

Werk

Jahr: 1938

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:14

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0014

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0014

LOG Id: LOG_0059

LOG Titel: Über den Nachweis der Sonnenstrahlung bei 2150 Å

LOG Typ: article

Übergeordnetes Werk

Werk Id: PPN101433392X

PURL: <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X>

OPAC: <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=101433392X>

Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain these Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen
Georg-August-Universität Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen
Germany
Email: gdz@sub.uni-goettingen.de

Die besprochenen Beispiele zeigen, daß Dauerbeobachtungen mit fester Frequenz für die Erforschung einer ganzen Reihe von Erscheinungen in der Ionosphäre durchaus geeignet sind. Es mag in letzter Zeit die Ansicht entstanden sein, daß nur Beobachtungen mit veränderlicher Frequenz exakte Ergebnisse zu liefern vermögen. Demgegenüber ist zu betonen, daß der genaue zeitliche Ablauf sogar besser durch Registrierungen mit fester Frequenz wiedergegeben wird. Das erstrebenswerte Ziel ist die Anwendung beider Verfahren gleichzeitig. Dabei zieht sich die Dauerbeobachtung fester Frequenzen wie ein roter Faden durch die Gesamtheit der Registrierungen und erleichtert ganz wesentlich die richtige Deutung der Aufnahmen mit veränderlicher Frequenz. Über die Ergebnisse von Versuchen mit derartigen kombinierten Anlagen wird zu gegebener Zeit berichtet werden.

Über den Nachweis der Sonnenstrahlung bei 2150 Å

Von K. O. Kiepenheuer, Göttingen. — (Mit 1 Abbildung)

Diesjährige Messungen auf dem Jungfrauoch (3600 m ü. d. M.) mit Lichtzählrohren haben den Nachweis der Sonnenstrahlung in der Ozon-Sauerstoff-Absorptionslücke bei 2150 Å erbracht. Die Intensität dieser Strahlung schwankt außerordentlich und zeigt keine deutliche Abhängigkeit von der Zenitdistanz der Sonne.

Die Kenntnis der extraterrestrischen Beschaffenheit der ultravioletten Sonnenstrahlung ist für das Verständnis der Vorgänge in den höchsten Schichten der Erdatmosphäre von großer Bedeutung. So sind die Ionosphäre, das Himmelslicht und gewisse erdmagnetischen Feldschwankungen eine unmittelbare Folge einer sehr kurzwelligen und intensiven Ultraviolett-Einstrahlung.

Die direkte Erforschung des ultravioletten Teiles des Sonnenspektrums wird durch die Absorption der Erdatmosphäre außerordentlich erschwert, wenn nicht unmöglich gemacht, so daß wir bis heute fast ganz auf sehr indirekte Schlüsse angewiesen sind.

Die Absorption des atmosphärischen Ozons schneidet das Sonnenspektrum etwa bei 2900 Å ab. Die kürzeste photographisch nachgewiesene Wellenlänge ist 2863 Å [1] und lichtelektrisch etwa 2845 Å [2]. Die Ozonabsorption erreicht bei 2550 Å ein Maximum, wo die Sonnenstrahlung wohl auf weniger als 10⁻³⁰ ihrer extraterrestrischen Intensität geschwächt wird [3], und sinkt dann langsam gegen 2000 Å wieder ab. Unterhalb 2000 Å dürfte das Ozon durchsichtig sein.

Bei etwa 2100 Å setzt dann eine kräftige Bandenabsorption des Sauerstoffs ein, die bei 1750 Å in eine kontinuierliche, bis 1250 Å reichende Absorption übergeht [4].

Der Stickstoff ist oberhalb 1700 Å praktisch durchsichtig und zeigt zwischen 1700 und 1250 Å eine intensive Bandenabsorption. In der Gegend von 1200 Å jedoch ist er ähnlich wie Sauerstoff verhältnismäßig durchsichtig.

