

Satellitenempfang Teil 8

Zwar kann man über die Orbitposition 19,2° Ost (Astra) – auf die in Deutschland die meisten Satellitenantennen ausgerichtet sind – Hunderte von TV- und Radioprogrammen empfangen, wenn es aber um fremdsprachige Digitalprogramme und Datenstreams (IP-Streaming) geht, sind andere Orbitalpositionen ergiebiger. Für deren Empfang ist eine weitere Antenne nicht unbedingt erforderlich, man kann auch mit einem Reflektor und mehreren Speisesystemen auf mehrere Orbitalpositionen „schielen“. An den Multischalter als zentrale Signalverteilungskomponente stellt dies neue Anforderungen – er muss DiSEqC-tüchtig sein. Hier lesen Sie mehr darüber.

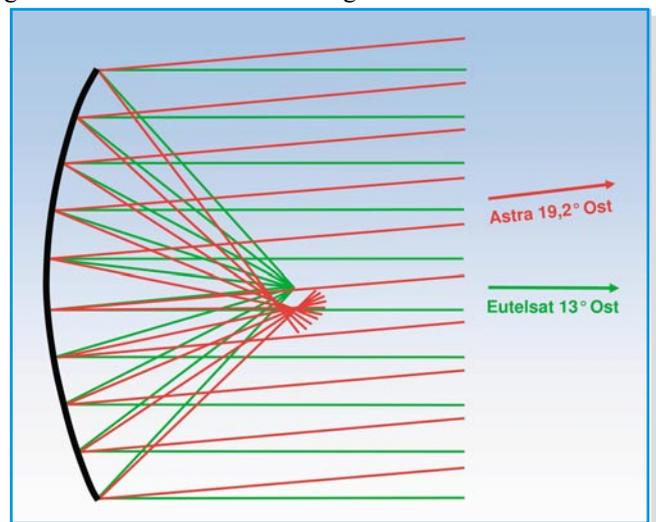
Wer schielt, hat mehr vom Orbit

In Einteilnehmeranlagen kann mit einer drehbaren Schüssel und einer so genannten Polarmounthalterung der gesamte Orbitalbogen abgefahren werden. Zapper werden deshalb durch Drehanlagen auf eine harte Geduldsprobe gestellt, weil der Positionswechsel natürlich eine gewisse Zeit benötigt, in der kein Empfang möglich ist. Der Aufwand ist zudem nicht unerheblich. Zunächst sollte die Antenne einen Durchmesser von mindestens 90 cm, besser noch 120 cm oder mehr haben, um auch die schwächeren Exoten im Orbit mit ausreichender Qualität empfangen zu können. Weiterhin ist die Befestigung derartiger großer Antennen wegen der enormen Windlasten nicht unproblematisch. Sie hat mit besonderer Sorgfalt und am besten mit dem Rat eines Statikers zu erfolgen. Sonst haben Orkane – wie „Lothar“ an Weihnachten 1999 – ein gefundenes Fressen. Außerdem wird eine Dreheinrichtung (Ro-

tor, Positioner), ein für deren Ansteuerung geeigneter Sat-Receiver und ein in einem weiten Winkelbereich „freier Blick“ auf den Orbitalbogen benötigt. Nicht zuletzt kann es Probleme mit der Nachbarschaft wegen der Geräusentwicklung des Rotors geben, die Zuverlässigkeit und Wie-

derkehrgenauigkeit der Einstellung ist oft mangelhaft und der Preis der gesamten Anlage erheblich. Ebenfalls nur für einen Teilnehmer sind Antennen geeignet, bei denen der Reflektor feststeht, der LNB aber auf einer gebogenen Schiene davor hin und her gefahren wird. Diese haben

Bild 1:
Parabolantennen haben nur einen Brennpunkt und der liegt auf der Symmetrieachse des erzeugenden Paraboloiden.



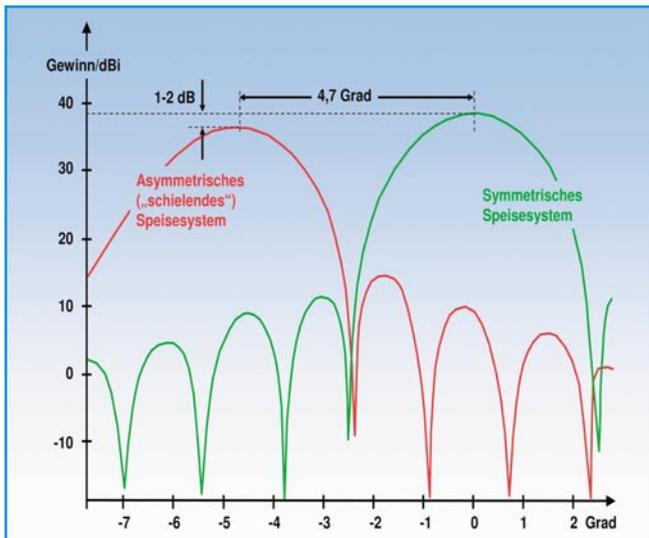


Bild 2: Das schiele Speisesystem hat eine verschlechterte Richtcharakteristik.

(12.032 MHz, horizontal, 22.000 MSym/s, FEC 3/4). Weiter bietet der Pay-TV-Anbieter Premiere sein Bouquet „Premiere International“ mit 17 fremdsprachigen Programmen den direkt empfangenden Haushalten an. Es scheint, als ob Astra seine Pläne, die 23,5°-Position nur für die Kabelnetzzubringung zu nutzen, aufgegeben hat.

Der Parabolreflektor

Allen Parabolreflektoren ist eines gemeinsam: Parallel in Richtung der Hauptachse einfallende Strahlung wird an der Reflektoroberfläche so umgelenkt (Einfallswinkel = Ausfallswinkel!), dass sie sich in einem einzigen Punkt, dem Brennpunkt oder Fokus, konzentriert. Die grünen Strahlengänge in Abbildung 1 zeigen

zudem – wie später genauer erläutert wird – bei größeren Auslenkungen aus der Nullposition systembedingte Schwächen.

Für mehrere Teilnehmer kommt also nur das „Anpeilen“ der interessierenden Satelliten mit feststehender(n) Antenne(n) in Frage. In den allermeisten Fällen wird die Kombination Astra auf 19,2° Ost und die Eutelsat-Hotbird-Position 13° Ost ausreichen. Dann stehen mit einer 75-cm-Antenne – besser 90 cm – aus zwei Satellitenpositionen analoge und digitale Programme in je vier Sat-ZF-Bändern mit insgesamt knapp 9 GHz Bandbreite zur Verfügung. Bei deren Weiterverteilung mit modernen Multischalterkonzepten steht auch der Nutzung zukünftiger multimedialer, interaktiver Dienste nichts im Wege. Unter diesem Gesichtspunkt werden die von Astra besetzten Positionen 19,2° Ost und 23,5° Ost (Letztere ist die ehemalige Position des deutschen Forschungssatelliten Kopernikus) eventuell ebenfalls für den Empfang mit einer Antenne und Duo-Feed interessant. Auf 23,5° Ost strahlt Astra 3A derzeit Testsendungen für den ersten europäischen HDTV-Betreiber Euro 1080 in MPEG-4-Kompression aus

