



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## Universitätsbibliothek Paderborn

### **Das Sternenzelt und seine Wunder, die unsere Jugend kennen sollte**

**Plassmann, Joseph**

**Berlin, [1924]**

30. Abend: Masse und Dichtung der Himmelskörper. Schwerkraft auf dem  
Monde und auf den Planeten. Die Gezeiten

[urn:nbn:de:hbz:466:1-47182](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-47182)

---

---

Dreißigster Abend

Masse und  
Dichtigkeit der Himmelskörper.  
Schwerkraft auf dem Monde  
und auf den Planeten.  
Die Gezeiten

Daß die mächtige Sonne die Weltkörper stärker anzieht, als es die kleine Erde vermag, daß sie also rascher zu ihr fallen als zur Erde, ist wohl zu vermuten; wir können uns aber noch genauer davon Rechenschaft geben. Wie wäre es, wenn Merkur einmal nicht um die Sonne, sondern um die Erde liefe, jedoch in einer ebenso großen Bahn wie jetzt? Sie hätte dann zwei Monde, den uns bekannten und einen zweiten, namens Merkur, der 150,54mal so weit von ihr abstände wie jener; denn es ist  $0,387 \times 389 = 150,54$  (vgl. S. 177 und 182). Nach dem dritten Keplerschen Gesetze müssen wir den Würfel von dieser Zahl bilden; er ist etwa  $= 3410000$ . Das ist dann das Quadrat vom Verhältnis der Umlaufzeiten, und dieses läßt sich dann zu 1847 bestimmen, einer Zahl, deren Quadrat eben ziemlich genau  $= 3410000$  ist. Es würde also Merkur um die Erde in  $1847 \times 27,32$  Tagen laufen, d. h. in mehr als 138 Jahren.

Wichtiger als diese Berechnung ist die folgende: Der Mond fällt bekanntlich in einer Sekunde 0,00136 m; Merkur, der im quadratischen Verhältnis von 150,54 oder 22662mal schwächer angezogen wird, fällt nur um das Stück  $\frac{0,00136}{22662} \text{ m} = 0,0000006003$ ; wohlverstanden, wenn

er um die Erde läuft. Er läuft aber wirklich um die Sonne, und da fällt er stärker; wir können den Fall in einer Sekunde berechnen, wenn wir die Fallstrecke der Erde, also (vgl. S. 194) 0,002963 m durch das Quadrat von 0,3871 oder näherungsweise durch das von  $\frac{31}{80}$  teilen, d. h. mit  $\frac{80 \times 80}{31 \times 31}$  oder  $\frac{20}{3}$  multiplizieren, wobei wir 0,01977 m erhalten.

Also: in einer Sekunde fällt Merkur wirklich um 0,01977 m zur Sonne, während er in derselben Zeit und in gleichem Abstände nur 0,0000006003 m zur Erde fallen würde. Die zweite Zahl ist 329400mal kleiner als die erste. Woher kommt das? Offenbar von der größeren Kraft, mit der die Sonne die Körper anzieht. Sie ist 329400mal so groß wie die anziehende Kraft der Erde.

Denken wir uns, an derselben Stelle, wo unsere eine Erde steht, stünden dicht nebeneinander zwei Kugeln von derselben Beschaffenheit. Dann müßte der Mond doppelt so schnell fallen, wie er es in Wirklichkeit tut; ebenso Merkur bei unserer willkürlichen Annahme. Bei 10 solcher Erdfugeln 10mal, bei 1000 Erdfugeln 1000mal so schnell usw. Nun haben wir früher (vgl. S. 183) gehört, daß die Sonnenkugel so viel Raum einnimmt wie 1300000 Erdfugeln, und deshalb möchten wir wohl annehmen, sie zöge die Weltkörper 1300000mal so stark an wie die Erde. Ja, aus der Sonne können wir uns allerdings 1300000 Kugeln von der Größe der Erdfugel geschnitten denken; ob aber auch von ihrer sonstigen Beschaffenheit? Ihr seht, das ist etwas anderes; die einzelne von diesen Kugeln scheint nicht so viel auszumachen wie eine Erdfugel, und das ist gemeint, wenn wir sagen, es sei zwar der Raum =

