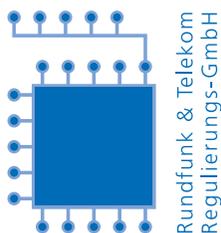


Chancen und Risiken des digitalen Hörfunks für Österreich

Studie 1: Digitalradio in Europa

Studie 2: Die Kosten des digitalen Radios für Österreich



RTR

Chancen und Risiken des digitalen Hörfunks für Österreich

Studie 1: Digitalradio in Europa

LS telcom

Studie 2: Die Kosten des digitalen Radios für Österreich

RTR-GmbH und FH Salzburg

Schriftenreihe der
Rundfunk und Telekom Regulierungs-GmbH

Band 2/2008



Inhaltsverzeichnis

Vorwort	7
---------	---

Studie 1: Digitalradio in Europa

1.	Einleitung	11
2.	T-DAB-Sendernetze	15
2.1	T-DAB-Standorte	15
2.2	Frequenzbereiche für T-DAB	16
2.2.1	Situation für Österreich	18
2.3	T-DAB-Netzausbau	19
2.3.1	Übersicht Europa	19
2.3.2	Deutschland	23
2.3.3	Schweiz	26
2.3.4	Großbritannien	29
2.3.5	Dänemark	32
2.3.6	Finnland	33
2.3.7	Niederlande	34
2.3.8	Frankreich	35
2.3.9	Ungarn	35
2.3.10	Italien	36
2.3.11	Spanien	37
2.3.12	Kanada	37
2.4	Mobiles TV über T-DAB-Netze	38
2.5	Umwidmung der T-DAB-Frequenzbänder	40
2.6	UKW-Abschaltzenarien	41
3.	T-DAB-Multiplex	45
3.1	Multiplex-Plattform	45
3.1.1	Multiplex-Plattformbetreiber	45
3.1.2	Multiplex – Technische Merkmale und Programme	47
3.2	Einfluss des Hörfunkprogramm-Bouquets auf die Akzeptanz	54
3.3	Zusatzdienste	55

4.	Digitalradio-Standards	59
4.1	Verwendete T-DAB-Standards	59
4.2	DAB-IP, DMP-IP und DXB	61
4.3	Alternative Standards	62
4.3.1	HD Radio	62
4.3.2	FMeXtra	67
4.3.3	DRM+	68
4.3.4	Visual Radio	69
4.3.5	Satellitenradio	70
4.4	Übersicht der aktuellen Standards	71
5.	Endgerätemarkt	73
5.1	Heimgeräte	74
5.2	Autoeinbaugeräte	75
5.3	Handhelds (mobile Empfänger)	76
5.4	Empfänger für PCs	76
6.	Mögliche Einführungsszenarien für Digitalradio	79
6.1	Analyse des Status Quo	79
6.2	Mögliche Vorgehensweise	81
7.	Anhang	85
7.1	Abkürzungsverzeichnis	85
7.2	Quellenverzeichnis	86
7.3	Abbildungsverzeichnis	88
7.4	Tabellenverzeichnis	89

Studie 2: Die Kosten des digitalen Radios für Österreich

1.	Einleitung	93
1.1	Hintergrund Ziele, Ausführung	94
1.2	Executive Summary	96
1.3	Beschreibung der Systeme, die in dieser Studie betrachtet werden	99
1.3.1	Das DAB/DAB+ System	99
1.3.2	Das HD Radio™-System	100
2.	Funknetzplanung	105
2.1	T-DAB/DAB+ Versorgungsnetz	105
2.1.1	Grundannahmen und frequenztechnische Voraussetzungen	105
2.1.2	Definition der Versorgungsklassen	106
2.1.3	Planungsgrundlagen	107
2.1.4	Daten zur T-DAB/DAB+ Netzplanung	111
2.2	HD Radio™-Versorgungsnetz	125
2.2.1	Grundannahmen und frequenztechnische Voraussetzungen	125
2.2.2	HD Radio™-Sendeanlagen	126
2.2.3	HD Radio™-Planungsdaten	128
3.	Grundlagen der Kostenanalyse	131
3.1	Zielsetzung	131
3.2	Aufbau des Kapitels	131
3.3	Abgrenzung und wesentliche Annahmen	132
3.3.1	Ein- und Abgrenzung der Betrachtung	132
3.3.2	Wesentliche Annahmen entlang der Sendernetzstruktur	134
3.4	Methodik und Informationsquellen	139
3.4.1	Methodischer Ansatz der Kostenberechnungen	139
3.4.2	Informationsquellen	141
3.5	Hinweise zu Kostengabern	142

4.	Kosten des T-DAB/DAB+ Sendernetzes	145
4.1	Kosten des Multiplexing	145
4.2	Kosten der Signalzuführung	147
4.2.1	Signalzuführung via Satellit	147
4.2.2	Leitungsgebundene Signalzuführung	149
4.2.3	Kosten der Signalzuführung gemäß fiktiver T-DAB/DAB+ Sendernetzplanung	151
4.3	Kosten der Sendeanlagen	152
4.3.1	Kosten ausgewählter Komponenten	152
4.3.2	Kostenanalyse der sieben vordefinierten Sendertypen	154
4.3.3	Gesamtkosten der T-DAB/DAB+ Aufrüstung der Sendestandorte	163
4.3.4	Jährliche Gesamtkosten T-DAB/DAB+ bei Vollkosten- betrachtung	164
4.4	Gesamtkosten des T-DAB/DAB+ Sendernetzes anhand des fiktiven Funknetzplanes	165
4.5	Gesamtkosten pro Programm und technisch erreichbarem Hörer	167
4.6	Kostentreiber und Einsparpotenziale	169
5.	Kosten des HD Radio™ -Sendernetzes am Beispiel der Antenne Salzburg	171
5.1	Ausgangssituation	171
5.2	Kosten der HD Radio™ -Signalzuführung von Antenne Salzburg	173
5.2.1	Signalzuführung via Satellit	173
5.2.2	Leitungsgebundene Signalzuführung	174
5.2.3	Ballempfang	175
5.2.4	Gesamtkosten der HD Radio™ -Signalzuführung	176
5.3	Kosten des HD Radio™ -Senderbetriebs von Antenne Salzburg	177
5.3.1	Sendertyp 1	177
5.3.2	Sendertyp 2	179
5.3.3	Sendertyp 3	180
5.3.4	HD Radio™ -Senderumrüstkosten von Antenne Salzburg	181
5.3.5	HD Radio™ -Vollkostenbetrachtung von Antenne Salzburg	181

5.4	Gesamtkosten pro Programm und technisch erreichbarem Hörer	182
5.5	Kostentreiber und Einsparpotenziale	183
6.	Zusammenfassende Bewertung der Kostenanalyse	185
6.1	Kosten der Einführung und des Betriebs von digitalen terrestrischen Hörfunksystemen	185
6.2	Kostentreiber und Einsparpotenziale	186
7.	Anhang	189
7.1	Literaturverzeichnis	189
7.2	Abkürzungsverzeichnis	189
7.3	Abbildungsverzeichnis	191
7.4	Tabellenverzeichnis	192
	Impressum	194

Vorwort

Wann kommt digitaler Hörfunk nach Österreich?

Nach der Einführung des digitalen Fernsehens bereiten auch wir in Österreich uns auf die Einführung des digitalen Hörfunks vor. Die Frage ist, wann der Start für die Einführung von digitalem Hörfunk in Österreich stattfinden soll. Um diesen Zeitpunkt besser einschätzen zu können, haben das Bundeskanzleramt und die RTR-GmbH zwei Studien in Auftrag gegeben:

Die erste Studie wurde von der Firma LS telcom (Lichtenau, Deutschland) unter dem Titel „Digitalradio in Europa“ erstellt. In dieser Studie werden neun europäische Länder und weiters Kanada im Hinblick auf die mehr oder minder erfolgreiche Einführung des Digitalradios vorgestellt. In keinem dieser Länder ist der Empfang des digitalen Radios mehrheitlich umgesetzt worden. Außerdem meint der Autor dieser Studie, Markus Morgen: „Betrachtet man die momentane Situation in Europa hinsichtlich Digitalradio, scheint sich eine divergente Entwicklung abzuzeichnen, das heißt, es gibt kein einheitliches System wie beim analogen Rundfunk (UKW) in allen Ländern, sondern eher eine Tendenz zu unterschiedlichen Standards in den einzelnen Ländern.“

Die zweite Studie wurde von der RTR-GmbH gemeinsam mit der Fachhochschule Salzburg erstellt, sie befasst sich mit den Kosten eines digitalen Hörfunks für Österreich – einmal im Technologieverfahren DAB+ sowie andererseits als HD-Radio. Grundsätzlich stellt diese Studie klar, dass die Verbreitung des Hörfunksignals über DAB+ um einiges günstiger als jene über UKW durchzuführen ist. Gleichzeitig muss aber bedacht werden, dass die rund zehnjährigen Simulcast-Zeiten (Doppelverbreitung digitales und analoges Radio) zu einer Addition und damit zu deutlichen Mehrkosten führen würde. Diese Mehrkosten hätten entweder die Rundfunkveranstalter oder die öffentliche Hand zu finanzieren.

In einer Vollversammlung der Arbeitsgemeinschaft Digitale Plattform Austria wurden beide Studien präsentiert. In der anschließenden Diskussion mit den österreichischen Hörfunkveranstaltern zeichnete sich mehrheitlich eine abwartende Haltung in Richtung digitaler Hörfunk ab. Kritische Themen waren auf dieser Veranstaltung bzw. sind allgemein die unterschiedlichen Technologien, die langen Simulcast-Zeiten mit den erhöhten Kosten sowie auch die Frage der Meinungsvielfalt für kleinere und nichtkommerzielle Hörfunkveranstalter. Seitens der RTR-GmbH sowie der KommAustria werden wir auf Basis dieser beiden Studien sowie der Ergebnisse der Diskussionsrunde zum digitalen Radio ein Ergebnispapier für die zeitgerechte und dennoch nicht zu frühe Einführung des digitalen Hörfunks in Österreich erarbeiten.

Die beiden Studien wurden von Herrn Markus Morgen, LS telcom, sowie vom Team der Fachhochschule Salzburg unter Leitung von Herrn Hilmar Linder bzw. von Herrn DI Peter Reindl, Abteilungsleiter Frequenzmanagement der RTR-GmbH, erstellt. Ihnen sei an dieser Stelle sehr herzlich für ihre Arbeit gedankt. Weiters gilt an dieser Stelle auch unser herzlicher Dank Herrn HR Franz Prull, stellvertretender Leiter der KommAustria, der die Erstellung der beiden Studien tatkräftig unterstützte.

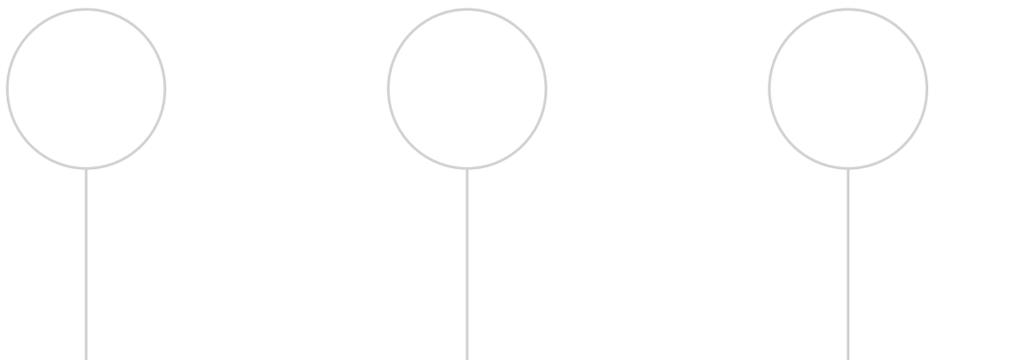
Dr. Matthias Traimer
Abteilungsleiter Medien/
Informationsgesellschaft,
BKA-Verfassungsdienst

Mag. Michael Ogris
Behördenleiter der
Komm Austria

Dr. Alfred Grinschgl
Geschäftsführer des
Fachbereichs Rundfunk
der RTR-GmbH

Studie 1

Digitalradio in Europa



1. Einleitung

T-DAB (Terrestrial Digital Audio Broadcasting) wurde ab 1988 im Rahmen des europäischen Forschungsprojektes Eureka 147 (European Research Commission Agency) entwickelt. Netzbetreiber, Forschungseinrichtungen, Rundfunkanstalten und Firmen waren daran beteiligt, mit dem Ziel, die Einführung des digitalen Hörrundfunks voranzutreiben.

Obwohl die Anfänge fast zwei Jahrzehnte zurückliegen, beschäftigt sich die Fachwelt immer noch in einem großem Maß mit T-DAB bzw. dessen potenziellen Nachfolge-Übertragungssystemen für den Hörrundfunk und es bestehen nach wie vor Unsicherheiten bezüglich des Ausbaus oder Neuaufbaus von T-DAB.

Die Vorteile von T-DAB liegen auf der Hand: Eine digitale Signalaufbereitung nach dem MUSICAM-Verfahren sowie die Übertragung als COFDM-Signal garantieren eine relativ hohe Sprach- und Musikqualität sowie einen nahezu störungsfreien Empfang, auch und vor allem für mobile Empfänger. Das derzeit noch nahezu weltweit in Betrieb befindliche analoge FM-Netz wurde ursprünglich für stationären Empfang ausgelegt, da es in den 1960er-Jahren wenig tragbare oder gar mobile FM-Empfänger gab. Heutzutage sieht die Empfangssituation dagegen deutlich geändert aus. Die große Mehrheit der Bevölkerung empfängt die FM-Programme über tragbare Empfänger (so genannter portabler Empfang) oder mit dem Autoradio.

Wenngleich es üblich ist, FM auch in Fahrzeugen zu empfangen, so sind die Probleme (Störungen durch Interferenzen und Fading), vor allem in topografisch schwierigem Gelände, nicht von der Hand zu weisen.

Hinzu kommt die Tatsache, dass T-DAB gegenüber FM weitere Vorteile bietet, nämlich eine hohe Frequenzökonomie, was letztlich eine größere Anzahl von Programmen bedeutet, sowie die Möglichkeit, zusätzliche Informationen zu übertragen. Eine deutlich größere Programmanzahl bedeutet, dem Endnutzer eine breitere Auswahl anzubieten, jedoch kann diese Entwicklung sehr rasch an wirtschaftliche Grenzen stoßen, die eine Finanzierung der Programme schwierig gestaltet. Für die Netzbetreiber dagegen ergibt sich die Möglichkeit, durch den Einsatz dieses digitalen

Standards frequenzökonomisch (durch die Bildung von so genannten SFNs: Single Frequency Networks) die Versorgung mit nur einer Frequenz für größere Gebiete zu erzielen.

Betrachtet man diese ganzen Vorteile von T-DAB gegenüber FM, so liegt die Vermutung nahe, dass sich diese Technologie mit großem Erfolg hätte durchsetzen müssen. Da dies jedoch nicht der Fall ist, stellt sich die Frage, was den Durchbruch von T-DAB in den meisten Ländern verhindert hat und somit den allgemeinen analogen „Turn Off“ in noch ferne Zukunft schiebt. Neben den bekannten Argumenten (zu hoher Endgerätepreis, mangelnder Kundennutzen aufgrund der relativ hohen FM-Klangqualität, hohe Kosten vor allem im Simulcast-Betrieb) kann es auch noch länderspezifische Umstände geben, die in dieser Studie näher betrachtet werden sollen.

So stellt sich z.B. die Frage, welche Rolle der Netzausbau bzw. die Versorgungsqualität und auch der Programminhalt spielen können.

Hinzu kommt neben der Tatsache, dass T-DAB sich nur relativ schlecht am Markt etablieren konnte, ein weiterer Umstand, der den Erfolg dieses Dienstes mit beeinflusst hat, nämlich neue Übertragungsstandards wie z.B. DAB+, DRM+, HD Radio und FMExtra. Diese Vielfalt an möglichen Technologien erschwert es den Verantwortlichen, sich für „das optimale“ System zu entscheiden. Jedes weist bei den diversen Eigenschaften Vor- und Nachteile auf. Hier scheint sich in Europa eine divergente Entwicklung abzuzeichnen, d.h. nicht wie beim analogen FM (UKW) ein einheitliches System in allen Ländern, sondern eher eine Tendenz zu unterschiedlichen Standards.

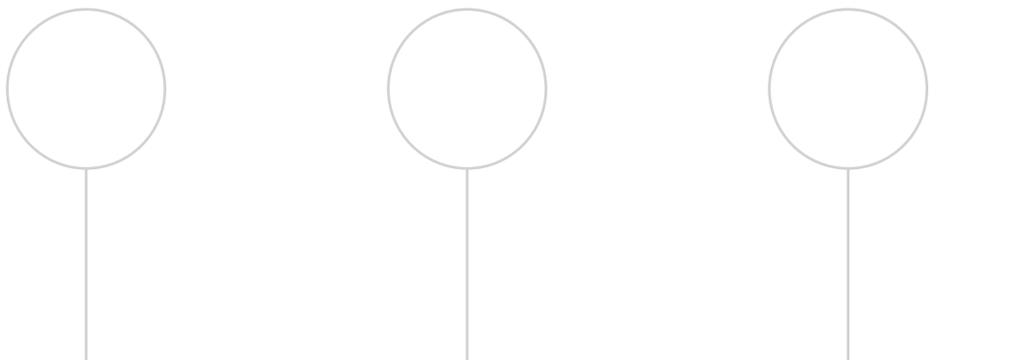
Diese Studie befasst sich mit der Entwicklung von T-DAB in verschiedenen europäischen Ländern und Kanada. Vor allem werden dabei die Bereiche „Netzstruktur“, „Inhalte“ und „Standards“ in den ausgewählten Ländern näher untersucht. Die Beleuchtung der Situation von digitalem Radio in Europa soll auch als Hilfe bei der Entscheidung hinsichtlich der Digitalisierung des Hörfunks in Österreich dienen.

Folgende Länder werden bei dieser Studie betrachtet:

- Dänemark
- Deutschland
- Finnland
- Frankreich
- Großbritannien
- Italien
- Niederlande
- Schweiz
- Spanien
- Ungarn und
- Kanada.

In diesem Dokument wird der ursprüngliche Digitalradio-Standard nach Eureka 147 in der Regel als „T-DAB“ bezeichnet. Wir weisen darauf hin, dass in zahlreichen Veröffentlichungen „DAB“ als Kürzel dafür verwendet wird. Sofern hier aus solchen Quellen zitiert wird, wurde es bei „DAB“ belassen. Prinzipiell sind beide Varianten zulässig.

Für den Nachfolge-Codec DAB+, welcher im Folgenden auch behandelt wird, wird jedoch kein T vorangestellt.



2. T-DAB-Sendernetze

2.1 T-DAB-Standorte

Ein wichtiger Aspekt bei der Frage, welche Kosten für den Aufbau eines Funknetzes entstehen, ist primär die Anzahl der benötigten Senderstandorte. Es ist klar, dass jeder Sendernetzbetreiber die Anzahl der Standorte so gering wie möglich hält und dabei vor allem auf eigene bzw. andere, bestehende Standorte zurückgreift.

Da T-DAB sich frequenztechnisch etwa in dem selben Bereich (VHF) befindet wie FM und TV, besteht in den meisten Ländern bereits eine relativ gut ausgebaute Senderstruktur, die für T-DAB ebenso genutzt werden kann.

Für die Länder Großbritannien, Dänemark, Schweiz und Deutschland, welche die vier Länder mit dem größten Versorgungsgrad für T-DAB in Europa sind, kann man sagen, dass uns keine Fälle bekannt sind bzw. genannt wurden, bei denen explizit neue Standorte für T-DAB gebaut wurden. Für die anderen Länder können mangels Information keine eindeutigen Aussagen getroffen werden.

Ursprünglich wurde T-DAB als Service für den Mobilempfang entwickelt. Der neue digitale Genfer Wellenplan aus dem Jahre 2006 (GE06) sieht als zusätzliche Möglichkeit den portablen Indoor-Empfang vor. In der Schweiz, bei dessen Netzaufbau wir seit Jahren involviert sind, wird bei der Realisierung des Sendernetzes ein Empfang innerhalb von Gebäuden angestrebt. Selbst bei diesen höheren Anforderungen des portablen Indoor-Empfangs – im Gegensatz zum Mobilempfang – erfolgt in der Schweiz die Realisierung auf der Basis der Nutzung der bestehenden Sendernetzinfrastruktur.

2.2 Frequenzbereiche für T-DAB

Dieses Kapitel gibt Informationen darüber, welche Frequenzbänder in den untersuchten Ländern für T-DAB-Ausstrahlungen verwendet werden und gegebenenfalls welche regionalen Besonderheiten dabei bestehen.

Aus der Planungskonferenz für den Digitalen Audiorundfunk „Wiesbaden 95“ erhielten die europäischen Staaten die Möglichkeit, T-DAB jeweils in zwei landesweiten Bedeckungen auszustrahlen (Layer 1: Band III, Layer 2: L-Band). Eine Ausnahme machte dabei Frankreich, da hier beide landesweiten Layer im L-Band vorgesehen waren und man erst später (Genf 06) auch Band III für T-DAB vorsah.

In allen untersuchten Ländern Europas wird das Digitalradio über die Frequenzen von Band III (174 MHz – 230 MHz) ausgestrahlt. In wenigen Ländern wird auch über L-Band (1452 MHz – 1492 MHz) punktuell gesendet. T-DAB-Aussendung via L-Band bildet also die Ausnahme, was sich leicht erklären lässt, denn die sowieso kostenaufwändige Einführung von T-DAB würde durch den großflächigen Betrieb im L-Band wesentlich verteuert.

Das Sendernetz müsste aufgrund der geringeren Reichweite und der höheren Dämpfung durch Gebäude in diesem höheren Frequenzbereich wesentlich engmaschiger und damit wesentlich teurer sein. [1, 5]*

Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick, welche Frequenzbänder in den untersuchten Ländern für die T-DAB-Ausstrahlung zum Einsatz kommen.

* Im folgenden Text wird in eckigen Klammern auf das Quellenverzeichnis (siehe Kapitel 7.2 auf Seite 86) verwiesen.

Land	VHF - Band III	L-Band
Deutschland	flächig	punktuell
Schweiz	flächig	
Großbritannien	flächig	
Dänemark	flächig	
Finnland		
Niederlande	flächig	
Frankreich	punktuell	punktuell
Ungarn	punktuell	
Italien	flächig	
Spanien	flächig	
Kanada		punktuell

Tabelle 1: Verwendete Frequenzbänder für T-DAB

Hinsichtlich der benutzten Sendeleistungen (ERP) kann man sagen, dass diese sich in Europa im Großen und Ganzen im Bereich zwischen wenigen Watt (lokale L-Band-Versorgung, z.B. für Einkaufszentren und Bahnhöfe) und einigen Kilowatt ERP bewegen, sowohl bei VHF und auch im L-Band. Einige wenige Sender sind mit bis zu 10 kW in Betrieb, die meisten liegen jedoch bei ca. 500 W – 2 kW.

Der Grund für diese, im Vergleich zu analogem Rundfunk eher geringe Sendeleistung, liegt in der höheren Empfindlichkeit beim Empfänger bzw. der allgemein größeren Robustheit bei digitalen Übertragungen. Hinzu kommt die Tatsache, dass bei T-DAB in der Regel SFNs (Single Frequency Networks) zum Einsatz kommen, was letztlich eine „harmonischere“ Verteilung der Feldstärken zur Folge hat als wenige leistungsstarke Analogsender.

Ob ein T-DAB-Netz für Indoor-Empfang nutzbar ist, hängt von diversen Parametern ab. Während z.B. das analoge FM-Netz ursprünglich nur für Dachempfang in 10 m Höhe definiert und ausgebaut war, hat man T-DAB konkret für mobilen Empfang konzipiert. Später dann bei der RRC 06 wurde zusätzlich ein Empfang für portable indoor vorgesehen.

Prinzipiell haben Faktoren, wie z.B. Senderdichte, Sendeleistung, Bebauung und Topografie Einfluss auf die Empfangsfeldstärken. Auch die Art des Gebäudes, in dem sich der Empfänger befindet, spielt eine große Rolle.

Neubauten aus Beton mit metallbedampften Scheiben sind hierbei wesentlich kritischer zu bewerten als z.B. Einfamilienhäuser aus Stein oder Holz. 10 bis 20 dB sind gängige Werte, die man beaufschlagen muss, wenn man portable indoor als Empfangsart vorsieht im Vergleich zu mobilem Empfang. Dementsprechend muss das Netz dann auch konfiguriert sein, d.h. höhere Sendeleistungen und/oder eine größere Senderanzahl.

2.2.1 Situation für Österreich

Für Österreich wurden drei VHF-Layer und zwei L-Band-Layer zugeteilt. Abbildung 1 zeigt exemplarisch den zweiten VHF-Layer. Abbildung 2 zeigt beispielhaft die Allotment-Verteilung im L-Band. Hier soll es einen Layer geben, der sich nach den Bundeslandgrenzen richtet, und einen, der eher den Bezirksgrenzen folgt.

Gleiche Farben indizieren jeweils denselben Frequenzblock.

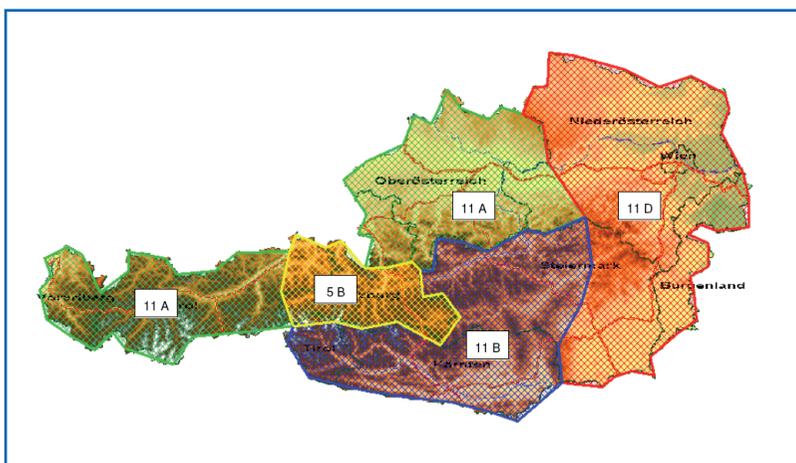


Abbildung 1: Zweiter VHF-Layer für T-DAB in Österreich

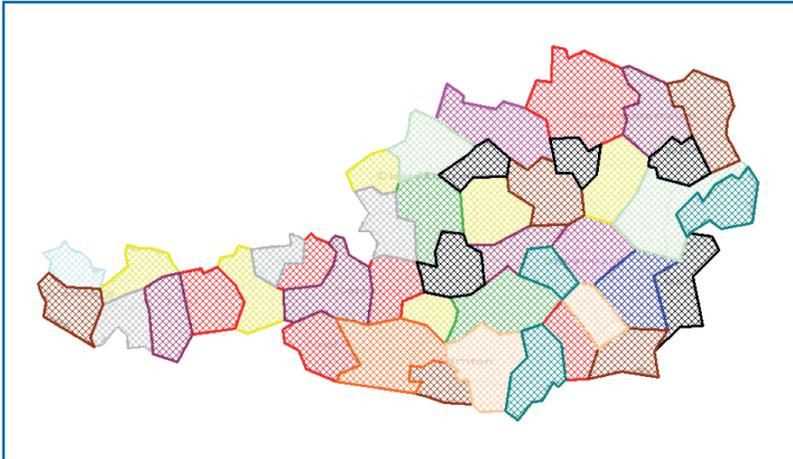


Abbildung 2: Allotment-Unterteilung des L-Bands

2.3 T-DAB-Netzausbau

Dieses Kapitel beschreibt die bisherigen Entwicklungen von T-DAB in den ausgesuchten Ländern Europas und gibt deren heutigen Versorgungsgrad – bezogen auf die Bevölkerung – wieder. Hohe Werte beim Versorgungsgrad können aber nicht als Indikator für erfolgreichen T-DAB-Betrieb gesehen werden, denn der Erfolg von T-DAB ist eher an Hörerzahlen bzw. der Zahl verkaufter T-DAB-Empfänger ablesbar.

2.3.1 Übersicht Europa

Folgende Abbildung gibt einen Überblick über die bisherige Aktivität der einzelnen europäischen Länder bezüglich T-DAB. [4]

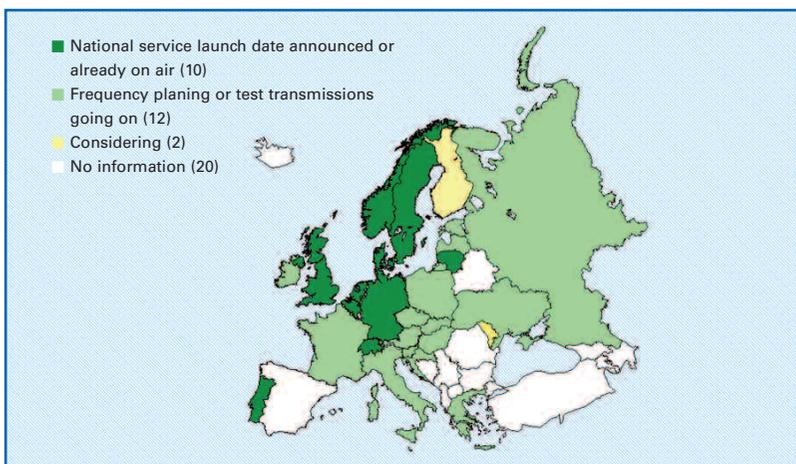


Abbildung 3: T-DAB-Entwicklungsstand in Europa (Stand 13.04.2006)

Auf der Basis der verfügbaren Informationen wurde die nachfolgende Tabelle als Übersicht zur T-DAB-Versorgung in Europa (Stand: Mitte 2007) erstellt. [1, 10]

Land	Haushalte (Mio.)	% Versorgungsgrad Bev. (outdoor)	Versorgungsphilosophie	Empfangsgeräte	
				Anzahl	% Haushalte ca.
Deutschland	35,0	82	flächig	550.000	1,5
Schweiz	3,3	90	flächig	50.000	1,5
Großbritannien	25,0	85	flächig	6.450.000	25
Dänemark	2,5	90	flächig	500.000	20
Finnland	1,95	-	-	-	-
Niederlande	6,4	70	flächig	unbekannt	-
Frankreich	22,6	20	punktuell	gering	-
Ungarn	3,5	30	punktuell	unbekannt	-
Italien	20,4	50	flächig	5.000	0,025
Spanien	14,4	55	flächig/punktuell	7.000	0,05
Kanada	13,0	35	punktuell	-	-

Tabelle 2: Übersicht T-DAB-Versorgung in Europa und Kanada

Betrachtet man die Versorgungssituation für die untersuchten Länder, so ist erkennbar, dass in keinem der Staaten auch nur annähernd eine vergleichbare Digitalradiodurchdringung der Haushalte wie mit FM erreicht wird. Insbesondere wenn man bedenkt, dass üblicherweise jeder Haushalt mehrere FM-Empfänger aufweist. Prinzipiell zeichnet sich eine Situation ab, die sich in drei Kategorien einteilen lässt:

1. Länder, die eine hohe T-DAB-Abdeckung haben und auch eine relativ große Hörerakzeptanz (Großbritannien, Dänemark),
2. Länder, die eine relativ hohe T-DAB-Abdeckung haben, jedoch nur eine geringfügige Akzeptanz bei der Bevölkerung (z.B. Deutschland, Niederlande, Schweiz, bedingt Spanien und Italien),
3. Länder, in denen T-DAB generell (noch) keine wesentliche Rolle spielt (Frankreich, Ungarn, ...) bzw. wo man sich sogar von T-DAB wieder verabschiedet hat (Finnland).

Ein weiterer, interessanter Aspekt stellt die Frage dar, wie denn das Verhältnis zwischen der Gesamtzahl der vorhandenen analogen FM- und der DAB-Empfänger in den einzelnen Ländern ist.

Für Deutschland wird die Zahl von ca. 250 – 300 Mio. FM-Empfängern genannt, die sich auf alle Haushalte verteilen. [44, 45] Hierunter fallen nicht nur die stationären Empfänger (z.B. HiFi-Anlage), sondern vor allem tragbare Geräte, die sich auf die einzelnen Zimmer der Haushalte verteilen (Bad, Küche, Schlafzimmer etc.) und nicht zuletzt die Empfänger für Fahrzeuge oder auch tragbare Empfänger für unterwegs. Für Deutschland ergibt dies eine durchschnittliche Empfängerzahl pro Haushalt von ca. sieben. Diese mittlere Anzahl von Empfängern kann in den verschiedenen Ländern sicherlich schwanken, wenngleich die Tendenz grundlegend ähnlich sein wird.

Die folgende Tabelle weist die entsprechend der obigen Tabelle 2 genannten Zahlen für die DAB-Empfänger aus, sowie die geschätzten Werte für die Analoggeräte, jedoch nur für die Länder, für welche die Zahlen der Digitalempfänger zu ermitteln waren.

Land	Haushalte (Mio.)	Digitalgeräte	Analoggeräte (Gesamtzahl)	Verhältnis digital – analog in % gerundet
Deutschland	35,0	550.000	245.000.000	0,2
Schweiz	3,3	50.000	23.100.000	0,2
Großbritannien	25,0	6.450.000	175.000.000	4
Dänemark	2,5	500.000	17500.000	3
Italien	20,4	5.000	142.800.000	0,004
Spanien	14,4	7.000	100.800.000	0,007

Tabelle 3: Vergleich geschätzte Anzahl digitale und analoge Empfänger

Wenngleich es sich nur um geschätzte Werte handelt, die Schwankungen unterliegen, so erkennt man deutlich die Tendenz und welches Missverhältnis teilweise in den einzelnen Ländern zwischen den Werten für die verkauften Empfängertypen (analog/digital) besteht.

Man sollte jedoch berücksichtigen, dass jemand, der sich bewusst für einen Digitalempfänger entschieden hat, sicherlich in der Regel eine höhere durchschnittliche Nutzung pro Tag haben wird, als ein herkömmlicher Analogempfänger.

Im Folgenden werden die untersuchten Länder detailliert beschrieben. Dabei wird nicht nur T-DAB betrachtet, sondern auch andere Dienste wie DAB+, DVB-H, etc., sofern dies für die Einschätzung der Gesamtsituation von Relevanz sein könnte.

Es wurden hierzu intensive Internetrecherchen durchgeführt, sowie Informationen aus umfangreichen Anfragen an die Betreiber verwendet.

2.3.2 Deutschland

Die Flächenversorgung mit Digitalradio liegt in Deutschland bei über 80 %. Im Auto kann T-DAB auf mehr als 90 % der Autobahnstrecken empfangen werden. Deutschlandweit gibt es fast 100 digitale Radioprogramme, aber erst lediglich ca. 550.000 T-DAB-Empfangsgeräte. Wenn der T-DAB-Netzausbau in Norddeutschland abgeschlossen ist, wird man Digitalradio fast flächendeckend in ganz Deutschland empfangen können.

Ein Problem stellt derzeit noch die geringe Sendeleistung im T-DAB dar. Wegen möglicher Störungen des benachbarten Kanals 13, der teilweise durch das Militär genutzt wird, wurde bisher die Sendeleistung für T-DAB im Kanal 12 auf 1 kW eingeschränkt. Um aber einen – unter allen Bedingungen – stabilen T-DAB-Empfang zu gewährleisten, werden nach Expertenmeinung 5 bis 10 kW benötigt. Die Genehmigung der Anhebung der Sendeleistung steht teilweise noch aus.

Laut Pressemitteilung vom 23.11.2007 der Bundesnetzagentur liegt nun die Erlaubnis für die Leistungserhöhungen von bisher 1 kW auf 4 bis 10 kW in Bayern bereits vor und es ist zu erwarten, dass dies auch in den anderen Bundesländern bald möglich sein wird.

Lokale T-DAB-Angebote gibt es zusätzlich zum überregionalen Ensemble in vielen deutschen Städten: Augsburg, Berlin, Frankfurt am Main, Halle, Hamburg, Ingolstadt, Ludwigshafen, Magdeburg, Mainz, München, Nürnberg, Regensburg, Saarbrücken, Saarlouis, Schwerin, Völklingen und Würzburg.

So zögerten bisher auch viele Automobilhersteller mit der Einführung neuer T-DAB-Autoradios ab Werk, weil sie keinen ausreichenden Empfang mit ihren empfangsschwächeren Heckscheibenantennen in unterversorgten Gebieten befürchteten. Vielleicht zu Unrecht, wie die Beispiele von Audi und Opel zeigen – beide Hersteller gehören zu den Pionieren auf dem deutschen Markt, die bereits T-DAB-Autoradios in Erstausrüstung anbieten. Allerdings ist die höhere Sendeleistung von 5 bis 10 kW in besonders topografisch ungünstigen Gebieten (Hügel, Berge, Häuserschluchten) und vor allem innerhalb von Gebäuden für einen ausreichend guten Empfang unerlässlich. Nachfolgende Abbildung gibt einen Überblick über die momentane T-DAB-Versorgungssituation in Deutschland. [3]



Abbildung 4: Grafische Übersicht T-DAB-Versorgung in Deutschland
(beige = versorgt)

Trotz der schon beträchtlichen Anstrengungen zur Einführung von T-DAB und der bereits bestehenden großflächigen Versorgung gibt es auch in Deutschland einige negative Tendenzen, welche besonders das Engagement der privaten Rundfunkveranstalter betrifft. So stiegen in letzter Zeit mehrere Privatradioveranstalter aus der T-DAB-Ausstrahlung aus, nachdem sich die finanzielle Situation hierfür verschlechtert hat.

Dies ist dadurch begründet, dass z.B. die Landesmedienanstalten Baden-Württembergs, Thüringens und die von Sachsen ihre Fördermittel für T-DAB beträchtlich oder komplett gestrichen haben. Somit sind beispielsweise in Baden-Württemberg keine privaten Radioveranstalter mehr über T-DAB im VHF-Bereich „on air“.

Auch die KEF (Kommission zur Ermittlung des Finanzbedarfs der Rundfunkanstalten) hat sich gegen eine weitere finanzielle Förderung des so genannten „Entwicklungsprojekts DAB“ ausgesprochen. [23] Die KEF führt dabei an, dass in den 1980er-Jahren, als man mit den ersten Schritten hin zur Digitalisierung des Hörrundfunks begann, die neuen

Medien (Internetradio, MP3-Player, Satellitenradio etc.) nur unwesentlich bzw. gar nicht existierten. Somit war der damalige, analoge Hörfunk quasi konkurrenzlos, was seine Digitalisierung aus damaliger Sicht wesentlich attraktiver erscheinen ließ. Mittlerweile sieht man DAB somit einer mächtigen Konkurrenz von neuen Medien ausgesetzt, was den Durchbruch von DAB zusätzlich erschweren wird.

Sollte sich jedoch ein Konsens zwischen den öffentlich-rechtlichen und privaten Programmanbietern sowie den Endgeräteherstellern abzeichnen, um einen erneuten Anlauf zur Digitalisierung der Hörfunks zu starten (so genannter Big Bang), wird eine weitere finanzielle Förderung in Aussicht gestellt.

Konträrer kann die Situation momentan in Deutschland also kaum sein und man erkennt, dass T-DAB in Deutschland noch weit davon entfernt ist, ein selbsttragender Markt zu sein. [3, 6]

Auf einigen Websites [32, 33, 34] ist die derzeitige Situation Deutschlands gut beschrieben. Diese zeigen auf, dass es keine ultimative Lösung gibt, sondern ebenso eine große Unsicherheit vorherrscht – wie auch in den meisten anderen Ländern Europas hinsichtlich Digitalradio. Beachtenswert ist die weitere Entwicklung in Deutschland auf alle Fälle, denn der erwähnte „Big Bang“ wird, sofern man sich darauf einigt, in einer relativ kurzen Zeitspanne wirken.

Dieser „Big Bang“ ist eine Art Masterplan und beginnt mit dem sogenannten „Call for interest“, bei dem ermittelt wird, welche der potenziellen Teilnehmer überhaupt bereit wären, sich an dem Projekt zu beteiligen. Bei entsprechender Resonanz folgt dann eine Prozedur, die jeder der beteiligten Parteien ihre spezielle Aufgabe (rechtliche und technische Aspekte) zuweisen, die innerhalb einer genau definierten Zeitspanne zu erledigen sind und die erfolgreiche Einführung von Digitalradio gewährleisten soll.

Die Arbeitsgemeinschaft der Landesmedienanstalten (ALM) verabschiedete hierfür im November 2007 „Leitlinien für eine zukünftige Gestaltung des terrestrischen Hörfunks in Deutschland“. Darin wird für Weihnachten 2009 ein Relaunch mit zunächst drei Bedeckungen vorgesehen (eine bundesweite, eine an Ländergrenzen orientierte und eine regionale, die sich eventuell auch an Ländergrenzen orientiert). Weiter

beschreibt dieses Konzept, dass aufgrund von Erfahrungen aus der Vergangenheit und Einführungserfolgen in z.B. Großbritannien, folgende Voraussetzungen erfüllt sein müssen:

- verlässlicher flächendeckender Inhouse- und Mobilempfang in hoher technischer Qualität,
- ausreichendes Geräteangebot für alle Marktsegmente,
- inhaltlich deutlich mehrwertiger gegenüber dem UKW-Angebot (Exklusivprogramme),
- große Kommunikationskampagne, konzentriert durch alle Marktbe- teiligten, Länder und Landesmedienanstalten.

Des Weiteren soll der UKW-Hörfunk zur Sicherstellung der wirt- schaftlichen Basis und unter Berücksichtigung der Verbreitung von UKW- Empfangsgeräten nicht bis 2015 abgeschaltet, sondern zunächst noch für die Radiogrundversorgung genutzt werden.

Es ist vorgesehen, dass zumindest die neuen Bedeckungen mit dem effektiveren System DAB+ betrieben werden, welches ermöglicht, in einem Multiplex mehr Programme als bei T-DAB zu übertragen.

Es muss bei einem „Umstieg“ von T-DAB hin zu DAB+ jedoch bedacht werden, dass dann die bereits verkauften T-DAB-Empfänger „wertlos“ würden, denn diese können das DAB+ Signal nicht dekodieren. Dass dies gerade die Kunden trifft, die frühzeitig Vertrauen in das Digitalradio gesetzt haben, ist natürlich kein erfreulicher Umstand.

2.3.3 Schweiz

Die T-DAB-Versorgung in der Schweiz liegt derzeit bei über 90 % der Bevölkerung und der Ausbau ist bereits für eine 100%-ige Bevölkerungs- versorgung bis 2010 geplant.

Der erste exklusiv auf T-DAB ausgestrahlte Kanal (ein klassisches italie- nischsprachiges Musikprogramm genannt „Radio Svizzera Classica“) wurde im Mai 2007 im italienischsprachigen Teil der Schweiz eingeführt. Die Schweizer Rundfunkgesellschaft SRG SSR idée suisse erhielt am

27.06.2007 die Freigabe vom Schweizer Nationalrat zur Einführung zweier neuer exklusiver T-DAB-Programme. Einer ist ein Nachrichtenkanal (DRS 4 News), der andere ein englischsprachiges Programm, genannt „World Radio Switzerland“ (seit November 2007).

Die T-DAB-Versorgung wächst rapide, neue Sender gehen beinahe wöchentlich in Betrieb. Der letzte große Netzwerkausbau fand in den Berner Alpen, einer touristisch wichtigen Region, statt, wo elf neue Sender am 05.07.2007 in Betrieb gingen.

Erwartet wird, dass kommerzielle Radio- und Medienveranstalter ihr erstes T-DAB-Ensemble im deutschsprachigen Teil der Schweiz im Laufe des Jahres 2008 ausstrahlen. Es wurden ihnen acht exklusive T-DAB-Lizenzen für neue, kommerzielle Kanäle zugesichert. Hierfür kommt wohl DAB+ Technologie zur Anwendung.

Die Anzahl der Einzelhändler, welche T-DAB-Empfänger vertreiben, hat sich im vergangenen Jahr verdoppelt. Die Anzahl der Empfänger im Markt hat sich dabei um ca. 30 % erhöht. Letzte Umfragen ergaben auch eine rapide Erhöhung der Hörerzahlen. Die Hörerzahlen vom T-DAB-ausgestrahlten „Radio Swiss Jazz“ wuchsen von 3 % auf 10 % innerhalb eines Jahres. [1, 10, 41]

Die drei nachfolgenden Abbildungen zeigen den Ausbauplan, den Standortplan und die damit erreichte Versorgung von T-DAB Schweiz (Layer I). [7]

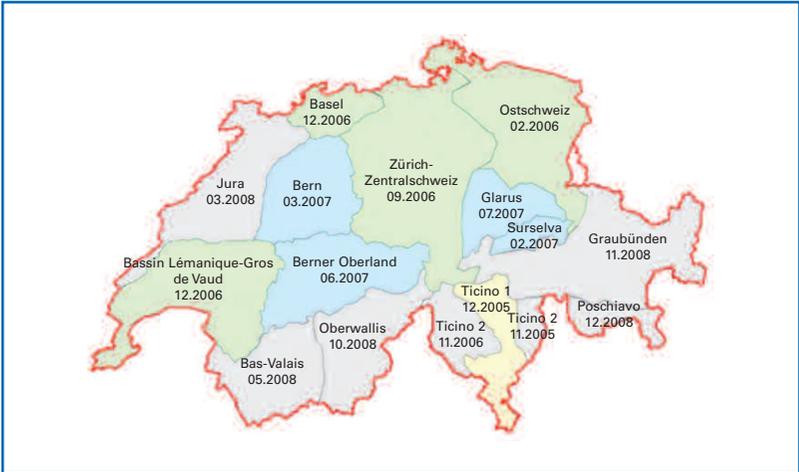


Abbildung 5: Ausbauplan Schweiz (Stand 01.08.2007),
Quelle: SRG SSR idée suisse

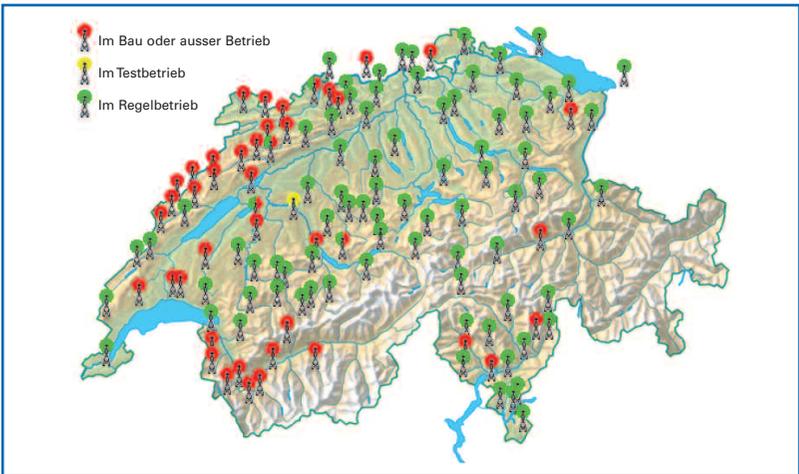


Abbildung 6: T-DAB-Standortplan Schweiz (Stand 13.12.2007),
Quelle: <http://www.dab-digitalradio.ch>



Abbildung 7: T-DAB-Versorgung Schweiz (Stand 12.07.2007),
 Quelle: SRG SSR idée suisse

Nach einer Pressemeldung vom 06.03.2008 hat das Bundesamt für Kommunikation (BAKOM) der SwissMediaCast AG die technische Bewilligung (Funkkonzession) für die Verbreitung von neuen digitalen Radioprogrammen in der Deutschschweiz erteilt. Somit sind die rechtlichen Voraussetzungen erfüllt, damit die neue digitale Radioplattform mit 18 Programmen den Betrieb aufnehmen kann. Der Start ist für Herbst 2008 geplant. [42]

Trotz der Erfolge bezüglich zügigem und plangemäßigem Ausbau des T-DAB-Netzes in der Schweiz muss auch hier erwähnt werden, dass die Verbreitung von T-DAB-Empfängern lediglich bei unter 2 % der Schweizer Haushalte liegt.

