

Strahlung und Temperatur der Sonne.

Von Dr. A. Schellier.

Die Sonnenstrahlung transportiert ungeheure Energiemengen in den Weltenraum. Ein äusserst geringer Bruchteil dieser Strahlung gelangt auf die Erde, wird von ihr aufgefangen und bildet für unseren Planeten die Quelle jedes Lebens, die Ursache jeder mechanischen Arbeit. Wenn schon aus diesem Grunde jede Betrachtung über die Sonnenstrahlung von allgemeinem Interesse ist, so bietet sie andererseits auch die Möglichkeit, Schlüsse über die physikalische Konstitution unseres Zentralkörpers zu ziehen, insbesondere Schlüsse über die Konstitution der Photosphäre, die nach dem gegenwärtigen Stande der Sonnenforschung als Ausgangsschicht für die Strahlung zu betrachten ist.

Die von der Sonne emittierten Strahlen gehören sämtlichen Wellenlängen an und sind demnach entsprechend den von der Wellenlänge abhängenden spezifischen Äusserungen der Strahlung in verschiedener Weise wirksam. Die Strahlen mittlerer Wellenlänge werden vom Auge als Licht empfunden, die Strahlen kleiner Wellenlänge zeichnen sich durch ihre chemische Wirksamkeit aus, sie wirken auf die photographische Platte, die Strahlen grosser Wellenlänge endlich zeigen thermischen Effekt, sie werden als Wärmestrahlung fühlbar. Eine Betrachtung über die Strahlung der Sonne wäre also für jeden durch seine besondere Wirksamkeit ausgezeichneten Strahlungskomplex getrennt anzustellen und nach den Gesichtspunkten der optischen, thermischen und chemischen Wirksamkeit zu gliedern.

Im folgenden sei zunächst die Wärmestrahlung behandelt und die Frage der Temperaturbestimmung jener Oberflächenschicht der Sonne, die man als Ausgangsschicht der Strahlung zu betrachten hat, also der Photosphäre, erörtert.

Die ersten Versuche die Strahlungsenergie der Sonne experimentell zu bestimmen, reichen bis in den Beginn des 18. Jahrhunderts zurück. Sie sind gegenwärtig meist nur von historischem Interesse und seien hier nur kurz erwähnt:

1729 war es der französische Gelehrte Bouguer, 1760 der bekannte deutsche Physiker Lambert, der Begründer der Photometrie,

1825 der berühmte englische Astronom John Herschel, die sich mit dieser Frage beschäftigten. Von besonderem Interesse sind die Messungen Herschels, welcher auf Grund von Beobachtungen, die er am Kap der guten Hoffnung ausführte, die Möglichkeit einer Verschiedenheit der Sonnenstrahlung auf der nördlichen und südlichen Hemisphäre nachweisen wollte. Der erste in der Reihe der Physiker und Astronomen, dessen Versuche begründeten Anspruch auf Genauigkeit erheben können, war 1835 Pouillet, der für seine Messungen einen eigens für diese Zwecke konstruierten Apparat, das Pyrheliometer, anwandte.

Die Resultate, die diese ersten Versuche über die von der Sonne ausgestrahlte Wärmemenge lieferten und speziell die aus ihnen auf rechnerischem Wege hergeleiteten Werte für die Temperatur der Sonne waren jedoch einander so widersprechend, dass lange Zeit hindurch diese Aufgabe der Astrophysik als die unbefriedigendste galt, ja selbst als eklatantes Beispiel unexakter Forschung hingestellt wurde. Die grosse Verschiedenheit, welche die gefundenen Werte aufwiesen, — die Sonnentemperatur lag darnach zwischen 1500 und 10 Millionen Graden — zeigte, dass es wohl nicht so sehr Fehler in der Art und Ausführung der Beobachtungen waren, denen die Ursache für die Ungenauigkeit der Resultate zugeschrieben werden konnte, als vielmehr prinzipielle Fehler der theoretischen Gesetze, welche der Berechnung zugrunde gelegt wurden. Die mangelhafte Kenntnis von der Konstitution der Sonne, vor allem aber von den Beziehungen, welche zwischen der Temperatur des strahlenden Körpers und der Grösse der Strahlung bestehen, wirkten verfälschend auf die gewonnenen Resultate ein. Erst als in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts durch Kirchhoff die Spektralanalyse entdeckt wurde, erst seitdem man die Mittel hatte, durch Versuche über das Verhalten der Körper in Bezug auf Abhängigkeit zwischen Temperatur und Menge der ausgestrahlten Wärme einerseits, andererseits zwischen Temperatur und den Wellenlängen der ausgesandten Strahlen genauere Kenntnis dieser grundlegenden Gesetze zu erlangen, erhielt man auch die Möglichkeit, dem Problem in exakter Weise näher zu treten.

Die Aufgabe um die es sich bei Bestimmung der Temperatur der Sonne handelt, lässt sich an einem aus dem täglichen Leben gegriffenen Beispiel in zutreffender Weise erläutern: In einem Zimmer steht ein Ofen. Der Ofen wird geheizt und erwärmt die ihn umgebende Luft des Zimmers. In einiger Entfernung vom Ofen befindet sich ein Thermometer, das mit zunehmender Zimmertemperatur steigt. In welcher Weise lässt sich nun aus den Angaben des Thermometers auf die Temperatur des Ofens schliessen? Bei beiden Aufgaben handelt es sich zunächst da-