inhalt oder das Volumen<sup>1)</sup> der Sonne 1300000mal so groß wie das Volumen der Erde, die Masse der Sonne jedoch nur 329000mal so groß wie die der Erde; die Sonne sei aus einem weniger dichten Stoffe gebaut als die Erde, ihre Dichtigkeit sei, verglichen mit der unseres Erdballes, durch den Bruch  $\frac{329000}{1300000}$  auszudrücken, der, wie wir sofort sehen, nur wenig größer als ein Viertel ist.

Ihr fragt nach der Ursache? Ich werde euch später beweisen, daß es auf der Sonne Eisen sowie andere Metalle gibt, genau wie auf der Erde. Aber auf der Sonne sind alle diese Stoffe in ungeheurer hoher Glut; wissen wir doch, daß ihre Oberfläche über 6000 Grad Wärme hat. So muß man sich eigentlich wundern, daß die Sonne überhaupt noch verhältnismäßig so dicht ist. Der starke Druck infolge der hohen Schwere an ihrer Oberfläche (vgl. S. 200) erklärt das.

Die Anziehungskraft macht nirgendwo halt; jeder Weltkörper zieht jeden anderen an, und daß infolge dieser vielfältigen Anziehung nicht alles durcheinanderläuft, kommt nur daher, daß einzelne von den Körpern die übrigen an Masse weit übertreffen oder auch ihnen viel näher sind als die anderen. So gelingt es der Erde nicht, die Planeten Merkur und Venus zu einer Bewegung um sie zu zwingen, weil die Sonne mit ihrer mehr als 300000mal so großen Masse dies verhindert. Aber sie macht sich trotzdem geltend, und zwar in Störungen der Bewegung dieser Planeten um die Sonne. Aus diesen Störungen kann man sogar unter Berücksichtigung der Entfernungen

<sup>1)</sup> Auf der zweiten Silbe betonen. Das Wort hängt mit dem lateinischen Zeitwort *volvo*, ich wälze, zusammen.

wieder berechnen, in welchem Verhältnis die Sonne massenhafter ist als die Erde, und wir finden dann dieselbe Zahl, die wir eben abgeleitet haben. Die Berechnung dieser Störungen gehört zu den schwierigsten Aufgaben der Rechenkunst. Wir müssen einmal bedenken, daß wir die Bewegungen der Planeten nicht von der Sonne aus verfolgen können, wo sie sich noch verhältnismäßig einfach gestalten würden, sondern nur von der Erde aus, die sich selbst bewegt; dann, daß die Bahnen nicht Kreise sind, sondern Ellipsen, und zwar bei manchen Planeten, wie beim Merkur, von der Kreisform sehr abweichende; endlich daß der störende Körper den gestörten stets zu sich hinziehen will, daß die Störung also in der Richtung der jeweiligen Verbindungslinie wirkt, die aber, gleich der Entfernung, beständig wechselt. Vollständig lassen sich alle diese Störungen überhaupt nicht berechnen; wir können jedoch in mühseliger Arbeit der Erkenntnis der Wahrheit immer näherkommen, zuletzt so nahe, daß die genauesten Beobachtungen keine Abweichung mehr von den berechneten Stellungen der Planeten erkennen lassen.

So wird denn auch die Erde in ihrer Bewegung ein wenig gestört, z. B. durch Venus. Und diese kleine Störung ist uns sehr willkommen; denn sie macht es möglich, daß wir berechnen, in welchem Verhältnis Venus massenärmer ist als die Sonne. Wir bekommen die Zahl 408000, während wir bei der Erde 329000 erhalten haben. Das ist ein recht geringer Unterschied, kaum erheblicher als der, den wir (vgl. S. 183) für das Verhältnis der Größen gefunden haben. Venus ist also ein Körper von ähnlicher Dichtigkeit wie die Erde, und darum ist auch die Schwerkraft an ihrer Oberfläche nicht wesentlich von der irdischen verschieden. Auch aus diesem