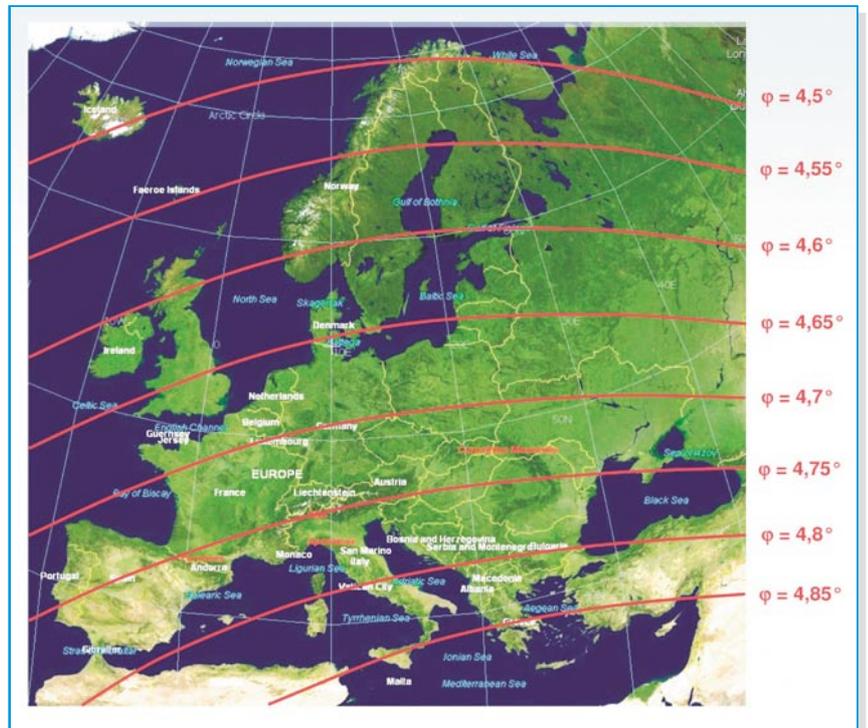


Bild 4: Weil der Schielwinkel zwischen den Orbitpositionen 19,2° Ost und 23,5° Ost in ganz Europa wenig differiert, lässt sich zumindest in Deutschland ein einheitlicher Astra-Monoblock-LNB einsetzen.

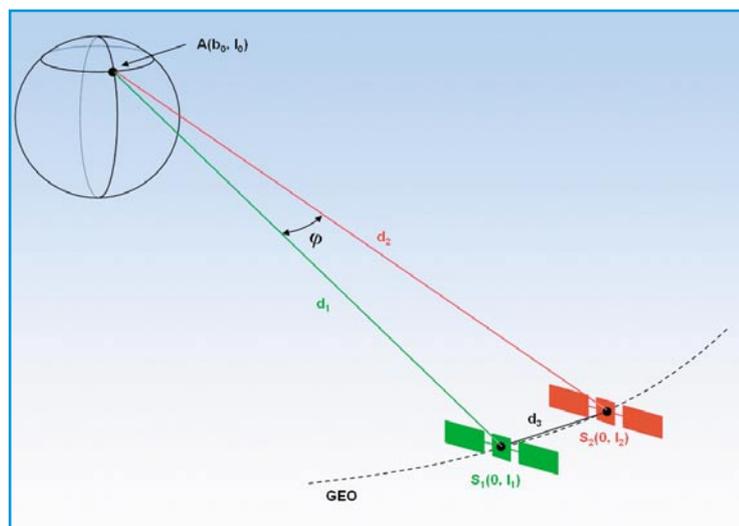


Bild 3: Der Schielwinkel wird zwischen den Sehstrahlen von der Antenne auf der Erde zu den beiden Satelliten im GEO gemessen.

dies. Hier ist nun das so genannte Phasenzentrum des Feedhorns angeordnet. Das Feedhorn hat die Aufgabe, die Raumwelle in eine Hohlleiterwelle zu überführen, die in den LNB einläuft und dort von Auskoppelsonden in elektrische Signale verwandelt wird.

Doch was passiert, wenn die Strahlung nicht mehr parallel zur Hauptachse einfällt? Dies zeigen die roten Strahlengänge in Abbildung 1. Man hat es hier mit einer rotationssymmetrischen Antenne zu tun, die von oben betrachtet wird. Es zeigt sich, dass sich der Brennpunkt mit zunehmendem Fehlwinkel immer mehr auflöst und wegwandert. Der gleiche Effekt ist an einem Brennglas zu beobachten, welches nicht genau in Richtung Sonne gehalten

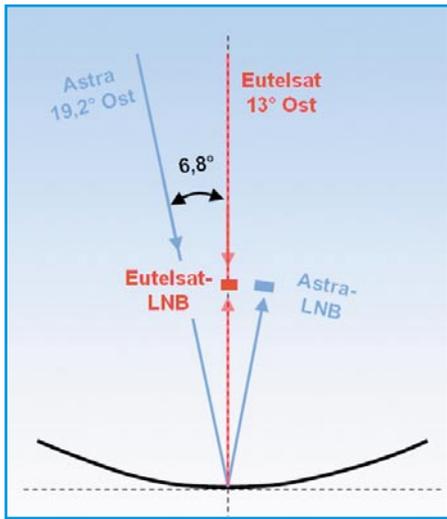


Bild 5:
Eutelsat im Fokus, Astra im Offset

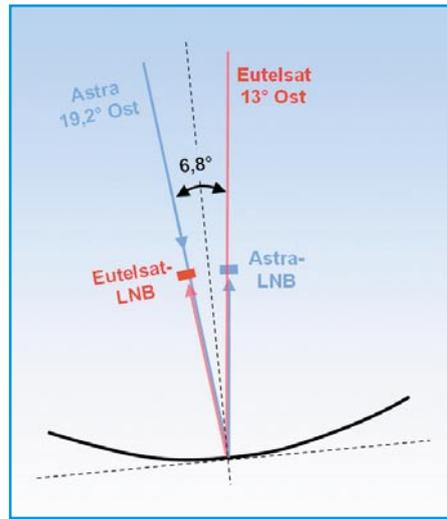


Bild 6:
Eutelsat und Astra im Offset

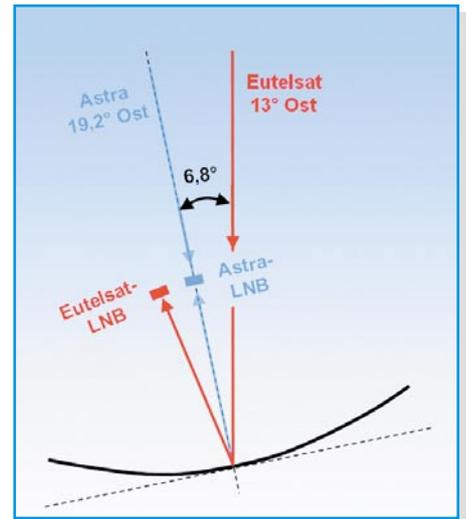


Bild 7:
Astra im Fokus, Eutelsat im Offset

wird. Dementsprechend wird ein in dieser Zone höherer Strahlendichte montierter LNB eine geringere Signalstärke vorfinden. Der Winkel zwischen den Satelliten muss groß genug sein, damit sich der deformierte Fokus weit genug vom exakten Fokus bewegt, um Platz für ein zweites Feedhorn zu schaffen. Bei den im Orbit stationierten Satelliten, die auf gleichen Frequenzbändern ausstrahlen, beträgt der minimale Abstand 3°, was keine Probleme bereitet. Damit ist die Duo-Feed-Antenne – auch flapsig „Schieler“ genannt – fertig.

