

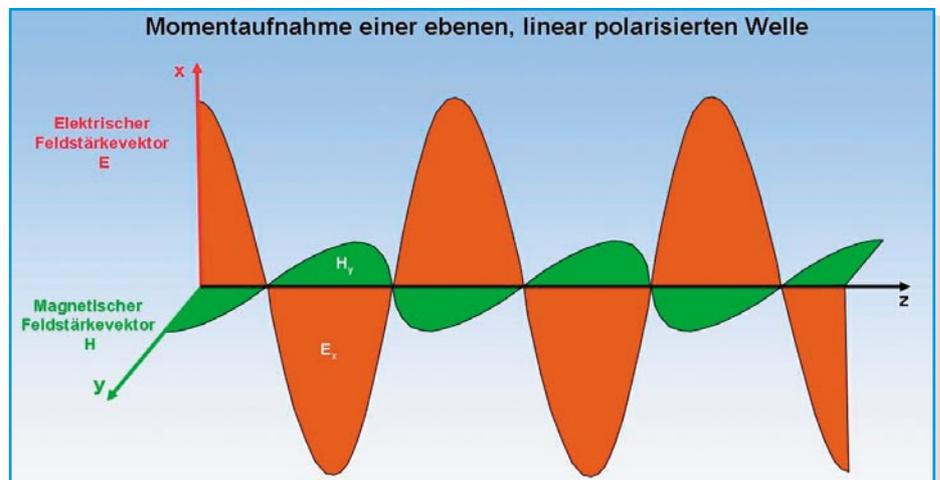


# Satellitenempfang Teil 2

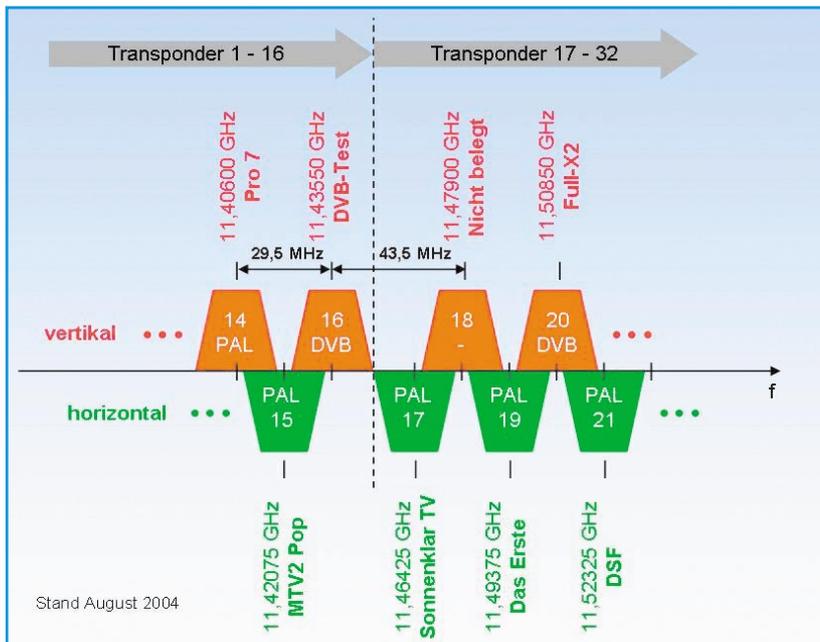
**Wie kann man Frequenzen effizienter nutzen? Auf welchen Frequenzen arbeiten geostationäre Rundfunksatelliten? Wie wird die vom Satelliten abgestrahlte Raumwelle aufgefangen und aufbereitet, damit die Verteilung im häuslichen Koaxialnetz möglich ist? Wer sich für die Beantwortung dieser und vieler damit in Zusammenhang stehender Fragen interessiert, findet hier die Antworten. Detailliert werden die Polarisation einer elektromagnetischen Welle, Funktion und Aufbau der Komponenten eines Speisesystems und der verschiedenen Ausführungen eines parabolischen Reflektors erklärt und deren wesentliche Kennwerte beschrieben.**

## Polarisation

Um die zur Verfügung stehende Übertragungsbandbreite eines Satelliten besser ausnutzen zu können, strahlen dessen Antennen in zwei Polarisationsrichtungen ab – vertikal und horizontal. Für ein richtiges Verständnis des Polarisationsbegriffs sind Kenntnisse der Maxwell'schen Theorie erforderlich. Auf das Wesentliche vereinfacht, besteht eine elektromagnetische Welle (Transversalwelle) aus einer elektrischen und einer magnetischen Komponente, die senkrecht zur Ausbreitungsrichtung orientiert sind (Abbildung 1). Man unterscheidet zwischen linearer und zirkularer Polarisation. Letztere entsteht durch Überlagerung zweier linear polarisierter Wellen unterschiedlicher Amplitude und



**Bild 1: Die magnetische und elektrische Komponente eines elektromagnetischen Feldes stehen senkrecht aufeinander. Die Ausbreitungsrichtung z ist aus dem Kreuzprodukt der Vektoren von E und H gegeben.**

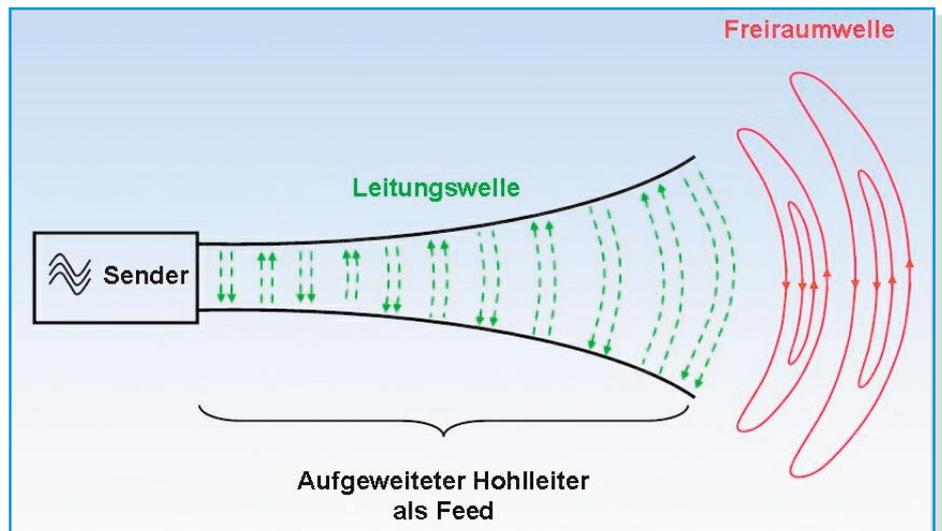


**Bild 2: Der Ausschnitt aus einem ASTRA-Transponderplan zeigt, dass frequenzmäßig benachbarte Transponder jeweils auf einer anderen Polarisations-ebene untergebracht sind. Die Frequenzüberlappung ist wegen der Polarisations-entkopplung zulässig und spart Übertragungsbandbreite.**

Phasenlage. Sie hat beim Satelliten-Direkt-empfang keine praktische Bedeutung mehr. Die Orientierung des elektrischen Feldvektors wird zur Kennzeichnung der Polarisation der elektromagnetischen Welle verwendet: senkrechter (waagrechter) elektrischer Feldvektor => vertikal (horizontal) polarisierte Welle.

