

**Zeitschrift:** Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft  
**Herausgeber:** Schweizerische Astronomische Gesellschaft  
**Band:** 37 (1979)  
**Heft:** 175  
  
**Rubrik:** Fragen - Ideen - Kontakte

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 06.05.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

**Antwort: Distanz von Monden**

Die Frage hierzu steht in ORION Nr. 171, S. 69f. Die Redaktion hat zu dieser Frage drei Zuschriften erhalten, die wir hier — zum Teil gekürzt oder nur auszugsweise — veröffentlichen.

Herr H. GOLDENER, Basel, schreibt:

«1. Die Formel zur Berechnung der 'kritischen Distanz C' ist eine Näherungsformel. Sie stimmt umso besser, je kleiner das Verhältnis der Masse des betrachteten Mondes zur Masse des Zentralkörpers (Nenner des Bruches) ist. Eine exaktere Rechnung (sie führt auf eine Gleichung 2. Grades) ergibt denn auch für das System Erde/Mond eine Distanz des 'kritischen Punktes' vom Mond von 47 900 km. Die Näherungsrechnung ergab also einen Fehler von ca. 11,3% ( $C = 42\,500$  km). Die Grundlage für die Berechnung ist das Newtonsche Gravitationsgesetz.

2. Die Feststellung unter 1. ändert nichts an der Tatsache, dass die Anziehungskraft der Sonne auf den Mond ca. 2,2 mal grösser ist als die der Erde. Auf die Frage, warum dann der Mond nicht von der Sonne weggeschnappt wird, folgendes: Mit allein statischen Überlegungen (Gravitation) wird das System Sonne/Erde/Mond nicht vollständig beschrieben. Man muss in Betracht ziehen, dass sich der Mond nicht nur um die Erde, sondern mit dieser sich auch um die Sonne bewegt. Diese Dynamik des Mondes ist die Ursache einer weiteren Kraft, die am Mond angreift. Diese ist die Zentrifugalkraft (eine Folge des Trägheitsprinzips). Diese Zentrifugalkraft wirkt der Anziehungskraft der Sonne entgegen, neutralisiert sie gewissermassen. Daher kann die Erde ihren Mond 'behalten'.

3. Diese Antwort hat der Fragesteller selbst gefunden, er kann sich ja vorstellen, dass der Mond um die Sonne kreist. Allerdings zieht er aus dieser Bewegung erstaunliche Konsequenzen. Er spricht von einer 'selbständigen Sonnumlaufbahn' des Mondes, setzt stillschweigend voraus, dass dies das Bezeichnende eines Planeten sei und erklärt darauf den Mond zum Planeten. Leider definiert er den Ausdruck 'selbständige Sonnumlaufbahn' nicht. Ich gehe aber davon aus, dass er damit eine Bahn meint, die nur durch den Planeten und die Sonne bestimmt wird. Dazu muss allerdings gesagt werden, dass es in unserem Planetensystem keine 'selbständigen Sonnumlaufbahnen' gibt. Alle in unserem Planetensystem auftretenden Massen wirken gegenseitig aufeinander und einer beeinflusst die Bewegung des andern. Das schönste Beispiel für diese Tatsache ist das, dass es dem französischen Astronomen U.V. Leverrier und seinem englischen Kollegen J.C. Adams zu Beginn des 19. Jahrhunderts gelang, die Bahn und die Position von Neptun vorauszuberechnen ohne ihn je gesehen zu haben. Beides, Bahn und Position des Neptun errechneten sie aus Störungen in der Bahnbewegung des Uranus, welche jener und andere Planeten verursachen. — Die 'selbständige Sonnumlaufbahn' ist also kein Krite-

rium für die Definition des Begriffs 'Planet', da es diese nicht gibt. In einem zweiten Teil seiner 'Beweisführung' spricht der Autor vom System Erde/Mond als einem 'planetarischen Doppelsystem' und nimmt damit vorweg, was eigentlich am Schluss herauskommen sollte. Tatsächlich bilden Erde und Mond ein Doppelsystem, in dem jede der beiden Komponenten die andere in ihrer Bewegung beeinflusst. Aber warum muss dieses gleich ein 'planetarisches Doppelsystem' sein?!

