

54191
(2)
B

№ 2
2. Zeitschrift für Physik, Bd. 61, 1930.

P. SWINGS

Über das Resonanzspektrum des Schwefeldampfes

Prace Zakładu Fizyki Doświadczalnej
Uniwersytetu Warszawskiego
Travaux de l'Institut de Physique
Expérimentale de l'Université
de Varsovie.
№ 72a, 1930.



1930

54191 B
(8)

ZEITSCHRIFT FÜR PHYSIK

HERAUSGEGEBEN UNTER MITWIRKUNG
DER
DEUTSCHEN PHYSIKALISCHEN GESELLSCHAFT

VON
KARL SCHEEL

Sonderabdruck 61. Band. 9. und 10. Heft

P. Swings

Über das Resonanzspektrum des Schwefeldampfes



VERLAG VON JULIUS SPRINGER, BERLIN

1930

Zeitschrift für Physik

Die **Zeitschrift für Physik** erscheint zweimonatlich in einzelnen Heften, die zu Bänden von ca. 60 Bogen vereinigt werden. Die Zeitschrift für Physik ist durch jede Buchhandlung sowie durch die Verlagsbuchhandlung J. Neumann, Neudamm 19, H. No. 23/24, zu beziehen. Die Mitglieder der Deutschen Physikalischen Gesellschaft erhalten die Zeitschrift für Physik zu einem mit dem Vorstands der Gesellschaft vereinbarten Vorzugspreis geliebert. Die Verfasser erlauben von Arbeiten bis zu 1/4 Druckbogen Umfang 100 Sonderabdrücke von größeren Arbeiten 50 Sonderabdrücke kostenfrei. Manuskriptsendungen sind zu richten an Herrn Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Karl Scheel, Berlin-Dahlem, Werdener Str. 24.

61. Band	Inhalt	9. und 10. Heft
A. Güntherschulze, Die behinderte Glimmentladung. II. (Mitteltung aus dem 8. März 1930)	Böhren-Lehorkorium der Osram-Gesellschaft. Mit 9 Abbildungen. (Eingegangen am 8. März 1930)	aus dem Seite 561
E. Rupp, Über das innere Gitterpotential von natürlichem und gelbem Natriumchlorid. (Aus dem Forschungsbereich der AEG.) Mit 5 Abbildungen. (Eingegangen am 7. März 1930)	L. S. Ornstein und J. Reikveld, Über die Frequenzabhängigkeit der Raman-schen Streustrahlung. (Mitteltung aus dem Physikalischen Institut der Universität Utrecht.) Mit 1 Abbildung. (Eingegangen am 7. März 1930)	587
F. Resetti, Über die Rotations-Ramanpektren von Stickstoff und Sauerstoff. Mit 1 Abbildung. (Eingegangen am 10. März 1930)	W. Wölzel, Über doppelte Rotationsfolgen von Singulett- Σ -Termen. (Eingegangen am 20. März 1930)	598
Gerhard Herzberg, Zur Deutung der diffusen Molekülspektren (Präzisionsatom). Mit 4 Abbildungen. (Eingegangen am 24. Februar 1930)	Guido Beck, Zur Systematik der Isotopen. III. (Eingegangen am 26. Februar 1930)	602
A. Wolf, Theorie des quadratischen Starkeffektes von Dubletts und Triplets. Mit 2 Abbildungen. (Eingegangen am 28. Februar 1930)	R. Frisch, Zur Drehimpulsbilanz bei Lichtemissionsvorgängen. Mit 2 Abbild. (Eingegangen am 21. Februar 1930)	604
Antonio Carrelli, Der elektronische Raman-Effekt. (Eingegangen am 28. Februar 1930)	Philipp Frank und Walter Glaser, Die statistische Mechanik Boltzmanns als Näherung der Wellenmechanik. (Eingegangen am 22. Februar 1930)	615
Walter Glaser, Korrespondenzprinzip und Schrödingersche Wellenfunktion. (Eingegangen am 22. Februar 1930)	Lacy Schütz-Mensing, Zur Theorie der Kopplungsverbreiterung von Spektrallinien. (Eingegangen am 22. Februar 1930)	619
S. Sambursky, Bemerkungen zur Fermischen Intensitätsformel für die Hauptserienubletts der Alkalien. (Eingegangen am 5. März 1930)	Carl Löss, Neue universelle Aufnahmeapparate für Strukturuntersuchungen. Mit 2 Abbildungen. (Eingegangen am 5. März 1930)	626
Oskar Heilmstädt, Über das Relativitätsprinzip der klassischen Optik. Mit 3 Abbildungen. (Eingegangen am 8. März 1930)	K. C. Kar, Über eine weitere Ausdehnung der Kar-Mikrotheorie von verallgemeinerten Statistiken. (Eingegangen am 16. Februar 1930)	632
P. Swings, Über das Resonanzspektrum des Schwefeldampfes. Mit 4 Abbild. (Eingegangen am 20. Februar 1930)	W. Limmik, Eine Vorrichtung zur Beobachtung von Spektrogrammen. Mit 2 Abbildungen. (Eingegangen am 26. Februar 1930)	640
Leopold Infield, Kausalgesetz und Quantenmechanik. II. (Eingegangen am 28. Februar 1930)	Rames Majumdar und Daulat Singh Kothari, Thermische Ionisation und Entartung. (Eingegangen am 2. März 1930)	644
Josef Zahnradt, Messung der Aktivität der Radiumemanation mittels der Drehwaage. Vorläufige Mitteilung. Mit 3 Abbildungen. (Eingegangen am 8. März 1930)	M. Wolffe, Bemerkung zu Statistischer Deutung zur Einsteinschen Ableitung des Planckschen Gesetzes von R. C. Majumdar und D. S. Kothari in Allahabad. (Eingegangen am 8. März 1930)	655
Berichtigung		660

Über das Resonanzspektrum des Schwefeldampfes.

Von P. Swings aus Lüttich, zurzeit in Warschau.
Mit 4 Abbildungen. (Eingegangen am 20. Februar 1930.)

Mit Hilfe einer intensiven Beleuchtung ist eine eingehende Untersuchung des Resonanzspektrums des mit Quecksilberbogenlicht erregten Schwefeldampfes durchgeführt worden. Es ist gelungen, Dublettserien zu finden. Die äußerst komplizierte Struktur der Resonanzgruppen ist bei großer Dispersion untersucht und als Superposition mehrerer Dublettserien erklärt worden. Die relativen Intensitäten der einzelnen Komponenten der Rotationsubletts weisen eine deutliche Änderung mit der Änderung des Druckes und der Temperatur des erregten Dampfes auf.

Das Resonanzspektrum des mit Quecksilberbogenlicht erregten zweiatomigen Schwefeldampfes ist von Rosen* untersucht worden, der nur eine von der Linie 8192 Hg erregte Serie ausgemessen hat, ohne übrigens die Resonanzgruppen völlig in Linien aufzulösen. Rosen stellte fest, daß auch die Quecksilberlinien 8126, 8022 und 2968 Resonanzserien erregen, deren Terme eine komplizierte Struktur haben. Die schwache Intensität des Resonanzubletts machte die Anwendung einer genügenden Dispersion unmöglich, um die verschiedenen Serien voneinander trennen zu können und die genauere Struktur der Resonanzgruppen aufzufinden. Neuerlich hat Kessel** auf die sehr komplizierte Struktur der Resonanzterme des Tellurdampfes hingewiesen, deren Erklärung sehr große Bedeutung haben könnte. Übrigens waren bisher im Schwefel die klassischen Rotationsublettserien nicht bekannt, die Wood im Joddampf beobachtet hat.

