

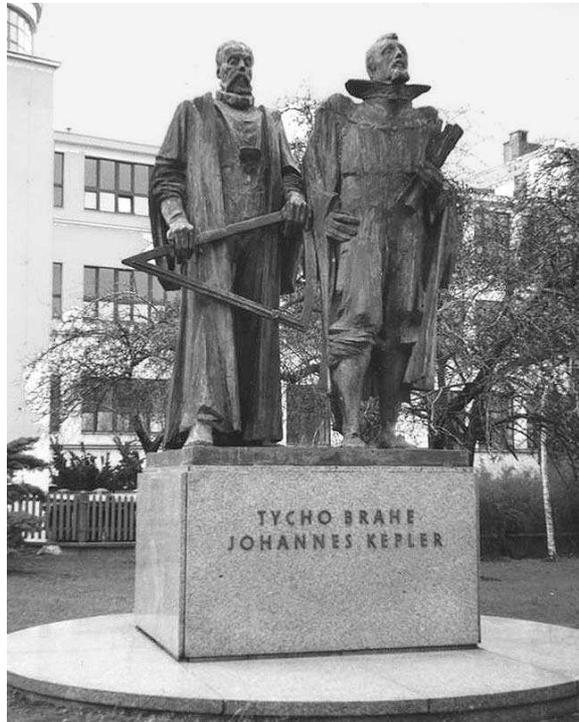
Albert Einstein über Kepler

Aus Anlaß des 300-jährigen Jubiläums.

Gerade in so sorgenschwerer und bewegter Zeit wie der unsrigen, in welcher es schwer ist, Freude zu hegen an den Menschen und der Entwicklung der menschlichen Dinge, ist es besonders tröstlich, eines so großen, stillen Menschen wie Kepler zu gedenken. Er lebte in einer Zeit, in welcher das Verstehen einer allgemeinen Gesetzmäßigkeit des Natur-Ablaufes noch keineswegs gesichert war. Wie groß mußte sein Glaube an diese Gesetzmäßigkeit sein, daß er ihn mit der Kraft zu erfüllen vermochte, der der empirischen Erforschung der Planetenbewegung und der mathematischen Gesetzmäßigkeiten dieser Bewegung Jahrzehnte geduldiger schwerer Arbeit zu opfern, als ein Einsamer, von niemand Gestützt und wenig Verstandener! Wenn wir dies Andenken würdig ehren wollen, so müssen wir uns sein Problem und die Etappen von dessen Lösung möglichst deutlich vor Augen stellen.

Kopernikus hatte den besten Köpfen die Augen hierüber eröffnet, daß ein klares Begreifen der scheinbaren Bewegungen der Planeten am Himmel dadurch am besten zu gewinnen sei, daß man diese Bewegungen als Umlaufbewegungen der Planeten um die ruhend gedachte Sonne auffaßte. Wäre die Bewegung eines Planeten eine gleichmäßige Bewegung in einem Kreise um die Sonne als Mittelpunkt, so wäre es verhältnismäßig leicht gewesen, herauszufinden, wie diese Bewegungen von der Erde aus aussehen müssen. Da aber viel kompliziertere Erscheinungen vorlagen, so war die Aufgabe weit schwieriger. Es galt, jene Bewegungen zunächst einmal empirisch aus den Planetenbeobachtungen Tycho Brahes zu ermitteln. Dann erst konnte daran gedacht werden, die allgemeinen Gesetze zu finden, denen diese Bewegungen genügen.

Um zu erfassen, wie schwierig schon die Aufgabe der Ermittlung der faktischen Umlauf-Bewegungen war, muß man sich folgendes klar machen: Man sieht nie, wo sich ein Planet zu einer bestimmten Zeit wirklich befindet, sondern nur in welcher Richtung er von der Erde aus jeweils gesehen wird, welche letztere aber selber eine Bewegung von unbekannter Art um die Son-



ne beschreibt. Die Schwierigkeit scheinen alle so gut wie unüberwindlich.

Kepler mußte einen Weg finden, um in dieses Chaos Ordnung zu bringen. Zunächst erkannte er, daß zuerst versucht werden mußte, die Bewegung der Erde selbst zu ermitteln. Dies würde einfach unmöglich gewesen sein, wenn es nur Sonne, Erde und Fixsterne, aber keine sonstigen Planeten gäbe. Man könnte dann nämlich nichts anderes empirisch feststellen, als wie sich die Verbindungsgerade Sonne-Erde im Laufe des Jahres ändert (scheinbare Bewegung der Sonne gegen die Fixsterne). Man konnte so erfahren, daß diese Richtungen alle in einer gegen die Fixsterne festen Ebene lagen, wenigstens mit der damals erzielten Genauigkeit der Beobach-