2.3.4 Großbritannien

Betrachtet man die Entwicklung von T-DAB, so stellt Großbritannien fast ein Novum dar. Schon seit Jahren erlebt T-DAB dort einen Boom mit mehr als 6 Mio. verkauften T-DAB-Empfängern, was etwa 25 % der britischen Haushalte entspricht. [22]

Allerdings relativieren sich die Zahlen, wenn man sich die Analysen genauer ansieht. RAJAR (Radio Joint Audience Research) hat detaillierte Auswertungen zum britischen Hörerverhalten und zu den verschiedenen Empfangsarten veröffentlicht. [40]

Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Hörer auf die Plattformen „analog“ und „digital“:

in %	Sept. 2007	Dez. 2007
AM/FM	71,1	74
digital gesamt	15,0	16,6
DAB	8,6	9,9
DVB-T	3,0	3,1
Internet	1,6	1,9
digital unbekannt	1,9	1,7
Unbekannt	13,9	9,4

Tabelle 4: Verteilung der Hörer analog und digital in %

■ analog ■ digital gesamt ■ digital

Man erkennt, dass innerhalb eines Quartals die Hörerzahlen für T-DAB zwar angestiegen sind, jedoch gilt selbiges auch für den analogen Bereich. Dies bedeutet, dass noch keine echte Verlagerung der Empfangsart hin zu digital stattfindet. Interessant ist auch, dass nur 9,9 % angeben, DAB als Plattform zu nutzen, obwohl die Durchdringung der Haushalte mit DAB-Empfänger mit 25 % angegeben wird. Dies könnte daran liegen, dass üblicherweise jeder Haushalt mehrere FM-Empfänger (Auto, Küche, Wohnzimmer, Schlafzimmer, Bad, ...) aufweist.

Neben einer weiteren Steigerung der Versorgung auf bereits mehr als 85 % der britischen Bevölkerung, inklusive des britischen Autobahnnetzes, beginnt man nun auch mit der Einbindung neuer Dienste. Ein einzigartiger on demand-Digitalmusik-Downloaddservice, genannt Cliq, soll über T-DAB bereitgestellt werden.

Auf der englischen Homepage <http://digitalradio.com> kann man nachlesen, dass etwa dreimal mehr digitale T-DAB-Programme angeboten werden als FM-Programme. Dies dürfte einer der Hauptgründe für den relativ großen Erfolg von T-DAB in Großbritannien sein.

Im Juli 2007 teilte die britische Regulierungsbehörde Ofcom den zweiten nationalen T-DAB-Multiplex der 4 Digital Group Limited zu. Zu den Beteiligten dieses Konsortiums gehören die Betreiber der Programme Channel 4, Sky News, Emap, UTV und The Carphone Warehouse & UBC.

Diese Lizenz ermöglicht der 4 Digital Group, Hörfunk und Multimedia-dienste zu verbreiten. Diese und weitere lokale Lizenzen werden eine Steigerung der Anzahl an nationalen und lokalen T-DAB-Diensten in Großbritannien in den nächsten drei Jahren zur Folge haben.

Dabei werden zehn neue Hörfunkprogramme wie Jugendprogramme, Nachrichtensender, Verkehrsnachrichten, Sprachen und Veranstaltungen, asiatischsprachige Dienste, Frauenprogramme, Kinderprogramme oder Ähnliches ausgestrahlt. Es gibt auch Pläne zur Ausstrahlung von Podcasts (Mediendateien) via DAB+.

4 Digital Group plant innerhalb der nächsten zwölf Monate die Einführung von acht nationalen Programmen und neun Podcasts und schätzt dabei die Versorgung auf ca. 86 %. Dabei ist ein Budget von BPF 4.500.000 für die ersten drei Jahre vorgesehen.

Entwicklungen wie T-DAB-Empfänger in Handys, Docking Stations mit T-DAB und die größere Einbeziehung von T-DAB in MP3-Player haben zum Erfolg von T-DAB in Großbritannien beigetragen.

Etwa 90 lokale Radiosender sind, entweder aufgrund fehlender Kapazitäten der lokalen T-DAB-Multiplexe oder wegen der hohen Kosten, nicht in der Lage, über T-DAB zu senden. Ihnen bleibt somit nur die bisherige Verbreitung über FM. [1, 10]

Interessant ist der Umstand, dass man in Großbritannien den Schwerpunkt auf eine maximal mögliche Anzahl von Programmen legt und weniger auf die Klangqualität. Kritiker bemängeln die nahezu komplette Übertragung aller Kanäle mit nur 128 kbit/s, was nicht konform mit der ursprünglich angedachten „nahezu CD-Qualität“ sei.

Erwähnenswert ist auch die Tatsache, dass man sich nach enttäuschenden Erfahrungen von T-DMB in England wieder verabschiedet hat [11]. Die Kernaussage war dabei, dass es keinen Sinn macht, einfach nur die regulären TV-Programme mobil anzubieten, sondern dass man spezielle Programme anbieten muss, die auf die Bedürfnisse und Interessen dieser Zielgruppen ausgerichtet sind (Sport, News, Soaps etc.).

2.3.5 Dänemark

Die T-DAB-Versorgung (outdoor) liegt derzeit bei gut 90 % der dänischen Bevölkerung (indoor: 80 %).

Über zwei VHF-Multiplexe wird ein Mix aus öffentlich-rechtlichen und kommerziellen Programmen über ein Sendernetz von 55 Standorten ausgestrahlt. Im Laufe des Jahres 2008 werden die öffentlich-rechtlichen und die kommerziellen Programme dann separat über jeweils einen Multiplex gesendet. Die Rundfunkveranstalter und die weiteren beteiligten Firmen haben die Interessengemeinschaft „DAB Danmark“ gebildet.

Wegen des dichten T-DAB-Netzes würde die Realisierung von DMB-Diensten in Dänemark keine Probleme bereiten.

Laut WorldDMB August bis September 2007 haben nun bereits 1 Mio. Dänen im Alter von mehr als zwölf Jahren Zugriff auf einen T-DAB-Empfänger, was etwa 20 % der Einwohner entspricht.

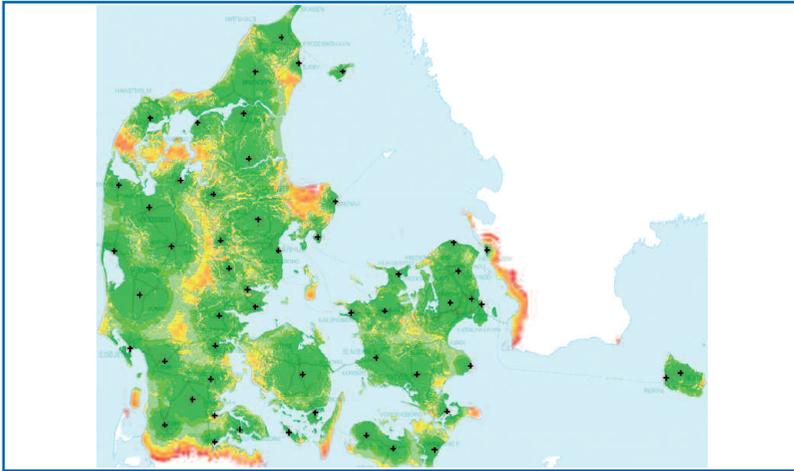


Abbildung 8: T-DAB-Versorgung Dänemark (Kreuz: Sender)
Quelle: Broadcast Service Denmark

2.3.6 Finnland

Seit April 2005 wird in Finnland kein Radioprogramm mehr über T-DAB ausgestrahlt. Hauptgrund für die Beendigung der T-DAB-Ausstrahlung war die geringe Verbreitung von T-DAB-Empfängern in Finnland. Es gibt keine Bestrebungen zur Wiederaufnahme vom T-DAB-Betrieb, jedoch wird für die digitale Verbreitung von Hörfunkprogrammen die DVB-T-Technik verwendet, wozu es einige Untersuchungen gab. [1, 10]

Pressemeldung vom 23.02.2005: Finnland stellt DAB ein:

„Ausgerechnet der Finnische Rundfunk hat Ende Februar (2005) beschlossen, die DAB-Ausstrahlung einzustellen. Das Pikante an der Sache: Die Vorsitzende von WorldDAB ist seit vier Jahren Annika Nyberg, schwedischsprachige Programmdirektorin von Yleisradio (YLE).

In der offiziellen Pressemitteilung von YLE vom 23.02.2005 heißt es: „YLE unterbricht seine DAB-Ausstrahlung, weil kommerzielle Hörfunkveranstalter keinerlei Interesse an dem Medium gezeigt haben.“

Schon seit 1997 gibt es im dichter besiedelten Süden Finnlands DAB-Digitalradio. YLE verbreitete dort alle seine Hörfunkprogramme sowie einige zusätzliche DAB-Programme, wie einen Klassik-Kanal, einen reinen Wort-Kanal und zwei fremdsprachige Programme „YLE World“ und „YLE-Mondo“. Nach Angaben von YLE sind in den letzten acht Jahren seit Beginn der DAB-Ausstrahlung in Finnland lediglich einige hundert DAB-Empfangsgeräte verkauft worden.

YLE macht neben „prohibitiven Kosten“ für die privaten Rundfunkveranstalter vor allem die Geräteindustrie für das Scheitern von DAB verantwortlich. Ihr sei es nicht gelungen, außerhalb von Großbritannien billige Massenprodukte auf den Markt zu bringen.

YLE will nun digitale Hörfunkprogramme über DVB-T ausstrahlen. Außerdem will die Rundfunkanstalt die weitere technische Entwicklung bei verschiedenen digitalen Hörfunkverfahren beobachten, um sich dann zu gegebener Zeit für eine „angemessene Multimediaverteilung“ zu entscheiden. Bis dahin will YLE aber trotzdem seine technischen DAB-Kapazitäten bereithalten, um gegebenenfalls die DAB-Ausstrahlung wieder aufzunehmen, falls sich DAB doch noch zu einem paneuropäischen Ausstrahlungsstandard entwickeln sollte.“ [9]

2.3.7 Niederlande

In den Niederlanden ist momentan ein T-DAB-Multiplex des nationalen öffentlichen Rundfunkveranstalters (NOS) in Betrieb. Dies ist auch der bisher einzige T-DAB-Lizenzinhaber. Die niederländische Regierung bereitet die Ausschreibung von kommerziellen Lizenzen für zwei weitere Multiplexe vor.

Es gibt aber auch Überlegungen, den Ausbau von T-DAB zu bremsen, um möglicherweise auf effizientere Technologien des digitalen Rundfunks wie DRM+ und DVB-H zu wechseln.

Die momentane Versorgung der Bevölkerung liegt bei ca. 70 % und soll bis 2008 auf etwa 90 % gesteigert werden. Die Abschaltung des analogen Rundfunks in den Niederlanden ist für das Jahr 2015 vorgesehen. [1, 10, 41]

2.3.8 Frankreich

Im September 2006 bildeten die bedeutendsten französischen Rundfunkbetreiber, welche 95 % Marktanteil repräsentieren, die „Groupement pour la Radio Numérique“ (GRN), um die Einführung von Digitalradio mittels DMB mit MPEG 4-Kodierung zu unterstützen. Im Februar 2007 erließ das französische Nationalparlament ein Gesetz, welches die „Eureka 147-Familie“ der digitalen Standards mit T-DMB als bevorzugten Standard für Digitalradio ausweist. Die französische Regierung erließ ein Dekret, welches T-DMB als Standard für die Nutzung von Band III und L-Band für digitalen Rundfunk bindend vorschreibt. Außerdem wurde von der Regulierungsbehörde (CSA) eine Arbeitsgruppe für Digitalradio gebildet und der Probetrieb von acht Versuchsnetzen (6 x T-DMB, 1 x T-DMB und DAB+ und 1 x DRM) in Frankreich veranlasst. Diese sollen sechs Monate einen Probetrieb absolvieren. Danach sollen Ausschreibungen hierfür stattfinden und noch 2008 die kommerzielle Verbreitung von DMB in Frankreich beginnen.

Die momentane Versorgung mit T-DAB in Frankreich liegt bei etwa 20 % der Bevölkerung, die sich im Wesentlichen auf die Versuchs-Multiplexe in Paris und Lyon verteilt. Des Weiteren sind zwei nationale Autobahnen mit T-DAB versorgt. [1, 10, 41]

2.3.9 Ungarn

Die Aktivitäten Ungarns in Sachen T-DAB beschränken sich auf eine Versuchsausstrahlung in Budapest, welche seit einigen Jahren läuft. Diese wurde vom Programmanbieter 'Magyar Rádió' und der Rundfunkgesellschaft 'Antenna Hungária' initiiert. Das System läuft als Gleichwellennetz mit zwei Sendern und versorgt Budapest, was einer Versorgung von etwa 30 % der ungarischen Gesamtbevölkerung entspricht. Von den möglichen acht Programmen werden jedoch nur vier gesendet. Drei dieser Programme (Magyar Rádió) sind auch analog zu empfangen, das verbleibende vierte nur über T-DAB (classics, jazz & world music).

Zusätzlich zum Hörprogramm sind momentan programmbegleitende Daten (PAD) verfügbar. Nach den bisherigen Erkenntnissen ist die ursprünglich für 2007 vorgesehene offizielle Ausschreibung für einen weiteren Multiplex im VHF-Band bisher nicht veröffentlicht worden.

Die ungarische Regierung erörtert momentan die Frage, welche Technologie zur Verbreitung von Mobile TV genutzt werden sollte und vergleicht T-DMB mit den alternativen Systemen. Dies ist hauptsächlich ein theoretischer Vergleich und es wird vermutet, dass Ungarn eher zögert und die Entwicklung in Europa beobachtet, bis sich daraus Klarheit für Ungarn ergibt, welche Technologie Ungarn bevorzugen sollte. [1, 10]

2.3.10 Italien

Es wird davon ausgegangen, dass Ende des Jahres 2008 ca. 60 % der Bevölkerung Italiens mit T-DAB/DMB erreicht werden kann (outdoor). Zurzeit werden dabei ein öffentlicher und drei kommerzielle Multiplexe, betrieben durch Club DAB Italia, EuroDAB and C.R. DAB, ausgestrahlt.

Der öffentliche Rundfunkbetreiber RAIWAY und die privaten Konsortien versuchen gemeinsam die Probleme in Italien bezüglich angespannter Frequenzsituation, Audiocodecs und Empfänger zu lösen. Der „DAB+ roll-out“ in Italien wird für Ende 2008 erwartet.

Nach einem erfolgreichen Test von T-DMB erklärte RAIWAY die Absicht des Betreibers, T-DMB anstelle von DVB-H zur Verbreitung von Mobile TV zu verwenden. Dies führe zu wesentlich niedrigeren Netzwerkkosten und wäre auch eine Lösung für das Problem der Frequenzknappheit.

RAIWAY und die kommerziellen Betreiber starteten einen mindestens ein Jahr dauernden Test in Rom. Es kommt Block 6A aus Band III, ausgestrahlt über die RAIWAY-Standorte, zum Einsatz. Dies soll eine gute Programmpalette für Rom bieten und die kommerzielle Einführung von DMB vorbereiten.

Im Sommer 2007 wurden zwei neue Sender in Betrieb genommen; einer in Biella (für die Fläche zwischen Mailand und Turin), der andere als Erweiterung der Versorgung in Mailand.

Am 25.07.2007 startete auch Club DAB Italia die ersten DAB+ Versuchsausstrahlungen in Italien, wobei fünf Audiokanäle und ein Testkanal über den Multiplex des Konsortiums ausgestrahlt werden.

Club DAB Italia schätzt, dass in Italien nur etwa 5.000 T-DAB-Empfänger verbreitet sind. Gründe für diese geringe Zahl seien:

- noch kein regulärer regelmäßiger Sendebetrieb zurzeit,
- Lizenzen für einen Regelbetrieb sind noch nicht vergeben,
- folglich noch kein Marketing für die Endgeräte.

[1, 10]

2.3.11 Spanien

Spanien begann 1998 mit ersten Versuchen und hat momentan ca. 55 % Versorgung outdoor. Beabsichtigt ist eine Erhöhung auf ca. 80 %.

Drei Multiplexe sind landesweit in Betrieb, mit jeweils sechs Programmen (öffentlich-rechtlich und kommerziell). Dabei sind sechs Programme exklusiv und zwölf simulcast (digital und analog). In Katalonien und Galizien sind zusätzlich regionale und lokale Multiplexe empfangbar. [1]

2.3.12 Kanada

Kanada startete schon sehr früh Aktivitäten in Sachen T-DAB, erlebte aber einen sehr zähen Entwicklungsprozess, hauptsächlich wegen regulatorischer Probleme. Im Jahr 2006 stimmte die Telekommunikations-Kommission (CRTC) als Reaktion auf Anfragen der Rundfunkbetreiber einer Änderung ihrer bis dahin geltenden Strategie zu. Demnach können Programme auch exklusiv über T-DAB ausgestrahlt werden, um mehr Hörerinteresse zu erzielen.

CRTC erlaubte ebenso die Ausnutzung eines T-DAB-Multiplexes mit mehr als fünf Programmen, um mit der Entwicklung von DAB+ Schritt halten zu können. Es wurde außerdem auch der hohe potenzielle Nutzen von T-DMB festgestellt und – Spektrumskapazitäten vorausgesetzt – diese Technologie ebenfalls ins Auge gefasst.

Zurzeit gibt es in Kanada insgesamt 73 lizenzierte T-DAB-Programme, 15 in Ottawa, 25 in Toronto, 15 in Vancouver, zwölf in Montreal und sechs in Windsor. Die Anbieter in diesen fünf Städten versorgen mehr als 11 Mio. potenzielle Hörer bzw. mehr als 35 % der Bevölkerung.

Sieben T-DAB-Programme (vier kommerzielle und drei öffentliche) werden im Feldversuch in Halifax, Nova Scotia, erprobt. Radio-Canada/CBC hat sein erstes T-DAB-Versuchsprogramm mit einem Nachrichten-, Wetter- und Verkehrsmeldungsangebot in Montreal eingeführt.

Radio-Canada/CBC und CRTC führen momentan Tests von T-DMB und DAB-IP Technologien in Montreal, Toronto und Ottawa durch, um das Bewusstsein unter den Rundfunkbetreibern, Regulierern und Mobilfunkbetreibern für diese T-DAB-basierenden Technologien zu steigern. [1, 5]

2.4 Mobiles TV über T-DAB-Netze

Für die Übertragung von multimedialen Inhalten wie z.B. TV-Programmen, existieren aktuell eine Vielzahl von verschiedenen Techniken wie T-DMB, DVB-H, DAB-IP und MediaFLO.

Der problemlose Betrieb von Mobile TV im T-DAB-Kanalraster ist jedoch nur mit den Techniken, die auf T-DAB basieren, möglich. Nach aktuellem Stand stehen somit die Übertragungssysteme T-DMB und DAB-IP für die terrestrische Verbreitung von TV-Programmen zur Verfügung.

Die Frequenzressourcen im VHF-Bereich wurden während der Wellenkonferenz 2006 in Genf zugewiesen. Ein Großteil der teilnehmenden Länder reservierte in diesem Spektrum drei landesweite Bedeckungen für T-DAB. In den Planungstreffen Wiesbaden 1995 und Maastricht 2002 wurden die Ressourcen für T-DAB im L-Band zwischen den Ländern aufgeteilt. Hier reservierten die jeweiligen Administrationen je einen landesweiten T-DAB-Layer.

Nur innerhalb dieser zugewiesenen Spektren können jetzt und zukünftig Multimediadienste via T-DMB und DAB-IP angeboten werden.

Der Markt für multimediale Dienste steht aktuell noch am Anfang, nur wenige Länder können auf ein kommerzielles Netz mit T-DMB verweisen. Regulatorische sowie technische Aspekte behindern eine schnelle Einführung in den europäischen und außereuropäischen Ländern.

Vorreiter bei der Verbreitung von TV-Programmen über T-DMB ist Korea, welches sein Netz für die Öffentlichkeit im Dezember 2005 freigegeben hat. Das System arbeitet in Korea erfolgreich; mehr als 1,6 Mio. Einwohner nutzen den Dienst von TV und Radio über T-DMB. [29]

Ein weiteres kommerzielles T-DMB-Netz ist in Deutschland zu finden, bei dem über L-Band bis zu vier TV-Kanäle und zwei Radioprogramme übertragen werden. T-DMB ist in Deutschland aktuell in 16 Großstädten empfangbar und wird in Verbindung mit verschiedenen Endgeräten angeboten. Allerdings scheinen sich die Abonnentenzahlen in Grenzen zu halten. [30] Somit nimmt Deutschland die Ausnahmeposition ein, als einziges europäisches Land ursprüngliche T-DAB-Frequenzen für kommerzielles Mobile TV zu nutzen.

Neben den kommerziellen Netzen sind weltweit eine Reihe von Testsendungen und Feldversuchen erfolgt, um technische und wirtschaftliche Themen zu untersuchen. Zu den Ländern, die T-DMB in einem Projekt getestet haben, gehören beispielsweise Kanada, Frankreich und Italien (siehe voriges Kapitel). In Großbritannien wurde neben dem T-DMB-System auch das System DAB-IP in einem Projekt untersucht.

Zukünftig kann die Übertragung von TV-Diensten über DMB oder einer artverwandten Technologie mehr Bedeutung gewinnen, da im VHF- und L-Band möglicherweise mehr freie Frequenzen zur Verfügung stehen. Speziell in Europa, wo die terrestrische Verbreitung von digitalem Fernsehen im Wesentlichen im UHF-Band erfolgt, könnte bei einem hohen Bandbreitenbedarf für die Mobile TV-Technologie DVB-H eventuell keine ausreichende Menge an freien Kanälen zur Verfügung stehen. Unterstützt werden könnte diese Entwicklung auch durch die bei der letzten World Radio Conference (WRC 2007) angestrebte Umwidmung des oberen Bereiches des UHF-Bandes.

2.5 Umwidmung der T-DAB-Frequenzbänder

Mit der Einführung von T-DAB 1995 im L-Band hat Kanada den Weg in die digitale Radioübertragung betreten. T-DAB sollte zusätzlich zu den bisherigen, analogen Radiodiensten das Programmangebot erweitern und mit der digitalen Qualität neue Standards setzen. Im langfristigen Plan sollte das digitale Radio dann die analoge Radioübertragung ersetzen.

Technische Hindernisse, wie der Mangel an günstigen Empfängern und andere Aspekte, verhinderten den frühen Erfolg von T-DAB in Kanada. Kanäle, die für den zukünftigen Ausbau von T-DAB reserviert wurden, bleiben aufgrund der geringen Akzeptanz nun ungenutzt.

Digitales Radio in Kanada wird weiterhin ausgestrahlt, jedoch sind teilweise Programme eingestellt. Um zukünftig die Frequenzressourcen effektiver zu nutzen, wurde das Regelwerk so angepasst, dass auch neuen Technologien der Zugang zum T-DAB-Spektrum ermöglicht wird. Techniken zur Audioübertragung mit neuen Kompressionsverfahren spielen bei den Überlegungen eine große Rolle. Auch neuen Diensten, wie der Übertragung von multimedialen Inhalten mit T-DMB und DVB-H, steht die Regulierungsbehörde offen gegenüber. Hierbei steht die Durchführung von Experimenten und Testsendungen im Vordergrund. [31]

Auch in Deutschland verwendet man ungenutzte L-Band-Frequenzen für die neue Übertragungstechnologie T-DMB, die durch die Planungskonferenzen Wiesbaden und Maastricht europaweit zugeteilt wurden, um TV- und Radioinhalte zu verbreiten.

Viele Länder haben bisher ihre Frequenzbänder exklusiv für T-DAB reserviert und in nur wenigen Ausnahmefällen, wie z.B. Deutschland, sind auf den entsprechenden Bändern andere Dienste zu finden. Die wohl größte Verbreitung findet hierbei T-DMB.

Nachdem in Finnland T-DAB aufgrund von mangelndem Interesse eingestellt wurde, gibt es aktuell keine anderen Dienste und Technologien, die den Platz im frei gewordenem L-Band einnehmen. Während der Wellenkonferenz 2006 in Genf hat Finnland keine Ressourcen für T-DAB im VHF-Bereich reserviert. Dies lässt darauf schließen, dass die Admi-

nistration Finnlands keinen weiteren Ausbau von T-DAB beabsichtigt. Da keine Zuweisung von Spektrum für T-DAB erfolgte, ist es nicht möglich, direkt „unter dem Deckmantel“ von T-DAB den Frequenzraum für andere Technologien, wie z.B. T-DMB, zu nutzen.

Nach dem Genfer Wellenplan 2006 stehen den Teilnehmerländern meistens drei T-DAB-Abdeckungen und eine für DVB-T im VHF-Bereich zur Verfügung.

Da eine Aufteilung des DVB-T-Layers in vier T-DAB-Kanäle vorstellbar ist, stehen theoretisch weitere Kapazitäten zur Verfügung, die für T-DAB oder auch beispielsweise für neue Technologien wie T-DMB genutzt werden können. Allerdings bedeutet dies, dass die ursprünglich vorgesehene DVB-T-Bedeckung im VHF-Bereich nicht für digitales terrestrisches Fernsehen genutzt werden könnte.

2.6 UKW-Abschaltzenarien

Die Europäische Kommission hat die Mitgliedstaaten aufgefordert, den Wechsel von analogem zu digitalem Rundfunk zügig voranzutreiben. Als Termin wurde hierfür das Jahr 2012 genannt.

Es gibt zwar die Aussage, dass die Abschaltung des analogen Rundfunks in den Niederlanden für das Jahr 2015 vorgesehen ist. [1, 10] Jedoch konnte dies durch Rückfragen bei der Regulierungsbehörde nicht verifiziert werden.

In Deutschland ist das Jahr 2015 (TKG) als Datum erklärt, bei dem die Lizenzen für den analogen Hörrundfunk widerrufen werden sollen. Aufgrund der bisherigen, sehr zögerlichen Entwicklung beim Digitalradio ist jedoch anzunehmen, dass sich dieser Termin wesentlich verschieben wird und es gibt inzwischen die Forderung, den starren Abschaltzeitpunkt des TKG durch eine flexible Lösung zu ersetzen. Vorbild könnte das Mediengesetz des Bundeslandes Sachsen-Anhalt sein, das eine endgültige Abschaltung der analogen Verbreitung vorsieht, wenn die Programme von mindestens 90 % der Rundfunkhaushalte ohne erheblichen wirtschaftlichen und technischen Aufwand digital-terrestrisch empfangbar sind.

Konkret sind uns für keines der weiteren Länder (auch nicht für Großbritannien und Dänemark) irgendwelche Abschalt Szenarien genannt worden. Im Gegenteil, man äußert sich dazu sehr zurückhaltend bzw. man kann überhaupt keine Angaben machen. Das von der EU-Kommission genannte Jahr 2012 wird generell als nicht realistisch eingeschätzt und man geht davon aus, dass dieser Termin deutlich weiter nach hinten verschoben werden wird.

Während das Abschalt Szenario beim Fernsehen in Deutschland teilweise schon recht weit vorangeschritten ist, sieht die Situation für den Hörrundfunk gänzlich anders aus, wie man auch in den vorangegangenen Kapiteln zu den einzelnen Ländern nachlesen konnte. Es gilt als mehr oder weniger sicher, dass bis auf die wenigen Ausnahmen (Großbritannien, Dänemark), die bereits eine hinreichend gute Akzeptanz von T-DAB vorweisen können, dieses Ziel nicht als realistisch anzusehen ist. Doch selbst bei diesen beiden Ländern ist es eher unwahrscheinlich, dass eine Abschaltung des ganzen FM-Netzes in Frage kommt.

Im Gegensatz zum Fernsehen, bei dem zuletzt nur noch eine Minderheit terrestrisch empfangen hat, ist die Anzahl der verkauften FM-Empfänger auf relativ hohe Werte angestiegen, die in der Regel ein Mehrfaches der Einwohnerzahlen der betreffenden Länder betragen. Allein für Deutschland wird die Zahl auf ca. 250 – 300 Mio. geschätzt. [44, 45] Viele Haushalte besitzen mehrere FM-Empfänger und nutzen diese auch regelmäßig (ca. 200 Minuten pro Tag). [43]

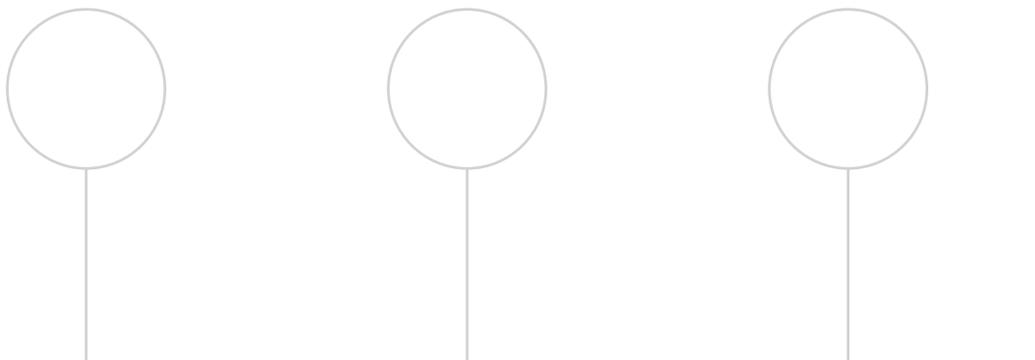
Ein direkter Vergleich der Umstiegsszenarien bei DVB-T und T-DAB ist grundsätzlich nicht möglich, da die Randbedingungen unterschiedlich sind. Während man beim digitalen Fernsehen durchaus den Vorteil der besseren Bildqualität und vor allem der Mobilität hat (bei Analogfernsehen nahezu unmöglich), fallen die Vorteile der Mobilität und des besseren Klangs beim Digitalradio nicht so stark ins Gewicht, da FM in beiden Belangen hier bereits recht gut funktioniert. Günstige DVB-T-Receiver und der relativ hohe Mehrwert haben so letztlich auch zum Erfolg von DVB-T beigetragen. Hierbei ist auch zu beachten, dass der bisherige TV-Empfänger durch das Vorschalten einer Set-Top-Box weiterhin nutzbar ist.

Auch sollte man bedenken, dass die Situation beim Radio hinsichtlich der Empfängerzahlen in Europa generell eine andere ist als beim Fernsehen.

Mittlerweile sind FM-Radios sehr günstig zu bekommen und in den allermeisten Haushalten befinden sich mehrere dieser FM-Empfänger. Muss man sich bei DVB-T lediglich ein Zusatzgerät (Decoder) kaufen, würden bei einem Umstieg von analogem zu digitalem Radio alle diese FM-Empfänger nicht mehr funktionieren. Ein weiterer wesentlicher Unterschied ist auch, dass die Fernsehprogramme, z.B. in Deutschland, lediglich von nur noch ca. 5 % der Bevölkerung exklusiv über Antenne empfangen werden; in Österreich liegt der Wert bei ca. 10 %. Insofern sind damit auch nur relativ geringe Teile der Bevölkerung direkt von einem Umstieg betroffen.

Dass man mit einer Abschaltung der analogen FM-Netze die Mehrheit der Hörer damit auch massiv verärgern würde, steht für alle Beteiligten fest und ist letztlich auch der Grund, warum man den genannten Termin für eine Abschaltung als ziemlich unwahrscheinlich betrachtet.

Vielmehr wird angenommen, dass die FM-Netze während einer so genannten Simulcast-Phase noch recht lange in Betrieb sein werden, bis die Akzeptanz von Digitalradio sich flächendeckend durchgesetzt hat und sich eine ausreichend große Anzahl an entsprechenden Empfängern am Markt befindet. Nicht zuletzt die Werbewirtschaft, die für viele Radiobetreiber die Haupteinnahmequelle darstellt, würde bei einer vorzeitigen Abschaltung von FM zu anderen Medien wechseln, was für viele Betreiber das Aus bedeuten würde.



3. T-DAB-Multiplex

3.1 Multiplex-Plattform

Ein Multiplex ist ein Paket aus verschiedenen Programmen und gegebenenfalls zusätzlichen Datendiensten. Dieses zusammengestellte Programmpaket, auch Ensemble genannt, wird als Block im T-DAB-Kanal übertragen.

Nachfolgend wird die Organisation und Zusammensetzung des T-DAB-Multiplexes und die genutzten Datenraten der einzelnen Programme des Multiplexes erläutert. Dies geschieht für die fünf in dieser Studie untersuchten Länder, welche sich nicht lediglich im testweisen oder regionalen T-DAB-Betrieb befinden, sondern bereits einen landesweiten Ausbau (wesentlich größer 50 % Versorgung) von T-DAB besitzen. Dies sind also Großbritannien, Dänemark, Schweiz, Niederlande und Deutschland, da hier bereits eine T-DAB-Struktur besteht, die für die Analyse dieser Fragestellungen sinnvoll ausgewertet werden kann.

3.1.1 Multiplex-Plattformbetreiber

In einem T-DAB-Ensemble werden meist fünf bis neun Stereoprogramme und gegebenenfalls auch Mono-Programme und/oder Datendienste zusammengefasst. Diese verschiedenen Dienste teilen sich die zur Verfügung stehende Übertragungskapazität eines T-DAB-Multiplexes. Da ein solches Ensemble meist aus Programmen verschiedener Hörfunkveranstalter zusammengesetzt ist, muss es eine Institution geben, die diesen Multiplex organisiert. Dies kann der Betreiber des T-DAB-Sendernetzes, der Hörfunkveranstalter selbst oder eine separate Organisation sein. Es ist auch durchaus möglich, dass der separate Multiplex-Betreiber aus einem Konsortium der vorher genannten Institutionen besteht.

Die folgende Tabelle gibt für die fünf erwähnten aussagekräftigen Länder mit sehr fortgeschrittenem T-DAB-Ausbau Antwort auf die Frage, wer jeweils als Multiplex-Plattformbetreiber tätig bzw. daran beteiligt ist. [28]

Land	Multiplex-Plattformbetreiber	Hörfunkveranstalter	Netzbetreiber	Sonstige	
Großbritannien	BBC (öffentl. Rundfunkveranstalter) → eigener BBC-MUX Digital One (kommerzieller Hörfunk und Industrie) → 2. nationaler MUX	✓ ✓		✓	
Dänemark	Tele Danmark (größte Telefongesellschaft Dänemarks)			✓	
Schweiz	SRG SSR idée suisse (öffentlicher Rundfunkveranstalter)	✓			
Niederlande	NOS (öffentlicher Rundfunkveranstalter)	✓			
Deutschland (fünf Bundesländer beispielhaft)	Baden Württemberg	Digitalradio SÜDWEST (Deutsche Telekom AG, SWR, Private Digital Radio GmbH)	✓	✓	✓
	Bayern	Bayern Digitalradio (T-Systems GmbH, Bayerischer Rundfunk, Bayerische Medien Technik GmbH)	✓	✓	✓
	Sachsen	Deutsche Telekom AG		✓	
	Nordrhein- Westfalen	Digitalradio WEST (DeutschlandRadio, WDR, T-Systems International GmbH, Landesanstalt für Medien)	✓	✓	✓
	Nieder- sachsen	Digitalradio NORD (T-Systems GmbH, NDR, DeutschlandRadio, Radio Bremen)	✓	✓	

Tabelle 5: T-DAB-Multiplex-Plattformbetreiber

Wie man der Tabelle entnehmen kann, existieren unterschiedliche Konstellationen zum Betrieb des Multiplex. Des Weiteren ist erkennbar, dass die Rundfunkveranstalter häufig an den Plattformbetreiberorganisationen beteiligt sind.

3.1.2 Multiplex – Technische Merkmale und Programme

Der T-DAB-Multiplex beinhaltet, wie oben erwähnt, ein Ensemble aus fünf bis neun Stereo-Hörfunkprogrammen und gegebenenfalls Mono-Programme und/oder zusätzliche Datendienste.

Vor der Zusammenstellung des Ensembles werden die einzelnen Programmdateien mittels MPEG-1 Audiolayer 2 (MP2) – auch als MUSICAM bekannt – kodiert, um Bandbreite bei der Übertragung zu sparen. Die erzielte Datenrate liegt dabei zwischen 16 und 256 kbit/s. Gebräuchliche Werte für Stereo-Audiosignale liegen im Bereich 128 kbit/s bis 192 kbit/s, für Mono-Audiosignale 64 kbit/s bis 80 kbit/s.

In einer Studie der Landesanstalt für Kommunikation (LFK) Baden-Württemberg 1998 wurde in Hörproben mit 90 Probanden der Einfluss der Datenreduktion von Audiosignalen (Musik und Sprache) auf das Hörempfinden untersucht. Dies wurde für die im Stereobereich üblicherweise verwendeten Bitraten 192 kbit/s, 160 kbit/s und 128 kbit/s durchgeführt. Die wichtigsten Erkenntnisse waren, dass bei Popmusik kein, bei klassischer Musik und bei Sprache jedoch ein Klangverlust bei 128 kbit/s festgestellt wurde. Dies alles fand unter Laborbedingungen in einer somit auch etwas idealisierten Umgebung statt. [27]

Da man davon ausgehen kann, dass unter Alltagsbedingungen die Unterschiede noch weniger wahrgenommen werden, unterstützt die Studie also den Trend, weg von lediglich sechs Programmen mit je 192 kbit/s zu neun Stereoprogrammen mit je 128 kbit/s, hin zur wirtschaftlicheren Nutzung der Frequenzressourcen mit Digitalradio.

Nachfolgende Tabellen geben einen Überblick, wie sich die Ensembles der landesweiten T-DAB-Ausstrahlung in den fünf betrachteten Ländern mit hohem T-DAB-Ausbau zurzeit zusammensetzen. Für Deutschland ist beispielhaft für fünf Bundesländer jeweils das bundeslandweite Programmensemble tabellarisch wiedergegeben. [5, 28]

3.1.2.1 Programmensembles Großbritannien

Erster nationaler Layer (BBC)

Programm	Datenrate	Mono/Stereo	Genre
BBC Radio 1	128 kbit/s	Joint Stereo	Pop Music
BBC Radio 1	8 kbit/s	Packet Data	Data
BBC Radio 1Xtra	128 kbit/s	Joint Stereo	Other Music
BBC Radio 2	128 kbit/s	Joint Stereo	Pop Music
BBC Radio 3	192 kbit/s	Stereo	Culture
BBC Radio 4	80 kbit/s	Mono	Varied Speech
BBC Radio 5Live	64 kbit/s	Mono	News
BBC R5LiveSportX	64 kbit/s	Mono	Sport
BBC Radio 6Music	128 kbit/s	Joint Stereo	Rock Music
BBC Radio 7	80 kbit/s	Mono	Varied Speech
BBC AsianNetwork	64 kbit/s	Mono	Varied Speech
BBC WorldService	64 kbit/s	Mono	Varied Speech
BBC Guide	32 kbit/s	Packet Data	Data
BBC Travel	32 kbit/s	Packet Data	Data

Tabelle 6: Erstes landesweites Ensemble Großbritannien

Zweiter nationaler Layer (DigitalOne)

Programm	Datenrate	Mono/Stereo	Genre
BFBS Radio	112 kbit/s	Joint Stereo	Pop Music
Capital Life	80 kbit/s	Mono	Pop Music
Classic FM	160 kbit/s	Joint Stereo	Serious Classical
Oneword	64 kbit/s	Mono	Varied Speech
Planet Rock	128 kbit/s	Joint Stereo	Rock Music
talkSPORT	64 kbit/s	Mono	Sport
theJazz	96 kbit/s	Mono	Jazz Music
Virgin Radio	160 kbit/s	Joint Stereo	Rock Music
What's On	8 kbit/s	Packet Data	Data
C4	96 kbit/s	Packet Data	Data
E4	96 kbit/s	Packet Data	Data
ITN News	96 kbit/s	Packet Data	Data
ITV 1	96 kbit/s	Packet Data	Data

Tabelle 7: Zweites landesweites Ensemble Großbritannien

3.1.2.2 Programmensembles Dänemark

Erster nationaler Layer

Programm	Datenrate	Mono/Stereo	Genre
DR Boogieradio	160 kbit/s	Joint Stereo	Pop Music
DR Jazz	160 kbit/s	Joint Stereo	Jazz Music
DR Klassisk	160 kbit/s	Joint Stereo	Serious Classical
DR Litteratur	80 kbit/s	Mono	Culture
DR Nyheder	80 kbit/s	Mono	News
DR Rock	160 kbit/s	Joint Stereo	Rock Music
DR Soft	160 kbit/s	Joint Stereo	Easy Listening
SKY Radio	192 kbit/s	Joint Stereo	Pop Music
DR Digital	16 kbit/s	Packet data	Data

Tabelle 8: Erstes landesweites Ensemble Dänemark

Zweiter nationaler Layer

Programm	Datenrate	Mono/Stereo	Genre
DR Barracuda	160 kbit/s	Joint Stereo	Hits
DR Gyldne Genhør	160 kbit/s	Joint Stereo	Easy Listening
DR KanonKamelen	128 kbit/s	Joint Stereo	Children's Progs
DR Kultur	128 kbit/s	Joint Stereo	Culture
DR P1	96 kbit/s	Mono	Varied Speech
DR P3	160 kbit/s	Joint Stereo	Pop Music
DR Sport	128 kbit/s	Joint Stereo	Sport
Radio 100FM	192 kbit/s	Joint Stereo	Pop Music

Tabelle 9: Zweites landesweites Ensemble Dänemark

3.1.2.3 Programmensemble Schweiz (Deutschschweiz)

Programm	Datenrate	Mono/Stereo	Genre
CH-CLASSIC	128 kbit/s	Joint Stereo	Light Classical
CH-JAZZ	112 kbit/s	Joint Stereo	Jazz Music
CH-POP	128 kbit/s	Joint Stereo	Pop Music
DRS 1	128 kbit/s	Joint Stereo	Information
DRS 2	160 kbit/s	Joint Stereo	Serious Classical
DRS 3	128 kbit/s	Joint Stereo	Pop Music
DRS MUSIGWAELE	128 kbit/s	Joint Stereo	National Music
RETE UNO	64 kbit/s	Mono	Information
RR SRG	64 kbit/s	Mono	Information
RSR-1ERE	64 kbit/s	Mono	Information
VIRUS	128 kbit/s	Joint Stereo	Pop Music

Tabelle 10: Landesweites Ensemble Deutschschweiz

3.1.2.4 Programmensemble Niederlande

Programm	Datenrate	Mono/Stereo	Genre
FunX	128 kbit/s	Joint Stereo	Other Music
Radio Top 2000	128 kbit/s	Joint Stereo	Oldies Music
Radio 1	128 kbit/s	Joint Stereo	Current Affairs
Radio 2	128 kbit/s	Joint Stereo	Easy Listening
Radio 4	160 kbit/s	Joint Stereo	Serious Classical
Radio 5	128 kbit/s	Joint Stereo	Information
Radio 6	128 kbit/s	Joint Stereo	Light Classical
24Nieuws	48 kbit/s	Mono	Information
3FM	128 kbit/s	Joint Stereo	Pop Music
PO_info	8 kbit/s	Packet Data	Data
PO_packet	8 kbit/s	Packet Data	Data
TPEG_test	8 kbit/s	Packet Data	Data

Tabelle 11: Landesweites Ensemble Niederlande

3.1.2.5 Programmensembles Deutschland (Bundesländer – Auswahl repräsentativ)

Ensemble Baden-Württemberg

Programm	Datenrate	Mono/Stereo	Genre
Cont.Ra	48 kbit/s	Mono	Information
DASDING	128 kbit/s	Joint Stereo	Pop Music
DKULTUR	192 kbit/s	Joint Stereo	Information
SWR1 BW	128 kbit/s	Joint Stereo	Varied Speech
SWR2 BW	128 kbit/s	Joint Stereo	Culture
SWR3	128 kbit/s	Joint Stereo	Pop Music
Digital Radio SW	32 kbit/s	Packet Data	Data
Weitere Dienste	32 kbit/s	Packet Data	Data

Tabelle 12: Bundeslandweites Ensemble Baden-Württemberg

Ensemble Bayern

Programm	Datenrate	Mono/Stereo	Genre
BAYERN 2 plus	128 kbit/s	Joint Stereo	Culture
BAYERN 4 Klassik	192 kbit/s	Stereo	Serious Classical
BAYERN Mobil	128 kbit/s	Joint Stereo	Pop Music
BR Verkehr	80 kbit/s	Mono	Travel
Das Modul	128 kbit/s	Joint Stereo	Pop Music
B5 plus	96 kbit/s	Mono	Information
Rock Antenne	192 kbit/s	Joint Stereo	Rock Music
Radio Galaxy	160 kbit/s	Joint Stereo	Pop Music
EPG Bayern	8 kbit/s	Packet Data	Data
Mobile Info	56 kbit/s*	Packet Data	Data
MobiDat Bayern	56 kbit/s*	Packet Data	Data
TPEG-BR-Test	56 kbit/s*	Packet Data	Data

* gemeinsam genutzte Bitrate des geteilten Sub-Kanals

Tabelle 13: Bundeslandweites Ensemble Bayern

Ensemble Sachsen

Programm	Datenrate	Mono/Stereo	Genre
89.0 RTL digital	128 kbit/s	Joint Stereo	Pop Music
DEUTSCHLANDFUNK	192 kbit/s	Joint Stereo	Education
DKULTUR	192 kbit/s	Joint Stereo	Information
MDR KLASSIK	192 kbit/s	Stereo	Serious Classical
sunshine	128 kbit/s	Joint Stereo	Pop Music
MobileDatenBasic	32 kbit/s	Packet Data	Data
MobileDaten Plus	32 kbit/s	Packet Data	Data
TPEG	32 kbit/s	Packet Data	Data

Tabelle 14: Bundeslandweites Ensemble Sachsen

Ensemble Nordrhein-Westfalen

Programm	Datenrate	Mono/Stereo	Genre
DEUTSCHLANDFUNK	128 kbit/s	Joint Stereo	Education
DKULTUR	192 kbit/s	Joint Stereo	Information
domradio	160 kbit/s	Joint Stereo	Religion
Funkhaus Europa	128 kbit/s	Joint Stereo	Social Affairs
Verkehrskanal	64 kbit/s	Mono	Travel
WDR 2 Der Sender	96 kbit/s	Joint Stereo	Information
WDR2 Klassik	128 kbit/s	Joint Stereo	Light Classical
1LIVE	128 kbit/s	Joint Stereo	Pop Music
1LIVE diggi	128 kbit/s	Joint Stereo	Pop Music
TEC-Test	8 kbit/s	Packet Data	Data
WDR-INFO	40 kbit/s	Packet Data	Data

Tabelle 15: Bundeslandweites Ensemble Nordrhein-Westfalen

Ensemble Niedersachsen

Programm	Datenrate	Mono/Stereo	Genre
DEUTSCHLANDFUNK	192 kbit/s	Joint Stereo	Education
DKULTUR	192 kbit/s	Joint Stereo	Information
NDR 1 NDS	128 kbit/s	Joint Stereo	Pop Music
NDR 2	128 kbit/s	Joint Stereo	Pop Music
NDR Info	160 kbit/s	Joint Stereo	Information
NDR Traffic	64 kbit/s	Mono	Information
TruckRadio	128 kbit/s	Joint Stereo	Country Music
DATA DRN NDS	32 kbit/s	Packet Data	Data
euroMetropolis	64 kbit/s	Packet Data	Data
NDR Data Service	16 kbit/s	Packet Data	Data

Tabelle 16: Bundeslandweites Ensemble Niedersachsen

Besonders bei den Ensembles von Großbritannien, Schweiz, Niederlande und Deutschland ist der Trend zu 128 kbit/s für mehr Programme pro Multiplex deutlich erkennbar.