Auf Anregung von Prof. Dr. St. Pińkowski habe ich eine neue Methodik für sehr intensive Erregung des Dampfes ausgearbeitet, die es mir ermöglichte, das Resonanzspektrum der S_2 -Molekeln eingehend zu untersuchen. Es gelang, Resonanzserien nicht nur mit den Quecksilberlinien 8192, 8126, 8022 und 2968 zu erregen, sondern auch mit der Linie 2894. Alle diese Serien konnten ausgemessen, berechnet und bei verschiedener Dispersion untersucht werden. Außerdem habe ich vier Rotationsublettserien entdeckt, die von den Quecksilberlinien 8655, 8192, 8126 und 2968 erregt werden. Für jede dieser Serien konnte man die Rotationsquantenzahl der erregten Molekeln bestimmen. Andererseits war es möglich, durch Anwendung großer Dispersion (1 Å/mm) eine wahrscheinliche Erklärung

* B. Rosen, ZS. f. Phys. 43, 106, 1927.

** W. Kessel, C. R. 189, 94, 1929.

der großen Komplexiertheit der Resonanzterme des S_2 zu geben. Endlich konnte durch Untersuchungen der Intensitätsänderung der Dublett-komponenten bei verschiedenen Dichten und Temperaturen des erregten Dampfes gezeigt werden, daß das Verhältnis der Wahrscheinlichkeiten bei der Emission der Dublett-komponenten eine Funktion der Dichte und der Temperatur ist.

Apparatur und Anordnung.

Das Quarzgefäß R , das den Schwefeldampf enthielt, war zylinderförmig, mit paarparallelen Fenstern; die Dimensionen waren 6 cm Länge und 3 cm Durchmesser. Das Gefäß

hatte ein 20 cm langes gebogenes Ansatzrohr, wie es in Fig. 1 gezeigt ist.

Das Gefäß R befand sich in einem elektrischen Ofen (Temperaturofen), während das Ansatzrohr in einem zweiten Ofen (Druckofen) angeordnet war. Auf diese Weise konnten Temperatur und Druck des Dampfes unabhängig voneinander geregelt werden. Die Gestalt des Ansatzrohres gestattete die Anwendung von Diaphragmen, mittels welcher die thermische Strahlung des ersten Ofens von dem zweiten Ofen abgehalten wurde. Vor Einführung des Schwefels wurde das Gefäß aufs sorgfältigste durch längeres Aushitzen im Hochvakuum in einem elektrischen Ofen bei einer Temperatur von 800°C entgast. Die einzuführende Substanz wurde zuerst mehrmals langsam im Hochvakuum destilliert; das reinste Produkt wurde dann in das Gefäß R nach mehrmaligen Zwischendestillationen überdestilliert. Während aller Destillationen befand sich zwischen Pumpe und Destillationsgefäß eine in flüssige Luft getauchte U-Falle.

Die Quarzquecksilberlampe hatte die Form eines Ringes, wie man es in Fig. 1 ersieht. Sie umgab das Resonanzgefäß, befand sich also im

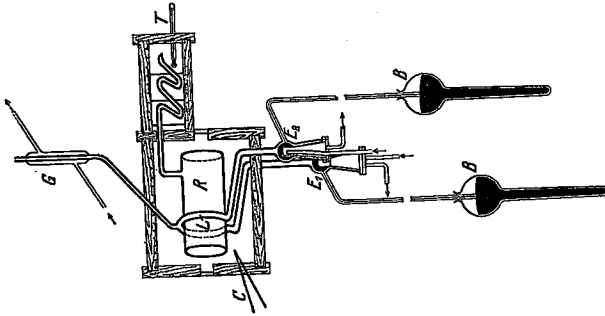


Fig. 1.

Innern des ersten Ofens. Die Lampe wurde durch Erhöhung beider Barometer B geründet, wodurch das Quecksilber im oberen Teil des Ringes zur Berührung gebracht wurde. Man regelte dann die Barometerhöhe derart, daß das Quecksilber oben beide Eisenelektroden E_1 und E_2 bedeckte, die stets durch einen Wasserstrom gekühlt wurden. Diese intensive Wasserkühlung sicherte eine relativ kleine Hg-Dampfdichte im Innern der Lampe. Die Lampe war mit einer Diffusionspumpe verbunden; eine oberhalb der Lampe sich befindende Wassererhitzung G kondensierte den Hg-Dampf, der so in den Bogen zurückgeführt wurde. Die Lampe arbeitete sehr regelmäßig; es genügte, täglich einige Minuten zu pumpen, um sie den ganzen Tag brennen zu lassen. Es wurde ein Strom von 5 bis 15 Amp. angewendet, die Leistung konnte 1 kW betragen. Die Lampe beleuchtete das Resonanzgefäß sehr intensiv längs des Ringes und längs der zu beiden Elektroden führenden Röhren.

Unter diesen Bedingungen war die Resonanzstrahlung im sichtbaren Gebiet so intensiv, daß man die Änderungen der einzelnen Liniengruppen bei verschiedenen Temperaturen und Drucken visuell feststellen konnte. Die Resonanzstrahlung wurde mittels einer Quarzlinse $f/2$ auf den Spalt des Spektrographen projiziert.

Im sichtbaren Spektralgebiet wurde gewöhnlich ein Glasspektrograph mit einer Dispersion von ungefähr 12 \AA/mm bei $\lambda \sim 4200$ angewendet. Im Ultraviolet bediente ich mich hauptsächlich eines Quarzspektrographen mit der Dispersion von ungefähr 17 \AA/mm bei $\lambda \sim 9200$. Bei Anwendung dieser Spektrographen dauerten die Expositionen einige Minuten. Bei kleinerer Dispersion (ungefähr 25 \AA/mm bei $\lambda \sim 4200$) für das sichtbare Gebiet genügten 10 Sekunden Exposition auf Imperial Ortho Platten 1200 H. D. , bei einer Stromstärke von 8 Amp. in der Quecksilberlampe.

Die große Intensität der Resonanzstrahlung ermöglichte auch, einen Spektrographen mit größerer Dispersion anzuwenden; ich habe einen Spektrographen, Type Gouy, von Jobin-Yvon, mit Glas- und Quarzoptik benutzt, dessen Dispersion in dem zu untersuchenden Gebiet von der Größenordnung 1 \AA/mm war. Die Expositionsdauer betrug in diesem Falle 1 bis 10 Stunden.

Im allgemeinen ist das Resonanzspektrum des Schwefels sehr kompliziert. Das erklärt sich dadurch, daß neun Serien (fünf Multipllett- und vier Dublettserien) gleichzeitig von Quecksilberlinien, die ziemlich nahe beieinander liegen, erregt werden, und daß die Mehrzahl der Terme jeder Serie selbst aus einer Anzahl von Linien besteht.

Die Fluoreszenz des Schwefels beginnt bei einem Druck von ungefähr 1 mm bei etwa 250° C, steigt bis 400°, bleibt ziemlich konstant bis zu 600° und beginnt bei weiterer Temperaturerhöhung abzunehmen.

Aus einer langen Reihe von Aufnahmen habe ich einen ungefähren Überblick über die Totalintensität der Fluoreszenz im sichtbaren Gebiet abgeleitet, den die folgende Tabelle zeigt; die Intensitätsskala reicht von 1 bis 8 (1 äußerst schwach, 8 sehr intensiv).

Tabelle 1.

T	Druck	Int.	T	Druck	Int.
250°	6	1	580°	1	8
350	8	2	625	2,5	5
380	2,5	2-3	685	2,5	3-4
400	1	8	750	4	3
450	1	8	860	4	2-3
500	1	8	950	7	2
550	1	8			

Arbeitet man bei konstanter Temperatur ($400 \leq T \leq 600$), so bemerkt man, daß die sichtbare Fluoreszenz schon bei einem Druck von $p = 8 \cdot 10^{-3}$ mm bemerkbar wird, und man kann folgende Zahlenbeispiele angeben:

Tabelle 2.

p	J		p	J
	J	J		
0,003	1	5	8	8
0,05	3	10	5	8
0,1	4-5	27	4	5
0,4	6-7	50	4	4
0,6	8	100	3	3
0,8	8	300	2	2
1	8	500	1	1
2	8			

Dublettserien*.