Die Richtcharakteristik

Es ist leicht einzusehen, dass sich die Richtcharakteristik einer Antenne, gemessen mit dem schielenden LNB gegenüber einem LNB im Brennpunkt, verändert. Zunächst geht in azimuthaler Richtung die Symmetrie der Richtcharakteristik verloren (Abbildung 2). Gleichzeitig fällt der Antennengewinn in Satellitenrichtung und die Nebenkeulen wachsen. Es leidet also die räumliche Trennwirkung der Antenne – allerdings bei kleinen Winkeln zwischen den Satelliten sehr geringfügig. Aus Abbildung 2 lässt sich ablesen, dass im „worst case“ die Entkopplung zwischen den Satelliten etwa 30 dB beträgt. In der Praxis ist dies völlig ausreichend.

Der Schielwinkel

Unter dem Schielwinkel φ versteht man den Raumwinkel zwischen den Strahlen von der Satellitenantenne zu den beiden Satelliten (Abbildung 3). Er hängt natürlich wie die Azimut- und Elevationswerte zum Einstellen der Schüssel sowohl von der geographischen Lage der Empfangsantenne als auch den Koordinaten der Satelliten im Orbit ab.

Mit den Methoden der sphärischen Tri-

gonometrie lässt sich der Schielwinkel φ ermitteln als

$$\varphi = \arccos \frac{d_1^2 + d_2^2 - d_3^2}{2d_1d_2}$$

mit

$$d_1 = \sqrt{r^2 + (r+h)^2 - 2r(r+h) \cos b_0 \cos(l_1 - l_0)}$$

und

$$d_2 = \sqrt{r^2 + (r+h)^2 - 2r(r+h) \cos b_0 \cos(l_2 - l_0)}$$

und:

$$d_3 = 2(r+h) \sin \frac{l_2 - l_1}{2}$$

Dabei sind (b_0, l_0) die Koordinaten der Antenne (nördliche Breite, östliche Länge), die Positionen der Satelliten S_1 und S_2 werden durch $(0, l_1)$ bzw. $(0, l_2)$ charakterisiert. d_1 und d_2 sind die Abstände zwischen der Antenne und dem jeweiligen Satelliten, d_3 ist der Abstand der Satelliten voneinander, $h = 35.798$ km ist die Flughöhe des Satelliten im geostationären Orbit und $r = 6.378$ km der Erdradius. Die Breitenwerte der Satellitenkoordinaten sind null, weil die Satelliten voraussetzungsgemäß im GEO stationiert sind.

Für das Paar Astra (19,2° Ost) und Eutelsat Hotbird (13° Ost) liefert Tabelle 1 für die wichtigsten Orte Deutschlands Azimut (Seitenwinkel) und Elevation (Höhenwinkel), unter denen die Satelliten „zu sehen“ sind. Die letzte Spalte ist eine Auswertung der obigen Formel für den Schielwinkel. Sie sagt aus, wie stark am jeweiligen Empfangsort eine Antenne schielen muss, um das Satellitenpaar Astra 19,2° Ost und Eutelsat 13° Ost optimal zu empfangen. Man sieht, dass der Winkel zwischen den Extremen 6,73° z. B. in Flensburg und 6,85° in Garmisch-Partenkirchen schwankt. Durch die geringe Variations-

bandbreite von 0,12° kommen wir in ganz Deutschland (wenn man nicht ganz so pingelig ist, auch in Zentraleuropa) mit einem festen Schielwinkel von 6,8° aus. Dementsprechend haben Duo-Feedhalterungen für Astra/Hotbird meist keine Justiermöglichkeit. Ähnliches gilt für den „Skew“, d. h. den Einstellwinkel des LNBs um die eigene Achse. Er ist nur im Zentrum der Ausleuchtezone null, weil hier die Satellitenbetreiber dafür sorgen, dass exakt vertikale und horizontale Polarisation vorliegt. Er müsste bei Standorten in den Randgebieten nachgestellt werden. Doch auch hier: „Das Ergebnis lohnt die Mühe nicht.“

Für die beiden Orbitpositionen 19,2° Ost und 23,5° Ost variiert der Schielwinkel in ganz Europa zwischen 4,5° und 4,85° (Abbildung 4), in Deutschland sogar nur von 4,65° bis 4,75°. Ein fester mittlerer Schielwinkel von 4,7° ist also gerechtfertigt.

Justage von „Schielern“

Blickt man von der Rückseite der Antenne in Richtung des Satelliten und der Speisesysteme, muss man beachten, dass der linke Satellit vom rechten Speisesystem und umgekehrt „gesehen“ wird. Aus den Zeiten, als Eutelsat aus der 13°-Position noch schwächer abstrahlte, rührt es her, dass manche Hersteller dafür einen exakt im Brennpunkt angeordneten linken LNB vorgesehen hatten, um das letzte Quäntchen Signal zu holen. Heute kann man ohne Probleme die Speisesysteme symmetrisch links aus dem Brennpunkt verschieben oder vertauschen, um keinen oder den anderen Satelliten zu bevorzugen (Abbildungen 5–7).

Darf's ein bisschen mehr sein?

Im Prinzip ist es möglich, mehr als zwei Speisesysteme vor der Schüssel zu montieren, um 3, 4 oder sogar mehr Satelliten zu

