

Fernsehsatellit

Ein chinesisches Unternehmen mit dem Firmensitz in der Millionenmetropole Shanghai möchte einen Fernsehsatelliten positionieren, der möglichst weit in den Westen (zB Indien, Russland, Europa) ausstrahlen soll. Um einen guten Empfang in Shanghai selbst zu gewährleisten, darf der Höhenwinkel, unter dem das Signal in dieser Stadt ankommt, nicht kleiner als 20° sein. Ermittle die westlichste Position des Satelliten, bei der diese Bedingung gerade noch erfüllt ist! Reicht der Sendebereich dann bis London?

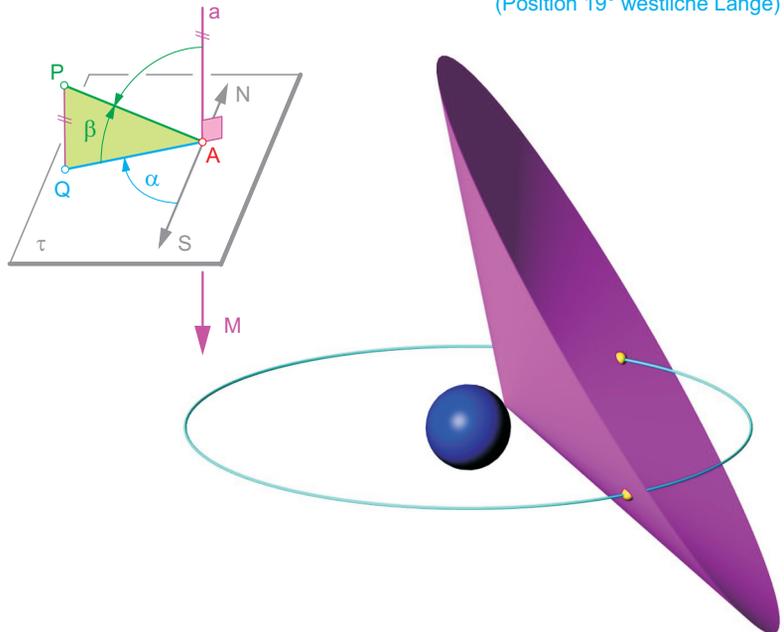


Empfangsbereich des Fernsehsatelliten TV-SAT2 (Position 19° westliche Länge)

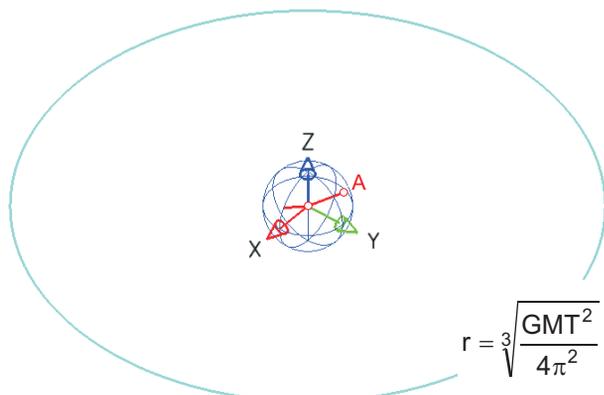
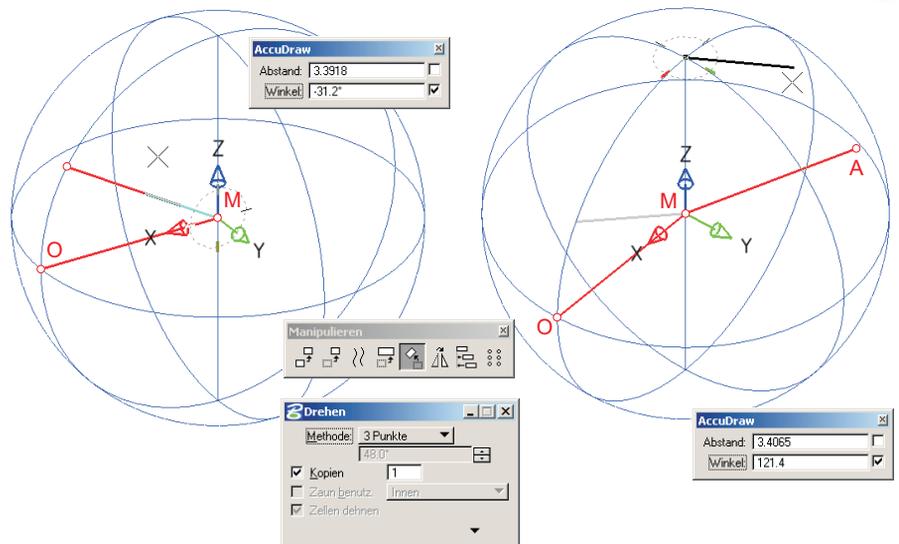
Hinweis 1: Informiere dich über die Grundlagen des Satellitenempfangs in deinem Lehrbuch!

