

DRM-Empfang – es geht los!

Dipl.-Ing. ULF SCHNEIDER – DL3KS

Digital Radio Mondiale schickt sich an, KW- und MW-Empfang wieder attraktiv zu machen. Ein digitales Modulationsverfahren ermöglicht schmalbandige Stereoübertragung! Der Beitrag beschreibt die Technologie und stellt eine vom Amateur nachvollziehbare Empfangslösung vor.

Durch die Verfügbarkeit von digitalen Modulationsarten, kombiniert mit modernen, weiterentwickelten MPEG-ähnlichen Audio-Codiervorgängen eröffnen sich jetzt neue Wege, in den AM-Bereichen unter Beibehaltung der 9 bzw. 10 kHz Kanalbandbreite einen Quantensprung in der übertragenen Audioqualität zu erzielen. Der Hauptvorteil der Rundfunkübertragung in den AM-Bereichen – nämlich die hohe Reichweite aufgrund der Ausbreitungsbedingungen, erscheint mit der Realisierung einer neuen Audioqualität in einem völlig neuen Licht.

In Zusammenhang mit dem immer gravierenden werdenden Mangel an FM-Kanalkapazität ist es nicht verwunderlich, daß sich im Jahre 1998 ein internationales Konsortium von Broadcastern, Systemtechnik-Herstellern und Codec-Softwarefirmen unter dem Namen *Digital Radio Mondiale* formierte, das sich zum Ziel setzte, einen digitalen Rundfunkstandard für die AM-Bereiche einzuführen [1], [12].

Dieses Konsortium hat inzwischen Beachtliches geleistet. Ein digitales Übertragungsverfahren wurde entwickelt, erprobt und im Jahr 2001 bei der ETSI standardisiert. Im März 2002 kam mit der IEC Publicly Available Specification ein weiterer Meilenstein zur geplanten Systemeinführung hinzu.

Momentan befinden wir uns in der Phase der Pilotprojekte mit Prototyping. Neben vielen zeitlich begrenzten DRM-Testsendungen von verschiedenen Ländern auf Kurz- und Mittelwelle wird in Burg bei Magdeburg auf der Frequenz 531 kHz ein erstes digitales 24-h-Gemeinschaftsprogramm abgestrahlt. Etliche Sendeanstalten sitzen in den Startlöchern für digitale Programmaussendungen auf Mittel- und Kurzwelle.

Fazit: Es ist an der Zeit, daß sich interessierte Amateure mit Empfangstechnik für DRM beschäftigen. Der Betrag will zeigen, daß dies mit relativ bescheidenem Aufwand realisierbar ist.

■ Digitales Modulationsverfahren bei DRM [2]

Bei digitalen Modulationssignalen liegt die Information nicht mehr analog, sondern codiert in Form von Symbolen vor. Wir haben es also nicht mehr mit einem wertkontinuierlichen Signal zu tun, sondern mit mehreren diskreten Zuständen. Bei DRM kommt ein kombiniertes Verfahren aus Amplituden- (ASK)

und Phasenumtastung (PSK), nämlich die Quadratur-Amplitudenmodulation (QAM), zur Anwendung.

Betrachten wir zunächst die Phasenumtastung (PSK): Hierbei wird die Phase des Trägersignals umgeschaltet. Eine Phasenumtastung zwischen zwei Zuständen heißt 2-PSK, höherwertige Phasenumtastungen werden entsprechend als *n*-PSK bezeichnet, wobei *n* für die Anzahl der zur Verfügung stehenden Zustände steht.

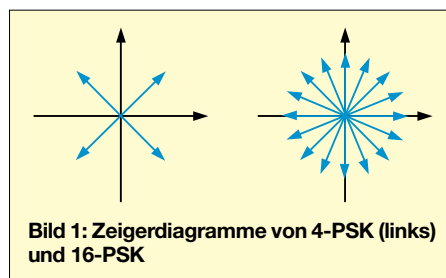


Bild 1: Zeigerdiagramme von 4-PSK (links) und 16-PSK

Um auch solche höherwertigen Phasenumtastungen noch anschaulich darstellen zu können, kann man das Zeigerdiagramm heranziehen. Dabei werden die Sinusschwingungen durch einen Zeiger repräsentiert, dessen Länge die Amplitude und dessen Winkel die Phasenlage kennzeichnet. Bild 1 veranschaulicht 4- und 16-PSK.

