



DAB - kommt der digitale Rundfunk?

Teil 2

Im zweiten Teil unseres Artikels stellen wir die faszinierende Technik der DAB-Empfänger vor. Diese nahezu komplett digitalisierten Geräte arbeiten nach völlig neuen Empfangskonzepten und sind ein wichtiger Schritt zur Volldigitalisierung bisher analoger Empfangskonzepte.

DAB-Empfänger analog

Zunächst unterscheiden wir deutlich in Analog- und Digitalteil des Empfängers. Der Analogteil dient primär nur zur Abmischung der zugelassenen Empfangsbereiche Band III und L-Band in eine für den nachfolgenden Digitalteil abtastbare ZF-Frequenzlage von 3,072 MHz. Es sind dabei jedoch die Breitbandigkeit und der weite Abstimmbereich eines kombinierten TV-/Sat-Tuners mit der hohen Empfindlichkeit und Großsignalfestigkeit eines UKW-Autoradios zu koppeln.

Das auf Mehrträgermodulation aufgebaute Übertragungsverfahren sowie Doppellerschiebungen im Mobilempfang lassen Frequenzverschiebungen erwarten. Es ist daher eine extrem hohe Abstimmgenauigkeit kleiner 0,1 ppm erforderlich, um diese Frequenzverschiebungen in möglichst weitem Rahmen tolerieren zu können. Die

digitale Abtastung läßt dabei nur sehr geringe Pegelschwankungen an der Schnittstelle zum DAB-Teil zu. Sie erwartet innerhalb eines extrem schmalen Frequenzabstands von 160 bis 170 kHz zwischen den DAB-Blöcken oder zum benachbarten Fernsehsender eine ausreichende Nachbarkanalunterdrückung. Ein Fehler an dieser Schnittstelle würde dabei sofort in einer Reduktion der effektiven Auflösung des A/D-Wandlers münden. Daß dieser HF-Teil dabei heute rechnergestützt automatisch abgleichbar ist, um eine gleichbleibende Qualität zu erzielen, versteht sich von selbst.

Nach der Antennenbuchse wird in dem in Bild 4 dargestellten Analogteil das HF-Signal zunächst in zwei geregelte, bandselektive Vorstufen für die zugelassenen Empfangsbänder geteilt. Ein Einfachmischer für Band III und ein Doppelmischer für das L-Band realisieren die erste ZF von 38,912 MHz. Dann erfolgt eine hochwer-

tige ZF-Filterung mit Oberflächenwellen-Filtern, die eine wirksame Nachbarkanalselektion realisieren.

Eine weitere geregelte Verstärker- und Mischerstufe zur Erzeugung der zweiten ZF von 3,072 MHz läßt mit einer zusätzlichen Antialiasingfilterung die Abtastung durch den Digitalteil zu. Der Tuner kann dabei beliebige beim Mobilempfang auftretende Eingangspiegel auf $2 V_{SS}$ anheben. Die geforderte Abstimmgenauigkeit wird durch zwei speziell für DAB entwickelte PLLs erreicht, deren Referenzfrequenz von 17,92 MHz (VCXO) vom Digitalteil korrigiert wird (innerhalb der Phasenvergleichsfrequenz gelegenen Auflösung).

Zusätzlich muß der Analogteil noch mit Schaltungsteilen, die zur besseren Übersichtlichkeit nicht abgebildet sind, die Grobsynchronisation des Empfängers auf das besprochene Nullsymbol sicherstellen. Für AGC, AFC und die Abstimmung der Vorstufen sind außerdem entsprechende Regelschleifen vorhanden.

Der Digitalteil

Der Digitalteil des DAB-Empfängers ist ein „Who Is Who“ der Digitaltechnik. Hier wird nicht nur für die Demodulation des Signals gesorgt, sondern vor allem für seine Rückübersetzung aus dem angebotenen Datenstrom und die damit verbundene Steuerung des Analogteils.

Bei der Beschreibung des Digitalteils folgen wir hier dem Rat der Grundig-Techniker und beginnen bei der Beschreibung „hinten“, nämlich dort, wo wir auf Bekanntes stoßen, unser Audiosignal.

