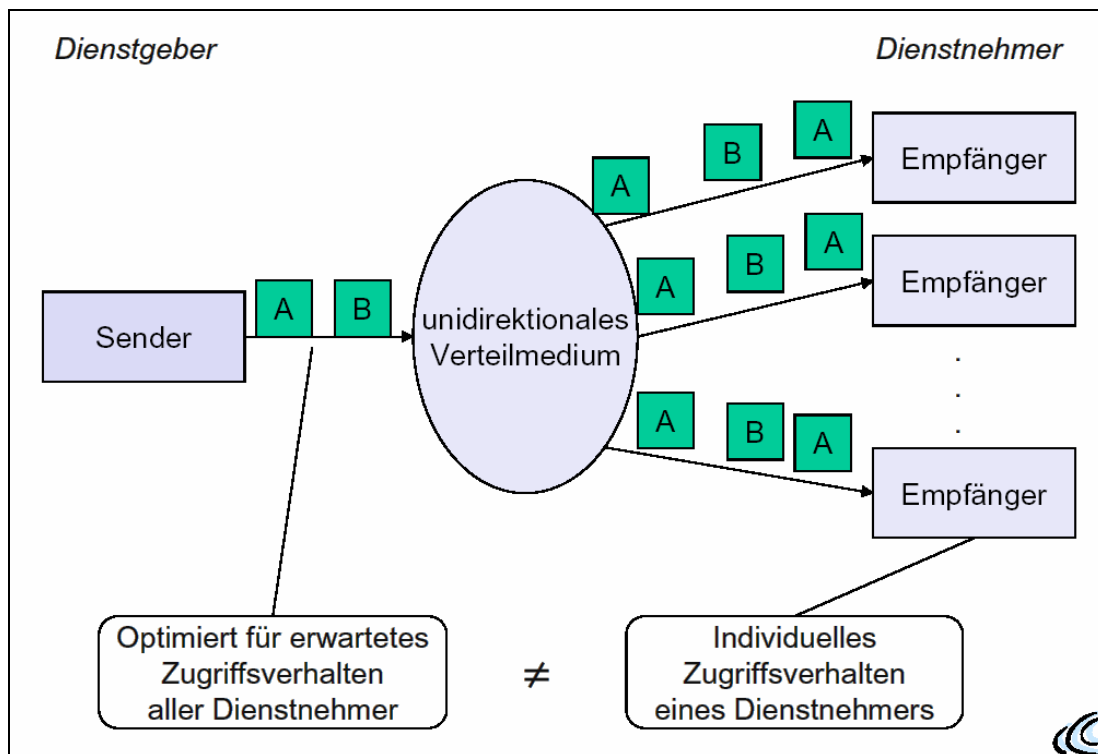


Abbildung 2-1: Rundfunkübertragung⁶

2.2.1. Senderseite

Welche Verfahren zur Datenübertragung gibt es, und wie sehen deren Optimierungsmöglichkeiten aus? Dem Sender stehen grundsätzlich zwei Arten der Datenübertragung zur Verfügung. Dies ist zum einen der Datenstrom, auch als sogenanntes Streaming bekannt, sowie die zyklische Datenübertragung, auch Karussellübertragung bzw. Data Carousel genannt.

2.2.1.1. Streaming

Beim Streaming werden Daten nacheinander einmalig verschickt. Dies wird bei der Übertragung von Bildern für beispielsweise zehn verschiedene Programme deutlich. Die jeweiligen Bilder pro Programm werden per Datenstrom nacheinander verschickt. Ein Sender, der diese Daten empfangen will, muß sie just im Moment des Empfangs verwerten, z. B. für die Bilddarstellung, da eine Wiederholung dieser

⁶ Vgl. Schiller, Jochen, 2003: [Mobilkommunikation], Seite 225.

Daten zu einem späteren Zeitpunkt nicht stattfindet. Die Daten des ausgewählten Programms gehen mit der Verwertung zwingend verloren, die Daten der anderen neun Programme werden gar nicht erst empfangen.

2.2.1.2. *Karussell*

Anders verhält es sich bei der Karussellübertragung. Hier erfolgt eine Wiederholung der Daten nach einer bestimmten Zeit und in einer bestimmten Reihenfolge, nach sogenannten Mustern. Die zu übertragenden Daten werden karussellförmig im Kreis angeordnet und zyklisch verschickt. Nach Ende eines Durchlaufs beginnt der Zyklus von neuem und dieselben Daten werden erneut verschickt.

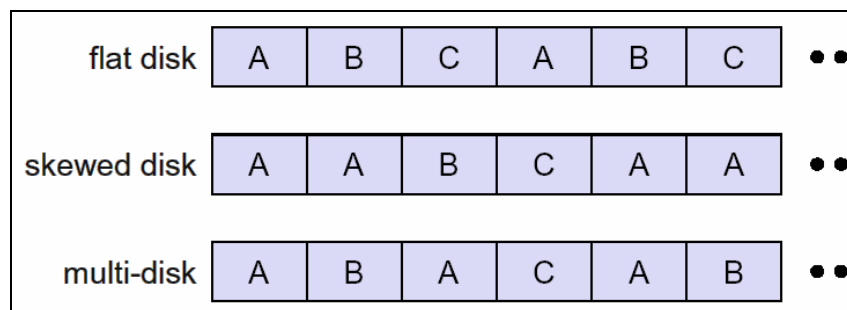


Abbildung 2-2: Zyklische Übertragungsmuster⁷

Ein hier für den Empfänger auftretendes Problem ist die für den Empfang eines bestimmten Datensatzes entstehende Wartezeit, die im Durchschnitt eine halbe Zykluszeit beträgt. Im schlechtesten Fall, wenn der gewünschte Datensatz gerade verpaßt wurde, steigt sie jedoch auf eine ganze Zykluszeit an. Umgekehrt verkürzt sie sich, wenn der Datensatz im nächsten Moment empfangen werden kann. Um dem Empfänger eine bessere Zugriffsmöglichkeit zu geben, werden vermeintlich öfter nachgefragte Datensätze häufiger als andere verschickt. Hier sollen das *skewed-disk* und des *multi-disc* Verfahren⁸ genannt werden, bei denen beispielsweise die Seite A öfter gesendet wird. Hierbei greifen bildhaft zwei Karusselle wie Zahnräder ineinander, so daß bestimmte Seiten im sich anschließenden Datenstrom öfter vorkommen.

