

Warum geht der Mond verspätet auf? : Die Zeitgleichung des Mondes

Autor(en): **Roth, Hans**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **65 (2007)**

Heft 342

PDF erstellt am: **26.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-898072>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Warum geht der Mond verspätet auf?

Die Zeitgleichung des Mondes

■ Von Hans Roth

Bei der Beobachtung des Mondes fallen uns hin und wieder Besonderheiten auf. Einmal ist er sehr hoch am Himmel zu beobachten, dann kriecht der Trabant, wie etwa der Vollmond im Juni jeweils förmlich über den Horizont. Genauso interessant ist es, wenn man sich einmal auf die Aufgangszeitpunkte und -positionen achtet. Es ist so, dass sich der Mond täglich verspätet, aber nicht gleichmässig, wie ein Blick in ein astronomisches Jahrbuch zeigt. Die Rubrik «Nachgedacht - nachgefragt» geht diesem interessanten Phänomen einmal nach.



Der Mond erscheint jeden Tag etwa 50 Minuten später. Ein Aarauer Vereinsmitglied wollte es genau wissen und hat aus dem Sternenhimmel die Mondaufgänge während eines ganzen Monats herausgeschrieben. Die tägliche Verspätung wurde dann grafisch dargestellt. Für den Januar 2007 ergibt sich dabei die abenteuerlich unregelmässig erscheinende Grafik im Diagramm 1. Manchmal kommt der Mond nur 17 Minuten später als am Vortag, manchmal muss man ganze 75 Minuten auf ihn warten. Was passiert denn da, woher kommen die Unregelmässigkeiten? Und woher kommt die Lücke am 10. Januar?

Die Lücke

Im Mittel braucht der Mond 29.53 Tage von Neumond zu Neumond. In dieser Zeit bewegt er sich ostwärts von der Sonne weg, erscheint jeden

Tag später, bis er sich dann von Westen her wieder der Sonne nähert. Beim nächsten Neumond geht er wieder mit der Sonne auf, hat inzwischen aber einen Umlauf gegenüber der Sonne «eingespart». In den 29.53 Tagen dieses synodischen Monats bewegt sich also der Mond

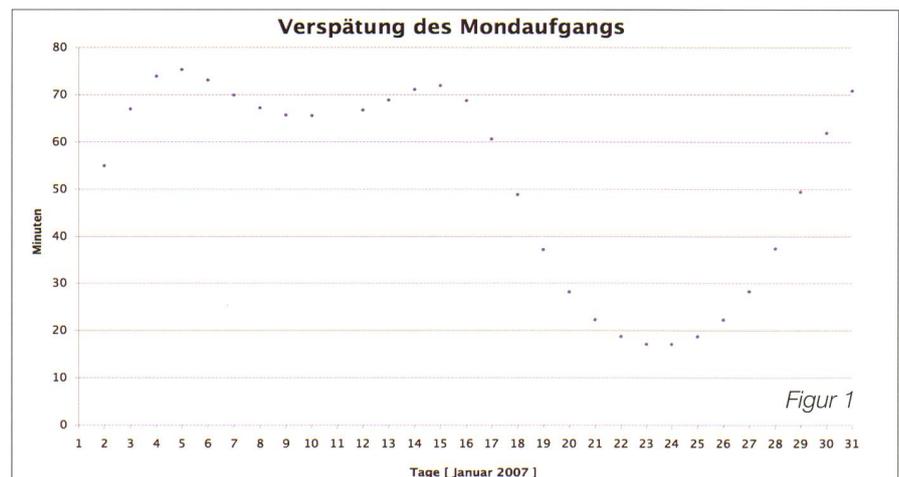
28.53 mal um die Erde. Daraus ergibt sich die mittlere Verspätung pro (scheinbarem) Umlauf:

$$24 \text{ h} : 28.53 = 50.47 \text{ min}$$

Die Lücke am 10. Januar erklärt sich am einfachsten, wenn man nicht die Verspätung von einem Aufgang zum nächsten, sondern die Aufgangszeiten selbst grafisch darstellt (Diagramm 2). Wenn der Mond am 9. Januar um 23:23 Uhr aufging, reichte es am 10. nicht mehr für einen Aufgang; wegen der Verspätung ging er erst am 11. um 0:29 Uhr das nächste Mal auf. So gibt es jeden Monat (genauer: bei jeder Lunation) einen Tag ohne Mondaufgang und einen ohne Monduntergang.

Obsiegend - nidsigend

Warum aber verläuft diese Verschiebung nicht gleichmässig? Vom 1. bis etwa zum 17. Januar sieht es ja im Diagramm 2 recht regelmässig aus, aber woher kommt dann die anschliessende «S-Kurve»?



