

Weißleder u.a.
Digital Radio in Kabelnetzen

Horst Weißleder / Günter Fuchs / Burkhard Roscher /
Rüdiger Hentze / Heiko Kieser / Jörg Müller

Digital Radio in Kabelnetzen

Erste Erfahrungen mit der Kabelverbreitung von Digital
Radio und Empfehlungen zu Einspeisemöglichkeiten

Eine Studie im Auftrag der
Thüringer Landesmedienanstalt (TLM)

Kopäd Verlag
München

Vorwort

Nach einem halben Jahr des Aufbaus von Sendern entlang der Autobahn A 4 von der hessischen bis zur sächsischen Landesgrenze ging das Thüringer DAB-Pilotprojekt im September 1996 in Betrieb. Träger sind die Thüringer Landesmedienanstalt und die Deutsche Telekom AG. Schwerpunkte der Erprobung bildeten die mobile Empfangbarkeit im L-Band, die stationäre Nutzung mittels PC-Einsteckkarten und die Kabelverbreitung.

In Zusammenarbeit mit einem Netzbetreiber in Jena gelang weltweit die erste Kabeleinsteckung mit den von Sendern und Empfängern genutzten COFDM-Signalen (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex). Mit relativ geringem Aufwand können damit seit April 1997 mehr als 17.000 Haushalte den terrestrisch im L-Band übertragene Block Thüringen des Digitalen Radios mit programmbegleitenden und Zusatzdiensten aus der Kabeldose empfangen. Später wurden weitergehende Untersuchungen zur Nutzbarkeit von DAB in der Hyperbandflanke (450 - 470 MHz) und im Bereich zwischen Band I und II (68 - 87,5 MHz) in Eisenach durchgeführt.

Im vorliegenden Band 3 der TLM-Schriftenreihe werden nun diese ersten COFDM-Kabeleinsteckungen dokumentiert. Die Studie erstreckt sich auf den Empfang, die Umwandlung und die Einspeisung von DAB-Signalen (Einkopplung), auf Störbetrachtungen und auf Untersuchungen, ob die gesamte Frequenzbandbreite eines Kabelnetzes für eine DAB-Nutzung in Frage kommt. Sie liefert den Netzbetreibern wichtige Hinweise für die Nutzung dieser neuen Übertragungstechnologie. Für die Frequenzplanung in einer Kabelanlage gibt die Studie Aufschluß zum Verhalten von COFDM-Signalen in geschlossenen Netzsystemen und Empfehlungen zur Nutzung bislang freier Frequenzbereiche. Sie enthält erste Überlegungen, wie gleichzeitig analoge und digitale Signale in einem Kabelkanal übertragen werden können und was dabei zu beachten ist.

Arnstadt, November 1998

Dr. Victor Henle
Direktor der Thüringer Landesmedienanstalt

TLM Schriftenreihe Band 3
Herausgegeben von der
Thüringer Landesmedienanstalt

ISBN 3-929061-63-5

Druck: Das Freie Buch, München

© KOPäd Verlag 1998
Kommunikation und Pädagogik
Pfälzer-Wald-Str. 64, 81539 München
Fon/Fax: 089-6891912, E-mail: kopaed@jff.org.de

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	9
1.1 Zusammenfassung der Versuchsergebnisse	10
2 Einspeisung von DAB-Signalen in CATV-Netze	15
2.1 Die theoretischen und praktischen Grundlagen	15
2.1.1 Ausgangssituation	15
2.1.2 DAB-Frequenzbereiche	16
2.1.3 Nichtlineare Eigenschaften von BK-Anlagen, Grundlagen für die Pegelplanung	17
2.1.4 Pegelplanung in BK-Netzen	19
2.1.5 DAB-Frequenzumsetzer	23
2.2 Die Einspeisung unterhalb 47MHz	30
2.3 Die Einspeisung zwischen 68 und 87,5MHz (zw. Band I und II)	32
2.4 Die Einspeisung im Fernsehkanal C07 (Band III)	38
2.4.1 Die weltweit erste DAB-Einspeisung in Jena	38
2.4.2 Nachbarkanalselektion	41
2.4.3 Erfahrungen im Fernsehkanal C07	46
2.4.4 Die Übertragung von DAB-Signalen in „belegten“ analogen Fernsehkanälen	46
2.5 Die Einspeisung oberhalb 450MHz	50
2.6 DAB und das Störstrahlungsproblem der CATV-Anlagen	55
2.6.1 Allgemeine Störstrahlung	55
2.6.2 Störstrahlungsmessungen in Eisenach	55
2.6.3 Störleistungsbetrachtung	57
2.6.4 Das Frequenzloch im Bereich 446-470 MHz	58
3 Schlussfolgerungen	61
4 Quellennachweis	63

1 Einleitung

Die heutigen Breitband-Kommunikations-Anlagen (BK-Anlagen) entstanden Mitte der 50-er Jahre als sog. Gemeinschafts-Antennen-Anlagen (GAA), als es darum ging, die Versorgung der Haushalte mit Antennensignalen zu verbessern. Dabei ging es meistens um die Vermeidung von Reflexionen, die in großen Städten vor allem die Bildqualität beeinträchtigen. In abgelegenen Orten und Tälern bestand die Notwendigkeit, mit Hilfe von GAA ausreichende Versorgungspegel bereitzustellen. Aber auch der Wunsch nach der Beseitigung der Antennenwälder war oft Grund genug, GAA zu errichten. In den 60-er, 70-er und in den Folgejahren realisierten diese Anlagen darüberhinausgehend oft Aufgaben des Fernempfangs oder sie übernahmen die Verbreitung der in der Modulation gewandelten Satellitensignale. Heutzutage werden zunehmend anlageninterne Programme angeboten, die einerseits die Vielfalt der Angebote bereichern und andererseits einen besseren Bezug zu regionalen Belangen herstellen.

Mit der wachsenden Anzahl der in den GAA verfügbaren Programme wurde deren Breitbandigkeit erhöht. Während anfangs nur die „Standardfrequenzen“ der Fernseh- und Hörfunkbereiche zur Verfügung standen, wurden zunehmend darüberhinausgehende Bereiche, die sog. Sonderkanäle, freigegeben. Heutzutage tragen diese Anlagen die Kennzeichen der BK-Anlagen. Sie erfassen landesspezifisch unterschiedlich den Frequenzbereich beginnend bei 42 (47) MHz und reichen dann durchgehend typisch bis 300 MHz oder 450 MHz. Weitergehend ausgebaute Anlagen haben obere Frequenzgrenzen von 606 MHz oder auch hinauf bis 862 MHz, die aber dann oft nur über Teilbandverstärker mit Frequenzlücken realisiert werden.

Mit der zunehmenden Nutzung der Sonderkanäle aber auch zur Vermeidung der Probleme, die durch die Direktstrahlung der Sender in Endgeräte und Kabel entstanden, wurden Frequenzumsetzer nötig. Die Frequenzumsetzer werden in den Kopfstationen der GAA und der BK-Anlagen eingesetzt. Sie wandeln die Frequenz des empfangenen Kanals in eine andere, die zur Anlagenplanung paßt. Es entspricht dem Stand der Technik, daß diese Umsetzung über eine Zwischenfrequenz erfolgt, bei der hochwertige Filterschaltungen Feststörungen, die über die Empfangsantenne mit aufgenommen worden sind, beseitigen und so eine optimale Signalqualität in der Kabelanlage sicherstellen.

Waren die Anlagen anfangs vorrangig für die Übertragung der im wesentlichen AM-modulierten Fernsehsignale konzipiert worden, so kam bald der UKW-Hörfunk mit seiner FM-Modulation hinzu. Die Einführung des ersten digitalen Hörfunks, des „Digitalen Satelliten Rundfunks“ (DSR), aber auch die des „Digital Video Broadcasting“ (DVB) führten zur Einspeisung der ersten Signale mit digitalen Modulationsverfahren. Die bevorstehende Übernahme der Signale des „Digital Audio Broadcasting“ (DAB) in die BK-Anlagen ist nicht ganz problemfrei, da diese Signale einerseits über eine bisher ungewohnt hohe Dynamik verfügen und zusätzlich bei deren Umsetzung höhere Stabilitätsforderungen zu erfüllen sind; als bei den vorgenannten Modulationsverfahren.

Die Verfügbarkeit von DAB-Signalen in BK-Anlagen führt zum Einzug multimedialer Dienste in den Heimbereich. Personalcomputer, mit einer DAB-Einsteckkarte ausgerüstet, erhalten über den häuslichen Antennenanschluß die in der Frequenz umgesetzten terrestrischen oder Satelliten DAB-Signale in der geforderten Qualität. So besteht besonders zu Hause zusätzlich zur Wiedergabemöglichkeit der Hörfunkangebote in CD-Qualität die Voraussetzung, die mannigfaltigen Daten-Dienstangebote des DAB optimal und quasi kostenlos zu nutzen. Es muß weiterhin erkannt werden, daß vornehmlich der häusliche Bereich die Chance bietet, multimediale Anwendungen zu erforschen und mit eigenen Aktivitäten zu beleben. Der erste Schritt in Europa wurde in dieser Richtung durch die Inbetriebnahme der ersten DAB-Einspeisung in das Kabelnetz der „Breitband-Television Jena GmbH“ am 23. April 1997 besritten. Initiator war die Thüringer Landesmedienanstalt. Die Technik wurde von der TU Ilmenau gemeinsam mit TechnoTrend Systemtechnik, Erfurt, entwickelt, gebaut und in Betrieb genommen.

1.1 Zusammenfassung der bisherigen Versuchsergebnisse

Die Rundfunkversorgung mittels Kabelanlagen hat in Deutschland aufgrund der erreichbaren Haushalte einen hohen Stellenwert für Veranstalter und Technologieunternehmen. Mit geringem Aufwand können terrestrisch empfangene DAB-Signale umgesetzt und in Kabelanlagen eingespeist werden, damit groÙe Teilnehmerzahlen erreicht werden, die am häuslichen PC die Welt des DAB erkunden können. Die Verwendung eines im Haushalt vorhandenen PC mit einer DAB-Einsteckkarte erleichtert sogar diesen Einstieg.

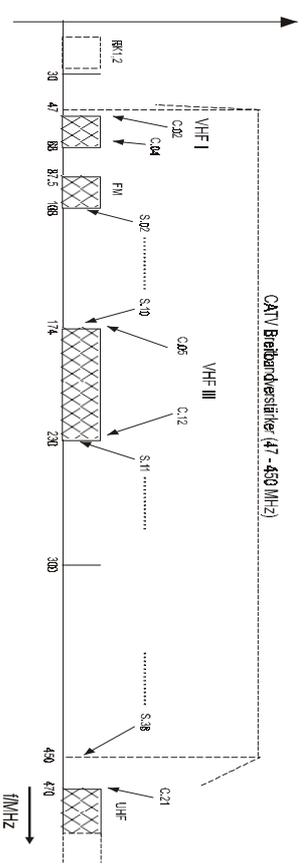


Bild 1 Zuordnung von Standard- und Sonderkanalfrequenzen

Bild 1 erfaßt auf der X-Achse die Frequenzen einer bis 450 MHz ausgestatteten Kabelanlage und ordnet die terrestrisch ausgestrahlten Rundfunkdienste des Normbereiches B/G frequenzmäßig zu. Innerhalb der BK-Anlagen sind neben diesen aber auch Frequenzen verfügbar, die zwischen den Rundfunkbändern liegen. Die Sonderkanäle S 02 ... S 10 liegen zwischen den Bereichen B II und B III und die Sonderkanäle S 11 ... S 38 liegen zwischen den Bereichen B III und B IV. Die Übertragung von DAB-Signalen kann daher prinzipiell nicht nur innerhalb des Frequenzbereiches erfolgen, der für die terrestrische Ausstrahlung vorgesehen ist (174 MHz ... 240 MHz), sondern z. B. auch innerhalb der Sonderkanäle. Die HF-technischen Gegebenheiten sind innerhalb der TV-Kanäle auch für DAB-Signale ideal und somit bedenkenfrei nutzbar, wenn den Grundsätzen der Pegelplanung gemäß Kapitel 2.1.4. entsprochen wird.

Die Erfahrungen mit der Einspeisung von bis zu vier DAB-Blöcken im Kanal C 07 der Kabelanlage in Jena und Eisenach waren positiv. Die Umsetzertechnik ist überschaubar, einfach und arbeitet zuverlässig. Die PC-Einsteckkarten „DAB-Star PnP“ arbeiten ohne jegliche Probleme auch an den Kabelanlagen. Die Untersuchungen zur Festlegung optimierter DAB-Anlagenpegel lassen erkennen, daß die zusätzliche Einspeisung von DAB-Signalen keine grundlegenden Änderungen in der Anlagen-Pegelplanung verursachen.

Fazit:

- Die Einspeisung von DAB-Signalen in vorhandene CATV-Anlagen ist einfach realisierbar.
- Bei der Einspeisung von einem oder bis zu 4 DAB-Blöcken anstelle eines Fernsehkanals treten mit den benachbarten PAL-Kanälen keine Störungen auf, wenn der DAB-Pegel, wie näher beschrieben, eingestellt wird.
- Die am Markt verfügbaren Endgeräte (speziell PC-Einsteckkarte) sind zum Empfang der umgesetzten DAB-Signale geeignet.

Was ist von CATV-Netzbetreiber zu tun?

- Der DAB-Umsetzer wird mit der vertikal polarisierten DAB-Antenne verbunden. Im L-Band wird eine spezielle L-Band-Antenne benötigt. Die bisher üblichen Empfangsantennen sind nicht verwendbar! Die DAB-Signale im Frequenzbereich 174 MHz bis 240 MHz können mit normalen B-III-Fernsehantennen aufgenommen werden. Fast alle marktüblichen Antennen empfangen auch noch im Frequenzbereich 230 MHz bis 240 MHz auch dann, wenn Gewinn, Richtcharakteristik und Anpassung nicht mehr datenhaltig sind. DAB-Signale sind diesbezüglich unempfindlich!
- Der DAB-Umsetzer verfügt über eine ausreichende Pegelregelung, so daß Sie keine Eingangspegel einstellen müssen.
- Der Ausgang des DAB-Umsetzers ist über ein 75 Ω -Kabel mit der Sammelstuhlihrer Kopfstation zu verbinden. Die Länge des Kabels hat keinen Einfluß auf die Signalübertragung. Für den Fall, daß es auf der Sammelstuhli keinen freien Verbinder gibt, kann ein 20 dB Richtkoppler „rückwärts“ betrieben in die Stammleitung eingefügt werden. So erfolgt die Signaleinspeisung verlustarm für die bisherigen Signale und die DAB-Einspeisung ist völlig entkoppelt und damit ohne Probleme für die bestehende Anlage!
- Der Ausgangspegel des DAB-Umsetzers muß auf die Pegelsituation der Kopfstation angepaßt werden. Die DAB-Pegel sollten 15 - 20 dB unter dem Planungspegel für die Fernsehsignale bleiben. Es ist zu beachten, daß die herkömmlichen Antennenmeßgeräte für die Pegelmes-

sung digitaler Signale nur sehr bedingt geeignet sind. Für DAB kann davon ausgegangen werden, daß das Antennenmeßgerät etwa 10 dB zu wenig anzeigt, weil die interne Bandbreite des Meßgerätes die Energie des DAB-Signals nur zu einem geringen Teil erfaßt. Erklärung: Die DAB-Signalbandbreite beträgt $B = 1,5$ MHz, die Bandbreite im Meßgerät oft nur $B = 150$ KHz.

- Die Frequenzeinstellung am Umsetzer wird gemäß Anleitung vorgenommen. Die LED des Umsetzers geben während des Betriebes darüber Auskunft, daß die Regelkreise ordnungsgemäß gerastet haben. Das Gerät verfügt über einen automatischen Bootmanager, der bei Netzausfall oder bei Ausfall des Antenneningangssignals ein automatisches Neubooten und Synchronisieren des Systems sicherstellt, so daß sich weitere Prüf- und Kontrollarbeiten erübrigen.

Bezugsmöglichkeiten

TechnoTrend Systemtechnik GmbH
 Wilhelm-Wolff-Straße 6
 99099 Erfurt
 Tel. 0361/4262603
 FAX 0361/4262633
 (DAB-Einkoppler, DAB-Star PnP, Servicesoftware)

Blankom Antennentechnik GmbH
 Bahnhofstraße 39
 07422 Bad Blankenburg
 Tel. 036741/600
 FAX 036741/60100
 (DAB-Einkoppler, CATV-Kopfstationen)

2 Einspeisung von DAB-Signalen in CATV-Netze

2.1 Die theoretischen und praktischen Grundlagen

2.1.1 Ausgangssituation

Die Erprobung des DAB erfolgte bisher ausschließlich in terrestrischen Netzen, die sowohl im Band III als auch im L-Band unterhalten werden. Die systematischen Untersuchungen befassen sich gegenwärtig vornehmlich mit den Fragen der Planung und der Gewährleistung einer ausreichenden Funkversorgung generell oder auch mit Hilfe von Repeatern, der Regionalisierung spezieller Programmangebote, dem Datenmanagement, dem Teilnehmerverhalten und den Empfängereigenschaften. Offen blieb bisher die Betrachtung der Einspeisung von DAB-Angeboten in Kabelnetze, um so dem Problem der Indoorversorgung schrittweise zu begegnen. Dieses Problem besteht in besonderem Maße im Land Thüringen wegen der komplizierten Topografie und der zugeleiteten L-Band-Frequenzen, die nur in geringem Maße in Gebäude einzudringen vermögen.

