

**6. Über die Struktur einiger Spektrallinien
und ihren Zeemaneffekt in schwachen Magnet-
feldern;
von Harald Lunelund.**

Im Auszug nach einer Dissertation Helsingfors 1910.

Das in der Dissertation verfolgte Ziel war ein dreifaches. Einmal sollte das ausgezeichnete *35 stufige Echelon* von Hilger-London, das dem Göttinger Institut durch die Güte des früh verstorbenen Dr. Hauswaldt-Magdeburg zur Verfügung gestellt ist, durch Messungen und Vergleichung von deren Resultaten mit anderweitigen geprüft werden. Sodann sollte das neue Hilfsmittel der *Amalgamlampe*¹⁾, welches die Firma Heraeus-Hanau geschaffen hat, spektral möglichst vollständig untersucht werden. Endlich sollten hierbei etwa sich bildende feinste Linien bezüglich ihres Verhaltens in schwachen Magnetfeldern studiert werden. Die Arbeit ist von Prof. W. Voigt veranlaßt und unter seiner Leitung in dem Göttinger Institut ausgeführt worden.

Bezüglich des Berichtes über die Ausführung der Beobachtungen muß auf die Dissertation verwiesen werden; der Raum gestattet nur die Mitteilung der erzielten Resultate. Einzig eine Charakteristik des benutzten Stufengitters mag hier noch Platz finden.

Die Stufenbreite war rund 1 mm, die Stufenhöhe 9,945 mm. Die Brechungsindizes des verwendeten Glases waren nach Angaben von Hilger für vier Fraunhofersche Linien

$$\mu_G = 1,57042, \quad \mu_D = 1,57440, \quad \mu_F = 1,58436, \quad \mu_G = 1,59272.$$

Bei Interpolation unter Benutzung der Hartmannschen Formel resultierte die nachstehende für das Stufengitter charakteristische Tabelle, in der $\lambda/\delta\lambda$ das Auflösungsvermögen, $d\lambda_{\max}$ den Abstand zweier benachbarter Ordnungen, $\delta\lambda$ die Grenze der Auflösung bezeichnet.

1) Füllung 60 Proz. Hg, 20 Proz. Pb, 20 Proz. Bi, $\frac{1}{2}$ Proz. Zn, $\frac{1}{2}$ Proz. Cd.

	A	B	C	D ₁	E ₁	F	G	H
$\lambda =$	7621	6870	6563	5896	5270	4861	4308	3968
$\mu =$	1,56574	1,56887	1,57042	1,57440	1,57978	1,58486	1,59272	1,59979
$-\frac{d\mu}{d\lambda} \cdot 10^7 =$	36,4	47,5	53,6	73,8	99,9	125,2	182,3	239,1
$\frac{\lambda}{d\lambda} \cdot 10^{-5} =$	2,79	3,13	3,30	3,75	4,30	4,75	5,58	6,27
$d\lambda_{\max.} =$	0,984	0,789	0,715	0,566	0,442	0,368	0,278	0,228
$d\lambda =$	0,027	0,022	0,020	0,016	0,012	0,010	0,008	0,006

A. Die Struktur der Quecksilberlinien.

Zu früheren Untersuchungen des Quecksilberspektrums sind verschiedene Lichtquellen verwendet worden: Die Aronsche Quecksilberlampe¹⁾, speziell in der von Lummer²⁾ angegebenen Form, die Quarzglas-Quecksilberlampe von Heraeus³⁾, Geissler-Röhren mit Quecksilberelektroden³⁾, hochevakuierte Röhren mit Oxykathoden⁴⁾, und die Cooper-Hewittlampe.⁵⁾ An Spektralapparaten kamen außer dem Stufengitter das Interferometer von Michelson, die „versilberte Luftplatte“ von Fabry und Perot, die gekreuzten Interferenzplatten von Lummer und Gehrecke und endlich ein neues, von Michelson geteiltes Gitter zur Anwendung.⁶⁾

Man sollte denken, daß durch alle diese Untersuchungen die Struktur der Quecksilberlinien mit Sicherheit festgestellt wäre. Das ist indessen nur hinsichtlich der starken Trabanten der Fall, während für die ganz schwachen bei einigen Linien nicht einmal ihre Anzahl festgestellt ist. Mit dem Stufengitter ist eine so große Anzahl Trabanten entdeckt worden, daß man ihr Erscheinen auf einen sekundären optischen Effekt,

1) L. Arons, Wied. Ann. 47. p. 767. 1892; 58. p. 73. 1896.

2) O. Lummer, Zeitschr. f. Instrumentenk. 21. p. 201. 1901. Verwendet u. a. von L. Janicki, Ann. d. Phys. 19. p. 46. 1906.

3) Vgl. L. Janicki, l. c.

4) L. Janicki, Ann. d. Phys. 29. p. 833. 1909.

5) Vgl. H. G. Gale u. H. B. Lemon, Physik. Zeitschr. 11. p. 209. 1910.

6) Vgl. H. G. Gale u. H. B. Lemon, l. c.

den das an den Platten des Echelons reflektierte Licht hervorbringt, zurückgeführt hat.¹⁾ — Auch scheint, je nach der Lichtquelle, wenigstens das Intensitätsverhältnis der Trabanten variieren zu können.

Die Quarzglas-Amalgamlampe zündet bei etwa 25 Volt. Durch nachheriges Vorschalten von mehr Widerstand konnte bewirkt werden, daß sie fortwährend bei 23—26 Volt brannte. Die Stromstärke betrug dabei etwas weniger als 3 Amp.

Dies war die niedrigste Stromstärke und Klemmenspannung, bei welchen Aufnahmen gemacht wurden, und zwar habe ich unter diesen Bedingungen die folgenden Quecksilberlinien photographiert und ausgemessen: $\lambda = 5790, 5769, 5461, 4916, 4359, 4348, 4339, 4047$. Nur die Linien $\lambda = 5790, 5769, 5461$ und 4359 waren stark. Auch die Linie $\lambda = 4078$ versuchte ich zu erhalten, doch waren die Aufnahmen bei diesem Dampfdruck, trotz langer Expositionszeit, sehr schwach und wurden daher nicht ausgemessen.

Bei einer Klemmenspannung von etwa 50 Volt (entsprechende Stromstärke ca. 4 Amp.) waren die meisten Quecksilberlinien schon etwas verwaschen. Das gilt besonders für die Linien $\lambda = 5790, 5769, 4348, 4339$, in geringerem Grade für $\lambda = 4359$. Nicht verwaschen waren $\lambda = 5461, 4078, 4047$.

Bei noch höherem Dampfdruck zeigten sämtliche Quecksilberlinien Verwaschenheit. Es wurden deshalb keine Aufnahmen derselben bei höherer Spannung als 50 Volt gemacht. — Von den Linien $\lambda = 3663, 3655$ und 3650 , die von Janicki²⁾ gemessen worden sind, habe ich trotz eifrigen Suchens mit Barium-Platincyánürpapier und Uranglas keine Spur gefunden.

Es mag an dieser Stelle hervorgehoben werden, daß die Messungen mit verschiedenen Stufengittern nicht ohne weiteres miteinander vergleichbar sind. Die Differenz $d\lambda$ zweier Wellenlängen berechnet sich gemäß der Formel

$$\frac{d\lambda}{d\lambda_{\max.}} = \frac{d\theta}{d\theta_1},$$

wo $d\lambda_{\max.}$ die Entfernung zweier benachbarter Ordnungen in der Wellenlängenskala, $d\theta_1$ ihre Winkeldifferenz (ausgedrückt

1) H. Stansfield, Phil. Mag. (6) 18. p. 371. 1909.

2) L. Janicki, Ann. d. Phys. 29. p. 838. 1909.

durch den ihr proportionalen Abstand der Linien im Gesichtsfeld), $d\theta$ die Winkeldifferenz zwischen zwei Interferenzstreifen der beiden in Frage kommenden Wellenlängen ist. $d\lambda_{\max}$ hat aber bei den verschiedenen Stufengittern einen verschiedenen Wert. Es müßten deshalb die Messungen auf ein und dasselbe Echelon bezogen werden. Bei den bisher benutzten Stufengittern größter Art sind die Unterschiede von $d\lambda_{\max}$ für eine und dieselbe Linie im allgemeinen gering, so ist z. B. für $\lambda = 5790 \text{ \AA.-E.}$ bei Janicki¹⁾, Fürst Galitzin²⁾, Verf. $d\lambda_{\max}$ bzw. 0,542; 0,543; 0,544 \AA.-E. , für $\lambda = 4359$ bzw. 0,282; 0,286; 0,286 \AA.-E. Eine Ausnahme scheint das in Tōkyō befindliche Echelon zu machen. Nach Nagaoka³⁾ ist $d\lambda_{\max} = 0,299 \text{ \AA.-E.}$ bei $\lambda = 4359$. Nagaoka⁴⁾ gibt die Dicke der Glasplatten im letztgenannten Echelon als 9,35 mm an, während Hilger, der Konstrukteur des Instrumentes, sie in einem Briefe als 9,68 mm angibt. Der Unterschied beim Berechnen ist beträchtlich. Bei dieser Unsicherheit von Nagaokas Werten habe ich meine ursprüngliche Absicht, die Messungen auf die Werte von $d\lambda_{\max}$ für das von mir benutzte Stufengitter umzurechnen, nicht ausgeführt, zumal die Werte von Janicki und Fürst Galitzin dadurch nur wenig verändert worden wären.

Ich gebe im folgenden die Ergebnisse meiner Messungen an. Zum Vergleich sind mehrere der neueren Beobachtungen verschiedener Forscher angeführt.

$$\lambda = 5790 \text{ \AA.-E. (gelb); vgl. Tabelle p. 509.}$$

Die Angaben stellen die Entfernungen der Trabanten von der näheren Hauptlinie in \AA.-E. dar. Die in den schmalen Spalten beigegefügt Zahlen bezeichnen die Intensitäten, die jedoch bei den einzelnen Forschern verschieden berechnet werden. Bei Gehrcke und v. Baeyer, sowie Gale und Lemon geben die Zahlen nur die Reihenfolge der Trabanten

1) L. Janicki, Ann. d. Phys. 19. p. 36. 1906.

2) Fürst Galitzin, Bull. de l'Acad. Imp. d. Sciences de St.-Petersburg p. 159. 1907.

3) H. Nagaoka, Tōkyō Sūg.-But. Kizi (2) 5. p. 140. 1909.

4) S. Amano u. H. Nagaoka, Tōkyō Sūg.-But. Kizi (2) 4. p. 421. 1908; Physik. Zeitschr. 10. p. 159. 1909.