Ort	ÖL	NB	ASTRA 19,2° Ost		EUTELSAT 13° Ost		Schiel- winkel Grad
			Az.	Ei.	Az.	Ei.	
Aachen	6,1	50,8	163,3	30,5	171,1	31,4	6,79
Augsburg	10,9	48,4	169,0	33,9	177,2	34,4	6,83
Berchtesgaden	13,0	47,6	171,6	35,0	180,0	35,3	6,85
Bergisch-Gladbach	7,1	51,0	164,6	30,5	172,4	31,3	6,78
Berlin	13,1	52,4	172,3	29,8	180,1	30,1	6,77
Bielefeld	8,5	52,0	166,5	29,7	174,3	30,4	6,77
Bochum	7,2	51,5	164,8	30,0	172,6	30,8	6,78
Bonn	7,1	50,7	164,5	30,8	172,4	31,7	6,79
Bottrop	6,9	51,5	164,4	29,9	172,2	30,8	6,78
Braunschweig	10,5	52,3	169,1	29,6	176,8	30,1	6,77
Bremen	8,8	53,1	167,1	28,6	174,8	29,2	6,75
Bremerhaven	8,6	53,5	166,9	28,1	174,5	28,8	6,75
Chemnitz	12,9	50,8	171,9	31,5	179,9	31,8	6,80
Cottbus	14,3	51,7	173,8	30,7	181,7	30,8	6,78
Darmstadt	8,7	49,9	166,4	31,9	174,4	32,6	6,81
Dortmund	7,5	51,5	165,2	30,0	173,0	30,8	6,78
Dresden	13,8	51,1	173,1	31,3	181,0	31,5	6,79
Düsseldorf	6,8	51,2	164,2	30,2	172,1	31,1	6,78
Duisburg	6,8	51,4	164,3	30,0	172,1	30,9	6,78
Eisenach	10,2	51,0	168,5	31,0	176,4	31,5	6,79
Erfurt	11,0	51,0	169,5	31,1	177,4	31,6	6,79
Essen	7,0	51,5	164,6	29,9	172,4	30,8	6,78
Flensburg	9,4	54,8	168,1	26,9	175,6	27,4	6,73
Frankfurt/Main	8,7	50,1	166,4	31,7	174,4	32,4	6,80
Frankfurt/Oder	14,5	52,4	174,1	29,9	181,9	30,1	6,77
Freiburg/Breisgau	7,9	48,0	165,0	33,8	173,2	34,6	6,83
Garmisch-Partenkirchen	11,1	47,5	169,1	34,8	177,4	35,4	6,85
Gelsenkirchen	7,1	51,5	164,7	30,0	172,5	30,8	6,78
Gera	12,1	50,9	170,9	31,3	178,8	31,7	6,79
Göppingen	9,7	48,7	167,4	33,4	175,6	34,0	6,83
Göttingen	9,9	51,5	168,2	30,4	176,0	31,0	6,78
Hagen/Westfalen	7,5	51,4	165,2	30,1	173,0	30,9	6,78
Halle	12,0	51,5	170,8	30,7	178,7	31,0	6,78
Hamburg	9,7	53,6	168,3	28,2	175,9	28,7	6,75
Hamm	7,8	51,7	165,6	29,9	173,4	30,6	6,77
Hannover	9,7	52,4	168,1	29,4	175,8	30,0	6,77
Heidelberg	8,7	49,4	166,3	32,4	174,3	33,2	6,81
Heilbronn	9,2	49,1	166,9	32,8	175,0	33,5	6,82
Heme	7,2	51,5	164,8	30,0	172,6	30,8	6,78
Hildesheim	9,9	52,2	168,3	29,7	176,1	30,2	6,77
Jena	11,6	50,9	170,2	31,3	178,2	31,7	6,79
Kaiserslautern	7,8	49,4	165,1	32,3	173,2	33,1	6,81
Karlsruhe	8,4	49,0	165,8	32,8	173,9	33,6	6,82
Kassel	9,5	51,3	167,8	30,6	175,5	31,2	6,78
Leverkusen	7,0	51,0	164,5	30,5	172,3	31,3	6,78
Lübeck	10,7	53,9	169,5	28,0	177,2	28,4	6,74
Magedeburg	11,7	52,1	170,5	30,0	178,4	30,4	6,77
Mainz	8,3	50,0	165,9	31,7	173,9	32,5	6,80
Mannheim	8,5	49,5	166,0	32,3	174,1	33,1	6,81
Mönchengladbach	6,5	51,2	163,9	30,2	171,7	31,1	6,78
München	11,6	48,1	169,8	34,3	178,1	34,7	6,84
Münster	7,6	51,9	165,4	29,6	173,2	30,4	6,77
Nürnberg	11,1	49,5	169,4	32,7	177,5	33,2	6,82
Offenbach/Main	8,8	50,1	166,5	31,7	174,5	32,4	6,80
Oldenburg	8,2	53,1	166,3	28,5	174,0	29,2	6,75
Osnabrück	8,0	52,3	166,0	29,3	173,7	30,0	6,76
Paderborn	8,8	51,7	166,8	30,0	174,7	30,7	6,78
Passau	13,5	48,6	172,4	33,9	180,7	34,2	6,83
Pforzheim	8,7	48,9	166,2	33,0	174,3	33,7	6,82
Recklinghausen	7,2	51,6	164,8	29,9	172,6	30,7	6,77
Regensburg	12,1	49,0	170,6	33,4	178,8	33,8	6,83
Rostock	12,1	54,1	171,3	27,9	176,9	28,2	6,74
Saarbrücken	7,0	49,2	164,1	32,4	172,1	33,3	6,81
Salzgitter	19,4	52,0	180,3	30,5	188,1	30,2	6,78
Schwarin	11,4	53,6	170,3	28,4	176,0	28,8	6,75
Seebad Ahlbeck	14,2	53,9	173,8	28,3	181,5	28,4	6,75
Siegen	8,0	50,9	165,7	30,7	173,6	31,5	6,79
Solingen	7,1	51,2	164,6	30,3	172,4	31,1	6,78
Straubing	12,6	48,9	171,3	33,5	179,5	33,9	6,83
Stuttgart	9,2	48,8	166,8	33,2	175,0	33,9	6,82
Weil am Rhein	7,6	47,6	164,5	34,1	172,7	35,1	6,84
Wolfsburg	10,8	52,4	169,4	29,6	177,2	30,0	6,77
Würzburg	9,9	49,8	167,9	32,2	175,9	32,8	6,81
Wuppertal	7,1	51,3	164,6	30,2	172,5	31,0	6,78
Zwickau	12,6	50,7	171,5	31,6	179,5	31,9	6,80

max. Ei. 35,39 6,85 φ_{\max} min. Ei. 27,40 6,73 φ_{\min} Ei.diff. 7,98 0,12 $\Delta\varphi$

Tabelle 1: Die Schielwinkel, unter denen in Deutschland Astra 19,2° Ost und Eutelsat 13° gesehen werden.



Bild 8: Ein „normaler“ parabolischer Schieler und zwei Exoten.

Quelle: <https://secure.olbort.com/cybertest.htm>

empfangen. Das hat jedoch seine Grenzen, weil mit zunehmender Abweichung von der idealen „Blickrichtung“ (Achse der Parabolschüssel) die Empfangsqualität der Offset-LNBs abnimmt. Mit einer Standard-Parabolantenne sind daher nur bei etwa südlicher Ausrichtung ca. $\pm 10^\circ$ des Orbitalbogens abzudecken.

Anders sieht es bei Reflektorformen aus, die (ähnlich einer Gleitsichtbrille) an die jeweilige Raumrichtung angepasste Fokussierungseigenschaften aufweisen. Das ist natürlich mit Ausschnitten aus einem rotationssymmetrischen Paraboloiden nicht zu erreichen. Vielmehr müssen hierbei mindestens zwei oder mehr auf die verschiedenen Abschnitte des Orbitalbogens ausgerichtete Parabolantennenflächen zu einer gemeinsamen „verschmolzen“ werden. Die Brennpunkte (oder besser Konzentrationsmaxima) sind dann auf einer „Brennlinie“ angeordnet, auf der sich die Phasenzentren der den jeweiligen Raumrichtungen zugeordneten LNBs befinden müssen. Abbildung 8 zeigt drei solcher „Exoten“. Vor dem Subreflektor der amerikanischen Gregory-Multifokal-Antenne WaveFrontier (<http://www.multilnbdish.com/>) lassen sich in der 90-cm-Ausführung bis zu 20 LNBs anordnen. In Abbildung 9 ist die 55-cm-



Bild 9: Bis zu 8 Speisesysteme finden bei der 55-cm-WaveFrontier ihren Platz vor dem Gregory-Subreflektor. Quelle <http://www.multilnbdish.com/>

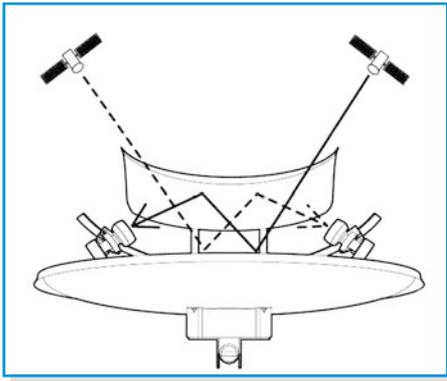


Bild 10: So verläuft der Strahlengang Satellit – Reflektor – Subreflektor – Feedhorn.

