©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

Zur Dynamik unseres Planetensystems

Von Dr. Ing. J. Geiger · Augsburg

(Mit 12 Tafelabbildungen)

Ausführliche Inhaltsangabe

Hinweis auf die bisher noch nicht geklärte stark progressive Zunahme der Entfernungen der Planeten, ihre sehr verschiedenen Achsenwinkelgeschwindigkeiten, ihre Unterschiede in Größe und Dichte, die verschiedene Zahl ihrer Monde, die Schiefstellung der Sonnenachse, die Saturnringe.

Tabelle über die wichtigsten Daten der einzelnen Planeten und der Saturnmonde.

Stellungnahme zur Titius-Bodeschen Reihe über die Planetenentfernungen.

Hinweis auf die Ähnlichkeit der Massenverteilung bei den Planeten mit der bei den Saturn- und Jupitermonden und bei den Spiralnebeln. Stellungnahme zur Frage „Geschlossenes oder offenes System" bei der Entstehung der Planeten.

Diskussion über die möglichen äußeren Ursachen.

Die äußeren äquatorialen Schichten der Sonne drehen sich rascher als die in den höheren Breiten.

Weitere Gründe für die früher größere Winkelgeschwindigkeit der äußeren Teile des Nebelsterns Ursonne.

Berechnungsverfahren für die ehemaligen Abstände der Planetengasnebel von der Sonnenachse bei verschiedenen anfänglichen Winkelgeschwindigkeiten.

Tabelle über diese Abstände.

Diskussion der Ergebnisse. Unmöglichkeit der Ausdehnung des Urgasnebels der Sonne bis über die heutige Neptunbahn hinaus.

Die stark progressive Zunahme der Planetenabstände erklärt sich durch die Abhängigkeit von der 4. Potenz der Loslösungsabstände.

Gründe für die Vergrößerung der Abstände.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

Rotationsgeschwindigkeit der Planeten um ihre eigene Achse.

Ableitung der Formel für die Entstehung der kugelförmigen Planeten aus einem ring- bzw. ringsegmentförmigen Gasnebel.

Berechnung für verschiedene anfängliche Winkelgeschwindigkeiten unter der Bedingung, daß die einzelnen Planetengasnebel sich ohne Zwischenraum an einander schließen.

Die so errechneten anfänglichen Achsenwinkelgeschwindigkeiten sind sämtlich größer als die jetzigen.

Andere Ermittlung der anfänglichen Achsenwinkelgeschwindigkeiten der Planeten, nämlich aus den Winkelgeschwindigkeiten ihrer Trabanten.

Beide Berechnungsarten führen für die äußeren Planeten zu gleichen Ergebnissen.

Ermittlung der translatorischen Geschwindigkeit der Sonne und Vergleich mit der beobachteten

Erklärung der Unterschiede in der Zahl der Monde der verschiedenen Planeten

Entstehung der Monde

Innere Planeten: Ableitung der Beziehung für den Fall der Entstehung aus Gaskugeln.

Vergleich der so ermittelten Achsenwinkelgeschwindigkeiten der inneren Planeten mit den jetzigen.

Anfängliche Volumina der Erde für zwei verschiedene Umlaufwinkelgeschwindigkeiten.

Einfluß der Abhängigkeit der Dichte einer Gaskugel von der Entfernung vom Schwerpunkt.

Erörterung von Einwänden. Abhängigkeit der Schwerebeschleunigung der Erde von der Entfernung vom Erdmittelpunkt.

Weitere Stellungnahme zu der Hypothese über die Ausdehnung der Ursonne bis über die heutige Neptunbahn hinaus

Dichte und Größe der Planeten.

Sonnenachse nicht rechtwinklig zur Ebene der Planetenbahnen

Achsen des Saturn, Uranus und Neptun

Ringe des Saturn und ihr Fehlen bei den anderen Planeten.

Schlußbemerkungen

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

Vorwort

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit den Kräften in unserem Sonnensystem und damit auch mit der Entstehung der Planeten. Um die große Bedeutung dieser Frage richtig zu erfassen, wolle man sich vor Augen halten, daß sämtliche Religionen, sowohl alte wie neue, sowohl solche von kulturell sehr hoch entwickelten wie auch solche von ganz primitiven Völkern die Entstehung von Erde, Sonne, Mond und Sternen an den Anfang ihrer Darlegungen stellen und daß auch der völlig atheistische Bolschewismus es für notwendig erachtet hat, über die Entstehung der Erde und des Mondes eine Theorie zu bringen.

Die folgenden Ausführungen stützen sich ausschließlich auf die Gesetze der Physik und astronomische und astrophysikalische Beobachtungen, und es wurde mit besonderer Sorgfalt vermieden, der Phantasie irgend welchen Spielraum zu lassen.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

Die Aufstellung der drei Planetengesetze ist das hervorragende Verdienst Keplers. Durch sie wurden die Umlaufbewegungen der Planeten um die Sonne eindeutig festgelegt. Ein ebenso unsterbliches Verdienst hat sich Newton durch die physikalische Begründung dieser zuerst beobachtungsmäßig festgestellten Gesetze erworben und dadurch die Grundlage für die Himmelsmechanik geschaffen.

Ungelöste Fragen.

Eine ganze Reihe von Fragen harren aber bei diesem Planetensystem noch einer voll befriedigenden Lösung:

1. Warum sind die Unterschiede in den Planetenentfernungen umso größer, je größer diese Entfernungen von der Sonne selbst sind? Warum verhalten sich diese Bahnabstände etwa wie die Glieder einer geometrischen Reihe?
2. Wie erklären sich die ungeheuren Verschiedenheiten in den Umfangsgeschwindigkeiten und Achsenwinkelgeschwindigkeiten der einzelnen Planeten? Es kommt aber hierbei nicht nur auf ein Plausibelmachen der Achsenrotation sondern auf eine zahlenmäßige Erklärung und Begründung der Achsenwinkelgeschwindigkeiten der einzelnen Planeten an.
3. Warum ist die Umlaufzeit der beiden Marsmonde kleiner als die Umdrehzeit ihres Mutterplaneten, während sie sonst bei sämtlichen Monden aller Planeten größer ist? Warum gilt dasselbe für den Florring und die innere Hälfte des Innenrings des Saturns?
4. Warum sind die Unterschiede in der durchschnittlichen Grösse der inneren Planeten gegenüber der durchschnittlichen Größe der äußeren Planeten so außerordentlich stark? Warum kommen, von der Sonne aus gezählt, zuerst vier kleine Planeten, dann ein großer Zwischenraum und dann die vier grossen Planeten? Warum ist nicht wenigstens ein kleiner Planet unter den großen und ein großer unter den kleinen inneren?
5. Warum haben Merkur und Venus keine Satelliten, die Erde einen, Mars zwei, Jupiter neun, Saturn zehn und obendrein

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

noch drei Ringe, Uranus vier und Neptun einen? Warum hat nur der Saturn Ringe und nicht auch die anderen Planeten und die Sonne?

6. Warum steht die Sonnenachse schief zur mittleren Ebene der Planetenbahnen?

Obwohl einige dieser Fragen mit gutem Erfolg schon behandelt worden sind, fehlt es doch gerade bei den beiden ersten und wichtigsten Fragen an einer überzeugenden und namentlich an einer zahlenmäßigen Begründung. Die Theorien von Kant, Laplace, Jeans, Hoyle, Faye, Ligendés, Birkeland, Fessenkoff, Chamberlain, Jeffries sind, so anregend sie sein mögen, einer kritischen Nachprüfung keineswegs gewachsen, wobei namentlich an eine einwandfreie zahlenmäßige Erklärung der Umlaufs- und Rotationsmomente zu denken ist.