$\lambda = 5790 \text{ \AA.-E. (gelb)}$
 Belichtungsdauer: 20–35 Min. $d\lambda_{\text{max}} = 0,544 \text{ \AA.-E.}$ $d\lambda = 0,015 \text{ \AA.-E.}$

Michelsonsgitter	Gekreuzte Interferenzplatten			Stufengitter		
	Gehrcke und v. Baeyer ¹⁾	v. Baeyer ²⁾	Janicki ³⁾	Fürst Galitzin ⁴⁾	Nagaoka ⁵⁾	Verfasser
–0,998	3	—	—	—	–0,272 (2)	1
–0,931	4	–0,193	–0,251	–0,190	–0,195	–0,265? –0,244
–0,184	3	—	–0,187	—	821 ⁰	1
—	—	—	—	—	–0,183	1
–0,119	1	–0,122	–0,119	–0,121	–0,116	–0,188 –0,121
—	—	—	—	—	–0,080	4 1
—	—	—	—	—	–0,035	1
0,000	—	0,000	0,000	0,000	0,000	–0,077 –0,034
—	—	—	—	—	+0,027	2 10
—	—	—	—	—	+0,081	1
+0,135	2	+0,136	+0,084	+0,086	+0,136	+0,082 +0,131
—	—	—	+0,132	+0,132	+0,172	3 3
+0,229	2	+0,230	+0,168	+0,169	+0,226	+0,170 +0,227
—	—	—	+0,230	+0,228	+0,256	3 1
—	—	—	—	—	+0,303	— —

1) H. G. Gale u. H. B. Lemon, Physik. Zeitschr. 11. p. 209. 1910.

2) E. Gehrcke u. O. v. Baeyer, Ann. d. Phys. 20. p. 269. 1906; O. v. Baeyer, Verh. d. Deutsch. Physik. Ges. 9. p. 84. 1907; 10. p. 733. 1908; Physik. Zeitschr. 9. p. 831. 1908.

3) L. Janicki, Ann. d. Phys. 19. p. 36. 1906.

4) Fürst B. Galitzin, Bull. de l'Acad. Imp. d. Sciences de St.-Petersburg p. 159. 1907.

5) H. Nagaoka, Tokyo Sög.-But. Kizi (2) 5. p. 1. 1909; Physik. Zeitschr. 10. p. 609. 1909.

nach ihrer Intensität an, so daß größeren Werten geringere Helligkeiten entsprechen. Janicki drückt die Intensität eines Trabanten in Bruchteilen der Hauptlinienintensität aus, während Nagaoka und Verfasser die Stärke der Hauptlinie mit 10 bezeichnen.

Die Linien waren bei diesem niedrigen Dampfdruck scharf, doch nicht vollkommen so scharf, wie bei der später zu besprechenden grünen Linie $\lambda = 5461 \text{ \AA.-E.}$ Janicki gibt an, er habe mit seinen Quarzglas-Quecksilberlampen die Linie nur während der ersten 2 Min. ihres Brennens scharf erhalten, danach sei sie verwaschen geworden. Wahrscheinlich war die von Hrn. Janicki benutzte Stromstärke zu groß. Ich konnte bei der von mir verwendeten — allerdings sehr kleinen — Stromstärke und Klemmenspannung keine Abnahme der ursprünglichen Schärfe bemerken.

Die Übereinstimmung der Messungen ist bei den stärkeren Trabanten gut. Nagaoka und Verfasser verzeichnen die größte Zahl der Trabanten, doch sind die neu angeführten schwach. Ihre Lagen stimmen indessen ziemlich gut überein, so z. B. $-0,035$ und $-0,034$; $-0,080$ und $-0,077$, zumal wenn man die Nagaokaschen Werte etwas verkleinert, da sowohl im Falle der Plattendicke $9,35 \text{ mm}$ als $9,68 \text{ mm}$ sein Wert für $d\lambda_{\text{max.}}$ größer als $0,544 \text{ \AA.-E.}$ ist. Nagaoka gibt einen Trabanten bei $+0,303$ an; ich weiß nicht, aus welchem Grunde, da er ebensogut $-0,241$ sein kann.¹⁾ Im letzteren Falle würde er mit dem Trabanten $-0,244$ bei Verfasser und $-0,251$ bei Janicki annähernd übereinstimmen. Auch den von Nagaoka angegebenen Trabanten $+0,256$ habe ich gesehen, allerdings so undeutlich, daß ich ihn nicht ausmessen konnte. Die Trabanten $-0,998$ und $-0,931$ bei Gale und Lemon entsprechen, wenn man wie die Beobachter $d\lambda_{\text{max.}} = 0,543 \text{ \AA.-E.}$ nimmt, den Werten $+0,088$ und $+0,155$.²⁾

Als sicher existierend, und hinsichtlich ihrer Lage mit Genauigkeit bestimmt, sind also nur die folgenden sechs Trabanten anzusehen:

$-0,188$; $-0,121$; $+0,082$; $+0,131$; $+0,170$; $+0,227$.

1) Unter Voraussetzung, daß $d\lambda_{\text{max.}} = 0,544$.

2) Nach P. Gmelin, Ann. d. Phys. 33. p. 17. 1910, sind die Trabanten $+0,168$ und $+0,084$ als $-0,374$ bzw. $-0,999$ anzusehen.

Es wundert mich aber, daß nicht alle Beobachter die Trabanten $-0,244$; $-0,077$ und $-0,034$ gesehen haben.

Die Angaben über die Intensität stimmen nicht besonders gut überein, aber die Beurteilung derselben hängt ja vom subjektiven Empfinden ab, und außerdem sind die benutzten Lichtquellen sehr verschieden.

$$\lambda = 5769 \text{ \AA.-E. (gelb); vgl. Tabelle p. 512.}$$

Die Schärfe der Linien war bei $\lambda = 5769$ fast ebenso groß wie bei $\lambda = 5790$. Den von Nagaoka angegebenen Trabanten $-0,079$ konnte ich nicht finden. Ganz sicher festgestellt sind wohl nur die folgenden drei Trabanten: $-0,112$; $-0,049$ und $+0,043$. Doch scheint es mir sehr wahrscheinlich, daß auch $+0,084$ und $+0,121$ wirkliche Trabanten sind.

Die Intensitätsangaben stimmen bei $\lambda = 5769$ besser überein als bei der zweiten gelben Linie $\lambda = 5790$.

$$\lambda = 5461 \text{ \AA.-E. (hellgrün); vgl. Tabelle p. 513.}$$

Die vom Verfasser angegebenen Zahlen stellen die Mittelwerte aus den Messungen bei Stromstärken von 3 und 4 Amp. und Klemmenspannung von 25 und 50 Volt dar. Ich gebe sie nicht getrennt an, weil in beiden Fällen nicht nur die Anzahl der Trabanten dieselbe war, sondern auch die Lage und Intensität derselben innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler übereinstimmte.

Die Linien waren sowohl bei 25 als bei 50 Volt Klemmenspannung sehr scharf. Erst von 70 Volt an (entsprechende Stromstärke etwa 4,1 Amp.) wurden sie allmählich verwaschen.

Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, haben die verschiedenen Forscher eine sehr verschiedene Anzahl der Trabanten angegeben. Die grüne Linie ist diejenige im Quecksilberspektrum, bei der die Differenzen in den Trabanzahlen am größten sind.

Fast alle die neu angegebenen Trabanten sind sehr schwach, so schwach, daß man ihre Realität stark in Zweifel gezogen hat. So hat Stansfield später einen großen Teil der ursprünglich von ihm angegebenen Trabanten für falsch erklärt. Sie seien entstanden durch innere Reflexion im Echelon. End-

$\lambda = 5769 \text{ \AA.-E. (gelb).}$

Belichtungszeit: 35—60 Min.

 $d\lambda_{\text{max.}} = 0,540 \text{ \AA.-E.}$
 $d\lambda = 0,015 \text{ \AA.-E.}$

Michelson- gitter	Gekreuzte Interferenzplatten				Stufengitter			
	Gehrcke und v. Baeyer ¹⁾	v. Baeyer ¹⁾	Janicki ²⁾	Janicki ¹⁾	Fürst Galitzin ¹⁾	Nagaoka ¹⁾	Verfasser	
—	—	—	—0,114	—0,113	—	—0,109	2 —0,112	
—	—	—	—	—	—	—0,079	1 —	
—0,044	2 —0,054	2 —0,048	2 —0,052	—0,050	—0,049	—0,046	5 —0,049	
0,000	—	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	10 0,000	
+0,040	1 +0,045	1 +0,044	—	+0,046	+0,042	+0,040	5 +0,043	
—	—	—	—	+0,087	—	+0,079	1 +0,084	
—	—	—	—	+0,120	—	—	— +0,121	

1) Literaturangabe vgl. p. 509.

2) L. Janicki, Ann. d. Phys. 29. p. 883. 1909.

$\lambda = 5461 \text{ \AA. E. (helgrin).}$
 Belichtungszeit: 6—12 Min. $d\lambda_{\max} = 0,478 \text{ \AA.-E.}$ $\delta\lambda = 0,013 \text{ \AA.-E.}$

Michelsongitter		Gekreuzte Interferenzplatten			Stufengitter			
Gale und Lemon ¹⁾ 2)		Gehrcke und v. Baeyer ¹⁾	v. Baeyer ¹⁾	Janicki ¹⁾	Fürst Galitzin ¹⁾	Stansfield ²⁾	Nagaoka ¹⁾	Verfasser
-0,246	1	-0,242	2	-0,245	1/6	-0,249	-0,247	2
—	—	—	—	—	—	(-0,232)	-0,226	—
—	—	—	—	—	—	(-0,204)	-0,213	1
—	—	—	—	—	—	(-0,186)	—	-0,215?
—	—	—	—	—	—	(-0,170)	-0,174	1
—	—	—	—	—	—	(-0,152)	-0,145	-0,191
—	—	—	—	—	—	—	-0,126	-0,169?
-0,107	3	-0,111	5	-0,112	1/10	-0,112	-0,115	1
—	—	—	—	—	—	—	-0,101	—
-0,067	3	-0,065	4	-0,079	1/7	-0,081	-0,083	5
—	—	—	—	—	—	-0,060	-0,059	7
—	—	—	—	—	—	—	-0,027	5
0,000	—	0,000	—	0,000	1	0,000	0,000	9
—	—	—	—	—	—	(+0,032)	+0,035	10
+0,070	2	+0,075	1	+0,075	1/8	+0,074	+0,068	2
—	—	—	—	—	—	(+0,100)	+0,092	9
+0,117	3	+0,121	3	+0,120	1/6	+0,116	+0,114	2
—	—	—	—	—	—	(+0,141)	+0,136	5
—	—	—	—	—	—	(+0,164)	—	2
+0,204	4	+2...	—	—	—	(+0,203)	+0,200	1
—	—	—	—	—	—	(+0,228)	+0,223	+0,158
—	—	—	—	—	—	—	+0,205	2
—	—	—	—	—	—	—	+0,254	3
—	—	—	—	—	—	—	—	9

1) Literaturangabe vgl. p. 509.

2) Bei allen Meßreihen mit Ausnahme von denjenigen von v. Baeyer und Nagaoka, ist wegen anderer Berechnung des Bezugspunktes $-0,013 \text{ \AA.-E.}$ zu den Zahlen addiert bzw. davon subtrahiert worden.

3) H. Stansfield, Nature 78. p. 8. 1908; Phil. Mag. (6) 18. p. 371. 1909.

gültig werden von ihm nur sieben Trabanten angenommen (eigentlich nur sechs und die Hauptlinie doppelt). Trotzdem habe ich zum Vergleich alle die von Stansfield zuerst angegebenen Trabanten angeführt, die „falschen“ in Parenthese.