tungen, welche ja ohne Fernrohr gewonnen waren. Auch wäre so zu ermitteln, in welcher Weise die Verbindungs-Linie Sonne-Erde um die Sonne rotiert. So ergab sich, daß die Winkelgeschwindigkeit dieser Bewegung im Laufe des Jahres sich gesetzmäßig ändert. Aber dies konnte noch nicht viel helfen, da man ja noch nicht wußte, wie sich die Distanz Sonne-Erde im Laufe des Jahres ändert. Erst wenn die Veränderungen dieser Distanz während des Jahres bekannt waren, war die wahre Gestalt der Erdbahn bekannt sowie die Art, wie diese Bahn durchlaufen wurde.

Aus diesem Dilemma fand Kepler einen wunderbaren Ausweg. Zunächst folgte aus den Sonnenbeobachtungen, daß der scheinbare Weg der Sonne am Fixstern-Hintergrunde zwar zu verschiedenen Jahreszeiten verschieden rasch war, daß die Winkelgeschwindigkeit dieser Bewegung aber zu derselben Zeit des astronomischen Jahres stets die selbe war, daß also die Drehgeschwindigkeit der Verbindungsgerade Erde-Sonne stets gleich groß war, wenn sie zu der selben Fixstern Gegend zeigte. Es durfte also angenommen werden, daß die Erdbahn eine **in sich geschlossene** sei, die jährlich immer in gleicher Weise von der Erde zurückgelegt wurde. Dies war keineswegs a priori selbstverständlich. Für den Anhänger des kopernikanischen Systems war

es also so gut wie sicher, daß dies auch für die Bahnen der übrigen Planeten gelten mußte.

Dies war gewiß eine Erleichterung. Aber wie nun die wahre Gestalt der Erdbahn ermitteln? Man denke sich irgendwo in der Ebene der Erdbahn eine hell leuchtende Laterne M, von der wir müßten, daß sie ihre Lage dauernd beibehielte, daß sie also für die Bestimmung der Erdbahn eine Art festen Triangulationspunkt bildete, welche die Erdbewohner zu jeder Jahreszeit anvisieren könnten. Diese Laterne M sei weiter von der Sonne weg als die Erde. Mit Hilfe einer solchen Laterne war die Erdbahn zu bestimmen und zwar wie folgt:

Zunächst gibt es in jedem Jahr einen Zeitpunkt, in welchem die Erde E genau auf der Verbindungslinie zwischen der Sonne S und der Laterne M liegt. Visiert man in diesem Zeitpunkt von der Erde E aus nach der Laterne M, so ist diese Richtung zugleich die Verbindung S-M (Sonne Laterne). Letztere denke man sich am Himmelsgewölbe montiert. Nun denke man sich die Erde an einem anderen Orte und zu einer anderen Zeit. Da man von der Erde aus sowohl die Sonne S als auch die Laterne M sehen könnte, wäre im Dreieck S E M der Winkel bei E bekannt. Man hat aber auch durch direkte Sonnenbeobachtung die Richtung S E gegenüber dem Fixsternhimmel, während früher ein für allemal die Richtung der Verbindungslinie S M gegenüber dem Fixsternhimmel ermittelt war. Man kann also von der auf einem Papier willkürlich angenommenen Standlinie S M aus vermöge der Kenntnis der beiden Winkel bei E und bei S das Dreieck S E M konstruieren. Diese Konstruktion könnte man oft während des Jahres machen und erhielte auf dem Zeichnungsblatt jedesmal einen Erdort E mit zugehörigem Zeitdatum in seiner Lage gegenüber der ein für allemal festgehaltenen Standlinie S M. Die Erdbahn wäre somit empirisch ermittelt, bis auf ihre absolute Größe, versteht sich.

Aber – werdet Ihr sagen – woher nahm Kepler die Laterne M? Diese lieferte ihm sein Genie und die in diesem Falle gütige Natur. Da gab es nämlich beispielsweise den Planeten Mars und man wußte, wie lange das Marsjahr währte, d. h. ein Umlauf des Mars um die Sonne. Einmal mag es sich ereignen, daß Sonne, Erde und Mars recht genau in gerader Linie liegen. Dieser Marsort wiederholt sich jedesmal nach einem, zwei, usw. Marsjahren, weil ja der Mars eine geschlossene Bahn durchläuft. In diesen bekannten Zeitmomenten bildet also S M immer wieder dieselbe Standlinie dar, während die Erde immer wieder an einem anderen Ort ihrer Bahn steht. Die Sonne- und Mars-Beobachtungen in den so hervorgehobenen Zeitpunkten bilden also ein Mittel zur Bestimmung der wahren Erdbahn, indem in jenen Zeitpunkten der Mars die Rolle der oben fingierten Laterne spielt! So fand Kepler die wahre Gestalt der Erdbahn und die Art, wie diese von der Erde durchlaufen wird, und wir spätergeborenen Menschen, Europäer, Deutsche oder gar noch Schwaben dürfen ihn darob wohl bewundern und preisen.