⁷ Vgl. Schiller, Jochen, 2003: [Mobilkommunikation], Seite 226.

⁸ Vgl. Schiller, Jochen, 2003: [Mobilkommunikation], Seite 226.

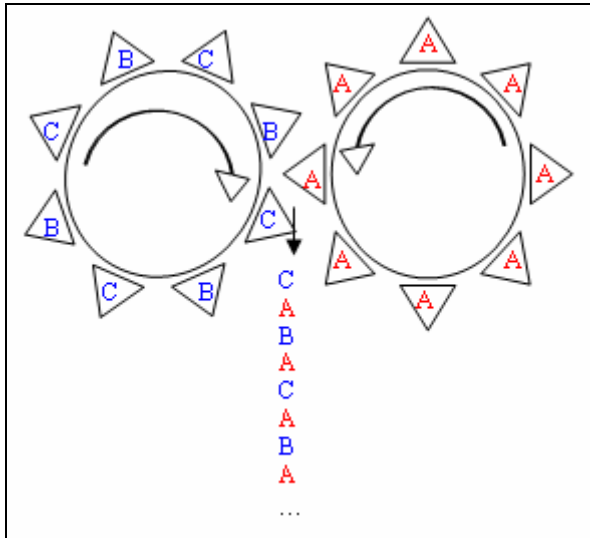


Abbildung 2-3: Multi-Disk Verfahren

Als Beispiel sei hier der gegenwärtig im analogen Fernsehen verwendete Videotext genannt, bei dem etwa 700 Seiten nach diesem Verfahren zyklisch versendet werden. Um einen Einstieg in dieses Informationssystem mittels der Startseite ‚100‘ zu beschleunigen, wird unter anderem diese Seite öfter verschickt.

2.2.2. Empfängerseite

Für den Empfänger gestaltet sich eine Optimierung schwieriger, da er aufgrund des systembedingt fehlenden Rückkanals keinen Einfluß auf die Auswahl der ihm gesendeten Daten hat. Er kann prinzipiell nur eine einzige Optimierung durchführen, um eine gewisse Pseudointeraktivität zu erzeugen. Dies ist die Speicherung der empfangenen Daten.

Beim Datenstrom müssen die Daten aufgezeichnet werden, wenn sie nicht sofort verwertet werden können oder sollen. Diese Funktion erfüllt der Videorecorder, dessen analoge Ausführung schrittweise durch seine digitalen Nachfolger in Form von Festplatten-Recordern, DVD-Recordern, sowie im weitesten Sinne durch Computer ersetzt wird. Beim Datenkarussell erfolgt die Optimierung in Form eines Zwischenspeichers (Caching), der lediglich der Verkürzung der mittleren Zugriffszeit dient. Eine dauerhafte Speicherung der Daten ist nicht nötig, da diese nach einer bestimmten Zeit wiederholt werden.

2.3. Übertragungsmedien

Welche Übertragungsmedien werden für den Rundfunk verwendet? Rundfunk kann auf drei Arten übertragen werden. Per Kabel, über Satellit und Terrestrisch, wobei jeweils elektromagnetische Wellen als Informationsträger zum Einsatz kommen.

Die folgenden Tabellen geben einen groben Überblick über das Frequenzspektrum und über seine gegenwärtige Nutzung.

Bezeichnung deutsch	Frequenzbereich	Wellenlänge	technische Verwendung
technischer Wechselstrom	3 Hz–30 Hz	10.000 km–100.000 km	elektrische Antriebe
technischer Wechselstrom	30 Hz–300 Hz	1000 km–10.000 km	elektrische Antriebe
	300 Hz–3 kHz	100 km–1000 km	
Längstwellen, Myriameterwellen	3–30 kHz	10 km–100 km	
Langwellen, Kilometerwellen	30–300 kHz	1–10 km	Langwellenrundfunk
Mittelwellen, Hektometerwellen	300 kHz–3 MHz	0,1–1 km	Mittelwellenrundfunk
Kurzwellen, Dekameterwellen	3 MHz–30 MHz	10–100 m	Kurzwellenrundfunk
Ultrakurzwellen, Meterwellen	30 MHz–300 MHz	1–10 m	Rundfunk, Fernsehen, Radar
Dezimeterwellen	300 MHz–3 GHz	1–10 dm	Fernsehen, zellulärer Mobilfunk, Mikrowellenherd
Zentimeterwellen	3 GHz–30 GHz	1–10 cm	Radar, Richtfunk, Satellitenfernsehen
Millimeterwellen	30 GHz–300 GHz	1–10 mm	Richtfunk

Tabelle 2-1: Frequenzspektrum (Auszug)⁹

Frequenzband	Frequenzbereich	Kanäle	Verwendung
Band I	47–68 MHz	K2–K4	Terrestrisch, Kabel
Band II	87,5–108 MHz	0,1 MHz-Raster	Terrestrisch, Kabel
Unterer Sonderkanalbereich	118–174 MHz	S3–S10	Kabel
Band III	174–230 MHz	K5–K12	Terrestrisch, Kabel
Oberer Sonderkanalbereich	230–300 MHz	S11–S20	Kabel
Erweiterter Sonderkanalbereich (Hyperband)	302–470 MHz	S21–S41	Kabel
Band IV	470–606 MHz	K21–K37	Terrestrisch, Kabel
Band V	606–862 MHz	K38–K69	Terrestrisch, Kabel

