

Bewegung der Planeten in Ellipsen um die Sonne.

Von R. Etzold.

Die elliptische Bahn ergibt sich als Resultante aus zwei geradlinigen Bewegungen, wie sich durch Rechnung nachweisen lässt und auch die Erfahrung lehrt. Die erste geradlinige Bewegung wird hervorgebracht durch einen Stoss oder Antrieb, den der Planet im Anfangszustande erhielt. Durch solchen muss ein Körper immer geradlinig und mit gleicher (konstanter) Geschwindigkeit sich weiter bewegen, wenn keine weitere Kraft (ablenkende oder auch hemmende, durch Stoss, Reibung auf der Unterlage, Luftwiderstand, oder durch ein widerstehendes Mittel im Weltraum) auf ihn einwirkt, wie leicht einzusehen. — Anders wird die Sache, wenn ein zweiter, aber seitlicher Stoss auf den Körper erfolgt. Die nunmehrige Bahn wird zwar geradlinig bleiben, aber die ursprüngliche Richtung und Geschwindigkeit können nicht mehr vorhanden sein, sie müssen eine Aenderung erleiden; es muss eine „resultierende“ Bewegung eintreten, deren Richtung und Geschwindigkeit sich ergibt aus der Stärke (wovon wieder die Geschwindigkeit abhängt) und Richtung der beiden Stösse. — Erfolgt im weiteren ein dritter seitlicher Stoss, so muss, nach dem Vorbemerkten, eine abermalige Richtungs- und Geschwindigkeitsänderung eintreten u. s. w. — Das Gleiche wird stattfinden, wenn auf den Körper nicht Stoss-, sondern Zugkräfte (negative Stosskräfte) einwirken. — Man denke sich nun eine (gleich starke, konstante, oder auch sich ändernde) Kraft ununterbrochen auf den, ursprünglich sich geradlinig und gleichmässig bewegt habenden Körper einwirkend, so muss sowohl eine fortwährende, ununterbrochene Geschwindigkeits- als auch Richtungsänderung stattfinden; es muss eine krummlinige Bahn entstehen. Eine solche Kraft ist im Weltraum in der That vorhanden. Sie ist bekannt unter dem Namen: „Anziehungs-“ oder auch „Schwerkraft“ (Attraktion, Gravitation).

Nach dem „Gravitations-Gesetz“ — entdeckt von dem berühmten englischen Forscher Newton — ziehen sich die Körper, insbesondere die Weltkörper, gegenseitig an, und zwar in einer veränderlichen Stärke, A , welche sich ergibt aus der Gleichung: $A = \frac{\mu M}{e^2}$. Hierin bedeutet μ eine konstante Zahl (Faktor), M die Masse eines anziehenden Körpers (proportional dem Gewichte desselben) und $e^2 = e \times e$ das Quadrat der Entfernung desselben von einem zweiten.

Sind die Massen beider Körper (diese zunächst als ruhend angenommen) einander gleich, so ist auch die gegenseitige Anziehung gleich stark, und es kann dann keine Wirkung resp. Bewegung eintreten. Ist dagegen die eine, M_1 , grösser als die andere, M_2 , so muss eine resultierende Anziehung, $= \frac{\mu M_1}{e^2}$

$-\frac{\mu M_2}{e^2} = \frac{\mu}{e^2} (M_1 - M_2)$ der kleineren von der grösseren stattfinden, es muss eine, anfangs sehr langsame, dann aber immer schneller werdende, geradlinige (wenn keine weitere Kraft einwirkt) Bewegung der kleineren Masse nach der grösseren zu stattfinden, da ja die Stärke der Anziehung im Quadrate der Annäherung wächst und umgekehrt (bei der halben Entfernung, $= \frac{1}{2}e$, ist $A = \frac{\mu M}{(\frac{1}{2}e)^2} = \frac{\mu M}{\frac{1}{4}e^2} = \frac{4\mu M}{e^2}$, also bereits viermal so stark, als vorher). Beide Körper müssen schliesslich zusammenstossen.

Dies gilt, wenn, wie bereits bemerkt, beide Körper sich ursprünglich im Ruhezustande befinden. Die Sache ändert sich sofort, wenn wir nur den einen (Sonne) als ruhend annehmen, dagegen den anderen (Planeten) sich bewegend denken durch einen Stoss oder Antrieb, welchen er in einer Richtung erhält, die nicht mit derjenigen der Verbindungslinie der Mittelpunkte beider Körper zusammenfällt.

Es wird nun eine ununterbrochene Richtungsänderung der Bewegung des letzteren stattfinden; die Bahn des Körpers wird

eine krumme Linie sein müssen (die man sich annähernd konstruieren kann mit Zuhilfenahme des „Parallelogrammes der Kräfte“, von dem man eins ans andere reiht), deren genaue Form sich berechnen lässt.

