

Höhenwind und Kepler-Bewegung

Von Heinrich Quiring

Aus dem Geologisch-paläontologischen Institut der Technischen Universität Berlin-Charlottenburg

(Z. Naturforschg. 8 a, 395—396 [1953]; eingeg. am 1. Juli 1952)

Die Rotationszeit der Wolkenhülle des *Jupiter* ist am kürzesten in der Äquatorzone ($9^h 48^m$ — $9^h 49^m$; S. Williams). Langsamer rotieren die dunklen Streifen am 20. Breitengrad ($9^h 55,9^m$). Etwa ebenso langsam ($9^h 55^m$) drehen sich die Wolken höherer Breiten. Sie werden also nach 100—150 Jupiterumdrehungen von denen der Äquatorzone überholt, wenn auch im einzelnen Unterschiede bestehen.

Der unter der oberen Wolkenschicht liegende „Große Rote Fleck“ hat eine Rotationszeit von $9^h 55^m 34^s$ bis $41,4^s$. Sie ist länger als die der Wolkendecke, so daß der Fleck zeitweise verdeckt ist oder verblaßt. So holt z. B. der „Schleier“ (H. Struve) den sich langsamer bewegenden G. R. F. etwa alle 2 Jahre ein, überdeckt ihn 40 Tage hindurch, staut sich aber auch vor ihm auf und strömt dann unter Umgehung der Umrise vorbei. Die Rotationsgeschwindigkeit des Flecks scheint dabei merklich beschleunigt zu werden. Der Fleck ist danach ebenfalls ein wolkenartiges, aber mit der sich langsamer drehenden Jupiter-Oberfläche mehr verhaftetes Gebilde, wahrscheinlich eine riesige Eruptionswolke über einem Ausbruchszentrum¹. Da die Eruptionswolke des Flecks durch die breitenparallele Windströmung beschleunigt wird, so ist die Winkelgeschwindigkeit der Jupiteroberfläche noch langsamer als die des Flecks. Setzt man die längste Drehzeit des Flecks ($9^h 55^m 41,4^s$) als die Jupiterdrehzeit voraus, so steht eine äquatoriale Geschwindigkeit der Wolkendecke von 12,7 km/sec einer äquatorialen Umfangsgeschwindigkeit der Jupiteroberfläche von 12,5 km/sec gegenüber. Demnach herrscht auf dem Jupiter ein der Oberflächendrehung vorausseilender *Westwind*, dessen Geschwindigkeit zum Weltraum hin zunimmt. Sie dürfte an der Wolktoberfläche am Äquator etwa 200 m/sec, an den Polen jedoch nur wenige m/sec betragen.

Auch auf der *Sonne* eilen die höheren und die äquatorialen Gassphären den tieferen und den polaren voraus. Die aus der Fleckenbewegung und spektroskopisch abgeleitete Rotationsdauer der Sonne beträgt am Äquator 24,9 bis 25,2 Tage (Winkelgeschwindigkeit 14,28—14,46°/d) in 80° heliographischer Breite 32,3 bis 33,7 Tage (Winkelgeschwindigkeit 10,68 bis 11,14°/d). Die bis zu 14 000 km Höhe reichenden Schichten ionisierten Calciums (K3-Linie) lassen hingegen Winkelgeschwindigkeiten von 15,5°/d, hochsteigende Protuberanzen noch höhere Winkelgeschwindigkeiten erkennen. Die Calciumschicht braucht also zum Umlauf nur 23,2 Tage, also 2 Tage weniger als die Fleckenschicht. Setzt man die polare Winkelgeschwindigkeit von rund 10°/d als die für eine starre Sonne gültige voraus, so würde sich am Äquator eine Umlaufgeschwin-

digkeit von 1,405 km/sec, nicht die tatsächliche von 2,006 bis 2,031 km/sec ergeben. Die vielfach diskutierte und auf Experimenten G. J. Taylors und kosmogonischen Annahmen beruhende Vorstellung², daß im Sonneninneren die Winkelgeschwindigkeit größer sei als am Sonnenäquator, ist durch Beobachtungen nicht gestützt. Auch auf der Sonne herrscht in der höheren Atmosphäre ein ähnlich stationärer Westwind, wie auf dem Jupiter.