Durch die Einspeisung der DAB-Signale (COFDM) in BK-Anlagen besteht die Möglichkeit, einem breiten Nutzerkreis vor allem in Ballungsräumen DAB unter Nutzung der vorhandenen Empfangstechnik (PC-Einsteckkarte) auch im Heimbereich zugänglich zu machen.

Seit Beginn der Entwicklung von DAB-Endgeräten 1989 haben sich bereits einige technische Revolutionen auf diesem Gebiet ereignet. Vorrangig setzten die Entwicklerteams dabei auf die mobilen Empfangsanlagen in Form von Autoradios und Car-PC's.

Im stationären Bereich ist die PC-Einsteckkarte bislang das einzige Medium zum Empfang von DAB im Heimbereich. Doch auch auf dem stationären Sektor stehen einige Neuerungen an. In spätestens ein bis zwei Jahren, so die Zusage der Industrie, werden neue Generationen von DAB-Empfangseinrichtungen zur Verfügung stehen und dann möglicherweise der herkömmlichen HiFi-Anlage Konkurrenz machen.

Der mit der DAB-Empfangskarte ausgerüstete PC und künftig auch die Stereoanlagen werden über einen Antennenanschluß verfügen, um die in der Frequenz umgesetzten terrestrischen oder Satelliten-DAB-Signale in der geforderten Qualität aufnehmen zu können. Damit bestehen besonders im Heimbereich unter Ausnutzung der Möglichkeiten moderner Personalcomputer sowohl die Voraussetzungen zur Nutzung aller über DAB angebotenen Datendienste

als auch die der Wiedergabe-, Speicher- und Bearbeitungsmöglichkeiten aller Hörfunkangebote in CD-Qualität. Mit den heute verfügbaren Speichermedien steht einer digitalen Aufzeichnung der empfangenen Daten oder Rundfunksignale nichts mehr im Wege.

Von der Einspeisung des DAB-Signals in das Kabelnetz wird es u.E. in erheblichem Maße abhängen, inwieweit digitales Radio die notwendige Akzeptanz bei der Bevölkerung und vor allem bei der produzierenden Industrie erfährt. Diese orientiert sich bei der Entwicklung von stationären DAB-Endgeräten an der Marktentwicklung, die wiederum von den Kaufwünschen der Kunden bestimmt wird.

Positiv ist zu bemerken, daß die Bundesregierung kürzlich verkündet hat, DAB ab 1999 in den Regelbetrieb zu übernehmen.

Im Rahmen des DAB-Pilotprojektes Thüringen, konnte die Thüringer Landesmedienanstalt weltweit erstmals einen Netzbetreiber, die „BTV-Jena GmbH“ gewinnen, eine DAB-Einspeisung mit COFDM-Signalen vorzunehmen.

Im Auftrag der Thüringer Landesmedienanstalt hat die Firma „TechnoTrend Systemtechnik GmbH“ in Erfurt gemeinsam mit dem Fachgebiet „Grundlagen der Hochfrequenztechnik“ der TU Ilmenau die Voraussetzungen geschaffen, auf der Basis der Technologie der DAB-PC-Einsteckkarte eine DAB-Übertragung im Fernsehkanal C07 vorzunehmen.

2.1.2 DAB-Frequenzbereiche

Für terrestrische DAB-Aussendungen wurden auf der Planungskonferenz in Wiesbaden im Juli 1995 Frequenzen im Bereich I (47 - 68 MHz), im Bereich III (174 - 240 MHz) und für einen Teil des L-Bandes (1.452 - 1.467,5 MHz) koordiniert. Für Satellitenausstrahlungen stehen neben dem Bereich 1.467,5 - 1.492 MHz weltweit unterschiedlich auch Frequenzen bis in den Bereich oberhalb 2 GHz zur Verfügung. Eine Auflistung der DAB-Blocknummern mit der Zuordnung der Mittelfrequenzen, der Bandgrenzen und Schutzabstände ist / 1/ zu entnehmen. In den Fernserebereichen B I + III korrespondiert dabei die Zahl in der Blocknummer mit der Nummer des Standard-Fernsehskanals, der nachfolgende Buchstabe (A-D) kennzeichnet die Blocklage im Fernseh-Kanalbereich. Im L-Band beginnt die Kennung anstelle mit einer Zahl mit dem Buchstaben „L“.

In BK-Anlagen sind die Standard-Fernsehfrequenzen nur selten ungenutzt, so daß fast ausschließlich nur Sonderkanäle für weitere Dienste zur Verfügung stehen. Die Sonderkanäle S2 + S3 werden bisher häufig mit DSR-Signalen belegt. Da es sich bei dem DSR um eine Technik handelt, die keine Weiterentwicklung erfährt und bei der mit einer deutlich abnehmenden Teilnehmerzahl zu rechnen ist, muß dieser Frequenzbereich als DAB-prädestiniert eingeordnet werden. Im weiteren gibt es aber auch in allen Anlagen in Westeuropa im Bereich von 67 MHz - 87,5 MHz eine Frequenzlücke, die bis auf Pilotfrequenzen fast völlig ungenutzt ist. In Osteuropa steht meist nur der Bereich 76 MHz - 87,5 MHz für zusätzliche Anwendungen zur Verfügung, da im Bereich von 68 MHz - 76 MHz UKW-Rundfunksignale übertragen werden.

Auf Grund der extremen Störfestigkeit der DAB-Multiträger-Modulation, ist auch davon auszugehen, daß die BK-Randfrequenzen bedingt genutzt werden können. An den Bereichsgrenzen der BK-Anlagen muß nicht nur mit einem zunehmendem Verstärkungsverlust gerechnet werden, sondern zusätzlich auch mit einer wachsenden Empfindlichkeit gegenüber nichtlinearen Verzerrungen. Es bleibt daher zu untersuchen, inwieweit z.B. unterhalb von 47 MHz und oberhalb von 450 MHz zusätzliche Frequenzbereiche als DAB-tauglich eingeordnet werden können. Eigene Laborexperimente haben klar zu erkennen gegeben, daß auch bei großen Anlagennetzen mit positiven Resultaten zu rechnen ist (siehe auch Kapitel 2.2. und 2.5.).

2.1.3 Nichtlineare Eigenschaften von BK-Anlagen, Grundlagen für die Pegelplanung

Die in BK-Anlagen verwendeten Bauelemente, vor allem deren Verstärker, verursachen nichtlineare Verzerrungen, die seitens der Hersteller so gering als möglich gehalten werden. Es ist darüberhinausgehend eine wesentliche Aufgabe der Netzbetreiber, eine optimierte Pegelplanung und Stabilisierung zu gewährleisten, um die in der Praxis auftretenden und zu messenden Verzerrungen unter einem vorgegeben Wert zu halten, so daß auch dem „letzten Teilnehmer“ in der Anlage ein ungestörter Empfang gewährleistet werden kann.

Die nichtlinearen Verzerrungen zweiten Grades erzeugen neben pegelschwächeren Summen- und Differenzsignalen vor allem störende Oberwellen. Die Verzerrungen dritten Grades treten besonders mit den Inter- und Kreuzmodulationsstörungen (IM, KM) beim Fernsehen augenfällig in Erscheinung aber auch deren Oberwellen liegen häufig noch im Übertragungsfrequenzband.

Wird noch das mit wachsender Verstärkerzahl zunehmende Rauschen als Störung hinzugefügt, erhält man auch in den sog. „freien“ Kanälen ein Mindestsignal, den Störfloor.

Bei der Anlagen-Pegelplanung muß wegen der Gesetzmäßigkeiten der nichtlinearen Verzerrungen sowohl mit wachsender Programmbelegung als auch mit wachsender Anzahl in Kette geschalteter Verstärker, eine zunehmende Reduzierung der auf einen Kanal bezogenen Verstärker Ausgangspegel (P_{red}) vorgenommen werden. Die Gleichungen (1) und (2) zeigen die Zusammenhänge auf, wobei n die Anzahl der pegelgleichen Programme erfaßt und m die Anzahl der in Kette angeordneten Verstärker beschreibt.

$$P_{\text{red}} / \text{dB} = - 10 \lg (n/2) \quad (1)$$

$$P_{\text{red}} / \text{dB} = - 10 \lg m \quad (2)$$

Der an einem Verstärker Ausgang max. verfügbare Ausgangspegel P_{real} berechnet sich gemäß Gleichung (3). Dabei charakterisiert P_{max} den max. Ausgangspegel der Herstellerangabe, die stets auf die Aussteuerung mit nur zwei gleichstarken Pegeln bezogen ist. Werden die Sachverhalte der Gl. (1) + (2) eingehalten, bleiben der Inter- und der Kreuzmodulationsabstand für den „letzten“ Verstärker auf einem vorzugebenden Niveau festgelegt.

$$P_{\text{real}} / \text{dB} = P_{\text{max}} - 10 \lg (n/2) - 10 \lg m \quad (3)$$

Anders verhält es sich mit dem rauschbegrenzten Dynamikbereich. Dieser wird sich in Abhängigkeit von der Anzahl in Kette geschalteter Verstärker und durch die notwendige Reduktion des Betriebspegels, wenn mehr als zwei Programme übertragen werden, um den Wert D_{red} verringern. Gleichung (4) gibt das Maß für dessen Verschlechterung an.

$$D_{\text{red}} / \text{dB} = - 10 \lg (m \times n/2) \quad (4)$$

UKW-FM-Rundfunksignale verfügen generell über konstante Signalpegel, da die Frequenzmodulation nur die spektrale Leistungsflußdichte im Übertragungskanal verändert und die Gesamtleistung konstant bleibt. Die terrestrischen analogen Fernsehsignale verfügen über einen Pegel, der abhängig vom Bildinhalt nur geringfügig variiert. Diese Pegeländerungen müssen bei der Planung in BK-Netzen nicht gesondert betrachtet werden. Auch der Pegel des DSR ist konstant, da die Amplitudenverhältnisse der QPSK-Modulation keine

Amplitudenschwankungen generiert. Damit ist die Pegelplanung bisher eine insgesamt recht übersichtliche Angelegenheit. Dies ändert sich jedoch mit der Einführung der genannten, neuen digitalen Modulationsverfahren, die über keine Pegelkonstanz verfügen.

Für die DVB-Übertragung in BK-Anlagen ist die Quantisierte Amplituden Modulation (QAM) vorgegeben. Das vom Fernsehsatelliten kommende Signal ist standardgemäß QPSK moduliert und wird in der Kopfstation in die hochwertige 256 QAM oder auch in Abhängigkeit von der Datenrate in eine 128 oder 64 stufige QAM gewandelt. Durch diese Wandlung wird eine bessere Bandbreiteneffizienz erzielt. Die genannte QAM belegt mit einer Bandbreite von knapp 8 MHz die Breite eines Fernsehkanals im Planungsbereich oberhalb von 300 MHz.

Der Crestfaktor beschreibt den Zusammenhang von mittlerem Signalpegel und den zu erwartenden max. Pegelspitzen. Er wird benutzt, um die Spitzenspitzenpegel eines Sendesignals zu charakterisieren. Gleichung (5) definiert den Crestfaktor K_x

$$K_x / \text{dB} = 10 \lg (P_{\text{max}} / P_{\text{mittel}}) \quad (5)$$

Um so größer der Crestfaktor ist, um so höher sind die bei der Übertragung zu erwartenden Pegelspitzen. Das Auftreten dieser Pegelspitzen ist abhängig vom Signalinhalt und vom Codierverfahren und kann nur mit einer statistischen Verteilungs- und Erwartungsfunktion beschrieben werden. Bei der Planung von BK-Anlagen mit QAM-Signalen, aber auch bei der Übertragung der COFDM-Signale des DAB, müssen diese Effekte unbedingt (!) berücksichtigt werden. Störungen durch zeitweise Übersteuerung von Verstärkern werden beim herkömmlichen Fernsehen als rauschartige Erscheinungen zu beobachten sein, während sich für die digitalen Systeme DVB und DAB nur die Fehlerrate erhöhen wird, was in vorzugebenden Grenzen (z.B. BER < 10^{-4}) sogar zu tolerieren ist.

2.1.4 Pegelplanung in BK-Netzen

Bei der Pegelplanung in BK-Netzen muß zukünftig immer der Crestfaktor betrachtet und beachtet werden, der ein mögliches Kennzeichen der verwendeten digitalen Modulationsverfahren ist. Während der Crestfaktor bei der 256 QAM des DVB max. 4,2 dB /3/ beträgt, erreicht dieser beim DAB praktisch Werte bis 13 dB /1/. Wenn dieser zwar seltene Spitzenwert nun als einheitliches Kriterium für die Verstärkersteuerung angesehen wird, dann ist der

DAB-Planungspegel gegenüber dem Fernsehpegel für einen DAB-Block 13dB niedriger anzusetzen. Werden allerdings, wie vorgesehen, in einem Fernsehkanal sogar vier DAB-Blöcke eingespeist, muß dieser Wert um weitere 6 dB verringert werden, so daß der mittlere DAB-Pegel $p_{\text{red}} = 19 \text{ dB}$ unter dem Fernsehpegel anzuordnen ist.

Tabelle 1 /5/ gibt über den Crestfaktor unterschiedlicher Modulationen Auskunft. Die Leistungsspitzen treten dabei gaußverteilt auf und sind zeitlich von nur sehr kurzer Dauer. Aussteuerungsspitzen von mehr als z.B. 12dB sind de facto nicht zu erwarten, da diese sowohl durch effektive Scrambleverfahren minimiert werden als auch von den DAB-Sendern bereits bei der Signalaufbereitung begrenzt werden.

Analoges TV	Pegel etwa konstant) p (0,5 dB
UKW (FM)	Pegel etwa konstant) p (0,5 dB
DSR	Pegel etwa konstant) p (0,5 dB
DVB 32-QAM	Crestfaktor) p (3,7 dB
DVB 256-QAM	Crestfaktor) p (4,2 dB gemäß /5/
DVB Mode I	Crestfaktor) p (9 ... 13 dB

Tabelle 1: Vergleich verschiedener Modulationen bezüglich der Pegelschwankungen

Im Falle des Mode I reicht es für das Erreichen z.B. des Crestfaktors 13 dB aus, wenn nur 40 der insgesamt 1.536 Einzelträger in eine einheitliche Richtung zeigen und sich alle anderen Träger de facto kompensieren!

Tabelle 2 gibt den statistischen Zusammenhang /6-8/ wieder, wobei nachgewiesen wurde, daß auf Grund der DAB-Scrambletechnik eine sehr gute Übereinstimmung der Verteilungsfunktion mit der Gaußverteilung gegeben ist.

) /T/	Gaußverteilung	Mode I - OFDM
99,0%	8,3 dB	8,3 dB
99,5%	9,0 dB	9,0 dB
99,9%	10,3 dB	10,4 dB
99,99 %	11,8 dB	11,8 dB

Tabelle 2: Spitzen-Mittelwert-Leistungsverteilung

Rauschbetrachtung

Die Grenzbitherrate BER = 10⁻⁴ wird typisch mit einem Signal-Rausch-Verhältnis für weißes Rauschen von S/N=12 dB angegeben, was für die QPSK-Modulation der DAB-Einzelträger typisch ist. Daraus ergibt sich für die Situation in BK-Anlagen ein nicht zu unterschätzender Minimalpegel. Um die Aussagen übersichtlich zu gestalten, wird folgende Betrachtung auf die Pegelverhältnisse an der Teilnehmer-Anschluß-Dose (TAD) bezogen.

$$P_{\text{min/TAD}} = P_{\text{TV}} - a_{\text{S/N}} + 12 \text{ dB} \quad (6)$$

Es bedeuten:

$P_{\text{min/TAD}}$ -> Minimaler Pegel an der TAD für DAB-Signale
 P_{TV} -> Pegel der Fernsehsignale an der TAD
 $a_{\text{S/N}}$ -> Signal/Rauschverhältnis im Fernsehsignal

Werden gemäß (6) typische Werte eingesetzt, ergibt sich folgendes Bild:

$$P_{\text{min/TAD}} = 70 \text{ dB}\mu\text{V} - 46 \text{ dB} + 12 \text{ dB} = 36 \text{ dB}\mu\text{V}$$

Dieser Pegel liegt im Zahlenbeispiel 34 dB unterhalb des TV-Pegels und ist damit so gering, daß er praktisch nicht berücksichtigt werden muß, auch dann nicht, wenn man die Leistungsspitzen gemäß Crestfaktor berücksichtigt. Diese würden den Pegel kurzzeitig von 36 dB μV auf max 48 dB μV erhöhen. Auch dann bleibt ein Sicherheitsabstand zu den Fernsehpegeln von etwa 22 dB bestehen.