Tabelle 2-2: Für Fernsehen reservierte Frequenzbänder¹⁰

⁹ Vgl. **Wikipedia**, [Frequenzband]

¹⁰ Vgl. **Wikipedia**, [Frequenzband]

Bezeichnung	Frequenzbereich
P-Band	220–300 MHz
L-Band	1–2,6 GHz
S-Band	2,6–3,95 GHz
C-Band	3,95–5,8 GHz
J-Band	5,85–8,2 GHz
X-Band	8,2–12,4 GHz
Ku-Band	12,4–18 GHz
K-Band	18–26,5 GHz
Ka-Band	26,5–40 GHz
Q-Band	33–50 GHz
U-Band	40–60 GHz
V-Band	50–75 GHz
E-Band	60–90 GHz
W-Band	75–110 GHz
F-Band	90–140 GHz
D-Band	110–170 GHz
G-Band	140–220 GHz
Y-Band	170–260 GHz
J-Band	220–325 GHz

Tabelle 2-3: Frequenzbereiche im Satellitenrundfunk¹¹

2.4. Fazit

Die Eigenschaften des Rundfunks lassen sich wie folgt zusammenfassen. Es handelt sich um ein unidirektionales Kommunikationssystem. Die für das Medium reservierte Bandbreite kann im Vergleich zu bidirektionalen Systemen relativ hoch sein und steht jedem einzelnen Empfänger bereit. Alle gesendeten Daten stehen allen Empfängern zur Verfügung. Durch die beliebig hohe Anzahl von Empfängern und durch deren Unabhängigkeit von der Bandbreite, stellt der Rundfunk das Massenmedium dar. Ferner wird durch die relativ preiswerte Infrastruktur, insbesondere in der Satellitentechnik und beim terrestrischen Verfahren, in Kombination mit der hohen Erreichbarkeit eine im Vergleich kostengünstige Abdeckung pro (möglichen) Empfänger erzielt.

¹¹ Vgl. **Wikipedia**, [Frequenzband]

3. Analoge Übertragung

3.1. Definition

Der Begriff „analog“ bedeutet „entsprechend“¹². Welche Entsprechungen bei der analogen Übertragung vorliegen, sollen im Folgenden kurz erläutert werden. Bei elektromagnetischen Wellen bedient man sich der Amplituden-, Phasen- und Frequenzmodulation, durch die bestimmte Wertgrößen übertragen werden können. Hieraus wird bei analogen Empfangsgeräten eine sinnvolle Bild- und/oder Tonwiedergabe generiert. Diese Berechnung erfolgt instantan, d. h. der Momentanwert der zu übertragenden Größe entspricht dem Momentanwert der darzustellenden Größe. Durch diesen Zusammenhang ergeben sich bei der analogen Übertragung zwingend folgende Probleme im Bereich der Frequenzen sowie der zu übertragenden Datenmenge.

3.2. Frequenzen

3.2.1. Allgemein

Der terrestrische und der Satellitenrundfunk teilen sich den Luftraum mit diversen anderen drahtlosen Kommunikationssystemen, wie zum Beispiel dem Mobilfunk oder dem neuerdings eingeführten WLAN. Dadurch stellt das Frequenzspektrum für die drahtlose Kommunikation grundsätzlich einen Engpaßfaktor dar, weil jeder Teilbereich nur einmal vergeben werden kann, ohne daß bedeutsame Nachteile für die Funktionsfähigkeit der Einzelsysteme entstehen.

Im Kabelrundfunk verhält es sich so, daß ein Kabel einen neuen exklusiven Frequenzraum eröffnet, der lediglich durch die Kabeleigenschaften, z. B. Abschirmung, und die angeschlossene Hardware begrenzt wird, so wie es von jeder anderen kabelgebundenen Datenübertragung her bekannt ist.

Den drei Übertragungsmedien Terrestrisch, Satellit und Kabel steht daher grundsätzlich jeweils eine begrenzte Kapazität zur Übertragung der Programme zur Verfügung. Diese Einschränkungen zeigen sich konkret so, daß mit der analogen Übertragungstechnik beim terrestrischen Fernsehen fünf bis zehn Programme, beim Kabel etwa 40, und beim Satellitenfernsehen etwa 100 Programme übertragen

¹² Vgl. **Wikipedia**, [Analogie]

I.3. Analoge Übertragung

werden können. Eine Programmerweiterung durch Zunahme weiterer Frequenzen ist im Bereich der terrestrischen und Satellitenübertragung aufgrund der für andere Anwendungen reservierten Frequenzbereiche nicht möglich.



Abbildung 3-1: Netzebenen im Kabelrundfunk

Im Bereich des Kabelrundfunks ist eine Erweiterung nur durch Modernisierung bzw. Ersetzung der bestehenden Kabelsysteme durch Kabel, die für einen größeren Frequenzbereich ausgelegt sind. Die Hamburger Wohnungsbaugenossenschaft BVE¹³ beispielsweise stellt in Kooperation mit der Firma Martens Antennen- und Kabelanlagengesellschaft mbH¹⁴ schrittweise ihre alten Kabelsysteme um, so daß eine Erweiterung des Frequenzbereichs sowie die erstmalige Einrichtung eines Rückkanals eingeführt wird. Diese Umstellung geschieht auf der sogenannten Netzebene 3 (NE3).

Da die Umstellung insbesondere im Bereich der NE3 (siehe Abbildung 3-1) sehr kostenintensiv ist, erfolgt eine Umstellung nur zögerlich. Ferner spielen die Eigentumsverhältnisse im deutschen Kabelnetz mit drei verschiedenen Unternehmen eine behindernde Rolle, wodurch jegliche Einigung für Projekte erschwert wird. Großvermieter, wie die BVE mit ca. 50.000 Wohnungen, spielen daher eine gewisse Vorreiterrolle.

