

Schielen, schalten und schauen (1)

Satellitenempfangstechnik, Technik und Konstruktion der Antennen

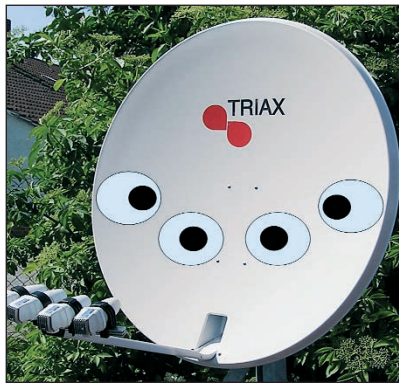
Karsten Jungk

Heutige Sat-Anlagen speisen einen Einzelpfänger, Multischalter für mehrere Teilnehmer, oder Kopfstellen für große Verteilungen. Aufgrund der Programmvielfalt muss man verschiedene Satellitenpositionen (Orbitalpositionen), Frequenzbänder oder die Polarisierungsebenen selektieren können. Das erfordert häufig Multifeed-Technik und Steuerungstechnik zwischen Multischalter und Receiver: DiSEqC (Digital Satellite Equipment Control). In diesem Teil gehen wir auf die Sat-Antenne selbst und im zweiten Teil auf die DiSEqC-Steuerung näher ein.

Zwar kann man über die Orbitalposition $19,2^\circ$ (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. Z. B. bieten die Satellitenbetreiber jetzt auch eine Zwei-Wege-DSL-Verbindung an als Ersatzlösung zu fehlenden DSL-Kabelanschlüssen. Für deren Empfang gibt es neben der drehbaren Antenne auch die Möglichkeit von jeweils individuell ausgerichteten Einzelantennen. Das ist technisch gesehen die einfachste und sauberste Lösung.

Bei nicht zu großem Orbitalabstand der zu empfangenden Satelliten sind mehrere Antennenreflektoren aber nicht unbedingt erforderlich. Man kann auch mit einem feststehenden Reflektor und mehreren Speisesystemen auf mehrere Orbitalpositionen »schielen«. An den Multischalter als zentrale Signalverteilungskomponente stellt dies neue Anforderungen – er muss DiSEqC-tüchtig sein.

Karsten Jungk, freier Fachjournalist, Straubenhardt



Antennen dürfen »schielen«, nur so kann man Programme mehrerer Satelliten gleichzeitig empfangen

Wer schießt, hat mehr vom Orbit?

In Einteilnehmeranlagen kann mit einer drehbaren Schüssel und einer sogenannten 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 90cm, besser noch 120cm oder mehr haben, um auch die schwächeren Exoten im Orbit mit ausreichender Qualität empfangen zu können.

Weiterhin ist die Befestigung derartig 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

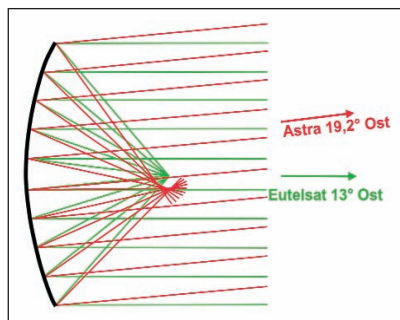


Bild 1: Parabolantennen haben nur einen Brennpunkt, und der liegt auf der Symmetrieachse des erzeugenden Paraboloiden

gefundenen Fressen. Außerdem wird eine Dreheinrichtung (Rotor, 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 Geräuschentwicklung des Rotors geben, die Zuverlässigkeit und Wiederkehrgenauigkeit 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 zudem – wie später genauer erläutert wird – bei größeren Auslenkungen aus der Nullposition systembedingte Schwächen.

Feststehende Antennensysteme

Für mehrere Teilnehmer kommt also nur das »Anpeilen« der interessanten Satelliten mit feststehender(n) Antenne(n) in Frage. In den allermeisten Fällen wird die Kombination Astra auf $19,2^\circ$ Ost und die Eutelsat-Hotbird-Position 13° ausreichen. Dann stehen mit einer 75cm-Antenne – besser 90cm – aus zwei Satellitenpositionen analoge und digitale Programme in je vier Sat-ZF-Bändern mit insgesamt knapp 9GHz 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 $19,2^\circ$ Ost und $23,5^\circ$ Ost (letztere ist die ehemalige Position des deutschen Forschungssatelliten Kopernikus) eventuell ebenfalls für den Empfang mit einer Antenne und Duo-Feed interessant. Auf $23,5^\circ$ Ost strahlt Astra 3A derzeit Testsendungen für den ersten europäischen HDTV-Betreiber Euro 1080 in MPEG4-Kompression aus (12032MHz, horizontal, 22000MSym/s).