4. Mit den Ausführungen unter 3. wollte ich zeigen, dass die Argumentation für die Behauptung Erdmond = Planet nach meiner Meinung nicht stichhaltig ist.

Die Frage, ob ein Himmelskörper nun ein Mond oder ein Planet ist, scheint mir eine Frage der Konvention zu sein. Tatsächlich bezeichneten die Chaldäer den Erdmond als Planeten (ORION 171, S. 42). Wir tun es im allgemeinen nicht mehr, was sicher eine Folge unserer andersartigen Vorstellung vom Weltall ist. Diese Vorstellung beinhaltet unter anderem, dass es in unserem Sonnensystem Himmelskörper gibt, die nicht nur um die Sonne, sondern ganz offensichtlich (!) auch um bekannte Planeten kreisen. Himmelskörper mit dieser Besonderheit nennt man nun einfach Monde. Die Tatsache, dass Monde nicht um Planeten sondern um Systemschwerpunkte kreisen, wird in dieser Betrachtungsweise unterschlagen. Und erst recht wird darin unterschlagen, dass auch Planeten um Systemschwerpunkte kreisen. In dieser Hinsicht sind also Planeten von Monden nicht unterscheidbar. Mit dem Begriffspaar Planet-Mond erreicht man nur eine qualitative Aussage bezüglich der Massenverhältnisse in Planet-Mond-Systemen. Der Planet ist einfach 'bedeutend schwerer' als sein Mond. Es fällt aber hier niemandem ein, ein exaktes Massenverhältnis zu definieren.

Nun noch ein Wort zur 'Aera der interplanetarischen Reisen'. Ich gehe sicher nicht fehl in der Annahme, dass damit bemannte Reisen gemeint sind. Zweifellos wäre diese Aera schon angebrochen, wenn der Mond Planet heissen würde. Was aber wäre mit diesem Wortspiel schon gewonnen? Trotzdem stimme ich mit dem Autor in einem Punkt überein: Der Gedanke an interplanetarische Reisen ist faszinierend.»

Herr R. HÜPPI, Schmerikon, befasst sich in seinem Brief eingehender mit den auf den Mond einwirkenden Kräften:

«Es ist eine beobachtbare Tatsache, dass der Mond, obschon er die 'kritische Distanz' überschreitet, noch immer die Erde umkreist. Die Erklärung, der Mond sei ein Planet, hilft hier nicht weiter. Zwar können Erde und Mond als Doppelsystem betrachtet werden, da aber der gemeinsame Schwerpunkt im Innern der Erde liegt, weicht die Bahn des Erdmittelpunktes nur wenig von der Bahn des Systemschwerpunktes ab.

Der Grund für die Stabilität der Mondbahn liegt woanders: In der Bewegung auf Ellipsen. Der Einfachheit halber werden diese im folgenden durch Kreise approxi-

miert. Ein ebenes Koordinatensystem K, dessen Ursprung mit der Sonne zusammenfällt und das fest mit der Erde verbunden ist, rotiert einmal im Jahr um seinen Nullpunkt. Für einen Beobachter in K treten also nicht nur Gravitationskräfte, sondern auch Zentrifugalkräfte auf. Diese Kräfte werden wie folgt berechnet:

a) Gravitationskraft zwischen zwei Körpern

$$F_G = G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} \quad \text{Gl. 1}$$

b) Zentrifugalkraft, gemessen im System K

$$F_z = m \cdot R \cdot \frac{4 \cdot \pi^2}{t^2} \quad \text{Gl. 2}$$

In den Gleichungen 1 und 2 bedeuten

G = Gravitationskonstante  
M = Masse des Zentralkörpers  
m = Masse des umlaufenden Körpers  
r = Abstand der beiden Körper voneinander  
R = Abstand vom Umlaufmittelpunkt (Nullpunkt von K)  
t = Zeit für einen Umlauf

