

SE 8739-A

Prof. Dr. R. Klebelsberg  
Geolog. Institut der Universität  
INNBRUCK

**Sonder-Abdruck**

aus Jahrgang 1926 Heft 2 des

**S I R I U S**

**Rundschau der gesamten Sternforschung für  
Freunde der Himmelskunde und Fachastronomen**

Herausgegeben von Dr. Hans-Hermann Kritzinger in Dresden  
unter Mitwirkung von

Studienrat R. Sommer, Berlin und J. Rakowitz, Bodenbach

**VERLAG VON EDUARD HEINRICH MAYER, LEIPZIG, Hospitalstraße 10**

**Geologische Daten betreffend Energiehaushalt und Barysphäre  
der Sonne.**

Von Prof. Robert Schwinner-Graz.

Eine der wichtigsten Folgerungen, welche aus den Daten der Geologie für die Astrophysik gezogen werden kann, ist die einer Konstanz der Sonnenstrahlung für sehr lange Dauer. Die ältesten Lebewesen, die uns überliefert sind, waren größtenteils an Organisation — wie neuestens die vorzüglich erhaltenen Fossilien des mittelkambrischen Burgess-Schale erkennen lassen — ident mit Familien, die noch heute im Meer leben. Es sind Medusen, Krebstiere, Würmer, Brachiopoden, Gastropoden usw., hochspezialisierte Formen, die nicht am Anfang des Lebens stehen, sondern bereits eine lange Entwicklung voraussetzen; und die in ihren Lebensansprüchen von denen ihrer heutigen Verwandten wenig abweichen können: die Temperatur des Meeres, in dem sie gelebt haben, kann nur etwa von  $0^{\circ}$  bis  $30^{\circ}$  C schwanken. Der Spielraum für die theoretische mittlere Strahlungstemperatur der Erde ist geringer, als der für die Temperatur an der Erdfeste: ein Teil des Spielraumes wird für die Klimate aufgebraucht, die nach der vollständigen Besiedlung der Erde zu schließen, im Kambrium fast in allen Breiten das erwähnte Tierleben ermöglichten; und dazu muß man erwägen, daß z. B. eine Ab-

kühlung Wasserdampf aus der Atmosphäre ausfallen läßt und daher wegen Verminderung des Wärmeschutzes die Senkung der Bodentemperatur auf das Doppelte der Verminderung der planetarischen Strahlungstemperatur geschätzt wird. Dieser Mittelwert kann also vom Beginn des uns bekannten Lebens (Palaeozoikum) ab nur um wenige Grade geschwankt haben, für Überschlagsrechnungen ist er als konstant anzusehen. Das muß auch für die andere Seite der Bilanz gelten, die Zustrahlung von der Sonne (daß Erdwärme u. dgl. nicht ins Gewicht fällt, brauche ich hier wohl nicht zu begründen); weiter aber auch für die Gesamtausstrahlung der Sonne überhaupt, denn es wäre recht unwahrscheinlich, daß große Schwankungen in der Intensität der Sonnenstrahlung durch andere Einflüsse (z. B. säkulare Änderung des Erdbahnradius, absorbierende kosmische Staubwolken usw.) so genau kompensiert worden wären, daß die Erde immer die gleiche Wärmemenge empfangen hätte, und das so ungeheuer lange Zeiten durch. Wir können nämlich die Zeit, um die es sich hier handelt, vom Auftreten höher organisierten Lebens (d. i. vor Kambrium) bis heute nach den Feststellungen über das Alter

Geol.B.-A. Wien



archaischer radioaktiver Mineralbildungen auf rund 500 Millionen Jahre schätzen. Eine gewisse Unsicherheit muß zugegeben werden, besonders weil die Pb/U-Methode<sup>1)</sup> systematisch zu große Werte gibt, doch ist nach allen anderen Überschlagsrechnungen die untere Grenze beträchtlich über 100 Millionen Jahre zu setzen.

Wie kann die Energieausgabe der Sonne gedeckt werden? Alter Vorrat an Eigenwärme und gewöhnliche chemische Prozesse scheiden wegen Unzulänglichkeit gleich aus, ebenso aber die radioaktiven: auch wenn die Sonne aus purem Uran wäre, würde das den Strahlungsverlust nicht decken können. Und wie sollte es hineinkommen? Was im Weltenraum verstreut herumfliegt, ist wenig oder gar nicht radioaktiv. Und von Anfang an, da das Sonnensystem zuerst als Individuum auftritt, kann es auch nicht drin sein. Wenn wir für einen Teil der Geschichte der Erde schon 10<sup>9</sup> Jahre rechnen müssen, wäre es da schon längst völlig abgebaut. Wollen wir aber Materie mit sonst nicht bekannten Eigenschaften annehmen, so ist viel wahrscheinlicher, daß diese gerade im Sterninnern entsteht (bzw. besser: neugeformt wird).