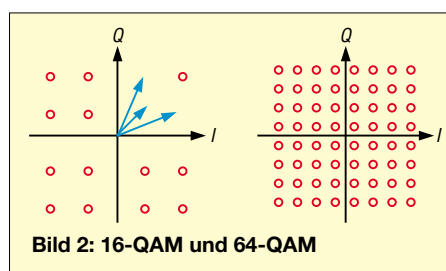


Bild 2: 16-QAM und 64-QAM

Besonders bei der 16-PSK wird deutlich, daß es mit einer steigenden Anzahl an Zuständen für den Empfänger immer schwieriger wird, die einzelnen Zustände zu unterscheiden. Der maximal erlaubte Phasenfehler wird mit steigendem *n* immer kleiner. Die Wahrscheinlichkeit für eine richtige Zuordnung läßt sich jedoch noch erhöhen, wenn man die Zeiger geschickter anordnet.

Dazu wird bei der Quadraturamplitudenmodulation (QAM) nicht nur die Phase, sondern auch die Amplitude umgetastet. Man kann in Bild 2 links sehen, daß dort die Zustände weiter auseinander liegen als bei der 16-PSK in Bild 1. Die ebenfalls bei DRM verwendete 64-QAM ist in Bild 2 rechts dargestellt.

■ Bessere Robustheit und höhere Übertragungsraten

Für den Demodulationsvorgang eines digitalen Signals ist das Schwellenverhalten typisch. Mit abnehmendem Signal-Rauschverhältnis (S/N) bleibt die Fehlerrate bis zu einem systemspezifischen S/N-Wert klein, um bei Unterschreitung schwellenartig anzusteigen. Der Empfänger kennt nun nur noch zwei Zustände: Empfang oder keinen Empfang. Da subjektiv Empfangsaussetzer unangenehmer empfunden werden als verrauschter Empfang, sind alle möglichen Register zu ziehen, um solche Aussetzer bei sich ändernden Übertragungswegeigenschaften zu unterbinden.

Das Guard Intervall

Das größte Problem auf Mittel- und Kurzwelle sind die auftretenden Phasenverschiebungen und -überlagerungen (Selektivschwund). Insbesondere auf KW sind relativ große Laufzeitunterschiede zu verarbeiten. Bild 3 verdeutlicht, wie diese durch Mehrwegeempfang entstehen können.

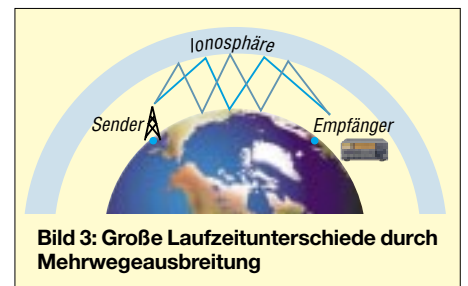


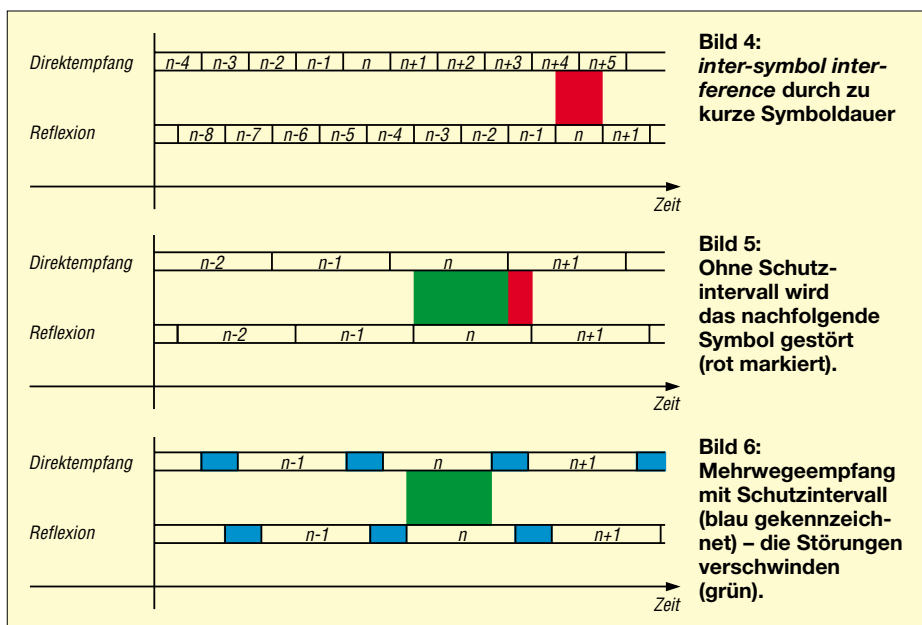
Bild 3: Große Laufzeitunterschiede durch Mehrwegeausbreitung

Was im Empfänger mit einem nicht an diese Verhältnisse angepaßten Signal geschieht, zeigt Bild 4. Das Signal, das den Empfänger auf dem kürzesten Weg erreicht, wollen wir dabei als Direktempfang bezeichnen, ein Signal mit einer längeren Laufzeit als Reflexion. Wenn wir mit *n* ein einzelnes Symbol aus dem Datenstrom herausgreifen, dann trifft der reflektierte Anteil erst dann am Empfänger ein, wenn die Symboldauer bereits überschritten ist. Es stört daher die nachfolgenden Symbole, man spricht hier von *inter-symbol interference (ISI)*.