Da die Hauptlinie eine enge Doppellinie ist, und einige Forscher die Entfernungen der Trabanten von dem Schwerpunkt der Doppellinie rechnen, während andere wieder die stärkere der beiden als Hauptlinie betrachten, sind die Ergebnisse nicht ohne weiteres vergleichbar. Ich verfare im letzteren Sinne und habe die Beobachtungen auf diesen Fall umgerechnet.

Nach v. Baeyer, Nagaoka, Stansfield und Verfasser ist die gegenseitige Entfernung der Doppellinien im Mittel $= 0,026 \text{ \AA.-E.}$, was einem Unterschiede $0,013 \text{ \AA.-E.}$ zwischen den Bezugspunkten entsprechen würde. Die Werte von Janicki, Fürst Galitzin, Gehrcke und v. Baeyer samt Lemon und Gale sind auf solche Weise reduziert. Auch die Werte von Stansfield, die von dem Trabanten mit der kürzesten Wellenlänge ausgemessen sind, habe ich auf den oben genannten Bezugspunkt umgerechnet.

Die Übereinstimmung der stärkeren Trabanten ist gut, und auch zwischen den von Nagaoka, Stansfield und Verfasser gefundenen schwachen Satelliten besteht einige Übereinstimmung. Doch sind daneben Unterschiede vorhanden, und dies macht es wahrscheinlich, daß sie nicht alle echt sind, sondern auf instrumentelle Eigenheiten beruhen. Als ganz sichere Trabanten möchte ich nur die acht folgenden bezeichnen: $-0,245$ (der beim Echelon natürlich ebensogut als $+0,233$ gerechnet werden könnte¹⁾); $-0,110$; $-0,079$; $-0,058$; $-0,026$; $+0,073$; $+0,118$; $+0,205$. Auf allen meinen Platten erschien aber auch der Trabant $-0,141$, der auch okular ziemlich gut wahrnehmbar war. Beim Drehen des Echelons konnte ich keine Verschiebung desselben bemerken. Nächst den oben angeführten Trabanten würde ich ihn für den sichersten halten, danach $-0,191$ und $+0,158$. Der starke Trabant $+0,244$ bei Nagaoka könnte, da $d\lambda_{\text{max.}} = 0,478 \text{ \AA.-E.}$, auch als $-0,234$ angesehen werden.

1) Nach P. Gmelin, l. c. ist der Trabant richtig zugeordnet.

Es sei bemerkt, daß auch die von Janicki¹⁾ gegebene photographische Reproduktion der grünen Linie eine sehr schwache Linie zwischen den Trabanten $-0,110$ und $-0,245$ eben noch erkennen läßt. Dieser „Trabant“, den Janicki nicht angegeben hat, würde etwa den Wert $-0,15 \dots$ haben. Bei mir kam er jedoch besser zum Vorschein als auf der genannten Reproduktion.

$$\lambda = 4916 \text{ \AA.-E. (dunkelgrün).}$$

Diese Linie habe ich — trotz mehr als einstündiger Exposition in Übereinstimmung mit Janicki²⁾, Gehrcke und v. Baeyer²⁾ und Nagaoka²⁾ durchaus einfach gefunden.

$$\lambda = 4359 \text{ \AA.-E. (indigo); vgl. Tabelle p. 516.}$$

In Übereinstimmung mit $\lambda = 5790$ und $\lambda = 5461$ zeigt die violette Quecksilberlinie $\lambda = 4359$ eine sehr komplexe Struktur, und darum kommen auch bei ihr bedeutende Unterschiede hinsichtlich Anzahl, Lage und Intensität der Trabanten bei den verschiedenen Forschern vor.

Die meisten Trabanten gibt hier wieder Nagaoka an, aber auch v. Baeyer, Janicki und Verfasser finden eine beträchtliche Zahl derselben. Was die Lage der Satelliten betrifft, so sind die Messungen von Nagaoka erst nach einer Reduktion um etwa 4 Proz. mit denen bei den anderen Stufengittern vergleichbar, weil bei ihm $d\lambda_{\max.} = 0,299 \text{ \AA.-E.}$ ist, bei Janicki, Fürst Galitzin und Verfasser dagegen bzw. $0,282$; $0,286$ und $0,286 \text{ \AA.-E.}$

Bei einigen der stärkeren Trabanten ist die Übereinstimmung ziemlich befriedigend, z. B. für $-0,112$; $-0,094$; $-0,049$; $-0,021$ und $+0,044$; weniger gut für $+0,020$; $+0,030$; $+0,111$ und $+0,130$. Der Trabant $+0,084$ kommt nur bei Nagaoka und Verfasser vor.

Auf einigen Platten erschien der Trabant $+0,025$ in $+0,020$ und $+0,030$ getrennt, doch war die Trennung sehr undeutlich.

1) L. Janicki, Ann. d. Phys. 19. p. 36. 1906. Taf. I, Fig. 3.

2) Literaturangabe vgl. p. 509.

$\lambda = 4359 \text{ \AA.-E. (indigo).}$
 Belichtungszeit: 5 Min. $d\lambda_{\text{max.}} = 0,286 \text{ \AA.-E.}$ $\delta\lambda = 0,008 \text{ \AA.-E.}$

Michelsonsgitter		Gekreuzte Interferenzplatten			Stufengitter			
Gale u. Lemon ¹⁾		Gebreke und v. Baeyer ¹⁾	v. Baeyer ¹⁾	Janicki ¹⁾	Fürst Galitzin ¹⁾	Nagaoka ²⁾	Verfasser	
-0,155	1	-0,159	2	-0,159	2	(-0,138)	3	
—	—	-0,109	4	-0,112	2/3	-0,115	9	
—	—	—	—	—	2/3	-0,103	2	
-0,088	4	-0,100	4	-0,097	2/3	-0,093	8	
—	—	—	—	—	—	-0,070	2	
—	—	—	—	-0,052	1/7	-0,048	2	
—	—	-0,016	1	-0,023	1	-0,021	9	
0,000	—	0,000	—	0,000	1	0,000	10	
—	—	—	—	-0,020	1/5	+0,018	10	
—	—	+0,025	5	—	—	—	—	
—	—	+0,047	5	+0,043	1/4	+0,041	6	
+0,040	2	—	—	—	—	+0,062	2	
—	—	—	—	—	—	+0,083	2	
—	—	—	—	—	—	+0,104	8	
+0,118	3	+0,113	5	+0,105	2/3	(+0,118)	1	
—	—	—	—	—	—	+0,126	8	
+0,194	2	+0,188	3	+0,121	2/3	(+0,131)	8	
						(+0,188)	8	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	
							3	

1) Literaturangabe vgl. p. 509.

2) H. Nagaoka, Tōkyō Sūg.-But. Kizi (2) 5. p. 140. 1909; Physik. Zeitschr. 10. p. 609. 1909.

Der Trabant $+0,131$ bei Fürst Galitzin und $+0,130$ bei Verfasser entspricht, wenn $d\lambda_{\max.} = 0,286 \text{ \AA.-E.}$ gesetzt wird, dem Werte $-0,155$ von Gale und Lemon und $-0,159$ von v. Baeyer.

Als „sichere Trabanten“ möchte ich bei der violetten Quecksilberlinie $\lambda = 4359$ die folgenden sieben bezeichnen: $-0,112$; $-0,094$; $-0,049$; $-0,021$; $+0,044$; $+0,111$ und $+0,130$. Dazu kommt wenigstens ein Trabant mit der Wellenlängendifferenz von etwa $+0,025$.

Merkwürdig, daß keine anderen Beobachter als Nagaoka und Verfasser den nicht allzu schwachen Trabanten $+0,084$ gesehen haben.

$$\lambda = 4348 \text{ \AA.-E. (indigo).}$$

Belichtungszeit: 20 Min. bis 2 Std.

$$d\lambda_{\max.} = 0,284 \text{ \AA.-E. } \delta\lambda = 0,008 \text{ \AA.-E.}$$

Gekreuzte Interferenzplatten				Stufengitter					
Gehrcke und v. Baeyer ¹⁾		v. Baeyer ¹⁾		Janicki ¹⁾		Nagaoka ¹⁾		Verfasser	
$-0,044$	1	$-0,049$	1	$-0,046$	$\frac{1}{6}$	$-0,050$	2	$-0,047$	2
$0,000$	—	$0,000$	—	$0,000$	1	$0,000$	10	$0,000$	10
$+0,051$	3	$+0,050$	3	$+0,053$	$\frac{1}{7}$	$+0,048$	3	$+0,049$	3
$+0,076$	2	$+0,080$	2	$+0,083$	$\frac{1}{7}$	$+0,079$	3	$+0,081$	3

Die Linien waren trotz der geringen Stromstärke (3 Amp) etwas verwaschen, ließen sich aber noch ausmessen. Im Gegensatz dazu sagt Janicki, er habe mit seiner Quarzlampe keinen deutlich erkennbaren Trabanten erhalten.

Wie die Tabelle zeigt, ist die Übereinstimmung der Messungen gut. Nur die Intensitätsangaben weichen etwas ab, indem bei den drei zuerst angeführten Forschern der Trabant $-0,047$ stärker ist als die beiden Trabanten größerer Wellenlänge, während Nagaoka und Verfasser das Gegenteil finden.

1) Vgl. p. 509.

$$\lambda = 4339 \text{ \AA.-E. (indigo).}$$

Belichtungszeit: 30 Min. bis $1\frac{1}{2}$ Std.

$$d\lambda_{\max.} = 0,283 \text{ \AA.-E.} \quad \delta\lambda = 0,008 \text{ \AA.-E.}$$

Gekreuzte Interferenzplatten		Stufengitter				
Gebrocke und v. Baeyer ¹⁾	v. Baeyer ¹⁾	Janicki ¹⁾		Nagaoka ¹⁾		Verfasser
Kein Trabant		− 0,12	¹ / ₁₀	—	—	Kein ausmeßbarer Trabant
		0,00	1	0,000	10	
		+ 0,06	¹ / ₁₀	+ 0,043	1	

Auf einigen Platten erschienen eine oder zwei äußerst schwache und verwaschene Linien.

$$\lambda = 4078 \text{ \AA.-E. (violett).}$$

Belichtungszeit: 30 Min. und mehr.

$$d\lambda_{\max.} = 0,244 \text{ \AA.-E.} \quad \delta\lambda = 0,007 \text{ \AA.-E.}$$

Gekreuzte Interferenzplatten				Stufengitter					
Gehrcke und v. Baeyer ¹⁾		v. Baeyer ¹⁾		Janicki ¹⁾		Nagaoka ¹⁾		Verfasser	
−0,071	2	−0,076	2	−0,076	$\frac{1}{6}$	−0,076	2	−0,077	2
−0,041	2	−0,047	2	−0,046	$\frac{1}{6}$	−0,043	3	−0,046	3
0,000	—	0,000	—	0,000	1	0,000	10	0,000	10
—	—	+0,033	4	+0,032	$\frac{1}{10}$	+0,024	2	+0,030	1
+0,053	1	+0,048	1	+0,049	$\frac{1}{4}$	+0,043	4	+0,046	3
+0,081	3	+0,073	3	+0,074	$\frac{1}{9}$	+0,073	3	+0,074	2

Die Linien waren nicht besonders scharf, weder bei 3 noch bei 4 Amp. Trotzdem ist die Übereinstimmung der Messungen gut. Die von mir angegebenen Zahlen stellen das Mittel aus den Messungen bei den genannten Stromstärken dar. Die Struktur der Linie war in beiden Fällen dieselbe.