Einbeziehung des Crestfaktors

Geht man davon aus, daß die extremen Leistungsspitzen max. 12 dB über dem Mittelwert liegen, liegt es nahe, den DAB-Planungspegel um diesen Betrag niedriger anzusetzen.

$$P_{\text{max/TAD}} = P_{\text{TV}} - K_{\text{F}} \quad (7)$$

Es bedeuten:

$P_{\text{max/TAD}}$ -> DAB-Pegel an der TAD
 K_{F} -> Crestfaktor

Werden gemäß (7) typische Zahlenwerte eingesetzt, ergibt sich folgendes Bild:

$$P_{\max/\text{TAD}} = 70 \text{ dB}\mu\text{V} - 12 \text{ dB} = 58 \text{ dB}\mu\text{V}$$

Werden aber mehr als nur ein DAB-Block übertragen, ist es notwendig, eine weitergehende Pegelreduzierung vorzunehmen. Es gilt dabei der Grundsatz, daß mit jeder Verdopplung der Anzahl der DAB-Blöcke der Planungspegel für jeden um 3dB zu senken ist. Bei einer solchen Vorgehensweise wird allerdings nicht beachtet, daß sich auch die max. Pegelspitzen gleichzeitig addieren können und eine stärkere Pegelüberhöhung bewirken. Diese Problematik ist aber bei der Diskussion der Fernsehpegel auch aufzeigbar und in der Praxis auf Grund der statistischen Gegebenheiten nicht relevant. Es kann auch beim DAB davon ausgegangen werden, daß mit jeder Verdopplung der Anzahl der Blöcke die Pegelreduzierung nur 3dB sein darf und nicht, wie extrem betrachtet, 6dB sein muß.

Störungen durch Intermodulation dritter Ordnung

Laboruntersuchungen haben gezeigt /4/, daß Intermodulationsstörungen 3. Ordnung ähnlich einer Rauschstörung wirken und die BER verschlechtern. Es wurde unter Verwendung der DAB-PC-Einsteckkarte ermittelt, daß ein Intermodulationsabstand 3. Ordnung von rechnerisch nur 15dB gegeben sein muß, um ein an sich störungsfreies Signal so zu verschlechtern, daß die $BER=10^{-4}$ wird. Intermodulationsuntersuchungen an realen Schaltungen lassen aber immer wieder erkennen, daß IMA3-Werte von nur 15dB nicht angegeben werden können, ohne daß die Wirkungen der Verzerrungen höherer Ordnung beachtet werden müssen. Der Zahlenwert 15dB ist damit fiktiv, zeigt aber auf, wie unempfindlich DAB-Signale gegen derartige Störungen sind.

Schlussfolgerungen

Unter der Maßgabe, daß die in den Beispielen errechneten Pegel verwendet werden, gelten für den Maximalpegel $P_{\max/\text{TAD}} = 58 \text{ dB}\mu\text{V}$ und den Minimalpegel $P_{\min/\text{TAD}} = 36 \text{ dB}\mu\text{V}$. Aus dieser Pegeldifferenz kann theoretisch die max. mögliche Anzahl von DAB-Blöcken berechnet werden, die anstelle eines Fernsehsignals in einer Anlage übertragen werden könnten, ohne daß eine Korrektur der Pegelplanung innerhalb der Anlage vorgenommen werden müßte.

$$n = 10 \frac{P_{\max} - P_{\min}}{20} \quad (8)$$

Werden gemäß (8) die angegebenen Zahlenwerte für die Minimal- und die Maximalpegel eingesetzt, ergibt sich, daß ohne jegliche Reserve bis zu 158 DAB-Blöcke anstelle eines Fernsehsignals eingespeist werden dürften.

Meßtechnik

Damit das DAB-Signal optimal eingestellt werden kann, ist es notwendig ein Meßgerät mit einer Meßbandbreite von 1,5 MHz zu verwenden. Dieses Gerät sollte die Leistung messen können und nicht nur den Spitzenwert. In der Praxis sind derartige Geräte bei den Betreibern in der Regel jedoch nicht verfügbar. Man kann sich wie folgt helfen:

- Feststellen der Meßbandbreite des vorhandenen Gerätes (z.B. $B=150\text{kHz}$)
- Korrektur des Meßwertes nach folgender Formel

$$p = P_{\text{mess}} + 10 \log (1,5\text{MHz} / B) \quad (9)$$

Zum gemessenen Pegelwert muß der gemäß Formel berechnete Bandbreitenfaktor in dB addiert werden.

Beispiel: Bandbreite des Gerätes $B=150\text{kHz}$ -> $p = P_{\text{mess}} + 10\text{dB}$

Wird ein Spektralanalysator zur PegelEinstellung verwendet, muß dessen HF-Bandbreite mindestens 1,5MHz betragen.

Wenn das Gerät nicht die Leistung sondern den Spitzenwert anzeigt, wird ein niedrigerer DAB-Pegel in die BK-Anlage eingespeist.

2.1.5 DAB-Frequenzumsetzer

Die DAB-COFDM-Signale werden terrestrisch in synchron arbeitenden Gleichwellennetzen ausgestrahlt, woraus sich für die terrestrische Signalverteilung generell eine hohe Frequenzökonomie ergibt. Gleichwellennetze verlangen aber eine sehr exakte Synchronisation aller auf gleicher Frequenz betriebenen Sender. Diese Synchronisation wird über die Nutzung von Normalfrequenzsendern sichergestellt, wobei die Synchronisation in der Praxis per Satellit oder über das „Global Positioning System“ (GPS) Stand der Technik ist. Dementsprechend stabil müssen generell auch die DAB-Frequenzumsetzer konzipiert werden. Die Frequenzumsetzung von DAB-Signalen verlangt somit im Ver-

gleich zu der Frequenzumsetzung der bisher genannten Rundfunksignale, eine um mehrere Zehnerpotenzen präzisere und zusätzlich auch rauschärmere Aufbereitung der Umsetzfrequenzen.

Die für Hörfunk- und Fernseh-Frequenzumsetzer in BK-Anlagen geforderte Frequenzstabilität beträgt absolut ± 50 KHz /6/. Auf den Fernsehkanal C02 bezogen bedeutet dies eine Frequenzgenauigkeit /-Stabilität von nur $\pm 1 \times 10^{-3}$ während die Forderung z.B. bei 650 MHz bereits $\pm 8 \times 10^{-5}$ erreicht. Beim DAB hingegen sind Forderungswerte von $\sim \pm 10^{-7}$ sicherzustellen, um eine nahezu störungsfreie, d.h. fehlerarme Frequenzumsetzung zu gewährleisten. Wie Messungen gezeigt haben, werden bei einer Frequenzstabilität von $\sim 10^{-6}$ die Bit-Error-Rate (BER) bereits Werte von 10^{-4} annehmen und damit den Planungsgrenzwert für das DAB-Gesamtsystem voll ausschöpfen.

Die spektrale Reinheit der Umsetzsignale ist aus der Sicht der BER weitgehend zu optimieren, damit die Rauschseitenbänder des Oszillatorsignals nur unbedeutend Im-Kanal-Eigenstörungen des umzusetzenden DAB-Signals bewirken. Da bei einem Frequenzumsetzer mindestens zwei hochfrequente Oszillatoren in den Umsetzprozeß eingebunden sind, multiplizieren sich die Störeffekte. Jeder Umsetzoszillator muß demzufolge mindestens 3dB besser sein, als der vergleichbare, der in einem Empfänger die hochfrequente Umsetzung in eine niedrigere Frequenzebene übernimmt. Bild 2 zeigt die spektralen Gegebenheiten eines realisierten Umsetzoszillators. Es werden Werte von $p < -65$ dBc im Abstand von 1/4 Subträger erzielt.

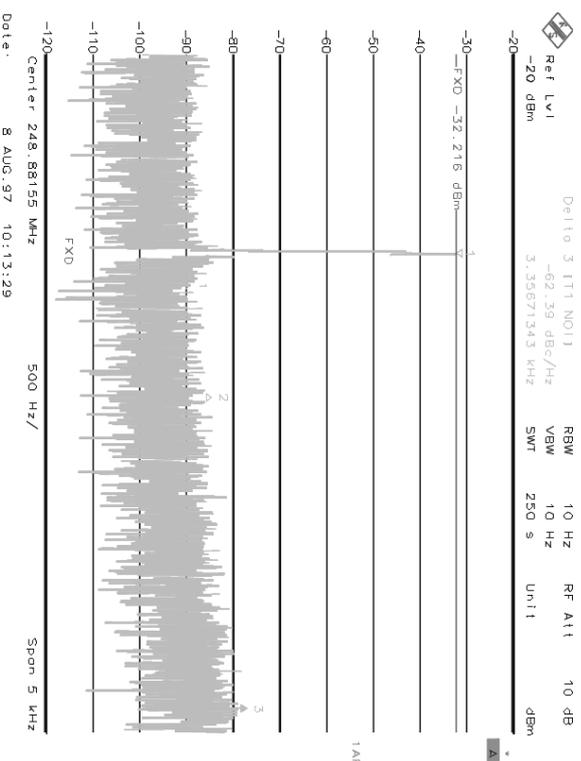


Bild 2: Rauschseitenbänder eines PLL-geregelten Umsetzoszillators bei 248,7 MHz

Die Erzeugung der Umsetzfrequenzen erfolgt mittels der PLL-Technik, wobei es nahelegt, sowohl für den Empfängerteil als auch für den Senderteil einen gemeinsamen, stabilen und spektral reinen Referenzoszillator zu verwenden. Die PLL-Frequenzaufbereitung muß dabei Abstimmsschritte mit einer Weite von 16 KHz gewährleisten, um die DAB-Norm zu erfüllen.

Bild 3 zeigt das Blockschaltbild eines Frequenzumsetzers für die Umsetzung nur eines DAB-Blocks, wobei die hochstabile Referenzfrequenz von einem GPS-Empfänger bereitgestellt wird. Die Frequenzumsetzung erfolgt über mindestens ein hochselektives ZF-Filter, um Störungen auszublenken, die über die breitbandigen Antennen mit empfangen werden. Bei solchen Störungen kann es sich sowohl um benachbarte DAB-Blöcke handeln als auch um Fernsehsignale, die z.B. im Band III an einer der beiden Blockgrenzen des genutzten Signals ausgestrahlt werden.

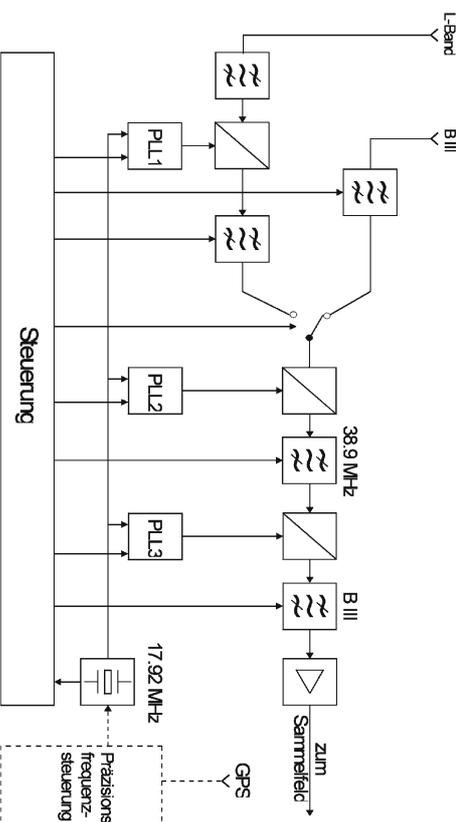


Bild 3: DAB-Umsetzer für einen Block mit GPS-Synchronisation

Bei der Wahl der konkreten Umsetzfrequenzen muß darauf geachtet werden, daß es zu keiner Umkehr der Seitenbandlage kommt. Das DAB-Spektrum sieht zwar symmetrisch aus, aber es kann nicht, wie beim UKW-Rundfunk möglich, in jede beliebige Seitenbandlage umgesetzt werden. Es gelten die gleichen Überlegungen wie bei der Umsetzung von Fernsehsignalen.

Die stabile Referenzfrequenz kann auch im DAB-Umsetzer selbst gewonnen werden. Dieses Prinzip vermeidet die Anwendung eines GPS-Empfängers und es entfällt somit auch der Aufwand für eine zusätzliche GPS-Antenne. Gemäß /7/ wird ein im DAB-Empfänger über das TFPR-Symbol synchronisierter Oszillator nicht nur als Referenzoszillator für die Ableitung und Nachführung der Empfangsfrequenz benutzt, sondern auch für die Ableitung der Umsetzfrequenzen im Sendezweig des Umsetzers. Die so gewonnene Referenzfrequenz ist prinzipbedingt nicht so stabil wie die, die von einem GPS-Empfänger bereit gestellt werden kann. Die Reststörungen, die dem vorschlagsgemäß generierten Referenzsignal anhaften, werden jedoch von den DAB-Empfängern in der BK-Anlage toleriert, da diese stationär betrieben werden. Die Struktur der Störungen des Referenzsignals sind vergleichbar mit den Veränderungen des Empfangssignals, die durch den Dopplereffekt bei Geräten im Mobileinsatz verursacht werden.

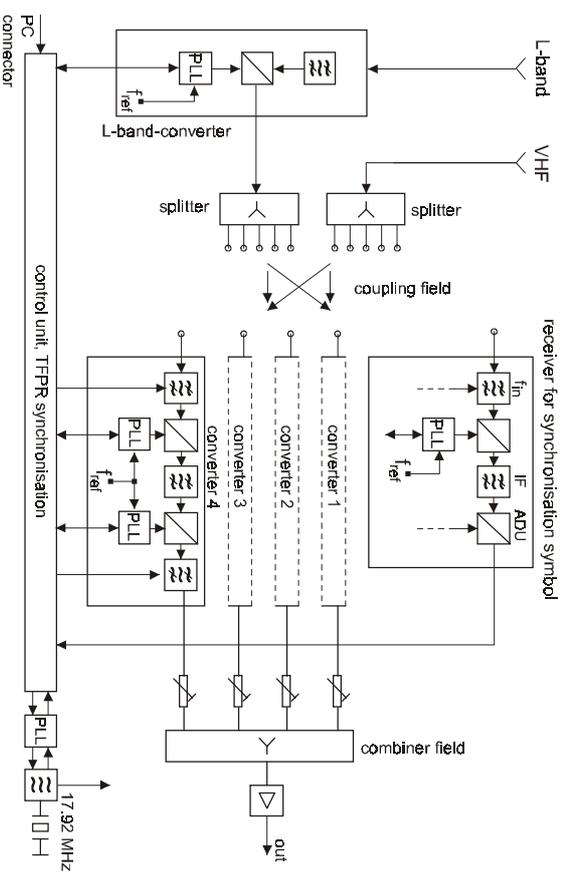


Bild 4: DAB-Umsetzer für vier Blöcke

Bild 4 zeigt das Blockschaltbild eines DAB-Einkopplers für vier Blöcke. Ein DAB-Empfänger synchronisiert den Referenzoszillator, der die Basis für alle PLL bildet. Antennensignale aus dem L-Band werden einheitlich und breitbandig vor dem Antennenverteiler für L-Band-Signale in die B III-Lage umgesetzt. Die terrestrisch empfangenen B III-Signale werden passiv auf die Frequenzumsetzereingänge aufgeteilt. Die Umsetzercassetten bestehen aus einem B III-Eingangsteil, einem ZF-Verstärker mit einem hochwertigen 1,5 MHz breiten Oberflächenwellenfilter für die Zwischenfrequenz von 38,912 MHz und einem Sendeteil zur Erzeugung der Ausgangsfrequenz. Über einen I²C-Bus werden sowohl die Umsetzfrequenzen als auch die Selektionsmittel eingestellt. Die Programmierung des Einkopplers erfolgt über einen externen PC (vorzugsweise einem Notebook). In einem Sammelfeld für die umgesetzten DAB-Signale erfolgt deren Signaladdition, wobei Rückwirkungen zwischen den eingespeisten Signalen unterdrückt werden. Die gegenseitige Entkopplung der Sammelfeldeingänge beträgt ca. 40 dB. Die einstellbaren Dämpfungseinsteller erlauben die exakte Kalibrierung aller Ausgangspegel. Der Treiberverstärker sorgt für eine ausreichende Entkopplung externer Fehlanschlüsse und gewährleistet zudem einen Ausgangspegel von ca. 95 dB_{µV} je Kanal.

Der Umsetzer besteht aus folgenden Komponenten:

- 19"-Grundgerät mit Stromversorgung
- DAB-Digitalmodul
- DAB-Tunermodul
- bis zu 4 Frequenzumsetzer

Die Module sind für den Anschluß der Antennen mit Standard-F-Buchsen ausgestattet.

Eigenschaften:

- Frequenzumsetzer zur Einspeisung von DAB-Signalen in Kabelnetze, Band III
- (BK-Netze, Gemeinschaftsantennenanlagen)
- Frequenzumwandlung von bis zu 4 Blöcken
- Einstellbare Ausgangspegel
- Interne Frequenzstabilisierung
- RS232-Interface für Konfiguration und Service (z.B. mittels Notebook)

Technischen Daten:

- Netzanschluß 230V/50Hz
- Eingang Band III 174...240MHz
- Eingang L-Band 1452...1492MHz
- Ausgang Band III Mode 2
p . 95dBµV
bei BER # 10⁻⁴
- Audioausgang 3,5mm-Klinkenbuchse, stereo
- Konfigurationsschnittstelle: RS232

Das Gerät verfügt über einen automatischen Bootmanager, der bei Netzausfall oder bei Ausfall des Antenneneingangssignals ein automatisches Neubooten und Synchronisieren des Systems sicherstellt.

