Sitzungsberichte

der

mathematisch-naturwissenschaftlichen Abteilung

der

Bayerischen Akademie der Wissenschaften

zu München

1926. Heft I

Januar- bis Märzsitzung

München 1926

Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

in Kommission des Verlags R. Oldenbourg München

Über Messungen der Leuchtdauer der Atome an Alkalimetallen, Sauerstoff und Stickstoff.

Von **H. Kerschbaum.**

Vorgelegt von W. Wien in der Sitzung am 16. Januar 1926.

A. Methode.

a) Die Berechnung der Leuchtdauer der Atome.

Über Messungen der Leuchtdauer der Atome an den Elementen Wasserstoff, Helium, Stickstoff, Sauerstoff und Quecksilber hat W. Wien [1]) Ergebnisse veröffentlicht. Folgende Methode wurde von W. Wien zur Messung der Leuchtdauer verwendet. Es wurde der Kanalstrahl des zu untersuchenden Elementes plötzlich aus einem Raum hohen Druckes (dem Druck des Entladungsraums) in einen Raum (Beobachtungsraum) sehr niedrigen Druckes gebracht. Der Kanalstrahl hörte dort, da er nicht mehr zum Leuchten erregt wurde, bald zu leuchten auf. Der Strahl wurde mit einem spaltlosen Spektrographen aufgenommen und der Schwärzungsabfall der Linie, den man auf der Platte erhielt, ausphotometriert. W. Wien stellte fest, daß die zeitliche Abnahme der Lichtemission durch eine e-Funktion dargestellt werden kann, durch

$$e^{-2a\frac{y}{v}}$$

v ist die Geschwindigkeit des Kanalstrahlteilchens, y die vom Kanalstrahl zurückgelegte Weglänge, $2a$ die Dämpfungskonstante. T die mittlere Leuchtdauer ist

$$T = \frac{1}{2a}$$

[1]) Ann. d. Physik 60, S. 597, 1919, 66. S. 229, 1920, 73 S. 483, 1924.

Der Schwärzungsabfall der Kanalstrahllinie wurde verglichen mit dem einer Vergleichslinie, die auf derselben Platte unter den gleichen Bedingungen wie die Linie des Kanalstrahles (gleicher Spektrograph, gleiche Belichtungszeit, gleiche Entwicklung) aufgenommen wurde. Der Schwärzungsabfall der Vergleichslinie, die durch ein Geißlerrohr oder das kontinuierliche Band des Spektrums einer Lampe erzeugt wurde, wurde durch einen keilförmigen Absorptionstrog hervorgerufen und berechnet sich als e-Funktion

$$e^{-k\gamma y};$$

k ist der Absorptionsindex der Flüssigkeit pro cm Flüssigkeitsschicht, $\gamma = tg\beta$, β ist der Keilwinkel des Troges, y eine bestimmte Weglänge von einer gegebenen Grenze ab gerechnet. Durch Variation von k wurde erreicht, daß die Schwärzungskurve des Vergleichsspektrums der Kurve der Kanalstrahllinie annähernd gleich wurde. Da die Anordnung der Aufnahmen so gewählt wurde, daß die Weglängen y einander gleich waren, konnte man setzen

Kanalstrahlschwärzung = Vergleichslichtschwärzung.

$$e^{-2\alpha \frac{y}{v}} = e^{-k\gamma y}$$

Daraus errechnet sich die mittlere Leuchtdauer der Atome

$$T = \frac{1}{2\alpha} = \frac{1}{k\gamma v}$$

b) Die experimentelle Methode.

In der vorliegenden Arbeit wurde die experimentelle Anordnung, die von W. Wien[1]) eingehend beschrieben wurde, fast ohne Änderung übernommen. Es wurde versucht, die Ungenauigkeit auszuschalten, die in der getrennten Aufnahme des Kanalstrahles einmal für die Ausmessung des Schwärzungsabfalles, dann für die Dopplerverschiebungsaufnahmen zur Errechnung der Geschwindigkeit lag. Der Beobachtungsraum wurde so geändert, daß die Möglichkeit bestand, durch eine Spiegelanordnung zu gleicher Zeit mit der Aufnahme des abklingenden Strahles die Dopplerverschiebungsaufnahme herzustellen. Die hohe Spannung

[1]) Ann. d. Phys. 60. S. 597, 1919, 66. S. 229, 1920.