Hinweis 2: Shanghai (121,4° öL, 31,2° nB), London (0° L, 51,5° nB), Erdradius 6370 km

Da das Signal in Shanghai (Punkt A) unter dem Höhenwinkel $\beta = 20^\circ$ (Winkel zu einer waagrechten Ebene in Shanghai, also zur Tangentialebene τ an die Erdkugel) einfallen soll, muss der Satellit P auf einem Drehkegelmantel liegen, dessen Achse a lotrecht ist (also in Richtung zum Erdmittelpunkt M verläuft) und dessen halber Öffnungswinkel 70° beträgt. Andererseits liegen alle geostationären Satelliten auf einem zum Äquator konzentrischen Kreis in der Äquatorebene, wobei der Abstand zum Äquator 35800 km beträgt. Der Satellit muss daher im westlich von Shanghai liegenden Schnittpunkt des Kreises mit dem Drehkegelmantel positioniert werden.



1) Kugel mit dem Radius 6,370 aufziehen, Äquator in der xy-Ebene und Nullmeridian in der xz-Ebene annehmen. Zum Einmessen von Shanghai (Punkt A) den Mittelpunkt M mit dem Punkt O (0° L, 0° B) verbinden und diese Strecke um 31,2° nach Norden drehen (mit Werkzeug „Drehen“ aus dem Werkzeugkasten „Manipulieren“, AccuDraw mit Taste S in xz-Ebene legen und mit Leertaste auf Bogenmaß umschalten), dann um 121,4° nach Osten drehen (AccuDraw mit Taste T parallel zu xy-Ebene legen).

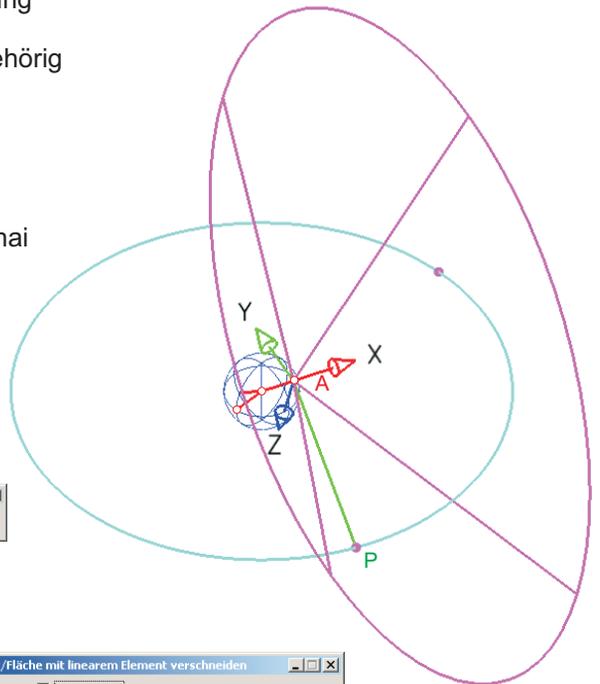
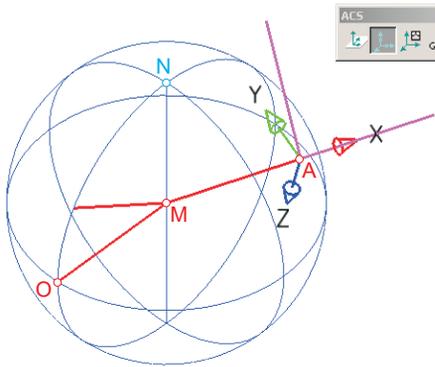


2) Trägerkreis der geostationären Satelliten aufziehen (in xy-Ebene, Radius 42,170).