Konfiguration:

Die Konfiguration des DAB-Einkopplers erfolgt über ein spezielles W95-Programm das zum Lieferumfang des Gerätes gehört. Nach Installation des Pro-

grammes auf einem PC oder Notebook wird dieser mittels Nullmodem-Kabel mit dem Einkoppler verbunden und übernimmt menügesteuert dessen Konfiguration.

Die Software gestattet folgende Aktionen:

- Wahl des COM-Ports (COM1...COM4)
- Aktivierung des Konfigurationsmodus und Auslesen der Konfigurationsparameter
- Wahl der zu konfigurierenden Umsetzerkassette
- Übertragung und Speicherung der Konfigurationsparameter
- Steuertuner:
 - Wahl der Empfangsfrequenz
 - Einstellen des DAB-Modes
 - Anzeige der Tunerparameter
- Umsetzerkassette:
 - Wahl der Empfangsfrequenz
 - Einstellen der Ausgangsfrequenz (Kanal 7A...7D)
- Auslesen des FIC
- Anzeige der BER für die aktuelle Audioapplikation
- Einstellen der Lautstärke für den Audiomonitor (3,5mm-Stereoklinke)
- Wahl der Audioapplikation

Nach dem Speichern der gewählten Konfiguration synchronisiert sich der Umsetzer auf die eingestellte Empfangsfrequenz mit dem vorgegebenen DAB-Mode.

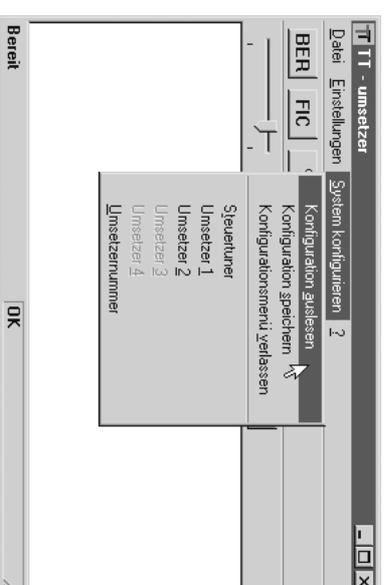


Bild 5:

Konfigurationssoftware für DAB-Umsetzer



Bild 6: DAB-Umsetzer für bis zu vier Blöcke

2.2 Die Einspeisung unterhalb 47MHz

Im Frequenzbereich unterhalb 47 MHz gelten für Eisenach grundsätzlich die gleichen Probleme, wie in Jena. Es besteht die ernstzunehmende Gefahr, daß die Frequenzen des Rückkanalbereiches in Richtung (68) ... 76 ... (87,5) MHz erhöht werden. Dennoch muß entsprechend der Untersuchungen, die an der CATV-Anlage der in Jena ausgeführt worden sind, festgestellt werden, daß dieser Bereich eine brauchbare DAB-Kanalkapazität bereitstellt.

Unterhalb des Kanals C 02 verringert sich erwartungsgemäß die Verstärkung wegen des im Vorwärtszweig liegenden Hochpasses, der den Rückkanalbereich abtrennt. Weiterhin war auch damit zu rechnen, daß die Intermodulationserscheinungen schlechter werden, weil die Verstärker „intern“ nicht mehr optimal angepaßt sind. Die ausgeführten Messungen zeigten allerdings, daß es im Bereich 47 MHz bis 40 MHz zu keiner Verschlechterung des IMA kam. IMA3-Werte in der Größenordnung von 50 dB waren erst unterhalb 40 MHz meßbar.

Zusammenfassend ist zu erkennen, daß:

- die Übertragung von bis zu 4 DAB-Blöcken möglich ist.
- der aus der Frequenzmiedrigung folgende Verstärkungsverlust die „DAB-Reichweite“ innerhalb der Anlage begrenzen wird, während die feststellbaren IM3-Verzerrungen keinen Einfluß haben werden.

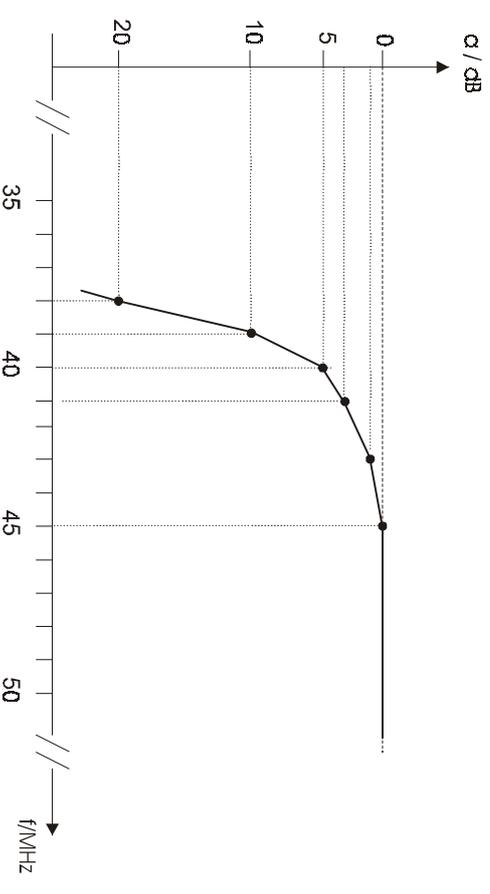


Bild 7 Frequenzgang unterhalb TV-Kanal C 02 (47MHz)

Bild 7 zeigt den in Jena über 6 Leitungsverstärker (tuba SM 8000) gemessenen Verstärkungsverlauf und Bild 8 gibt den im Zweiton-Verfahren gemessenen Intermodulationsabstand 3. Ordnung (IMA3) wieder. Der angegebene dB-Wert ist auf den verfügbaren und damit in der Verstärkung bereits reduzierten Pegel und nicht auf den Anlagenplanungspegel bezogen worden. Diese Angabe ist somit anwendungsorientiert.

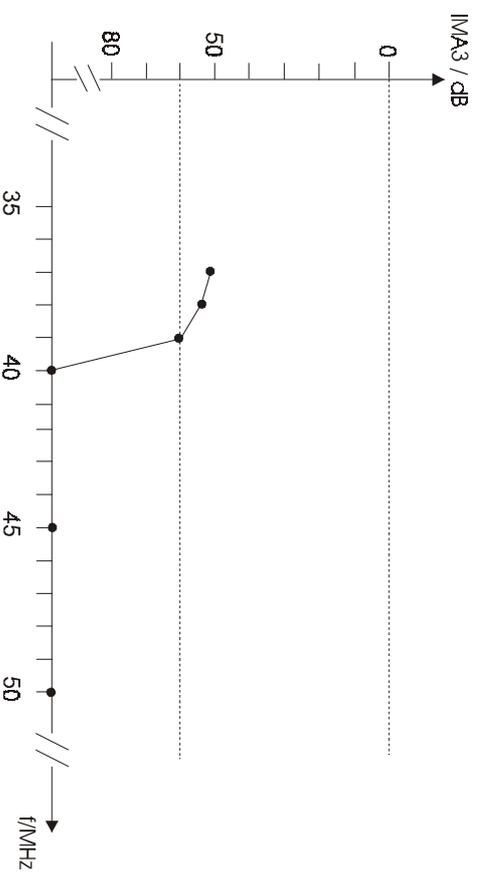


Bild 8 Gemessene Intermodulationsabstände unterhalb 47 MHz

Zusammenfassend ist zu erkennen, daß:

- die Übertragung von bis zu 4 DAB-Blöcken möglich ist.
- der aus der Frequenzmiedrigung folgende Verstärkungsverlust die „DAB-Reichweite“ innerhalb der Anlage begrenzen wird, während die feststellbaren IM3-Verzerrungen keinen Einfluß haben werden.

2.3 Die Einspeisung zwischen Band I und II (68-87,5MHz)

Innerhalb des europäischen TV-B-Standards ist dieser Bereich definitionsgemäß nicht für die Bereitstellung von Fernsehsignalen vorgesehen. Diese Festlegung gilt nicht nur für die terrestrische Fernsehversorgung, sie gilt auch innerhalb von CATV-Anlagen. Für den Frequenzbereich 68 MHz bis 87,5 MHz sind deswegen auch keine Sonderkanäle definiert worden im Gegensatz z.B. zu den Bereichen oberhalb des UKW-Hörfunkbandes. Im genannten Frequenzbereich könnte damit theoretisch für 11 DAB-Blöcke entsprechend etwa 66 Hörfunkprogrammen plus ca. 5 MBits Datendiensten Platz gewährt werden. Dieser Frequenzbereich kann allerdings auch mit Rücksicht auf den UKW-Hörfunk des OIRT-Bereiches auf 76 MHz - 87,5 MHz eingeeengt werden. Folgende grundlegenden Gedanken sind in Betracht zu ziehen, wenn es dar-

um geht, diesen Frequenzbereich für die Übertragung von DAB-Signalen zu nutzen:

a) Das „*Filet-Stück*“: Der Frequenzbereich 68 MHz - 87,5 MHz muß innerhalb der CATV-Anlagen als besonders wertvoll angesehen werden, denn in diesem Bereich sind sowohl minimale Rauschwerte festzustellen als auch eine extreme Großsignalfestigkeit. Beide Leistungsmerkmale werden in dieser Qualität für eine DAB-Übertragung jedoch nicht gefordert, da DAB gegenüber derartigen Störungen extrem robust ist.

b) *Nutzung für Rückkanäle*: Es gibt zunehmend massive Anstrengungen, diesen Frequenzbereich innerhalb der multimedialen Nachrichtenübertragung in den Rückkanalbereich zu integrieren, da der bisherige Frequenzbereich 5 MHz - 30 MHz zu schmal geworden ist.

c) *Störungen anlageninterner Dienste*: Im genannten Frequenzbereich wird bei größeren Anlagen ein Pilotträger bereitgestellt, um die Leistungsverstärker temperaturabhängig regeln zu können. In Ausnahmefällen werden auch Telemetriesignale zur Fernablesung z.B. von Zählerständen übertragen. Beide Signale sind schmalbandig und sollen durch die hinzukommenden breitbandigen DAB-Signale nicht gestört werden, um eine Frequenzneuordnung innerhalb der CATV-Anlage zu umgehen.

Die Untersuchungen des IRT /10/ zur Empfindlichkeit des Kabelpilot-Signals bei 80,25 MHz gegenüber den rauschähnlichen DAB-Signalen haben gezeigt, daß ein DAB-Signal, das gegenüber dem TV-Pegel um 20 dB abgesenkt ist, die Regeleigenschaften im CATV-Netz um nur ca. 0,3 dB verändert. Aus dieser Messung kann geschlußfolgert werden, daß der Parallelbetrieb beider Dienste möglich ist. Im umgekehrten Fall ist ein Parallelbetrieb jedoch nicht möglich. Der Pilot als Sinussignal stört die DAB-Übertragung /4/. Die festzustellende Störwirkung des Pilotsignals ist frequenzabhängig, so daß die nachfolgenden Aussagen differenziert zu betrachten sind. Liegt die Pilotfrequenz exakt in der DAB-Bandmitte, wo das DAB-Signal strukturgemäß ein „Loch“ hat, ergeben sich die günstigsten Verhältnisse. Wandert die Störfrequenz von dieser Lücke zwischen zwei DAB-Subträger, verändert sich bei gleichen Pegelverhältnissen die BER z.B. um mehr als zwei Zehnerpotenzen von 1×10^{-5} auf 5×10^{-3} , wie dies in Bild 18 auf Seite 44 dargestellt ist.

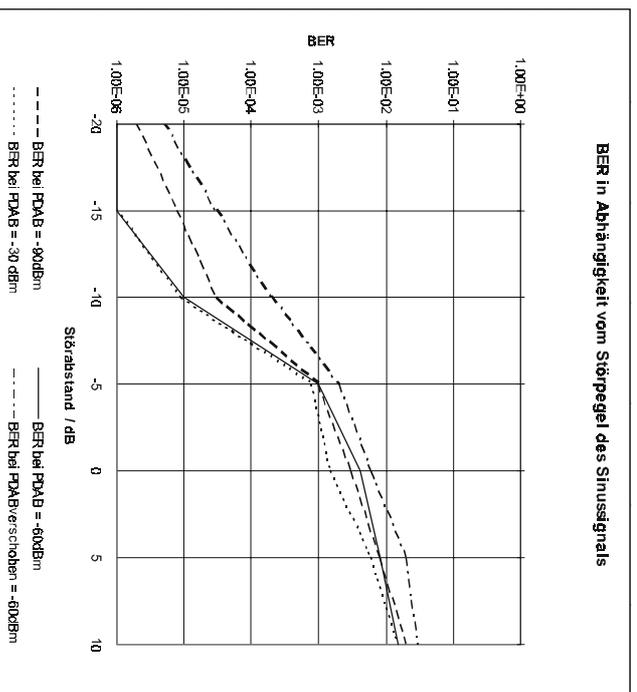


Bild 9 Gemessene BER als Funktion der Sinusstörleistung bei unterschiedlichen Pegelrelationen

Bild 9 zeigt ergänzend den Verlauf der BER in Abhängigkeit vom Verhältnis Sinus-Störtägersignalleistung zu DAB-Signalleistung für den optimalen Fall, daß die Störfrequenz im „DAB-Loch“ liegt. Wird eine Fehlerrate von $BER = 1 \times 10^{-3}$ zugelassen, so muß die störende Leistung des Pilotträgers ca. 5 dB unter der DAB-Signalleistung liegen. Daraus ist zusammenfassend zu schließen, daß ein DAB-Signal nicht gemeinsam mit dem Pilotsignal innerhalb eines DAB-Kanals übertragen werden kann. Die DAB-Kanalplanung muß daher diese gegenseitige Beeinflussung berücksichtigen.

Die Meßwerte der Bilder 9 und 18 wurden mit Hilfe der PC-Einsteckkarte „DAB-Star PnP“ gewonnen.

Der Kabelplitz muß konsequenterweise zwischen zwei DAB-Blöcke eingeordnet werden. Der notwendige Frequenzabstand zwischen dem Pilotsignal und den jeweils äußeren DAB-Subträgern wird einerseits durch die Leistungsfähig-

keit des DAB-Empfängers und andererseits durch die Pegelverhältnisse DAB/Pilot bestimmt. Die Kennwerte der fortgeschrittenen DAB-Digitalkonzepte lassen auf Grund der zusätzlichen digitalen Signalfilterung erkennen, daß bei der Nachbarkanalselektion Werte von ca. 40 ... 50 dB zu erreichen sind und damit zwischen der Pilotfrequenz und dem benachbarten DAB-Subträger ein Abstand von nur noch $f \sim 256$ kHz nötig sein wird. Dieser Frequenzabstand ergibt sich aus der Fast-Fourier-Transformation mit 11 Stützstellen innerhalb der fortgeschrittenen DAB-Digitalkonzepte. D.h., wenn die Pilotfrequenz zwischen zwei DAB-Blöcken liegt, müssen deren äußeren Träger einen Abstand von etwa $f > 512$ kHz haben und dabei in das 16 kHz-Raster passen. Die Mittenfrequenzen der DAB-Blöcke müssen demzufolge um $f > 2.048$ MHz versetzt angeordnet sein. Derartige Filtereigenschaften werden mit den reinen analogen Empfängerkonzepten gegenwärtig nicht erreicht und bleiben voraussichtlich allein der digitalen Signalverarbeitung vorbehalten.

d) Störstrahlprobleme: Es muß sicher vermieden werden, daß die (standardgerechte) Störstrahlung der CATV-Anlage terrestrische Funkdienste nicht beeinträchtigt. Im Frequenzbereich 76 MHz - 87,5 MHz sind in Deutschland Funkdienste tätig, die am Beispiel der Polizei, ein besonderes Schutzbedürfnis aufweisen können. Einzelheiten dazu im Kapitel 2.6.

e) Annäherung an FM-Hörfunksignale: Der FM-Hörfunkdienst beginnt im CCIR-Bereich bei 87,5 MHz. Es ist die Frage zu klären, bis auf welchen Abstand DAB-Signale an das Hörfunkband angenähert werden können. Dabei sind folgende Gegebenheiten zu beachten:

- 1) Selektionseigenschaften realistischer Hörfunkempfänger mit Kabelanschluß.
- 2) Höhe der Hörfunkpegel in Relation zu den TV-Pegeln (10 dB Absenkung ja/rein?).
- 3) Höhe des DAB-Pegels des Blocks unterhalb von 87,5 MHz unter Beachtung möglicher Pegelabsenkungen gemäß 2)
- 4) Notwendiger Frequenzabstand zwischen benachbarten UKW-FM- und DAB-Kanälen.

Bei der Betrachtung der Störempfindlichkeit der Frequenzmodulation (FM) ist zu beachten, daß diese auf Grund des Modulationsgewinns g_{fm} gegenüber dem HF-seitigen Signal-Rausch-Verhältnis (C/N) ein deutlich besseres Signal-Rausch-Verhältnis (S/N) auf der NF-Seite liefert. Dieser Gewinn berechnet sich aus dem Modulationsindex M , der beim UKW-Hörfunk mit $M = 5$ gegeben ist.