Ausführung der WaveFrontier für bis zu 8 LNBs zu sehen. Abbildung 10 erläutert die Ausrichtung der LNBs. Tabelle 2 gibt einen Überblick der in unseren Breiten zwischen 45° Ost und 18° West in verschiedenen Ländern mit der 55-cm- und der 90-cm-Version dieser Antenne empfangbaren Satelliten.

Die CyberTenna S64 des schwedischen Herstellers Telewide (<http://www.telewide.se/>) rechts in Abbildung 8 beruht auf dem Prinzip der elektromagnetischen Linse. Sie besteht aus einem rotations-symmetrischen Array rechteckiger Hohlleiterabschnitte. Strahlung aus einem bis zu 40 Grad breiten Abschnitt des Orbitalbogens wird also nicht in einem Brennpunkt reflektiert, sondern tritt durch die Antennenstruktur hindurch und steht dahinter nach Richtungen gebündelt für bis zu 8 LNBs zur Verfügung. Abbildung 11

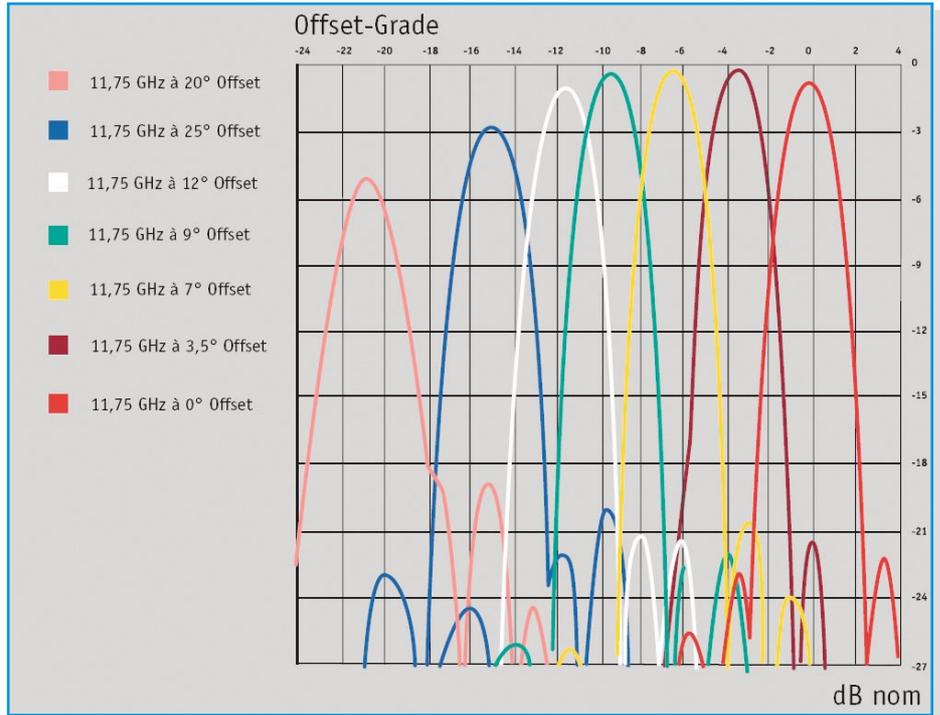


Bild 11: Empfang aus einem weiten Winkelbereich mit der CyberTenna. Quelle: <http://www.telewide.se/>

zeigt die Richtdiagramme für verschiedene Raumrichtungen. Die Entwickler zählen eine Reihe von Vorteilen ihrer Konstruktion gegenüber Reflektorantennen auf, z. B. niedrigere Nebenkeulen und geringeres Rauschen.

Wer die Wahl hat, hat die Qual

Diese Spruchweisheit bezieht sich an dieser Stelle auf die elektrische Auswahl

der Signale der vielen LNBs einer Multi-feedantenne. Während für zwei Orbitalpositionen (8 Sat-ZF-Eingänge) eine Vielzahl von Multischaltern auf dem Markt ist, wird das Angebot für 3 oder gar 4 Orbitalpositionen sehr dünn. Mit den Multischaltern der Serie DK 17x... von Ankaro (Abbildung 12) haben bei geeigneter Anlagengestaltung nahezu beliebig viele Teilnehmer den wahlfreien Zugriff auf 16 Sat-ZF-Ebenen bzw. vier Satelliten (<http://www.ankaro.com/Service/Zeichnungen/DK%2017%20x..pdf>).

Orbitposition	45° O	42° O	36° O	28,2° O	24,2° O	26° O	19,2° O	16° O	13° O	10° O	7° O	5° O	0,8° W	4° W	5° W	8° W	11° W	12,5° W	15° W	18° W	
Satellit	Europe-Star 1	Turksat 1C Eurasiasat 1	Eutelsat Sesat W/4	Eurobird Asira 2A/2B/2C	Asira 1D	Arabsat 3A	Asira 1B	Eutelsat W2	Hotbird	Eutelsat W1	Eutelsat W3	Sirius 2-3	Thor 2/3	Amos 1	Telecom 2C	Telecom 2D	Express 3A	Eutelsat 2F2	Telesat 12	Intelsat 901	
55 cm Durchmesser	London	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
	Paris	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
	Frankfurt	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
	Wien	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
	Brüssel	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
	Amsterdam	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Luxemburg	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Bern	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Rom	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Kopenhagen	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Oslo	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Stockholm	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Helsinki	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
Madrid	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
90 cm Durchmesser	London	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
	Paris	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
	Frankfurt	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
	Wien	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
	Brüssel	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
	Amsterdam	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
	Luxemburg	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
	Bern	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
	Rom	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
	Kopenhagen	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
	Oslo	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
	Stockholm	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	
Helsinki	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		
Madrid	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		

Tabelle 2: Diese Satelliten können mit der kleinen und der großen WaveFrontier empfangen werden. Quelle: <http://www.multinbdish.com>

Die Receiver müssen dafür mindestens den Befehlssatz nach DiSEqC 1.0 beherrschen. Ähnliche Produkte sind der Duratron DMS 174 und der Chess 17/8NT von Kamm. Die Verteilung von mehr als 16 Sat-ZF-Ebenen ist ein weites Betätigungsfeld für kreative Hobbyisten und Fachleute. Ob die Industrie für diese Anwendungsfälle geeignete Multischalter entwickeln und fertigen wird, scheint fraglich, weil die Nachfrage nach solchen „Exoten-Anlagen“ dies wahrscheinlich nicht rechtfertigt.

