

## Werk

**Jahr:** 1927

**Kollektion:** fid.geo

**Signatur:** 8 GEOGR PHYS 203:3

**Digitalisiert:** Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

**Werk Id:** PPN101433392X\_0003

**PURL:** [http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X\\_0003](http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0003)

**LOG Id:** LOG\_0038

**LOG Titel:** Über die Intensitätsverteilung im ultravioletten Sonnenspektrum

**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](mailto:gdz@sub.uni-goettingen.de)

- <sup>11)</sup> Derselbe, Bertiner Ber. 1923, S. 366 und 1925, S. 120.
- <sup>12)</sup> G. Hoffmann: Phys. Zeitschr. **26**, 40 (1925).
- <sup>13)</sup> Derselbe: ebenda **26**, 669 (1925).
- <sup>14)</sup> Derselbe: ebenda **27**, 291 (1926).
- <sup>15)</sup> Derselbe: Ann. d. Phys. **80**, 779 (1926).
- <sup>16)</sup> F. Běhounek: Phys. Zeitschr. **27**, 8 (1926).
- <sup>17)</sup> K. Büttner: Zeitschr. f. Geophys. **2**, 187 (1926).
- <sup>18)</sup> Derselbe: ebenda **2**, 254 (1926).
- <sup>19)</sup> W. Kolhörster: Phys. Zeitschr. **27**, 355 (1926).
- <sup>20)</sup> Derselbe: Zeitschr. f. Phys. **36**, 147 (1926).
- <sup>21)</sup> R. A. Millikan: Proc. Nat. Acad. Sc. **12**, 48 (1926).
- <sup>22)</sup> R. A. Millikan and R. M. Otis: Phys. Rev. **27**, 648 (1926).
- <sup>23)</sup> R. A. Millikan and G. H. Cameron: ebenda **27**, 851 (1926).
- <sup>24)</sup> A. Corlin: Beobachtungszirkular der Astr. Nachr. **41**, Nov. 1926.
- <sup>25)</sup> K. Büttner und W. Feld: Naturw. **15**, 378 (1927).
- <sup>26)</sup> G. Hoffmann: Ann. d. Phys. **82**, 413 (1927).

Geophysikalisches Institut der Universität Göttingen, November 1926.

---

## Über die Intensitätsverteilung im ultravioletten Sonnenspektrum.

Von **Otto Hoelper** in Aachen. — (Mit drei Abbildungen.)

Es wird ein neuer Ultraviolettspektrograph beschrieben und die Methode photographischer Aufnahmen des Sonnenspektrums unterhalb  $320 \mu\mu$ . Der Intensitätsabfall des Spektrums wird verschieden gefunden bei verschiedenen Endwellenlängen des Sonnenspektrums, derart, daß mit zunehmender Ausdehnung des Spektrums das Intensitätsverhältnis zweier Spektrallinien kleiner wird. Atmosphärische Trübungen wirken im gleichen Sinne wie eine Vermehrung der Luftmasse (vgl. Vortrag Naturforschertagung; Referat Zeitschr. f. Geophys. **2**, 337).

Die Anfänge der vorliegenden Abhandlung gehen zurück auf das Jahr 1924. Im Rahmen einer klimatischen Untersuchung der Strahlungsverhältnisse im deutschen Hochgebirge erhob sich die Frage nach der Art und Größe der ultravioletten Sonnenintensität. Die photoelektrische Zellenmethode gestattet bekanntlich, in einem durch die Bemühungen Dornos gut ausgebildeten Verfahren Gesamtintensitäten in einem mehr oder weniger weitreichenden und definierten Spektralbezirk zu messen. Der Wechsel in der Intensität und in der Ausdehnung des ultravioletten Sonnenspektrums, die beobachtete Abhängigkeit dieser Erscheinung vom Tages- und Jahresgang, von atmosphärischen Einflüssen unbekannter Herkunft, rückten indessen die Aufgabe einer Untersuchung des spektralzerlegten Lichtes in den Vordergrund. So wertvoll die Dorno-

schen Registrierungen der Ausdehnung des ultravioletten Sonnenspektrums, und so beachtlich ihre Ergebnisse sind für unsere Kenntnis der Schwankungen in der Ausdehnung des Sonnenspektrums — über die eigentlichen Intensitätsverhältnisse im abbrechenden Spektrum geben sie keine Auskunft, da die Dispersion der Apparatur zu klein und der Vorteil der photographischen Registrierung der kleinsten Wellenlänge erkauft werden mußte mit einer sehr starken Überlichtung der oberhalb anschließenden Partien, die alle Einzelheiten notwendigerweise verwischt und zugleich das Streulicht in der Apparatur außerordentlich vermehrt. Auf der anderen Seite tragen die mit stärkerer Optik, und zum Teil mit allem Zubehör physikalischer Laboratoriumstechnik aufgenommenen Photographien von Miethe und Lehmann und von Fabry und Buisson zu sehr den Charakter von Messungen unter Ausnahmeverhältnissen, als daß von ihnen eindeutiger Aufschluß erwartet werden könnte über die Ursache der optischen Vorgänge innerhalb einer stets wechselnden Atmosphäre. Es ergab sich die Aufgabe, ein Instrumentarium zu konstruieren von genügend großer Dispersion, um die einzelnen Spektrallinien messend zu verfolgen, das zugleich hinreichend kompensiös ist, um schnelle und zuverlässige Messungen zu gestatten. Nach mancherlei Versuchen, mit einfachen Mitteln, insbesondere mit Gitterkopien, zum Ziele zu kommen, mußte doch Quarzoptik gewählt werden. Die Konstruktion des eigens für diese Zwecke gebauten Spektrographen stammt von der Firma Zeiss.