Oberhalb eines HF-seitigen Mindest C/N, der sog. FM-Schwelle, berechnet sich das S/N gemäß (10)

$$g_{\text{fm}} = 10 \log 3M^2(M+1) \quad (\text{dB}) \quad (10)$$

$$\text{mit } M=5 \quad g_{\text{fm}} = 26,5 \text{ dB}$$

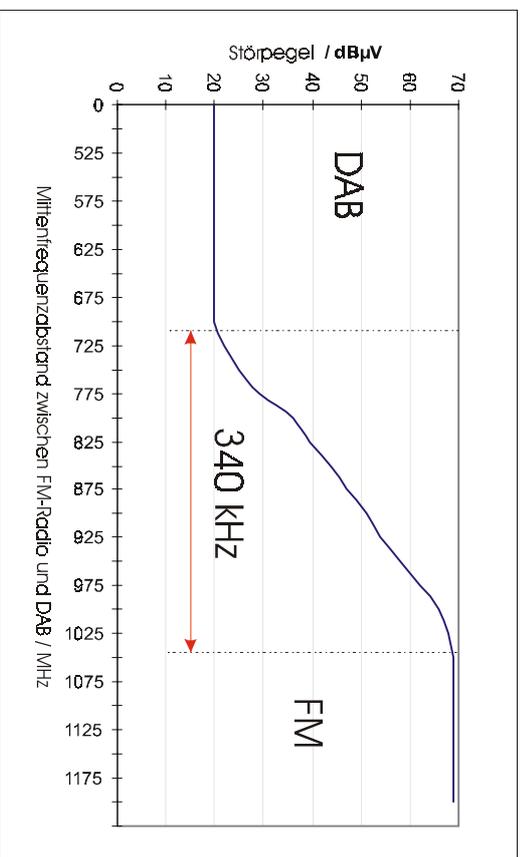


Bild 10 Annäherung von DAB an FM

Bild 10 zeigt den gemessenen Störeinfluß eines DAB-Signals auf den Empfang eines unmodulierten Trägers (87,5 MHz) in der Betriebsart FM-Empfang. Der gewählte Pegel mit $p=30$ dB μ V wurde bewußt niedrig gewählt; damit im Empfänger alle Stufen weitgehend aufregeln. Bei dem DAB-Pegel mit $p=20$ dB μ V konnte ein $S/N = 44$ dB ermittelt werden, wenn das Frequenzoffset bei der Sender null war. Erst bei einem Offset von mehr als $f > 725$ kHz mußte der DAB-Pegel erhöht werden, um wieder das Ausgangsstörverhältnis $S/N = 44$ dB = const. zu erzielen. Die Messung wurde „nach oben“ durch die Rauschseitenbänder des DAB-Sendesignals begrenzt.

1) *Einfluß der Teilnehmer-Anschluß-Dose (TAD):* Die TAD realisiert für die UKW-FM-Signale aus der Sicht des UKW-Anschlusses (IEC-Buchse) einen

Bandpass, der die TV-Signale markant dämpft. Entsprechendes gilt für den TV-Anschluß (IEC-Stecker), der die TV-Signale passieren läßt und die UKW-Signale aussperrt. Damit ergibt sich zwischen den Bändern BI und BII für beide Anschlüsse jeweils ein eigener Filterübergangsbereich. In diesem Zusammenhang sind zu klären:

- 1) Feststellung der Filtereigenschaften der in der Praxis anzutreffenden TAD im Übergangsbereich BI/II.
- 2) Festlegung einer geeigneten Filtertrennfrequenz für BI-Fernsehsignale / DAB-Signale / UKW-FM-Signale für jetzt und in der Zukunft.

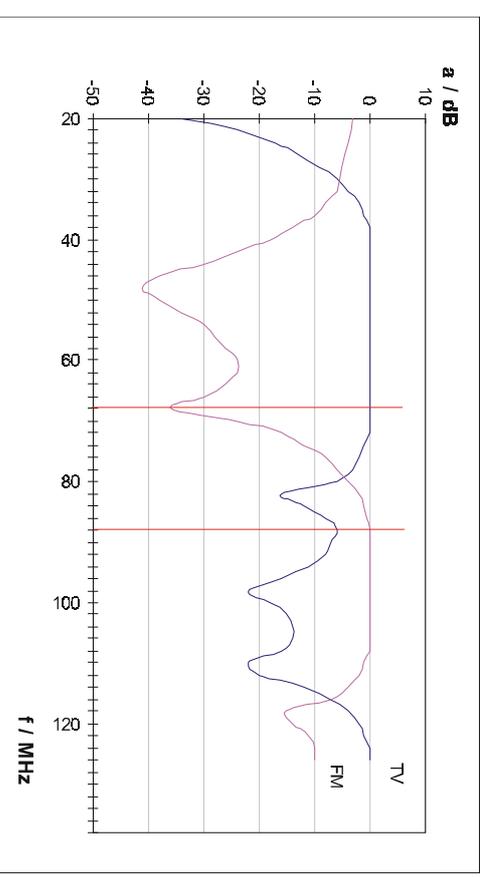
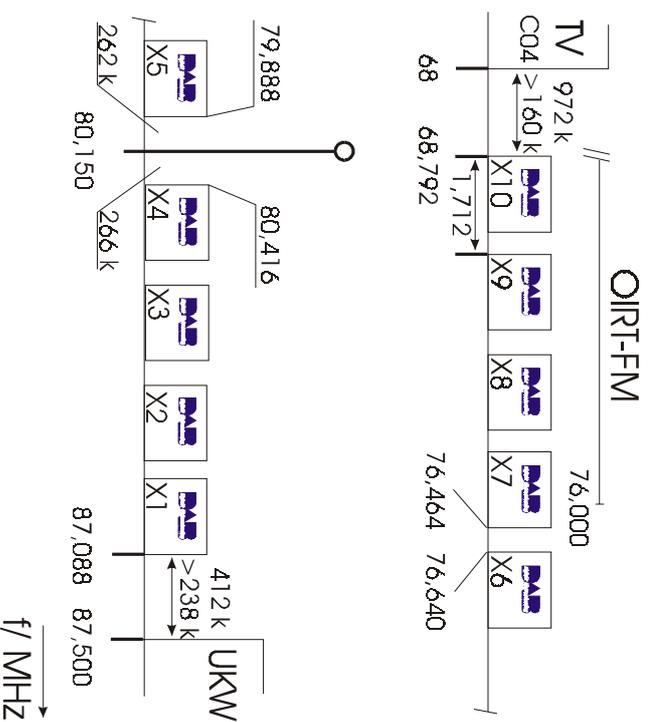


Bild 11 Amplitudenfrequenz einer TAD

Bild 11 zeigt das Übertragungsverhalten einer typischen TAD im Bereich unterhalb 130 MHz. Es ist deutlich zu erkennen, wie die Hochpass- / Tiefpasscharakteristik die DAB-Übertragung im Frequenzbereich unterhalb 87,5 MHz beeinflusst. Innerhalb einer DAB-Kanalbandbreite muß, bezogen auf den Hörerfunkempfängeranschluß, oberhalb 80 MHz mit einer Schräglage von bis zu 1 dB gerechnet werden. Im Bereich 76 MHz bis 80 MHz verschlechtert sich dieser Wert bis knapp 2 dB. Der Fernsehanschluß ist auf Grund eines Dämpfungspols im interessierenden Bereich ungeeignet.



DAB-Blockbreite: 1,536 MHz
Schutzabstand: 176 kHz } 1,712 MHz
Frequenzaster: 16 kHz

Bild 12 DAB-gerechte Frequenzplanung

Bild 12 gibt eine mögliche Anordnung von bis zu 10 DAB-Blöcken im Frequenzbereich 87,5 MHz bis 68 MHz wieder. Als Planungskriterium wurden die Filtereigenschaften moderner digitaler Signalverarbeitung herangezogen.

2.4 Die Einspeisung im Fernsehkanal C 07 (Band III)

2.4.1 Die weltweit erste DAB-Einspeisung in Jena

Das BK-Netz der „BTV Jena GmbH“ überträgt den Frequenzbereich von 47 MHz bis 606 MHz. Bild 13 zeigt einen Ausschnitt der Anlagenstruktur, über die am 23. April 1997 die ersten DAB-Übertragungen vorgenommen worden sind.

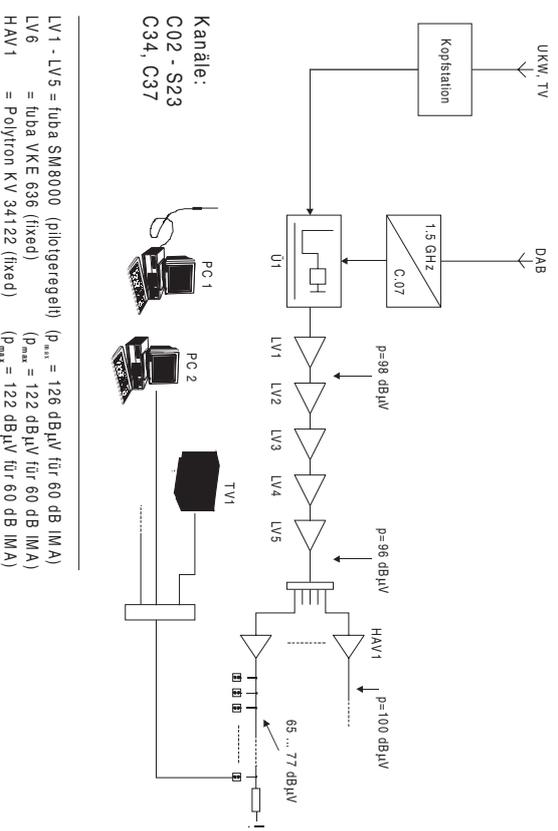


Bild 13: Netzstruktur der BK-Anlage

Am Übergabepunkt Ü1 wurden neben den aufbereiteten terrestrischen und Sat-Programmen experimentell auch DVB-Signale eingespeist. An dieser zentralen Stelle wurde der in Jena empfangbare und in den Fernsehkanal C07 umgesetzte Block LC in die Kabelanlage eingefügt. Die Lage des Blocks innerhalb des Kanals C07 war frei programmierbar, so daß für Untersuchungs-zwecke die Blöcke mit den Blocknummern 7A - 7D generiert werden konnten.

Bild 14 zeigt das gespreizte Spektrum rund um den Fernsehkanal C07. In der Mitte ist der DAB-Block 7C zu sehen und rechts daneben (in der Frequenz oberhalb) der Bildträger des Fernsehkanals C08. Der linke Bildrand beginnt mit dem Farbträger des Fernsehkanals C06. Die beiden Tonträger kennzeichnen die obere Kanal-Bandgrenze von C06.

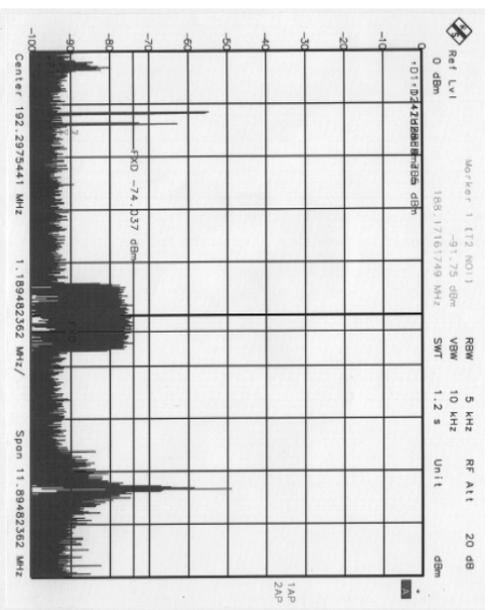


Bild 14: Frequenzspektrum im Kanal C07

Die DAB-Übertragung erfolgte insgesamt über 6 in Kette liegende Verstärker. In Anbetracht der gemessenen Pegel, der bekannten Verstärkereigenschaften und der Aussteuergegebenheiten, konnte errechnet werden, daß der Intermodulationsabstand IMA § 60 dB beträgt. Meißtechnisch waren in diesem Pegelbereich keine IM-Störungen zu beobachten. Unter diesen Bedingungen wurde der DAB-Pegel in weiten Bereichen variiert.

Die Absenkung der DAB-Pegel um mehr als 25 dB gegenüber dem Anlagen-Planungspegel führte zur Erhöhung der Bitfehlerrate auf $BER \sim 10^{-5}$. Spätere Laboruntersuchungen (siehe unter 2.4.2.) erklärten diese Fehlerzunahme mit notwendigen Verbesserungen im Regelbereich der verwendeten DAB-PC-Karte. Die Erhöhung des DAB-Pegels gegenüber dem Anlagen-Planungspegel um 15dB führte hingegen zu keinem Anwachsen der BER. Es wurden aber auch noch keine Bildstörungen beobachtet. Es war zum Zeitpunkt dieser Experimente nicht möglich gewesen, den DAB-Pegel über diesen Wert hinaus weiter heraufzusetzen.

2.4.2 Nachbarkanalselektion

Als Nachbarn für DAB-Signale treten neben der Möglichkeit, daß benachbarte andere DAB-Blöcke vorhanden sind, vor allem der Bildträger des oberhalb gelegenen Fernsehkanals und der obere Tonträger des darunter liegenden Fernsehkanals in Erscheinung. Neben den genannten Störern werden zukünftig aber auch UKW-FM-Signale wirksam ebenso wie die QAM-modulierten Signale des DVB.

In den nachfolgenden Bildern werden im Labor gewonnene Meßwerte wiedergegebenen, wobei zu berücksichtigen ist, daß in der verwendeten DAB-PC-Karte als ZF-Filter das SIEMENS OWF X6922M eingesetzt war, das bezüglich der Nachbarkanalselektion über eine nur geringe Flankensteilheit verfügt. Bessere Werte sind mit den steilflankigeren aber teureren OWF von TELEFILTER aus Teltow zu erzielen.

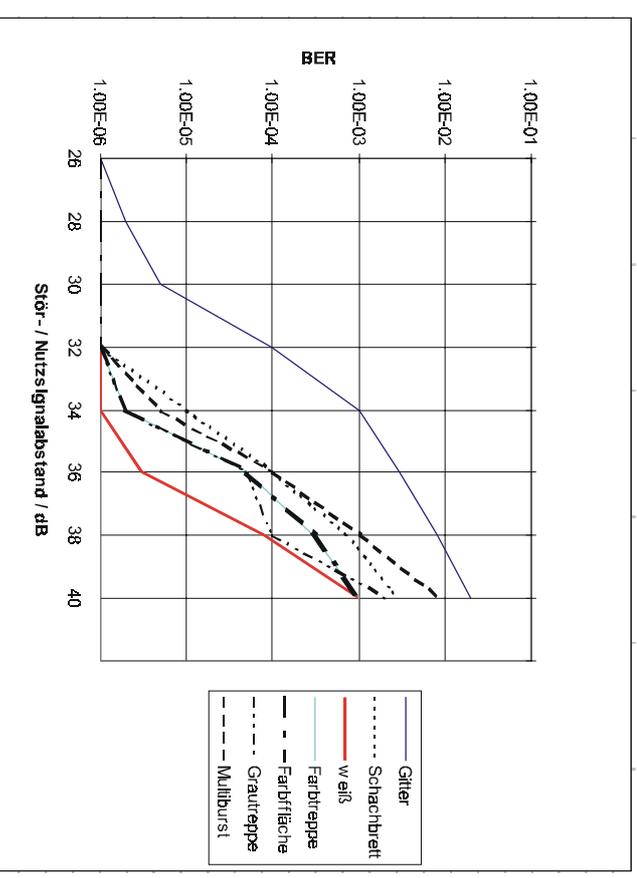


Bild 15 Einfluss unterschiedlicher Bildinhalte auf die BER

Bild 15 gibt die Meßwerte wieder, die für den Block 7D in Anwesenheit des Fernsehkanals C08 ermittelt wurden, d.h. das Diagramm beschreibt die Bildträgerstörungen auch unter Beachtung der real zu beobachtenden spektralen Nebenausendungen, die, zwar im Pegel reduziert, aber über die eigentliche Fernsehkanalbandbreite hinausragen und direkt in den DAB-Block einstreuen.

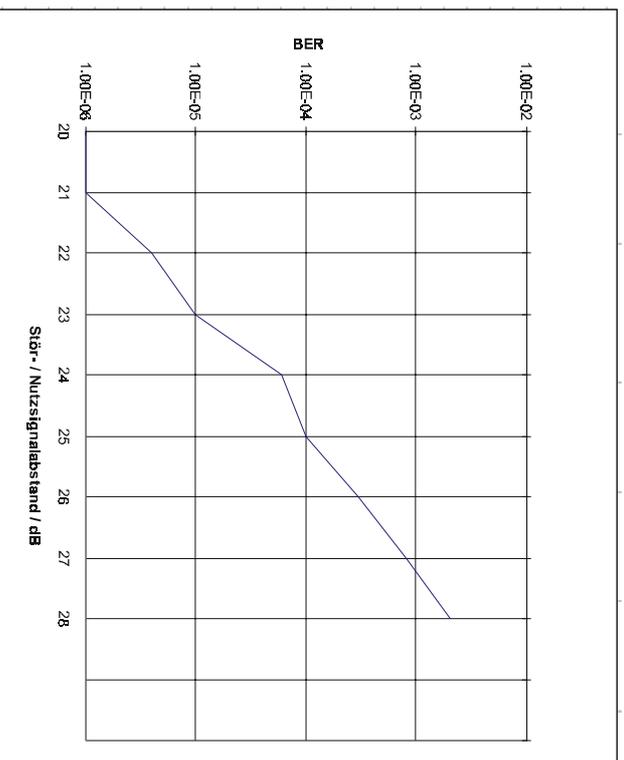


Bild 16 Einfluss des Tontägers auf die BER

Bild 16 zeigt den Einfluss der Tontägerstörungen, die den Block 7A beeinträchtigen und vom Fernsehkanal C06 stammen.