rum die Wärmemenge zu messen, die in einer bestimmten Zeit abgegeben wird, von der Sonne an die Erde, vom Ofen an die ihn umgebende Luft. Weiter ist die Kenntnis notwendig, wie die Grösse der Wärmeabgabe von der Temperatur des abgebenden Körpers abhängt, welches also die Beziehungen zwischen Grösse der Strahlung und Temperatur des strahlenden Körpers sind. Erst wenn diese Frage sei es auf Grund experimenteller, sei es auf Grund theoretischer Untersuchungen gelöst ist, kann man daran gehen, aus der gemessenen Menge ausgestrahlter Wärme auf die Temperatur des strahlenden Körpers zu schliessen. Weiter muss in Betracht gezogen werden, dass ein eiserner Ofen anders wirkt, als ein Kachelofen, dass ein eiserner Ofen mehr Wärme abgibt, ein grösseres Strahlungsvermögen besitzt, als ein Tonofen, und dass beide Öfen wieder anders wirken, wenn sie ein Schirm umgibt. Dann wird man sich auch fragen müssen, für welchen Teil des Ofens die Temperatur bestimmt werden soll, da ja einleuchtend ist, dass die Aussenseite des Ofens, seine Oberfläche, eine andere Temperatur besitzt als die, welche im Innern des Ofens herrscht. Dieselben Fragen muss man sich auch in Bezug auf die Sonne vorlegen. Nicht alle Teile ihrer Oberfläche werden gleiche Temperatur haben, werden dieselbe Wärmemenge ausstrahlen. Die Teile der Sonnenoberfläche, welche uns mit Flecken und Fackeln bedeckt erscheinen, werden anders wirken als die flecken- und fackelfreien. Ebenso ist anzunehmen, dass im Inneren des Sonnenkörpers eine andere Temperatur herrschen wird als an der Oberfläche. Schliesslich ist noch in Betracht zu ziehen, dass die ausgesandten Strahlen in der die Sonne umgebenden Atmosphäre eine verschiedene Absorption, eine Schwächung, erleiden werden: die Randstrahlen eine grössere, da der Weg, den sie durch die absorbierenden Schichten zurückzulegen haben, länger, die von der Mitte der sichtbaren Sonnenoberfläche ausgehenden eine geringere, weil für sie der Weg kleiner ist. Es erscheint demnach bei Behandlung des Problems als eine der wichtigsten Vorbedingungen die Beantwortung der Fragen: Wie hat man sich die Sonne vorzustellen, welchen ihrer Teile hat man als den Wärme spendenden zu bezeichnen, was versteht man überhaupt unter der Temperatur der Sonne.

Nach der heute wohl allgemeinen geltenden Anschauung haben wir uns die Sonne als einen ungeheueren glühenden Gasball vorzustellen, dessen Temperatur im Inneren grösser ist und nach aussen hin abnimmt. Ähnlich wie in der Erdatmosphäre die Wolkenbildung eintritt, haben sich auf der Sonne in einer gewissen Höhe die glühenden Gasmassen zu einer den Gasball umgebenden wolkenähnlichen Hülle verdichtet. Diese Schichte,

die Photosphäre, bildet die uns sichtbare Begrenzung des Sonnenballs und sie haben wir als die Ausgangsschichte der Licht- und Wärmestrahlung zu betrachten. Daraus ist zu ersehen, dass man von einer Temperatur der Sonne schlechtweg nicht sprechen kann, dass es notwendig ist, den Begriff der Sonnentemperatur zu lokalisieren. Was als Temperatur der Sonne bezeichnet werden kann, ist bloss die Temperatur jener Schichte, von welcher die Wärmestrahlung ausgeht, also der Photosphäre. Unsere Aufgabe muss sich demnach zunächst darauf beschränken, die Temperatur der Photosphäre zu bestimmen. Aber damit sind die Schwierigkeiten, welche sich der blossen Formulierung des Problems gegenüberstellen, noch nicht behoben. Es sei nochmals an unser Beispiel erinnert, an die verschiedene Wirkungsweise eines Eisen- und eines Tonofens, die beide auf die gleiche Temperatur gebracht, verschiedene Wärmemengen austrahlen, Eisen mehr, Ton weniger. Wenn zwei Körper etwa Metall und Glas in der gleichen Flamme erhitzt werden, besitzen sie dieselbe Temperatur, aber ihr Wärmestrahlungsvermögen, ihr Emissionsvermögen ist verschieden, das Emissionsvermögen des Glases ist um sehr viel geringer als das des Metalls. Wenn es sich nun darum handelt aus der Menge an ausgestrahlter Wärme auf die Temperatur des glühenden Körpers zu schliessen, dann ist die Kenntnis des Emissionsvermögens von grösster Wichtigkeit. Nimmt man dieses zu hoch an, erhält man zu niedrige Temperaturen, wählt man es zu klein, dann kommt man auf Temperaturen, die ihren wahren Wert übersteigen. Will man also die Temperatur der Sonne aus Messungen der ausgestrahlten Wärme bestimmen, dann tritt als zweite Vorbedingung die Erledigung der Frage auf: Wie gross ist das Emissionsvermögen der Photosphäre? Bei Beantwortung dieser Frage stösst man auf Schwierigkeiten, die durchaus unüberwindlich sind. Die Zusammensetzung der Photosphäre, die Art der glühenden Teilchen, welche sie bilden, und, worauf es in unserem Falle besonders ankommt, ihr Emissionsvermögen ist ganz unbekannt. Aber auch für den Fall, dass sämtliche Elemente, welche den glühenden Sonnenball bilden, bekannt wären, und wenn es auch gelingen würde, durch Laboratoriumsversuche das Emissionsvermögen der einzelnen Elemente experimentell zu bestimmen, könnte ein für die Sonne giltiges mittleres Emissionsvermögen nicht ermittelt werden. Die Temperaturen, welche wir mit unseren irdischen Hilfsmitteln herzustellen imstande sind, liegen jedenfalls beträchtlich unter jener, welche auf der Sonne herrschen mag. Es würde nicht angehen auch für eine so hohe Temperatur dasselbe Verhalten der die Sonne zusammensetzenden Elemente anzunehmen, wie es aus Versuchen bei niedrigeren Temperaturen

zu ermitteln wäre. Man ist so gezwungen, wenn man überhaupt in dem Problem weiter kommen will, Annahmen über das Emissionsvermögen zu machen.

Die einfachste Annahme ist, das Ausstrahlungsvermögen der Einheit gleich zu setzen, d. h. das Emissionsvermögen der Sonne dem eines vollstrahlenden oder, wie man in der Wärmelehre sagt, vollkommen schwarzen Körpers gleich zu setzen. Als einen solchen vollkommen schwarzen Körper definiert man jenen, welcher, ebenso wie er alle auf ihn fallenden Strahlen absorbiert, keinen reflektiert oder gar durchlässt, auch seinen ganzen Wärmeinhalt an seine Umgebung abgibt, also vollstrahlend ist. Unter dieser Annahme erhält man für die Temperatur einen kleinsten Wert, ein Minimum, während jede andere Annahme, derzufolge das Emissionsvermögen kleiner ist, höhere Temperaturen liefern würde. Die so definierte Sonnentemperatur bezeichnet man als die effektive Temperatur der Sonne und hat also unter ihr jene zu verstehen, welche ein vollstrahlender Körper hätte von gleichem scheinbaren Durchmesser, wie ihn die Sonne hat, und gleichem Strahlungseffekte.