DiSEqC – universelle Kommandosprache für Sat-Anlagen

Zu den Anfängen des Direktempfangs von Satelliten für jedermann gab es nur ein Frequenzband (Low-Band) und zwei Polarisations Ebenen (vertikal und horizontal). Die Auswahl der Po-



Bild 12: Voller Empfang von 4 Satelliten für 16 Teilnehmer.
Quelle: www.ankaro.de

larisationsebene konnte über die Höhe einer Gleichspannung auf dem Zuleitungskabel zum Receiver getroffen werden: 14 V vertikal, 18 V horizontal (Abbildung 13). Mit einer der Gleichspannung überlagerten 22-kHz-Wechselspannungskomponente gab es ein weiteres Schaltkriterium, welches zuerst für die Wahl einer zweiten Orbitalposition (meist die 13°-Eutelsat-Hotbird-Position) herangezogen wurde. Als Astra begann, in einem weiteren Frequenzband (High-Band) abzustrahlen, wurden die 22 kHz zum Wechsel in dieses Frequenzband benötigt und standen für den Wechsel der Orbitalposition nicht mehr zur Verfügung. Es war also nicht verwun-

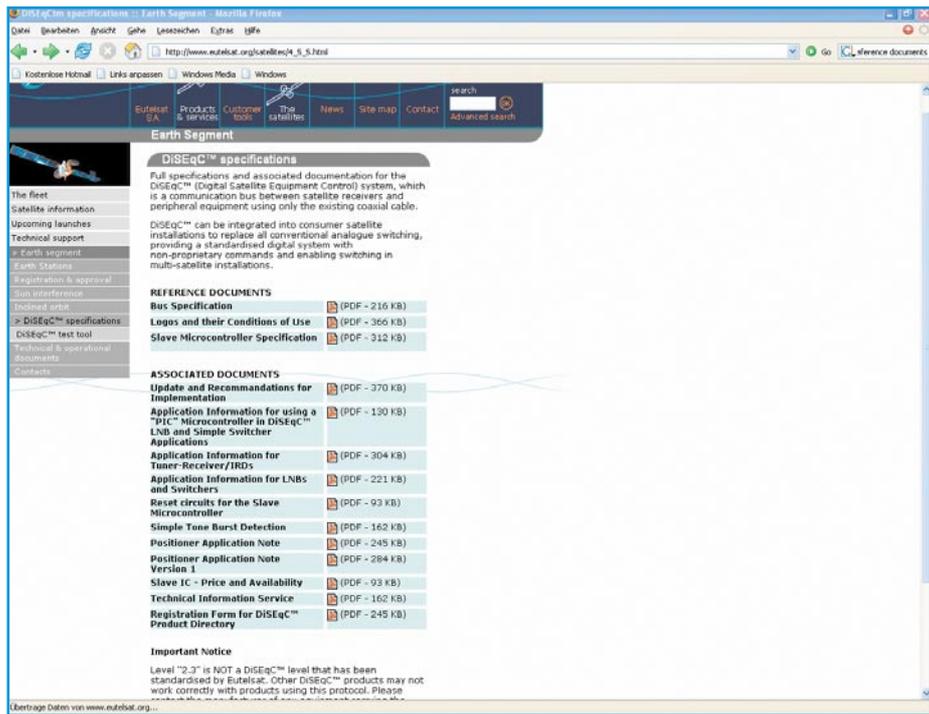


Bild 14: Fundierte DiSEqC-Informationen von der Quelle.
Quelle: http://www.eutelsat.org/satellites/4_5_5.html

Befehlen und Informationen unter den Komponenten einer Satellitenempfangsanlage. Dabei wird die koaxiale Struktur des Verteilnetzes als Bus für den Daten-

führung als erfolgreich oder misslungen zurück. Die DiSEqC-Level 1.0, 1.1, 1.2, 1.3 sind unidirektional, die Level 2.0, 2.1, 2.2 und 2.3 bidirektional. Durch die Level 2.x wird eine echte Interaktion zwischen Master und Slave mit Rückmeldungen, Abfragen von Statusinformationen, Konfliktbehandlungen, Selbstkonfigurationen usw. möglich. Ein auf die Komponente aufgedrucktes Logo mit dem DiSEqC-Level kennzeichnet seine Kommunikationsfähigkeiten (Abbildung 15).

Anforderungen	Schaltkriterien
2 Polarisationsebenen, Vert./Hor.	14/18V
2 Frequenzbänder, Low/High	0/22kHz
2 Orbitalpositionen, Sat "A"/Sat "B"	STB "A"/STB "B" oder DiSEqC
= Zukunftssicherheit	= min. 3 Schaltkriterien
	STB: Simple Tone Burst

Bild 13: Drei zweiwertige Schaltkriterien sind erforderlich, um die Auswahl aus 8 SatZF-Bändern zu treffen.

derlich, dass Eutelsat ein starkes Interesse daran hatte, ein zusätzliches Schaltkriterium für die Anwahl seines Hotbirds zu etablieren. Eutelsats Verdienst besteht nun darin, ein universelles Signalisierungssystem konzipiert und mit Philips und anderen Herstellern zur Marktreife gebracht zu haben – das Digital Satellite Equipment Control (DiSEqC, frei übersetzt: digitale Steuerung von Bausteinen für Satellitenempfangsanlagen). Damit steht ein zukunfts-offenes, lizenzfreies System für praktisch unbegrenzte Steuerungsaufgaben in gegenwärtigen und zukünftigen Satellitenempfangsanlagen zur Verfügung, das sich bereits auf breiter Basis durchgesetzt hat. Hochdetaillierte Informationen sind in den DiSEqC Reference Documents zu finden, die Eutelsat auf seiner Homepage unter http://www.eutelsat.org/satellites/4_5_5.html zum Abruf bereit stellt (Abbildung 14).

DiSEqC ist ein digitales modembasierendes, bidirektionales Master-Slave-Kommunikationssystem für den Austausch von

transport verwendet. Der Master (Herr, typischerweise der Satellitenreceiver) erteilt seine Befehle an den Slave (Sklave, typischerweise ein Multischalter), indem er die 22-kHz-Schwingung auf der Versorgungsspannung (400–900 mV_{SS}) als Träger tastet (ASK: Amplitude Shift Keying). Der Slave „horcht“ den Datenverkehr auf dem Kabel ab und führt die an ihn gerichteten Befehle aus. Je nach DiSEqC-Version meldet der Slave dem Master die Befehlsaus-



Bild 15: Wenn DiSEqC drauf steht, muss auch DiSEqC drin sein!

Einen Überblick über die DiSEqC-Level gibt Tabelle 3.

Die bitserielle Übertragung findet bei DiSEqC durch definiertes Ein- und Ausschalten (Tasten) der 22-kHz-Schwingung

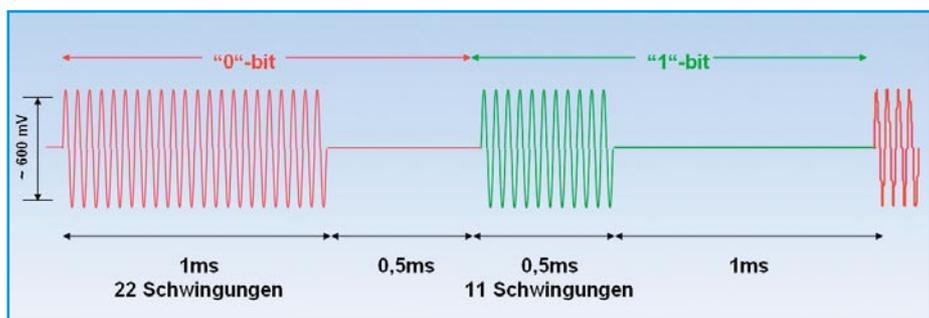


Bild 16: So werden bei DiSEqC die logische „0“ und die logische „1“ codiert.