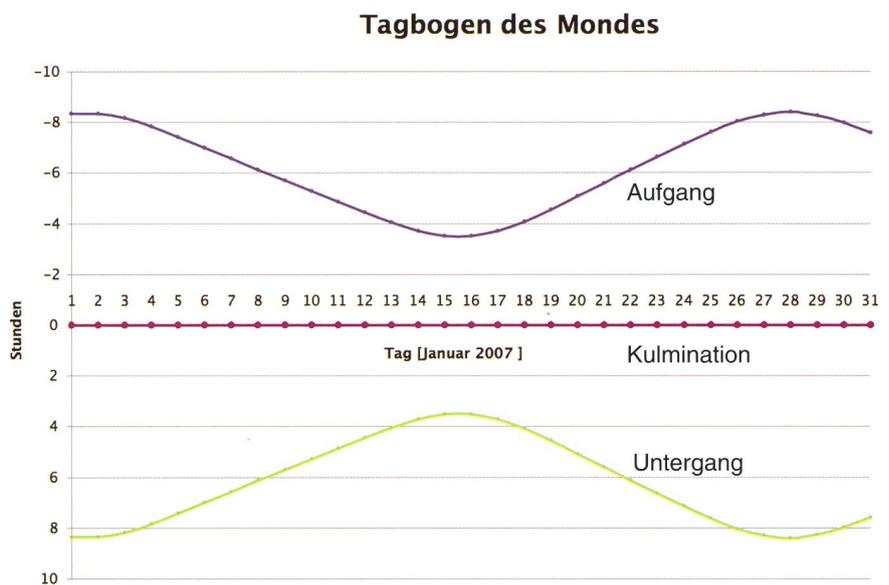
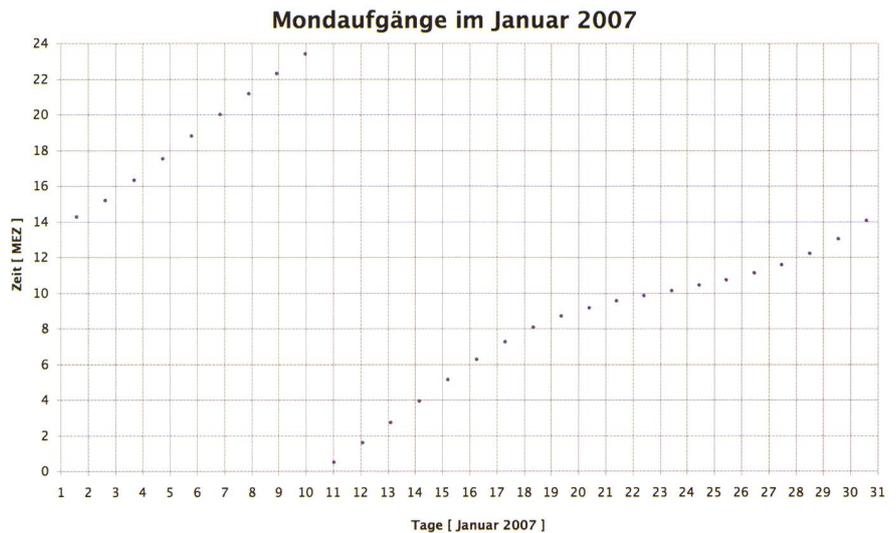
Der Mond beschreibt nicht immer die gleiche Bahn am Himmel, manchmal ist sie nördlich des Äquators, manchmal südlich. Man kann das mit dem Jahreslauf der Sonne vergleichen: vom 21. Dezember bis 21. Juni steigt die Sonne täglich etwas höher über den Horizont, in der zweiten Hälfte des Jahres steigt sie wieder ab. Der Mond durchläuft diesen Zyklus jeden Monat einmal (in der deutschen Schweiz bezeichnet man dieses Auf- und Absteigen als «obsigend» und «nidsigend»). Diese Bewegung hat nichts mit dem Zu- und Abnehmen der Mondphase zu tun! Am 23. Januar ging der Mond fast genau im Osten auf. Am Tag darauf war er 50 Minuten später auch im Osten, aber weil er eine höher liegende Bahn beschrieb, konnte man ihn vorher schon sehen, etwas nördlich vom Ostpunkt und deshalb früher. Seine Verspätung betrug denn auch nur 18 Minuten. Beim Untergang passierte das Gegenteil: er ging 81 Minuten später unter als am 23. Die Dauer des «Mondtages», die Astronomen nennen dies den Tagbogen, ändert also von Tag zu Tag recht markant. Dies ist im Diagramm 3 dargestellt.

Also könnte man denken, dass sich die Kulminationen, die Zeitpunkte des jeweiligen Höchststands des Mondes, von Tag zu Tag regelmässig um die 50.5 Minuten verschieben? Die Kulmination ist ja nicht von der Länge des Tagbogens oder der Deklination des Mondes abhängig, wird also von den bisher besprochenen Erscheinungen nicht beeinflusst.

