

Werk

Label: ReviewSingle

Autor: Berberich, A.

Ort: Braunschweig

Jahr: 1906

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110_0021 | LOG_0049

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

Naturwissenschaftliche Rundschau.

Wöchentliche Berichte

über die

Fortschritte auf dem Gesamtgebiete der Naturwissenschaften.

XXI. Jahrg.

1. Februar 1906.

Nr. 5.

F. R. Moulton: Die Entwicklung des Sonnensystems. (Astrophysical Journal 1905, vol. XXII, p. 165—181.)

Fast ein Jahrhundert lang besaß die Theorie allgemeine Geltung, daß unser Sonnensystem einst ein weit ausgedehnter Nebel war, dessen allmähliche Verdichtung zur Abspaltung von Ringen führte, die sich später in die Planeten umgestalteten. Diese Theorie hat zwar im Laufe der Zeit manche Abänderungen der Form, wie sie ursprünglich von Laplace dargestellt war, erfahren, ihr wesentlicher Inhalt, der sich zusammenziehende Nebelball und die wiederholte Ringbildung, wurde jedoch beibehalten. Vor fünf Jahren haben indessen der Verf. und Herr T. C. Chamberlin rechnerisch eine ganze Reihe von so starken Widersprüchen dieser Theorie gegen die Gesetze der Mechanik nachgewiesen, vor allem ein ganz unerklärliches Verschwinden der Umdrehungsenergie des Zentralkörpers im ganzen Sonnensystem wie in den einzelnen Planetensystemen, daß sie die Theorie als eine unhaltbare Hypothese ganz verwarfen. Nun galt es aber, eine befriedigendere Lösung der Frage zu finden, wie das Sonnensystem zu seiner gegenwärtigen Anordnung gelangt sein mag. Eine solche Lösung bot Herr Chamberlin in einem Aufsatz über „Grundfragen der Geologie“ im Jahrbuch des Carnegie-Institutes Nr. 3, S. 195—258; eine kurze Darlegung der neuen Theorie bringt der vorliegende Aufsatz des Herrn Moulton.

Die Entwicklung des Sonnensystems nahm ihren Ausgang von einem Spiralnebel, einer den Keeler'schen Himmelsaufnahmen zufolge sehr häufig vorkommenden, ja überwiegenden Form der Nebelflecke. Die neue Theorie nennt als wahrscheinliche Ursache dieser Gestaltung der Nebel den nahen Vorübergang zweier Sterne, zweier Sonnen, bei einander. Die erste Folge der Annäherung eines großen fremden Körpers an die „Sonne“ mußte die Erhebung eines großen Flutberges auf der dem anderen Körper zugewandten Seite und eines ähnlichen Berges auf der entgegengesetzten Seite sein. Roche hat gezeigt, daß, wenn die Körper einander näher kommen als auf das 2,44 fache ihrer Halbmesser, die Eigenschwere auf dem einen aufgehoben wird durch die Gezeitenwirkung seitens des anderen Körpers. Da ist dann natürlich die beste Gelegenheit geboten für die Entstehung riesiger Gasausbrüche an der Vorder- und Rückseite des Sonnenkörpers, an den Orten der Flut-

berge, wie man denn auch bei den Spiralnebeln fast stets zwei Windungen nach entgegengesetzten Richtungen ausstrahlen sieht. Die ausgeströmten Stoffmassen würden auf die Sonne wieder zurückgefallen sein, wenn nicht der vorbeiziehende Körper sie durch seine Störungswirkung von der geradlinigen Bewegung abgelenkt und in elliptische Bahnen gezwungen hätte, in denen sie weiterhin die Sonne umkreisen mußten. Die Ausströmungen konnten andauernd oder auch mit Unterbrechungen erfolgen, der Bau der Spirale kann also unter Umständen sehr verwickelt sein. Die Verfolgung eines solchen Vorganges durch die Rechnung ist nicht einfach, sie ist aber in Angriff genommen worden, indem für eine große Anzahl von besonderen Fällen die Störungswirkungen des fremden Körpers auf die von der Sonne ausgestoßenen Massen berechnet werden. In sämtlichen bis jetzt erledigten Beispielen haben sich die Bahnen dieser Massen als Ellipsen herausgestellt.