**Instrumentarium und Methode.** Der Spektrograph besteht aus einem System von Quarzprismen (Fläche  $21 \times 29$  mm), das den Spektralbereich unterhalb  $320 \mu\mu$  aussondert und der Untersuchung zugänglich macht. Der Spalt ist mit einer Mikrometerschraube in  $\frac{1}{100}$  mm Spaltverschiebung pro Teilstrich symmetrisch zu regulieren und wird durch eine vorgeschaltete Konvexlinse von 25 cm Brennweite vollständig ausgeleuchtet. Die vor dem Eintritt in die Prismen parallel gemachte Strahlung durchsetzt nach deren Durchgang ein zur Feineinstellung verschiebbares Objektiv. Bei einer Brennweite von 50 cm wird so im photographierten Spektralbereich eine Dispersion von  $30 \mu\mu$  auf 22 mm erzielt. Das Instrument ist um zwei Achsen drehbar, stabil montiert. Zur Einstellung auf die Sonne genügt ein an ihm angebrachter Diopter.

Die Photographierung des Sonnenspektrums begegnet einer schier unüberwindlichen Schwierigkeit: Die Lichtintensität im abbrechenden Spektrum sinkt, bevor sie ganz unmeßbar wird, auf einen Betrag herab, der sich zu jenem bei  $320 \mu\mu$  verhält, wie etwa  $1:10^6$ . Das bedeutet für jene Wellenlänge eine außerordentlich starke Überlichtung, wenn tatsächlich die letzten Spuren des Spektrums noch erhalten werden sollen. Glücklicherweise sinkt die photographische Intensität stoßweise, bei bestimmten Wellenlängen (z. B.  $\lambda = 310.4$  oder  $\lambda = 302.6$ ) tritt ein deutlich markierter Abfall ein, auf den jedesmal ein Bereich folgt, innerhalb dessen die Intensität in meß- und vergleichbaren Werten abnimmt. Es ist also möglich, Teilbereiche des Spektrums auszu-

sondern und die Belichtungszeit auf ihre Intensität einzustellen. Bei einer genügend großen Zahl von Aufnahmen auf der gleichen Platte läßt sich so die Intensitätsverteilung im ganzen Spektralbereich dennoch sicherstellen. Wenn es möglich wäre, ein Filter zu finden, das im Verhältnis der auffallenden Lichtintensität die Strahlung schwächte, so daß bei konstanter Belichtungszeit eine gleichmäßige Schwärzung im gesamten Spektrum sich ergäbe, so wäre das der sicherste Weg, Schwankungen der Intensitätsverteilung schnell festzustellen.

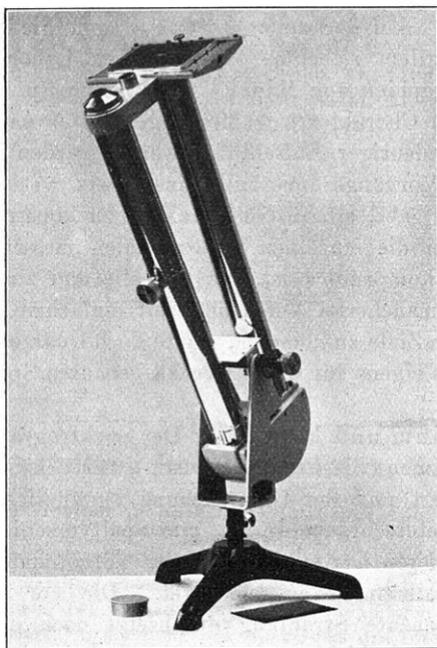


Fig. 1. Spektrograph.

Ich habe versucht, durch Vorschaltung einer Aufnahme des Sonnenspektrums selber als Filter zum Ziele zu kommen. Doch sind die Schwierigkeiten dieses Verfahrens noch nicht beseitigt.

Ein Wort bleibt zu sagen über die Notwendigkeit von Farbfiltern zur Beseitigung des Streulichtes. Bekanntlich ist dieses im Ultraviolett besonders groß und schwer zu beseitigen. Bei Aufnahmen, die die allerletzten Spuren von wirklich noch vorhandenen Intensitäten mit Sicherheit erreichen wollen, ist ein solches Filter — wie es etwa neuerdings Dobson angibt — notwendig. Dagegen kann in einem Bereich stärkerer Intensität die Intensitätsverteilung durch Streulicht nicht gestört werden. Jedenfalls war es im vorliegenden Falle ohne meßbaren Einfluß auf den photographierten Endbereich des Spektrums. Veränderungen in der Plattendurchlässigkeit durch Streulichtbelichtung blieben

innerhalb der der Messung durch die Feinheit des Plattenkorns gezogenen Grenzen, und die Ausdehnung des Spektrums zeigte sich auch bei weitgehender Variation der Belichtungszeit unveränderlich.