Der Absorption dieser drei Gase überlagert sich die schwächende Wirkung der Rayleigh-Streuung ($\sim \lambda^{-4}$) und die Absorption des Wasserdampfs unterhalb 1800 Å. Aus diesen Daten, deren numerische Genauigkeit zur Zeit leider noch sehr gering ist, lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

1. Die Sonnenstrahlung sollte in der Gegend von 2150 Å in der „Ozon-Sauerstoff-Absorptionslücke“ schon in geringen Höhen (unter 5000 m ü. d. M.) noch einmal, wenn auch mit sehr geringer Intensität, auftauchen [5].
2. Die Erdatmosphäre wird bei 1200 Å immerhin so durchsichtig sein, daß es mit einer lichtempfindlichen Anordnung möglich sein sollte, schon in 30 km Höhe die voraussichtlich außerordentlich intensive Resonanzlinie des Wasserstoffs (Lyman L_{α} 1216 Å) im Sonnenspektrum nachzuweisen.

Es braucht hier wohl nicht erwähnt zu werden, daß eine *direkte* Messung der Sonnenstrahlung in diesem kurzwelligen Gebiet von ganz überragender Bedeutung für das Verständnis der Vorgänge in der Sonnenatmosphäre und in der Ionosphäre sein würde.

Die Messungen, über die hier berichtet werden soll, wurden in der Ozon-Sauerstoff-Absorptionslücke gemacht. Es soll hier nicht auf die zahlreichen früheren ergebnislosen Versuche eingegangen werden, diese Strahlung photographisch nachzuweisen. Das experimentelle Problem beruht im wesentlichen auf der Trennung des sehr intensiven langwelligen Streulichtes ($\lambda > 2900$ Å) von einer sehr schwachen Strahlung bei 2150 Å. Eine rein optische Trennung dieser beiden Komponenten z. B. durch mehrfache spektrale Zerlegung ist bei Beibehaltung einer guten Lichtstärke kaum möglich, da sich dann bei 2150 Å die Absorptionsverluste in dem langen Quarzweg, sowie die unvermeidlichen Reflexionsverluste unliebsam bemerkbar machen.

Sehr viel günstiger werden die Verhältnisse, wenn es gelingt, das lichtempfindliche Organ unempfindlich gegen den Wellenlängenbereich des störenden Streulichtes zu machen. Diese Eigenschaft besitzen bis zu einem gewissen Grade die lichtelektrischen Kathoden, deren langwellige Grenze (oberhalb deren die lichtelektrische Ausbeute sehr gering ist) sich durch Wahl des Kathodenmaterials weitgehend beeinflussen läßt. Zweckmäßigerweise gibt man diesen Kathoden die Form von Lichtzählrohren. Bei diesen ist es im Gegensatz zu Photozellen möglich, die *einzelnen* Photoelektronen mit einfachen Mitteln zu zählen und so die lichtelektrische Wirkung während einer beliebig langen Zeit zu akkumulieren.

Mit einer solchen Anordnung — einfacher Quarzmonochromator und Platin-Lichtzählrohr — gelang es Meyer, Schein und Stoll [7] 1934 auf dem Jungfraujoch (3470 m ü. d. M.) die Existenz einer Strahlung bei 2150 Å wahrscheinlich zu machen. Jedoch sind die angewendeten Methoden zur Unterscheidung der sehr starken Wirkung des Streulichtes von derjenigen einer Strahlung bei 2150 Å kaum als beweiskräftig anzusehen. Überdies widerspricht die Konstanz

der dort beobachteten Effekte allen Erwartungen und Anschauungen über die Veränderungen der ultravioletten Sonnenstrahlung in der Erdatmosphäre, wie ich zum Schluß noch zeigen werde.

Ich wiederholte diese Versuche dann im vorigen Jahre wieder auf dem Jungfrauoch mit Lichtzählrohr (Eisen- und Aluminiumkathode) und *Doppelmonochromator*, ohne jedoch die gesuchte Strahlung nachweisen zu können [8]. Vielmehr konnte ich nur zeigen, daß diese schwächer sein muß als $5 \cdot 10^6$ Lichtquanten je ($\text{cm}^2 \text{ sec}$) oder daß — wenn man die Sonne mit einem schwarzen Strahler der Temperatur 5740° identifiziert — die Strahlung auf weniger als 10^{-8} ihrer extraterrestrischen Intensität herabgesetzt sein muß.

