WELLENLÄNGEN-
TABELLEN
FÜR
SPEKTRALANALYTISCH
UNTERSUCHUNGEN.

SPARK.

TEIL.

I–II.

89

ROYAL COLLEGE OF SCIENCE
LIBRARY
LONDON

9845
/498.

13142
4

WELLENLÄNGEN-TABELLEN

FÜR SPEKTRALANALYTISCHE UNTERSUCHUNGEN

AUF GRUND DER ULTRAVIOLETTEN FUNKENSPEKTREN DER ELEMENTE.

VON

PROF. FRANZ EXNER,

WIRKL. MITGLIED DER KAIS. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN IN WIEN

UND

DR. E. HASCHEK.

ERSTER TEIL.

ROYAL COLLEGE OF SCIENCE
LIBRARY
LONDON

LEIPZIG UND WIEN
FRANZ DEUTICKE
1902.

Verlags-Nr. 832.

K. u. K. Hofbuchdruckerei Karl Prochaska in Teschen.

Vorwort.

Es war ursprünglich unsere Absicht, durch spektralanalytische Untersuchung des hiesigen Meteoritenmaterials den eventuellen Nachweis kosmischer Elemente zu erbringen; doch schon zu Beginn der Arbeit stellte sich die Undurchführbarkeit derselben auf Grund der damals vorhandenen Spektraluntersuchungen irdischer Elemente heraus. Abgesehen davon, daß die Spektren vieler Elemente gänzlich unbekannt waren, sind auch die Messungen der bekannten in vielen Fällen unter so verschiedenen Umständen gewonnen und mit so verschiedener Genauigkeit ausgeführt, daß mit Hilfe derselben eine einigermaßen sichere Identifizierung unbekannter Linien unmöglich ist.

Es schien uns daher vor allem wichtig, die Spektren aller bekannten Elemente nach einer einheitlichen Methode und mit einem solchen Grad von Genauigkeit auszumessen, daß dadurch für spektralanalytische Untersuchungen eine sichere Basis geschaffen wird; diese Messungen haben wir ausgeführt und die Resultate derselben in einer Reihe von Abhandlungen in den Sitzungsberichten der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu Wien (Bd. 104—110, 1895—1901) publiziert. Da wir im Laufe dieser Messungen zu grösseren Gittern und damit auch zu einer grösseren Genauigkeit übergehen konnten, so mußten wir einen großen Teil unserer älteren Messungen, um die Einheitlichkeit derselben zu wahren, wiederholen Es wurde so das Zahlenmaterial des vorliegenden Werkes gewonnen, von dem wir hoffen, daß es namentlich den Chemikern und Astronomen bei ihren Untersuchungen von Nutzen sein wird.

Wenn es uns, was anfangs kaum möglich schien, gelungen ist, wirklich alle gegenwärtig chemisch sichergestellten Elemente in einer für unsere Zwecke nötigen Quantität und Reinheit zu erhalten, so verdanken wir das in erster Linie dem liebenswürdigen Entgegenkommen vieler Gelehrter, die uns sonst nicht erhältliche, oft in jeder Beziehung kostbare Präparate bereitwilligst zur Verfügung gestellt haben. Es ist uns eine angenehme Pflicht, allen diesen Herren, insbesondere den Herren C. Auer v. Welsbach in Wien, P. T. Cleve in Upsala, P. Curie in Paris, E. Demarçay in Paris, L. Haitinger in Wien, A. Langlet in Gothenburg, H. Moissan in Paris, W. Muthmann in München, L. F. Nilson in Stockholm, H. Weidel in Wien, C. Winkler in Freiberg an dieser Stelle unseren wärmsten Dank

auszusprechen. Ebenso sind wir Herrn Prof. K. Haas in Wien, der uns bei Durchsicht der mühevollen Korrekturen wesentlich unterstützte, zu großem Danke verpflichtet.

Da es bei einer so umfangreichen Arbeit und bei der Zusammenstellung so zahlreicher Tabellen kaum möglich gewesen sein dürfte alle Fehler zu vermeiden, so stellen wir an alle, welche das vorliegende Werk benützen, die Bitte, uns auf etwaige Irrthümer in demselben aufmerksam machen zu wollen. Schließlich wollen wir der Hoffnung Ausdruck geben, daß es uns bald möglich sein wird, auch die Bogenspektren aller Elemente in analoger Weise zusammenzufassen, wie es hier mit den Funkenspektren geschehen ist.

Wien, im März 1902.

Prof. Franz Exner,
Dr. E. Haschek.

Das Zahlenmaterial, das sich im vorliegenden Werke zusammengestellt findet, bezweckt die Erleichterung spektralanalytischer Untersuchungen. Wer genötigt ist, sich mit solchen zu beschäftigen, wird es oft schwer empfunden haben, daß das bisher vorliegende Zahlenmaterial, aus verschiedenen Zeiten und von verschiedenen Beobachtern stammend, oft lückenhaft und in Bezug auf eine große Reihe von Elementen ganz unbrauchbar war. Viel hat zu diesen Schwierigkeiten auch noch der Umstand beigetragen, daß die verschiedensten Beobachtungsmethoden und diese wieder mit sehr wechselnder Genauigkeit in Anwendung kamen, sowie, daß nur in den seltensten Fällen reine Materialien verwendet, respektive die Linien der Verunreinigungen eliminiert wurden. Es war daher unsere Absicht, die Spektren aller bekannten Elemente nach einer durchaus einheitlichen Methode und mit gleicher Genauigkeit zu messen, eine Arbeit, die, sowohl was Beschaffung des Materials, als was Ausführung der Messungen anlangt, nicht ganz klein war; wenn wir sie dennoch ohne besondere Anstrengung im Laufe von achtzehn Monaten auszuführen imstande waren und dabei eine Genauigkeit erreichten, über welche hinauszugehen für spektralanalytische Zwecke kaum noch einen Wert hat, so verdanken wir das in erster Linie der Anwendung unserer von der üblichen Komparatormethode abweichenden Art und Weise der Ausmessung der Spektren.

§ 1. **Die Aufnahmen.** Wenn wir uns bei der Wahl der Art der zu untersuchenden Spektren für die Funkenspektren entschieden, so geschah es erstens deshalb, weil diese bisher weniger bekannt waren als die Bogenspektren, und zweitens weil sie in vielen Fällen die Möglichkeit bieten, die Substanzen rein ohne Zuhilfenahme einer Kohlenelektrode zu untersuchen; außerdem treten, wo Kohlenelektroden doch verwendet werden müssen, die so sehr störenden Cyanbanden weit weniger intensiv auf als im Bogenspektrum. Da der Funken des Rhumkorff'schen Induktoriums an Lichtstärke hinter dem Bogen wesentlich zurücksteht und verhältnismäßig lange dauernde Intermittenzen aufweist, entschieden wir uns für die Benützung eines Hochspannungstransformators, der wegen der großen Zahl von Stromwechseln im Primärkreis und der Möglichkeit, hohe Stromstärken zu verwenden, dem Induktorium an Leistungsfähigkeit weit überlegen ist. Allerdings zeigen sich auch hier gewisse Nachteile. Leichtflüssige oder auch

kleine Stücke strengflüssiger Metalle können abschmelzen oder doch so weit erweichen, daß der Funkenstrom unterbrochen wird. Auch tritt die Erscheinung der Linienverschiebungen infolge des hohen Funkendruckes, respektive der gesteigerten Dichte des leuchtenden Dampfes namentlich bei den linienarmen Elementen so stark auf, daß bei der Identifizierung von Linien sich oft Schwierigkeiten ergeben, auf die wir später noch des weiteren zurückkommen werden. Dagegen zeigen sich die Linien der Luft und die Cyanbanden schwächer als im gewöhnlichen Induktorfunken. Was den Charakter des durch Transformatorfunken erzeugten Spektrums anlangt, so erweist es sich im allgemeinen identisch mit dem Spektrum des gewöhnlichen Induktorfunkens. Etwa auftretende Unterschiede betreffen meist nur die relativen Intensitäten und sind auch da nur geringfügiger Natur. Gegenüber dem Bogen aber sind die Variationen beträchtlich, sowohl was Intensitäten als auch Zahl und Stellung der Linien anlangt. Während die Unterschiede zwischen verschiedenen Funken nur bei linienarmen Elementen bemerkbar sind, erscheinen sie zwischen Bogen und Funken bei allen Elementen; im allgemeinen sind die Funkenspektren sehr viel linienreicher.

Die Schaltung des Transformators war gleich der eines Induktoriums und die Kondensatoren parallel zur Funkenstrecke angeordnet. Der Transformator wurde mit Wechselstrom von 100 Volt, 12—15 Ampère und 80 Wechseln in der Sekunde betrieben und lieferte eine Sekundärspannung von etwa 10.000 Volt. Als Kondensatoren dienten Franklin'sche Tafeln, die, in Gruppen von 125 *m* Kapazität angeordnet, während des Funkenüberganges in verschiedener Anzahl angeschlossen werden konnten. Alle für das vorliegende Werk gemachten Aufnahmen wurden mit der Maximalkapazität von 750 *m* hergestellt. Die Funkenstrecke selbst, durch Zahn und Trieb in der Höhe und durch Drehung um eine Achse seitlich verstellbar, trägt im Kreise angeordnet oben und unten je vier eiserne Zangen, so daß durch Drehung der Zangenträger rasch nacheinander verschiedene Substanzen in den Funkenstrom gebracht werden konnten.

Die Aufstellung des Gitters war die von Rowland[1]) angegebene; der Spalt steht im Scheitel des rechten Winkels, längs der Schenkel sind Kamera und Gitter verschiebbar so angeordnet, daß ihre Distanz stets gleich dem Krümmungshalbmesser des Konkavspiegels bleibt. Unser Gitter hatte 15 engl. Fuß Krümmungsradius, 20.000 Linien auf den engl. Zoll und 72.000 auf der ganzen geteilten Fläche. Es war mit Rowlands neuer Teilmaschine hergestellt, wodurch das Auftreten der so lästigen Geister so gut wie ganz vermieden war. Nur bei den allerstärksten Linien, wenn sie besonders scharf waren, zeigten sich noch Spuren derselben. Die Montierung des Gitters war eine solche, daß es um drei zu einander senkrechte Achsen drehbar und in der Richtung der Verbindungsstange mit der Kamera durch eine Schraube verschiebbar war, wodurch es genau senkrecht und mit der geteilten Fläche in die Achse des Drehzapfens eingestellt

[1]) H. A. Rowland, Phil. Mag. Bd. 16 (1883), und J. S. Ames, Phil. Mag. Bd. 27 (1889).

werden konnte. Die Distanz zwischen Gitter und Kamera war mittels einer Mikrometerschraube zu regulieren. Die Verbindung beider wird durch ein Stahlrohr hergestellt, das gegen Schwingungen und Verbiegungen durch eine Art Brückenkonstruktion aus Holz versteift ist. Der Spalt, durch regulierbare Stahlschneiden gebildet, hatte bei allen Aufnahmen eine Breite von 0·007 *mm*.

Die Distanz zwischen Spalt und Funken betrug 75 *cm*. Um eine intensivere Beleuchtung des Spaltes zu erzielen, verwendeten wir einen Quarzkondenser, bestehend aus einer sphärischen Linse von etwa 5 *cm* Brennweite, in deren Brennpunkt sich der Funken befand, kombiniert mit einer Zylinderlinse (mit vertikaler Achse) von 40 *cm* Brennweite. Außer einer größeren Helligkeit des Spektrums erreichten wir dadurch auch eine Verlängerung der Linien auf 3·5 *cm* im Blau des ersten Spektrums. Es ist dies vorteilhaft, wenn man, wie wir dies getan, die Linien des Vergleichsspektrums auf derselben Platte über die Linien des zu untersuchenden Elementes will übergreifen lassen. Um dies zu erreichen, wurde hinter dem Kondenser und etwa 20 *cm* vor dem Spalt eine Blende mit zwei rechteckigen Öffnungen angebracht, die je nach der Stellung oben oder unten den Spalt nur zu etwa zwei Dritteilen frei ließen. Bei den Aufnahmen wurde der Spalt mit Hilfe dieser Blende zunächst mit dem Lichte des betreffenden Elementes und dann nach Verdrehung der Blende mit dem Lichte des Eisenbogens als Vergleichsspektrum beleuchtet.

