Korrekturen zum BK-Handbuch

Datum der Korrektur: 30.11.2010

Seite 45, Abbildung 2.13: Korrektur der Höhe h = 35.853 km

Daraus folgen die Korrekturen in Abbildung 2.14 und die Berechnung von τ_{min} auf Seite 52.

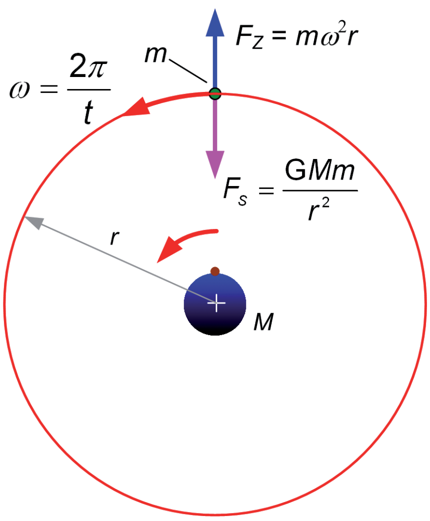
Seite 52, Formel für Polarisationswinkel: Es muss im Nenner tan β_T heißen.

2.2.4.2 Geostationäre Satelliten für den Empfang von Rundfunksignalen

2.2.4.2.1 Umlaufbahn eines geostationären Satelliten

Satelliten umkreisen die Erde je nach Höhe und Bahnneigung auf elliptischen Bahnen. Der Sonderfall einer kreisförmigen Umlaufbahnüber dem Äquator, deren Bahnneigung Null und die in Richtung nach Osten orientiert ist, heißt geostationär. Die Bahngeschwindigkeit beträgt dabei stets 3.075 Meter pro Sekunde (11.070 km/h) und der Bahnradius *r* ist 42.244 km, was einem Abstand von etwa 35.873 km über der Erdoberfläche entspricht.

Diese Bahndaten ergeben sich für den Zustand, dass die Schwerkraft des Satelliten F_S – also die Kraft, mit der die Masse des Satelliten zum Erdmittelpunkt angezogen wird – genau der Zentrifugalkraft F_Z entspricht, mit welcher der Satellit durch die Umlaufgeschwindigkeit nach außen gedrängt wird. Abbildung 2.13 zeigt die Kräfte, die auf den Satelliten wirken. Setzt man $F_z = F_S$, kann der Bahnradius berechnet werden. Die Winkelgeschwindigkeit ω beträgt $\frac{2 \cdot \pi}{24\ \mathrm{h}}$ (eine Erdumdrehung in 24 Stunden).



$$m\omega^2 r = \frac{GMm}{r^2}$$

$$r = \sqrt[3]{G\frac{M}{\omega^2}}$$

mit den Werten für:

Gravitationskonstante $G = 6{,}674 \cdot 10^{-11}\ \frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{s}^2}$

Erdmasse $M = 5{,}9736 \cdot 10^{24}\ \mathrm{kg}$

Erdradius $r_E = 6371\ \mathrm{km}$

wird:

$$r = \sqrt[3]{6{,}674 \cdot 10^{-11}\ \frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{s}^2} \cdot 5{,}9736 \cdot 10^{24}\,\mathrm{kg} \cdot \frac{(24 \cdot 60 \cdot 60\,\mathrm{s})^2}{(2 \cdot \pi)^2}}$$

$r = 42.244\ \mathrm{km}$

$h = r - r_E = 42.224\ \mathrm{km} - 6.371\ \mathrm{km} = 35.853\ \mathrm{km}$

Abbildung 2.13: Berechnung der Bahn eines geostationären Satelliten

Von der Erde aus betrachtet, scheint ein geostationärer Satellit am Himmel still zu stehen, da sich der Beobachter auf der Erde mit der gleichen Winkelgeschwindigkeit wie der Satellit bewegt. Die Antennen auf dem Boden sind deshalb fest auf einen bestimmten Punkt ausgerichtet, und jeder Satellit deckt stets das gleiche Gebiet der Erde ab. Ein geostationärer Satellit kann bei einem Öffnungswinkel der Sendeantenne von 17°, eine maximale Abdeckung (*engl.* Footprint) von 81,5° nördliche Breite bis zu 81,5° südliche Breite erreichen (Abbildung 2.14).

