

## Werk

**Titel:** Ist die Strahlung der Sonne veränderlich?

**Autor:** Guthnick , P.

**Ort:** Berlin

**Jahr:** 1918

**PURL:** [https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X\\_0006](https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X_0006) | LOG\_0099

## Kontakt/Contact

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

✉ [info@digizeitschriften.de](mailto:info@digizeitschriften.de)

# DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Sechster Jahrgang.

22. März 1918.

Heft 12.

## Ist die Strahlung der Sonne veränderlich?

Von Prof. Dr. P. Guthnick,  
Berlin-Neubabelsberg.

Die Frage der Veränderlichkeit der Sonnenstrahlung ist eine alte. Zum ersten Mal mit bekanntem Ergebnis in Angriff genommen hat sie wohl G. Müller bei der Diskussion seiner langjährigen photometrischen Beobachtungen der großen Planeten<sup>1)</sup>. Es ist ja ohne weiteres ersichtlich, daß Schwankungen der Sonnenstrahlung innerhalb des sichtbaren Spektralgebietes in der Helligkeit der Planeten nahezu gleicher Weise sich bemerkbar machen müssen. Die in Potsdam 1877—91 ausgeführten Messungen an Mars, Jupiter, Saturn und Uranus zeigten bei allen vier Planeten ein Anwachsen der Helligkeit vom Ende der siebziger Jahre bis zum Jahre 1882 oder 1883 und darauf eine etwas langsamere Abnahme bis zum Ende der achtziger Jahre. Der Umfang der Helligkeitsschwankung betrug im Durchschnitt aus den vier Planeten etwa 0,15<sup>m</sup> oder 14 % der mittleren Helligkeit. Die größte Lichtstärke der Planeten traf nahe mit dem Sonnenfleckmaximum (1883,9), die kleinste mit dem Sonnenfleckminimum (1878,9 und 1889,6) zusammen. Der Verlauf der Schwankung — steiler Anstieg und langsamerer Abfall — war ähnlich dem Verlauf der Kurve der Fleckenhäufigkeit der Sonne. Eine spätere, 1901—11 auf der Harvard-Sternwarte von King erhaltene Reihe photographischer Helligkeitsbestimmungen an Jupiter ergibt, wie Müller zeigt, ein deutliches Maximum der Helligkeit des Planeten auf 1905, während das Sonnenfleckmaximum 1906,4 eintrat. Der Betrag von 14 % ist für visuelle oder gewöhnliche photographische Helligkeitsbestimmungen ein äußerst geringer, aber die Zahl der diskutierten Messungen ist so groß und die Übereinstimmung der vier Planetenreihen untereinander so auffallend, daß die Schwankung wohl als gesichert angesehen werden darf. Hingegen ist bei der Deutung der Schwankung als einer entsprechenden Schwankung der Sonnenhelligkeit stillschweigend eine Voraussetzung gemacht worden, deren Gültigkeit einigem Zweifel unterworfen werden kann, nämlich die Voraussetzung, daß während des Zeitraumes der Messungen die Albedo oder Reflexionsfähigkeit der untersuchten Planeten, die sämtlich mit merklichen Atmo-

sphären umgeben sind, konstant geblieben sei. Zum mindesten für Jupiter jedoch liegen Wahrnehmungen von langsamen Veränderungen seiner Oberflächengebilde vor, die den Verdacht erregen könnten, daß die Fleckentätigkeit der Sonne einerseits und der Zustand der Atmosphärenhüllen und damit die Albedo ihrer Planeten andererseits in irgend einem Zusammenhang stehen. Bei der Erde hat Osthoff<sup>2)</sup> aus Beobachtungen, die sich über zwei Sonnenfleckperioden erstreckten, geschlossen, daß die Form der Cirruswolken zur Zeit der Sonnenfleckmaxima eine andere ist, als zur Zeit der Sonnenfleckminima. Um die Frage restlos zu klären, wären demnach durch eine Sonnenfleckperiode hindurch fortgesetzte Helligkeitsbestimmungen entweder unmittelbar an der Sonne oder an einem atmosphärenlosen Planeten auszuführen. Nun hat sich gezeigt, daß unmittelbare Helligkeitsbestimmungen an der Sonne unzuverlässig sind; es bliebe daher gegenwärtig als das günstigste Objekt für die Untersuchung der Erdmond übrig, der mit Sicherheit praktisch atmosphärenlos ist. Leider bereiten die komplizierten Phasenverhältnisse des Mondes (Libration!) möglicherweise nicht unerhebliche Schwierigkeiten, die vielleicht nicht ohne einen größeren Arbeitsaufwand zu überwinden sein werden.