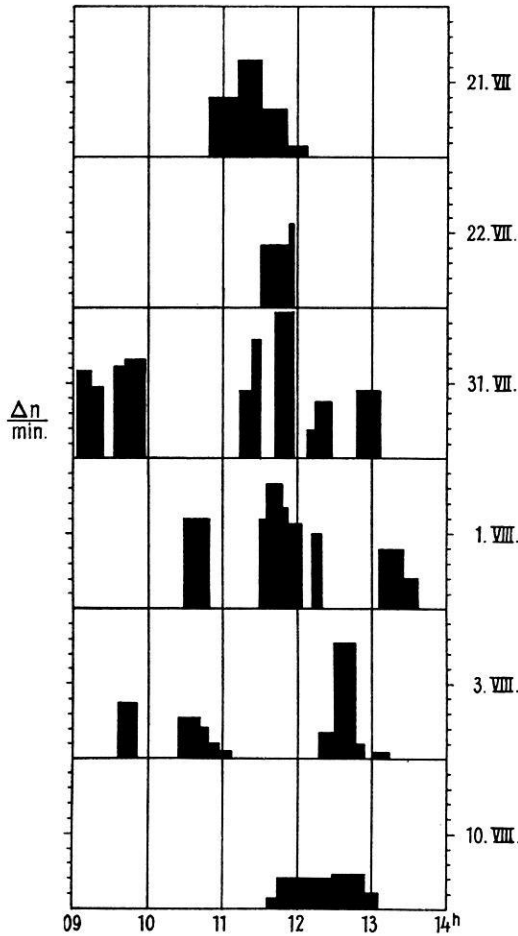
Die Versuche wurden in diesem Sommer auf dem Sphinxgipfel (Sphinx-Observatorium), etwa 100 m oberhalb des Jungfrauochs, fortgesetzt. Es wurde ein Lichtzählrohr mit Kupferkathode verwendet, das die bemerkenswerte Eigenschaft besaß, auf Licht oberhalb 2850 \AA nur in äußerst geringem Maße anzusprechen, so daß alle Spalten des Monochromators auf 3 mm geöffnet werden konnten, ohne daß eine Störung durch langwelliges Streulicht festzustellen war. Die Stoßzahlen überstiegen bei Einstellung des Monochromators auf Wellenlängen zwischen 2400 und 2800 \AA nie 2 min. Der bei 2150 \AA ausgeblendete Spektralbereich betrug etwa 50 \AA .

Mit dieser Anordnung konnte ähnlich wie im Vorjahre zunächst keine Andeutung der gesuchten Strahlung gefunden werden. Auch Herrn Dr. F. Müller aus Zürich, der zur selben Zeit auf dem Jungfrauoch ebenfalls mit Doppelmonochromator und Lichtzählrohr arbeitete, gelang dies nicht. Als dagegen Herr Prof. Meyer aus Zürich einen Einfach-Monochromator einsetzte, konnte er am 28. und 30. Juli Anzeichen einer Strahlung bei 2150 \AA finden, deren Realität jedoch noch durch Anwendung entsprechender Filtermethoden sichergestellt werden mußte.

Ich schaltete daher, um die Lichtempfindlichkeit meiner Anordnung zu steigern, die zweite Hälfte meines Doppelmonochromators aus und verwendete vom 31. Juli ab ebenfalls nur noch einen einfachen Monochromator, der bei 2150 \AA einen Bereich von etwa 100 \AA ausblendete. Um die nunmehr sehr starke Wirkung des langwelligen Streulichtes von derjenigen einer Strahlung bei 2150 \AA unterscheiden zu können, wurden verschiedene Filter vor den Ein- und Austrittsspalt des Monochromators geschaltet, die Licht aus der Gegend von 2150 \AA bestimmt wegnahmen, während sie Licht mit $\lambda > 2850 \text{ \AA}$ bis auf die Reflektionsverluste ungehindert hindurchließen. Verwendet wurden ein normales Mikroskopdeckglas von 0,1 mm, eine Zaponlackfolie von $0,1 \mu$ und ein Schott Uviolglas (U. V. 3199) von 0,3 mm Dicke.

Bei Einstellung des Monochromators auf $2400 < \lambda < 3000 \text{ \AA}$ hatte das Verschieben irgendeines dieser Filter Stoßzahländerungen zur Folge, die stets unter 15% (Reflektionsverluste!) blieben, während bei $2000 < \lambda < 2300 \text{ \AA}$ zeitweise Änderungen von mehr als 50% auftraten, die also nur auf die Existenz einer Strahlung in diesem Spektralbereich zurückgeführt werden können.