Grunde würden wir uns auf dem Planeten Venus heimischer fühlen als auf irgendeinem andern. Denn nach der Schwerkraft muß sich der Bau des menschlichen Leibes richten; wird sie stark geändert, so können die Knochen, Bänder und Muskeln ihre Arbeit nicht in gewohnter Weise verrichten, das Blut und die übrigen Säfte nicht so kreisen, wie sie sollen. Wenn es z. B. auf der Sonne auch nicht so heiß wäre, daß dort jedes Lebewesen sofort in Dampf aufginge, so müßte uns doch dort die ungeheure Schwere vollkommen erdrücken.

In ähnlicher Weise, wie wir (vgl. S. 183) den Durchmesser der Venus bestimmt haben, kann auch der des Merkur gemessen werden, was aber schwieriger ist. In der Entfernung 1 beträgt er 6",5, der der Erde bekanntlich 17",6. Das Verhältnis der Durchmesser ist also 0,369, nicht ganz  $\frac{3}{8}$ , das der Oberflächen 0,136, nicht ganz  $\frac{1}{7}$ , das der Rauminhalte 0,0504, also etwas mehr als  $\frac{1}{20}$ . Dem entspricht eine Masse des Merkur, die in einem ähnlichen Verhältnis kleiner ist als die Erdmasse. Sie läßt sich nicht leicht bestimmen, einmal weil sie so klein ist, und dann, weil Merkur der Sonne so nahe steht, daß sich seine anziehenden Wirkungen von den andern nur schwer in der Rechnung trennen lassen. Nimmt man sie nach einigen Forschern als den 6millionten Teil der Sonnenmasse an, so wird sie 0,055 der Erdmasse. Vergleichen wir das mit dem Verhältnis der Rauminhalte, so finden wir, daß Merkur etwa im Verhältnis 11:10 dichter ist als die Erde. Wir können auch die Oberflächenschwere bestimmen. Auf diesem Planeten wird man ja von einer im Verhältnis 0,055 geringeren Masse angezogen als auf Erden. Man ist indessen dem Mittelpunkte des anziehenden Körpers im Verhältnis 0,369 näher, womit die An-

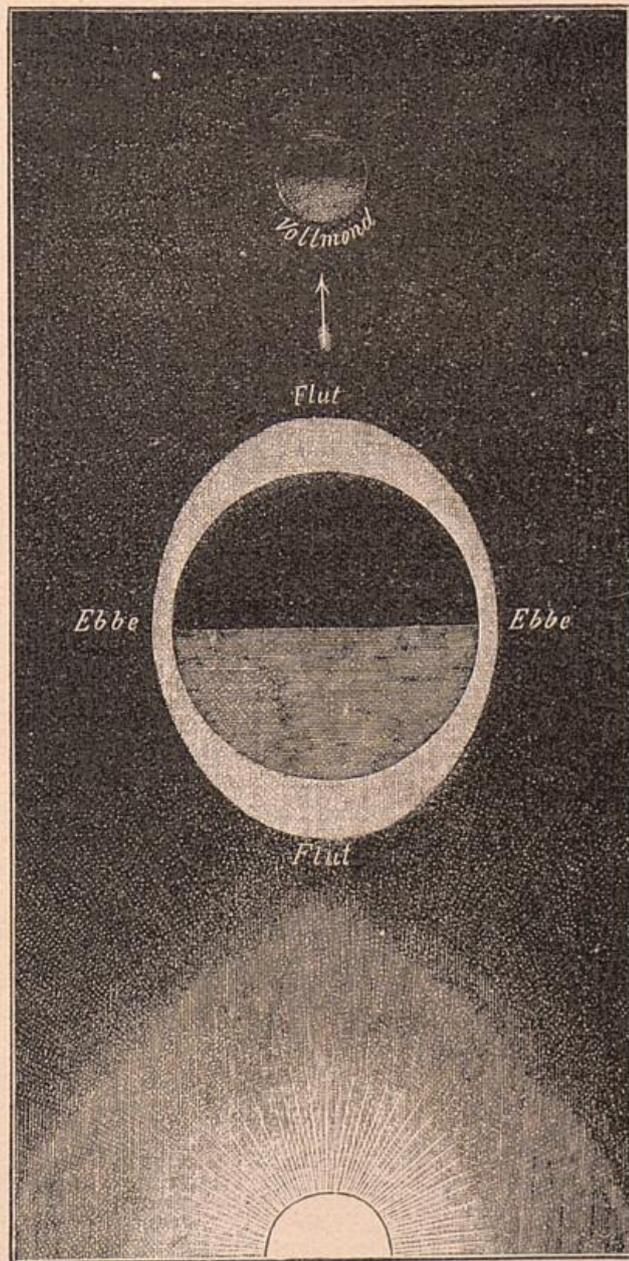
ziehung im quadratischen Verhältnis verstärkt wird. Dieses haben wir schon bei der Berechnung der Oberfläche zu 0,136 bestimmt. Teilen wir 0,055:0,136, so bekommen wir 0,4 als Verhältnis der Schwerkräfte. Demgemäß beträgt auf dem Merkur die Fallstrecke in der ersten Sekunde nur 2 m statt 5 m. Mit dieser geringen Schwere hängt die anscheinende Luftlosigkeit zusammen. Die einzelnen Gase, aus denen die irdische Lufthülle besteht, suchen sich beständig auszudehnen, und ihre kleinsten Teilchen, die Molekeln<sup>1)</sup>, würden sich in das All zerstreuen, wenn sie nicht durch eine mächtige Schwerkraft an die Erde gebunden blieben. Wo diese Fessel fehlt, kann sich eine Lufthülle nicht halten.

