Das Sternenzelt und seine Wunder, die unsere Jugend kennen sollte

Plassmann, Joseph

Berlin, [1924]

29. Abend: Fall der Erde und des Mondes zur Sonne. Geschwindigkeit des Lichtes

urn:nbn:de:hbz:466:1-47182

Neunundzwanzigster Abend

Fall der Erde und des Mondes zur Sonne. Geschwindigkeit des Lichtes

Sobald der Lauf des Mondes um die Erde als ein beständiges Fallen erkannt war, lag es nahe, den Lauf der Erde um die Sonne ebenso aufzufassen. Wenn der kleine Erdball einen anderen Weltkörper zwingt, ihn zu umkreisen, warum dann nicht auch der mächtige Sonnenball? Wir wollen nun zuerst ermitteln, wie schnell die Erde um die Sonne läuft, und dann, um welches Stück sie in einer Sekunde fällt. Wir wissen, daß der Tag 86400 Sekunden hat, und berechnen daraus leicht, daß auf das Jahr von 365¼ Tagen nicht weniger als 31 557 000 Sekunden kommen. Nun hat, wie wir (vgl. S. 182) wissen, die Erdbahn, wenn sie als kreisförmig angesehen wird, einen Halbmesser von 149481000 km. Durch Multiplikation der verdoppelten Zahl mit 3,1416 bekommen wir 939212000 km für den Weg, den die Erde zu machen hat. Eine lange Strecke, wozu die Erde $365\frac{1}{4} \times 86\,400$ Sekunden braucht, d. h. 31557000 Sekunden. Teilen wir nun aber diese Zahl in die vorige, so erhalten wir für den Weg, den der Erdball in einer Sekunde zurücklegt, nicht weniger als 29,76 km. Beim Monde (vgl. S. 191) auf der Bahn, die er um die Erde beschreibt, hatten wir 1,022 km erhalten, eine Geschwindigkeit, die sich noch wohl mit der von den stärksten Geschützen erreichten vergleichen läßt. Das hört hier auf: in einer Sekunde fast 30 km, der Weg eines strammen Fußgängers in fünf Stunden, eines geübten Radfahrers in zwei Stunden, eines D-Zuges auf offener Strecke in 18 Minuten. Warum wir von dieser unerhört schnellen Bewegung nichts merken, ist schon früher erklärt worden.

Und doch gibt es eine noch viel größere Geschwindigkeit, nämlich die des Lichtes. In der Tat wissen wir (vgl. S. 153), daß sie noch über 10000mal so groß ist wie die der Erde in ihrer Bahn. Rechnet man schärfer, so bekommt man für sie fast genau 300000 km; es scheinen daran nur einige Zehner des Kilometers zu fehlen. Vorstellen kann man sich eine solche Schnelligkeit nicht mehr, und manche Naturforscher glauben, sie sei die größte, die überhaupt im Weltenraum vorkomme. Daß das Licht wirklich so rasch weitergeht, dafür werden wir später noch einen anderen Beweis erhalten.

Wir fragen uns nun, um welchen Betrag die Erde zur Sonne in der ersten Sekunde fällt. Es ist wieder das Stück AC oder BD in der Figur (S. 188) gesucht; wieder ist $AD \times AD = AC \times AF$, d. h. AC ist $= \frac{AD \times AD}{AF}$, hier gleich $\frac{29{,}762 \times 29{,}762}{2 \times 149481000000}$ wenn wir allgemein in Metern rechnen. Wir bekommen 0,002963 m, eine sehr kleine Strecke, aber immerhin bereits mehr als das Doppelte des Stücks, um das der Mond auf seiner Bahn um die Erde in einer Sekunde fällt (vgl. S. 192). Da nun offenbar nicht nur die Erde um die Sonne läuft, sondern auch der durch die Schwerkraft an sie gekettete Mond, so können wir sagen, daß dieser noch stärker zur Sonne fällt als zur Erde. Wenn nun gefragt wird, wie die Bahn aussieht, die der Mond im Raume infolge seiner zwei Umlaufsbewegungen beschreibt, so dürfen wir uns nicht vorstellen, daß sie etwa Schlingen oder scharfe Spitzen hätte; sie ist vielmehr, weil er nämlich zur Sonne hin stärker fällt, nach dieser zu immer hohl, und ihre Krümmung ist nur beim Neumond, wo der Fall zur Erde dem zur Sonne entgegengesetzt ist, schwächer als beim Vollmonde, der einer doppelten Fallbewegung unterliegt.

