

# Satellitenempfang

## Allgemeine Informationen

Volker-James Münchhof

Fernsehempfang über Satelliten war erst möglich, als man Satelliten geostationär, das heißt im Gleichlauf mit der Erde, im Orbit stationieren konnte. Geostationär wiederum war notwendig, damit die Empfangsantennen auf der Erde nicht ständig - der Umlaufbahn der Satelliten folgend - nachgeführt werden müssen. Die geostationäre Position im Orbit ist erreicht, wenn sich die Fliehkraft des Satelliten - aufgrund seiner Geschwindigkeit auf der Umlaufbahn

Gleichungen :

$$F = m_{\text{Sat}} R_{\text{Sat}} \omega_{\text{Erd}}^2$$
$$F = \gamma m_{\text{Sat}} m_{\text{Erd}} / R_{\text{Sat}}^2$$

ergibt :

$$R_{\text{Sat}}^3 = \gamma m_{\text{Erd}} / \omega_{\text{Erd}}^2$$

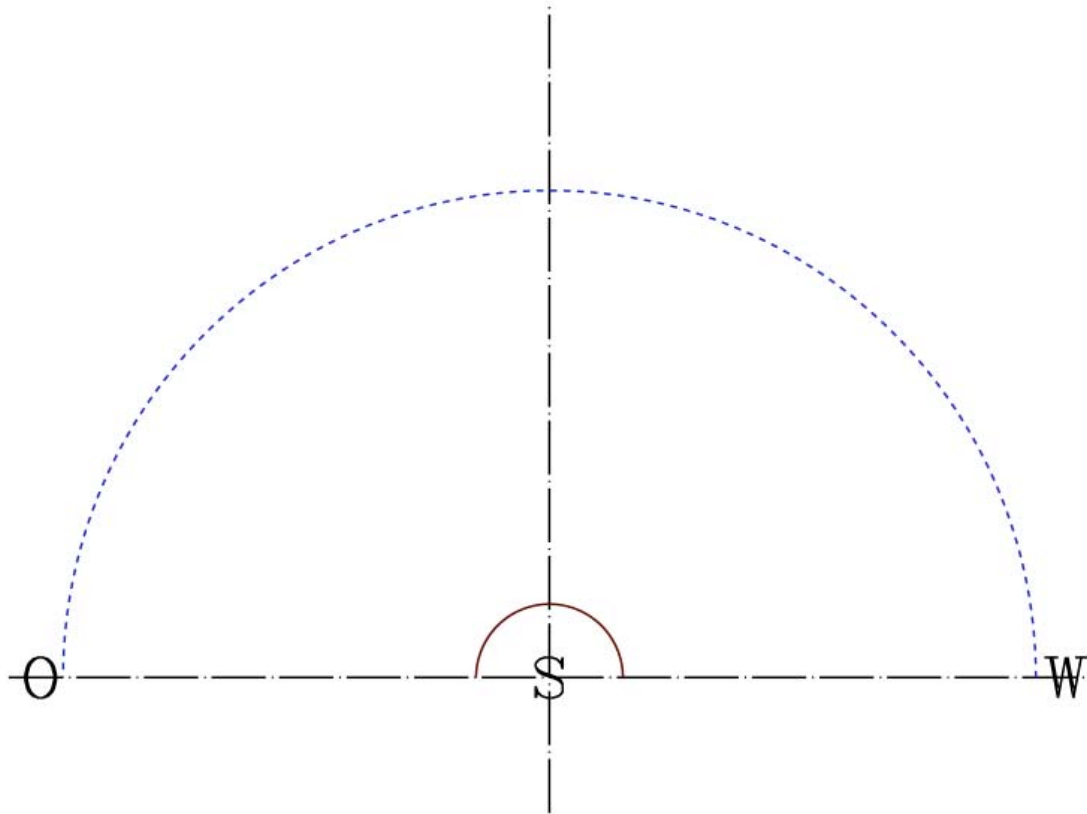
wobei :

$$\gamma = 6.673 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$$

$$m_{\text{Erd}} = 5.974 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

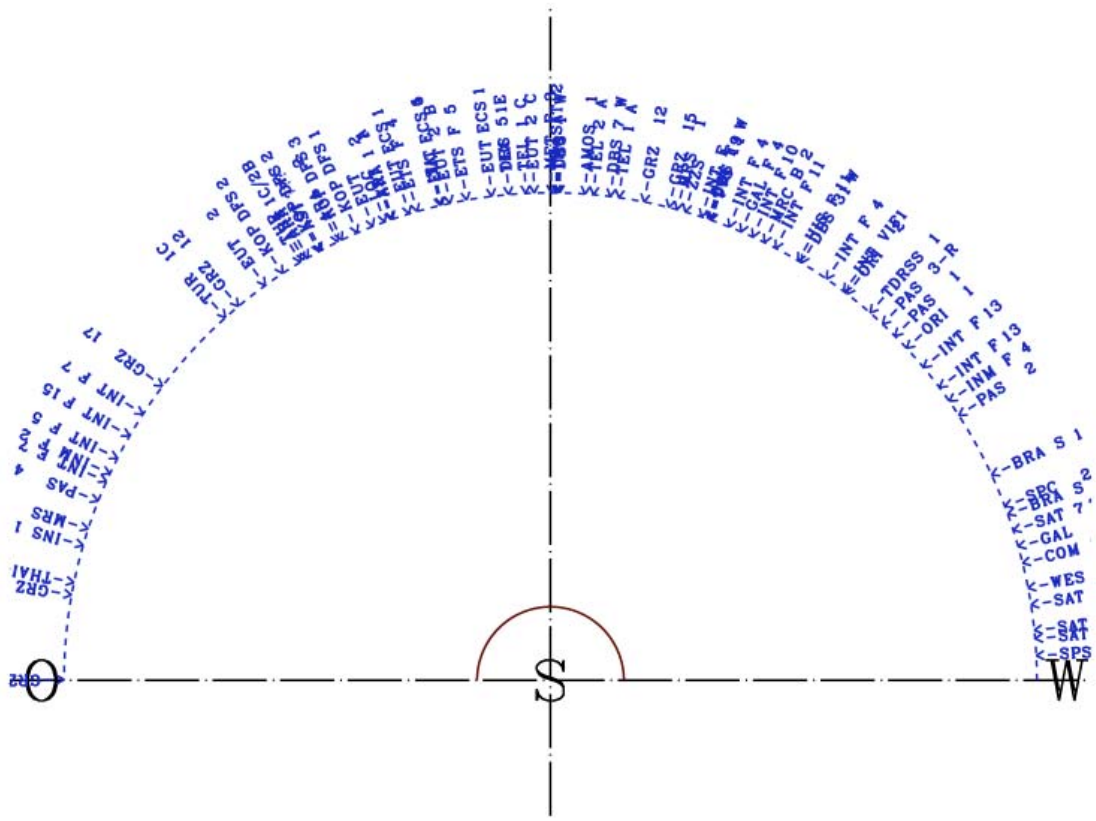
$$\omega_{\text{Erd}} = 7.272 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$$