Die Aufnahmen wurden mit Hilfe einer senkrecht zur Ausdehnung des Spektrums verschiebbaren Kassette serienweis auf dieselbe Platte  $6 \times 9$  cm gemacht. Die Spektrogramme derselben Platte sind so unmittelbar untereinander vergleichbar. Neben den stundenweise oder in kleineren Zeitabständen exponierten Aufnahmen einer Tagesserie wurde eine zweite untereinander vergleichbare Serie von 12 Uhr-Aufnahmen genommen, und durch jedesmalige Übereinstimmung der letzten Aufnahme einer abgeschlossenen Serie mit der ersten der neuen Platte der Anschluß der Messungen an die vorhergehenden gewonnen. Zu diesem Verfahren, das die Feststellung der Schwärzungskurve jeder Platte ersetzte, nötigte der Mangel an physikalischen Hilfsmitteln; die Erfahrung hat gezeigt, daß durch das verschiedene Alter der Aufnahmen etwa zu befürchtende Fehler nicht auftraten. Natürlich wurde unter stets gleichen Verhältnissen (Zusammensetzung, Konzentration, Temperatur, Zeit) entwickelt; zudem entstammen sämtliche Platten der gleichen Emulsion. Als best geeignet für die verfolgten Zwecke erwiesen sich durch die Feinheit des Kornes und durch die gleichmäßige, relativ sehr geringe Empfindlichkeit Agfa-Reproduktionsplatten.

Zur Auswertung der gewonnenen Spektrogramme diente ein registrierendes Mikrophotometer mit Mollscher Thermosäule. Die Ausschläge des Instruments wurden mit Hilfe eines zum Hartmannschen Photometer gehörigen Stufenkeils geeicht; die Photometrierung ist also unabhängig von der Apparatur und ergibt im Anschluß an das Bunsen-Roescoesche Gesetz absolute Schwärzungswerte. Das Instrument arbeitet vollkommen trägheitsfrei. Die vorwärts und rückwärts erhaltenen Registrierkurven stimmen ganz überein. Dabei entfallen  $16 \text{ \AA.} \cdot \text{E.}$  auf den Zentimeter und Intensitätsdifferenzen zweier um weniger als  $\frac{1}{2} \text{ \AA.} \cdot \text{E.}$  auseinander liegender Linien sind mühelos unterscheidbar. Die Orientierung im Sonnenspektrum ist relativ einfach mittels des Hg- und Fe-Spektrums. Die Linien des ersteren wurden gleichzeitig mit dem Sonnenspektrum photographisch festgelegt und dienten als Standardlinien. Die dazwischen liegenden Linien wurden an Hand der Tabelle der Linienspektren nach dem Kayzerschen Handbuch VI identifiziert.

Das auf die beschriebene Art gewonnene und verwertete Beobachtungsmaterial ist leider nicht sehr umfangreich. Äußere Gründe haben die Verwirklichung eines Programms von Dauerbeobachtungen verhindert. Mir liegen

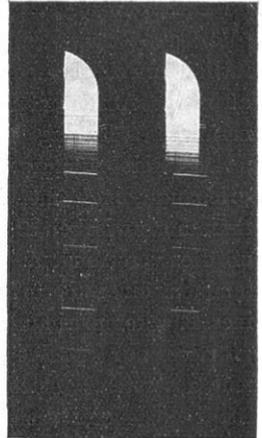


Fig. 2. Reproduktion des Sonnen- + Hg-Spektrums. 20. August 1926, 4<sup>p</sup>.

bisher Aufnahmen vor aus den Monaten Dezember bis April und August. Immerhin hat der Apparat seine Leistungsfähigkeit für den beabsichtigten Zweck dargetan, und die Spektrogramme erlauben, weitgehende Schlüsse zu ziehen über die physikalischen Vorgänge im abbrechenden Spektrum.

Ergebnisse. a) Ausdehnung des Spektrums zur kürzesten Wellenlänge. Die von Dorno registrierte Schwankung der Endwellenlänge wurde in den Beobachtungsmonaten quantitativ bestätigt. Im Durchschnitt meiner Aufnahmen reicht das Spektrum etwas weiter hinab, doch glaube ich nicht auf die Reellität kürzerer Wellenlänge schließen zu dürfen. Vielmehr scheint mir dies nach Vergleich mit einem Originalfilm, den Dorno zur Verfügung zu stellen die Güte hatte, ein Effekt der stärkeren und von Streulicht freieren Optik zu sein. Die Differenz bleibt im Rahmen der leichten Schwankung, die von Dorno für „alle Tage“ und „Tage mit kürzester Wellenlänge“ beobachtet wurde. Vermutlich spricht bei der weiteren Ausdehnung des Spektrums der Umstand mit, daß meine Aufnahmen von Tagen ausnehmend günstiger Strahlungsverhältnisse herrühren. Es lag im Rahmen des ursprünglichen Programms, daß die Aufmerksamkeit zunächst auf die Gewinnung von untereinander vergleichbaren Serienaufnahmen möglichst ungestörter Tage gerichtet war. Die Übereinstimmung zwischen Dornos Aufnahmen und den vorliegenden ist im Hinblick auf die verschiedene Beobachtungszeit beachtlich: Dornos Aufnahmen entstammen einer Periode minimaler Sonnentätigkeit, während meine zur Zeit eines Fleckenmaximums gemacht wurden. Eine zahlenmäßige Prüfung kann natürlich nur die Wiederholung der Beobachtungen mit dem gleichen Instrument gestatten. Auch hinsichtlich der Tagesschwankung besteht vollkommene Kongruenz namentlich in der Hinsicht, daß die nachmittäglichen Wellenlängen gewöhnlich um ein geringes die Vormittagswerte gleicher Sonnenhöhe unterschreiten. Aus den Aufnahmen der letzten Augusttage darf weiterhin geschlossen werden, daß das Ultraviolettpektrum im Herbst beträchtlich weiter reicht als bei gleicher Sonnenhöhe im Frühjahr.

