

# Satellitenempfang (9)

Ausgehend von der geschichtlichen Entwicklung, dem Aufbau eines Satellitensystems, der Ausrichtung von Antennen, deren Sendeleistung, den Reflektorformen, der multiplikativen Frequenzmischung, den LCN-Typen sowie den Qualitätskriterien von LNCs befasst sich dieser Beitrag mit dem gleichzeitigen Empfang mehrerer Satelliten mit einer Antenne.

## Größenbeispiel

Als Nachtrag zum Abschnitt Gütefaktor  $G/T$  in der letzten Beitragsfolge mit dem Thema Qualitätskriterien eines LNCs soll hier ein Gefühl für die in der Praxis gebräuchlichen Zahlenwerte vermittelt werden.

Typische Werte einer 55-cm-Antenne im Ku-Band sind beispielweise:

Rauschtemperatur der Antenne:

$$T_{\text{Antenne}} = 40 \text{ K,}$$

Umgebungstemperatur:

$$T_{\text{Umgebung}} = 290 \text{ K,}$$

Dämpfung des Hohlleiterabschnitts zwischen Feed und Auskoppelsonden:

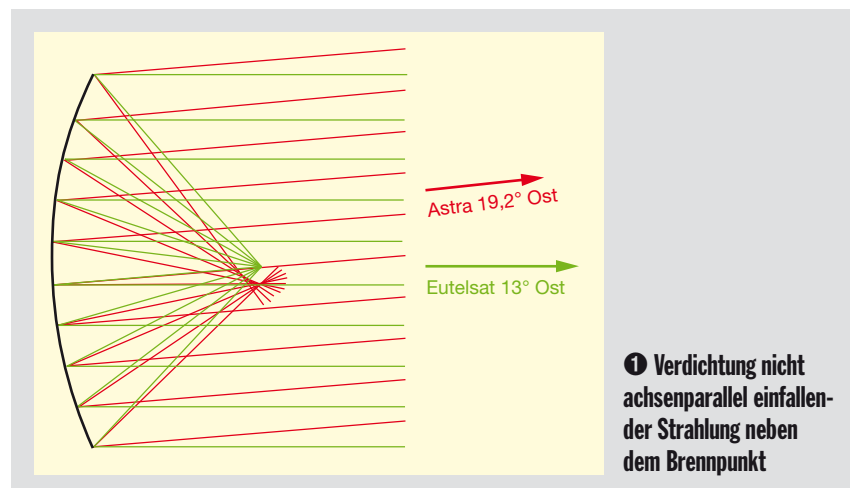
$$a_{\text{Hohlleiter}} = 0,05 \text{ dB,}$$

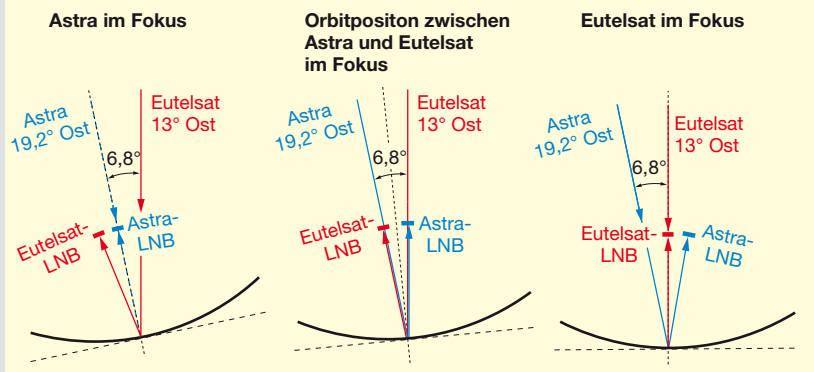
$$\text{Rauschzahl: } NF = 0,9 \text{ dB,}$$

$$\text{Antennengewinn: } G = 35 \text{ dB.}$$

Setzt man diese Werte in die abgeleitete Formel aus Teil 8 (Lernen und Können 02-10) ein

$$T_{\text{System}} = T_{\text{Antenne}} + T_{\text{Umgebung}} \left( 1 - 10^{-\frac{a_{\text{Hohlleiter}}}{10}} \right) + T_{\text{Umgebung}} \left( 10^{\frac{NF}{10}} - 1 \right)$$