In den folgenden Tabellen sind die gemessenen Werte der durch die Linien 8122, 8126, 2968 und 3655 Hg erregten Dublettserien mitgeteilt. Für die durch 8122 Hg erregte Serie sind nur die Messungen vom vierten positiven Term aus angegeben, da die drei ersten positiven Terme und die drei antistokeschen Glieder in den Bereich der Multipletts fallen, die ebenfalls durch 8122 erregt werden; mit einer mittelmäßigen Dispersion waren sie

* Die Ergebnisse bezüglich der Dublettserien sind teilweise in dem Bull. de l'Acad. pol., Classe des Sciences (A) 1929, publiziert.

nicht sicher aufzufinden. Für die durch 8126 und 2968 Hg erregten Serien wurde mit dem sechsten bzw. elften positiven Term begonnen.

Tabelle 3. A. Dublettserie, erregt durch 8122 Hg.

ν	λ	λ'	Frequenzdifferenz	Intensität*
29 854 — 29 878	3849,7 — 3847,5	19	679	5
29 175 — 29 195	3425,2 — 3427,6	20	Mittelwert = 682	4
nicht gemessen				
sehr schwach, nicht gemessen	3685,9 — 3688	20	666	3
27 180 — 27 150	3778,7 — 3775,8	20	Mittelwert = 648	1
26 484 — 26 484			649	2
sehr schwach, nicht gemessen	3978,5 — 3970,3	20	640	2
25 167 — 25 187		18 ungef.		2
nicht gemessen**	4187,8 — 4184,5	18,6	Mittelwert = 629,5	1
23 879 — 23 897,6			626	5
schwach, nicht gemessen	4420,7 — 4417,4	16,9	610	2
22 620,9 — 22 637,8	4546,6 — 4542,8	18		
21 994,5 — 21 012,5	4676,1 — 4672,6	18		
21 885,5 — 21 401,5				
4 schwache, nicht gem. Terme		Mittelwert*** = 18		

Aus den gemessenen Werten und aus der Berechnung der Lage der zweiten Komponente des zur erregenden Linie gehörigen Dubletts scheint

Tabelle 4. B. Dublettserie, erregt durch 8126 Hg.

ν	λ	λ'	Frequenzdifferenz	Intensität*
28 492 — 28 512	3509,7 — 3507,3	20	Mittelwert = 649	3
sehr schwach, nicht gemessen				
27 212,4 — ?****	3767,1 — 3764,3	19,8	Mittelwert = 650	1
26 645,8 — 26 565,6			648,5	2
sehr schwach, nicht gemessen	3960,9 — 3958,35	16,1	641	1
25 246,9 — 25 238	4085,3 — 4082,55	17	Mittelwert = 629	1
24 598 — 24 615	4174,15 — 4171,3	16,5	629	1
23 957 — 23 973,5			608,5	2
sehr schwach, nicht gemessen	4405,4 — 4402,5	15,6		
22 699,1 — 22 714,7	4531,4 — 4527,8	15,8		
22 070,1 — 22 065,9	4659,5 — 4656,1	15,4		
21 461,8 — 21 477,2				
4 schwache, nicht gem. Terme		Mittelwert = 16		

* Visuell geschätzt.

** Die erste Komponente war überdeckt durch 4078 Hg; deshalb war eine genaue Messung schwierig.

*** Man muß den Messungen der Terme im sichtbaren Spektralgebiet viel größeres Vertrauen schenken als im Ultraviolett.

**** Durch 3663 Hg überdeckt.

hervorzugehen, daß der Teil der Linie 3182 Hg, der diese Serie erzeugt, zum R-Zweig des Absorptionsspektrums gehört; mit anderen Worten, daß während der Absorption die Rotationsquantenzahl von m nach $m-1$ springt.

Die Untersuchung bei großer Dispersion hat gezeigt, daß die zweite Komponente eine kleinere Wellenlänge als die erregende Linie hat; der Teil der Linie 8126, der diese Serie erzeugt, gehört also dem R-Zweig des Absorptionsspektrums an.

Tabelle 5. C. Dublettserie, erregt durch 2988 Hg.

ν	λ	$\Delta\nu$	Frequenzdifferenz	Intensität
sehr schwach, ung. 26 785	ung. 3786		~ 665	0,5
sehr schwach, ung. 26 100	ung. 3881		~ 658	0,5
25 489,5 — 25 454,4	3980,9 — 3928,6	14,9	~ 658	4
24 786,9 — 24 801,6	4084,4 — 4082	14,7	Mittelwert = 646	2
sehr schwach, nicht gemessen	4256,4 — 4253,7	14,8	631,6	2
28 494,1 — 28 508,9	4374,1 — 4371	16	628,5	1
22 861,9 — 22 877,9	4487,7 — 4484,5	15,7	627	3
22 236,6 — 22 249,2	4629 — 4624,4	20		0,5
21 608 — 21 628 *		Mittelwert = 16		

Tabelle 6.

D. Dublettserie, erregt durch 3655 Hg (oder durch 3650 Hg).

ν	λ	$\Delta\nu$	Frequenzdifferenz	Intensität
28 748 — 28 782	3478,5 — 3474,4	84	702	1
28 046 — 28 080	3565,6 — 3561,3	84		2
Antistokesische Terme.				
26 675 — 26 707	3748,9 — 3744,4	82	679	3
25 935 — 26 080	3846,9 — 3841,7	85	675	5
25 320 — 25 353	3949,4 — 3944,3	88	700	6
24 621 — 24 654	4061,6 — 4056,1	88	664	2
28 857 — 28 889	4174,1 — 4168,5	82	625	5
28 882 — 28 865	4285,9 — 4279,9	88		2
	Mittelwert = 85			
Positive Terme.				

Man kann nicht mit Bestimmtheit sagen, ob die erregende Linie 3655 ist (in diesem Falle würde die Absorptionslinie 3655 einem R-Zweig angehören) oder 3650 (die zu einem P-Zweig gehören würde).

* Nicht genau gemessen.

Erregungsbedingungen. Die Serien A und B, die schon bei $p = 0,05$ mm beobachtet sind, werden sehr intensiv bei $0,5 < p < 20$ mm und sind bis $p = 600$ mm vorhanden. Die Serie C, die bei niedrigen Drucken ($p < 1$ mm) intensiver als die beiden anderen ist, klingt bei $p > 1$ mm sehr schnell ab. Was die Serie D anbelangt, so ist sie sehr intensiv bei Temperaturen zwischen 600 und 800°C und bei Drucken von der Größenordnung 15 bis 20 mm; sie erscheint sehr schwach bei $p = 1$ mm, wenn die anderen Serien gerade ihre maximale Intensität haben.

Bestimmung der Rotationsquantenzahlen. Die Frequenzdifferenzen der Dublettcomponenten der obigen Serien sind:

- für die Serien, erregt durch 8182, 8126, 2968 Hg: $\Delta\nu = 16$ cm⁻¹ ungefähr;
- für die Serie erregt durch 3655 Hg: $\Delta\nu = 38$ cm⁻¹ ungefähr.

Um sicher zu sein, daß diese Dubletts nicht benachbarten Resonanzserien angehören, habe ich sie bei großer Dispersion (1 Å/mm) untersucht; die beiden Componenten der Dubletts wurden nicht aufgelöst; es ist also sicher, daß man es hier mit Rotationsdubletts zu tun hat.