Es ist anzunehmen, daß neben einzelnen größeren „Blasen“ auch viel fein verteilter Stoff bei den Eruptionen frei wurde. Jene bildeten die Kerne, die im Laufe der Zeit durch Aufnahme des zerstreuten Stoffes zu den Planeten heranwuchsen. Der fremde Körper zog in einem Hyperbelbogen an der Sonne vorüber, dessen Ebene gänzlich verschieden gewesen sein kann von der einstigen Äquatorebene der Sonne. Gleiches gilt von der Bewegungsrichtung des Sternes und der Umdrehungsrichtung der Sonne. Die Flutberge, die Ausbrüche und die ausgestoßenen Massen richteten sich zwar im allgemeinen nach dem Laufe des fremden Körpers, eine genaue Anschmiegung an dessen Bahnebene war aber nicht möglich. Sicher mußten aber nach der Art der Entstehung der elliptischen Bahnen die nachmaligen Planeten alle in derselben Richtung um die Sonne laufen, und ihre Bahnebenen mußten nahe, wenn auch keineswegs genau zusammenfallen. — Eine kurze Betrachtung zeigt, daß die ausgestoßenen Stoffmassen sowohl vor wie nach der Sonnennähe des fremden Körpers nahe symmetrisch zur Bahnebene des letzteren verteilt sein mußten. Ein durch Aufnahme zerstreuten Stoffes wachsender Planet mußte eben wegen dieser symmetrischen Stoffverteilung seine Bewegung allmählich so ändern, daß seine Bahnebene sich der Symmetrieebene, d. h. der Ebene, in der der fremde Körper gelaufen war, mehr und mehr näherte, und zweitens, daß auch seine Bahn selbst immer kreisförmiger

wurde. War der Planet von Anfang an schon ein großer Körper, so mußte er wegen der großen Ausdehnung seines Anziehungsbereiches sehr viel zerstreuten Stoff auffangen und jene Bahnänderungen in sehr viel höherem Maße erfahren als ein anfänglich kleiner Körper, der nur ganz langsam anwachsen konnte. Die Richtigkeit dieser Folgerungen wird von Herrn Moulton mathematisch nachgewiesen. Man findet sie bestätigt in der Tatsache, daß im Sonnensystem die großen Planeten kleine Bahnneigungen und Exzentrizitäten besitzen im Gegensatz zu den häufig in sehr stark geneigten und hoch exzentrischen Bahnen laufenden Planetoiden. Der kleinste Hauptplanet Merkur nähert sich nach Lage und Form auffällig den Planetoiden, wie auch die starke Neigung des winzigen Eros, der doch so nahe bei der Erde und dem Mars seine Bahn beschreibt, nach der neuen Theorie nur eine Folge seiner Kleinheit, seines zurückgebliebenen Wachstums im Vergleich zu seinen großen Nachbarn ist.

Ein Teil der ausgestoßenen Massen, namentlich von den mit kleiner Ausbruchsgeschwindigkeit begabten, dürfte wieder auf die Sonne zurückgefallen sein, ehe ihre Bahnen stark durch den fremden Körper gestört waren. Aber alle diese Massen hatten doch eine gewisse Bewegungsenergie in der Richtung des Laufes des störenden Körpers erlangt und gaben sie nun der Sonne ab, so deren Rotationsrichtung beeinflussend. Letztere wurde von dem vorüberziehenden Sterne auch direkt geändert. Aus beiden Ursachen wurde daher in der Sonne eine Drehung hervorgerufen, die ungefähr mit der Bewegungsrichtung der Planeten übereinstimmt. Beide Wirkungen waren am stärksten in der neuen Äquatorzone, wo sie sich nur bis in mäßige Tiefen erstreckten. So erhielt die Sonne eine äquatoriale Drehungsbeschleunigung, die jetzt noch fortbesteht. Die Flecken treten hauptsächlich dort auf, wo die Schichten mit verschiedenen Strömungsgeschwindigkeiten an einander stoßen.