Das Vektorprodukt aus dem elektrischen und dem magnetischen Feldstärkevektor ist der Wellenvektor, auch Poyntingvektor genannt. Er zeigt in Ausbreitungsrichtung der Welle und ist dem Betrage nach der Energiefluss durch eine senkrecht durchströmte Fläche.

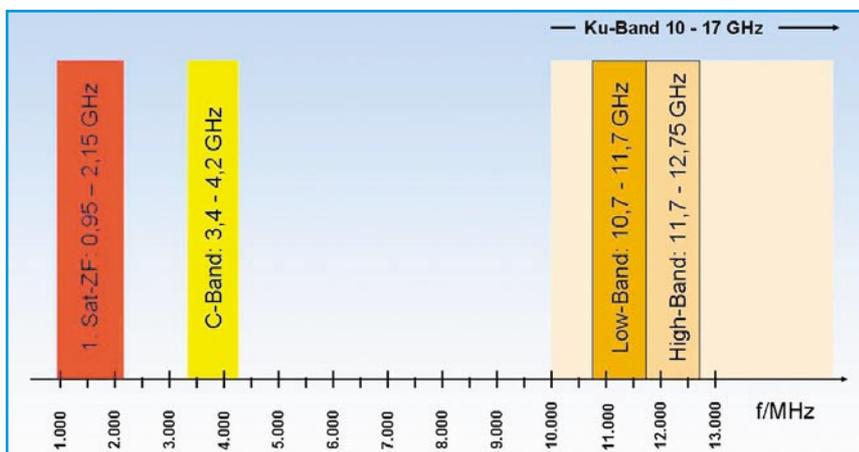
Bei idealer Entkopplung der Polarisations-ebenen durch die Empfangsantenne wäre theoretisch eine doppelte Ausnutzung gleicher Frequenzen möglich. In der Praxis ist die Polarisationsentkopplung jedoch endlich (20–25 dB), bedingt sowohl durch die Sendeantenne des Satelliten als



**Bild 4: Der aufgeweitete Hohlleiter als Wellentypwandler**

auch die terrestrische Empfangsantenne sowie atmosphärische Einflüsse. Aber auch

axialkabel verlustarm genug, um die hochfrequenten Signale mit akzeptabler Dämpfung zum Receiver weiterzuleiten.



**Bild 3: Die für den Satelliten-Direkttempfang relevanten Frequenzbereiche**

## Antennentypen

Antennen dienen der Überführung leitungsgeführter Hochfrequenzenergie in eine im freien Raum ausbreitungsfähige elektromagnetische Welle. Die Antenne wandelt also eine Leitungswelle in eine Freiraumwelle (Abbildung 4). Wir unterscheiden beim Satellitenempfang im Wesentlichen Reflektorantennen, Dipolarrays und Schlitzstrahler. Die größte Bedeutung hat die Reflektorantenne, die aus einer parabolisch gekrümmten reflektierenden Fläche (Rotationsparaboloid) besteht, in deren Brennpunkt das so genannte Feed



Bild 5: Feed mit Rillenhorn

die empfangene Freiraumwelle in eine Hohlleiterwelle überführt bzw. umgekehrt (Wellentypwandler).

Antennen lassen sich zum Senden und Empfangen von elektromagnetischen Wellen verwenden. Ihre Eigenschaften sind in beiden Fällen die gleichen. Man spricht von reziproken Gebilden. Der Begriff Feed (Einspeisung) rührt aus der Sendeanwendung her, wo die über Hohlleiter zugeführte Hochfrequenzenergie in die Reflektorfläche eingestrahlt wird. Weitaus häufiger trifft man die Rillenfeed-Bauform mit skalaren Ringen um den Hohlleitereingang an (Abbildung 5), seltener den dielektrischen Linsentyp (Abbildung 6). Bei den heute üblichen Sat-Empfangsantennen bildet das Feed mit dem so genannten LNC oder LNB eine mechanische Einheit – das Speisesystem.



Bild 6: Feed mit dielektrischer Linse

Man unterscheidet grundsätzlich zwischen Primärfokusantennen, bei denen das Speisesystem – genauer das Phasenzentrum des Feeds – direkt im Brennpunkt angeordnet ist, und Sekundärfokusantennen (Cassegrain und Gregory), bei denen ein Sekundärspiegel (Subreflektor) im Strahlengang des Primärspiegels die Strahlen auf seinen Sekundärfokus bündelt (Abbildung 7). Wir wollen uns an dieser Stelle nur mit Primärfokusantennen beschäftigen.

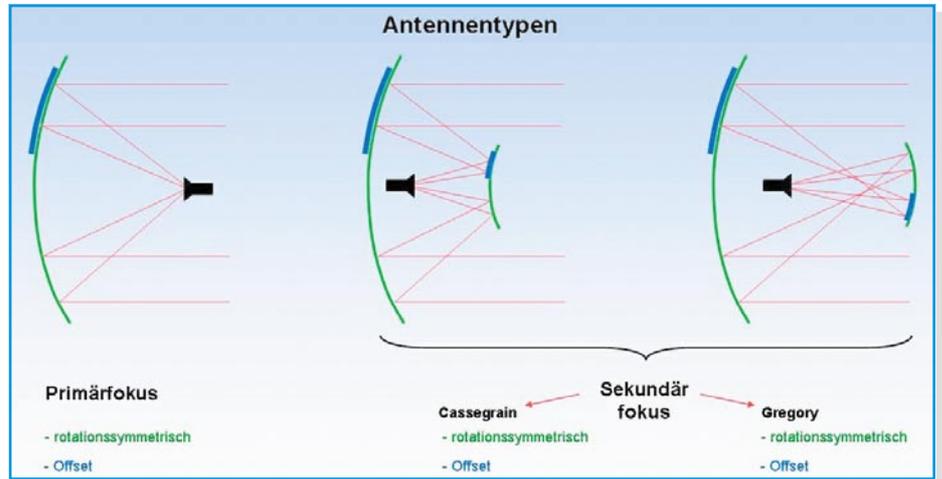


Bild 7: Rotationssymmetrische Reflektoren und asymmetrische Abschnitte (Offset-Reflektoren)

Der Reflektor hat die Gestalt eines Kalottenabschnitts eines Paraboloiden, der aus einer um ihre Hauptachse rotierenden Parabel entsteht. Bekanntlich haben Parabeln die Eigenschaft, achsenparallel einfallende Strahlen in einem einzigen Punkt auf der Achse – dem Brennpunkt oder Fokus – zu bündeln.

Wird von dem Paraboloiden eine Kalotte mit einem Schnitt senkrecht zur Hauptachsenrichtung abgetrennt, ist der entstandene Reflektor rotationssymmetrisch (Abbildung 8). Man spricht von einer zentral erregten Antenne, weil der Fokus gewissermaßen im Zentrum des Reflektors liegt.

Wird die Reflektorkalotte mit einem schrägen Schnitt gewonnen, scheint ihr Brennpunkt aus dem Zentrum gerückt (Offset = Versatz), daher der Name Offsetantenne. Abbildung 8 zeigt den Vorteil der Offsetantenne gegenüber der zentral erregten: steilerer Reflektor (weniger Schneeablagerungen!) und kein Schattenschwurf des Speisesystems, wodurch die gesamte einfallende Strahlung im Feed ge-

bündelt wird. Allerdings steht die Antennenfläche jetzt schräger zur einfallenden Wellenfront, was die effektive Antennenfläche etwas verringert.