Eine plausible Lösung wäre, die Dauer der Symbole erst einmal so zu verlängern, daß das reflektierte Signal nur das in der zeitlichen Abfolge direkt benachbarte Symbol stört, wie es in Bild 5 der Fall ist.

Um auch noch diese Art der Störung zu vermeiden, verlängert man das übertragene OFDM-Symbol periodisch nach vorne, fügt also ein sogenanntes *Guard Intervall* (Schutzintervall) ein, siehe Bild 6.

Nun haben die Symbole der aus verschiedenen Richtungen eintreffenden Signale innerhalb des Schutzintervalls genug Zeit, sich zueinander einzuschwingen, wobei sie sich je nach Phasenlage sowohl gegenseitig auslöschen als auch verstärken können.

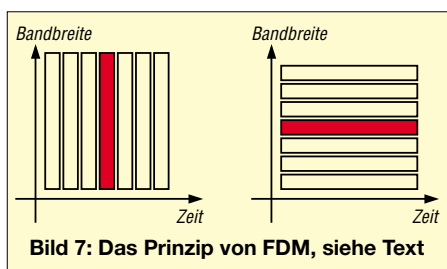


In dem nachfolgenden Zeitraum, nach diesem Einschwingvorgang, ändert sich das Symbol nicht mehr und ist nun ohne Störungen demodulierbar.

FDM und OFDM

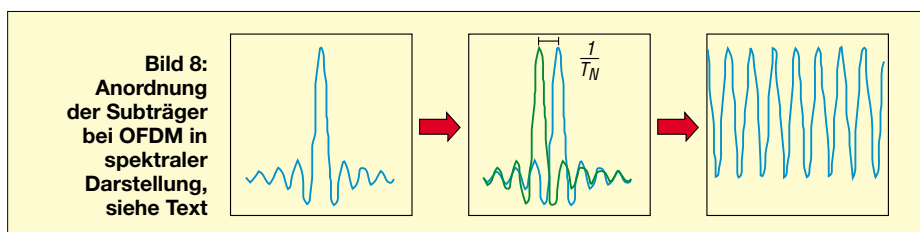
Es ist leicht einzusehen, daß die gerade beschriebenen Maßnahmen die übertragene Datenrate erheblich reduzieren. Um dennoch mehr Symbole übertragen zu können, macht man sich einen wichtigen nachrichtentechnischen Zusammenhang zunutze: das *Zeitdauer-Bandbreite-Produkt*. Bei Verlängerung der Dauer eines Signals verringert sich zwangsläufig seine Bandbreite. Es wird also Bandbreite frei, die sich ausnutzen läßt, um mehrere Symbole gleichzeitig zu übertragen.

Dafür verteilt man den Datenstrom im Frequenz-Multiplex auf viele verschiedene Trägerfrequenzen, was sich *Frequency Division Multiplex (FDM)* nennt. Die Idee ist also, statt kurzer Symbole, wie links in Bild 7, nacheinander viele lange Symbole gleichzeitig (Bild 7 rechts) zu übertragen. Dadurch entsteht kaum Einbuße an übertragbarer Datenrate, die Robustheit gegenüber Laufzeitunterschieden hat sich jedoch wesentlich verbessert.



Zunächst erscheint es schwierig, im Empfänger die vielen Subträger wieder voneinander zu trennen und zu demodulieren. Geschickte Anordnung der Subträger vereinfacht diesen Vorgang jedoch erheblich. Durch das *Guard Intervall* haben die Subträger nämlich das Frequenzspektrum einer sogenannten *si-Funktion* ($\sin(x)/x$, Bild 8 links).

Ordnet man diese nun in einem solchen Abstand zueinander an, der dem Kehrwert des Nutzintervalls (das ist die Dauer eines Symbols ohne *Guard Intervall*) entspricht, dann löschen sich die Ränder der *si-Funktionen* gemäß Bild 8 gegenseitig aus. Eine solche Anordnung nennt sich orthogonal, daher spricht man von *Orthogonal Frequency Division Multiplex (OFDM)*.