Die Frage der Veränderlichkeit der Sonnenstrahlung trat in ein neues Stadium, als Langley 1904 anzeigte, daß die 1902 unter seiner Leitung von Abbot auf dem Smithsonian Astrophysical Observatory begonnenen kombinierten pyrheliometrischen und bolometrischen Bestimmungen der Solarkonstante Anzeichen schneller verlaufender Schwankungen der Sonnenstrahlung verraten, die möglicherweise auch außerhalb der Erdatmosphäre beständen<sup>3)</sup>. Es wurde eine Abnahme der Sonnenstrahlung beobachtet, die gegen Ende März 1903 begann und etwa 10 % des Wertes der Solarkonstante betrug. Im Februar 1904 war der normale Wert der Solarkonstante wieder vorhanden. Langley war geneigt, diese Abnahme der Sonnenstrahlung in der Sonne selbst zu suchen und berechnete unter dieser Voraussetzung, daß ihr eine Temperaturabnahme auf der Erdoberfläche von maximal 7,5° C hätte entsprechen müssen. Temperaturbeobachtungen an 89 Stationen der nördlichen gemäßigten Zone ergaben für die Zeit März—April 1903 eine durchschnittliche Temperaturabnahme von 2° C; auf den Inlandstationen allein war sie im Durchschnitt noch erheblich größer.

<sup>1)</sup> Publ. des Astrophys. Observatoriums zu Potsdam, Bd. 8; Müller, Photometrie der Gestirne; Astr. Nachr. Bd. 197, S. 385. Ich sitiere das folgende teilweise mit Müllers eigenen Worten.

<sup>2)</sup> Astr. Nachr., Bd. 170, S. 89.

<sup>3)</sup> Astrophys. Journ., Bd. 19, S. 305.

Die Bestimmung der Solarkonstante, die im letzten Jahrzehnt vor dem Kriege die Hauptaufgabe des Smithsonian Astrophysical Observatory war, hat *Abbot* — nach *Langley's* 1906 erfolgtem Tode dessen Nachfolger in der Leitung des Instituts — mit seinen Mitarbeitern *Fowle* und *Aldrich* energisch fortgesetzt. Insbesondere wurde auch die Veränderlichkeit der Sonnenstrahlung eingehend erforscht. Es wurden je zwei Expeditionen auf den 4420 m hohen Mount Whitney und nach Bassour in Algier entsandt, um mit einer beständigen Station auf dem 1750 m hohen Mount Wilson korrespondierende Messungen zu erhalten. Das Ergebnis dieser in den *Annalen des Instituts*<sup>1)</sup> niedergelegten Untersuchungen faßt *Abbot* dahin zusammen, daß die Strahlung der Sonne, gemessen auf dem Mount Wilson, *beständigen* unregelmäßigen Schwankungen von 2 % bis 10 %, im Durchschnitt etwa 7 %, unterliegt, die häufig eine 7—10-tägige Periode zeigen. Da die gleichzeitigen Messungen in Algier mit denen auf dem Mount Wilson einen wesentlich parallelen Gang der Schwankungen ergaben, so müsse der Ursprung derselben in der Sonne selbst zu suchen sein und nicht in Schwankungen der Durchlässigkeit der Erdatmosphäre, da es unwahrscheinlich sei, daß solche an zwei Orten, die um ein Drittel des Erdumfanges voneinander entfernt sind, gleichzeitig auftreten.

Was verhältnismäßig so beträchtliche Schwankungen der Sonnenstrahlung für die Meteorologie und überhaupt für das gesamte Leben auf der Erde zu bedeuten haben würden, braucht wohl nicht besonders hervorgehoben zu werden.

Die Schwäche des *Langley-Abbotschen* Verfahrens, die die amerikanischen Beobachter keineswegs leicht genommen haben, wie die mehrfachen kostspieligen Expeditionen beweisen, liegt darin, daß die Bestimmungen der Solarkonstante *absolute* im astronomischen Sinne, d. h. daß sie nicht auf eine konstante außerirdische Lichtquelle bezogen sind, was bei der Sonne praktisch nicht ausführbar ist. Infolgedessen gehen die Schwankungen der Durchlässigkeit der Erdatmosphäre in die Beobachtungsergebnisse voll ein. Es würde hier zu weit führen, auseinanderzusetzen, auf welche Weise versucht wurde, diese Schwierigkeit zu überwinden. Die erwähnten Referate geben darüber näheren Aufschluß. Das Ergebnis kann aber nur dann ein einwandfreies sein, wenn die angewandten Methoden wirklich alle, nicht nur die regelmäßigen, Durchlässigkeitsschwankungen der Erdatmosphäre erfaßten, worüber Gewißheit zu erlangen auf dem befolgten Wege schwerlich möglich ist.