oberhalb des Äquators um die Erde - und die Anziehungskraft - aufgrund der Masse der Erde und der Masse des Satelliten - sich die Waage halten. Diese beiden Gleichungen lassen sich - nach Gleichsetzung der beiden Kräfte, Auflösung nach dem Radius der Satellitenbahn und Einsetzen der Konstanten - entsprechend lösen. Das Resultat ist dann der Radius der Umlaufbahn des Satelliten um den Erdmittelpunkt, bei dem der Satellit synchron mit der Erdrotation um die Erde rotiert und beträgt:  $R_{\text{Sat}} = 42\,242,7 \text{ km}$ . Der Satellit bleibt dann von der Erdoberfläche aus gesehen immer an der gleichen Stelle im Orbit stehen. Die einmal ausgerichtete Empfangsantenne braucht dann nicht

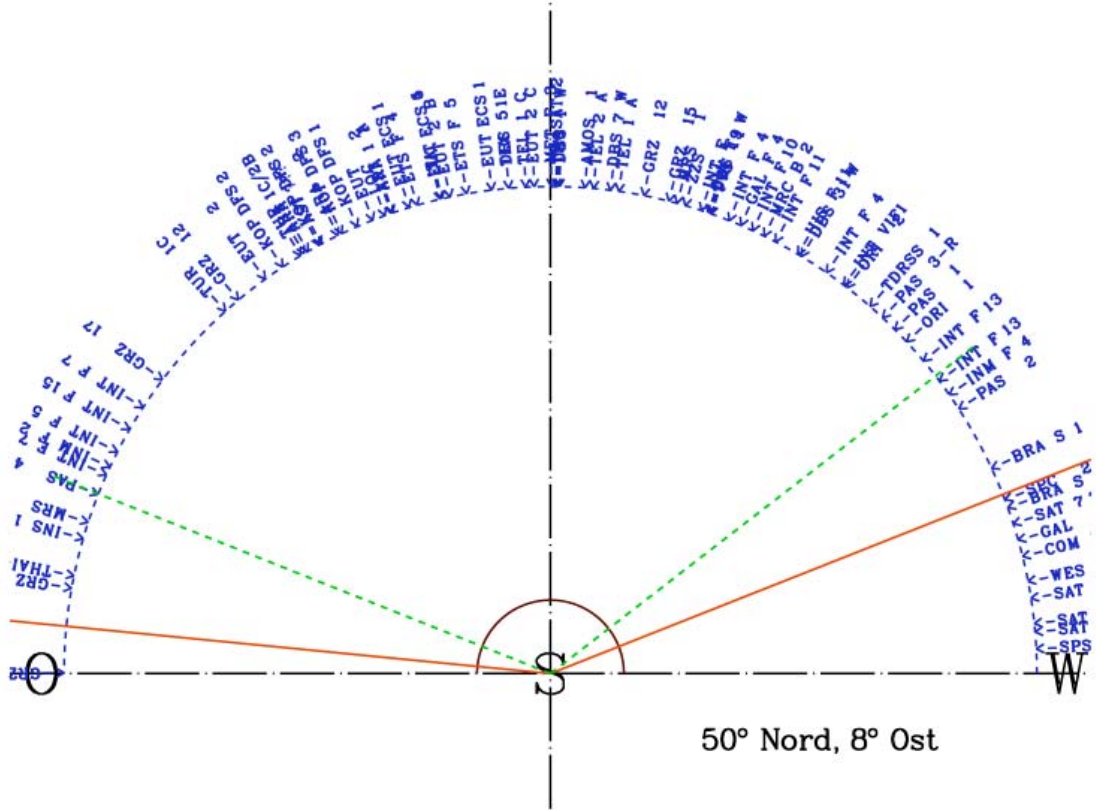


mehr nachgeführt zu werden. Zieht man von diesem Resultat den Erdradius  $R_{\text{Erd}} = 6\,371,0 \text{ km}$  ab, erhält man die  $36\,000 \text{ km}$  als Satellitenhöhe, die immer im Gespräch sind. Nachfolgende Abbildung zeigt die maßstabgetreue Nachbildung der Situation mit einer Position des Betrachters auf der Verlängerung Süd-Nord-Achse der Erdkugel mit Blick in Richtung Südpol. Die Erdkugel ist dabei erdbraun, die Satellitenumlaufbahn ist dabei himmelblau gestrichelt.