Nun, da die einzelnen Subträger sauber nebeneinander liegen, lassen sie sich im Empfänger durch Multiplikation mit einem konjugiert komplexen Träger gleicher Frequenz und anschließender Integration isolieren und dann mit Hilfe der Fast Fourier Transformation (FFT) demodulieren. Diese Aufgabe erledigt eine Demodulatorsoftware.

Einen weiteren wichtigen Beitrag zur Robustheit von DRM leistet die Art und Weise der Kanalkodierung (*Coderate*), indem dem Datenstrom redundante, d.h. keine Nachricht enthaltende, Informationen hinzugefügt werden, die es dem Empfänger erlauben, Fehler zu erkennen und entsprechend zu korrigieren.

■ Senderseitige Systemarchitektur

Die senderseitige Generierung des DRM-Signals können Interessenten unter [3] nachlesen; aus Platzgründen will ich mich hier auf folgendes beschränken: Glücklicherweise lassen sich viele AM-Sender mit vertretbarem Aufwand auf DRM-Betrieb umrüsten. Die erzielbare effektive DRM-Leistung liegt dabei wegen des erforderlichen Dynamikbereichs für die gleichzeitige Übertragung einer hohen Trägeranzahl 16 bis 20 dB unter dem 1-dB-Kompressionspunkt der Endstufe für

einen Träger. Diese Leistung entspricht der um 6 bis 10 dB reduzierten AM-Trägerleistung.

Die Ausgangsleistung und damit der Energieverbrauch des Senders gegenüber AM sinken entsprechend bei gleichbleibender Reichweite wegen des Systemgewinns gegenüber AM, der seinerseits aus der um 10 dB niedrigeren Decoderschwelle (S/N) für die höchste mögliche Datenrate resultiert.

Main Service Channel (MSC)

Wie setzt sich nun der gesendete DRM-Datenstrom zusammen? Der *Main Service Channel* enthält die Daten aller Services (Dienste), die im DRM Multiplex enthalten sind. Dieser Multiplex kann ein bis vier dieser Audio- oder Datenservices enthalten. Die Bruttobitrate des *MSC* hängt von der DRM-Kanalbandbreite und vom Übertragungsmodus ab. Es ist möglich, unterschiedliche Fehlerschutzgrade für einen oder mehrere Services auszuwählen.

Der Quellencodierer gewährleistet die Anpassung des Eingangsdatenstroms an das verwendete digitale Übertragungsformat. Er realisiert im Fall der Audioquellencodierung die Kompression der Bitrate.

Wegen der Beschränkung der Kanalbandbreiten auf 9 bzw. 10 kHz und den Parametern der Kanalverschlüsselungs- und Modulationsschemata liegen die zur Verfügung stehenden Bitraten für die Audiocodierung im Bereich von 8 kBit/s bis 48 kBit/s.

20 kBit/s stehen bei einem Standard-HF-Kanal zur Verfügung, 48 kBit/s bei Kanalbündelung. Um bei diesen niedrigen Bitraten eine optimale Tonqualität zu erreichen, bietet das System 2 verschiedene Codierungsschemata: – *MPEG-4 AAC+SBR* mit besonderen Fehlerschutzmechanismen für allgemeinen Mono- und Stereorundfunk (z.B. *low complexity stereo* bei einer Bitrate von 20 kBit/s)

– Sprachcodierer für Monoübertragungen mit hoher Widerstandsfähigkeit gegenüber Fehlern – für Fälle, wo nur eine geringe Bitrate zur Verfügung steht oder ein hoher Fehlerschutz notwendig ist.

Durch die Erweiterung von *MPEG-4 AAC* mit *SBR* (*Spectral Band Replication*) ist es trotz geringer Bitrate möglich, eine Audio-bandbreite von 15 kHz zu erreichen.

Herkömmliche Audiokompressionsverfahren schneiden bei geringen Bitraten die höheren Frequenzen ab. Hier wird der obere Frequenzbereich vor der Komprimierung analysiert,

um dem komprimierten Signal weitere Zusatzinformationen mitzugeben. Dadurch ist ein SBR-fähiger Decoder in der Lage, den oberen Frequenzbereich wieder zu rekonstruieren.

Fast Access Channel (FAC)

Der *Fast Access Channel* stellt Informationen für ein schnelles Abstimmen des Empfangsgeräts zur Verfügung. So enthält der FAC z.B. Informationen über die enthaltenen Services im Multiplex sowie wichtige Kanalparameter, die den Empfänger in die Lage versetzen, mit der Decodierung des Multiplexes zu beginnen.