b) Intensitätsverteilung. Vergleichen wir die relativen Intensitäten in den oben genannten Teilbezirken, so ergibt sich eine vollständige Übereinstimmung in der Intensitätsverteilung verschiedener Aufnahmen, wenn beide bis zur selben Wellenlänge hinabreichen. Die registrierte Kurve der photographischen Intensitäten etwa einer 12 Uhr-Aufnahme von Ende Februar verläuft vollkommen gleichsinnig in ihren Ausschlägen mit der reproduzierten 4<sup>p</sup>-Aufnahme von Ende August, die bei derselben Wellenlänge 300  $\mu\mu$  abbricht. Oder etwa eine 7<sup>a</sup>-Aufnahme vom 4. April stimmt bis zur Endwellenlänge 307  $\mu\mu$  überein mit einer 2<sup>p</sup>-Aufnahme vom 22. Dezember. Dagegen besteht ein starker Unterschied in den absoluten Werten der Intensitäten, sie können von Tag zu Tag wechseln, wie z. B. vom 22. auf den 23. Januar, wo sie sich im Endbereich verhalten wie etwa 8:5. So kommt es bei der weiteren Ausdehnung des Spektrums zu einer bemerkenswerten gesetzmäßigen Verschiebung der Intensitätsverhältnisse. Es macht den Eindruck, als ob in einem Spektralbezirk

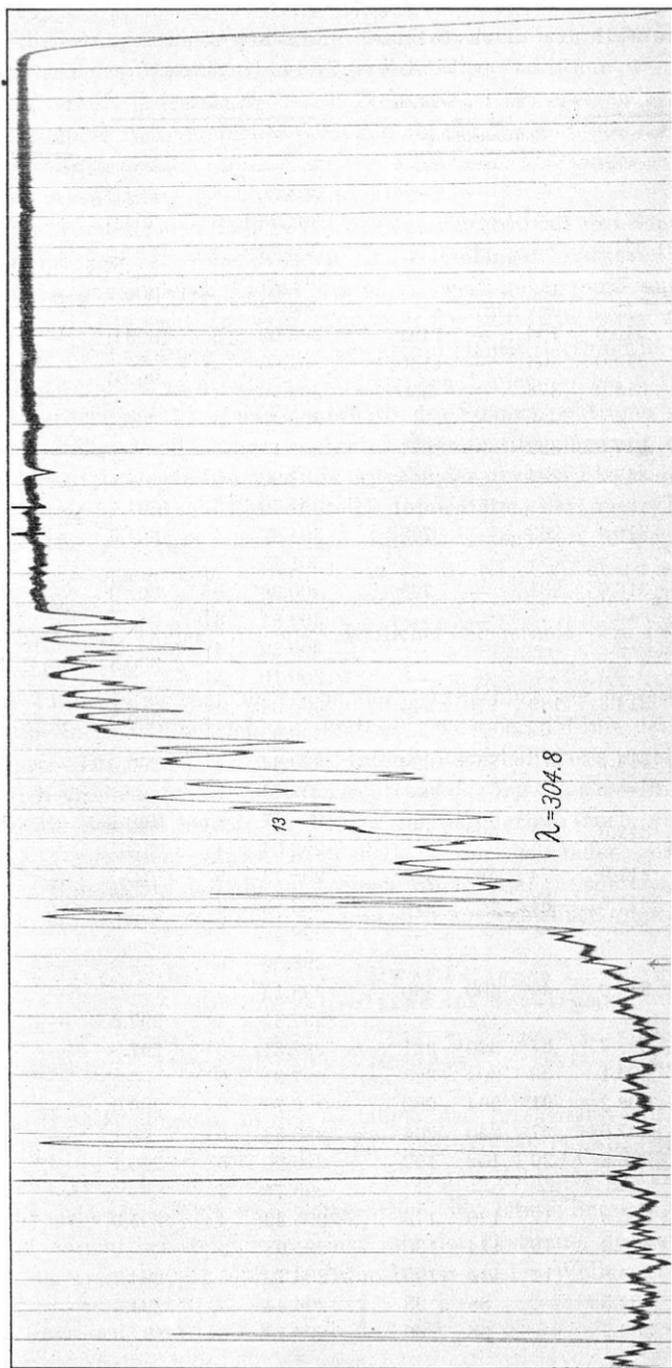


Fig. 3. Registrierkurve des Intensitätsabfalls im Sonnenspektrum mit Hg-Linien  $302 \mu\mu$ .  $301 \mu\mu < \lambda < 310.4 \mu\mu$ . Sonnenspektrum 4<sup>p</sup>, 20. August. Hg 302 (in Teilkomp.).

Tabelle 1.

Intensitätsabfall des ultravioletten Sonnenspektrums unterhalb  $320 \mu\mu$   
bei verschiedener Endwellenlänge.