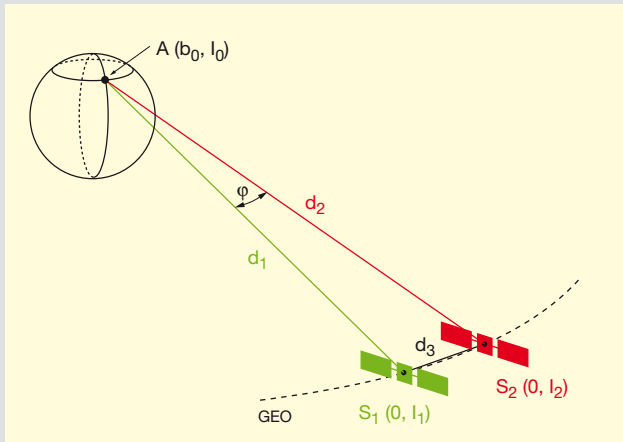




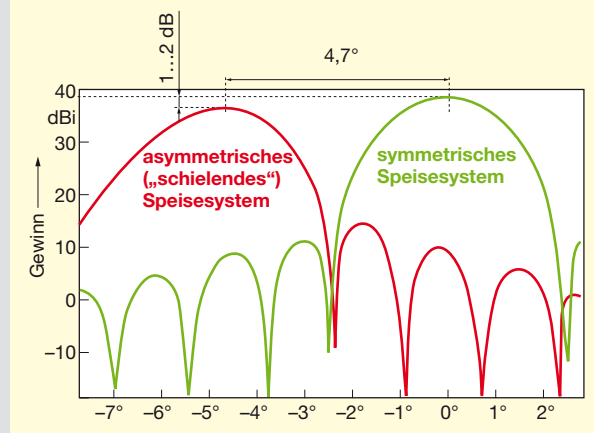
2 Drei Alternativen bei der Ausrichtung einer „schielenden“ Antenne auf zwei Satelliten



4 Monoblock-LNC mit integriertem 4-Teilnehmer-Multischalter für den Empfang von Astra und Eutelsat in Deutschland



3 Schielwinkel – Winkel zwischen den Geraden von der Antenne auf der Erde zu den beiden Satelliten im geostationären Orbit



5 Verformung des Richtdiagramms mit zunehmendem Schielwinkel

ergibt sich eine Systemrauschtemperatur von

$$T_{\text{System}} = 40 \text{ K} + 290 \text{ K} (1 \cdot 10^{-0,005}) + 290 \text{ K} (10^{0,09} - 1)$$

$$T_{\text{System}} = 40 \text{ K} + 3,32 \text{ K} + 66,78 \text{ K}$$

$$T_{\text{System}} = 110,1 \text{ K.}$$

Dieser Wert eingesetzt in

$$G/T = (G - 10 \cdot \log T_{\text{System}}) \text{ dB/K}$$

liefert eine Systemgüte von

$$G/T = (35 - 10 \log 110,1) \text{ dB/K} = 14,6 \text{ dB/K.}$$

Im Vergleich dazu beträgt bei einer 100-cm-Antenne ( $G = 40 \text{ dB}$ ,  $T_{\text{Antenne}} = 30 \text{ K}$ ) mit 0,9-dB-LNC der  $G/T$ -Wert 20,0 dB.

## Empfang von zwei Satelliten

Mit einer normalen paraboloiden Reflektorform ist, weil diese nur einen Brennpunkt hat, streng genommen nur der Empfang eines Satelliten möglich. Aber auch für leicht von der Hauptachsenrichtung abweichende Orbitpositionen findet eine Signalverdichtung neben dem Brennpunkt

statt. In Bild 1 wird dies am Beispiel der beiden Satelliten Astra (19,2° Ost) und Eutelsat (13° Ost) erläutert. In der Draufsicht auf den Antennenreflektor sieht man, dass seine Hauptachse auf Eutelsat ausgerichtet ist. Demzufolge muss das Phasenzentrum des zugehörigen LNCs im Brennpunkt der grünen Linien angeordnet werden. Aus der etwas weiter östlich gelegenen Astra-Position werden die Einstrahlungen nun aber nicht mehr exakt gebündelt, sondern etwas rechts vom echten Brennpunkt lediglich in einer Raumzone verdichtet. Bringt man hier ein zweites LNC an, wird dies Astra empfangen, allerdings mit leicht reduziertem Gewinn, verschlechterter Kreuzpolarisation (unerwünschter Empfang der jeweils anderen Polarisationsebene) und stärkeren Nebenkeulen der Richtcharakteristik.