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

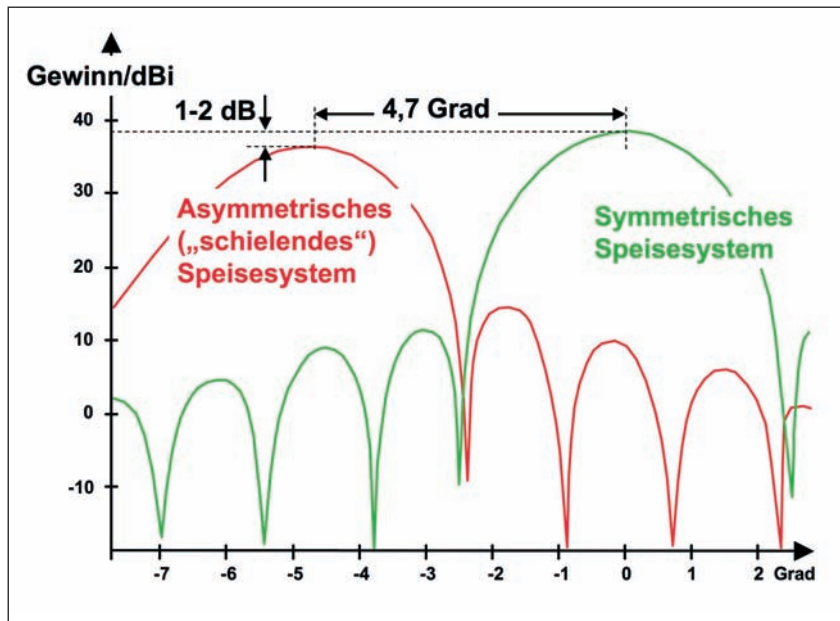


Bild 2: Das schielende Speisesystem hat eine verschlechterte Richtcharakteristik

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

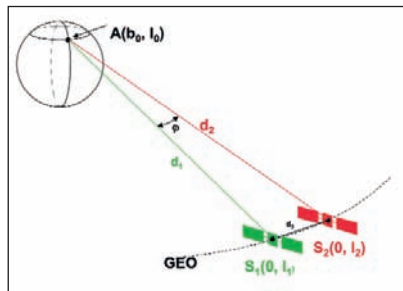


Bild 3: Der Schielwinkel darf nicht mit dem Orbitalabstand verwechselt werden

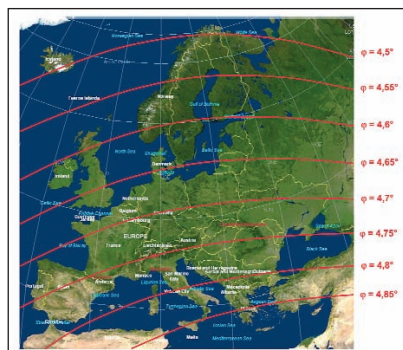


Bild 4: Weil der Schielwinkel zwischen den Orbitpositionen 19,2° Ost und 23,5° Ost in ganz Europa wenig differiert, lässt sich zumindest in Deutschland ein einheitlicher Monoblock-LNB einsetzen

an der Reflektoroberfläche so umgelenkt (Einfallswinkel = Ausfallswinkel!), dass sie sich an einem einzigen Punkt, dem Brennpunkt oder Fokus konzentriert. Die grünen Strahlengänge in Bild 1 zeigen dies. Hier ist nun das sogenannte 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.

Unschärfer Fokus

Doch was passiert, wenn die Strahlung nicht mehr parallel zur Hauptachse einfällt? Dies zeigen die roten Strahlengänge in Bild 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 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 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.