3.2.2. Terrestrische Übertragung

Aus aktuellem Anlaß soll auf das Problem der beschränkten Frequenzen beim terrestrischen Fernsehen intensiver eingegangen werden. Abbildung 3-2 zeigt ein beliebiges Sendegebiet, das von sechs Nachbarsendebereichen umgeben ist. Wegen

¹³ BVE, [Homepage]

¹⁴ Martens, [Homepage]

I.3. Analoge Übertragung

auftretender Interferenzen bei elektromagnetischen Wellen, strahlen benachbarte Sender auf unterschiedlichen Frequenzen aus. Dadurch wird erreicht, daß ein Empfänger an einem beliebigen Ort im Sendegebiet auf einer bestimmten Frequenz maximal von einem Sender bedient wird.

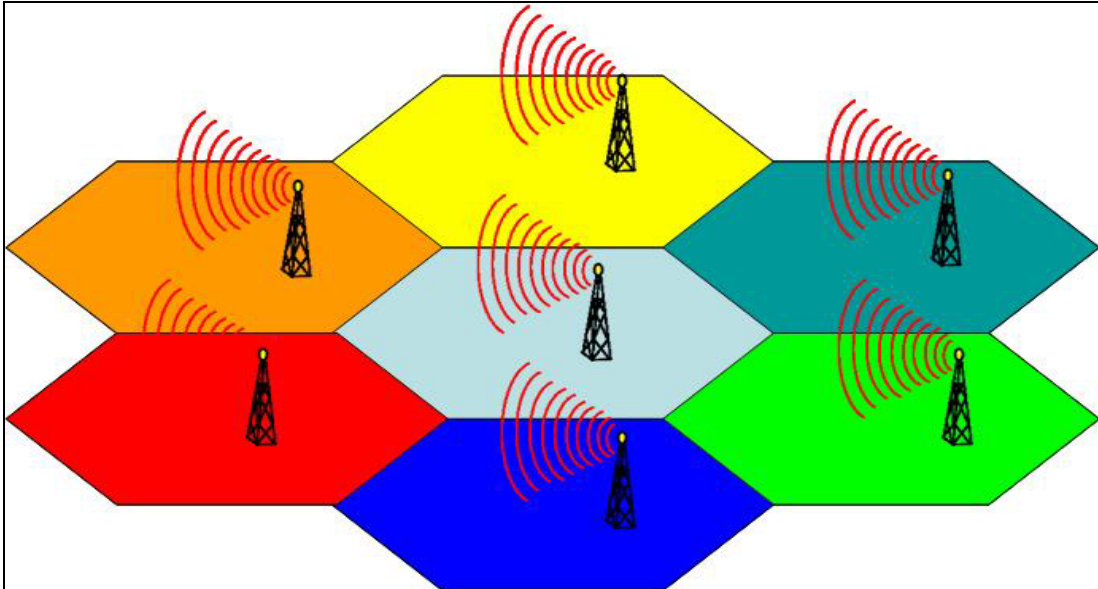


Abbildung 3-2: Analoger Sender mit Nachbarsendern

Der Grund hierfür liegt in der instantanen Bildgenerierung, für die es unabdingbar ist, daß zu einem bestimmten Zeitpunkt ein Signal korrekt ausgewertet wird, daß es also mit dem ausgesendeten Signal übereinstimmt. Durch die unterschiedliche Signallaufzeit aufgrund von Reflexionen u. ä., hervorgerufen durch Hindernisse wie Häuser und dergleichen, wird prinzipiell ein falsches Bild generiert, da für das Empfangsgerät nur die physikalische Summe der in jedem Moment empfangenen Signale relevant ist. Dies drückt sich beispielsweise in sogenannten Geisterbildern aus.¹⁵ Diese Bildstörungen treten selbst bei Empfang von Signalen nur eines Senders auf, allerdings verringert sich die Differenz der Signallaufzeiten mit abnehmender Entfernung zum Sender. Darstellungsfehler in diesem Fall mußten somit nur zu einem gewissen Grade akzeptiert werden und sind durchaus zumutbar. Eine Ausstrahlung zweier benachbarter Sender auf gleicher Frequenz war jedoch aufgrund der unmöglichen Synchronisation der Signale ausgeschlossen.

¹⁵ Vgl. **Wikipedia**, [DVB-T]

I.3. Analoge Übertragung

Ein Wunschziel des terrestrischen Fernsehens war es deshalb, eine bessere Ausnutzung der Frequenzbereiche zu erzielen. Auf die Lösung wird im Kapitel I.4.3.3 vertiefend eingegangen.

3.3. Datenaufkommen

Ein Problem, welches alle Übertragungsmedien gleichermaßen betrifft, ist das hohe Datenaufkommen bei der Analogübertragung von Bildern und Ton. Das Problem dabei ist, daß sich analoge Daten nicht ohne sicht- oder hörbaren Qualitätsverlust reduzieren lassen. Hierfür ist die oben genannte instantane Berechnung verantwortlich, da eine Reduktion der übertragenden analogen Daten zwingend mit fehlender Bild- und Toninformation verbunden ist. Da aber das beispielsweise in Europa verbreitete Fernsehsystem PAL¹⁶ minimale Darstellungen, wie 625 Bildzeilen bei 25 Hertz definiert, würde eine Datenreduktion zwingend qualitative Verschlechterungen mit sich bringen.