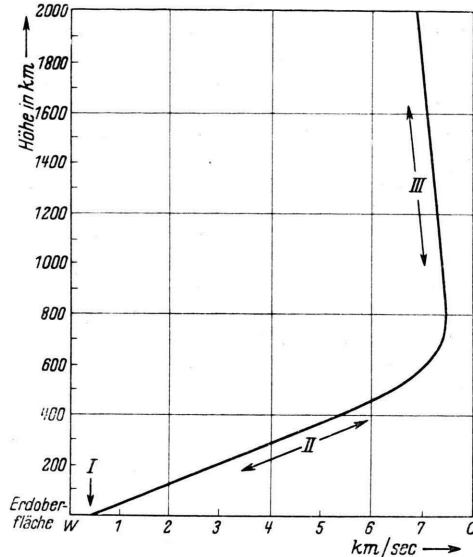


Abb. 1. Umlaufgeschwindigkeit der Lufthülle der Erde über dem Äquator. I Umlaufgeschwindigkeit des Äquators; II Durch die Erddrehung verlangsamte Atmosphärenbewegung (Höhenwestwind); III Kosmische Kepler-Bewegung.

Einem außerirdischen Beobachter würde die Bewegung der Wolkenhülle der *Erde* nur in der Grundtendenz ähnlich erscheinen. Denn die erdnahen Windverhältnisse sind sehr vielgestaltig. Gleichmäßiger wehen die *Höhenwinde*. Während z. B. die Westwinde in der Grundschrift bis 4 km Höhe nur etwa 45% der Erdoberfläche beherrschen, wehen in der höheren Troposphäre und der sie nach oben begrenzenden Tropopause, also zwischen 4 und 16 km Höhe fast ausschließlich *Westwinde*. Bei Fehlen des störenden Sonnenlichts, also dort, wo die Lufthülle längere Zeit im Schatten der Erde liegt, ist Westwind die Normalströmung bis zur Grenze der Atmosphäre. Nur soweit durch die Sonnenstrahlung die Temperatur- und Druckverteilung verändert und der normale Westwind aus höheren Breiten mit ihrer langsameren Umfangsgeschwindigkeit in niedere Breiten abgelenkt wird, entsteht ein Ostwind. Der Anteil westlicher Winde läßt sich zu 72% des gesamten Luftgewichts berechnen. Die Rotation der irdischen Lufthülle ist also rascher als die der Erdober-

¹ E. Schoenberg, S.-B. math.-naturwiss. Kl. bayr. Akad. Wiss. 1948.

² S. Temesvary, Der Rotationszustand der Sonne, Z. Naturforschg. 7 a, 104 [1952].



fläche. Die Ähnlichkeit mit der Drehung der Jupiter- und Sonnenatmosphäre zeigt, daß der normale breitenparallele Westwind der 3 Weltkörper keine Besonderheit, sondern eine *kosmische Gesetzmäßigkeit* ist.

Von Spitzer (1949) wird die irdische Lufthülle nur bis zu 600 km Höhe als Gas aufgefaßt. Darüber sollen Moleküle und Atome frei im Raum schweben. He- und H-Atome sollen dazu Temperaturen von 1500, ja sogar von 2000°K^3 benötigen. Diese Temperatur wird aus einer ad hoc vorausgesetzten Ladungsträgerdichte (Elektronen- bzw. Ionenkonzentration) und Brownschen Wärmebewegung abgeleitet. Es lassen sich aber auch andere Gründe für das Freischweben von Atomen oberhalb der durch die Barometerformel gegebenen Grenze (um 340 km Höhe) anführen.

Versucht man die Ursache der schnelleren Drehung der Atmosphäre gegenüber der Hauptkörperdrehung zu ermitteln, so gibt vielleicht der gegenüber der Umfangsgeschwindigkeit des Saturn schnellere Umlauf der Ringbrocken eine Handhabe. Jeder Brocken muß eine Kepler-Bahn beschreiben, um nicht auf den Saturn niederzustürzen. So laufen alle Ringe mit größerer Geschwindigkeit (15,8—23,1 km/sec) um als die Oberfläche und Atmosphäre des Saturn (9,8—10,3 km/sec). Besteht ein allmählicher Übergang von der Saturnatmosphäre zum innersten Floring, so können die oberen Teile der Atmosphäre nicht gegen die in Kepler-Bahnen umlaufenden Ringbrocken zurückbleiben. Die äußere Atmosphäre des Saturn gehorcht danach nicht der Umfangsgeschwindigkeit der Saturnoberfläche, sondern mit den untersten Floringbrocken einer wesentlich rascheren *Kepler-Bewegung*, läuft also in jedem

Falle mit größerer Geschwindigkeit um als die Saturnoberfläche und die tieferen Teile der Atmosphäre.