Es wurde bereits erwähnt, dass die ersten verlässlichen Messungen der strahlenden Sonnenwärme von Pouillet herrühren, der durch die Konstruktion eines besonderen Apparates, des Pyrheliometers, sich von den Fehlerquellen freizumachen suchte, welche den früheren Versuchsreihen anhafteten. Die Konstruktion dieses Pyrheliometers ist eine sehr einfache. Ein beiderseits geschlossenes zylindrisches Gefäss aus Silberblech, dessen eine Bodenfläche berusst ist, ist mit etwa 100 g Wasser gefüllt. Das Gefäss wird gegen die Sonne gerichtet, so dass die Strahlen senkrecht auf die berusste Fläche auffallen.

Die Temperaturerhöhung des Wassers wird mittelst eines in das Wasser hineinragenden Thermometers abgelesen, und aus ihr dann die Wärmemenge berechnet, welche die Sonnenstrahlung dem Wasser zugeführt hat. Diese prinzipielle Form des Apparates wurde auch bei den späteren Versuchen der Hauptsache nach beibehalten, bloss die Anordnung wurde vielfach geändert, bis schliesslich das Instrument durch den schwedischen Physiker Angström (1887) eine Ausführung erhielt, welche die Versuche von dem Einfluss verschiedener Fehlerquellen, unter denen die Bestrahlung von seiten der den Apparat umgebenden Gegenstände wohl die grösste ist, frei macht. In der Hauptsache besteht der Angströmsche Apparat aus zwei nebeneinander montierten Pouillet'schen Pyrheliometern. Während das eine der Einwirkung der Sonnenstrahlen ausgesetzt wird, wird das andere durch einen Schirm geschützt. Die Thermometer sind durch Thermolemente ersetzt, welche an der Rückseite der Apparate

eingeschraubt, in Verbindung mit einem empfindlichen Galvanometer die Temperatur genau zu bestimmen gestatten. Während nun der eine Apparat durch die Sonnenstrahlung erwärmt wird, erhält der zweite eine gleiche Erwärmung durch die Zuführung eines elektrischen Stroms. Durch entsprechende Regulierung der Stromstärke ist es dann möglich, beide Apparate auf die gleiche Temperatur zu bringen, was sich durch gleiche Ausschläge am Galvanometer erkennen lässt. Daraus kann dann gefolgert werden, dass die beiden Apparaten zugeführten Wärmemengen gleich sind: Man misst die Energie der Sonnenstrahlung durch die Energie des elektrischen Stroms. Der Vorzug dieses Apparates besteht in der vollständig symmetrischen Anordnung, vor allem aber in der gleichen Temperatur der beiden Teile des Instruments. Dadurch wird eine Reihe von störenden Einflüssen unschädlich gemacht, so die bereits erwähnte Bestrahlung des Apparates seitens der ihn umgebenden Gegenstände, weil alle diese störenden Einflüsse auf beide Teile, den von der Sonne bestrahlten und den nicht bestrahlten, in gleicher Weise einwirken.

Mit dem eben beschriebenen Instrumente, dem Angströmschen Pyrheliometer vermag man mit verhältnismässig geringer Mühe die Wärmestrahlung der Sonne ihrem absoluten Betrage nach mit grosser Genauigkeit zu ermitteln. Die so erhaltenen Werte werden jedoch nicht direkt miteinander vergleichbar sein, da sie an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten auch verschiedenen Sonnenhöhen entsprechen, und die Wärmewirkungen der Sonne mit ihrem Stande über dem Horizonte wechseln. Die auf- oder untergehende Sonne vermag nicht so zu wärmen, als wenn sie zur Mittagszeit hoch am Himmel steht; ebenso ist ihre Wirkung im Winter, wo sie auch zur Mittagszeit nicht sehr hoch über dem Horizonte ist, eine andere als im Sommer, wo wir sie zur Mittagszeit nahe dem Scheitelpunkte haben. Bevor die Sonnenstrahlen auf die Erdoberfläche gelangen, haben sie durch die weiten Schichten der Atmosphäre einen grossen Weg zurückzulegen, einen weiteren, wenn die Sonne dem Horizonte nahe, einen kürzeren, wenn sie nahe dem Zenit steht, und erleiden dabei durch Absorption einen Verlust an Kraft, dessen Grösse von der Länge des in der Atmosphäre zurückgelegten Weges abhängig ist. Aus diesem Grunde ist es notwendig, den Messungen der Wärmestrahlung der Sonne besondere Untersuchungen über die Absorption durch die Erdatmosphäre voranzugehen zu lassen, und dann gestützt auf die diesbezüglichen theoretischen und experimentellen Resultate bei jeder einzelnen Messung den Betrag in Rechnung zu ziehen, um welchen die Wärmewirkung der Sonnenstrahlen durch Absorption geschwächt wurde. Die absorbierende Kraft der Atmosphäre ist aber nicht

überall und zu allen Zeiten gleich, unterliegt vielmehr wegen des starken Wechsels im Gehalte der Atmosphäre an Wasserdampf und Kohlensäure beträchtlichen Veränderungen, welche natürlich auf die Genauigkeit der Beobachtungsergebnisse verfälschend einwirken müssen. Darin findet auch die mangelnde Übereinstimmung der gefundenen Strahlungswerte ihre Erklärung. Im folgenden ist eine Zusammenstellung verschiedener Werte gegeben, welche zwar auf Vollständigkeit keinen Anspruch erheben kann, wohl aber die Resultate der hauptsächlichsten Beobachtungsreihen enthält.

Das Maß für die Energie der Sonnenstrahlung sind Wärmeeinheiten oder Kalorien. Unter einer Kalorie versteht man bekanntlich jene Wärmemenge, welche einem Gramm Wasser von 15° C. zugeführt werden muss, um seine Temperatur um 1 Grad zu erhöhen. Die Anzahl der Kalorien, welche ein cm^2 der Erdoberfläche in einer Minute empfangen würde, wenn die Sonnenstrahlen senkrecht auffallen und keine Absorption in der Erdatmosphäre stattfinden würde, bezeichnet man als Solarkonstante. Aus den Pouillet'schen Beobachtungen (1835) ergibt sich die Solarkonstante zu 1.79 Kalorien. Die neueren mit verbesserten Apparaten angestellten Versuche haben gezeigt, dass das Pouillet'sche Resultat zu klein ist, ebenso auch der Wert, der sich aus den 1825 von John Herschel am Kap der guten Hoffnung angestellten Beobachtungen ergibt, nämlich 1.74 Kalorien. Die wichtigsten Versuchsreihen und die aus ihnen hergeleiteten Werte für die Solarkonstante sind die folgenden:

1842 erhielten Kämtz und Forbes aus Beobachtungen, die sie in der Schweiz, der eine auf dem Faulhorn, der andere in Brienz anstellten, den Wert 1.84 Kalorien.