3.3. Fazit

Zusammenfassend lassen sich die Probleme für die Übertragungsmedien auf den Nenner der beschränkten Frequenzen und das systembedingt hohe Datenaufkommen, zurückführen. Beide werden und sollen mit der Digitalisierung gelöst werden. Durch die Digitalisierung anderer Medien ist bekannt, daß eine Kompression von Daten erst durch ihre Digitalisierung möglich wird. Ferner geht dadurch keine für die menschliche Wahrnehmung sicht- oder hörbare Qualitätsverschlechterung einher.

Die ursprünglich gewünschte Programmerweiterung scheitert letztlich an den beiden beschriebenen Problemen der beschränkten Frequenzen sowie am hohen Datenaufkommen, so daß eine solche Erweiterung durch die analoge Übertragungstechnik ausgeschlossen wird. Da das gegenwärtige System kein Entwicklungspotential hat, ist eine fundamentale Systemumstellung notwendig. Als Lösung bot sich für den Rundfunk die Digitalisierung an, mit der man in anderen Kommunikationssystemen, wie dem Mobilfunk oder dem Internet, sehr erfolgreich den Weg in die Zukunft beschritten hat.

¹⁶ Vgl. **Wikipedia**, [PAL]

4. Digitale Übertragung

4.1. Definition

„Digital“, abgeleitet vom lateinischen Wort „digitus“¹⁷ – „der Finger“, bedeutet soviel wie „die Finger betreffend“ oder „mit den Fingern abzählbar“. Es findet eine Codierung durch Zahlen mit diskreten Abständen statt, verbunden mit dem Verzicht auf beliebig kleine Zwischenräume.

4.2. Entstehung

Der Wunsch eines länderübergreifenden Standards führte zur Gründung der European Launching Group (ELG), die sich mit dem Ziel der einheitlichen Einführung der Digitalisierung des Rundfunks in Europa befaßte. Hieraus entstand der DVB-Standard bzw. die Standards DVB-C, DVB-S und DVB-T, die zusätzlich die konkreten Bedingungen der jeweiligen Übertragungstechnik berücksichtigen.

4.3. DVB

DVB stellt die Summe der für den digitalen Rundfunk benötigten Protokolle und Standards dar. Hauptmerkmal des DVB ist sein Containerprinzip, durch das beliebige Inhalte transportiert werden können.

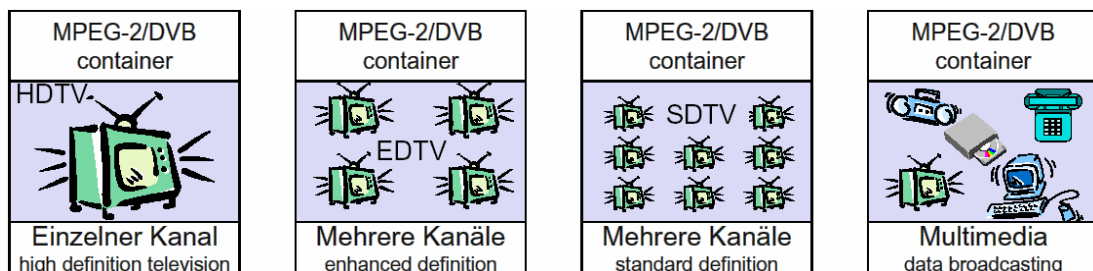


Abbildung 4-1: Containerprinzip bei DVB

Auf diese Weise ist es möglich, Datenströme mit unterschiedlichen Bild- und Tonqualitäten zu übertragen. Beispielsweise können mit der reservierten Bandbreite ein qualitativ hochwertiges Programm als HDTV, oder aber mehrere qualitativ weniger umfangreiche Programme als EDTV oder SDTV ausgestrahlt werden. Hierbei ist „nur“ die Obergrenze der Bandbreite zu beachten

¹⁷ Vgl. **Wikipedia**, [Digital]

I.4. Digitale Übertragung

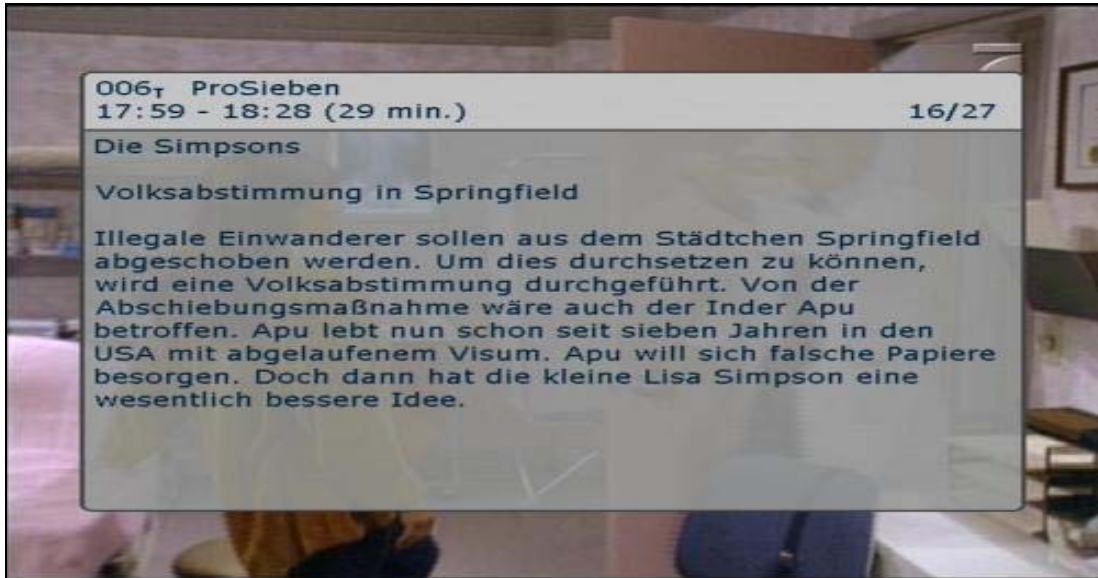


Abbildung 4-2: Beispiel für Begleitinformation

Insbesondere ist die Übertragung von weiteren Multimediainhalten, wie Fernsehbegleitinformationen (siehe Abbildung 4-2) und Internetseiten möglich. Hier wird es ein Nachfolgesystem des gegenwärtigen Videotextes geben. Die Gestaltung dieses Informationssystems ist nicht mehr an die Zeilentechnik gebunden, so daß Inhalte in beliebiger Form und Komplexität dargestellt werden können.