Für den Empfang zweier Satelliten mit einem Parabolreflektor gibt es drei Ausrichtungsalternativen (Bild 2):

- Astra im Fokus,
- Orbitposition zwischen Astra und Eutelsat im Fokus,
- Eutelsat im Fokus.

Grundsätzlich sollte der schwächere Satellit über den echten Brennpunkt empfangen werden. Mit zunehmendem

„Schielwinkel“ löst sich die Verdichtungszone immer mehr auf, woraus sich ein maximaler Schielwinkel von etwa 10° für den Empfang aus Nebenrichtungen ergibt.

## Schielwinkel

Der Schielwinkel unter dem eine Antenne auf der Erde zwei Satelliten im GEO sieht, hängt von den Koordinaten der beiden Satelliten und der Empfangsantenne ab (Bild 3). Der Schielwinkel berechnet sich wie folgt:

$$\varphi = \arccos \left( \frac{d_1^2 + d_2^2 - d_3^2}{2 \cdot d_1 \cdot d_2} \right)$$

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

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

$$d_3 = 2 \cdot R \cdot \sin \left( \frac{l_2 - l_1}{2} \right)$$

$$r = 6.378 \text{ km (Erdradius)}$$

$$R = 42.167 \text{ km (GEO-Radius)}$$

$b_0, l_0$  geographische Breite und Länge des Antennenstandorts

$l_1, l_2$  geographische Längen der Satellitenpositionen im GEO ( $b_1 = b_2 = 0$ )



⑥ Satellitenantenne für den Empfang von vier geostationären Satelliten

Für das Satellitenpaar Astra (19,2° Ost) und Eutelsat (13° Ost) ergibt sich der Schielwinkel in Frankfurt am Main ( $l_0 = 8,7^\circ$ ,  $b_0 = 50,1^\circ$ ) zu  $\varphi = 6,80^\circ$ . In Deutschland variiert dieser Schielwinkel nur geringfügig, z. B. Flensburg im Norden ( $l_0 = 8,7^\circ$ ,  $b_0 = 50,1^\circ$ ) mit  $\varphi = 6,73^\circ$ , Garmisch-Partenkirchen im Süden ( $l_0 = 11,1^\circ$ ,  $b_0 = 47,5^\circ$ ) mit  $\varphi = 6,85^\circ$ , Düsseldorf im Westen ( $l_0 = 6,8^\circ$ ,  $b_0 = 51,2^\circ$ ) mit  $\varphi = 6,78^\circ$  und Dresden im Osten ( $l_0 = 13,8^\circ$ ,  $b_0 = 51,1^\circ$ ) mit  $\varphi = 6,79^\circ$ .

Der praktisch konstante Schielwinkel rechtfertigt den Einsatz so genannter Monoblock-LNC (zwei LNC in einem gemeinsamen Gehäuse) mit fest eingestelltem Schielwinkel von  $6,8^\circ$  zum Empfang von Astra (19,2° Ost) und Eutelsat (13° Ost) (Bild 4), bzw. mit einem Schielwinkel von  $4,7^\circ$  für Astra (19,2° Ost) und Astra (23,5° Ost). Für die beiden letztgenannten Orbitpositionen ergeben sich für eine 90-cm-Antenne in Frankfurt am Main die in Bild 5 gezeigten Richtdiagramme mit den erwähnten Verlusten bei Gewinn, Symmetrie und Nebenkeulendämpfung für das schiele System.

## Empfang mehrerer Satelliten

Bringt man vor der Antenne auf einer gekrümmten Schiene mehrere LNC an, kann man damit auch mehrere Satelliten empfangen. Dies setzt allerdings voraus, dass die LNC auf ihren korrekten Positionen auf der Schiene justiert sind (Bild 6). Für den Empfang eng benachbarter Satelliten sind Rillenfeeds mit großen Durchmessern ungeeignet, weil sie aneinander stoßen würden. In Bild 6 werden deshalb schlanke dielektrische Feeds eingesetzt. K. Jungk

Fortsetzung



LERNEN  
& KÖNNEN

Dezibel-Kunde