Des weiteren geben die *pyrheliometrischen* Be-

stimmungen keinen Aufschluß darüber, welches die wahre Periode der Schwankungen sei, falls sie wirklich als der Sonne angehörend zu betrachten wären. Wenn sie z. B. durch Pulsationen des gasförmigen Sonnenkörpers hervorgerufen würden, so kämen Perioden bis herab zu rund 2 Stunden in Betracht<sup>2)</sup>. So kurze Perioden konnten aber durch die *pyrheliometrischen* Bestimmungen der Solarkonstante ihrer ganzen Anlage nach nicht ermittelt werden, die in diesem Falle vielmehr den Eindruck langsamerer, unregelmäßiger Schwankungen von Tag zu Tag erwecken mußten.

Um den Ursprung der *Abbotschen* Schwankungen der Sonnenstrahlung festzustellen, wurden von uns, meinem Mitarbeiter *R. Prager* und mir, Anfang 1914 Helligkeitsmessungen an den großen Planeten mittels der lichtelektrischen Methode begonnen und bis zur Gegenwart fortgesetzt. Die Messungen sind differenziell angelegt, d. h. die Planeten wurden mit geeigneten, nicht zu weit entfernten Fixsternen konstanter oder jedenfalls kontrollierter Helligkeit verglichen, so daß die Durchlässigkeitsschwankungen der Erdatmosphäre, deren regelmäßiger, berechenbarer Teil selbstverständlich mit möglichster Strenge eliminiert wurde, in der Regel praktisch völlig herausfallen. Natürlich mußten wir dafür den bereits erwähnten Nachteil, etwaige Veränderlichkeit der Albedo der gemessenen Planeten, in Kauf nehmen. In der Tat schien anfangs an dieser Klippe die Untersuchung scheitern zu wollen. Die zuerst ausgewählten Planeten waren Mars und Saturn. Mars zeigte in den beiden Erscheinungen 1914 und 1916 beträchtliche periodische Helligkeitsschwankungen im Umfange von 18 %, die mit seiner Rotationsperiode zusammenhingen und offenbar durch die Flecken seiner Oberfläche verursacht werden. Daneben traten aber viel kleinere unregelmäßige Abweichungen auf, die wir auf Veränderungen seiner Albedo infolge atmosphärischer Vorgänge auf dem Planeten zurückführen möchten. Es ist bekannt, daß fast sämtliche neueren Marsbeobachter erhebliche Schwankungen der Durchsichtigkeit der Marsatmosphäre erwähnen, welche die Sichtbarkeit der eigentlichen Oberflächengebilde stark beeinflussen<sup>3)</sup>. Mars schied daher für die Untersuchung aus. Die Helligkeit des Saturn zeigte keine regelmäßigen Schwankungen, hingegen wurden einzelne etwas stärkere Abweichungen von der mittleren Helligkeit beobachtet, von denen wir zunächst nicht mit Gewißheit sagen konnten, ob sie reellen Helligkeitsänderungen des Planeten bzw. der Sonne entsprächen oder durch lokale Störungen der Durchsichtigkeit der Erdatmosphäre verursacht wurden. Das eine allerdings konnte schon damals festgestellt werden: Das Verhalten der Helligkeit des Saturn zeigte keine Ähnlichkeit mit den von *Abbot* beobachteten *beständigen* Schwankungen der Solarkonstante.

<sup>1)</sup> *Emden*, Gaskugeln.

<sup>2)</sup> Vgl. *Lau*, Astr. Nachr. Bd. 204, S. 81, 201, 297,

<sup>3)</sup> *Annals of the Astrophys. Observatory of the Smithsonian Institution*. Bd. 1—3. Referat von *E. Freundlich*, diese Zeitschrift, 3. Jahrg., S. 606. Vgl. ferner die sehr eingehende Besprechung von *E. Kron*, Vierteljahrsschrift der Astr. Gesellschaft, 49. Jahrg., S. 53 bis 80.