1860 fand O. Hagen auf Madeira 1.9 Kalorien

1875 Violle 2.59 Kal., wobei die Absorption durch die Feuchtigkeit der Luft mit berücksichtigt erscheint.

1878 Crova 2.3 Kal.

Langley, der sich wohl am eingehendsten mit dieser Frage befasste, kam 1884 auf Werte, die zwischen 2.63 und 3.50 Kal. schwanken.

Savelief fand in den Jahren 1880—1890 2.9 Kal.

Pernter der Direktor der österr. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik stellte im Jahre 1889 am hohen Sonnblick in einer Seehöhe von 3000 Metern ausgedehnte Versuchsreihen an, und fand für die Solarkonstante Werte innerhalb 3.05 und 3.28 Kal. Schliesslich wäre noch Angström zu erwähnen, der das ungewöhnlich hohe Resultat von 4.0 Kalorien erhielt. Einige Messungsreihen aus den letzten Jahren, die von Vallot (1896), Crova und Hansky (1897), Rizzo (1898), Scheiner (1902)

auf dem Gorner Grat beobachtet), Abbot (1900—1908 in Washington) erhalten wurden, lieferten die Werte 1.7, bzw. 3.4, 2.5, 2.3, 2.1.

Betrachtet man diese für die Solarkonstante gefundenen Werte in chronologischer Reihenfolge, dann findet man zunächst ein Ansteigen der Werte, das wohl nur in der allmählichen Vervollkommnung der Apparate, wie der Beobachtungsmethoden seinen Grund haben kann. Trotzdem sind die Werte, besonders wenn man die in den letzten Jahrzehnten gewonnenen in Vergleich zieht, voneinander nicht so sehr verschieden, als man es in Anbetracht der Schwierigkeit ihrer Bestimmung erwarten könnte. Darnach scheint es keine Frage mehr zu sein, dass der Wert der Solarkonstante zwischen 2 und $2\frac{1}{2}$ Kalorien liegt.

Es erübrigt nun noch die Lösung des zweiten Teiles der Aufgabe: die Ermittlung der Sonnentemperatur aus dem bekannten Werte für die Energie der Sonnenstrahlung. Die Werte, welche wir für diese Konstante gefunden haben, zeigen zwar untereinander Abweichungen, doch ist die Schwankung immerhin nicht so bedeutend, als dass man nicht auch annehmen könnte, dass die aus ihnen abgeleiteten Sonnentemperaturen sich in ähnlichen Grenzen bewegen sollten. Dem ist aber nicht so. Wie bereits eingangs erwähnt wurde, weisen die ermittelten Temperaturwerte geradezu widersinnige Unterschiede auf. Pouillet berechnete beispielsweise aus seinen Beobachtungen rund **1500°**, während Secchi anfangs der 70 Jahre des vorigen Jahrhunderts durch ähnliche Versuche wie Pouillet **10 Millionen Grad** errechnete. Derartige Ungenauigkeiten können unmöglich der Beobachtungsmethode zur Last gelegt werden, der Fehler liegt in den theoretischen Gesetzen, welche bei den Berechnungen zur Anwendung kommen. Er liegt in der Unkenntnis des Gesetzes nach welchem die Strahlung von der Temperatur des strahlenden Körpers abhängt, dem Strahlungsgesetz. Es ist ja möglich ein derartiges Gesetz aus Beobachtungen im Laboratorium abzuleiten, indem man beispielsweise ein Platinblech erhitzt und den Gang der Ausstrahlung mit zunehmender Temperatur verfolgt. Doch ergibt sich dabei immer der Übelstand, dass man über eine gewisse obere Grenze der Temperatur nicht hinaus kommt. Man ist gezwungen, durch Extrapolation aus den für niedrige Temperaturen giltigen Strahlungsbeträgen auf die bei höheren Temperaturen auftretenden zu schliessen. Dass bei solchen Methoden grosse Unsicherheiten auftreten müssen, ist zweifellos. Hätte Secchi seinen Berechnungen dasselbe Strahlungsgesetz zugrunde gelegt wie Pouillet, wäre er auch nicht auf eine Sonnentemperatur von 10 Millionen Grad gekommen; er hätte in guter Übereinstimmung mit Pouillet 1400° erhalten.

Das erste Gesetz über die Abhängigkeit der Strahlung von der Temperatur des strahlenden Körpers rührt von Newton her. Seine Versuche führten ihn zu dem Schlusse, dass die Geschwindigkeit der Erhaltung eines strahlenden Körpers proportional dem Temperaturunterschied desselben gegen die ihn umgebenden Körper gesetzt werden könne.

Ein zweites Gesetz stammt von den französischen Physikern Dulong und Petit, welche Newtons Untersuchungen fortgesetzt haben. Sie fanden auf Grund der zahlreichen von ihnen angestellten Versuche, welche das Temperaturintervall bis 280° umfassten, dass die Wärmestrahlung eines Körpers in geometrischem Verhältnis zunehme, wenn die Temperatur des strahlenden Körpers gleichförmig, also in arithmetischem Verhältnis wächst. Es unterliegt aber schon lange keinem Zweifel, dass die beiden Gesetze nur für niedrige Temperaturen genäherte Giltigkeit haben, eine Extrapolation dagegen bis zu Temperaturen von der Höhe der Sonnentemperatur ausgeschlossen ist.

Das Newtonsche Gesetz liefert für höhere Temperaturen zu grosse, das Dulong-Petitsche Gesetz zu kleine Werte. Nebenbei sei noch erwähnt, dass Secchi sich bei seinen Berechnungen des Newtonschen, Pouillet des Dulong-Petitschen Gesetzes bedient hat.