Service Description Channel (SDC)

Im *Service Description Channel* sind jene Daten enthalten, die dem Gerät Angaben über die Decodiervorschrift des MSC, alternative Empfangsmöglichkeiten der gleichen Daten sowie Eigenschaften der Services geben.

OFDM Cell Mapper, Signalgenerator und Modulator

Im *OFDM Cell Mapper* erfolgt die Bildung des DRM-Multiplexes aus dem Main Service Channel, dem Fast Access Channel, dem Service Description Channel sowie für Synchronisationszwecke notwendige Piloten. Die hier zusammenlaufenden Informationen werden nun für die Ausstrahlung vorbereitet. Bei *COFDM* (coded orthogonal frequency division multiplex) handelt es sich um das im vorigen Absatz beschriebene Mehrträgerverfahren. Für die Modulation der einzelnen Träger werden wahlweise 4-QAM, 16-QAM oder 64-QAM genutzt.

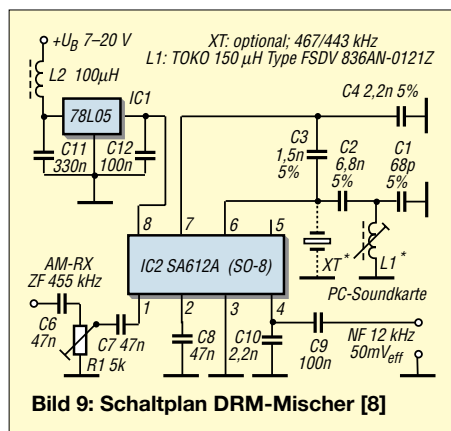


Bild 9: Schaltplan DRM-Mischer [8]

Empfangsseitige Systemarchitektur – Hardware

Die an den eigentlichen Empfänger zu stellenden Hauptanforderungen lauten:

- Bandbreite über alles 10 kHz (± 5 kHz),
- möglichst rechteckige ZF-Filterkurve mit geringem Ripple,
- speziell für DRM optimierte AGC,
- treffsichere und stabile Oszillatoren mit geringem Phasenrauschen,
- bestes Großsignalverhalten (IP3) und gute Dynamik.

Bis zum Aufkommen von Hardwaredecodern hat sich ein 12-kHz-ZF-Ausgang als Standard durchgesetzt, weil die Soundkarte des PC als A/D-Umsetzer erhalten muß. Voraussichtlich erfolgt die A/D-Umsetzung später bei Consumer-Empfängern auf einer höheren ZF-Lage.

Vorab sei bemerkt, daß Abstriche an o.g. Parametern den DRM-Empfang nicht grundsätzlich verhindern, sondern nur die Leistungsfähigkeit verschlechtern. Mit anderen Worten: Der Empfänger decodiert erst bei einem besseren Eingangs-S/N. Die Software zeigt dann ein schlechteres S/N an, als tatsächlich am Antenneneingang vorhanden ist. Die Schwelle für eine stabile Decodierung liegt systembedingt zwischen 14 und 15 dB S/N für die höchstmögliche Datenrate und sinkt noch bei robusteren Übertragungsmodi mit niedrigeren Datenraten. Zum Vergleich: Von gutem AM-Empfang spricht man ab 26 dB S/N.

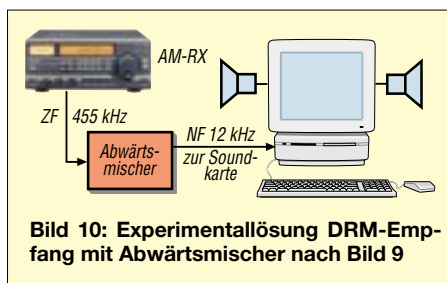


Bild 10: Experimentallösung DRM-Empfang mit Abwärtsmischer nach Bild 9

Demodulator- und Decodersoftware

Bisher existieren außer diskret aufgebauten Prototypen noch keine Hardware-Chipsätze. Daher müssen Softwaretools, lauffähig unter Windows, die Demodulation und Decodierung vornehmen. Ein Pentium 500 MHz Taktfrequenz ist die Mindestanforderung. Da die Soundkarte zur Abtastung der 12-kHz-ZF dient, muß sie eine Abtastrate von 48 kHz beherrschen, keine oder eine abschaltbare Eingangs-AGC besitzen und einen linearen Frequenzgang bis mindestens 17 kHz aufweisen. Die Decodersoftware realisiert alle notwendigen Funktionalitäten, die ausführlich in [4] beschrieben sind.