Andererseits kann man aus den Messungen von Henri und Teves sofort berechnen, daß die Entfernung $\Delta\nu$ zwischen den Rotationsdublettcomponenten bei S₃ $\Delta\nu = 8,1$ m cm⁻¹ ungefähr

sein muß, wo m die Rotationsquantenzahl der erregten Molekel ist. Daraus kann man den Schluß ziehen, daß die Serien A, B und C der Rotationsquantenzahl 2 der erregten Molekel entsprechen, die Serie D aber der Quantenzahl 4.

Multiplettserien.

Außer den Multiplettserien, deren Struktur sich ziemlich einfach gezeigt hat und die zwei verschiedenen Erregungsmöglichkeiten entsprechen, sind auf den Aufnahmen andere kompliziertere Liniengruppen zu sehen, die aber auch sicher Serien von multiplen Termen bilden. Die Untersuchung bei großer Dispersion zeigt sehr deutlich ihre große Kompliziertheit; so z. B. hat eine Gruppe 81 Linien (siehe weiter unten). Durch die benutzte intensive Erregung war es möglich, fünf dieser Serien, die durch die Linien 8182 (A), 8126 (B), 3092 (C), 2968 (D) und 2894 (E) erregt wurden, untersuchen zu können. Als Beispiel sei hier ein Überblick über drei solche Serien, nämlich die durch 3182, 8126 und 2968 Hg erregten, gegeben.

Multiplitterserie, erregt durch die Linie 8182 Hg*. Diese Serie, die die intensivste ist, erstreckt sich sehr weit ins sichtbare Spektrum. Man hat drei antistokesche Gruppen (die dritte Gruppe ist äußerst schwach) und 20 positive Gruppen beobachtet.

Tabelle 7.

Charakterisierung des Spektrums bei mittelmäßiger Dispersion	Frequenzen, ν	Intensitäten der Komponenten**	Gesamtintensitäten
6 Linien	von 32 620 bis 32 690	unregelmäßig	7
4 Linien	von 33 355 bis 33 413	unregelmäßig	7
4 sehr schwache Linien	um 34 040	gleich	1
Antistokesche Gruppen.			
0 s. weiter unten (große Dispersion)	von 31 188 bis 31 250	gleich	8
1 s. weiter unten (große Dispersion)	von 30 495 bis 30 550	gleich	7
2 starke und viel schwache Linien	von 29 790 bis 29 853	unregelmäßig	3
3 starke und viel schwache Linien	von 29 102 bis 29 163	gleich	5
4 starke und viel schwache Linien	28 404, 28 432, 28 449, 28 464, 28 477, 28 495	3-1-1-1-1-2	6
5 starke und viel schwache Linien	von 27 732 bis 27 805	unregelmäßig	5
6 Linien	von 27 083 bis 27 158	unregelmäßig	8
7 Linien	von 26 400 bis 26 485	gleich	3
8 Linien	von 25 721 bis 25 783	gleich	5
9 Linien	von 25 075 bis 25 112	unregelmäßig	4
10 3 schwache Linien (um 3984 Hg)	von 24 447 bis 24 479	unregelmäßig	1
11 4 Linien	23 781, 23 787, 23 808, 23 812, 23 816, 23 829	unregelmäßig	2
12 6 starke und viel schwache Linien	23 133, 23 147, 23 162, 23 177, 23 192	ung. gleich	6
13 5 starke und viel schwache Linien	22 510, 22 514, 22 525, 22 585, 22 540, 22 555	4-3-5-4-4	7
14 6 Linien	21 241, 21 255, 21 269, 21 283, 21 298	1,5-2-1-0,5	8
15 sehr schwach, nicht gemessen	20 689, 20 652, 20 671, 20 685	-1-2	1
4 starke und 1 schwache Linie	um 20 070	1-1,5-0,5-3-3	4
4 Linien	nicht gemessen	1,5-1-2-2	3
4 Linien	nicht gemessen	stehe 17 und 18	3
4 Linien	nicht gemessen	stehe 17 und 18	2-3
schwach, 4 Linien	nicht gemessen	stehe 17 und 18	2

Mit großer Dispersion wurden die erste antistokesche Gruppe und auch die positiven Terme Nr. 0, 1, 2, 3, 4, 5, 12, 13 beobachtet; bei allen wurden außer den in der Tabelle angegebenen Linien zahlreiche schwächere Linien beobachtet.

* Die Linie 3182 Hg ist übrigens ein Dublett, dessen gleich intensive Komponenten eine Entfernungen von $\Delta\nu = 2,9 \text{ cm}^{-1}$ haben; siehe weiter unten die Untersuchung bei großer Dispersion.

** Die relativen Intensitäten ändern sich mit Druck und Temperatur.

Multiplitterserie, erregt durch die Linie 8126 Hg. In dieser Serie wurden 3 antistokesche Gruppen (die dritte ist kaum feststellbar) und 18 positive Gruppen beobachtet. Von der 13. Gruppe an sind die Intensitäten so schwach, daß eine Messung nicht möglich ist.

Tabelle 8.

Charakterisierung des Spektrums bei mittelmäßiger Dispersion	Frequenzen, ν	Intensitäten der Komponenten*	Gesamtintensitäten
Antistokesche Gruppen.			
2 starke und 1 schwache Linie	32 704, 32 729, 32 760	4-4-1	4
2 starke und 1 schwache Linie	33 414, 33 437, ?	4-4-1	4
3 breit und äußerst schwach	um 34 100		0,5
Positive Gruppen.			
0 s. weiter unten (große Dispersion)	von 31 278 bis 31 367	3-3	4
1 s. weiter unten (große Dispersion)	von 30 586, 30 614	1-1	3
2 starke u. mehr. schwache Linien	um 29 42 Hg	1-1	1
3 Linien	29 194, 29 226, 29 251	3-3-2	4
4 2 starke und 1 schwache Linie	28 527, 28 550, 28 572, 28 598	6-2-2-3	3
5 4 Linien	von 27 880 bis 27 900	gleich	2
6 4 Linien	27 212, 27 235, 3. Linie bei 3663 Hg	3-3-2	4
7 2 starke und 1 schwächere Linie	26 464, 26 486	1-1	1
8 2 Linien	nicht gemessen		0
9 sehr schwach	nicht gemessen		0
10 4 Linien	von 24 533 bis 24 564	gleich	2
11 4 Linien	von 23 900 bis 23 937	gleich	1
12 sehr schwach	nicht gemessen		0,5
13			

Multiplitterserie, erregt durch die Linie 2968 Hg. In dieser Serie wurden eine antistokesche und neun positive Gruppen beobachtet.

Tabelle 9.

Charakterisierung des Spektrums bei mittelmäßiger Dispersion	Frequenzen, ν	Intensitäten der Komponenten*	Gesamtintensitäten
Antistokesche Gruppe.			
3 Linien	34 331, 34 361, 34 429	4-4-2	4
Positive Gruppen.			
5 Linien	von 33 059 bis 32 984	unregelmäßig	6
6 starke u. mehr. schwache Linien	32 219, 32 244, 32 268, 32 290, 32 313, 32 352	unregelmäßig	5
0 s. weiter unten (große Dispersion)	von 30 842 bis 30 940	2-2-2-1-3	4
4 5 Linien	von 30 155 bis 30 280	unregelmäßig	3
5 6 Linien	29 495, 29 536, 29 560, 29 576	2-2-5-5	5
6 4 Linien	von 28 652 bis 28 710	gleich	4
7 kompakte Gruppe	27 932, 27 956, 27 987	gleich	3
8 3 Linien	um 8655 Hg		
9 ?			

* Die relativen Intensitäten ändern sich mit Druck und Temperatur.



Struktur der Resonanzgruppen. Untersuchung mit großer Dispersion.