Erst in den letzten Dezennien ist es gelungen, Gesetze aufzustellen, welche die Beobachtungen bis zu höheren Temperaturen gut darzustellen vermögen. So fand der Schweizer Weber einen ziemlich komplizierten mathematischen Ausdruck, welcher sich bis zu etwa 1000° Temperatur als gültig erweist, für den aber eine theoretische Begründung nicht möglich ist. Erst der Wiener Physiker Stephan hat 1879 eine äusserst einfache Beziehung gefunden, der zufolge die Wärmestrahlung proportional der 4. Potenz der absoluten Temperatur des strahlenden Körpers ist. Unter absoluter Temperatur hat man — kurz gesagt — die um 273° vermehrte Angabe des Quecksilberthermometers (Celsius) zu verstehen. Das Gesetz, das durch ausgedehnte Versuchsreihen der Berliner Physiker Lummer und Pringsheim für den schwarzen Körper bis zu einer Temperatur von fast 1600° seine Bestätigung fand, wurde auch theoretisch durch den Wiener Physiker Boltzmann begründet. Aus der guten Übereinstimmung mit den Laboratoriumsversuchen darf man wohl auch schliessen, dass die Fehler, welche man bei Anwendung dieses Gesetzes auf die Bestimmung der Sonnentemperatur zu erwarten hat, keine allzugrossen sein werden und eine Lösung der Aufgabe zu erwarten ist, welche bei den Schwierigkeiten, die sich entgegenstellen, immerhin als eine befriedigende betrachtet werden muss. Mit Benützung des Stephanschen Gesetzes

lässt sich nun auch Ordnung in das grosse Chaos der verschiedenen Bestimmungen bringen. Man erhält für die gefundenen Werte der Solarkonstante nachstehende Temperaturen der Sonne:

Der Solarkonstante von	2·0	Kal.	entspricht die	Temperatur	5900 ⁰
„	„	„	2·5	„	„
„	„	„	3·0	„	6200 ⁰
„	„	„	3·5	„	6500 ⁰
„	„	„	4·0	„	6800 ⁰
„	„	„	„	„	7100 ⁰

Die Unterschiede der Temperatur sind verhältnismässig gering, und es zeigt sich, dass ein etwaiger Fehler in der Annahme der Solarkonstante keinen allzugrossen Einfluss auf die Temperatur hat. Beträgt ja die Änderung der Temperatur, wenn man für den Wert der Solarkonstante von 2 Kalorien auf den doppelten Betrag geht, bloss 1200⁰.

Da der wahrscheinlichste bis jetzt gefundene Wert der Solarkonstanten zwischen 2·0 und 3·0 Kalorien liegt, beträgt die Sonnentemperatur zwischen 6000⁰ und 6500⁰, natürlich unter den gemachten Voraussetzungen und Einschränkungen für jene Temperatur, welche als die effektive Temperatur der Sonne definiert wurde. Noch genauere Bestimmungen sind geknüpft an weitere genaue Untersuchungen über den Wert der Solarkonstante und das Emissionsvermögen des schwarzen Körpers.

Die Methode, welche bisher erörtert wurde, erfordert zur Bestimmung der Sonnentemperatur zunächst die Kenntnis der Solarkonstante. Zwei Gelehrte, der amerikanische Physiker Langley und der russische Astronom Ceraski bedienten sich zweier Methoden, wo sie, ohne erst die Solarkonstante zu ermitteln, direkt zur Kenntnis der Sonnentemperatur kamen. Langley verglich 1878 die Wärmestrahlung der Sonne direkt mit derjenigen des geschmolzenen Stahles im Bessemer Converter und fand die Sonnenstrahlung etwa 87 mal stärker als die des geschmolzenen Stahles. Unter der Annahme, dass dessen Temperatur 2000⁰ beträgt, was Langley daraus schloss, dass Platin oberhalb der Stahloberfläche schmolz, erhielt er nach dem Stefanschen Gesetz 6100⁰ als Temperatur der Sonne. Ceraski benützte zu seinen Versuchen einen Hohlspiegel von 1 m Durchmesser, der nahe dem Brennpunkt noch eine Konzentrationslinse enthielt. Er fand, dass im Fokus sämtliche ihm zugänglichen Stoffe geschmolzen wurden, mit Ausnahme von Magnesia, und schätzte so die durch die Konzentration der Sonnenstrahlen hervorgerufene Wärme auf 3500⁰. Zum Vergleich mass er auch die Temperatur im Brennpunkte, die ein elektrisches Bogenlicht von gleicher scheinbarer Grösse wie die Sonne erzeugte und fand sie zwischen 100⁰ und 105⁰. Nach dem Stefanschen Strahlungsgesetz ergibt

sich, dass die Temperatur der Sonne etwa 1·8 mal so gross ist, als die des Bogenlichtes. Nimmt man letztere zu 3500° , so resultiert für die Temperatur der Sonne 6300° , während eine Temperatur des Bogenlichtes von 4000° zum Betrage von 7200° führt. Demnach liefert auch diese Methode Werte, welche in guter Übereinstimmung innerhalb der angegebenen Grenzen liegen.

Alle diese Methoden haben das eine gemeinsam, dass bloss aus der Wirkung der Wärmestrahlen auf die Temperatur der Sonne geschlossen wurde. Es liegt nun die Frage nahe, ob es denn nicht möglich wäre, durch Hinzuziehung anderer Strahlenarten und durch Untersuchung ihres Verhaltens bei verschiedenen Temperaturen neue Verfahren zur Lösung unserer Aufgabe zu erschliessen.

Es ist bekannt, dass jeder glühende Körper auf dreierlei Weise wahrnehmbar wird: Er leuchtet, wir sehen ihn, er wärmt, wir spüren die von ihm ausgehende Wärmestrahlung, er ist chemisch wirksam, wir können sein Bild auf der photographischen Platte festhalten. Jede dieser Wirkungen lässt sich einer besonderen Strahlenart zuschreiben. So verschieden aber auch alle diese Strahlen in ihren Wirkungen sind, objektiv unterscheiden sie sich bloss durch ihre Wellenlängen. Wir können die Strahlen verschiedener Wellenlängen von einander trennen, wenn wir das von dem glühenden Körper kommende Licht durch ein Glasprisma schicken. Auf einem dahinter gehaltenen Schirm erscheint ein Farbenband, das ähnlich dem Regenbogen alle Farbnuancen von Braun über Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau bis Violett zeigt. Jedem Streifen dieses Bandes, jeder einzelnen Farbenart entspricht ein Strahl von ganz bestimmter Wellenlänge, so zwar, dass die Wellenlängen von Rot gegen Blau hin allmählig abnehmen. Der mit dem Auge wahrnehmbare, sichtbare Teil des Spektrums umfasst bloss einen kleinen Teil der von dem glühenden Körper ausgesandten Wellen. Jenseits des Rot, wie auch auf der anderen Seite des Spektrums jenseits des Violett liegt ein noch viel grösseres Bereich von Strahlenarten, die zwar für das Auge unsichtbar, ihre Existenz durch Wärme, beziehungsweise chemische Wirkungen erkennen lassen. Die Strahlen, welche das sichtbare Spektrum zusammensetzen, sind jene, deren Wellenlängen zwischen 810 und 330 Milliontel Millimeter liegen oder, wie der fachtechnische Ausdruck heisst, Mikromikren. Strahlen, deren Wellenlängen grösser als $810 \mu\mu$ sind, heissen ultrarote Strahlen, wir empfinden sie als Wärmestrahlen, während die Strahlen von Wellenlängen kleiner als $330 \mu\mu$ ultraviolette genannt werden und als Träger der chemischen Wirkungen zu bezeichnen sind.