Momentan bzw. in Kürze ist folgende Decodersoftware verfügbar:

- Fraunhofer Softwareradio [5],
- Ham-Version des Fraunhofer Softwareradios [6] und
- Open Source Projekt [7].

Zur Empfangspraxis

Die High-End-Empfehlung, wie sie auch bei professionellen Anwendern zum Einsatz kommt, ist ein modifizierter AR-7030 von AOR. Das Fraunhofer-Institut bietet eine Modifikation an, die hauptsächlich eine Filteraufrüstung mit breiten Filtern und die Nachrüstung einer Abwärtsmischerbaugruppe beinhaltet. Eine passende Miniatur-Abwärtsmischerbaugruppe in SMD-Technik gemäß Bild 9, die auch für einen amateurmäßigen Umbau Verwendung finden kann, gibt es bei der unter [8] angegebenen Adresse; siehe auch Bild auf S. 1209. Mittlerweile existiert eine ständig wachsende Anzahl erprobter Empfänger-Umbauanleitungen unter Verwendung dieser Baugruppe, auch für ältere Empfängertypen [8]. Mit einer Größe von 20 x 20 mm² paßt diese Baugruppe auch in viele handelsübliche Weltempfänger hinein.

Neuerdings ist die Wahl der Oszillatorfrequenzlage unwichtig geworden, da die Softwareeinstellungen der Fraunhofer-Decodersoftware jetzt auch in der Ham-Version die Spiegelung der Seitenbandlage bei falscher Oszillatorlage erlaubt.

Der Softwaredecoder toleriert einen Gesamtfrequenzversatz von ± 500 Hz. Mit der LC-Schwingkreisbestückung muß man gelegentlich nachjustieren, mit der wegen des besonderen Schnitts leider nicht billigen Quarzversion entfallen diese Langzeitprobleme. Der Autor empfiehlt, den Eingangspegel so einzustellen, daß ein DRM-Ausgangspegel zwischen 50 und 100 mV_{eff} zustande kommt.

Der Grund ist auch hier wieder die erforderliche Dynamikreserve von ungefähr 20 dB. Man dimensioniert die Filter im ZF-Zweig besser etwas breiter als erforderlich. Selektionsprobleme treten trotzdem nicht auf, da ein steilflankiges DSP-Filter in der Software die Nahselektion erledigt. Der Decoder stellt

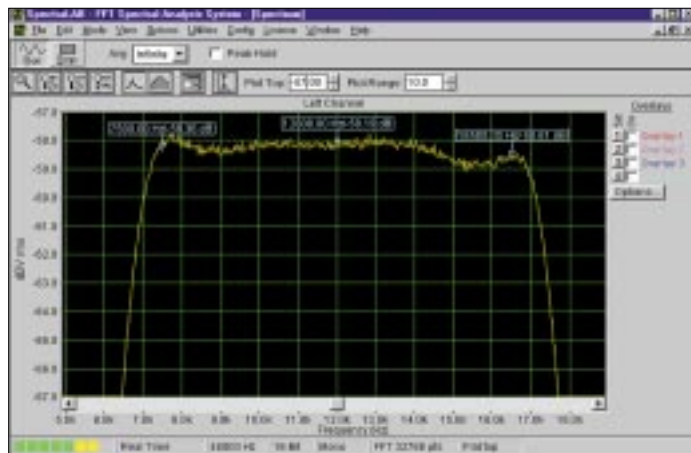


Bild 11: Filterkurve über alles an einem umgebauten AR-7030, dargestellt mit der Analysesoftware SpectraLab [10]

Ansprüche an die Pegelkonstanz des Basisbandsignals. Die Regelzeitkonstante des Empfängers sollte auf 0,5–1 s umgebaut werden. Da in der Erprobungsphase zumindest auf Mittelwelle bisher lediglich mit bescheidenen Strahlungsleistungen gearbeitet wird (nur um 2 kW!), verdient die Empfangsantenne besondere Aufmerksamkeit. Es gilt der Grundsatz S/N-Vorteil geht vor Pegelvorteil. Für Kurzwellen reicht eine möglichst frei aufgehängte, 10 m lange Drahtantenne. Erste Wahl für Mittelwellenempfang ist eine Breitband-Rahmenantenne, die meist ein besseres S/N als eine Drahtantenne bringt. Störer lassen sich durch Nutzung der 20 dB tiefen Nullstellen ausblenden. Eine passende, professionelle aktive Breitbandrahmenantenne für den gesamten AM-Bereich ist unter [9] erhältlich. Zu beachten ist die Schwingkreisgröße bei Verwendung von selektiven Ferrit- oder Rahmenantennen – sie ist meist so hoch, daß der Abfall an den Kanalgrenzen schon mehr als 6 dB betragen kann.