Es sei zuerst die Tabelle I angeführt, in welcher in Spalte 1 die Namen der einzelnen Planeten, in Spalte 2 ihre Masse bezogen auf die Masse der Erde gleich eins in Spalte 3 ihre mittlere Sonnenentfernung in Milliarden Meter, in Spalte 4 das Verhältnis ihrer Entfernung zu der gleich 1 gesetzten Entfernung des Merkur von der Sonne, in Spalte 5 die Dichte γ, in Spalte 6 die Winkelgeschwindigkeit ω_S der Planetenbewegung um die Sonne, in Spalte 7 die Winkelgeschwindigkeit ω_{Pl} der Planeten um ihre eigene Achse und in Spalte 8 die zu letzterer gehörende Umfangsgeschwindigkeit v_{Pl}, gemessen in m/s am Äquator, angegeben ist. In Tabelle II sind für die Saturnmonde und-Ringe die Massen in 10^{23}g und die Entfernungen von der Saturnachse in Millionen Meter angegeben.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

Tabelle I

Planet	Masse	Entfernung R in 10^9m	R/R_{Merkur}	Dichte γ	$\omega_S \cdot 10^6$	$\omega_{Pl} \cdot 10^6$	v_{Pl} in m
Sonne	332000	–		1,4	2,957	2,957	
Merkur	0,037	57,9	1	3,77	0,823	0,821	1,97
Venus	0,83	108,1	1,87	5,2	0,3235	2,79	17,05
Erde	1,00	149,5	2,59	5,5	0,198	72,6	465
Mars	0,11	227,8	3,95	4,0	0,106	70,4	240
Jupiter	318,4	778	13,44	1,3	0,0168	176,5	12600
Saturn	95,2	1426	24,65	0,7	0,0067	163,8	9870
Uranus	14,6	2869	49,60	1,4	0,0023	162,8	4060
Neptun	16,9	4496	77,6	1,3	0,0012	116	3060

Tabelle II (Saturnmonde)

	Masse in 10^{23}g	Entfernung in 10^6m
Saturn	5665000	60,4 (Äquatorradius)
Florring		70,7 – 89,5
Innenring		89,7 – 116,5
Außenring		119,8 – 138,7
Mimas	0,416	186
Enceladus	1,41	236
Tethys	6,2	294
Dione	11	377
Rhea	23	527
Titan	1416	1220
Hyperion	1,1	1780
Japetus	57	3558
Phoebe	?	12930

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

In Abb. 1 sind ganz unten die jetzigen Entfernungen der Planeten von der Sonne im Maßstab 1 mm gleich 25.10^6 km und unmittelbar darüber die jetzige Entfernung des der Sonne nächsten Planeten Merkur von der Sonne im Maßstab 1 mm gleich 25.10^4 km, also im hundertfach größeren Maßstab dargestellt, wobei auch der Sonnenradius zum Vergleich maßstäblich wiedergegeben ist.

Titius-Bodesche Reihe über die Planetenentfernungen von der Sonne

Für die verhältnismäßigen Abstände der Planeten von der Sonne hat der Astronom Titius die Titius-Bodesche Reihe $4+3\times2^x$ aufgestellt, wobei x eine ganze Zahl ist; hierbei hat hat Merkur den Abstand 4, Venus den Abstand $4+3\times2^0$ gleich 7, Erde $4+3\times2^1$ gleich 10, Mars $4+3\times2^2 = 16$,
Jupiter $4+3\times2^4 = 52$, Saturn $4+3\times2^5 = 100$.

Die Übereinstimmung ist mit Ausnahme des Neptun, bei dem die Abweichung 21 % beträgt, durchaus gut. Eine physikalische Begründung, warum das so ist, fehlt aber bis heute. Die berühmten Keplerschen Gesetze sagen in ihrer bekannten Form darüber gar nichts aus. Es könnte nach ihnen an der Stelle der Erde ebenso gut Jupiter sich befinden und natürlich in 365 Tagen um die Sonne kreisen und die Erde an Stelle des Jupiter und zu einem Umlauf 11,86 Jahre brauchen. Oder es könnte die Erde irgendwo zwischen Mars und Jupiter oder zwischen Uranus und Neptun oder weit außerhalb des Pluto -selbstverständlich mit entsprechend langer Umlaufszeit- um die Sonne kreisen, ohne daß die Keplergesetze verletzt würden. Wie kommt es zu diesen merkwürdigen Entfernungen der Planeten?

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

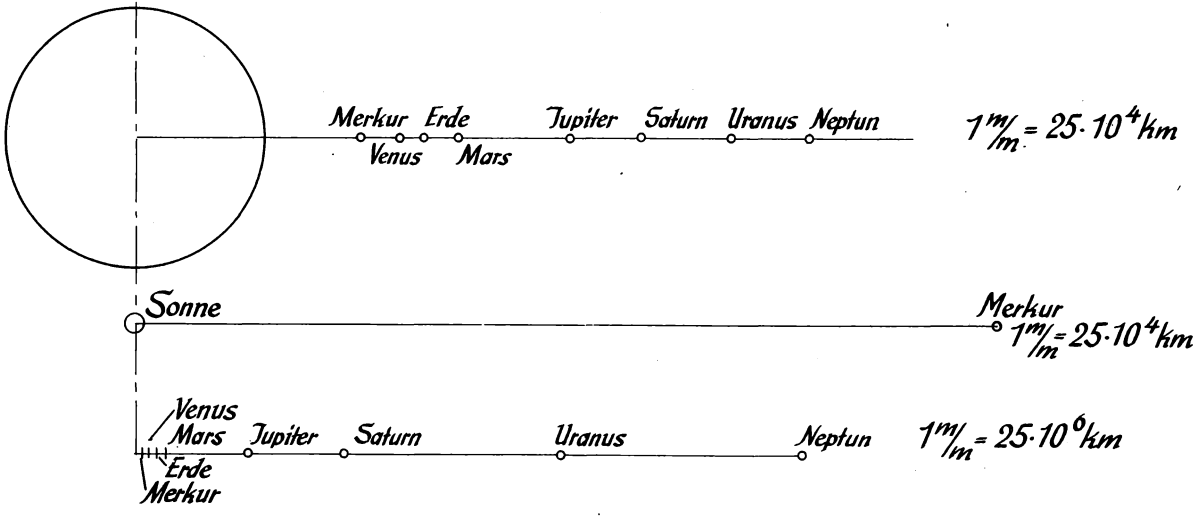


Abb. 1

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

Beschriftung zu Abb. 1

Abb. 1 Unten: Jetzige mittlere Entfernungen der Planeten von der Sonne im Maßstab 1 mm gleich 25.10^6 km.

Mitte: Jetzige mittlere Entfernung des Merkur von der Sonne im Maßstab 1 mm gleich 25.10^4 km. Hierbei ist der Sonnendurchmesser maßstäblich dargestellt.

Oben: Loslösungsabstände der Planeten für den Fall, daß die mittlere Umlaufwinkelgeschwindigkeit Ω_o der damaligen Planetengasnebel gleich dem vierfachen Wert der jetzigen Winkelgeschwindigkeit ω_j der Sonne-gemessen an ihrem Äquator-war.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

Wie kommt es weiter zu der auffallenden Verteilung der Masse bei den Planeten? Betrachten wir sie als Zufall, so ist dem entgegenzuhalten, daß die Wahrscheinlichkeit, daß von diesen acht Planeten -von dem äußersten noch wenig erforschten Pluto sehen wir ab- gerade die vier kleineren innen und die vier größeren außen kreisen, gleich $^4/_8 \times {}^4/_8 \times {}^4/_8 \times {}^4/_8 = \frac{1}{16}$ also reichlich gering ist. Besonders fällt aber auf, daß in der Verteilung der Massen der Saturnmonde abhängig von ihrer Entfernung vom Saturn ein ähnliches Verhältnis besteht. (Siehe Tabelle II!). Zuerst der kleinste Mond Mimas, dann grössere und erst in ziemlich großer Entfernung der weitaus größte: Titan. Beim Jupiter ist es ebenfalls ähnlich: Der größte Jupitermond (III) ist nicht am nächsten sondern etwas weit entfernt. Beim Uranus ist es ebenso.

Man betrachte weiter die planetarischen Nebel, z.B. Spiralnebel M 51 in den Jagdhunden, den berühmten Andromedanebel, den Spindelnebel in Coma Berenices, die Sternspirale NGC 4826 Comae, den Ringnebel M57 in der Leier oder die Sternspirale M101 im Großen Bären! (Abb. 2) Trotz aller wesentlichen Unterschiede zwischen ihnen ist ihnen gemeinsam ein zentraler Kern, auf den nach außen hin in gewissem Abstand eine oder auch mehr dunkle Zonen folgen, an die sich wieder heller leuchtende Ringteile oder Ringarme anschließen. Die dunklen Zonen sind offenbar solche mit geringerer Dicke oder Dichte und die hellen solche mit größerer Dichte. Das bedeutet, daß im Grunde genommen bei den planetarischen Nebeln die Massenverteilung ähnlich wie bei den Monden unserer Planeten und bei unserem Planetensystem selbst ist. Es erscheint