Nicht bei jedem glühenden Körper sind die sich äussernden Wirkungen in Bezug auf Wärmestrahlung, Sichtbarkeit und chemische Energie gleich, nicht jeder sendet alle drei Arten von Strahlen in gleicher Weise aus. Sein Spektrum enthält mehr oder weniger von den drei Strahlenarten, je nach dem Glühzustande, in welchem sich der Körper befindet. Schon der gewöhnliche Sprachgebrauch kennt 3 verschiedene Arten des Glühzustandes, die von der Temperatur des Körpers abhängen. Mit den Worten Rotglut, Gelb- und Weissglut ist schon gesagt, welchem Bereich in jedem dieser Glühzustände die Mehrzahl der ausgesandten Strahlen angehört. Wenn ein Körper erwärmt wird und eben erst zu glühen beginnt, tritt Rotglut ein, der Körper sendet vorzugsweise rote Strahlen aus und seine Helligkeit ist noch gering. Bei fortschreitender Erwärmung erhält der Körper ein gelbliches Aussehen, er kommt in Gelbglut. Zu den ausgesandten roten Strahlen treten noch die gelben und grünen. Von da an nimmt die Helligkeit bei gesteigerter Temperatur sehr rasch zu und die Gelbglut geht allmählich in Weissglut über. Zu den roten, gelben und grünen Strahlen gesellen sich sukzessive die Strahlen des blauen Spektralbereichs, durch deren aller Zusammenwirken die Vorstellung „weissen Lichtes“ entsteht. Je höher temperiert der Körper ist, um so mehr blaue Strahlen sendet er neben denen niedrigerer Wellenlänge aus, umso „weisser“ erscheint er uns, umso grösser ist seine Helligkeit. So sind schon durch die gewöhnliche Erfahrung zwei allen festen Körpern gemeinsame Strahlungseigenschaften gegeben:

1. Die Strahlungsenergie, die Helligkeit, steigt mit der Temperatur des glühenden Körpers rasch an.

2. Die spektrale Verteilung der Energie, die Farbe, ändert sich mit der Temperatur so, dass bei Erhöhung der Temperatur die Intensität der kürzeren Wellen (des Violett) schneller zunimmt, als die der längeren Wellen (des Rot).

Diese beiden Eigenschaften bieten ein Prinzip der Temperaturbestimmung, vorausgesetzt, dass es gelingt durch Messungen zahlenmässig festzulegen, in welcher Weise einmal die Helligkeit abhängig ist von der Temperatur des Licht aussendenden Körpers, andererseits welche Beziehung zwischen der Temperatur und der Lage des Energiemaximums im Spektrum besteht. Der ersten Aufgabe, die Abhängigkeit der Helligkeit von der Temperatur betreffend, wird so ziemlich ein von dem deutschen Physiker Rasch aufgestelltes Gesetz gerecht, welches für den schwarzen Körper giltig in einer ziemlich komplizierten mathematischen Formel seinen Ausdruck findet. Wendet man dies auf die neuerdings von Charles Fabry, einem französischen Physiker, gefundenen Resultate über die mittlere photometrische

Helligkeit der Sonne an, so erhält man für die effektive Temperatur der Sonne den Wert von 5023° . Was die zweite angegebene Strahlungseigenschaft betrifft, fand Prof. Wien in Würzburg aus zahlreichen Messungen über die Lage des Energie-maximums im Spektrum bei wachsender Temperatur, dass das Produkt aus der absoluten Temperatur des glühenden Körpers und der in Milliontel Millimeter gemessenen Wellenlänge, bei welcher das Maximum der Strahlungsenergie liegt, einen konstanten Wert hat. Wien fand für diese Konstante 2,900.000. Das Maximum der Sonnenstrahlung liegt nun für die optischen Strahlen bei 560, für die chemischen bei 430 Milliontel Millimeter. Daraus folgt für die ersteren als Sonnentemperatur 5200° , für die zweiten 6700° , also im Mittel etwa 6000° .

Sämtliche Methoden liefern somit Werte, welche die Sonnentemperatur als zwischen 6000° und 7000° liegend, ergeben. Man darf annehmen, dass dieser Wert für die effektive Temperatur der Sonne der Wahrheit ziemlich nahe kommen wird. Über die wirkliche Temperatur vermag man aber, wie bereits auseinandergesetzt wurde, keinerlei Angaben zu machen, die Anspruch auf absolute Richtigkeit haben.

Für die Solarkonstante fanden wir als wahrscheinlichsten Wert zirka 3 Kalorien. Das besagt, dass in jeder Minute die auf 1 cm^2 der Erdoberfläche senkrecht auffallenden Strahlen so viel Wärme abgeben, als nötig wäre, um 3 g Wasser von 15° Celsius um einen Temperaturgrad zu erwärmen.

Diese Zahl gibt uns nun aber auch eine Vorstellung von der Grösse der Wärmemenge, welche die Sonne überhaupt in den Raum ausstrahlt, welche sie verliert. Berechnet man bloss die Anzahl der Kalorien, welche die Sonne allein an die Erde abgibt, so kommt man bereits auf eine enorme Zahl, welche die unendliche Mannigfaltigkeit der Wirkungen der Sonnenwärme auf der Erde begreiflich erscheinen lässt. Welch kleiner Bruchteil diese Wärmemenge im Vergleiche zur ganzen Summe an ausgestrahlter Wärme ist, dazu führt eine einfache Überlegung. Denkt man sich eine Kugeloberfläche mit der Sonne als Mittelpunkt und vom Radius der Erdbahn, dann wird sich auf dieser Sphäre von der Sonne aus gesehen, die Erde als kleine Scheibe von $17''.7$ Durchmesser projizieren. Ein jedes Quadratcentimeter dieser Kugeloberfläche erhält in jeder Minute von der Sonne eine Wärmemenge von 3 Kalorien. Da aber die Erde im Vergleich zur ganzen Kugeloberfläche bloss der 2735 millionste Teil ist, beträgt die Gesamtmenge der von der Sonne ausgestrahlten Wärme, ihr Gesamtenergieverlust, 2735 millionenmal soviel, als die an die Erde abgegebene Wärmemenge. Die Rechnung ergibt hiefür eine Zahl, welche mit 10 und 27 daranzuschreibenden

Nullen anzusetzen wäre. Man kann diesen kolossalen Wärmeeffekt dem Verständnis einigermaßen näher bringen, wenn man berechnet, welche Wärmemenge von einem bestimmten Teil der Sonnenoberfläche, etwa einem Quadratmeter, in jeder Minute abgegeben wird. Man kommt zu dem Resultat, dass diese Menge der Verbrennungswärme von 135 *kg* Steinkohle entsprechen würde.