Mit der Lufthülle des Mondes hat es eine ähnliche Bewandnis. Seinen Rauminhalt kennen wir (vgl. S. 97). Seine Masse läßt sich trotz ihrer Geringfügigkeit bestimmen, weil er auf die so nahe Erde doch recht beträchtliche Wirkungen ausübt, von denen uns heute nur eine beschäftigen soll.

Es läuft nicht eigentlich der Mond um die Erde, sondern diese beiden Körper laufen um einen gemeinsamen Schwerpunkt, der freilich dem Mittelpunkte der Erde viel näher als dem des Mondes liegt. Die Erde fällt also auch zum Monde, wenngleich um eine sehr geringe Strecke in der Sekunde. Wäre sie ganz starr, dann fiel sie als Ganzes, und zwar so, als wäre die Masse im Mittelpunkte vereinigt. Da sie jedoch von einer Wasserhülle umgeben ist, fällt diese auf der dem Monde zugewandten Seite, wo sie dem Monde um einen Erdhalbmesser näher ist als der Erdmittelpunkt, etwas zu schnell,

<sup>1)</sup> Die zweite Silbe betonen. Molecula ist Verkleinerung vom lateinischen moles, die Last.

strebt also zum Monde hin, während sie auf der abgewandten Seite zu langsam fällt, d. h. vom Monde wegzustreben, d. h. sich gleichfalls zu erheben scheint. Es entsteht damit auf jeder dieser zwei Seiten eine Flutwelle; auf der einen türmt sie sich dort am höchsten auf, wo man den Mond im Zenit, auf der anderen dort, wo man ihn im Nadir hat. Unter dieser Flutwelle dreht sich die Erde von Westen nach Osten um ihre Achse. Für den irdischen Beobachter wird also jede der beiden Wellen von Osten nach Westen den Erdball umkreisen. Das dauert im Durchschnitt  $24^h 52^m$ , da der Mond jeden folgenden Tag infolge seiner Umlaufsbewegung, zu der er  $27,32^d$  braucht, etwas später aufgeht. Der einzelne Ort erhält also alle  $12^h 26^m$  eine Flutwelle, nämlich abwechselnd die Zenitflut und die Nadirflut. Das Zurückfließen des Wassers heißt Ebbe. Auch die Sonne, zu der ja die Erde erst recht fällt, ruft Ebbe und Flut, kurz gesagt Gezeiten (Tiden), hervor, die aber, weil die feinen Anziehungsunterschiede in der Entfernung viel rascher abnehmen als die Schwerkraft selbst, hier nur  $\frac{2}{5}$  von der Stärke der Mondgezeiten erreichen. Daraus hat man berechnen können, daß die Mondmasse nicht ganz 27millionenmal in der Sonnenmasse enthalten ist. Wir kennen aber das Verhältnis der Sonnenmasse zur Erdmasse; somit können wir auch deren Verhältnis zur Mondmasse bestimmen. Es kommt etwa der Zahl 81 gleich. — Bei Neu- und Vollmond wirken die beiden Gestirne vereint und rufen manchmal hohe Springfluten hervor; in den Vierteln vermindert die Sonnenflut die Mondflut, und es entstehen die kleinen Nippfluten. Die Genauigkeit, mit der der Eintritt des Hoch- und Niedrigwassers für jeden Küstenort vorausberechnet wird, ist ein