Ich habe schon* die große Kompliziertheit der Resonanzgruppen des S_2 hervorgehoben, die auftritt, wenn man sie bei großer Dispersion untersucht. In der erwähnten Arbeit habe ich eine Tabelle für die 81 Linien, die die 18. positive Gruppe der Multiplizitätserie A (erregt durch 8182 Hg) bilden, angegeben. In Fig. 2 ist ein Mikrophotogramm dieser Gruppe dargestellt.

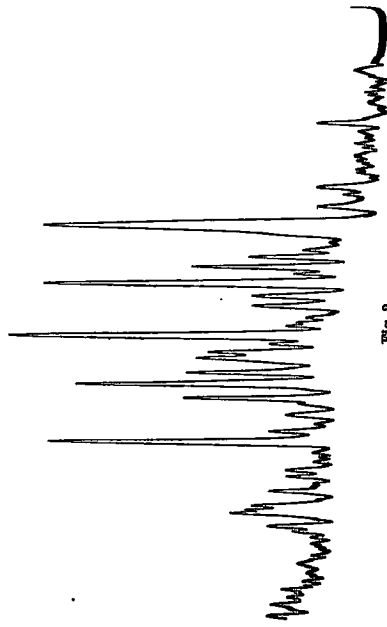


Fig. 2.

Die komplizierte Struktur ist ähnlich derjenigen, die Kessel am Tellur beobachtet hat** (bei S_2 ist sie noch ausgeprägter).

Diese Kompliziertheit legt den Gedanken nahe, daß die resonierenden Molekeln auch komplizierten Aufbau haben (z. B. mit mehreren Trägheitsmomenten), oder auch, daß sekundäre Erregung vorhanden ist.

Um den Ursprung der Resonanzmultiplikets zu finden, habe ich mehrere Gruppen bei großer Dispersion untersucht, hauptsächlich in der Nachbarschaft der Linien 8182 und 8126 (die die intensivsten Serien geben) und auch die positiven Gruppen Nr. 1 von der Serie A, 1 von der Serie B und 8 von der Serie D.

* Bull. Acad. Polonaise (A) 1929.
 ** W. Kessel, C. R. 189, 94, 1929 und Sprawozdania i Prace Polakiego Tow. Fiz. 4 [2], 183, 1929.

I. Umgebung der Linien 8182 und 8126.

Anstatt die Photographie zu reproduzieren, wobei die Feinheit der Linien nicht zum Vorschein kommt, gebe ich in Fig. 3 das Mikrophotogramm des Spektralgebiets zwischen 8126 Hg und die erste positive Gruppe der Multiplizitätserie A wieder. Aus diesem ersieht man deutlich die komplexe Struktur des Resonanzspektrums.

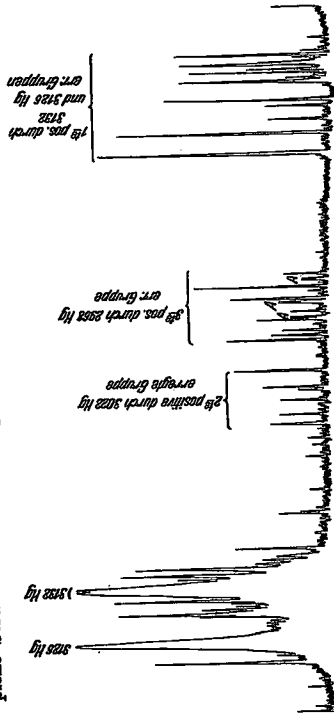


Fig. 3.

Die Linie 8182 ist ein Dublett, dessen Komponenten E_1 und E_2 sich voneinander um $2,9 \text{ cm}^{-1}$ unterscheiden ($\nu = 81929$ und $81931,9$). Nennen wir E_3 die Linie 8126 ($\nu = 81992$) und seien $\Delta \nu$ die Differenzen zwischen den Wellenzahlen der im Resonanzspektrum beobachteten Linien und der Wellenzahl der langwelligeren Komponente E_1 der Hg-Linie 8182. Die verschiedenen Linien sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 10.

Nr.	$\Delta \nu$	Intensitäten	Nr.	$\Delta \nu$	Intensitäten	
1	81,8	1	Hg E_3	—	2,9	20
2	80	2	15	9,4	2	2
3	41,5	3	18	11,1	2	5
4	82,6	1	17	15,6	2	2
5	28,6	1	18	19,3	2	2
6	24,6	1	19	22,5	2	2
7	20,2	5	20	25,6	2	2
8	18,8	1	21	28,3	5	5
9	17,1	1	22	30,6	2	2
10	13,2	6	23	32,4	2	2
11	11,8	1	24	34,1	20	20
12	9,9	1	Hg E_1	—	79	1
13	8	8	25	86	5	5
14	5,5	1	26	86	2	2
15	0	20	27	87,5	2	2



Andererseits wissen wir, daß der Abstand der Rotationsdublettskomponenten im Resonanzspektrum des Schwefels ungefähr durch die Formel

$$\Delta \nu = 8,1 m \text{ cm}^{-1} \quad (1)$$

gegeben ist, wobei m die Rotationsquantenzahl des erregten Moleküls bedeutet.

Wie man aus Tabelle 11 ersieht, kann man die 27 in der Umgebung der Linien 8182 und 8126 aufgefundenen Resonanzlinien, mit Ausnahme der mit A bezeichneten, entweder der Linie E_1 oder E_2 oder E_3 zuschreiben derart, daß die Formel (1) erfüllt ist.

Tabelle 11.

Nr.	m	$\Delta \nu/m$	Erregende Linie	Nr.	m	$\Delta \nu/m$	Erregende Linie
1	10	8,2	E_1	17	2	7,8	E_1
2	10	8,3	E_2	18	2	8,2	E_2
3	5	8,2	E_1	19	5	8,1	E_2
4	4	8,1	E_1	20	3	8,5	E_1
5	4	7,9	E_2	21	3	8,4	E_2
6	3	8,2	E_1	22	4	8,1	E_2
7	3	7,7	E_2	25	2	8	E_2
10	2	8,05	E_2	26	3	7,7	E_2
13	1	8	E_1	27	—	—	E_1 oder E_3
14	1	8,4	E_2				

Der mittlere Wert von $\Delta \nu/m$ ist gleich 8,07.

Die mit A bezeichneten Linien sind Dubletts, deren Abstand $1,7 \text{ cm}^{-1}$ beträgt und deren Komponenten von gleicher Intensität sind. Es ist unmöglich, manche dieser Dubletts, die auch in anderen Resonanzgruppen mit im Mittel demselben Abstand* wiedergefunden werden, irgendwie einzuordnen. Wie die Mikrophotometerkurve zeigt, sind diese Dublettslinien besonders deutlich sichtbar in der dritten positiven, durch 2968 erregten Gruppe.

Ich kann bis jetzt keine befriedigende Erklärung dieser Linien geben. Sie können nicht von der gleichzeitigen Erregung durch die Linien E_1 und E_2 stammen, da der Abstand $E_1 E_2 = 2,9 \text{ cm}^{-1}$ ist. Andererseits ist keine der erregenden Linien ein Dublett von dem ungefähren Abstand $1,7 \text{ cm}^{-1}$, die Dubletts von kleinstem Abstand sind 8182 ($\Delta \nu = 2,9 \text{ cm}^{-1}$)

* Messungen verschiedener A -Dubletts haben gegeben: $\Delta \nu = 1,7, 1,9, 1,7, 1,7, 1,6, 1,7, 1,75, 1,5, 1,5$.

und 2968 ($\Delta \nu = 8,4 \text{ cm}^{-1}$). Die Isotopen scheinen ebenfalls die besprochenen Dubletts A nicht deuten zu können*.