Die Kulminationszeiten

Im Diagramm 4 ist bereits die Abweichung der Kulminationszeiten von den im Mittel zu erwartenden Zeiten dargestellt. Pro Mondumlauf zeigen sich zwei Maxima und zwei Minima, etwas, das man auch von der Zeitgleichung kennt. Und tatsächlich: überlegt man sich, womit die Zeitgleichung bei der Sonnenuhr zusammenhängt, erkennt man die Verwandtschaft; beim Mond müssen sich die gleichen zwei Effekte auswirken.

Da ist zunächst einmal der ungleichmässige Lauf des Mondes um die Sonne. Gemäss den Keplergesetzen muss der Mond in Erdnähe rascher laufen als in Erdferne. Um die Tage der Erdnähe bewegt sich der Mond pro Tag weiter, die aufeinander fol-



Figur 2 (ganz oben) zeigt die Verschiebung der Mondaufgänge im Januar 2007, Figur 3 (oben) die Tagbogen des Mondes. (Grafiken: Hans Roth)

genden Kulminationen werden also weiter auseinanderliegen, der Mond wird sich mehr als 50 Minuten «verspäten». Dieser Effekt führt zu einer sinusähnlichen Kurve, mit einem Maximum und Minimum pro Umlauf.

Der zweite Teil der Erklärung folgt aus der Schiefe der Mondbahn zum Äquator. Die Kulminationszeit hängt direkt mit der Rektaszension zusammen. Nun bewegt sich Mond auf seiner Bahn schief zum Äquator; auch wenn er seine Bahn gleichmässig beschreiben würde, sähe das auf den Äquator projiziert ungleichmässig aus. In den schiefen Teilen der Bahn wächst die Rektaszension langsamer an, in den flacheren holt sie dann auf. Das gibt eine Verschiebung des Kulminationszeitpunkts mit zwei Maxima und Minima pro Umlauf.

Ein grosser Unterschied zur Zeitgleichung der Sonne besteht in der markanten Änderung von Monat zu Monat. Während sich die Zeitgleichung der Sonne erst in Jahrhunderten merkbar ändert, verschieben sich die beiden Effekte beim Mond rasch gegeneinander. Die Mondbahn ist stark beeinflusst von der Sonne und auch den Planeten. Ja sogar die ungleiche Massenverteilung der Erde hat einen kleinen Einfluss. Auf Grund der Störungen verschiebt sich das Perigäum (der Ort des kürzesten Abstands von der Erde) in nur 8.9 Jahren durch die ganze Mondbahn, und die Knoten (die Schnittpunkte der Mondbahn mit der Ekliptik) wandern in nur 18.6 Jahren durch den Tierkreis. Im gleichen Rhythmus bewegt sich der Schnittpunkt der Bahnebene mit

dem Äquator; und der Winkel zwischen diesen beiden Ebenen, der den zweiten Effekt bewirkt, ändert sich auch mit dieser Periode.

Mit dem Diagramm 5 zeigen wir, wie die beiden Effekte zusammengesetzt etwa die Kurve im Diagramm 4 ergeben. Wären Erde und Mond allein, würde die Summenkurve genau übereinstimmen. Die Unterschiede zeigen, wie stark die Mondbewegung von der Sonne und den andern Planeten beeinflusst wird.