16–20 000 Volt, die langen Belichtungszeiten und die verwendeten farbenempfindlichen Platten ermöglichten bei N_2 und O_2 auch die Ausmessung der Bogenlinien dieser Elemente. Die Aufnahmen wurden sowohl bei Gleichstrom, den eine Stabili-Voltanlage von Siemens & Halske lieferte[1]), als auch bei durch zwei Ventilröhren gleichgerichtetem Wechselstrom eines Starkstrominduktors durchgeführt. Der Druck im Beobachtungsraum, gemessen an einem Mac Leod, betrug etwa 0,0002—0,0006 mm Hg Druck. Zwei große Steinheilsche Spektrographen mit je drei schweren Flintprismen dienten zur Aufnahme des abklingenden Kanalstrahles und der Dopplerverschiebung.

c) Die Herstellung von Alkalikanalstrahlen.

Da die Versuche mit Hilfe der bisher verwendeten Methoden [von Gehrke und Reichenheim[2]), Aston[3]), Dempster[4])] Strahlen der Alkalimetalle herzustellen wegen der Inkonstanz, der geringen Intensität und der kurzen Dauer der erhaltenen Strahlen fehlschlugen, wurde eine neue Anordnung benutzt, deren Ausarbeitung durch eine Methode von F. W. Aston[5]) angeregt wurde. In ein gewöhnliches Kanalentladungsrohr wurde durch einen Schliff ein Stahlzylinder bis etwa 3—4 cm vor die Kathode gebracht. Der Stahlzylinder lief in einem Hartglasrohr so, daß der Rand des Zylinders mit dem Rand des Glasrohres abschloß. Der 4 cm lange Stahlzylinder, dessen Durchmesser 6 mm betrug, war auf einer Länge von etwa $3^1/_2$ cm ausgebohrt. Dieser Zylinder wurde mit den durch Erhitzen vom Kristallwasser befreiten Chloriden des Lithium, Natrium und Kalium gefüllt. Legte man an die Kanalstrahlanode nun Spannung, so wurde zunächst ein Stromdurchgang durch die Verunreinigungen (H_2, O_2) ermöglicht, die aus den Salzen herauskamen. Nach 10—15 Minuten bei einem Strom von 10—12 Mi. Amp. waren die Verunreinigungen verdampft und es stieg die Spannung plötzlich auf einen bestimmten

[1]) Die Stabili-Voltanlage verdankt das Phys. Inst. der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft.

[2]) Ann. 25, 1908, 33. S. 760, 1910.

[3]) Phil. Mag. 42, S. 436, 1921.

[4]) Phys. Rev. 9, 1918, 11. S. 316, 1918.

[5]) Phil. Mag. 47. S. 385, 1924.

Wert. In dem Rohre entstanden jetzt Kathodenstrahlen, die auf das Salz auftrafen und es zum Verdampfen brachten. Da durch die starke Erwärmung des Zylinders auch die Glaswand des Entladungsrohres auf einer Länge von 10 cm, von der mit Wasser gekühlten Kathode ab gerechnet, stark erwärmt wurde, erhielt sich ein Teil des entstehenden Metalldampfes in der Röhre. In dem Raum des Entladungsrohres, in dem das größte Spannungsgefälle herrscht, war also ständig Metalldampf vorhanden und so entstand ein heller Alkalikanalstrahl. Da, bedingt durch die Wärmeleitungsverhältnisse, die Kathodenstrahlen immer nur Schicht um Schicht des Zylinders erwärmten und zum Verdampfen brachten, blieb vom Einsetzen des Gleichgewichtszustandes ab, die Dampfbildung und somit auch die Entladungsspannung angenähert konstant. Ein Zylinder in der oben angegebenen Größe lieferte einen konstanten hellen Alkalikanalstrahl, während der Dauer von 1—1½ Stunden bei Verwendung von LiCl. Bei Natrium und Kalium war die Dauer etwas kürzer. Der Kanalstrahl des Lithium- ist rot, der des Natrium gelb, des Kalium weißblau. Die Dauer der Aufnahmen betrug beim abklingenden Strahl für die Rot- und Gelbaufnahmen 5—6 Stunden, für die Aufnahmen im blauen Spektralgebiet 3—4 Stunden. Die Spannung, die sich bei dem benutzten und oben angegebenen Abstand des Zylinders von der Kathode einstellte, betrug etwa 15000 Volt. Der Strom 8—10 Mi. Amp. Füllgase (H_2, N_2, O_2) wurden nicht eingeführt.