Die bisherigen Beobachtungen ergeben als fast feststehende Tatsache, dass die Sonne seit Jahrhunderten diese Wärmemengen in den Raum ausstrahlt, scheinbar ohne Abnahme ihres Vorrats. Schätzungsweise kann man andererseits angeben, um welchen Betrag die Temperatur der Sonne infolge des Energieverlustes abnehmen müsste. Nehmen wir beispielsweise an, die Sonne verhalte sich wie eine Wasserkugel von gleicher Masse und Temperatur wie die Sonne, dann würde sich für die jährliche Temperaturabnahme etwa 2° bis 3° ergeben. Bei der Annahme, ihre spezifische Wärme wäre gleich derjenigen der meisten Stoffe, welche unsere Erde zusammensetzen, käme man gar auf eine Temperaturabnahme von 4° bis 8°. Die Sonne würde sich daher wenige Jahrtausende nach ihrem Entstehen vollständig abgekühlt haben, wenn nicht für die Wärmemenge, die sie durch Ausstrahlung verliert, anderweitig Ersatz geschaffen würde.

Man kann sich diesen Ersatz auf zweierlei Weise geschehend vorstellen: Entweder der Sonne wird auf irgend eine Weise von aussen Energie zugeführt, so dass sowohl der Wärmeverlust ausgeglichen, wie auch eine Temperaturabnahme verhütet wird. Oder aber es erhält sich die Sonne infolge innerer Prozesse auf gleicher Temperatur, dann tritt aber auch eine allmähliche Abnahme des Energievorrats ein, das heisst: der Ausgleichsvorgang ist ein zeitlich beschränkter, nach einer gewissen Zeit muss er unbedingt aufhören. Im ersten Falle könnte die jetzige Temperatur für unbegrenzte Zeiten dieselbe bleiben, im zweiten Falle müsste doch einmal ein Temperaturabfall eintreten, da der Vorrat an innerer Kraft ein begrenzter ist.

Eine Zufuhr an Energie von aussen wäre nur in der Weise denkbar, dass die Sonne mit meteorischen Körpern zusammenstösst. Fällt nämlich ein Körper aus grosser Höhe mit beträchtlicher Geschwindigkeit auf die Sonne, dann setzt sich der ganze Kraftvorrat des Körpers, der sich in seiner Masse und Geschwindigkeit repräsentiert, in Wärme um. Ein ähnliches Beispiel bieten die Sternschnuppen und Meteore bei ihrem Durchgang durch unsere Atmosphäre. Wenn das Meteor mit meist sehr grosser Geschwindigkeit in die Atmosphäre eindringt, erfährt es infolge des Widerstandes der Luft eine Einbusse an Geschwindigkeit. Was aber an äusserer Bewegung vernichtet wird, geht

in Wärme über. Der Körper wird erhitzt, er beginnt zu glühen und wird unserem Auge sichtbar. Die entwickelte Wärmemenge wird offenbar umso grösser sein, je mehr an Geschwindigkeit verloren geht. Nun ist aber die Geschwindigkeit, mit welcher ein aus dem Weltall kommender Körper auf die Sonne fällt, infolge der viel grösseren Masse und Anziehungskraft der Sonne eine weitaus höhere als die irdischen Fallgeschwindigkeiten. Sie beträgt mehr als 560 *km* in der Sekunde. Die Wärmeentwicklung muss demnach bei einer solchen Geschwindigkeit eine ungeheure sein, zumal in dem Falle, dass ein Meteor auf die Sonne stürzt, eine Umwandlung der ganzen Geschwindigkeit in Wärme eintritt. Nimmt man demnach, wie es Robert Mayer, der berühmte deutsche Arzt und Naturforscher, in seiner meteorischen Theorie tut, an, dass von den zahllosen kosmischen Körpern und Körperchen, welche in das Bereich unseres Sonnensystems kommen, Tausende fortwährend auf die Sonne stürzen, so ergäbe das einen Zuwachs an Wärmeenergie, welche die Erhaltung der Sonnentemperatur wohl erklären liesse. Man hat nun berechnet, dass, um diesem zu genügen, im Laufe eines Jahrhunderts die Masse der auf die Sonne gestürzten Meteore mindestens der unserer Erde gleich kommen müsste. Diese Annahme ist jedoch unhaltbar. Von den vielen kosmischen Körpern, welche aus dem Weltraum in das Bereich unseres Sonnensystems gelangen, fällt nur ein sehr geringer Bruchteil auf die Sonne.

Die Mehrzahl wird durch die Anziehungskraft unseres Zentralkörpers in geschlossene Bahnen gelenkt und umkreist als eingewanderte Bürger unseres Planetensystems die Sonne. Daraus folgt aber ohne weiteres, dass diese Hülle meteorischer Teilchen, welche sich um die Sonne gebildet hat, unvergleichlich dichter sein muss, als der Weltraum. Für die irdischen Sternschnuppenfälle kommt wohl die Dichtigkeit dieser Meteorhülle in Betracht, nicht aber für die Sonne. Wären die Meteore wirklich so zahlreich, wie es die Mayersche Hypothese verlangt, dann wäre in erster Linie die Erde mit einem Hagel überschüttet worden und sie hätte eine Zufuhr an Wärme erhalten, die schon längst alles Leben auf ihr vernichtet hätte. Die Hypothese ist demnach unhaltbar. Wenn auch die Sonne einen Teil ihrer Wärme in dieser Weise erhält, so ist doch ein vollständiger Ersatz ihres Wärmeverlustes in dieser Art ausgeschlossen.