Die nächste, obere Abbildung auf der folgenden Seite zeigt die Satellitenumlaufbahn bestückt mit den Satelliten, wie sie sich im Jahre 2001 dem Betrachter dargestellt hat. Die Beschreibung der Satelliten ist deren Bezeichnung in Kurzform, die Position ist mit der richtigen Position identisch. Die Anzahl der Satelliten und deren Positionen ändern sich häufig, so daß eine laufende Verfolgung durch entsprechende Zeitschriften und im Internet notwendig ist. Die in dieser Abbildung eingetragenen Satelliten sind allerdings nicht von allen Punkten der Erdoberfläche aus gleichzeitig zu sehen. Nur der weit entfernte Betrachter sieht alle Satelliten gleichzeitig und natürlich auch die Satelliten, die sich auf der anderen Seite der Erdkugel - also „unten“ - befinden. Die untere Abbildung auf der nächsten Seite zeigt die sichtbaren Satelliten von einer Position  $50^\circ$  Nord und  $8^\circ$  Ost auf der Erdoberfläche, was ungefähr der Position von Frankfurt/Main entspricht. Die beiden roten Linien links und rechts am Bildrand stellen die Begrenzung des Blickfeldes des Betrachters auf der Erdoberfläche durch den Horizont dar, wobei der Blick nach Osten natürlich weitreichender ist als nach Westen, weil sich der Betrachter  $8^\circ$  Ost befindet. Im Bereich der grün gestrichelten Linien befinden sich alle sichtbaren Satelliten, die mit einer Erhebung von  $10^\circ$  und mehr über dem Horizont stehen. Also mit „Sicherheit“ sichtbar sind weil sie nicht durch Bäume, Hügel, Berge oder



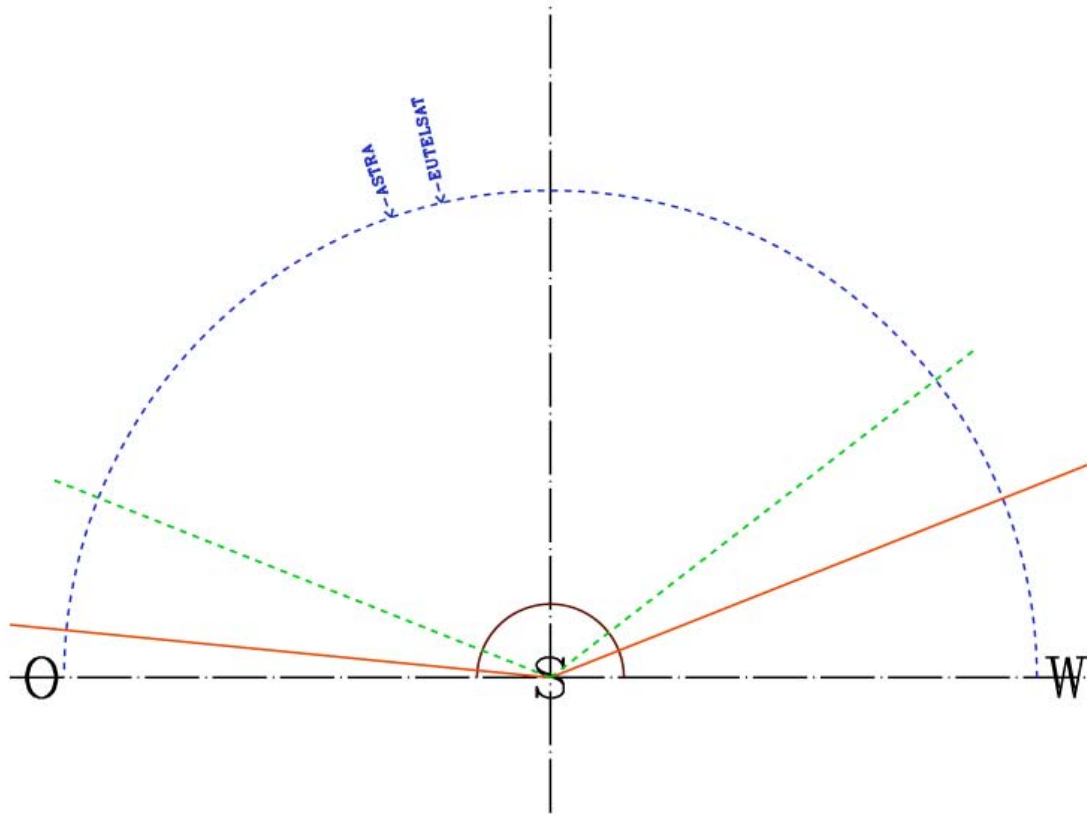
Häuser verdeckt sind. Je weiter man sich auf der Erdoberfläche der Nordhalbkugel nach Norden bewegt, desto eingenger wird das Blickfeld auf die Satelliten.



Nachfolgende Abbildung zeigt die sichtbaren Satelliten bei der Position 60° Nord und 8° Ost.



Von allen diesen aufgeführten Satelliten sind eigentlich nur zwei Satelliten für den deutschen Sprachraum von Bedeutung. Es sind dies die „Astra“-Satellitengruppe auf 19,2° Ost und die „Hotbird“- (Eutelsat-)Satellitengruppe auf 13,0° Ost, wobei die „Astra“-Satellitengruppe die wichtigeren Satelliten sind.