	14:45	15:15	15:45	16:15
SAT.1	Der Indianer im Küchenschrank	Amy und die Wildgänse		
RTL2		Wild Things		Killer Instinct
ProSieben	Moms on Strike - Mama	Teen Agent - Wenn Blicke töten könnten		
KABEL1		Geschichte einer Nonne		
TELE 5	Tele 5			
S RTL	Bécassine und die Jagd nach dem Wikingerschatz		Doug - Der erste Film	
VOX		Wayne's World		Nachrichten
arte	360° - Die	Geo-Reportage	Die Spur meiner Tochter	
1 ... 6 drücken um den sichtbaren Zeitbereich zu ändern				
30.05. 14:10 - 15:55 Der Indianer im Küchenschrank				

Abbildung 4-3: Electronic Program Guide – EPG

Ein Beispiel hierfür zeigt Abbildung 4-3 mit einem sogenannten EPG, einem Electronic Programm Guide. Anders als der im gegenwärtigen Videotext für die Programminformation üblich verwendete Seitenbereich ab ‚300‘, wird für den „nächsten“ Videotext durch die Digitalübertragung eine äußerst komfortable

I.4. Digitale Übertragung

Darstellung ermöglicht. Die oftmals als kompliziert angesehene Programmierung eines Videorecorders bzw. dessen Nachfolger reduziert sich im besten Fall auf wenige Schritte, die komplett per Dialogfeld am Bildschirm durchgeführt werden können. Ferner ist das System offen für zukünftige, heute noch nicht vorstellbare Anwendungen.

4.3.1. DVB-C

Die Einführung des DVB-C im Kabelbereich führt durch eine verbesserte Fehlerkorrektur zu einer besseren Ausnutzung der Frequenzen. Allerdings ist der Frequenzbereich auf Grund der gegenwärtigen Kabeleigenschaften oft auf 450 MHz beschränkt. Erst die Modernisierung bzw. Ersetzung der bestehenden Kabel auf die 862 MHz Kabelsysteme wenigstens auf Netzebene 3 hat die Erweiterung des Frequenzbereichs zu Folge. Mit dieser Umstellung geht üblicherweise die langgeforderte Bereitstellung eines Rückkanals einher. So daß dieses Medium, anders als die Satelliten und Terrestrische Kommunikation, sich bestens für die Bereitstellung eines Internetzugangs eignet. Durch die relativ hohe Bandbreite sind diese Internetzugänge äußerst Wettbewerbfähig, beispielsweise gegenüber einem DSL-Zugang über die herkömmliche Telekomleitung. Preismodell, Geschäftsmodelle!!! Hier können Kostenvorteile für den Endkonsumenten entstehen, indem er alle relevanten Kommunikationseinrichtungen, wie Internet, Fernsehen, Radio und Telefon aus einer Hand angeboten bekommt. Quelle Martens!!!

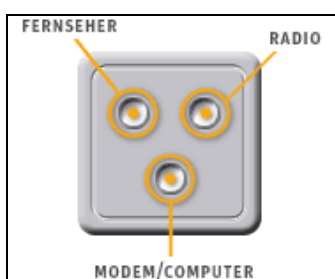


Abbildung 4-4: Erweiterung des Kabelnetzes um Internetzugang

4.3.2. DVB-S

Im Bereich der Satellitenübertragung kommen die bei der terrestrischen Übertragung mit unterschiedlichen Sendern auftretenden Probleme nicht bzw. nicht so stark vor, da es systembedingt nur einen Sender in Form des Satelliten gibt. Hier stand dem Sender schon bei der Analogübertragung der volle Frequenzbereich zur Verfügung.

I.4. Digitale Übertragung

Der Vorteil der digitalen Satellitenübertragung liegt daher einerseits in einem durch die Digitalisierung ermöglichten Korrekturverhalten, vorrangig jedoch in der durch die Digitalisierung ermöglichten Datenreduktion mittels Kompression. Auf diese Weise kann das Programmangebot bei gleicher Qualität fast verzehnfacht werden. Der digitale Satellitenrundfunk stellt somit, wie schon bei der Analogübertragung, im Vergleich zu Kabel und Terrestrischem Rundfunk, das höchste Programmangebot. Dieses umfaßt je nach Empfangsmöglichkeit und Ausbau der Satellitenanlage mehrere hundert bis tausend Programme.

4.3.3. DVB-T

Wie in Kapitel 3.2.2 beschrieben, lag die Nutzungsquote der zugeteilten Frequenzen im terrestrischen Rundfunk bei ungefähr einem Siebtel.