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

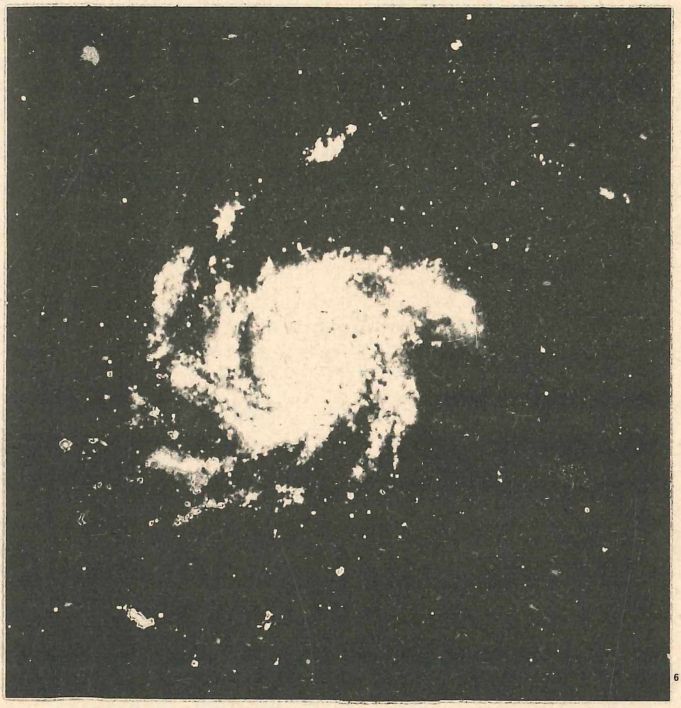


Abb. 2 Sternspirale M 101 im Großen Bären.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

also ganz unwahrscheinlich, daß diese sich bei den Planeten, Monden und planetarischen Nebeln findende Massenverteilung Zufall sein könnte.

Nun die Dichte! -Siehe Tabelle I Spalte 5!- Warum ist sie bei den äußeren Planeten nicht nur unter sich annähernd gleich sondern auch etwa gleich der der Sonne, obwohl letztere bestimmt viel heißer ist als die von ihr weit entfernten großen Planeten? Warum gilt dasselbe für die inneren Planeten unter sich? Woher kommt es, daß die Meteoriten zum weitaus überwiegenden Teil aus Eisen und Eisenverbindungen mit einer Dichte um 7,6 herum bestehen, während die Dichte der kleinen Planeten geringer und die der großen sogar viel geringer ist?

Umdrehgeschwindigkeiten der Planeten.

Bei der Umfangsgeschwindigkeit der Planeten um ihre eigene Achse (Tabelle I Spalte 8) ist wieder keine rechte Erklärung für ihre Verteilung auf die einzelnen Planeten zu finden. Dasselbe gilt für die Winkelgeschwindigkeit um die eigene Achse, die bei den großen Planeten trotz starker Massenunterschiede annähernd gleich ist.

Beim Vergleich etwa mit Maschinen gleicher Art aber verschiedener Größe ist es bestimmt naheliegend zu erwarten, daß die Umdrehgeschwindigkeit einigermaßen gleich groß und die Winkelgeschwindigkeit ω_{Pl} gerade umgekehrt, wie es bei Planeten der Fall ist, umso größer wäre, je kleiner der Planet ist. Zu derselben Erwartung kommt man etwa beim Vergleich mit dem Herzschlag, der bekanntlich bei großen Tieren langsamer erfolgt als bei kleinen. Genau dasselbe gilt für den Flügelschlag je Sekunde der Vögel und Insekten und für die Fußbewegung der Säugetiere.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

Zusammenhang mit der Entstehung des Planetensystems

Die Behandlung der genannten Fragen hängt mit der Entstehung unseres Planetensystems eng zusammen. Man muß sich natürlich sehr hüten, hiebei der Phantasie freien Lauf zu lassen und darf sich bei seinen Ausführungen nur auf einwandfreie Beobachtungen und die Naturgesetze stützen. Ebenso muß man sich hüten, zuviel erklären zu wollen, sondern soll sich nur mit dem befassen, was zwangsläufig aus Messungen und den Naturgesetzen abgeleitet werden kann und mit anderen Meßergebnissen nicht in Widerspruch steht. Die bisherigen Theorieen zerfallen in zwei große Gruppen: Die eine sucht die Ursache der Rotation der Sonne und der Planeten im Sonnensystem selbst: sogenanntes geschlossenes System.
Die andere geht von einer außerhalb des Systems gelegen gewesenen Ursache aus: Offenes System. Das geschlossene System widerspricht aber, worauf hier mit Nachdruck hingewiesen werden muß, dem Flächensatz, nach welchem ein Haufen massebehafteter Punkte seinen Drall oder das Vektorproduk $\sum m \cdot v \cdot \mathfrak{R}$ unverändert beibehält. Wenn also der Drall am Anfang Null war, so kann der Punkthaufen durch keinerlei innere Kräfte, ganz gleich ob durch mechanische, thermische, elektrische oder nukleare Kräfte, in Rotation geraten. Ebenso ist es ganz gleichgültig, ob der Punkthaufen aus gasförmigen, flüssigen oder festen Teilen besteht oder welche Größe und welche Entfernung diese Teile von einander besitzen. Die Ableitung ist einwandfrei streng mathematisch möglich und bekannt. Wer sich damit nicht befassen will, möge versuchen,

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

einen Freiluftballon von der Gondel aus in Rotation zu bringen: aber wohlgemerkt, ohne daß er den Luftwiderstand zu Hilfe nimmt: denn dieser stellt eine äußere Kraft dar. Wenn er es schlau anfängt, wird er in der Gondel immer im gleichen Drehsinn herumlaufen und dadurch erreichen, daß der Luftballon samt Gondel sich in der entgegengesetzten Richtung drehen. Sowie er aber mit seinem Laufen im Kreis aufhört, hört auch die Drehung des Ballons auf. Auch solange er herumläuft, bleibt der Drall gleich Null, weil die Summe aus dem Rotationsmoment der Ballonhülle samt Gondel und aus dem entgegengesetzten Rotationsmoment des Luftschiffers selbst immer gerade Null ergibt.

Denselben Versuch kann jemand auf einem Floss oder Kahn in einem See durchführen. Solange er nicht äußere Kräfte, wie etwa den Widerstand des Wassers oder den der Luft, zu Hilfe nimmt, nützt ihm alles nichts zur Erzielung einer gemeinsamen gleichsinnigen Drehbewegung des aus ihm und dem Floss bestehenden Systems, auch wenn er die sonderbarsten Kapriolen macht.

Beim Sonnensystem ist durch Beobachtung einwandfrei festgestellt, daß der Drehsinn der Sonne und die Umlaufsrichtungen sämtlicher Planeten übereinstimmen. Diese gleichsinnige Drehung kann nach dem Flächensatz unmöglich durch irgend welche innere Kräfte hervorgerufen sein. Aus diesem Grunde ist auch eine gewisse Vorsicht angebracht, wenn es bei einem so verdienten Astrophysiker wie Friedrich Nölke in „Der Entwicklungsgang unseres Planetensystems", Ferd. Dümmlers Verlag, Berlin & Bonn 1930 S. 232 heißt: Der große Unterschied zwischen den Umlaufsmomenten der Plane-

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

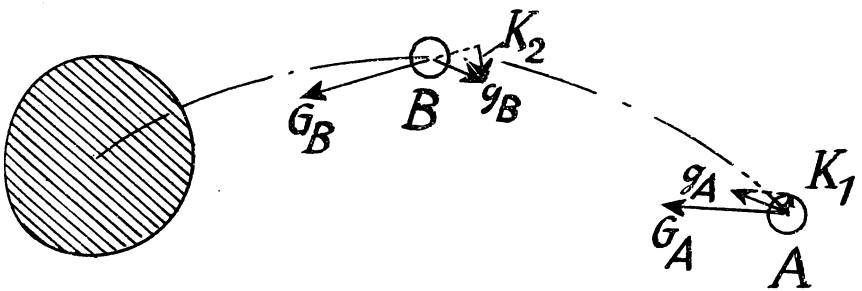


Abb. 3

Abb. 3 Gravitationskräfte und Drehkomponenten bei zwei Massen, welche verschieden weit von einem großen Zentralkörper entfernt sind und deren Radienvektoren miteinander einen Winkel bilden.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

ten und dem Rotationsmoment der Sonne würde sich erklären, wenn man die Annahme macht, daß das Sonnensystem sich aus einem Streifennebel entwickelt habe, der die Form eines langgestreckten S oder der Hälfte desselben besaß.