II. Erste positive Gruppe der durch die Hg-Linien 8182 und 8126 erregten Multiplettsreihen.

Wenn wir mit $\Delta \nu$ die Wellenzahldifferenzen zwischen den verschiedenen Linien und einer von ihnen, die ziemlich starke Intensität aufweist, bezeichnen, so erhalten wir folgende Tabelle:

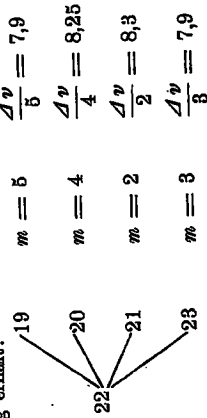
Tabelle 12.

Nr.	$\Delta \nu$	Int.	Nr.	$\Delta \nu$	Int.
1	41,9	1	13	— 7,6	2d
2	25,9	1-2	14	— 9,5	0-1
3	21,5	5	15	— 11,1	5
4	20,6	2	16	— 12	2
5	17,8	1	17	— 13,5	2
6	16,1	0-1	18	— 33,2	6
7	11,8	2d	19	— 35,3	2
8	10,3	2s	20	— 41,8	2-3
9	9,4	5	21	— 58,2	2
10	3,3	3	22	— 74,9	7
11	0	5	23	— 93,5	7
12	— 2,75	0-1			

Die Einordnung in Rotationsdubletts kann nicht auf Grund der Intensität der Linien durchgeführt werden, die ja von der Reabsorption abhängt und sich auch mit dem Druck ändert (siehe weiter unten). Bei der Einordnung in Dubletts müssen folgende Bedingungen beachtet werden:

1. $\Delta \nu/m$ muß ungefähr 8,1 betragen;
2. es kann nicht mehr als sechs Dubletts einer bestimmten Quantenzahl geben (es gibt drei erregende Linien: E_1, E_2 und E_3).

Die Linie E_3 scheint durch die Linie Nr. 22 ersetzt zu sein, so daß man die Einordnung erhält:

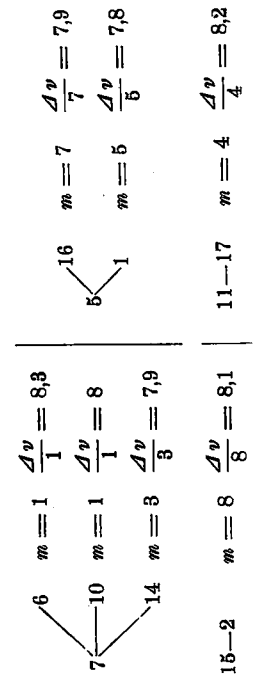


* Wenn man es hier mit Rotationsdubletts zu tun hätte, so wäre das entsprechende Trägheitsmoment

$$J_1 = 69 \cdot 10^{-40} m^2$$

Für $m' = 1$ ist J_1 mehr als viermal größer als das Trägheitsmoment von S_2 .

Die anderen Linien ordnen sich wie folgt:



16-3 $m = 4$ $\frac{\Delta\nu}{4} = 8,3$
 17-8 $m = 3$ $\frac{\Delta\nu}{3} = 7,9$
 6 $m = 6$ $\frac{\Delta\nu}{6} = 8,2$
 18-14 $m = 3$ $\frac{\Delta\nu}{3} = 7,9$

Diese Zusammenstellung ist nicht die einzig mögliche, und manche Linien könnten selbstverständlich in andere Doublets eingruppiert werden.

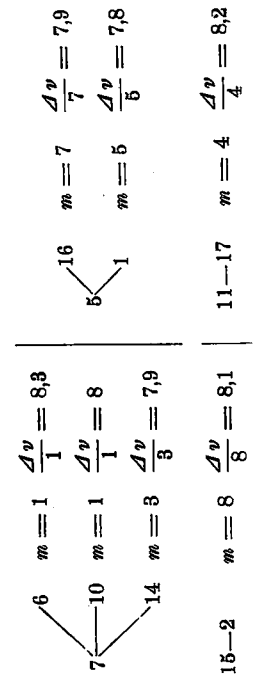
III. Dritte positive Gruppe der durch die Hg-Linie 2968 erregten Multiplettsreihe.

Für diese Gruppe haben wir folgende Tabelle:

Tabelle 13.

Nr.	$\Delta\nu$	Int.	Nr.	$\Delta\nu$	Int.
1	89	0-1	10	-21,9	0
2	14,9	1-2	11	-28	2
3	9,1	1} 4	12	-34,4	2} 4
4	7,6	1} 4	13	-35,9	2} 4
5	0	6	14	-37,35	8
6	5,6	1	15	-49,6	2
7	-13,95	4	16	-55,2	2-3
8	-16,7	2} 4	17	-60,9	4
9	-19,2	2} 4			

Die drei Doublets A sind auf der Mikrophotometerkurve sichtbar. Wenn man von ihnen absieht, kann man folgende Gruppierung erhalten:



Die hier angegebene Einordnung scheint dafür zu sprechen, daß, mit Ausnahme der Doublets A, die Komplexität des S₂-Resonanzspektrums durch die Überlagerung einiger Rotationsterme bedingt ist.

Die nächstliegende Erklärung dieser Vielachtheit der Rotationsterme ist, daß die erregende Linie mehrere zu verschiedenen Rotationszuständen gehörende Absorptionslinien überdeckt.

Für einige der schwachen Linien ist es vielleicht auch möglich, ihren Ursprung in Zusammenstoßen zu suchen, da das Auswahlprinzip in diesem Falle nicht anwendbar ist*.

Aus den durchgeführten Betrachtungen ersieht man, daß es zur befriedigenden Deutung der Komplexstruktur der Resonanzterme nicht notwendig ist, zusammengesetzte Mechanismen oder komplizierten Aufbau der S₂-Molekel heranzuziehen.

Änderungen des Resonanzspektrums mit dem Druck und der Temperatur. Ich habe schon vorher erwähnt, daß die verschiedenen Doubletserien ihre maximalen Intensitäten unter verschiedenen Bedingungen aufweisen. Den Unterschied zwischen den Doublets A, B und C illustriert die beigefügte Mikrophotometerkurve (Fig. 4 und 4a). Bei $\rho = 1$ mm ist die Serie C intensiver als die Serien A und B; im Gegensatz dazu ist sie bei $\rho = 10$ mm die schwächste.

Der Einfluß der Temperatur, obwohl deutlich beobachtbar, ist viel weniger ausgeprägt als der Druckeinfluß. Bei konstantem Druck ruft ein Zuwachs der Temperatur ($400 \leq T \leq 600$) eine Schwächung der Serie C

* Die Arbeiten von Wood und Loomis haben gezeigt, daß die Rotationsniveaus leicht durch Stöße modifiziert werden können.

Diese Kurven zeigen deutlich, daß in dem Dublett A die Intensität der langwelligeren Komponente C₁ relativ zur Intensität der kurzwelligeren Komponente C₂ wächst, wenn der Druck zunimmt. Bei dem Dublett B ist bei niedrigerem Druck (p = 1 mm) die Komponente C₂ die intensivere, bei höherem Druck (p = 10 mm) dagegen C₁.

Die Untersuchung einer Anzahl Aufnahmen gestattet folgende Schlüsse über die Serie A zu ziehen:

- 1. bei p ≤ 1 mm sind die Komponenten ungefähr gleich intensiv;
- 2. mit wachsendem p wird C₁ immer intensiver im Vergleich zu C₂;
- 3. bei p ≥ 50 mm ist die Komponente C₁ viel intensiver als C₂.

Ähnliche Änderungen treten auch bei der Serie B auf.

Es entsteht die Frage, ob diese Änderungen nicht durch Reabsorption in dem Schwefeldampf hervorgerufen sein können? Die Erklärung ist nicht sehr wahrscheinlich, denn die Änderung der relativen Intensitäten erfolgt in dem gleichen Sinne bei allen Dubletts derselben Serie und entspricht nicht dem Absorptionsspektrum des Schwefels, das wir kennen.