### f/d-Verhältnis

Mit dem Verhältnis von Brennweite zu Durchmesser ( $f/d$ -Verhältnis;  $f$ : focal length;  $d$ : diameter) charakterisiert man die „Flachheit“ einer Parabolantenne. Mit zunehmender Krümmung wandert der Brennpunkt auf den Scheitel des Paraboloiden zu, wobei  $f/d$  kleiner wird (Abbildung 9). Bezüglich des  $f/d$ -Verhältnisses muss man einen Kompromiss eingehen. Flache Antennen sind zwar gut auszuleuchten, haben aber stärker ausgeprägte Nebenkeulen. Dies entspricht einer Überbelegung der reflektierenden Fläche (spill over), wodurch terrestrisches Rauschen und Signale von benachbarten Satelliten aufgenommen werden können. Bei stark gekrümmten Antennen verhält es sich genau umgekehrt. Jetzt leuchtet das Feed zwar nicht mehr über den

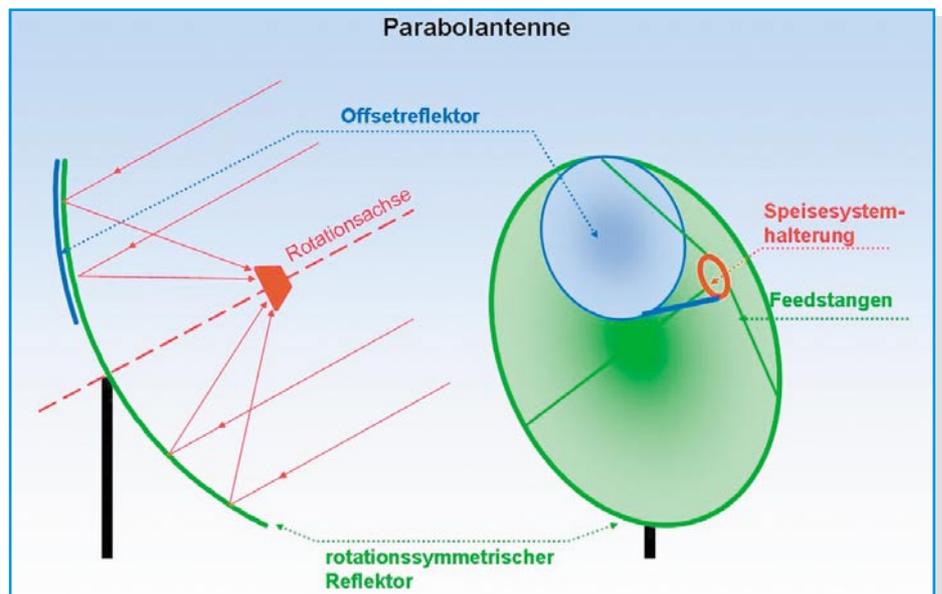
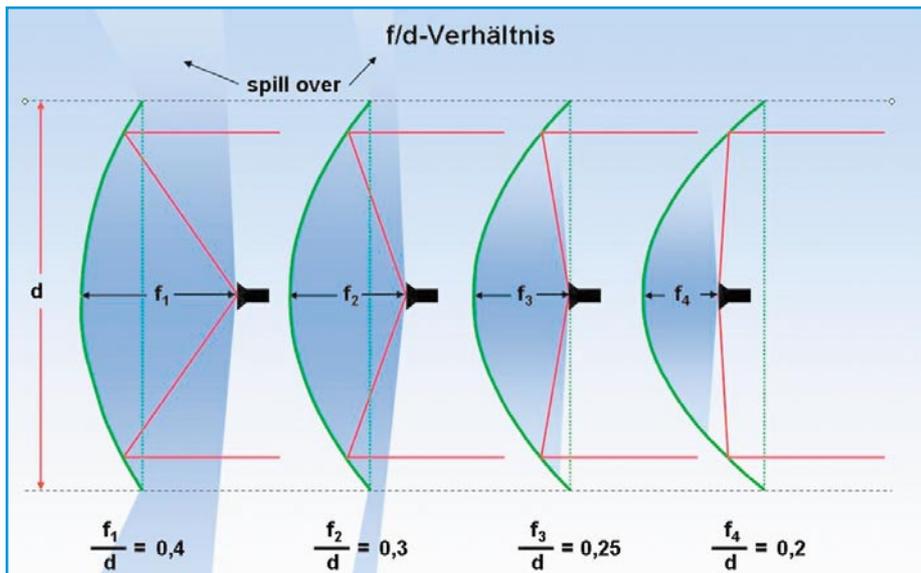


Bild 8: Primärfokusantennen



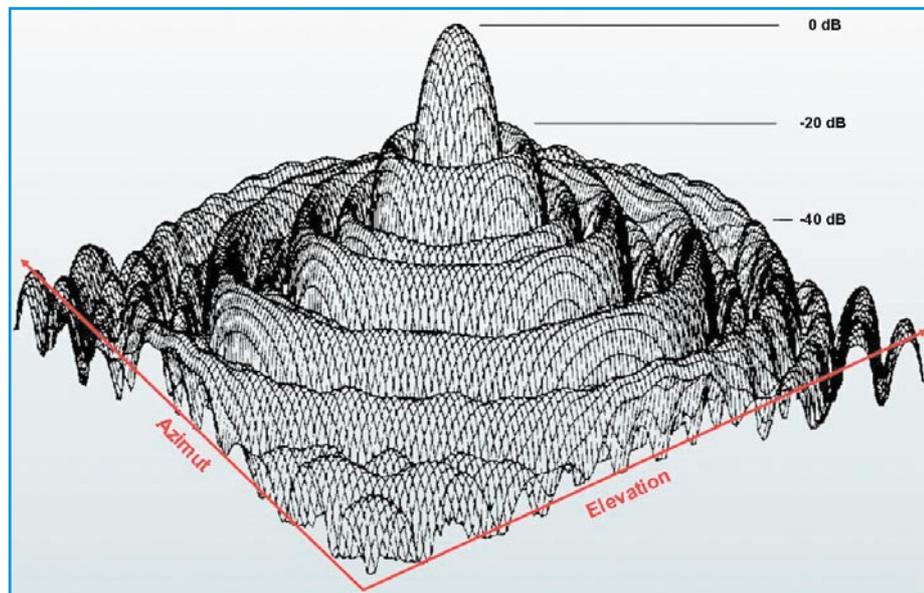
**Bild 9:** f/d-Verhältnis und Ausleuchtung müssen aufeinander abgestimmt sein.

Antennenrand hinaus, es wird deshalb aber auch nicht mehr die volle Aperturfläche genutzt. Satellitenantennen haben aus diesem Grund ein f/d-Verhältnis zwischen 0,3 und 0,5. Bei f/d=0,25 liegt der Brennpunkt auf Höhe des Antennenrandes.

### Apertur und Wirkungsgrad

Die Fläche, die der Parabolreflektor der einfallenden Wellenfront zeigt (genauer gesagt, die Projektion des Reflektors auf eine Ebene senkrecht zur Einstrahlungsrichtung), heißt geometrische Apertur  $A_{Ap}$ . Durch verschiedene Einflüsse ist es nicht möglich, die gesamte Energie im Brennpunkt zu bündeln. Nur ein gewisser Teil der geometrischen Aperturfläche ist wirksam, die effektive Apertur  $A_{eff}$ .