Das in den oben genannten Tabellen genannte „Joint Stereo“ ist eine Stereotechnik, die gegenüber normalem Stereo eine höhere Kompression aufweist, da bestimmte Kanalinformationen zusammengefasst werden. Dieses Verfahren wird auch als M/S-Stereofonie bzw. Middle/Side-Stereo-Kodierung bezeichnet.

3.2 Einfluss des Hörfunkprogramm-Bouquets auf die Akzeptanz

Die Frage, ob digitaler Hörfunk ein Erfolg sein wird, hängt sicherlich von mehreren Faktoren ab. Welcher dieser Faktoren für den einzelnen Hörer am meisten von Bedeutung ist, kann natürlich nicht verallgemeinert werden.

Neben der objektiv besseren Empfangssituation und der höheren Klangqualität von T-DAB gegenüber FM, wird für einen Teil der Hörer auch die Tatsache, dass weitere, exklusive Digitalprogramme übertragen werden, das ausschlaggebende Argument sein, sich für T-DAB zu entscheiden.

Insbesondere die Segmentierung, d.h. die Spezialisierung auf bestimmte Musikrichtungen wie z.B. Jazz, Country, Oldie, Klassik, Rock etc. oder auch Spartenprogramme wie Jugendradio, Talkradio oder Nachrichtenkanäle können zur vermehrten Hörerakzeptanz beitragen.

In den betrachteten Ländern sind teilweise alle möglichen Arten von Spartenprogrammen verfügbar. Dabei werden sicher lokale Begebenheiten wie z.B. die ethnische Bevölkerungsherkunft, das Durchschnittsalter der Bevölkerung und insbesondere die bereits vorhandene Abdeckung bestimmter Musik- und Beitragssparten eine Rolle spielen. So wird ein kirchlicher Sender in einer ländlichen Gegend mit vorwiegend christlich orientierter Bevölkerung mehr Erfolg haben als z.B. in einer Großstadt.

Ob und welche exklusiven Programme letztlich erfolgreich im T-DAB-Ensemble laufen werden, kann man im Voraus kaum bestimmen, allenfalls durch Hörerumfragen, die deren Präferenzen ermitteln. Dass zusätzliche Exklusivprogramme die Attraktivität von T-DAB steigern, steht jedoch fest. Insbesondere Großbritannien mit mehreren hundert Programmen zeigt, dass viele, auf bestimmte Interessengebiete spezialisierte Sendungen, die Attraktivität und Akzeptanz von digitalem Radio erhöhen kann.

Für Großbritannien wird die Aussage getroffen, dass für 72 % der Hörer der Wunsch nach neuen, exklusiven T-DAB-Programmen der Hauptgrund war, sich ein T-DAB-Gerät anzuschaffen. [17] Dort sind von ca. 400 emp-

fangbaren Programmen etwa 225 exklusiv nur über T-DAB zu empfangen. Auch in Dänemark werden teilweise exklusive T-DAB-Programme übertragen.

In Deutschland besteht seit kurzem die Situation, dass massiv Subventionen für den Ausbau und das Programmangebot von T-DAB gestrichen wurden, mit der Folge, dass sich nun die Anzahl der privaten Programmanbieter drastisch reduziert hat und somit die Attraktivität des Digitalradios noch mehr leidet als bisher.

3.3 Zusatzdienste

Von Anfang an bestand die Absicht, T-DAB nicht nur zur reinen Sprach- und Musikübertragung zu nutzen, sondern auch um so genannte Zusatzdienste anzubieten. Die digitale Übertragung in Verbindung mit einer effektiven Komprimierung erlaubt es ohne einen großen Mehraufwand, bestimmte Zusatzinformationen innerhalb des Datenstroms mit einzubetten.

Zusatzdienste können dabei sowohl Nachrichten oder z.B. auch Verkehrsmeldungen, als auch programmbegleitende Informationen sein, wie etwa die Nennung von Interpret und Titel des gerade laufenden Titels oder auch so genannte Playlists (Titellisten). Ebenso ist es möglich, Standbilder zu übertragen, z.B. die Plattencover des gerade gespielten Interpreten oder Bilder, die im Studio aufgenommen werden (so genannte Live Cams). Letztere werden dann nur alle paar Sekunden aktualisiert, da hier schon deutlich mehr Bandbreite benötigt wird, als bei Textnachrichten, die nur ein paar Byte an Datenrate erfordern.

Die Zusatzdienste werden üblicherweise in zwei Kategorien unterteilt. Einerseits wird von den PAD (Program Associated Data), also den programmbegleitenden Diensten gesprochen und andererseits von den N-PAD (Non Program Associated Data), d.h. von Diensten, die in keinem direkten Zusammenhang zum Programm stehen.

Folgende Datendienste sind innerhalb des T-DAB-Standards spezifiziert:

- MOT (Multimedia Object Transfer Protocol) ist auf die unidirektionale Übertragung des Rundfunks ausgelegt. Die Daten werden in so genannte Segmente übertragen und beim Empfänger gesammelt. MOT wird entweder im Datenstrom des Audiokanals als PAD (Program Associated Data) übertragen oder als reiner Datendienst in einem so genannten Paketdatenkanal (N-PAD).

MOT ist insbesondere zur Übertragung von Webseiten geeignet.

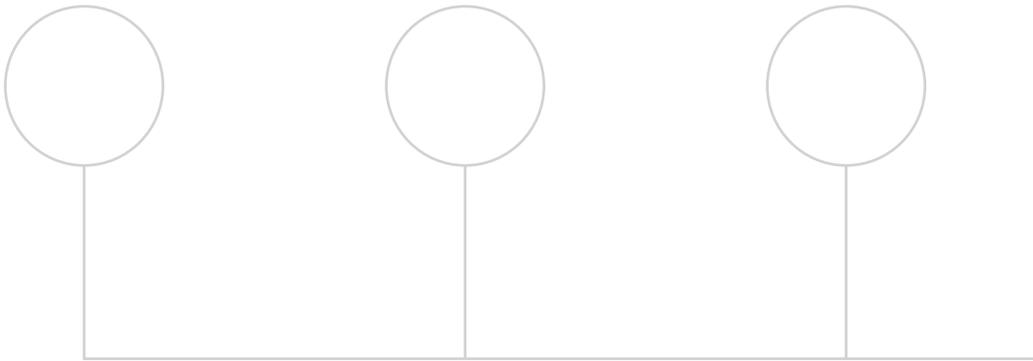
- DLS (Dynamic Label Service): Zur Übertragung von Textnachrichten geeignet, max. 128 Zeichen pro Nachricht.
- IP over DAB: Geeignet zur Übertragung von IP-Daten wie z.B. Video-streams.
- TMC (Traffic Message Channel): Übertragung von Daten zur Verkehrssituation, die z.B. von Navigationsgeräten verwertet werden können.
- TPEG (Transport Protocol Experts Group): Dieser Standard wird zurzeit entwickelt bzw. spezifiziert, um hohe Datenmengen schnell übertragen zu können, wobei es sich hierbei um Daten bezüglich Verkehrs- und Reiseinformationen handelt, mit dem Focus auf mobilen Belangen. TPEG ist ein offener und sprachunabhängiger Standard, um die Verwertung der Informationen für Mensch und Maschine (Empfänger) möglichst einfach und universell zu gestalten.

Grundsätzlich wird TPEG in Anwendungen für den Straßenverkehr und den öffentlichen Nahverkehr unterschieden. Letztere zeichnen sich durch eine vorgegebene Streckenführung aus, bei der man z.B. Verspätungszeiten oder Fahrpläne übermittelt, jedoch beim herkömmlichen Straßenverkehr eine flexiblere Handhabung benötigt wird, um z.B. Verkehrsmeldungen oder Warnungen zu übermitteln, die je nach Fahrtroute dann variieren müssen.

Insbesondere auf die Unabhängigkeit von bestimmten Kartendatenformaten und sprachspezifischen Besonderheiten hat man großen Wert gelegt. So werden z.B. die Bezeichnungen für wichtige Parameter (Fahrzeugtyp, Art der Störung, Ortsangaben etc.) derart kodiert, dass je nach eingestellter Sprache der Empfänger diese Daten direkt in die gewünschte Sprache übersetzt werden.

Betrachtet man die Situation in den untersuchten Ländern (siehe Kapitel 3.1.2 Multiplex – Technische Merkmale und Programme), erkennt man, dass meistens ein relativ hoher Bitratenanteil für Nicht-Audiodienste reserviert ist. Über die in Kapitel 3.1.2 dargestellten diesbezüglichen Informationen hinausgehend sind im Folgenden zwei besondere Dienste näher beschrieben:

- EuroMetropolis (Ensemble Niedersachsen, Deutschland): Diese Initiative mit Mitgliedern aus der Automobil- und Kommunikationsindustrie (z.B. Volkswagen, Bosch, Siemens etc.) hat zum Ziel, eine neue „Mobilitätsinfrastruktur“ zu schaffen. Schwerpunkte der Initiative sind die drei Themen Verkehrsinformation, Reisemanagement und Vernetzung des Autos mit Haus und Büro. Das Testgebiet ist die Region Hannover, Braunschweig, Wolfsburg und Berlin, welche einen Knotenpunkt europäischer Verkehrsströme darstellt. [26]
- BBC Guide (erster nationaler Layer Großbritannien): Eine Programm-vorschau (EPG = Electronic Program Guide) gibt Informationen zu den T-DAB-Programmen der nächsten Tage. Somit ist es z.B. möglich, Programme im Voraus für Aufnahmen zu programmieren, vorausgesetzt, der Empfänger bietet diese Möglichkeit an.



4. Digitalradio-Standards

4.1 Verwendete T-DAB-Standards

Im Moment herrscht in Europa bzw. weltweit eine starke Verunsicherung hinsichtlich einer Entscheidung für einen bestimmten Standard, zumindest für die Länder, die zurzeit vom analogen zu digitalen Hörfunk wechseln wollen. Der ursprüngliche T-DAB-Standard mit dem MUSICAM-Kodierverfahren, der seit über fünfzehn Jahren verfügbar ist, wurde mittlerweile von der rasant voranschreitenden Kodier Technologie überholt.

Unter dem Begriff DAB+ verbirgt sich ein MPEG 4 AAC v2-Codec neuesten Standes (AAC = Advanced Audio Coding), der dem T-DAB-Codec nach MPEG 1 Audiolayer 2 (MUSICAM) und selbst dem populären MPEG 1-Codec Audiolayer 3 (MP3) deutlich überlegen ist. Um eine vergleichbare Tonqualität zu erhalten, benötigt der DAB+ Codec ungefähr nur noch ein Drittel der Bitrate im Vergleich zum „alten“ MUSICAM-Codec (beispielsweise etwa 40 kbit/s gegenüber 128 kbit/s). Auch die „Zapping-Zeit“ (das Umschalten zwischen den Programmen) funktioniert mit den DAB+ Codec schneller. Es ist auch möglich, Surround-Sound zu übertragen, wobei hier eine volle Abwärtskompatibilität besteht, d.h. Empfänger ohne dieses Feature dekodieren dieses Signal dann in ein herkömmliches Mono- oder Stereosignal.

Beide Varianten, der MUSICAM- und der DAB+ Codec, können zusammen in einem Multiplex betrieben werden, d.h. ein Empfänger mit einem neuem AAC-Decoder kann alle Programme darstellen, der MUSICAM-Decoder von T-DAB dann jedoch nur die so kodierten Programme. [15]

DAB+ ist bisher in keinem Land weltweit im Regelbetrieb. Jedoch wird viel über diese Weiterentwicklung von T-DAB diskutiert. Länder wie z.B. die Schweiz, Niederlande, Italien oder auch Deutschland sehen in DAB+ nun den zu favorisierenden Standard. Dies bedeutet, dass selbst Länder, die bereits Bedeckungen mit dem bisherigen Standard T-DAB besitzen, wie Deutschland und die Schweiz, beabsichtigen, ihre zukünftigen Netze zumindest teilweise mit dem neuen Standard zu betreiben.

Die Vorteile sind offensichtlich: Eine höhere Effizienz bei der Kodierung resultiert direkt in einer höheren Anzahl übertragbarer Programme bzw. in einer besseren Qualität bei gleicher Programmanzahl. Jetzt noch auf den „veralteten“ T-DAB-Standard zu setzen, sehen viele Fachleute als den falschen Weg an. Es muss bei einem „Umstieg“ von T-DAB hin zu DAB+ jedoch bedacht werden, dass dann die bereits verkauften T-DAB-Empfänger „wertlos“ würden, denn diese können das DAB+ Signal nicht dekodieren.

Demgegenüber steht jedoch der nicht zu vernachlässigende Faktor, dass es für T-DAB mittlerweile eine große Anzahl an Empfängern gibt und diese preislich auch attraktiv sind, während bei DAB+ sicher eine gewisse Zeit verstreichen wird, bis man ein vergleichbares Angebot wie bei T-DAB hat, abhängig von den Reaktionen der Empfängerproduzenten.

Außer ein paar wenigen DAB+ upgrade-fähigen Empfängern (siehe Kapitel 5) kann der Markt hier derzeit keine ausreichende Anzahl an DAB+ Empfängern anbieten. Auch die Automobilfirmen geben zu bedenken, dass man die bereits verkauften T-DAB Geräte nicht ohne weiteres durch neue DAB+ Geräte ersetzen könnte bzw. dies den Kunden relativ teuer käme.

Insbesondere Großbritannien und Dänemark werden aufgrund ihrer schon gut eingeführten T-DAB-Programme sich das weitere Vorgehen hinsichtlich DAB+ sehr sorgfältig überlegen. Es wäre hier sicherlich noch schwieriger, die Hörer wiederum zum Erwerb der neuesten Empfänger zu bewegen, im Vergleich zu den Ländern, bei denen bisher nur FM angeboten wurde. In diesen beiden Ländern würde die Migration zu DAB+ hin bestimmt länger dauern als in den anderen Ländern. Dies ist wohl auch der Grund dafür, dass sich dort noch keine nennenswerten DAB+ Aktivitäten verzeichnen lassen.

T-DMB (Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting) ist eine Erweiterung von T-DAB für die Übertragung von Video- und Audiodaten auf mobile und portable Empfänger und gehört auch zur Eureka 147-Familie.

T-DMB steht zurzeit im Wettbewerb mit DVB-H wenn es um das Thema Mobile TV geht. Korea und China werden oft als Beispiele genannt, wenn man die Vorteile von T-DMB herausstellen möchte. Dort befindet sich T-DMB bereits erfolgreich im Regelbetrieb bzw. wird momentan massiv vorangetrieben.

Auch andere Länder sehen in T-DMB eine zumindest prüfungswürdige Technologie. Tests in vielen Ländern weltweit zeigen, dass man T-DMB als Standard zur Videoübertragung für mobile Empfänger in Betracht zieht. In Deutschland ist sogar eine relativ hohe T-DMB-Abdeckung vorhanden, zumindest für die größten Städte.

Auf der angeführten Website [16] wird ein Vergleich zwischen DAB+ und T-DMB gemacht (auf Grundlage von WorldDMB [15]) und festgestellt, dass T-DMB für eine reine Audioübertragung kaum sinnvoll erscheint. Der so genannte Overhead reduziert die Effektivität von T-DMB bezüglich der Audioübertragung, insbesondere bei den relativ geringen Bitraten, wie sie dann benutzt würden.

4.2 DAB-IP, DMP-IP und DXB

Eine weitere Version eines Standards für Mobil TV ist DAB-IP, der bereits in England eingesetzt wird und im ETSI ES 201 735 V1.1.1 definiert ist. DAB-IP (IP: Internet Protokoll) zeichnet sich durch seine hohe Flexibilität aus, weil die Daten im DAB-Datenstrom eingebettet sind (DAB Enhanced Packet Mode). Somit kann T-DAB auch für andere Anwendungen benutzt werden, wie eben z.B. zur Videoübertragung. Dem gegenüber steht ein gewisser Overhead, der die Gesamtdatenrate etwas reduziert im Vergleich zu T-DMB (ca. 5 %). [19]

Es muss noch erwähnt werden, dass manchmal der Begriff DMB-IP auftaucht. Hierbei handelt es sich aber um eine DAB-IP-Anwendung, die man in DMB-IP umbenannt hat, um anzuzeigen, dass hier speziell Videodaten (für entsprechende Empfänger) übertragen werden können.

DXB (Digital Extended Broadcasting) ist ein Forschungsprojekt in Deutschland mit dem Ansatz, Multimedialität unabhängig vom Netz (Rundfunk: eDAB, DVB-H; Mobil: UMTS) zu machen. Hierzu soll der T-DAB-Standard um die Variante eDAB erweitert werden, damit IP-Daten nicht nur über einen Verbreitungsweg übertragen werden können. Das Projekt ist jedoch etwas ins Stocken geraten, da die Standardisierung von eDAB noch aussteht.

4.3 Alternative Standards

Im Folgenden soll ein Überblick über mögliche alternative Übertragungssysteme zu den DAB-Systemen nach Eureka 147 gegeben werden.

4.3.1 HD Radio

HD Radio ist die europäische Variante des analog-digitalen US-amerikanischen IBOC-Systems (In Band On Channel), welches sich dort statt eines rein digitalen Systems durchgesetzt hat. Es nutzt die Frequenzlücken an der oberen und unteren Seite des analogen FM-Signals, um dort ein digitales Signal im gleichen Kanal mitzuübertragen (23 dB gedämpft gegenüber dem FM-Signal).

Es gibt drei Modi für die digitale HD Radio-Übertragung:

- Standard Hybride Mode: Das FM-Signal bleibt spektral unverändert,
- Extended Mode: Das FM-Signal wird zu Gunsten der digitalen Seitenbänder eingeengt,
- Full Digital Mode: Im gesamten Kanal reine digitale Übertragung.

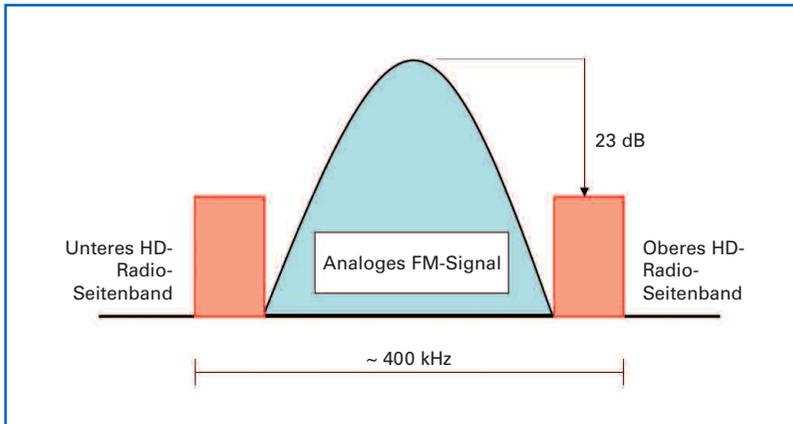


Abbildung 9: Spektrum eines HD Radio-Signals (idealisiert)

Der Codec (HDC) ist ähnlich dem AAC+ (Advanced Audio Coding) und arbeitet mit SBR (Spectral Band Replication), welches z.B. auch DRM nutzt und ermöglicht eine maximale Gesamtbitrate von 124 kbit/s (Standard Hybride Mode). Somit kann mit relativ geringen Bitraten eine gute Klangqualität für mehrere Programme erreicht werden.

Als weitere Vorteile werden genannt:

- Geringe Investitionen notwendig;
- guter Inhouse-Empfang, da niedriger FM-Frequenzbereich;
- Nutzung bestehender FM-Frequenzen;
- Simulcast-Betrieb;
- durch den langjährigen IBOC-Betrieb in den USA sind Empfänger günstig verfügbar.

HD Radio wird zurzeit in der Schweiz (zwei digitale Musikprogramme und ein Wortprogramm) und seit kurzem in Deutschland (zwei digitale Programme) sowie einigen anderen nicht-europäischen Ländern getestet.

Dabei ist es möglich, dass man als erstes digitales Programm den Inhalt des analogen überträgt. Der Empfänger kann dann bei schwierigen Empfangsbedingungen des digitalen Programms auf das analoge umschalten. Allerdings reduziert sich die Gesamtdatenrate entsprechend und es kann nur noch die verbleibende Datenrate für neue Digitalprogramme verwendet werden.

Dem sicherlich großen Vorteil des Simulcast-Betriebs stehen zurzeit noch offene Fragen hinsichtlich des Störpotenzials zu anderen Funkdiensten und FM selbst gegenüber. Das größte Problem stellt nämlich die Tatsache dar, dass die digitalen Signale an der oberen und unteren FM-Signalgrenze anliegen und die Gesamtbandbreite des Kanals auf 400 kHz erhöhen.

Somit besteht die Gefahr, dass angrenzende Nachbarkanäle – zumindest in den Randbereichen deren Versorgungsgebiete – gestört werden. In den USA, wo die Kanalbandbreite von FM bei 200 kHz liegt, ist dies somit weit weniger kritisch als in Europa, wo das Kanalaraster bei 100 kHz liegt. Entsprechend der nachfolgenden Darstellung ist in Europa ein Schutzabstand von 7 dB für FM bei +/- 200 kHz gefordert.

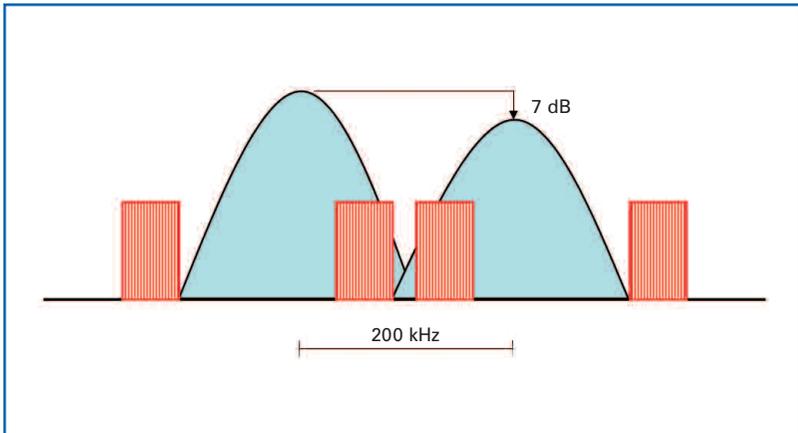


Abbildung 10: Überlappende HD Radio-Seitenbänder

In Baden-Württemberg wird derzeit ein Pilotprojekt zu HD Radio durchgeführt. Das Pilotprojekt ist noch nicht abgeschlossen, jedoch deuten erste Erkenntnisse an, dass die ITU-Spektrumsmaske für FM nicht eingehalten wird. Dies könnte einer möglichen Einführung von HD Radio in Deutschland entgegenstehen, da die Bundesnetzagentur als Regulierungsbehörde Sorge tragen muss, dass geltende Vorschriften eingehalten werden.

Trotz der zu erwartenden Verletzung der Spektrumsmaske scheinen die bisher gewonnen subjektiven Höreindrücke dadurch nicht gravierend beeinträchtigt zu sein. Nach den bisherigen Erfahrungen sind die Unterschiede mit schlechten Empfängern, d.h. Geräte, die mit einem geringen S/N arbeiten, geringer als mit hochwertigen Geräten.

Die folgende Abbildung zeigt die Situation hinsichtlich den (über sechs verschiedene Empfänger) messtechnisch ermittelten, notwendigen Schutzabständen. [37]

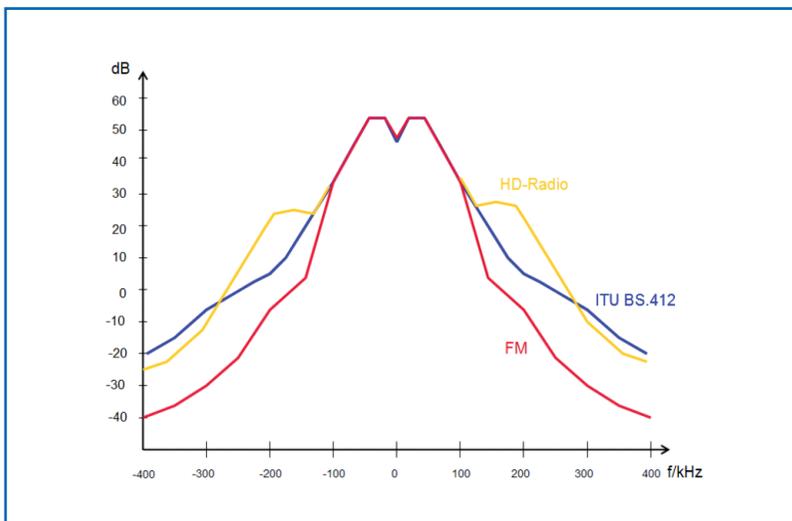


Abbildung 11: Schutzabstandskurven

Die blaue Kurve zeigt die nach ITU geforderten Schutzabstände für Dauerstörer (45 dB bei Gleichkanal, 33 dB für den ersten Nachbarkanal etc.). Die rote Kurve kennzeichnet die ermittelten Werte für FM, die gelbe Kurve bildet die Schutzabstände von HD Radio ab. Man kann gut erkennen, dass HD Radio bei diesen Messungen einerseits teilweise deutlich über den für FM gemessenen Werten liegt und andererseits stellenweise auch über den ITU-Kurven.

Abbildung 11 beschreibt die ETSI- und FCC-Spektrumsmasken, sowie das HD Radio-Spektralsignal. Man kann gut erkennen, dass die Kurve der FCC (Federal Communications Commission: amerikanische Regulierungsbehörde) das Spektrum von HD Radio umschließt, d.h. in den USA besitzt HD Radio nicht dasselbe Störpotenzial wie in Europa, wo eine andere Spektrumsmaske der ETSI einzuhalten ist. Hier überschreitet das HD-Signal die zulässige Grenze teilweise deutlich.

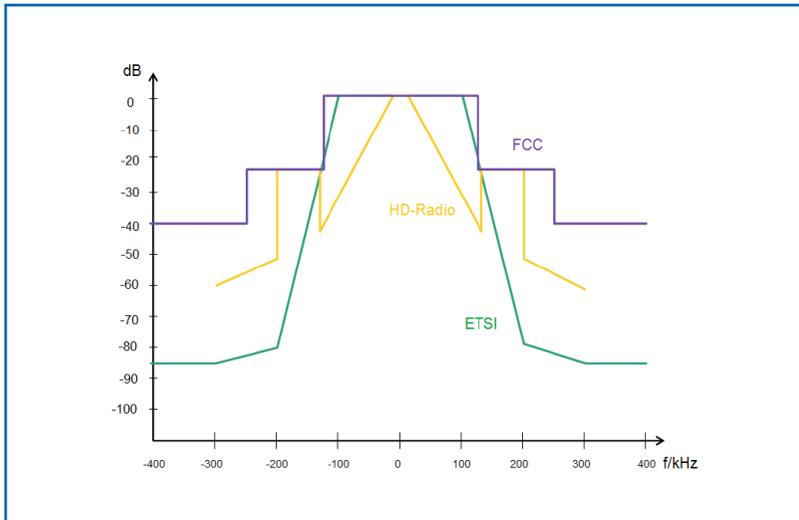


Abbildung 12: Spektrumsmasken der ETSI und FCC mit HD Radio-Spektralkurve

Erwähnenswert ist die Tatsache, dass die Fachhochschule Kaiserslautern – zusammen mit der Universität Kaiserslautern und der Niedersächsischen Landesmedienanstalt (NLM) – mehrere Feldversuche zu HD Radio und DRM+ zurzeit durchführt. Dabei wird nicht nur die Fähigkeit dieser Systeme bezüglich der Versorgung untersucht, sondern es werden auch mögliche Empfängertypen sowie die erforderlichen Schutzabstände und Interferenzsituationen betrachtet. Letztere sind insbesondere hinsichtlich möglicher Störungen gegenüber FM, BOS (Behörden mit Organisations- und Sicherheitsaufgaben) sowie Flugfunk kritisch zu betrachten.

Die Homepage der Fachhochschule Kaiserslautern [12] informiert über den aktuellen Stand dieser Versuche. Eine aktuelle Verträglichkeitsuntersuchung [13] vom November 2007 betrachtet diese Problematik im Detail, ebenso [14].

4.3.2 FMeXtra

Im Gegensatz zu HD Radio nutzt FMeXtra keine Seitenbänder des analogen Signals, sondern so genannte Subträger, um ein digitales Signal zu übermitteln. Diese werden ebenso wie bei HD Radio als OFDM-Signal übertragen, jedoch nur im oberen Bereich des FM-Kanals. Dabei kann eine Bitrate von maximal 64 kbit/s bei einem Stereo-FM-Sender erreicht werden. Theoretisch kann man diese Bitrate dann noch auf mehrere Programme verteilen, was zu einer geringeren Klangqualität führen würde. Als Kodierverfahren kommt hier auch der effiziente AAC+ Codec zum Einsatz.

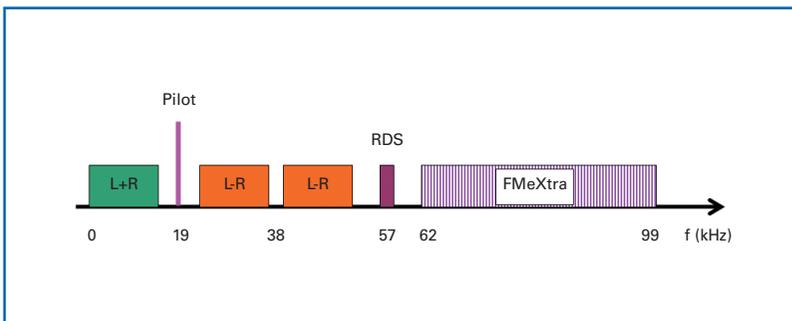


Abbildung 13: Spektrum eines FM-Signals plus FMeXtra-Signal

Insbesondere die Tatsache, dass sendeseitig nur ein relativ geringer Aufwand notwendig ist und kaum Störwirkung auf bestehende FM-Netze oder andere Dienste ausgeübt wird, macht FMeXtra auf den ersten Blick interessant.

FMeXtra wird momentan in Holland getestet. Die ersten Versuche hat man 2007 durchgeführt und 2008 weitere Versuche gestartet. [18]

Auch in Deutschland (Baden-Württemberg) wurde ein Versuch durchgeführt (Hit-Radio Antenne 1), der nahezu abgeschlossen ist. Zwei Fakten erscheinen hierbei kritisch: die relativ geringe Reichweite des digitalen FMeXtra-Signals im Vergleich zum analogen FM-Programm sowie erschwerte Empfangsbedingungen bei topografisch schwierigem Gelände (Reflexionen) und den damit einhergehenden Laufzeitunterschieden. Im Gegensatz zu den anderen OFDM-Systemen ist bei FMeXtra kein Schutzintervall implementiert, was das System für solche Interferenzen sehr anfällig macht. Somit ist der Mobilempfang nur bedingt möglich.

4.3.3 DRM+

DRM wurde ursprünglich entwickelt, um für die langwelligen Bänder (Lang-, Mittel- und Kurzwelle) den Sprung von analog zu digital zu vollziehen. Es zeichnet sich vor allem durch seine sehr hohe Bandbreiteneffizienz aus, d.h. innerhalb des sehr schmalbandigen 9 kHz- bzw. 10 kHz-Kanals in den genannten Bändern ist es dank eines MPEG 4-Codecs mit AAC (Advanced Audio Coding) und SBR (Spectral Band Replication) möglich, ein Signal in nahezu FM- oder CD-Qualität zu übertragen, abhängig von der möglichen Modulationsvariante (QPSK, 16-QAM oder 64-QAM).

Eine neue Variante von DRM stellt nun DRM+ dar. Es ist für Band II vorgesehen, in dem bisher ausschließlich FM gesendet wurde. DRM+ benutzt dieselbe Kanalbandbreite wie FM und kann somit direkt einen analogen Kanal ersetzen. Die Bitrate kann bis zu 186 kbit/s betragen, was die Übertragung von mehreren Audioprogrammen in guter Qualität ermöglicht, eventuell sogar noch mit Zusatzinformationen.

Systemeigenschaften von DRM+:

- Programmqualität bis zu CD-Qualität (je nach Programmanzahl),
- Inhouse-, portabel- und mobiler Empfang,
- lokale, regionale und überregionale Senderstrukturen wie bei FM,
- Bildung von SFNs möglich,
- Beibehaltung des 100 kHz-Rasters.

Insbesondere die Tatsache, dass DRM+ die bisherige FM-Senderstruktur weiterhin abbilden kann, macht es für kleinere, lokale Programmveranstalter attraktiver, als sich zusammen mit anderen Wettbewerbern in einem Multiplex zu präsentieren, wie er bei T-DAB vorhanden ist.

Dazu ist es allerdings erforderlich, dass dafür im FM-Spektrum zuerst Kanäle freigemacht werden. Eine direkte Umschaltung von FM auf DRM+ erscheint wenig sinnvoll, da ein „harter Umstieg“ ohne Simulcast-Phase die Hörer eher verärgern und zum Wechsel zu anderen FM-Stationen hin motivieren würde, als zum Kauf neuer DRM+ Empfänger. Die Nutzung von DRM+ impliziert somit gewissermaßen die erfolgreiche Einführung von Digitalradio, beispielsweise durch DAB+. In dessen Folge wechseln die bisherigen großen FM-Veranstalter zu Digitalradio und somit wird Spektrum im Band II frei, um dies für DRM+ nutzen zu können.

4.3.4 Visual Radio

Es handelt sich hierbei um eine Entwicklung von Nokia, bei der man zusätzlich zu den FM-Sendern, die man mit dem Handy empfängt, Informationen angezeigt bekommt (z.B. zum Interpretieren) und auch Feedback über einen Datenkanal (z.B. GPRS) zurückgeben kann.

Dieses System wird bisher nur sehr zögerlich von einigen wenigen Stationen getestet und stellt auch keine Alternative zu den anderen zu vergleichenden Digitalradio-Systemen dar, da es sich um eine reine Erweiterung vom analogen Rundfunk handelt, ohne das Ziel, die Tonqualität zu verbessern oder die Programmanzahl zu erhöhen.

4.3.5 Satellitenradio

Radioprogramme über Satellit zu übertragen ist vor allem in Ländern mit geringer Bevölkerungsdichte bzw. für Flächenstaaten interessant. Als nachteilig erweist sich die Tatsache, dass sendeseitig ein großer Aufwand betrieben werden muss (hohe Sendeleistung des Satelliten mit großen Antennen) sowie Abschattungen, die vor allem in Städten ein Problem darstellen würden.

In Europa sind mit DVB-S (MUSICAM) und DVB-S2 (AAC) zwar prinzipiell hunderte von Hörfunkprogrammen über Satellit empfangbar, jedoch nur mit einer Parabolantenne (mindestens 40 cm Durchmesser). Dagegen sind die beiden amerikanischen Systeme XM und Sirius, die im 2 GHz-Bereich arbeiten, auch mit Standardempfängern zu empfangen.

XM Satellite Radio sendet im S-Band bei 2,3 GHz mit einer Bandbreite von 12,5 MHz und bietet seit 2001 eine landesweite Bedeckung in den USA. Über 170 Programme, davon rund 70 werbefrei, können gegen Bezahlung einer Gebühr von etwa USD 13,- empfangen werden.

Zahlreiche Empfänger werden angeboten, wobei diese auch die in den USA gerne gehörten AM- und FM-Bänder beinhalten. Vier geostationäre Satelliten sowie etwa 800 Repeater zur Inhouse-Versorgung in Städten sollen eine ausreichende Versorgung gewährleisten. In Fahrzeugen wird dabei eine herkömmliche Stab- oder Scheibenantenne benötigt.

Die Teilnehmerzahl wird mit 8,5 Mio. angegeben. [25]

Sirius Satellite Radio ist ein ähnlich funktionierendes System, das ebenso eine landesweite Bedeckung (USA) bietet. Ca. 7 Mio. Teilnehmern stehen 130 Kanäle (davon auch ca. 70 werbefrei) zur Verfügung.

Beide Netze haben ähnliche wirtschaftliche Strukturen. Sportclubs, große Firmen, Musiker und Prominente werden vertraglich zur exklusiven Moderation oder Berichterstattung gebunden, um den Bekanntheitsgrad dieser Medienunternehmen zu steigern und damit auch die Teilnehmerzahl.

In Europa ist ein vergleichbares System zurzeit nicht verfügbar und bisher wohl auch nicht geplant.

4.4 Übersicht der aktuellen Standards

Die Tabelle auf der folgenden Seite stellt die gebräuchlichsten und am meisten geeigneten Codecs für digitale Audioübertragung gegenüber. Dabei spielt der AAC-Codec die größte Rolle.

Weitere Infos zu den AAC-Codecs findet man bei der EBU-Veröffentlichung „Low bitrate audio-codecs“ [38] und auf der Homepage von Coding Technologies. [39]

System	T-DAB	DAB+	DRM+
Kodierungsverfahren	MUSICAM (MPEG 1)	HE AAC+ v2 (MPEG 4)	AAC+ (MPEG 4)
Gebräuchliche Bitrate/Programm (kbit/s)	128 – 256	32 – 64	37 – 186
Anzahl Programme/Kanal	6 – 10	15 – 30	1 – 4
Bestmögliche Tonqualität	gut	gut	mittel – gut
Störpotenzial	gering	gering	gering
SFN-geeignet	ja	ja	ja
Geeignet für Mobilempfang	ja	ja	ja
Max. Versorgungsgebiet	landesweit	landesweit	regional / lokal

System	T-DMB	HD Radio	FMeXtra
Kodierungsverfahren	AAC+ (MPEG 4)	HDC (AAC)	HDC (AAC)
Gebräuchliche Bitrate/Programm (kbit/s)	32 – 64	48 – 124	40 – 48
Anzahl Programme/Kanal	15 – 30	3	2
Bestmögliche Tonqualität	gut	gering – mittel	gering
Störpotenzial	gering	mittel – hoch	gering
SFN-geeignet	ja	nein	nein
Geeignet für Mobilempfang	ja	ja	nein
Max. Versorgungsgebiet	landesweit	regional / lokal	regional / lokal

Tabelle 17: Vergleich der zurzeit wichtigsten Audiokodierverfahren

AAC+: HE-AAC v1 oder HE-AAC v2

AAC wird für hohe Bitraten benutzt

HE-AAC v1 (=AAC+SBR) für mittlere Bitraten

HE-AAC v2 (=AAC+SBR+PS (Parametric Stereo)) für niedrige Bitraten

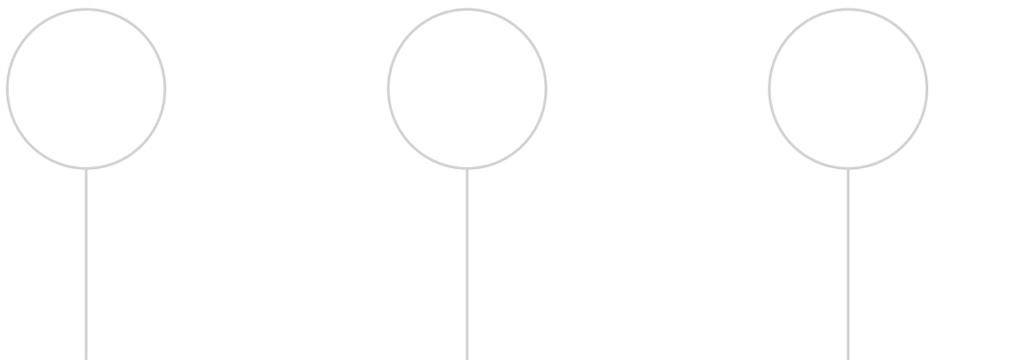
Jeder Codec hat einen Bereich, in dem er mit maximaler Effizienz arbeitet (so genannte sweet spots):

MPEG 1 Audiolayer 2 (MUSICAM): 192 kbit/s

MPEG 1 Audiolayer 3 (MP3): 128 kbit/s

AAC: 96 kbit/s

AAC+: 64 kbit/s



5. Endgerätemarkt

Von Beginn an war das größte Problem für die T-DAB-Betreiber, dass es nur eine geringe Anzahl an passenden Endgeräten zu kaufen gab und diese vor allem wesentlich zu teuer waren für viele potenzielle Hörer. Da T-DAB aufgrund der relativ gut ausgebauten FM-Netze in Europa auf den ersten Blick sowieso nur einen relativ geringen Zusatznutzen für den Hörer hat, ist die Bereitschaft, viel Geld für neue, digitale Empfänger auszugeben, recht gering.

Dies resultierte dann in der Tatsache, dass die Stückzahl der verkauften Heim- und Mobilempfänger sich lange Zeit nur auf einem sehr niedrigen Niveau bewegte und T-DAB ein Schattendasein führte. Die Hersteller wiederum führten an, dass sie größere Stückzahlen nur bereitstellen könnten, wenn auch ein absehbarer Markt vorhanden wäre.

Erst seit geraumer Zeit wächst die Zahl der angebotenen Endgeräte deutlich an und gibt somit Anlass zur Hoffnung, dass T-DAB sich großflächig durchsetzen kann. Eine „vernünftige“ Auswahl an günstigen Empfangsgeräten ist Voraussetzung, dass T-DAB von einer breiten Hörerschaft akzeptiert wird.

Eine Übersicht über die aktuell angebotenen Geräte findet man im Internet, z.B. bei [20], [21] und [24].

Prinzipiell kann man die angebotenen Geräte in vier Klassen unterscheiden, wobei viele der Hersteller nicht nur eine der Klassen bedienen und auch innerhalb der Klassen manchmal mehrere Geräte im Angebot haben.

In [35] findet man eine kleine Auswahl (derzeit sieben Geräte) an so genannten DAB+ upgradable-Empfängern.

5.1 Heimgeräte

Hier gibt es die größte Auswahl an verfügbaren T-DAB-Empfängern. Einige hundert Geräte werden angeboten, teils von bekannten Herstellern (Philips, Panasonic, Denon, Grundig, Hitachi, etc.) oder auch von Herstellern, die sich auf digitale Empfänger spezialisiert haben (Morphy Richards, Ferguson, Pure Digital, Sangean, etc.).

Die Heimgeräte unterscheiden sich dabei in reine Receiver, die an die HiFi-Anlage angeschlossen werden müssen und in stand-alone-Geräte, die entweder externe Lautsprecher besitzen oder diese im Gehäuse integriert haben. Letztere können meistens auch portabel benutzt werden (Batterieverorgung).

Die Preisspanne bewegt sich hier zwischen unter EUR 100,- für einfache portable Geräte und mehreren tausend Euro für sehr hochwertige Empfänger (z.B. B&O), wobei die Mehrheit etwa zwischen EUR 100,- und EUR 500,- liegt.



Abbildung 14: Heimgeräte, Quelle: <http://www.digitalradio.de>

5.2 Autoeinbaugeräte

Auch hier hat sich die Zahl der zur Verfügung stehenden Geräte in der letzten Zeit deutlich verbessert. Einige Hersteller (Opel, BMW, Audi, etc.) bieten bereits ab Werk T-DAB-Geräte an, andere werden demnächst nachziehen.

Geräte zum nachträglichen Einbau (ca. 20 Typen) werden, entweder als Zusatzbox oder als eigenständiges Gerät, das in den Einbauschacht der Fahrzeuge passt, angeboten. Namhafte Hersteller wie z.B. Sony, Pioneer, Kenwood und Blaupunkt bieten hier diverse Geräte an. Die Preisspanne liegt etwa zwischen EUR 100,- (Goodmans) und EUR 800,- (Pioneer).



Abbildung 15: Autoeinbaugeräte, Quelle: <http://www.digitalradio.de>

5.3 Handhelds (mobile Empfänger)

Auch in diesem Segment der kleinen portablen Geräte gibt es mittlerweile einige Dutzend verschiedener T-DAB-Empfänger zu kaufen. Die Preisspanne bewegt sich etwa zwischen EUR 100,- (z.B. Ferguson, Albrecht) und EUR 300,- (Pure Digital).



Abbildung 16: Handhelds (mobile Empfänger),
Quelle: <http://www.digitalradio.de>

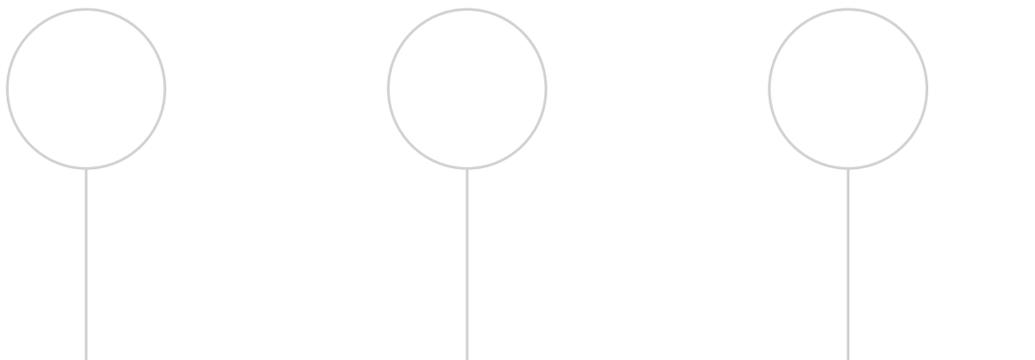
5.4 Empfänger für PCs

Auch einige wenige PC-Empfänger sind verfügbar. Das Signal wird dabei über die USB-Schnittstelle am PC eingekoppelt. Hersteller sind z.B. Mtech (ca. EUR 60,-), Terratec (ca. EUR 80,-) oder Trinloc (ca. EUR 180,-).