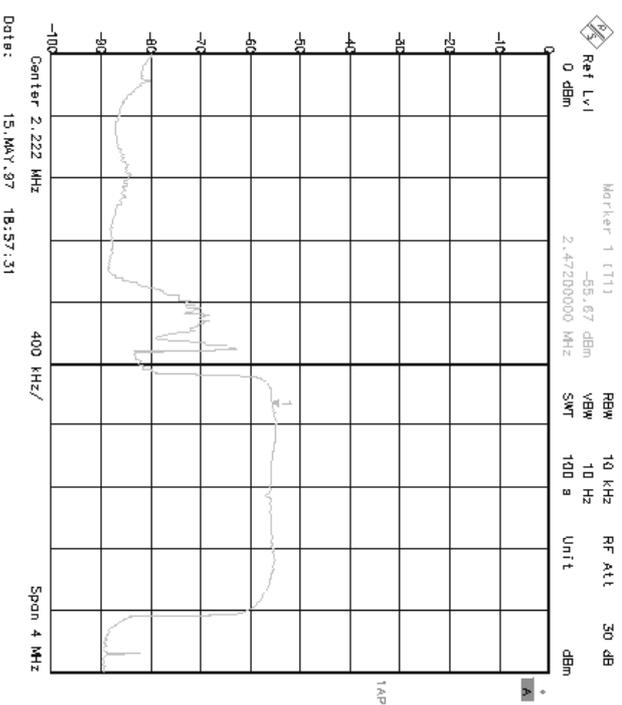


Bild 17 Reststörungen von Nachbarkanal sind links im Bild zu sehen

Bild 17 charakterisiert für den ungünstigsten Störfall, die sich auf der 3MHz-ZF-Ebene ergebenden Pegelverhältnisse. Der Nutzblock L4 bildet sich oberhalb der Center-Frequenz 2,222MHz ab, während unterhalb dieser, der Störblock L4 als Nachbarkanalstörer durchschlägt. Die erkennbaren Stör-Pegelverhältnisse geben Hinweise auf notwendige Verbesserungen bezüglich der Gesamtselektivität. Wenn es nicht gelingt, diese Nachbarkanalstörleistung weitergehend zu unterdrücken, gelangen diese Signale in den Abtastprozess und werden die BER ungünstig beeinflussen.

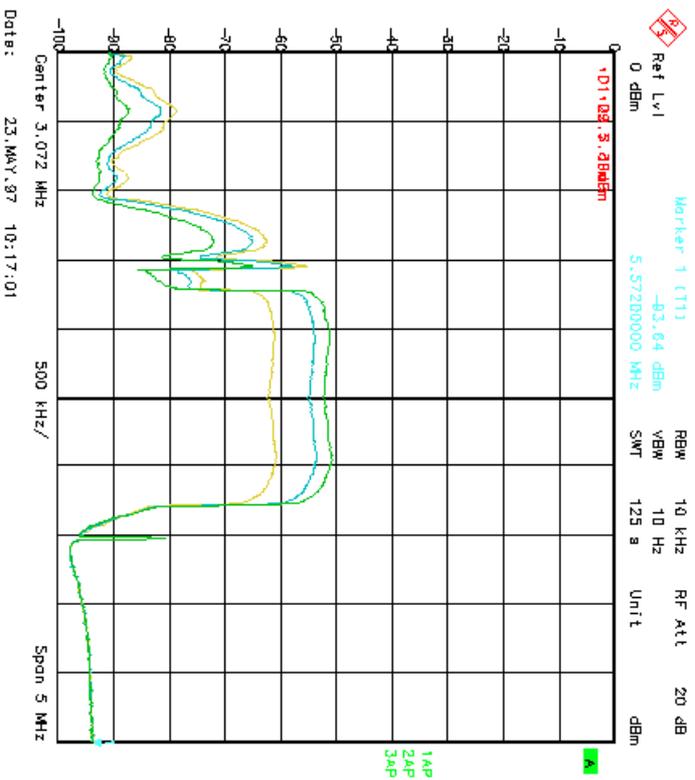


Bild 18 Nachbarkanal Selektion des oberen Nachbarblocks

Bild 18 zeigt die Situation des Bildes 17, wobei der Störpegel immer weiter erhöht wird, bis es zu Regelfehlern kommt. Das Bild 18 zeigt, daß die Pegel im Nutzkanal sinken, während die Nachbarkanalleistung zunimmt. Dieses Problem soll hier nur kurz erwähnt bleiben, weil sich verschiedene Ursachen und Hilfen aufzeigen ließen.

Ein vergleichbares Problem kann aber auch mit sinusartigen Störungen auftreten, wenn Einzelträger z.B. über eine Oberwellenbildung in der BK-Anlage, oder von benachbarten Tonträgern stammen oder über eine fehlerhafte Umsetzung in den ZF-Trakt gelangen. Wie voranstehend gezeigt, muß der betrachtete Störer dabei nicht unbedingt in der Nutzbandbreite liegen. Es reicht zu, daß die Störsignale die ZF-Selektion überwinden und bis zum Analog-Digital-Wandler durchschlagen, unabhängig davon, welche Frequenz diese haben.

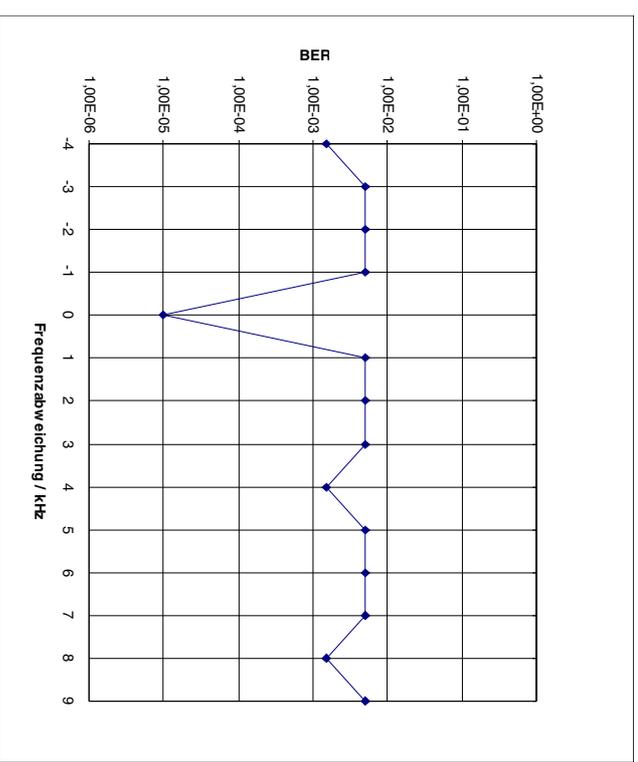


Bild 19 Störwirkung eines in der Frequenz variablen Sinusträgers

Bild 19 zeigt den Störeinfluß eines Sinus-Störträgers innerhalb des DAB-Spektrums. Es ist zu erkennen, daß der Störer abhängig von seiner Lage innerhalb des DAB-Spektrums, unterschiedlich stark stört. Liegt der Sinusstörer exakt in der Bandmitte, wo es keinen Subträger gibt, stört er wesentlich weniger, als wenn er eine diskrete Subträgerfrequenz trifft. Die störbedingte Fehlerzunahme ist dann maximal, wenn Frequenzen im Bereich zwischen den Subträgern liegen. Diese Beobachtung kann damit erklärt werden, daß die Störung eines Subträgers nur ein Dibit beeinflusst, während im Bereich zwischen den Subträgern jeweils zwei Dibit beeinträchtigt werden.

2.4.3 Erfahrungen im Fernsehkanal C 07

Im Fernsehkanal C 07 wurde anfänglich nur ein DAB-Block programmierbar als 7A - 7D bereitgestellt. Mit der Inbetriebnahme des erweiterten Umsetzers für 4 DAB-Blöcke wurde deren Anzahl schrittweise erhöht.

Die eingestellten DAB-Pegel mit -13 dB unter dem Anlagenplanungswert für TV-Synchronpegel (Ebene III Planungspegel $p=96$ dB μ V) waren bewußt so hoch gewählt worden, um für die DAB-PC-Einsteckkarte jegliche nur denkbaren Probleme mit Störungen durch die benachbarten Fernsehprogramme der Kanäle C 06 bzw. C 08 grundsätzlich ausschließen zu können. Die Betriebsfahrten zeigten im Beobachtungszeitraum, daß die Bittfehlerrate im Bereich $BER=10^{-6}..10^{-5}$ zu messen war. Die verwendete BER-Auswertung war softwaremäßig in die DAB-PC-Einsteckkarte integriert und nutzte die Eigenschaften der TEMIC-DAB-IC-Familie /8/. Die beobachteten Schwankungen waren softwareabhängig und sind in der Zukunft noch zu optimieren. Vier DAB-Blöcke und die TV-Signale konnten beeinflussungsfrei nebeneinander übertragen werden.

DAB-Störungen innerhalb der Jenaer Kabelanlage konnten erst mit stark erhöhten DAB-Pegeln erzielt werden. Bei diesem Experiment wurden über den Zeitraum von 14 Tagen die DAB-Pegel 20 dB über den Wert des TV-Planungspegels angehoben. Bei diesen Werten waren am Kontrollmonitor keine Störungen zu beobachten und auch die Signalauswertung mit dem Spektralanalysator FSEA der Fa. R&S ließ unmittelbar keine Probleme erkennen. Insgesamt ergaben sich aber innerhalb der beiden Testwochen 8 Teilnehmer-Störmeldungen, die mit diesem DAB-Experiment in Zusammenhang gebracht werden konnten. Es wurden Tonstörungen im Kanal C 06 gemeldet, wobei ein manchmal leicht zischelndes Geräusch beanstandet wurde. Die Störauswertung zeigte, daß diese Tonstörungen nicht als generell einzustufen waren, sondern in den beobachteten Fällen nur bei „Billiggeräten“ auftraten.

2.4.4 Die Übertragung von DAB-Signalen in „belegten“ analogen Fernsehkanälen

Allgemeines

Im Gegensatz zu den Betrachtungen und Experimenten zur terrestrischen Parallelsstrahlung von DAB- und TV-Signalen innerhalb von Fernsehkanälen in den Bereichen B III und B IV/V gemäß /2/ und der Mitnutzung der seinerzeit

planungstechnisch begründbar freigehaltenen 1 MHz Frequenzlücken zwischen den TV-Kanälen im Frequenzbereich oberhalb von 300 MHz, werden hier nur anlageninterne Untersuchungsergebnisse folgen.

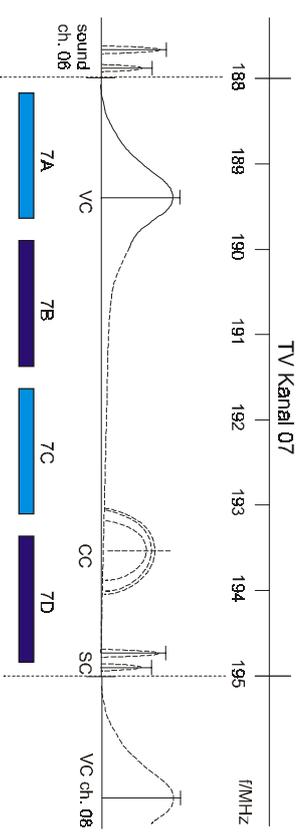


Bild 20: Zuordnung der Fernsehsignale und DAB-Blöcke im Kanal C 07

Bild 20 zeigt die Situation im Fernsehkanal C 07. Bildträger, Farbträger und die beiden Tonträger sind gemäß „Standard B“ eingezeichnet. Die Tonträger des Kanals C 06 säumen den linken Bildrand, während der Bildträger des Kanals C 08 rechts eingezeichnet ist. Die Lage der dem Kanal C 07 zugeordneten DAB-Blöcke 7A - 7D vervollständigt das Bild. Gemäß der Zuordnung der DAB-Blöcke zum TV-Signal wurden mögliche Störkombinationen untersucht.

DAB-Signale stören TV-Signale

Es wurden DAB-Signale mit reduzierten Pegeln in den belegten TV-Kanal C 07 eingespeist, bis diese als Störerscheinung wahrgenommen wurden. Der Pegel für das angeschlossene Fernsehgerät war mit $pTAD = 72$ dB μ V normgerecht gewählt. Grundsätzlich war für merkliche Störungen mit vergleichbarem Störeindruck folgende Störstruktur zu beobachten /4/:

Störender DAB-Block	DAB-Pegel	Störerscheinung
7A	40 dB μ V	Streifen
7B	42 dB μ V	grobes Korn
7C	46 dB μ V	feines Korn
7D	50 dB μ V	Farbentsättigung

Tabelle 3: Störbeurteilung der Blöcke A-D

Generell muß als erstes berücksichtigt werden, daß es sich bei den angegebenen Zahlen um die Ergebnisse subjektiver Beurteilungen handelt und die Anzahl der Probanden gering war. Zweitens ist zu berücksichtigen, daß die Betrachtung stehender oder bewegter Bilder unterschiedliche Störeffindungen verursacht.

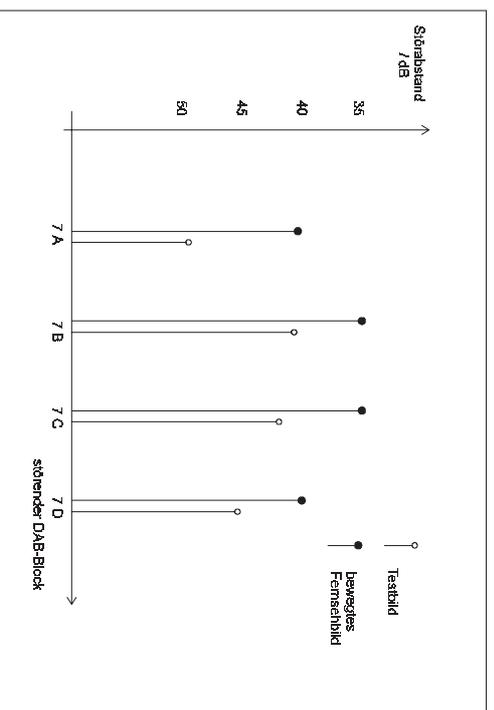


Bild 21: Notwendige Störabstände des Fernsehsignals zu DAB-Signalen

Bild 21 zeigt die Beurteilungsergebnisse für den Fall, daß Störungen durch ein DAB-Signal vom Fernsehteilnehmer als störend entdeckt werden. Der Wert „Störabstand“ gibt in dB an, um welchen Pegel der TV-Synchronpegel über dem des DAB-Signals liegen muß. Die Betrachtungen im Testbild sind im Mittel etwa 5 dB kritischer als die im bewegten Bild. Der für PAL gewünschte Signal- zu (Rausch-) Störabstand von typ. 46 dB findet sich hier nur als Mittelwert über alle DAB-Blöcke im Fall des Testbildes wieder. Es kann ebenso wie in Tab. 1 erkannt werden, daß die Blöcke „B“ und „C“ relativ unkritisch sind.

Untersuchungen zu Störungen von TV-Signalen auf DAB-Signale

In laufende DAB-Übertragungen wurden TV-Signale mit zunehmendem Pegel eingespeist, bis sich die BER am DAB-Empfänger erhöhte und typisch den Normwert von 10^{-4} erreichte.