| Wellenlänge                  |      |          | Photogr. Intensitäten<br>bei der<br>Endwellenlänge |       |       | Wellenlänge |      |          | Photogr. Intensitäten<br>bei der<br>Endwellenlänge |       |       |
|------------------------------|------|----------|--|-------|-------|-------------|------|----------|--|-------|-------|
| Fe-Linie<br>im<br>Int.-Syst. | Int. | gemessen | 303.8  | 297.5 | 294.3 | Int.-Syst.  | Int. | gemessen | 304.8  | 297.5 | 294.3 |
| 321.74                       | 5    | —        | —  | —     | —     | 304.20      | 4    | 304.2    | —  | 68    | 80    |
| 321.60                       | 5    | 321.6    | —  | —     | —     | 304.04      | 5    | 304.0    | —  | 62    | 76    |
| 321.20                       | 4    | 321.3    | —  | —     | —     | 303.74      | 4    | —        | —  | —     | —     |
| 320.54                       | 5    | —        | —  | —     | —     | 303.16      | 4)   | 303.1    | —  | 60    | 74    |
| 320.05                       | 5    | —        | —  | —     | —     | 303.12      | 4)   |          |  |       |       |
| 319.95                       | 5    | 319.9    | 704  | —     | 1491  | 303.02      | 5    | 303.0    | —  | 56    | 70    |
| 319.17                       | 4    | 319.0    | 504  | —     | 1130  | 302.65      | 5)   | 302.6    | —  | 54    | 70    |
| 318.02                       | 6    | 318.0    | 378  | —     | 950   | 302.56      | 4)   |          |  |       |       |
| 317.80                       | 4    | —        | —  | —     | —     | 302.40      | 5    | 302.4    | —  | 42    | 59    |
| 317.55                       | 5    | 317.5    | 322  | —     | 871   | 302.11      | 5    | —        | —  | —     | —     |
| 317.13                       | 4    | 317.2    | 284  | —     | 814   | 301.90      | 5    | —        | —  | —     | —     |
| 316.64                       | 4)   | 316.4    | 263  | —     | 765   | 301.76      | 5    | 301.7    | —  | 29    | 54    |
| 316.59                       | 4)   |          |  |       |       | 301.62      | 4    | 301.6    | —  | 30    | 52    |
| 316.19                       | 4)   |          |  |       |       | 301.15      | 4)   | 301.0    | —  | 27    | 50    |
| 316.07                       | 5    | 316.0    | 231  | —     | 723   | 300.96      | 6)   |          |  |       |       |
| 315.79                       | 4    | —        | —  | —     | —     | 300.81      | 6)   | 300.3    | —  | 20    | 34    |
| 315.32                       | 4    | —        | —  | —     | —     | 300.30      | 4)   |          |  |       |       |
| 315.13                       | 4    | —        | —  | —     | —     | 300.10      | 5)   |          |  |       |       |
| 314.40                       | 4    | 314.3    | 189  | 870   | 644   | 300.04      | 4)   | 300.0    | —  | 16    | 28    |
| 314.24                       | 4    | —        | —  | —     | —     | 299.95      | 6)   |          |  |       |       |
| 313.41                       | 5    | 314.1    | 179  | 860   | 624   | 299.64      | 4    | 299.6    | —  | 16    | 26    |
| 313.25                       | 4    | —        | —  | —     | —     | 299.44      | 6    | —        | —  | —     | —     |
| 312.61                       | 4)   | 312.6    | 105  | 592   | 478   | 299.17      | 4    | 299.1    | —  | 15    | 22    |
| 312.57                       | 5)   |          |  |       |       | 299.04      | 4    | —        | —  | —     | —     |
| 311.95                       | 4    | 311.9    | 74   | 480   | 422   | 298.73      | 5    | —        | —  | —     | —     |
| 311.66                       | 5    | 311.6    | 63   | 466   | 416   | 298.56      | 4)   | 298.5    | —  | 15    | 19    |
| 310.27                       | 4    | —        | —  | —     | —     | 298.48      | 5)   |          |  |       |       |
| 310.07                       | 5)   | 310.0    | 46   | 400   | 380   | 298.36      | 6    | —        | —  | —     | —     |
| 310.03                       | 4)   |          |  |       |       | 298.15      | 5    | —        | —  | —     | —     |
| 309.99                       | 6)   |          |  |       |       | 297.61      | 4    | 297.8    | —  | 14    | 19    |
| 309.82                       | 4    | 309.7    | 37   | 320   | 331   | 297.31      | 5    | 297.3    | —  | —     | 18    |
| 309.16                       | 5    | 309.1    | 36   | 304   | 323   | 297.01      | 6    | —        | —  | —     | —     |
| 308.37                       | 6    | 308.2    | 31   | 264   | 280   | 296.70      | 6    | 296.6    | —  | —     | 16    |
| 307.57                       | 6    | 307.6    | 27   | 240   | 264   | 296.53      | 5    | —        | —  | —     | —     |
| 306.72                       | 6    | 306.8    | 20   | 152   | 192   | 296.00      | 5    | 296.1    | —  | —     | 14    |
| 305.91                       | 6    | —        | —  | —     | —     | 295.74      | 4    | —        | —  | —     | —     |
| 305.74                       | 6    | 305.8    | 17   | 120   | 176   | 295.39      | 4    | 295.3    | —  | —     | 13    |
| 305.30                       | 4    | 305.2    | 16   | 114   | 130   | 295.03      | 5    | —        | —  | —     | —     |
| 304.76                       | 6    | 304.8    | 14   | 110   | 129   | 294.79      | 5    | 294.7    | —  | —     | 12    |
| 304.51                       | 4    | 304.5    | —  | 88    | 93    | 294.44      | 4    | 294.3    | —  | —     | 11    |
| 304.27                       | 5    | 304.2    | —  | 68    | 80    | 294.14      | 5    | 294.3    | —  | —     | 11    |

erst eine gewisse Minimalintensität überschritten werden müsse, bevor die Linien des anschließenden Bezirks auftreten, wodurch dann ein stoßweises Absetzen resp. Ansetzen des Spektrums hervorgerufen wird. Da nun weiter die Intensitäten der bereits fixierten größeren Wellenlänge bei steigender Sonne nicht im gleichen Maße sich verstärken (bezogen auf die bereits bestehende Intensität), so wird das Intensitätsverhältnis weiter auseinander stehender Linien mit zunehmender Ausdehnung des Spektrums kleiner.