Es gilt  $A_{eff} = \eta A_{Ap}$  mit  $A_{Ap}$  = geometrische Apertur,  $A_{eff}$  = effektive Apertur und



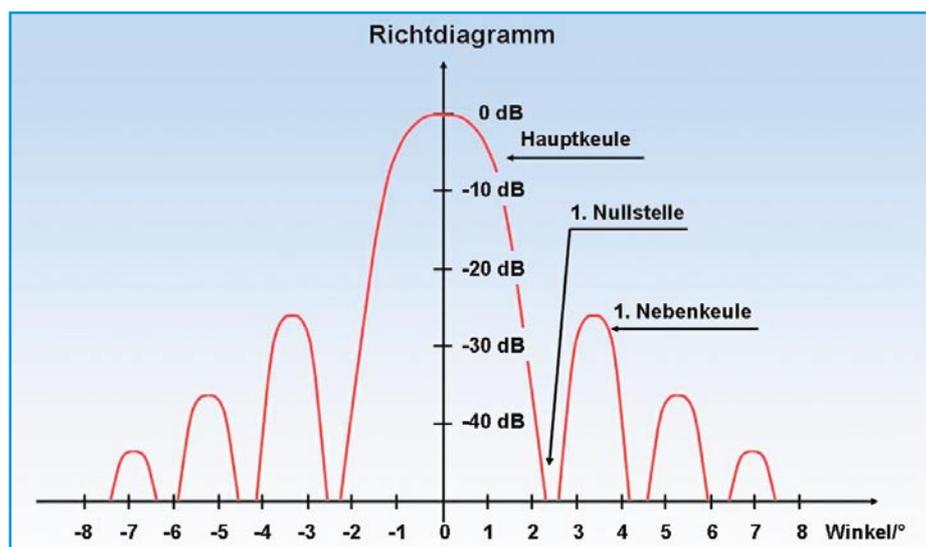
**Bild 10:** Räumliche Richtcharakteristik einer rotationssymmetrischen Satellitenantenne

$\eta$  = Flächenwirkungsgrad,  $0 < \eta < 1$ , typ.  $\eta = 0,6 \dots 0,7$

Einige wichtige Einflüsse auf den Flächenwirkungsgrad  $\eta$  sind:

- die „Belegung“ der Aperturfläche (Ausleuchtungsfunktion)
- Abschattungen durch das Speisesystem und seine Halterung
- Beugungsverluste an den Rändern des Reflektors (Fresnel-Beugung)
- Streuung an Oberflächenrauigkeiten des Reflektors
- Abweichungen von der parabolischen Idealform des Reflektors
- Fehlausrichtung des Feeds
- ...

Durch eine entsprechende Dimensionierung des Feeds lässt sich erreichen, dass die Randbereiche der Aperturfläche weniger zum Empfangssignal beitragen als das Zentrum (edge tapering). Das verschlech-

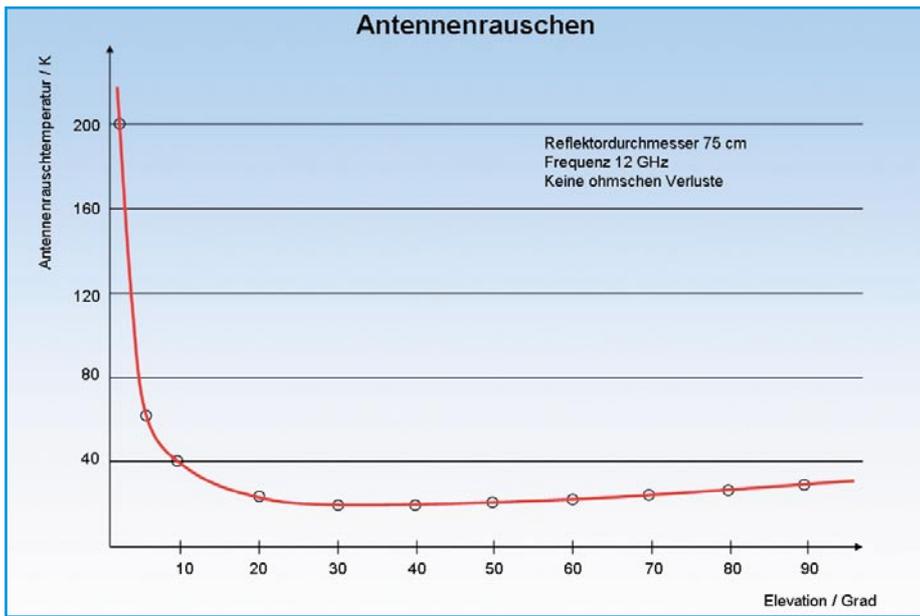


**Bild 11:** Das Richtdiagramm ist ein Schnitt durch die räumliche Richtcharakteristik.

tert zwar den Antennenwirkungsgrad, verringert aber auch die Aufnahme von Signalanteilen außerhalb der Hauptachsenrichtung (bezogen auf die Hauptkeule kleinere Nebenkeulen des Richtdiagramms), also von Nachbarsatelliten und von der Erdoberfläche abgestrahltes thermisches Rauschen. Eine solchermaßen ungleichförmig „ausgeleuchtete“ Aperturfläche, bei der die Intensität der Ausleuchtungsverteilung von der Mitte bis zum Rand um 10 bis 12 dB abnimmt, ist also durchaus gewollt.

### Richtdiagramm

Die richtungsabhängige Empfindlichkeit einer Antenne beschreibt ihr Richtdiagramm. Es ist ein rotationssymmetrisches, räumliches Gebilde, mit dem Maximum im Zentrum (Hauptkeule) und mit in wachsendem Abstand zum Zentrum in der Stärke abnehmenden Nebenkeulen (Abbildung 10).



**Bild 12: Das Rauschen der Antenne nimmt zu, wenn die Ausrichtung der Antenne flacher wird.**

Wegen der Rotationssymmetrie, die weitgehend auch bei Offsetantennen besteht, genügt es, einen beliebigen senkrechten Schnitt durch die Mitte des „Richtgebirges“ zu machen, der zu einem zweidimensionalen Richtdiagramm führt. Man kann dem Beispiel in Abbildung 11 entnehmen, dass in ca. 2,3° Abweichung von der Hauptrichtung ein Empfangsminimum vorliegt, die erste Nullstelle. In dieser Richtung ist die Antenne „blind“.

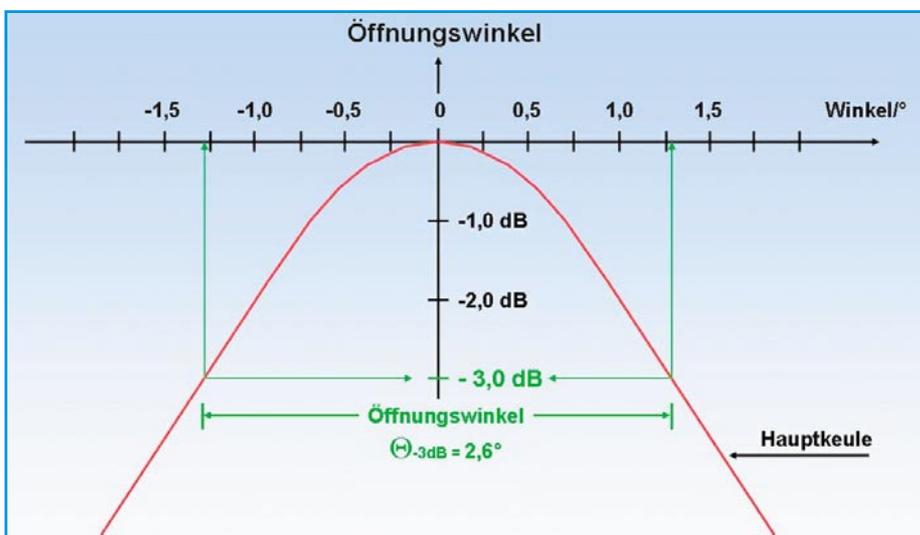
Es folgt das erste Nebenmaximum, aus dessen Richtung Störsignale aufgenommen werden können, die zweite Nullstelle usw. Häufig gelingt es, die Antenne ohne gravierende Folgen für das Nutzsignal so auszurichten, dass ein Störer in eine Nullstelle zu liegen kommt und damit unterdrückt wird. Die Skalierung des Richtdiagramms kann linear oder logarithmisch (häufiger) erfolgen.