Bezüglich der Aufnahmen selbst ist wenig zu bemerken. Wir verwendeten hochempfindliche Bromsilbertrockenplatten von Dr. C. Schleußner im Format von 4×30 *cm* und zwar auf Spiegelglas zur Vermeidung der Meßfehler, die durch die Schlieren in gewöhnlichen Platten hervorgerufen werden. Die Entwicklung geschah in gewöhnlicher Weise, in der Regel mit Glycin; fixiert wurde immer im saueren Fixierbad. Die Platten wurden bei den Aufnahmen nicht gebogen, sondern das Spektrum stückweise auf fünf Platten aufgenommen. Bei der Messung wurde natürlich nur der scharfe Teil der Platten benützt. Die Expositionszeit betrug bei den metallischen Proben etwa 40—60 Sekunden, bei den Aufnahmen, die unter Benützung von Salzen auf Kohle gemacht wurden, zwei Minuten. Das Vergleichsspektrum wurde 15 Sekunden exponiert. Aus der Angabe, daß auf das Funkenspektrum eines Salzes mit Hilfe des Rhumkorff'schen Induktoriums (Primärstrom 8 Ampère bei 10 Volt, Kapazität 50 *m*, Funkenlänge ohne Kapazität 12 *cm*, Zahl der Funken in der Sekunde etwa 20) 15 Minuten exponiert werden mußte, während für dasselbe Salz unter Anwendung des Transformatorfunkens 2 Minuten genügten, ist die große Helligkeit des letzteren zu ersehen.

Der Bereich unserer Aufnahmen und Messungen erstreckte sich in allen Fällen vom äußersten Ultraviolett bis ins Blau von der Wellenlänge etwa 4700 *AE*; verwendet wurde ausnahmslos das Spektrum erster Ordnung. Als Vergleichsspektrum diente das Bogenspektrum des Eisens und im äußersten Ultraviolett noch außerdem das Funkenspektrum einer Nickel-Kupferlösung auf Kohle.

§ 2. **Die verwendeten Standardlinien.** Als Standards verwendeten wir in erster Linie die Rowland'schen Zahlen aus der Tabelle der Standardwellenlängen[1]) und erst in zweiter Linie die Angaben für die Eisenlinien aus der Tabelle des Sonnenspektrums[2]), wenn sich zwischen diesen und der Stellung der Linie im Bogenspektrum keine merkbaren Differenzen ergaben. Außerdem haben wir für das ultraviolette Ende des Spektrums die Wellenlänge einer Reihe von Eisenlinien im Bogen nach den Rowland'schen Standards bestimmt, und außerhalb dieser (bis λ 2350) noch eine Reihe von Kupfer- und Nickellinien (Funkenspektrum) im zweiten Spektrum nach der Koinzidenzmethode auf Rowland'sche Zahlen vom ersten Spektrum bezogen. In der folgenden Tabelle sind diese von uns gemessenen Standardlinien gegeben.

Tabelle der Standardlinien.

Cu	2104·89	Cu	2228·94	C	2296·95	Ni	2341·30
Ni	08·04	Cu	42·69	Ni	97·25	Fe	44·36
Cu	12·19	Cu	47·10[3])	Ni	97·59	Fe	54·96
Cu	23·08	Ni	53·79	Ni	98·37	Ni	56·49
Cu	26·12	Ni	53·94	Ni	99·75	Fe	59·18
Cu	36·08	Ni	56·22	Ni	2300·20	Fe	60·08
Cu	49·08	Ni	64·57	Ni	02·58	Ni	67·47
Ni	65·66	Ni	70·31	Ni	03·09	Fe	68·66
Ni	69·19	Ni	74·82	Ni	05·33	Cu	69·94
Ni	74·76	Ni	75·79	Ni	08·59	Fe	73·82
Ni	75·22	Cu	76·35	Fe	09·10	Fe	75·26
Cu	79·48	Ni	77·39	Ni	11·08	Ni	75·51
Ni	80·57	Ni	78·42	Ni	13·02	Fe	79·34
Ni	84·70	Ni	78 87	Fe	13·18	Fe	80·85
Ni	85·59	Fe	80·03	Ni	16·13	Fe	84·47
Cu	89·69	Fe	84·16	Ni	18·60	Ni	87·86
Cu	92·35	Ni	86·25	Ni	19·84	Ni	92·71
Ni	2201·51	Ni	87·18	Ni?	20·16	Ni	94·64
Ni	06·80	Ni	87·74	Fe	20·47	Fe	2413·41
Cu	10·35	Fe	89·08	Ni	26·55	Ni	16·22
Cu	18·19	Ni	90·10	Fe	27·48	Fe	21·79
Ni	20·50	Cu	91·21	Fe	31·40	Fe	24·24
Ni	24·94	Cu	94·45	Fe	32·89	Fe	29·57
Ni	26·41	Ni	96·66	Fe	38·08	Fe	31·12

[1]) H. A. Rowland, Astronomy and Astrophysics 12. (1893), Phil. Mag. [5] 36 (1894). Vgl. auch Watts, Index of Spectra, App. G. (1895).
[2]) H. A. Rowland, Astroph. Journ. Bd. 1—5 (1895—1897), auch als Separatabdruck (1896—1898).
[3]) Wenn umgekehrt, steht diese Linie auf 2247·06.

Ni	2437·97	Fe	2551·20	Fe	2720·28	Fe	2874·27
Fe	38·26	Fe	56·96	Fe	27·64	Fe	80·87
Fe	39·81	Fe	62·64	Fe	28·10	Fe	87·93
Fe	41·74	Fe	63·56	Fe	28·90	Fe	92·64
Fe	42·67	Fe	67·01	Fe	34·36	Fe	94·63
Fe	50·54	Fe	70·64	Fe	37·06	Fe	95·15
Fe	53·57	Fe	75·85	Fe	39·62	Fe	98·49
Fe	58 86	Fe	76·77	Fe	43·26	Fe	99·54
Fe	63·82	Fe	82·41	Fe	44·17	Fe	2901·01
Fe	65·25	Fe	82·70	Fe	44·62	Fe	02·05
Fe	67·83	Fe	88·10	Fe	47·09	Fe	07·64
Fe	68·97	Fe	91·64	Fe	51·01	Fe	18·13
Fe	71·06	Fe	2605·76	Fe	53·80	Fe	20·80
Fe	74·90	Fe	07·17	Fe	54·15	Fe	25·48
Fe	76·75	Fe	12·85	Fe	57·42	Fe	26·69
C	78·70[1])	Fe	13·91	Fe	59·91	Fe	39·39
Fe	80·26	Fe	17·71	Fe	62·15[2])	Fe	41·46
Fe	86·45	Fe	18·11	Fe	73·36	Fe	44·50
Fe	87·15	Fe	20·54	Fe	74·84	Fe	48·55
Fe	89·05	Fe	21·77	Fe	79·40	Fe	49·32
Fe	92·26	Fe	25·76	Fe	83·81	Fe	50·37
Fe	93·34	Fe	28·39	Fe	89·92	Fe	54·75
Fe	94·08	Fe	29·66	Fe	97·88	Fe	60·13
Fe	96·63	Fe	32·34	Fe	2804·64	Fe	65·95
Fe	98·99	Fe	35·89	Fe	07·10	Fe	70·65
Fe	2501·80	Fe	41·75	Fe	08·43	Fe	76·24
Fe	03·61	Fe	44·10	Fe	15·62	Fe	79·48
Fe	07·99	Fe	47·66	Fe	17·60	Fe	80·65
Ni	11·00	Fe	51·81	Fe	24·46	Fe	84·93
Fe	11·85	Fe	56·24	Fe	28·90	Fe	86·55
Fe	16·20	Fe	62·15	Fe	31·67	Fe	90·50
Fe	17·75	Fe	66·51	Fe	35·65	Fe	96·50
Fe	19·71	Fe	66·91	Fe	40·09	Fe	3008·24
Fe	22·01	Fe	69·58	Fe	40·55	Fe	20·75
Fe	23·75	Fe	73·33	Fe	44·09	Fe	34·22
Fe	25·13	Fe	80·56	Fe	45·73	Fe	39·40
Fe	25·49	Fe	89·30	Fe	48·80	Fe	3112·20
Fe	30·79	Fe	95·15	Fe	50·75	Fe	3248·33
Fe	34·53	Fe	97·11	Fe	59·00	Fe	53·06
Fe	37 24	Fe	99·19	Fe	62·61	Fe	83·04
Fe	39·42	Fe	2704·06	Fe	63·54	Fe	96·65
Fe	42·20	Fe	08·65	Fe	63·97	Fe	3829·56
Fe	43·49	Fe	11·75	Fe	66·74	Fe	37·30
Fe	44·01	Fe	14·49	Fe	69·40	Fe	71·89
Fe	46·98	Fe	18·51	Fe	72·45		

[1]) Funken.
[2]) Rowland gibt 2762·11 und Kayser 2762·13.

In jüngster Zeit sind auch von H. Kayser[1]) eine Reihe Standards im Bogenspektrum des Eisens mit großer Genauigkeit bestimmt worden. Leider konnten wir dieselben bei unseren Messungen nicht mehr benützen.

§ 3. **Die Ausmessung der Spektren.** Die Ausmessung der Spektren geschah nicht nach der üblichen Methode mit dem Mikroskop, sondern auf objektive Art durch Projektion der Photogramme auf einen geteilten Schirm. Diese Methode hat sich in Bezug auf Genauigkeit der üblichen mindestens gleichwertig, in Bezug auf Übersichtlichkeit und Schnelligkeit aber derselben weit überlegen gezeigt. Der Meßapparat besteht im wesentlichen aus der Projektionsvorrichtung und dem Schirm. Die erstere wird gebildet durch einen auf einem Hufeisenstativ in der Höhe und seitlich verschiebbaren Schlitten, der an seinem einen Ende das Projektionsobjektiv, einen Gruppenantiplaneten f. 6·3 von Steinheil mit 21 *cm* Brennweite, am anderen Ende die Führung für den Plattenhälter trägt. Das ganze System ist in der Richtung der optischen Achse durch Zahn und Trieb verschiebbar. Der Plattenträger ist analog den Kreuztischen der Mikroskope gebaut und erlaubt eine Verschiebung der in einem Rahmen eingelagerten Platte in zwei zu einander senkrechten Richtungen in ihrer eigenen Ebene, sowie eine Verdrehung um eine horizontale, der optischen parallele Achse um etwa 15°. Letzteres hat den Zweck, die Linien auf dem Schirm vertikal zu stellen, was übrigens zur Messung nicht unbedingt erforderlich ist. Die beiden früher genannten Bewegungen gestatten die Verschiebung der Platte in der Richtung des Spektrums und in der Richtung der Linien. Es ist dies nötig, um bestimmte Linien und bestimmte Teile derselben am Schirm einstellen zu können. Das ganze Projektionssystem läßt sich auf der Schlittenführung in der Richtung der optischen Achse um 10 *cm* verschieben, wodurch ohne merkliche Beeinträchtigung der Schärfe die Vergrößerung innerhalb enger Grenzen genau geregelt werden kann.

Als Lichtquelle diente eine Projektionslampe von Schuckert, die mit Gleichstrom von 15 Ampère und 110 Volt betrieben war.

Der Projectionsschirm hat eine Länge von 3 *m* und eine Höhe von 1·3 *m*; er besteht aus einem mit Zeichenpapier überspannten Holzrahmen, der, an seinem oberen Ende horizontal an jeder Seite einen Eisenstab von 30 *cm* Länge trägt. An diesen Stäben, die über fixe Rollen laufen, ist der Schirm so aufgehängt, daß er mit Leichtigkeit seitlich in seiner Ebene verschoben werden kann. Um Verbiegungen des Rahmens zu vermeiden, läuft das untere Ende des ganzen Schirmes in einem fixierten Schlitz. Die Ebene des Schirmes wird ein- für allemal senkrecht auf die optische Achse des Projektionssystems gestellt. In der Mitte trägt der Schirm eine horizontale Millimeterteilung, die, auf einem besonderen Streifen hergestellt, mit Klebwachs auf dem Schirm befestigt wurde. Parallel zu dieser sind ober- und unterhalb in der Distanz von 25 *cm* noch zwei gleiche Skalen angebracht, die aber nicht zur Messung, sondern nur zur gelegentlichen Orientierung dienen. Die Vergrößerung des Projektionskopfes

[1]) H. Kayser, Drude Ann. der Phys. Bd. 3 (1900).

ist eine 27fache und so gewählt, daß einer Angströmeinheit auf dem Schirm eine Distanz von 1 *cm* entspricht. (Auf der Platte war 1 $AE = 0{\cdot}372$ *mm*.) Es bedingt dies eine Distanz des Projectionsapparates vom Schirm von 6·65 *m*.

Der Vorgang der Messung ist nun folgender: Die Platte wird in den Projektionsapparat eingeschoben und die gewünschte Partie des Spektrums nach bekannten Eisenlinien auf dem Schirm beiläufig eingestellt. Durch Heben oder Senken der Platte wird jener Teil auf die mittlere Skala gebracht, in welchem die beiden Spektren übereinander greifen; ein Verdrehen des Kreuztisches gestattet das Vertikalstellen der Linien. Durch seitliches Verrücken des Schirmes in seiner Führung werden die Wellenlängen der Standardlinien, die sich auf einem Band längs des Schirmes aufgetragen finden, auf Hundertel Angströmeinheiten genau eingestellt, und etwaige Fehler der Vergrößerung unter fortwährender Kontrolle der Standardlinien durch Verschiebung des Projektionsapparates mittels des Triebes in der Richtung der optischen Achse ausgeglichen. Sodann erfolgt die Ablesung der Wellenlängen der zwischen den Standards befindlichen Linien. Alle diese Operationen sind höchst einfach und schnell ausführbar. Eine Korrektur der Vergrößerung auf das gewünschte Maß ist nur in seltenen Fällen notwendig.