Quellendecodierung

Ein Audiosignal in CD-Qualität beansprucht in der Sprache der Informationstheoretiker eine Kanalkapazität von 1,536 Mbit/s. Nutzt man die Verdeckungseffekte des menschlichen Gehörs aus, so kann man diese Datenrate auf 1/6 bis 1/7 ohne hörbare Qualitätseinbußen reduzieren.

Darauf basiert das MUSICAM-Verfahren. Eine derartige Datenreduktion bezeichnet man als Quellencodierung. In ihr werden redundante Informationen, also Informationen, die mehrfach im Ursignal enthalten sind, nur einmalig codiert und irrelevante Signale, also Informationen, die dem menschlichen Gehörsinn nicht zugänglich sind, eliminiert.

Diese Quellencodierung erfolgt in einer systematischen Art und Weise, somit ist der Empfänger in der Lage, in seiner Quellendecodierstufe aus dem datenreduzierten Signal den ursprünglichen relevanten Informationsgehalt zurückzurechnen.

Das digitale Ausgangssignal wird mittels eines D/A-Konverters in ein analoges

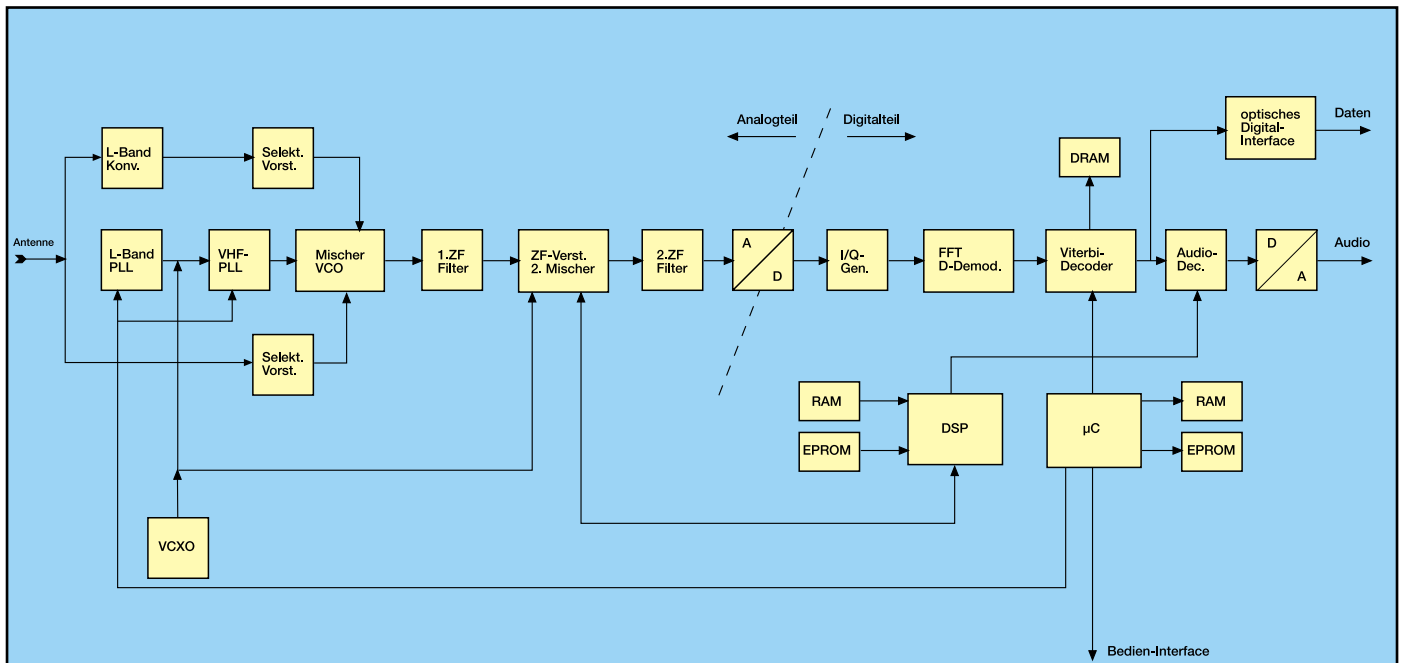


Bild 4: Blockschaltbild des Grundig-DAB-Empfängers.

Signal umgewandelt und steht so am NF-Ausgang bereit.

