

Satellitenempfang mit Aufbereitung der Empfangssignale

H. Kriebel, Finning

Sat-ZF-Verteilanlagen [1] lassen sich maximal für zwei Dutzend Teilnehmeranschlüsse auslegen und können so kleinere Mehrfamilienhäuser mit Satellitenprogrammen versorgen. Für größere Anlagen ist diese Technik nur bedingt geeignet. Hier kommt die Satellitensignalaufbereitung zum Einsatz, die sowohl analogen als auch digitalen Empfang einschließt.

1 Semiprofessionelle Kopfstellen mit analoger Aufbereitung

1.1 Grundfunktionen

Eine Kopfstelle ist eine komplette Empfangsanlage (einschließlich terrestrischer Hörfunk- und Fernsehprogramme), die die empfangenen Signale in kabelaugliche wandelt und in ein Verteilnetz eingespeist. Der Empfang erfolgt mit herkömmlichen Fernseh- und UKW-Geräten. Dabei wird die Aufbereitung von Radioprogrammen, die über die Satelliten-Tonunterträger und vor allem Astra Digital Radio (ADR) gesendet werden, immer wichtiger.

Die Satellitensignalaufbereitung in Kopfstellen bietet gegenüber der Sat-ZF-Verteiltechnik zwei wichtige Vorteile:

- Der Empfang aller TV-Programme ist ohne zusätzliche Satellitenreceiver möglich, was die Akzeptanz wesentlich erhöht.
- Der Empfang mehrerer Satelliten ist für alle Teilnehmer realisierbar. Probleme, die dadurch entstehen, daß Satelliten Programme auf gleichen Frequenzen abstrahlen, entfallen. So ist es möglich, Turksat, Astra und Eutelsat Hot Bird gleichzeitig aufzubereiten und in herkömmliche TV-Empfangsbereiche umzusetzen.

Es gibt eine Vielzahl von der Netzebene 3 (BK-Netz) völlig unabhängiger Verteilnetze, die ihre Programme von eigenen Kopfstellen beziehen. Diese Kopfstellen, die mehrere tausend Teilnehmer versorgen können, bereiten terrestrische und von Satelliten empfangene TV- und Radioprogramme auf. Dabei wird die semiprofessionelle Aufbereitungstechnik eingesetzt, die sich gegenüber professionellen Systemen durch ihre Preiswürdigkeit auszeichnet.

Die Satelliten-Signalaufbereitung besteht im wesentlichen aus aktiven oder passiven Satelliten-Verteilbausteinen, auch als Ein-

gangssammelfelder bezeichnet, den Satelliten-Kanalumsetzern und den Ausgangssammelfeldern (Bild 1).

Anlagen für höhere Ausgangspegel enthalten ausgangsseitig Verstärker.

Satelliten-Verteilbausteine verteilen die Programme verlustfrei von den Antennen auf die Kanalumsetzer. Dort wird das Sat-ZF-Signal durch Demodulation und erneute Modulation in die Fernsbereiche I, III, IV/V oder auf die Sonderkanäle umgesetzt. Das Signal entspricht technisch und qualitativ dem terrestrisch gesendeten PAL-Signal. Nicht jeder Hersteller von Aufbereitungsanlagen liefert alle möglichen Bereiche und auch nicht alle Kanäle, was jedoch kein Nachteil ist, weil genügend Umsetzerkanäle zur Verfügung stehen.

Die Satelliten-Kanalumsetzer (Satelliten-Kanalzüge) verfügen üblicherweise über den Eingangsfrequenzbereich von 950 bis 2150 MHz. Damit lassen sich alle Programme im 11-GHz-Bereich und – mit entsprechend ausgelegten LNBs – auch im 12- und 12,5-GHz-Bereich empfangen.