Auch die ungefähre Übereinstimmung der Rotationsrichtungen der Hauptplaneten, die äußersten allerdings ausgenommen, wird von den Herren Moulton und Chamberlin auf die Stoßwirkung der zerstreuten Stoffe zurückgeführt. Es werden dabei drei Arten auftretender Körperchen unterschieden, die in stark exzentrischen Bahnen laufen, nämlich solche, die stets weiter von der Sonne entfernt sind als der Planet und ihn nur in ihrem Perihel (von außen her) streifen, solche, die stets näher bei der Sonne sind als der Planet und ihn in ihrem Aphel (von innerhalb seiner Bahn) streifen, und endlich die seine Bahn ungefähr senkrecht kreuzenden Körper mit sehr großer Aphel- und kleiner Periheldistanz. Die ersten ihr Perihel mit beschleunigter Geschwindigkeit passierenden Teilchen geben dem Planeten auf seiner sonnenferneren Seite einen Antrieb im Sinne der Bahnbewegung, die Teilchen der zweiten Art geben ihm, da sie in ihrem Aphel verlangsamt sind, auf seiner sonnennäheren Seite einen Stoß entgegengesetzt der Bahnbewegung. Beide Stöße liefern aber einen Ro-

tationsantrieb im gleichen Sinne. Die Teilchen dritter Art und alle in steilem Winkel zur Bahnebene auf ihn treffenden Körper dürften in ihren Wirkungen sich aufheben und höchstens eine Verlangsamung der Rotation bewirken, weil sie nach ihrer Vereinigung mit dem Planeten von diesem in seiner Drehung mitgenommen werden müssen. Bei den äußeren Planeten, wo der zerstreute Stoff spärlicher vorhanden ist, können Ausnahmen von dieser Regelmäßigkeit vorkommen, weshalb die retrograden Drehungen des Uranus und Neptun der neuen Theorie nicht ohne weiteres widersprechen.

Für die Laplacesche Hypothese boten die verschiedenen Satellitensysteme, zumal seit Entdeckung der zwei äußeren anscheinend einander entgegenlaufenden Jupitermonde und des Saturnmondes Phoebe große Schwierigkeiten dar. Die Spiralnebeltheorie bietet für die beobachtete Mannigfaltigkeit mehr Raum. Als die Planetenkerne von der Sonne ausgestoßen wurden, waren sie von kleineren Nebenkernen begleitet. War die Geschwindigkeit der letzteren nur wenig verschieden von der der Planetenkerne, so wurden sie bald von diesen aufgesogen und büßten ihr selbständiges Dasein ein. Lief der Nebenkern erheblich anders als der Planetenkern, so entzog er sich bald dessen Einwirkung und wurde ein unabhängiger Körper. In allen anderen Fällen umkreisten die Nebenkern den Hauptkern, und zwar lag kein Grund vor für eine gemeinsame Umlaufrichtung dieser Begleiter. Nach der Lage der Bahnebenen und den Bewegungsrichtungen lassen sich nun drei Klassen von Begleitern unterscheiden: solche mit starken Bahnneigungen, solche mit kleinen Neigungen und direkter und solche mit kleinen Neigungen, aber mit retrograder Bewegung. Für die in stark geneigten Bahnen laufenden Begleiter der ersten Klasse bildete der ursprünglich noch reichlich vorhandene zerstreute Stoff ein widerstehendes Medium, das in kurzer Zeit die Bahnen dieser Körper mehr und mehr verengte. Hatte ein solcher Begleiter durch Aufnahme zerstreuten Stoffes seine Masse verdoppelt, so war seine Bahn auf ein Viertel des früheren Umfangs verkleinert. Die Massenzunahme des Planeten selbst verengte ebenfalls die Satellitenbahn, und die Entwicklung endete mit der Vereinigung der Begleiter erster Art mit dem Planeten. Die direkt mit kleiner Bahnneigung die Planeten umkreisenden Begleiter änderten ihre Bewegungen infolge des Zusammentreffens mit dem zerstreuten Stoffe weniger und dies, wie eine nähere Untersuchung zeigt, mehr im Sinne der Bahnerweiterung; von diesen Körpern konnten daher manche bestehen bleiben, wobei ihre Bahnen nach und nach immer kreisähnlicher wurden. Für die Begleiter der dritten Art, mit kleinen Bahnneigungen und rückläufiger Bewegung, bestand die Wirkung der zerstreuten Stoffteile in einer Hemmung, verbunden mit Vergrößerung der Exzentrizität. Solche Verhältnisse aber führen zu einem Hineinstürzen der Begleiter in den Hauptkörper, falls die Zeit ausreicht und nicht inzwischen der zerstreute Stoff von den