Für alle der aufgeführten Klassen gilt, dass je nach Gerätetyp und Hersteller durchaus große Unterschiede hinsichtlich der weiteren Funktionalitäten bestehen können (z.B. MP3, T-DMB, DRM etc.). Auch die Tatsache, dass teilweise nur Band III empfangbar ist und kein L-Band, führt dann zu den recht großen Preisunterschieden.



Abbildung 17: Empfänger für PCs, Quelle: <http://www.digitalradio.de>



6. Mögliche Einführungsszenarien für Digitalradio

6.1 Analyse des Status Quo

Betrachtet man die momentane Situation in Europa hinsichtlich der Entwicklung bzw. Einführung von Digitalradio in den einzelnen Ländern, stellt man fest, dass es kaum konfuser sein könnte, als es zurzeit ist.

Ein Land (Großbritannien) hat T-DAB relativ erfolgreich eingeführt, Dänemark befindet sich auf einem ähnlichen Weg und in der Schweiz läuft gerade der Netzaufbau. Deutschland dagegen hat nach über einem Jahrzehnt keinen nennenswerten Durchbruch bei T-DAB verzeichnen können, Finnland hat sich komplett von T-DAB verabschiedet und bei den übrigen europäischen Ländern herrscht mehr oder weniger Ratlosigkeit oder zumindest fehlt die Entschlussfreudigkeit, sich nun definitiv für ein Digitalradiosystem zu entscheiden.

Der analoge FM-Rundfunk hat sich ausnahmslos in allen betrachteten Ländern breitflächig durchgesetzt und schon lange die Lang- Mittel- und Kurzwellenbänder als „Nachrichten- und Musiklieferanten“ abgelöst. Ob als Fest-, Mobil- oder Portable-Empfang genutzt, FM ist in Europa für den Hörer überall in einer guten bis ausreichenden Qualität verfügbar und genau diese Tatsache erschwert einer neuen Übertragungstechnologie die erfolgreiche Einführung. Der Hörer bekommt nahezu überall mehrere Programme – in der Regel öffentlich-rechtliche und auch private – und hat somit schon einen gewissen Anspruch an die neue Technologie hinsichtlich der Programmanzahl. Je mehr Programme z.B. in einem T-DAB-Multiplex vorhanden sind, insbesondere auch Spartenprogramme, desto attraktiver wird die neue Technologie sein. Großbritannien zum Beispiel hat die Anzahl der Programme im Multiplex deutlich erhöht, zu Lasten der Bitrate und damit der Tonqualität. Offenbar scheint aber das ursprüngliche Hauptargument von Digitalradio (besserer Klang) doch nicht die bestimmende Rolle beim Hörer zu spielen. Man akzeptiert sogar eine Tonqualität, die unter der von FM-Radio liegt. Teilweise wird aufgrund der reduzierten Bitrate sogar in Mono gesendet.

Ein weiteres „Problem“ für die Entscheidungsträger stellt aber auch die Tatsache dar, dass es nun parallel mehrere mögliche Übertragungstechnologien für Digitalradio gibt. War vor einigen Jahren nur T-DAB verfügbar, steht nun auch noch DAB+, T-DMB, DRM+ sowie die zwei Hybrid-systeme HD Radio und FMeXtra zur Diskussion. Jeder dieser Standards weist dabei seine besonderen Eigenheiten auf und hat neben den dargestellten Stärken und Schwächen auch seine besonderen „Umstände“, die eine erfolgreiche Einführung durchaus behindern oder zunichte machen können.

Hier scheint sich in Europa eine divergente Entwicklung abzuzeichnen, d.h. nicht wie beim analogen FM (UKW) ein einheitliches System in allen Ländern, sondern eher eine Tendenz zu unterschiedlichen Standards (z.B. Großbritannien: T-DAB, Dänemark: T-DAB, Deutschland: T-DAB und DAB+, Schweiz: T-DAB und DAB+, Frankreich: T-DMB). In dessen Folge würde bei einer Fahrt durch Europa mit einem T-DAB-Empfänger, je nach Land, zukünftig ein Empfang von Digitalradio nur teilweise möglich sein können. Es ist durchaus vorstellbar, dass diese digitale Diversifizierung Europas durch einen „Multistandard-Empfänger“ wieder vereint wird, jedoch sind derartige Geräte derzeit noch nicht verfügbar.

Für die erfolgreiche Einführung von Digitalradio ist es wichtig, dass genügend günstige Empfänger am Markt vorhanden sind. Oft wird z.B. Deutschland dabei als Beispiel genannt, bei dem genau dies das Hauptproblem bei der beabsichtigten Einführung von T-DAB war. Die Industrie hatte nur ein paar wenige Empfänger im Angebot, die auch noch relativ teuer waren, und als Begründung dafür wurde dann genannt, dass die mangelnde Akzeptanz bei den Hörern es nicht zuließe, größere Stückzahlen zu bauen. Somit blieben die Preise auf einem hohen Niveau und die Hörerzahlen stagnierten auf einem sehr geringen.

6.2 Mögliche Vorgehensweise

Die Gründe, die eine neue Technologie zum Erfolg führen oder in einer mangelnden Resonanz enden, können mannigfaltig sein. Primär stellt sich die Frage, welcher der beschriebenen Standards generell als „der optimale“ anzusehen ist.

Analysiert man die zahlreichen Publikationen und die Meinungen der Entscheidungsträger, kristallisiert sich DAB+ als das mehrheitlich favorisierte System heraus. Insbesondere Länder mit einer bisher geringen Marktdurchdringung von T-DAB können nun auf den hoch-effizienten AAC-Codec setzen, ohne allzu viele der bisherigen T-DAB-Hörer damit zu verärgern. Da es in Österreich bisher nur Testversuche mit relativ wenigen Hörern bei T-DAB gibt, existiert hier diese Hürde nicht. Auch für Deutschland hat man sich darauf geeinigt, zukünftig auf DAB+ zu setzen und in der Schweiz wird ein neuer Layer zukünftig nur noch mit DAB+ betrieben werden.

Dass Österreich nicht zu den Ländern gehört, die bisher die Einführung von Digitalradio forciert haben, kann man durchaus als vorteilhaft ansehen. Eine verfrühte Entscheidung zu Gunsten des mittlerweile „veralteten“ T-DAB-Standards hat man somit vermieden und ist nun flexibel bei der Auswahl eines zukünftigen und effektiveren Standards.

Gerade das Problem, das man z.B. in Deutschland und der Schweiz hat – dass bei den zukünftigen DAB+ Netzen die verkauften Empfänger nicht mehr zu gebrauchen wären – besteht in Österreich somit nur in geringem Umfang, da hier relativ wenig T-DAB-Empfänger verkauft wurden.

Auf alle Fälle muss der Focus für eine erfolgreiche Einführung eines neuen Digitalradiostandards auf einer geplanten und durchdachten Marketingstrategie beruhen. Programmanbieter, Regulierungsbehörden und vor allem die Endgerätehersteller sollten ein schlüssiges Konzept erarbeiten und an einem Strang ziehen.

Der Schlüssel zum Erfolg könnte lauten: Ein relativ großes Programmangebot mit einer ausgewogenen Programmstruktur und Spartenprogrammen, die exklusiv digital übertragen werden, in Verbindung mit einer nicht zu geringen Auswahl von Empfängern schon bei Beginn der Digitalisierung. Dabei wird der Preis der Empfänger einen direkten

Einfluss auf die Akzeptanz der Bevölkerung des neuen Dienstes haben. Einfache und kostengünstige Einsteigermodelle sollten verfügbar sein.

Der analoge FM-Dienst wird dabei noch viele Jahre parallel in Betrieb bleiben und selbstverständlich auch bei den neuen Digitalempfängern mit beinhaltet sein. Nur so wird man größere Teile der Bevölkerung zum Umstieg bewegen können.

Weiterhin wird es für die Akzeptanz von Digitalradio sicherlich förderlich sein, wenn die Programmanbieter ihre neuen Digitalprogramme massiv bewerben, vor allem natürlich innerhalb ihrer bisherigen FM-Programme. Durch gezielte Marketingaktionen wie z.B. Gewinnspiele, bei denen man DAB+ Empfänger gewinnen kann, können die Veranstalter „ihr neues Produkt“ zielgruppengerecht bewerben.

Die Frage, ob der Schwerpunkt dabei auf einer möglichst großen Anzahl von Programmen oder eher auf einer exzellenten Tonqualität liegen sollte, würde man angesichts der erfolgreichen Strategie der Engländer, eindeutig zu Gunsten der Programmanzahl beantworten. Der in der Vergangenheit immer wieder angeführte Aspekt der hohen Tonqualität und z.B. auch der schon als den Durchbruch bringende Surround-Sound bei T-DAB, hat sich im Nachhinein eben nicht als „Allheilmittel“ erwiesen, um T-DAB zum Erfolg zu führen. Dem Hörer ist die Tonqualität scheinbar doch nicht primär so wichtig wie man immer gedacht hatte.

Natürlich stellt sich dabei die Frage, wo man die untere Grenze ziehen sollte. Da DAB+ im Gegensatz zu T-DAB sowieso eine deutlich höhere Anzahl an Programmen zulässt (bei gleicher Tonqualität), hätte man hier auch nicht unbedingt die Zwänge, wie sie in England herrschen.

Eine mit FM vergleichbare Qualität wäre anfangs sicher problemlos möglich, wahrscheinlich sogar eine deutlich bessere. Allerdings ist es sicher keine gute Strategie, eine anfänglich sehr gute Tonqualität dann später zu Gunsten der Programmanzahl drastisch zu reduzieren.

Während aus Sicht des Hörers eine wesentlich größere Programmanzahl eine breitere Palette an Musikrichtungen und Veranstaltern bedeuten, also als klarer Vorteil gesehen wird, sollte jedoch auch bedacht werden, dass diese Entwicklung schnell an wirtschaftliche Grenzen stoßen kann, an denen sich eine Finanzierung der Programme für die Anbieter schwierig gestaltet.

Schwierig ist die Frage bezüglich der Kosten für die Digitalisierung der Rundfunklandschaft zu beantworten. Sieht man einmal von den nicht unbeträchtlichen Kosten für den Neuaufbau der digitalen Sender inklusive der notwendigen Infrastruktur ab, so wird es für die Zeit des notwendigen Simulcast-Betriebs, der durchaus mit 10 bis 15 Jahren geschätzt werden kann, eine Doppelbelastung geben, bis die analogen Sender endgültig abgeschaltet werden. Erst dann wird das Sparpotenzial des Digitalradios voll zum Tragen kommen.

Keinesfalls sollte man DVB-T als Beispiel heranziehen, um die generelle Möglichkeit einer erfolgreichen und schnellen Einführung eines digitalen Rundfunkdienstes zu untermauern. Beim Hörrundfunk würde es sicherlich sehr unterschiedlich ablaufen. Die Randbedingungen sind beim Fernsehen grundsätzlich andere und auch der für eine erfolgreiche Einführung von Digitalradio so wichtige Aspekt „Kundennutzen“ muss hier anders bewertet werden. Die analogen FM-Netze sind für die meisten Hörer ausreichend, was das Argument der „besseren Qualität“ für viele der Hörer relativiert. Auch die große Anzahl der bereits verkauften FM-Empfänger pro Haushalt macht deutlich, welcher finanzielle Aufwand mit einer Ersatzbeschaffung einhergehen würde, da es nicht, wie bei DVB-T genügt, ein Zusatzgerät (Set-Top-Box) vorzuschalten. Ein weiterer gravierender Unterschied ist sicherlich auch die Anzahl der exklusiv terrestrisch empfangenden Teilnehmer, d.h. während etwa 10 % der österreichischen Zuschauer die TV-Programme nur via Terrestrik empfangen, sind es bei FM die überwiegende Mehrheit, welche diese Übertragungsart für die verschiedenen im Haushalt verfügbaren Radios nutzen.

Die Betrachtung der Thematik aus den diversen Blickwinkeln unter Berücksichtigung der in dieser Studie erarbeiteten Fakten, legt unter anderem die beiden folgenden Optionen nahe:

1. Man entscheidet sich relativ kurzfristig für die Einführung eines neuen, digitalen Standards. DAB+ könnte dabei die erste Wahl sein. Eine mit allen Beteiligten abgestimmte Aktion innerhalb eines relativ schmalen Zeitfensters – ähnlich dem „Big Bang“ in Deutschland (siehe Kapitel 2.3.2) – koordiniert die Durchführung dieser Prozedur.

Ziel ist dabei, eine möglichst große Vielfalt an Programmen mit öffentlich-rechtlichen und privaten Programmanbietern zum Digitalradiostart anzubieten. Die analoge Ausstrahlung der bisherigen Programme über FM bleibt während einer Simulcast-Phase weiter möglich. Regionale und lokale Veranstalter könnten ihre Programme (wenn die rechtlichen und technischen Randbedingungen bzw. Testergebnisse endgültig feststehen) eventuell auch mit HD Radio, FMeXtra oder DRM+ ausstrahlen.

2. Man nimmt eine abwartende Haltung ein und beobachtet das weitere Vorgehen in den Nachbarländern, beispielsweise in Deutschland und der Schweiz. Hier werden sich in den nächsten Jahren klare Tendenzen bzw. eindeutige Entwicklungen abzeichnen, die sehr aufschlussreich sein können.

Insbesondere werden dann endgültige Ergebnisse zu den Standards HD Radio, FMeXtra und DRM+ vorliegen. Auch die Entwicklung bei den DAB+ Empfängern (zahlenmäßiges Angebot, Kosten) wird dann deutlich weiter vorangeschritten sein.

Eine Entscheidung zu Gunsten eines bestimmten Standards bzw. Kombinationen für bundesweite, regionale und lokale Verbreitung wird somit sicherlich leichter und eindeutiger ausfallen, als es momentan der Fall wäre.

Für diese abwartende Haltung zählt auch die Tatsache, dass es – unter Berücksichtigung der momentanen Entwicklung in den einzelnen Ländern – wohl zu einer Diversifizierung hinsichtlich der Standards in Europa kommen wird. Hierbei sollte auch in Betracht gezogen werden, dass neue Systeme, wie der in der Einführung befindliche Mobile TV-Standard DVB-H, die Übertragung von Audioprogrammen erlauben und somit die Palette der Möglichkeiten noch vergrößern.

7. Anhang

7.1 Abkürzungsverzeichnis

AAC	Advanced Audio Coding
Codec	Encoder, Kodierer, Kodierverfahren; Mathematische Verfahren zur Übertragung von Audio- und Videodaten, i.d.R. mit aufwändigen Methoden zur Datenreduktion kombiniert
COFDM	Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex (Digitale Übertragung mittels vieler Einzelträger)
DAB+	Neuer DAB-Standard mit verbessertem Kodierungsverfahren
DRM	Digital Radio Mondiale (Digitale Übertragung für LF/MF/HF)
ERP	Effektiv Radiated Power (Abgestrahlte Leistung der Antenne)
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FCC	Federal Communications Commission: amerikanische Regulierungsbehörde
FMeXtra	Ähnlich HD Radio (digitale Programme im Analogkanal)
GE06	Genfer Wellenplan (2006) für digitale terrestrische Rundfunkübertragung
HD Radio	Digitaler Übertragungsmodus im FM-Netz zur parallelen Übertragung digitaler Programme im Analogkanal (High Definition Radio)
kbit/s	Kilobit pro Sekunde (Maß für die Übertragungsgeschwindigkeit)
kW	1 Kilowatt = 1000 Watt
L-Band	Frequenzbereich 1 – 2,6 GHz
Multiplex	Zusammenschaltung mehrerer Programme in einem Kanal
MUSICAM	Masking pattern adapted Universal Subband Integrated Coding And Multiplexing (Kompressionsverfahren bei T-DAB zur Datenreduktion)
SFN	Single Frequency Network (Gleichwellennetz)
T-DMB	Terrestrial Digital Media Broadcasting
VHF	Very High Frequency (Frequenzbereich 30 MHz – 300 MHz)

7.2 Quellenverzeichnis

- [1] DAB · DAB+ · DMB Building on Success; Aiding the implementation and roll out of the Eureka 147 Family of Standards;
http://www.worlddab.org/upload/uploaddocs/WorldDMB_brochure_FINAL_lores.pdf
- [2] The Status of T-DAB implementation in Europe;
http://www.digitalradio.nl/Catalyst/EN/articles/EN_02_TheStatusofT-DABinEurope.htm
- [3] <http://www.digitalradio.de/index.php?id=388>
- [4] Status of the implementation of T-DAB in the CEPT area April 2006
<http://www.ero.dk/BEFA0060-25E4-45B5-9F6A-9B960060F1E4?frames=no&>
- [5] <http://www.wohnort.org/> (Private Homepage mit hohem Informationswert; sehr aktuell)
- [6] <http://www.teltarif.de/arch/2007/kw04/s24682.html>
- [7] <http://www.dab-digitalradio.ch/?lang=de&c=ausbau>
- [8] http://www.digitalradiotech.co.uk/dab/worldwide_dab.htm
- [9] http://de.geocities.com/juebi55/Archiv/Archiv_Medienmeldungen/archiv_medienmeldungen.html#YLE
- [10] http://www.worlddab.org/upload/uploaddocs/April-May07_DAB_update.pdf
- [11] <http://www.dtg.org.uk/news/news.php?id=2589>
- [12] <http://www.fh-kl.de/~drm/>
- [13] http://www.fh-kl.de/~drm/dokumente/drmplus/Abschlussbericht_Vertraeglichkeit/Abschlussbericht%20Vertraeglichkeit%20Digitale%20Modulation%20im%20UKW-Band.pdf
- [14] http://www.fh-kl.de/~drm/dokumente/drmplus/WSDR8_FH-KL-1pp.pdf
- [15] <http://www.worlddab.org/pdf/DAB+brochure.pdf>
- [16] http://www.digitalradiotech.co.uk/dab/t-dmb_vs_dab+.htm
- [17] http://www.bbc.co.uk/info/policies/pdf/dab_review.html
- [18] <http://radio.nl/2003/home/medianieuws/010.archief/2008/01/127675.html>
- [19] http://www.telecomabc.com/d/dab_ip.html
- [20] http://www.worlddab.org/pdf/multiline.php?action_type=view
- [21] <http://www.digitalradio.de/index.php?id=27&L=>
- [22] <http://www.radiotoday.co.uk/news.php?extend.2950.5>
- [23] <http://www.kef-online.de/inhalte/presse/info2.html>
- [24] <http://www.dab-digitalradio.ch/?lang=de&c=geraet>

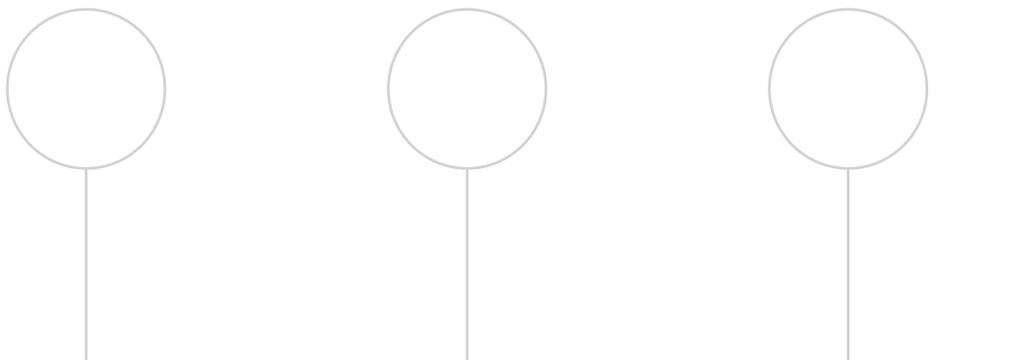
- [25] <http://www.xmradio.com/about/fast-facts/index.xmc>
- [26] <http://telematik.niedersachsen.de/index.php?id=16>
- [27] „Akustische Wahrnehmung von Datenreduktion bei digitalen Tonträgern“; Ergebnisse eines Studiotests im Januar 1998 in Stuttgart der Landesanstalt für Kommunikation Baden-Württemberg von Dr. Christa Wehner
- [28] <http://www.ukwvtv.de/sender-tabelle/index.html>
- [29] <http://eng.t-dmb.org/>
- [30] <http://www.watcha.de/>
- [31] <http://www.crtc.gc.ca/archive/ENG/Notices/2006/pb2006-160.htm>
- [32] http://www.blm.de/inter/de/pub/aktuelles/pressemitteilungen.cfm?fuseaction_pre=detail&prid=1132&
- [33] <http://www.spiegel.de/netzwelt/tech/0,1518,451362,00.html>
- [34] http://www.radioszene.de/news/Quo_Vadis_Digitalradio_141007.htm
- [35] http://www.dabdigitalradio.ch/?lang=de&c=db_dl&mode=search&FREQ_DAB_PLUS_READY=1
- [36] <http://www.redherring.com/Home/23285>
- [37] http://www.lfk.de/home/dabplus_digitalesukw/vortraege/KR_Workshop0907.pdf
- [38] http://www.ebu.ch/CMSimages/en/tec_doc_t3296_tcm6-10497.pdf
- [39] <http://www.codingtechnologies.com/products/aacPlus.htm>
- [40] http://www.rajar.co.uk/docs/2007_12/2007_Q4_Platform_Digital_Mobile_mp3.pdf
- [41] http://www.worlddab.org/upload/uploaddocs/Feb_DAB_Updates.pdf
- [42] <http://www.news.admin.ch>
- [43] <http://www.mediendaten.de/index.php?id=70>
- [44] http://www.carcommunications.technisat.de/files/de/pdf/digitales_radio.pdf
- [45] http://www.kas.de/upload/dokumente/2007/070612_mediendis_kurs_bauer.pdf

7.3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Zweiter VHF-Layer für T-DAB in Österreich	18
Abbildung 2: Allotment-Unterteilung des L-Bands	19
Abbildung 3: T-DAB-Entwicklungsstand in Europa	20
Abbildung 4: Grafische Übersicht T-DAB-Versorgung in Deutschland	24
Abbildung 5: Ausbauplan Schweiz	28
Abbildung 6: T-DAB-Standortplan Schweiz	28
Abbildung 7: T-DAB-Versorgung Schweiz	29
Abbildung 8: T-DAB-Versorgung Dänemark	33
Abbildung 9: Spektrum eines HD Radio-Signals (idealisiert)	63
Abbildung 10: Überlappende HD Radio-Seitenbänder	64
Abbildung 11: Schutzabstandskurven	65
Abbildung 12: Spektrumsmasken der ETSI und FCC mit HD Radio-Spektralkurve	66
Abbildung 13: Spektrum eines FM-Signals plus FMeXtra-Signal	67
Abbildung 14: Heimgeräte	74
Abbildung 15: Autoeinbaugeräte	75
Abbildung 16: Handhelds (mobile Empfänger)	76
Abbildung 17: Empfänger für PCs	77

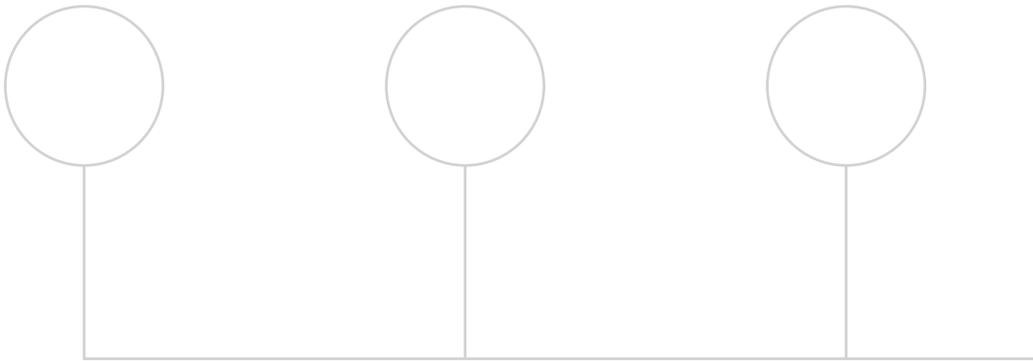
7.4 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Verwendete Frequenzbänder für T-DAB	17
Tabelle 2:	Übersicht T-DAB-Versorgung in Europa und Kanada	20
Tabelle 3:	Vergleich geschätzte Anzahl digitale und analoge Empfänger	22
Tabelle 4:	Verteilung der Hörer analog und digital in %	30
Tabelle 5:	T-DAB-Multiplex-Plattformbetreiber	46
Tabelle 6:	Erstes landesweites Ensemble Großbritannien	48
Tabelle 7:	Zweites landesweites Ensemble Großbritannien	48
Tabelle 8:	Erstes landesweites Ensemble Dänemark	49
Tabelle 9:	Zweites landesweites Ensemble Dänemark	49
Tabelle 10:	Landesweites Ensemble Deutschschweiz	50
Tabelle 11:	Landesweites Ensemble Niederlande	50
Tabelle 12:	Bundeslandweites Ensemble Baden-Württemberg	51
Tabelle 13:	Bundeslandweites Ensemble Bayern	51
Tabelle 14:	Bundeslandweites Ensemble Sachsen	52
Tabelle 15:	Bundeslandweites Ensemble Nordrhein-Westfalen	52
Tabelle 16:	Bundeslandweites Ensemble Niedersachsen	53
Tabelle 17:	Vergleich der zurzeit wichtigsten Audiokodierverfahren	71



Studie 2

Die Kosten des digitalen Radios für Österreich
am Beispiel von T-DAB/DAB+ und HD Radio™



1. Einleitung

Damit diese Studie durchgeführt werden konnte, mussten grundlegende Annahmen für ein fiktives Szenario betreffend der Implementierung von T-DAB/DAB+ in Österreich angenommen werden. Dieses ist bei der Interpretation der Studienergebnisse zu beachten. Im Text der Studie wird des Öfteren auf dieses Szenario Bezug genommen. Es ist an dieser Stelle festzuhalten, dass dieses Szenario auf keinem realen Digitalisierungskonzept für die Einführung von digitalem terrestrischen Hörfunk in Österreich basiert. Die Studie ist so konzipiert, dass mit einer modularen, transparenten und nachvollziehbaren Kostenanalyse, auch andere Szenarien berechnet werden können.

Die Eckpunkte des fiktiven Szenarios sind:

- Es wird eine T-DAB/DAB+ Bedeckung geplant (ein Multiplex).
- Dieser Multiplex ist auf Bundeslandebene regionalisierbar (neun Transportströme müssen erstellt und verteilt werden, es werden daher neun Multiplex-Einrichtungen benötigt).
- Es wird angenommen, dass zwölf Hörfunkprogramme in einem Transportstrom enthalten sind (D.h. in jedem Bundesland werden zwölf Hörfunkprogramme verbreitet, die entweder Teil eines bundesweiten Radios sind, oder in einem oder mehreren Bundesländern verbreitet werden.).
- Die Kodierung der Audiodaten und die Zulieferung zum Multiplexer liegt in der Verantwortung des Programmanbieters und wird bei den Gesamtkosten nicht mitberücksichtigt.

Insbesondere die Annahme über die Anzahl der Programme spielt bei der Ermittlung der Kosten für die Rundfunkbetreiber eine große Rolle. Die Zahl zwölf wurde gewählt, weil sie eine sinnvolle Ausnützung des DAB+ Systems darstellt. Sollten z.B. nur sechs Hörfunkprogramme pro Transportstrom zur Verfügung stehen, würden sich die Kosten der Programmanbieter verdoppeln, weil die gesamte Infrastruktur durch halb so viele Programmanbieter finanziert werden müsste. Es könnten aber

z.B. auch mehr als zwölf Programme verbreitet werden, wodurch sich die Verbreitungskosten pro Programm reduzieren würden.

Bei HD Radio™ gestaltet sich die Situation etwas anders. In dieser Studie wird das Szenario hinsichtlich HD Radio™ so angenommen, dass ein Rundfunkveranstalter, der ein UKW Radio betreibt, seine lizenzierten Rundfunksender auf HD Radio™ umrüstet. Auch dieses Szenario ist fiktiv. Es könnten sich auch z.B. zwei Hörfunkveranstalter entscheiden, dass sie ihre Programme im gleichen Netz auf dem HD System verbreiten.

1.1 Hintergrund Ziele, Ausführung

Die Idee zu dieser Studie ist in der RTR-GmbH entstanden und wurde gemeinsam mit der Fachhochschule Salzburg GmbH umgesetzt. Sie soll einen Beitrag zur Diskussion im Rahmen der Digitalen Plattform Austria liefern, die u.a. die Aufgabe hat, die Digitalisierung des Rundfunks in Österreich voranzutreiben. Regulierungsbehörde und Marktteilnehmer verfolgen die aktuellen Entwicklungen auf dem Gebiet des digitalen Rundfunks, die vielfältig, ja manchmal kaum überschaubar sind. Die Digitalisierung des Tonrundfunks, die meist nicht die Aufmerksamkeit wie das digitale Fernsehen genießt, schreitet weltweit mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten in unterschiedlichen Regionen und auf den verschiedensten Übertragungsplattformen (Satellit, Kabel, Internet, WLAN, Terrestrik) voran. Die vorliegende Studie befasst sich speziell mit der Untersuchung der Kosten einer terrestrischen digitalen Rundfunkübertragung in Österreich. Zwei technische Systeme, die bereits in verschiedenen Ländern der Welt implementiert sind und sich dort im Regelbetrieb befinden, werden betrachtet. Das eine System ist das in Europa entwickelte T-DAB bzw. das erst kürzlich standardisierte DAB+ als Nachfolger von T-DAB. Das zweite System ist das in Amerika entwickelte HD Radio™. Es sind zwei unterschiedliche Systeme mit unterschiedlichen Anforderungen und Möglichkeiten. Ein weiteres System – das Digital Radio Mondiale (DRM) – das zur Digitalisierung der Kurzwelle und Mittelwelle entwickelt wurde und das nun auch für den UKW-Frequenzbereich standardisiert werden soll, wurde nicht untersucht. Dieses hätte aus Sicht der Konsumenten die wahrscheinlich schwierigste Ausgangsposition, weil keine Frequenzen dafür vorhanden sind und nur ein „harter“ Umstieg von UKW auf digital möglich wäre.

Das DAB+ System stellt eine Weiterentwicklung des bereits in vielen Ländern Europas und darüber hinaus betriebenen T-DAB dar. Im Prinzip wird ein neuer Codec (AAC+) in den T-DAB-Standard eingebaut, der eine wesentlich bessere Datenkomprimierung ermöglicht. Dieser Codec ermöglicht es, eine größere Anzahl von Audioprogrammen bei gleich bleibender Bandbreite zu übertragen. Im Vergleich zu T-DAB, wo von sechs übertragenen Stereoprogrammen ausgegangen wird, können bei DAB+ jedenfalls zwölf Programme und auch mehr übertragen werden. Die jetzt am Markt befindlichen Empfänger für T-DAB sind nicht mit den neuen DAB+ Empfängern kompatibel. DAB+ wird so wie T-DAB im Frequenzband III (174 – 230 MHz), das zurzeit gerade durch die Abschaltung der analogen terrestrischen Fernsehsender frei wird, ausgestrahlt.

HD Radio™ kommt aus Amerika und ist dafür konzipiert, das bestehende UKW-Radio vorerst mit neuen digitalen Programmen zu erweitern und nach einer bestimmten „Simulcast“-Zeit zu ersetzen. HD Radio™ wird gemeinsam mit dem analogen UKW-Signal auf der gleichen Frequenz mit übertragen, wodurch sich der Energieinhalt des übertragenen Spektrums erhöht. Tests mit HD Radio™ in Europa haben bereits eindrucksvoll gezeigt, wie gut HD Radio™ funktioniert. Aus frequenzplanerischer Sicht bleibt jedoch die bis jetzt noch wenig untersuchte Frage, inwieweit der höhere spektrale Energieanteil in den Seitenbändern des UKW-Signals durch sein erhöhtes Störpotenzial eine flächendeckende Implementierung von HD Radio™ in Europa verhindern könnte, offen.

Die vorliegende Studie beschränkt sich auf die Frage der senderseitigen Kosten bei einer eventuellen Errichtung eines Sendernetzes und geht nicht auf Fragen der Geschäftsmodelle, Empfängerverfügbarkeit, Implementierungsstrategie oder medienpolitischen Auswirkungen ein.

Nachdem T-DAB/DAB+ nicht auf der UKW-Technik basiert, ist es für eine Kostenstudie notwendig, ein fiktives Sendernetz zu planen. Diese fiktive Planung wurde von der Abteilung Rundfunkfrequenzmanagement (RFFM) in der RTR-GmbH durchgeführt.

HD Radio™ ist eng mit UKW verbunden. Bei einer Implementierung ist es lediglich erforderlich, bestehende UKW-Sender mit einem HD Sender zu ergänzen. Die Technik bei HD Radio™ ist so konzipiert, dass die Versorgungsgebiete des UKW-Senders und des zugehörigen HD Senders

praktisch gleich sind. Für die Kostenuntersuchung bei HD Radio™ kann daher auf ein bestehendes Sendernetz zurückgegriffen werden und es ist keine Senderplanungstätigkeit notwendig. Es wurde entschieden, das bestehende Sendernetz des privaten Regionalradios „Antenne Salzburg“ als Grundlage für eine beispielhafte fiktive Digitalisierung auf HD Radio™ heranzuziehen.

Die Studie gliedert sich im Wesentlichen in zwei Teile. Der erste Teil beschäftigt sich mit den technischen und frequenzplanerischen Themen und der zweite mit den Betrachtungen der Kosten.

Die Studie wurde von den Teams der Fachhochschule Salzburg GmbH, bestehend aus den Herren Borsetzky, Graf, Linder, und Simoner, und der Abt. RFFM der RTR-GmbH, bestehend aus den Herren Hofmann, Janiczek, Kain und Reindl, gemeinsam erarbeitet. An dieser Stelle sei allen, die sich an der Erstellung dieser Studie beteiligt haben, auf das herzlichste für die geleistete Arbeit und den Einsatz gedankt. Insbesondere gilt der Dank Herrn Hofrat Prull von der KommAustria, der die RFFM beim technischen Teil der Studie mit Rat und Tat unterstützte, und natürlich allen, die mit ihrem Wissen und der Bereitstellung von Unterlagen etc. zu dieser Studie beigetragen haben.

1.2 Executive Summary

Die Abteilung RFFM der RTR-GmbH hat für die Kostenanalyse durch die Fachhochschule Salzburg GmbH ein fiktives T-DAB-Netz mit 103 Sendestandorten geplant. Für die Kostenabschätzung der Errichtung eines HD Radio™-Sendernetzes wurde das UKW Sendernetz der Antenne Salzburg herangezogen.

Die sich ergebende Versorgung der Bevölkerung liegt je nach Bundesland etwa zwischen 88,2 % und 99,9 % der Bevölkerung. Beim T-DAB/DAB+ Netz, das österreichweit geplant wurde, ergibt sich eine Gesamtversorgung von 94,2 % für die Empfangsbedingung „portable indoor“. Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass mit keiner allzu großen Sendereinsparung im Vergleich zur analogen UKW-Versorgung zu rechnen ist.

Im Rahmen der Kostenanalyse konnte aufgezeigt werden, dass sich die T-DAB/DAB+ spezifischen jährlichen Gesamtkosten des Sendernetzbetriebs gemäß Funknetzplanung der RTR-GmbH inkl. Multiplexing, Signalzuführung und Sendern auf EUR 6.118.080 belaufen. Darin enthalten sind neben den reinen Betriebskosten kalkulatorische Abschreibungen und kalkulatorische Zinsen auf Gesamtinvestitionen von EUR 18.430.473. Pro bundeslandweitem Programm ergibt dies rein rechnerische jährliche Kosten in Höhe von EUR 56.649, je national verbreitetem Programm in Höhe von EUR 509.840. Die Kosten pro technisch erreichbarem Hörer für das Gesamtszenario inkl. Multiplexing, Signalzuführung und Sendern betragen 81 Cent pro Jahr, je Programm fallen jährlich 6,7 Cent pro versorgtem Einwohner an. Je nach Bundesland variieren die jährlichen Gesamtkosten des T-DAB/DAB+ Betriebs zwischen EUR 349.005 und EUR 1.217.571, die Kosten je technisch erreichbarem Hörer und Programm zwischen 2 Cent bis 12,1 Cent.

Nachfolgende Tabelle fasst die ermittelten Kosten zusammen:

T-DAB/DAB+ spezifische Kosten	Angaben in EUR
Jährliche Gesamtkosten	6.118.080
Gesamtinvestitionen	18.430.473
Kosten pro national verbreitetem Programm	509.840
Durchschnittliche Kosten pro bundeslandweitem Programm	56.649
Durchschnittliche Kosten pro technisch erreichbarem Hörer	6,7 Cent

Tabelle 1: Zusammenfassung T-DAB/DAB+ spezifischer Kosten

Für den HD Radio™-spezifischen Betrieb der Antenne Salzburg-Sender fallen jährliche Gesamtkosten von EUR 186.057 an, darin enthalten Betriebskosten, kalkulatorische Abschreibungen und kalkulatorische Zinsen auf Gesamtinvestitionen in Höhe von EUR 677.550. Die Kosten je technisch erreichbarem Hörer im hier untersuchten FM-/HD Radio™-Simulcast-Betrieb betragen 40 Cent pro Jahr.

Nachfolgende Tabelle fasst die ermittelten Kosten zusammen:

HD Radio™ spezifische Kosten	Angaben in EUR
Jährliche Gesamtkosten	186.057
Gesamtinvestitionen	677.550
Durchschnittliche Kosten pro technisch erreichbarem Hörer	40 Cent

Tabelle 2: Zusammenfassung HD Radio™-spezifischer Kosten

Die jährlichen Gesamtkosten der im Bundesland Salzburg verbreiteten Antenne Salzburg betragen über T-DAB/DAB+ rein rechnerisch EUR 51.243 gegenüber EUR 186.057 bei HD Radio™. Diese tendenziell niedrigeren jährlichen Gesamtkosten bei T-DAB/DAB+ im Vergleich zu HD Radio™ resultieren vor allem aus der Transporteffizienz der T-DAB/DAB+ Technologie. So werden die spezifischen Investitions- und Betriebskosten im FM-/HD Radio™-Simulcast-Betrieb von einem Programm, bei T-DAB/DAB+ entsprechend von zwölf Programmen, getragen.

Sowohl für T-DAB/DAB+ als auch HD Radio™ gilt, dass die aktuelle Preisentwicklung für digitale Sendetechnik in Zukunft weiter sinkende Investitionskosten erwarten lässt. Mit wachsender Verfügbarkeit von Datenverbindungen werden sich auch die Kosten für Signalzuführungen und Monitoring der Netzkomponenten weiter verringern. Insgesamt sollten sich diese kostensenkenden Faktoren kurz- und mittelfristig weiter positiv auf die Gestaltung der Preise für den Sendernetzbetrieb niederschlagen und die voraussichtlich weiter steigenden Kosten für Grundstücksmieten und Energieversorgung mindestens kompensieren.

Die Analyse der T-DAB/DAB+ spezifischen Kosten hat zudem gezeigt, dass die Signalzuführung, hier insbesondere das benötigte Raumsegment auf Satellitensystemen, einen wesentlichen Kostenfaktor und gleichzeitig den wirksamsten Kostenhebel darstellt. Hierzu werden kostensparende Signalzuführungsalternativen aufgezeigt.

1.3 Beschreibung der Systeme, die in dieser Studie betrachtet werden

1.3.1 Das DAB/DAB+ System

Das Digital Audio Broadcasting System (DAB), auch unter der Bezeichnung Eureka 147 bekannt, wurde in den 1990er-Jahren entwickelt. Der DAB-Standard basiert auf einem Kanalaraster von 1,7 MHz und dem Vielträgermodulationsverfahren COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex). Für das Encoding des Audiosignals wurde im DAB-Standard das als MUSICAM bekannte MPEG-1 Layer II Verfahren verwendet. Das COFDM-Verfahren erlaubt auch in einer schwierigen Empfangsumgebung, wenn das Nutzsignal durch Reflexionen und Fading beeinträchtigt wird, einen störungsfreien Empfang, weil durch die Verwendung vieler Trägerfrequenzen und eines Guard Intervalls die Übertragungsfehler „herausgerechnet“ werden können.

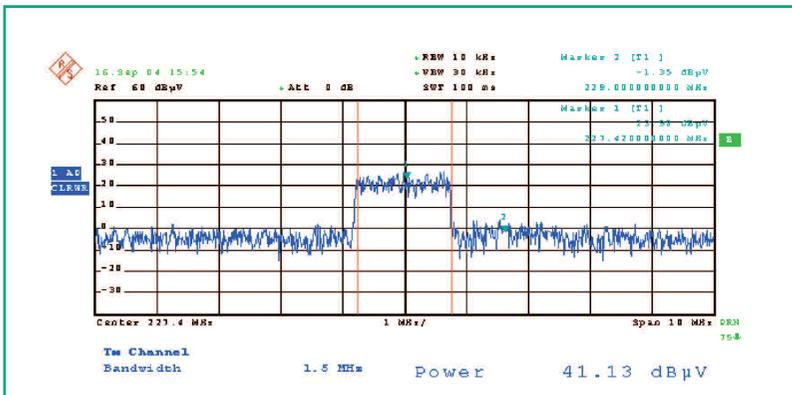


Abbildung 1: Spektrum eines DAB-Signals

Ein DAB-Sendernetz wird als Single Frequency Network (SFN) betrieben. Das bringt in der Netzplanung verschiedene Vorteile (Frequenzökonomie, Netzgewinn), hat aber auch die Konsequenz, dass die in einem SFN übertragenen Programme automatisch das gleiche Versorgungsgebiet haben. Diese Tatsache kann einerseits durchaus gewünscht sein (Chancengleichheit über gleiche Versorgungsgebiete), andererseits ergeben sich naturgemäß Schwierigkeiten, wenn insbesondere kleinräumige, unterschiedliche Versorgungsgebiete für verschiedene Betreiber realisiert werden sollen.

Basierend auf dem DAB-Standard wurden in den letzten Jahren die zwei Standards DAB+ und DMB entwickelt und zur DAB-Familie hinzugefügt. Beim DAB+ System als klassische Weiterentwicklung des DAB-Systems wurde dem Fortschritt dahingehend Rechnung getragen, dass aktuelle Encoding-Methoden und ein weiterer Fehlerschutz eingesetzt werden. Mit dem HE-AAC v2 Audio Codec wird der zurzeit effizienteste Kodieralgorithmus für Audiodaten, der z.B. auch bei DVB-H eingesetzt wird, verwendet. Dieser ist zwei- bis dreimal effizienter als der Codec, der ursprünglich bei DAB eingesetzt wurde. Während es für DAB und DMB bereits eine Vielzahl an Empfängern auf dem Markt gibt, wird es für DAB+ Empfänger erst in den kommenden Jahren soweit sein. Senderseitig sind T-DAB, DAB+ und T-DMB kompatibel und könnten gemeinsam in einem Multiplex ausgestrahlt werden.

Der im DAB+ integrierte Packet Data Mode bietet noch eine Vielfalt von Möglichkeiten für die Übertragung von weiteren Diensten wie EPG (Electronic Program Guide), die elektronische Programmzeitschrift. Hier sind auch die Möglichkeiten zur Übertragung von Webseiten oder elektronischen Präsentationen (Slides) gegeben. Mit der programmierbaren Java Umgebung, dem vorhandenen IP Stack mit seinen „external Application“, werden eine Vielzahl von frei programmierbaren Anwendungsmöglichkeiten geboten.

1.3.2 Das HD Radio™-System

HD Radio™ stellt eine „In Band On Channel“ Technologie dar. Die Technologie wurde von „iBiquity Digital Corporation“ entwickelt, von der FCC, der amerikanischen Regulierungsbehörde, in den USA zugelassen und befindet sich bereits im Regelbetrieb.

Man erkennt deutlich die neu auftretenden digitalen Träger rechts und links von dem bestehenden analogen FM-Signal.

Das digitale Signal besteht aus zwei etwa 150 kHz ober- und unterhalb des UKW-Trägers gelegenen Aussendungen, die vor der Sendeantenne dem analogen Signal zugemischt werden („Huckepack Modus“). In diesen beiden digitalen Seitenbändern steckt ein gewisses Störpotenzial für frequenzbenachbarte Sender. Dies muss als der kritische Punkt von HD Radio™ bezeichnet werden, da die in Europa wegen des 100 kHz Rasters geltende Spektrumsmaske für analogen UKW-Hörfunk nicht mehr eingehalten wird.

Dies gilt nicht nur für die Störungen von analogen UKW-Sendern durch einen HD Sender, sondern ist insbesondere auch im rein digitalen Betrieb der Fall, wenn frequenzmäßig nebeneinander liegende HD Radiostationen wechselseitige Störungen in den jeweiligen Randbereichen des HD Spektrums hervorrufen.

Grund für diese Schwierigkeiten ist, dass in Europa ein 100 kHz Raster verwendet wird, während in den USA die FM-Stationen im 200 kHz Raster betrieben werden, wodurch die Spektrumsmaske dort eine andere und daher weniger kritisch ist.

Die Datenrate im Hybridbetrieb beträgt ca. 100 kbit/s, während sie im reinen Digitalbetrieb bis zu 300 kbit/s betragen kann.

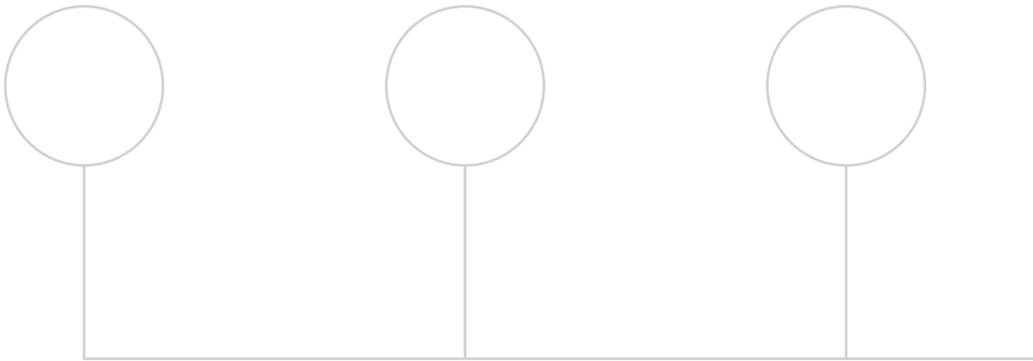
Die Kodierung der (Audio-)Daten erfolgt mittels „High Definition Codec“, ein Codec, der von iBiquity entwickelt wurde und auf dem MPEG4-AAC Codec aufsetzt. Diese Kodierungsform erlaubt eine hohe Datenkompression, um die Datenrate bei gleichzeitig sehr guter Tonqualität optimal auszunützen. Zusätzliche Features wie Datendienste, Surround Sound etc. sind somit möglich.