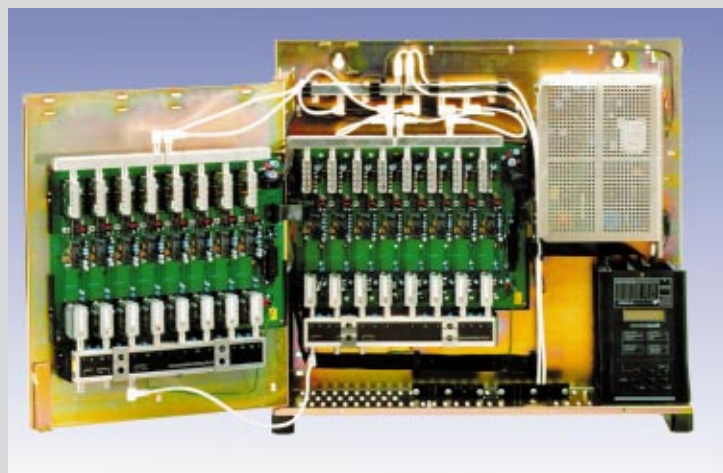
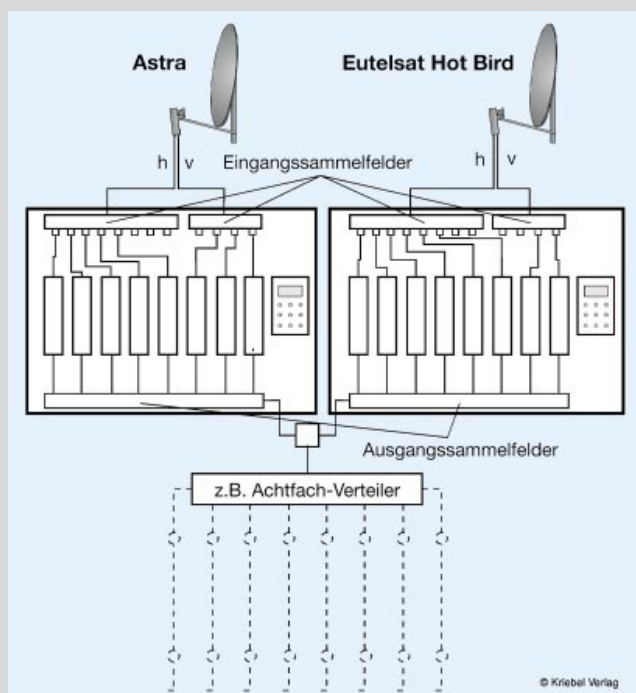
Die Steuerung der Kanalumsetzer kann zentral (mit einer Mastereinheit) oder dezentral (im Kanalumsetzer selbst) erfolgen. Möglich ist auch eine gesplittete Aufbereitung: Die Kassetten für die Demodulation und die Modulation sind hier getrennt und werden ineinandergesteckt.

Die Eingangspegelbereiche sind bei allen Systemen für einen sehr weiten Bereich ausgelegt, der in der Regel ausreicht.

Neben semiprofessionellen Aufbereitungsanlagen in Kassettentechnik (nebenkanaltauglich, bis zu mehreren 1000 Teilnehmern) gibt es (teilweise nicht nachbar-

Autor

Henning Kriebel betreibt als Fachjournalist ein Redaktionsbüro in Finning.



② Typische Kompaktkopfstelle (Foto: Grundig)

① Prinzip einer Kopfstelle zur Aufbereitung von 16 Programmen

kanaltaugliche) Kompaktaufbereitungsanlagen (bis einige hundert Teilnehmer), für die die Anzahl der aufzubereitenden Programme fest vorgegeben ist (Bild ②).

Die Hersteller empfehlen als Empfangsantenne eine Schüssel mit einem Durchmesser > 80 cm. Mit 120 cm werden optimale Ergebnisse erreicht.

Zur optimalen Anpassung an die Sendedaten des jeweiligen Programms können zahlreiche Parameter (z. B. Videohub, Hubpolarität, Tonträgerfrequenzbereich, Audio-ZF-Bandbreite, Deemphasis) eingestellt werden. Meßgeräte sind hierfür nicht erforderlich. Die Einstellung der Eingangs- und Ausgangsfrequenzen sowie der Tonunterträger erfolgt in der Regel PLL-gesteuert, wodurch eine hohe Konstanz der programmierten Daten gesichert ist.

1.2 Stereo- und Zweikanalton

Mittlerweile ist die Stereoaufbereitung des TV-Tons Standard (auch bei Kompaktanlagen). Damit bieten die meisten Satellitenaufbereitungsanlagen den gleichen Empfangskomfort wie bei terrestrischem Empfang oder in Kabelnetzen. Die TV-Stereoaufbereitungskassetten der Kopfstellensysteme von verschiedenen Herstellern sind mit den Monoversionen kompatibel.