Tabelle 3:

DiSEqC-Level	Kommunikation	Einsatzbereich	Produkte
Simple Tone	unidirektional	Umschaltung zwischen zwei LNBs (Orbitposition A/B)	Monoblock-LNB, Durchschleif-LNB, Relais, Generator, Testgeräte
Burst (STB) 1.0	unidirektional	Umschaltung zwischen 4 LNBs bzw. 16 Sat-ZF-Bändern	Multischalter, Monoblock-LNB, Durchschleif-LNB, Relais, Generator, Testgeräte
1.1	unidirektional	wie 1.0, aber bis zu 64 LNBs mit Zusätzen für Einkabelanwendungen und kaskadierten Bauteilen	wie 1.0 und zusätzlich Einkabelanlagen und teilnehmergesteuerte Aufbereitungssysteme
1.2	unidirektional	wie 1.1 und Zusätze für Drehanlagen	wie 1.1, zusätzlich Antennen-Positioner
1.3	unidirektional	wie 1.2 und weitere Zusätze für Drehanlagen	wie 1.1, zusätzlich Antennen-Positioner
2.0	bidirektional	wie 1.0, aber interaktiv	wie 1.0
2.1	bidirektional	wie 1.1, aber interaktiv	wie 1.1
2.2	bidirektional	wie 1.2, aber interaktiv	wie 1.2
2.3	bidirektional	wie 1.3, aber interaktiv	wie 1.3

statt. Die Zuordnung der digitalen Nullen und Einsen zu den Tastmustern zeigt Abbildung 16.

DiSEqC-Befehle setzen sich aus einem Startbyte (framing byte), Adressbyte (address byte), Befehlsbyte (command byte) und ggfs. einem Datenbyte (data byte) zusammen, jeweils gefolgt von einem Paritäts-Prüfbit (Parity) (Abbildung 17). Das höchstwertige Bit eines Bytes wird zuerst gesendet. Das Paritybit ist 1, wenn das vorangehende Datenwort eine gerade Anzahl von 1-Bits hat. Weil 1 Bit 1,5 ms zur Übertragung benötigt, sind die 36 Bit eines vollständigen DiSEqC-Befehls (4 x 8 Bit + 4 x 1 Bit) in 54 ms ausgesendet (Abbildung 18).

Was hat es nun mit dem Simple Tone Burst (STB) auf sich? Um für einfache Zwei-Wege-Schalter den Aufwand eines DiSEqC-Slave-Mikrocontrollers zu vermeiden, wurde die DiSEqC-Spezifikation um ein einfaches „Tone-Burst“-Kommando ergänzt. Es kann durch eine unaufwändige analoge Hardware detektiert werden. Der STB wird nach dem normalen DiSEqC-Daten-Burst gesendet. Es gibt zwei Arten von STBs: einen unmodulierten für die Satellitenposition „A“ und einen modulierten für die Satellitenposition „B“ (Abbildung 19). Der unmodulierte ergibt im Vergleich mit dem modulierten mit seinem Tastverhältnis von 1:3 nach Tiefpassfilterung einen ca. dreimal höheren Gleichspannungswert, was zur Unterscheidung ausgewertet werden kann. Der Tone-Burst ist also eine technische Minimallösung zur Ansteuerung zweier Satelliten bzw. zur Auswahl eines von 4 Sat-ZF-Bändern.

Eine kleine Auswahl der Kommandobestandteile Start-, Adress- und Befehlsbyte ist in den Tabellen 4.1, 4.2 und 4.3 zu sehen.

Bei einigen DiSEqC-Befehlen (ab Level 2.0) wird ein optionales Datenbyte über-

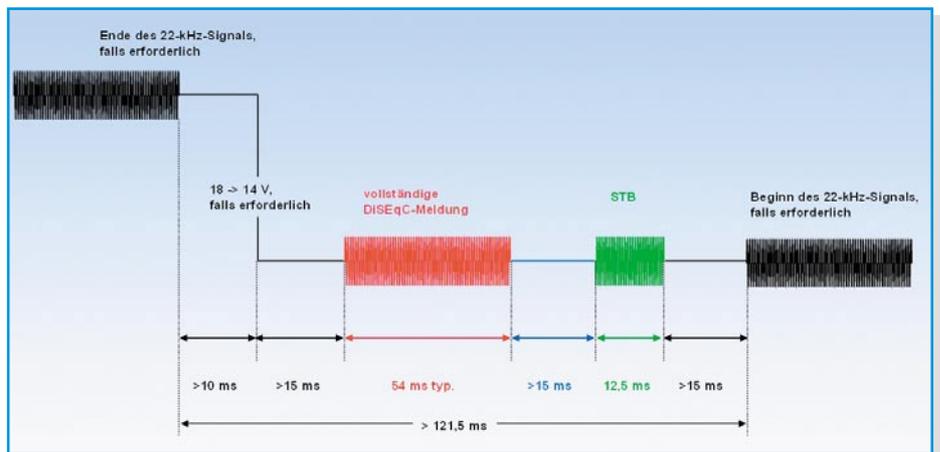


Bild 18: Ein typischer DiSEqC-Befehlsablauf

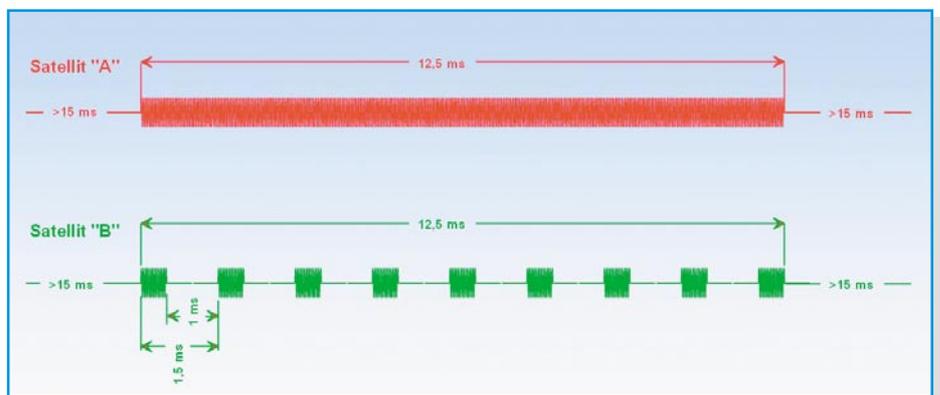


Bild 19: Der Simple Tone Burst ist nur für den Wechsel der Orbit-Position gedacht.

tragen, z. B. beim Beschreiben oder Auslesen von Registern. So enthält das Datenbyte zum Befehl 38H die gesamte „Wegbeschreibung“ des Sat-ZF-Pfades. Wenn sich der Master ein Bild vom Zustand des Verteilungssystems machen will, kann er über das Befehlsbyte 10H das Statusbyte des adressierten Slaves auslesen. Über 11H wird das Konfigurationsbyte abgefragt und 14H liefert den aktuellen Schaltzustand. Die Tabellen 5.1, 5.2 und 5.3 beschreiben dies.