Die vorstehende Abbildung zeigt auch, daß diese beiden für den deutschen Sprachraum interessanten Satelliten eng beieinander stehen. Computerprogramme, die nach Eingabe der eigenen Position und der Positionen der gewünschten Satelliten, die Daten zum Ausrichten der Satelliten-Empfangsanlage erstellen, belegen das wie nachstehende Tabelle zeigt.

## Empfangsdaten

50° Nord, 8° Ost

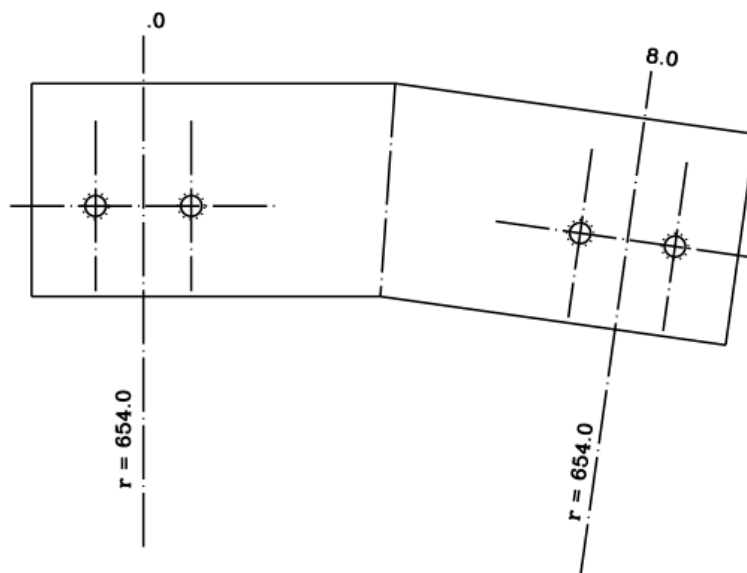
Satellitenstandort : 19.200° östl. Länge.  
Antennen Azimut = 165.5°; Elevation = 31.7°.  
Entfernung = 38516.3 km.

ASTRA

Satellitenstandort : 13.000° östl. Länge.  
Antennen Azimut = 173.5°; Elevation = 32.5°.  
Entfernung = 38447.9 km.

EUTELSAT

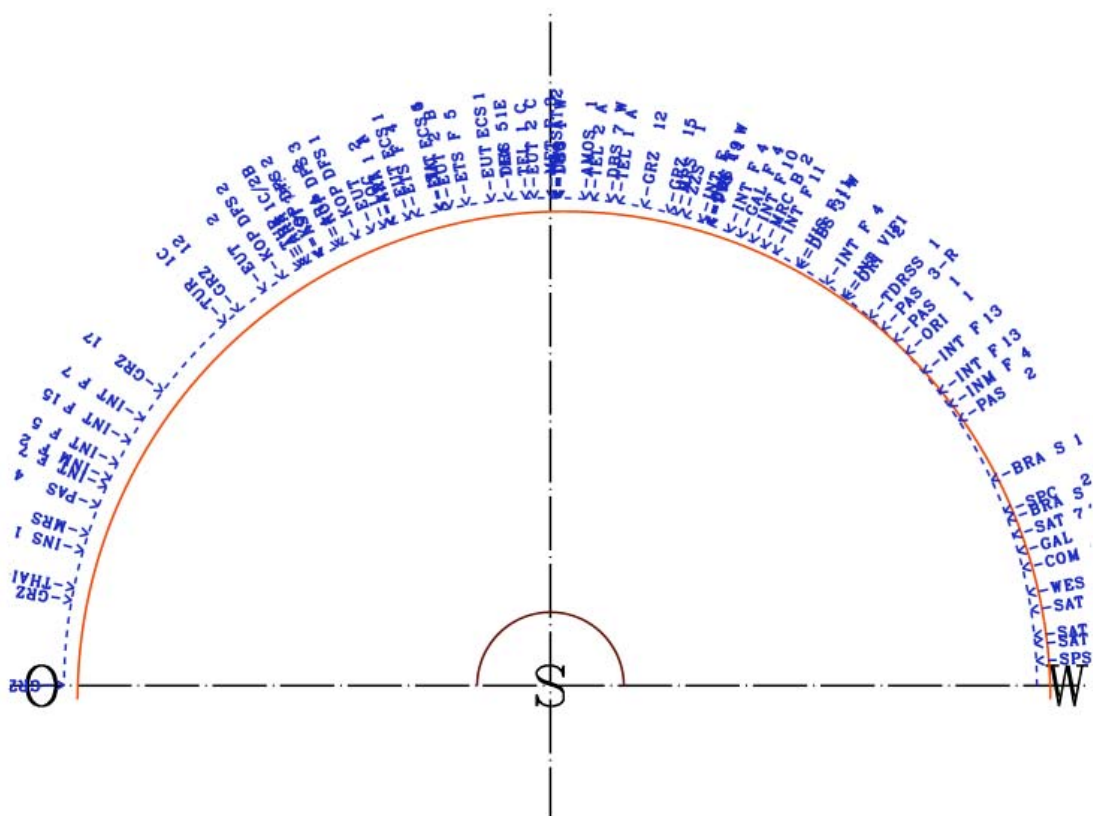
Der Antennen-Azimut ist die Ausrichtung der Antenne nach der geologischen Gradeinteilung, wobei  $0^\circ$  nach Norden weist. Die Antennen-Elevation ist die Erhöhung des Empfangsstrahles über der Waagerechten. Die Differenz im Azimut zwischen „Astra“ und „Eutelsat“ beträgt auf der Erdoberfläche bei  $50^\circ$  Nord und  $8^\circ$  Ost, also in der Nähe von Frankfurt/Main, nur  $8^\circ$ . (Es sind wirklich  $8^\circ$ , denn nur im Erdmittelpunkt sind es  $6,2^\circ$  Differenz zwischen der Position von „Astra“ und „Eutelsat“. Auf der Erdoberfläche, also  $6\,371,0$  km näher bei den Satelliten, sind es  $8^\circ$ . Im ungünstigsten Fall, auf der Satellitenumlaufbahn, können es sogar  $180^\circ$  sein.) In diesem Fall werden keine zwei Satelliten-Empfangsanlagen benötigt, wenn beide Satelliten empfangen werden sollen. Es genügt eine etwas größere Satelliten-Schüssel und zwei primäre Empfangseinheiten (LNBS), wobei ein LNB direkt in die Empfangsrichtung montiert wird und das zweite LNB um  $8^\circ$  versetzt den zweiten Satelliten horizontal „schielend“ anpeilt. Die direkte Anpeilung sollte dabei auf den schwächer strahlenden Satelliten (in diesem Fall „Eutelsat“) ausgerichtet sein, denn der „schielende“ LNB sieht nur  $\cos(8^\circ)=0,9903$  der Fläche der Empfangsschüssel, was natürlich die Stärke des empfangenen Signals um den gleichen Faktor reduziert. Sollen allerdings weitere Satelliten empfangen werden und diese nicht in unmittelbarer Nähe im Orbit angesiedelt sein, so daß mit „schielenden“ LNBS gearbeitet werden kann, sind jeweils eigens ausgerichtete Satelliten-Schüsseln oder eine drehbare Satelliten-Schüssel erforderlich. Für eine „schielende“ Satelliten-Empfangsanlage für „Astra“ und „Eutelsat“ habe ich mir einen LNB-Träger aus Flacheisen gefertigt. Nachfolgende Abbildung zeigt die Abmessungen des Trägers für eine Satelliten-