1) Vgl. p. 509.

$$\lambda = 4047 \text{ \AA.-E. (violett).}$$

$$\text{Belichtungszeit: 20--30 Min. } d\lambda_{\text{max.}} = 0,239 \text{ \AA.-E. } \delta\lambda = 0,007 \text{ \AA.-E.}$$

Gekreuzte Interferenzplatten				Stufengitter					
Gehrcke und v. Baeyer ¹⁾		v. Baeyer ¹⁾		Janicki ¹⁾		Nagaoka ¹⁾		Verfasser	
—	—	—	—	—	—	-0,132	121	{ 3	—
-0,104	4	-0,111	4	-0,111	1/3	-0,111	121	{ 3	-0,112 3
—	—	—	—	—	—	-0,090(?)	1 (?)	—	—
-0,045	1	-0,053	1	-0,051	3/4	-0,049	10	-0,054	8
0,000	—	0,000	—	0,000	1	0,000	10	0,000	10
—	—	—	—	—	—	+0,057	1068	{ 3	—
+0,071	3	+0,066	3	+0,067	1/2	+0,080	1068	{ 3	+0,067 5
+0,127	2	+0,126	2	—	—	—	—	—	—

Die Linien waren mäßig scharf.

Wieder habe ich das Mittel aus den gut übereinstimmenden Messungen bei 3 und 4 Amp. genommen. Die Abweichungen zwischen den Zahlwerten bei v. Baeyer, Janicki und Verfasser sind gering. Nagaoka — der auch hier die größte Anzahl von Trabanten findet — hat die bei mir den Werten $-0,112$ und $+0,067$ entsprechenden Trabanten in je zwei zerlegt gesehen. Waren die bezeichneten Satelliten, gleich dem bei $-0,053$, auf meinen Platten auch ziemlich breit, so konnte ich doch keine Zerlegung derselben konstatieren.

Die Cadmiumlinien.

Zu früheren Untersuchungen des Cadmiumspektrums wurden verwendet:

als Lichtquellen: die Quarzglas-Cadmiumamalgamlampe von Lummer und Gehrcke²⁾, Geisslerröhren mit Cadmiumfüllung (Michelsonsche Cadmiumlampe³⁾) von Hamy⁴⁾ durch

1) Literatur vgl. p. 509.

2) O. Lummer u. E. Gehrcke, Zeitschr. f. Instrumentenk. 24. p. 296. 1904.

3) A. A. Michelson, Trav. et Mém. du bur. intern. des poids et mesures 11. p. 1. 1895.

4) M. Hamy, Compt. rend. 124. p. 749. 1897.

Verwendung von Außenelektroden verbessert) und hoch evakuierte Glasröhren mit Oxykathoden¹⁾;

als Spektralapparate: das Interferometer von Fabry und Perot, die gekreuzten Interferenzplatten und das Stufengitter.

Es ist behauptet worden, daß die charakteristische Linienstruktur je nach den Versuchsbedingungen wechselte. So gibt Nutting²⁾ an, daß die Linien — hauptsächlich je nach ihrer Intensität — mehrere Strukturformen zeigen und einige von ihnen eine ausgedehnte Skala von Formen durchlaufen. Das Cadmiumspektrum bot nun eine gute Gelegenheit dar, die Linien bei verschiedenem Dampfdruck und verschiedener Temperatur zu studieren. Die drei stärksten und hinsichtlich ihrer Struktur zugleich interessantesten Cadmiumlinien $\lambda = 5086$, 4800 und 4678 treten nämlich bei der Quarz-Amalgamlampe schon bei einer Klemmenspannung von 25 Volt (entsprechende Stromstärke 3 Amp.) ziemlich gut hervor und halten sich bis über 90 Volt (4,2 Amp.) nahezu unverwaschen. Ich habe sie deshalb bei drei verschiedenen Stromstärken 3, 4 und 5 Amp. photographiert und außerdem bei dazwischenliegenden und höheren Stromstärken okular studiert.

Außer den oben erwähnten Linien erschien bei Verwendung der Lampe nur noch die rote Cadmiumlinie $\lambda = 6439$ von etwa 40 Volt an. Die Linien waren alle ziemlich scharf. — Mit anderen Lichtquellen sind von anderen Beobachtern dazu noch die schwächeren Linien $\lambda = 6325^3)$, 5155³⁾ und 4662³⁾ studiert worden.

Da die Zinklinie $\lambda = 4680$ auf die Beobachtung der Cadmiumlinie $\lambda = 4678$ störend einwirkte, wurde die Zinkfüllung später entfernt. Doch habe ich diese Linien in beiden Fällen photographiert, um durch den Vergleich der Struktur Schlüsse in bezug auf die Zinklinien ziehen zu können. — Die Belichtungszeiten waren ebenso wie bei den Quecksilberlinien verhältnismäßig lang.

Es folgen nun die Ergebnisse der Messungen für 25 Volt (3 Amp.), 50 Volt (4 Amp.) und 90 Volt (4,2 Amp.).

1) L. Janicki, Ann. d. Phys. 29. p. 833. 1909.

2) P. G. Nutting, Astrophys. Journ. 23. p. 67. 1906.

3) M. Hamy, Compt. rend. 130. p. 489. 1900; L. Janicki, l. c.

$$\lambda = 6439 \text{ \AA.-E. (rot).}$$

Diese Linie habe ich in Übereinstimmung mit Michelson¹⁾, Hamy²⁾, Gehrcke u. v. Baeyer³⁾ und Janicki⁴⁾ sowohl auf meinen Platten als auch bei okularer Beobachtung durchaus einfach gefunden.

Beim Erhöhen des Dampfdruckes in der Lampe wurde sie früher als die drei anderen verwaschen.

$$\lambda = 5086 \text{ \AA.-E. (grün).}$$

Belichtungszeit: 40 Min. bis 1 1/2 Std.

$$d\lambda_{\max.} = 0,408 \text{ \AA.-E. } \delta\lambda = 0,011 \text{ \AA.-E.}$$

Versilberte Luftplatte	Gekreuzte Inter- ferenzplatten			Stufengitter			
	Gehrcke und v. Baeyer ³⁾	Janicki ⁴⁾	Janicki ⁴⁾	Janicki ⁴⁾	Verfasser		
					25 V. (3 A.)	50 V. (4 A.) 90 V. (4,2 A.)	
-0,024	—	—	—	-0,026(?) 1/8	—	—	—
0,000	0,000	0,000	1	0,000 1	0,000	0,000	10
+0,076	+0,081	+0,077	2	+0,076 1/8	+0,079	+0,078	2

Die Messungen stimmen untereinander gut überein. Den von Janicki mit dem Stufengitter gefundenen schwachen Trabanten -0,026?), den er später mittelst der gekreuzten Interferenzplatten nicht wiederfinden konnte, habe auch ich nicht sehen können. Doch erschien die Hauptlinie manchmal ein wenig nach der violetten Seite verbreitert. — Besonders bei 4 Amp. ließen sich Selbstumkehrungen der Hauptlinie beobachten.

Von einer Strukturänderung mit wachsendem Dampfdruck zeigen meine Messungen keine Spur. Auch die Intensität wechselte nur sehr wenig; bei höherem Dampfdruck war die Lichtstärke des Trabanten, verglichen mit derjenigen der Hauptlinie, um ein Geringes größer.

1) A. A. Michelson, l. c.

2) M. Hamy, l. c.

3) E. Gehrcke u. O. v. Baeyer, l. c.

4) L. Janicki, l. c.

5) Chr. Fabry, Compt. rend. 138. p. 854. 1904.

$$\lambda = 4800 \text{ \AA.-E. (hellblau).}$$

$$\text{Belichtungszeit: } 1-2 \text{ Std. } d\lambda_{\text{max.}} = 0,358 \text{ \AA.-E. } \delta\lambda = 0,010 \text{ \AA.-E.}$$

Versilberte Luftplatte	Gekreuzte Interferenz- platten				Stufengitter			
	Fabry und Perot ¹⁾	Gehrcke und v. Baeyer ²⁾	Janicki ³⁾	Janicki ³⁾	Verfasser			
					25 V. (3 A.) 50 V. (4 A.)	90 V. (4,2 A.)		
-0,082	-0,083	3	-0,081	4	-0,080 $\frac{1}{3}$	-0,080	-0,080	2
—	-0,038	1	-0,034	3	-0,034 $\frac{1}{6}$	-0,034	-0,035	3
0,000	0,000	—	0,000	1	0,000 1	0,000	0,000	10
+0,082	+0,063	2	+0,058	2	+0,059 $\frac{1}{4}$	+0,059	+0,061	2

Die Übereinstimmung der neueren Messungen ist sehr gut. Dagegen weichen die etwas früheren Beobachtungen von Fabry und Perot ab, indem sie den Trabanten $-0,034$ nicht aufweisen, wohl aber einen Trabanten $+0,082$.

Die Intensitätsangaben wechseln etwas, sogar bei einem und demselben Beobachter — Janicki —, der die Linie mit zwei verschiedenen spektroskopischen Apparaten und verschiedenen Lichtquellen untersucht hat.

Die Hauptlinie war zuweilen umgekehrt, aber eine wirkliche Strukturveränderung bei wechselndem Dampfdruck habe ich nicht gesehen.

$$\lambda = 4678 \text{ \AA.-E. (dunkelblau).}$$

$$\text{Belichtungszeit: } 1-1\frac{3}{4} \text{ Std. } d\lambda_{\text{max.}} = 0,337 \text{ \AA.-E. } \delta\lambda = 0,009 \text{ \AA.-E.}$$

Gekreuzte Interferenz- platten				Stufengitter				
Gehrcke und v. Baeyer ²⁾		Janicki ³⁾		Janicki ³⁾		Verfasser		
						25 V. (3 A.)	50 V. (4 A.)	90 V. (4,2 A.)
-0,055	2	-0,055 ₈	2	-0,056	$\frac{1}{6}$	-0,056	-0,056	-0,057 3
0 000	—	0,000	1	0,000	1	0,000	0,000	0,000 10
+0,035	1	+0,030 ₈	3	+0,030	$\frac{1}{3}$	+0,033	+0,031	+0,032 3

1) A. Perot u. Chr. Fabry, Compt. rend. 126. p. 407. 1898.

2) E. Gehrcke u. O. v. Baeyer, l. c.

3) L. Janicki, l. c.

Auch hier stimmen die Messungen der verschiedenen Beobachter untereinander sowie meine Messungen bei verschiedenem Dampfdruck gut überein.

Von den Intensitätsangaben gilt hier dasselbe wie bei der vorigen Linie.

Zuweilen wurde, wie bei $\lambda = 5086$ und 4800 , Selbstumkehr bei der Hauptlinie beobachtet, sonst aber keine Strukturveränderung und auch nur geringe Intensitätsveränderungen der Trabanten.

Die Zinklinien.

Als Lichtquellen für das Zinkspektrum sind bei früheren Untersuchungen die Quarzglas-Zinkamalgamlampe¹⁾, Geissler-Röhren mit Zinkfüllung²⁾, der „Trembleur“ von Fabry und Perot³⁾ und Vakuumröhren mit Oxykathoden⁴⁾ verwendet worden.