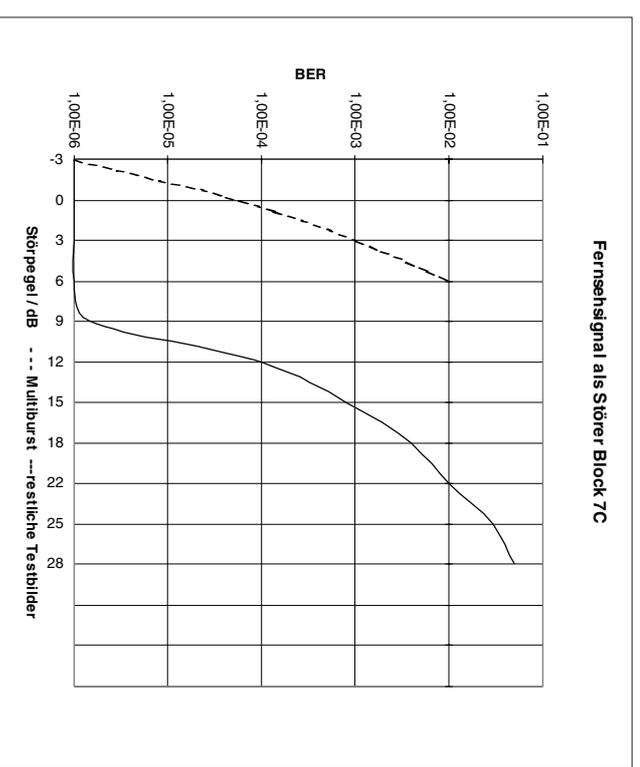


Bild 22 Störeinfluß unterschiedlicher Bildinhalte auf die BER

Bild 22 zeigt Meßwerte, die mit einem Farb bild-Testgenerator von Grundig gewonnen wurden. Es ist zu beobachten, daß erwartungsgemäß das Testsignal „Multiburst“ als herausragender Störer in Erscheinung tritt, da dieses Signal, vergleichbar mit einem Wobbelsignal, das ganze Spektrum erfaßt und bei höheren Videofrequenzen weit über den fernsehtechnisch typischen Pegeln liegt. Bei der Interpretation des Bildes ist daher die diesen Sachverhalt beschreibende linke Kurve nicht zu verwenden. Alle weiteren Testbilder liefern hingegen deckungsgleiche Resultate. Bei einem Signal-Stör-Abstand von 12 dB erreicht die BER den Wert von 10^{-4} und ist damit vom Zahlenwert her identisch mit bekannten theoretisch und auch praktisch ermittelten Werten für den Fall der Rauschstörungen. Diese Zahlenähnlichkeit ist mit Sicherheit auf das Descrambeln im DAB-Empfänger zurückzuführen.

Umfangreiche Experimente haben aber auch weitergehend gezeigt, daß sowohl die Audioapplikationen als auch die Datendienste bei den verwendeten DAB-P-C-Einsteckkarten noch sicher arbeitsfähig sind, wenn die BER = 10^{-2} und z.T.

noch deutlich darüber lag. Da die BER für den DAB-Teilnehmer keinerlei Kriterium für „Empfang“ oder „gestörter Empfang“ ist, sondern nur das Kriterium „es geht“ gilt, kann als neues Kriterium der Signal-Stör-Abstand mit $S/N = -22$ dB für BER = 10^{-2} gelten.

Schlussfolgerungen

Die gleichzeitige Übertragung von DAB-Signalen innerhalb von belegten analogen Fernsehkanälen ist ohne Weiteres nicht möglich, wenn dem Fernsehteilnehmer nicht ein gewisses Maß an Störungen zugemutet werden soll. Diese Störungen würden das gewohnte S/N für Rauschen von z.B. 46dB um bis zu 18dB verschlechtern, wenn das statische Testbild als Beurteilungskriterium verwendet wird und die DAB-Übertragung optimal im Block „B“ oder „C“ erfolgt. Im Fall bewegter Bilder würde die Störwahrnehmung mit einer Rauschverschlechterung von ca. 13 dB vergleichbar sein. Es kann aber andererseits auch eingeschätzt werden, daß eine evtl. mögliche Verringerung dieser Kluft um ca. 10 dB in der Praxis u. U. zu akzeptablen Verhältnissen führen könnte.

2.5 Die Einspeisung oberhalb 450 MHz

Die obere Frequenzgrenze innerhalb der Breitband-Kabelanlagen wird durch deren Ausbauzustand bestimmt. Während früher die obere Frequenzgrenze mit 300 MHz beim Sonderkanal S 20 lag, dominieren heutzutage Anlagen mit einer Bandbreite bis 450 MHz, während modernere Anlagen Signale sogar bis 606 MHz bzw. 860 MHz übertragen.

Erwartungsgemäß fällt oberhalb der vorgegeben Frequenzgrenze die verfügbare Verstärkung ab. Diese Tatsache ist einerseits auf die nachlassende Verstärkung im Verstärker selbst zurückzuführen und andererseits auf die nicht weiter ausgebauten Leitungszerrung. Wachsende Frequenzen fordern den Ausgleich stetig zunehmender Leitungsdämpfung, wobei dieses Gesetz theoretisch quadratisch ist und die Dämpfungsverhältnisse der Formel (11) folgen:

$$a(f_2)/dB : a(f_1)/dB = \% \alpha (f_2 / f_1) \quad (11)$$

Diese quadratische Abhängigkeit endet ab einer bestimmten Frequenz, die für die verwendeten Kabeltypen unterschiedlich ist. Oberhalb dieser Eckfrequenz nimmt die Dämpfung einen zunehmend steileren Verlauf an. Die üblichen Lei-

tungszerrter berücksichtigen diesen Sachverhalt nicht, so daß sich zu höheren Frequenzen hin zunehmend Entzerrungsprobleme einstellen.

Es wurden an zwei CATV-Anlagen mit jeweils mehr als 15.000 Teilnehmeranschlüssen Untersuchungen zum Verstärkungsverhalten und zur Großsignalfestigkeit vorgenommen. Es wurde stets darauf geachtet, daß alle Messungen praxisorientiert waren z.B. dadurch, daß die Messungen während des regulären Anlagenbetriebs vorgenommen wurden. In beiden Anlagen wurden etwa 32 analoge TV-, 7 DVB- und 32 UKW-FM-Programme und ein DSR-Paket übertragen. Die UKW-Signalpegel entsprachen den TV-Pegeln, d.h. sie waren nicht abgesenkt.

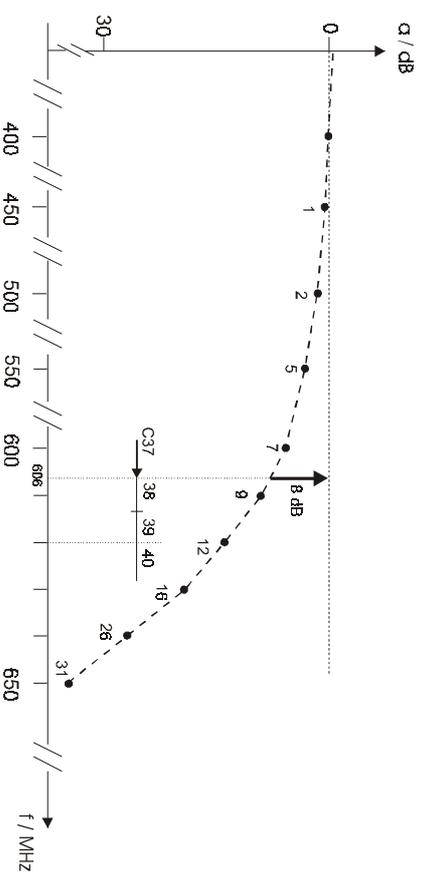


Bild 23 Frequenzgang oberhalb 606 MHz an der BK-Anlage in Jena

Bild 23 zeigt den Frequenzgang der CATV-Anlage „BK-Jena TV“ hinter dem 6. Leistungsverstärker am Eingang des Hausanschlußverstärkers in einem Hotel. Bei der Auswertung des Bildes 23 muß allerdings berücksichtigt werden, daß zwischen dem letzten Leistungsverstärker und der Meßstelle etwa 100m 7mm-Kabel vom Typ 75-7-G (Kabelwerke Vacha) liegen und somit der Frequenzgang generell noch nicht entzerrt ist. Dieses Bild entspricht damit aber auch rein zufällig der Situation einer ca. 100m entfernten Teilnehmer-Anschlußdose innerhalb eines großen Hauses nach dem Hausanschlußverstärker. Im Diagramm wurde der 0-dB-Wert der Einfachheit halber auf die 400 MHz-Marke gelegt.

Der Fernsehkanal C 37 begrenzt den regulären Übertragungsbereich im Bereich IV. Die Kanäle C 38 - C 40 liegen demzufolge „außerhalb“. Wird davon ausgegangen, daß die mögliche Leitungszerrung bis 606 MHz ideal erfolgt und dann weitergehend ohne Einfluß bleibt, beträgt die Dämpfungszunahme im gezeigten Beispiel von 606 MHz bis 630 MHz weniger als 8 dB. Die im Kapitel 2 gegebenen Betrachtungen zur Pegelplanung lassen erkennen, daß weder dieser Verstärkungsverlust noch ein weit darüber hinausgehender Verstärkungsabfall kaum Probleme erwarten läßt und damit die DAB-Übertragung oberhalb der Frequenzgrenze dieser Anlage möglich sein wird. Dies bestätigt auch die IMA3-Messungen, die in Bild 24 wiedergegeben werden.

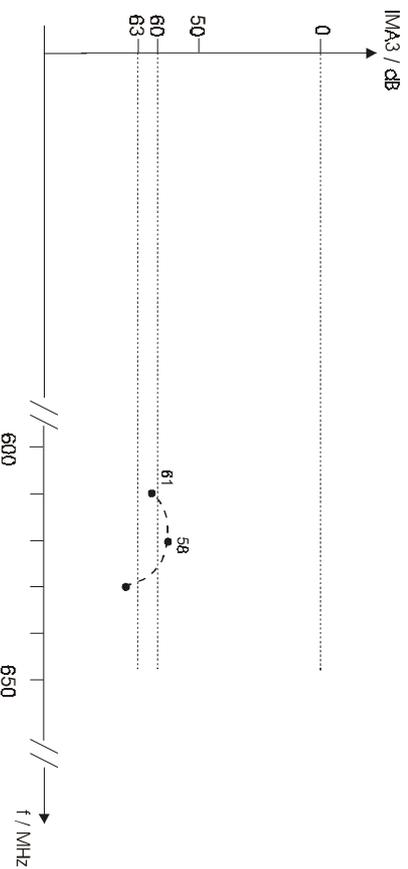


Bild 24 Intermodulations-Störabstand oberhalb 606 MHz in Jena

Zusätzlich zu den Untersuchungen der IMA3-Störungen wurden sicherheits- halber auch ausgewählte Intermodulations-Störmöglichkeiten zweiter Ordnung untersucht. Es wurden stets Frequenzkombinationen derart gewählt, daß der in Jena für Experimente freie TV-Kanal C 07 immer mit genutzt werden konnte, entweder dadurch, daß einer der beiden Sin-Störsignale im Kanal C 07 lag oder die erwartete Störung in diesem Kanal ausgewertet werden konnte. Eine der Störfrequenzen lag aber immer bei 606 MHz oder darüber.

Tabelle 4 gibt ausgewählte, typische Meßwerte wieder:

Frequenz f_1	Frequenz f_2	gestörte Frequenz $f_{\text{stör}}$	Störabstand a/dB
600 MHz	190 MHz	410 MHz	> 70 dB
620 MHz	190 MHz	430 MHz	> 70 dB
650 MHz	190 MHz	460 MHz	> 70 dB
600 MHz	410 MHz	190 MHz	~ 70 dB
610 MHz	420 MHz	190 MHz	> 70 dB
<i>in 10 MHz-Schritten ohne Änderung weiter bis:</i>			
650 MHz	460 MHz	190 MHz	> 70 dB

Tabelle 4

Damit scheiden auch Intermodulationsstörungen 2. Ordnung für ein mögliches Versagen einer DAB-Übertragung oberhalb der BK-Netzgrenze aus.

Weitere Untersuchungen haben an der bis 450 MHz ausgebauten CATV-Anlage der „Kabelmedia Plauen“ in Eisenach gezeigt, daß es auch nach 20 Lei- tungs- und Hausanschlußverstärkern keine Probleme gibt.

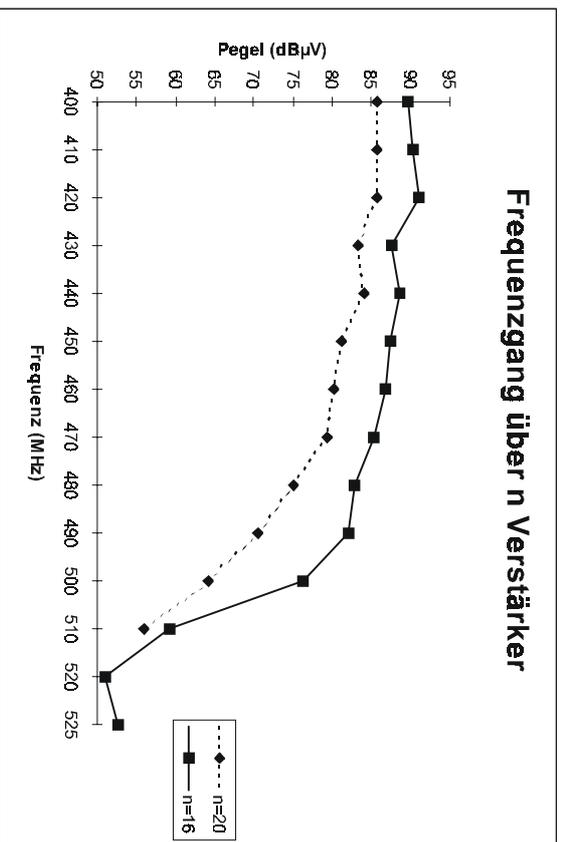


Bild 25 Nutzbare Pegelwerte oberhalb der BK-Netzgrenze 450 MHz in Eisenach

Bild 25 gibt den nach 20 Leistungsverstärkern gemessenen Verstärkungslauf dieser CATV-Anlage wieder. Der Verstärkungsabfall im Bereich 20 MHz oberhalb von 446 MHz ist mit ca. 3,5 dB so minimal, daß sogar TV-Signale übertragen werden könnten. Die ausgeführten Zweiton-Intermodulationsuntersuchungen, die wiederum mit zwei Sinusträgern in einem Abstand von 1 MHz ausgeführt wurden, ließen keine Änderungen der Daten gegenüber dem regulären Übertragungsbereich erkennen.

Zusammenfassend konnte auch für diese CATV-Anlage geschlußfolgert werden, daß weder der minimale Verstärkungsabfall noch der hohe IM-Abstand Probleme für die DAB-Übertragungen erwarten ließen. Die praktisch vorgenommenen DAB-Versuchsübertragungen waren entsprechend auch erfolgreich.

2.6 DAB und das Störstrahlungsproblem der CATV-Anlagen

2.6.1 Allgemeine Störstrahlung

Die Energieabstrahlung aus CATV-Anlagen muß unterhalb eines vorgegeben Minimalwertes liegen, damit terrestrische Funkdienste nicht oder nur in vertretbarem Maße beeinträchtigt werden. Dieses Problem besteht vor allem in den Frequenzbereichen, die nicht den terrestrisch versorgten Rundfunkbereichen zuzuordnen sind. Es sind die sog. Sonderkanalbereiche und es ist der Bereich zwischen dem Fernsehband BI und dem UKW-FM-Bereich BII. Die zulässige Störstrahlleistung darf in Deutschland den Wert von

$$P_s \# 10^{-10} \text{ W} \quad (20 \text{ dBpW})$$

nicht überschreiten. Daraus folgt, daß alle in den CATV-Anlagen verwendeten Komponenten ausreichend geschirmt sein müssen. Für realistische Signalpegel innerhalb der Kabelnetze ($p \# 100 \text{ dB}\mu\text{V}$) und die Annahme einer Planungsreserve von ca. nur 6 dB bei der Störleistungsaddition mehrerer Störquellen, errechnet sich das geforderte Schirmungsmaß zu:

$$\text{as } \S 75 \text{ dB}$$

In modernen und gut gepflegten Anlagen sind diese Werte vor allem im Bereich der Verstärker und der erdverlegten Kabelnetze problemfrei einzuhalten. Ältere Hausverteilnetze und vor allem mangelhafte Verbindungskabel zwischen der TAD und dem Empfangsgerät sind die hervorzuhebenden Störquellen.

Bei der Diskussion der Nutzung „unüblicher“ Frequenzen für die DAB-Übertragung sind die realistischen Störstrahlgegebenheiten erneut zu betrachten, damit vor allem die Funkdienste mit einem besonderen Schutzbedürfnis (Polizei ...) nicht beeinträchtigt werden. Aus diesem Grund waren einerseits praxisrelevante Störstrahlmessungen und exakte Pegelrechnungen vorzunehmen.

2.6.2 Störstrahlmessungen in Eisenach

Die CATV-Anlage Eisenach der „Kabelmedia Plauen“ erfaßt das Gebiet der Stadt Eisenach nahezu vollständig und versorgt ca. 15.000 Haushalte. Es ist ein Netz, das über 25 Jahre uneinheitlich und inselartig entstand, dann zusammen wuchs und in den letzten Jahren in großen Teilen modernisiert worden ist.

Der Problembereich beschränkt sich daher auf alte Anlagenteile, die vor allem im häuslichen Bereich ungenügend geschirmte Baugruppen und Kabel verwenden. Im Februar 1998 wurden durch die RegTP Außenstelle Erfurt gezielt Messungen vorgenommen, um die DAB-Einspeisung im Falle von Eisenach als repräsentative Anlage beurteilen zu können.