Es kommt, wenigstens bei linienreichen Elementen, häufig vor, daß in dem übereinander greifenden Teile der Spektren Linien des Elementes von solchen des Vergleichseisens gedeckt sind. Dann ist es nötig, in der betreffenden Partie sich zunächst eine Reihe klarer Linien des Elementes zu messen, dann die Platte im Projektionsapparat so zu verschieben, daß nur das Elementspektrum auf die mittlere Skala zu liegen kommt und unter Benützung der früher als Standards gemessenen Linien die übrigen zu bestimmen.

Das Gesichtsfeld auf dem Schirm umfaßt 250 *AE*, doch wurden immer nur die mittleren 100 *AE* zur Messung verwendet, da nur innerhalb dieses Bereiches sich die Abbildung durch das Objektiv als vollkommen korrekt erwies, wie besondere Messungen ergaben.

Daß diese objektive Art der Ausmessung gegenüber der sonst gebräuchlichen Komparatormethode eine große Reihe von Vorzügen aufweist, läßt sich leicht zeigen. Dagegen besitzt sie dieser gegenüber keine nennenswerten Nachteile, es wären denn die, daß es leichter ist, das Fadenkreuz auf die Mitte einer Linie einzustellen, als diese auf einer Skala abzulesen, sowie daß sie einen größeren Raum und in der Regel die gleichzeitige Inanspruchnahme zweier Beobachter erfordert, von denen der eine die Ablesung, der andere die Aufschreibung und die Bedienung des Projektionsapparates versorgt. Was H. Kayser[1]) als Nachteile unserer Methode anführt, können wir in keiner Weise gelten lassen. Die geringere Genauigkeit, die wir damals erreichten, war eine freiwillige und nicht bedingt durch die Methode, die, wie im nächsten Paragraph zahlenmäßig gezeigt werden soll, der Komparatormethode mindestens ebenbürtig ist. Etwaige Fehler in

[1]) H. Kayser, Handbuch der Spektroskopie Bd. I. p. 729 (1900).

der Teilung der Skala beeinflussen das Resultat aber dreißigmal weniger als die gleichen Fehler in der Schraube und können überdies so leicht kontrolliert werden wie letztere. Fehler in den Normalen lassen sich auf dem Schirm ebensogut, nur in viel kürzerer Zeit ausgleichen als durch die Rechnung, und daß Verzeichnungen des Objektives in noch merklicher Weise nicht vorhanden sind, davon kann man sich durch einmalige Prüfung desselben auf die leichteste Weise überzeugen. Daß eine falsche Einstellung einer Standardlinie alle Zahlen in einem großen Bereich gleichmäßig fälschen soll, das trifft beide Methoden in gleicher Weise. Es kommt eben in beiden Fällen darauf an, daß man möglichst viele Standardlinien zur Verfügung hat. Während aber die falsche Einstellung einer Standardlinie unter dem Mikroskop sich erst hinterher bei der Berechnung ergibt, wird sie bei uns durch Vergleich mit benachbarten Standardlinien sofort augenfällig.

An Vorteilen unserer Methode lassen sich dagegen die folgenden anführen. Vor allem kann man niemals in die Lage kommen, eine Wellenlänge mit grösserer Genauigkeit anzugeben, als es der reellen Genauigkeit entspricht, da die Wellenlänge eben direkt abgelesen wird. Beim Mikroskop dagegen wird die Stellung der Trommel abgelesen, und man weiß bei einmaliger Einstellung nicht, inwieweit diese Ablesung der Wirklichkeit entspricht. Das sieht man am deutlichsten bei unscharfen Linien: vor dem Schirm ist man nicht darüber im Zweifel, bis zu welcher Grenze der Ablesung man gehen darf. Die Ablesung der Trommel an der Schraube aber erfolgt für scharfe und unscharfe Linien in gleicher Weise. Ein weiterer nicht zu unterschätzender Vorteil unserer Methode ist der, daß jede Rechnung entfällt, indem die Wellenlängen direkt vom Schirm abgelesen werden. Die Zeitersparnis, die daraus resultiert, ist eine enorme, wie sich schon aus der eingangs gemachten Angabe über die Dauer unserer Messungen ergibt. Auch daß die Anstrengung der Augen dabei im Vergleich zu der bei Benützung des Mikroskops eine verschwindend kleine ist, ist nicht zu unterschätzen, sobald es sich um Ausmessung zahlreicher Spektren oder um ausgedehnte spektralanalytische Untersuchungen handelt. Dadurch, daß man ein großes Gesichtsfeld gleichzeitig übersieht und die Wellenlängen aller darin vorkommenden Linien auf dem Schirm von selbst verzeichnet hat, gewinnt man einen raschen Überblick und erkennt sofort jene Linien, die häufig vorkommenden Verunreinigungen entsprechen, ja man kann sich von dem Vorkommen oder Fehlen etwa vermuteter Verunreinigungen in kürzester Zeit ohne jede Messung überzeugen. Auch die Schätzung der Intensitäten, so unbestimmt sie immerhin bleibt, wird durch die Anwesenheit vieler Linien im Gesichtsfeld sehr erleichtert. Für spektralanalytische Untersuchungen, wenn es sich etwa um Ermittlung der wechselweisen Verunreinigungen von Elementen derselben Gruppe handelt, ist unsere Methode, wenn es sich um linienreiche Elemente handelt, wohl die einzig praktisch verwendbare. Während unter Anwendung des Mikroskops nichts anderes übrig bleibt, als jede Aufnahme einer vorgelegten Probe ganz durchzumessen und durchzurechnen, genügt in unserem Falle die Projektion derselben, um an der Hand der Wellenlängentabelle des betreffenden Elementes jede fremde Linie in kürzester Zeit zu eruieren. Bei umfangreichen Messungen und Reproduktionen von Wellenlängentafeln sind Irrtümer in den Zahlenangaben kaum zu vermeiden. Es ist darum höchst wünschenswert, wenn die Kontrolle einer aus irgend welchem Grunde verdächtigen Wellenlänge sich rasch ausführen lässt. Wir haben gefunden, daß dies bei einer aus allen Elementen beliebig gewählten Linie nach unserer Methode eineinhalb bis zwei Minuten erfordert. Sehr schwache Linien, die unter dem Mikroskope nicht mehr einstellbar sind, können in der Projektion noch recht gut gesehen und gemessen werden. Sehr breite Linien, die mehr als das Gesichtsfeld des Mikroskops einnehmen, sind mit diesem überhaupt nicht mehr zu messen. In der Projektion erscheinen solche Linien aber infolge des Astigmatismus der Gitter und bei der Stellung, die wir der Blende gegeben haben, nach oben und unten in scharfe Spitzen verlaufend. Legt man an den Schirm ein Lineal an, das in der Entfernung von einigen Centimetern einen zu diesem parallel gespannten langen Faden trägt, so kann man durch Koinzidenz des Fadenschattens mit den Linienspitzen die Lage der maximalen Intensität der Linie sehr genau bestimmen. Schließlich sei erwähnt, daß ein Irrtum in den Standardlinien, wie er unter dem Mikroskop wohl vorkommen kann, bei der Projektion durch die Kontrolle mit benachbarten Standardlinien ganz ausgeschlossen ist.

§ 4. **Die Genauigkeit der Messungen.** Für die Genauigkeit der Messungen ergeben sich aus unserem Beobachtungsmaterial zahlreiche Belege. Mit Rücksicht auf eine spätere Vergleichung mit Messungen der Bogenspektren muß vorausgeschickt werden, daß die Linien der Funkenspektren niemals eine solche Schärfe zeigen wie jene. Es rührt dies daher, daß die bei verschiedenem Druck und verschiedener Dampfdichte auftretenden Verschiebungen der Linien im Funken durchwegs stärker sind als im Bogen. Auf diese Verschiebungen ist bei der nachfolgenden Vergleichung keine andere Rücksicht genommen, als daß wir nur Elemente mit schwachen Verschiebungen dazu gewählt haben. Die berechneten Differenzen werden also in sehr vielen Fällen zum Teil durch auftretende Verschiebungen mit verursacht sein, wofür auch der Umstand spricht, daß in den allermeisten Fällen die Abweichungen im Sinne der Verschiebungen liegen. Erwähnt sei noch ausdrücklich, daß sich alle folgenden Zahlen nicht auf Mittelwerte der Wellenlängen beziehen, sondern auf die direkten einmaligen Ablesungen.

Als Maßstab für die Ablesungsgenauigkeit an sich diene Folgendes: Wir haben ein und dieselbe Samariumaufnahme in einem Intervall von mehreren Wochen zweimal gemessen. Die Differenzen der beiderseitigen Ablesungen geben ein Maß für deren Genauigkeit, und wir bezeichnen mit $\overline{\triangle}$ das Mittel aller Differenzen ohne Rücksicht auf das Vorzeichen. Für 103 Linien war $\overline{\triangle} = 0{\cdot}013$ *AE*. Dabei waren die Abweichungen in

28	Fällen	0·00 *AE*
32	„	0·01 „
30	„	0·02 „

10	Fällen	0·03 *AE*
2	„	0·04 „
1	„	0·05 „

Abweichungen, größer als 0·05 *AE* kamen nicht vor. Es ist dabei zu bemerken, daß die Linien des Samariums durchaus nicht zu den scharfen gehören und daß in dem gemessenen Bereich sämmtliche Linien, auch die unscharfen zum Vergleich herangezogen wurden. Für Aufnahmen auf verschiedenen Platten und unter verschiedenen Verhältnissen mögen die folgenden Angaben als Maßstab dienen. Bei 13 Manganlinien, die sowohl im Nickel als im Kobalt gemessen wurden, war $\overline{\triangle} = 0{\cdot}017$ *AE*. 50 Eisenlinien, als Verunreinigung im Nickel, Kobalt und Chrom, ergaben untereinander $\overline{\triangle} = 0{\cdot}011$ *AE*; dagegen war für weitere 235 Eisenlinien aus oben genannten Elementen, verglichen mit den Linien unseres Eisenspektrums, $\overline{\triangle} = 0{\cdot}018$ *AE*. Der größere Wert im letzteren Falle dürfte zum Teil von den nicht mehr zu vernachlässigenden Verschiebungen vieler Eisenlinien herrühren. Gemeinsame Linien im Samarium- und Gadoliniumspektrum gaben in 703 Fällen $\overline{\triangle} = 0{\cdot}017$ *AE*. 54 Platinlinien, als Verunreinigung im Iridium und Palladium auftretend, gaben $\overline{\triangle} = 0{\cdot}016$ *AE* und 53 Iridiumlinien aus Platin und Rhodium $\overline{\triangle} = 0{\cdot}017$ *AE*. 31 Linien des Erbiums, im Holmiumspektrum gemessen, gaben $\overline{\triangle} = 0{\cdot}013$ *AE*. 75 Linien des Erbiums und Ytterbiums in einem untersuchten Präparat der seltenen Erden gaben gegen die Linien der reinen Spektren $\overline{\triangle} = 0{\cdot}014$ *AE*. 88 Linien des Eisens im Chrom, nach Chromlinien gemessen, die selbst auf Eisenstandards bezogen waren, gaben $\overline{\triangle} = 0{\cdot}014$ *AE*. Es ist wichtig zu sehen, daß bei dieser doppelten Messung die Genauigkeit nicht wesentlich leidet, weil bei unserer Methode der übereinander greifenden Spektren dieser Ausweg, wie früher schon erwähnt, ergriffen werden muß, wenn eine Linie des Elementes durch eine solche des Vergleichseisens gedeckt ist. Die Differenzen verteilen sich in diesem Falle folgendermaßen. Sie waren in

17	Fällen	0·00 *AE*
34	„	0·01 „
23	„	0·02 „
9	„	0·03 „
5	„	0·04 „

Größere Differenzen kommen nicht vor. Es sei dabei erwähnt, daß, da es sich hier wieder um eine Vergleichung von Eisen als Verunreinigung mit reinem Eisen handelt, die Differenzen größer als 0·03 *AE* zum Teil Verschiebungen der Eisenlinien zuzuschreiben sind, da, wo solche auftreten, unsere Zahlen der Verunreinigungen mit den Kayser'schen Zahlen des Bogenspektrums nahe übereinstimmen. Abweichungen von 0·04 *AE* kommen in diesem Falle nur noch zweimal vor.