Einfluß der Anziehungskraft der Sonne und  
des Mondes auf die flüssige Erdoberfläche.  
Nach Me, „Die Erde und die Erscheinungen ihrer Oberfläche“.

herrlicher Beweis für die Richtigkeit der Schwerkrafts-  
rechnung. Diejenigen von euch, die einmal auf Borkum  
Eternzeit.

oder Norderney gewesen sind, wissen, daß sich nach diesen Zeiten nicht nur der Badebetrieb, sondern auch die Seefahrt einrichtet.

Da nun der Mond dem Rauminhalte nach 50mal in der Erde enthalten ist, der Masse nach 81mal, so ergibt sich, daß er weniger dicht ist als die Erde, und zwar etwa im Verhältnis 5:8. Was sich auf seiner Oberfläche befindet, wird von einer 81mal geringeren Masse angezogen, als z. B. die Äpfel auf den irdischen Bäumen; dafür ist es freilich dem Mittelpunkte der Anziehung im Verhältnis 11:3 (vgl. S. 95) näher und wird demgemäß im Verhältnis 121:9 oder etwa 40:3 stärker angezogen. Die Schwerkraft auf der Oberfläche des Mondes ist also geringer als die irdische im Verhältnis nicht 81:1, sondern  $81:\frac{40}{3}$ , also ungefähr 6:1. Es drückt dort jeder

Gegenstand 6mal schwächer auf seine Unterlage als hier, und wenn wir eine Federwage, wie sie eure Mütter in der Küche haben, auf den Mond bringen und sechs Pfund Mehl darauf legen könnten, würde der Zeiger nur ein Pfund anzeigen. Bei dieser Art Wage wird die Schwerkraft mit einer anderen Kraft verglichen, nämlich mit der Schnellkraft oder Elastizität einer eisernen Feder. Hätten wir dagegen die zweiarmige Wage genommen, so würden sich die sechs Pfund Mehl natürlich nur mit sechs Pfund an Gewichtsstücken aufheben lassen, weil ja hier die Schwerkraft mit sich selber verglichen wird. Das Pendel würde auf dem Monde langsamer schwingen als bei uns, und zwar, wie die Rechnung zeigt, fast im Verhältnis  $2\frac{1}{2}$ , so daß der Minutenzeiger der Uhr beinahe  $2\frac{1}{2}$  Stunden zu einem Umlaufe gebrauchen würde. Daß der Mond in noch höherem Maße als der Planet Merkur luftarm

ist, verstehen wir ohne weiteres. Auch die schroffen Bergformen, die zum Teil schon durch den vollständigen Mangel an Flüssen, Schnee und Eis erklärbar sind, können wir nun vollständig begreifen. Die Schwerkraft ist eben durch 6 geteilt, während die ihr entgegenwirkende Kraft, nämlich die Starrheit der Gesteine, nicht geändert worden ist. Auch verstehen wir, warum auf diesem so kleinen Himmelskörper die Berge kaum niedriger sind als auf Erden: die Naturkräfte, die solche Massen aufstürmen, hatten auf dem Monde leichteres Spiel.

---