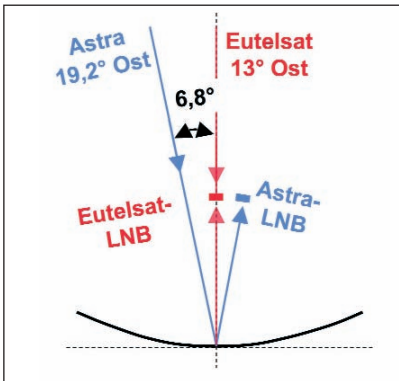


Bild 5: Eutelsat im Fokus, Astra im Offset

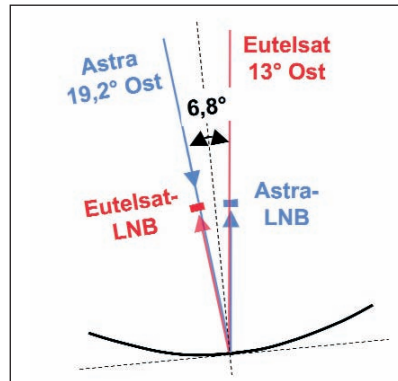


Bild 6: Eutelsat und Astra im Offset

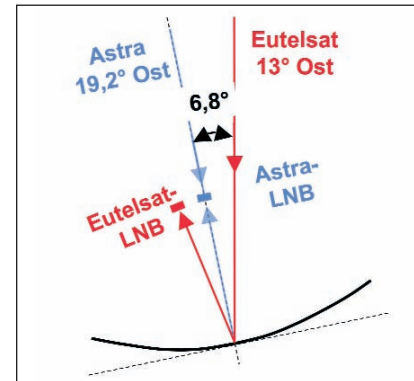


Bild 7: Astra im Fokus, Eutelsat im Offset

Richtcharakteristik und Schielwinkel

Es ist leicht einzusehen, dass sich die Richtcharakteristik einer Antenne, gemessen mit dem schielenden LNB gegenüber einem im Brennpunkt verändert. Zunächst geht in azimuthaler Richtung die Symmetrie der Richtcharakteristik verloren (Bild 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 (Bild 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 φ

Unter dem Schielwinkel φ versteht man den Raumwinkel zwischen den Strahlen

von der Satelliteneinrichtung zu den beiden Satelliten (Bild 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 zusammen. Mit den Methoden der sphärischen Trigonometrie lässt sich der Schielwinkel φ ermitteln (wen das weiter interessiert – wir veröffentlichen dieses auf unserer Homepage).

Dabei sind (b_0, l_0) die Koordinaten (Bild 3) der Antenne (nördliche Breite, östliche Länge). Die Positionen der Satelliten S1 und S2 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. Die Flughöhe des Satelliten im geostationären Orbit beträgt $h = 35\,798$ km und der Erdradius $r = 6\,378$ km. Für das Satellitenpaar Astra ($19,2^\circ$ Ost) und Eutelsat

Hotbird (13° Ost) schwankt der Azimutwinkel (Seitenwinkel) zwischen den Extremen $6,73^\circ$ z.B. in Flensburg und $6,85^\circ$ in Garmisch-Partenkirchen.

Durch die geringe Variationsbandbreite von $0,12^\circ$ kommen wir in ganz Deutschland (wenn man nicht pingelig ist, auch in Zentraleuropa) mit einem festen Schielwinkel von $6,8^\circ$ 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, das 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 $19,2^\circ$ Ost und $23,5^\circ$ Ost variiert der Schielwinkel in ganz Europa zwischen $4,5^\circ$ und



Bild 8: Ein »normaler« parabolischer Schieler und zwei Exoten



Bild 9: Bis zu acht Speisesysteme finden bei der 55-cm-WaveFrontier ihren Platz vor dem Gregory-Subreflektor

4,85° (Bild 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 ein exakt im Brennpunkt angeordneter LNB vorgesehen hatten um das letzte Quäntchen Signal zu holen. Heute kann man ohne Probleme die Speisesysteme symmetrisch nach rechts und links aus dem Brennpunkt verschieben oder vertauschen, um keinen oder den anderen Satelliten zu bevorzugen (Bild 5 bis Bild 7).

Darf's ein bisschen mehr sein?

Im Prinzip ist es möglich, mehr als zwei Speisesysteme vor der Schüssel zu montieren, um drei, vier oder sogar mehr

Satelliten zu 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.

Ähnlich einer Gleitsichtbrille

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. Bild 8 zeigt drei solcher »Exoten«. Vor dem Subreflektor der amerikanischen Gregory-Multifocal-Antenne WaveFrontier (www.multilnbdish.com) sind in der 90-cm-Ausführung bis zu 20 LNBs anordenbar. In Bild 9 ist die 55-cm-Ausführung der WaveFrontier für bis zu 8 LNBs zu sehen.

Die Cybertenna S64 des schwedischen Herstellers Telewide rechts in Bild 8 beruht auf dem Prinzip der elektromagnetischen Linse. Sie besteht aus einem rotationssymmetrischen Array rechteckiger Hohlleiterabschnitte. Strahlung aus einem bis zu 40 Grad langen Abschnitt des Orbitalbogens wird also nicht in einen Brennpunkt reflektiert, sondern tritt durch die Antennenstruktur hindurch und steht dahinter in gebündelter Form nach Richtungen getrennt für bis zu 8 LNBs zur Verfügung.

Ausblick

Wie wir sehen, stellt die Programmvielfalt – ermöglicht durch die verschiedenen Satellitenpositionen sowie durch verschiedene Frequenzbänder und Polarisationsrichtungen – eine hohe Anforderung an die Selektierbarkeit durch die Sat-Receiver. Das unterstützt die DiSeqC-Technik, mehr dazu in der nächsten Folge.

(Fortsetzung folgt)