Viterbi-Decoder

Der Weg weiter zurück im Digitalteil führt zum Faltungs- bzw. Viterbi-Decoder, der vor allem der Erkennung möglicher Übertragungsfehler dient. Dabei handelt es sich um die Rückgewinnung eines Signals, das durch die sogenannte Faltungscodierung eine Anzahl von Schutzbits erhält, mit deren Hilfe Übertragungsfehler erkannt und korrigiert werden können.

Das besondere der Faltungscodierung ist die Tatsache, daß die Schutzbits keine feste Stelle pro Datenwort erhalten, wie dies bei dem bekannten Parity-Bit der Computerwelt der Fall ist, sondern Informations- und Schutzbit bilden eine Einheit. Sie sind mittels Bit-Schieberegistern mit verschiedenen Abzweigungen, die in EX-OR-Gattern münden, ineinander gefaltet.

Der Vorteil dieses Vorgehens liegt in der hohen Flexibilität des Schutzgrades, d. h., es ist sehr einfach möglich, besonders schutzwürdige Daten, wie diejenigen, die dem Empfänger die Signalorganisation mitteilen, besser zu schützen als andere.

Deinterleaving

Ein weiterer Schritt zurück führt zur Deinterleaving-Stufe. Hier wird der Interleaving-Prozeß rückgängig gemacht. Unter Interleaving versteht man den Vorgang, einen festen Datenstrom systematisch in eine andere Datenreihenfolge zu bringen.

Der Zweck des Vorgehens liegt auf der Hand: durch verschiedene Störungen (Störimpulse, Fadingeinbrüche etc.) entstehen stets mehrere aufeinanderfolgende ver-

fälschte Datenbits, sog. Burstfehler. Diese sind durch den Viterbi-Decoder nicht mehr komplex korrigierbar, er kann lediglich Einzelbitfehler ausgleichen. Durch das Deinterleaving werden die Datenbits in ihre ursprüngliche Reihenfolge gebracht und damit die Burstfehler in leichter korrigierbare Einzelfehler aufgeteilt.

Deltademodulator

Unter Deltamodulation versteht man, daß nicht der Signalwert selbst als Information codiert wird, sondern die jeweilige Änderung eines Signalwertes zum vorhergehenden. Der Vorteil dieses Vorgehens liegt darin begründet, daß die absolute Phasenlage, die durch den Übertragungskanal starken Schwankungen unterworfen ist, unerheblich bleibt. Allein die Phasenlagen der zeitlich aufeinanderfolgenden Träger zueinander sind von Bedeutung. Um das ursprüngliche Signal zu generieren, muß in der Deltademodulationsstufe die Differenzbildung rückgängig gemacht werden.

FFT-Stufe

In den letzten 30 Jahren hat die Betrachtung von Signalen, außer in ihrem zeitlichen Verlauf, auch in ihrer Frequenzcharakteristik stark an Bedeutung gewonnen. Dies ist nicht zuletzt einem Verfahren zu verdanken, das man „schnelle Fourier-Transformation“ (engl. Fast Fourier Transformation; FFT) nennt.

Darunter versteht man eine Rechenvorschrift für digitale Rechner, mit der man abgetastete Zeitsignale in diskrete Frequenzwerte umrechnen kann. Umgekehrt ist es mit dem inversen Verfahren (IFFT) möglich, diskrete Frequenzwerte in ihre

entsprechenden Zeitabtastrwerte umzurechnen. Was hat das mit dem DAB-Empfänger zu tun?

Auf der Senderseite wird das codierte Signal nicht nur einem Träger in der Phase aufmoduliert, sondern einer großen Anzahl von Trägern mit äquidistantem Frequenzabstand. Damit ist die optimale Ausnutzung des Übertragungsbandes gewährleistet.

Um das Signal abstrahlen zu können, ist sein zeitlicher Verlauf notwendig. Diesen Verlauf erhält man durch die oben angeführte IFFT.

Für den Empfänger besteht damit die Aufgabe, das ursprüngliche informationstragende Spektrum mittels FFT wieder zu errechnen. Falls Übertragungsfehler entstanden sind, werden diese durch den oben beschriebenen Deinterleaving- und Viterbi-Decodierungsprozeß aufgehoben.

Inphase/Quadraturphase-Aufspaltung

Der erste Schritt der digitalen Signalverarbeitung ist die Aufspaltung des digitalisierten Empfangssignals in eine Inphase- und Quadraturkomponente. Dies entspricht der Multiplikation des Signals einmal mit einem Sinussignal und einmal mit einem Cosinussignal jeweils gleicher Frequenz.