Die beobachteten Stoßzahldifferenzen mit und ohne Filter schwankten zwischen 10 und 100/min., die Gesamtstoßzahlen zwischen 100 und 250/min. Eine Abweichung von der Proportionalität infolge endlichen Auflösungsvermögens der Zählapparatur machte sich erst bei etwa 400 Stößen/min. bemerkbar. Die



Belichtungszeiten wurden stets so bemessen, daß der beobachtete Effekt außerhalb des statistischen Schwankungsbereiches lag. Häufig schwankten trotz klarem Himmel die Stoßzahlen derartig, daß die zeitlich nacheinander gemachten Messungen mit und ohne Filter nicht verglichen werden konnten. Solche Messungen sind in der Fig. 1, die sonst alle Beobachtungen wiedergibt, nicht eingetragen.

Die Ordinate gibt die je min. mit und ohne Filter bei 2150 Å gemessene Stoßzahldifferenz Δn an. Am 21., 22., 31. Juli und am 1. August wurde mit der Zaponlackfolie, am 3. August mit dem Deckglas und am 10. August mit dem Schott-Uviolglas gemessen. Vom 19. bis 22. Juli wurde mit Doppelmonochromator, an allen anderen Tagen mit einem Einfachmonochromator gearbeitet. Die mit ersterem gemessenen Stoßzahldifferenzen, deren Deutung, als von einer Strahlung bei 2150 Å herrührend, erst nach Beendigung der Messungen mit dem einfachen Monochromator geschah, sind in der Fig. 1 mit

Fig. 1. Zeitlicher Verlauf der Intensität bei 2150 Å. Einheit der Ordinate 10 Stöße/min.

einem Faktor 30 multipliziert, um sie zusammen und vergleichbar mit den Werten des einfachen Monochromators darstellen zu können. Dieser Faktor dürfte auch etwa das Verhältnis der Lichtempfindlichkeiten von Einfach- und Doppelmonochromator bei 2150 Å sein, wenn man bedenkt, daß in jeder Monochromatorstufe 12 Reflexionen mit je 5% Verlust und eine Reflexion an einer Aluminium-

schicht mit 30% Verlust stattfinden und daß in jeder Stufe 10 cm Quarz durchlaufen werden. Überdies ist der bei dem Einfachmonochromator ausgeblendete Spektralbereich doppelt so groß wie bei doppelter Zerlegung.

Infolge der Verwendung verschiedener Filter ist nur ein Teil der Ordinaten untereinander vergleichbar. Die Trommelstellung betrug bei allen Messungen 2150 Å. Zu bemerken ist noch, daß am 19. und 20. Juli sowie am 4., 15., 16., 17. und 18. August *nichts* gefunden wurde. Vom 23. bis 30. Juli und am 2. August wurde nicht beobachtet. Am 1., 3. und 10. August setzte gegen 13.30^h Bewölkung ein. An allen Beobachtungstagen wurde, abgesehen von kurzzeitigen Unterbrechungen, von 9 bis 15^h gemessen.

Aus der Fig. 1 erkennt man folgendes:

1. Die Intensität der Strahlung schwankt außerordentlich stark und tritt im allgemeinen nur kurzzeitig auf.
2. Die Strahlungsintensität zeigt keinesfalls eine systematische Abhängigkeit von der Zenitdistanz der Sonne oder ein Maximum bei höchstem Sonnenstande.
3. Nach 13.30^h ist die Strahlung mit Sicherheit nie beobachtet worden.

Von Interesse ist vielleicht auch die Beobachtung, daß die Schwankungen der Sonnenstrahlung bei 2900 und 2150 Å zeitweise annähernd parallel zu gehen schienen, woraus zu folgern wäre, daß die Absorption der Erdatmosphäre bei 2150 Å zum größeren Teil vom Ozon und nicht vom Sauerstoff herrührt, der bei 2900 Å vollkommen durchsichtig ist. Vielleicht kann man auf diese Weise auch verstehen, daß es V. H. Regener [9] selbst in 20 km Höhe nicht gelungen ist, die Sonnenstrahlung in der Ozon-Sauerstofflücke photographisch nachzuweisen. Im Falle der Ozonabsorption würde nämlich die Intensität erst in Höhen über 20 km merklich anwachsen, während sie bei Sauerstoffabsorption schon in ganz geringen Höhen ungeheuerlich zunehmen müßte.