HD Radio™ ermöglicht es somit, die bestehenden analogen Empfänger weiter zu verwenden, zusätzlich einen digitalen Simulcast-Betrieb zu erlauben, sowie weitere digitale Programme (Anzahl abhängig von der Datenrate) zu senden.

Ein weiterer hervorzuhebender Punkt von HD Radio™ ist die Verwendung von weit geringeren Sendeleistungen als im analogen Betrieb. Um eine vergleichbare analoge Versorgung im digitalen Betrieb zu erreichen, genügt es 1/100 der abgestrahlten analogen Leistung zu verwenden (entspricht einer Reduktion um 20 dB). Die zukünftig mögliche Verwendung von Gleichwellennetzen erlaubt eine weitere Optimierung der Versorgungswirkung.

Somit ermöglicht HD Radio™ für den Kunden und Betreiber eine sanfte Migration von der analogen FM-Welt zur rein digitalen Welt. In den USA ist die Technologie bereits im Einsatz, ob dies in Europa aufgrund des bestehenden 100 kHz Rasters gelingen wird, ist derzeit fraglich.

Testbetriebe und Versuchsabstrahlungen laufen momentan in einigen europäischen Ländern (z.B. Schweiz und Deutschland). Von einem HD Radio™-Regelbetrieb ist man in Europa derzeit noch weit entfernt.



2. Funknetzplanung

2.1 T-DAB/DAB+ Versorgungsnetz

2.1.1 Grundannahmen und frequenztechnische Voraussetzungen

Das T-DAB-Versorgungsnetz für Österreich wurde auf Basis der Bedeckungen, die bei der Konferenz in Genf 2006¹ festgelegt wurden, geplant. Diese sehen verschiedene Blöcke für die einzelnen Bundesländer vor. Innerhalb eines Versorgungsgebietes (z.B. für das Bundesland Oberösterreich Block 12A) werden alle Sender in einem synchronisierten Gleichwellennetz (SFN, Single Frequency Network) betrieben.

Um in einem Gleichwellennetz möglichst keine Selbstinterferenzen zu erzeugen, müssen die Signallaufzeiten bzw. die Guard Intervalle der beteiligten Sender berücksichtigt werden. Um einerseits die Gefahr der Selbstinterferenzen zu verringern, andererseits den Eigenschaften des Systems besser gerecht zu werden und auch möglichst im Rahmen der GE06 Referenznetze zu bleiben, wurde in der Planung zu dieser Studie auf einige Großsenderstandorte verzichtet (GRAZ 1 Schöckl, SEMMERING, KLAGENFURT 1 Dobratsch, KUFSTEIN 1 Kitzbüheler Horn).

Um dennoch eine weitestgehend lückenlose Versorgung zu erzielen, mussten als Ersatz für besagte Großsender mehrere Sender mit geringerer Standorthöhe geplant werden.

Für das Bundesland Wien wurde ein eigener Multiplex geplant, der über drei Standorte verbreitet wird, nämlich WIEN 1 Kahlenberg, WIEN 2 Himmelhof und WIEN 5 Arsenal. Weite Teile von Niederösterreich lassen sich, wie dies auch im analogen UKW-Band der Fall ist, am besten durch den Standort WIEN 1 Kahlenberg versorgen. Aus diesem Grund wurde am Standort WIEN 1 Kahlenberg sowohl eine Rundstrahlantenne, welche über Block 12B das Niederösterreich-Bouquet abstrahlt, sowie eine Richtantenne, über die auf Block 11C das Wiener-Bouquet abgestrahlt wird, vorgesehen.

¹ Regional Radiocommunication Conference for planning of the digital terrestrial broadcasting service in parts of Regions 1 and 3, in the frequency bands 174-230 MHz and 470-862 MHz (RRC-06).

2.1.2 Definition der Versorgungsklassen

Beim Empfang von Rundfunksignalen werden verschiedene Versorgungsklassen definiert, um den unterschiedlichen Empfangsbedingungen gerecht zu werden. Beispiele dafür sind: Empfang mit einer Dachantenne „fixed reception“, „portable outdoor“-Empfang, „portable indoor“-Empfang („light indoor“/„deep indoor“), „mobile“-Empfang, „mobile inside“-Empfang. Die Frage, die sich für den Frequenzplaner unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Versorgungsklassen stellt, ist: Welche Feldstärke muss an einem konkreten Empfangspunkt durch das Sendernetz erzeugt werden, damit dieser versorgt ist. Weiters ist zu berücksichtigen, dass diese Versorgungsklassen wiederum für drei unterschiedliche Empfangsgebiete betrachtet werden und unterschiedliche Werte für die notwendige Feldstärke ergeben. Für ein dicht verbautes Gebiet muss z.B. ein höherer Feldstärkewert gewählt werden als für ein ländliches Gebiet. Die drei unterschiedlichen Empfangsgebiete sind:

- dicht verbautes Gebiet (Großstadt),
- verbautes Gebiet (Stadt),
- ländliches Gebiet (Dorf, Streusiedlung).

Bei den Aufzählungen 1 und 2 wird im Allgemeinen auch noch zwischen „indoor“ und „deep indoor“-Versorgung unterschieden. Eine „deep indoor“-Versorgungssituation liegt beispielsweise vor, wenn in den Erdgeschoßen in einem dicht verbauten Stadtgebiet in den z.B. dort vorhanden Geschäftslokalen (eventuell sogar mit vorhandenem Untergeschoß) eine Rundfunkversorgung gewährleistet werden soll.

Generell sollte es das Ziel eines Frequenzplaners sein, im jeweiligen Empfangsgebiet ausreichend Feldstärke durch das geplante Sendernetz zur Verfügung zu stellen, wobei ein zuviel an Feldstärke ebenfalls vermieden werden soll.

Beim Rundfunkempfang im Auto werden die Empfangsbedingungen „mobile“ und „mobile inside“ unterschieden. „Mobile“ beschreibt eine Empfangssituation, bei der in einem Fahrzeug mit einer Außenantenne Radio empfangen wird. „Mobile inside“ bedeutet, dass ein portables Rundfunkempfangsgerät, das mit einer Antenne ausgestattet ist, in einem Fahrzeug betrieben wird.

2.1.3 Planungsgrundlagen

Die Planung des T-DAB/DAB+ Sendernetzes für diese Studie war ein mehrstufiger Prozess, der im Wesentlichen damit begann, dass die (etwa 40) wichtigsten Sender definiert wurden, mit denen eine erste Versorgungsberechnung durchgeführt wurde.

Die Berechnung erfolgte mit dem Software-Planungstool CHIRplusBC, für welches Kartenmaterial in den Auflösungen 500 m, 200 m und 100 m zur Verfügung stand. Als Wellenausbreitungsmodell kam das IRT-2D Modell zum Einsatz. Um schnell einen groben Überblick zu bekommen, wurde die erste Berechnung mit einer Flächenauflösung von 500 mal 500 m durchgeführt.

Unter diesen Rahmenbedingungen ergab sich eine technische Reichweite von etwa 83 % der österreichischen Bevölkerung.

In den weiteren drei Planungsdurchläufen wurden nach und nach Sender zur Versorgung der noch bestehenden Lücken (sowohl von besiedelten Gebieten als auch von wichtigen Straßenabschnitten) geplant, wobei in der Regel auf bestehende, bereits erschlossene Standorte (hauptsächlich UKW-Standorte, vereinzelt aber auch TV-Standorte) zurückgegriffen wurde. Aufgrund des eingangs erwähnten Verzichts auf einige Großsenderstandorte mussten vereinzelt auch neue Standorte geplant werden. Diese haben insofern einen fiktiven Charakter, als nicht sicher ist, ob der jeweilige Besitzer eines Standortes (beispielsweise ein Mobilfunkbetreiber) eine Abstrahlung von T-DAB/DAB+ tatsächlich zulassen würde bzw. ob der Sendemast die Last zusätzlicher Antennen tragen könnte, bzw. ob überhaupt eine Infrastruktur besteht, die mitbenutzt werden kann. Es wird jedoch angenommen, dass innerhalb eines engen Radius ein gleichwertiger Standort gefunden werden könnte, der die hier geplanten (fiktiven) Sender substituieren könnte.

Der vierte und letzte Planungsdurchlauf wurde mit der höchsten Kartenauflösung von 100 m berechnet. Um die Übersicht zu wahren und um vor allem dem enormen Bedarf an Rechenleistung gerecht werden zu können, wurde jedes Bundesland einzeln berechnet, wie später im Kapitel der Auswertung (siehe Kapitel 2.1.4.1) zu erkennen ist. Die Auswertung erfolgt anhand der Bevölkerungsdaten basierend auf der letzten Volkszählung, die im Jahre 2001 stattgefunden hat. Unter

Zuhilfenahme eines entsprechenden Bevölkerungslayers in der Planungssoftware wurden die versorgten Einwohner auf Zählsprengelebene ausgewertet.

2.1.3.1 Link Budget „portable indoor“

Abhängig von den beschriebenen unterschiedlichen Empfangssituationen, bestehend aus Versorgungsklassen und Empfangsgebieten, lässt sich das Link Budget definieren, welches die Empfangsfeldstärke festlegt, die benötigt wird, um im Versorgungsgebiet einen qualitativ hochwertigen Rundfunkempfang zu gewährleisten.

Ein Zuwenig an Feldstärke ergibt einen schlechten Empfang und unzufriedene Hörer, wohingegen sich ein zuviel an Feldstärke mit überhöhten Sendernetzkosten zu Buche schlägt.

Bei dieser Studie wurde in der Versorgungsplanung für T-DAB/DAB+ von Versorgungsfeldstärkewerten ausgegangen, die ihren Ursprung im Abkommen GE06 haben. Die wichtigsten Parameter für das Link Budget sind u.a. Eingangsempfindlichkeit des Rundfunkempfängers, Gebäudedämpfung, Antennengewinn, Höhenverlust und Ortswahrscheinlichkeit.

Diese Studie beschränkt sich auf eine Empfangssituation „portable indoor“. Das entsprechende Link Budget entsprechend dem Abkommen GE06 ergibt sich aus folgender Tabelle 3.

Frequency	f (MHz)	200	
Reception mode		mobile	portable indoor
Representative minimum C/N ratio	(dB)	15	
Minimum receiver signal input power	$P_{s \text{ min}}$ (dBW)	-120.1	
Minimum equivalent receiver input voltage, 75 Ω	$U_{s \text{ min}}$ (dB μ V)	18.6	
Antenna gain relative to half wave dipole	G_D (dB)	-2.2	
Effective antenna aperture	A_a (dBm ²)	-7.5	
Minimum power flux-density at receiving location	ϕ_{min} (dB(W/m ²))	-112.6	
Minimum field strength at receiving location	E_{min} (dB(μ V/m))	33.2	
Allowance for man-made noise	P_{mmn} (dB)	2	
Height loss	L_h (dB)	12	
Building penetration loss	L_b (dB)	0	9
Location probability: 95 %			
Location correction factor	C_l (dB)	n.a.	10
Minimum median power flux-density at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of locations	ϕ_{med} (dB(W/m ²))	n.a.	-80
Minimum median field strength at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of locations	E_{med} (dB(μ V/m))	n.a.	66
Location probability: 99 %			
Location correction factor	C_l (dB)	13	n.a.
Minimum median power flux-density at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of locations	ϕ_{med} (dB(W/m ²))	-86	n.a.
Minimum median field strength at 10 m a.g.l. 50 % of time and 50 % of locations	E_{med} (dB(μ V/m))	60	n.a.

Tabelle 3: Link Budget „portable indoor“

Neben der „portable indoor“-Versorgung zeigt die Tabelle 3 auch die Werte für die „mobile“ Versorgung.

Ein Empfangspunkt im Versorgungsgebiet gilt als mit T-DAB/DAB+ versorgt im Sinne von gutem Empfang in den Häusern und in den Wohnungen (95 % Ortswahrscheinlichkeit), vergleichbar mit UKW, wenn das Sendernetz eine Feldstärke von 66 dB μ V/m in 10 m über Grund bereitstellen kann.

Ein Empfangspunkt im Versorgungsgebiet gilt mit T-DAB/DAB+ als versorgt im Sinne von „mobile“, d.h. empfangbar im Auto mit einer Außenantenne, wenn das Sendernetz entlang der Straßen eine Feldstärke von 60 dB μ V/m in 10 m über Grund bereitstellen kann. Eine flächendeckende Mobilversorgung ist somit leichter zu bewerkstelligen als eine „portable indoor“-Versorgung.

Die Erfahrung zeigt, dass der oben angegebene Feldstärkewert von 66 dB μ V/m nicht ausreicht, um in einem dicht verbauten Gebiet mit Gebäuden, bestehend aus eisenarmierten Betonwänden und metallbedämpften Fensterscheiben oder Glasfronten, einen ausreichenden Empfang zu gewährleisten. Da aber gerade in der Umgebung der Ballungsräume auch die leistungsstärksten Sender sind, wird in den meisten Fällen automatisch gewährleistet, dass dort die Feldstärke entsprechend höher ist und ein Empfang aufgrund des realen Sendernetzes gegeben ist. Sollte die Feldstärke dennoch nicht ausreichen, würden solche Fälle dahingehend gelöst werden, dass so genannte „gap filler“ installiert werden; das sind zusätzliche Rundfunksender, die genau solche beschriebenen Empfangsdefizite beseitigen.

In Bezug auf das Link Budget bedeutet dies, dass in solchen Empfangsgebieten mit einem erhöhten „height loss“ bzw. einer erhöhten Gebäudedämpfung zu rechnen ist. Beispiele dafür, mit welchen Variationen zu rechnen ist, findet man in der Literatur mit z.B. Gebäudedämpfungen zwischen 9 – 15 dB oder „height losses“ zwischen 12 – 18 dB. D.h. in solchen dicht verbauten Gebieten kann die notwendige Feldstärke in 10 m Höhe über Grund somit zwischen 66 dB μ V/m und 78 dB μ V/m variieren. In Extremfällen können durchaus auch höhere Feldstärkewerte notwendig sein.

Es wurde in dieser Studie nicht untersucht, wo diese dicht verbauten Gebiete mit keiner ausreichenden Versorgung liegen könnten. Für eine Gesamtkostenabschätzung des fiktiven T-DAB/DAB+ Netzes würde das Wissen über diese Details auch keine wesentlichen Änderungen ergeben.

2.1.4 Daten zur T-DAB/DAB+ Netzplanung

2.1.4.1 Basisversorgung

Folgende 103 Sender stellen die Basisversorgung für Österreich sicher:

Bundesland	Standort	Name	Kanal	ERP	Pol.	D/ND	Longit.	Latit.	Seehöhe	Ant.-Höhe	Programm
B	MATTERSBURG	Heuberg	10B	40	V	ND	016E18 30	47N41 58	731	67	BGLD
B	RECHNITZ	Hirschenstein	10B	40	V	ND	016E22 45	47N20 43	859	41	BGLD
K	BLEIBURG		12D	35	V	ND	014E47 41	46N39 53	870	56	KTN
K	BRUECKL	Lippekogel	12D	40	V	D	014E30 32	46N44 05	942	68	KTN
K	FRIESACH	Lorenzenberg	12D	30	V	ND	014E27 34	46N55 58	1220	20	KTN
K	GMUEND KTN 1		12D	30	V	ND	013E32 51	46N55 25	1150	19	KTN
K	GREIFENBURG	Egg	12D	35	V	D	013E09 16	46N43 25	980	23	KTN
K	HERMAGOR	Hauserberg	12D	35	V	ND	013E20 22	46N37 50	994	15	KTN
K	KLAGENFURT 3	Pyramidenkogel	12D	40	V	ND	014E08 46	46N36 33	820	75	KTN
K	KOETSCHACH	Kronhof	12D	30	V	D	013E02 56	46N38 40	894	21	KTN
K	RENNWEG	Atzensberg	12D	30	V	ND	013E37 52	47N00 16	1502	20	KTN
K	SPITTAL DRAU 5	Hühnersberg	12D	35	V	D	013E26 49	46N50 48	1089	34	KTN
K	VILLACH 5	Oswaldiberg	12D	35	V	ND	013E51 03	46N38 26	946	35	KTN
NÖ	ASPANG	Koenigsberg	12B	35	V	ND	016E07 16	47N34 48	710	21	NOE
NÖ	GRUENBACH	Plackles	12B	35	V	ND	016E00 13	47N48 52	1130	38	NOE
NÖ	GUTENSTEIN	Residenzberg	12B	30	V	ND	015E52 13	47N52 19	809	68	NOE
NÖ	HOCHSTRASS	Jochgrabenberg	12B	35	V	ND	016E00 57	48N09 12	645	78	NOE
NÖ	HOHE WAND (NEU)	Herrgottschnitzerhaus	12B	35	V	ND	016E04 43	47N50 59	860	40	NOE
NÖ	HORN	Eichberg	12B	35	V	ND	015E43 29	48N39 13	425	42	NOE
NÖ	KREMS	Kalorisches KraftwerkTheiß	12B	35	V	ND	015E42 32	48N23 37	190	125	NOE
NÖ	POYSDORF	Galgenberg	12B	40	V	ND	016E35 10	48N42 32	425	73	NOE
NÖ	RAABSTHAYA	Kollmitzberg	12B	40	V	ND	015E32 18	48N50 19	600	42	NOE
NÖ	REICHENAU RAX	Raxalpe	12B	30	V	D	015E46 44	47N43 06	1545	68	NOE
NÖ	S POELTEN	Jauerling	12B	40	V	ND	015E20 19	48N20 05	954	54	NOE
NÖ	WAIDHOFEN YB 1	Sonntagberg ORF	12B	40	V	ND	014E45 12	47N59 38	650	67	NOE
NÖ	WEITRA	Wachberg	12B	40	V	ND	014E48 49	48N39 10	932	88	NOE
W	WIEN 1	Kahlenberg	12B	40	V	ND	016E20 02	48N16 36	485	95	NOE
OÖ	BAD ISCHL	Katrin	12A	35	V	ND	013E34 49	47N41 23	1542	38	OOE
OÖ	BRAUNAU	Handenberg	12A	40	V	ND	012E57 39	48N08 47	523	22	OOE
OÖ	FREISTADT	Obergrünbach	12A	40	V	ND	014E32 16	48N32 49	845	44	OOE
OÖ	GMUNDEN 2	Gmundnerberg CATV Station	12A	35	V	ND	013E44 57	47N54 44	820	10	OOE
OÖ	GOSAU	Zwieselalm	12A	30	V	ND	013E28 36	47N31 54	1618	41	OOE
OÖ	KIRCHBACH (NEU)		12A	35	V	ND	013E55 48	48N38 11	846	40	OOE
OÖ	KIRCHDORF KREMS 2	Sonnberg	12A	30	V	D	014E04 05	47N54 14	913	20	OOE
OÖ	LIEBENAU		12A	35	V	ND	014E48 14	48N31 30	1053	22	OOE

Bundesland	Standort	Name	Kanal	ERP	Pol.	D/ND	Longit.	Latit.	Seehöhe	Ant-Höhe	Programm
OÖ	LINZ 1	Lichtenberg	12A	40	V	ND	014E15 17	48N23 05	925	97	OOE
OÖ	LINZ 2	Freinberg (RK)	12A	30	V	ND	014E16 03	48N17 51	374	100	OOE
OÖ	PERG	Langenberg	12A	30	V	ND	014E37 32	48N15 57	377	8	OOE
OÖ	RIED INNKREIS 2	Sulzberg	12A	40	V	ND	013E36 21	48N09 01	760	25	OOE
OÖ	S GEORGEN ATT	Lichtenberg	12A	35	V	ND	013E25 35	47N55 58	875	40	OOE
OÖ	SCHAERDING	Schardenberg ORF	12A	40	V	D	013E29 16	48N31 19	580	38	OOE
OÖ	ST JOHANN (NEU)		12A	35	V	ND	013E18 42	48N05 45	703	40	OOE
OÖ	STEYR	Tröschberg	12A	30	V	D	014E26 17	48N01 43	440	60	OOE
OÖ	WINDISCHGARSTN	Kleinerberg	12A	30	V	ND	014E22 00	47N44 02	1285	68	OOE
S	EBEN PONGAU		12B	35	V	ND	013E23 52	47N25 46	1340	42	SBG
S	HALLEIN	Zinkenkogel	12B	35	V	ND	013E05 18	47N38 57	1310	18	SBG
S	LEND	Luxkogel	12B	35	V	ND	013E05 54	47N17 01	1824	21	SBG
S	LOFER		12B	30	V	D	012E41 05	47N36 13	980	18	SBG
S	NEUKIRCHEN GRV	Hohenbramberg	12B	35	V	ND	012E18 30	47N15 45	1250	67	SBG
S	S MICHAEL LUNG 2	Aineck	12B	35	V	D	013E38 42	47N04 09	1920	13	SBG
S	SAALFELDEN 2	Huggenberg	12B	35	V	D	012E48 17	47N25 38	1120	16	SBG
S	SALZBURG	Gaisberg	12B	40	V	ND	013E06 44	47N48 19	1283	46	SBG
S	SCHWARZACH PG	Gern	12B	35	V	D	013E14 22	47N18 29	1787	15	SBG
S	ZELL AM SEE 1	Lechnereck	12B	35	V	D	012E50 15	47N18 10	1500	68	SBG
ST	B GLEICHENBERG	Stradner Kogel	12C	40	V	ND	015E55 56	46N50 43	589	20	STMK
ST	BAD AUSSEE	Tressenstein	12C	30	V	ND	013E47 19	47N37 34	1190	20	STMK
ST	BIRKFELD	Breitenstein	12C	35	V	ND	015E43 33	47N18 38	1015	68	STMK
ST	BRUCK MUR 1	Mugel	12C	40	V	ND	015E11 02	47N21 56	1433	37	STMK
ST	DEUTSCHLANDSBERG	Demmerkogel	12C	40	V	ND	015E25 33	46N48 05	560	40	STMK
ST	EIBISWALD	Hadernigg	12C	35	V	D	015E09 57	46N39 45	950	45	STMK
ST	EISENERZ 1	Polster	12C	35	V	D	014E57 37	47N31 57	1910	13	STMK
ST	FROHNLEITEN	Schloeglmoar	12C	35	V	D	015E19 42	47N17 18	678	26	STMK
ST	GLEISDORF (NEU)		12C	40	V	ND	015E43 53	47N07 16	513	40	STMK
ST	GRAZ 4	Plabutsch Lüftungsturm Nord	12C	40	V	ND	015E22 47	47N04 20	648	30	STMK
ST	IRDNING	Gatschberg	12C	30	V	ND	014E07 46	47N29 20	1220	21	STMK
ST	KALWANG	Stellerberg	12C	30	V	D	014E44 59	47N24 40	1165	43	STMK
ST	KNITTELFELD 3	Tremmelberg	12C	35	V	ND	014E47 16	47N14 47	1194	45	STMK
ST	KOEFLACH	Goeßnitzberg	12C	35	V	ND	015E00 35	47N03 22	960	42	STMK
ST	MUERZZUSCHLAG	Ganzstein	12C	35	V	ND	015E40 43	47N35 45	870	47	STMK
ST	MURAU	Stolzalpe	12C	35	V	D	014E11 52	47N07 20	1410	41	STMK
ST	NEUMARKT	Kulmer Alpe	12C	35	V	D	014E31 47	47N04 12	1786	36	STMK
B	PINKAFELD	Hochriegel	12C	35	V	ND	016E06 39	47N24 46	672	30	STMK
ST	POELLAU HARTBG		12C	35	V	ND	015E46 26	47N16 55	1024	35	STMK
ST	ROTTENMANN	Sonnenberg	12C	30	V	D	014E20 15	47N32 31	1388	41	STMK
ST	SCHLADMING 1	Hauser Kaibling	12C	40	V	D	013E46 12	47N22 44	1858	30	STMK
ST	SELZTHAL	Salberg	12C	30	V	ND	014E17 33	47N34 16	1250	38	STMK
ST	SEMRIACH (NEU)		12C	35	V	ND	015E26 08	47N13 28	1059	40	STMK
ST	WEISSECK		12C	35	V	ND	014E28 27	47N10 14	1743	13	STMK
T	EHRWALD 2		12C	30	V	D	010E55 15	47N24 40	1024	21	TIR
T	HAIMING	Haiminger Alm	12C	30	V	D	010E51 08	47N15 58	1830	18	TIR
T	HOPFGARTEN NT1	Hohe Salve	12C	35	V	ND	012E12 12	47N27 53	1820	28	TIR
T	IMST 1	Burgstall	12C	30	V	ND	010E45 22	47N12 20	1050	21	TIR

Bundesland	Standort	Name	Kanal	ERP	Pol.	D/ND	Longit.	Latit.	Seehöhe	Ant.-Höhe	Programm
T	INNSBRUCK 1	Patscherkofel	12C	40	V	ND	011E27 44	47N12 31	2247	53	TIR
T	INNSBRUCK 2	Seegrube	12C	30	V	ND	011E22 48	47N18 24	1905	20	TIR
T	JENBACH 2	Larchkopf	12C	30	V	ND	011E49 01	47N22 43	1375	50	TIR
T	KITZBUEHEL 2	Hahnenkamm	12C	30	V	ND	012E22 22	47N25 36	1655	15	TIR
T	KUFSTEIN-PENDLING	Pending	12C	30	V	ND	012E06 34	47N34 19	1663	18	TIR
T	LANDECK 1	Krahberg	12C	30	V	ND	010E37 31	47N08 45	2208	68	TIR
T	LIENZ	Rauchkofel	12C	35	V	ND	012E46 59	46N47 57	1905	27	TIR
T	MATREI OSTTIROL	Klaunzerberg	12C	30	V	D	012E33 28	46N59 16	1348	16	TIR
T	MAYRHOFEN 1	Gerloskoegerl	12C	30	V	ND	011E54 17	47N12 09	1650	18	TIR
T	OETZ	Schlatt	12C	30	V	ND	010E53 08	47N12 52	1250	41	TIR
T	REUTTE 1	Hahnenkamm	12C	30	V	ND	010E38 31	47N28 43	1940	18	TIR
T	S ANTON ARLB 2	Galzig RIFU Telekom	12C	30	V	D	010E13 36	47N07 54	2170	30	TIR
V	BEZAU	Baumgarten	12A	35	V	D	009E56 08	47N23 59	1630	18	VLBG
V	BLUDENZ 3	Muttersberg	12A	30	V	ND	009E49 28	47N10 48	1380	15	VLBG
V	BREGENZ 1	Pfänder	12A	35	V	ND	009E46 49	47N30 30	1050	56	VLBG
V	FELDKIRCH	Vorderaelpele	12A	35	V	ND	009E35 59	47N12 35	1220	41	VLBG
V	SCHRUNS (NEU)	Matschwitz	12A	35	V	ND	009E51 37	47N04 15	1484	25	VLBG
V	STUBEN	Albona	12A	30	V	D	010E09 56	47N07 14	2320	18	VLBG
W	WIEN 1	Kahlenberg	11C	40	V	D	016E20 02	48N16 36	485	60	WIEN
W	WIEN 2	Himmelhof	11C	30	V	ND	016E15 20	48N11 30	325	36	WIEN
W	WIEN 5	Arsenal	11C	40	V	ND	016E23 36	48N10 56	201	155	WIEN

Tabelle 4: Übersicht über 103 Sender für die Basisversorgung (Sendertabelle)

Antennensysteme

Bezüglich der Antennenanlagen wird angenommen, dass alle Rundstrahlprogramme (ND; non-directional), über die 40 dBW abgestrahlte Leistung gesendet werden, in vier Ebenen realisiert werden. Unter der Annahme, dass die Verluste für Kabel, Filter, Weichen, Koppler etc. etwa 2 dB betragen, ergibt sich für diese Rundstrahlprogramme ein Antennengewinn von 7,1 dB unter der Annahme eines marktüblichen T-DAB.

Die Rundstrahlprogramme für Antennensysteme, über die weniger Leistung abgestrahlt wird, werden je zur Hälfte in zwei und in vier Ebenen realisiert. Für vier Ebenen ergibt sich, wie oben, ein Antennengewinn von 7,1 dB, wohingegen der Gewinn bei zwei Ebenen 4,1 dB beträgt.

Die übrigen Antennendiagramme, bei denen es sich um gerichtete Diagramme handelt, werden unabhängig von der über sie abgestrahlten Leistung in zwei Ebenen realisiert. Je nach Anzahl der im Diagramm vorgesehenen Hauptstrahlrichtungen ergeben sich die Antennengewinne zu 5,3 dB für drei Hauptstrahlrichtungen, 6,5 dB für zwei Hauptstrahlrichtungen und 9,0 dB für eine Hauptstrahlrichtung.

Die folgende Tabelle stellt dies für die 103 geplanten Basissender dar:

Statistik Strahlungsleistungen (ERP)		103		
Anzahl Sender mit 40 dBW		23		
Anzahl Sender mit 35 dBW		44		
Anzahl Sender mit 30 dBW		36		
Statistik Senderausgangsleistungen				
ND Diagramme	Anzahl	Gewinn (dB)	TX Power (dBW)	TX Power (kW)
40 dBW ERP	20			
in 4 Ebenen	20	7,1	32,9	1,95
35 dBW ERP	35			
in 4 Ebenen	17	7,1	27,9	0,62
in 2 Ebenen	18	4,1	30,9	1,23
30 dBW ERP	24			
in 4 Ebenen	12	7,1	22,9	0,19
in 2 Ebenen	12	4,1	25,9	0,39
D Diagramme				
40 dBW ERP	3			
1 Hauptstrahlrichtung	1	9	31	1,26
2 Hauptstrahlrichtungen	2	6,5	33,5	2,24
3 Hauptstrahlrichtungen	0	5,3	34,7	2,95
35 dBW ERP	9			
1 Hauptstrahlrichtung	1	9	26	0,40
2 Hauptstrahlrichtungen	5	6,5	28,5	0,71
3 Hauptstrahlrichtungen	3	5,3	29,7	0,93
30 dBW ERP	12			
1 Hauptstrahlrichtung	3	9	21	0,13
2 Hauptstrahlrichtungen	9	6,5	23,5	0,22
3 Hauptstrahlrichtungen	0	5,3	24,7	0,30

Tabelle 5: Senderausgangsleistungen; Statistik für 103 Sender

Mit Hilfe dieser Tabelle werden im Kapitel der Kostenanalyse (siehe Kapitel 4.3.2) gewisse Sendertypen definiert, auf Basis welcher die Kosten je Sendertyp ausgewertet werden.

Die folgenden zehn Abbildungen zeigen den mit 103 Sendern erreichbaren Versorgungsgrad.

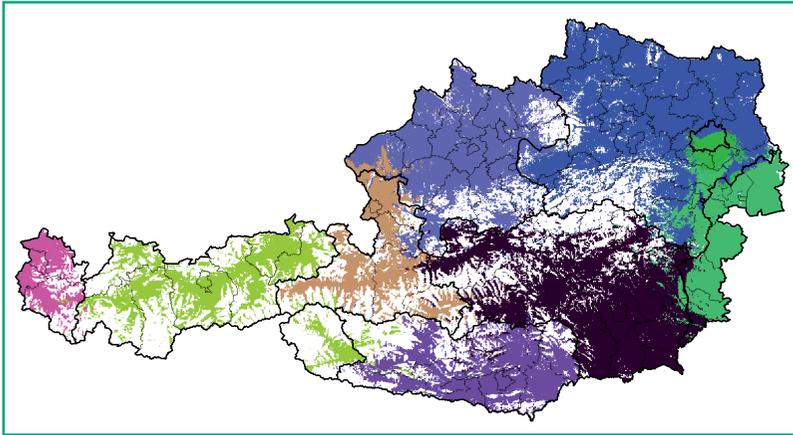


Abbildung 3: T-DAB/DAB+ Versorgung Österreich (103 Sender)

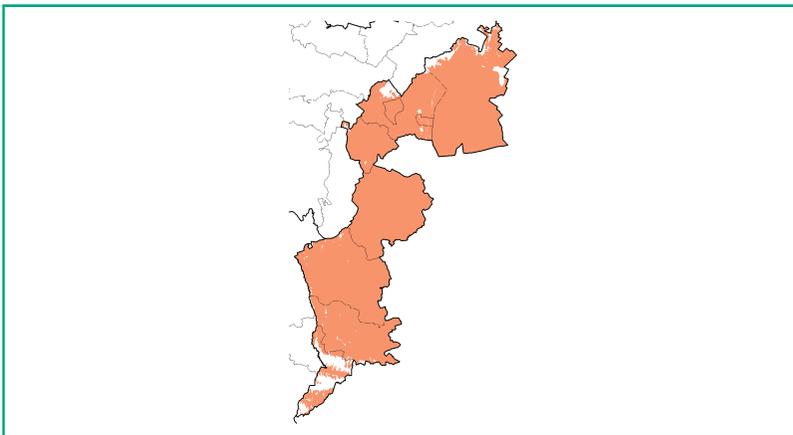


Abbildung 4: T-DAB/DAB+ Versorgung Burgenland (zwei Sender)

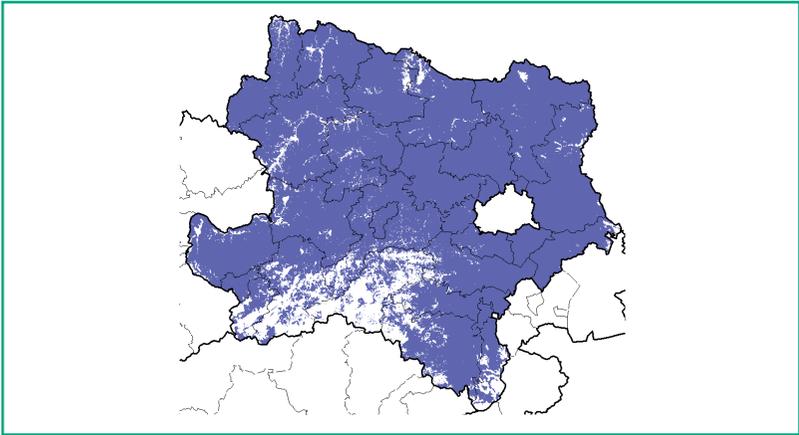


Abbildung 5: T-DAB/DAB+ Versorgung Niederösterreich (14 Sender)

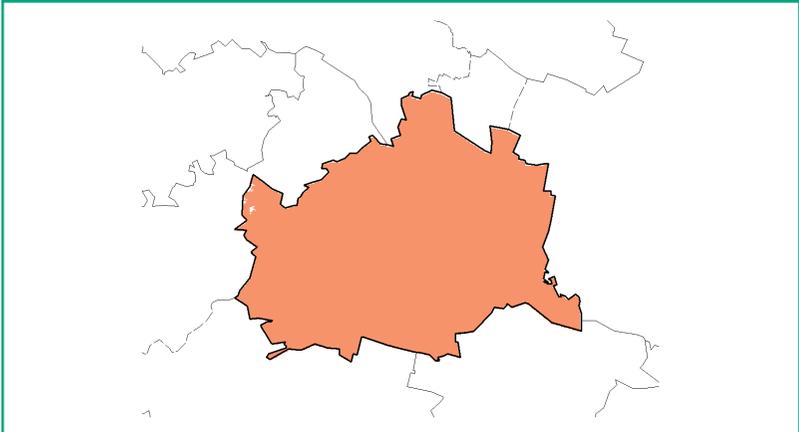


Abbildung 6: T-DAB/DAB+ Versorgung Wien (drei Sender)

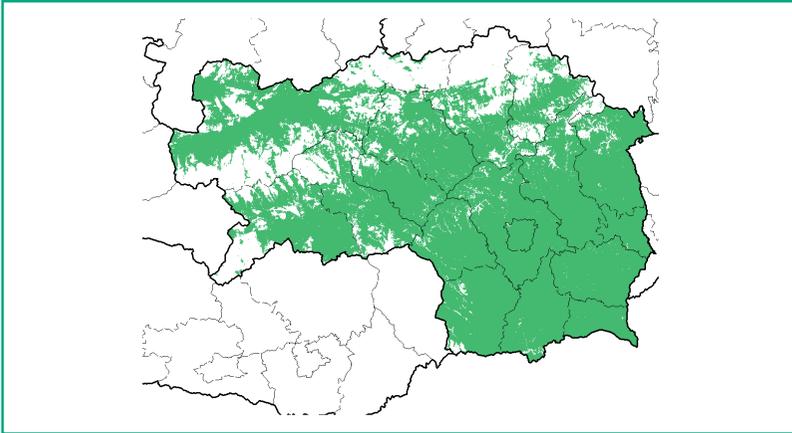


Abbildung 7: T-DAB/DAB+ Versorgung Steiermark (24 Sender)

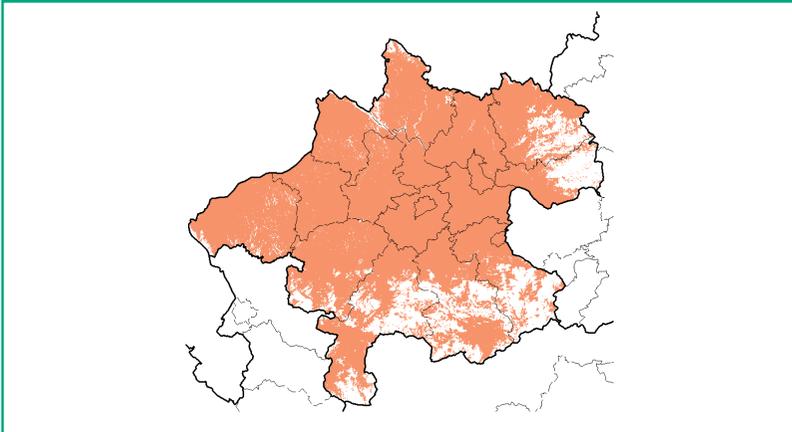


Abbildung 8: T-DAB/DAB+ Versorgung Oberösterreich (17 Sender)

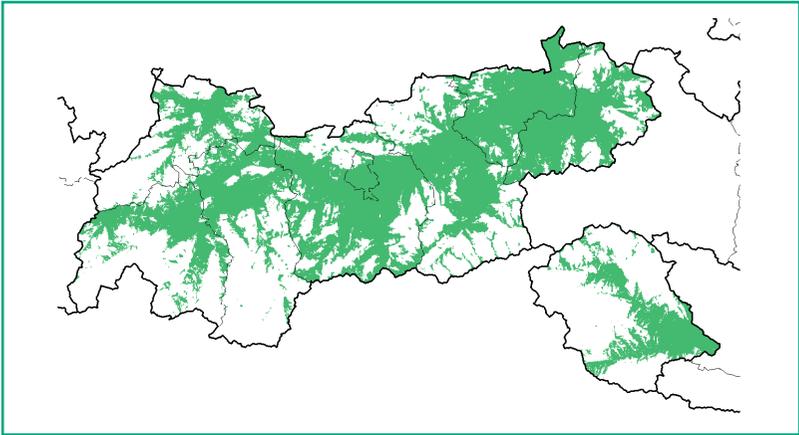


Abbildung 9: T-DAB/DAB+ Versorgung Tirol (16 Sender)

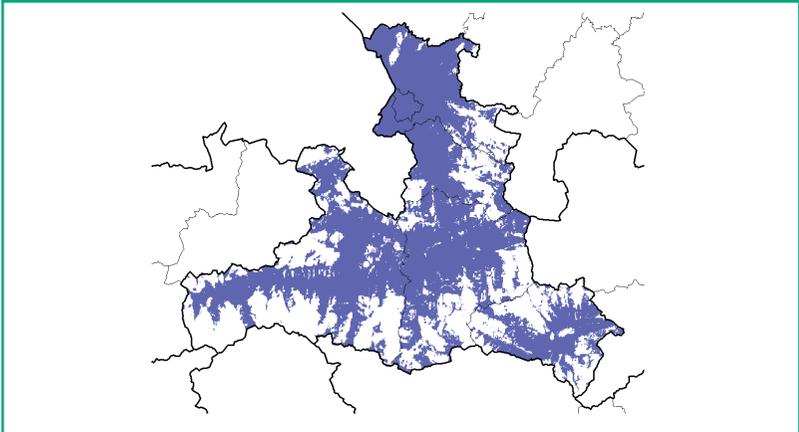


Abbildung 10: T-DAB/DAB+ Versorgung Salzburg (zehn Sender)

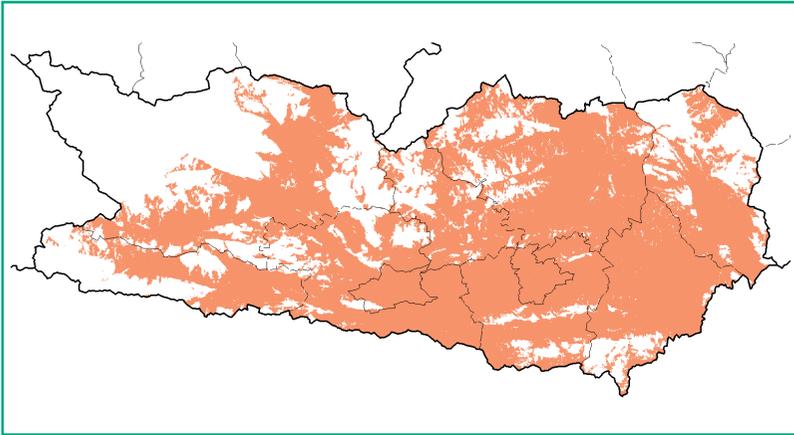


Abbildung 11: T-DAB/DAB+ Versorgung Kärnten (elf Sender)

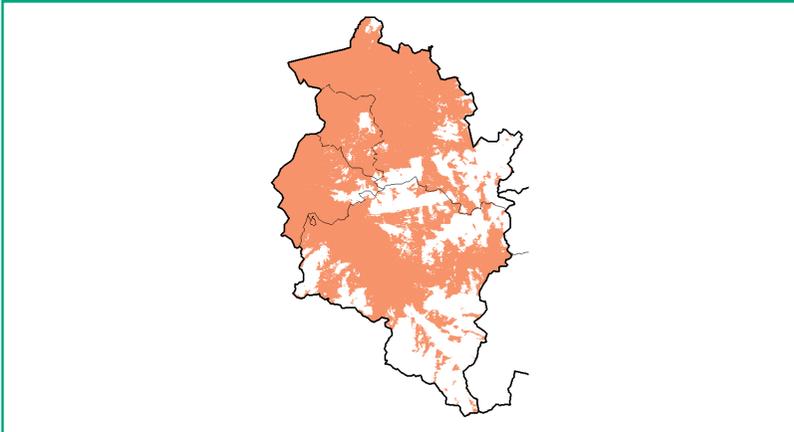


Abbildung 12: T-DAB/DAB+ Versorgung Vorarlberg (sechs Sender)

Auswertung der Versorgungsberechnungen

Bundesland	Einwohner gesamt	Einwohner versorgt	Reichweite im Bundesland in %	Reichweite bezogen auf Österreich gesamt in %
Burgenland	277.569	253.518	91,3	3,2
Niederösterreich	1.545.804	1.443.833	93,4	18,0
Wien	1.550.123	1.548.165	99,9	19,3
Steiermark	1.183.303	1.120.650	94,7	14,0
Oberösterreich	1.376.797	1.292.176	93,9	16,1
Tirol	673.504	601.582	89,3	7,5
Salzburg	515.327	467.895	90,8	5,8
Kärnten	559.404	493.167	88,2	6,1
Vorarlberg	351.095	335.863	95,7	4,2
Österreich gesamt	8.032.926	7.556.849		ca. 94,2

Tabelle 6: Auswertung der Versorgung mit 103 Sendern

Mit den gewählten 103 Standorten kann eine Versorgung von 94,2 % der Bevölkerung erreicht werden. Soll der Prozentsatz weiter erhöht werden, sind zusätzliche Standorte nötig. Die Lücken in der Versorgung liegen einerseits meist im gebirgigen Teil bzw. auch in stark hügeligen Gegenden Österreichs. Genau dort ist es schwierig bzw. nicht möglich, einen Standort zu finden, der ein großflächiges Gebiet versorgt, und zwar unabhängig von der Leistung. Die Begrenzung der Ausbreitung ist durch die Topografie vorgegeben. Die Folge ist, dass, um die Lücken zu füllen, viele Sender mit kleinen Leistungen benötigt werden. Dies ist bei den UKW-Sendern zutreffend und wird auch bei T-DAB/DAB+ so bleiben. Zum Vergleich betreibt z.B. die ORS ca. 270 UKW-Sendestandorte, um mit den bundesweiten Radioprogrammen eine Versorgung von 96,5 % (in Stereo) bzw. 98,1 % (in Mono) der Bevölkerung zu erreichen.

Variante 1: Versorgung mit 75 % der Basissender

Folgende 76 Sender wurden bei der Variante 1 für die Versorgungsberechnung herangezogen.