Messtechnik für DiSEqC-Sat-Empfangsanlagen

Aufbau und Wartung einer Satellitenanlage ist erst mit geeigneten Messgeräten technisch und wirtschaftlich optimal möglich. Für das Ausrichten der Antenne ist eine akustisch/optische Hilfe unabdingbar, Pegelmessungen kommen defekten Bauteilen auf die Spur und die DiSEqC-Funktionalitäten von Verteilnetzkomponenten lassen sich mit entsprechenden Kommando-gebern und -empfängern überprüfen. Die Zahl der Messgeräte und die Spannweite

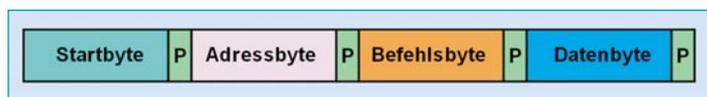


Bild 17: Aufbau eines DiSEqC-Befehlswortes

Startbyte (Framing Byte)		
Hex	Binär	Beschreibung
E0	1110 0000	Befehl vom Master, Antwort freigestellt, Erstübertragung
E1	1110 0001	Befehl vom Master, Antwort freigestellt, Wiederholung
E2	1110 0010	Befehl vom Master, Antwort angefordert, Erstübertragung
E3	1110 0011	Befehl vom Master, Antwort angefordert, Wiederholung
E4	1110 0100	Antwort vom Slave, kein Fehler aufgetreten, keine Wiederholung notwendig
E5	1110 0101	Antwort vom Slave, Befehl nicht ausführbar, keine Wiederholung notwendig
E6	1110 0110	Antwort vom Slave, Paritätsfehler, Wiederholung notwendig
E7	1110 0111	Antwort vom Slave, Befehl nicht erkannt, Wiederholung notwendig

Tabelle 4.1:
Einige Startbytes
eines DiSEqC-
Kommandos



Bild 20: Ein erstaunlicher Funktionsumfang für knapp 70 €: Spannung, Strom, DiSEqC-Kommandogeb- und -leser, Ansteuerung von Rotoren, Summenpegel und manches mehr. Quelle: <http://www.emitor.se/websites/emitorse/egnafiler/shop/admbilder/pdf/Digisat%20Lcd%20accu%20A4.pdf>

ihres Leistungsumfangs ist riesig. Vom reinen „Indikator“ für weniger als 5 € bis zum digitaltüchtigen Allrounder mit Bild- und Tonwiedergabe – je nach Ausstattung für mehrere 1000 € – gibt es alles auf dem Markt.



Bild 21: Was bei diesem Gerät nicht in der Grundausstattung enthalten ist, kann nachgerüstet werden. Quelle: www.kws-electronic.de

Zwei willkürlich gewählte Geräte zeigen die Abbildungen 20 und 21. Das Thema Messungen bei Errichtung und Wartung von Sat-Anlagen würde den Rahmen dieser Reihe bei weitem sprengen. **ELV**

Tabelle 4.2:
Einige
Adressbytes
eines DiSEqC-
Kommandos

Adressbyte (Address Byte)		
Hex	Binär	Beschreibung von Familie oder Typ der adressierten Komponente
00	0000 0000	Alle Familien, Universaladresse
10	0001 0000	Alle schaltenden Komponenten
11	0001 0001	LNB
12	0001 0010	Durchschleif-LNB
14	0001 0100	Schalter (Multischalter, Relais)
15	0001 0101	Schalter mit Durchschleifung
18	0001 1000	SMATV (Satellite Master Antenna TV: große Satelliten-Gemeinschaftsanlagen)
20	0010 0000	Alle Polarizer
30	0011 0000	Alle Dreheinrichtungen
40	0100 0000	Alle Installationshilfen
41	0100 0001	Signalstärkeanzeigen
60	0110 0000	Ausweichbereich bei Adresskonflikten
70	0111 0000	Schnittstelle für Multimaster-Adapter
Fx	1111 xxxx	Erweiterungen

Befehlsbyte (Command Byte)			
Hex	Binär	Befehl	Funktion
00	0000 0000	Reset	Reset des Slave-Mikrocontrollers
02	0000 0010	Standby	Ausschalten der peripheren Stromversorgung
03	0000 0011	Power on	Einschalten der peripheren Stromversorgung
07	0000 0111	Address	Auslesen der Slave-Adresse
10	0001 0000	Status	Auslesen des Status-Registers
11	0001 0001	Config	Auslesen der Konfigurations-Flags
14	0001 0100	Switch 0	Auslesen der aktuellen Schaltzustands-Flags
20	0010 0000	Set Lo	Lokaloszillatorfrequenz für Low Band einstellen
21	0010 0001	Set VR	Wahl der vertikalen Polarisationssebene
22	0010 0010	Set Pos A	Wahl von Orbitposition A
23	0010 0011	Set S0A	Optionale Wahlmöglichkeit A
24	0010 0100	Set Hi	Lokaloszillatorfrequenz für High Band einstellen
25	0010 0101	Set HL	Wahl der horizontalen Polarisationssebene
26	0010 0110	Set Pos B	Wahl von Orbitposition B
27	0010 0111	Set S0B	Optionale Wahlmöglichkeit B
38	0011 1000	Write N0	Direktbeschreibung des Sat-ZF-Pfades
50	0101 0000	LO String	Auslesen der Lokaloszillatorfrequenz als BCD-Wert
51	0101 0001	LO now	Auslesen des aktuellen Frequenztabelleneintrags
52	0101 0010	LO Lo	Auslesen des Frequenztabelleneintrags für die niedrige LO-Frequenz
53	0101 0011	LO Hi	Auslesen des Frequenztabelleneintrags für die hohe LO-Frequenz
58	0101 1000	Write freq	Schreibe Kanalfrequenz (BCD-String)
59	0101 1001	Ch. No.	Schreibe die vom Receiver gewählte Kanalnummer
60	0110 0000	Halt	Dreheinrichtung anhalten
61	0110 0001	Go E/D	Bewege Positioner ost- und abwärts
62	0110 0010	Go W/U	Bewege Positioner west- und aufwärts
64	0110 0100	PosStat	Auslesen des Positioner-Status
65	0110 0101	Read Pos	Auslesen des Positioner-Zählers
6C	0110 1100	Goto	Fahre Positioner auf Zählerwert
6D	0110 1101	Write Pos	Setze den Positioner-Zähler

Tabelle 4.3:
Einige Befehlsbytes
eines DiSEqC-
Kommandos

Tabelle 5.1:
Die DiSEqC-
Statusbytes

Statusbyte		
Bitnr.	Bitposition	Status
7	x	Bus-Kollisionsbit gesetzt
6	x	Standby-Modus gewählt
5	x	- frei -
4	x	externe Stromversorgung verfügbar
3	x	- frei -
2	x	Fernspeisespannung ist > 15 V
1	x	- frei -
0	x	Reset-Flag

Konfigurationsbyte		
Bitnr.	Bitposition	Komponente kann ...
7	x	... ein analoges Steuersignal ausgeben
6	x	... in den Standby-Modus versetzt werden
5	x	... einen Positioner steuern
4	x	... extern mit Strom versorgt werden
3	x	... Sat-ZF-Signale durchschleifen
2	x	... Polarizer ansteuern
1	x	... Signale schalten
0	x	... Oszillatorfrequenz zurückmelden

Tabelle 5.3:
Die DiSEqC-
Schaltzustands-
bytes

Schaltzustandsbyte		
Bitnr.	Bitposition	Schalterstellung
7	x	Optionsschalter steht auf "B"
6	x	Satellitenposition "B" ist gewählt
5	x	Horizontale Polarisierung gewählt
4	x	High-Band gewählt
3	x	Optionsschalter verfügbar
2	x	(zwei oder mehr) Satellitenpositionen wählbar
1	x	Polarisation wählbar
0	x	Oszillatorfrequenz (Frequenzband) wählbar

Tabelle 5.2:
Die DiSEqC-
Konfigurations-
bytes