Der Einfachheit und Deutlichkeit halber wollen wir im folgenden Sonne und Planet direkt in unsere Betrachtung einführen. — Zuzufolge der ununterbrochenen Anziehung der Sonne sollte man nun verneinen, dass — trotz der vorhandenen Bewegung des Planeten, durch welche dieser von dem direkten Zulaufe zur ersteren abgehalten wird — schliesslich doch noch ein Zusammenstoss beider Körper stattfinden müsse, da mit zunehmender Näherung des Planeten die Anziehung viel stärker, und damit auch die Bahn immer mehr gekrümmt werden muss. Indessen ist zu beachten, dass mit zunehmender Anziehung auch die Geschwindigkeit des Planeten eine grössere wird. Schliesslich erreicht diese, wie sich durch Rechnung nachweisen lässt, eine solche Grösse, dass die Anziehungskraft der Sonne nicht mehr stark genug ist, eine weitere Annäherung des Planeten an sie zu vermögen; letzterer muss sich daher von einer bestimmten Stelle der Bahn wieder von der Sonne entfernen. — Mit zunehmender Entfernung von dieser wird nun aber die (gegenseitige) Anziehung wieder abnehmen und daher auch die Geschwindigkeit des Planeten allmählich wieder geringer werden müssen, bis eine Stelle der Bahn kommt, wo die Anziehungskraft der Sonne von neuem überwiegt, dem Planeten sich wieder nähert und damit auch dessen Geschwindigkeit steigert, womit das Spiel wieder von neuem beginnt.

Die ganze Bewegung kann treffend als ein ununterbrochenes Ringen zwischen Sonne und Planet betrachtet werden. Erstere sucht letzteren zu sich hinzuziehen; dieser will aber nicht, sondern sucht vielmehr — zuzufolge des ihm erteilten Anstosses und innewohnenden Widerstandes (eigene Anziehungskraft) — zu entfliehen. Indessen gelingt dieses Vorhaben nicht, vielmehr vermag die starke Sonne den Planeten immer näher an sich heranzuziehen. Bei dem heissen Ringen ist nun aber die Geschwindigkeit, resp. Schwungkraft des letzteren schliesslich so gross geworden, dass erstere nicht mehr ordentlich festzuhalten vermag; sie muss, erschöpft, wieder etwas locker lassen, was nun der Planet benutzt, um sich möglichst zu entfernen, oder womöglich ganz aus dem Staube zu machen. Aber die Sonne lässt nicht von ihrem Vorhaben ab, sie behält den Planeten scharf im Auge, und, nachdem sie sich wieder erholt, beginnt der Kampf von neuem.

Durch genaue mathematische Untersuchungen hat sich ergeben, dass die Bahnen der Planeten um die Sonne Ellipsen von mehr oder weniger grosser „Exzentrizität“ sind, in deren einem der jedesmaligen beiden Brennpunkte die Sonne befindlich ist. — Manche dieser Ellipsen nähern sich sehr der Kreisbahn, andere hingegen sind wieder ovaler. Am längsten gestreckt sind die Bahnen der Kometen.

Derjenige Punkt der Planetenbahn, wo die grösste Geschwindigkeit stattfindet, wird die „Sonnennähe“ oder das „Perihelium“ des Planeten genannt, während der diametral entgegengesetzte, wo die kleinste Geschwindigkeit vorhanden, „Sonnenferne“ oder „Aphelium“ heisst. — Die Planetenbahnen liegen nicht in ein und derselben Ebene, sondern sind untereinander geneigt. Als Grundebene, worauf die Neigungen der Planetenbahn-Ebenen bezogen werden, dient die Ebene der Erdbahn oder Ekliptik. Die Schnittlinien der ersteren (sämtlich durch den Sonnenmittelpunkt gehend) mit der letzteren heissen „Knotenlinien“.

Ausführlicheres anzugeben würde hier zu weit gehen. — Durch die gegenseitige Anziehung der Weltkörper erhalten die Planeten- und Kometenbahnen mehr oder weniger etwas Formänderungen ihrer sonst rein elliptischen Gestalten, die man mit „Störungen“ (des Laufes) bezeichnet. Durch letztere wird die Astronomie wesentlich komplizierter als wenn das Gravitations-Gesetz nicht stattfände. Die dadurch notwendig werdenden Rechnungen lassen sich zwar nicht direkt, aber mittels Annäherungsmethode ziemlich genau durchführen; sie sind indes recht mühevoll. — Ueber die Gesetze der Bewegung der Himmelskörper sehe man u. a.: Mädler, „Populäre Astronomie“; 6. Aufl. 1867; Berlin, Verlag von C. Heymann; S. 69 ff.