Die irdische Lufthülle geht zwar nicht in eine solche Ringbrockenanhäufung über, aber vielleicht in den zwischen Venus- und Saturnbahn an die Ekliptik gebundenen, aus Kleinkörpern bestehenden „Zodiakalstaub“. Soweit er sich innerhalb der Mondbahn befindet, gehört er zum Schwerefeld der Erde. Jedes einzelne Teilchen muß daher wie der Mond dem 3. Kepler-Gesetz nachkommen, wird also zum Umlauf gezwungen. Es ist also sehr wahrscheinlich, daß das H- oder He-Atom, das in 800—1000 km Höhe sich noch in 1 ccm der irdischen Atmosphäre befindet, mit dieser Geschwindigkeit in einer Kepler-Bahn umläuft. Es wird also nicht durch Wärmebewegung in dieser Höhe gehalten, sondern durch das von Gravitation und Zentrifugalbeschleunigung gesteuerte ellipsoidische *Wirbelfeld*.

Diese aus dem Überwiegen westlicher Höhenwinde, der Drehung der Jupiteratmosphäre und der Saturndrehung abgeleitete stationäre Atombewegung erscheint mir plausibler als die bisher bevorzugte Annahme einer thermisch angeregten Atombewegung. Laufen über dem Äquator in 800—1000 km Höhe H- und He-Atome mit Kepler-Geschwindigkeiten

$$\left(v_u = \sqrt{\frac{\gamma M}{r}} = 7,46 \text{ bzw. } 7,36 \text{ km/sec} \right)$$

um, so haben in der tieferen Atmosphäre Atome und Moleküle Umlaufgeschwindigkeiten, die zwischen dieser Kepler-Bewegung und der bremsenden Umfangsgeschwindigkeit der Erde (465 m/sec) liegen. In der Heavyside-Schicht, in der trotz starker Temperatur- und Druckunterschiede neben der meridionalen nur noch die Westkomponente zur Geltung kommt, würde die absolute Westwindgeschwindigkeit über dem Äquator 1,77 km/sec, die relative 1,3 km/sec betragen.

³ W. Dieminger: Physik der höheren Atmosphäre in Landolt-Börnstein: Zahlenwerte und Funktionen usw. Bd. III, 1952, S. 718.

BESPRECHUNGEN

Rechenmethoden der Quantentheorie. Von S. Flügge und H. Marschall. Zweite, neubearbeitete und vermehrte Auflage. Springer Verlag, Berlin 1952. VII, 272 S. mit 30 Abb.; Preis geb. DM 32.80.

Dieses Buch, zum ersten Mal 1947 erschienen, ist dank seiner ungewöhnlichen didaktischen Vorzüge so bekannt und hat sich bei dem Bemühen, der Quantenmechanik das Odium des Schwierigen zu nehmen, so bewährt, daß sich eine Besprechung heute auf wenige Bemerkungen beschränken darf. Ungeändert ist das Prinzip, den Leser ausschließlich an Hand konkreter Beispiele einzuführen, welche die charakteristischen physikalischen Gedanken klar entnehmen lassen, aber doch mathematisch so vereinfacht sind, daß sie sich zumeist leicht und bis zum Ende durchführen lassen. Welche enorme Arbeit hinter dieser abgeklärten Einfachheit steckt, kann derjenige ermesen, der selbst mit dem Entwerfen solcher Beispiele und Aufgaben beschäftigt war. Die Diracsche Theorie des Elektrons,

die in der ersten Auflage mitberücksichtigt war, fehlt jetzt. An ihre Stelle sind schöne neue Probleme getreten aus der Kernphysik, wie die Neutronenstreuung an molekularem Wasserstoff, aus der nichtrelativistischen Spintheorie, aus der Theorie der homöopolaren Bindung und der des Ferromagnetismus. Eine kleine Anmerkung zur Terminologie sei erlaubt: bei der Bewegung eines Elektrons im statischen Magnetfeld gilt der Energiesatz, sie ist bei den Fällen der konservativen Kräfte einzuordnen.

Daß die 2. Auflage des 1. Teils nun vor der 1. Auflage des 2. Teils erschienen ist, hatte gewiß zwingende Gründe, aber der Ref. ist wohl nicht der einzige, der dies ein wenig bedauert. Gerade für die gegenwärtig im Vordergrund des Interesses stehenden Dinge, welche der 2. Teil behandeln soll, wäre eine ähnliche Einführung willkommen. Der Anklang, den das Unternehmen bisher gefunden hat, möge den Verfassern ein Ansporn sein, diese Fortsetzung bald zu bringen.

L. Waldmann, Mainz.