Die Untersuchung der Frage wurde dann verschoben bis zum Sommer 1916. Zu dieser Zeit wurde es uns durch eine Unterstützung aus der *Jagor-Stiftung* ermöglicht, die Einrichtung eines lichtelektrischen Apparates zu beginnen, der vornehmlich der Erledigung der Frage der Veränderlichkeit der Sonnenstrahlung dienen soll. Der Apparat besteht aus zwei parallaktisch montierten, mit Uhrwerk versehenen und miteinander verbundenen Fernrohren, mit denen gleichzeitige lichtelektrische oder lichtelektrische und thermoelektrische absolute Messungen an der Sonne, oder differenzielle lichtelektrische Messungen am Monde ausgeführt werden können. Die Messungen an der Sonne sollten in möglichst verschiedenen Spektralgebieten erfolgen, um womöglich ein Mittel zu gewinnen, Schwankungen der Durchlässigkeit der Erdatmosphäre von realen Schwankungen der Sonnenhelligkeit zu trennen. Die bisherigen vorläufigen Versuche haben nun ergeben, daß absolute Messungen an der Sonne in unserem Klima keine Aussicht auf Erfolg bieten. Es blieb daher zunächst der Mond allein übrig, dessen Messung (differenziell) im Winter 1916/17 begonnen werden sollte, aber der Einberufung meines Mitarbeiters zum Heere und der Kriegsverhältnisse

einer Meßgenauigkeit von  $\frac{1}{2}\%$  natürlich eine ganz andere Rolle als bei den bisherigen astrophotometrischen Methoden, mit einer durchschnittlichen Genauigkeit von etwa 5%.

Es wurden im Frühjahr 1917 Messungen an Saturn, im Herbst und Winter 1917 Messungen an Jupiter ausgeführt. Diese Messungen haben zu einem überraschenden, von uns selbst allerdings auf Grund unserer älteren Reihe an Saturn bereits vermuteten Ergebnis geführt, weshalb ich diese drei Reihen in abgekürzter Form mitteilen werde. Die Messungsergebnisse selbst, die aus Vergleichen der Planeten mit den Vergleichsternen  $\beta$  Geminorum für Saturn,  $\epsilon$  Tauri für Jupiter bestehen, sind hier ohne Interesse; statt dessen sind die Abweichungen der Helligkeitsbestimmungen von ihrem Gesamtmittel in Größenklassen gegeben. Es entspricht  $0,01^m$  sehr nahe 1% der Helligkeit. Das negative Vorzeichen bedeutet größere Helligkeit des Planeten. Ein Doppelpunkt zeigt geringere Zuverlässigkeit der betreffenden Bestimmungen infolge ungünstiger Witterungsverhältnisse an. Einige wenige Bestimmungen, in deren Verlauf besonders starke und schnelle Durchsichtigkeitsschwankungen der Atmosphäre oder gar Wolken auftraten, sind natürlich nicht benutzt worden.

| Saturn          |            |  | Saturn          |            |  | Jupiter        |            |  |
|-----------------|------------|--|-----------------|------------|--|----------------|------------|--|
| 1914—1915       | Abweichung |  | 1917            | Abweichung |  | 1917—1918      | Abweichung |  |
| November 17 . . | — 0,040 m  |  | Februar 8 . . . | — 0,010 m  |  | Oktober 16 . . | 0,000 m    |  |
| 28 . .          | — 0,004    |  | 14 . . .        | — 0,001    |  | 24 . .         | + 0,008    |  |
| Dezember 15 . . | — 0,006:   |  | 15 . . .        | — 0,012    |  | November 4 . . | — 0,010    |  |
| Januar 19 . .   | — 0,005:   |  | 28 . . .        | + 0,010    |  | 8 . .          | + 0,002    |  |
| 20 . .          | + 0,006    |  | März 1 . . .    | + 0,008    |  | 15 . .         | 0,000      |  |
| 21 . .          | + 0,016    |  | 4 . . .         | + 0,002    |  | 21 . .         | — 0,002    |  |
| 28 . .          | + 0,016    |  | 6 . . .         | + 0,012    |  | Dezember 3 . . | + 0,010:   |  |
| Februar 3 . .   | + 0,005    |  | 10 . . .        | + 0,013    |  | 10 . .         | — 0,006    |  |
| 4 . .           | + 0,020:   |  | 15 . . .        | — 0,001    |  | 18 . .         | — 0,002    |  |
| 11 . .          | + 0,009    |  | April 23 . . .  | — 0,003    |  | 19 . .         | + 0,002    |  |
| 16 . .          | + 0,013    |  | Mai 1 . . .     | — 0,008    |  | 20 . .         | + 0,002    |  |
| 20 . .          | — 0,027:   |  | 3 . . .         | — 0,011    |  | 22 . .         | — 0,004    |  |
| März 20 . .     | + 0,016    |  |                 |            |  | Januar 8 . .   | 0,000      |  |
| 22 . .          | — 0,016    |  |                 |            |  |                |            |  |
| 29 . .          | + 0,016    |  |                 |            |  |                |            |  |
| April 2 . .     | — 0,016    |  |                 |            |  |                |            |  |