■ **Praxistips zum Empfängerumbau**

Für Ihren Empfänger gibt es noch keine erprobte Umbauanleitung? Versuchen Sie den Umbau trotzdem. Zuerst werden die 455-kHz-Keramikfilter der 2. ZF gegen solche von über 10 kHz Bandbreite ausgetauscht. Die erforderlichen Filter-Abschlußimpedanzen sind sorgfältiger einzuhalten. Danach erfolgt der Einbau der Mischerbaugruppe an geeigneter Stelle. Wird die ZF am AM-Demodulatorkreis abgegriffen, empfiehlt sich ein resistiver oder kapazitiver Spannungsteiler.

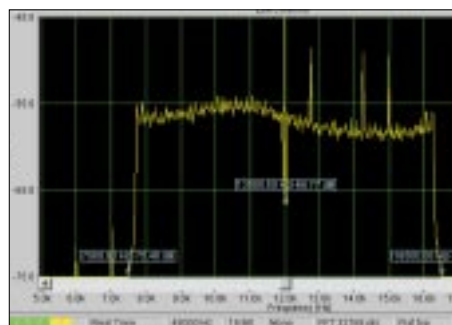
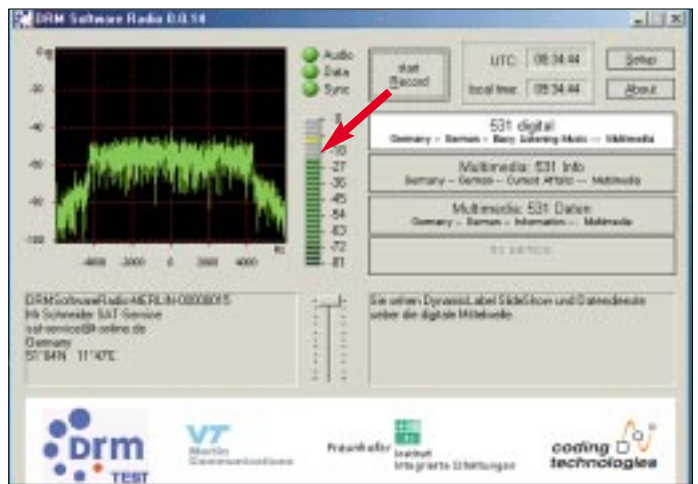


Bild 12: DRM-Signal mit Pilottönen und Störträger auf 531 kHz im SpectralLab-Fenster

Spätestens jetzt sollte man sich eine gute Spektralanalyse-Software aus dem Web herunterladen. Sehr gut eignet sich *Spectralab*, eine voll funktionsfähige 30-Tage-Version gibt es unter [10], vgl. a. [11]. Jetzt geht es an die Optimierung der Filterdurchlaßkurve. Notwendig ist ein Rauschgenerator am Empfängereingang. Der 12-kHz-Mischer Ausgang kommt an den Eingang der Soundkarte. Die Analyse-Systembandbreite wird auf wenige Hertz gestellt und die Average-Anzahl auf einen Wert über 100, am besten unendlich. Jetzt erscheint die Filterdurchlaßkurve über alles auf dem Bildschirm. Diese sieht anfangs unsymmetrisch aus.

Bild 13: Softwaredecoder von Fraunhofer [5] im eingerasteten Zustand; aus den Lautsprechern ertönt dabei ein lupenreiner Stereosound. Screenshots: DL3KS



Durch verschiedene Manipulationen an den Kapazitätswerten des Quarzfilters, Spulenfiltertuning am Quarz- und Keramikfilter, Änderungen an Filterabschlußwiderständen usw. gelangt es Stück für Stück, sich der idealen rechteckigen Filterkurve anzunähern. Dabei darf man das Rücksetzen des unendlichen Average-Wertes auf 1 und zurück auf unendlich nicht vergessen, sonst erscheint keine neue Kurve auf dem Bildschirm!

Eine Bilderbuchkurve wie in Bild 11 läßt sich nicht immer erreichen; als Mindestanforderung gilt jedoch eine Welligkeit von kleiner 6 dB innerhalb ± 5 kHz um die 12-kHz-Mittelfrequenz.

Mit einer Antenne anstelle des Rauschgenerators sucht man nun ein DRM-Signal. Der DRM-Ausgangspegel am Mischer ist jetzt etwa 20 dB unter Soundkarten-Vollaussteuerung einzustellen; die -18-dB-LED der Pegelanzeige (siehe Bild 13, Pfeil) sollte gerade zu leuchten beginnen.