### Antennenrauschen

Die Temperatur der Erdoberfläche liegt in unseren Breiten ca. 250 bis 320 K über dem absoluten Nullpunkt von 0 Kelvin, entsprechend -273 °Celsius. Dabei produziert die Erde thermisches Rauschen, das auch terrestrisches Rauschen genannt wird. Es wird von der Antenne in Abhängigkeit vom Elevationswinkel aufgenommen. Je flacher die Antenne ausgerichtet ist, umso mehr nimmt das Rauschen zu (Abbildung 12). Die Rauschtemperatur der Antenne wird in K (Kelvin) gemessen und bei der Berechnung der Systemgüte einer Empfangsanlage benötigt.

### Öffnungswinkel

Der Öffnungswinkel beschreibt den



**Bild 13: Der Öffnungswinkel einer Antenne ist der Winkelbereich, in dem die Antenne über 50 % der maximalen Empfangsleistung aufnimmt.**

Winkelbereich, in welchem die Hauptkeule der Richtcharakteristik um 3 dB abfällt (Abbildung 13). Dies entspricht einem Zurückgehen der Empfangsleistung auf die Hälfte. Daher auch die Bezeichnungen 3-dB-Winkel oder Halbwertsinkel. Bei einer kreisförmigen Aperturfläche gilt näherungsweise:  $\Theta_{-3dB} = 70\lambda/d$  ( $d$  = Antennendurchmesser in m,  $\lambda$  = Wellenlänge in m).

Für die am häufigsten verwendete Frequenz von ca. 12 GHz ( $\lambda = 0,025$  m) hat demnach eine Antenne mit  $d = 0,9$  m Durchmesser einen Öffnungswinkel von  $\Theta_{-3dB} = 1,94^\circ$ .

### Gewinn

Der Gewinn der Antenne bezieht sich auf den bereits erwähnten isotropen Kugelstrahler. Diese fiktive Referenz gibt bekanntlich per Definition ihre Energie gleichförmig in alle Richtungen ab und hat deshalb den Gewinn null. Im Gegensatz dazu bündelt die Parabolantenne die Energie in eine Vorzugsrichtung (Hauptstrahlungsrichtung). Der Gewinn beschreibt dies quantitativ. Er ist linear definiert als das Verhältnis aus maximaler Strahlungsdichte der realen Antenne  $S_{max}$  zur Strahlungsdichte des fiktiven isotropen Kugel-Referenzstrahlers  $S_{iso}$  bei gleicher zugeführter Sendeleistung.

$$G = \frac{S_{max}}{S_{iso}} \quad | \quad P_m = \text{konstant}$$

Der Antennengewinn hängt also von der Ausprägung der Hauptkeule und damit vom Antennenwirkungsgrad  $\eta$  (60–70 %), dem Antennendurchmesser  $d$  und der Wellenlänge  $\lambda$  ab und wird logarithmisch beschrieben durch:

$$G = 10 \cdot \log \left[ \eta \cdot \left( \frac{\pi \cdot d}{\lambda} \right)^2 \right] \text{ dBi}$$

Die Gleichung kann in zwei Terme zerlegt werden: einen Term, der vom Durchmesser abhängt, und einen Term, der die restlichen Größen enthält:

$$\frac{G}{\text{dBi}} = 10 \log \left( \frac{\eta \pi^2}{\left( \frac{\lambda}{m} \right)^2} \right) + 20 \log \left( \frac{d}{m} \right)$$

Wir merken uns, dass bei sonst gleichen Eigenschaften der Antennengewinn mit der Frequenz zunimmt. Tabelle 1 liefert Werte für den Gewinn parabolischer Reflektoren für gegebene Frequenzen und Durchmesser.

Für den Wellenbereich der meisten direkt strahlenden Satelliten von ca. 12 GHz ( $\lambda = 0,025$  m) und einem Wirkungsgrad von  $\eta = 0,63$  ergibt sich:

$$\frac{G}{\text{dBi}} = 40 + 20 \cdot \log \left( \frac{d}{m} \right)$$

**Tabelle 1: Gewinn von Parabolantennen in dBi als Funktion von Durchmesser und Frequenz**

f/GHz	λ/m	d/m							η=0,6	Band
		0,3	0,55	0,75	0,9	1,2	1,5	1,8		
3,4	0,0882	18,4	23,6	26,3	27,9	30,4	32,3	33,9	C	
3,7	0,0811	19,1	24,3	27,0	28,6	31,1	33,1	34,6		
4,2	0,0714	20,2	25,5	28,1	29,7	32,2	34,2	35,8		
10,7	0,0280	28,3	33,6	36,3	37,9	40,4	42,3	43,9	Ku	
11,7	0,0256	29,1	34,4	37,1	38,6	41,1	43,1	44,7		
12,5	0,0240	29,7	34,9	37,6	39,2	41,7	43,6	45,2		

Dies ist in Abbildung 14 dargestellt. Man erkennt, dass der Gewinn von Antennen mit weniger als einem Meter Durchmesser kleiner als 40 dB ist (Logarithmen von Zahlen zwischen null und eins sind negativ!). Zugleich wird deutlich, dass mit wachsendem Antennendurchmesser der Öffnungswinkel abnimmt. Dies ist auch anschaulich, weil der höhere Gewinn gleichbedeutend mit einer schärferen Richtstrahlung ist.

### Low Noise Converter

Der Low Noise Converter (LNC) dient dazu, das komplette Empfangsband aus dem Frequenzbereich, in dem es der Satellit abstrahlt (Low-Band 10,7–11,75 GHz bzw. 11,75–12,7 GHz) in die so genannte 1. Sat-ZF zwischen etwa 1 und 2 GHz umzusetzen. Damit ist es nicht mehr erforderlich, eine Hohlleiterverteilstuktur aufzubauen, die Ähnlichkeit mit einem Wasserleitungsnetz hätte. Die Zuführung zum Receiver kann ab dem LNC-Ausgang mit herkömmlichem, dämpfungsarmem Koaxialkabel erfolgen. Weil der LNC einen ganzen Frequenzblock in die niedrigere Sat-ZF-Lage umsetzt, ist auch die Bezeichnung Low Noise Block Converter (LNB) gebräuchlich. Der Umsetzvorgang beruht auf dem Prinzip der „multiplikativen Mischung“. Dabei werden zwei Signale unterschiedlicher Frequenzen miteinander multipliziert, was zu einer Summen- und einer Differenzfrequenz führt. Mathematisch