Schüssel mit einem LNB-Abstand von  $654$  mm. Dieser LNB-Träger (scherzhaft nannte ich ihn „Schieleisen“) wurde anschließend verzinkt und unter den zentralen LNB geschraubt. Dann konnte er bequem den „schielenden“ LNB tragen. Die Differenz der Elevation, der Erhöhung, der Satelliten „Astra“ und

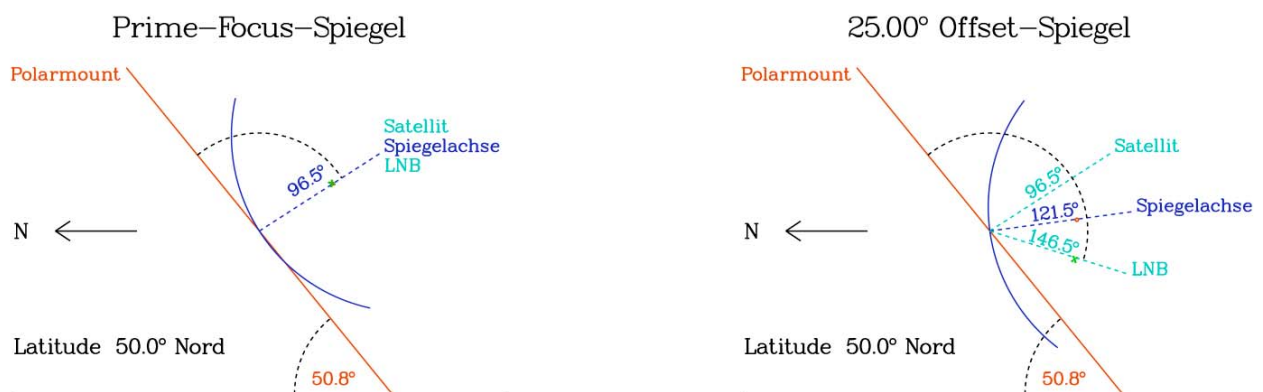
„Eutelsat“ beträgt bei der Position 50° Nord und 8° Ost nur 0,8° und braucht deshalb nicht ausgeglichen zu werden. Multifeed-Einrichtungen sind heute käuflich zu erwerben.

Eine drehbare Satelliten-Empfangsanlage, die alle Satelliten im sichtbaren Bereich überstreichen kann, ist natürlich eine sehr vielseitige Angelegenheit. Meine erste selbst aufgebaute Satelliten-Empfangsanlage 1990 war eine drehbare Satelliten-Empfangsanlage mit einem Azimut-Elevations-Stellsystem für die Antennenschüssel. Damals kam der Nachrichtensender „CNN“ noch von einem Satelliten, der auf 45° West, mitten über dem Atlantik, stand. Eine drehbare Satelliten-Empfangsanlage war damals von Vorteil, wenn eine wirkliche Programmvielfalt erreicht werden sollte. Man benötigte damals auch noch eine Erlaubnis der Deutschen Post, eine solche Anlage zu betreiben. Meine Lizenz galt 10 Jahre bis zum Jahre 2000. (Im Jahre 2004 habe ich die Anlage demontiert. Programmvielfalt kann heute einfacher erreicht werden.) Grundsätzlich gibt es zwei Methoden, eine drehbare Satelliten-Empfangsanlage zu errichten. Das eben erwähnte Azimut-Elevations-Stellsystem und das Polarmount-Stellsystem. Das Azimut-Elevations-Stellsystem benötigt zwei Stellmotore, einer, der ein großes Zahnrad für die Drehbewegung antreibt und einer, der über eine Zahnstange (Spindel) die Erhöhung des Spiegels vornimmt. Beim Polarmount-Stellsystem wird die Drehachse des Spiegels in paralleler Richtung zum Polarstern (deshalb auch der Name „Polarmount“) ausgerichtet. Durch die Drehbewegung des Spiegels um die Polarmount-Achse wird gleichzeitig die Elevationsbewegung des Spiegels nachgeführt. Verständlich ist dann aber auch, daß die Herstellung eines Polarmount-Stellsystems einer besonderen Sorgfalt und Genauigkeit bedarf. Die nachfolgende Abbildung zeigt



deutlich, daß bei einer Verschiebung des Schwenkkreises (rot) zum Satellitenkreis (blau) nur wenige Satelliten genau getroffen werden.