Bei vielen von diesen Lichtquellen erscheinen die Linien $\lambda = 6362$, 5182 , 4810 , 4722 , 4680 , 4630 , doch traten bei der von mir benutzten Quarz-Amalgamlampe $\lambda = 5182$ und 4630 nicht hervor. Wegen annähernd gleicher Wellenlänge der Linien Zn $\lambda = 4722$ und Bi $\lambda = 4722$, sowie Zn $\lambda = 4680$ und Cd $\lambda = 4678$ wurde die Zinkfüllung später entfernt, die betreffenden Linien jedoch vordem photographiert und mit den Aufnahmen nach der Entfernung des Zinks verglichen. Da die Struktur der genannten Linien in beiden Fällen dieselbe war, konnte daraus mit großer Wahrscheinlichkeit geschlossen werden, daß diese beiden Zinklinien einfach sind. Auch $\lambda = 6362$ und 4810 ⁵⁾ habe ich in Übereinstimmung mit Hamy⁶⁾, Janicki⁷⁾, Gehrcke und v. Baeyer⁸⁾ einfach gefunden. Bei der Linie $\lambda = 4810$ wurde zuweilen Selbstumkehr beobachtet.

1) E. Gehrcke u. O. v. Baeyer, l. c.

2) M. Hamy, Compt. rend. 138. p. 959. 1904.

3) A. Perot u. Chr. Fabry, Compt. rend. 130. p. 492. 1900.

4) L. Janicki, l. c.

5) Es sei bemerkt, daß ich bei $\lambda = 4810$ auf zwei Platten einen schwachen Trabanten $+0,072$ erhalten habe, doch dürfte derselbe kaum reell sein.

6) M. Hamy, l. c.

7) L. Janicki, l. c.

8) E. Gehrcke u. O. v. Baeyer, l. c.

Die Linien $\lambda = 4810, 4722, 4680$ treten schon bei etwa 25 Volt hervor, $\lambda = 6362$ erst von ca. 40 Volt an.

Die Wismutlinien.

Die Struktur einiger Wismutlinien ist von Gehrcke und v. Baeyer¹⁾ gemeinschaftlich, sowie von v. Baeyer²⁾ allein untersucht worden. Die genannten Forscher bedienten sich dabei einer Wismut-Amalgamlampe aus Quarz und benutzten die Methode der gekreuzten Interferenzplatten.

Nur eine Wismutlinie, $\lambda = 4722$, erreichte bei der von mir benutzten Lampe eine größere Intensität. Die nächststärkste Linie, $\lambda = 4122$, bereitet beim Photographieren schon große Schwierigkeiten. Gehrcke und v. Baeyer haben beide ausgemessen, $\lambda = 4122$ wegen ihrer Lichtschwäche jedoch nur mittels einer Lummerplatte photographiert.

Die Linie $\lambda = 4722$ wird bei etwa 70 Volt sichtbar. Die Aufnahmen geschahen bei ca. 85 Volt (4,2 Amp.) und 115 Volt (4,3 Amp.)

$$\lambda = 4722 \text{ \AA.-E. (blau).}$$

$$\text{Belichtungsdauer: } 1\frac{1}{2} - 2\frac{1}{2} \text{ Stunden.}$$

$$d\lambda_{\max.} = 0,345 \text{ \AA.-E. } d\lambda = 0,010 \text{ \AA.-E.}$$

Gekreuzte Interferenzplatten		Stufengitter		
Gehrcke und v. Baeyer ¹⁾	v. Baeyer ²⁾	Verfasser		
		85 Volt (4,2 Amp.)	115 Volt (4,3 Amp.)	
—	—	—0,165(?)	—0,167(?)	1
—	—	—0,144(?)	—0,144(?)	1
+0,242 (= —0,103) ³⁾	2	+0,242 (= —0,103)	—0,105	4
+0,289 (= —0,056)	1	+0,283 (= —0,062)	—0,062	3
+0,316 (= —0,029)	1	+0,318 (= —0,027)	—0,031	3
0,000	—	0,000	0,000	10
+0,057	1	+0,058	+0,058	5
+0,104	3	+0,100	+0,106	2

Die Linien waren etwas verwaschen.

1) E. Gehrcke u. O. v. Baeyer, l. c.

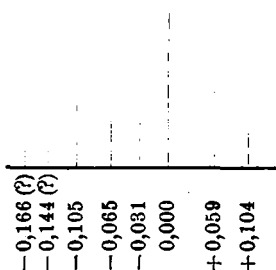
2) O. v. Baeyer, l. c.

3) Die Zahlen in () sind von mir zugefügt.

Während Gehrcke und v. Baeyer und v. Baeyer je fünf Trabanten finden, habe ich auf Platten, auf denen die Hauptlinien stark überexponiert waren, noch zwei sehr schwache Trabanten $-0,166(?)$ und $-0,144(?)$ erhalten. Letzterer sieht zuweilen nur wie eine Abschattierung des Trabanten $-0,105$ aus.

Da $d\lambda_{\max.} = 0,345 \text{ \AA.-E.}$ ist, entsprechen die Trabanten $+0,242$; $+0,283$; $+0,289$; $+0,316$; $+0,318$ bei den genannten Autoren bzw. den Werten $-0,103$; $-0,062$; $-0,056$; $-0,029$; $-0,027$ und stimmen also mit den von mir erhaltenen Werten ziemlich gut überein. Demnach halte ich die folgenden fünf Trabanten $-0,105$; $-0,062$; $-0,031$; $+0,059$ und $+0,104$ für sicher nachgewiesen und hinsichtlich ihrer Lage mit verhältnismäßig großer Genauigkeit bestimmt. Die Zahlen stellen die Mittel aus meinen Messungen dar.

Die Linie zeigt demnach nebenstehendes Aussehen, wenn sie schematisch so dargestellt wird, daß die Hauptlinie in der Mitte und rechts davon die Trabanten größerer, links diejenigen kleinerer Wellenlänge liegen. Die Länge der Striche veranschaulicht die Intensitäten. Die beiden unsicheren Trabanten sind punktiert.



Die Intensitäten wechselten bei dieser Linie bei den verschiedenen Aufnahmen mehr als es bei den vorher beschriebenen Linien der Fall war.

$$\lambda = 4122 \text{ \AA.-E. (violett).}$$

Belichtungszeit: bis 5 Stunden.

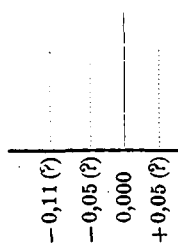
$$d\lambda_{\max.} = 0,250 \text{ \AA.-E. } d\lambda = 0,007 \text{ \AA.-E.}$$

Gekreuzte Interferenzplatten	Stufengitter
Gehrcke und v. Baeyer ¹⁾	Verfasser
$-0,21(?) (= +0,04)$	—
—	$-0,11(?)$
—	$-0,05(?)$
0,000	0,000
—	$+0,05(?)$
$+0,15(?) (= -0,10)$	—

1) E. Gehrcke u. O. v. Baeyer, l. c.

Die Linien waren trotz der langen Expositionszeit schwach und sehr verwaschen.

Gehrcke und v. Baeyer geben drei Linien von fast gleicher Stärke an und betrachten willkürlich die mittlere als Hauptlinie. Bei meinen Aufnahmen erschien außer den beiden erwähnten noch ein dritter Trabant. Da $d\lambda_{\max.} = 0,250$, so können die von Gehrcke und v. Baeyer erhaltenen Werte $-0,21(?)$ bzw. $+0,15(?)$ auch als $+0,04(?)$ bzw. $-0,010(?)$ gerechnet werden, wobei sie mit meinen Beobachtungen $+0,05(?)$ bzw. $-0,11(?)$ leidlich gut übereinstimmen. Neu wäre also der Trabant $-0,05(?)$.



Die Intensitäten der Trabanten betragen ungefähr 0,7 bis 0,8 von derjenigen der Hauptlinie. Die Linie würde demnach nebenstehendes Aussehen haben.

Die Bleilinen.

Das Bleispektrum wurde während der Ausführung dieser Arbeit von Janicki¹⁾ mittels gekreuzter Interferenzplatten untersucht. Als Lichtquelle benutzte er eine hochevakuierte Vakuumröhre mit Blei als Anode und einer Oxykathode. Schon früher versuchten Gehrcke und v. Baeyer²⁾ mittels einer Bleiamalgamlampe aus Quarz das Bleispektrum zu erzeugen, konnten aber wegen der Schwäche und bei höherem Dampfdrucke wegen der Verwaschenheit der Linien die feinere Struktur nicht erkennen. Nach mehreren Versuchen gelang es mir, ein Optimum der Bedingungen zu finden, bei welchem nicht nur die verhältnismäßig starke Linie $\lambda = 4058$, sondern auch $\lambda = 5190$, 5006 , 4168 , 4062 und 4020 einigermaßen gut hervortraten. Dies geschieht bei etwa 115 Volt (ca. 4,3 Amp.) und bei guter Lüftung der Lampe durch eine Ventilatorröhre. Doch waren die Linien nicht scharf zu nennen. In Übereinstimmung mit Janicki fand ich, daß — mit Ausnahme von $\lambda = 4058$ — alle obigen Linien einfach sind.

1) L. Janicki, Ann. d. Phys. 29. p. 833. 1909.

2) E. Gehrcke u. O. v. Baeyer, Ann. d. Phys. 20. p. 269. 1906.

$$\lambda = 4058 \text{ \AA.-E. (violett).}$$

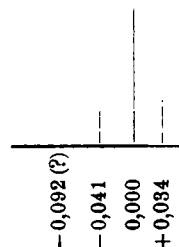
Belichtungszeit: 3—4 Stunden.

$$d\lambda_{\text{max.}} = 0,241 \text{ \AA.-E. } d\lambda = 0,007 \text{ \AA.-E.}$$

Gekreuzte Interferenzplatten		Stufengitter	
Janicki ¹⁾		Verfasser	
—	—	— 0,092 (?)	2
— 0,041	3	— 0,041	2
0,000	1	0,000	10
+ 0,038	2	+ 0,034	3

Die Linien waren ziemlich unscharf.

Es ist möglich, daß der Trabant — 0,092 durch Überlagerung von der Hauptlinie der benachbarten schwachen Linie $\lambda = 4062$ entstanden ist.



Zusammenfassung der Ergebnisse ohne Magnetfeld.

Im Gegensatz zu einigen anderen Beobachtungen finde ich, daß sich die Quarzglas-Amalgamlampe ziemlich gut zum Studium des Quecksilberspektrums eignet. Nur muß sie bei geringer Stromstärke brennen, wodurch allerdings der Nachteil längerer Expositionszeiten entsteht.²⁾ Auch die stärksten Cadmiumlinien $\lambda = 6439, 5086, 4800$ und 4678 treten dabei gut hervor, dagegen ist nur eine Wismutlinie $\lambda = 4722$ lichtstark. Die stärkste Bleilinie $\lambda = 4058$ ist schwer zu photographieren. Zum Studium des Wismut- und Bleispektrums ist die Lampe — also auch bei Verwendung des lichtstarken Stufengitters — kaum zu empfehlen.