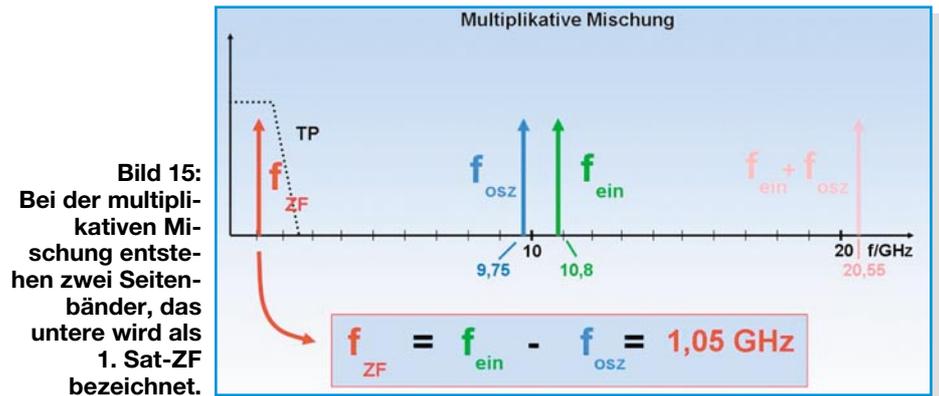
liegt dem das Additionstheorem für trigonometrische Funktionen zugrunde:

$$\cos 2\pi f_1 \cdot \cos 2\pi f_2 = \frac{1}{2} [\cos 2\pi(f_1 - f_2) + \cos 2\pi(f_1 + f_2)]$$

Abbildung 15 illustriert dies am Beispiel einer Empfangsfrequenz im Low-Band von  $f_{\text{ein}} = 10,8$  GHz, die mit einer im LNC lokal erzeugten Oszillatorfrequenz (Local Oscillator Frequency LOF)  $f_{\text{osz}} = 9,75$  GHz multiplikativ gemischt wird. Es entsteht eine Summenfrequenz von 20,55 GHz (interessiert hier nicht) und eine Differenzfrequenz von 10,8 GHz minus 9,75 GHz = 1,05 GHz, die als 1. Satelliten-Zwischenfrequenz (1. Sat-ZF) bezeichnet und nach einer Bandpassfilterung über das Verteilnetz zum Receiver eingang transportiert wird. Das Gesagte gilt für jede

einzelne Frequenz im Bereich des Low-Bands 10,7 bis 11,7 GHz, d. h. dieses findet sich vollständig in der 1.-Sat-ZF-Lage zwischen 0,95 GHz und 1,95 GHz wieder. Damit das High-Band von 11,7 bis 12,75 GHz in die gleiche ZF-Lage zu liegen kommt, wird es mit einer höheren Oszillatorfrequenz von 10,6 GHz abgemischt. Es hat also nach Umsetzung die Bandgrenzen 1,1 GHz und 2,15 GHz.

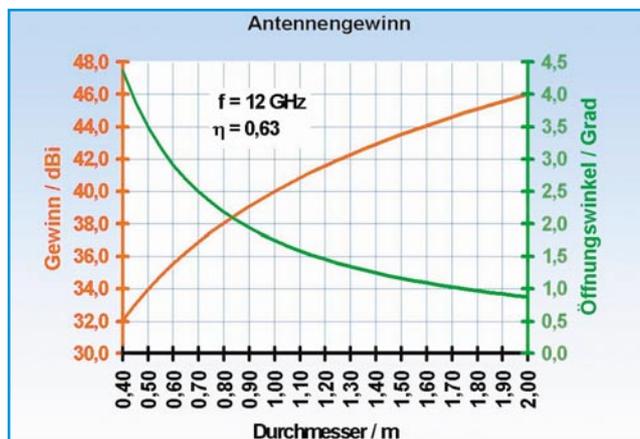
Den prinzipiellen Aufbau eines LNCs zeigt Abbildung 16. Die vom Feed aus der Freiraumwelt in eine Hohlleiterwelle ge-



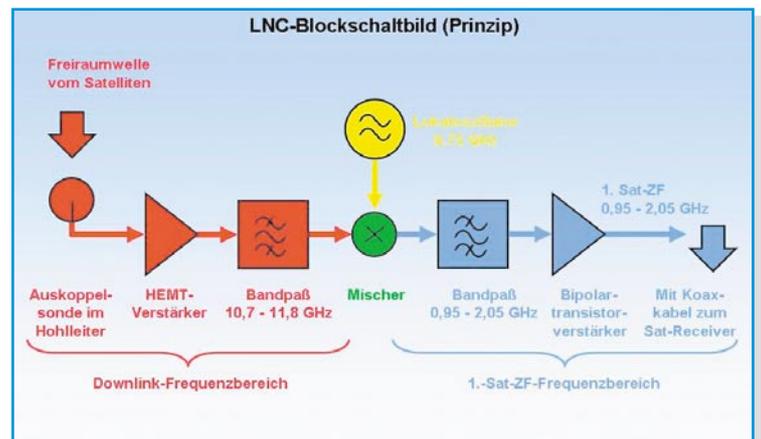
**Bild 15:** Bei der multiplikativen Mischung entstehen zwei Seitenbänder, das untere wird als 1. Sat-ZF bezeichnet.

wandelte Satellitenabstrahlung trifft auf eine Auskoppelsonde am LNC-Eingang. Das dem Feld entnommene elektrische Signal wird auf den Eingang eines mehrstufigen HEMT-Verstärkers geführt (HEMT: High Electron Mobility Transistor). HEMTs sind Feldeffekttransistoren auf der Grundlage von Galliumarsenid (GaAs), die sich durch eine sehr hohe Beweglichkeit der freien Elektronen auszeichnen. Das Resultat ist ein extrem rauscharmer Transistor für Höchstfrequenzanwendungen.

Sein Erfinder, Dr. Takashi Mimura, hat den HEMT Ende der siebziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts in den Fujitsu Laboratories entwickelt und damit die Voraussetzung für den Empfang der verschwindend schwachen Satellitensignale durch handliche Antennen und preiswerte LNCs geschaffen. Sicherlich kann man



**Bild 14:** Öffnungswinkel und Gewinn sind gegenläufig.



**Bild 16:** Prinzipielles Blockschaltbild eines LNCs

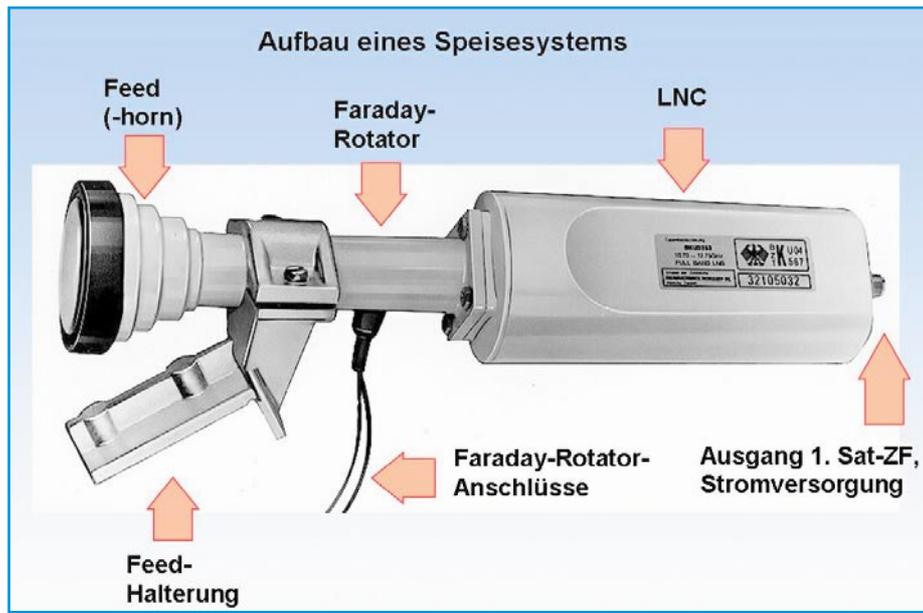


Bild 17: Bei einem älteren Speisesystem lassen sich die einzelnen Funktionsgruppen noch unterscheiden.