In der vorstehenden Tabelle ist der Intensitätsabfall des Sonnenspektrums unterhalb  $320 \mu\mu$  bei verschiedenen Endwellenlängen dargestellt. Die Anführung aller vorhandenen Linien würde zu weit gehen; um andererseits die Willkür einer Auswahl zu vermeiden, wurden mit Hilfe einer Aufnahme des Eisenbogens die Fe-Linien im Sonnenspektrum identifiziert und ihre Intensitäten aus der Registrierkurve ermittelt. Die starken Linien — bei Kayser von der Intensität größer als 6 — sind innerhalb des Sonnenspektrums meist gut erkennbar und ihre Wellenlängen in guter Übereinstimmung mit den Normalen zu bestätigen. Dagegen bedeutet die Angabe der übrigen Eisenlinien geringerer Intensität allein, daß an dieser Stelle Intensitäten der angegebenen Größen gemessen wurden; die schwächeren Linien treten dort öfters zu Gruppen zusammen, in denen eine andere Linie (z. B. Ni, Cu) überwiegender Intensität den Ausschlag des Photometers bestimmt. Es fehlen allerdings auch nicht schwächere Linien, die mit ziemlicher Sicherheit den Fe-Linien zuzuordnen sind.

Die Intensitäten sind, untereinander vergleichbar, auf dieselbe Einheit bezogen: die Intensität der letzten deutlich erkennbaren Linie des abbrechenden Spektrums. Die Verkleinerung des Intensitätsverhältnisses zweier Linien mit weiter sich ausdehnendem Spektrum geht aus der Zusammenstellung gut hervor, es sollen als Beispiel hierfür die beiden gut definierten (auch von Fabry und Buisson gemessenen) Linien in Tabelle 2 noch einander gegenübergestellt werden. Man sieht, daß die mit einer weit umfangreicheren Apparatur gemessenen Werte der genannten Autoren sich ausgezeichnet einordnen.

Tabelle 2. Intensitätsverhältnis der Wellenlängen  $\lambda = 305.2$  und  $\lambda = 314.3$  bei der Endwellenlänge des Spektrums:

|                       |          |         |         |       |         |         |
|-----------------------|----------|---------|---------|-------|---------|---------|
| $\lambda$ . . . . .   | 304.8    | 297.5   | 295.6*) | 294.3 | 293.6   | 292.1*) |
| Int.-Verhältnis . . . | 11.8 : 1 | 7.7 : 1 | 6.3 : 1 | 5 : 1 | 4.7 : 1 | 4.1 : 1 |

Die Gesetzmäßigkeit in der Abnahme des Intensitätsverhältnisses zweier Spektrallinien ist im ganzen Spektrum unterhalb  $320 \mu\mu$  deutlich ausgeprägt. Doch handelt es sich keineswegs um stets konstante Zahlenverhältnisse. Besonders stark abweichend verhält sich gelegentlich der letzte Bereich des Spektrums. Während normal bei steigender Sonne mit der Festigung des letzten Spektralbereichs zu erwarten ist, daß die Intensitäten zweier Wellenlängen sich weiter

\*) Gemessen von Fabry-Buisson.

angleichen, tritt unter dem Einfluß bereits schwacher atmosphärischer Trübungen eine starke Differenz auf. Die vorliegenden Aufnahmen stammen, wie erwähnt, fast ausschließlich von wolkenlosen Tagen mit besonders reiner Atmosphäre, so daß in ihnen nur der Effekt geringer atmosphärischer Veränderungen zu verfolgen ist; beginnende Kondensation gab in der Regel Veranlassung, die Messungsreihe abzubrechen. Es ist daher anzunehmen, daß massivere, okkular sichtbare Trübungen bereits in einer Verkürzung des Spektrums zum Ausdruck kommen. Die Vermutung wurde in der Diskussion meines Düsseldorfer Vortrages durch inzwischen bekannt gewordene Aufnahmen Dobsons bestätigt.

c) Folgerungen. Bekanntlich führt man in neuerer Zeit den vorzeitigen Abbruch des Sonnenspektrums auf den Gehalt der Atmosphäre an Ozon zurück\*). Fabry und Buisson\*\*) haben es unternommen, diese Hypothese auch quantitativ zu prüfen und kamen dabei zu der Annahme einer Ozonmenge, die auf die gesamte Atmosphäre verteilt, den an der Oberfläche der Erde gemessenen Betrag um das 50 fache übersteigen würde. Sie waren also gezwungen, das vermutete Ozon in größeren Höhen zu suchen, wo sich unter dem Einfluß kurzweiliger Strahlung ein Gleichgewichtszustand sich bildenden und zerfallenden Ozons einstellt. Dobson und Harrison\*\*\*) machen sich diese Annahme ebenfalls zu eigen und berechnen unter Zugrundelegung der Ozonabsorptionskoeffizienten von Fabry-Buisson aus den gemessenen Intensitätsschwankungen des Ultraviolett am Erdboden Schwankungen in der Stärke der genannten Ozonsperrschicht. Sie finden so eine erstaunlich hohe Korrelation zwischen dem errechneten Ozongehalt hoher Atmosphärenschichten und dem Luftdruck am Erdboden.

Indessen sind gegen die Eindeutigkeit dieser Beziehung doch erhebliche Bedenken anzubringen. Einmal besteht über die experimentelle Bestimmung der Absorptionskoeffizienten des Ozons noch große Unsicherheit, da das Ozon unter dem einfallenden Lichte sofort dissoziiert. Zum anderen gelangen Fabry und Buisson zu diskutierbaren Resultaten tatsächlich nur unter Einführung eines sehr willkürlichen Faktors für die Absorptionswirkung des herrschenden Dunstes, so daß man zweifeln darf, ob die der staub- und dunsterfüllten Atmosphäre der Großstadt entstammenden Messungen für die Entscheidung der Frage genügend beweiskräftig sind.