Zusammenfassung

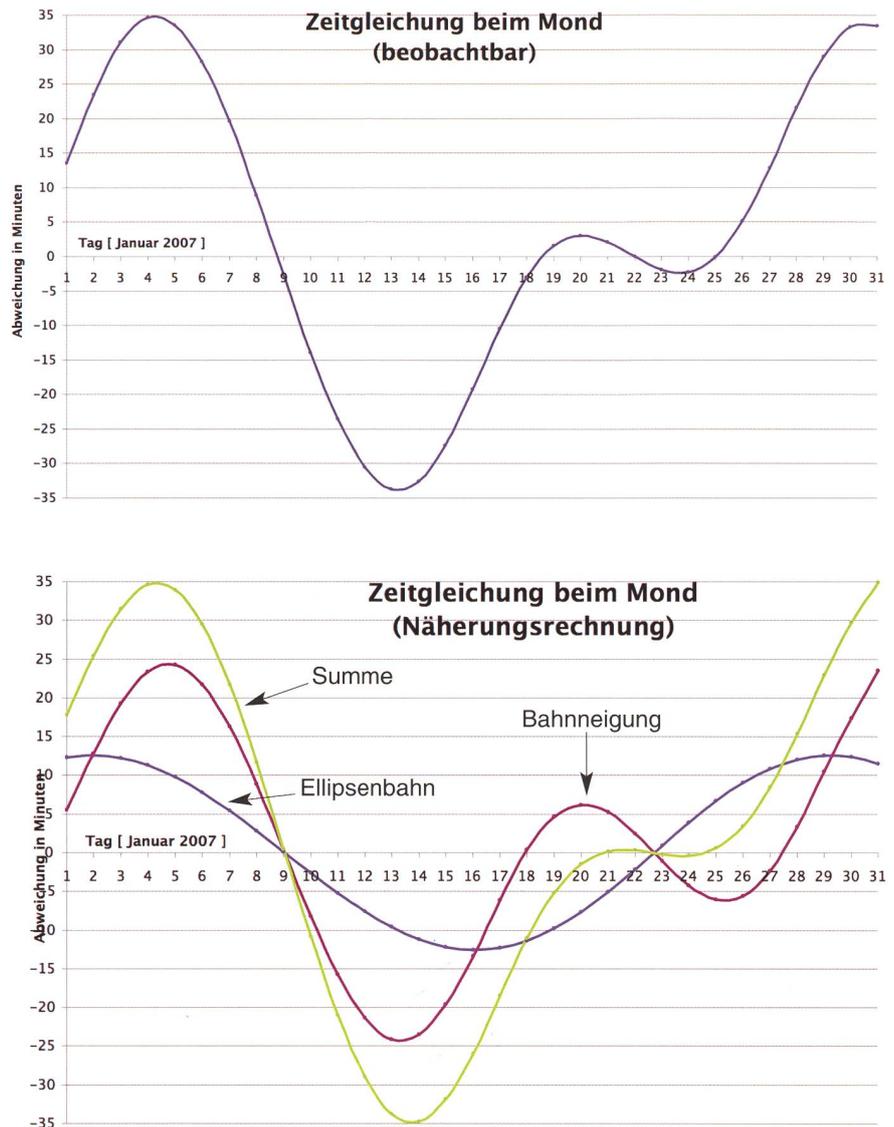
Die unregelmässige Verschiebung in der ursprünglichen Kurve des Diagramms 1 erklärt sich zum grössten Teil durch die rasche Änderung des Tagbogens (also durch "obsigend" und "nidsigend" des Mondes) und durch die Zeitgleichung des Mondes, die wiederum gleich entsteht, wie die Zeitgleichung der Sonne.

Hans Roth

Burgstrasse 22
CH-5012 Schönenwerd

hans.roth@alumni.ethz.ch

Figur 4 (oben) und Figur 5 (unten) zeigen die Zeitgleichung beim Mond. (Grafiken: Hans Roth)



Wann ist der genaue Sonnen- oder Mondaufgang?

Berechnet werden die Auf- und Untergänge für den «mathematischen Horizont». Das ist die gedachte Schnittlinie der Ebene des Beobachters mit der «Himmelskugel». Wenn man also in jeder Himmelsrichtung genau horizontal durch alle Hügel und Berge hindurchsehen könnte, sähe man am Fixsternhimmel jeweils einen Punkt dieses Horizonts. Es gibt wohl kaum einen Ort auf der Erde, bei dem der natürliche Horizont genau so verläuft. Nein, auch auf dem Meer ist dies nicht der Fall: da sieht man nämlich wegen der Erdkrümmung noch etwas unter die Waagrechte.

Der Zeitpunkt, bei dem der obere Rand von Sonne oder Mond den mathematischen Horizont zu berühren scheint, ist die Aufgangszeit. Dieser Zeitpunkt wird ganz wesentlich durch die Refraktion (die Brechung des Lichts in der Atmosphäre) beeinflusst: wenn die Sonne rein geometrisch noch unter dem Horizont steht, sieht man sie dank der Refraktion bereits in voller Grösse! Deshalb ist die durchschnittliche Tageslänge grösser als 12 Stunden. In unseren geografischen Breiten macht das 11 Minuten aus, der durchschnittliche «astronomische» Tag dauert also 12 h 11 m.

Beim Mond wird der gleiche Effekt durch einen andern überkompensiert. Weil uns der Mond so nahe ist, muss der Abstand der Horizontebene von der Ebene durch den Erdmittelpunkt berücksichtigt werden. Trotz der Refraktion geht der Mond daher ein bisschen später auf. Im Durchschnitt steht der Mond 12 h 23 m über und 12 h 28 m unter dem Horizont.

Die Refraktion ist eine Folge der Lufthülle, der Zustand der Luft ändert sich aber. So kann die Temperatur, die Feuchtigkeit und der Luftdruck die Refraktion so beeinflussen, dass sich die Auf- oder Untergangszeit um bis zu 20 Sekunden ändert. Deshalb ist es nicht sinnvoll, solche Zeiten genauer als auf eine Minute anzugeben.

Hans Roth, Burgstrasse 22, CH-5012 Schönenwerd
hans.roth@alumni.ethz.ch