Tabelle 5: BK-Anlage Eisenach Fa. Kabelmedia Plauren
RegTP - Meßwerte 23.02.1998

Frequenzen (MHz)	i MP1...MP	i MP6...MP1	i MP1...MP1
80,150	5	1	1
196,250	24,4	36,2	33,9
367,250	30,5	46,9	44,4
447,250	20,9	40,6	30,6
470,000	20,9	41,4	38,8
	21,3	40,8	38,2

Mittelwertbildung der Störstrahlungsleistung [dBpW]

Die Tabelle 5 listet 11 beobachtete Problemfälle/Messpunkte (MP) auf, die rein geographisch sowohl modernisierten (MP1-5) als auch älteren Anlagenteilen (MP6-11) zuzuordnen sind. Die in die Tabelle eingetragenen Werteangaben in dBpW liegen typisch 20 ... 40 dB oberhalb des Grenzwertes P_s # 20 dBpW und kennzeichnen damit Anlagenfehler. Diese Zahlenwerte entsprechen den Werten, die unter Zuhilfenahme der Fernfeldformel berechnet worden sind, ohne daß Korrekturen vorgenommen worden sind. Zwei Fehlerquellen lassen zu hohe Meß- und Rechenwerte erwarten:

- Bei Meßentfernungen von z.T. nur 1,5 ... 10m sind die Voraussetzungen für die Fernfeldbedingungen (Meßabstand $l > 5 \dots 10\lambda$) noch nicht gegeben. Das Nahfeld liefert zu hohe Werte!
- Die Störquelle ist weder punktförmig noch läßt sich diese durch die Geometrie eines Dipoles beschreiben. Unzureichend geschirmte Hausverteilernetze strahlen „flächenförmig“, woraus sich bei den vorliegenden Meßgegebenheiten ebenfalls zu hohe Werte ergeben.

2.6.3 Störleistungsbetrachtung

Sensible Funkdienste im Bereich 68 MHz - 87,5 MHz und z.B. das Autotelefonnetz C im Bereich oberhalb 451 MHz bis 466 MHz sollen näher betrachtet werden. Alle diese Funkdienste sind analog und verwenden FM-Modulation mit 25 KHz-Raster. Die HF-Bandbreiten betragen ca. 17 KHz. Im Gegensatz zum Funkdienst selbst, der seine Sendeleistung innerhalb der 17 KHz-Bandbreite aussendet, handelt es sich bei DAB um ein Breitbandsystem mit B = 1,5 MHz Bandbreite. Da das DAB-Signal eine rauschähnliche Struktur hat, reduziert sich der DAB-Störeinfluß auf einen nur 17 KHz breiten FM-HF-Kanal um

$$\begin{aligned} a_{\text{red}} &= 10 \log (17 \text{ KHz} / 1,5 \text{ MHz}) \\ a_{\text{red}} &= -19,6 \text{ dB} \end{aligned} \quad (12)$$

Auch wenn das Schirmungsmaß einer Kabelanlage z.B. um 20 dB zu niedrig sein würde, wäre unter Zuhilfenahme des Wertes gemäß (12) der bandbreitenbezogene Absolutwert noch nicht überschritten. Es ist aber aus der Pegelplanrechnung des Kapitels 3 bekannt, daß die DAB-Signale gegenüber den TV-Signalen mit wesentlich geringeren Pegeln eingespeist und empfangen werden können. Der Planungsvorschlag sieht eine Pegelabsenkung von $p = -20$ dB vor. Für diesen reduzierten Pegel ergibt sich auch unter den ungünstigsten Verhältnissen einer extrem ausgedehnten und nur mäßig gepflegten CATV-Anlage immer noch ein Signal-Störverhältnis von $S/N = 26$ dB für das DAB-Signal, wenn das TV-Signal am „Ende des Versorgungsbereiches“ ein $S/N = 46$ dB hat. Dieser Wert beinhaltet für das DAB-Signal aber noch eine Reserve von reichlich 10 dB ... 14 dB, bevor sich die Fehlerrate auf $BER = 10^{-4}$ erhöht.

Unter Annahme des max. TAD-Pegels für Fernsehsignale in einer voll ausgebauten CATV-Anlage von typ.

$$P_{\text{TV}} = 72 \text{ dB}\mu\text{V} \quad (-37 \text{ dBm})$$

errechnet sich die Störstrahlungsleistung zu

$$\begin{aligned} P_s &= P_{\text{TV}} - a_p - a_{\text{red}} - a_s \\ P_s &= -37 \text{ dBm} - 20 \text{ dB} - 19,6 \text{ dB} - 75 \text{ dB} = -151,7 \text{ dBm} \end{aligned} \quad (13)$$

Bei dem gegebenen Grenzwert von $P_s = 20$ dBpW (-70 dBm) liegt der Rechenwert für eine fehlerhafte und dennoch „zulässige“ Anschlußschnur TAD - Empfänger bezüglich des Schirmungsmaßes im 0 dB-Bereich! Mäßig geschirmte

Anschlusskabel realisieren typisch 40 dB und bilden aus der Sicht der Betrachtungen für DAB somit grundsätzlich keine Gefahr, die gegen die Nutzung der diskutierten sensiblen Bereiche sprechen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden,

- DAB-Signale stören aus energetischer Sicht ca. 40 dB weniger als TV-Bildträgersignale
- Das DAB-Signal kann auch mit -30 dB ... -40 dB unterhalb des TV-Planungspegels übertragen werden, wenn die BK-Anlage über das entsprechende S/N verfügt (Bild 26). Es zeigt für den Fall einer TAD mit einem ungünstigen S/N von nur 50 dB auf, daß bei der DAB-Pegelplanung ein Pegelreservbereich von 18 dB verbleibt, der frei genutzt werden kann!

2.6.4 Das Frequenzloch im Bereich 446 MHz - 470 MHz

Der anlageninterne Fernsehkanal S 38 endet planungstechnisch bei 446 MHz. Der nächste Fernsehkanal ist der erste UHF-Kanal C 21 und dieser beginnt bei 470 MHz. Es ergibt sich demzufolge ein „Loch“ von 24 MHz-Breite, in das mindestens 12 DAB-Blöcke eingespeist werden könnten. Dieses Loch existiert nicht nur bei Anlagen mit einer Ausbaustufe bis 450 MHz, sondern es ist als „generell“ einzuschätzen, da die meisten Fernsehgeräte keine Abstimmung auf diesen Frequenzbereich ermöglichen. Seitens der Anlagenbetreiber kann daher in diesem Frequenzbereich auch keine Fernsehversorgung eingeplant werden. In Anlagen mit Pilotregelung muß die „obere“ Pilotfrequenz evtl. unbedingt korrigiert werden, damit das Pilotsignal störungsfrei zwischen zwei DAB-Blöcken arbeiten kann.

Für die optimierte DAB-Blockplanung in diesem Bereich sind bei Berücksichtigung aller Planungsgrundsätze die „üblichen“ Mindestabstände zwischen den Blöcken, die 16 kHz-Rasterung und die Einhaltung der Abstände zu den benachbarten TV-Kanälen zu beachten. Im Bereich 446-470 MHz können 13 DAB-Blöcke eingebaut werden, nicht nur 12, wie anfangs vermutet wurde. Es existiert weiterhin ausreichend „Platz“, um den oberen Regel-Piloten einzubauen. Da es keine Festlegungen zur Frequenz des oberen Piloten gibt, muß dieser zwischen zwei Blöcken eingeschachtelt werden. Der „seitliche“ Abstand zwischen Pilotfrequenz und den benachbarten DAB-Außenträgern, muß, wie bei 80,15 MHz ausgeführt, mindestens 512 kHz betragen.

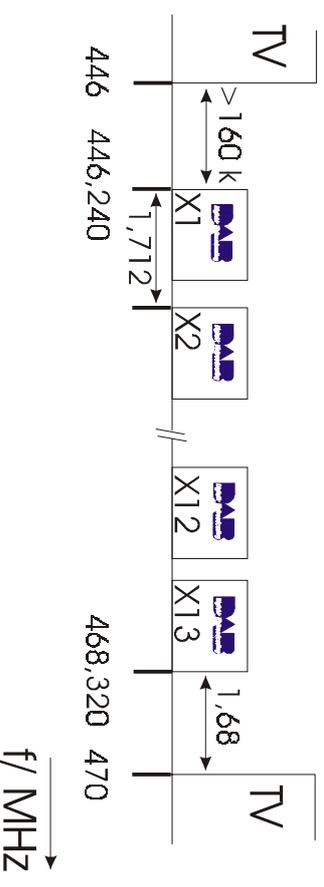


Bild 26 Frequenzplanung oberhalb von 446 MHz für DAB

Bild 26 zeigt eine mögliche Frequenzplanung zur Unterbringung von bis zu 13 DAB-Blöcken, wobei die sonst übliche Fernsehkanalrasterung zur Verbesserung der Frequenzökonomie nicht berücksichtigt wurde.

Die Experimente in der CATV-Anlage in Eisenach haben die Erwartungen voll bestätigt, daß DAB oberhalb der CATV-Bandgrenze übertragen werden kann. Das Experiment leitete die DAB-Signale von dem zentralen Signaleinspeisepunkt über 20 Leistungsverstärker, einen Hausanschlußverstärker bis hin zur einer TAD in einem noch nicht rekonstruierten Hausverteilnetz (MP 10). Der verwendete DAB-Pegel wurde an der Einspeisestelle 20 dB unterhalb des TV-Planungspegels mit $p = 74$ dB μ V bereitgestellt. An der entferntesten (alten) TAD ergaben sich Pegelverhältnisse gemäß Tabelle 6:

Table 6	80 MHz (Pilot)	70 dB μ V	~	-39 dBm
C. 08	447 MHz (Sinus)	75 dB μ V	~	-34 dBm
a) 470 MHz (Sinus)	69 dB μ V	~	-40 dBm	
b) 470 MHz (DAB)	67 dB μ V	~	-42 dBm	
	47 dB μ V	~	-62 dBm	

An einer weiteren TAD hinter 14 Leistungsverstärkern, einem Verteilverstärker und zwei in Kette liegenden Hausanschlußverstärkern ergaben sich am Ende

eines ca. 100m langen hausinternen Kabels an einer ebenfalls alten TAD die Verhältnisse gemäß Tabelle 7:

Tabelle 7	80 MHz (Pilot)	70 dBµV	~	-39 dBm
C. 08		76 dBµV	~	-33 dBm
447 MHz (Sinus)		60 dBµV	~	-49 dBm
a) 470 MHz (Sinus)		58 dBµV	~	-51 dBm
b) 470 MHz (DAB)		38 dBµV	~	-71 dBm

Zur weiteren Interpretation der Zahlenangaben betrifft des Empfanges des DAB-Signals muß beachtet werden, daß die rauschbegrenzte Empfindlichkeit der DAB-Empfänger für eine BER = 10^{-4} typisch $p < -90$ dBm entsprechend 19 dBµV angegeben wird:

Im Beispiel der Tabelle 6 könnte der Pegel für das 446 MHz-TV-Signal minimal sogar den Wert $p = 54$ dBµV betragen, womit sich linear abgesenkt der verfügbare DAB-Pegel bei 470 MHz auf $p = -75$ dBm reduziert. Auch unter dieser Bedingung ergibt sich für einen Empfänger mit der Grenzemfindlichkeit von $p < -90$ dBm immer noch eine Pegelreserve von $p = +15$ dB. Diese 15 dB Reserve könnte bei weitergehenden Überlegungen wie folgt genutzt werden:

- Ausgleich höherer Dämpfungen im Übertragungsbereich bis 470 MHz, d.h. Vergößberung der „DAB-Reichweite“.
- Erweiterung des für DAB genutzten Frequenzbereiches über 470 MHz hinausgehend
- Verringerung der Empfängerempfindlichkeit zur Kosteneinsparung speziell bei Kabelempfängern und PC-Karten.

3 Schlußfolgerungen

Die durchgeführten Untersuchungen in Eisenach und Jena haben gezeigt, daß eine DAB-Einspeisung oberhalb der Standard-Frequenzgrenze, d.h. oberhalb 450 MHz, realistisch durchführbar ist. Aufgrund der hohen Empfindlichkeit der DAB-Empfänger besteht noch eine Reserve, die eine über 21 MHz hinausgehende Nutzung ermöglicht, oder wie im Falle der Diskussion im 80 MHz-Bereich, zu einer weiteren Pegelreduzierung genutzt werden kann. Es bestehen demzufolge weder Verstärkungsprobleme noch erhebliche Probleme mit der Funkstörstrahlung von Anlagen, die den technisch geforderten Zustand noch nicht ausweisen können.

Es kann zusammenfassend geschlußfolgert werden, daß im Rahmen der Arbeiten zur DAB-Einspeisung in BK-Anlagen zwei relevante Frequenzbereiche gefunden worden sind, die eine DAB-Übertragung erlauben. Dabei werden die bisherigen Signalübertragungen weder bezüglich derer Pegel noch bezüglich der vorhandenen Kanalbelegungen (TV, FM, DVB, Pilot) beeinträchtigt. Es besteht in diesem Zusammenhang somit der Bedarf, einen kabeltauglichen DAB-Empfänger zu konzipieren, der die Gegebenheiten in BK-Anlagen berücksichtigt und nutzt.

4 Quellennachweis

- /1/ Lauterbach, Th.;
„Digital Audio Broadcasting“
Franzis-Verlag GmbH, Feldkirchen 1996
- /2/ Müller-Römer, F.
„DAB- Teil eines künftigen Multimedia-Systems für den mobilen Empfang“
Sonderschrift der DAB-Plattform 1996 / div. Vorträge
- /3/ Reimers, U.;
„Digitale Fernsehtechnik“ 2. Auflage
Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York
- /4/ Hentze, R.;
„Diplomarbeit „Analyse DAB-Empfänger“ (113-97D-01)
Technische Universität Ilmenau
- /5/ DIN EN 50248
„Eigenschaften von DAB-Empfängern“ Entwurf 12.96
- /6/ DIN EN 50083-7
„Kabelverteilssysteme für Ton- und Fernsehroundfunk-Signale“
-Systemanforderungen- Deutsche Fassung1996
- /7/ Weißleder, H.; Roscher, B.; Kieser, H.;
Patentmeldung „Verfahren zur Erzeugung einer Referenzfrequenz bei Fre-
quenzumsetzern“
- /8/ TEMIC
Datenblätter der Schaltkreise U2733B-C, U2750B-B, U2754B-B, U2755B-B, U2759B.
- /9/ Weißleder, H.; Kieser, H. und andere
Umsetzung von DAB-Signalen in BK-Anlagen
NTZ 50(1998) H.4 S.56-59
- /10/ Schwaiger, K.-H.
Zulässiger DAB-Pegel zum Schutz des KabelpiLOTS
Meßdatenblatt des Instituts für Rundfunktechnik GmbH München
- /11/ Thieme
Unterlage der Regulierungsbehörde Telekommunikation und Post
Außenstelle Erfurt
- /12/ Weißleder, H.; Hentze, R.; Roscher, B.; Fuchs, G., Kieser, H.
„DAB in CATV Networks“
IEEE Trans. On Consumer Electronics; August 1998 Vol. 44 pp. 977-83
- /12/ Weißleder, H.; Hentze, R.; Roscher, B.; Fuchs, G., Kieser, H.
„Versorgung von CATV-Anlagen mit DAB-Signalen“
43. Int. Wiss. Kolloquium TU Ilmenau 21.-24.09.98 Band 3 S. 380-385

*In der Schriftenreihe der Thüringer Landesmedienanstalt
bei KoPäd sind bisher erschienen:*

Bettina Brandi / Johann Bischoff

Offener Kinderkanal Gera

Konzept für einen Kinderkanal im Offenen Kanal

Die Studie bietet Handlungsvorschläge für die Einrichtung eines Offenen Kinderkanals an, zeigt variable Möglichkeiten auf und kann zur Diskussion über die Beibehaltung oder Reformbedürftigkeit der aktuellen Praxis des Betriebs von Offenen Kanälen anregen.

Die Autoren zeigen Umsetzungsmöglichkeiten eines Offenen Kinderkanals und benennen die dafür erforderlichen Rahmenbedingungen. Als Hilfestellung für die konkrete Arbeit stellen sie außerdem die Grundlagen einer anwendungsbezogenen medienpädagogischen Arbeit in Offenen Kanälen vor und entwickeln Vorschläge für Projekt- und Kursangebote.
TLM Schriftenreihe Band 1, München 1997, 112 S., DM 24,- (ISBN 3-929061-61-9)

Werner Früh / Hans-Jörg Stiehler

Informationsquelle Fernsehtext

Inhaltliche und formale Gestaltung lokaler Fernsehtext- programme und ihre Bedeutung für die Nahraum- kommunikation in Thüringen

Lokale Fernsehtexte in Kabelnetzen haben sich in den letzten Jahren mit vielen Kabelanlagen und einem reichhaltigen Spektrum unterschiedlicher Textangebote zu einer respektablen Säule der Thüringer Rundfunklandschaft entwickelt. Das Thüringer Rundfunkgesetz vom Dezember 1996 beseitigte die werblichen Beschränkungen und öffnete den Weg zum lokalen Kabelfernsehen. Dadurch wurden die Angebotsituation des lokalen Rundfunks ausgeweitet und seine Finanzierungsmöglichkeiten erheblich verbessert.

Die Studie illustriert die Leistungen, die die Textangebote erbringen und die publizistischen Möglichkeiten, die sie bieten. Sie macht aber auch

Defizite und Grenzen dieses Lokalmediums deutlich.

TLM Schriftenreihe Band 2, München 1997, 104 S., DM 24,- (ISBN 3-929061-62-7)