Bundesland	Standort	Name	Kanal	ERP	Pol.	D/ND	Longit.	Latit.	Seehöhe	Ant.-Höhe	Programm
B	MATTERSBURG	Heuberg	10B	40	V	ND	016E18 30	47N41 58	731	67	BGLD
B	RECHNITZ	Hirschenstein	10B	40	V	ND	016E22 45	47N20 43	859	41	BGLD
K	BLEIBURG		12D	35	V	ND	014E47 41	46N39 53	870	56	KTN
K	BRUECKL	Lippekogel	12D	40	V	D	014E30 32	46N44 05	942	68	KTN
K	GREIFENBURG	Egg	12D	35	V	D	013E09 16	46N43 25	980	23	KTN
K	HERMAGOR	Hauserberg	12D	35	V	ND	013E20 22	46N37 50	994	15	KTN
K	KLAGENFURT 3	Pyramidenkogel	12D	40	V	ND	014E08 46	46N36 33	820	75	KTN
K	KOETSCHACH	Kronhof	12D	30	V	D	013E02 56	46N38 40	894	21	KTN
K	SPITTAL DRAU 5	Hühnersberg	12D	35	V	D	013E26 49	46N50 48	1089	34	KTN
K	VILLACH 5	Oswaldiberg	12D	35	V	ND	013E51 03	46N38 26	946	35	KTN
NÖ	ASPANG	Koenigsberg	12B	35	V	ND	016E07 16	47N34 48	710	21	NOE
NÖ	GRUENBACH	Plackles	12B	35	V	ND	016E00 13	47N48 52	1130	38	NOE
NÖ	HOCHSTRASS	Jochgrabenberg	12B	35	V	ND	016E00 57	48N09 12	645	78	NOE
NÖ	HOHE WAND (NEU)	Herrgottschneiderhaus	12B	35	V	ND	016E04 43	47N50 59	860	40	NOE
NÖ	HÖRN	Eichberg	12B	35	V	ND	015E43 29	48N38 13	425	42	NOE
NÖ	KREMS	Kalorisches Kraftwerk Theiß	12B	35	V	ND	015E42 32	48N23 37	190	125	NOE
NÖ	POYSDORF	Galgenberg	12B	40	V	ND	016E35 10	48N42 32	425	73	NOE
NÖ	RAABSTHAYA	Kollmitzberg	12B	40	V	ND	015E32 18	48N50 19	600	42	NOE
NÖ	S POELTEN	Jauerling	12B	40	V	ND	015E20 19	48N20 05	954	54	NOE
NÖ	Waidhofen YB 1	Sonntagberg ORF	12B	40	V	ND	014E45 12	47N59 38	650	67	NOE
NÖ	WEITRA	Wachberg	12B	40	V	ND	014E48 49	48N39 10	932	88	NOE
W	WIEN 1	Kahlenberg	12B	40	V	ND	016E20 02	48N16 36	485	95	NOE
OÖ	BAD ISCHL	Katrin	12A	35	V	ND	013E34 49	47N41 23	1542	38	OOE
OÖ	BRAUNAU	Handenberg	12A	40	V	ND	012E57 39	48N08 47	523	22	OOE
OÖ	FREISTADT	Obergrünbach	12A	40	V	ND	014E32 16	48N32 49	845	44	OOE
OÖ	GMUNDEN 2	Gmundnerberg CATV Station	12A	35	V	ND	013E44 57	47N54 44	820	10	OOE
OÖ	KIRCHBACH (NEU)		12A	35	V	ND	013E55 48	48N38 11	846	40	OOE
OÖ	KIRCHDORF KREMS 2	Sonnberg	12A	30	V	D	014E04 05	47N54 14	913	20	OOE
OÖ	LINZ 1	Lichtenberg	12A	40	V	ND	014E15 17	48N23 05	925	97	OOE
OÖ	LINZ 2	Freinberg (RK)	12A	30	V	ND	014E16 03	48N17 51	374	100	OOE
OÖ	RIED INNKREIS 2	Sulzberg	12A	40	V	ND	013E36 21	48N09 01	760	25	OOE
OÖ	SCHAERDING	Schardenberg ORF	12A	40	V	D	013E29 16	48N31 19	580	38	OOE
OÖ	ST JOHANN (NEU)		12A	35	V	ND	013E18 42	48N05 45	703	40	OOE
OÖ	STEYR	Tröschberg	12A	30	V	D	014E26 17	48N01 43	440	60	OOE
S	HALLEIN	Zinkenkogel	12B	35	V	ND	013E05 18	47N38 57	1310	18	SBG
S	LEND	Luxkogel	12B	35	V	ND	013E05 54	47N17 01	1824	21	SBG
S	NEUKIRCHEN GRV	Hohenbramberg	12B	35	V	ND	012E18 30	47N15 45	1250	67	SBG
S	S MICHAEL LUNG 2	Aineck	12B	35	V	D	013E38 42	47N04 09	1920	13	SBG

Bundesland	Standort	Name	Kanal	ERP	PoL	D/ND	Longit.	Latit.	Seehöhe	Ant-Höhe	Programm
S	SAALFELDEN 2	Huggenberg	12B	35	V	D	012E48 17	47N25 38	1120	16	SBG
S	SALZBURG	Gaisberg	12B	40	V	ND	013E06 44	47N48 19	1283	46	SBG
S	SCHWARZACH PG	Gern	12B	35	V	D	013E14 22	47N18 29	1787	15	SBG
S	ZELL AM SEE 1	Lechnereck	12B	35	V	D	012E50 15	47N18 10	1500	68	SBG
ST	B GLEICHENBERG	Stradner Kogel	12C	40	V	ND	015E55 56	46N50 43	589	20	STMK
ST	BAD AUSSEE	Tressenstein	12C	30	V	ND	013E47 19	47N37 34	1190	20	STMK
ST	BRUCK MUR 1	Mugel	12C	40	V	ND	015E11 02	47N21 56	1433	37	STMK
ST	DEUTSCHLANDSBERG	Demmerkogel	12C	40	V	ND	015E25 33	46N48 05	560	40	STMK
ST	EIBISWALD	Hadernigg	12C	35	V	D	015E09 57	46N39 45	950	45	STMK
ST	GLEISDORF (NEU)		12C	40	V	ND	015E43 53	47N07 16	513	40	STMK
ST	GRAZ 4	Plabutsch Lüftungsturm Nord	12C	40	V	ND	015E22 47	47N04 20	648	30	STMK
ST	KNITTELFELD 3	Tremmelberg	12C	35	V	ND	014E47 16	47N14 47	1194	45	STMK
ST	KOEFLACH	Goefsnitzberg	12C	35	V	ND	015E00 35	47N03 22	960	42	STMK
ST	MUERZZUSCHLAG	Ganzstein	12C	35	V	ND	015E40 43	47N35 45	870	47	STMK
ST	MURAU	Stolzalpe	12C	35	V	D	014E11 52	47N07 20	1410	41	STMK
ST	NEUMARKT	Kulmer Alpe	12C	35	V	D	014E31 47	47N04 12	1786	36	STMK
B	PINKAFELD	Hochriegel	12C	35	V	ND	016E06 39	47N24 46	672	30	STMK
ST	ROTTENMANN	Sonnenberg	12C	30	V	D	014E20 15	47N32 31	1388	41	STMK
ST	SCHLADMING 1	Hauser Kaibling	12C	40	V	D	013E46 12	47N22 44	1858	30	STMK
ST	SELZTHAL	Salberg	12C	30	V	ND	014E17 33	47N34 16	1250	38	STMK
T	HAIMING	Haiminger Alm	12C	30	V	D	010E51 08	47N15 58	1830	18	TIR
T	HOPFGARTEN NT1	Hohe Salve	12C	35	V	ND	012E12 12	47N27 53	1820	28	TIR
T	IMST 1	Burgstall	12C	30	V	ND	010E45 22	47N12 20	1050	21	TIR
T	INNSBRUCK 1	Patscherkofel	12C	40	V	ND	011E27 44	47N12 31	2247	53	TIR
T	JENBACH 2	Larchkopf	12C	30	V	ND	011E49 01	47N22 43	1375	50	TIR
T	KITZBUEHEL 2	Hahnenkamm	12C	30	V	ND	012E22 22	47N25 36	1655	15	TIR
T	KUFSTEIN-PENDLING	Pendling	12C	30	V	ND	012E06 34	47N34 19	1563	18	TIR
T	LANDECK 1	Krahnberg	12C	30	V	ND	010E37 31	47N08 45	2208	68	TIR
T	LIENZ	Rauchkofel	12C	35	V	ND	012E46 59	46N47 57	1905	27	TIR
T	MATREI OSTTIROL	Klaunzerberg	12C	30	V	D	012E33 28	46N59 16	1348	16	TIR
T	REUTTE 1	Hahnenkamm	12C	30	V	ND	010E38 31	47N28 43	1940	18	TIR
T	S ANTON ARLB 2	Galzig RIFU Telekom	12C	30	V	D	010E13 36	47N07 54	2170	30	TIR
V	BLUDENZ 3	Muttersberg	12A	30	V	ND	009E49 28	47N10 48	1380	15	VLBG
V	BREGENZ 1	Pfänder	12A	35	V	ND	009E46 49	47N30 30	1050	56	VLBG
V	FELDKIRCH	Vorderaelpele	12A	35	V	ND	009E35 59	47N12 35	1220	41	VLBG
W	WIEN 1	Kahlenberg	11C	40	V	D	016E20 02	48N16 36	485	60	WIEN
W	WIEN 2	Himmelhof	11C	30	V	ND	016E15 20	48N11 30	325	36	WIEN
W	WIEN 5	Arsenal	11C	40	V	ND	016E23 36	48N10 56	201	155	WIEN

Tabelle 7: Übersicht über 75 % der Sender

Die folgende Abbildung zeigt den mit 76 Sendern (entspricht ca. 75 % der 103 Basissender) erreichbaren Versorgungsgrad.

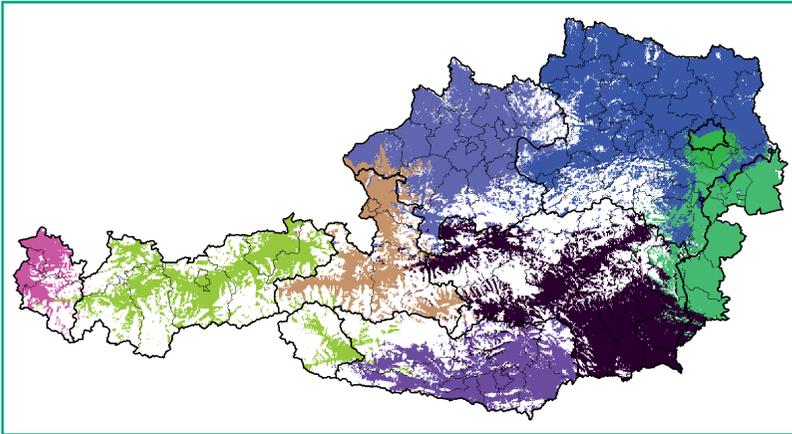


Abbildung 13: T-DAB/DAB+ Versorgung Österreich (76 Sender)

2.1.4.2 Variante 2: Versorgung mit 50 % der Basissender

Folgende 51 Sender wurden bei der Variante 2 für die Versorgungsbe-
rechnung herangezogen.

Bundes- land	Standort	Name	Kanal	ERP	Pol.	D/ ND	Longit.	Latit.	See- höhe	Ant.- Höhe	Pro- gramm
B	MATTERSBURG	Heuberg	10B	40	V	ND	016E18 30	47N41 58	731	67	BGLD
B	RECHNITZ	Hirschenstein	10B	40	V	ND	016E22 45	47N20 43	859	41	BGLD
K	BRUECKL	Lippekogel	12D	40	V	D	014E30 32	46N44 05	942	68	KTN
K	KLAGENFURT 3	Pyramidenkogel	12D	40	V	ND	014E08 46	46N36 33	820	75	KTN
K	SPITTAL DRAU 5	Hühnersberg	12D	35	V	D	013E26 49	46N50 48	1089	34	KTN
K	VILLACH 5	Oswaldiberg	12D	35	V	ND	013E51 03	46N38 26	946	35	KTN
NÖ	ASPANG	Koenigsberg	12B	35	V	ND	016E07 16	47N34 48	710	21	NOE
NÖ	HOHE WAND (NEU)	Herrgottschnitzerhaus	12B	35	V	ND	016E04 43	47N50 59	860	40	NOE
NÖ	HORN	Eichberg	12B	35	V	ND	015E43 29	48N39 13	425	42	NOE
NÖ	POYSDORF	Galgenberg	12B	40	V	ND	016E35 10	48N42 32	425	73	NOE
NÖ	S POELTEN	Jauerling	12B	40	V	ND	015E20 19	48N20 05	954	54	NOE
NÖ	WAIDHOFEN YB 1	Sonntagberg ORF	12B	40	V	ND	014E45 12	47N59 38	650	67	NOE
NÖ	WEITRA	Wachberg	12B	40	V	ND	014E48 49	48N39 10	932	88	NOE
W	WIEN 1	Kahlenberg	12B	40	V	ND	016E20 02	48N16 36	485	95	NOE
OÖ	BAD ISCHL	Katrin	12A	35	V	ND	013E34 49	47N41 23	1542	38	OOE
OÖ	BRAUNAU	Handenberg	12A	40	V	ND	012E57 39	48N08 47	523	22	OOE

Bundesland	Standort	Name	Kanal	ERP	Pol.	D/ND	Longit.	Latit.	Seehöhe	Ant-Höhe	Programm
OÖ	GMUNDEN 2	Gmundnerberg CATV Station	12A	35	V	ND	013E44 57	47N54 44	820	10	OOE
OÖ	LINZ 1	Lichtenberg	12A	40	V	ND	014E15 17	48N23 05	925	97	OOE
OÖ	LINZ 2	Freinberg (RK)	12A	30	V	ND	014E16 03	48N17 51	374	100	OOE
OÖ	RIED INNKREIS 2	Sulzberg	12A	40	V	ND	013E36 21	48N09 01	760	25	OOE
OÖ	SCHAERDING	Schardenberg ORF	12A	40	V	D	013E29 16	48N31 19	580	38	OOE
OÖ	STEYR	Tröschberg	12A	30	V	D	014E26 17	48N01 43	440	60	OOE
S	HALLEIN	Zinkenkogel	12B	35	V	ND	013E05 18	47N38 57	1310	18	SBG
S	NEUKIRCHEN GRV	Hohenbramberg	12B	35	V	ND	012E18 30	47N15 45	1250	67	SBG
S	SALZBURG	Gaisberg	12B	40	V	ND	013E06 44	47N48 19	1283	46	SBG
S	SCHWARZACH PG	Gern	12B	35	V	D	013E14 22	47N18 29	1787	15	SBG
S	ZELL AM SEE 1	Lechnereck	12B	35	V	D	012E50 15	47N18 10	1500	68	SBG
ST	B GLEICHENBERG	Stradner Kogel	12C	40	V	ND	015E55 56	46N50 43	589	20	STMK
ST	BRUCK MUR 1	Mugel	12C	40	V	ND	015E11 02	47N21 56	1433	37	STMK
ST	DEUTSCHLANDSBERG	Demmerkogel	12C	40	V	ND	015E25 33	46N48 05	560	40	STMK
ST	GRAZ 4	Plabutsch Lüftungsturm Nord	12C	40	V	ND	015E22 47	47N04 20	648	30	STMK
ST	KOEFLACH	Goeßnitzberg	12C	35	V	ND	015E00 35	47N03 22	960	42	STMK
ST	ROTTENMANN	Sonnenberg	12C	30	V	D	014E20 15	47N32 31	1388	41	STMK
ST	SCHLADMING 1	Hauser Kaibling	12C	40	V	D	013E46 12	47N22 44	1858	30	STMK
ST	SELZTHAL	Salberg	12C	30	V	ND	014E17 33	47N34 16	1250	38	STMK
T	HAIMING	Haiminger Alm	12C	30	V	D	010E51 08	47N15 58	1830	18	TIR
T	HOPFGARTEN NT1	Hohe Salve	12C	35	V	ND	012E12 12	47N27 53	1820	28	TIR
T	IMST 1	Burgstall	12C	30	V	ND	010E45 22	47N12 20	1050	21	TIR
T	INNSBRUCK 1	Patscherkofel	12C	40	V	ND	011E27 44	47N12 31	2247	53	TIR
T	JENBACH 2	Larchkopf	12C	30	V	ND	011E49 01	47N22 43	1375	50	TIR
T	KITZBUEHEL 2	Hahnenkamm	12C	30	V	ND	012E22 02	47N25 36	1655	15	TIR
T	LANDECK 1	Krahberg	12C	30	V	ND	010E37 31	47N08 45	2208	68	TIR
T	LIENZ	Rauchkofel	12C	35	V	ND	012E46 59	46N47 57	1905	27	TIR
T	REUTTE 1	Hahnenkamm	12C	30	V	ND	010E38 31	47N28 43	1940	18	TIR
T	S ANTON ARLB 2	Galzig RIFU Telekom	12C	30	V	D	010E13 36	47N07 54	2170	30	TIR
V	BLUDENZ 3	Muttersberg	12A	30	V	ND	009E49 28	47N10 48	1380	15	VLBG
V	BREGENZ 1	Pfänder	12A	35	V	ND	009E46 49	47N30 30	1050	56	VLBG
V	FELDKIRCH	Vorderaelpele	12A	35	V	ND	009E35 59	47N12 35	1220	41	VLBG
W	WIEN 1	Kahlenberg	11C	40	V	D	016E20 02	48N16 36	485	60	WIEN
W	WIEN 2	Himmelhof	11C	30	V	ND	016E15 20	48N11 30	325	36	WIEN
W	WIEN 5	Arsenal	11C	40	V	ND	016E23 36	48N10 56	201	155	WIEN

Tabelle 8: Übersicht über 50 % der Sender

Die folgende Abbildung zeigt den mit 51 Sendern (entspricht ca. 50 % der 103 Basissender) erreichbaren Versorgungsgrad.

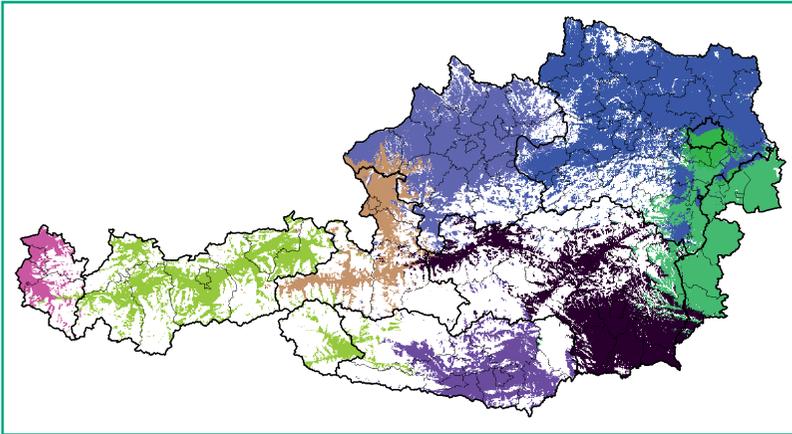


Abbildung 14: T-DAB/DAB+ Versorgung Österreich (51 Sender)

2.2 HD Radio™-Versorgungsnetz

2.2.1 Grundannahmen und frequenztechnische Voraussetzungen

Ergänzend zu den technischen Erklärungen im Kapitel 1.3 „Beschreibung der Systeme“ werden an dieser Stelle die getroffenen Annahmen festgehalten.

Als sozusagen Musterbetreiber für die Umrüstung auf HD Radio™ wurde die „Antenne Salzburg“ (Antenne Salzburg GmbH) herangezogen. Diese verfügt aktuell über einen Versorgungsgrad von etwa 470.000 Einwohnern im Bundesland Salzburg (laut KommAustria Akt KOA 1.150/05).

Ausgehend von der Definition der ITU-R412, wonach die Versorgung in großen Städten bzw. dicht bebautem Gebiet mit einer Feldstärke von 74 dB μ V/m als sichergestellt gilt (vgl. auch: städtisches/bebautes Gebiet mit 66 dB μ V/m sowie ländliches Gebiet mit 54 dB μ V/m), wird angenommen, dass mit Rücksicht auf die Empfindlichkeit der Empfangsgeräte eine gleichwertige Versorgung mit HD Radio erzielt werden kann, wenn die Senderleistung der „HD Rucksäcke“ 20 dB (entspricht 1/100 der Leistung) unterhalb jener der analogen Sender liegt.

Mit der Planungssoftware CHIRplusBC kann keine HD-Versorgung berechnet werden, weshalb an dieser Stelle der Versorgungsgrad des analogen Sendernetzes der Antenne Salzburg abgebildet wird. Unter Zugrundelegung der oben getroffenen Annahmen entspricht die HD-Versorgung ziemlich genau der analogen.

2.2.2 HD Radio™-Sendeanlagen

Die bestehenden UKW-Sendeanlagen können für HD Radio™ adaptiert, d.h. mit dem notwendigen Zusatzequipment ergänzt werden. Zusätzlich sind zum einen lineare Verstärker für das IBOC-Signal notwendig, weshalb UKW-Sender teilweise ausgetauscht oder ergänzt werden müssen, zum anderen müssen eventuell Ausgangsfilter ersetzt werden. Es ist pro Sendestandort zu beurteilen, an welchem Punkt der Senderkonfiguration die HD Komponente eingefügt werden soll.

Hierzu die grundsätzlichen Prinzipien:

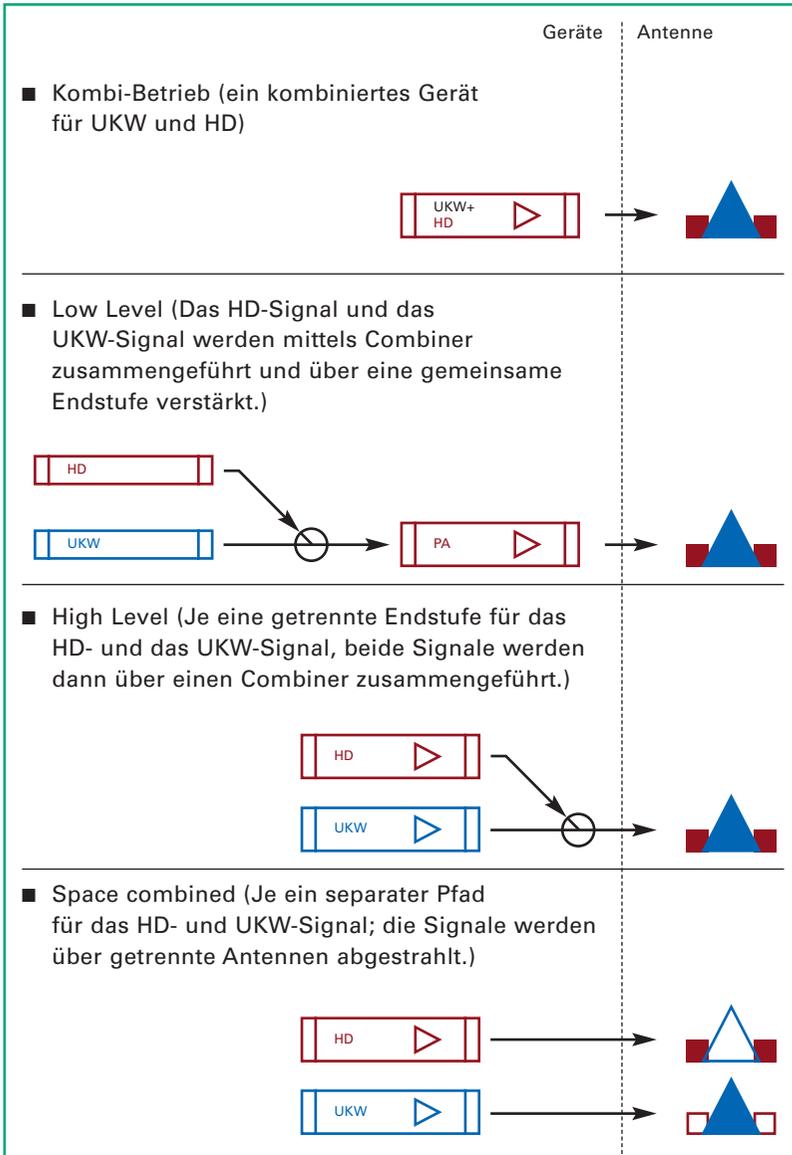


Abbildung 15: Möglichkeiten der Zusammenführung von analogem und HD-Signal

2.2.3 HD Radio™-Planungsdaten

2.2.3.1 Sendertabelle (16 UKW-Sender der Antenne Salzburg)

Standort	Name	Frequenz	ERP	Pol.	D/ ND	Longit.	Latit.	See- höhe	Ant- Höhe
ABTENAU 2	Gschwandtlahn	103,1	22	V	D	013E25 03	47N33 45	10	920
BADGASTEIN 3	Graukogel	102,7	20	H	D	013E09 08	47N06 43	8	1.495
BRAMBERG WILDKOGEL	Wildkogel	90,2	20	H	D	012E17 18	47N16 55	15	2.130
DORFGASTEIN	Rodelberg	87,7	15	V	D	013E06 31	47N15 10	8	1.025
GOLLING	Haarberg	102,8	23	H	D	013E11 23	47N35 45	22	688
LIENZ 2	Hochstein	106,4	27	H	D	012E42 01	46N49 20	25	2.018
LOFER 2	Loferer Alm Bergstation	100,8	17	V	D	012E41 03	47N36 16	10	999
OBERTAUERN 2	Grünwaldkopf Bergstation	88,9	15	V	D	013E32 41	47N15 37	10	1.974
RADSTADT	Jakobsberg	102,5	23	H	D	013E27 27	47N23 48	15	1.165
S GILGEN	Zwölferhorn	106,7	17	V	D	013E21 14	47N44 38	5	1.470
S MICHAEL LUNG 2	Aineck	102,5	27	H	D	013E38 42	47N04 09	13	1.920
SAALBACH 2	Wildenkarkogel	92,9	15	V	D	012E41 12	47N24 05	9	1.910
SAALFELDEN 2	Huggenberg PTA	87,6	20	H	D	012E48 16	47N25 44	9	1.116
SALZBURG	Gaisberg	101,8	40	H	D	013E06 44	47N48 19	46	1.283
SCHWARZACH PG	Gern	105,3	25	H	D	013E14 22	47N18 29	15	1.787
WOERTH	Schütterbauer	102,6	15	V	D	012E57 59	47N11 53	7	1.050
ZELL AM SEE 3	Lechnreck	105,9	29	V	D	012E50 16	47N18 10	14	1.498

Tabelle 9: Übersicht über 16 Sender der Antenne Salzburg

2.2.3.2 Ergebnis Versorgungsberechnung

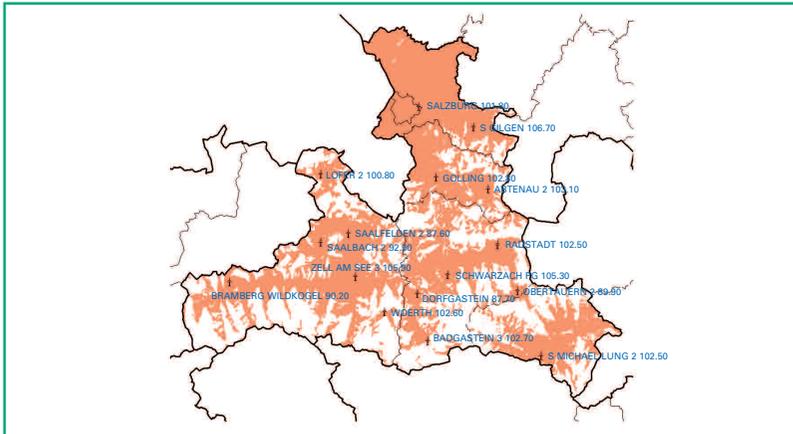
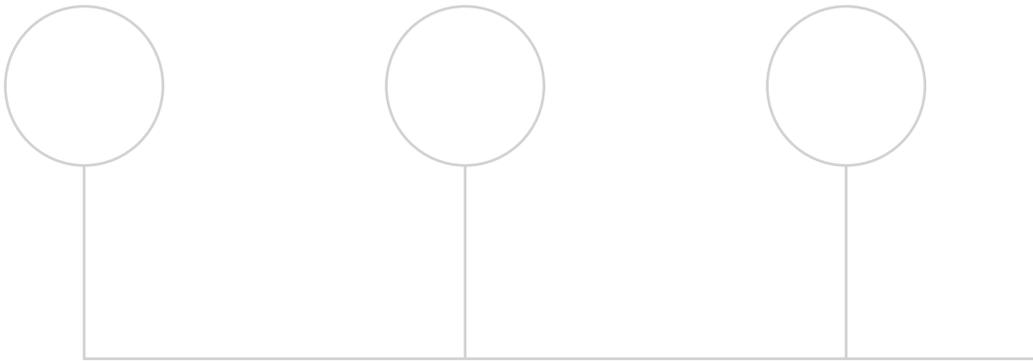


Abbildung 16: HD Radio™-Versorgung am Beispiel der Senderkette Antenne Salzburg

Unter dieser Annahme ergibt sich ein Versorgungsgrad im Bundesland Salzburg von 91,2 % der Einwohner.



3. Grundlagen der Kostenanalyse

3.1 Zielsetzung

Ziel des vorliegenden Kapitels ist es, einen fundierten Beitrag zur Kostenbetrachtung der Digitalisierung des terrestrischen Hörfunks in Österreich zu leisten. Dazu sollen die voraussichtlichen Kosten der Einführung und des Betriebs der Technologievarianten T-DAB/DAB+ und HD Radio™ erhoben und – sofern sinnvoll – vergleichend dargestellt werden. Dabei sollen auch die wesentlichen Kostentreiber und Einsparpotenziale herausgearbeitet werden. Es ist jedoch ausdrücklich nicht Ziel dieses Kapitels, die günstigste Variante zu ermitteln und daraus eine Empfehlung zur Einführung der einen oder anderen Technologie in Österreich abzuleiten.

Besonderer Wert wird dabei auf eine modulare und nachvollziehbare Analyse der Kosten gelegt. Zu diesem Zweck werden die Sendernetzinfrastrukturen in sinnvoll voneinander abgrenzbare Module unterteilt, die zunächst einzeln kalkuliert und dann wieder aggregiert werden. Sämtliche Annahmen werden transparent getroffen. Interessierte Marktteilnehmer sollen so in die Lage versetzt werden, auf Basis des Zahlenmaterials und der dargelegten Zusammenhänge eigene Alternativszenarien zu gestalten. Auf diese Weise könnten z.B. auch Mischszenarien aus landesweiten T-DAB/DAB+ Bedeckungen und lokal oder regional per HD Radio™ verbreiteten Programmen einfach nachgerechnet werden.

Die ermittelten Gesamtkosten sollen darüber hinaus auch differenziert pro Programm und pro technisch erreichbarem Hörer ausgewiesen werden.

3.2 Aufbau des Kapitels

Nach Darlegung der wichtigsten Untersuchungsgrundlagen in Kapitel 3 werden in Kapitel 4 die Kosten der Einführung und des Betriebs eines T-DAB/DAB+ Sendernetzes für Österreich errechnet. Dabei werden zunächst die Kosten des Multiplexing, der Signalzuführung und der Aufrüstung bestehender Sendeanlagen separat ermittelt, sodann im Kontext der fiktiven Funknetzplanung betrachtet und zusätzlich je Programmanbieter und technisch erreichbarem Hörer ausgewiesen.

Kapitel 5 – Kosten des HD Radio™-Sendernetzes – befasst sich mit den Kosten der Umrüstung und des Betriebs für HD Radio™. Die Kostenmodule Signalzuführung und Sendeanlagen werden hier am Beispiel des HD Radio™-Simulcast-Betriebs für Antenne Salzburg analysiert.

In Kapitel 6 – Zusammenfassende Bewertung der Kostenanalyse – werden die wichtigsten Erkenntnisse der Untersuchung zusammenfassend bewertet, darunter die wesentlichen Kostentreiber sowie Einsparpotenziale.

3.3 Abgrenzung und wesentliche Annahmen

3.3.1 Ein- und Abgrenzung der Betrachtung

Grundlage der T-DAB/DAB+ Kostenanalyse ist die von der Abteilung RFFM der RTR-GmbH durchgeführte Funknetzplanung im Band III und die daraus resultierende fiktive T-DAB/DAB+ Basisversorgung (siehe Kapitel 2.1.4.1). Zur Ermittlung der Umrüstungs- und Betriebskosten von HD Radio™ wird beispielhaft das UKW-Netz der Antenne Salzburg herangezogen und analysiert.

Für T-DAB/DAB+ erfasst die Studie dabei die Kosten des Multiplexing, der Signalzuführung zu den Sendestandorten und die T-DAB/DAB+ spezifischen Kapital- (Anschaffungs-) und Betriebskosten der Sendeanlagen selbst. Für HD Radio™ werden neben der Signalzuführung die HD Radio™-spezifischen Umrüstungs- und Betriebskosten bestehender UKW-Sender der Antenne Salzburg betrachtet.

Nicht Gegenstand der Kostenanalyse sind demnach die Kosten der Programmerstellung, die Kosten des Audio-Encoding, die Kosten der Signalzuführung zu den Multiplexern sowie nutzerseitig anfallende Kosten wie beispielsweise für Endgeräte. Folgende Abbildung veranschaulicht die Eingrenzung des Betrachtungsgegenstandes. Der blau hinterlegte, mittlere Teil ist Gegenstand dieser Untersuchung.

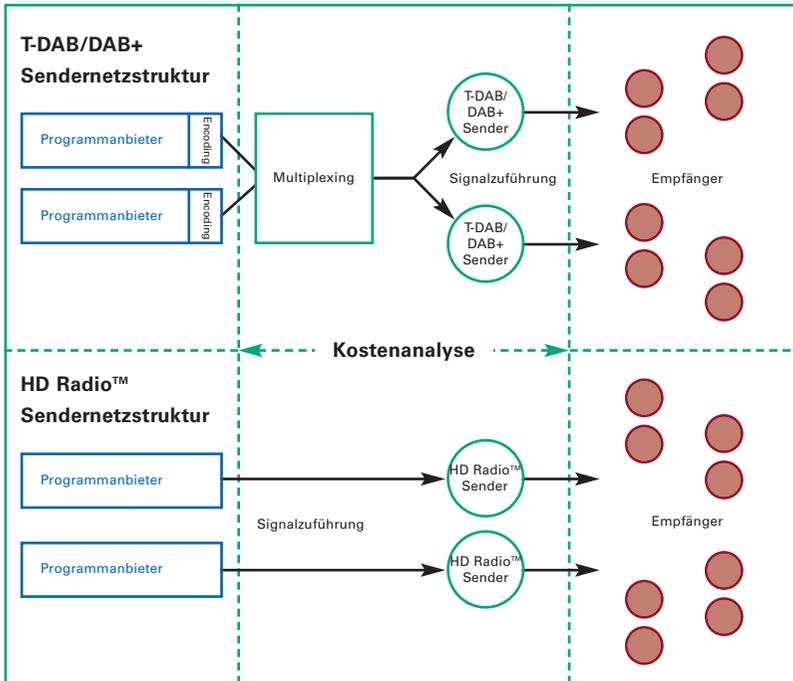


Abbildung 17: Abgrenzung der Betrachtung in der Sendernetzstruktur

Die Kostenanalyse wird primär aus Sicht eines Sendernetzbetreibers durchgeführt. Diese Herangehensweise ist ausdrücklich nicht mit der Kalkulation potenzieller Netzbetreiber zu vergleichen und gestattet nur sehr begrenzt eine Prognose zu deren voraussichtlicher Preisgestaltung. Zum einen müssen Sendernetzbetreiber im Zuge ihrer Preisermittlung präziser kalkulieren und die Kosten der einzelnen Standorte separat ermitteln. Zum anderen müssen diverse Beiträge zur Deckung weiterer variabler und fixer Kosten sowie ein Gewinnbeitrag mit einbezogen werden.

Die vorliegende Untersuchung erhebt jedoch den Anspruch, durch eine möglichst genaue Recherche der einzelnen Kostenelemente den später zu erwartenden Preisen der Netzbetreiber möglichst nahe zu kommen. Wann immer sinnvoll und möglich, werden auf dieser Basis auch die zu erwartenden Kosten für Programmanbieter diskutiert.

3.3.2 Wesentliche Annahmen entlang der Sendernetzstruktur

3.3.2.1 Annahmen zum T-DAB/DAB+ Sendernetz

Multiplex

Im folgend analysierten Szenario wird für T-DAB/DAB+ je Bundesland von einem Multiplex und einem Transportstrom ausgegangen, lediglich vom Standort WIEN 1 Kahlenberg aus werden zwei Multiplexe verbreitet², nämlich jeweils einer für das Wiener und das niederösterreichische Ensemble. Jeder Multiplex beinhaltet voraussichtlich zwölf Hörfunkprogramme, darunter jeweils die drei nationalen ORF Programme (Ö1, Ö3, FM4), ein regionales ORF Programm (Ö2), ein bundesweites Privatradioprogramm (Kronehit), mindestens ein regionales Privatradioprogramm (z.B. Antenne Salzburg) sowie weitere Privatradios.³

Bei der Kalkulation des Multiplexing wird davon ausgegangen, dass das Audio-Encoding grundsätzlich bei den Programmanbietern stattfindet. Für diesen Szenario-Ansatz sprechen folgende Gründe:

- Kostengünstige mögliche IP-basierte Programmzulieferung zum Ensemble-Multiplexer,
- Programmhoheit verbleibt beim Programmanbieter (z.B. für Audio-Processing),
- Administrative Unabhängigkeit in der Konfiguration der Encoder.

Das Audio-Encoding wird somit nicht in die Kalkulation der Sendernetzbetriebskosten einfließen. Sowohl für das Audio-Encoding als auch für die Signalzuführungskosten zu den Multiplexern werden jedoch in den entsprechenden Kapiteln Hinweise auf anfallende Kosten für Programmanbieter gegeben.

² Die Multiplexe für Wien und Niederösterreich werden von separaten Antennensystemen abgestrahlt.

³ Es wäre auch denkbar, dass ein regionaler oder bundesweiter Veranstalter im selben Multiplex eine zweite Programmschiene anbietet, etwa ein reines Nachrichtenprogramm.

Signalzuführung

Ein wesentlicher Unterschied zwischen terrestrischen analogen und digitalen Rundfunknetzen besteht in den nutzbaren Möglichkeiten der Programmzuführung zu den Sendestandorten. In Gleichwellennetzen, deren Stärke der Mehrwege-Empfang ist, wird von mehreren Sendern ein und derselbe Transportstrom zeitgleich verbreitet. Dieser Umstand erfordert neben der Synchronisation der Ausstrahlung auch synchrone Programmzuführung, die beispielsweise der kostengünstige Ballempfang nicht gewährleisten kann.

Für das T-DAB/DAB+ Szenario werden daher die Signalzuführungsvarianten Satellitenzuführung und leitungsgebundene Zuführung (inklusive Richtfunk) untersucht. Der in Österreich für FM weit verbreitete Ballempfang scheidet als Programmzuführungsoption aus den genannten Gründen aus.

Im Falle der Satellitenzuführung wird ein gemeinsamer Uplink angenommen. Dies setzt voraus, dass jeder Transportstrom pro Bundesland, ausgehend vom Multiplexer, zu einem gemeinsamen Uplink geführt wird. Im Falle der leitungsgebundenen Zuführung wird angenommen, dass alle 103 Sendestandorte über gemietete Leitungen und/oder Richtfunkverbindungen versorgt werden.

Sendeanlagen

Um die Gesamtkosten des T-DAB/DAB+ Sendernetzes einerseits möglichst genau erfassen zu können und andererseits die Ungenauigkeiten einer zu groben Mittelwertbildung zu vermeiden, werden insgesamt sieben der fiktiven Funknetzplanung entsprechende Sendertypen vordefiniert und einzeln kalkuliert. Die insgesamt 103 in der Funknetzplanung vorgesehenen Sender werden in der Kostenanalyse jeweils einem der vordefinierten Sendertypen zugeordnet und ergeben so in der Summe eine vergleichsweise detaillierte Hochrechnung. Die folgende Tabelle zeigt die Sendertypen mit ihren wesentlichen Eigenschaften⁴.

⁴ Sämtliche Werte sind Vorgaben der RTR-GmbH.

Sendertyp	Anzahl	Antennendiagramm	ERP (dBW)	Antennenebenen	Hauptstrahlrichtungen	Antennengewinn (dB)	TX Power (dBW)	TX Power (kW)
1	12	ND	30	2	4	4,1	25,9	0,39
	12	ND	30	4	4	7,1	22,9	0,19
2	15	ND	35	2	4	4,1	30,9	1,23
	14	ND	35	4	4	7,1	27,9	0,62
3	20	ND	40	4	4	7,1	32,9	1,95
4	3	D	30	2	1	9	21	0,13
	9	D	30	2	2	6,5	23,5	0,22
5	1	D	35	2	1	9	26	0,4
	5	D	35	2	2	6,5	28,5	0,71
	3	D	35	2	3	5,3	29,7	0,93
6	1	D	40	2	1	9	31	1,26
	2	D	40	2	2	6,5	33,5	2,24
7 (neu)	3	ND	35	2	4	4,1	30,9	1,23
	3	ND	35	4	4	7,1	27,9	0,62

Tabelle 10: Analyalisierte Sendertypen

Wie aus der Tabelle ersichtlich, werden die Sendertypen mittels Antennendiagramm (ND = Non Directional – nicht gerichtet; D = Directional – gerichtet) und effektiver Strahlungsleistung der Sendeanenne (ERP – Effective Radiated Power) klassifiziert.

Jeder Sendertyp umfasst zwei bzw. drei nahe beieinander liegende Senderleistungsklassen und Antennengewinne sowie eine unterschiedliche Anzahl von Ebenen und Hauptstrahlrichtungen. Der Gesamtpreis des jeweiligen Sendertyps errechnet sich aus Mittelwerten der recherchierten Kosten für die genannten und weitere Komponenten (siehe Kapitel 4.3.2 Kostenanalyse der sieben vordefinierten Sendertypen). Die wesentlichen dabei getroffenen Annahmen werden in den entsprechenden Kapiteln explizit genannt.

Beim Sendertyp 7 wird von einem sprichwörtlichen „Green field“ ausgegangen, d.h. eine geringe Anzahl an Sendern muss von Grund auf neu errichtet werden. Für diese neu zu errichtenden Sendestandorte wird der Einfachheit halber angenommen, dass jeweils ein Sender mit 35 dBW ERP (ND) errichtet werden muss, was der fiktiven Funknetzplanung (siehe Sendertabelle in Kapitel 2.1.4.1) sehr nahe kommt.

Wie aus der vollständigen Senderliste in Kapitel 2.1.4.1 ersichtlich, werden mehrheitlich bestehende Sendestandorte um ein T-DAB/DAB+ Sendersystem erweitert und entsprechend ausgebaut. Diese Umrüstung der Sendestandorte ist – abhängig von den Standorten – oft nur mit erheblichem Kostenaufwand möglich. Unter Umständen reicht es nicht aus, lediglich das neue System zu montieren bzw. einzubinden. Hier einige Aspekte, die bedacht werden müssen und folglich Auswirkungen auf die Kosten haben können:

- Statik des Sendemasts,
- Platzangebot für das Antennensystem am Mast,
- logistisches Umrüsten vorhandener Antennensysteme,
- vorhandenes Platzangebot im Container bzw. neuer Container,
- zusätzlich abzuführende Verlustleistung.

In den Kostenkalkulationen werden diese etwaig anfallenden Kosten nicht berücksichtigt, es wird folglich angenommen, dass die genannten Bedingungen entsprechend erfüllt sind.

Die jährlichen Gesamtkosten der T-DAB/DAB+ Sendestandorte werden für zwei Kostenszenarien ausgewiesen:

- Kostenszenario 1 entspricht den jährlichen Gesamtkosten der T-DAB/DAB+ spezifischen Aufrüstung und des T-DAB/DAB+ spezifischen Betriebs der Sender.⁵
- Kostenszenario 2 weist zusätzlich jährliche anteilige Kosten der Mitbenutzung der bestehenden Senderinfrastruktur aus. Damit beantwortet das Kostenszenario 1 primär die Frage nach den durch die Einführung von T-DAB/DAB+ verursachten Gesamtkosten und nimmt daher eine volkswirtschaftliche Perspektive ein. Das Kostenszenario 2 beantwortet primär die Frage nach den für T-DAB/DAB+ zu erwartenden Gesamtkosten aus Sicht von Programmanbietern auf Sendernetzbetreiber und nimmt daher eine betriebswirtschaftliche Perspektive ein.

⁵ Sowohl die T-DAB/DAB+ spezifischen Kosten als auch die HD Radio™-spezifischen Kosten können dabei recht detailliert, die anteiligen Kosten jedoch nur grob mittels Expertenschätzungen ermittelt werden.

3.3.2.2 Annahmen zum HD Radio™-Sendernetz

Signalzuführung

Für das HD Radio™-Szenario werden entsprechend des existierenden Programmzuführungs-Mixes der Antenne Salzburg die Signalzuführungsvarianten (1) Satellitenzuführung, (2) leitungsgebundene Zuführung, (3) Richtfunk und (4) Ballempfang untersucht. Diese Senderanspeisung wird 1:1 übernommen und im Rahmen der Studie nicht verändert.

Sendeanlagen

Die Kosten der Umrüstung bestehender Sendeanlagen auf HD Radio™ am Beispiel Antenne Salzburg sind mit freundlicher Unterstützung der Firma Ruoss AG, Schweiz, erarbeitet worden. Zwar handelt es sich dabei um realistische Richtwerte, für eine tatsächliche Umsetzung muss jedoch auch hier eine genaue Kalkulation erstellt werden.

Analog der Betrachtung für T-DAB/DAB+ werden auch die jährlichen Gesamtkosten der HD Radio™-Sendestandorte für zwei Kostenszenarien ausgewiesen:

- Kostenszenario 1 entspricht den jährlichen Gesamtkosten der HD Radio™-spezifischen Aufrüstung und des HD Radio™-spezifischen Betriebs der Sender.
- Kostenszenario 2 weist zusätzlich jährliche anteilige Kosten der Mitbenutzung der bestehenden Senderinfrastruktur aus. Damit beantwortet auch hier das Kostenszenario 1 primär die Frage nach den durch die Einführung von HD Radio™ verursachten Gesamtkosten, das Kostenszenario 2 die Frage nach den für HD Radio™ zu erwartenden Gesamtkosten aus der Sicht von Programmanbietern auf Sendernetzbetreiber im Simulcast-Betrieb. Die vollständige Inkludierung der Signalzuführungskosten schließlich ergibt die jährlichen Gesamtkosten inklusive anteiliger Sendermitbenutzung für den HD Radio™-Monocast-Betrieb.

3.4 Methodik und Informationsquellen

3.4.1 Methodischer Ansatz der Kostenberechnungen

Zur Ermittlung der Kosten des Aufbaus (bzw. Umrüstung) und des Betriebs von T-DAB/DAB+ bzw. HD Radio™-Netzen in Österreich wird auf methodische Grundlagen der Kosten-Vergleichsrechnung zurückgegriffen. Die Kosten-Vergleichsrechnung gehört zu den statischen monetären Investitionsrechnungsverfahren und ist durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

- Es wird eine für den gesamten Betrachtungszeitraum repräsentative Periode betrachtet (hier jährliche Kosten).
- Der Nutzen bzw. die Qualität eines Projektes ist für die Entscheidungsfindung irrelevant.
- Es werden nur die Kosten betrachtet, etwaige Interdependenzen auf kostenfremde Aspekte werden vernachlässigt.
- Dynamische Effekte, wie ein zeitlich unterschiedlicher Anfall der Ein- und Auszahlungen oder Sondereffekte bei Einführung einer Investition, z.B. Anlauf oder Inbetriebnahmekosten, werden in die Betrachtung einer Durchschnittsperiode nicht einbezogen.⁶

In einer Kosten-Vergleichsrechnung sind alle durch das Investitionsprojekt beeinflussten Kosten im Sinne von relevanten Kosten zu berücksichtigen. Die relevanten Gesamtkosten einer Periode ergeben sich dabei aus der Summe der in der Periode anfallenden Kapitalkosten und Betriebskosten.

$$K_{\text{gesamt}} = K_{\text{kapital}} + K_{\text{betrieb}}$$

⁶ Vgl. hierzu und im Folgenden Prof. Dr. Ralf Dillerup und Dipl. Betriebswirt (FH) Tobias Albrecht: Kostenvergleichsrechnung, erschienen in: Haufe Rechnungswesen Office, Version 3.2 unter Haufeindex: 1288478, Rudolf Haufe Verlag GmbH & Co. KG, Freiburg, 2005.