Die vorstehenden Angaben umfassen demnach im Ganzen 1531 Fälle mit einem Mittelwert von $\overline{\triangle} = 0{\cdot}015$ *AE*. Dieser Wert, der sich, wie schon erwähnt, auf einmalige Ablesung bezieht, ist aber noch etwas höher, als bei unseren jetzigen Messungen, und zwar aus folgendem Grunde. Der

ältere Teil unserer Messungen wurde nicht auf Spiegelglasplatten, sondern auf solchen von feinem Solinglas ausgeführt. Nun sind aber die Schlieren des letzteren, wenn auch durchaus nicht absolut störend, so doch genügend, um die Meßgenauigkeit herabzudrücken. Das zeigt sich deutlich, wenn man das vorstehend benützte Material noch der Plattensorte anordnet. Man erhält für Aufnahmen auf Solinglas in 1211 Fällen $\overline{\triangle} = 0{\cdot}0166$ *AE*, und für solche auf Spiegelglas aus 320 Fällen $\overline{\triangle} = 0{\cdot}0127$ *AE*.

Eine weitere Kontrolle für unsere Meßgenauigkeit haben wir den Linien des Platinspektrums entnommen. Diese sind von Kayser[1]) und früher schon von Rowland[2]) einer genauen Messung unterzogen worden. Die Angaben beider gehen auf Tausendstel der Angström'schen Einheit und sind Mittelwerte aus mehrmaligen Messungen in Spektren höherer Ordnung großer Gitter. Mehr als 80 Linien haben wir im Funkenspektrum mit dem Bogenspektrum gemeinsam. Bildet man für diese die mittleren Differenzen $\overline{\triangle}$ für die Messungen von Kayser und von Rowland, so erhält man $\overline{\triangle} = 0{\cdot}010$ *AE*. Für die Differenzen zwischen unseren Messungen und denen Rowlands ergibt sich $\overline{\triangle} = 0{\cdot}015$ *AE*, und endlich für jene zwischen unseren und denen Kaysers $\overline{\triangle} = 0{\cdot}014$ *AE*. Dabei sind die größten vorkommenden Differenzen folgende:

K—R	0·046 *AE*
EH—R	0·044 „
EH—K	0·058 „

Die letzte in Kaysers Platintabelle angeführte Rowland'sche Zahl ist hiebei als augenscheinlich falsch weggelassen.

Aus diesen Zahlen müssen wir zunächst schließen, daß unsere mit Einzelmessungen erreichte Genauigkeit eine ganz befriedigende ist; weiters aber, da sowohl Rowland als Kayser bei ihren wiederholten Messungen derselben Linie eine viel größere Genauigkeit des Mittelwertes erreichten, daß ihre Aufnahmen, obwohl beiderseits Bogenspektren, doch nicht mehr vollkommen identisch waren. Es scheint vielmehr, daß die Veränderungen in den Wellenlängen, die durch die variablen Dampfdichte- und Druckverhältnisse bei den beiderseitigen Aufnahmen bedingt waren, schon über die Meßfehler hinausgehen, wodurch die Anwendung einer so weit gehenden Genauigkeit, wenn es sich um Bestimmungen von Wellenlängen handelt, illusorisch wird. Nur bei vollkommen gleich bleibenden Bedingungen für die Aufnahme, die in der Praxis kaum zu erreichen sein dürfte, oder beim speciellen Studium einer bestimmten Linie unter verschiedenen Verhältnissen hätte eine weitergehende Genauigkeit noch einen reellen Hintergrund.

Aus den vorstehenden Angaben folgt, daß unsere Messungen durchschnittlich mit einem Werte von $\overline{\triangle} = 0{\cdot}015$ *AE* und die auf Spiegelglasplatten mit einem Werte $\overline{\triangle} = 0{\cdot}0127$ *AE* behaftet sind. Vergleicht man damit die jüngsten Messungen Kaysers aus der Platingruppe, so ergibt

[1]) H. Kayser, Berl. Akad. (1897).
[2]) H. A. Rowland, Astroph. Journal 2 (1895), 3 (1896).

sich Folgendes. Für eine Reihe von Rutheniumlinien, die, wie alle Linien der Elemente der Platingruppe, zn den sehr scharfen gehören, führt Kayser die Einzelmessungen an, aus denen sich ein Wert $\overline{\triangle} = 0{\cdot}006—0{\cdot}007$ *AE* ergibt. Da das von ihm benützte Gitter die $1^1/_2$fache Dispersion des unseren hat und seine Messungen in den Spektren verschiedener Ordnungen ausgeführt wurden, so müßte er bei gleicher Güte der beiderseits angewendeten Methoden die dreifache Dispersion und damit die dreifache Genauigkeit der Einzelmessung erhalten, falls sich seine Zahlen auf das Spektrum zweiter Ordnung beziehen. (Eine nähere Angabe hierüber konnten wir nicht finden.) Die Zahlen zeigen, daß seine Genauigkeit nicht ganz die dreifache der unsrigen ist. Daraus folgt, daß unsere Methode der Komparatormethode an Genauigkeit mindestens gleichkommt.

Zu demselben Resultat führt eine Vergleichung unserer Fehler mit denen Hasselbergs. Für 156 dem Nickel und Kobalt gemeinsame Linien sowie für 763 Linien im Chrom ergibt sich hei Hasselberg eine mittlere Differenz $\overline{\triangle} = 0{\cdot}023$ *AE*. Dabei ist jedoch zu bemerken, daß diese Linien im dritten Spektrum gemessen wurden und die Wellenlänge jeder Linie das Mittel aus drei Ablesungen ist. Da unsere Messungen sich auf einmalige Ablesung im ersten Spektrum beziehen, so müßte die Dispersion seines Gitters, die uns unbekannt ist, eine sehr kleine sein, oder unsere Meßmethode ist wesentlich besser. Ein Vergleich der Hasselberg'schen Zahlen der Vanadiumlinien mit jenen Rowlands gibt für 431 Linien $\overline{\triangle} = 0{\cdot}020$ *AE*; hier sind die Hasselberg'schen Zahlen aber das Mittel aus je sechs Messungen im dritten Spektrum, und dennoch ist die mittlere Differenz noch größer als bei uns.

Um eine direkte Vergleichung der beiden Methoden bei mehrmaliger Ablesung derselben Linie zu bekommen, haben wir für einzelne Linien die Wellenlängen durch mehrmalige Ausmessung nach beiden Methoden ermittelt. Bei einer zwar nicht besonders scharfen, aber immerhin gut meßbaren Linie des Zinns betrug bei fünfmaliger Messung der mittlere Fehler des Resultates mit dem Komparator 0·0034 *AE* und nach unserer Methode 0·0024 *AE*. Für eine wesentlich stärkere und nach Roth verwaschene Linie desselben Elementes ergab sich der mittlere Fehler des Resultates mit dem Komparator zu 0·0077 *AE*, mit dem Schirm zu 0·0043 *AE*. Im letzteren Falle wurden selbstverständlich bei jeder Messung die Standardlinien neu eingestellt. Die Vergrößerung des Komparatormikroskopes war dabei ungefähr dreißigfach, also so groß, wie bei der objektiven Ablesung. Daraus ergibt sich eine größere Meßgenauigkeit mit dem Schirm als mit dem Komparator.

Kayser gibt in seinen Messungen der Platinmetalle für eine Reihe scharfer Linien des Rutheniumspektrums die mittleren Fehler des Resultates aus je vier Ablesungen. Diese schwanken zwischen 0·001 und 0·004 *AE* mit einem Mittelwerte von 0·0029 *AE*. Sie unterscheiden sich also nicht wesentlich von den unsrigen, und berücksichtigt man den Umstand, daß sie mit etwa der dreifachen Dispersion gewonnen wurden, so muß man die Resultate unserer Methode als befriedigend ansehen.

Schließlich seien noch die in allerletzter Zeit ausgeführten Messungen von E. Laird[1]), betreffend das Absorptionsspektrum des Chlors, erwähnt. Die Messungen der Wellenlängen sind mit dem Komparator ausgeführt und auf Tausendstel der Angströmeinheit angegeben. Obwohl die Linien scharf sind, ergibt sich doch im Durchschnitt ein mittlerer Fehler von 0·0150 *AE*, bei etwa viermaliger Einstellung auf die Linien. Der Fehler ist also wesentlich größer als bei uns, doch muß bemerkt werden, daß die Dispersion des verwendeten Gitters nur etwa zwei Drittel der unseren betrug.

Aus all den vorstehenden Angaben folgt, daß die objektive Methode der Ausmessung, ganz abgesehen von der kolossalen Ersparnis an Zeit und Mühe, der subjektiven Methode auch an Genauigkeit überlegen ist. Daß letztere in manchen Fällen, so etwa beim Studium einzelner Linien, des kleineren Apparates wegen Vorteile bietet, mag immerhin sein. Bei umfangreichen spektralanalytischen Untersuchungen aber wird die objektive Methode immer im Vorteil sein.

Wenn wir uns im allgemeinen mit der bei Einzelmessungen erreichten Genauigkeit von durchschnittlich 0·015 *AE* begnügt haben, so wird das gerechtfertigt erscheinen durch die im nächsten Paragraphen erörterten Verschiebungen der Linien je nach den Versuchsbedingungen.

§ 5. **Die Linienverschiebungen.** Bei wiederholter Messung der Linie auf verschiedenen Aufnahmen kommt es häufig vor, daß die erhaltenen Wellenlängen Differenzen zeigen, welche die möglichen Meßfehler weit überschreiten. Insbesondere kann man das bei starken Linien in linienarmen Elementen deutlich bemerken. Dabei zeigen nicht alle Linien desselben Elementes, sondern immer nur einzelne derselben derartige Verschiebungen. Es ist das eine Erscheinung, die zuerst von Humphreys und von Mohler[2]) in einer Reihe von Arbeiten an Bogenspektren studiert und auf variablen Druck im Bogen zurückgeführt wurde. Nach unseren Erfahrungen treten diese Verschiebungen aber in Funkenspektren noch weit intensiver auf als im Bogen und hängen nicht nur vom Druck, sondern auch von der Partialdichte des untersuchten Dampfes ab.[3]) Diese Verschiebungen sind dadurch charakterisiert, daß sie unabhängig von ihrer Größe bei steigender Dampfdichte, also auch bei gesteigerter Intensität der Linien immer gegen die Seite der größeren Wellenlängen gerichtet sind. Erscheint eine Linie umgekehrt, so ist die Umkehrung im allgemeinen nicht oder nur wenig verschoben, entsprechend dem Umstande, daß die äußere umkehrende Schicht des Bogens oder Funkens eine nur geringe Dampfdichte hat. Man sieht daher bei umgekehrten, leicht verschiebbaren Linien die Umkehrung in der Regel excentrisch, u. zw. nach Violett in der Linie stehen. In einzelnen Fällen, wie z. B. bei manchen Calciumlinien, tritt diese Erscheinung so stark auf, daß die Umkehrung ganz an den violetten Rand der Linie zu stehen kommt. Bei abnormen Druck- und Dichtenver-

[1]) E. Laird, Astroph. Journ. 14 (1901).
[2]) Astroph. Journ. (1896) u. (1897).
[3]) Vgl. E. Haschek, Spektralanalytische Studien. Wiener Sitzungsberichte (1901) u. (1902).

hältnissen aber kommt es vor, daß auch die Umkehrung sich noch nach Roth verschiebt. Es tritt dies namentlich bei leicht umkehrbaren Linien auf. Als Beispiel für die verschiedene Stellung der Linie bei verschiedener Intensität (Dampfdichte) mögen die folgenden Zahlen dienen. Bei einer Linie des Aluminiums ergaben sich die folgenden Werte:

λ	i
3961·68	1
3961·70	2
3961·71	3
3961·74	100

Die zwei Hauptlinien des Silbers zeigten die folgenden Variationen:

λ	i	λ	i
3280·80	1	3383·04	1
3780·83	3	3383·05	3
3280·86	5	3383.09	4
3280·81	100 u	3383·03	100 u

Auch im Bogenspektrum variieren die Wellenlängen je nach den Bedingungen der Aufnahme, wie man an den von Rowland einerseits und von Kayser anderseits für die Platinmetalle gegebenen Zahlen ersehen kann. Obwohl gerade diese Metalle nur geringe Verschiebungen besitzen, liegen doch die Differenzen der beiderseitigen Messungen außerhalb der Fehlergrenzen und überwiegend bei Kayser nach der Richtung der größeren Wellenlängen; da Kayser in diesen Spektren ungleich mehr Linien angibt als Rowland, so wird er wohl auch mit einer größeren Dampfdichte gearbeitet haben als dieser, was die Verschiebungen erklären würde.

