14. *Variiert p mit λ ?*
Bemerkung zu der Arbeit des Hrn. J. Stark
über:
„Das Schwärzungsgesetz der Normalbelichtung“¹⁾;
von Gotthelf Leimbach.

Die Veranlassung zu der oben genannten Arbeit des Hrn. Stark haben wohl die Einwände gegeben, die Peter Paul Koch²⁾ gegen die von Hrn. Stark benutzte photographische Methode zur Bestimmung der „Zahl der Zentren von Lichtemission und Intensitätsverhältnis verschiedener Interferenzordnungen“³⁾ erhoben hat.

Bei allen photographisch-photometrischen Methoden sind die Abweichungen vom Bunsen-Roscoeschen Reziprozitätsgesetz in der Form

$$S = f(J \cdot t),$$

wo mit S die Schwärzung bezeichnet und als Funktion der Lichtmenge (Produkt aus Intensität J und Zeit t) gesetzt wird, zu berücksichtigen. Die von Abney 1874 zum ersten Male bemerkten und später genauer untersuchten Abweichungen sind von Schwarzschild⁴⁾ dahin formuliert worden, daß für gleiche Schwärzungen nicht $J \cdot t = \text{const.}$, sondern

$$J \cdot t^p = \text{const.}$$

sein muß. Schwarzschild selbst hat bereits den Gültigkeitsbereich seines Gesetzes in weiten Grenzen von t und J — auch unter Berücksichtigung verschiedener Entwicklungsbedingungen — untersucht und als Resultat $p = \text{const.}$ gefunden.

1) J. Stark, Ann. d. Phys. **35**, p. 461. 1911.

2) P. P. Koch, Physik. Zeitschr. **12**, p. 12. 1911.

3) J. Stark, Ann. d. Phys. **33**, p. 1449. 1910.

4) K. Schwarzschild, Publik. der v. Kufnerschen Sternwarte **5**, C. 17. 1900.

In meinen Untersuchungen über „die absolute Strahlungsempfindlichkeit von Bromsilbergelatineplatten gegen Licht verschiedener Wellenlänge“¹⁾ habe ich *das Schwarzschild'sche Gesetz $Jt^p = \text{const.}$ für das Gebiet der Normalbelichtung durchweg bestätigt* gefunden. Eine Variation von p mit J , t , S , λ , die p als Funktion einer oder mehrerer dieser Größen erscheinen ließ, war einmal wegen der geringen Unterschiede bei den einzelnen Größen und sodann wegen der relativen Ungenauigkeit der verwandten Methode, die in erster Linie anderen Zwecken diente, nicht festzustellen.

Die Inkonstanz von p würde jedoch, soweit sie nicht gesetzmäßig zu ermitteln ist, photographische Intensitätsmessungen mit großen Fehlern behaften. Man hat daher mit Steigerung der Meßgenauigkeit die Konstanz von p unter verschiedenen Bedingungen nachgeprüft und p nicht durchweg gleich const. sondern z. B. als Funktion von S gefunden. So Parkhurst²⁾, Ives³⁾, P. P. Koch.⁴⁾

Hr. Stark hat in Rücksicht hierauf das Schwärzungsgesetz in der Form

$$S = \log(k \cdot i^m \cdot t^n)$$

verwandt — k eine Plattenkonstante — und die Bedingungen für die Konstanz des Zeitexponenten n und des Intensitätsexponenten m aufgesucht. Für homogenes Licht wurde dabei gefunden, daß sowohl n wie m innerhalb weiter Grenzen konstant sind. *Hr. Stark hat neben der Bestimmung der Grenzen durch dieses Resultat lediglich die von mir für alle Farben des sichtbaren Spektrums gefundene Gültigkeit des Schwarzschild'schen Gesetzes innerhalb des von mir ausdrücklich betonten Gebietes der Normalexposition bestätigt.* Da Schwarzschild die Prüfung seines Gesetzes ebenfalls auf das Gebiet der Normalexposition beschränkt, jedoch im Gegensatz zu Hrn. Stark und mir mit inhomogenem Licht gearbeitet hat, so kann die spektrale Intensitätsverteilung der verwandten Lichtquelle für den Bereich der Normalbelichtung offenbar nicht von so großer

1) G. Leimbach, Zeitschr. für wiss. Photogr. 7. p. 157. 1909.

2) J. Parkhurst, Astrophys. Journ. 30. p. 33. 1909.

3) J. E. Ives, Astrophys. Journ. 31. p. 157. 1910.

4) P. P. Koch, Ann. d. Phys. 30. p. 841. 1909.

Bedeutung sein, wie Hr. Stark vermutet. In der Gradation bei Anwendung von inhomogenem Licht dürfte wohl in der Hauptsache diejenige des für die fragliche Plattensorte chemisch wirksamsten Lichtes zum Ausdruck kommen, wenn sie — oder p — überhaupt mit λ variiert. Daher auch die relativ gute Übereinstimmung meiner mit Nernst- und Hefnerlampe erhaltenen Gradationen. — Variationen von p , bzw. von n und m scheinen nach allem innerhalb gewisser relativ großer Grenzen von i und t nicht vorzukommen.