Daß das Ozon beim Abbruch des ultravioletten Sonnenspektrums entscheidend mitwirkt, dürfte gewiß sein. Aber die einzige Ursache ist es sicher nicht. Die von Dobson gefundene Parallelität zwischen dem angenommenen Ozongehalt und dem Luftdruck dürfte im wesentlichen bestätigen, was aus meinen oben beschriebenen Messungen an klaren Tagen bereits hervorgeht: Daß verstärkte Trübung der unteren uns erreichbaren Schichten der Atmo-

---

\*) Hoelper: Naturwissenschaften **14**, 497.

\*\*) Fabry und Buisson: Journ. de Phys. **6**, 2 (1921).

\*\*\*) G. M. B. Dobson: Proc. Roy. Soc. (A) **110**, (1926).

sphäre im gleichen Sinne auf die Ultraviolettintensität wirkt wie eine Vermehrung der Luftmasse. Sicherlich brauchen wir die Schwankungen im Trübungsgrad der Atmosphäre in den weitaus meisten Fällen nicht durch Einflüsse der höchsten atmosphärischen Schichten zu erklären. In den Fällen, wo diese Einflüsse mit Sicherheit anzunehmen sind, in denen durch eine Veränderung der Sonnentätigkeit der Ozongehalt hoher Schichten tatsächlich stark beeinflusst wird, da zeigt sich nach unseren bisherigen Beobachtungen im optischen Reinheitsgrad der Atmosphäre kein korrespondierendes Verhalten: Weder die Sonnenfleckenzahlen, noch die 27 tägige Periode der Sonnentätigkeit, noch ihre (unter Vorbehalt oben genannte) 11 jährige Periode lassen eine Korrelation zu den Schwankungen der ultravioletten Intensität erkennen. Wohl ein schwerwiegender Grund gegen die Annahme, daß diese Schwankungen auf kosmische Einflüsse unter Vermittlung des Ozons der hohen Schichten zurückzuführen seien! Anstatt zu sehr hypothetischen Vermutungen darüber, ob die erschlossenen „Ozonschwankungen“ oder die Druckschwankungen das Primäre sind, scheint das Tatsächliche der Beobachtungen mir viel eher zu der Überlegung Anlaß zu geben, welche Umstände in den uns erreichbaren Schichten der Atmosphäre die beobachteten Schwankungen der ultravioletten Intensität am Erdboden zu erklären vermögen.

Ich habe in einer früheren Untersuchung\*) die für den Strahlungsverlust in der Atmosphäre in Betracht kommenden Faktoren diskutiert und ihre verschiedenen Anteile an der durch die Atmosphäre und ihre Beimengungen verursachten Schwächung festzulegen versucht. Es zeigt sich, daß nach Abzug des auf molekulare oder  $H_2O$ -Absorption resp. Extinktion zurückführbaren Anteils der Strahlungsschwächung ein Rest übrig bleibt, der durch Dunstabsoption verursacht ist. Diese Dunstabsoption ist das hauptsächlich variable Element der Strahlungsschwächung, und in ihren Schwankungen vor allem kommen die Einflüsse zur Geltung, die die optische Durchlässigkeit der Atmosphäre so stark variieren. Die physikalischen Vorgänge sind dabei in ihrer Mannigfaltigkeit einzeln nicht faßbar, weil der Zerstreuungsgrad davon abhängt, ob die schwächenden Teilchen groß oder klein sind gegen die Wellenlänge des Lichtes. In einer staub- und wasserfreien Atmosphäre erfolgt die Zerstreuung bekanntlich nach dem Rayleighschen Gesetz umgekehrt proportional der vierten Potenz der Wellenlänge. Dagegen sind bei Gegenwart von Dunst dessen Voraussetzungen nicht mehr erfüllt, da Teilchen, die groß sind gegen die Wellenlänge, umgekehrt proportional der zweiten Potenz zerstreuen. Im nichthomogenen Lichte verschiebt sich daher durch Dunst das Intensitätsmaximum der durchgehenden Strahlung schneller nach der langwelligen Seite als in einer reinen Atmosphäre, um so schneller, je stärker der Gehalt der Atmosphäre an größeren Teilchen ist.

---

\*) Hoelper: Über die Durchlässigkeit der Atmosphäre für die Sonnenstrahlung. Zeitschr. f. Geophys., 1. Jahrg., S. 251.

Nun ist hinlänglich bekannt, daß durch den Dunstgehalt der Atmosphäre der kurzwellige Teil des Spektrums besonders geschwächt wird, während der Wasserdampfgehalt ohne Einfluß auf die Ultraviolettstrahlung ist. Im Endbereich des Spektrums muß daher die Gegenwart von größeren Dunstteilchen besonders stark zur Auswirkung kommen: Die Intensitäten der kleinsten Wellenlängen müssen im Verhältnis zur Intensität benachbarter größerer Wellenlängestärker geschwächt werden, d. h. das Intensitätsverhältnis muß sich bei Gegenwart von trübenden Dunstpartikeln vergrößern.