vorhandenen großen Körpern aufgenommen ist. Diesem Schicksal der Vernichtung werden also nur die entferntesten rückläufigen oder in stark geneigten Bahnen laufenden Trabanten zu entgehen Aussicht haben. So wäre es in dieser Entwicklungstheorie allerdings verständlich, daß es beim Jupiter und Saturn in großem Abstände noch Trabanten geben kann (VI. und VII. Jupiter- und IX. Saturnsmond), deren Bahnverhältnisse gänzlich verschieden sind von den so äußerst regelmäßigen Anordnungen der inneren Trabanten.

Daß die Planetoiden zum Teil in stark geneigten oder sehr exzentrischen Bahnen laufen, würde, wie schon oben bemerkt, mit ihrer Kleinheit zusammenhängen. Sie haben zu wenig Gelegenheit gehabt durch Zusammenstöße mit den zerstreuten Stoffpartikeln näher an die Ekliptik und in kreisähnliche Bahnen gedrängt zu werden.

Für die physische Beschaffenheit der Planeten liefert diese Theorie eine von der gewöhnlichen wesentlich abweichende Anschauung. „Die Urkerne, die zu den erdähnlichen Planeten heranwachsen, waren so klein und besaßen so geringe Schwerkraft, daß sie keine wirklichen Atmosphären festhalten konnten. Daher erkalteten sie schnell und wurden fest. Auch der zerstreute Stoff kühlte sich sehr rasch ab. Demnach bauten sich diese Planeten aus Körpern in festem Zustande auf und waren feste Körper beinahe seit der Zeit des Vorüberganges des fremden Sternes an der Sonne. Ihre Atmosphären gewannen sie erst in einer späteren Entwicklungsstufe infolge des Entweichens eingeschlossener Gase während ihrer allmählich fortschreitenden Zusammenziehung. Die jetzige innere Wärme und die einstigen Schmelzungen, wofür es so manchen Beweis auf der Erde gibt, stammen teils noch von der nicht völlig durch Strahlung abgegebenen Anfangshitze, mehr aber noch von der Zusammenziehung der mit der Erde (und ähnlichen Planeten) vereinigten Stoffmassen auf ihre jetzige Dichte. Die hohe Ergiebigkeit solcher Zusammenziehungen, wenn auch nur geringen Maßes bei Körpern wie die Erde, haben die Urheber der neuen Entwicklungstheorie bei anderer Gelegenheit zahlenmäßig berechnet.“

Die Urkerne, aus denen die großen Planeten entstanden sind, waren groß genug, um dichte Atmosphären festzuhalten. Darum behielten sie auch viel länger ihre innere Hitze. Eben deshalb ist es auch wahrscheinlich, daß auf ihnen die leichter flüchtigen Stoffe einen größeren Anteil ausmachen als bei den kleineren Planeten. Diese großen Kerne zogen ferner die zerstreuten Stoffmassen viel stärker an als die kleineren Kerne, und die beim Herabsturz der letzteren erzeugte Hitze war demgemäß sehr beträchtlich. Die Atmosphären verhinderten eine schnelle Ausstrahlung dieser Wärmemengen, und so trug dieser Grund wie andere bei zu der langen Erhaltung des ursprünglich gasig-flüssigen Zustandes.“