Wenn ein solcher Nebel zuvor in Ruhe war und an ihm nur die inneren Gravitationskräfte seiner Teile zur Wirkung kamen, so wirkt nach Abb. 3 auf den äußeren Teil (A) allerdings eine tangential zum Radiusvektor gerichtete Komponente K_1 der Schwerkraft, die ihm einen Drehimpuls um den Gesamtschwerpunkt erteilt. Auf den mittleren Teil B wirkt aber ebenso eine entgegengesetzt gerichtete Komponente K_2 der Schwerkraft, die ihm einen entgegengesetzt gerichteten Drehimpuls erteilt. G_A und G_B sind die vom Zentralkörper auf die Massen A und B ausgeübten Anziehungskräfte, die hier keine Rolle spielen, da es sich nur um die Anziehungskräfte g_A und g_B der Massen A B aufeinander handelt. Zu einer Drehung des Gesamtsystems im überall gleichen Sinne kommt es aber nie, ganz gleich, ob man den Streifennebel S förmig oder korkzieherartig oder sonstwie gekrümmt annimmt.

Wenn man eine äußere Ursache für die Umlaufbewegung der Planeten um die Sonne nicht annehmen will, eine innere Ursache aber nach dem Flächensatz unmöglich ist, dann bleibt nur die eine Annahme übrig, daß das Sonnensystem von allem Anfang an, d.h. also von Ewigkeit her, mit dieser Rotation begabt war, daß es also auch von Ewigkeit her bestand. Dem Bestehen von Ewigkeit her widerspricht die Tatsache, daß dem Sonnensystem Jahr für Jahr durch Wärmestrahlung ungeheure Mengen an Energie verloren gehen, und daß in unendlich langer Zeit die

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

Sonne längst völlig erkaltet sein müßte. Weiter steht damit in Widerspruch, daß sowohl aus dem Zerfall radioaktiver Substanzen als auch aus anderen triftigen Gründen das Alter des Sonnensystems zu etwa 5 Milliarden Jahren gefunden wurde, wobei es für unsere Beweisführung gar keine Rolle spielt, wenn das wirkliche Alter nur 1/10 oder 10 mal so groß wäre.

Eine andere Annahme wäre, daß das Sonnensystem durch einen Schöpfungsakt bei seiner Entstehung mit dieser Rotation ausgestattet worden wäre. Damit verläßt man aber den naturwissenschaftlichen Boden, und einer solchen Annahme fehlt überdies jegliche, namentlich jegliche naturwissenschaftliche Beweiskraft.

Mögliche äußere Ursachen für die Entstehung der Umlaufbewegung

Wenn aber nur äußere Ursachen eine Rotation des Sonnensystems bewirkt haben können, so erhebt sich die Frage, welcher Art diese Ursachen gewesen sein können. Eine naheliegende Annahme dürfte sein, daß ein vorbeiziehender Stern den Gasnebel, den wir Ursonne nennen wollen, gestreift, oder exzentrisch angestoßen hat. Andere mögen vermuten, daß statt eines Sterns ein anderer Gasnebel das Streifen bewirkte. Angesichts der ungeheuren Größe des Weltalls und seiner Leere bzw. der fast unermeßlich großen Entfernung der Fixsterne und Gasnebel von der Sonne und aus anderen Gründen erscheinen beide Annahmen recht wenig wahrscheinlich. Es gibt aber noch andere Möglichkeiten:

Man denke sich z.B. einen großen Gasnebel, bei dem an irgend einer exzentrischen Stelle durch irgend einen Vorgang,

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

etwa durch einen nuklearen Vorgang, eine Nova oder Supernova entsteht, bei der der Gasnebel in zwei oder mehr Teile zerrissen wird. Das Entstehen einer solchen Nova ist bekanntlich kein seltenes unwahrscheinliches Ereignis. Wenn aber ein solcher Gasnebel in Teile zerrissen wird, so ist es sehr naheliegend, daß hierbei der eine oder andere dieser Teile, ähnlich wie die Trümmer einer explodierenden Granate, in Rotation um seine eigene Schwerpunktsachse gerät. Erst recht gilt dies, wenn die Explosion, wie es im allgemeinen bei einem solchen Nebel der Fall sein wird, nicht vom Schwerpunkt des gesamten Nebels ausgeht sondern exzentrisch erfolgt. Man wird jetzt vielleicht nach dem Verbleib der andern Teile des Gesamtnebels fragen. Angenommen, alle Teile entfernten sich von einander mit der jetzigen Geschwindigkeit der Sonne im Weltraum, d.h. mit 20 km/s und die Explosion fand vor etwa 5 Milliarden Jahren statt, so sind diese Teile jetzt 667000 Lichtjahre von einander und damit auch von uns entfernt, also viel weiter als die uns nächsten Fixsterne.

Bekannt ist weiter die sogenannte Expansion des Weltalls. Man versteht darunter die durch Beobachtung an Hand der Verschiebung der Spektrallinien festgestellte Tatsache, daß sich die Sterne immer weiter von uns entfernen. Daraus folgt, daß sie zu einem gewissen Zeitpunkt – etwa vor 5 Milliarden Jahren – dicht beisammen waren. Nimmt man als Ursache für das Auseinanderstreben eine Art Explosion an, so ist wieder durchaus verständlich, daß hierbei einzelne Teile, z.B. der Gasnebel Ursonne, eine Rotation um ihre Schwerpunktsachse mitbekamen.

Eine weitere Möglichkeit: Das Sonnensystem ist ein Teil

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

der Milchstraße, die um eine gemeinsame Achse sich dreht. Hierbei entstehen Fliehkräfte. Sind dieselben im Verein mit dem Strahlungsdruck so groß, daß ein Teil aus dem gemeinsamen Ring sich löst, so wird dieser Teil nicht gleichzeitig an seinen beiden Enden den Zusammenhang mit dem Milchstraßenring verlieren, sondern zunächst an einer und dann erst an der andern Stelle. Die Folge ist, daß er durch die Fliehkraft einen Drehimpuls um seinen Teilschwerpunkt erhält und zu rotieren beginnt.

Es werde jetzt nicht die Frage erörtert, welche der angeführten fünf Möglichkeiten oder welche weitere die wirkliche Ursache für das Entstehen der Rotation unseres Sonnensystems ist. Aber ein anderer Punkt ist für die folgenden Ausführungen wichtig. Hatte der Gasnebel Ursonne, als er durch die äußere Ursache in Rotation versetzt wurde, in allen seinen Teilen die gleiche Winkelgeschwindigkeit? Wenn er sich wie ein starrer Körper verhalten würde, wäre diese Frage natürlich zu bejahen. Bei einem Gas kann aber Bewegung auf senkrecht zur Bewegungsrichtung gelegene Teile nur durch Reibung übertragen werden. Bei laminarer Reibung würde die Geschwindigkeit nach einer Parabel abfallen und nicht wie bei der Drehung eines starren Körpers um seine Achse nach einer geraden Linie. Es ist durchaus wahrscheinlich oder richtiger sicher, daß an der oder den Stellen, an welchen die äußere Ursache auf den Gasnebel einzuwirken begann, sich Wirbel bildeten, die sich über die allgemeine Geschwindigkeitsverteilung lagerten.

Es ist aber weiter sehr wahrscheinlich, daß es sich bei der

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

Ursonne um einen Nebelstern handelte, von denen man eine Anzahl kennt. Dieselben zeigen inmitten einer weiten Nebelhülle eine zentrale Verdichtung. Ihr Spektrum ist ein doppeltes. Der Kern liefert ein Absorptionspektrum, die Gashülle ein Emissionspektrum. Der Umstand, daß die Masse der Sonne über 700mal so groß wie die Masse sämtlicher Planeten und ihrer Monde zusammen ist, ist ein Hinweis, daß unser Planetensystem aus der Gashülle eines Nebelsterns hervorgegangen ist.

Wenn aber ein solcher Nebelstern durch eine äußere, also zum Schwerpunkt exzentrisch angreifende Ursache einen Drehimpuls erhielt, so ist klar, daß die äußeren Schichten der Gashülle eine größere Winkelgeschwindigkeit annahmen als der über 700mal massigere Kern, auf den die Bewegung nur durch Gasreibung übertragen werden konnte.

Diesem Standpunkt scheint die Feststellung zu widersprechen, daß die Planeten viel langsamer um die Sonne rotieren als die Sonne um ihre Achse. Die Planeten sind aber von der Sonne losgelöste Massen, für deren Umlaufszeiten vom Zeitpunkt ihrer Loslösung von der Sonne das dritte Keplersche Gesetz gilt. Dieses bezieht sich aber nur auf das Zusammenwirken von Gravitation und Fliehkraft. Sowie noch andere Kräfte, wie Reibung, gleichgültig ob laminare oder turbulante, oder Kohäsion zur Wirkung kommen, ist dieses Gesetz nicht mehr anwendbar.