Die nächste Abbildung zeigt die beiden gebräuchlichsten Spiegelarten für Satelliten-Empfangsanlagen. Es sind dies 1. der „Prime-Focus-Spiegel“. Bei diesem Spiegel sitzt die Empfangseinheit (LNB) genau auf der Spiegel-Achse, bzw. der Blickrichtung zum Satelliten. Das bedeutet, daß die Empfangseinheit das Signal vom Satelliten abschattet und somit die Signalstärke gemindert wird und 2. Der „Offset-Spiegel“ bei dem die Spiegelachse, die Blickrichtung zum Satelliten und die Lage der Empfangseinheit (LNB) nicht auf einer



gemeinsamen Achse liegen. Die Empfangseinheit „schießt“ in vertikaler Richtung durch den Spiegel. Es gibt also keine Abschattung durch die Empfangseinheit und dadurch, daß der Spiegel insgesamt senkrechter steht, rutscht der in den Spiegel gefallene Schnee sofort wieder aus dem Spiegel heraus und legt sich nicht signal-dämpfend auf die Spiegeloberfläche. In unseren Breiten ein Vorteil. Es kann im Winter auf eine Spiegelheizung verzichtet werden.

Als mit dem Satellitenfernsehen Mitte/Ende der 80iger Jahre des vergangenen Jahrhunderts begonnen wurde, lagen die vom Satelliten abgestrahlten Frequenzen im Ku-Band bei 10,7 GHz bis 11,7 GHz und es wurde ausschließlich analoges Fernsehen übertragen. Jeder übertragene Fernsehkanal benötigt natürlich eine bestimmte Bandbreite. Deshalb wurden benachbarte Fernsehkanäle abwechselnd horizontal und vertikal polarisiert, um gegenseitige Beeinflussung und Störungen zu vermindern. Ein weiteres zu lösendes Problem bestand darin, daß die Signale des terrestrischen Fernsehens und des Satellitenfernsehens durch ein gemeinsames Antennenkabel geleitet werden sollten. Also mußten, um kompatibel zu bleiben, die Signale des Satellitenfernsehens oberhalb der schon bestehenden Frequenzen des terrestrischen Fernsehens angesiedelt werden. Über die damals herkömmlichen Antennenkabel war es nicht möglich, die hohen Frequenzen des



Satellitenfernsehens zu übertragen. Deshalb wurde das neue, doppeltgeschirmte Antennenkabel entwickelt, das auch die hohen Frequenzen ohne große Dämpfungsverluste übertragen kann. Die Umschaltung zwischen der horizontalen und vertikalen Polarisationssebene geschieht durch eine 13 Volt (vertikal) 18 Volt (horizontal) Umschaltung der Versorgungsspannung des LNBs. Das LNB hat die Aufgabe, die Frequenzen von 10,7 bis 11,7 GHz so umzusetzen, daß sie von dem doppeltgeschirmten Antennenkabel übertragen werden können. Dabei bestand natürlich auch noch die Forderung, daß diese umgesetzten Frequenzen oberhalb der bestehenden terrestrischen Frequenzen, die bis in den Bereich von 855 MHz reichten, anzusiedeln sind. Mit Hilfe einer elektronischen Einrichtung und einer Mischfrequenz von 9,75 GHz konnten die empfangenen Signale auf eine Frequenz von 950 MHz (0,95 GHz) bis 1950 MHz (1,95 GHz) umgesetzt werden. Welche Polarisationssebene dabei umgesetzt wurde, wurde dem LNB mit der Steuerspannung von 13 bzw. 18 Volt mitgeteilt. Die Steuerspannung war dabei auch gleichzeitig die Versorgungsspannung der Elektronik im LNB. Da über die Steuerspannung gleichzeitig auch die empfangene Polarisationssebene festgelegt wurde, kann auch immer nur ein Empfänger direkt an einen LNB angeschlossen werden. Sollen mehrere Satellitenempfänger unabhängig von einer Satellitenschüssel versorgt werden, sind weitere elektronische Komponenten erforderlich, die später behandelt werden.