Die Erzielung einer Meßgenauigkeit, welche die Größe der Verschiebungen überschreitet, hat demnach, wenn es sich um Identifizierung von Linien handelt, nicht viel Zweck. Anders ist es natürlich beim Studium einzelner Linien, wenn es sich z. B. um das Verhalten derselben unter verschiedenen Umständen handelt. Wir glauben demnach auch, daß die von uns erreichte Genauigkeit der Einzelmessungen von durchschnittlich 0·015 *AE* für den vorliegenden Zweck ausreichend ist. In den später folgenden Tabellen der starken Linien, die Identifikationen in einem Spektrum ermöglichen sollen, haben wir, soweit es thunlich war, bei kräftigen und stark verschobenen Linien auch die Wellenlängen und Intensitäten angegeben, welche ihnen, falls das betreffende Element als Verunreinigung auftritt, zukommen. Diese Zahlen finden sich in der Tabelle in eckigen Klammern [ ] und finden sich immer in unmittelbarer Nähe der Zahl der Hauptlinie. Dabei haben wir Linien, deren Wellenlängen unter den verschiedenen Bedingungen nicht um mehr als 0·02 *AE* variieren, nicht zu den verschobenen gerechnet. Doch ist es nicht ausgeschlossen, daß viele starke Linien, die wir als Verunreinigungen zu messen nicht Gelegenheit hatten, sich doch verschieben können. Jene Linien, bei denen wir uns durch Messung der

Verunreinigung davon überzeugen konnten, daß sie sich nicht merklich verschieben, sind mit einem Stern * bezeichnet.

§ 6. **Charakteristik der Spektren.** Wir haben im ganzen 75 Elemente der Untersuchung unterzogen. Es sind das alle gegenwärtig bekannten, mit Ausnahme der seltenen Gase Argon, Helium etc., die nicht leicht bei normalem Druck zu untersuchen wären, und des Terbiums. Dieser Körper, selbst wenn er zu den Elementen zählt, ist gegenwärtig nicht in solcher Reinheit dargestellt, wie es für spektroskopische Zwecke notwendig wäre. Das kann man übrigens auch von jenem Terbiumpräparat behaupten, welches Roscoe und Schuster[1]) seinerzeit spektralanalytisch untersuchten. Die von ihnen gemessenen Linien gehören fast ausnahmslos dem Samarium und Gadolinium an. Damit stimmt auch überein, daß es uns nicht möglich war, in einer vollständigen Serie von Fraktionen der Yttererden, die uns zur Verfügung stand, zwischen den Endgliedern Neodym und Ytterbium etwas anderes mit Sicherheit nachzuweisen als Samarium, Gadolinium, Holmium, Erbium und Yttrium. Die Anwesenheit eines weiteren Körpers in dieser Reihe und eine große Zahl der Linien seines Spektrums konnten wir wohl konstatieren, es war das aber das kurz darauf von E. Demarcay rein dargestellte Europium. Wäre das Terbium, das jedenfalls dem Gadolinium nahesteht, in gleicher Menge vorhanden gewesen wie das seltene Europium, so hätten wir es gleichfalls erkennen müssen. Alle dunkelbraunen Oxyde dieser Reihe erwiesen sich als Gemische von Holmium, Gadolinium und Samarium mit einem Spektrum, ganz analog dem seinerzeit von Roscoe und Schuster beobachteten.

Das Fehlen der seltenen Gase in unseren Tabellen dürfte in der Praxis nicht von grossem Belang sein; erstens kommen dieselben in der Natur nur spärlich vor, und zweitens dürften Gase durch spektrale Untersuchung der Materialien unter normalem Druck überhaupt kaum zu erkennen sein. Bei spezieller Untersuchung auf Gase wird man sich wohl immer der Methode der Geißler'schen Röhren mit Vorteil bedienen.

Überblickt man die untersuchten Spektren im ganzen mit Rücksicht auf ihren Charakter, so erkennt man eine gewisse Regelmäßigkeit im Zusammenhange mit dem periodischen System. Sowohl die Anzahl der den einzelnen Elementen zukommenden Linien, als deren Vertheilung im Spektrum und ihr Charakter erweisen sich als Funktionen der Atomgewichte. Es geht das am besten aus der folgenden Tabelle hervor, in welcher nebst den Atomgewichten auch die Linienzahlen in dem von uns gemessenen Bereiche angegeben sind.

---

[1]) Roscoe und Schuster, Journ. Chem. Soc. 61. Ber. der deutschen chem. Gesellschaft, Bd. 15.

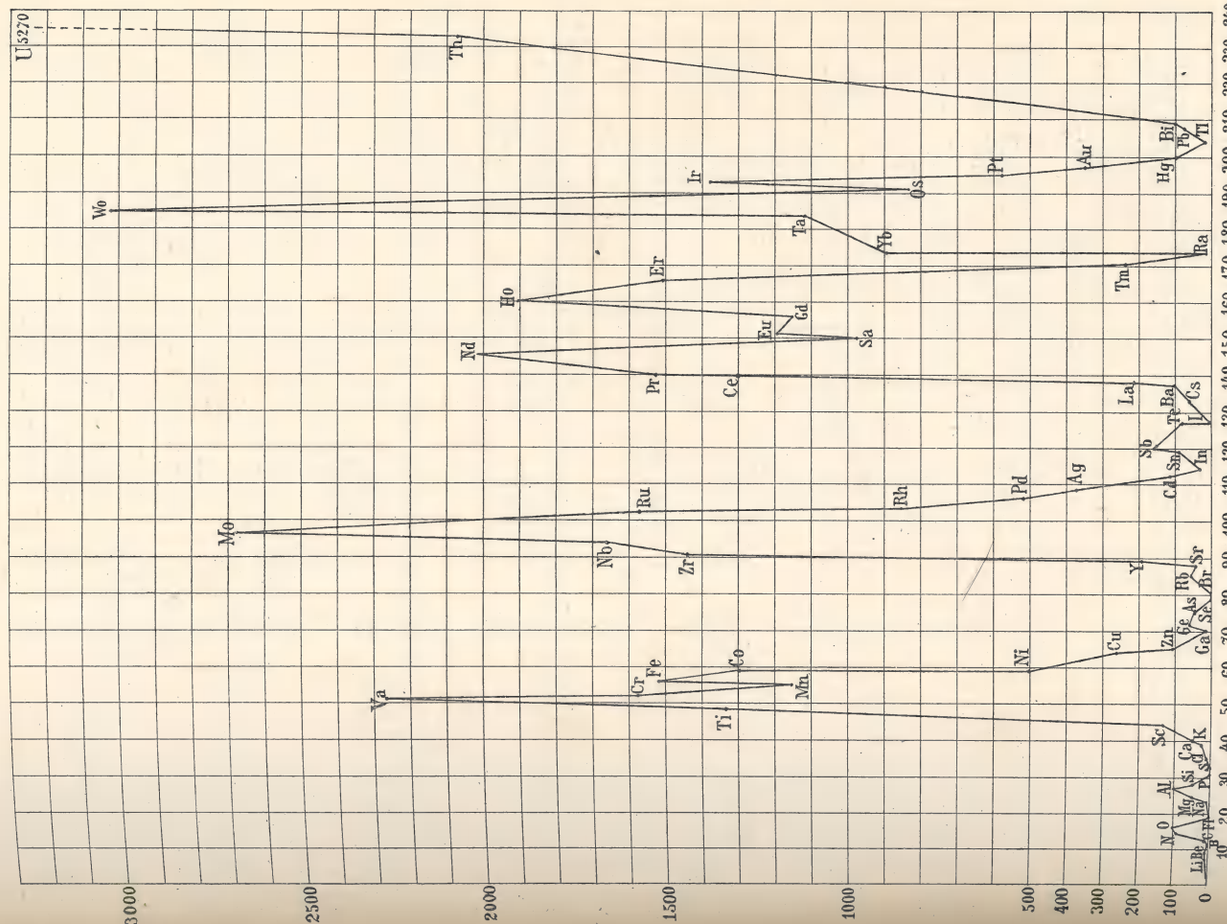


Tabelle der Linienzahlen.

H 1 0	Li 7 9	Be 9 9	B 11 3	C 12 13											N 14 89	O 16 104	Fl 19 0
	Na 23 8	Mg 24 46	Al 27 105	Si 28 44											P 31 0	S 32 0	Cl 35 11
	K 39 27	Ca 40 47	Sc 44 131	Ti 48 1337	Va 51 2265	Cr 52 1572	Mn 55 1152	Fe 56 1517	Co 59 1295	Ni 59 503	Cu 64 259	Zn 65 108	Ga 70 14	Ge 72 62	As 75 44	Se 79 0	Br 80 0
	Rb 85 55	Sr 88 40	Y 89 194	Zr 91 1440	Nb 94 1606	Mo 96 2674		Ru 102 1575	Rh 103 855	Pd 106 517	Ag 108 372	Cd 112 113	In 114 30	Sn 119 87	Sb 120 160	Te 127 79	I 127 0
	Cs 133 62	Ba 137 101	La 138 215	Ce 140 1300	Pr 140 1526	Nd 144 2014	Sa 150 976	Eu 151 1193	Gd 156 1150								
					Ho 160 1905	Er 166 1508	Tm 171 237										
		Ra 173 17	Yb 173 897		Ta 183 1213	Wo 184 3022		Os 191 838	Ir 193 1380	Pt 195 580	Au 197 352	Hg 200 94	Tl 204 16	Pb 207 74	Bi 209 98		
				Th 232 2070		U 240 5270											

Mit Bezug auf diese Tabelle kann man sagen, daß der Charakter der Spektren jener Elemente, die eine Vertikalreihe bilden, ein ähnlicher ist. Die Elemente, die die Mitte der Tabelle bilden, sind durch zahlreiche und scharfe Linien ausgezeichnet, die, auch wenn nur Spuren der Elemente vorhanden sind, leicht auftreten. Die Elemente der sechs letzten Vertikalreihen zeigen wenige, aber starke und leicht umkehrbare Linien, die aus Verbindungen der Elemente nur schwer zu erhalten sind. Die ersten beiden Vertikalreihen sind gleichfalls durch starke, aber auch aus Verbindungen leicht zu erhaltende Linien charakterisiert. Die Horizontalreihen der Tabelle zeigen gleichfalls ein gewisses allgemeines Verhalten: Das rechte Ende derselben enthält die Elemente, deren Linien sich im äußersten Ultraviolett anhäufen, während jene der linken Hälfte die Hauptzahl ihrer Linien noch im sichtbaren Teile des Spektrums haben.

Eine besonders regelmäßige Abhängigkeit vom Atomgewicht zeigt die Anzahl der Linien, die einem Element zukommen. Ordnet man die letzteren nach Atomgewichten, so zeigen die Linienzahlen eine periodische Zu- und Abnahme mit im allgemeinen steigender Tendenz gegen die hohen Atomgewichte. In der obigen Figur sind letztere als Abszissen, die Linienzahlen als Ordinaten aufgetragen. Wenn für die Gruppe der seltenen Erden die Linienzahlen hinter dem nach dem Verlaufe der Kurve zu erwartenden Werte zurückbleiben, so mag das wohl daher kommen, daß zur Aufnahme dieser Spektren nur Verbindungen der Elemente und auch die nur in geringer Menge zur Verfügung standen, während Vanadium, Molybdän, Wolfram und Uran, welche die übrigen Maxima bilden, direkt aus Metallen aufgenommen wurden. Bezüglich der Elemente Thulium und Radium wäre noch zu bemerken, daß ihre Stellung im periodischen System noch fraglich und die von uns angegebene Linienzahl jedenfalls zu klein ist, da uns reine Präparate dieser Elemente nicht zur Verfügung standen.

Die vorstehende Kurve der Linienzahlen zeigt eine weitgehende Analogie mit jener Kurve, welche Humphreys[1]) für die Verschiebungen der Linien durch Druck gibt. Indem er die Atomgewichte als Abszissen, die Verschiebungen als Ordinaten aufträgt, erhält er eine Kurve, die gewissermaßen das Spiegelbild der unsrigen ist, indem seine Maxima mit unseren Minimis zusammentreffen und umgekehrt. Es folgt daraus, was früher schon erwähnt wurde, daß nur linienarme Elemente starke Verschiebungen zeigen; ein Blick auf die Kurve der Linienzahlen unterrichtet also auch über die Größe etwa zu erwartender Verschiebungen.

§ 7. **Anordnung der Tabellen.** Die Resultate der Durchmusterung der ultravioletten Funkenspektren der Elemente geben wir in den nun folgenden Tabellen.

Dieselben gliedern sich in drei Teile: erstens eine Tabelle der Hauptlinien, zweitens eine nach Wellenlängen geordnete Tabelle der stärkeren Linien aller Elemente und drittens die vollständigen Spektren der einzelnen Elemente. Der erste Teil enthält alle Elemente nach den chemischen

[1]) Humphreys Astroph. Journ. Bd. 6 (1897).

Symbolen alphabetisch geordnet und gibt bei jedem Element wenige Hauptlinien an, die zunächst auftreten müssen, wenn das Element überhaupt vorhanden ist. Die Tabelle hat den Zweck, sich in kürzester Zeit davon zu überzeugen, ob in einem unbekannten Spektrum ein bestimmtes Element vorhanden ist oder nicht.