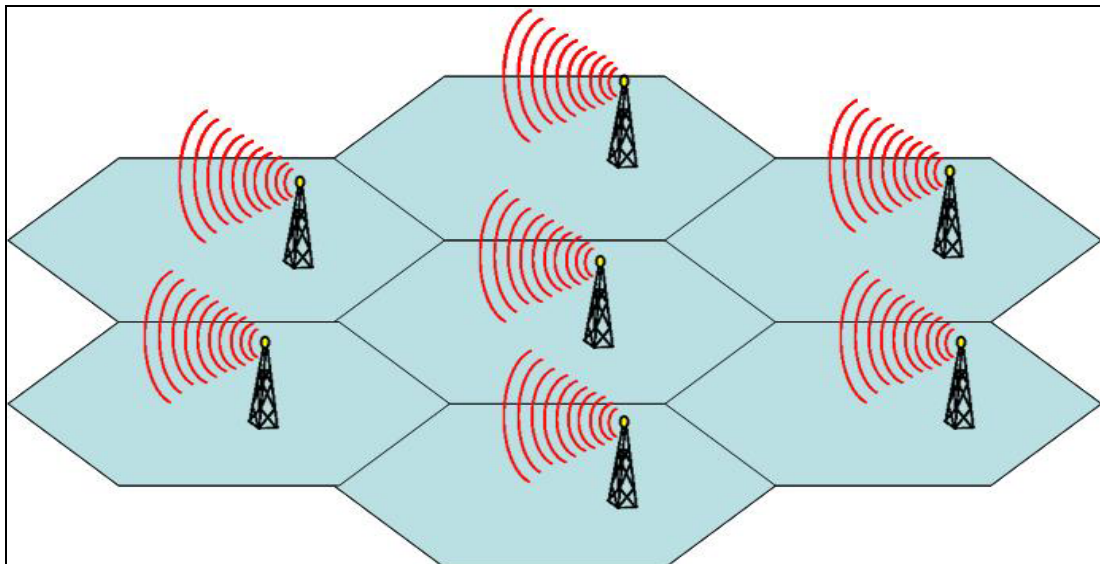


Abbildung 4-5: Gleichwellennetz im DVB-T




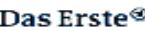
















Durch die Umstellung in ein sogenanntes Gleichwellennetz, bei dem jeder Sender sowie seine Nachbarsender auf allen Frequenzen senden dürfen, erfolgt eine Ausnutzung des vollen Frequenzbereichs. Weshalb die nach wie vor auftretenden Interferenzen plötzlich nicht mehr relevant sind, soll im Folgenden geklärt werden. Die Gründe liegen vorwiegend in der Möglichkeit der Speicherung digitaler Signale.

Anders als bei der Analogübertragung werden die empfangenen Signale nicht für die sofortige Bild- und Tongenerierung verwendet, sondern zwischengespeichert und aus dem Speicher heraus abgearbeitet. Somit ist es nicht notwendig, daß Signale jeglicher Sender absolut bzw. nahezu zeitsynchron im Empfangsgerät eintreffen. Das

I.4. Digitale Übertragung

nicht synchrone Eintreffen der Signale führte bekanntermaßen zu fehlerhaften Bilddarstellungen, beispielsweise Geisterbildern.

Für den korrekten Ablauf der digitalen Prozesse ist es folglich von größter Bedeutung, daß der (Puffer-)Speicher gefüllt wird, um dem Verarbeitungsprozeß Datenmaterial zu liefern. Wie viele Sender an dieser Füllung des Speichers beteiligt sind, ist in erster Linie nicht für die Qualität des Bildes relevant. Das Gegenteil ist der Fall, war es früher unerwünscht oder sogar unmöglich, daß ein Empfangsgerät zwei Sender für die Bildgenerierung heranzog, so ist es nun ausdrücklich erwünscht. Denn wenn beispielsweise das von einem Sender verschickte Paket fehlerhaft oder gar nicht eintrifft, so kann diese Lücke eventuell durch einen anderen Sender geschlossen werden. Diese Praxis nennt sich Mehrwegempfang.¹⁸ Zum einen werden die auftretenden Interferenzen durch eine nun mögliche digitale Fehlerkorrektur ausgeglichen, zum anderen führen die Signale unterschiedlicher Signallaufzeit nicht zu einer Verschlechterung des Empfangs, sondern dienen als weitere Quelle zur Füllung des Puffers.

	26	43	49	65	66
					
					
					
					

Technische Parameter der Sender

Kanal	26	43	49	65	66
Frequenz	514 MHz	650 MHz	698 MHz	826 MHz	834 MHz
Senderstandorte, mit Leistung	Bonn-Venusberg 20 kW Köln-Colonius 20 kW	Bonn-Venusberg 20 kW Köln-Colonius 20 kW	Bonn-Venusberg 20 kW Köln-Colonius 20 kW	Bonn-Venusberg 50 kW Köln-Colonius 50 kW	Bonn-Venusberg 20 kW Köln-Colonius 20 kW
Modulation	16-QAM	16-QAM	16-QAM	16-QAM	16-QAM
Fehlerschutz	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3
Guard-Intervall	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4
Datenrate [Mbit/s]	13,27	13,27	13,27	13,27	13,27

Abbildung 4-6: Programmerweiterung durch DVB-T

¹⁸ Vgl. Wikipedia, [DVB-T]



Abbildung 4-7: Abdeckung DVB-T

4.4. Kompression

Die Bild- und Tonsignale werden durch das MPEG-Verfahren¹⁹ komprimiert. Während die Digitalisierung diese Kompression erlaubt, ermöglicht der DVB-Standard die Übertragung dieser Inhalte. Für alle Übertragungsarten ist daher eine Programmerweiterung durch die Digitalisierung der Daten und deren Übertragung durch DVB möglich.

¹⁹ Vgl. Wikipedia, [MPEG]

4.5. Hardware

Für die Verwendung analoger Empfangsgeräte für den digitalen Empfang ist der Einsatz von sogenannten set-top Boxen vorgesehen. Für den Empfang des „Premiere“-Fernsehens sowie des analogen als auch digitalen Satellitenrundfunks werden solche Geräte bereits seit langer Zeit verwendet. So wird schließlich bei vollständig erfolgter Umstellung auf die digitale Übertragung nur noch mit solchen Geräten ein Empfang jeglichen Rundfunks möglich sein.