1.3 Nachbarkanaltaugliche Umsetzung

Um möglichst viele Programme umsetzen zu können, ist es zumindest im VHF- und Sonderkanalbereich wünschenswert, daß die Umsetzung nachbarkanaltauglich erfolgt, damit jeder Kanal in diesem Frequenzbereich genutzt werden kann. Das ist in der semiprofessionellen Technik die Regel. Bei

Kompaktkopfstellen ist die Nachbarkanaltauglichkeit immer häufiger anzutreffen.

1.4 Terrestrische Frequenzumsetzer

Für terrestrische Signalaufbereitung gibt es zumeist eigene Baugruppen, die um Vorverstärker ergänzt werden können. Eingangs- und Ausgangskanal sind bei manchen Systemen frei wählbar, bei anderen sind sie vom Hersteller festgelegt.

Als Besonderheit der Kanalaufbereitung bieten einige Hersteller einen Audio-/Video (A/V)-Modulator, der die Einspeisung von Videoprogrammen ermöglicht. Dies ist besonders für Hotelanlagen vorteilhaft.

1.5 UKW-Aufbereitung

Beim ausschließlichen TV-Empfang über Satellit, aber auch in „normalen“ Kopfstellen hat die selektive UKW-Aufbereitung gegenüber der breitbandigen Verstärkung und Einspeisung Vorteile. Bei der breitbandigen Verstärkung der FM-Signale können Pegelunterschiede bis zu 40 dB zwischen den Ortssendern und dem interessantesten Fernsender auftreten. Dabei ergeben sich beim Empfang von Sendern aus verschiedenen Richtungen mitunter kaum lösbare Probleme, die bei der selektiven Aufbereitung vermieden werden. Darüber hinaus wird durch die Frequenzumsetzung über eine Zwischenfrequenz (z. B. 10,7 MHz) in ein beliebiges Ausgangsfrequenzraster eine hohe Selektion der Sender erreicht. Wie bei der Aufbereitung von Fernsehprogrammen lassen sich unterschiedliche Empfangssignalpegel am Ausgang auf gleiche Werte bringen. Damit ist gewährleistet, daß der UKW-Empfänger für jeden Sender ein

hochwertiges Signal erhält und Übersteuerungen durch Pegel vermieden werden.

1.6 Tonunterträger- und ADR-Aufbereitung für UKW

Von der UKW-Kanalaufbereitung zur Aufbereitung der über die Satelliten-Tonunterträger verbreiteten Radioprogramme ist es nur ein kleiner Schritt. Mit der Einführung von Astra Digital Radio (ADR) bietet es sich an, Aufbereitungskassetten von ADR-Programmen und Unterträgerprogrammen in den UKW-Bereich als Kombikassetten zu verwenden, wie sie von verschiedenen Herstellern angeboten werden (Bild ③).

2 Digitale Aufbereitungskomponenten

Digitales Fernsehen findet in Deutschland weitgehend über Satellit und nur sehr eingeschränkt im Kabel statt. Wenn dort überhaupt, dann fast nur in den Kabelnetzen der Deutschen Telekom. Obwohl digitale Programme im Kabel bisher noch wenig gefragt sind, sollte die digitale Aufbereitung bei der Planung neuer, privater, von der Netzebene 3 unabhängiger Verteilnetze berücksichtigt werden. Eine Reihe von Herstellern bietet dazu geeignete Komponenten an (s. Kasten auf S. 64/65). Gegenwärtig werden digitale Komponenten ausschließlich als Ergänzung zu den höherwertigen Aufbereitungssystemen angeboten. Kompaktanlagen werden wohl kaum um die digitale Technik ergänzt, weil die Technik zu aufwendig und zu teuer ist.

2.1 Die Technik der digitalen Aufbereitung

In der digitalen Technik werden Programme nicht einfach von einem Frequenzbereich in einen anderen umgesetzt. In der Regel gehen Anbieter digitaler Sendungen immer mehr dazu über, ihre Programme zu paketieren. Das gilt nicht nur für Pay-TV, sondern auch für frei zu empfangende Programme. So gibt es beispielsweise für den deutschen Raum neben den Paketen von DF1 und Premiere die Bouquets von ARD und ZDF sowie von ProSieben und ORF. In einem gemeinsamen Transportdatenstrom werden diese Pakete, in Datenpakete verpackt, vom Satelliten als sog. QPSK-moduliertes Signal (Quadrature Phase Shift Keying, Vierphasen-Umtastung) gesendet und in dieser Form von der Sat-Anlage empfangen. Dieses Modulationsverfahren ist relativ breitbandig, verfügt aber über eine hohe Störsicherheit.