Nun kam der zweite und nicht minder schwierige Teil von Keplers Lebensarbeit. Die Bahnen waren empirisch bekannt, aber ihre Gesetze mußten aus den empirischen Ergebnissen erraten werden. Zuerst eine Vermutung über die mathematische Natur der Bahnkurve aufstellen und dann an dem ungeheuren

Zahlenmaterial prüfen. Wenn's nicht stimmte, eine andere Hypothese ausklügeln und wieder nachprüfen. Nach ungeheurem Suchen stimmte es bei der Annahme: die Bahn ist eine Ellipse; die Sonne sitzt in einem Brennpunkt. Er fand auch das Gesetz, nach welchem die Geschwindigkeit sich während des Umlaufs ändert: derart, daß die Verbindung Sonne-Planet in gleichen Zeiten gleiche Flächen durchläuft. Endlich fand er auch, daß die Quadrate der Umlaufzeiten sich verhalten wie die dritten Potenzen der großen Ellipsen-Achsen.

Zu der Bewunderung für diesen herrlichen Mann gesellt sich noch ein anderes Gefühl der Bewunderung und Erfurcht, das aber keinem Menschen gilt, sondern der rätselhaften

Harmonie der Natur, in die wir hineingeboren sind. Die Menschen erdachten schon im Altertum die Linien deutbar einfacher Gesetzmäßigkeit. Darunter waren neben der geraden Linie und dem Kreise in erster Linie Ellipse (auch Hyperbel). Diese letzteren Formen sehen wir in den Bahnen der Himmelskörper realisiert – wenigstens mit großer Annäherung.

Es scheint, daß die menschliche Vernunft die Formen erst selbständig konstruieren muß, ehe wir sie in den Dingen nachweisen können. Aus Keplers wunderbarem Lebenswerk erkennen wir besonders schön, daß aus bloßer Empirie allein die Erkenntnis nicht erblühen kann, sondern aus dem Vergleich des Gedachten mit dem Beobachteten.

Anmerkung zu Einsteins Artikel

Einstein schildert in diesem kurzen Artikel auf beeindruckend einfache Weise die wesentlichen Gedankenschritte Keplers und somit einen Leitfaden zur Lektüre von Keplers „Neue Astronomie“.

Die von Einstein im sechsten Abschnitt des Artikels erwähnte Konstruktion ist auch dem geometrisch ungeübten Leser leicht zugänglich, wenn er das folgende aufzeichnet. Zu Beginn zeichne man die Punkte S, E₀ und M auf einer Geraden g. Damit die Konstruktion leicht auf einem Blatt ausgeführt werden kann, lege man S in die Mitte des Plattes, 5 cm rechts davon den Punkt E₀ und davon nochmals 5 cm nach rechts den Punkt M. Der Einfachheit halber lege man die Richtung, in der die Sonne am Fixsternhimmel steht (d.h. wohin das linke Ende der Geraden zeigt) als 0° fest. Weiterhin seien die folgenden Meßwerte gegeben:

- 1) Sonne ist von E₁ aus gesehen am Fixsternhimmel um +97° gedreht, d.h. Erde liegt auf einer durch S gehenden und um -87° gedrehten Gerade h. Der Winkel SE₁M ist 64°, d.h. die Position der Erde E₁ auf der Geraden h liefert der Winkel E₁MS von 19° (=180-97-64).
- 2) Sonne ist von E₂ aus gesehen am Fixsternhimmel um +222° gedreht, d.h. Erde liegt auf einer durch S um 42° gedrehten Gerade. Der Winkel SE₂M ist 25°, d.h. E₂MS ist 17°.
- 3) Sonne ist von E₃ aus gesehen am Fixsternhimmel um +285° gedreht, d.h. Erde liegt auf einer durch S um 75° gedrehten Gerade. Der Winkel SE₃M ist 40°, d.h. E₃MS ist 65°.

Auf diese Weise sind nun die vier Punkte E₀, E₁, E₂, E₃ der Erdbahn konstruiert, und man kann raten, auf welcher Kurve sich die Erde bewegt. Diese ist natürlich nur ein einfaches Beispiel, um das Prinzip zu erläutern, denn die Rechnungen und Konstruktionen, die Kepler wirklich durchführen mußte, waren sehr mühsam.

Ralf Schauerhammer