wegen vorerst unterbleiben mußte. Inzwischen wurde jedoch von neuem versucht, auf dem Wege über die Planeten der Natur der Abbotschen Strahlungsschwankungen näher zu kommen, diesmal mit mehr Erfolg, da seit der ersten Untersuchung wesentliche Verbesserungen und Ergänzungen des Apparates sowohl wie des Beobachtungsverfahrens eingeführt worden waren, und auch die Erfahrung bezüglich möglicher Vermeidung terrestrisch-atmosphärischer Störungen erheblich zugenommen hatte<sup>1)</sup>. Letztere spielen bei

<sup>1)</sup> Ausführlichere Mitteilungen hierüber werden in einer im Druck befindlichen Veröffentlichung der Sternwarte gemacht.

Die Messungen von 1914/15 sind noch mit dem alten unvollkommenen Apparat und wegen Fehlen gewisser notwendiger Vorrichtungen in weniger zweckmäßiger Anordnung als die späteren ausgeführt worden; sie haben eine wesentlich geringere Genauigkeit als diese. Mit vielleicht einer Ausnahme, 1914 November 17, sind die wenigen größeren Abweichungen durch schlechte Witterungsverhältnisse und die unvorteilhafte Anordnung der Messungen völlig erklärt. Übrigens sind die Witterungsverhältnisse in unserem Klima während der Monate November bis Februar für sehr genaue astrophotometrische Untersuchungen fast beständig sehr ungünstig.



und die dadurch entstehenden Schwierigkeiten erst durch längere Erfahrung zu überwinden. Da in unseren Breiten nur die Winteroppositionen der Planeten für die vorliegende Aufgabe in Betracht kommen, so könnte man diesen Schwierigkeiten allein durch die Verlegung des Beobachtungsortes in südlichere Gegenden aus dem Wege gehen. Auch die Bestimmung 1914 November 17, die die stärkste Abweichung zeigt, ist unter mäßigen Bedingungen erhalten, beruht auf nur einer vollständigen und einer unvollständigen Vergleichung des Planeten mit dem Vergleichstern, und die Anordnung der Messungen war sehr unzweckmäßig.

Man bemerkt, daß beide Reihen von Saturn eine flache Welle in den Abweichungen mit einem positiven Maximum ungefähr in der Mitte der Zeiträume aufweisen. Bei der Eliminierung des Einflusses der Phase auf die Helligkeit<sup>1)</sup> ist wegen des Umstandes, daß nur eine Messung, 1914 Dezember 15, in unmittelbarer Nähe der Opposition des Planeten erhalten wurde, die übrigen dagegen in dem Phasenintervall  $2,6^\circ$  bis  $6,3^\circ$ , also alle weit von der Opposition entfernt, liegen, angenommen worden, daß der Phaseneffekt dem Phasenwinkel proportional sei. Dies ist in Strenge offenbar nicht der Fall gewesen. Gemäß der Seeligerschen Theorie der Ringhelligkeit muß in der Umgebung der Opposition eine beträchtliche Zunahme des Differentialquotienten  $\frac{dH}{d\varphi}$  ( $H$  = Helligkeit,  $\varphi$  = Phasenwinkel) stattfinden, und zwar eine um so ausgeprägtere, je dünner die den Ring bildenden Teilchen den Raum erfüllen. Dies würde auch in dem von den Messungen bedeckten Phasenintervall noch eine eben merkliche Abweichung von einer geradlinigen Phasenhelligkeitskurve in dem beobachteten Sinne verursachen können.