Verschiedenheit der Winkelgeschwindigkeiten der Sonne in verschiedenen Breiten.

Dagegen wird unser Schluß durch eine weitere sehr wichtige

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

Beobachtung von Adams gerade an der Sonne selbst gestützt. Danach beträgt die Umdrehzeit der Sonne an ihrem Äquator 24,65 Tage, in 40° Breite 27,48 Tage, in 60° 30,93 Tage, in 75^0 33,45 und nahe am Pol 34 Tage. Je näher also die einzelnen Massen der Sonne an ihrer Drehachse liegen, umso langsamer rotieren sie. Der Unterschied ist dabei, wohlgemerkt, nicht unbedeutend, sondern beträgt bis fast 38 v.H. Er beweist zunächst, daß die Sonne sich keineswegs wie ein starrer Körper verhält. Weiter, daß die Ursache für das Entstehen der Rotation sicher von außen gekommen ist und daß der leichten Gashülle, mit der der Nebelstern Ursonne umgeben war, durch eine äußere Ursache eine wesentlich grössere Geschwindigkeit erteilt wurde als dem über 700mal massigeren Kern dieses Nebelsterns. Weiter, daß zwischen den äußeren äquatorialen Teilen der Sonne und ihren nahe der Drehachse gelegenen infolge der verschiedenen Winkelgeschwindigkeiten erhebliche Reibungen auftreten, durch welche die Winkelgeschwindigkeit der äußeren äquatorialen Schichten verringert und die der nahe bei der Achse gelegenen vergrößert wird. Das bedeutet aber, daß vor Jahrmilliarden, d.h. in dem Zeitabschnitt der Loslösung der Planeten von der Ursonne, die Winkelgeschwindigkeit dieser äußeren äquatorialen Teile der Sonne und damit erst recht der Gashülle des Nebelsterns Ursonne, bestimmt beachtlich größer als heute war.

In diesem Zusammenhang sei auf den bekannten Einwand eingegangen, daß das Rotationsmoment $^2/_5 \cdot m \cdot R^2 \cdot \omega$ einer bis zur äußersten Planetenbahn ausgedehnt gewesenen Urson-

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

ne noch heute in dem Umlaufsmoment des Planetensystems vorhanden sein müßte. Das bedeutet aber noch lange nicht, daß die Winkelgeschwindigkeit des Nebelsterns Ursonne zur Zeit der Loslösung der Planeten ohne Rücksicht auf die Entfernung seiner einzelnen Teile von Schwerpunkt genau wie bei einem starren Körper überall gleich groß gewesen sein muß. Wenn schon in der Sonne selbst, und zwar auch jetzt noch, recht beträchtliche Unterschiede in der Winkelgeschwindigkeit je nach dem Abstand von der Drehachse vorhanden sind, so ist dies bei der die Sonne umgebenden Gashülle, die als Gas nur lose mit dem Sonnenkern zusammenhing, infolge der Einwirkung der äusseren Ursache auf diese Gashülle erst recht möglich.

Weiter wird man vielleicht entgegenhalten, daß der Nebelstern Ursonne infolge Abkühlung sich zusammenzog und dadurch seine Winkelgeschwindigkeit vergrößerte. Dieser Einwand kann sich aber nur auf die eigentliche Sonne beziehen und nicht auf die Planeten, die sich von ihr losgelöst hatten und in Bezug auf die Entfernung von der Sonne durch eine Abkühlung der Sonne nicht in ihrer Entfernung beeinflußt wurden, sondern nur durch Gravitation und Fliehkraft. Auch für die Sonne selbst ist dieser an sich hier richtige Einwand nicht so bedeutend wie der zuvor erläuterte Einfluß der Reibung. Wäre nämlich die Winkelgeschwindigkeit der die Ursonne umgebenden Gashülle nicht beachtlich größer gewesen als die jetzige am Sonnenäquator, so hätten sich die Planeten unmöglich von ihr loslösen können, Die Gravitationsbeschleunigung b_g ist nämlich am Sonnenäquator jetzt 273,7m/s^2, während die Fliehbeschleunigung $b_f = \omega^2 \cdot R_S$ 0,00606m/s^2 beträgt. Hierbei ist $\omega = 2{,}95 \cdot 10^{-6}$ und

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

$R_S = 695450$ km. Wenn aber b_g 45000 mal größer als b_f ist, dann ist natürlich ein Loslösen eines Planeten aus dem Leib der Ursonne ganz und gar ausgeschlossen. Erst recht gilt dies, wenn die äußeren äquatorialen Teile der Ursonne zur Zeit der Loslösung der Planeten sich noch langsamer gedreht hätten als jetzt. Dieses Ergebnis ändert sich auch nicht wesentlich, wenn man voraussetzt, daß der Äquatorradius der Ursonne beachtlich größer als jetzt war. Erst dann tritt eine Änderung ein, wenn man die Annahme macht, daß die Ursonne weit über die Bahn des äußersten Planeten hinaus sich erstreckte.

Es scheint übrigens in der Karbonzeit, also vor etwa 260 Millionen Jahren, der Sonnenradius nicht außerordentlich viel größer gewesen zu sein wie jetzt. Man braucht nur zu beachten, daß auf der Erde in 60^0 nördlicher bzw. südlicher Breite eine recht nordländische und in 30^0 Breite eine ausgesprochen tropische Flora herrscht, obwohl hier die Sonnenstrahlung nur ca. 72% größer ist als dort. Wäre aber in der Karbonzeit der Sonnenradius doppelt so groß gewesen wie jetzt, so wäre, gleiche Temperatur der Sonne vorausgesetzt, die Sonnenstrahlung viermal so stark gewesen wie jetzt und hätte damit in den Tropen zu Temperaturen über dem Siedepunkt des Wassers geführt, also eine Vegetation verhindert. Dies war aber offenkundig nicht der Fall, da es auch dort große Kohlenlager gibt.

Weitere Gründe für die früher höhere Winkelgeschwindigkeit.

Daß die Winkelgeschwindigkeit der äußeren Teile der Ursonne im Zeitabschnitt der Planetenablösung noch größer als heute war, dafür sprechen noch weiter folgende Gründe:

1. Genau wie bei der Erde durch den Mond treten bei der Sonne

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

durch den Einfluß der Planeten Gezeitenwirkungen auf, welche die Winkelgeschwindigkeit der Sonne zweifellos verringern. Wenn dies auch im Laufe eines Jahres ein unmeßbar kleiner Betrag ist, so kann er doch im Laufe von etwa fünf Milliarden Jahren, welches ganz roh das ungefähre Alter der Sonne seit der Ablösung der Planeten sein dürfte, zu einem nicht unerheblichen Betrag ansteigen. Maßgebende Astronomen und Astrophysiker kommen bei der Erde zu folgendem Ergebnis: Newcomb findet für die Verlangsamung der Achsenrotation der Erde 8 Bogensekunden in nur 100 Jahren, Adams gibt für sie eine Verlangsamung um eine Stunde in 330 Millionen Jahren an. Nach E. Brown ist eine ebenso große in 825 Millionen Jahren eingetreten. Nach Lotze-Sihler war der Tag in der Karbonzeit um 3–5 Stunden kürzer als jetzt. Wenn diese Zahlen auch unter sich starke Unterschiede aufweisen, so gehen sie doch sämtlich in der gleichen Richtung. Dazu kommt noch, daß die Planeten früher, d.h. vom Loslösungszeitpunkt ab nicht sofort die jetzige große Entfernung von der Sonne besaßen wie jetzt, so daß der Einfluß ihrer Wirkung auf die Gezeiten bei der Sonne früher stärker als jetzt war.

2. Durch das Hereinfallen von Meteoriten wird ebenfalls die Winkelgeschwindigkeit der Sonne ein wenig verringert; denn im Durchschnitt besteht die gleiche Wahrscheinlichkeit, daß Meteoriten in der Rotationsrichtung der Sonne fallen wie entgegengesetzt: im Mittel fallen sie also radial und bremsen damit die Rotation der Sonne.
3. Bei der Sonne sind die sogenannten Protuberanzen bekannt

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

d.h. mit großer Geschwindigkeit herausschießende Gasmassen, die dann wieder zurückstürzen. Da die Sonne aber gleichzeitig rotiert, entsteht die sogenannte Corioliskraft, welche durch tangentiale Ablenkung der Gasmassen Reibung und damit Reibungsarbeit erzeugt, um welch letztere sich die Rotationsenergie der Sonne verringert. Außer den Protuberanzen sind erhebliche Radialbewegungen bei der Sonne vorhanden, wie sie in dem Evershed-Effekt sich mit Geschwindigkeiten von 1 km/s zeigen. Auch sie rufen Reibung und damit Bremsung hervor.