Zu den Betriebskosten gehören alle Kostenarten, die eine reibungslose Funktionsfähigkeit des Investitionsobjektes sicherstellen, wie z.B. Personalkosten, Materialkosten, Raumkosten, Instandhaltungskosten und Energiekosten.

Die Kapitalkosten setzen sich aus den kalkulatorischen Abschreibungen und den kalkulatorischen Zinsen zusammen.

Für die kalkulatorischen Abschreibungen wird stets die lineare Abschreibung angewendet, um eine gleichmäßige Kostenbelastung in allen Perioden zu erreichen. Dabei werden als Abschreibungsbasis die Anschaffungs- bzw. Wiederbeschaffungskosten abzüglich des Restwertes am Ende des Investitionszeitraums verwendet. Der Restwert stellt den Wert dar, der noch durch den Verkauf des weit gehend abgenutzten Objekts am Markt erzielt werden kann. Die Abschreibungsbasis wird durch die betriebsspezifische voraussichtliche Nutzungsdauer in Jahren geteilt.

$$\text{Kalkulatorische Abschreibung [EUR/Jahr]} = (A - RW) / n$$

- A Anschaffungs- bzw. Herstellkosten
- RW Restwert
- n Nutzungsdauer in Jahren

Die kalkulatorischen Zinsen bewerten das im Investitionsobjekt gebundene Kapital, das bedingt durch die Investition nicht für andere Zwecke zur Verfügung steht. Der Einfachheit halber wird unterstellt, dass im Durchschnitt pro Jahr gleich hohe Zinsen auf das im Objekt gebundene Kapital anfallen. Der kalkulatorische Zinssatz wird in der Praxis meist willkürlich aufgrund wirtschaftlicher Überlegungen festgelegt oder es wird ein Kapitalmarktzins verwendet, auf den ein Sicherheitszuschlag erfolgt.

$$\text{Kalkulatorische Zinsen [EUR/Jahr]} = (A+RW) * i / 2$$

- A Anschaffungs- bzw. Herstellkosten
- RW Restwert
- i Kalkulationszinssatz

Gemäß den derzeit branchenüblichen Standards werden die oben genannten Parameter für die Zwecke der vorliegenden Kostenanalyse wie folgt festgelegt:

Kalkulationszinssatz:	8 %
Nutzungsdauer:	10 Jahre
Restwert:	EUR 0,-

3.4.2 Informationsquellen

Zur Ermittlung der einzelnen Kosten wurde eine Reihe fernmündlicher und persönlicher Interviews geführt sowie Sekundärquellen ausgewertet. Folgende Personen bzw. Firmen haben sich als Interviewpartner zur Verfügung gestellt und intensiv an der Erhebung der Kosten mitgewirkt:

DAB-Sendernetzbetreiber
Hessen Digital Radio GmbH, Deutschland Hans Strassmann, SwissMediaCast AG, Schweiz Johannes Trotzberger, Bayern Digital Radio GmbH, Deutschland
UKW-Sendernetzbetreiber
ORS – Österreichische Rundfunksender GmbH & Co KG, Österreich
HD Radio™-Betreiber
Ruoss AG, Schweiz
Sendetechnik-Hersteller
Factum Electronics AB, Schweden Rodhe&Schwarz Österreich Ges.m.b.H., Österreich Hans H.Plisch GmbH + Co. KG, Deutschland Helmut Obereder, Kathrein-Werke-KG, Rosenheim, Deutschland Kathrein-Vertriebs-Ges.m.b.H. Salzburg, Österreich Wilfried Hecht, AVT Audio Video Technologies GmbH, Deutschland Michael Strey, VAD Video-Audio-Design GmbH, Deutschland

Sonstige
Franz Lesnik, Feldmesstechnik Rundfunk- und Telekom Regulierungs- GmbH, Österreich
Sebastian Artymiak, VPRT (Verband Privater Rundfunk und Telemedien e.v.), Deutschland
Herbert Hinterecker, Telekom Austria TA AG, Österreich
Wolfgang Kristmann, Antenne Österreich Betriebs GmbH, Niederlassung Salzburg
Petra Konrad-Hands, Eutelsat S.A., Frankreich
Reiner Müller, BLM – Bayerische Landeszentrale für neue Medien, Deutschland
SES Astra/APS, Deutschland
Feratel Media Technologies AG, Österreich
Christian Stögmüller, Life Radio, Österreich
Thomas Wächter, Media Broadcast GmbH, Deutschland
Hall Kneller, iBiquity Digital Cooperation, USA
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Österreich
Salzburg AG für Energie, Verkehr und Telekommunikation, Österreich

Tabelle 11: Informationsquellen

Darüber hinaus wurden folgende Sekundärquellen ausgewertet:

- Homepages von österreichischen und ausländischen Regulierungsbehörden, Netzbetreibern, Programmanbietern und Herstellern,
- Veröffentlichte Preisangaben von Sendernetzbetreibern und Ausrüstern,
- Präsentationen von Swiss HD Radio™.

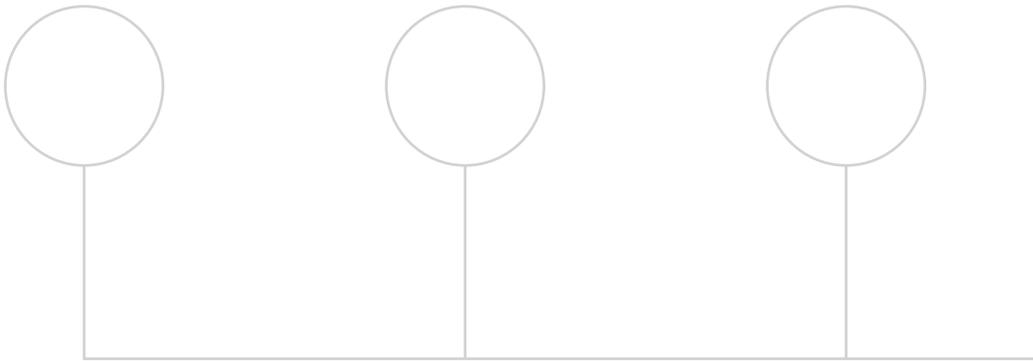
3.5 Hinweise zu Kostenangaben

Bei der Recherche der Kosten wurde besonderer Wert auf eine möglichst preiswerte und zugleich qualitativ hochwertige Anschaffung der notwendigen Komponenten und Leistungen gelegt. Die Studie bewegt sich daher insgesamt eher im unteren Bereich des breiten Spektrums der Marktpreise und setzt voraus, dass bei einer etwaigen Realisierung die marktwirtschaftlich möglichen Kosten-Optimierungspotenziale weitestgehend ausgeschöpft werden.

Die meisten angegebenen Kosten verstehen sich als mittlere Kosten mehrerer Informationsquellen und werden innerhalb der Studie anonymisiert. In einzelnen Fällen werden die Kostenschätzungen mehrerer

Informationsquellen gesondert ausgewiesen. Die entsprechenden Quellen werden durch Großbuchstaben (A, B, C, D) gekennzeichnet, wobei diese Kennzeichnung je untersuchter Kostenart unterschiedlich ist – d.h. beispielsweise Quelle A für Kosten der Audio-Encoder ist nicht gleich Quelle A für Kosten der Multiplexer. Teilweise ist ein relativ großer Unterschied zwischen den Schätzungen für dieselben Kostenarten ersichtlich. Gründe dafür sind:

- die Kostenschätzungen inkludieren teils unterschiedliche Produktqualitäten und (Zusatz-) Leistungen,
- die angegebenen Preise sind von der jeweiligen Situation und von der Verhandlungsposition abhängig,
- unterschiedlich hohe Rabatte je nach Stückzahl,
- unterschiedliche Dienstleistungen und Qualitätsanforderungen (Sicherheit, Redundanz, Monitoring),
- die Kostenangaben für Montage können stark voneinander abweichen, hier müssen sehr unterschiedliche Bedingungen der jeweiligen Standorte untersucht werden,
- sämtliche Kosten sind ohne Umsatzsteuer angegeben.



4. Kosten des T-DAB/DAB+ Sendernetzes

4.1 Kosten des Multiplexing

Während des Prozesses des Multiplexing werden mehrere Audiodatenströme zu einem Gesamtdatenstrom zusammengefasst. Die Audiosignale müssen dabei zuerst in ein spezielles Format gebracht werden. Bei T-DAB/DAB+ ist dafür ein Audio-Encoder notwendig, der das Signal entsprechend dem AAC+ Standard (HE-AAC v2) kodiert und komprimiert. Es wird angenommen, dass das Audio-Encoding seitens der Programm-anbieter vorgenommen wird und somit nicht in die T-DAB/DAB+ Gesamtkostenberechnung einfließt. Unabhängig davon haben die Kosten-recherchen gezeigt, dass für Audio-Encoder mit folgenden Preisen gerechnet werden kann:

Audio-Encoder	Kosten in EUR
Anschaffungskosten	
Audio-Encoder	
A	3.000
B	4.500
C	5.000
D	10.000

Tabelle 12: Preise für Audio-Encoder

Beim folgenden Multiplexing selbst werden die komprimierten Datenströme aller Programmanbieter in einem Bundesland zu einem Transportstrom zusammengefasst, der eine Datenrate von 2.048 Bit/s aufweist. In der vorliegenden Studie werden zwölf Programme angenommen, die von einem zentralen Ensemble-Multiplexer zum Transportstrom zusammengefasst werden.⁷ Im Endgerät wird dieser Datenstrom dekodiert, wodurch zwischen Radioprogrammen umgeschaltet werden kann, ohne die Trägerfrequenz wechseln zu müssen (wie es vom analogen Hörfunk bekannt ist).

⁷ Zusätzlich zu den Audiosignalen können Nutzdaten hinzugefügt werden, z.B. MOT, DLS, IP over DAB, TMC, TPEG.

Nachfolgende Tabelle zeigt die wichtigsten Kostenpositionen für das Multiplexing:

Multiplexing	Kosten in EUR
Anschaffungskosten	
Ensemble Multiplexer	23.625
A	17.500
B	20.000
C	35.000
D	22.000
Datendienste (PAD/NPAD)	12.500
GPS	950
Monitoring	14.000
Summe	51.075
Betriebskosten	
Monitoring, Wartung, Unterhalt und Konfiguration	32.500
Versicherung	511
Summe	33.011

Tabelle 13: Kosten für T-DAB/DAB+ Multiplexing

Die angegebenen Anschaffungskosten beinhalten die reinen Kosten der entsprechenden Hardware-Geräte⁸. Die Kosten des Monitoring beinhalten einen Überwachungsempfänger und das ETI-Monitoring. Montagekosten und eventuell anfallende Miet- bzw. Telehousingkosten für den Standort werden hier nicht berücksichtigt. Wie aus nachfolgender Tabelle ersichtlich, belaufen sich die jährlichen Gesamtkosten eines Multiplex inkl. kalkulatorische Abschreibungen, kalkulatorischen Zinsen und Betriebskosten auf EUR 40.161.

Etwaige rechnerische Abweichungen bei den Summen in den nachfolgenden Tabellen sind auf Rundungsdifferenzen zurückzuführen.

⁸ Ein befragter Experte taxiert die Anschaffungskosten auf bis zu EUR 200.000, hier werden noch folgende Punkte mit einkalkuliert: Umfangreicheres Monitoring, Fernsteuerung, Konfiguration der Module, Statistik, Montage, Engineering und Lizenzen.

Jährliche Gesamtkosten Multiplexing	Kosten in EUR
Betriebskosten	33.011
Kalkulatorische Abschreibungen	5.108
Kalkulatorische Zinsen	2.043
Jährliche Gesamtkosten	40.161

Tabelle 14: Jährliche Gesamtkosten des T-DAB/DAB+ Multiplexing

Ausgehend von je einem Multiplex pro Bundesland zeigt folgende Tabelle die Gesamtkosten für das Multiplexing in der fiktiven T-DAB/DAB+ Senderplanung:

Multi- plexe	Anschaffungs- kosten einzel	Betriebs- kosten einzel	Gesamt- kosten/Jahr einzel	Anschaffungs- kosten gesamt	Betriebs- kosten gesamt	Gesamt- kosten/Jahr gesamt
9	51.075	33.011	40.161	459.675	297.097	361.451

Tabelle 15: Jährliche Gesamtkosten des Multiplexing im fiktiven T-DAB/DAB+ Sendernetz (Angaben in EUR)

4.2 Kosten der Signalzuführung

4.2.1 Signalzuführung via Satellit

Für die fiktive T-DAB/DAB+ Sendernetzplanung wird von einem gemeinsamen Uplink für Gesamtösterreich ausgegangen⁹. An einem zentralen Punkt laufen die neun Datenströme (je 2 MBit/s) zusammen und werden von einem gemeinsamen Uplink zum Satelliten geführt.

⁹ Dies stellt ein realistisches Szenario aus der Sicht eines Netzbetreibers wie z.B. der ORS oder der Telekom dar, um alle Signale entsprechend kontrollieren bzw. überwachen zu können. Ein alternatives Szenario wäre ein dezentraler Uplink, beispielsweise pro Bundesland.

In Folge werden die laufenden Kosten der Signalzuführung via Satellit pro Jahr dargestellt, wobei angenommen wird, dass sich der T-DAB/DAB+ Sendernetzbetreiber in ein Satellitennetz einmietet. Die Anschaffungskosten beinhalten das erforderliche Satellitenempfangssystem (komplettes System mit Receiver, Kabel und beheizbarer Parabolantenne) aller Standorte. Ausgehend von den neun Multiplex-Standorten werden in den Betriebskosten die Leitungsgebühren von bestehenden Leitungen zum zentralen Uplink sowie die Satellitenzuführung aufgelistet.

Signalzuführung Satellit	Kosten in EUR
Anschaffungskosten <div style="text-align: right;">Satellitenempfänger pro Sender (gesamt 103)</div>	 1.030.000 10.000
Summe	1.030.000
Betriebskosten <div style="text-align: right;">Uplink, Raumsegment und Service</div> <div style="text-align: right;">A</div> <div style="text-align: right;">B-1</div> <div style="text-align: right;">B-2</div> <div style="text-align: right;">C</div> <div style="text-align: right;">Leitung zum Uplink-Provider pro Leitung (gesamt 9)</div>	 1.500.000 3.500.000 4.500.000 2.250.000 1.500.000 108.000 12.000
Summe	1.608.000

Tabelle 16: Kosten der Signalzuführung über Satellit

Für Uplink und Raumsegment wird wegen ihrer besonderen Bedeutung nicht ein Mittelwert aus mehreren Angeboten, sondern das günstigste Angebot verwendet¹⁰. Bei den Leitungen (2 MBit/s) ist nach Expertenaussage von monatlichen Kosten von ca. EUR 1.000 auszugehen, die sich bei neun Leitungen auf EUR 108.000 pro Jahr summieren.

¹⁰ Da die Preise auch vom genutzten Satellitensystem abhängig sind, ergeben sich zwei unterschiedliche Preisangaben des Netzbetreibers B.

Die jährlichen Gesamtkosten für das Satellitenzuführungsszenario belaufen sich gemäß Methodik der Kosten-Vergleichsrechnung inkl. Abschreibungen, kalkulatorischen Zinsen und Betriebskosten auf EUR 1.752.200.

Jährliche Gesamtkosten Satellitenübertragung	Kosten in EUR
Betriebskosten	1.608.000
Kalkulatorische Abschreibungen	103.000
Kalkulatorische Zinsen	41.200
Jährliche Gesamtkosten	1.752.200

Tabelle 17: Jährliche Gesamtkosten der Signalführung über Satellit

4.2.2 Leitungsgebundene Signalführung

Die Signalführung via Leitung basiert auf folgenden Annahmen:

- Nutzung bestehender Backbones des Rundfunksystems, wodurch Preise distanzunabhängig werden;
- Es werden 103 separate Leitungsverbindungen (je 2 MBit/s) berechnet (Einmietung in bestehende Leitungen), die tatsächlich jedoch diverse Übertragungswege¹¹ beinhalten können. Laut Expertenaussage kann von monatlichen Kosten von EUR 1.000 ausgegangen werden.

Laut einer Expertenmeinung ist ein vollständig leitungsgebundenes Sendernetz topografisch bedingt nur unter unverhältnismäßig hohem Aufwand realisierbar.¹²

¹¹ Übertragungsdienstleister legen die einzelnen verwendeten Wege und Technologien üblicherweise nicht offen.

¹² Das ORS-Sendernetz für analoges FM-Radio ist beispielsweise so aufgebaut, dass alle acht Grundnetzsender über Leitung angespeist werden und weiters eine geringe Anzahl an mittleren- bzw. kleineren Sendern. Insbesondere zu hochgelegenen Standorten gibt es keine wirtschaftlich sinnvolle Möglichkeit der Leitungsverbindung. Ein Richtfunknetz besteht derzeit ebenso nur zwischen einzelnen ORS-Sendestandorten. Die ORS ist jedoch gegenwärtig dabei, ihre Standorte diesbezüglich auszubauen. Die Mehrzahl der kleinen Sendestandorte wird über Ballempfang versorgt.

Folgende Tabelle listet die wesentlichen Kosten der leitungsgebundenen Signalzuführung auf:

Signalzuführung Leitung	Kosten in EUR
Anschaffungskosten <div style="text-align: right;">Modem für 103 Sendestandorte</div>	103.000
Summe	103.000
Betriebskosten <div style="text-align: right;">Leitungsgebühren pro Leitung (gesamt 103)</div>	1.236.000 12.000
Summe	1.236.000

Tabelle 18: Kosten der Signalzuführung über Leitung

Die jährlichen Gesamtkosten der Leitungszuführung für dieses Szenario belaufen sich gemäß Methodik der Kosten-Vergleichsrechnung inkl. Abschreibungen, kalkulatorischen Zinsen und Betriebskosten auf EUR 1.250.420.

Jährliche Gesamtkosten Leitungsübertragung	Kosten in EUR
Betriebskosten	1.236.000
Kalkulatorische Abschreibungen	10.300
Kalkulatorische Zinsen	4.120
Jährliche Gesamtkosten	1.250.420

Tabelle 19: Jährliche Gesamtkosten der Signalzuführung über Leitung

4.2.3 Kosten der Signalzuführung gemäß fiktiver T-DAB/DAB+ Sendernetzplanung

Für die gesamte Signalzuführung gemäß Funknetzplanung wird folgendes vereinfachtes Szenario angenommen:

- Generelle Zuführung über Satellit,
- zu den Grundnetzsendern und einzelnen mittleren und kleineren Standorten (insgesamt 20) gibt es eine redundante Signalzuführung über Leitungen.

Folgende Tabelle zeigt die Gesamtkosten der Signalzuführung über Satellit und der redundanten Leitungszuführung zu den Grundnetzsendern und einzelnen mittleren und kleinen Stationen aus Sicht eines Sendernetzbetreibers, der die notwendigen Kapazitäten weitestgehend bei entsprechenden Anbietern mietet:

Signal-zuführung	Anzahl	Anschaffungs-kosten gesamt	Betriebskosten gesamt	Gesamt-kosten/Jahr gesamt
Satellit	103	1.030.000	1.608.000	1.752.200
Leitung	20	20.000	240.000	242.800
Gesamt		1.050.000	1.848.000	1.995.000

Tabelle 20: Gesamtkosten der Signalzuführung gemäß fiktiver T-DAB/DAB+ Sendernetzplanung (Angaben in EUR)

Werden die Kosten der Satellitenzuführung mit den Kosten der Leitungszuführung verglichen, kann ein nicht unerheblicher Kostenunterschied zu Ungunsten der Satellitenzuführung festgestellt werden. Aufgrund der kaum umsetzbaren flächendeckenden Alternative mittels Leitung (bzw. Richtfunk) und der Vorgaben der Funknetzplanung wird trotz rechnerischer Kostennachteile die Satellitenzuführung herangezogen. Deren Kosten können sich allerdings weiter verringern, wenn sich die Anzahl der Multiplexe verringert bzw. wenn mehrerer Ensembles umgesetzt werden (siehe Kapitel 4.6 – Kostentreiber und Einsparpotenziale).

4.3 Kosten der Sendeanlagen

4.3.1 Kosten ausgewählter Komponenten

4.3.1.1 Sender

Folgende Tabelle enthält die Bandbreite der recherchierten Preise und Expertenschätzungen für eine Vielzahl handelsüblicher Sender¹³:

Leistung (W)	w / dd *)	A	B	C	D
100				25.460	
125		22.000	22.000		28.500
200				29.300	
250		28.000	30.000		35.500
300				32.620	
400				35.980	
500		49.000	43.000	50.220	45.700
600		51.000	50.000		
700					51.500
750				58.990	
900	w				51.600
900	w/dd				66.400
900		60.000	58.000		
1000				68.350	64.800
1200		96.000	92.000		
1400	w				61.200
1400	w/dd				75.600
1500	w			91.780	
1800	w				77.200
1800	w/dd				84.600
2000		120.000	124.000	104.120	109.000
2300	w				81.300
2300	w/dd				96.000
2700	w				90.500
2700	w/dd				106.100
3000	w			127.760	
3600	w				109.000
3600	w/dd				126.000
Passive Vorstufenreserve				22.950	
Maskenfilter				2.570/5.150	
Dualdrive		16.000			
Umschaltelektronik		2.000			
*) w = wassergekühlt dd = dualdrive		Preise in EUR			

Tabelle 21: Preise für Sender nach Leistungsklasse und Anbieter

¹³ Es handelt sich dabei um luftgekühlte Systeme, Ausnahmen sind vermerkt mit dem Buchstaben w – für wassergekühlt.

Preisangaben des Anbieters A umfassen Sender und Montage, Preisangaben des Anbieters B umfassen Sender, Gestell, Vorstufe mit COFDM Modulator und GPS, Ausgangsfilter, Kühlsystem, Installation, einfache Senderüberwachung mit Fernsteuerung, Netzverteilung. Preisangaben der Anbieter C und D umfassen jeweils die reinen Kosten der Sender ohne Montage.

4.3.1.2 Sendeantennen

Folgende Tabelle enthält aktuelle Richtpreise für die in diesem Szenario verwendeten gerichteten (D) und ungerichteten (ND) Antennen in Euro:

Antennen-diagramm	A	B	C	D
ND				
2 Ebenen	12.338	11.920	29.000	25.000
4 Ebenen	25.517	25.520	39.000	35.000/70.000
D				
1 Richtung	2.822	3.940	30.000	12.000
2 Richtungen	6.494	6.560	55.000	16.000
3 Richtungen	9.425	9.060	75.000	20.000

Tabelle 22: Preise für T-DAB/DAB+ Antennen nach Diagramm und Anbieter (Angaben in EUR)

Preise der Anbieter A und B umfassen die reinen Kosten des entsprechenden Antennentyps, der Verteiler und der Verbindungskabel. Preise des Anbieters C umfassen zusätzlich Antennenkabel, HF-Material, Erdung, Befestigungsmaterial, Installation und Montage. Preise des Anbieters D umfassen Antennen inklusive Speisekabel (Annahme 50 m), Stahlbaukosten und Montageleistungen. Anbieter D unterscheidet zwischen 30 bzw. 35 dBW ERP und 40 dBW ERP, wodurch sich zwei

unterschiedliche Preisangaben ergeben. Kosten für etwaige Mastverstärkung bzw. eventuell anfallender Mehraufwand für notwendige Umplatzierungen vorhandener Antennen sind in keiner der Preisangaben enthalten¹⁴.

4.3.2 Kostenanalyse der sieben vordefinierten Sendertypen

Die nachfolgenden Kalkulationen der Kosten der Sendertypen 1 bis 6 basieren auf folgenden Annahmen:

- Es steht jeweils ausreichend Platz innerhalb des Containers zur Verfügung,
- die Infrastruktur ist vorhanden (z.B. Elektroenergie, Datenverbindung ...),
- die Statik des Sendemasten reicht für die zusätzlichen Antennen aus, somit ist keine Mastverstärkung notwendig,
- es ist genügend Platz am Sendemast vorhanden,
- Satellitenaußeneinheit ist in den Zuführungskosten enthalten.

Die Senderpreise umfassen jeweils neben dem eigentlichen Sender: Gestell, Vorstufe, GPS-Empfänger, Ausgangsfilter, Netzverteiler, Kühlsystem, Installation, Inbetriebnahme, Berücksichtigung eines Rabattes, Leistungsbilanz für drei Multiplexe pro Antennensystem. Ausgewählte Posten werden jeweils gesondert dargestellt, um hier eine detailliertere Einsicht zu ermöglichen. Die Redundanz umfasst eine Vorstufenredundanz inklusive der notwendigen Umschaltetelektronik. Eine Redundanz der Endstufen wird nicht berücksichtigt – dies würde die Kosten des Senders zusätzlich verdoppeln.

¹⁴ Nach Schätzung von Experten belaufen sich die Kosten für eine Mastverstärkung auf durchschnittlich EUR 80.000 und können je nach tatsächlichem Aufwand auch höher ausfallen.

Bei den Antennensystemen errechnen sich die Preise für Rundstrahler aus einem Mittelwert aus zwei und vier Ebenen inklusive der Verkabelung und Installation, welche jeweils zusätzlich gesondert aufgeführt werden. Die Preisangaben der gerichteten Antennensysteme sind Mittelwerte aus bis zu drei Hauptstrahlrichtungen, ausgehend von zwei Ebenen. Ebenso berücksichtigt der jeweilige Mittelwert die unterschiedliche Anzahl der Sender je Hauptstrahlrichtung. Die Antennenmessung nur für den Sendertyp 7 geht von einer Erst-Einmessung mit Helikopter aus.

Die Betriebskosten umfassen jeweils die jährlichen Stromkosten, Wartung und Instandhaltung sowie die durchschnittlichen Reparaturkosten und die Versicherung. Strom errechnet sich nach Angaben der Salzburg AG aus verbrauchsabhängigen 8,5 Cent/kWh netto und einem Leistungspreis von EUR 62,68 pro kW und Jahr. Wartungs- und Instandhaltungskosten errechnen sich durch einen prozentuellen Anteil von 0,8 % der Investitionskosten der aktiven Komponenten der Senderausrüstung. Hierfür wurde die Summe aus den durchschnittlichen Senderkosten und der Redundanz herangezogen. Die Reparaturkosten errechnen sich aus einem prozentuellen Anteil von 3,5 % der Investitionskosten der aktiven Komponenten der Senderausrüstung. Für die Versicherung wird ein prozentueller Anteil von 1 % auf die Anschaffungskosten angenommen.

4.3.2.1 Kosten Sendertyp 1

Sendertyp 1 beschreibt einen leistungsschwachen Sendertyp mit Leistungen von 250 W und 500 W und einer daraus resultierenden effektiven Sendeleistung von 30 dBW. Es werden Rundstrahlantennen auf zwei und vier Ebenen verwendet. Die einzelnen Komponenten dieses Sendertyps, deren Anschaffungskosten sowie die wesentlichen jährlichen Betriebskosten sind in folgender Tabelle zusammengefasst:

Sendertyp 1	Kosten in EUR
Anschaffungskosten	
Transmitter, darin u.a.:	53.063
Ausgangsfiler	3.870
GPS	2.975
Klimatisierung	5.750
Montagen	7.500
Redundanz	21.975
Antennen, darin u.a.:	40.013
Montage/Material	26.100
Summe	115.051
Betriebskosten	
Strom	2.745
Wartung und Instandhaltung	600
Reparatur	2.626
Versicherung	1.151
Summe	7.122

Tabelle 23: Mittlere Kosten des Sendertyps 1

Die jährlichen Gesamtkosten dieses Sendertyps belaufen sich gemäß Methodik der Kosten-Vergleichsrechnung inkl. Abschreibungen, kalkulatorischen Zinsen und Betriebskosten auf EUR 23.229.

Jährliche Gesamtkosten Sendertyp 1	Kosten in EUR
Betriebskosten	7.122
Kalkulatorische Abschreibungen	11.505
Kalkulatorische Zinsen	4.602
Jährliche Gesamtkosten	23.229

Tabelle 24: Jährliche Gesamtkosten des Sendertyps 1

4.3.2.2 Kosten Sendertyp 2

Sendertyp 2 beschreibt einen Sendertyp mit Leistungen von 600 W und 1200 W und einer daraus resultierenden effektiven Sendeleistung von 35 dBW. Es werden Rundstrahlantennen auf zwei und vier Ebenen verwendet.

Sendertyp 2	Kosten in EUR
Anschaffungskosten	
Transmitter, darin u.a.:	92.780
Ausgangsfiler	4.190
GPS	2.975
Klimatisierung	10.500
Montagen	12.500
Redundanz	21.975
Antennen, darin u.a.:	40.013
Montage/Material	26.100
Summe	154.768
Betriebskosten	
Strom	8.719
Wartung und Instandhaltung	918
Reparatur	4.016
Versicherung	1.548
Summe	15.201

Tabelle 25: Mittlere Kosten des Sendertyps 2

Die jährlichen Gesamtkosten dieses Sendertyps belaufen sich gemäß Methodik der Kosten-Vergleichsrechnung inkl. Abschreibungen, kalkulatorischen Zinsen und Betriebskosten auf EUR 36.868.

Jährliche Gesamtkosten Sendertyp 2	Kosten in EUR
Betriebskosten	15.201
Kalkulatorische Abschreibungen	15.477
Kalkulatorische Zinsen	6.191
Jährliche Gesamtkosten	36.868

Tabelle 26: Jährliche Gesamtkosten des Sendertyps 2

4.3.2.3 Kosten Sendertyp 3

Sendertyp 3 beschreibt einen Sendertyp mit einer Leistung von 2000 W und einer daraus resultierenden effektiven Sendeleistung von 40 dBW. Es werden Rundstrahlantennen auf vier Ebenen verwendet.

Sendertyp 3	Kosten in EUR
Anschaffungskosten	
Transmitter, darin u.a.:	142.197
Ausgangsfiler	4.730
GPS	2.975
Klimatisierung	10.750
Montagen	17.500
Redundanz	21.975
Antennen, darin u.a.:	40.013
Montage/Material	26.100
Summe	204.184
Betriebskosten	
Strom	12.513
Wartung und Instandhaltung	1.313
Reparatur	5.746
Versicherung	2.042
Summe	21.614

Tabelle 27: Mittlere Kosten des Sendertyps 3

Die jährlichen Gesamtkosten dieses Sendertyps belaufen sich gemäß Methodik der Kosten-Vergleichsrechnung inkl. Abschreibungen, kalkulatorischen Zinsen und Betriebskosten auf EUR 50.200.

Jährliche Gesamtkosten Sendertyp 3	Kosten in EUR
Betriebskosten	21.614
Kalkulatorische Abschreibungen	20.418
Kalkulatorische Zinsen	8.167
Jährliche Gesamtkosten	50.200

Tabelle 28: Jährliche Gesamtkosten des Sendertyps 3

4.3.2.4 Kosten Sendertyp 4

Sendertyp 4 beschreibt einen Sendertyp mit den Leistungen von 125 W und 250 W und einer daraus resultierenden effektiven Sendeleistung von 30 dBW. Es werden gerichtete Antennen mit einer bzw. zwei Hauptstrahlrichtungen auf zwei Ebenen verwendet.

Sendertyp 4	Kosten in EUR
Anschaffungskosten	
Transmitter, darin u.a.:	43.947
Ausgangsfiler	3.870
GPS	2.975
Klimatisierung	3.250
Montagen	7.500
Redundanz	21.975
Antennen, darin u.a.:	40.713
Montage/Material	26.100
Summe	106.635
Betriebskosten	
Strom	2.644
Wartung und Instandhaltung	527
Reparatur	2.307
Versicherung	1.066
Summe	6.545

Tabelle 29: Mittlere Kosten des Sendertyps 4

Die jährlichen Gesamtkosten dieses Sendertyps belaufen sich gemäß Methodik der Kosten-Vergleichsrechnung inkl. Abschreibungen, kalkulatorischen Zinsen und Betriebskosten auf EUR 21.474.

Jährliche Gesamtkosten Sendertyp 4	Kosten in EUR
Betriebskosten	6.545
Kalkulatorische Abschreibungen	10.664
Kalkulatorische Zinsen	4.265
Jährliche Gesamtkosten	21.474

Tabelle 30: Jährliche Gesamtkosten des Sendertyps 4

4.3.2.5 Kosten Sendertyp 5

Sendertyp 5 beschreibt einen Sendertyp mit den Leistungen von 500 W, 600 W und 1000 W und einer daraus resultierenden effektiven Sendeleistung von 35 dBW. Es werden gerichtete Antennen mit bis zu drei Hauptstrahlrichtungen auf zwei Ebenen verwendet.

Sendertyp 5	Kosten in EUR
Anschaffungskosten	
Transmitter, darin u.a.:	71.510
Ausgangsfiler	3.870
GPS	2.975
Klimatisierung	5.750
Montagen	12.500
Redundanz	21.975
Antennen, darin u.a.:	46.521
Montage/Material	26.100
Summe	140.006
Betriebskosten	
Strom	6.095
Wartung und Instandhaltung	748
Reparatur	3.272
Versicherung	1.400
Summe	11.515

Tabelle 31: Mittlere Kosten des Sendertyps 5

Die jährlichen Gesamtkosten dieses Sendertyps belaufen sich gemäß Methodik der Kosten-Vergleichsrechnung inkl. Abschreibungen, kalkulatorischen Zinsen und Betriebskosten auf EUR 31.116.

Jährliche Gesamtkosten Sendertyp 5	Kosten in EUR
Betriebskosten	11.515
Kalkulatorische Abschreibungen	14.001
Kalkulatorische Zinsen	5.600
Jährliche Gesamtkosten	31.116

Tabelle 32: Jährliche Gesamtkosten des Sendertyps 5

4.3.2.6 Kosten Sendertyp 6

Sendertyp 6 beschreibt einen Sendertyp mit den Leistungen von 1200 W und 2000 W und einer daraus resultierenden effektiven Sendeleistung von 40 dBW. Es werden gerichtete Antennen mit einer bzw. zwei Hauptstrahlrichtungen auf zwei Ebenen verwendet.

Sendertyp 6	Kosten in EUR
Anschaffungskosten	
Transmitter, darin u.a.:	135.963
Ausgangsfiler	4.730
GPS	2.975
Klimatisierung	10.750
Montagen	17.500
Redundanz	21.975
Antennen, darin u.a.:	39.516
Montage/Material	26.100
Summe	197.454
Betriebskosten	
Strom	11.247
Wartung und Instandhaltung	1.264
Reparatur	5.528
Versicherung	1.975
Summe	20.013

Tabelle 33: Mittlere Kosten des Sendertyps 6

Die jährlichen Gesamtkosten dieses Sendertyps belaufen sich gemäß Methodik der Kosten-Vergleichsrechnung inkl. Abschreibungen, kalkulatorischen Zinsen und Betriebskosten auf EUR 47.656.

Jährliche Gesamtkosten Sendertyp 6	Kosten in EUR
Betriebskosten	20.013
Kalkulatorische Abschreibungen	19.745
Kalkulatorische Zinsen	7.898
Jährliche Gesamtkosten	47.656

Tabelle 34: Jährliche Gesamtkosten des Sendertyps 6

4.3.2.7 Kosten Sendertyp 7

Sendertyp 7 beschreibt eine neu zu errichtende Sendeanlage – ausgegangen wird hier vom sprichwörtlichen „Green field“. Die Leistung des Senders liegt bei 600 W und 1200 W und die daraus resultierende effektive Sendeleistung bei 35 dBW. Es werden Rundstrahlantennen auf zwei und vier Ebenen verwendet.

Es wird davon ausgegangen, dass der Grundstückspreis EUR 100/m² beträgt und dass der Containerpreis auch mittlere Kosten für die Zufahrtsserrichtung beinhaltet. Der Preis des Sendemasts entspricht dem mittleren Preis eines 30 m hohen Sendemasts.

Die einzelnen Komponenten dieses Sendertyps, deren Anschaffungskosten sowie die wesentlichen jährlichen Betriebskosten sind in folgender Tabelle zusammengefasst:

Sendertyp 7	Kosten in EUR
Anschaffungskosten	
Grundstück	150.000
Transmitter, darin u.a.:	92.780
Ausgangsfiler	4.190
GPS	2.975
Klimatisierung	10.500
Montagen	12.500
Redundanz	21.975
Sendemast und Fundament	42.000
Container und Basisstrom	58.000
Antennen, darin u.a.:	40.013
Montage/Material	27.100
Messung	4.500
Summe	409.268
Betriebskosten	
Strom	8.719
Wartung und Instandhaltung	918
Reparatur	4.016
Versicherung	4.093
Summe	17.746

Tabelle 35: Mittlere Kosten des Sendertyps 7

Die jährlichen Gesamtkosten dieses Sendertyps belaufen sich gemäß Methodik der Kosten-Vergleichsrechnung inkl. Abschreibungen, kalkulatorischen Zinsen und Betriebskosten auf EUR 75.043.

Jährliche Gesamtkosten Sendertyp 7	Kosten in EUR
Betriebskosten	17.746
Kalkulatorische Abschreibungen	40.927
Kalkulatorische Zinsen	16.371
Jährliche Gesamtkosten	75.043

Tabelle 36: Jährliche Gesamtkosten des Sendertyps 7

4.3.3 Gesamtkosten der T-DAB/DAB+ Aufrüstung der Sendestandorte

Folgende Tabelle zeigt die Gesamtkosten für die T-DAB/DAB+ Aufrüstung der Sendestandorte laut beschriebenem Kostenszenario 1:

Sender-typ	An-zahl	Anschaffungs-kosten einzeln	Betriebs-kosten einzeln	Gesamt-kosten/Jahr einzeln	Anschaffungs-kosten gesamt	Betriebs-kosten gesamt	Gesamt-kosten/Jahr gesamt
1	24	115.051	7.122	23.229	2.761.220	170.926	557.497
2	29	154.768	15.201	36.868	4.488.258	440.822	1.069.178
3	20	204.184	21.614	50.200	4.083.683	432.281	1.003.997
4	12	106.635	6.545	21.474	1.279.616	78.541	257.687
5	9	140.006	11.515	31.116	1.260.054	103.634	280.041
6	3	197.454	20.013	47.656	592.362	60.039	142.969
7	6	409.268	17.746	75.043	2.455.605	106.475	450.259
Gesamt	103				16.920.798	1.392.717	3.761.629

Tabelle 37: Kosten der Aufrüstung und des Betriebs der T-DAB/DAB+ Sendeanlagen (Angaben in EUR)

Die Gesamtinvestitionskosten einer Aufrüstung auf T-DAB/DAB+ belaufen sich senderseitig und auf Grundlage der fiktiven Funknetzplanung sowie der in den obigen Kapiteln gewonnen Erkenntnisse auf insgesamt EUR 16.920.798. Die T-DAB/DAB+ spezifischen jährlichen Gesamtkosten inklusive Abschreibungen, kalkulatorischen Zinsen und Betriebskosten betragen EUR 3.761.629. Die so ermittelten jährlichen Gesamtkosten beantworten somit primär die Frage nach den durch die Einführung von T-DAB/DAB+ verursachten Gesamtkosten (volkswirtschaftliche Perspektive).

4.3.4 Jährliche Gesamtkosten T-DAB/DAB+ bei Vollkostenbetrachtung

Kostenszenario 2 weist zusätzlich zu den T-DAB/DAB+ spezifischen Kosten die jährlichen anteiligen Kosten an der Nutzung der bestehenden Senderinfrastruktur – Grundstücke, Masten, Gebäude und Stromversorgung – aus und kommt damit der Frage nach den für T-DAB/DAB+ zu erwartenden Gesamtkosten aus Sicht von Programmanbietern auf Sendernetzbetreiber (betriebswirtschaftliche Perspektive) näher.

Nach Auswertung mehrerer Expertengespräche zur Höhe des zu veranschlagenden, jährlichen Anteils an der bestehenden Infrastruktur und nach Auswertung der eigenen Sendertyp-Kalkulationen, insbesondere Sendertyp 7, können die zusätzlichen Kosten grob mit 50 % an den jährlichen Gesamtkosten je Sendertyp taxiert werden.

Eine Übersicht über dieses Vollkostenszenario 2 ergibt folgende Tabelle:

Sendertyp	Anzahl	Anschaffungskosten einzeln	Betriebskosten einzeln	Gesamtkosten/Jahr einzeln	Anschaffungskosten gesamt	Betriebskosten gesamt	Gesamtkosten/Jahr gesamt
1	24	115.051	7.122	34.844	2.761.220	170.926	836.245
2	29	154.768	15.201	55.302	4.488.258	440.822	1.603.767
3	20	204.184	21.614	75.300	4.083.683	432.281	1.505.995
4	12	106.635	6.545	32.211	1.279.616	78.541	386.531
5	9	140.006	11.515	46.674	1.260.054	103.634	420.062
6	3	197.454	20.013	71.485	592.362	60.039	214.454
7	6	409.268	17.746	75.043	2.455.605	106.475	450.259
Gesamt	103				16.920.798	1.392.717	5.417.313

Tabelle 38: Kosten der T-DAB/DAB+ Sendeanlagen bei Vollkostenbetrachtung (Angaben in EUR)

Die jährlichen T-DAB/DAB+ Gesamtkosten bei Vollkostenbetrachtung inklusive Abschreibungen, kalkulatorischen Zinsen und Betriebskosten betragen somit EUR 5.417.313.

4.4 Gesamtkosten des T-DAB/DAB+ Sendernetzes anhand des fiktiven Funknetzplanes

Die folgende Tabelle stellt nun die Gesamtkosten der ermittelten T-DAB/DAB+ spezifischen Kostenpositionen des fiktiven Sendernetzes dar. Die ermittelten Kosten – Multiplexing, Signalzuführung und Sender – wurden addiert und belaufen sich auf Anschaffungskosten von EUR 18.430.473 sowie jährlichen Gesamtkosten von EUR 6.118.080.

	Anschaffungs- kosten	Betriebs- kosten	jährliche Gesamtkosten
Multiplexing	459.675	297.097	361.451
Signalzuführung	1.050.000	1.848.000	1.995.000
Sender	16.920.798	1.392.717	3.761.629
Gesamtsumme	18.430.473	3.537.814	6.118.080

Tabelle 39: T-DAB/DAB+ spezifische Gesamtkosten des fiktiven Sendernetzes (Angaben in EUR)

Unter Vollkostenbetrachtung wäre für das Gesamtszenario von entsprechenden jährlichen Gesamtkosten in Höhe von EUR 7.773.765 auszugehen.

Nachfolgende Abbildung zeigt die T-DAB/DAB+ spezifischen jährlichen Gesamtkosten (Kostenszenario 1) des Sendernetzes pro Bundesland:



Abbildung 18: Jährliche T-DAB/DAB+ spezifische Gesamtkosten pro Bundesland

Die Werte beinhalten die anteiligen Kosten des Multiplexing, die bundeslandspezifischen Kosten der Signalzuführung sowie die bundesland-spezifischen jährlichen Gesamtkosten der Sender. Die teilweise stark abweichenden Werte erklären sich aus der unterschiedlichen Art und Anzahl der Sender, so wie sie aus der Gesamtübersicht in Kapitel 2.1.4.1 (Sendertabelle) aus der Funknetzplanung hervorgehen. Entsprechend der hohen Anzahl an Sendern fallen die Kosten für die Steiermark am Höchsten aus.

4.5 Gesamtkosten pro Programm und technisch erreichbarem Hörer

Das RTR-GmbH-Szenario geht von einem flächendeckenden Netzausbau mit einer technischen Reichweite von 94,2 % aus (siehe Tabelle 6, Auswertung der Versorgungsberechnungen, Seite 120).

Von den oben ermittelten jährlichen T-DAB/DAB+ spezifischen Gesamtkosten ausgehend, belaufen sich die durchschnittlichen Gesamtkosten pro bundeslandweitem Programm rein rechnerisch auf EUR 56.649. Die durchschnittlichen Gesamtkosten pro national verbreitetem Programm belaufen sich rechnerisch auf EUR 509.840 pro Jahr.

Der technische Versorgungsgrad von 94,2 % entspricht einer Bevölkerungsreichweite von 7.556.849 Einwohnern. Darauf basierend betragen die Kosten pro technisch erreichbarem Nutzer demnach 81 Cent pro Jahr. Wird nun von zwölf Audioprogrammen pro Bundesland ausgegangen, so fallen pro versorgtem Einwohner und Audioprogramm Kosten von jährlich 6,7 Cent an.

Nachfolgende Abbildung zeigt die jährlichen T-DAB/DAB+ spezifischen Gesamtkosten pro Programm und technisch erreichbarem Hörer pro Bundesland:

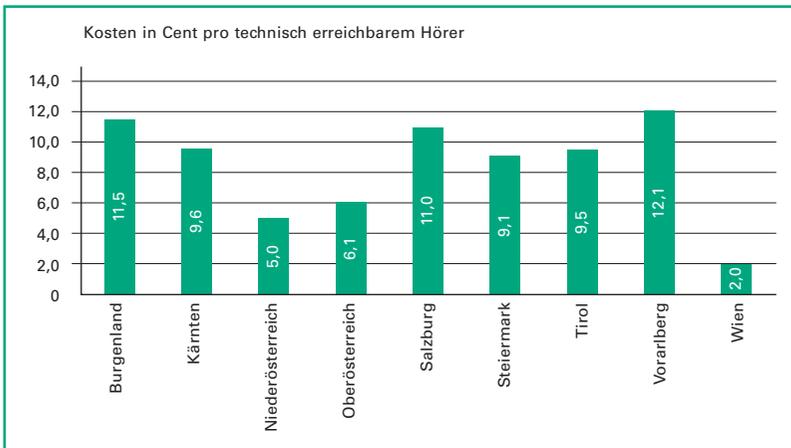


Abbildung 19: Jährliche T-DAB/DAB+ spezifische Kosten pro Programm und technisch erreichbarem Hörer pro Bundesland

Hierzu wurden die bundeslandspezifischen Gesamtkosten durch die Anzahl der Einwohner pro Bundesland sowie durch die Anzahl der Programme (zwölf) dividiert. Die Schwankungen zwischen den Bundesländern erklären sich durch die Topografie und der daraus resultierenden unterschiedlichen Anzahl an Sendern sowie der jeweiligen Einwohnerzahl. Eine hohe Anzahl an Sendern aus topografischen Gründen (wie z.B. in Vorarlberg), verbunden mit einer geringen Einwohnerzahl ergibt entsprechend höhere Kosten. In Wien, wo mit lediglich drei Sendern gerechnet wird und die Bevölkerungsdichte am höchsten ist, sind die Kosten entsprechend niedrig.