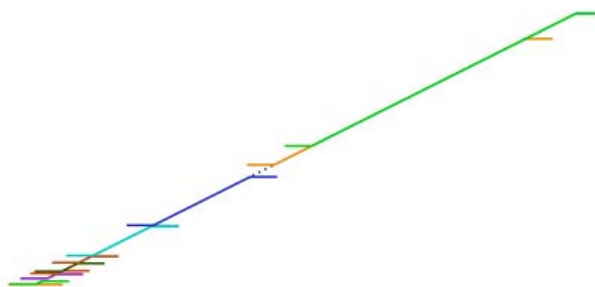
Die Anzahl der Satellitensender, die in dem Frequenzbereich von 10,7 GHz bis 11,7 GHz unterzubringen war, war natürlich nicht ausreichend. Deshalb wurde der Frequenzbereich der Satelliten von 11,7 GHz bis 12,75 GHz erweitert. Das bot auch gleichzeitig die Möglichkeit, dem gerade entstehenden digitalen Fernsehen einen eigenen Frequenzbereich zu spendieren. Wer weiterhin nur analoges Fernsehen sehen wollte, brauchte an seiner bestehenden Empfangsanlage nichts zu verändern. Wer digitales Fernsehen sehen wollte, mußte sowieso an seiner bestehenden Satellitenempfangsanlage diverse Veränderungen vornehmen. Eine weitere Auswahlmöglichkeit, also Umschaltmöglichkeit, war erforderlich, um zwischen dem „unteren“ und dem „oberen“ Frequenzband auswählen zu können. Zu dieser Zeit existierte schon eine weitere Auswahl-/Schalt-Möglichkeit. Es wurde ein 22 kHz Signal auf die Schaltspannungen von 13, bzw. 18, Volt aufmoduliert. Dieses Verfahren wurde allerdings schon für die Umschaltung der analogen Bereiche genutzt, wenn man gleichzeitig die Satellitensender von „Astra“ und „Eutelsat“ empfangen wollte. Es wurden nun „Nägel mit Köpfen“ gemacht und eine Lösung gefunden, die jetzt für eine längere Zeit Bestand haben soll. Das auf die Versorgungsspannungen der LNBs aufmodulierte 22 kHz Signal wird für die Umschaltung „unteres“/„oberes“ Frequenzband benutzt und wird gleichzeitig noch mit Informationen für die Satellitenauswahl versehen. Dieses Verfahren für die Satellitenauswahl wird DiSEqC (Digital Satellite Equipment Control, sprich: Daisäck) genannt. Das „obere“ Frequenzband wird mit einer Mischfrequenz von

10,6 GHz aufbereitet (also etwas von den 10,7 GHz der untersten Frequenz des „unteren“ Frequenzbandes entfernt), so daß sich nun Frequenzen von 1100 MHz (1,1 GHz) bis 2150 MHz (2,15 GHz) für das Antennenkabel ergeben. Die nachfolgende Tabelle und die grafische Darstellung zeigen die Frequenzverteilung im doppeltgeschirmten Antennenkabel.

## Frequenzverteilung Antennenkabel

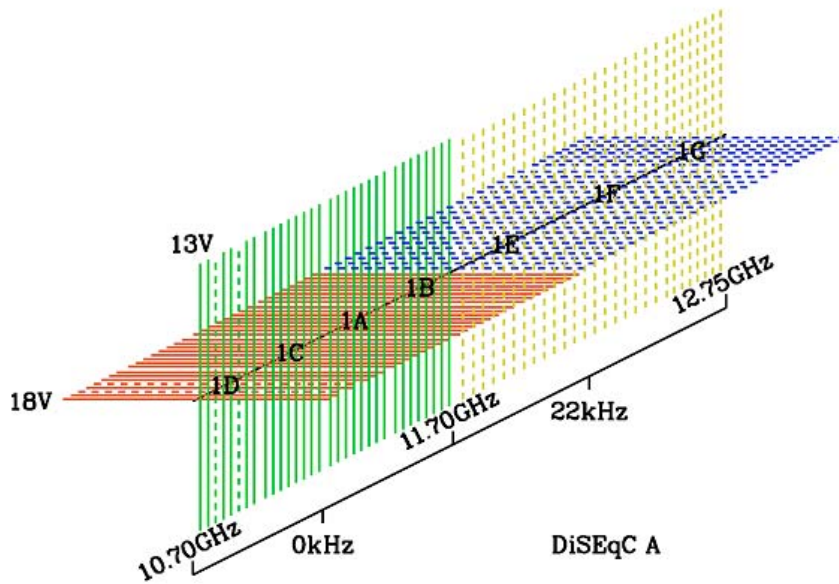
Bereich	Kanal		Frequenz -MHz	
	von	bis	von	bis
Langwelle			0.15	0.285
Mittelwelle			0.535	1.605
Kurzwelle			5.95	26.7
Ultrakurzwelle				
Band I	2	4	48.	82.
Band II		UKW	88.	108.
Band II	S01	S10	105.	168.
Band III	5	12	175.	224.
Band III	S11	S41	231.	463.
Band IV/V	21	69	471.	855.
Dezimeterwelle				
Sat. analog	OF= 9.75 MHz		950.	1950.
Sat. digital	OF=10.60 MHz		1100.	2150.