Gewiß sind diese Einflüsse wegen der im Vergleich zu den Planeten ungeheuren Größe der Sonne nicht sehr bedeutend. Sie können aber doch im Verein mit der bereits erörterten inneren Reibung im Sonneninnern, die viel beachtlicher ist, im Laufe von Jahrmilliarden eine sehr beträchtliche Verringerung der Winkelgeschwindigkeit am Sonnenäquator herbeigeführt haben, der eine Erhöhung bei den nahe der Sonnenachse liegenden Teilen gegenüber steht.

Es sei jetzt zu den progressiv zunehmenden Entfernungen der Planeten von der Sonne Stellung genommen:

Das zweite Gesetz von Kepler lautet: Der Radiusvektor beschreibt in gleichen Zeiten gleiche Flächen, d.h. in mathematisch vektorieller Fassung:

1.) $\mathfrak{m} \cdot \mathfrak{v} \mathfrak{R} = C_1$

wobei m die Masse des sich um einen Zentralkörper bewegenden Körpers, $\mathfrak{v}$ seine momentane gerichtete Geschwindigkeit, $\mathfrak{R}$ der gerichtete Radiusvektor und C_1 ein Festwert ist. Falls $\mathfrak{v}$ wie bei einer Kreisbewegung senkrecht

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

auf $\mathfrak{R}$ steht, kann man statt der vektoriellen Größen auch die skalaren Größen v und R einführen, also schreiben:

2.) $m \cdot v \cdot R = C_1$.

Steht $\mathfrak{v}$ nur angenähert senkrecht auf $\mathfrak{R}$ so ist diese Schreibweise ebenfalls durchaus zulässig, weil für kleine Abweichungen des Winkels zwischen $\mathfrak{v}$ und $\mathfrak{R}$ von 90^0 der Cosinus immer noch sehr genau gleich 1 ist. Z.B. ist für 1^0 der Unterschied nur 0,15 0/00, für 3^0 nur 1,57 0/00. Statt 2. läßt sich durch Einführung der Umlaufwinkelgeschwindigkeit $\mathfrak{Q}$ auch schreiben:

3.) $m \cdot \mathfrak{Q} \cdot R^2 = C_1$.

Der Flächensatz gilt für jede Art von Zentralbewegung, auch wenn es sich um keine geschlossene Kurve handelt. Es sei jetzt lediglich der Einfachheit halber angenommen, für alle Planeten sei nach Einwirkung der äußeren Ursache, also zur Zeit ihrer Loslösung von der Ursonne, die Umlaufgeschwindigkeit $\mathfrak{Q}_0$ dieselbe gewesen. Es ist zwar durchaus sicher, daß sie nicht in allen Teilen des die Ursonne umgebenden Gasnebels die gleiche unabhängig von Abstand vom Schwerpunkt gewesen ist: denn dann hätte sich der Gasnebel gegen die auf ihn einwirkende äußere Kraft wie ein starrer Körper verhalten: auch wäre dann nicht einzusehen, woher es kommt, daß bei der Sonne selbst die Winkelgeschwindigkeit mit zunehmendem Breitengrad d.h. mit Verringerung der Entfernung von der Drehachse, abnimmt. Es dürfte klar sein, daß die Winkelgeschwindigkeit der äußeren Schichten des Gasnebelringes, an denen die Ursache direkt angriff, eher größer war als jene der inneren Schichten, und daß sie bei letzteren wieder größer war

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

als am Sonnenäquator. Das zahlenmäßige Verhältnis ist aber leider nicht ohne weiteres festzustellen, weshalb im Folgenden von diesen Unterschieden vorläufig abgesehen und angenommen wird, die Winkelgeschwindigkeit des Gasnebelsterns sei zur Zeit der Loslösung der Planeten in allen Teilen dieselbe gewesen. Diese sicher vorhanden gewesene Verringerung der Winkelgeschwindigkeit mit abnehmender Entfernung von der Drehachse ist aber wohl zu beachten.

Die folgende Tabelle III enthält die nach dem Flächensatz berechnete Entfernung r_0 der Planetennebelringe im Zeitpunkt ihrer Loslösung und zwar a) für die bestimmt zu niedrige Annahme, daß die damalige Winkelgeschwindigkeit Ω_0 gleich der jetzigen (ω_j) am Sonnenäquator war, b) für $\Omega_0 = 2{,}5\,\omega_j$, c) $\Omega_0 = 4\,\omega_j$, d) für $\omega_0 = 16\,\omega_j$ und e) für $\Omega_0 = \frac{1}{2465}\,\omega_j$. In der ersten Zeile ist noch der Grenzradius r_{Gr} angeführt, der aber mit der von Roche nach der Formel $\frac{r}{r_S} = 2{,}44 \cdot \sqrt[3]{\frac{\gamma_S}{\gamma_{Pl}}}$ ermittelten Entfernung eines völlig flüssigen Weltkörpers von seinem Zentralkörper nichts zu tun hat. (In dieser Formel bedeutet r die Entfernung des Planeten von der Sonne, r_S den Äquatorradius der Sonne, γ_S die mittlere Dichte der Sonne und γ_{Pl} die mittlere Dichte des Planeten). Der Grenzradius r_{Gr} ist vielmehr jene Entfernung von der Sonnenachse, in welcher unter Verwendung der an ihrem Äquator ermittelten Winkelgeschwindigkeit der Sonne die Fliehbeschleunigung b_f gerade gleich der Schwerebeschleunigung b_g ist. Sie ergibt sich nach dem 3. Keplerschen Gesetz zu $r_{Gr} = \sqrt[3]{\frac{m_S \cdot f}{\Omega_0^2}}$, wobei m_S die Masse der Sonne und f die allgemeine Gravitationskonstante ist. Es ist $m_S \cdot f = 1{,}322 \cdot 10^{20}$.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

Die vorletzte Spalte e) bezieht sich auf die Annahme, daß der Gasnebel Ursonne bis zur heutigen Neptunentfernung reichte, und daß Neptun bei seiner Zusammenballung zu einem Planeten seine damalige Entfernung unverändert bis zur Jetztzeit beibehielt, d.h. daß auch die Umlaufwinkelgeschwindigkeit des Neptun mit $\Omega = 1{,}2 \cdot 10^{-9}$ sich nicht änderte, daß also die Winkelgeschwindigkeit des ganzen Gasnebelsterns nur 1/2465 der jetzt am Sonnenäquator vorhandenen betrug.

In der letzten Spalte ist zum Vergleich noch die jetzige Entfernung R_j der Planeten von der Sonnenachse eingetragen. Alle Zahlen sind mit 10^9 zu multiplizieren, um die Entfernungen in m zu erhalten.

Tabelle III

$\Omega_\odot/\omega_j$	a 1	b 2,5	c 4	d 16	e 1/2465	R_j
Grenzrad.	24,5	13,45	8,85	3,88	4496	
Merkur	30,4	19,22	15,20	7,6	1540	57,7
Venus	35,7	22,58	17,85	8,92	1900	108,1
Erde	38,60	25,05	19,30	9,65	1958	149,5
Mars	43,1	27,25	21,55	10,78	2162	227,8
Jupiter	58,55	37,02	29,27	14,64	2942	778
Saturn	67,8	42,85	33,90	16,95	3425	1426
Uranus	80,0	50,55	40,0	20,0	4080	2869
Neptun	90,5	57,2	45,25	22,63	4496	4496

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

Gründe gegen die Ausdehnung der Ursonne bis über die jetzige Neptunbahn hinaus.

Aus der vorletzten Spalte (e) würde sich ergeben, daß die Sonne sich von einem Radius von $\sim 1500 \cdot 10^9$m, d.h. von einem etwas kleineren Wert als dem damaligen Merkurabstand entsprach, bis auf den jetzigen Äquatorradius von $0{,}69545 \cdot 10^9$m zusammengezogen hätte, daß also ihr Volumen auf 1/10 eines Milliardstel des Volumens unmittelbar vor der Ablösung zusammengeschrumpft wäre. Dies muß schon mit Rücksicht auf die jetzt noch sehr hohe Temperatur der Sonne als ausgeschlossen gelten.

Dazu kommt weiter noch, daß bei der Annahme $\mathfrak{L}_D = \omega_j/2465$ der Grenzradius gleich dem jetzigen Neptunabstand gewesen wäre, d.h. daß bei allen innerhalb dieses Abstandes gelegenen Massen die Schwerebeschleunigung erheblich größer als die Fliehbeschleunigung gewesen wäre, so daß sich diese nie von der Sonne hätten loslösen können.

