

Astro-AG vom 29.5.2000 und 5.6.2000

Aktuelles / Mondquiz

29.5.: Libration kurz angesprochen – SOHO-Ergänzung – Mondquiz

6.5.: Die Sichtbarkeit des Planetoiden Vesta (von Alex) – Organisation der Nordenham-Fahrt am 26.6.

Thema: Mondumlauf

Auf das Stichwort „Umlaufzeiten“ von Alex hin begann Michael dieses Thema systematisch an die Tafel zu bringen.

Die Mondbahn

Das Mond-Erde-System gehorcht abgesehen von gravitativen Störungen durch die Sonne und den anderen Planeten den KEPLERSchen Gesetzen:

1. Mond und Erde bewegen sich in Ellipsen um den gemeinsamen Schwerpunkt, der sich in einem der Brennpunkte der Ellipsen befindet
2. In gleichen Zeitintervallen werden gleiche Flächen von der Verbindungslinie Mond–Schwerpunkt bzw. Erde–Schwerpunkt überstrichen.

Das erste Gesetz hat zur Folge, daß die Entfernung zwischen Erde und Mond mal größer mal kleiner als der Mittelwert ist. Derjenige Punkt der Bahn, der der Erde am nächsten ist, heißt *Perigäum* (Peri=nah, Gäum=Erde), der am weitesten von der Erde entfernte Bahnpunkt heißt *Apogäum*. (Bei Planeten heißen diese Punkte Perihel, Aphel, z.B. bei Jupitermonden Perijovium, Apojovium.)

Die Verbindungslinie zwischen Perigäum und Apogäum heißt *Apsidenlinie*. Der Schwerpunkt des Erde-Mond-Systems liegt ebenfalls auf der Apsidenlinie. Des weiteren ist anzumerken, daß Bahn und Schwerpunkt eine Ebene bilden.

Umlaufzeiten

Siderische Umlaufzeit: Die Siderische Umlaufzeit ist die Zeit, die vergeht, bis der Mond wieder am gleichen Stern vorbeizieht. Sie beträgt 27,321661 Tage. Dieses ist gleichzeitig die Rotationsdauer des Mondes um sich selbst. Diese Umlaufzeit ist die eigentliche Umlaufzeit des Mondes um die Erde, da die Fixsterne in diesem kurzen Zeitraum als fest angesehen werden können.

Anomalistische Umlaufzeit: Zeitdauer, die verstreicht, bis der Mond wieder das Perigäum (resp. Apogäum) durchläuft. Sie beträgt 27,554551 Tage und ist damit länger als die siderische Umlaufzeit. Da man die Fixsterne als ortsfest annehmen kann, folgt daraus, daß sich die Apsidenlinie (und damit die ganze Bahn) im Mondumlaufsinn um die Erde dreht.

Synodische Umlaufzeit: Zeitdauer, die verstreicht, bis wieder dieselbe Mondphase eintritt. Sie beträgt 29,530589 Tage und kann aufgrund der Exzentrizität der Mondbahn um $\pm 13^h$ abweichen. Im Vergleich mit den anderen Umlaufzeiten ist dieses die augenscheinlichste. Sie ist länger als die Siderische Umlaufzeit, da sich das Erde-Mond-System in gleicher Richtung um die Sonne bewegt und

sich der Mond ein Stück weiter um die Erde bewegen muß, um wieder dieselbe Phase zeigen zu können.

Drakonische Umlaufzeiten: Zeitdauer, die vergeht, bis der Mond wieder den auf- bzw. absteigenden Knoten seiner Bahn erreicht. Zum Verständnis des Begriffes *Knoten:* Knoten sind diejenigen Punkte einer Umlaufbahn, an denen die Umlaufbahn die *Ekliptik* durchsticht. Denjenigen Punkt, an dem die Ekliptik nach Norden hin durchstoßen wird, nennt man, den *Aufsteigenden Knoten* (Ω) anderen den *Absteigenden Knoten* ($\bar{\Omega}$).

Die Ekliptik ist die Ebene, die durch die Erdbahn definiert wird. Da die Sonne aufgrund der Drehimpulserhaltung auf der Erdbahnebene liegt, nennt man die Ekliptik manchmal auch die „scheinbare Sonnenbahn“, was aber auf den Sternenhintergrund bezogen ist – also im Jahresverlauf zu sehen ist.

Die Linie zwischen Auf- und Absteigenden Knoten (die auch durch das zentrale Objekt geht) nennt man *Knotenlinie*. Aus dem Vergleich der Drakonischen Umlaufzeit von 27,212220 Tagen mit der siderischen Umlaufzeit können wir schließen, daß sich die Knotenlinie im Mittel gegenläufig zum Mondumlauf um die Erde dreht. (Der Mond erreicht die Knoten, bevor er wieder am selben Stern vorüberzieht.)

Die Drakonische Umlaufzeit ist vor allem relevant, wenn es um die Berechnung von Sonnen- und Mondfinsternissen geht.