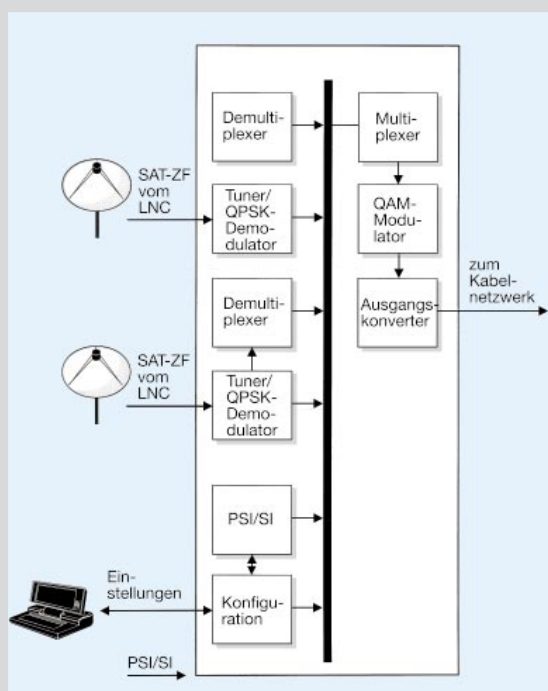
Zur Übertragung im Kabel wird das QPSK-Signal in ein QAM-Signal (Quadratur-Amplituden-Modulation) umgesetzt, das die durch das Kabel vorgegebene Bandbreite wesentlich besser ausnutzt.

Das QPSK-Signal enthält neben digital verschlüsselten und komprimierten Vi-



③ Kanalzug für die Aufbereitung von ADR- und Unterträgerprogrammen (Foto: Kathrein)

④ Prinzip der Transcodierung mit der Möglichkeit, in den Datenstrom einzugreifen



Digitale Aufbereitungskomponenten

Arcodan/Dänemark ⑤

Digitale Module zur Kopfstelle Vision 5000
QPSK → 16-, 32-, 64-, 128- und 256-QAM
Ausgang: 234...442 MHz oder 474...858 MHz
Steuerung: Arcodan Element Management - System (AEMS); Überwachung der Digital-TV-Module und Fernsteuerung sämtlicher Module im Netz. Durch AEMS und die drei Alarmmeldungen:
– Eingangssignal außerhalb des einstellbaren Bereichs
– Fehleranzahl (Bit Error Rate) zu hoch
– keine Synchronisation mit Eingangssignal
ergibt sich für die Kopfstelle Vision 5000 eine optimale Betriebssicherheit.

Astro

• Transmodulator HSA TM 1

QPSK → QAM

Ausgang: 300...500 MHz

Datenaufbereitung: Modifikation des MPEG-Datenstrom zur automatischen Einstellung der QAM-Set-Top-Box auf neue Programme oder Programmveränderungen.

„Nullpakete“ können aus dem Datenstrom entfernt oder hinzugefügt werden, um Kabelbandbreite zu sparen oder die Datenrate (6,9 Mbaud) für die automatische Kanaleinstellung der Kabel-Set-Top-Box bereitzustellen.

Merkmale: programmierbare Eingangs- und Ausgangsfrequenz, einstellbare Eingangssymbolrate zur Anpassung an die unterschiedlichen Übertragungsraten, einstellbare Ausgangssymbolrate.

Ausgangsumsetzer: Neben- und Oberwellenabstand größer als 60 dB, voll nachbarkaltauglich.

Blankom ①

• Transcoder SDM 101 und ZF/HF-Umsetzer GZU 500.

QPSK → QAM (höherwertig, mit der Bandbreite eines Fernsehkanals)

Nach Demodulation im Transcoder SDM 101 und Änderungen des Fehlerschutzes erfolgt die QAM-Modulation. Die satellitenspezifischen Serviceinformationen werden in kabelgerechte Informationen für die QAM-Set-Top-Box gewandelt. Der QAM-Datenstrom wird in die ZF-Lage moduliert, der nachfolgende ZF/HF-Umsetzer GZU 500 setzt das ZF-Signal in einen Fernsehkanal mit 8 MHz Bandbreite um.