Aus den Spalten a bis d folgt im Gegensatz hiezu, daß die Ursonne beim Loslösen der Planetenmassen keineswegs ein ungewöhnlich großes Volumen mit einem Radius gleich dem jetzigen Neptunabstand gehabt haben muß. Es ist durchaus klar, daß bei der Loslösung der Planeten ihr Abstand von der Sonnenachse mindestens etwas größer als der Grenzradius gewesen sein muß. Er braucht aber keineswegs viel größer gewesen zu sein. Weiter ist es selbstverständlich, daß die Loslösungsradien umso größer gewesen sein werden, je größer die jetzige Entfernung der Planeten von der Sonne ist. Die Masse sämtlicher Planeten kann nämlich vor der Loslösung unmöglich in

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

einem Punkt oder einer Kreislinie vereinigt gewesen sein. Ebenso ist es sicher widersinnig, anzunehmen, daß die äußeren Planeten aus einer geringeren Entfernung von der Drehachse aus der Ursonne hervorgegangen wären wie die jetzt viel näher liegenden inneren Planeten.

Die Frage, welche Winkelgeschwindigkeit der Gasnebelring der Ursonne in dem Zeitraum, als sich die Planeten nacheinander von ihr loslösten, gehabt hat, soll zunächst noch nicht entschieden werden. Es möge zunächst genügen, erkannt zu haben, daß sie höher war als die jetzige Winkelgeschwindigkeit der Sonne, und daß es andererseits nicht sehr wahrscheinlich ist, daß sie höher als $4\,\omega_j$ war.

Es sei aber im Folgenden schon jetzt gezeigt, daß eine geradezu unwahrscheinliche Verdünnung des Gasnebels Ursonne vor der Loslösung der Planeten nicht in Frage kommt:

Die Masse der äußeren Planeten zusammen -ohne Pluto, für den verläßliche Angaben dem Verfasser noch nicht bekannt sind- beträgt $2650 \cdot 10^{23}$ kg $\cdot$ s^2/m. Für $\Omega = 4\,\omega_j$ findet sich gemäß Tabelle III der äußere Radius des Ringes der äußeren Planeten, aus dem sich diese gebildet haben, zu $(45{,}25 - 2{,}5) \cdot 10^9$m d.h. gleich dem Loslösungsabstand des Neptun und der halben Differenz zwischen dem Abstand des Neptun und dem des ihm nächsten Planeten Uranus. Der innere Radius dieses Ringes ist $(29{,}27 - 3{,}0) \cdot 10^9$, d.h. dem Abstand des Jupiter minus knapp der halben Differenz zwischen den Enternungen von Jupiter bzw. Mars von der Sonne. Sehr wahrscheinlich war sogar der innere Radius dieses Ringes noch kleiner: aber damit wollen wir uns jetzt nicht aufhalten. Vorausgesetzt sei, daß

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

dieser Ring an allen Stellen senkrecht zur Kreisebene gemessen die gleiche Breite und die gleiche Dichte gehabt habe. Diese Voraussetzung können wir natürlich nicht beweisen; sie ist aber die denkbar einfachste, und irgend eine Voraussetzung über die Massenverteilung muß man treffen, um überhaupt rechnen zu können. Damit ergibt sich das Volumen zu $V = 5490 \cdot 10^{18} \cdot b$ (m^3), wobei b die Breite ist. Rechnet man, da die Gasnebel und Sonnen zu einem großen Teil aus Wasserstoff bestehen, mit einer Dichte gleich der des Wasserstoffs bei 0^0 C und 760 mm Hg, einer eher zu niedrigen Temperatur von 2457^0C gleich $10 \cdot 273^0$ K und einem mittleren Druck von 0,1 kg/cm^2, der eine Annahme ist, der aber in der Mitte bestimmt über und am Rande sicher stark unterschritten wird, so findet sich damit für den Ring eine Breite b = 530 000 km, d.h. das 3,7fache des Durchmessers des größten Planeten Jupiter.

Man kann natürlich den wirklichen Gasnebelring, bei dem Druck und Temperatur nach außen, d.h. senkrecht zur Kreisebene stark abnehmen, durch einen mit gleichem mittleren Radius, gleicher radialer Dicke aber von gleichmäßiger Breite und Dichte sich ersetzt denken, wobei die Masse dieselbe sein soll. Damit ändert sich an der vorausgegangenen Überlegung nichts.

Man findet damit: Die Breite des äußeren Gasnebelringes verhält sich zum Sonnendurchmesser wie 1 : 2,62, während die von anderen Forschern angegebene Dicke der Saturnringe zum Saturndurchmesser sich wie 1 : 6040 verhält. Der Saturn hat also verhältnismäßig viel schmalere Ringe und man kann sicher nicht behaupten, daß sich bei dem Gasnebelring eine unwahrscheinlich geringe Breite ergibt.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

Natürlich ist es unrichtig, sich den Gasnebel zur Zeit der Ablösung der Planetengasringe als Kugel vorzustellen. Man wird vielmehr in Anlehung an die Form der planetarischen Nebel an eine Linsenform denken, wobei aber die Kernmasse 741 mal so groß ist wie die übrige Masse. Man wird jetzt einwenden, daß eine solche Linsenform durch das Zusammenwirken von Schwere- und Fliehbeschleunigung nicht stabil ist. Das ist durchaus richtig: aber es handelt sich bei der Loslösung der Planetenringe ganz bestimmt um keinen stationären Zustand; auch soll der Ausdruck Linse nur eine Vorstellung von der ungefähren Form vermitteln. Es ist z.B. durchaus nicht notwendig, den Gasnebel außerhalb der Ursonnenkugel als einen geschlossenen Ring sich zu denken. Man kann ihn sich auch als einen Arm, der von der Kugel ausgeht, vorstellen, ja sogar, wenn auch viel weniger wahrscheinlich, als zwei oder mehr Arme. Daß eine solche Vorstellung nicht völlig von der Hand zu weisen ist, dafür diene u.a. der Spiralnebel im Großen Bären (M 101) als Beweis. In einem solchen Fall kann natürlich die Dichte erheblich größer als die von uns angenommene sein.

Unter Verwendung des 3. Keplerschen Gesetzes läßt sich für die Planetenentfernung r_o noch eine andere Formel aufstellen. Unter Verwendung der Winkelgeschwindigkeit Ω lautet dieses Gesetz:

4. $\Omega^2 \cdot R^3 = m_S \cdot f.$

Andererseits findet sich durch Quadrieren des Flächensatzes

3a. $\Omega_o^2 r_o^4 = \Omega_j^2 \cdot R_j^4.$

Gl. 4 läßt sich auch wie folgt schreiben:

4a. $\Omega^2 \cdot R_j^4 = m_S \cdot f \cdot R_j.$

Aus 3a und 4a findet sich:

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

5. $r_o = \sqrt[4]{\frac{m_S \cdot f \cdot R_j}{\Omega_o^2}}$ oder $R_j = \frac{\Omega_o^2 \cdot r_o^4}{m_S \cdot f}$,

womit sich wieder die in Tab.III bereits angegebenen Entfernungen r_o ergeben.

Aus dieser einfachen Abhängigkeit der jetzigen Planetenentfernungen von der 4. Potenz ihrer seinerzeitigen Loslösungsentfernung r_o folgt ohne weiteres die stark progressive Zunahme bei den jetzigen Planetenentfernungen, obwohl die Planetennebelringe zur Zeit ihrer Loslösung von der Ursonne noch ziemlich nahe beisammen waren. In Bild 1 sind oben im Maßstab 1 mm gleich $25 \cdot 10^4$ km die Loslösungsabstände der einzelnen Planeten dargestellt für den Fall $\Omega_o = 4\omega_j$; wobei der Radius der Sonne dem Grenzradius entsprechend wiedergegeben ist. Der Vergleich mit den jetzigen Entfernungen der Planeten -unterste Figur- zeigt, daß der jetzige Neptunabstand etwa 100 mal so groß ist wie der für $\Omega_o = 4\,\omega_j$ sich ergebende Loslösungsabstand.

Die wiedergegebene Ableitung zeichnet sich durch besondere Einfachheit aus. Sie hat aber insbesonders gegenüber der Titius–Bode–Reihe den ausschlaggebenden Vorteil, daß sie physikalisch und logisch einwandfrei begründet ist und daß sie, wie man noch weiter sehen wird, eine zahlenmäßige Erklärung der Größe der Achsenwinkelgeschwindigkeiten der einzelnen Planeten liefert.