Der zweite Teil, die Haupttabelle, enthält alle Linien sämmtlicher Elemente, deren Intensität nach unserer Skala größer als 2 ist. Diese Linien sind nach Wellenlängen geordnet, unter Beifügung des Elementes, dem sie angehören, und ermöglichen eine tunlichst rasche Identifizierung unbekannter Linien.

Der dritte Teil endlich umfaßt wieder in der alphabetischen Reihenfolge der Symbole die vollständigen Spektren der einzelnen Elemente; in diesen sind alle gemessenen Linien stehen geblieben, die nicht mit Bestimmtheit bekannten Verunreinigungen, wie dem Fe, Ca, Ba, Sr, Mg, Cu, Ag, Al, C, Si, Mn, Ti, Ni, Pb zuzuschreiben sind. Dagegen wurden gewöhnlich alle Linien von Elementen, die zur selben Gruppe wie das untersuchte gehören, unter Beisetzung des betreffenden chemischen Symbols in den Tabellen belassen. Man kann sich so wenigstens einigermaßen von der Reinheit der untersuchten Probe überzeugen. Um dies noch zu erleichtern, sind außerdem am Kopfe der einzelnen Tabellen noch jene Elemente angegegeben, die sich als sichere Verunreinigungen nachweisen ließen, deren Zahlen aber weggelassen wurden.

Unsere Intensitätsskala schließt sich an die Rowland'sche an: Wir bezeichnen mit 1 die schwächsten Linien, die höheren Intensitäten dann steigend bis 10 und weiter mit 15, 20, 30, 50, 100, 200, 500 und 1000. Diese hohen Intensitäten kommen nur bei linienarmen Elementen, wie den Erdalkalien vor; in Spektren mit vielen und scharfen Linien, wie z. B. jenen der Platinmetalle, steigen die Intensitäten selten über den Wert 10. Alle Intensitätsangaben beruhen lediglich auf Schätzung mit dem Auge, und können nur auf Richtigkeit innerhalb desselben Spektrums Anspruch machen.

Zur Charakterisierung der einzelnen Linien dienen die folgenden Zeichen:

+	bedeutet	unscharf
d	„	doppelt
br	„	breit
u	„	umgekehrt
r	„	unscharf nach Rot
v	„	unscharf nach Violett

Diese Bezeichnungen gelten für sämtliche Tabellen.

Eine Zahl in eckiger Klammer [ ] bedeutet bei verschobenen Linien die Wellenlänge, wenn die Linie als Verunreinigung, also mit geringer Intensität gemessen wurde; ein Stern * bedeutet, daß die Linie sich nicht verschiebt. Diese letzteren Bezeichnungen kommen in den Tabellen für die einzelnen Elemente nicht vor, da dort die tatsächlich gemessenen Spektren gegeben sind.

Tabelle der Hauptlinien.

Ag. *Silber.*	[2437·85]	2		[2989·16]	8
	2437·89	30		3067·78	100 u
	2767·64	50		[3067·89]	30
	3280·81	100 u		3511·00	20*
	[3280·85]	5		4561·33	20 u
	3383·03	100 u		4722·80	20 d?
	[3383·09]	4	**Bo.** *Bor.*	2497·79	20 u
Al. *Aluminium.*	2816·41	20*		3451·49	20
	3082·30	10 r	**Br.** *Brom.*	—	—
	3092·89	15 r, d	**C.** *Kohlenstoff.*	2296·96	5*
	[3944·15]	1		[2478·66]	2
	3944·22	50 r		2478·71	20
	[3961·68]	1		4267·1	10+br
	3961·74	100	**Ca.** *Calcium.*	3159·06	50 u
As. *Arsen.*	[2349·96]	1		3179·51	50 u
	2350·02	10		3933·81	1000u*
	2780·37	10*		3968·62	500 u*
	3922·60	100		4226·89	100 u*
	4037·18	30		4302·68	50*
Au. *Gold.*	2428·05	20 u*		[4454·93]	1
	2676·04	20 d ?*		4455·01	30 u
	2802·31	20	**Cd.** *Cadmium.*	2312·90	20 u
	4065·22	10		[2313·00]	1+
Ba. *Baryum.*	2335·39	20 u		2573·18	30
	3892·42	500 r		[2748·80]	1+
	[4130·82]	2		2748·85	50
	4130·91	800 u		3403·72	30
	4554·21	1000u*		3466·34	30 u*
Be. *Beryllium.*	2650·71	7 u		3610·61	100 u
	[2650·77]	2		[3610·65]	2
	3130·56	20 u		4415·91	20
	[3130·59]	10		4678·49	50 r
	3131·20	15*	**Ce.** *Cer.*	3801·71	8*
Bi. *Wismut.*	2400·97	15		4012·58	10
	2414·88	20		4133·98	10
	[2628·03]	3		4137·78	9
	2628·17	30		4150·09	10
	2898·12	50 u*		4165·75	10
	2938·40	100 u		4186·71	10*
	[2938·48]	10 r		4296·88	8
	2989·10	20 u		4460·38	8*

Cl. *Chlor.*	4343·95	2+	**Cs.** *Caesium.*	4277·28	20*
	4794·68	3+		4555·48	10 u
Co. *Cobalt.*	2363·87	10*		4604·00	30*
	2389·01	10 u*	**Cu.** *Kupfer.*	2247·06	8 u
	2447·82	10		[2247·12]	3+
	2506·58	10		2369·94	10*
	2564·13	15 r*		2506·51	10 r
	2580·42	20+*		2545·02	20
	2582·33	15+*		3247·66	30 u*
	2663·65	15		3274·08	20 u*
	[3453·64]	2	**Cy.** *Cyan.*	3861·84	3
	3453·70	10		3871·54	3
	[3569·55]	2		3883·50	3
	3569·59	10			
	3587·35	10			
	3745·65	10	**Er.** *Erbium.*	2396·52	5
	3845·65	30*		2698·48	5*
	3873·30	15*		3122·80	5
	3874·14	15*		3230·73	5
	3894·26	30*		3264·98	5
	[3936·13]	1		3316·55	5
	3936·17	12		3372·91	10*
	3995·53	20		3385·26	7
	4118·94	20*		[3499·25]	2
	4121·51	20*		3499·29	10
	4531·20	20r		3599·93	7
Cr. *Chrom.*	2677·27	20 r*		3616·70	7*
	2830·63	20		3646·10	7
	2835·71	30		3692·80	10*
	2843·35	15 u*		3707·70	5
	3120·50	15		3729·69	5*
	3125·11	20*		3830·69	6
	3132·20	20*		3906·51	10*
	3197·21	15		3974·83	5*
	3360·50	20+		4055·61	5
	3368·19	20*		4143·10	5
	3408·90	20+*		4252·12	5
	3422·89	20+		[4419·77]	1+
	3578·81	20 u		4419·81	8
	[3578·86]	3 r		4500·93	6
	3593·63	20 u		4675·78	6
	[3593·67]	3			
	[3605·44]	1	**Eu.** *Europium.*	3725·08	20*
	3605·48	20		3819·81	50*
	4254·50	50*		3907·30	30*
	4274·95	30*		3930·65	50*
	4289·89	30		3972·16	50*
	4558·89	20		4129·90	100*

	4205·20	50*
	[4435·71]	8
	4435·75	30
	4522·76	15*
	4594·22	10*
	4627·39	8*
Fe. *Eisen.*	2338·10	3
	2343·59	4
	2382·17	10
	2585·98	10*
	2598·46	8*
	2599·50	20*
	2607·17	10*
	2611·99	10*
	2613·91	8*
	2739·63	15*
	2743·28	8
	2746·60	10
	2747·08	8
	2749·41	20*
	2755·80	15
	3227·91	5
	3570·29	10
	3581·34	10*
	3720·09	10*
	3735·00	10*
	3749·62	10
	3816·00	10*
	3820·61	10*
	4045·99	15*
	4063·78	10*
	4071·90	8*
	4250·99	6
	4260·70	10 r
	[4271·93]	1
	4271·99	10
	4308·10	15*
	4325·97	15*
	4383·73	20*
	4404·95	15*
	4415·30	10
Fl. *Fluor.*	—	—
Ga. *Gallium.*	[4033·15]	1
	4033·19	10 r
	[4172·21]	1
	4172·25	20 r

Gd. *Gadolinium*	2628·22	10
	2904·84	10
	2955·62	10
	3350·66	10*
	3358·80	8*
	3362·41	10*
	3422·65	15
	3545·95	10*
	3549·51	10
	3585·10	10
	3646·32	12*
	3712·89	10*
	3719·62	10*
	3743·60	10
	3768·54	20*
	3782·51	12*
	3796·58	10
	4130·55	10*
	4184·48	10
	4251·94	10
	4342·39	10
Ge. *Germanium.*	2592·65	15 u
	2651·29	15 u
	2651·69	15 u
	2709·69	20 u
	2754·68	20 u
	3039·20	20 u
	4179·20	20
	4226·76	50 r
H. *Wasserstoff.*	—	—
Hg. *Quecksilber.*	2536·66	20u
	2847·97	30r
	2967·38	50u
	3650·37	100 u
	3984·11	100
	[4046·73]	5
	4046·95	100
	[4358·62]	10
	4358·78	200
Ho. *Holmium.*	3308·99	5
	3385·18	5
	3445·72	5
	3494·63	5
	3524·16	7
	3531·88	10
	3536·15	6

	3550·38	5
	3645·51	6
	3694·99	5
	3891·16	8
	3898·71	8
	3944·90	10
	3978·73	8
	4000·61	10
	4078·12	8
	4103·48	6
I. *Jod.*	—	—
In. *Indium.*	2941·39	10
	3008·30	10
	[3256·13]	3+
	3256·22	8 u
	4102·01	50 r
	4511·55	50 r
Ir. *Iridium.*	2398·84	5*
	2512·67	5*
	2586·15	6*
	2694·32	5*
	2775·08	5*
	2833·32	10*
	3042·74	6
	3133·44	5*
	3220·95	5*
	[3513·80]	1
	3513·85	8
	3573·90	8*
	3606·01	10 r*
	3653·35	6*
	3731·49	8
	3734·93	6
	3747·36	6*
	3800·25	10*
	3895·72	8
	3915·52	6*
	3 976·49	10*
	4020·20	8 r*
	4070·07	8
	4115·92	5
	[4268·24]	1
	4268·28	5
	[4399·67]	1
	4399·72	10 r

K. *Kalium.*	4044·30	20 u
	[4044·38]	2
	4047·30	10 u
	[4047·36]	1
	[4047·45]	2
La. *Lanthan.*	3171·79	20*
	3517·26	50 r*
	3759·33	20
	[3790·99]	3
	3791·02	50
	[3794·95]	3
	3794·99	50
	3871·89	20
	3949·22	50
	3988·66	30
	4031·86	20
	4043·18	20 r
	4086·90	20
	4123·39	30 r
	4287·09	20
Li. *Lithium.*	3232·80	3+u
	[3232·85]	1+
	4602·50	30+u
	[4603·10]	2+
Mg. *Magnesium.*	2790·99	100 u
	2795·62	500 u*
	2798·17	100 u*
	2802·80	500 u*
	2852·20	100 u*
	2928·93	200+
	2936·80	200+
	3829·50	200 u
	3832·44	300 u*
	3838·43	500 u*
Mn. *Mangan.*	2452·61	10
	2576·20	30 u*
	2593·80	15 u
	2605·77	10 u
	2889·71	10*
	2933·13	15*
	2939·39	20*
	2949·31	30*
	3442·20	30*
	3460·49	20
	4030·93	20 u*

	4033·22	20u*
	4034·62	10u*
	4235·43	20
	4451·81	10
Mo. *Molybdän.*	2412·83	8
	2481·29	7
	2538·52	10
	2542·78	9
	2638·85	10
	2644·40	12
	2646·57	8
	2660·69	10
	2672·91	10
	2684·20	10
	2701·49	10
	2775·47	15
	2780·12	10
	2785·10	8
	2816·22	20
	2853·26	10
	2871·61	10
	2903·19	10
	2912·02	10
	2923·50	12
	3087·71	10
	3122·11	10
	3402·97	8
	3635·38	20
	3688·49	15
	3692·82	10
	3798·41	20u*
	3864·24	20
	3903·12	10
	3941·69	10
	3961·62	15
	4070·09	8
	4279·20	10
	4363·82	10
	4377·92	10
	4411·88	8
	4433·70	8
N. *Stickstoff.*	3437·41	3+
	3919·25	10+
	3956·05	6+
	3995·25	50+
	4447·22	20+
	4630·74	15+