Da der Sinus seine Nulldurchgänge zu den Zeitpunkten hat, zu denen der Cosinus seine Extremwerte erreicht, spaltet man das Signal in zwei Komponenten auf. Da jetzt noch ein zeitlicher Versatz zwischen beiden Komponenten besteht, muß zusätzlich eines der beiden Signale auf seine Zwischenwerte interpoliert werden.

Allein diese Zwischenwerte der einen Signalkomponente sowie die entsprechen-

den Signalwerte der anderen Signal-komponente werden als (komplexes) Eingangssignal für die FFT-Stufe benötigt. Die übrigen Werte tragen keine zusätzliche Information und können deshalb vernachlässigt werden.

Steuerung durch den Prozessor

Die zentrale Steuerung all der beschriebenen Vorgänge realisieren ein digitaler Signalprozessor (DSP) und ein Mikroprozessor mit der zugehörigen Speicherperipherie. Der DSP hat die wichtige Aufgabe der Synchronisation von empfangenem Signal- und internen Systemfrequenzen einerseits und der Ablaufsteuerung der Signalverarbeitung andererseits. In der Realisierung dieser Synchronisation liegt ein wesentliches technisches Qualitätsmerkmal, an dem zukünftig Geräte verschiedener Hersteller aneinander gemessen werden.

Der Mikroprozessor ist der sog. Master des DAB-Empfängers: er empfängt vom Autoradio Steuerbefehle (bei Grundig dient dazu derzeit das WKC 5300 RDS) und gibt diese an die betroffenen Stufen des DAB-Empfängers weiter. Umgekehrt ist er für Rückmeldungen an das Bediengerät zuständig wie Programmname, Programmtyp, Verkehrsfunkdurchsagen und Systemzustand. Da die Organisation eines DAB-Signals, z. B. an welcher Stelle innerhalb des Signalstroms sich welches Programm befindet, nicht festliegt, sondern erst durch Organisationsinformationen innerhalb des gleichen DAB-Signals mitgeteilt wird, muß

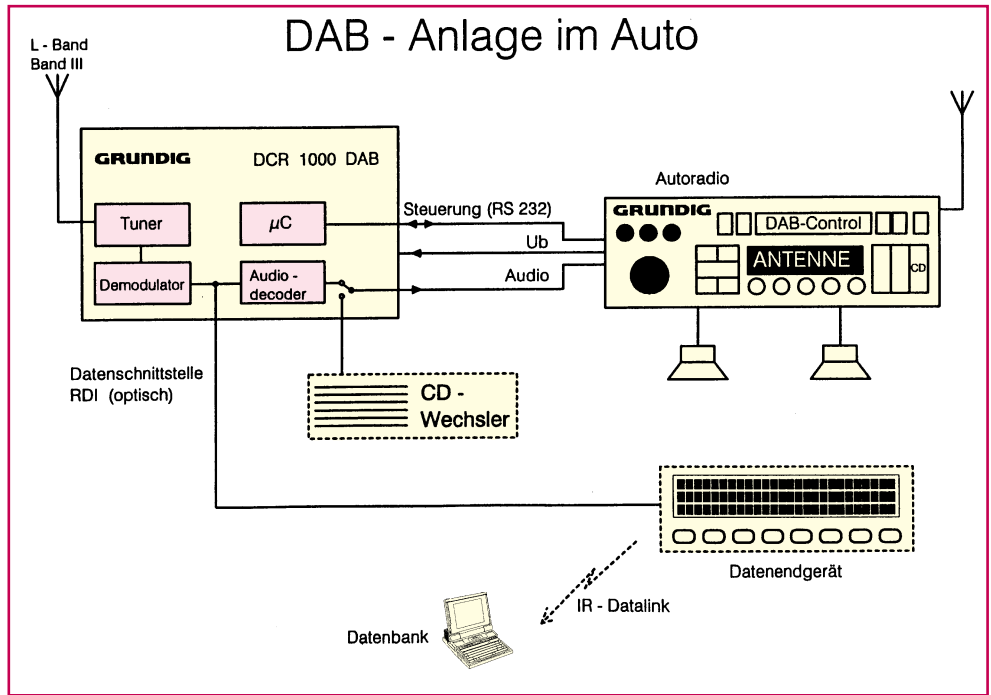


Bild 5: So sieht die mobile DAB-Anlage im Auto aus, Datenendgerät und CD-Wechsler sind Optionen. (Grafik: Grundig)

der Mikroprozessor die Organisationsinformationen decodieren und damit den Viterbi-Decoder steuern.