Fällt einer der anderen uns bekannten zwei Planeten ebenso schnell zur Sonne wie die Erde? Wir wollen die Rechnung für Merkur durchführen, von dem wir (vgl. S. 178) wissen, daß er in 88 Tagen umläuft, während der Halbmesser[1]) seiner Bahn 0,387 Einheiten gleichkommt. Es ist auch hier wieder $AD \times AD = AC \times AF$ oder $AC = \frac{AD \times AD}{AF}$; aber die Strecken AD und AF haben andere Werte als bei der Erde. Zunächst ist AD, also der Weg in einer Sekunde, im Verhältnis 0,387 oder etwa $\frac{31}{80}$ kleiner, andererseits jedoch wegen der kürzern Umlaufszeit im Verhältnis $\frac{365{,}2}{88{,}0} = 4{,}15$ größer als bei der Erde; also im ganzen geändert im Verhältnis $\frac{4{,}15 \times 31}{80}$. Das Quadrat dieser Strecke, die offenbar merklich größer ist als das AD bei der Erde, ist dann im Verhältnis $\frac{4{,}15 \times 4{,}15 \times 31 \times 31}{80 \times 80}$ größer als das Quadrat von dieser. Dagegen ist AF im Verhältnis $\frac{31}{80}$ kleiner als das AF bei der Bewegung der Erde; und wenn wir also durch dieses AF teilen und dabei bedenken, daß das ein Multiplizieren mit $\frac{81}{30}$ bedeutet, so bekommen wir als Ergebnis, daß die Sekundenfallstrecke des Merkur im Ver-

[1]) Diese Bahn ist sehr exzentrisch: wir nehmen, wie bei der Erde und dem Monde, die mittlere Entfernung als Halbmesser der Bahn.

hältnis $4{,}15 \times 4{,}15 \times \frac{31}{80}$ größer ist als bei der Erde. Das gibt uns nun eine gute Probe auf die Richtigkeit des Gesetzes von der allgemeinen Schwere. Denn nach diesem muß Merkur, der der Sonne im Verhältnis $\frac{31}{80}$ näher steht als wir, im umgekehrten quadratischen Verhältnis, d. h. $\frac{80 \times 80}{31 \times 31}$ mal schneller fallen als sie. Es muß also dieser Bruch ebenso groß sein wie $\frac{4{,}15 \times 4{,}15 \times 31}{80}$. Wenn wir jeden Bruch mit 80 multiplizieren, muß also $4{,}15 \times 4{,}15 \times 31 = \frac{80 \times 80 \times 80}{31 \times 31}$ sein; und wenn wir endlich jeden durch 31 teilen, was beim zweiten ein Multiplizieren des Nenners mit dieser Zahl bedeutet, erhalten wir $4{,}15 \times 4{,}15 = \frac{80}{31} \times \frac{80}{31} \times \frac{80}{31}$.

Daß nun diese letzte Gleichung richtig ist, sehen wir leicht ein. Es ist $4{,}15 \times 4{,}15 = 17{,}2$[1]; ferner $\frac{80}{31} \times \frac{80}{31} = \frac{6400}{961}$ oder ziemlich genau $= \frac{20}{3}$; dieses, nochmals mit $\frac{80}{31}$ multipliziert, gibt $1600 : 93 = 17{,}2$. Die Übereinstimmung ist sehr gut. Hätten wir dieselbe Rechnung für den Planeten Venus gemacht, so wäre statt des unechten Bruches 4,15 für das Verhältnis der Umlaufszeiten der Bruch $\frac{365{,}2}{224{,}7}$ zu setzen, der ziemlich genau gleich $\frac{13}{8}$ ist. Für das Ver-

[1]) Wie auch sonst bei solchen Überschlagsrechnungen, werden die letzten Dezimalstellen abgeworfen.

hältnis der Bahnhalbmesser, nämlich 1 : 0,72333, können wir mit guter Näherung $1 : \frac{8}{11}$ oder $\frac{11}{8}$ setzen. Es muß also sein $\frac{13}{8} \times \frac{13}{8} = \frac{11}{8} \times \frac{11}{8} \times \frac{11}{8}$; oder, wenn wir mit 8×8 multiplizieren, $13 \times 13 = 1331 : 8$.

Da die erste Größe, oder die linke Seite der Gleichung, gleich 169 ist, die rechte Seite gleich $166\,^3/_8$, stimmt die Rechnung wieder, und die kleine Abweichung erklärt sich daraus, daß wir rechts mit einer weniger guten Näherung gearbeitet haben als links. Mit den langen Dezimalbrüchen wollte ich euch nicht quälen. Um die Rechnungen mit umständlichen Dezimalbrüchen in ziemlich kurzer Zeit bewältigen zu können, benutzt man die künstlichen Rechentabellen oder Logarithmentafeln, mit deren Hilfe auch die schwierigsten und verwickeltsten Rechnungen rasch zu erledigen sind. Das ist, wenn wir mit der Benutzung der Logarithmentafeln Bescheid wissen, eine einfache, fast mechanische Arbeit. Zu bewundern bleibt der große Schwabe Kepler, der, lange vor Newton, das Gesetz, das wir hier angewendet haben, in unermüdlicher Rechenarbeit ohne das künstliche Hilfsmittel der Logarithmentafeln entdeckt hat. Das Gesetz lautet:

Die Quadrate der Umlaufszeiten zweier Planeten verhalten sich wie die Würfel ihrer mittleren Entfernung von der Sonne.