Na. *Natrium.*	3302·52	20u*
	3303·17	10u*
Nb. *Niob.*	2584·15	6
	2591·10	6
	2697·20	7*
	2875·50	6*
	2877·11	6
	2883·30	6
	2927·93	10
	2941·70	8
	2951·02	10*
	3094·30	15*
	3130·91	12
	3163·50	10*
	3195·09	10
	3225·63	10
	3236·58	10
	3510·50	8
	3688·12	8r
	3717·23	10
	3819·07	8r
	4059·10	10r*
	4163·81	10
Nd. *Neodym.*	3863·52	8*
	3911·31	7
	3941·68	8
	3951·31	8r*
	4012·42	10*
	4031·93	10
	4061·26	10*
	4109·22	6
	4109·62	8
	4135·47	7
	4156·30	10
	4177 50	10
	4247·52	8
	4252·61	7
	4282·68	8
	4284·69	7*
	4303·77	10
	4314·65	8
	4351·41	8
	4358·34	8
	4446·58	8
	4451·75	10
	4463·19	10

Ni. *Nickel.*	2345·48	8u
	2375·51	8
	2394·68	15
	2416·21	15
	2437·98	10
	2511·00	10*
	3414·91	10*
	3446·41	9*
	3458·62	10*
	3461·84	10*
	3493·13	10*
	3510·52	10*
	3515·21	10*
	3524·69	15*
	3566·55	10*
	3619·54	15*
	[3858·43]	2
	3858·50	8
	4401·77	15r*
	4714·67	10
O. *Sauerstoff.*	3749·66	5+
	3973·44	8+
	4070·04	10+
	4072·38	10+
	4076·08	10+
	4119·44	8+
	4190·04	7+
	4415·09	8+
	4417·15	5+
Os. *Osmium.*[1])	2580·15	4
	2909·19	5
	3058·77	4
	3262·44	4
	3561·04	4
	3772·71	7
	3782·37	4
	4112·17	4
	4135·95	5
	4261·01	5
	4420·63	6
P. *Phosphor.*	—	—
Pb. *Blei.*	[2614·25]	2
	2614·29	10u

	2663·22	10u
	[2663·29]	2
	2802·10	30u
	2833·12	15u
	[2833·22]	2
	[3572·90]	2
	3573·03	20r
	3639·72	20u
	[3639·77]	6
	3683·64	50u
	[3683·68]	8
	[3740·13]	3
	3740·28	30
	[4057·98]	2
	4058·00	300u
	[4058·03]	10
	[4245·35]	2+br
	4245·42	500
	[4387·0]	2+br
	4387·11	500
Pd. *Palladium.*	2368·00	10
	2418·80	10
	2433·19	10
	2435·40	10
	2446·25	10
	2469·37	10
	2486·61	15
	2498·90	15
	2505·82	15
	2551·93	10
	2565·60	10
	2628·34	10
	2636·02	10
	2658·85	15
	2776·95	20+
	2854·70	20
	2980·75	10
	3242·91	10
	3302·31	10
	[3404·74]	1
	3404·80	30
	[3421·37]	1
	3421·41	20
	3460·90	15*
	[3481·31]	1
	3481·34	20

[1]) Eine Vergleichung der beistehenden Linien des Osmiums mit jenen des Bogenspektrums nach Kayser lässt keine merklichen Verschiebungen erkennen.

	[3517·08]	1
	3517·11	20
	3553·21	30*
	3609·70	50*
	3634·83	50*
	3690·57	15
	3894·39	20
	4213·16	20
Po. *Polonium.*	—	—
Pr. *Praseodym.*	3341·55	5
	3816·23	8
	3877·38	10
	3908·54	8
	3982·25	6
	3989·86	5
	4008·90	8
	4055·02	6*
	4056·69	8r*
	4063·00	8*
	4082·10	5
	4100·89	15*
	4118·63	10*
	4143·28	10
	4164·36	8*
	4179·60	10r
	4189·70	10r
	4206·81	15
	4223·20	15*
	4225·54	15
	4241·28	10d?
	4305·99	10d
	4368·52	8
	4409·01	10
	4429·41	15
	4496·63	10
	4510·33	10
Pt. *Platin.*	2377·35	8*
	2424·99	10
	2659·53	10r
	2998·08	10*
	3064·82	10*
	3408·29	8
	3923·15	15r
	4118·83	10*
	4498·89	10v
Ra. *Radium.*	3814·62	3
	3993·25	3+
Rb. *Rubidium.*	3940·62	20
	4104·49	10
	4201·97	30u
	[4202·15]	4+
	4215·73	10u*
	4244·50	30*
	4294·08	10
	4571·75	8
Rh. *Rhodium.*	2490·85	10*
	[2491·95]	1
	2491·99	7
	2520·61	10*
	2705·70	10
	2715·37	10*
	2910·30	12*
	3323·27	10
	3396·99	12*
	3435·11	10
	3502·71	12*
	3528·19	15*
	3596·35	10
	3597·33	10*
	3658·11	15*
	3692·51	20*
	[3701·06]	1
	3701·10	12
	3748·36	10
	3765·23	10*
	[3793·35]	1
	3793·39	10*
	3799·45	20*
	3816·60	10*
	3818·32	10*
	3822·41	20*
	3828·62	10*
	3834·04	10*
	3856·65	20r*
	3959·02	15*
	4129·06	10
	4135·43	10*
	4211·32	10*
	4375·01	20*
Ru. *Ruthenium.*	2402·80	10*
	[2408·00]	1

	2408·03	7
	2678·80	20*
	2692·18	10*
	2712·49	10*
	2734·41	10*
	2945·79	12*
	2965·70	10r*
	2976·70	10*
	3177·20	8*
	3294·33	8
	3499·10	8*
	[3661·54]	1
	3661·58	10r
	3727·11	8
	3728·20	8
	[3790·66]	2
	3790·71	10
	3799·02	10*
	3799·48	10*
	4080·82	10
	4200·09	10
	4297·90	10
	[4372·36]	1
	4372·40	10
	4390·62	8
	4410·20	8
	4460·22	8
	4554·74	20*
	4584·65	8
	4709·66	10
S. *Schwefel.*	—	—
Sa. *Samarium.*	3592·76	5
	3670·99	5*
	3739·30	5*
	4118·70	5
	4188·30	5
	4203·20	6
	4236·91	5
	4319·12	8*
	4391·05	10
	4424·52	10*
	4434·50	8*
	[4467·44]	2
	4467·49	10
Sb. *Antimon.*	2175·95	3u
	2179·31	3u
Sc. *Scandium.*	2311·56	10u
	2478·50	8
	2528·62	50u*
	2590·33	15
	2598·17	30u*
	2652·65	10
	2669·71	20
	2719·02	10
	2790·50	30
	2878·00	15u
	3232·65	20*
	3267·75	20
	[3638·00]	1
	3638·07	8
	4352·37	50+
Sc. *Scandium.*	2552·49	8
	2699·14	10
	2734·12	7
	3353·88	20
	3369·10	10
	3372·30	10
	3535·88	15
	3558·72	20
	3567·86	20
	3572·71	50
	3576·52	30
	3581·15	20
	3613·96	100
	3630·86	100
	3642·93	50
	3645·46	15
	3651·96	20
	4247·02	100
	4314·32	30
	4321·01	20
	4325·24	20
	4374·70	20
	4400·64	20
	4415·85	15
Se. *Selen.*	—	—
Si. *Silicium.*	2507·01	6
	[2516·23]	2
	2516·26	10
	2524·21	6*
	2528·60	8*
	2881·73	15*

Sn. *Zinn.*	2317·38	3u
	2354·93	4u
	2421·79	10u
	2429·56	10u*
	2658·71	10
	2706·57	10u
	2840·10	20u
	[2840·14]	2
	2863·33	15u
	[2863·46]	1
	3009·25	10u*
	3034·24	10u*
	3175·15	20u
	[3175·18]	2
	3262·48	30u*
	[3801·18]	1
	3801·32	20
	[4524·96]	1
	4525·00	30
Sr. *Strontium.*	3381·00	30r
	3464·70	50r*
	[4077·85]	1
	4077·89	1000u
	4162·05	50r
	[4215·65]	1+
	4215·70	500u*
	4305·77	100r
	4607·51	50u*
	4722·42	10
	4742·05	10
Ta. *Tantal.*	2400·74	7
	2432·80	4*
	2488·83	4
	2577·49	5
	2584·15	5
	2633·89	4
	2635·70	5*
	2675·50	5
	2685·26	5*
	2965·32	4
	3331·19	5
	3833·91	5
Te. *Tellur.*	[2383·35]	1
	2383·41	20u
	2385·89	20u*
	2530·90	5
	2769·85	4
Th. *Thorium.*	2428·06	8
	2431·82	7
	2441·38	9
	2512·81	8
	2564·50	6
	2686·27	6
	2899·03	6
	2978·80	8
	3098·04	6
	3216·71	8
	3221·40	12
	3232·21	7
	3290·73	10
	3300·63	12
	3313·87	10
	3507·72	10
	3538·90	10+
	3601·20	7+
	3741·40	6
	3752·73	6
	4019·30	10
	4069·40	7
	4085·22	7
	4116·91	6
	4209·01	8
	4382·10	10
	4391·30	10
Ti. *Titan.*	2414·05	15
	2516·10	20
	2525·71	10*
	2527·93	15
	2540·11	15
	2563·51	15
	2805·11	10+
	2810·51	10+
	2818·09	10+
	2884·29	8
	2984·88	10
	3088·17	10u
	3168·70	15+*
	3191·00	10+*
	3202·68	10+*
	3234·72	15u*
	[3242·16]	3
	3242·19	10
	[3248·75]	3
	3248·79	10
	3261·73	15*

	3323·13	10*
	3329·67	10*
	3332·29	8*
	3335·39	10*
	3342·00	10u
	[3342·09]	3
	3349·14	8u
	[3349·17]	3
	3349·52	10u
	[3349·61]	4
	3361·40	30u*
	3372·92	20u
	[3372·99]	5
	3383·87	20u
	[3383·93]	3
	3388·00	10*
	[3394·73]	2
	3394·78	10
	3444·50	10*
	3456·51	10*
	3461·71	10*
	3477·36	10*
	[3505·06]	3
	3505·10	30
	3510·99	30*
	3535·62	15
	[3641·49]	1
	3641·55	10
	[3659·94]	1+
	3659·99	10
	3662·40	10*
	[3685·32]	5
	3685·37	100
	[3759·43]	5
	3759·46	20
	3761·47	10*
	[3900·70]	2
	3900·81	50
	[3913·61]	2
	3913·72	20
	4163·90	20*
	4172·12	15
	4290·46	10*
	4294·28	10*
	4338·11	10*
	4395·20	20
	4444·00	15*
	4468·71	15*
	4501·50	15*
	4549·90	20r
	4564·00	10*
	[4472·21]	3r
	4572·27	20
Tl. *Thallium.*	[3519·31]	10+
	3519·35	20u
	3529·54	10*
	[3775·85]	8u
	3775·89	20u
	[3775·95]	8
Tm. *Thulium.*	3020·71	5
	3131·39	6*
	3425·25	5*
	3462·36	5*
	3700·40	5*
	3701·52	5*
	3761·50	5
	3848·17	7*
	4242·31	4*
U. *Uran.*	4090·28	4
	4241·88	4
	4269·84	4
	4341·89	4
	4355·89	4
	4472·55	6
	4515·50	4
	4538·37	4
	4543·83	7
	4545·76	4
	4555·30	4
	4603·88	4
	4627·30	5
	4646·85	4
V. *Vanadium.*	2688·05	5u
	2701·05	5u
	2765·80	7
	2810·40	8*
	2882·62	8
	2884·90	10
	2891·76	6u
	2908·90	7u
	2924·13	8u
	2924·74	8u
	2941·52	10u
	2968·49	10u
	3001·30	8u

	3093·22	20 u*	**Wo.** *Wolfram.*	4489·16	10
	3102·41	20 u		4560·90	10
	3110·83	20 u		4564·73	10
	3118·51	15 u		4571·99	10
	3130·35	10 u		4580·60	10
	3190·80	10 u		4594·32	10
	3267·87	20 u*		4619·88	10
	3271·27	20 u		2323·20	5
	3276·26	20 u*		2326·20	6
	3457·27	10		2390·50	5
	3497·21	8		2397·18	10
	3517·44	20		2446·52	7
	3530·99	20		2488·89	6
	3545·39	30		2571·57	6
	3556·99	50		2572·40	6
	3589·91	20		2579·67	7
	3592·20	20		2589·29	7
	3593·51	15		2658·13	7
	3715·71	20*		2702·22	10
	3727·61	20		2764·40	7
	3746·04	20		3077·61	10
	3847·50	10		3376·30	10
	3952·16	15		3402·02	7
	3973·89	10		3572·65	10
	4005·99	20		3592·59	10
	4023·60	20		3613·98	10
	4035·88	20		3641·57	10
	[4090·76]	1		3736·39	10
	4090·80	10		4008·93	10
	4100·02	10		4215·62	8
	4109·95	10		4294·83	10
	4128·30	10*		4302·30	7
	4132·21	10		4348·29	10
	4134·72	10			
	4183·70	10	**Y.** *Yttrium.*	2367·30	20*
	4205·28	10		2414·78	15*
	4268·89	10		[2817·11]	1
	4284·24	10		2817·14	30
	4341·25	10		[2946·08]	4
	4379·41	30 u*		2946·15	20
	4384·92	30 u*		[3242·43]	5
	4390·20	20 u		3242·49	20
	4395·45	10 u		[3328·01]	5
	4400·81	10*		3328·11	20
	4408·66	15 u		3549·21	20
	4416·77	10		3600·90	50*
	4452·28	10		3602·12	20*
	4460·52	10 u		3611·19	30*
	4462·62	10		[3628·80]	2