Die einzige Hypothese, die formal befriedigt, ist die Helmholtz'sche. Bildet man das Selbstpotential eines Himmelskörpers —  $\Phi = \sum \sum \frac{dm_1 dm_2}{r_{12}}$ , so gibt das gleichzeitig die mechanische Arbeit, welche seine Teilchen bei Kontraktion aus  $\infty$ , praktisch genügend: aus sehr feiner Verteilung geleistet haben. Ein Teil dieser Arbeit wird zur Erhöhung des Energieinhaltes des Körpers verbraucht, der Rest (bei einatomigen Gasen die Hälfte) als strahlende Wärme abgegeben. E m d e n<sup>2)</sup> hat seinerzeit

<sup>1)</sup> Die sich auf die Umwandlung der radioaktiven Substanzen stützt. Red.  
<sup>2)</sup> R. E m d e n, Gaskugeln. Leipzig 1907.

das Selbstpotential der Sonne (als isotrop geschichtete Kugel aus einatomigen Gas) berechnet mit —  $\Phi = 7.3921 \cdot 10^{40}$  g cal, was die Strahlungsverluste für 6.3 · 10<sup>6</sup> Jahre decken sollte. Da E. noch mit Solarkonstante = 4 rechnete, ist letztere Zahl etwa zu verdoppeln, aber auch das reicht nicht im entferntesten. Daß man  $\Phi$  durch Erhöhen der Mittelpunktdichte auf jede Ziffer bringen kann, haben E. und andere gewußt, aber niemand wagte die anscheinende physikalische Ungeheuerlichkeit. Neuestens ging aber die Nachricht in die Öffentlichkeit, daß aus gewissen Beobachtungen für den Siriusbegleiter eine Dichte von ca. 50 000 folgen würde<sup>1)</sup>; da kann jene Rechnung gewagt werden<sup>2)</sup>.

Bei einer Intensität der Strahlung wie heute verliert die Sonne im Laufe eines siderischen Jahres 2.8767 · 10<sup>33</sup> g cal oder 1.2051 · 10<sup>41</sup> Erg [41.08 101]. Diese Strahlung ist nun konstant geblieben für die geologisch belegte Zeit von 500 Millionen Jahren. Auch früher muß — wenn auch weniger — Energie ausgestrahlt worden sein. Von der Kontraktionsarbeit kann nur ein bestimmter Teil zur Strahlung verwendet werden. Wir wollen nach dem oben gegebenen Beispiel des dissoziierten Gases annehmen, daß dieser Bruchteil bei den hohen Temperaturen groß ist, und daß wir beides hinreichend berücksichtigen,

<sup>1)</sup> A d a m s, W. S., The relativity displacement of the spectral lines in the companion of Sirius. Proc. Nat. Acad. Sci. Washington July 1925, vol. 11, N. 7, 382—387.

<sup>2)</sup> Zur leichteren Kontrolle setze ich hierher die benutzten Konstanten:  
 Mittl. Abstand der Sonne  
 1.494 · 10<sup>13</sup> cm ..... log 13.17435  
 Masse der Sonne M =  
 1.98307 · 10<sup>33</sup> g ..... 33.29733  
 Gravitationskonstante  
 G = 0.6676 · 10<sup>-8</sup> ..... 0.82454—8  
 Solarkonstante (1.95), d. i.  
 0.0325 g cal/cm<sup>2</sup>, sec ..... 0.51188—2  
 Wärmeäquivalent 1 g cal =  
 4.189 · 10<sup>7</sup> Erg ..... 7.62211  
 Siderisches Jahr 3.1558 · 10<sup>7</sup> sec 7.49911

wenn wir den Strahlungsverlust verdoppeln. Wir hätten dann zu setzen:

$$-\Phi = 1,2051 \cdot 10^{50} \text{ Erg.}$$

Wir nehmen nun an, daß die Masse  $M_1 = \delta \cdot M$  in einem Kern von konstanter Dichte  $\rho_1$  und dem Radius  $R_1$  vereinigt wäre. Auf der Erde ist die Atmosphäre  $\frac{1}{10^6}$  der Gesamtmasse. Wir wollen auf der Sonne die Gashülle mit 1% taxieren und nehmen also  $\delta = 0,99$ . Das Selbstpotential einer Kugel konstanter Dichte ist

$$-\Phi = \frac{3}{5} G \cdot M_1^2 \cdot \frac{1}{R_1}.$$

Daraus folgt

$$R_1 = \frac{3}{5} G \cdot M^2 \cdot \delta^2 \cdot \frac{1}{(-\Phi)}.$$

Somit ist der Radius des Kernes, der Barysphäre der Sonne:

$$R_1 = 12\,812 \text{ km.}$$

Die Dichte ergibt sich aus

$$\rho_1 = \frac{3 M \delta}{4 \pi R_1^3} \text{ mit } \rho_1 = 222\,850.$$

Mit der Dichte, die für den Siriusbegleiter angegeben wurde ( $\rho = 50\,000$ ) kann sofort Koinzidenz hergestellt werden, wenn man  $\Phi$  auf  $\frac{1}{1,6}$  verkleinern würde. Das ließe sich ohne weiteres rechtfertigen; denn wie schon erwähnt, wird die Zeit aus dem Pb/U-Verhältnis systematisch zu hoch bestimmt. Vielleicht kann bei so hohen Temperaturen auch über die Hälfte der Kontraktionsarbeit abgegeben werden. Aber ich glaube, man kann mit der Korrektur noch warten. Wenn  $\rho = 50\,000$  Durchschnitt ist, erscheint eine Mittelpunktdichte  $\rho_1 = 200\,000$  auch nicht unmöglich. Mit der andern Ziffer dagegen ( $\delta$ ) darf man nicht viel ändern; denn in  $\rho_1$  kommt  $\delta^{-5}$  vor! Also kleiner, sehr schwerer Kern, sehr leichte Gashülle!