Die Wirkung der Beschattung des Ringes durch die Kugel ist äußerst gering und außerdem mit großer Annäherung dem Phasenwinkel proportional. Sie ist nicht berücksichtigt, da sie durch den empirisch bestimmten Phasenkoeffizienten praktisch völlig eliminiert wird. Der Schatten des Ringes auf der Kugel lag 1917 während der ganzen Zeit der Beobachtung, 1914/15 von Ende Dezember ab am Innenrande des Ringes, wo er durch den inneren dunklen Ring ver-

deckt wird, ist also photometrisch wohl unmerklich gewesen. Die Berücksichtigung dieser Einflüsse ist mittels der Formeln und Tafeln, die v. Seeliger in seiner bekannten ersten Abhandlung über die Theorie der Beleuchtung des Saturn gibt, jederzeit mit aller wünschenswerten Strenge möglich.

Unter Beachtung der vorstehenden Bemerkungen ergibt sich aus den drei mitgeteilten Reihen folgendes Resultat:

*Die Sonnenhelligkeit war von Ende November 1914 bis Anfang April 1915, von Anfang Februar bis Anfang Mai 1917 und von Mitte Oktober 1917 bis Anfang Januar 1918 innerhalb  $\pm 1\%$  konstant.*

Da die amerikanischen Bestimmungen der Solarkonstante zum Teil in die gleiche Phase der Sonnenfleckentätigkeit wie die hiesigen lichtelektrischen Messungen an den Planeten fallen, so wird der Einwand häufig, daß die Schwankungen der Sonnenstrahlung vielleicht nur an bestimmte Phasen der Fleckentätigkeit gebunden seien. Auch zeigen die amerikanischen Messungen, die für die Jahre 1905, 1906, 1908–11 (Frühjahr bis Herbst) im 3. Bande der genannten Annalen, S. 118–120, bildlich dargestellt sind, zu keiner Zeit ein vorübergehendes Aufhören der Schwankungen.

*Es haben daher mit großer Wahrscheinlichkeit die in Nordamerika und in Algier beobachteten Schwankungen der Sonnenstrahlung ihren Ursprung nicht in der Sonne selbst gehabt, sondern in Durchlässigkeitsschwankungen der Erdatmosphäre, die möglicherweise weite Gebiete derselben gleichzeitig betrafen.*

Es muß noch erwähnt werden, daß das von den lichtelektrischen Messungen erfaßte Spektralgebiet praktisch zwischen den Grenzen  $0,35\ \mu$  und  $0,55\ \mu$  eingeschlossen ist, das pyrheliometrisch erfaßte Gebiet dagegen zwischen den Grenzen  $0,37\ \mu$  und  $2,8\ \mu$ . Die Amplituden von Schwankungen der betrachteten Art nehmen nach allen bisherigen Erfahrungen mit abnehmender Wellenlänge zu, was Abbot auch für die von ihm beobachteten Schwankungen angedeutet fand.

Die lichtelektrischen Messungen an Saturn liefern auch Material zur Frage der 11jährigen Schwankung; sie konnten jedoch bisher nicht in dieser Richtung benutzt werden, da die Bestimmung gewisser empirischer Konstanten, deren Kenntnis erforderlich ist, noch aussteht.

Die beiden Planeten Saturn und Jupiter, deren eigentliche Oberfläche durch eine sehr dichte Wolkenhülle beständig verdeckt wird, haben sich somit bisher als geeignete Mittel zur Prüfung der Sonnenstrahlung auf kürzere Schwankungen erwiesen. Ob sie sich auch zur Prüfung des Vorhandenseins ganz kurzer Schwankungen von wenigen Stunden Perioden, deren Umfang nach den bisherigen Beobachtungen schwerlich  $2\%$  übersteigen wird, und zur

<sup>1)</sup> Die Helligkeit eines Planeten ist, abgesehen von den veränderlichen Abständen Planet—Sonne und Planet—Erde, auch abhängig von der Phase, d. h. dem Winkel am Planeten in dem Dreieck Sonne—Planet—Erde. Die Phase gibt an, wieviel von der durch die Sonne beleuchteten Planetenoberfläche auf der Erde sichtbar ist. Sie ist  $0^\circ$ , wenn der Erde die ganze Tagseite des Planeten,  $180^\circ$ , wenn ihr die ganze Nachtseite zugekehrt ist (Vollmond, Neumond). Der Einfluß der Phase auf die Helligkeit ist aus physischen Gründen für jeden Planeten verschieden, stets aber größer, als nach den geometrischen Verhältnissen zu erwarten wäre. So beträgt das Licht des ersten und letzten Mondviertels im Mittel nicht die Hälfte, sondern nur  $\frac{1}{6}$  des Vollmondlichtes.