Ausgang: 300 bis 860 MHz

Bedienkonzept: 3stufig (entspricht dem Blankom-Profi-Aufbereitungssystem); 1. Standardeinstellungen Astra-typisch, 2. abweichende, gespeicherte Werte, 3. Einstellung mit dem PC und zugehöriger Software.

Fuba ②

• Transmodulator TR 277 für Aufbereitungssystem TRP 2000

QPSK → QAM

Ausgang: Hyperband 300 – 470 MHz

Ausgangspegel: frontseitig einstellbar

Baugruppen: QPSK-Empfänger, QAM-Modulator und Ausgangsumsetzer.

Satelliten- und programmspezifischen Service-Informationen (PSI/SI) werden automatisch in kabelgerechte Formate umgewandelt, so daß die Set-Top-Box die richtigen Daten erhält.

Einstellungen: Bediengerät TRC 215 oder mit PC über Interface TRI 286; Einstelldaten werden netzausfallsicher gespeichert.

Grundig ⑦

Digitale Komponenten für Aufbereitungsanlage STC 880, gemeinsamer Betrieb mit analogen Sat- und terrestrischen Kassetten.

• HDM 100 C: Empfang digitaler Programmpakete und einzelner Programme

QPSK → QAM mit NIT-Konversion (Network Information Table)

Sat-ZF-Frequenzbereich: 950...2150 MHz

Eingangspegel: 47 bis 80 dBµV

Ausgangspegel: 90 bis 100 dBµV

Programmierung: wie bei analogen Komponenten; für jeden Transponder sind einzustellen: Eingangsfrequenz, Polarisation, Symbolrate, Ausgangskanal, QAM-Mode (16-, 32-, 64-, 128- und 256stufig, 64-stufig voreingestellt), Ausgangspegel.

• HDM 100 P: QPSK → PAL-Standard

Ausgangspegel, analog: 100 bis 110 dBµV

Ausgangskanal: VHF- oder UHF-Bereich.

Hirschmann

gleiche Geräte wie Grundig

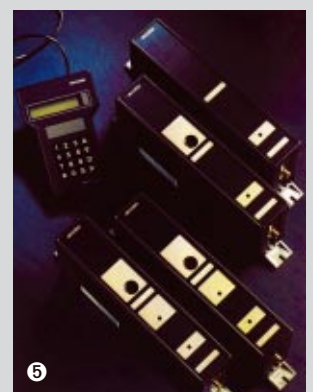
Kathrein ④

• Transmodulator UFO 185 für Kopfstellensystem UFOplus

QPSK → 64-QAM (DVB-Standard, 8 MHz)

Ausgang: 302 und 606 MHz

Programmierung: Über zentrale Steuerung, mit der auch die Parameter aller anderen Komponenten des Systems eingestellt werden. Der Anschluß einer Zusatzbox ist an der MPEG2-Transportstrom-Schnittstelle möglich. UFOplus umfaßt alle Varianten zur Aufbereitung von analogen und digitalen TV- oder Radioprogrammen.



Digitale Aufbereitungskomponenten verschiedener Hersteller

① Blankom; ② Fuba; ③ Wisi; ④ Kathrein; ⑤ Arcodan; ⑥ Teleste; ⑦ Grundig

Teleste/Finnland ⑥

- DVB-Komponenten innerhalb der Kopfstellen-Serie DVX (Digital Versatile Headend)

Kopfstellen unterstützen das Netzwerkmanagement (NMS) sowie das Netzwerk-Element-Management (EMS).

Komponenten: QPSK-Demodulatoren mit DVB-ASI Interface, integrierter Receiver Decoder (IRD), QAM-Modulatoren und QPSK/QAM-Transmodulatoren.

Das DVX-System ist besonders für die Einspeisung digitaler und zusätzlicher PAL-Programme in kleine/mittlere Kabelfernsehtetze geeignet.

Wisi ③

- Transmodulator OV 95

QPSK → 64-QAM

Komponente der Wisi-Headend-Produktlinie für BK-Netze oder große Wohneinheiten; Symbolrate und Faltungscodierung des Empfangssignals sind in weiten Grenzen wählbar, wodurch der universelle Einsatz des Transmodulators OV 95 gewährleistet ist.