Übrigens die möglichen Verbesserungen zu diskutieren, ist noch verfrüht; es war nicht Absicht und Aufgabe, mehr zu geben, als eine Andeu-

tung, daß und wie auf diesem Gebiete Daten aus Geologie und Astronomie in Verbindung gebracht werden könnten, wobei beide Wissenschaften Nutzen finden könnten. Für die Geologie ergäbe sich der Nutzen, die immer etwas bedenklichen Zeitbestimmungen aus den radioaktiven Mineralien durch eine unabhängig ermittelte obere Grenze zu kontrollieren, überhaupt für das bisher in nebelhafter Ferne verschwindende Archaikum (Azoikum) einen wohldefinierten Anschluß an die Astrophysik zu gewinnen. Für die Astronomie ist es wohl in erster Linie wertvoll, daß die immerhin bedenklichen Annahmen von Dichten um 50 000 durch einen neuen, ganz unabhängigen Gedankengang gestützt werden können. Außerdem, daß sich hier aus rein geologischen Daten eine Ziffer für die Dauer eines astrophysikalisch wohl definierten Abschnittes der Entwicklung der Sonne ergibt.

Weiter wird man wohl annehmen dürfen, daß die Entstehung der bez. „Schwerelemente“ einsetzt, sobald der Mittelpunktsdruck des sich zusammenziehenden Gasballes eine gewisse Größe erreicht hat. Mit Einsetzen der Kondensation muß neuerlich der Druck steigen usf.: der Vorgang beschleunigt sich selbst, solange es noch Kondensierbares gibt; damit muß also eine rasche, fast sprungweise Verkleinerung des Volumens und ebensolche Beschleunigung der Rotation verbunden sein: das ist der gegebene Moment, wo ein Planet (Trabant) abgeschleudert wird, ein Vorgang, der mit der langsamen, stetigen Beschleunigung der Rotation immer schwer vereinbar war. Daß die Planeten mit Trabanten sich schnell drehen, trotz der zweifachen Flutbremse, während bei Venus und Merkur die Rotation der Revolution angeglichen ist, spricht auch für derartige außergewöhnliche Impulse, und das Größenverhältnis zwischen Haupt-

und Tochterkörper stimmt genau zu dem, was die Theorie<sup>1)</sup> für den Fall einer sehr schweren Masse im Zentrum postuliert. Offenbar führte die Temperatur-Druckkurve im Sonneninnern über mehrere Umwandlungspunkte: jeder Bildung eines neuen Schwerelementes drinnen, entsprach Abtrennung eines Planeten außen, deren Zahl und Abstände — deren regelmäßige Reihe schon lange aufgefallen ist — sich somit aus der Atomphysik erklären sollten. Auch auf den großen Planeten langte der Druck noch zur Kondensation von einigen Schwerelementen. Auf der Erde kam das nur einmal zustande und nach dem Größenverhältnis des Mondes zur Erde war da vorher noch kein schwerer Kern vorhanden — es ist der einzige Fall nach Darwin-Poincaré. Bei Merkur, Venus langte es überhaupt nicht mehr, z. T. wegen Kleinheit, z. T. vielleicht auch,

<sup>1)</sup> Hillebrand, R., Analyse der Laplace'schen Kosmogonie. Denkschr. Ak. d. Wiss. Wien 96. Bd. Wien 1919. Math. nat. Kl., S. 391—436.

weil die kondensierbaren Stoffe bei ihrer Abtrennung bereits im Sonnenkern konzentriert waren. Weitere Probleme für Geo- und Astrophysik bringt der so über Erwärmen schwere Kern. Wenn die Haupterzeugung von Kontraktionsenergie ganz im Zentrum der Himmelskörper stattfindet, dann müssen die steigenden Temperaturgradienten auch bis zum Mittelpunkt durchlaufen. Das gibt unbedingt Temperaturen, die man bisher zu nennen vermieden hat; es wird Sache der Atomphysik sein, diese gleichzeitig mit den enormen Dichten, mit denen sie vermutlich genetisch zusammengehören, in den Bereich der Denkbarekeit zu rücken. Auch die geringe Abplattung und ungleiche „Rotation“ von Sonne, Jupiter wird als Erscheinung einer Gashülle über kleinem schwerem Kern zu untersuchen sein. Zweifellos wird diese anfangs chokierende Vorstellung von  $\rho > 50\,000$  auch weiter noch in Umbildung und Konsolidierung unserer Vorstellungen über das Sonnensystem sich fruchtbar erweisen.