Eine Stütze für die Realität der Strahlung kann man in der Tatsache sehen, daß Meyer und Müller wie auch ich nahezu die gleichen Intensitätsschwankungen beobachteten.

Diese Schwankungen werden übrigens durchaus verständlich, wenn man folgendes bedenkt: Die in der Höhe h bei der Wellenlänge λ beobachtete Intensität J möge durch Abschwächung der extraterrestrischen Intensität J_0 in der über dem Beobachter befindlichen Gasmasse M zustande gekommen sein. Dann ist, wenn μ den Massenabsorptionskoeffizienten bei der Wellenlänge λ bedeutet:

$$J = J_0 e^{-\mu M} \dots \dots \dots (1)$$

und

$$\frac{dJ}{J} = -\mu dM = -\mu M \frac{dM}{M} \dots \dots \dots (2)$$

Nun ist nach den vorjährigen Messungen [8] die Gesamtschwächung mindestens von der Größenordnung 10^8 . Es wird daher

$$\mu M = 2.3 \log \frac{J_0}{J} > 20.$$

Man erkennt so aus (2), daß in der Gegend von 2150 Å schon sehr geringe Konzentrationschwankungen — wie sie schon aus meteorologischen Gründen stets zu erwarten sind — merkliche Intensitätsschwankungen hervorbringen.

Eine klare Entscheidung über die extraterrestrische Beschaffenheit dieser Strahlung, sowie deren Veränderung in der Erdatmosphäre, wird erst nach Ansammlung eines sehr umfangreichen Beobachtungsmaterials möglich sein.

Ich möchte schließlich noch ausdrücklich darauf hinweisen, daß bei der Erforschung des ultravioletten Sonnenspektrums eine Zusammenarbeit von Erdmagnetikern, Ionosphärenforschern und Sonnenphysikern von sehr großem Nutzen sein könnte.

Literatur

- [1] F. W. P. Götz: Strahlentherapie **40**, 690 (1931).
- [2] K. O. Kiepenheuer: Zeitschr. f. Astrophys. **14**, 348 (1937).
- [3] E. Vassy: Rev. d'Opt. **15**, 81 [1936].
- [4] Füchtbauer u. Holm: Phys. Zeitschr. **26**, 345 (1925); Granath: Phys. Rev. **34**, 1026 (1929); Buisson, Jauseran, Rouard: Rev. d'Opt. **12**, 70 (1933).
- [5] E. Meyer: Ann. d. Phys. **12**, 849 (1903).
- [6] M. N. Saha: Bulletin Harvard College Observ. Nr. 905, S. 1 (1937).
- [7] E. Meyer, M. Schein, B. Stoll: Helv. Physica Acta **7**, 670 (1934).
- [8] K. O. Kiepenheuer: l. c.
- [9] V. H. Regener: Naturw. **26**, 141 (1938).

Diskussionsbemerkung zum Vortrag Kiepenheuer

Von P. Götz

Auf Grund der an den gleichen Tagen durchgeführten Ozonmessungen in Arosa scheint mir eine Erklärungsmöglichkeit der interessanten Schwankungen durch Ozonwolken nicht sehr wahrscheinlich. Bei der reichen Photochemie der hohen Atmosphäre wird man freilich auch an hohe Schichten anderer, vielleicht labilerer Konstituenten denken dürfen. Ich erinnere daran, daß ich vor Jahren bei der Absorption horizontaler bodennaher Schichten außer der Absorption durch Sauerstoff und Ozon eine weitere unbekannte „Restabsorption“ unterhalb λ 2300 gefunden habe. Meines Wissens sind bei dem Erstnachweis durch Meyer, Schein und Stoll im Jahre 1934, also einer kosmisch ruhigeren Zeit, solche Schwankungen nicht beobachtet worden. Vielleicht stößt man hier auf ganz unwälzende Dinge.