Der Faraday-Rotator hat heute für den Direktempfang keine Bedeutung mehr, weil am LNC-Eingang zwei um  $90^\circ$  versetzte Auskoppelsonden die Signale beider Polarisations Ebenen gleichzeitig aus dem Hohlleiterfeld abgreifen. Ebenfalls nahezu bedeutungslos sind Polweichen (OMT: Orthogonal Mode Transducer) geworden, die ein eingehendes Hohlleiterfeld in seine beiden Polarisationskomponenten aufspalten und diese an den beiden Ausgängen jeweils einem LNC für die vertikale und einem LNC für die horizontale Polarisationsrichtung zur Verfügung stellen.

sagen, dass ohne HEMT kein Satelliten-Direkttempfang für jedermann möglich wäre.

Die ersten LNCs waren nur für den Empfang einer Polarisationsrichtung geeignet. Um die jeweils andere zu empfangen, mussten das LNC, die Auskoppelsonde oder das Hohlleiterfeld um  $90^\circ$  gedreht werden. Die Drehung von LNC oder Auskoppelsonde erfolgte elektromotorisch, die Felddrehung übernahm ein so genannter Faraday-Rotator (Abbildung 17). Er besteht aus einer Spule mit Ferritkern, der in Längsachsenrichtung vom Hohlleiterfeld durchlaufen wird. Ist die Spule stromlos, wird das Feld ohne Beeinflussung der Polarisation nur geringfügig gedämpft. Ein durch die Spule geschickter Gleichstrom erzeugt in dem Ferritmaterial ein Magnetfeld, welches bei richtiger Wahl des Spulenstroms bewirkt, dass das Feld den Ferritstab um  $+90^\circ$  oder  $-90^\circ$  gedreht verlässt.

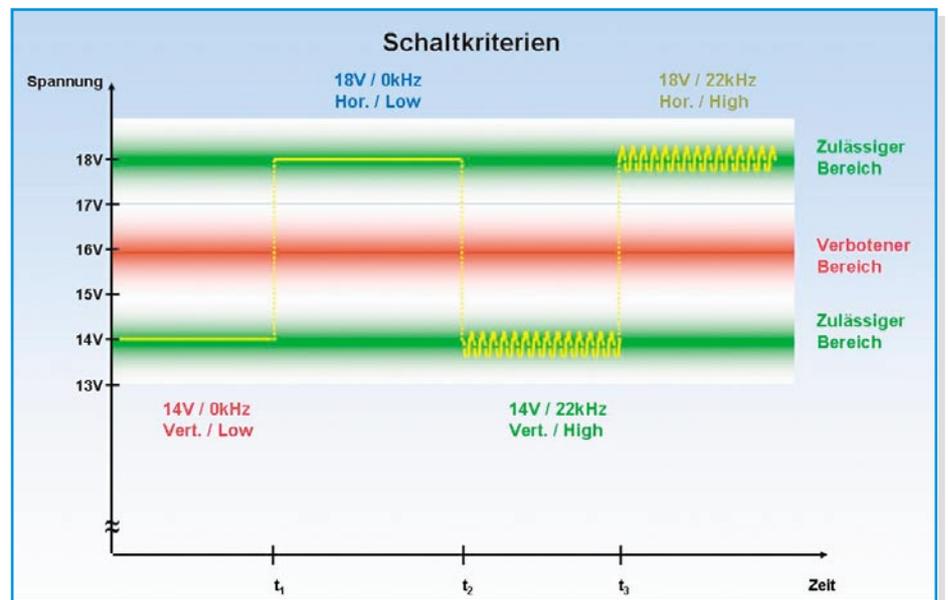


Bild 19: Schaltkriterien eines Universal-LNCs

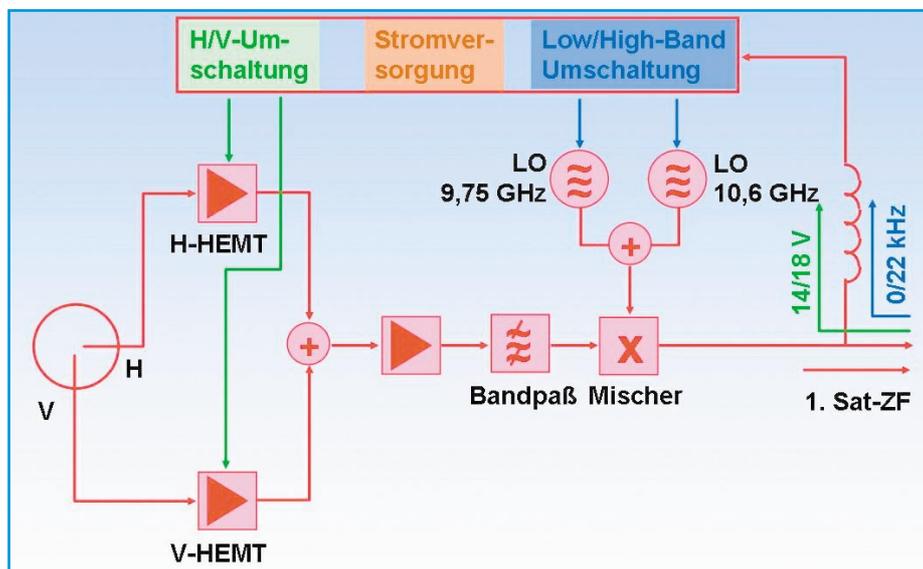


Bild 18: Blockschaltbild eines Single-Universal-LNCs

## Aktuelle LNC-Typen

### Single-LNC

Wie der Name vermuten lässt, ist der Single-LNC nur für den Empfang durch einen Teilnehmer ausgelegt, daher auch die Bezeichnung Einteilnehmer-LNC. Wenn ein solcher LNC sowohl für den Empfang des Low-Bands (10,7–11,7 GHz) als auch des High-Bands (11,7–12,75 GHz) ausgelegt ist, spricht man von einem Single-Universal-LNC (Abbildung 18).