An der Glaswand kondensierte sich stets ein Teil des Metalldampfes. Der Beschlag, der sich bildete, scheint ein kolloidaler Metallniederschlag zu sein. Seine Farbe war bei Lithium violett, Natrium tiefblau, Kalium weißblau.

B. Ergebnisse.

Die Messung des Schwärzungsabfalles wurde an folgenden Linien der verschiedenen Elemente durchgeführt.

Wasserstoff	H_β 4861 Å	
Lithium	6708 Å H. S.	m = 2
	6103 Å I. N. S.	m = 3
	4603 Å I. N. S.	m = 4
Natrium die Doppellinie	5889 Å H. S.	m = 2
	4500 Å I. N. S.	m = 7

	Bogenlinie	Funkenlinie
Sauerstoff	6158 Å H. S. m = 3	467 $\mu\mu$
	4368 Å I. N. S. m = 4	459 „
		441 „
		435 „
		419 „
Stickstoff	Bogenlinie	Funkenlinie
	661,0 $\mu\mu$	533,5 $\mu\mu$
	411,3 „	500,5 „
	410,5 „	443,0 „
		399,0 „

a) Die Ergebnisse der Geschwindigkeitsmessungen an Li, Na, N, O.

Die Ergebnisse der Geschwindigkeitsberechnungen aus der Dopplerverschiebung (Mittelwerte) ergaben sich für die einzelnen Elemente wie folgt:

Elemente	c
H_2	$3{,}03 \cdot 10^7$
Li	$1{,}86 \cdot 10^7$
Na	$1{,}05 \cdot 10^7$
N F	$3{,}30 \cdot 10^7$
N B	$1{,}30 \cdot 10^7$
O F	$2{,}94 \cdot 10^7$
O B	$1{,}01 \cdot 10^7$

b) Die Ergebnisse der Abklingungsaufnahmen an Li, Na, N und O.

Für das Produkt aus Keilwinkel γ und Absorptionsindex k ergaben sich die Mittelwerte:

Elemente	$k\gamma$
H_2	1,83
Li	0,83
Na	2,61
N F	2,25
N B	0,82
O F	2,22
O B	0,67

So ergibt sich das Gesamtergebnis für die Dämpfungskonstante 2α und T die mittlere Leuchtdauer der Atome, wie es in folgender Tabelle zusammengestellt ist. In dieser Tabelle wurden auch die Messungen, die W. Wien ausgeführt hat, aufgenommen. Mit Messung I sind die Ergebnisse von W. Wien bezeichnet, mit Messung II die in dieser Arbeit festgestellten.

c) Tabelle des Gesamtergebnisses.