Einfach ist unter den von mir untersuchten Quecksilberlinien nur $\lambda = 4916$, von den Cadmiumlinien $\lambda = 6439$, sämt-

1) L. Janicki, l. c.

2) Zu meinen verhältnismäßig langen Belichtungszeiten hat selbstverständlich auch der Umstand beigetragen, daß ich — um scharfe Linien zu bekommen — mit möglichst feinen Spalten beim Stufengitter arbeitete.

liche mittels der Lampe erscheinende Zinklinien und von den stärkeren Bleilinen $\lambda = 5190, 5006, 4168, 4062$ und 4020 .

Ogleich ich bei verschiedenen Dampfdrucken beobachtete, konnte ich — solange die Linien unverwaschen waren — keine Veränderung der Struktur erkennen, sondern beobachtete gelegentlich nur kleine Intensitätsveränderungen bei den Trabanten. Am deutlichsten traten diese bei der Wismutlinie $\lambda = 4722$ hervor.

B. Der Zeemaneffekt der Quecksilberlinien.

Der Zeemaneffekt der Quecksilberlinien ist schon öfters studiert worden. Es seien hier nur die Namen Runge und Paschen¹⁾, Blythwood und Marchant²⁾, Gray und Stewart zusammen mit Houston und Mc. Quistan³⁾, Gehrcke und v. Baeyer⁴⁾, v. Baeyer⁵⁾, Lohmann⁶⁾, Zeeman⁷⁾ und Gmelin⁸⁾ genannt. Jedoch beziehen sich die Untersuchungen, mit Ausnahme derjenigen von Gehrcke und v. Baeyer nur auf die Hauptlinien. Diese beiden Forscher, welche als Lichtquelle eine mit Quecksilber gefüllte Geisslerröhre benutzten und sich der Methode der gekreuzten Interferenzplatten bedienten, haben in sehr schwachen Feldern die Zerlegungen dreier Trabanten der grünen Quecksilberlinie $\lambda = 5461$ und zweier der indigoblauen Linie $\lambda = 4359$ bei einigen Feldstärken untersucht.

Über die Trabanten der beiden gelben Linien $\lambda = 5790$ und 5769 liegen keine früheren systematischen Untersuchungen

1) C. Runge u. F. Paschen, *Abh. d. Berl. Akad.* 1902, Anhang Abh. I.

2) Lord Blythwood u. E. W. Marchant, *Phil. Mag.* (5) **49**, p. 384. 1900.

3) A. Gray u. W. Stewart, R. A. Houston u. D. B. Mc. Quistan, *Proc. Roy. Soc.* **72**, p. 16. 1904.

4) E. Gehrcke u. O. v. Baeyer, *Verh. d. Deutsch. Physik. Ges.* **8**, p. 399. 1906; **10**, p. 423. 1908; *Ann. d. Phys.* **29**, p. 941. 1909.

5) O. v. Baeyer, *Verh. d. Deutsch. Physik. Ges.* **10**, p. 357. 1908.

6) W. Lohmann, *Diss. Halle* 1907.

7) P. Zeeman, *Verschiedene Abhandl. in Verh. d. Akad. v. Wet. Amsterdam für die letzten Jahre.*

8) P. Gmelin, *Diss. Tübingen* 1909.

vor und dasselbe gilt von den Trabanten der violetten Linien außer $\lambda = 4359$.

Am besten läßt sich die Zerlegung einiger Trabanten bei der starken grünen Linie $\lambda = 5461$ verfolgen, doch können auch die Aufspaltungen der gelben Linie $\lambda = 5790$ ziemlich gut verfolgt werden. Schwerer ist das Studium bei $\lambda = 5769$ wegen der Lichtschwäche der Trabanten und ihrer großen Nähe zur Hauptlinie.

Bei $\lambda = 4359$ kann die Zerlegung nur photographisch verfolgt werden, wegen der Unempfindlichkeit des Auges für das violette Licht.

Da wegen der komplizierten Aufspaltungen die parallel, bzw. senkrecht zu den Kraftlinien polarisierten Komponenten für sich allein untersucht werden müßten, aber durch den vorgeschalteten Nicol die Lichtstärke bedeutend vermindert wurde, habe ich mich auf den Zeemaneffekt oben angeführter Quecksilberlinien beschränkt. Es wurden dabei die Zerlegungen in mehreren Feldern zwischen 700—6060 Gauss studiert.

Da die Lampe — um die Quecksilberlinien scharf zu bekommen — mit nur etwa 3 Amp. (25 Volt) brannte, und außerdem die Intensität der Linien durch den Nicol geschwächt wurde, waren die Expositionszeiten verhältnismäßig lang. Weil das Lampenrohr durch den im Magnetfelde gegen die Wand getriebenen Stromfaden allmählich durchgebrannt wurde, so kommutierte ich ausnahmsweise das Feld bei einigen Aufnahmen der gelben Linie $\lambda = 5790 \text{ \AA.-E.}$ bei größerer Feldstärke als 4800 Gauss.

Die gelbe Linie $\lambda = 5790 \text{ \AA.-E.}$

Belichtungszeit: $1\frac{1}{2}$ —2 Stunden.

Unter den zahlreichen Trabanten dieser Linie erreichen nur die folgenden drei: $-0,121$; $+0,131$; $+0,227$ solche Stärke, daß ihre Zerlegungen im Magnetfelde verfolgt werden konnten. Am längsten ließ sich $+0,227$ studieren, wogegen bei den beiden anderen Trabanten schon bei weniger als 2000 Gauss je eine Komponente von den Hauptlinien benachbarter Ordnung überdeckt wurde. Um Irrtümer bezüglich der Lage der Linien vorzubeugen, wurden die Aufspaltungen bei

allmählich wachsenden Feldstärken verfolgt. Die folgenden Tabellen geben die hierbei gefundenen Trennungen $\delta\lambda$ der seitlichen Komponenten, sowie die daraus berechneten Werte von $\delta\lambda/H$ (worin H die Feldstärke in Gauss ist), der spezifischen Aufspaltung $\delta\lambda/\lambda^2 H$ und der spezifischen Elektronenladung e/μ an.

$$\lambda = 5790 \text{ \AA.-E.}$$

Senkrecht zu den Kraftlinien schwingende Komponenten.

Trabant $-0,121 \text{ \AA.-E.}$

H (Gauss)	$\delta\lambda$ (Å.-E.)	$\frac{\delta\lambda}{H} \cdot 10^6$	$\frac{\delta\lambda}{\lambda^2 H} \cdot 10^{18}$	$\frac{e}{\mu} \cdot 10^{-7}$	Anzahl der Auf- nahmen
1580	0,052 (5)	3,32	9,91	1,87	2
1695	0,056 (2)	3,32	9,89	1,86	1

Trabant $+0,131 \text{ \AA.-E.}$

1560	0,051 (6)	3,31	9,87	1,86	1
1695	0,056 (0)	3,30	9,86	1,86	1

Trabant $+0,227 \text{ \AA.-E.}$

1560	0,051 (9)	3,33	9,92	1,87	1
1695	0,056 (2)	3,32	9,89	1,86	1
1960	0,066 (5)	3,39	10,12	1,91	2
2165	0,074 (0)	3,42	10,19	1,92	1 ¹⁾
2715	0,091 (1)	3,36	10,01	1,89	1
2925	0,096 (7)	3,31	9,86	1,86	1
3535	0,119	3,37	10,04	1,89	2
4050	0,137	3,38	10,09	1,90	2
4450	0,149	3,35	9,99	1,88	1
4890	0,161 (5)	3,30	9,85	1,86	2

Es zeigte sich also bei den von mir benutzten Feldstärken Proportionalität zwischen Zerlegung und Feldstärke.

Zur Kontrolle der magnetischen Feldbestimmungen wurde in einigen Feldern auch die Trennung der Außenkomponenten der Hauptlinien gemessen. In der folgenden Tabelle sind zum Vergleich auch Messungen anderer Beobachter angeführt.²⁾

1) Die Platte war schwach.

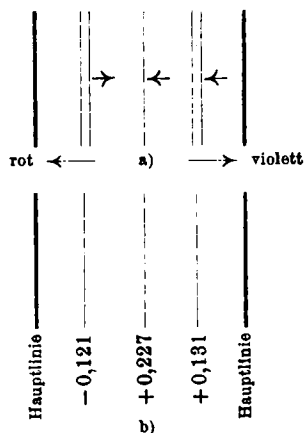
2) Vgl. O. v. Baeyer u. E. Gehrcke, l. c.

H (Gauss)	$\delta\lambda$ (Å.-E.)	$\frac{\delta\lambda}{\lambda^2 H} \cdot 10^{13}$	$\frac{\epsilon}{\mu} \cdot 10^{-7}$	Beobachter
5360	0,176	9,84	1,83	Lohmann
7780	0,251	9,61		
14170	0,462	9,74		
1120	—	10,21	1,93	v. Baeyer u. Gehrcke
3690	—	9,90	1,87	Gmelin
7140	—	9,93		
8749	—	9,91		
10472	—	9,89	1,87	Verfasser
1695	0,056 (1)	9,87		
2165	0,072 (1)	9,93		
2715	0,090 (3)	9,92		
4020	0,134	9,94		
4840	0,161	9,92		

Am besten stimmen meine Werte von $\delta\lambda/\lambda^2 H \cdot 10^{13}$ und $\epsilon/\mu \cdot 10^{-7}$ mit denjenigen von Gmelin überein, welche ihrerseits zwischen den von Lohmann bzw. v. Baeyer und Gehrcke erhaltenen liegen. Da die Gmelinschen Werte für $\epsilon/\mu \cdot 10^{-7}$ beim normalen Triplet mit denjenigen von Weiss¹⁾ und Cotton fast gänzlich zusammenfallen, sind seine Feldbestimmungen als sehr zuverlässig anzusehen. Aus obiger Übereinstimmung folgt, daß auch meine Feldmessungen genau sind.

Die parallel den Kraftlinien schwingenden Komponenten zeigten ein interessantes Verhalten. Wenn ein verhältnismäßig starkes Magnetfeld (ca. 6000 Gauss) eingeschaltet wurde, so zeigten die drei stärksten Trabanten $-0,121$, $+0,131$ und $+0,227$ ungefähr das Bild a), während die Linienstruktur ohne Magnetfeld durch b) gegeben ist.

Der mittlere Trabant $+0,227$ ist nicht zerlegt, hat sich aber bedeutend *verschoben* und zwar dem roten Ende des Spektrums zu.



1) P. Gmelin, Diss. Tübingen p. 41. 1909.

Dagegen ändert der Trabant $+0,131$ nicht merkbar seine Lage. Schaltet man aber ein zuerst schwaches und dann allmählich stärkeres Feld ein, so taucht bei etwa 2500 Gauss in der Nähe der rechten Hauptlinie eine neue Linie auf und nähert sich mit wachsender Feldstärke dem Trabanten $+0,131$. Wenigstens wird der dunkle Raum zwischen ihnen enger, ohne daß eine merkbare Verbreiterung der Linien eintritt. Die neue Linie nimmt allmählich an Intensität zu. Bei der größten von mir damals erreichbaren Feldstärke (etwas über 6000 Gauss) konnte noch nicht entschieden werden, ob sich die neue Linie auch über $+0,131$ hinwegbewegte. Dazu wäre eine höhere Feldstärke nötig gewesen, als ich bei der dicken Quarzröhre und dem verfügbaren Magneten erreichen konnte.