Ein Vergleich mit der am 27.09.2007 veröffentlichten LFK-Studie „Kosten von DAB, DAB+ bzw. DMB-Sendernetzen in Baden-Württemberg“ zeigt, dass die diesbezüglichen Schätzungen für Baden-Württemberg nahezu identisch sind. Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass ein Netz, das knapp 93 % der Bevölkerung versorgt, 68 Sender benötigt und jährlich EUR 10,4 Mio. kostet. Weiter heißt es: „Pro versorgtem Einwohner sind das etwa EUR 1,01. Wenn dieses Netz 15 reine Audioprogramme überträgt, so kostet jeder versorgte Einwohner jährlich 6,7 Cent.“ Die LFK-Studie führt zudem aus, dass der versorgte Einwohner bei UKW 14 Cent koste und DAB folglich um den Faktor zwei günstiger sei.¹⁵

Nimmt man die ermittelten Vollkosten als Basis für diese Rechnung, belaufen sich die durchschnittlichen Gesamtkosten pro Programm und Bundesland auf EUR 71.979, pro nationalem Programm auf EUR 647.814. Die Kosten pro technisch erreichbarem Hörer sind in diesem Fall EUR 1,03 bzw. 8,6 Cent bei zwölf Audioprogrammen.

Laut Auskunft der ORS liegen die Kosten in Österreich je Programm bei UKW pro technisch erreichbarem Haushalt zwischen 30 Cent und EUR 1,5. Im Durchschnitt leben 2,4 Einwohner je Haushalt, somit liegen die Kosten pro technisch erreichbarem Hörer zwischen 12,5 Cent und 62,5 Cent.

¹⁵ Vgl. LKT, VPRA und VPRT: Kosten von DAB, DAB+ bzw. DMB-Sendernetzen in Baden-Württemberg, Stuttgart 2007

4.6 Kostentreiber und Einsparpotenziale

Der wesentliche Vorzug der Technologievariante T-DAB/DAB+ ist die im Vergleich zu UKW deutlich höhere Spektrumseffizienz. Pro zu verbreitendem Audiosignal wird weniger Bandbreite der raren Ressource Frequenzspektrum benötigt. Das Packen der zahlreichen kodierten Audiodatenströme in Multiplex-Datenströme bringt jedoch zunächst hohe Kosten für die Signalführung mit sich, da der generierte Transportstrom eine Datenrate von 2 Mbit/s hat.

Die hier getroffenen Annahmen zur Netzgestaltung sehen die Herstellung der neun Ensembles durch regional platzierte Multiplexer vor. Alle auf diese Weise in den Bundesländern generierten Transportströme werden leitungsgebunden einem zentralen Satelliten-Uplink zur Signalführung zu den Sendern zugeführt. Das dafür benötigte Raumsegment auf Satellitensystemen stellt den wesentlichen Kostenfaktor und damit gleichzeitig den wirksamsten Kostenhebel dar.

Wird die Netzstruktur beispielsweise derart umgestellt, dass die national zu verbreitenden Programmangebote lediglich in einem einzigen Multiplex per Satellit zugeführt werden, reduzieren sich die Kosten deutlich. In diesem Falle würde der Downlink regional an den Standorten der Multiplexer in den Bundesländern erfolgen, die regionalen Programme inseriert und der zu verbreitende Transportstrom anschließend auf verschiedenen terrestrischen Wegen den Sendern zugeführt. Alternativ können die regionalen Ensembles den Sendern ebenfalls per Satellit zugeführt werden, allerdings von dezentralen Uplinks. Eine weitere, vom für T-DAB/DAB+ verfügbaren Spektrum abhängige Alternative wäre, zwei separate Ensembles für die nationalen und regionalen Angebote zu gestalten. Der nationale Transportstrom würde den Sendern wiederum per Satellit zugeführt werden, die regionalen Transportströme auf anderen Wegen. Im Gegensatz zur Signalführung per Satellit müssen die Versorgungsmöglichkeiten von Standorten auf alternativen Wegen, jedoch für jeden konkreten Standort einzeln geprüft und gegebenenfalls eingerichtet werden.

Auch die Preisentwicklung für digitale Sendetechnik eröffnet in Zukunft signifikante Einsparpotenziale. Die seit Beginn der Einführung digitaler Rundfunkdienste in verschiedenen Märkten teils erheblich sinkenden Preise für Bauelemente und zunehmende Stückzahlen schlagen sich vor-

teilhaft auf die Investitionen der Sendernetzbetreiber nieder. Miniaturisierung und verbesserte Energiebilanz der Geräte bergen weitere Vorteile hinsichtlich der zu erwartenden Kosten des Betriebes und der Unterbringung der Investitionsgüter. Mit wachsender Verfügbarkeit von Datenverbindungen verringern sich auch die Aufwendungen für die Signalzuführung und das Monitoring der Netzkomponenten. All diese kostensenkenden Faktoren sollten sich mittelfristig weiter positiv auf die Gestaltung der Preise für den Sendernetzbetrieb niederschlagen, wobei auch steigende Kosten für Grundstücksrente oder Energieversorgung zu berücksichtigen bleiben.

Der im Sinne der Verbraucher wahrscheinliche parallele Betrieb von analogen und digitalen Sendernetzen birgt für die Akteure dieses Marktes sowohl Vor- als auch Nachteile: Programmanbieter werden sich mit zusätzlichen Kosten für die Programmverbreitung konfrontiert sehen, Netzbetreiber mit zusätzlichen Kosten aber auch Erlöschancen.

5. Kosten des HD Radio™-Sendernetzes am Beispiel der Antenne Salzburg

Die Kosten des HD Radio™-Sendernetzes werden im Folgenden am konkreten Beispiel der Antenne Salzburg bestimmt. Dazu wird zunächst die Ausgangssituation beschrieben. Darauf aufbauend werden zunächst die jährlichen Kosten der Signalzuführung und dann die Anschaffungs-, Betriebs- und Gesamtkosten der HD Radio™-Sender kalkuliert.

5.1 Ausgangssituation

Folgende Tabelle zeigt die 16 verwendeten Senderstandorte der Antenne Salzburg:

Internat. Name	Standort Name	Frequenz (MHz)	ERP (dBW)	Pol.	Longit.	Latit.	Seehöhe (m)	Antennenhöhe (m)
ABTENAU 2	Gschwandtlahn	103,1	22	V	013E25 03	47N33 45	920	10
BADGASTEIN 3	Graukogel	102,7	20	H	013E09 08	47N06 43	1.495	8
BRAMBERG WILDKOGEL	Wildkogel	90,2	20	H	012E17 18	47N16 55	2.130	15
DORFGASTEIN	Rodelberg	88,7	15	V	013E06 31	47N15 10	1.025	8
GOLLING	Haarberg	102,8	23	H	013E11 23	47N35 45	688	22
LOFER 2	Loferer Alm Bergstation	100,8	17	V	012E41 03	47N36 16	999	10
OBERTAUERN 2	Grünwaldkopf Bergstation	88,9	15	V	013E32 41	47N15 37	1.974	10
RADSTADT	Jakobsberg	102,5	23	H	013E27 27	47N23 48	1.165	15
S GILGEN	Zwölferhorn	106,7	17	V	013E21 14	47N44 38	1.470	5
S MICHAEL LUNG 2	Aineck	102,5	27	H	013E38 42	47N04 09	1.920	13
SAALBACH 2	Wildenkarkogel	92,9	15	V	012E41 12	47N24 05	1.910	9
SCHWARZACH PG	Gern	105,3	25	H	013E14 22	47N18 29	1.787	15
WOERTH	Schütterbauer	102,6	15	V	012E57 59	47N11 53	1.050	7
ZELL AM SEE 3	Lechnereck	105,9	29	V	012E50 16	47N18 10	1.498	14
SAALFELDEN 2	Huggenberg PTA	87,6	20	H	012E48 16	47N25 44	1.116	9
SALZBURG	Gaisberg	101,8	40	H	013E06 44	47N48 19	1.283	46

Tabelle 40: UKW-Sendernetz von Antenne Salzburg

Die Signalzuführung aus dem Studio von Antenne Salzburg erfolgt einerseits über Leitung zum Satelliten-Uplink (zusätzliches Back-up über ISDN) und zum Sender SALZBURG Gaisberg (zusätzliches Back-up über Richtfunk) andererseits. Wie aus der unten stehenden Abbildung ersichtlich, wird der Großteil der Sender über Satellit angespeist, die restlichen davon mit Ballempfang.

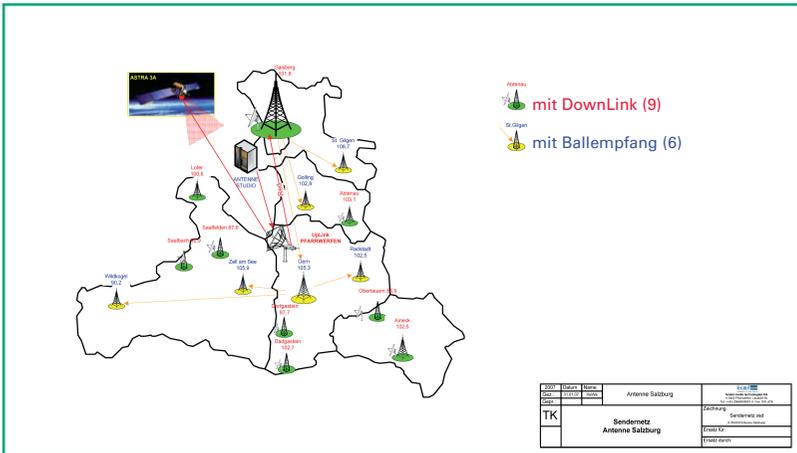


Abbildung 20: Sendernetz und Signalzuführung von Antenne Salzburg
 Quelle: Feratel Media Technologies AG, Antenne Österreich Betriebs GmbH, Niederlassung Salzburg, 2007

Der Sender WÖRTH (Schütterbauer) – Sendegebiet Rauristal – ist in dieser Abbildung nicht eingezeichnet, da er derzeit nicht in Betrieb ist. Das Gebiet wird über Kabel mit dem Programm der Antenne Salzburg versorgt. Dennoch bleibt er in der Kalkulation erhalten, da er jederzeit in Betrieb gehen könnte und für eine terrestrische Versorgung sowohl von UKW als auch von HD Radio™ benötigt werden würde.

5.2 Kosten der HD Radio™-Signalzuführung von Antenne Salzburg

Die im Folgenden betrachteten Kosten der HD Radio™-Signalzuführung sind für die Betrachtung der reinen Umrüstkosten von HD Radio™ im Simulcast-Betrieb nicht relevant, da im Gegensatz zu T-DAB/DAB+ die existierende Signalzuführung mitgenutzt werden kann. Die Kosten werden hier erhoben, um analog zu T-DAB/DAB+ eine Vollkostenbetrachtung bzw. einen HD Radio™-Monocast-Betrieb kalkulieren zu können.

5.2.1 Signalzuführung via Satellit

Die nachfolgende Tabelle listet die Kosten der Signalzuführung der Antenne Salzburg über Satellit auf. Es werden neun Sendestandorte über Satellit angespeist. Neben den reinen Satellitenzuführungskosten sind auch die Anschaffungskosten für die Empfänger und die Leitung zum Uplink-Betreiber aufgelistet. Die Kostenangaben verstehen sich als Schätzung.

Signalzuführung Satellit	Kosten in EUR
Anschaffungskosten	
Satellitenempfänger pro Sender (gesamt 9)	90.000 10.000
Summe	90.000
Betriebskosten	
Uplink und Raumsegment Leitung zum Sat-Betreiber	35.000 12.000
Summe	47.000

Tabelle 41: Kosten der Signalzuführung über Satellit für Antenne Salzburg

Die jährlichen Gesamtkosten für die Satellitenzuführung belaufen sich gemäß Methodik der Kosten-Vergleichsrechnung inkl. Abschreibungen, kalkulatorischen Zinsen und Betriebskosten auf EUR 59.600.

Jährliche Gesamtkosten Satellitenübertragung	Kosten in EUR
Betriebskosten	47.000
Kalkulatorische Abschreibungen	9.000
Kalkulatorische Zinsen	3.600
Jährliche Gesamtkosten	59.600

Tabelle 42: Jährliche Gesamtkosten der Signalzuführung über Satellit für Antenne Salzburg

5.2.2 Leitungsgebundene Signalzuführung

Eine Leitungszuführung besteht zwischen dem Studio und dem Uplink-Provider und dem Sender Gaisberg. Für Redundanzzwecke besteht weiters eine Richtfunkstrecke zum Sender Gaisberg. Nachfolgende Tabelle listet die wesentlichen Kosten der leitungsgebundenen Signalzuführung auf:

Signalzuführung Leitung	Kosten in EUR
Anschaffungskosten	
Herstellung eines Übertragungsweges (gesamt 3)	4.500
Summe	4.500
Betriebskosten	
Leitungsgebühr	36.000
Summe	36.000

Tabelle 43: Kosten der Signalzuführung über Leitung für Antenne Salzburg

Die jährlichen Gesamtkosten für die Leitungszuführung belaufen sich gemäß Methodik der Kosten-Vergleichsrechnung inkl. Abschreibungen, kalkulatorischen Zinsen und Betriebskosten auf EUR 36.630.

Jährliche Gesamtkosten Leitungsübertragung	Kosten in EUR
Betriebskosten	36.000
Kalkulatorische Abschreibungen	450
Kalkulatorische Zinsen	180
Jährliche Gesamtkosten	36.630

Tabelle 44: Jährliche Gesamtkosten der Signalzuführung über Leitung für Antenne Salzburg

5.2.3 Ballempfang

Nachfolgende Tabelle listet die Kosten für den Ballempfang auf. Wie aus Abbildung 19 ersichtlich, werden insgesamt sechs Sender mittels Ballempfang betrieben¹⁶. Neben den Investitionskosten entstehen lediglich geringe Kosten für eine Wartung bzw. für etwaige Reparaturen.

Signalzuführung Ballempfang	Kosten in EUR	
Anschaffungskosten	Ballempfänger	13.800
	pro Empfänger (gesamt 6)	2.300
	Empfangsantenne	6.600
	pro Antenne (gesamt 6)	1.100
	Summe	20.400
Betriebskosten	Wartung	6.000
	Reparaturpool	6.000
	Summe	12.000

Tabelle 45: Kosten der Signalzuführung über Ballempfang für Antenne Salzburg

¹⁶ Aus Gründen der Qualität sollte die Signalzuführung für HD Radio™ laut Ruoss AG zum Sender Gern überdacht werden. Da dieser Sender selbst Quelle von weiteren Ballempfängern ist, wäre hier eine Richtfunkübertragung anzustreben, wodurch sich die Kosten erhöhen. Das beschriebene Szenario geht allerdings von einer bestehenden Signalzuführung aus.

Die jährlichen Gesamtkosten für den Ballempfang belaufen sich gemäß Methodik der Kosten-Vergleichsrechnung inkl. Abschreibungen, kalkulatorischen Zinsen und Betriebskosten auf EUR 14.856.

Jährliche Gesamtkosten Ballempfang	Kosten in EUR
Betriebskosten	12.000
Kalkulatorische Abschreibungen	2.040
Kalkulatorische Zinsen	816
Jährliche Gesamtkosten	14.856

Tabelle 46: Jährliche Gesamtkosten der Signalführung über Ballempfang für Antenne Salzburg

5.2.4 Gesamtkosten der HD Radio™-Signalführung

Insgesamt belaufen sich die jährlichen Kosten der Signalführung am Beispiel der Antenne Salzburg somit auf jährlich rund EUR 111.086.

Signal-zuführung	Anzahl	Anschaffungs-kosten gesamt	Betriebskosten gesamt	Gesamt-kosten/Jahr gesamt
Satellit	9	90.000	47.000	59.600
Leitung	3	4.500	36.000	36.630
Ballempfang	6	20.400	12.000	14.856
Gesamt		114.900	95.000	111.086

Tabelle 47: Gesamtkosten der Signalführung für Antenne Salzburg (Angaben in EUR)

5.3 Kosten des HD Radio™-Senderbetriebs von Antenne Salzburg

Aufbauend auf dem Sendernetz der Antenne Salzburg wurde eine Kostenschätzung zur Umrüstung auf HD Radio™ mit der Ruoss AG, Schweiz erarbeitet. Als Zusatzdienst wurde seitens der Ruoss AG lediglich die dynamische Textanzeige (Songtitel, Interpret) für den Sender SALZBURG Gaisberg und die davon direkt oder indirekt, durch Richtfunk oder Ballempfang versorgten Sender: GOLLING Haarberg, S GILGEN Zwölferhorn, SCHWARZACH PG Gern, RADSTADT Jakobsberg, ZELL AM SEE 3 Lechnereck und BRAMBERG WILDKOGEL miteingerechnet, da die dynamischen Dienste auch per Ballempfang übertragen werden¹⁷.

Die Betriebskosten der jeweiligen Sender sind eine grobe Schätzung und gleichmäßig auf die 16 Sender aufgeteilt, weshalb pro Sendertyp jeweils die gleichen Kosten aufgelistet werden.

5.3.1 Sendertyp 1

Sendertyp 1 entspricht einem Grundnetzsender, im vorliegenden Beispiel etwa dem Sender SALZBURG Gaisberg.

¹⁷ Für umfangreichere Zusatzdienste (z.B. PAD) ist mit zusätzlichem Kostenaufwand zu rechnen.

Sendertyp 1	Kosten in EUR
Anschaftungskosten	
aktive Komponenten	47.000
Importer	5.000
Exporter	10.000
Exciter	20.000
Linear-PA	12.000
passive Komponenten	16.600
Combiner 1/10	10.000
Entkoppelung Linear-PA	4.000
Dummy - Load	2.600
Installationsmaterial	2.400
Installationsaufwand	18.000
Summe	84.000
Betriebskosten	
Strom	900
Jahresmessung und Kontrolle	1.500
Bereitschaftsdienst	1.000
Miete	2.000
Versicherung	300
Summe	5.700

Tabelle 48: Kostenschätzung Sendertyp 1 für HD Radio™

Wie aus folgender Kalkulation hervorgeht, belaufen sich die jährlichen Gesamtkosten dieses Sendertyps gemäß Methodik der Kosten-Vergleichsrechnung inkl. Abschreibungen, kalkulatorischen Zinsen und Betriebskosten auf EUR 17.460.

Jährliche Gesamtkosten Sendertyp 1	Kosten in EUR
Betriebskosten	5.700
Kalkulatorische Abschreibungen	8.400
Kalkulatorische Zinsen	3.360
Jährliche Gesamtkosten	17.460

Tabelle 49: Jährliche Gesamtkosten Sendertyp 1 für HD Radio™

5.3.2 Sendertyp 2

Sendertyp 2 beschreibt in diesem Szenario die Sender SCHWARZACH PG Gern, RADSTADT Jakobsberg, ZELL AM SEE 3 Lechnereck, BRAMBERG WILDKOGEL, GOLLING Haarberg und S GILGEN Zwölferhorn – also jene, die per Ballempfang versorgt werden.

Sendertyp 2	Kosten in EUR	
Anschaffungskosten	aktive Komponenten	20.000
	Exciter	
	Installationsmaterial	700
	Installationsaufwand	18.000
	Summe	38.700
Betriebskosten	Strom	900
	Jahresmessung und Kontrolle	1.500
	Bereitschaftsdienst	1.000
	Miete	2.000
	Versicherung	300
	Summe	5.700

Tabelle 50: Kostenschätzung Sendertyp 2 für HD Radio™

Wie aus folgender Kalkulation hervorgeht, belaufen sich die jährlichen Gesamtkosten dieses Sendertyps gemäß Methodik der Kosten-Vergleichsrechnung inkl. Abschreibungen, kalkulatorischen Zinsen und Betriebskosten auf EUR 11.118.

Jährliche Gesamtkosten Sendertyp 2	Kosten in EUR
Betriebskosten	5.700
Kalkulatorische Abschreibungen	3.870
Kalkulatorische Zinsen	1.548
Jährliche Gesamtkosten	11.118

Tabelle 51: Jährliche Gesamtkosten Sendertyp 2 für HD Radio™

5.3.3 Sendertyp 3

Sendertyp 3 beschreibt in diesem Szenario jene Sender, die per Satellit gespeist werden – also S MICHAEL LUNG 2 Aineck, ABTENAU 2 Gschwandtlahn, SAALFELDEN 2 Huggenberg, BADGASTEIN 3 Graukogel, LOFER 2 Loferer Alm, WÖRTH Schütterbauer, SAALBACH 2 Wildenkarkogel, DORFGASTEIN Rodelberg und OBERTAUERN 2 Grünwaldkopf.

Sendertyp 3	Kosten in EUR
Anschaffungskosten	
aktive Komponenten	32.000
Exporter	10.000
Exciter	22.000
Installationsmaterial	450
Installationsaufwand	7.700
Summe	40.150
Betriebskosten	
Strom	900
Jahresmessung und Kontrolle	1.500
Bereitschaftsdienst	1.000
Miete	2.000
Versicherung	300
Summe	5.700

Tabelle 52: Kostenschätzung Sendertyp 3 für HD Radio™

Wie aus folgender Kalkulation hervorgeht, belaufen sich die jährlichen Gesamtkosten dieses Sendertyps gemäß Methodik der Kosten-Vergleichsrechnung inkl. Abschreibungen, kalkulatorischen Zinsen und Betriebskosten auf EUR 11.321.

Jährliche Gesamtkosten Sendertyp 3	Kosten in EUR
Betriebskosten	5.700
Kalkulatorische Abschreibungen	4.015
Kalkulatorische Zinsen	1.606
Jährliche Gesamtkosten	11.321

Tabelle 53: Jährliche Gesamtkosten Sendertyp 3 für HD Radio™

5.3.4 HD Radio™-Senderumrüstkosten von Antenne Salzburg

Die gesamten Anschaffungskosten für die Umrüstung der Antenne Salzburg-Sender belaufen sich auf EUR 677.550, die jährlichen Gesamtkosten inklusive des HD Radio™-spezifischen Betriebs auf EUR 186.057.

Sender- typ	An- zahl	Anschaffungs- kosten einzeln	Betriebs- kosten einzeln	Gesamt- kosten/Jahr einzeln	Anschaffungs- kosten gesamt	Betriebs- kosten gesamt	Gesamt- kosten/Jahr gesamt
1	1	84.000	5.700	17.460	84.000	5.700	17.460
2	6	38.700	5.700	11.118	232.200	34.200	66.708
3	9	40.150	5.700	11.321	361.350	51.300	101.889
Gesamt	16				677.550	91.200	186.057

Tabelle 54: HD Radio™-spezifische Kosten der Umrüstung und des Betriebs für Antenne Salzburg (Angaben in EUR)

5.3.5 HD Radio™-Vollkostenbetrachtung von Antenne Salzburg

Eine Vollkostenbetrachtung für den HD Radio™-Senderbetrieb im Simulcast-Betrieb muss Anteile an der bestehenden UKW-Senderinfrastruktur sowie Anteile an den Signalzuführungskosten berücksichtigen.

Nach Auswertung mehrerer Expertengespräche zur Höhe des zu veranschlagenden, jährlichen Anteils an der bestehenden Infrastruktur wird hierfür – grob vereinfachend – mit folgenden Werten gerechnet:

- Sendertyp 1: EUR 80.000
- Sendertyp 2: EUR 40.000
- Sendertyp 3: EUR 20.000

Im Falle des Simulcast-Betriebs werden die Kosten der Signalzuführung mit 50 % an den jährlichen Gesamtkosten angesetzt. Die nachfolgende Tabelle stellt nun die Gesamtkosten des HD Radio™-Senderbetriebes inklusive Anteilen an den bestehenden Infrastrukturen dar. Die ermittelten Kosten belaufen sich auf Anschaffungskosten von EUR 735.000 sowie jährlichen Gesamtkosten von EUR 741.600.

	Anschaffungs- kosten	Betriebs- kosten	jährliche Gesamtkosten
Signalzuführung	57.450	47.500	55.543
Sender	677.550	91.200	686.057
Gesamtsumme	735.000	138.700	741.600

Tabelle 55: Gesamtkosten des HD Radio™-Senderbetriebs bei Vollkostenbetrachtung für Antenne Salzburg (Angaben in EUR)

5.4 Gesamtkosten pro Programm und technisch erreichbarem Hörer

Im Simulcast-Betrieb sind theoretisch alle UKW-Hörer nach wie vor per FM und zusätzlich gleichen Umfangs mit HD erreichbar. Das beschriebene Szenario geht von einem Versorgungsgrad von etwa 470.000 Einwohnern aus, dies entspricht einer technischen Reichweite von 91,2 % aus (siehe Kapitel 2.2.3.2 Ergebnis Versorgungsberechnung).

Ausgehend von den oben ermittelten rein HD Radio™-spezifischen jährlichen Gesamtkosten von EUR 186.057 betragen die Kosten im HD Radio™-Hybrid Mode pro technisch erreichbarem Hörer demnach 40 Cent pro Jahr, was im Vergleich zur T-DAB/DAB+ Umstellung etwa das Sechsfache bedeutet.¹⁸ Dies liegt einerseits in der weniger effizienten Frequenznutzung und andererseits in der regionalen Topografie in Verbindung mit der geringen Einwohnerzahl begründet. Somit sind diese Zahlen nur bedingt aussagekräftig. Vergleicht man das Szenario beispielsweise mit Wien, wo mit weniger Sendern eine höhere Zahl an Hörern erreicht wird, würde sich dieser Betrag signifikant verringern¹⁹. Im HD Radio™-Full Digital Mode, wo zusätzliche Programme mit übertragen werden können, verringern sich entsprechend auch die Kosten pro Hörer.

¹⁸ Ausgehend von der Vollkostenbetrachtung erhöht sich dieser Betrag pro technisch erreichbarem Hörer sogar auf EUR 1,58.

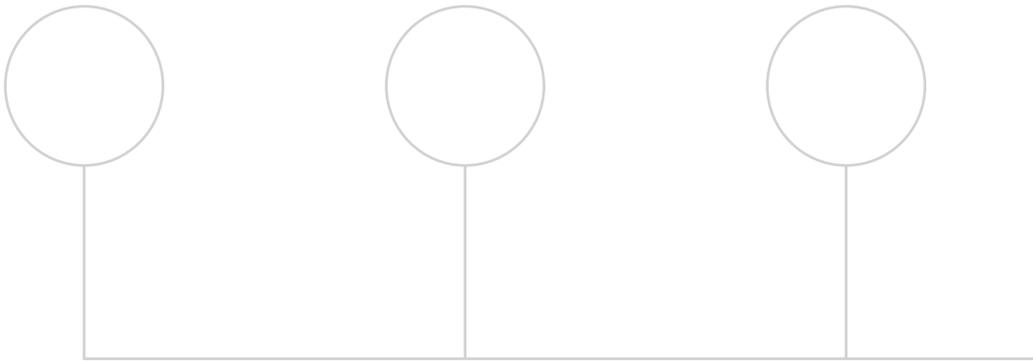
¹⁹ Laut Aussage der ORS liegen die Kosten in Österreich je Programm für UKW zwischen 12,5 Cent und 62,5 Cent.

5.5 Kostentreiber und Einsparpotenziale

Ein Vorteil für HD Radio™ liegt in der Nutzung und der Kompatibilität des UKW-Frequenzspektrums und der Möglichkeit eines relativ einfachen Parallelbetriebes von analog und digital. Herkömmliche Empfangsgeräte müssen somit nicht gleich ausgetauscht werden und der Übergang auf eine rein digitale Ausstrahlung erfolgt fließend.

Aus wirtschaftlicher Sicht wäre es möglicherweise sinnvoll, die Sender schrittweise in Abhängigkeit von der Bevölkerungsdichte bzw. der lokalen Struktur umzurüsten. Durch die Skalierbarkeit, d.h. die relativ einfache Möglichkeit der Erweiterung eines HD Radio™-Netzes können so die Erstinvestitionskosten im überschaubaren Rahmen gehalten werden.

Wie bereits für T-DAB/DAB+ erwähnt, kann auch für HD Radio™ eine kontinuierliche Reduzierung der Komponenten-Preise festgestellt werden. So ist HD Radio™-spezifisches Equipment heute bereits deutlich günstiger zu erwerben als noch im Herbst 2007, die Kosten der Direkt-Umsetzer zum Ballempfang-Ersatz haben sich beispielsweise seit der konkreten Idee im Jahr 2006 bis zur Ankündigung mehrerer Hersteller im Jahr 2008 mehr als halbiert.



6. Zusammenfassende Bewertung der Kostenanalyse

6.1 Kosten der Einführung und des Betriebs von digitalen terrestrischen Hörfunksystemen

Im Rahmen der Kostenanalyse konnte aufgezeigt werden, dass sich die T-DAB/DAB+ spezifischen jährlichen Gesamtkosten eines Sendernetzbetriebs gemäß fiktiver Funknetzplanung auf EUR 6.118.080 belaufen. Darin enthalten sind neben den reinen Betriebskosten jährliche Abschreibungen und kalkulatorische Zinsen auf eine Gesamtinvestitionssumme von EUR 18.430.473. Werden die jährlichen anteiligen Kosten an der Nutzung der bestehenden Senderinfrastruktur mit einbezogen, erhöhen sich die jährlichen Gesamtkosten für das Gesamtszenario inkl. Multiplexing, Signalzuführung und Sendern um ca. 27 % auf EUR 7.773.765.

Rein rechnerisch belaufen sich die T-DAB/DAB+ spezifischen jährlichen Gesamtkosten pro bundeslandweitem Programm demnach auf EUR 56.649, je national verbreitetem Programm auf EUR 509.840. Die Kosten pro technisch erreichbarem Hörer für das Gesamtszenario betragen 81 Cent pro Jahr, je Audioprogramm pro Bundesland fallen je Einwohner jährlich 6,7 Cent an. Diese Ergebnisse sind nahezu identisch mit der im Herbst 2007 veröffentlichten LFK-Studie „Kosten von DAB, DAB+ bzw. DMB-Sendernetzen in Baden-Württemberg“.

Auf Bundeslandebene ergibt sich in Abhängigkeit von der regionalen Topografie und der damit in Zusammenhang stehenden Anzahl benötigter Sender sowie der versorgten Einwohnerzahl ein differenzierteres Bild. Die rein rechnerischen T-DAB/DAB+ Gesamtkosten pro Bundesland variieren zwischen EUR 349.005 und EUR 1.217.571, die Kosten je technisch erreichbarem Hörer von 2 Cent bis 12,1 Cent.

Für den HD Radio™ spezifischen Betrieb der Antenne Salzburg-Sender fallen jährliche Gesamtkosten von EUR 186.057 an, darin enthalten Betriebskosten, kalkulatorische Abschreibungen und kalkulatorische Zinsen auf Anschaffungskosten in Höhe von EUR 677.550. Im Rahmen einer Vollkostenbetrachtung mit Anteilen an der bestehenden UKW-

Senderinfrastruktur sowie den Kosten der Signalzuführung erhöhen sich die jährlichen Gesamtkosten um ein Vielfaches auf EUR 741.600.

Ausgehend von den rein HD Radio™-spezifischen jährlichen Gesamtkosten von EUR 186.057 betragen die Kosten pro technisch erreichbarem Hörer demnach 40 Cent pro Jahr, was im Vergleich zur T-DAB/DAB+ Umstellung etwa das Sechsfache bedeutet. Dieser Vergleich ist jedoch wenig aussagekräftig, da die Kosten pro technisch erreichbarem Hörer auch hier stark von der regionalen Topografie und der damit in Zusammenhang stehenden Anzahl benötigter Sender sowie der versorgten Einwohnerzahl abhängig ist. Wird das Antenne Salzburg-Szenario beispielsweise mit der Situation in Wien verglichen, wo mit weniger Sendern eine deutlich höhere Zahl an Hörern erreicht wird, würden sich die Kosten je versorgtem Einwohner signifikant verringern.

Interessant ist an dieser Stelle ein Vergleich der jährlichen Gesamtkosten eines über T-DAB/DAB+ im Bundesland Salzburg verbreiteten Programms (z.B. Antenne Salzburg) mit den HD Radio™-spezifischen jährlichen Gesamtkosten von Antenne Salzburg. Hier zeigt sich, dass das über T-DAB/DAB+ verbreitete Programm rein rechnerisch EUR 51.243 gegenüber EUR 186.057 bei HD Radio™ kostet. Diese tendenziell niedrigeren jährlichen Gesamtkosten pro bundeslandweitem Programm bei T-DAB/DAB+ im Vergleich zu HD Radio™ erklären sich vor allem durch die höhere Transporteffizienz der T-DAB/DAB+ Technologie. So werden bei HD Radio™ die spezifischen Investitions- und Betriebskosten von einem Programm getragen, bei T-DAB/DAB+ teilen sich in vorliegendem Szenario zwölf Programme die entsprechenden Kosten.

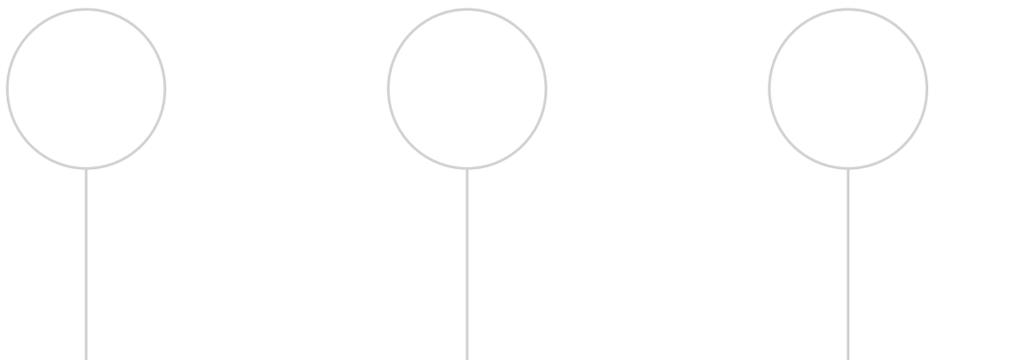
6.2 Kostentreiber und Einsparpotenziale

Die Analyse der T-DAB/DAB+ spezifischen Kosten hat gezeigt, dass die Kosten der Signalzuführung, hier insbesondere das benötigte Raumsegment auf Satellitensystemen, einen wesentlichen Kostenfaktor und gleichzeitig den wirksamsten Kostenhebel darstellt. Kostensparend könnte die Netzstruktur beispielsweise derart umgestellt werden, dass die national zu verbreitenden Programmangebote in einem einzigen Multiplex per Satellit zugeführt werden, der Downlink regional am Standort der Multiplexer in den Bundesländern erfolgt, die regionalen Programme inseriert und der zu verbreitende Transportstrom anschließend auf verschiedenen terrestrischen Wegen den Sendern

zugeführt wird. Alternativ können die regionalen Ensembles den Sendern ebenfalls per Satellit zugeführt werden, allerdings von dezentralen Uplinks. Eine weitere, vom für T-DAB/DAB+ verfügbaren Spektrum abhängige Alternative wäre, zwei separate Ensembles für die nationalen und regionalen Angebote zu gestalten. Der nationale Transportstrom würde den Sendern wiederum per Satellit zugeführt werden, die regionalen auf anderen Wegen.

Beim HD Radio™-Szenario ergeben sich außer dem möglichen, schrittweisen Ausbau in Abhängigkeit der Bevölkerungsdichte keine nennenswerten Einsparungspotenziale.

Sowohl für T-DAB/DAB+ als auch HD Radio™ gilt, dass die aktuelle Preisentwicklung für digitale Sendetechnik für die Zukunft weiter sinkende Investitionskosten erwarten lässt. Die Miniaturisierung und verbesserte Energiebilanz der Geräte bergen zudem weitere Vorteile hinsichtlich der zu erwartenden Kosten des Betriebes und der Unterbringung. Mit wachsender Verfügbarkeit von Datenverbindungen werden sich auch die Kosten für Signalzuführungen und für das Monitoring der Netzkomponenten weiter verringern. Insgesamt sollten sich diese kostensenkenden Faktoren kurz- und mittelfristig weiter positiv auf die Gestaltung der Preise für den Sendernetzbetrieb niederschlagen und die voraussichtlich weiter steigenden Kosten für Grundstücksmieten und Energieversorgung mindestens kompensieren.



7. Anhang

7.1 Literaturverzeichnis

Dillerup R. / Albrecht T.: Kosten-Vergleichsrechnung, erschienen in: Haufe Rechnungswesen Office, Version 3.2 unter Haufeindex: 1288478, Rudolf Haufe Verlag GmbH & Co. KG, Freiburg, 2005

LKT, VPRA und VPRT: Kosten von DAB, DAB+ bzw. DMB-Sendernetzen in Baden-Württemberg, Stuttgart, 2007

7.2 Abkürzungsverzeichnis

AAC	Advanced Audio Coding
COFDM	Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex
D	Directional (gerichtetes Antennendiagramm)
dB	Dezibel
dBW	Leistungspegel mit der Bezugsgröße 1 Watt
DAB	Digital Audio Broadcasting
DAB+	Digital Audio Broadcasting plus (Erweiterung des DAB-Standards)
DLS	Dynamic Label Service
DMB	Digital Multimedia Broadcasting
DRM	Digital Radio Mondiale
DVB-H	Digital Video Broadcasting-Handhelds
EPG	Electronic Program Guide
ERP	Effective Radiated Power
ETI	Ensemble Transport Interface
FCC	Federal Communications Commission
FM	Frequenz-Modulation (engl. Bezeichnung für das UKW-Band)
GE06	bezeichnet das Abkommen Genf 2006

GPS	Global Positioning System
HD Radio™	Schutzmarke der iBiquity Digital Cooperation (HD steht weder für „High Definition“ noch für „Hybrid Digital“)
HE-AAC v2	High Efficiency Advanced Audio Coding Version 2
IBOC	In-Band On-Channel
IP	Internet Protocol
ISDN	Integrated Services Digital Network
IRT	Institut für Rundfunktechnik (GmbH)
ITU	International Telecommunication Union
KommAustria	Kommunikationsbehörde Austria
LFK	Landesanstalt für Kommunikation Baden-Württemberg
MOT	Multimedia Object Transfer Protocol
MPEG	Moving Picture Experts Group
MUSICAM	Masking pattern adapted Universal Subband Integrated Coding And Multiplexing
ND	Non Directional (nicht gerichtetes Antennendiagramm)
NPAD	Non Program Associated Data
ORF	Österreichische Rundfunk
ORS	Österreichische Rundfunksender GmbH & Co KG
PAD	Program Associated Data
RFFM	Rundfunkfrequenzmanagement
RTR-GmbH	Rundfunk und Telekom Regulierungs-GmbH
SFN	Single Frequency Network
T-DAB	Terrestrial Digital Audio Broadcasting
TMC	Traffic Message Channel
TPEG	Transport Protocol Experts Group
TX	Transmitter
UKW	Ultrakurzwelle
WLAN	Wireless Local Area Network

7.3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Spektrum eines DAB-Signals	99
Abbildung 2: Spektrum eines UKW-Signals mit HD-Seitenbänder	101
Abbildung 3: T-DAB/DAB+ Versorgung Österreich (103 Sender)	115
Abbildung 4: T-DAB/DAB+ Versorgung Burgenland (zwei Sender)	115
Abbildung 5: T-DAB/DAB+ Versorgung Niederösterreich (14 Sender)	116
Abbildung 6: T-DAB/DAB+ Versorgung Wien (drei Sender)	116
Abbildung 7: T-DAB/DAB+ Versorgung Steiermark (24 Sender)	117
Abbildung 8: T-DAB/DAB+ Versorgung Oberösterreich (17 Sender)	117
Abbildung 9: T-DAB/DAB+ Versorgung Tirol (16 Sender)	118
Abbildung 10: T-DAB/DAB+ Versorgung Salzburg (zehn Sender)	118
Abbildung 11: T-DAB/DAB+ Versorgung Kärnten (elf Sender)	119
Abbildung 12: T-DAB/DAB+ Versorgung Vorarlberg (sechs Sender)	119
Abbildung 13: T-DAB/DAB+ Versorgung Österreich (76 Sender)	123
Abbildung 14: T-DAB/DAB+ Versorgung Österreich (51 Sender)	125
Abbildung 15: Möglichkeiten der Zusammenführung von analogem und HD-Signal	127
Abbildung 16: HD Radio™-Versorgung am Beispiel der Senderkette Antenne Salzburg	129
Abbildung 17: Abgrenzung der Betrachtung in der Sendernetz- struktur	133
Abbildung 18: Jährliche T-DAB/DAB+ spezifische Gesamtkosten pro Bundesland	166
Abbildung 19: Jährliche T-DAB/DAB+ spezifische Kosten pro Programm und technisch erreichbarem Hörer pro Bundesland	167
Abbildung 20: Sendernetz und Signalzuführung von Antenne Salzburg	172

7.4 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Zusammenfassung T-DAB/DAB+ spezifischer Kosten	97
Tabelle 2:	Zusammenfassung HD Radio™-spezifischer Kosten	98
Tabelle 3:	Link Budget „portable indoor“	109
Tabelle 4:	Übersicht über 103 Sender für die Basisversorgung	111
Tabelle 5:	Senderausgangsleistungen; Statistik für 103 Sender	114
Tabelle 6:	Auswertung der Versorgung mit 103 Sendern	120
Tabelle 7:	Übersicht über 75 % der Sender	121
Tabelle 8:	Übersicht über 50 % der Sender	123
Tabelle 9:	Übersicht über 16 Sender der Antenne Salzburg	128
Tabelle 10:	Analysierte Sendertypen	136
Tabelle 11:	Informationsquellen	141
Tabelle 12:	Preise für Audio-Encoder	145
Tabelle 13:	Kosten für T-DAB/DAB+ Multiplexing	146
Tabelle 14:	Jährliche Gesamtkosten des T-DAB/DAB+ Multiplexing	147
Tabelle 15:	Jährliche Gesamtkosten des Multiplexing im fiktiven T-DAB/DAB+ Sendernetz	147
Tabelle 16:	Kosten der Signalzuführung über Satellit	148
Tabelle 17:	Jährliche Gesamtkosten der Signalzuführung über Satellit	149
Tabelle 18:	Kosten der Signalzuführung über Leitung	150
Tabelle 19:	Jährliche Gesamtkosten der Signalzuführung über Leitung	150
Tabelle 20:	Gesamtkosten der Signalzuführung gemäß fiktiver T-DAB/DAB+ Sendernetzplanung	151
Tabelle 21:	Preise für Sender nach Leistungsklasse und Anbieter	152
Tabelle 22:	Preise für T-DAB/DAB+ Antennen nach Diagramm und Anbieter	153
Tabelle 23:	Mittlere Kosten des Sendertyps 1	156
Tabelle 24:	Jährliche Gesamtkosten des Sendertyps 1	156
Tabelle 25:	Mittlere Kosten des Sendertyps 2	157
Tabelle 26:	Jährliche Gesamtkosten des Sendertyps 2	157
Tabelle 27:	Mittlere Kosten des Sendertyps 3	158
Tabelle 28:	Jährliche Gesamtkosten des Sendertyps 3	158
Tabelle 29:	Mittlere Kosten des Sendertyps 4	159
Tabelle 30:	Jährliche Gesamtkosten des Sendertyps 4	159
Tabelle 31:	Mittlere Kosten des Sendertyps 5	160
Tabelle 32:	Jährliche Gesamtkosten des Sendertyps 5	160
Tabelle 33:	Mittlere Kosten des Sendertyps 6	161

Tabelle 34:	Jährliche Gesamtkosten des Sendertyps 6	161
Tabelle 35:	Mittlere Kosten des Sendertyps 7	162
Tabelle 36:	Jährliche Gesamtkosten des Sendertyps 7	163
Tabelle 37:	Kosten der Aufrüstung und des Betriebs der T-DAB/DAB+ Sendeanlagen	163
Tabelle 38:	Kosten der T-DAB/DAB+ Sendeanlagen bei Vollkostenbetrachtung	164
Tabelle 39:	T-DAB/DAB+ spezifische Gesamtkosten des fiktiven Sendernetzes	165
Tabelle 40:	UKW-Sendernetz von Antenne Salzburg	171
Tabelle 41:	Kosten der Signalzuführung über Satellit für Antenne Salzburg	173
Tabelle 42:	Jährliche Gesamtkosten der Signalzuführung über Satellit für Antenne Salzburg	174
Tabelle 43:	Kosten der Signalzuführung über Leitung für Antenne Salzburg	174
Tabelle 44:	Jährliche Gesamtkosten der Signalzuführung über Leitung für Antenne Salzburg	175
Tabelle 45:	Kosten der Signalzuführung über Ballempfang für Antenne Salzburg	175
Tabelle 46:	Jährliche Gesamtkosten der Signalzuführung über Ballempfang für Antenne Salzburg	176
Tabelle 47:	Gesamtkosten der Signalzuführung für Antenne Salzburg	176
Tabelle 48:	Kostenschätzung Sendertyp 1 für HD Radio™	178
Tabelle 49:	Jährliche Gesamtkosten Sendertyp 1 für HD Radio™	178
Tabelle 50:	Kostenschätzung Sendertyp 2 für HD Radio™	179
Tabelle 51:	Jährliche Gesamtkosten Sendertyp 2 für HD Radio™	179
Tabelle 52:	Kostenschätzung Sendertyp 3 für HD Radio™	180
Tabelle 53:	Jährliche Gesamtkosten Sendertyp 3 für HD Radio™	180
Tabelle 54:	HD Radio™-spezifische Kosten der Umrüstung und des Betriebs für Antenne Salzburg	181
Tabelle 55:	Gesamtkosten des HD Radio™-Senderbetriebs bei Vollkostenbetrachtung für Antenne Salzburg	182

Impressum:

Schriftenreihe der Rundfunk und Telekom Regulierungs-GmbH
Band 2/2008: Chancen und Risiken des digitalen Hörfunks für Österreich
Studie 1: Digitalradio in Europa
Studie 2: Die Kosten des digitalen Radios für Österreich

Medieninhaber (Verleger), Herausgeber und Redaktion:
Rundfunk und Telekom Regulierungs-GmbH (RTR-GmbH)
A-1060 Wien, Mariahilfer Straße 77-79
E-Mail: rtr@rtr.at; Internet: <http://www.rtr.at>

Grafische Konzeption:
Bulgarini Werbeagentur, A-3053 Laaben, Gföhl 8

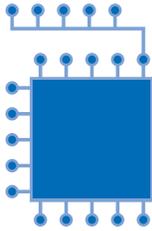
Druck:
H+S Druck, A-4921 Hohenzell, Gadering 30

Verlags- und Herstellungsort: Wien
Einzelverkaufspreis: EUR 10,-

Obwohl aus Gründen der besseren Lesbarkeit im Bericht zur Bezeichnung von Personen die maskuline Form gewählt wurde, beziehen sich die Angaben selbstverständlich auf Angehörige beider Geschlechter.

©Rundfunk und Telekom Regulierungs-GmbH, Juli 2008





Rundfunk & Telekom
Regulierungs-GmbH

RTR