- QPSK/PAL-Wandler OV 93

QPSK → analoge VHF-PAL-Norm

- SAT-ZF/S-Band-Konverter OV 90

Zur digitalen Nachrüstung herkömmlicher UHF/VHF-Verteilnetze geeignet.

QPSK (Sat-ZF) → QPSK(S-Band, VHF).

Neben einem Digitalreceiver (z. B. OR 96 für Sat-ZF) ist der S-Band/Sat-ZF-Konverter OV 91 erforderlich, der VHF-Signale in die SAT-ZF-Ebene transformiert.

eine Satelliten-Set-Top-Box erforderlich. Bei diesem Verfahren werden die Satellitensignale nicht manipuliert. Für die Set-Top-Box ist es gleichgültig, ob die Signale direkt von der Sat-Antenne oder über das Breitbandkabel kommen.

2.4 Digitale Signale im Verteilnetz

QAM-Signale werden in den gleichen Breitbandverteilnetzen zum Teilnehmer gebracht wie die analogen, derzeit vorzugsweise im Hyperband (Kanal 21 bis 40). Vorhandene Verstärker werden für die digitalen Signale weiter genutzt. Wie in der analogen Technik wird die Signalqualität durch drei Störgrößen beeinflusst:

1. Durch die im Netz erforderlichen Verstärker wird Rauschen hinzugefügt, was das C/N-Verhältnis verschlechtert.
2. Die Signalverstärkung führt zu Intermodulationsprodukten der auf anderen Frequenzen liegenden Nutzsignale.
3. Es können Echos auftreten, die durch zu niedrige Rückflußdämpfungswerte an Stoßstellen im Netz entstehen (Bild ⑥). Schlechte Rückflußdämpfungswerte erzeugen auf dem Bildschirm bei analoger Übertragung die bekannten Geisterbilder. Bei der Übertragung von QAM-Signalen sind

schlechte Rückflußdämpfungswerte ebenso schädlich. Allerdings gibt es keine Möglichkeit der optischen Beurteilung, auch nicht für erhöhte Rauschanteile oder Intermodulationsprodukte. Meßtechnisch läßt sich ein Verteilnetz für analoge und digitale Signale allerdings erfassen. Während man für analoge Programme die bekannten Meßverfahren nutzt, ist für die Beurteilung der Empfangsqualität digitaler Programme die Bitfehlerrate (Bit Error Rate BER) entscheidend. Sie wird wie folgt klassifiziert:

5 dB	10^{-3}	schlecht
8 dB	10^{-4}	Minimum
10,5 dB	10^{-5}	mäßig
11,7 dB	10^{-6}	gut
12,3 dB	10^{-7}	sehr gut
12,8 dB	10^{-8}	perfekt
13,2 dB	10^{-9}	fehlerfrei

Bitfehlerraten $>10^{-4}$ führen zu keinen befriedigenden Ergebnissen. Der Übergang ist nicht fließend, die Darstellung digitaler Bilder bricht bei einer Verschlechterung der Bitfehlerrate ziemlich abrupt ab.

Meßgeräte, die auch die BER-Messung ermöglichen, kommen nach und nach auf den Markt. Weil nicht erwartet werden kann, daß es bei einem Verteilnetz mit digitalen Programmen von Beginn an Teilnehmer mit entsprechenden Empfangsgeräten gibt, ist eine meßtechnische Erfassung erforderlich. Auch wenn die QAM-Set-Top-Box selbst eine Equalizerfunktion besitzt, die Fehler im Amplituden- und Phasenbereich, z. B. durch Echos, in einem bestimmten Rahmen korrigiert, ist die Beurteilung der genannten Einflüsse erforderlich. Die beschriebenen Störungen können bei der Verteilung von QAM-Signalen besonders in Netzebene 4 und 5 (individuelle Verkabelung) auftreten. Anlagen, die bis zur Antennensteckdose, einschließlich Antennenanschlußkabel, den derzeitigen Vorschriften entsprechen und in ihrer Ausführung allen Vorgaben genügen, bereiten bei der Übertragung von QAM-Signalen keine Probleme.

Literatur

- [1] Kriebel, H.: Satellitenempfang mit Sat-ZF-Verteiltechnik. Elektropraktiker, Berlin 52 (1998) 10, S. 950-956. ■

Anzeige