Wie schon bemerkt, läßt sich die retrograde Bewegung des IX. Saturnsmondes Phoebe aus der

neuen Theorie sehr wohl erklären. Andererseits ist es, wie Herr Moulton ausführlich rechnerisch darlegt, unmöglich, daß die Phoebe gemäß der Laplaceschen Ringtheorie entstanden ist. Es läßt sich aber auch beweisen, daß dieser Trabant nicht als ursprünglich fremder Körper bei einer zufälligen Annäherung an den Saturn von diesem Planeten festgehalten oder, wie der von Herrn H. Newton eingeführte Ausdruck lautet, eingefangen worden sein kann. Eine vollständige Entwicklungstheorie des Sonnensystems muß aber die Existenz aller Glieder des Systems erklären, und diese Bedingung erfüllt hinsichtlich der Phoebe die Chamberlin-Moultonsche Spiraltheorie, während die Laplacesche Theorie hier wie hinsichtlich der Frage versagt, wohin die zur Ablösung der äußeren Planetenringe erforderliche große Drehungsenergie gekommen ist, von der die Sonne jetzt nur noch einen minimalen Rest besitzt.

Daß gerade so kleine Weltkörper wie Phoebe den Prüfstein einer kosmogonischen Theorie abgeben sollen, ist vielleicht etwas zu viel verlangt. Indessen bietet im übrigen die hier dargelegte Spiraltheorie genug des Interessanten und ist sicher als gute „Arbeitshypothese“ anzusehen. Sie erklärt die Erscheinungen, auf die einst die Ringtheorie gegründet wurde, wie auch manche andere, die dieser direkt entgegenstehen. Sie stellt aber auch eine ganze Reihe neuer und sehr schwieriger Fragen auf dem Gebiete der Himmelsmechanik. Vor allem sind zu erforschen die unmittelbaren Wirkungen der Gezeitenkräfte, die bei großer Annäherung zweier Sonnen in Tätigkeit treten; dann müssen die Störungen berechnet werden, die die Bahnen der ausgestoßenen Stoffmassen erfahren, wobei eine große Mannigfaltigkeit der Anfangsbewegungen zu berücksichtigen ist; endlich muß auch die spätere, allmähliche Umgestaltung dieser Bahnen theoretisch untersucht werden. Neben diesen rein mathematischen Aufgaben stellt die Spiraltheorie auch neue Fragen an die Beobachter; namentlich gibt sie der Vermutung neue Nahrung, daß es noch manche kleine Glieder des Sonnensystems in „abnormen Bahnen“ geben könne, Planetoiden wie „verkehrt“ laufende Planetentrabanten. Geologen können aus ihr neue Gesichtspunkte für die Urgeschichte der Erde gewinnen. „Aber vielleicht die interessantesten Ausblicke gewährt sie unserer allgemeinen Naturphilosophie. Bisher dachte man sich den Lauf der kosmischen Vorgänge als eine fortwährende Ansammlung des Stoffes in größere und immer größere Körper bei immer gleichmäßigerer Verteilung der Energie im gesamten Weltenstoff. Nunmehr stoßen wir auf die Möglichkeit einer erneuten Stoffzerstreuung. Die Spiraltheorie enthält in sich also auch eine Kreislauftheorie der Entwicklung der Himmelskörper, wobei freilich die Frage nach der Herkunft der erforderlichen Energie eine ganz wesentliche ist. Indessen besteht die Hoffnung, daß die Schwierigkeiten dieser Frage bald gehoben werden, denn neue Entdeckungen über die innere Atomenergie