Gründe für die Vergrößerung der Planetenabstände.

Man wird jetzt vielleicht fragen: Wenn die Planeten als Nebelmassen in anfänglich ziemlich geringer Entfernung von der

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

Sonne waren, warum sind sie dann in dieser Entfernung nicht geblieben? Das 3. Keplersche Gesetz besagt doch, daß für eine gegebene Winkelgeschwindigkeit Ω_0 und einen gegebenen Abstand r_0 von der Sonne gerade Gleichgewicht zwischen der Schwerebeschleunigung $b_g = m_S \cdot f/r_0^2$ und der Fliehbeschleunigung $b_f = \Omega_0^2 \cdot r_0$ besteht d.h., daß $\Omega_0^2 \cdot r_0 = m_S \cdot f$ ist. Dies gilt für die Kreisbahnbewegung. Im vorliegenden Falle überwiegt aber die Fliehbeschleunigung sehr stark die Schwerebeschleunigung, wie man bei der zahlenmäßigen Nachrechnung sofort erkennt. So ist z.B. für Jupiter und $\Omega_0 = 4\omega_j = 1{,}1828 \cdot 10^{-5}$ $b_f = 4{,}11$ m/s^2, während b_g nur 0,155 m/s^2 ist. Die Fliehbeschleunigung ist als ganz bedeutend größer und drängt die Jupitermasse von der Sonne weg.

Man kann weiter die Energiebilanz jedes einzelnen Planeten untersuchen. Wenn sich ein Planet weiter von der Sonne entfernt, leistet er auf Kosten seiner lebendigen Energie entgegen der Anziehungskraft der Sonne Arbeit. Die Rechnung zeigt aber, daß die lebendige Energie in seiner jetzigen Entfernung Rj geringer ist als die um diese Arbeit verringerte lebendige Energie in der Entfernung r_0 von der Sonne. Dies erklärt sich wie folgt:

Genau wie der Mond auf der Erde Gezeiten hervorruft, ruft jeder Planet auf der Sonne Gezeiten hervor, deren Stärke umgekehrt proportional dem Quadrat des Abstandes von der Sonne ist. Bei kleinem Abstand, d.h. solange derselbe nicht vielmals größer als r_0 ist, sind diese Gezeiten infolgedessen wesentlich größer als bei dem jetzigen Abstand R_j. Da die Umlaufwinkelgeschwindigkeiten Ω_0 anfangs d.h. bei Abständen, die noch

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

nicht sehr viel größer als r_0 waren, größer als die Achsenwinkelgeschwindigkeit ω der Sonne war, der Planet also schneller um die Sonne lief als diese sich um ihre Achse drehte, eilte der auf der Sonne durch den Planeten erzeugte Flutberg P_1 dem Planeten nach, wobei sich auf der entgegengesetzten Seite der Sonne ebenfalls ein Flutberg P_2 ausbildete, der aber wegen seiner größeren Entfernung vom Planeten auf diesen einen geringeren Einfluß ausübte. (Vgl. Bild 4.) Der erstgenannte Flutberg P_1 bewirkte eine Verzögerung der Umlaufgeschwindigkeit des Planeten, der zweitgenannte (P_2) eine Beschleunigung, die aber geringer als die Verzögerung war, weil sowohl die Entfernung P_1E kleiner als P_2E als auch der Winkel α_1 größer als α_2 ist. Umgekehrt ergab sich eine Beschleunigung der Sonne -genauer- ihrer äußeren äquatorialen Schichten. Da die Sonne außerordentlich viel größer als der einzelne Planet ist, war die Verzögerung der Umlaufwinkelgeschwindigkeit des Planeten viel größer als die Beschleunigung der Winkelgeschwindigkeit der Sonne. Infolge der vom Planeten auf der Sonne ausgeübten Gezeitenwirkung hat also der Planet etwas an kinetischer Energie verloren, die der Sonne zugute gekommen ist. Dies dauerte aber nur solange, als die Umlaufwinkelgeschwindigkeit Ω des Planeten größer als die Achsenwinkelgeschwindigkeit ω der Sonne war. Hernach, d.h. bei weiterer Entfernung des Planeten von der Sonne, sank nach dem Flächensatz die Umlaufwinkelgeschwindigkeit Ω unter die Achsenwinkelgeschwindigkeit der Sonne, und von da an waren die auf dem Planeten auftretenden von der Sonne herrührenden Gezeiten gemäß Bild 5 wirksam. Da der Planet außer seiner Umlaufbewegung noch

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

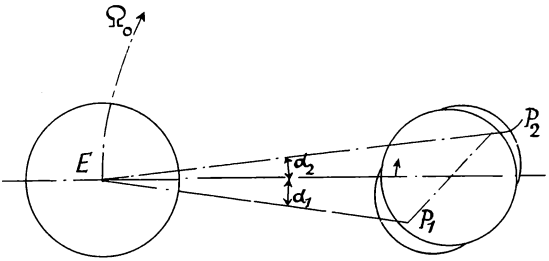


Abb. 4

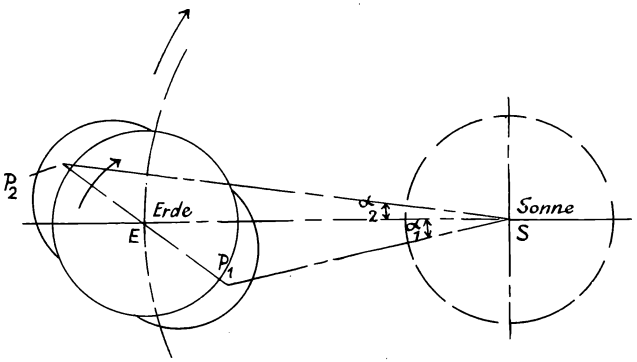


Abb. 5

Abb. 4 Flutberge, durch die Anziehungskraft der Erde auf der Sonne hervorgerufen (der Deutlichkeit wegen sehr stark übertrieben dargestellt).

Abb. 5 Flutberge, durch die Anziehungskraft der Sonne auf der Erde hervorgerufen.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

um seine eigene Achse rotiert und seine Achsenwinkelgeschwindigkeit -mit Ausnahme des Merkur- erheblich größer als seine Umlaufwinkelgeschwindigkeit ist, so eilen die von der Anziehungskraft der Sonne auf dem Planeten erzeugten Flutberge seiner Achsendrehung nach, d.h. sie erreichen ihre höchste Höhe nicht in der Verbindungslinie ES sondern erst später in den Punkten P_1 und P_2. Da die Entfernung P_1S kleiner als die Entfernung P_2S ist, überwiegt die Anziehungskraft des Flutberges P_1. Die Achsenrotation des Planeten verringert sich damit. Da die Anziehungskraft in P_1 etwas größer als jene in P_2 ist und da außerdem der Winkel α_1 größer als α_2 ist, bleibt ein Antrieb für den Planeten (E), also eine Umlaufgeschwindigkeitserhöhung, welche wieder eine Vergrößerung des Abstandes von der Sonne bewirkt. Diese Einflüsse sind bei den von der Sonne weit entfernten äußeren Planeten geringer und bei Venus und Merkur infolge ihres geringeren Bahnabstandes entsprechend größer, so daß deren Achsdrehgeschwindigkeiten im Gegensatz zu den äußeren Planeten stark verringert wurden (bei Merkur bis auf die Umlaufwinkelgeschwindigkeit).

Neben den Gezeiten ist bei der Energiebilanz noch die Viskosität des Gasnebels zu beachten, die der Loslösung der Nebelringe von der Ursonne entgegenwirkt und zu deren Überwindung Arbeit auf Kosten der lebendigen Energie geleistet werden muß. Außerdem sind beim Loslösen sicher auch Wirbel entstanden, die sich durch innere Reibung aufzehrten, aber ebenfalls einen Verlust an lebendiger Energie bewirkten. Leider sind beide Einflüsse einer zahlenmäßigen Untersuchung heute noch kaum zugänglich.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben, download unter www.zobodat.at

Der Vollständigkeit halber wäre noch der Strahlungsdruck zu erwähnen, der aber nur solange in Frage kommen könnte, als es sich um einen ganz fein verteilten Gasnebel handelt. Da die Planeten nach der Loslösung sich rasch abkühlten und keine leuchtenden Gasmassen mehr waren, dürfte der Strahlungsdruck kaum eine Rolle spielen.

(Fortsetzung folgt)

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Abhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins Schwaben

Jahr/Year: 1957

Band/Volume: 12

Autor(en)/Author(s): Geiger Josef

Artikel/Article: Zur Dynamik unseres Planetensystems 65-102