Zuerst glaubte ich auch beim Trabanten $-0,121$ ein analoges Verhalten zu sehen, nur mit dem Unterschied, daß da eine anfänglich sehr schwache, allmählich intensivere Linie von der linken Hauptlinie nach rechts sich hinbewegte. Nach mehreren okularen Beobachtungen sowie photographischen Aufnahmen halte ich es jedoch jetzt für wahrscheinlicher, daß der Trabant $-0,121$ eine kompliziertere Zerlegung erleidet. Die schwache Linie, welche ich bei niedrigerer Feldstärke zu beobachten glaubte, war vielleicht der Trabant $-0,077 \text{ \AA.-E.}$

Es sei bemerkt, daß die Zerlegungen und Verschiebungen meist sehr schwer zu verfolgen waren, weshalb fortgesetzte Beobachtungen, besonders bei größeren Feldstärken erwünscht wären.

Die schon erwähnte Verschiebung des Trabanten $+0,227$ ist sehr deutlich wahrnehmbar, da sie bedeutend größer ist als die von Zeeman und Gmelin gemessene absolute Verschiebung der Hauptlinien in demselben Sinne. Meine Messungen, die sowohl an den photographischen Platten als okular angestellt wurden, zeigen, daß die Verschiebung proportional dem Quadrate der Feldstärke ist, also

$$\frac{\delta\lambda}{H^2} = \text{const.}$$

Ich gebe zuerst die okularen Messungen an.

Okulare Messungen.

H (Gauss)	$\frac{d\theta}{d\theta_1}$	Verschiebung $\delta\lambda$ (Å.-E.)	$\frac{\delta\lambda}{H^2} \cdot 10^9$
4320	$\frac{473}{1078}$	0,023 (9)	1,28
5145	$\frac{684}{1078}$	0,034 (5)	1,30
6060	$\frac{917}{1078}$	0,046 (3)	1,26

Auf der photographischen Platte kann man natürlich nur die relative Verschiebung des Trabanten gegen die eine Hauptlinie messen. Als Korrektion ist die absolute Verschiebung der Hauptlinie mitzuzählen. Die Größe derselben habe ich nach den Angaben Gmelins¹⁾ berechnet. Nach ihm ist

$$\frac{\delta\lambda}{H^2} = 42,2 \times 10^{-20} \left(\frac{\text{cm}}{\text{Gauss}^2} \right),$$

woraus sich für die von mir benutzten Feldstärken 4035, 4835 und 5590 Gauss bzw. die Werte 0,0007, 0,0010 und 0,0013 Å.-E. für die Korrektion ergeben. Einen Überblick über die Messungen gewährt die folgende Tabelle:

H (Gauss)	Verschiebung $\delta\lambda$ (Å.-E.)	$\frac{\delta\lambda}{H^2} \cdot 10^9$
4035	0,020 (2)	1,24
4835	0,028 (0)	1,20
5590	0,037 (6)	1,20

Als das Mittel aus den sechs Messungsreihen ergibt sich

$$\frac{\delta\lambda}{H^2} \cdot 10^9 = 1,25.$$

Es wäre erwünscht, den Betrag der Verschiebung bei größeren Feldstärken als den mir zu Gebote stehenden auszumessen.

1) P. Gmelin, l. c.

Die gelbe Linie $\lambda = 5769 \text{ \AA.-E.}$

Belichtungszeit: etwa 2 Stunden.

Wegen der geringen Lichtstärke der Trabanten und ihrer großen Nähe zur Hauptlinie war es bei dieser Linie sehr schwer, den Betrag der Zerlegung auszumessen. Die Tabelle gibt eine Übersicht über die Messungen. Zur Kontrolle der Feldstärke habe ich wie bei der Linie $\lambda = 5790 \text{ \AA.-E.}$ auch die Aufspaltungen der Hauptlinien gemessen.

Trabant $-0,049 \text{ \AA.-E.}$

H (Gauss)	$\delta\lambda \text{ (\AA.-E.)}$	$\frac{\delta\lambda}{H} \cdot 10^5$	$\frac{\delta\lambda}{\lambda^2 H} \cdot 10^{13}$	$\frac{\varepsilon}{\mu} \cdot 10^{-7}$	Anzahl der Auf- nahmen
2920	0,104	3,56	10,70	2,02	1
4320	0,155	3,59	10,78	2,03	1

Trabant $+0,043 \text{ \AA.-E.}$

4320	0,154	3,57	10,71	2,02	1
------	-------	------	-------	------	---

Hauptlinien.

H (Gauss)	$\delta\lambda$ (Å.-E.)	$\frac{\delta\lambda}{\lambda^2 H} \cdot 10^{13}$	$\frac{\varepsilon}{\mu} \cdot 10^{-7}$	Beobachter
7880	0,275	10,41	1,97	Lohmann
10050	0,352	10,44		
11800	0,414	10,47		
1120	—	10,93	2,06	v. Baeyer u. Gehreke
3602	—	10,74	2,02	
7084	—	10,73		
10530	—	10,71		
1385	0,049 (6)	10,76	2,03	Verfasser
2920	0,104	10,70	2,02	
4320	0,154	10,71	2,02	

Die Übereinstimmung mit den früheren Messungen — insbesondere wiederum mit denjenigen von Gmelin — ist also gut.

Auch bei den Trabanten dieser Linie kommen kompliziertere Zerlegungen vor. Wenigstens ist bei $+0,043$ zu sehen, daß sich die Linie nach rot hin verschiebt, in ähnlicher Weise scheint $-0,049$ sich nach violett hin zu bewegen. Der eventuelle zweite Komponent ist wegen Überlagerung von der Hauptlinie unsichtbar. Okulare Messungen ergaben freilich eine etwas bessere Übereinstimmung $\delta\lambda/H^2 = \text{konst.}$ als $\delta\lambda/H = \text{konst.}$, doch halte ich es — da die große Lichtschwäche der Komponenten die Messungen unsicher machte —, für wahrscheinlicher, daß es sich um eine kompliziertere Zerlegung und nicht um eine absolute Verschiebung handelt.

Die grüne Linie $\lambda = 5461 \text{ \AA.-E.}$

Wie schon hervorgehoben, eignen sich bei dieser Linie einige Trabanten gut zum Studium des Zeemaneffektes in schwachen Magnetfeldern. Dies gilt besonders für den Trabant $-0,245$, aber auch $-0,110$; $-0,079$ und $+0,073$ sind bei einigen Feldstärken meßbar. Durch Ausmessen der relativen Lage der Komponenten konnte indirekt geschlossen werden, daß die Zerlegung des Trabanten $+0,118$ ebensogroß war wie diejenige der genannten Trabanten.

Die Hauptlinie liefert bekanntlich ein Nonet. Auch bei den Trabanten kommen kompliziertere Zerlegungen vor, wie schon Gehrcke und v. Baeyer samt Lohmann bemerkt haben.

Die kleinste Feldstärke, bei welcher die Trennung der beiden senkrecht zu den Kraftlinien schwingenden Komponenten gemessen wurde, war 700 Gauss, was einer Wellenlängendifferenz der äußeren Komponenten vom Betrage $\delta\lambda = 0,029 \text{ \AA.-E.}$ entspricht. Bei höherer Feldstärke (ca. 1600 Gauss) erschien auf einigen Platten jede der beiden Komponenten nochmals zerlegt und zwar in je zwei, doch war diese Zerlegung damals noch sehr undeutlich und konnte — wegen Superposition der Komponenten benachbarter Trabanten — in stärkeren Feldern leider nicht verfolgt werden.

Auch die parallel den Kraftlinien schwingenden Komponenten teilen sich in je zwei. Diese Zerlegung ist sehr deutlich. Ihr Betrag $\delta\lambda$ ist bei 1700 Gauss $0,035 \text{ \AA.-E.}$

Eine Übersicht über die Messungen gibt die Tabelle.

Senkrecht schwingende Komponenten.

Trabant - 0,245 Å.-E.

H (Gauss)	$\delta\lambda$ (Å.-E.)	$\frac{\delta\lambda}{H} \cdot 10^5$	$\frac{\delta\lambda}{\lambda^2 H} \cdot 10^{13}$	$\frac{\varepsilon}{\mu} \cdot 10^{-7}$	Anzahl der Auf- nahmen
700	0,028 (8)	4,11	13,80	2,60	3
845	0,034 (6)	4,10	13,73	2,59	3
1030	0,042 (0)	4,08	13,67	2,58	3
1145	0,047 (1)	4,11	13,79	2,60	3
1405	0,058 (5)	4,16	13,96	2,63	3
1600	0,066 (3)	4,14	13,89	2,62	4
1850	0,076 (2)	4,12	13,80	2,60	3
2030	0,084 (5)	4,16	13,96	2,63	4
2355	0,096 (9)	4,12	13,80	2,60	2
2620	0,108 (5)	4,14	13,89	2,62	1

Trabant - 0,110 Å.-E.

700	0,029 (0)	4,14	13,89	2,62	3
1030	0,042 (7)	4,15	13,90	2,62	2
1155	0,047 (1)	4,08	13,67	2,58	2
1410	0,058 (7)	4,16	13,96	2,63	2

Trabant + 0,073 Å.-E.

700	0,028 (8)	4,11	13,80	2,60	3
845	0,034 (5)	4,08	13,69	2,58	3
1030	0,041 (9)	4,07	13,64	2,57	3
1145	0,046 (6)	4,07	13,65	2,57	3
4250	0,171 (?)	4,02(?)	13,49	2,54	1

Gehrcke und v. Baeyer¹⁾ fanden mittels gekreuzter Interferenzplatten:

H (Gauss)	$\frac{\varepsilon}{\mu} \cdot 10^{-7}$ Trabant - 0,242	$\frac{\varepsilon}{\mu} \cdot 10^{-7}$ Trabant - 0,065	$\frac{\varepsilon}{\mu} \cdot 10^{-7}$ Trabant + 0,075
535	2,73	2,67	2,47
775	2,75	—	2,90
993	2,39	—	2,73
1158	—	—	2,97

1) E. Gehrcke u. O. v. Baeyer, l. c.

Wie schon p. 513 gezeigt, entsprechen diese Trabanten bei Gehrcke und v. Baeyer bzw. den von mir angegebenen Trabanten $-0,245$; $-0,079$; $+0,073$ Å.-E. Die von diesen beiden Forschern angegebenen Werte von $\epsilon/\mu \cdot 10^{-7}$ sind im Mittel etwas größer als die meinigen in Übereinstimmung mit dem Verhalten bei den beiden gelben Linien, wo die Werte von Gehrcke und v. Baeyer die Werte anderer Beobachter etwas übertrafen.