Man kommt somit zur Tatsache, dass die Sonne Energie in den unendlichen Raum ausstrahlt, ohne dass für diesen Verlust von aussen her ein nennbarer Ersatz geleistet wird. Man wird zu der anderen Erklärungsart hingeleitet: Der Temperaturausgleich sei eine Folge innerer Prozesse. Und hiefür hat der grosse deutsche Physiker v. Helmholtz eine Theorie aufgestellt,

welche gleichzeitig auch darüber Aufschluss gibt, wie überhaupt die hohe Temperatur der Sonne zu erklären ist. Helmholtz geht von der Kant-Laplaceschen Weltbildungs-Hypothese aus, nach welcher die Sonne ursprünglich ein weit ausgedehnter, äusserst dünner Nebel von sehr niederer Temperatur gewesen sein muss. Aus diesem Urnebel ist sie durch allmähliche fortschreitende Verdichtung entstanden. Diese Verdichtung ist aber nichts anderes als ein Fall der Nebelmaterie gegen den Mittelpunkt hin, und durch jeden solchen Fall wird, wie wir schon vorher bei der Meteoriten-Hypothese gesehen haben, Wärme frei. Diese Wärmeentwicklung ist unabhängig von der Zeit, während welcher die Verdichtung vor sich geht. Würde diese plötzlich erfolgt sein, so hätte die Sonne eine Temperatur von zirka $28\frac{1}{2}$ Millionen Grade. Dieselbe Temperatur würde ihr aber auch zuzuschreiben sein, wenn ihre Verdichtung nicht auf einmal, sondern allmählich erfolgt wäre, seit dem Momente des Beginnes der Verdichtung aber keine Ausstrahlung nach aussen stattgefunden hätte. Da nun aber diese Verdichtung, die Zusammenziehung der ursprünglichen Nebelmaterie sich allmählig innerhalb enormer Zeiträume vollzogen hat, während der Verdichtung selbst aber die entstandene Wärme teilweise wieder in den Raum ausgestrahlt wurde, ist die Temperatur niemals auf einen so hohen Betrag gelangt.

Da die äusseren Teile der Sonne gegenwärtig noch gasförmig sind, nimmt v. Helmholtz an, dass sich die Sonne auch jetzt noch zusammenzieht und zwar in dem Masse, dass die hierbei entwickelte Wärmemenge eine Temperaturabnahme verhindert. Es wirft sich nun von selbst die Frage auf, ob nicht diese fortschreitende Zusammenziehung, das Kleinerwerden der Sonne, durch Beobachtungen nachweisbar ist. Helmholtz berechnete, dass ein Kleinerwerden des Sonnendurchmessers um ein Zehntausendtel, das sind im Bogenmass ungefähr 0.42 , der Entwicklung einer Wärmemenge entsprechen würde, welche die Sonnentemperatur um 2861° zu erhöhen imstande wäre. Nimmt man nun nach dem früher gesagten den jährlichen Temperaturverlust der Sonne mit 3° an, was einer spezifischen Wärme der Sonne entsprechen würde, die ungefähr der des Wassers gleich ist, dann würde diese Wärmemenge ausreichen, um den Wärmeverlust auf etwa 1300 Jahre aufzuheben. Die Messung des Sonnendurchmessers ist mit grossen Schwierigkeiten verbunden und lässt sich wohl genauer als auf $1''$ nicht ausführen. Demnach sind auch Veränderungen des Sonnendurchmessers, die kleiner als $1''$ sind, nicht zu konstatieren, eine solche Verminderung wäre aber erst nach 6500 Jahren zu erwarten. Mit anderen Worten: erst nach diesen 6000 Jahren wird man, und auch da noch vorausgesetzt, dass die Messungsmethoden bis dahin eine

vermehrte Genauigkeit erfahren werden, nachzuweisen imstande sein, ob die nach der Helmholtzschen Theorie erforderliche Verminderung des Sonnendurchmessers eingetreten ist oder nicht. Vorläufig liefern die Beobachtungen keinen Anhalt, in die Richtigkeit der Helmholtzschen Theorie Zweifel zu setzen.

Die fortschreitende Zusammenziehung der die Sonne bildende Gasmasse muss aber eine zeitlich beschränkte sein. Es muss eine Zeit kommen, wo infolge zu weit vorgeschrittener Verdichtung an Stelle des gasförmigen Zustandes der flüssige oder feste tritt. Von da an hört jede weitere Zusammenziehung auf und der Abkühlungsprozess beginnt. Man kann nicht sagen, ob die Sonne gegenwärtig in ihrem Innern noch gasförmig ist, und kann demnach keine Vermutungen aussprechen, wie lange die Wärme noch dauern wird. Es liesse sich bloss eine rohe Schätzung machen auf Grund des Betrages der Zusammenziehung, der nötig ist, um die Sonne auf der gegenwärtigen Temperatur zu erhalten. Eine dahinführende Rechnung zeigt, dass erst in etwa 5 Millionen Jahren sich das gegenwärtige Volumen der Sonne auf die Hälfte verringert haben wird. Dann wird aber vermutlich auch das Festwerden eintreten, die Abnahme an Wärme wird beginnen. Es wird, nach Dubois Reymonds Ausspruch, die Zeit kommen, wo der letzte Eskimo trauernd am Äquator beim Scheine seiner Tranlampe friert, wo alles dem Ende entgegen geht, weil die Quelle jeder Form- und Bewegungsänderung der Materie versiegt.

Die Astronomie bei den Arabern.

Von Prof. Dr. M. Grünert.

Nicht der Animismus d. h. der Geister- oder Ahnenkult ist die primitivste Form der Religion, wie die meisten Religionsforscher annehmen, sondern die Sternanbetung oder der Gestirndienst. Gerade bei den semitischen Völkern lässt sich der Beweis hierfür erbringen, wo, wie bei den Hebräern noch viele Spuren des alten Gestirndienstes neben dem voll entwickelten Monotheismus nachweisbar sind; so bedeutet das hebräische Wort für „schwören“ (nischba) eigentlich „die 7 (Planeten) zu Zeugen anrufen“; der Ausdruck „Jahve Zebaoth“ heisst eigentlich „Herr der Sternenheere“, das Jubelwort „Hallelujah“ ist so viel wie „preiset den Herrn (Mond)“ und manch anderer Ausdruck.

Gestirndienst ist also die älteste Form der Gottesverehrung

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Lotos - Zeitschrift fuer Naturwissenschaften](#)

Jahr/Year: 1909

Band/Volume: [57](#)

Autor(en)/Author(s): Schelier A.

Artikel/Article: [Strahlung und Temperatur der Sonne 129-145](#)