Die optische Digitalschnittstelle schließlich ermöglicht das Weiterreichen von digitalen Daten an ein Datenendgerät wie etwa ein Display. Die Steuerung dieser Vorgänge erfolgt ebenfalls unmittelbar am Bediengerät (Bild 5).

Die vorstehende Empfängerbeschreibung läßt ahnen, welcher Entwicklungsaufwand in dem unscheinbaren schwarzen Kasten steckt, der abgesetzt vom Bedien-

gerät im Fahrzeug montiert wird. Für den Empfang des L-Bands beherbergt der DAB-Empfänger übrigens auch den zugehörigen LNC, um eine Antennenmontage so einfach wie möglich zu machen.

Apropos so einfach wie möglich. Die vorstehende Beschreibung klingt recht kompliziert, so kompliziert ist die Bedienung des DAB-Empfängers bei weitem nicht. Sie entspricht im wesentlichen der eines Autoradios nach heutigem Standard mit Programmspeicherung etc.

Stationäre DAB-Empfänger sind in der ersten Phase vorrangig als Datendienstempfänger in Verbindung mit einem Standard-PC vorgesehen, für den Hörrundfunkempfang muß der PC mit einer Soundkarte ausgestattet sein (Bild 6).

Damit ist die serienreife Bereitstellung von kompletten DAB-Systemen heute schon realisiert. Es liegt nun nur noch an der allgemeinen Akzeptanz sowohl von Anbieterseite von DAB als auch der der Hörer, daß DAB ab 1997 zum preiswerten Rundfunkstandard gehört. **ELV**

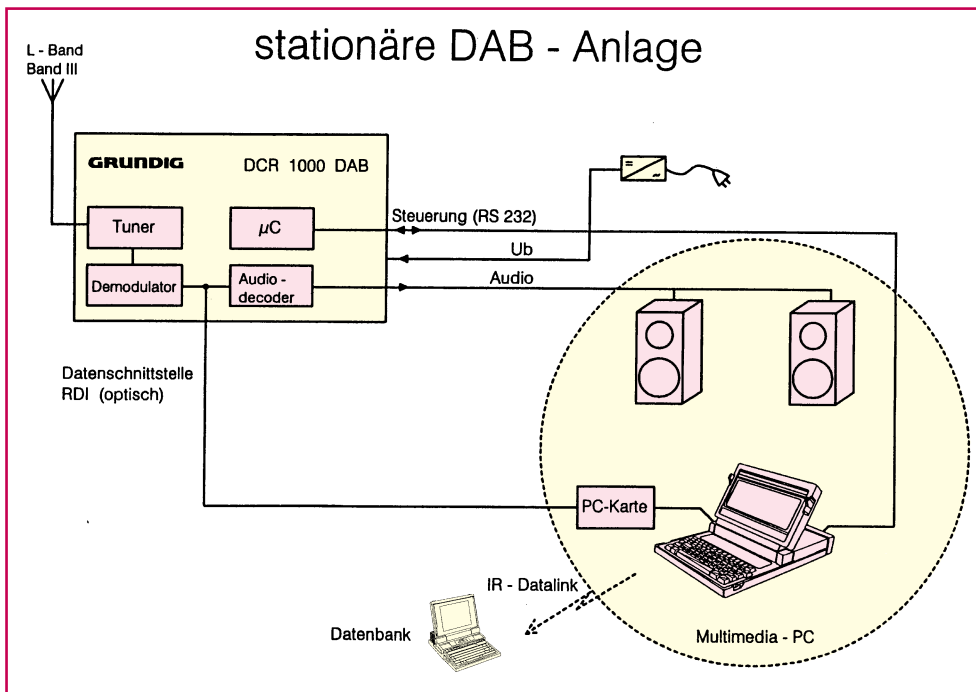


Bild 6: Die stationäre DAB-Anlage läßt vielfältige Datenauswertungsmöglichkeiten mittels PC-Interface zu. (Grafik: Grundig)