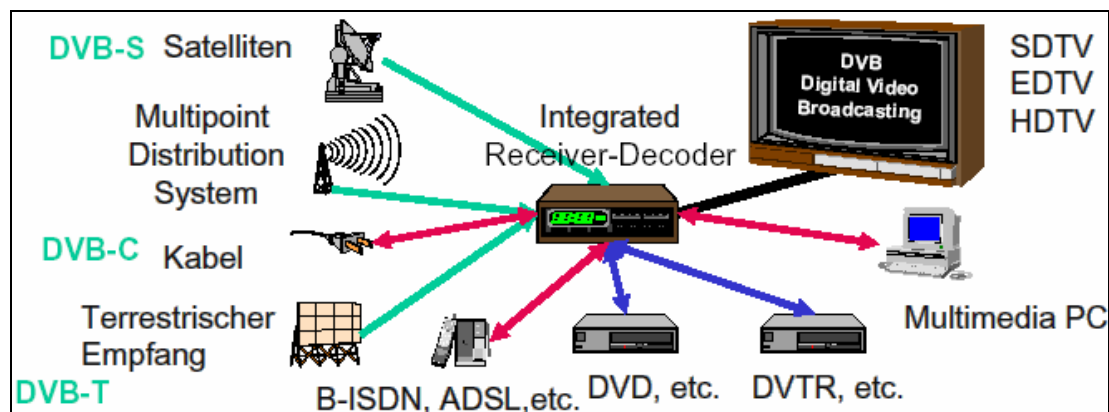


Abbildung 4-8: Diverse Hardware für DVB

4.6. Zusammenfassung

Die Digitalisierung mit dem Standard DVB löst die durch die Analogübertragung auftretenden Probleme und systembedingten Einschränkungen hinsichtlich der Ausnutzung des jeweiligen Frequenzbereiches und der Datenmenge auf eine einfache und bequeme Weise.

Es kann mit Sicherheit festgestellt werden, daß die digitale Übertragung mit dem Standard DVB die Nachfolge der traditionellen analogen Rundfunkübertragung antreten wird. Der Status Quo des Rundfunks im Bereich der Informationsverteilung und des Angebots im Entertainment wird nicht nur erhalten, sondern durch neue Geschäftsmodelle ausgebaut. So ermöglicht die Einführung des DVB-H (Handheld) eine Übertragung auf mobile Endgeräte. Auf diese Weise tritt der DVB-Rundfunkstandard in direkte Konkurrenz mit bestimmten Eigenschaften des UMTS, denn anders als ursprünglich erhofft, ermöglicht UMTS bei weitem nicht die Downloadraten bzw. Bandbreiten für die Übertragung von Fernsehbildern.

I.4. Digitale Übertragung

	UMTS	DAB	DVB
Frequenzen [MHz] (abhängig von nationalen Regelungen)	2000 (terrestrial), 2500 (satellite)	1140-1504, 220-228 (UK)	130-260, 430-862 (UK)
Regulierung	Telekom., lizenziert	Rundfunk, lizenziert	Rundfunk, lizenziert
Bandbreite	5 MHz	1,5 MHz	8 MHz
Effektiver Durchsatz	30-300 kbit/s (pro Nutzer)	1,5 Mbit/s (geteilt)	5-30 Mbit/s (geteilt)
Mobilität	Niedrig bis hoch	Sehr hoch	Niedrig bis hoch
Anwendung	Sprache, Daten	Audio, push Internet, Bilder, einfaches Video	Hochwertiges Video, Audio, push Internet
Abdeckung	Lokal bis regional	regional/national	regional/national
Installationskosten für Flächendeckung	Sehr hoch	Niedrig	Niedrig

Abbildung 4-9: Vergleich von UMTS, DAB und DVB

II. Anhang

1. Quellenverzeichnis

1.1. Literaturverzeichnis

Schiller, Jochen, 2003: [Mobilkommunikation], in: Pearson Studium, 2003

1.2. Quellen im Internet

BVE, [Homepage], URL: <http://www.bve.de>, Abruf 2004-11-21

BVE, Bauverein der Elbgemeinden eG, [Multimediales Wohnen], URL: [http://www.bve.de/de/\(uzphctnm0o1ufz55ysrtf145\)/anwendung/default.aspx/589.html](http://www.bve.de/de/(uzphctnm0o1ufz55ysrtf145)/anwendung/default.aspx/589.html), Abruf 2004-11-21

Martens, [Homepage], URL: <http://www.martens.tv>, Abruf 2004-11-21

Martens, [Digitaler Kabelanschluß], URL: http://www.martens.tv/bericht.php?bericht_id=148&, Abruf 2004-11-21

Martens, [DVB-T] liefert kein Komplettangebot, URL: http://www.martens.tv/bericht.php?bericht_id=142&, Abruf 2004-11-21

o. V., **Wikipedia**, [Analogie], URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Analogie>, Abruf 2004-11-21

o. V., **Wikipedia**, Chronologie des Fernsehens, [Fernsehen], URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Chronologie_des_Fernsehens, Abruf 2004-11-21

o. V., **Wikipedia**, [Digital], URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Digital>, Abruf 2004-11-22

o. V., **Wikipedia**, [DVB-T], URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/DVB-T>, Abruf 2004-11-21

o. V., **Wikipedia**, [Frequenzband], URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Frequenzband>, Abruf 2004-11-21

o. V., **Wikipedia**, [GEZ], URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/GEZ>, Abruf 2004-11-22

o. V., **Wikipedia**, [Hörfunk] URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/H%C3%B6rfunk>, Abruf 2004-11-21

o. V., **Wikipedia**, [MPEG], URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Mpeg>, Abruf 2004-11-22

o. V., **Wikipedia**, [PAL], URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Phase_Alternating_Line, Abruf 2004-11-21

2. Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides Statt, daß ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungskommission vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

Hamburg, 22. November 2004



(Michael Orlean)