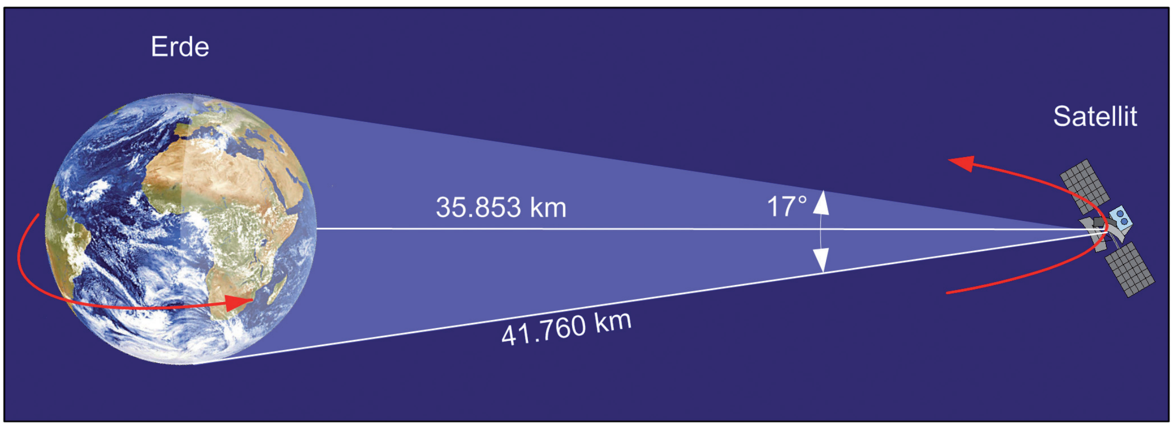


Abbildung 2.14: Maximale Abdeckung eines geostationären Satelliten

Wie vorstehend beschrieben, werden im Hohlleiter bei linearer Polarisation die vertikale und horizontale Welle ausgekoppelt. Damit diese Auskopplung für die vorgesehene Polarisationsrichtung möglichst verlustarm durchgeführt und die Entkopplung zur orthogonalen Richtung maximal wird, ist es erforderlich, dass die Auskoppelantenne exakt zur Richtung der einfallenden Welle ausgerichtet ist.

Eine auf die Erdachse bezogene exakt vertikale, bzw. exakt horizontale Polarisationsausrichtung existiert nur dann, wenn das Empfangssystem sich auf dem Längengrad der Satellitenposition befindet.

Befindet sich die Antenne westlich der Satellitenposition, neigt sich die vertikale Polarisation – vom Antennenstandort aus betrachtet – im Uhrzeigersinn, ist sie östlich positioniert, entsprechend entgegen dem Uhrzeigersinn.

Der LNB ist in seiner Halterung entsprechend zu justieren. Dieser Korrekturwinkel wird Polarisierungswinkel oder auch „Skew“ (*dt.* schräg) bezeichnet. Der Polarisationswinkel wird mit folgender Gleichung und den im Kapitel 2.2.4.3 angegebenen Parametern ermittelt:

$$\text{Polarisationswinkel} \quad \rho = \arctan \frac{\sin(\delta_S - \delta_T)}{\tan \beta_T}$$

Bei der Berechnung sind die Winkel für östliche Längengrade mit „-“, die für westliche Längengrade mit „+“ einzugeben. Ist das Ergebnis der Berechnung negativ, wird der LNB in seiner Halterung um die ermittelten Winkelgrade nach links gedreht, bei positivem Ergebnis entsprechend nach rechts. Es gibt LNBs, bei denen bereits konstruktiv ein Polarisationswinkel für den Hauptempfangsbereich berücksichtigt ist.

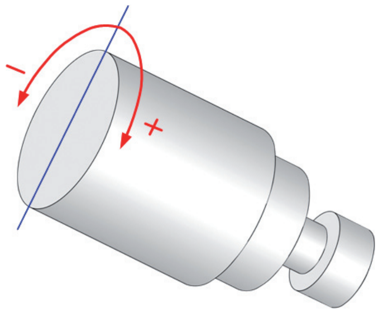


Abbildung 2.25: Einstellung des Polarisatinswinkels am LNB

2.2.4.7 Downlinkberechnung

Zur Ermittlung der Freiraumdämpfung zwischen dem Satellit und der Empfangsstelle ist es notwendig, die Entfernung zwischen diesen beiden Punkten zu kennen. Die Gleichung zur Berechnung der Entfernung *d* lautet mit den Festlegungen im Kapitel 2.2.4.3:

$$d = r_S \cdot \sqrt{1 - 2 \cdot \frac{r_E}{r_S} \cdot \cos\beta_T \cdot \cos(\delta_T - \delta_S) + \left(\frac{r_E}{r_S}\right)^2}$$

Aufgrund der großen Entfernung zwischen Satellit und Erde sind die Dämpfungsunterschiede für alle möglichen Empfangsorte im Versorgungsbereich nicht sehr groß. Mit den in Abbildung 2.14 gegebenen Entfernungen von minimal 35.853 km und maximal von 41.760 km, ergeben sich Freiraumdämpfungen von minimal 204,4 dB und maximal 205,7 dB.

Die Laufzeiten der Signale betragen für die beiden Entfernungen

$$\tau_{min} = \frac{35853 \text{ km}}{299793 \ \frac{\text{km}}{\text{s}}} = 119{,}6 \text{ ms}, \quad \text{bzw.} \quad \tau_{max} = \frac{41760 \text{ km}}{299793 \ \frac{\text{km}}{\text{s}}} = 139{,}3 \text{ ms}.$$

Für die Gesamtlaufzeit der Signale über die Satellitenstrecke ist dann noch die Laufzeit des Uplinks von ca. 128,5 ms zu addieren.