Der mittlere Trabant $-0,245$ Å.-E. zeigt hinsichtlich der *Intensität* ein interessantes Verhalten. Zuerst — bei etwa 700 Gauss — ist die Komponente mit der kleineren Wellenlänge stärker als die nach dem Roten hin liegende, bei etwa 1400 Gauss etwa gleich stark. Von etwa 1600 Gauss an war die nach dem Roten zu liegende Komponente die stärkere. Die Erscheinung war unabhängig vom Kommutieren des Magnetfeldes und so deutlich, daß sie sich auch noch beim Drehen des Echelons beobachten ließ. (Bekanntlich verändern sich die Intensitätsverhältnisse der Linien bei solchem Drehen.)

Die Intensitätsverhältnisse bei den Zerlegungen der anderen stärkeren Trabanten konnte ich wegen Superposition der Komponenten nicht mit genügender Sicherheit verfolgen.

Parallel schwingende Komponenten.

Trabant $-0,245$ Å.-E.

H (Gauss)	$\delta\lambda$ (Å.-E.)	$\frac{\delta\lambda}{H} \cdot 10^5$	$\frac{\delta\lambda}{\lambda^2 H} \cdot 10^{18}$	Anzahl der Aufnahmen
1740	0,035 (3)	2,03	6,80	3
2035	0,042 (0)	2,06	6,92	3
2450	0,050 (5)	2,06	6,91	3
2765	0,055 (5)	2,01	6,73	3
3120	0,063 (9)	2,05	6,87	3
3725	0,075 (5)	2,03	6,80	3
4865	0,097 (7)	2,01	6,73	2

Trabant $-0,110$ Å.-E.

2450	0,051 (2)	2,09	7,01	1
------	-----------	------	------	---

Trabant $-0,079$ Å.-E.

1715	0,035 (2)	2,05	6,88	1
2010	0,0421	2,09	7,02	1

Trabant +0,073 Å.-E.

H (Gauss)	$\delta\lambda$ (Å.-E.)	$\frac{\delta\lambda}{H} \cdot 10^5$	$\frac{\delta\lambda}{\lambda^2 H} \cdot 10^{13}$	Anzahl der Aufnahmen
2060	0,042 (5)	2,06	6,92	1
2450	0,050 (0)	2,04	6,84	2

Auch bei den parallel den Kraftlinien schwingenden Komponenten verläuft also die Aufspaltung proportional der Feldstärke. — Die von der Theorie geforderte und von Amano und Nagaoka¹⁾ bei einigen Triplets und Quadruplets in den schwachen Feldern gefundene Abweichung von der Proportionalität habe ich bei den von mir benutzten Feldstärken nicht finden können.

Ganz ebenso wie bei den senkrecht schwingenden Komponenten sind bei den parallel schwingenden die Intensitätsverhältnisse auffallend. Bei 1700 Gauss ist die Komponente mit der kürzeren Wellenlänge noch etwas stärker, bei 2000 Gauss sind die Komponenten gleich lichtstark, von da ab wird aber die nach dem roten Ende des Spektrums verschobene Komponente allmählich intensiver, so daß sie bei etwa 4800 Gauss schon ungefähr doppelt so stark ist als die andere.

Wahrscheinlich kann dieses Verhalten theoretisch durch Annahme geeigneter Elektronenkoppelungen erklärt werden. (Theorie von Voigt vgl. Magneto- und Elektrooptik.)

Die Zerlegungen der Hauptlinien wurden wegen der Breite derselben nicht ausgemessen.

Die indigoblaue Linie $\lambda = 4359$ Å.-E.

Bei der indigoblaunen Linie sind die Messungen weniger genau als bei den anderen Quecksilberlinien, weil die beiden Linien $-0,103$ und $+0,121$, die genügende Intensität erreichen — um auf ihren Zeemaneffekt untersucht zu werden — beide aus je zwei Trabanten bestehen, nämlich bzw. aus $-0,094$ und $-0,112$ samt $+0,111$ und $+0,130$ Å.-E., deren Zerlegungen aber einzeln nicht gemessen werden konnten. Die Abstände sind daher von den Schwerpunkten dieser nahe-

1) S. Amano u. H. Nagaoka, l. c.

liegenden Komponenten gemessen. Die Zerlegung von $-0,103$ war leichter zu verfolgen als diejenige von $+0,121$.

-103 \AA.-E.

H (Gauss)	$\delta\lambda$ (\AA.-E.)	$\frac{\delta\lambda}{H} \cdot 10^5$	$\frac{\delta\lambda}{\lambda^2 H} \cdot 10^{13}$	$\frac{s}{\mu} \cdot 10^{-7}$	Anzahl der Auf- nahmen
1720	0,032 (3)	1,88	9,88	1,86	2
1985	0,038 (1)	1,92	10,10	1,90	2
2445	0,046 (4)	1,90	9,99	1,88	2
2790	0,051 (2)	1,84	9,66	1,83	2
3110	0,057 (3)	1,84	9,70	1,83	1
3405	0,065 (4)	1,92	10,11	1,90	1

$+0,121 \text{ \AA.-E.}$

1725	0,033 (8)	1,96	10,31	1,94	3
2025	0,039 (0)	1,93	10,14	1,91	2
2405	0,046 (4)	1,93	10,15	1,91	1
2790	0,052 (5)	1,88	9,90	1,87	2
3110	0,057 (8)	1,86	9,78	1,86	1

Gehrcke und v. Baeyer fanden:

H (Gauss)	$\frac{s}{\mu} \cdot 10^{-7}$ Trab. $+1,1 \cdot 10^{-2} \mu\mu$	$\frac{s}{\mu} \cdot 10^{-7}$ Trab. $-1,6 \cdot 10^{-2} \mu\mu$
775	1,97	1,97
993	2,12	2,05
1158	2,22	1,96
1265	2,18	2,00

Auch hier findet Proportionalität zwischen Aufspaltung und Feldstärke statt, doch ist wegen der Verwaschenheit der Komponenten die Übereinstimmung zwischen den Werten von $\delta\lambda/H \cdot 10^5$ nicht so gut wie z. B. bei der grünen Linie $\lambda=5461$.

Bei der indigoblauen Linie scheinen auch kompliziertere Zerlegungen der beiden zitierten Trabanten vorzukommen — dieses trat bei etwa 4800 Gauss einigermaßen deutlich hervor. Doch wurde diese Zerlegung wegen Verwaschenheit

der Komponenten nicht ausgemessen — ebensowenig wie die der Hauptlinie — welche bekanntlich ein Sextet ergibt.

Die Cadmiumlinien.

$$\lambda = 6439 \text{ \AA.-E. (rot).}$$

Die rote Cadmiumlinie bot, da sie keine Trabanten besitzt, weniger Interesse und wurde deshalb nicht ausgemessen. — Eine absolute Verschiebung der mittleren Komponente konnte ich bei der von mir benutzten Feldstärke — etwa 5000 Gauss — nicht beobachten.

$$\lambda = 5086 \text{ \AA.-E.}$$

Die Aufspaltung des einzigen Trabanten dieser Linie ließ sich wegen dessen Lichtschwäche und großen Nähe zur Hauptlinie nicht ausmessen. Der Trabant scheint — in Übereinstimmung mit der Hauptlinie, die bekanntlich ein Nonet gibt — eine kompliziertere Zerlegung zu haben, doch konnte ich die Art derselben nicht näher feststellen. — Die Trennung der äußeren Komponenten der Hauptlinie verläuft nach vorwiegend okularen Messungen zwischen 1660 und 4320 Gauss der Feldstärke merklich proportional.

$$\lambda = 4800 \text{ \AA.-E.}$$

Belichtungszeit: etwa 2 Std.

Die Hauptlinie liefert bekanntlich ein Sextet. Von den Trabanten erleiden wenigstens — 0,034 und + 0,059 eine kompliziertere Zerlegung, dessen Betrag jedoch — wegen der Lichtschwäche der Linien — nicht gemessen werden konnte.

Die Trennung der äußeren Komponenten bei der Hauptlinie ist gleichfalls zwischen 1640 und 4020 Gauss der Feldstärke merklich proportional.

$$\lambda = 4678 \text{ \AA.-E.}$$

Die Hauptlinie ist ein Triplet. Ob bei den Trabanten kompliziertere Trennungen vorkommen, konnte ich trotz okularer Beobachtung und mehrerer Aufnahmen nicht entscheiden. Da auch die Komponenten der Hauptlinien trotz etwa zweistündiger Belichtungszeit noch recht schwach und die Messungen also etwas unsicher waren, gebe ich sie hier nicht an.

Die Wismutlinien.

Es wurde die Linie $\lambda = 4722 \text{ \AA.-E.}$ okular studiert und eine kompliziertere Zerlegung unter den Trabanten konstatiert. Wegen der großen Anzahl der Trabanten konnte eine Messung ihrer Aufspaltungen nicht vorgenommen werden, zumal die Zerlegung nicht wie bei der grünen Quecksilberlinie bei allmählich ansteigenden Feldstärken verfolgt werden konnte. Auch die Trennungen bei den Hauptlinien wurden wegen des störenden Einflusses der stärksten Trabanten nicht gemessen.

An ein Studium der Wismutlinie $\lambda = 4122$ sowie der Bleilinen hinsichtlich ihres Zeemaneffektes war wegen ihrer Lichtschwäche nicht zu denken.

Zusammenstellung der Ergebnisse betreffs des Zeemanphänomens.

Es wurde durch diese Untersuchungen bestätigt, daß bei den Trabanten der beiden gelben Quecksilberlinien $\lambda = 5790$ und $\lambda = 5769$ sowie bei der grünen Linie $\lambda = 5461$ und der indigoblauen Linie $\lambda = 4359$ kompliziertere Zerlegungen vorkommen. Einer der Trabanten von $\lambda = 5790$ zeigt im magnetischen Felde eine Verschiebung, die dem Quadrat der Feldstärke proportional ist. — Eine eigentümliche Verschiebung scheint da auch eine andere, mit wachsender Feldstärke an Intensität zunehmende Linie zu besitzen. — Bei $\lambda = 5461$ weist einer der Trabanten eine auffallende Intensitätsveränderung auf, indem bei kleiner Feldstärke die eine, bei größerer aber die andere der Außenkomponenten lichtstärker ist.

Auch bei den Cadmiumlinien $\lambda = 5086$ und $\lambda = 4800$ sowie bei der Wismutlinie $\lambda = 4722$ kommen kompliziertere Zerlegungen der Trabanten vor.

Es ergab sich überall Proportionalität der Trennung mit der Stärke des Magnetfeldes.

Schlußbemerkungen.

Die vorliegende Arbeit liefert einen neuen Beweis für die Verwendbarkeit großer Stufengitter für das Studium feiner Spektrallinien, sowohl hinsichtlich ihrer Struktur ohne Magnetfeld als betreffs ihres Zeemaneffektes in schwachen Feldern.

Es ließen sich ja damit z. B. die Aufspaltungen der zahlreichen Trabanten der Quecksilberlinien sowohl okular als photographisch gut verfolgen.

Was die Quarzglas-Amalgamlampe betrifft, so bewährte sie sich im allgemeinen recht gut, doch ist dieselbe in ihrer jetzigen Form auch bei Verwendung eines lichtstarken Stufengitters kaum zu empfehlen zum Studium der meisten Wismut- und Bleilinen. Gute Dienste leistete die Lampe bei den Untersuchungen über den Zeemaneffekt durch ihre verhältnismäßig hohe Lichtstärke und ihre bequeme Handhabung.

(Eingegangen 8. Januar 1911.)