Falls es dich interessiert, wie man zu diesem Radius kommt:

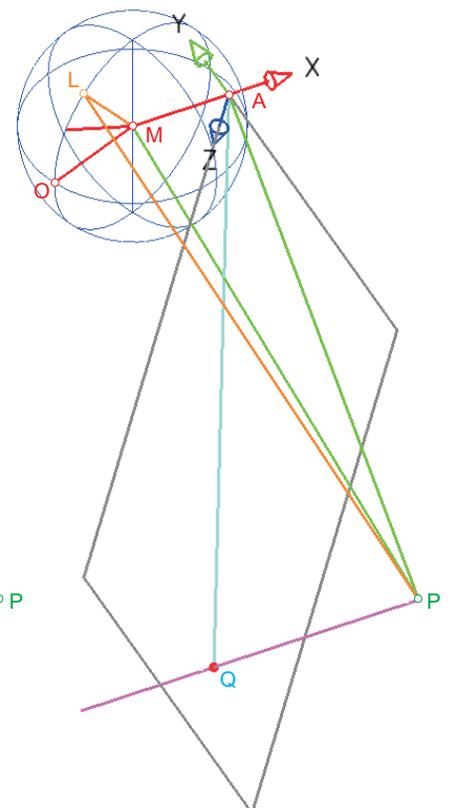
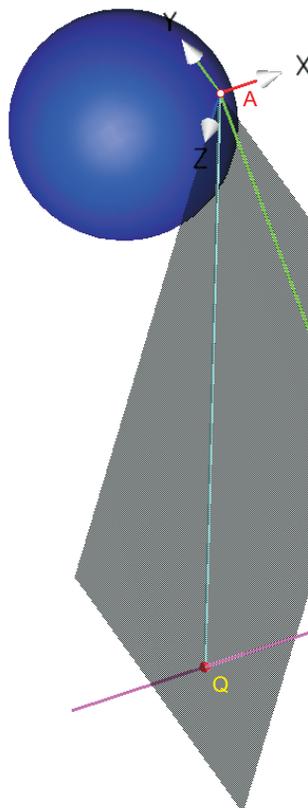
Da der Satellit seine Lage zur Erde nicht ändert, müssen die auf ihn wirkenden Kräfte – die Zentrifugalkraft $F_1 = mv^2/r$ und die Schwerkraft $F_2 = GMm/r^2$ – entgegengesetzt gerichtet und gleich groß sein. In diesen Formeln ist m die Masse des Satelliten, r sein Bahnradius und v seine Bahngeschwindigkeit; $G = 6,674 \cdot 10^{-11}$ ist die Gravitationskonstante und $M = 5,9736 \cdot 10^{24}$ kg die Erdmasse. Wenn du nun F_1 und F_2 gleich setzt und beachtest, dass $v = 2\pi r/T$ ist ($T = 23$ Std. 56 Min. 4,1 Sek.), so kannst du die Gleichung nach r auflösen und damit r berechnen.

3) ACS in Shanghai platzieren (x-Achse auf Verlängerung von MA, xy-Ebene durch Nordpol N; die y-Achse gibt daher die Nordrichtung in Shanghai an), Gerade in xy-Ebene mit Winkel 70° zu x-Achse zeichnen (AccuDraw mit Taste E in xy-Ebene legen) und dann gehörig verlängern (mit Werkzeugkasten „Ändern“). Drehkegel erzeugen (mit Werkzeug „Rotation konstruieren“ aus dem Werkzeugkasten „3D-Konstruieren“, Drehachse ist MA) und mit Trägerkreis der geostationären Satelliten schneiden (mit Werkzeug „Fläche mit linearem Element verschneiden“ aus dem Werkzeugkasten „3D-Dienstprogramme“). Der Satellit P ist im westlich von Shanghai liegenden Schnittpunkt zu positionieren.



4) Genügend großes Rechteck in yz-Ebene (Tangentialebene in Shanghai) aufziehen, Parallele zu x-Achse durch Satelliten zeichnen und mit Rechteck schneiden (mit Werkzeug „Fläche mit linearem Element verschneiden“). Schnittpunkt Q mit Shanghai verbinden (Kontrolle: $\angle PAQ = 20^\circ$) und Winkel zwischen AQ und Südrichtung (Verlängerung der y-Achse) messen ($71,1^\circ$). Das Signal kommt daher aus der Richtung $S71,1^\circ W$ in Shanghai an.

5) Die genaue Position des Satelliten über dem Äquator wird durch den Winkel $\angle OMP = 64,9^\circ$ festgelegt. Der Satellit hat daher die Position $64,9^\circ$ östliche Länge.



6) Zur Beantwortung der Frage, ob London (Punkt L) noch im Empfangsbereich des Satelliten liegt, könntest du den Rand des Empfangsbereichs konstruieren (vgl. Lehrbuch S. 102). Wesentlich einfacher kann die Frage aber durch Messen des Winkels $\angle MLP = 96,7^\circ$ beantwortet werden. Da der Winkel größer als 90° ist, liegt der Satellit über der Tangentialebene von London. Das Signal kann also noch empfangen werden, allerdings nur mehr unter dem sehr kleinen Höhenwinkel von $6,7^\circ$.