Bereits Dorno\*) hat zur Erklärung der Inkongruenz von Ultraviolettstrahlung und Ozongehalt am Erdboden nach anderen Ursachen für den Abbruch des Spektrums gesucht und andere Möglichkeiten eingehend erörtert. Angesichts des großen Einflusses, der nun in dem Trübungszustand der unteren Atmosphärenschichten zutage tritt, gewinnt die Annahme einer die Ultraviolettintensität begünstigenden mechanischen Auflockerung der Atmosphäre erhöhte Bedeutung. Die größere Reinheit und Durchlässigkeit der Atmosphäre im Herbst gegenüber dem Frühjahr erklärt sich durch die Auflösung der festen und flüssigen Kondensationsprodukte des in der Atmosphäre bis in sehr große Höhe vorhandenen Wasserdampfes. Die mechanische Trübung an größeren Partikeln muß dadurch stark herabgesetzt werden, und da der Wasserdampfgehalt der Luft die Ultraviolettstrahlung, wie erwähnt, nur sehr wenig oder gar nicht beeinflusst, so muß in einer unter Wirkung der sommerlichen Wärmestrahlung also aufgelockerten Atmosphäre ein geringerer Teil der Ultraviolettstrahlung durch Zerstreuung verloren gehen, es müssen am Erdboden kleinere Wellenlängen gefunden werden als im Frühjahr bei gleicher Sonnenhöhe. Ebenso findet die Beziehung zwischen Ultraviolettstrahlung und Luftdruck ihre Erklärung in Vorgängen innerhalb der unteren Schichten der Atmosphäre. Mit fallendem Luftdruck geht in der Regel stärkere Trübung einher, die als beginnende Kondensation eine vermehrte Zerstreuung von größeren Teilchen herbeiführt und die kürzesten Wellenlängen am stärksten schwächt. Daß dieser Prozeß der Vergrößerung des Intensitätsverhältnisses zweier Linien im äußersten Ultraviolett bereits im Vorkondensationsstadium beginnt, da die Aerosolen (Schmauss) sich bilden, belegen die Aufnahmen scheinbar ganz klarer Tage.

Es ist nicht weiter verwunderlich, daß die Unterschiede zwischen Frühjahr und Herbst, in denen die Jahresschwankung der Durchlässigkeit der Gesamtatmosphäre sich ausdrückt, der Größenordnung nach um ein Mehrfaches die unregelmäßigen Schwankungen übertreffen, die nach Dobson mit einer Änderung des Luftdrucks parallel gehen (es verdient übrigens bemerkt zu werden, daß in den Fällen, wo der Einfluß einer vorbeiziehenden Depression nur auf Schichten geringerer Mächtigkeit beschränkt blieb, im Verhalten der Ultraviolettstrahlung keine Parallelität mit dem Luftdruck beobachtet wurde).

---

\*) Dorno: Abh. Preuß. Met. Inst. 6. 286—288 (1919).

Auf der anderen Seite ist leicht einzusehen, daß die durch vermehrte Turbulenz bedingten Unterschiede zwischen den Vormittags- und Nachmittagswerten gleicher Sonnenhöhe zwar deutlich vorhanden, aber nur gering sein können und leicht überdeckt werden durch die größeren Veränderungen, die die Konstitution der Atmosphäre bei Witterungsänderungen erfährt.

Die Spektralaufnahmen wurden in Riezlern i. Allgäu in 1150 m Meereshöhe gemacht. Die Mittel zur Beschaffung des Spektrographen hat in selbstloser Weise Dr. med. Backer (Riezlern) zur Verfügung gestellt. Herrn Prof. Steubing (Technische Hochschule, Aachen) bin ich für die freundliche Überlassung des Mollschen Photometers zu Dank verpflichtet.

Aachen, Februar 1927.

## Referate.

Cálculo de las coordenadas del foco sísmico y del instante inicial de la sacudida por medio de las horas del principio de los sismogramas registrados en varias estaciones próximas, por Vicente Inglada. Revista de la R. Academia de Ciencias. Madrid, tomo XXII, 1926. (Berechnung der Koordinaten des Bebenherdes und des Anfangsmoments des Stoßes mittels der Eintrittszeiten der in verschiedenen benachbarten Erdbebenwarten registrierten Seismogramme.) Von Vicente Inglada. Rev. de la R. Acad. de Ciencias. Madrid 1926. 22. Bd.

Wie der Titel zeigt, gibt der Verf. ein Berechnungsverfahren der Koordinaten des Bebenherdes und des Anfangsmoments des Bebens mittels der in verschieden benachbarten Erdbebenwarten registrierten Eintrittszeiten von  $\bar{P}$ . Im ersten Kapitel sind die Grundlagen der Methode gegeben; Verf. nimmt an, daß der Herd punktförmig ist, und daß die Geschwindigkeit  $\nu$  der Wellen  $\bar{P}$  der Gleichung

$$\nu = a - br^2 \dots \dots \dots (1)$$

entspricht, worin  $a$  und  $b$  zwei positive Konstanten sind und  $r$  der Abstand des gegebenen Ortes vom Erdmittelpunkt.

Verf. muß die Untersuchung beschränken auf die Fortpflanzung der  $\bar{P}$ -Wellen durch die obersten Schichten der Erdrinde hin, d. h. bis an die Tiefe 57 km, wo die durch A. Mohorovičić [1] entdeckte Unstetigkeitsfläche liegt. Damit bekommt man für die Gleichung (1) die Werte der Konstanten:

$$a = 0,002\ 193\ 116, \quad b = 0,001\ 321\ 846.$$

Diese ergeben sich aus den Werten der Geschwindigkeit der  $\bar{P}$ -Wellen an der Erdoberfläche und in der Tiefe 57 km:

$$\nu_0 = 5.55 \pm 0.05 \text{ km/sec} \quad \nu_{57} = 5.7 \pm 0.2 \text{ km/sec,}$$

Werte, die B. Gutenberg in seiner Arbeit [3] bekommen hat.