Achtung, AM-Signale erzeugen deutlich mehr Pegel! Hier liegt der Grund für zahlreiche Fehlschläge. Da die Regelspannungsgewinnung oft an der AM-Demodulatordiode erfolgt, bewirkt die niedrigere Regelspannung bei DRM mitunter eine so hohe ZF-Verstärkung, daß die ZF-Stufen in die Begrenzung gehen.

Wie beim Sender sind hier, bedingt durch die hohe Trägeranzahl, um 20 dB Dynamikreserve erforderlich! Ein vorgetauschtes schlechtes S/N am Decoder mit Aussetzern in der Decodierung ist ein Anzeichen für mögliche Dynamikprobleme. In diesem Falle hilft nur ein Neuaufbau der Regelspannungsgewinnung. Eine weitere häufige Fehlerursache ist die falsche Seitenbandlage. Sieht man sich das DRM-Signal in der Spektralanalyse an, so müssen bei hoher Average-Anzahl deutlich die Pilotträger wie in Bild 12 erkennbar sein (mit Ausnahme des Störträgers, der die Decodierung übrigens nicht behindert). Diese Pilotträger müssen auf der frequenzmäßig höheren Seite liegen. Liegen sie aus Mischgründen auf der unteren Seite, ist dies in der Decodersoftware einzustellen.

Eine heimtückische Fehlerquelle ist das Wirken einer DAFC (digitale ZF-Zählfrequenz-AFC), die in manchen PLL-IC integriert ist. Da bei DRM kein signifikanter Träger vor-

handen ist, entstehen bei der ZF-Zählfrequenzmessung Zufallswerte, die den Lokaloszillator hin- und herpendeln lassen. Aussetzer in der Decodierung sind die Folge. Diese treten bei schwachen Signalen nicht auf, da dann der Zählvorgang blockiert ist! Abhilfe: Koppelkondensatoren des DAFC-Zähleingangs auslöten. Es empfiehlt sich ferner, vorhandene, nicht abschaltbare Noise-Blanker-Schaltungen hardwaremäßig zu deaktivieren.

Die Software (Bild 13) erkennt die verschiedenen Übertragungsmodi selbst und stellt sich darauf ein. Es ist faszinierend, im Spektrum zu beobachten, bei welchem selektivem Schwind die Decodierung noch sauber arbeitet!

Ein weiteres interessantes Betätigungsfeld eröffnet sich in der Decodierung der oft mit übertragenen programmbegleitenden Daten (Multimedia), was aber nicht mehr Bestandteil dieses Aufsatzes sein soll.

Literatur und Bezugsquellen

- [1] DRM-Konsortium: Homepage. www.drm.org
- [2] Mahn, S.: DRM – Die Technik. www.drm-info.de/tech.htm
- [3] DRM-Konsortium: DRM Brochure 2002. www.drm.org/pdfs/newsevents/DRMBrochure2002.zip
- [4] Fraunhofer Institut für integrierte Schaltungen: Softwaremanual. www.iis.fraunhofer.de/dab/products/drmreceiver/fhg_sw_radio_manual_22.pdf
- [5] Fraunhofer Institut für integrierte Schaltungen: Produktbeschreibung Softwaremanual. www.iis.fraunhofer.de/dab/products/drmreceiver/index.html
- [6] DRM-Konsortium: Softwaremanual DRM SW Radio. www.drmx.org/downloads/docs/drm_sw_radio_manual_06.pdf
- [7] TU Darmstadt: Open Source Softwareprojekt. www.tu-darmstadt.de/fb/et/uet/drm.html
- [8] Sat-Service Schneider: DRM-Seite. <http://home.t-online.de/home/sat-service/sat/DRM/DRM.htm>
Sat-Service Schneider, Landsberger Straße 62a, 04736 Waldheim, Tel. (03 43 27) 9 28 09
- [9] Sat-Service Schneider: Datenblatt BRA1. <http://home.t-online.de/home/sat-service/sat/download/BRA1en.pdf>
- [10] Soundtechnology: Downloadseite. www.soundtechnology.com/download-center.htm
- [11] Raban, K.; DG2XK: Optimierung von Eigenbau-Quarzfiltern mit der PC-Soundkarte. FUNK-AMATEUR 50 (2001) H. 11, S. 1246-1249
- [12] Kuhl, H.; DL1ABJ: DRM: Der akustische Quantensprung für die Kurzwellen. FUNKAMATEUR 50 (2001) H. 11, S. 1213