## Frequenzverteilung Antennenkabel

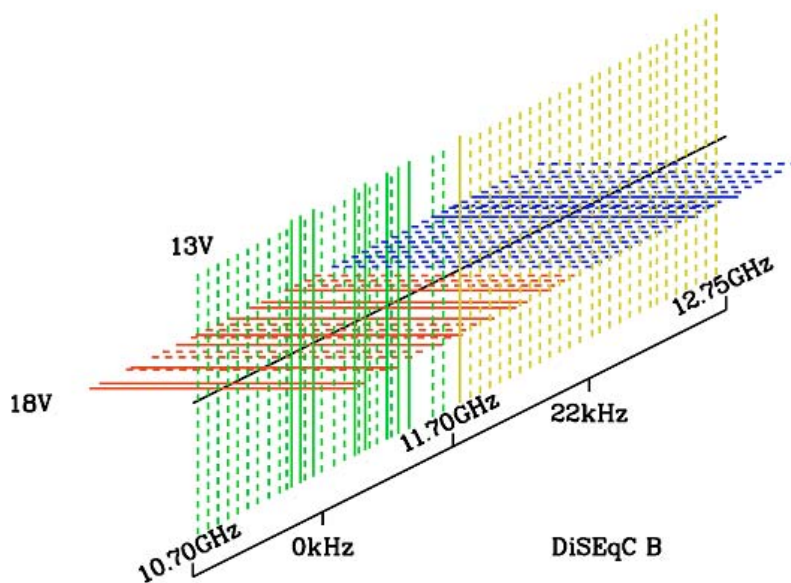


Die beiden nachfolgenden Abbildungen auf der nächsten Seite zeigen die Frequenzpläne der beiden Satelliten „Astra“ (oben) und „Eutelsat“ (unten). Die Darstellungen zeigen jeweils die horizontalen (18 Volt) und vertikalen (13 Volt) Polarisationssebenen im „unteren“ (0 kHz) und im „oberen“ (22 kHz) Frequenz-

## Frequenzplan Astra System



## Frequenzplan Eutelsat System

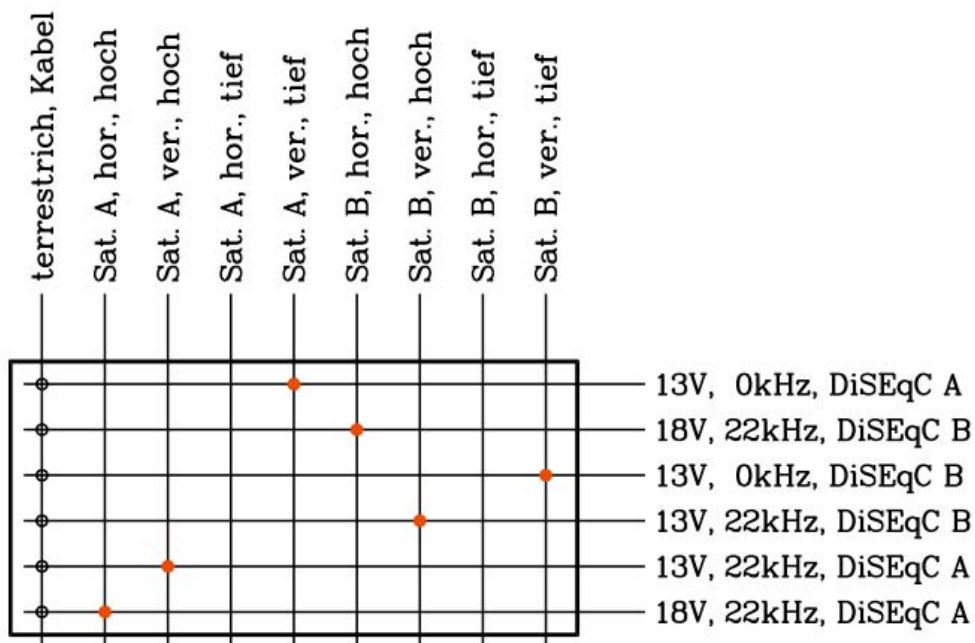


bereich. Gleichzeitig ist der Satellit „Astra“ mit „DiSEqC A“ und der Satellit „Eutelsat“ mit „DiSEqC B“ gekennzeichnet und auf beiden Satelliten sind die analog abstrahlenden Sender (Transponder) durchgezogen und die digital abstrahlenden Sender gestrichelt dargestellt (Stand 2001). Selbst im Frequenzbereich, der ursprünglich der analogen Abstrahlung vorbehalten war, tummeln sich mehr und mehr digital abstrahlende Sender. Ab dem Jahr 2010 (ca.) soll es nur noch digitales Fernsehen geben.

Die ganzen Auswahl- und Schaltungs-Möglichkeiten sind notwendig, wenn mehrere Polarisations Ebenen, von mehreren Frequenzbändern, von mehreren

Satelliten, mehreren Betrachtern von Satellitenfernsehen unabhängig voneinander zur Verfügung gestellt werden sollen. Dazu werden die vier Ebenen pro Satellit vom LNB kommend einzeln in eine Schaltmatrix eingespeist und der LNB wird gleichzeitig von der Schaltmatrix mit Strom versorgt. In der Schaltmatrix kann jeder Betrachter mit seinem Satellitenempfänger durch Übermittlung der Schaltkonditionen seine gewünschte Satellitenebene abrufen. Gleichzeitig kann in die Schaltmatrix auch das Signal des terrestrischen Fernsehens (Kabelfernsehen) eingespeist werden, das dann ständig an alle Ausgänge der Schaltmatrix geleitet wird. Die folgende Abbildung zeigt das Schema einer Schaltmatrix, die acht Satellitenebenen und das terrestrische/Kabel-Fernsehen (8 + 1) von oben kommend nach rechts auf sechs

### Verteilung über Schaltmatrix



Ausgänge verteilen kann. Der Schaltungszustand der Schaltmatrix ist erkenntlich an den farbigen Punkten auf den Kreuzungspunkten. Die schwarz markierten Kreuzungspunkte zeigen die ständige Einspeisung des terrestrischen/Kabel-Fernsehens auf die Ausgänge, die rot markierten Kreuzungspunkte zeigen die ausgewählten Verbindungen der einzelnen Satellitenempfänger mit den Satellitenebenen. Ganz rechts ist der Zustand der Auswahl der Satellitenebene beschrieben. So eine Schaltmatrix wird auch Multischalter oder Multiswitch genannt. Es gibt z.Z. Multischalter mit bis zu 16 + 1 Eingängen und 12 oder mehr Ausgängen.