Dessenungeachtet habe ich, um den Einfluß der Reabsorption zu untersuchen, folgenden Versuch angestellt. Zwischen dem Resonanzgefäß T₁ und dem Spektrographen wurde in dem ersten Ofen ein zweites zylindrisches Gefäß T₂ mit planparallelen Fenstern gebracht, das auch Schwefeldampf enthält. Der Druck in diesem zweiten Gefäß konnte ebenfalls mittels eines Ansatzrohres geändert werden. Mittels Diaphragmen wurde eine Erregung des Schwefeldampfes in T₂ von dem Quecksilberbogen unmöglich gemacht; in solcher Weise diente T₂ ausschließlich als Absorptionsgefäß. Der Druck des Schwefeldampfes im Gefäß T₁ betrug ungefähr 1 mm; in T₂ dagegen wurde der Druck von 5 bis 20 mm geändert. Die Zwischenschaltung des Gefäßes T₂ rief keine Änderung der relativen Intensitäten der Komponenten C₁ und C₂ hervor.

Diese Ergebnisse zeigen, daß das Verhältnis der Emissionswahrscheinlichkeiten der einzelnen Komponenten vom Druck abhängt.

Mit anderen Worten, die Wahrscheinlichkeit für den Übergang der erregten Molekel von der Rotationsquantenzahl m zu m-1, ist nicht gleich der Wahrscheinlichkeit des Überganges von m zu m+1, und das Verhältnis dieser Wahrscheinlichkeiten ist vom Druck abhängig.

Eine Erhöhung der Temperatur des Dampfes bei konstanter Dichte ruft einen analogen, nur viel weniger ausgeprägten Effekt hervor. Aus dem Vergleich der Resonanzspektre bei 400° C und bei 580° C — bei gleich-

im Vergleich zu den Serien A und B hervor. Für p ~ 1 mm und bei T = 400° C ist die Serie C intensiver als A und B; bei p ~ 1 mm und T = 580° C sind die Intensitäten der drei Serien ungefähr gleich.

Doch weitaus interessanter ist die Änderung der relativen Intensitäten der einzelnen Komponenten der Rotationsdubletts. Ich habe auf diese Änderung schon vor einigen Monaten hingewiesen*, und jetzt habe ich

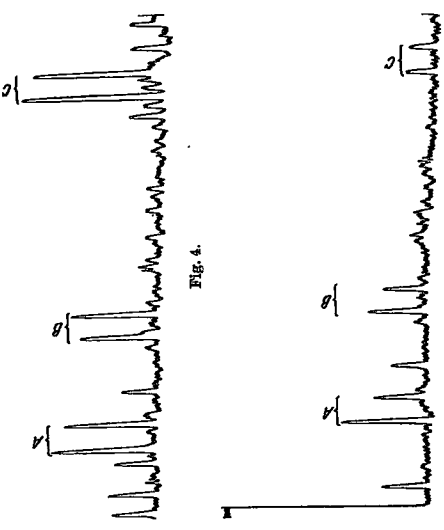


Fig. 4.

Fig. 4a.

systematische Untersuchungen darüber durchgeführt**. Die Änderung findet gleichzeitig bei allen Termen derselben Serie statt; bei allen Serien ist diese Änderung übrigens nicht beobachtbar.

Die weitaus typischsten Beispiele geben die Dublettserien, welche von 8192 Hg (Serie A) und 8126 Hg (Serie B) erregt werden. Besonders habe ich die Änderungen der Dubletts 4546 bis 4548 (Dublett A) und 4591 bis 4528 (Dublett B) verfolgt. Um die besten photometrischen Bedingungen zu haben, habe ich die Dubletts A und B auf derselben Platte aufgenommen, bei gleichbleibenden übrigen Bedingungen; die benutzte Dispersion war ungefähr 1 Å/mm und der Druck p = 1 mm und p = 10 mm. Nachher wurden Mikrophotometerkurven mit einem Mollischen Mikro-

* P. Swings, Bull. Acad. Pol. (A) 1929.
 ** P. Swings, C. R. 190, Februar 1930.

bleibenden anderen Bedingungen — kann man ersehen, daß die langwelligere Komponente im Vergleich zur kurzwelligeren Komponente intensiver wird.

Eine analoge Änderung, doch in viel kleinerem Maße, kann man bei Änderung des Druckes in den Multipletts beobachten. So z. B. wird in dem Sextuplett (4206,5 — 4196,6) (12. Gruppe der Multiplettsreihe A) mit wachsendem Druck der Unterschied zwischen den Intensitäten der mittleren und der Randlinien immer ausgeprägter. Doch konnte man daraus keine bestimmten Folgerungen ziehen, wie bei den Dubletts A und B, denn wie schon gesagt, scheinen die Multipletts durch Superposition mehrerer Serien hervorgerufen zu sein, und diese verschiedenen Serien können ihre relative Intensität mit dem Drucke ändern.

Mit wachsendem Druck und wegen der Reabsorption verschwindet der extreme violette Teil viel schneller als der langwelligere Teil. Diese Reabsorption wurde mit Hilfe des vorhin erwähnten Absorptionsrohres untersucht. So z. B. sind bei $p \sim 1$ mm die Intensitäten der 12. und 18. Gruppe, die durch 8182 erregt wurden, ungefähr gleich. Bei $p > 10$ mm verschwindet die 12. Gruppe viel schneller als die 18. Deswegen glaubten MacLennan, Waterstein und Smith*, daß die Erregung der Schwefelmolekeln bei $\lambda = 4050$ stattfindet, denn sie arbeiteten mit gesättigtem Schwefeldampf, d. h. bei Drucken über 20 mm.

Ergebnisse. Das Resonanzspektrum des Schwefels ist eingehend untersucht worden mit Hilfe eines Quecksilberbogens von besonderer Konstruktion, der eine sehr intensive Beleuchtung des Dampfes gestattete.

Es wurden vier Dublettserien erhalten, die mit den Linien 8182, 8126, 2968 und 8655 erregt werden. In den drei mit 8182, 8126 und 2968 Hg erregten Serien ist die Entfernung der Dublettkomponenten ungefähr $\Delta \nu = 16 \text{ cm}^{-1}$; diese Serien entsprechen der Rotationsquantenzahl $m = 2$ für die erregte Molekel S_2 . In der vierten mit 8655 Hg erregten Serie ist die Distanz $\Delta \nu = 88 \text{ cm}^{-1}$; diese Serie entspricht der Rotationsquantenzahl $m = 4$.

Außerdem sind fünf Multiplettserien untersucht worden; die verschiedenen Gruppen dieser Serien haben eine sehr komplizierte Struktur, die besonders deutlich bei Anwendung großer Dispersion sichtbar wird; in einem dieser Terme wurden 81 Linien gefunden. Es gelang jedoch mittels der Untersuchung bei großer Dispersion, diese Linien in Rotationsubletts zu gruppieren. Man könnte so diese Struktur befriedigenderweise erklären, ohne sekundäre Erregungen oder komplizierten Aufbau der Schwefelmolekeln zu Hilfe zu ziehen.

* Phil. Mag. 3, 330, 1927.