Will man nämlich wissen, wieviel Kubikmeter Inhalt ein Würfel hat, d. h. ein rechteckiger Körper mit zwölf gleichen Kanten, so muß man die Zahl, die die Kantenlänge angibt, dreimal als Faktor setzen; bei 2 m Kante erhält man also 8, bei 5 m dagegen 125 cbm als Inhalt. Wir haben zuletzt bei den Planeten Erde und Venus von

Sonnen-Protuberanzen.
Nach Littrow, „Wunder des Himmels“.

der Verhältniszahl für die Umlaufszeiten, nämlich $\frac{13}{8}$, das Quadrat genommen, also $\frac{169}{64}$, von der Verhältniszahl für die Bahnhalbmesser, nämlich $\frac{11}{8}$, den Würfel,

Sonnen-Protuberanzen.
Nach Littrow, „Wunder des Himmels“.

nämlich $\frac{1331}{64 \times 8}$, worauf wir noch die 64 in den beiden Nennern tilgten. Die Sache gilt auch für alle anderen Planeten, deren die Sonne nicht wenige hat; soviel wir heute wissen, über 900. Kepler kannte davon allerdings erst sechs. Aus dem dritten Keplerschen Gesetze folgt das Newtonsche Schwerkraftgesetz, und umgekehrt. Aus dem dritten, sage ich; denn die beiden ersten von Kepler gefundenen Gesetze kennen wir bereits vom Monde her, und nur der Vollständigkeit wegen will ich sie nochmals anführen. Sie lauten: 1. Die Bahn eines Planeten ist eine Ellipse, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht (vgl. S. 100). 2. Der Fahrstrahl eines Planeten beschreibt in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume. Das gilt also, ob ein Himmelskörper die Erde umkreist oder die Sonne.

Noch kennt ihr nicht alle Wunder, die uns diese Gesetze enthüllen. Ein besonders merkwürdiges Ergebnis bekommen wir, wenn wir berechnen, welche Strecke ein Körper an der Oberfläche der Sonne in der ersten Sekunde beim Fallen zurücklegen wird. Das machen wir wie vorhin (vgl. S. 190), als wir den Fall des Mondes mit dem des Steines verglichen. Die Erde ist von der Sonne so weit entfernt, daß (vgl. S. 183) der Durchmesser der Sonne für uns die Winkelgröße von 32′ oder 1920″ hat, der Halbmesser also die Größe von 960″. In dem Halbmesser des großen Kreises, den die Erde im Jahre beschreibt, sind diese 960″ offenbar $\frac{206\,265}{960}$, also 214,86mal enthalten (vgl. S. 149). Soviel mal ist ein Stein in der Nähe der Sonnenoberfläche dem Mittelpunkt der Sonne näher als wir. Er fällt also im quadratischen Verhältnis dieser Zahl schneller als die Erde, d. h. 46160mal so schnell. Multiplizieren wir die Fallstrecke der Erde, nämlich 0,002963 m, mit dieser Zahl, so finden wir, daß der Stein auf der Sonne 136,77 m in der ersten Sekunde fällt, d. h. etwa die Höhe des Straßburger Münsters oder der Peterskuppel in Rom. Das ist fast das

28fache der Strecke von 4,9 m, die ein Stein auf Erden fällt. Der Stein auf der Sonne drückt also 28mal stärker auf seine Unterlage als ein irdischer Stein.

Steine fallen nun freilich nicht auf der Sonne, aber manchmal ganze Güsse von glühendem Wasserstoff oder Metall. Auf der Sonne herrscht nämlich eine solche Hitze, daß alle Stoffe nur in gasförmigem oder höchstens in flüssigem Zustande dort vorkommen können. Mit besonderen optischen Hilfsmitteln, bei totaler Finsternis auch ohne solche, sieht man nun am Rande der scheinbaren Sonnenscheibe gewaltige Ausbrüche oder Protuberanzen[1]) von rosiger Farbe und großem Gestaltenwechsel. Sie sind nicht nur hier, sondern überall auf der Sonne, werden jedoch auf der Scheibe selbst nicht gesehen, weil diese zu stark leuchtet. Die Astronomen haben mit der Uhr in der Hand diese wechselnden Gestalten, von denen ich euch ein paar Bilder vorlege, gezeichnet; sie beobachteten auch das Zurückfallen dieser aus der Sonne ausgeströmten glühenden Massen; sie stellten die Geschwindigkeit des Fallens nach Bogensekunden fest, rechneten auf Meter um, und siehe da! es war die Fallgeschwindigkeit, die dem Gesetze entspricht.

[1]) Das Wort hängt mit dem lateinischen tuber, der Höcker, zusammen. Vgl. die Bilder S. 136, 198, 199.