Dem durch den Eingangshohlleiter zugeführten Empfangsfeld werden die vertikale und horizontale Feldkomponente von zwei entsprechend orientierten Auskoppelsonden entnommen und auf die Eingänge mehrstufiger, niedrig rauschender breitbandiger Verstärker (V-HEMT und H-HEMT) gegeben. Zur Auswahl einer Pola-

**Bild 21: Blockschaltbild eines Twin-Universal-LNCs**

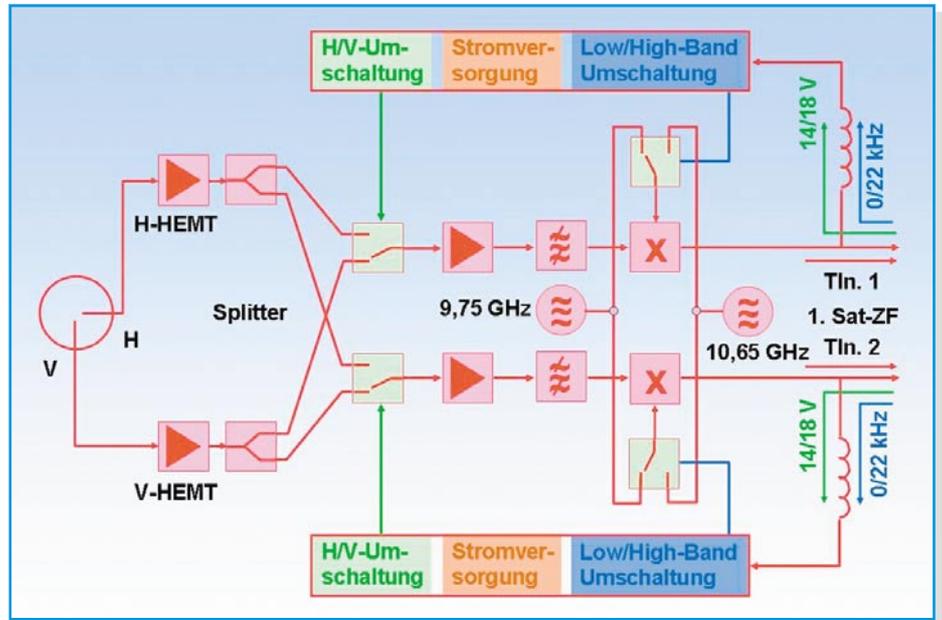
risationsrichtung für die weitere Verarbeitung wird jeweils nur ein Verstärker mit Betriebsspannung versorgt und ist damit aktiv. Die Aktivierung erfolgt über die Höhe der Versorgungsgleichspannung (14 V => vertikal, 18 V => horizontal), welche über das koaxiale Anschlusskabel zum LNC transportiert wird. Die Ausgangssignale der Eingangsverstärker werden summiert, nachverstärkt und im Mischer mit der gewählten Oszillatorfrequenz (LO-Frequenz) multipliziert. Die Auswahl zwischen einer LOF = 9,75 GHz für das Low-Band und einer LOF = 10,6 GHz für das High-Band wird bestimmt durch eine 22-kHz-Komponente mit ca. 600 mV Amplitude. Ist sie der Versorgungsgleichspannung überlagert, wird die 10,6-GHz-LOF aktiviert, und am Ausgang des Mixers erscheint das High-Band in der 1.-Sat-ZF-Lage. Ohne 22-kHz-Wechselkomponente wird mit 9,75 GHz abgemischt, wodurch am Ausgang des LNCs das Low-Band auftritt.

Die Kombination beider Schaltkriterien (14/18 V und 0/22 kHz) lässt die Codierung von 4 Schaltzuständen zu (Abbildung 19). Zum Empfang des Low- und High-Bands eines Satelliten in beiden Polarisationsrichtungen reicht das aus. Was aber, wenn man zwei Satelliten empfangen möchte? Ein neues Schaltkriterium ist erforderlich. Dieses ließe sich durch eine weitere Stufung der Versorgungsspannung und eine weitere überlagerte Frequenz quasi analog schaffen. Auf Initiative des Satellitenbetreibers Eutelsat wurden von Philips als digitale Alternative Halbleiterchips entwickelt, die in ihrer Befehlsvielfalt jede denkbare Signalisierungs- und Schaltaufgabe meistern. Mit diesem modembasierten Master-Slave-Kommunikationssystem, welches das koaxiale Verteilsystem als Bus



(Quelle: WISI)

**Bild 20: Ansicht eines Twin-LNCs**



verwendet, werden wir uns später ausführlich beschäftigen. Es ist unter der Bezeichnung DiSEqC (Digital Satellite Equipment Control = Digitale Steuerung von Satellitenempfangseinrichtungen) in komplexeren Satellitenempfangsanlagen im Einsatz.

### Twin-LNC

Er kann als Universal-Typ zwei Teilnehmer unabhängig voneinander mit beiden Polarisations Ebenen aus beiden Bändern beliefern (Abbildung 20). Technisch gesehen, besteht der Twin aus zwei Single-LNCs in einem Gehäuse, welche die Vorstufen und Oszillatoren gemeinsam nutzen (Abbildung 21).

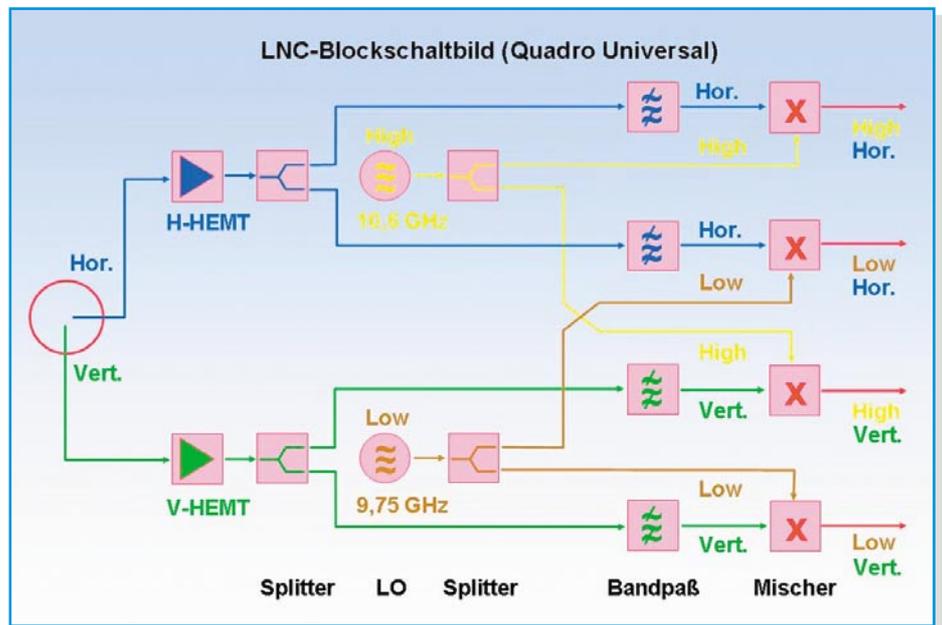
### Quad-LNC

Quad-LNCs sind in ihrem Aufbau den Twin-LNCs ähnlich, jedoch für vier statt für zwei Teilnehmer ausgelegt. Der Anla-

genaufbau gestaltet sich so einfach wie beim Twin-LNC: Jeden der vier Ausgänge des Quad-LNCs mit je einem Receiveringang verbinden, und schon sind vier Teilnehmer versorgt. Es sind vereinzelt auch LNCs für die direkte Versorgung von bis zu 8 Teilnehmern auf dem Markt.

### Quadro-LNC

Der Quadro-Universal-LNC wurde für Multischaltersysteme zur Versorgung einer beliebigen Teilnehmerzahl entwickelt (Abbildung 22). Dazu bietet er an seinen vier Ausgängen gleichzeitig und unabhängig voneinander die Sat-ZF-Bänder Low-Vertikal, Low-Horizontal, High-Vertikal und High-Horizontal an. Jedes dieser Bänder wird durch einen eigenen Mischer aus den entsprechenden Polarisations Ebenen (V oder H) und Frequenzbereichen (High oder Low) erzeugt. ELV



**Bild 22: Blockschaltbild eines Quadro-Universal-LNCs**