Zum Zeitpunkt einer Sonnenfinsternis ergibt sich für den Mond die folgende Kräftebilanz (Kräfte Richtung Erde sind positiv, Richtung Sonne negativ bezeichnet):

|                           |                                      |
|---------------------------|--------------------------------------|
| Anziehung durch die Sonne | = $-4,36 \cdot 10^{20} \text{ N}^1)$ |
| Anziehung durch die Erde  | = $+1,97 \cdot 10^{20} \text{ N}^2)$ |
| Zentrifugalkraft          |                                      |
| (Bahn um die Sonne)       | = $+4,35 \cdot 10^{20} \text{ N}^2)$ |
| Summe F                   | = $+1,96 \cdot 10^{20} \text{ N}$    |

Die Summe ergibt eine Kraft F in Richtung Erde, nämlich gerade diejenige, die den Mond auf eine Bahn um die Erde zwingt. Bei einer siderischen Periode t von 27,3 Tagen ist der Radius dieser Bahn

$$r = \frac{F \cdot t^2}{4 \cdot \pi^2 \cdot m} = 3,76 \cdot 10^5 \text{ km}^4)$$

Dies entspricht tatsächlich ungefähr dem Mondbahnradius.»

Herr Prof. PAUL WILD vom Astronomischen Institut der Universität Bern meint zu unserem Problem unter anderem:

«Der Fragesteller scheint von selber auf etwas Wichtiges gestossen zu sein, das viel zu wenig bekannt ist. Weil die Sonnenanziehung auf den Mond rund doppelt so gross ist wie diejenige der Erde auf den Mond, darum ist ja auch die Jahresbahn des Mondes durchwegs gegen die Sonne zu konkav und *nicht* wellenförmig, wie so oft dargestellt.

In diesem Sinn ist es nicht abwegig, Erde und Mond als ein «planetarisches Doppelsystem» — oder kürzer als Doppelplanet — zu bezeichnen. Das heisst nun aber noch nicht, dass der Mond wirklich eine eigene Sonnenumlaufbahn habe, geschweige denn, dass er sich einfach auf Nimmerwiedersehen von der Erde entfernen könnte.

Vielleicht hilft hier ein anderes, einleuchtenderes Beispiel: Ein Mitgliedstern der Plejaden wird von der Gesamtmasse der Milchstrasse rund 10 mal stärker angezogen als vom eigenen Sternhaufen, und doch fliegen die

Plejaden nicht einfach auseinander. Für ihren inneren Zusammenhalt ist nicht die gesamte Kraft von aussen bedrohlich, sondern nur der *Unterschied* dieser Kraft am einen und am andern Ende des Haufens. Genauso ist für den Zusammenhalt Erde-Mond bloss der (maximale) Unterschied der Sonnenanziehung auf Mond und Erde massgebend<sup>5)</sup>. Der Verfasser der Frage fühlt dies wahrscheinlich richtig, wenn er schreibt: 'Erde und Mond sind eine Einheit in bezug auf das Gravitationsfeld der Sonne'.»

Die vorliegenden Antworten beleuchten das Thema gründlich und von verschiedenen Standpunkten aus, so dass sich die Redaktion eine eigene Antwort ersparen kann. Sie dankt den Verfassern herzlich für ihre Beiträge.

#### Rechnungsbeispiele:

In den Beispielen <sup>1)</sup> bis <sup>4)</sup> werden die folgenden Grössen verwendet:

Gravitationskonstante G =  $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$

Masse der Erde =  $5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$

Masse der Sonne =  $1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$

Masse des Mondes =  $7,34 \cdot 10^{22} \text{ kg}$

Mittlere Distanz Erde-Mond =  $3,84 \cdot 10^8 \text{ m}$

Mittlere Distanz Erde oder Mond-Sonne

=  $1,496 \cdot 10^{11} \text{ m}$

Siderische Umlaufszeit des Mondes um die Erde = 27,32 d =  $2,36 \cdot 10^6 \text{ s}$

Siderische Umlaufszeit von Erde oder Mond um die Sonne = 365,25 d =  $3,155 \cdot 10^7 \text{ s}$