Element		Messung I		Messung II	
		2α	T	2α	T
Wasserstoff . . .		$5{,}4 \cdot 10^7$	$1{,}85 \cdot 10^{-8}$	$5{,}54 \cdot 10^7$	$1{,}81 \cdot 10^{-8}$
Helium		$5{,}42 \cdot 10^7$	$1{,}84 \cdot 10^{-8}$	—	—
Lithium		—	—	$1{,}54 \cdot 10^7$	$6{,}5 \cdot 10^{-8}$
Stickstoff	Funkenlinie	$\frac{O}{H} \sim H$	—	$7{,}4 \cdot 10^7$	$1{,}35 \cdot 10^{-8}$
	Bogenlinie	—	—	$1{,}06 \cdot 10^7$	$9{,}45 \cdot 10^{-8}$
Sauerstoff	Funkenlinie	$6{,}55 \cdot 10^7$	$1{,}53 \cdot 10^{-8}$	$6{,}54 \cdot 10^7$	$1{,}53 \cdot 10^{-8}$
	Bogenlinie	—	—	$0{,}67 \cdot 10^7$	$14{,}9 \cdot 10^{-8}$
Natrium		—	—	$2{,}7 \cdot 10^7$	$3{,}7 \cdot 10^{-8}$
Quecksilber	Linie 4353 Å	$5{,}5 \cdot 10^7$	$1{,}82 \cdot 10^{-8}$	—	—
	Linie 2536 Å	$1{,}92 \cdot 10^7$	$9{,}8 \cdot 10^{-8}$	—	—
			$\sim 1 \cdot 10^{-7}$		

d) Besprechung der Werte.

Es ist zu bemerken, daß unter den Linien eines einzelnen Elementes und einer bestimmten Liniengruppe dieses Elementes gleichgültig, welcher Serie die untersuchten Linien angehörten, eine Änderung der Leuchtdauer nicht festgestellt werden konnte.

Kalium konnte vorerst noch nicht in den Kreis der Untersuchungen gezogen werden, da die blaue K-Linie 404 $\mu\mu$ von den benutzten Spektrographen schon zu stark absorbiert wurde. Messungen mit Quarzspektrographen sollen später durchgeführt werden.

Eine theoretische Deutung der erhaltenen Werte aus der Quantentheorie oder der klassischen Theorie zu geben, ist heute noch unmöglich. Es ist in diesem Zusammenhange nicht un-

wichtig, auf Messungen der Leuchtdauer hinzuweisen, die von Hanle[1]) und Ellet und Wood[2]) nach einer ganz anderen Methode ausgeführt wurden. Aus der magnetischen Beeinflussung der Resonanzfluoreszenz, d. h. aus der Größe der Drehung der Polarisationsebene gemessen an der Resonanzlinie 2536 Å des Quecksilbers (Hanle) und der D_2-Linie des Na (Ellet und Wood) wurde unter Berücksichtigung der anomalen Zeemannaufspaltung der betreffenden Linie die Leuchtdauer der erregten Atome berechnet.

Für die Linie 2536 Å des Quecksilbers ergab sich der Wert

$$T = 1 \cdot 10^{-7}.$$

Für die D_2-Linie des Natrium ergab sich der Wert $T = 1{,}35 \cdot 10^{-8}$.

Der Wert von Hanle steht mit dem Wert, den W. Wien aus seinen Messungen an der Resonanzlinie des Hg erhielt, in guter Übereinstimmung. Wie die Differenz der Werte für die D_2-Linie des Natriums

$$T = 1{,}35 \cdot 10^{-8} \text{ von Ellet und Wood}$$
$$T = 3{,}7 \cdot 10^{-8} \text{ max. } \pm 0{,}5 \text{ wie oben angegeben}$$

zu deuten ist, ist vorerst nicht zu ersehen. Daß diese Differenz nur auf Meßungenauigkeit beruht, ist kaum anzunehmen. Vielleicht ist die Erklärung nicht unrichtig, die sich aus einer Deutung der Leuchtdauer von J. Palacios[3]) ergäbe, daß bei den beiden Beobachtungen jeweils eine andere Leuchtdauer im Zustande des Atoms gemessen wird.

---

[1]) Ztschr. f. Phys. 30. 93, 1924.

[2]) Journal of Opt. Soc. America, 10, S. 427, 1925.

[3]) J. Palacios: Ann. de la Sociedad Espanola de Fisica y Quimica XXIII, S. 259, 1925.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte der mathematisch-physikalischen Klasse der Bayerischen Akademie der Wissenschaften München

Jahr/Year: 1926

Band/Volume: 1926

Autor(en)/Author(s): Kerschbaum Hans

Artikel/Article: Messungen der Leuchtdauer der Atome an Alkalimetallen, Sauerstoff und Stickstoff 19-25