Es bleibt also nur noch die Frage zu beantworten: „Variiert p mit λ ?“ Gelegentlich meiner absoluten Empfindlichkeitsmessungen habe ich keine wesentliche Variation von p und λ finden können. Ich habe dieses Resultat in die Form gebracht: *Der Verlauf der Schwärzungskurven oder die Gradation ist von der Wellenlänge bei normaler Belichtung unabhängig. Dieses Resultat hält Hr. Stark für falsch und führt dagegen Arbeiten von Abney¹⁾ und Eder²⁾ sowie eigene Messungen an, die eine Variation von p mit λ ergeben haben.*

W. de W. Abney hat in der Tat eine deutliche Abhängigkeit der Gradation von der Wellenlänge und zwar sowohl bei konstanter Intensität und variiert Zeit, wie unter den umgekehrten Bedingungen erhalten. Er hat seine Resultate dahin zusammengefaßt, daß er sagt, die Gradation nimmt im umgekehrten Verhältnis zur Empfindlichkeit des Silbersalzes gegen verschiedenes λ zu. Für rotes Licht erhält er demnach — entsprechend der geringeren Empfindlichkeit des Bromsilbers für Licht dieser Farbe — eine steilere Gradation wie für blaues Licht in Nähe von λ des Empfindlichkeitsmaximums. — *Im Einklang mit den Resultaten Abneys hat Hr. Stark durch einen „Kontrollversuch“ ebenfalls eine Variation von n und m mit λ gefunden.* Auf Grund der von ihm mitgeteilten Schwärzungskurven kommt er zu dem Schlusse: „daß jedenfalls für die Lumièreplatte und die von ihm angewendete chemische Behandlung sowohl der Zeitexponent n , wie der Intensitätsexponent m der normalen Schwärzung für die Linie λ 5461

1) W. de W. Abney, Proc. of the Royal Soc. 68. p. 300. 1901.

2) J. M. Eders Handbuch 3. 5. Aufl. p. 268 ff.

größer ist als für λ 4359, daß beide also im allgemeinen eine Funktion von λ sind.“

Hr. Stark führt zur Unterstützung dieses Resultates auch die Untersuchungen von Eder an. Dessen Resultate stehen jedoch qualitativ in vollem Widerspruch zu denen Abneys. Eder findet allgemein die stärkste Gradation für Licht von der Wellenlänge des Empfindlichkeitsmaximums. Sind zwei Maxima vorhanden, z. B. bei sensibilisierten Platten, so sind die zugehörigen Gradationen annähernd dieselben.

Die Frage: Variiert p mit λ ? ist durch den Kontrollversuch des Hrn. Stark auch durchaus nicht eindeutig entschieden; dazu ist das Versuchsmaterial viel zu gering. Ganz abgesehen davon, daß man manche der Kurven durch die wenigen ermittelten Punkte auch anders legen kann.

Von anderen Arbeiten über die strittige Frage liegen noch folgende vor.

Eine Variation von p mit λ ist auch von E. A. Jath (Solar Observatory, Pasadena, Calif.) laut brieflicher Mitteilung und zwar in Abneyschem Sinne gefunden worden.

Demgegenüber haben J. Precht¹⁾ und E. Stenger bei Aufnahmen hinter Dreifarbenfiltern, sowie Stenger²⁾ allein in mehreren Untersuchungen mit spektral zerlegtem Licht für alle Farben gleiche Gradation gefunden. Ganz neuerdings ist von E. Stenger³⁾ auch für Ultraviolett gleiche Gradation wie für Weiß und Orangerot gefunden worden. Als Gegenbeweis ist auch noch der Befund von E. Baisch⁴⁾ anzuführen, der aus seinen ermittelten Werten für p ebenfalls keine Variation mit λ ersehen konnte.

Daß eine solche — wenn überhaupt vorhanden — nicht sehr groß sein kann, dafür spricht ferner einmal die relativ gute Übereinstimmung des mit $p = \text{const.}$ erzielten Baisch-schen Hauptresultates mit dem seiner genaueren Methode, sodann aber auch der Umstand, daß die von Abney und

1) J. Precht, Physik. Zeitschr. 6. p. 329. 1905; Revue Suisse de Phot. 17. p. 129. 1905.

2) E. Stenger, Zeitschr. f. Reproduktionstechnik 8. Heft 3—5. 1906; 7. p. 86. 1905.

3) E. Stenger, Physik. Zeitschr. 12. p. 580. 1911.

4) E. Baisch, Ann. d. Phys. 35. p. 543. 1911.

Stark gefundene Änderung von n und m in gleicher Richtung erfolgt.

Große Änderungen von p mit λ hätten mir bei meinem großen Beobachtungsmaterial auffallen müssen. Bei der von mir damals angewandten Methode konnte ich, wie schon oben gesagt, eine Variation von p und λ nirgends mit Sicherheit konstatieren, weshalb ich mich berechtigt glaubte, p innerhalb der methodischen Fehler als unabhängig von λ anzunehmen.

Die Wichtigkeit der Frage: Variiert p mit λ ? für die Anwendungsmöglichkeit spektralphotometrischer Methoden hat mich veranlaßt, neue Messungen vorzunehmen, die hoffentlich zur definitiven Entscheidung der strittigen Frage beitragen werden.

Göttingen, den 21. Juli 1911.

(Eingegangen 21. Juli 1911.)