1) Anziehungskraft Sonne-Mond:

$$F_G = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{1,99 \cdot 10^{30} \cdot 7,34 \cdot 10^{22}}{(1,495 \cdot 10^{11})^2} \text{ N}$$

$$= 4,36 \cdot 10^{20} \text{ N}$$

2) Zentrifugalkraft auf den Mond durch seinen Umlauf um die Sonne:

$$F_z = 7,34 \cdot 10^{22} \cdot 1,496 \cdot 10^{11} \cdot \frac{4 \cdot \pi^2}{(3,155 \cdot 10^7)^2} \text{ N}$$

$$= 4,35 \cdot 10^{20} \text{ N}$$

3), 4) Die Anziehung des Mondes durch die Erde und der Radius der Mondbahn um die Erde können auf ähnliche Weise mit Hilfe der obenstehenden Grössen gerechnet werden.

5) Da es im folgenden Beispiel nur um Kräfteverhältnisse geht, wurden folgende Vereinfachungen getroffen:

— Die Gravitationskonstante ist weggelassen (Faktor 1)  
— Erdmasse = 1, Sonnenmasse = 333 000  
— Distanzen in Millionen km

a) Maximaler Unterschied der Sonnenanziehung auf den Mond einerseits und auf die Erde andererseits.

$$= \frac{333\,000}{149,6^2} - \frac{333\,000}{(149,6 + 0,384)^2} \approx 0,076$$

b) Erdanziehung auf den Mond

$$= \frac{1}{0,384^2} \approx 6,8$$

Die *Störkraft* der Sonne ist also rund 90 mal kleiner als die zusammenhaltende Anziehungskraft der Erde!

### Frage: «Fernrohr ohne Vergrößerung»

Gibt es ein optisches System, das nicht oder nur unwesentlich vergrößert, dagegen die Helligkeit flächenhafter Objekte gegenüber Beobachtungen von blossen Auge wesentlich erhöht?

Konkret: Kann mit Linsen und Spiegeln ein Gerät gebaut werden, bei dem der Durchmesser der Eintrittspupille grösser ist als das Produkt Austrittspupillen-Durchmesser mal Vergrößerung (wobei der Austrittspupillen-Durchmesser gleich dem Augenpupillen-Durchmesser sein soll), etwas, das bekanntlich mit einem konventionellen Fernrohr nie erreicht wird? Damit würde es z. B. möglich, neblige Objekte zu beobachten, die sonst nur fotografisch feststellbar sind.

Mit dieser Frage möchten wir die «Optiker» unter unseren Lesern ansprechen. — Kann uns jemand Auskunft geben?

### Frage: Spektroskopische Untersuchung des Lichtes verschiedener Strassenlampen

Vor zwei Jahren habe ich mir ein einfaches Spektroskop gebaut. Mit diesem Apparat beobachte ich hie und da das Licht verschiedener Strassenlampen. Ich möchte gerne die farbigen Linien identifizieren können. Gibt es Literatur, wo ich nachlesen kann, von welchen Ele-

menten die einzelnen Linien herrühren und wie ich deren Wellenlängen bestimmen kann?

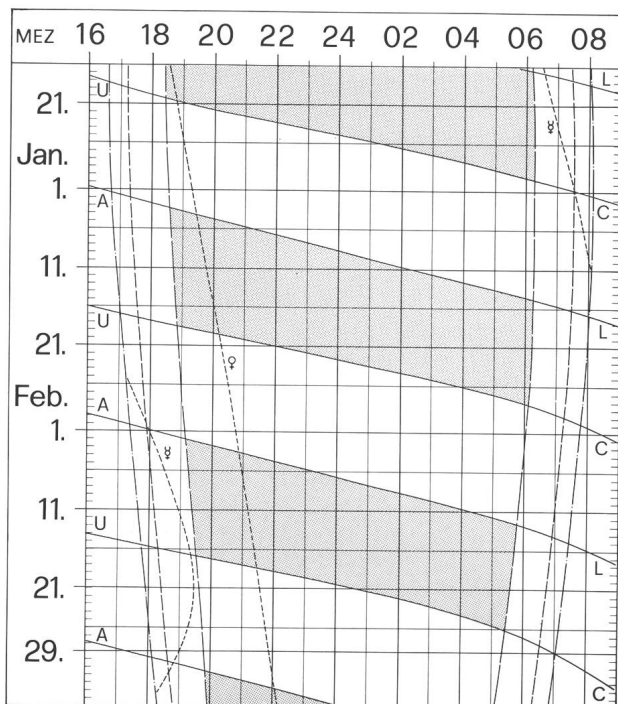
### Antwort:

Die Frage wird von Dr. FRITZ BÜHLER, Physiker an der Universität Bern, beantwortet. — Leserzuschriften zum Thema bitte E. LAAGER, Schlüchtern 9, 3150 Schwarzenburg.

Auf diesem Gebiet habe ich selber keine Erfahrung. Die Frage ist es aber wert, dem ganzen Leserkreis des ORION gestellt zu werden. Einmal ist es vergnüglich, auch bei Regenwetter etwas zu beobachten zu haben, dann sollten aber die leicht identifizierbaren starken Linien (bes. des Quecksilbers, evtl. des Natriums) eigentlich auch zur Eichung des Spektroskops dienen können. Im Institut für Angewandte Physik der Universität Bern, werden zum Beispiel die üblichen Leuchtstoffröhren dazu verwendet, die Konstanz der Einstellung von Spektrometern nicht allzu hoher Auflösung zu überprüfen.

Die Wellenlängen der intensivsten Linien verschiedener Gase sind z.B. im Handbook of Chemistry and Physics, Robert C. Weast, Editor; herausgegeben von The Chemical Rubber Co., Ohio, oder im Physikalischen Taschenbuch von Hermann Ebert, Vieweg & Sohn, Braunschweig, zu finden. Ein interessanter Artikel (auf englisch) von Dennis di Cicco über künstliches Licht als Störquelle und seine Spektren steht in SKY AND TELESCOPE vom März 1979 (pp. 231—236).

## Sonne, Mond und innere Planeten



## Soleil, Lune et planètes intérieures

Aus dieser Grafik können Auf- und Untergangszeiten von Sonne, Mond, Merkur und Venus abgelesen werden.

Die Daten am linken Rand gelten für die Zeiten vor Mitternacht. Auf derselben waagrechten Linie ist nach 00 Uhr der Beginn des nächsten Tages aufgezeichnet. Die Zeiten (MEZ) gelten für 47° nördl. Breite und 8°30' östl. Länge.

Bei Beginn der bürgerlichen Dämmerung am Abend sind erst die hellsten Sterne — bestenfalls bis etwa 2. Grösse — von blossen Auge sichtbar. Nur zwischen Ende und Beginn der astronomischen Dämmerung wird der Himmel von der Sonne nicht mehr aufgehellt.

Les heures du lever et du coucher du soleil, de la lune, de Mercure et de Vénus peuvent être lues directement du graphique.

Les dates indiquées au bord gauche sont valables pour les heures avant minuit. Sur la même ligne horizontale est indiqué, après minuit, le début du prochain jour. Les heures indiquées (HEC) sont valables pour 47° de latitude nord et 8°30' de longitude est.

Au début du crépuscule civil, le soir, les premières étoiles claires — dans le meilleur des cas jusqu'à la magnitude 2 — sont visibles à l'œil nu. C'est seulement entre le début et la fin du crépuscule astronomique que le ciel n'est plus éclairé par le soleil.

- — — — — Sonnenaufgang und Sonnenuntergang  
Lever et coucher du soleil
- - - - - Bürgerliche Dämmerung (Sonnenhöhe —6°)  
Crépuscule civil (hauteur du soleil —6°)
- — — — — Astronomische Dämmerung (Sonnenhöhe —18°)  
Crépuscule astronomique (hauteur du soleil —18°)
- A — L Mondaufgang / Lever de la lune
- U — C Monduntergang / Coucher de la lune
- Kein Mondschein, Himmel vollständig dunkel  
Pas de clair de lune, ciel totalement sombre