EINIGE BERECHNUNGEN FÜR MARSBEOBACHTER

von Karl-Heinz Bücke

Die Beobachtungen des Planeten Mars werden interessanter, wenn man am Fernrohr zeichnet und mit Berechnungen das Gesehene auswertet und somit tiefer in die Probleme der Marsforschung eindringt. Hierzu soll die folgende kurze Anleitung zum Berechnen der notwendigen Werte für die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Beobachtungen anregen. Nutzen wir dazu die sehr günstige Opposition 1988.

In dieser Anleitung wird die Kenntnis der Koordinaten von Sonne und Mars vorausgesetzt. Wichtig ist, daß die Koordinaten sich auf das Äquinoktium des Datums oder auf den nächstliegenden Jahresanfang beziehen. Diese Ephemeriden kann man einem Kalender entnehmen oder mit einem Programm selbst errechnen. Am zweckmäßigsten ist es, die folgenden Rechnungen einem vorhandenen Programm anzufügen.

Im ersten Teil dieser Anleitung geht es um den Anblick des Planeten im Fernrohr. Als Ergebnis von Beobachtungen entstehen Zeichnungen mit den beobachteten Einzelheiten auf der Oberfläche. Diese Details werden in einem x-y-Koordinatensystem angegeben und mit den Formeln des zweiten Teils in areographische Länge und Breite umgerechnet.

Teil 1

Zunächst werden Durchmesser, Helligkeit und Beleuchtungsverhältnisse ermittelt, denn Mars zeigt ausgeprägte Phasengestalt. Aus der geozentrischen Entfernung Δ folgt der Duchmesser:

$$\emptyset = \frac{9{,}''36}{\Delta}$$

Als Zwischenergebnis wird der Phasenwinkel berechnet:

$$i = \arccos\left(\frac{\Delta^2 + r^2 - R^2}{2\Delta r}\right)$$

r ist der Radiusvektor des Mars und R der Erde/Sonne.
Der beleuchtete Teil des Durchmessers der Planetenscheibe:

$$k = \cos^2 \frac{i}{2}$$

Die visuelle Helligkeit:

$$m_v = -1{,}30 + 5 \lg (r\Delta) + 0{,}01486\, i$$

Der Beleuchtungsdefekt q (die größte Breite der unbeleuchteten Planetenscheibe) und die Richtung der Sonnenstrahlen als Positionswinkel der Sonne bestimmen die Phasengestalt:

$$q = \emptyset \sin^2 \frac{i}{2}$$

$$P_{\odot} = \arc\tan\left(\frac{\sin(\alpha_{\odot}-\alpha)}{\tan\delta_{\odot}\cos\delta - \sin\delta\cos(\alpha_{\odot}-\alpha)}\right)$$

Nun wird die Deklination der Erde auf Mars, der Positionswinkel der Rotationsachse und der Zentralmeridian berechnet:

$$D_{\male} = \arc\sin(-\sin D\sin\delta - \cos D\cos\delta\cos(A-\alpha))$$

$$P = \arc\tan\left(\frac{\sin(A-\alpha)}{\tan D\cos\delta - \sin\delta\cos(A-\alpha)}\right)$$

$$ZM = 176{,}^{\circ}66 + 350{,}^{\circ}892\, d - 2{,}^{\circ}027\Delta + 0{,}^{\circ}00406\,(\Delta T) - K$$

Dabei ist:
Die Lage des Nordpols der Rotationsachse:

$$A = 317{,}^{\circ}68 + 0{,}^{\circ}678\ T$$
$$D = 52{,}^{\circ}89 + 0{,}^{\circ}352\ T$$

$$K = \arc\tan\left(\frac{\sin D\cos(A-\alpha) - \cos D\tan\delta}{\sin(A-\alpha)}\right)$$

$d = JD - 2451545{,}0$ (JD mit Tagesbruchteilen in Weltzeit)

$T = d\ /\ 36525$

ΔT = Zeitdifferenz dynamische Zeit minus Weltzeit in Sekunden

Der Zentralmeridian wird von 0° bis 360° gezählt.
Während dieser Beobachtungsperiode gilt:

$A = 317{,}^{\circ}60$ $\Delta T = 60$ s
$D = 52{,}^{\circ}85$

Beispiel für 1988 Oktober 16, 21h UT:

gegeben:

$\alpha_{\odot} = 13^h 27{,}^m8 = 201{,}^{\circ}96$ $\alpha = 0^h\ 8{,}^m0 = 2{,}^{\circ}00$

$\delta_{\odot} = -9^{\circ}13' = -9{,}^{\circ}21$ $\delta = -2^{\circ}38' = -2{,}^{\circ}63$

$R = 0{,}99655$ A $r = 1{,}4109$ A

$\Delta = 0{,}440$ A

$\varnothing = 21{,}''3$	$m_v = -2{,}1$	$D_{\male} = -23{,}^{\circ}2$
$i = 16{,}^{\circ}4$	$q = 0{,}''43$	$P = -27{,}^{\circ}4$
$k = 0{,}980$	$P_{\odot} = 239{,}^{\circ}0$	$ZM = 16{,}^{\circ}2$

Teil 2

Aus den gemessenen x-y-Koordinaten einer Zeichnung erhält man die areografischen Koordinaten nach Durchrechnung nachstehender Formeln. Die x-Achse wird nach Westen (parallel zum Himmelsäquator) und die y-Achse nach Norden positiv mit dem Maßstab Planetenradius = 1 gezählt. Es ist sinnvoll, bereits vor der Rechnung die zu erwartende Genauigkeit abzuschätzen. Sie wird oft größer angenommen als sie sein kann. Von der Mitte zum Planetenrand hin nimmt die Genauigkeit erheblich ab.

$$z = \sqrt{1 - x^2 - y^2}$$

$$x' = x \cos P + y \sin P$$

$$y' = -x \sin P + y \cos P$$

$$y'' = y' \cos D_\delta + z \sin D_\delta$$

$$z'' = -y' \sin D_\delta + z \cos D_\delta$$

Die areographische Breite φ und Länge λ :

$$\varphi = \arcsin y''$$

$$\Delta\lambda = \arcsin \frac{x'}{\cos \varphi}$$

gilt nur für $\Delta\lambda$ =-90° bis 90° in der Praxis allgemein ausreichend

$$\Delta\lambda = 2 \arctan \frac{x'}{|z'| + \sqrt{z''^2 + x'^2}}$$

allgemein gültig; wenn $z'' < 0$, dann $180° - \Delta\lambda$ rechnen

$$\lambda = ZM - \Delta\lambda$$

Beispiel:
Fortsetzend zum Beispiel aus Teil 1 werden die areographischen Koordinaten für den Punkt x=-0,2 und y=0,1 bestimmt:

φ = -22°,8 λ = 30°,2

Hinweis:
Winkel aus der Tangensfunktion sind eindeutig, wenn bei negativem Nenner 180° zum Ergebnis des Rechners addiert werden.

Weiterführende Literatur:

Sterne und Weltraum, Taschenbuch 10; Oliver Montenbruck: Grundlagen der Ephemeridenrechnung. München 1984

Wolfgang Wepner: Mathematisches Hilfsbuch für Studierende und Freunde der Astronomie. Treugesell-Verlag Dr. Vehrenberg, Düsseldorf 1982

© Bücke 2001