Endlich sind Beobachtungen über die Änderungen der relativen Intensitäten der Komponenten der Rotationsubletts mit Änderung des Druckes und der Temperatur gemacht worden. Diese Änderungen sind besonders deutlich in den mit 8182 und 8126 Hg erregten Dublettserien. In diesen Serien werden die Komponenten C_1 größerer Wellenlänge, die bei niedrigerem Druck ($p < 1$ mm) die gleiche Intensität haben wie die Komponenten C_2 kürzerer Wellenlänge, viel intensiver als C_2 , wenn der Druck vergrößert wird ($p > 10$ mm). Der Absorption kann man diese Änderungen nicht zuschreiben; denn man sieht keine Änderung im Verhältnis der Komponentenintensitäten, wenn man vor dem Resonanzgefäß bei niedrigerem Druck ein Absorptionsgefäß mit hohem Dampfdruck bringt. Daraus könnte man den Schluß ziehen, daß die Übergangswahrscheinlichkeit der erregten Molekel von der Rotationsquantenzahl m zu $m - 1$ nicht gleich der Übergangswahrscheinlichkeit zu $m + 1$ ist, und daß das Verhältnis dieser beiden Wahrscheinlichkeiten von dem Druck und von der Temperatur des Dampfes abhängt.

Zum Schluß sei es mir erlaube, Herrn Prof. Dr. St. Pińkowski für die freundliche Aufnahme in seinem Institut und für seine wertvollen Ratschläge bei Ausführung dieser Arbeit meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Warschau, Institut für Experimentalphysik der Universität.



VERLAG VON JULIUS SPRINGER / BERLIN

Seeben erschienen!

Synchronmaschinen und Einankerumformer (II. Band des Werkes „Elektr. Maschinen“)

Von Dr.-Ing. **Rudolf Richter**

Professor an der Technischen Hochschule in Karlsruhe
Direktor des Elektrotechnischen Instituts

Mit Beiträgen von Dr.-Ing. Rob. Bröderlin, a. o. Professor an der Techn. Hochschule Karlsruhe. Mit 519 Textabbildungen. XIV, 707 Seiten. 1980. Gebunden RM 99.—

Der vorliegende zweite Band der „Elektrischen Maschinen“ behandelt als Fortsetzung des ersten Bandes (Allgemeine Berechnungselemente und Gleichstrommaschinen) die Synchronmaschinen und die Einankerumformer. Die Darstellung ist dem ersten Bande angepaßt. Der neue Band befaßt sich nicht nur ausführlich mit der Berechnung der Maschinen, sondern ebenso mit ihrer experimentellen Untersuchung und mit ihren Eigenschaften im Betrieb. Durch diesen reichhaltigen Inhalt wird das Buch in gleicher Weise dem Berechnungs- und dem Betriebsingenieur wertvolle Dienste leisten können und zugleich dem Studierenden das Verständnis wertvoller synchroner Maschinen vermitteln.

für die synchronen Maschinen. Die besonders den Berechnungsingenieur interessierenden inneren Vorgänge der Maschinen, die besonders den Berechnungsingenieur interessieren, gibt vor allem die Feldkurve Aufschluß. Zur Erleichterung der Bestimmung der Feldkurve bei beliebigem Belastungszustand sind die Ergebnisse aus zahlreichen Feldbildern in Kurven und Zahlentafeln zusammengestellt, so daß das Aufzeichnen von Feldbildern dem Leser erspart wird. Auch die Faktoren, welche bei der Schenkelpolmaschine die Ankerquer- und Ankerlängsrichtung auf die Feldmagnetdurchführung zurückzuführen, können bei verschiedenen Polkonfigurationen und Sättigungsgraden für alle praktisch vorkommenden Fälle mit großer Genauigkeit und beigefügten Kurven entnommen werden. Ein besonderer Abschnitt ist dem Einzelheiten der Berechnung gewidmet; aus dem mannigfaltigen Inhalt sei nur die Ermittlung der Ankerkernspannung und der Zusatzverluste erwähnt. Ein anderer Abschnitt gibt für den Entwurf die erforderliche Anleitung und geht an Hand zahlreicher Abbildungen auch auf den konstruktiven Aufbau der Maschinen ein.

Erster Band: Allgemeine Berechnungselemente/Die Gleichstrommaschinen. Mit 458 Textabbildungen. X, 680 Seiten. 1924.

Gebunden RM 92.—

Aus den Besprechungen des ersten Bandes: ... Auf dem verhältnismäßig knappen Raum ist eine außerordentliche Fülle von Tatsachenmaterial und Rechnungsergebnissen verarbeitet; es ist wohl nicht zu viel gesagt, daß von dem, was für unsere Kenntnisse des abgehandelten Gebietes von Wichtigkeit ist, nichts fehlt. Trotz dieser Fülle des Stoffes ist die Darstellung, dank einer scharfen Gliederung und klaren Heraushebung des Wesentlichen, einheitlich und übersichtlich und trotz Knappheit gründlich und eindringlich. Kurz, ein ausgezeichnetes Lehrbuch von hohem wissenschaftlichen Niveau, dem nicht nur bei den Studierenden der Elektrotechnik weiteste Verbreitung zu wünschen ist, sondern das auch dem Physiker, der sich über den heutigen Stand des Elektromaschinenbaus oder irgend eine Spezialfrage orientieren will, wärmstens empfohlen werden kann ... *Busch, „Physikal. Zeitschrift“*



Handbuch der Astrophysik

Unter Mitarbeit von zahlreichen Fachgelehrten herausgegeben von
G. Eberhard A. Kohlschütter H. Ludendorff
Potsdam

*Das Handbuch wird in 6 Bände umfassen. Jeder Band ist einzeln lieferbar.
Jedoch verpflichtet die Abnahme einer Hälfte eines Bandes zum Kauf
des ganzen Bandes.*

Soeben erschienen: Band III, erste Hälfte:

Grundlagen der Astrophysik

Mit 44 Abbild. X, 473 Seiten. 1930. RM 74.—; geb. RM 77.—

Inhaltsübersicht: Wärmestrahlung. Von Prof. Dr. W. Westphal, Berlin. Mit 16 Abbild. Folgerungen aus der klassischen Physik. Das Strahlungsgesetz von Planck. Quantentheorie. Meßinstrumente und Meßmethoden. Die Bestimmung der Strahlungskonstanten. — Thermodynamik of the Stars. By Prof. E. A. Milne, Oxford. With 24 Illustrations. Introduction. Survey of the Theory of Radiation. The Transmission of Radiation and the Theory of Radiative Equilibrium. Chromospheric Equilibrium. Polytropic Gas Spheres. The Total Energy of a Star and the Gravitational Theory of Stellar Evolution. The Internal Equilibrium of a Star. The Radiative Equilibrium of a Rotating Star. — Die Ionisation in den Atmosphären der Himmelskörper. Von Prof. Dr. A. Pannkoek, Amsterdam. Mit 3 Abbild. Einleitung. Theorie des Ionisationsgleichgewichts. Thermodynamische Ableitung der Gleichgewichtsformel. Statistisch-mechanische Ableitung der Gleichgewichtsformel. Der Mechanismus des Ionisierungsprozesses. Der Aufbau der Sternatmosphären. Ionisation auf der Sonne. Ionisationserscheinungen in den Sternspektren. Die Spektralklassen. Die absolute Helligkeit der Sterne. Die Emissionslinien. — The Principles of Quantum Theory. By Prof. S. Kossel, Osto. With 1 illustration. Introduction. Quantum Theory. The Stellar Absorption Coefficient.

Früher erschienen: Band II, erste Hälfte:

Grundlagen der Astrophysik

zweiter Teil, erste Hälfte

Mit 134 Abbildungen. XI, 430 Seiten. 1929. RM 66.—; gebunden RM 69.—

Band IV:

Das Sonnensystem

Mit 221 Abbildungen. VIII, 501 Seiten. 1929. RM 76.—; gebunden RM 78.80

Band VI:

Das Sternsystem

zweiter Teil

Mit 123 Abbildungen. IX, 474 Seiten. 1928. RM 66.—; gebunden RM 68.70

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

Druck von Fritsch Vieweg & Sohn Akt.-Ges., Braunschweig

54191 B
(8)