Tropische Umlaufzeit: Zeitdauer, die von einem Vorüberwandern am Frühlingspunkt bis zum nächsten Vorüberwandern vergeht. Der Frühlingspunkt stellt den Nullpunkt des äquatorialen Koordinatensystems dar, das wir noch kennenlernen werden. Hier kurz vorweg: Es ist der Punkt, an dem die Sonne zur Tag- und Nachtgleiche im zu Frühlingsbeginn steht. Sein Ort am Sternenhimmel wird durch die Stellung der Erdachse definiert. Daß der Tropische Monat mit 27,321582 Tagen um 0,000081 Tage (= 7 Sekunden) kürzer ist als der siderische Monat, ist Konsequenz aus der Präzession. Die Sonne versucht den Erdgeoid und damit die Erdachse aufzurichten. Aufgrund der Rotation der Erde weicht die Erdachse aus und beschreibt innerhalb von knapp 26000 Jahren einen Kegel. Weil die Richtung des Frühlingspunktes von der Lage der Erdachse bestimmt ist, muß sich der Frühlingspunkt (und damit das ganze äquatoriale Koordinatensystem) durch die Sternbilder bewegen.

Aus der Tatsache, daß der Tropische Umlauf kürzer als der Siderische ist, folgt, daß die Umlaufrichtung des Frühlingspunktes zur Mondumlaufrichtung entgegengesetzt ist. (Für Weiterdenker: Richtig, die äquatorialen Sternkoordinaten müssen laufend aktualisiert werden. Stichworte hier wäre Äquinoktium und Epochen (Bsp.: 2000.0). Frage: Müssen auch die ekliptikalen Koordinaten laufend aktualisiert werden? Warum?)

Beschreibung der Umlaufbahn

Die folgenden sechs Bahnelemente reichen aus, um die Bahnposition zu beliebigen Zeiten zu bestimmen¹ und damit schließlich über mehrere Koordinatentransformationen auch den Punkt am irdischen Nachthimmel.

¹auch wenn das mathematisch nicht so ganz einfach ist

Keines dieser Bahnelemente ist fest, sie verändern sich ständig aufgrund von Störungen durch andere Himmelskörper im Sonnensystem. Besonders stark ist das beim Mond festzustellen. Auch wenn wir uns damit begnügen werden, bereits ausgerechnete Werte für unsere Gebirgshöhenmessung heranzuziehen, sollen die Bahnparameter hier kurz vorgestellt werden:

Form der Ellipse:

Große Halbachse (a): Abstand des Mittelpunktes der Ellipse zu Aphel oder Perihel (da man vom Mittelpunkt ausgeht und nicht vom Brennpunkt, sind beide Entfernungen gleich.)

Exzentrizität (e): Beschreibt, wie weit das Zentralgestirn aus dem Zentrum entrückt ist – also: Entfernung der Brennpunkte zum Mittelpunkt im Verhältnis zur großen Halbachse. Wenn c die Entfernung Mittelpunkt–Brennpunkt ist, ergibt sich e aus der Formel $e = c/a$.² Aus e und a läßt sich auch die kleine Halbachse berechnen und die Perihel- und Aphelentfernung ($d_{\text{Perihel}} = a(1 - e)$, $d_{\text{Aphel}} = a(1 + e)$).

Lage der Bahnellipse zur Ekliptik:

Inklination / Neigung zur Ekliptik (i): Schneidet man die Erdbahnebene (Ekliptik) mit der Umlaufbahn eines um die Erde oder Sonne laufenden Objektes erhält man eine Schnittgerade, die mit der Knotenlinie identisch ist. Den Punkt an dem das Objekt die Ekliptik nach Norden durchläuft nennt man aufsteigenden Knoten (Ω), den anderen absteigenden Knoten (Υ).

Länge des Aufsteigenden Knotens (Ω): Ausgehend vom Frühlingspunkt wird auf der Ekliptik-Ebene (von Norden schauend) gegen den Uhrzeigersinn der Winkel zum Aufsteigenden Knoten gemessen. (Dieses ist die ekliptikale Länge des Aufsteigenden Knotens, siehe Koordinatensysteme).

Argument des Perihels ($\tilde{\omega}$): Dieses ist kein echter Winkel, sondern eine Zahl, die sich aus zwei Winkeln zusammensetzt, die auf zwei verschiedenen Ebenen gemessen werden: Nämlich der Länge des Aufsteigenden Knotens, die auf der Ekliptik gemessen wird, und des Winkels zwischen Aufsteigendem Knoten und dem Perihel der Bahn, der auf der Bahnebene gemessen wird. Beide Winkel addiert ergeben das Argument des Perihels.

Verknüpfung mit der Zeit:

Zeitpunkt des Periheldurchganges (t_0): Zeitpunkt, wann des Objekt durch den Perihel seiner Bahn läuft.

²Bsp.: Ist $c = 0$, sind die Brennpunkte im Mittelpunkt und $e = 0/a = 0$. Die Bahn ist kreisförmig. Bei $e = 1$ liegt eine Parabelbahn vor, bei $e > 1$ eine Hyperbelform. In beiden Fällen kommt das Objekt einmal zum Zentralgestirn und dann nie wieder. (Kometen)