	3628·89	10	**Zr.** *Zirkon.*	2568·99	6
	3633·28	30*		2571·50	7
	3664·76	20*		2620·66	8
	3710·41	100*		[3273·17]	1
	[3774·47]	3		3273·22	10
	3774·51	100		3279·45	8
	3788·88	30*		3306·48	8
	3833·10	20		3392·20	20
	3950·51	20v*		[3430·70]	1
	3982·75	20r*		3430·73	10
	4177·68	50*		[3438·35]	1
	4309·81	20*		3438·39	20
	4375·11	100u*		3463·23	15
Yb. *Ytterbium.*	2567·74	10		[3479·55]	1
	2603·40	10		3479·58	10
	2615·48	15		[3481·30]	1
	2666·20	15		3481·36	15
	2667·08	15		[3496·36]	1
	2750·62	10*		3496·40	20
	2803·56	10		3505·67	10
	2818·87	10		3505·88	10
	2911·53	10		3542·87	15
	3005·91	10		3556·89	20
	3289·52	100*		3572·70	15
	3397·25	10		3577·10	15
	3454·25	15		3674·98	15
	3472·66	10		3698·41	20
	3478·99	20		3709·51	15
	3554·60	10		3731·50	15
	3560·90	10		3746·18	15
	3619·99	10		3751·85	20
	3675·23	10		[3836·93]	2
	3694·35	200*		3836·98	20
	3988·16	15		3958·39	20
	4135·24	10		3991·31	20*
	4184·41	10		3999·18	20
Zn. *Zink.*	[2502·25]	4+		[4149·38]	1+
	2502·28	100		4149·43	30
	2558·22	200*		[4180·05]	1
	[3282·42]	8		4180·08	7
	3282·49	100		4209·21	20
	3302·75	200*		4282·53	10
	3303·10	100*		4360·05	15
	3345·20	300*		4371·27	15
	3345·71	50		4380·12	20
	[4680·40]	8r		4443·31	15
	4680·43	300r		4494·78	15
	[4722·37]	1		4497·27	15
	4722·50	500r			

WEL[illegible]NGEN
TABELLEN
FÜR
SPEKTRALA[illegible]ALY
UNTERSUCHUNG

A.R.C.

TEIL
I-II.

ROYAL COLLEGE OF SCIENCE
Adv. Phys
LIBRARY
30-1-05
LONDON

WELLENLÄNGEN-TABELLEN

FÜR SPEKTRALANALYTISCHE UNTERSUCHUNGEN AUF GRUND DER ULTRAVIOLETTEN BOGENSPEKTREN DER ELEMENTE

VON

PROF. FRANZ EXNER
WIRKL. MITGLIED DER KAIS. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN IN WIEN

UND

DR. E. HASCHEK
PRIVATDOZENT DER PHYSIK.

ERSTER TEIL.

ROYAL COLLEGE OF SCIENCE
LIBRARY
14-1-05

LEIPZIG UND WIEN
FRANZ DEUTICKE
1904.

Verlags-Nr. 943.

K. und K. Hofbuchdruckerei Karl Prochaska in Teschen.

Vorwort.

Als wir vor einiger Zeit unsere Messungen der Funkenspektren der Elemente publizierten, haben wir der Hoffnung Ausdruck gegeben, daß es uns möglich sein würde, in gleicher Weise auch die Bogenspektren der bekannten Elemente nach einer einheitlichen Methode zu untersuchen; es war uns möglich, im Laufe der letzten zehn Monate diese Untersuchung durchzuführen. Die Resultate derselben, die in den nachfolgenden Tabellen übersichtlich zusammengestellt sind, sollen im Verein mit den Zahlen der Funkenspektren, wie wir hoffen, ein Material bieten, das ausführlichen spektralanalytischen Untersuchungen in Zukunft zur Basis dienen kann. Wenn die spektralanalytische Methode bisher nicht in dem Umfange ausgenützt wurde, wie es der gegenwärtigen Präzision der Apparate entspricht, so hat das hauptsächlich zwei Gründe: Erstens waren für viele Elemente die Spektren ganz unbekannt und, man kann wohl sagen, für die meisten nur unvollkommen, so daß eine Identifizierung gemessener unbekannter Linien nach dem bisherigen Materiale im allgemeinen nicht möglich war. Und zweitens war die bisherige Methode der Ausmessung von Spektralaufnahmen mittels des Komparators eine so umständliche und zeitraubende, daß sich nicht leicht jemand entschließen konnte, die Ausmessung eines linienreichen Spektrums behufs Identifizierung vorzunehmen.

Diesen beiden Übelständen glauben wir einerseits durch die Anwendung unserer objektiven Methode der Ausmessung begegnet zu sein, andererseits durch die Wellenlängenbestimmung an allen bisher sichergestellten Elementen mit einer für die praktischen Zwecke hinreichenden Genauigkeit. Wir hoffen so dazu beigetragen zu haben, daß der spektralanalytischen Methode ein größerer Wirkungskreis zufällt als bisher. Insbesondere dürfte dies für die Zwecke der astrophysikalischen Forschung sowie bei rein chemischen Analysen irdischer Stoffe zutreffen.

Zu den Tabellen des Buches ist im übrigen wenig zu bemerken und finden sich die näheren Erläuterungen an den betreffenden Stellen. Daß wir auch die Spektren der Platinmetalle gemessen haben, obwohl von Kayser

darüber Zahlenangaben vorliegen, die die unseren an Genauigkeit jedenfalls übertreffen, hat seinen Grund darin, daß wir es für wünschenswert hielten, ein Zahlenmaterial zu geben, das sich auf durchwegs gleiche Aufnahmsbedingungen bezieht. Außerdem haben wir im Bereiche der Cyanbanden, durch die in Kaysers Messungen ein großer Teil der Linien verdeckt wird, die Aufnahmen auf Kupferelektroden gemacht, wodurch unsere Messungen zum Teil eine Ergänzung der Kayserschen liefern.

Schließlich erlauben wir uns, für einige uns bekannt gewordene Druckfehler aus den schon 1902 publizierten „Funkenspektren“ nachstehend die Richtigstellungen zu geben:

Es soll heißen in:

I.	pag.	50	Pd 3050·28	statt	Pd 3050·18
I.	„	50	Ce 3055·71	„	Co 3055·71
I.	„	55	Ni 3369·71	„	Ni 3370·71
II.	„	39	3356·39	„	3306·39
II.	„	129	3369·71	„	3370·71
II.	„	150	3861·77	„	386 ·77
II.	„	159	2737·85	„	2736·85
II.	„	180	2697·7	„	2797·7
			2711·8		11·8

Ferner ist in I. pag. 50 die Linie Ag 3080·85 i = 3 zu streichen und mit ihrem richtigen Werte Ag 3180·85 i = 3 auf pag. 52 einzufügen.

Wien, im Juli 1903.

Prof. F. Exner.
Dr. Ed. Haschek.

In einer vorangegangenen Publikation[1]) haben wir das von uns durch Ausmessung der ultravioletten Funkenspektren gewonnene Material in einer solchen Form wiedergegeben, daß es sich bei spektralanalytischen Untersuchungen leicht verwenden läßt. Im folgenden wollen wir das gleiche in bezug auf die Bogenspektren tun. Wenngleich die letzteren schon besser bekannt waren als die ersteren, so war das Material doch in vieler Beziehung ein lückenhaftes; die große Gruppe der seltenen Erden, um nur eines zu erwähnen, fehlte gänzlich. Außerdem war die Genauigkeit der Zahlenangaben meist eine für die heutigen Zwecke nicht mehr ausreichende und in fast allen Fällen unkontrollierbare, wie es bei einem Zahlenmateriale nicht anders zu erwarten ist, das von verschiedenen Beobachtern und in verschiedenen Zeiten gewonnen wurde. Es schien uns daher wünschenswert, auch für die Bogenspektren ein nach einheitlicher Methode gewonnenes Zahlenmaterial zur Verfügung zu haben und wir fühlten uns zur Herbeischaffung desselben um so mehr veranlaßt, als wir uns schon in dem Besitze der vielen oft sehr schwer, in manchen Fällen gar nicht mehr zu beschaffenden Materialien befanden.

Speziell für die Zwecke der Astrophysik wird auch die Kenntnis beider Arten von Spektren notwendig sein; außerdem dürfte man bei spektralanalytischen Untersuchungen irdischer Stoffe häufig in die Lage kommen, sich nur der einen oder der anderen Methode bedienen zu können. Welcher der beiden der Vorzug zu geben ist, das läßt sich im allgemeinen wohl nicht sagen, da jede von ihnen gewisse Vorteile und Nachteile bietet. Die Methode der Funken erfordert im allgemeinen wenig Material, gestattet dasselbe in seiner Reinheit ohne Anwendung einer Hilfselektrode zu untersuchen und leidet wesentlich weniger unter dem Auftreten der so lästigen Cyanbanden; bedient man sich dagegen des Bogens, so hat man den Vorteil größerer Helligkeit, respektive kürzerer Expositionszeiten, die Linien sind bedeutend schärfer und es fehlen die Luftlinien, die im Funkenspektrum oft störend auftreten.

§ 1. Die Aufnahmen. Die Aufnahmen erfolgten ausnahmslos mit demselben Rowlandschen Gitter, das zu den früheren Untersuchungen gedient hatte; sein Krümmungsradius war 15 engl. Fuß, die Linienzahl betrug 20.000 per Zoll, im Ganzen 72.000 auf der geteilten Fläche. Die Breite des verwendeten Spaltes war wieder 0·007 *mm*. In bezug auf die Verwen-

[1]) Wellenlängentabellen für spektralanalytische Untersuchungen auf Grund der ultravioletten Funkenspektren der Elemente. I. und II. Teil (1902).

dung eines Quarzkondensers zwischen Lichtquelle und Spalt, sowie bezüglich der Anordnung der Rowlandschen Aufstellung, der Anbringung des Vergleichsspektrums auf den Platten wurde nichts geändert und verweisen wir diesbezüglich auf unsere Publikation der Funkenspektren.

Als Standards dienten uns wieder außer den Rowlandschen Zahlen die von uns gemessenen Bogenlinien des Eisens und die Funkenlinien des Kupfers und Nickels im äußersten Ultraviolett, wie sie sich in unserer früheren Publikation in der Tabelle der Standardlinien angegeben finden. Bezüglich der letzteren hätten wir die folgenden fehlerhaften Wellenlängen von Eisenlinien zu berichtigen:

Es soll heißen

2620·50	statt	2620·54
2734·34	„	2734·36
2737·04	„	2737·06
2898·46	„	2898·49
2901·51	„	2901·01

Die Aufnahmen erfolgten durchwegs wieder im I. Spektrum und umfaßten denselben Wellenlängenbereich wie früher, nämlich vom äußersten Ultraviolett bis λ 4700 AE. Die verwendete Stromstärke war 10 Ampere bei 110 Volt Spannung, die Expositionsdauer bei Metallen etwa 10—20 Sekunden, bei Salzen 30—45 Sekunden. Als Träger der Substanzen dienten sobald es sich um Lösungen handelte, Gaskohlenstifte, welche aus reiner Retortenkohle geschnitten waren, hingegen für Metalle, soweit solche in größeren Schmelzstücken zur Verfügung standen, wie z. B. Cr, V, Mo, Wo, U, passend zugeschnittene Lampenkohlen von größerem Querschnitt. Bei solchen größeren Stücken erwiesen sich die Cyanbanden nicht besonders störend. Wie eine Untersuchung mit dem Spektroskop am vergrößerten Bogenbilde lehrt, treten nämlich die Cyanbanden besonders am Krater auf, während sie am Gegenpol wenigstens bei den hier verwendeten Stromstärken nur wenig hervortreten. Da nun immer der Metallregulus im Krater lag, die dem Regulus anliegende Bogenpartie auf den Spalt projiziert und der Bogen sofort unterbrochen wurde, sobald er auf die Kohle übersprang, so gelang es bei den oben erwähnten Metallen auf diese Weise die störenden Cyanbanden genügend zu unterdrücken. Standen nur kleine Stücke Metall, etwa wie bei den Elementen der Platingruppe, zur Verfügung, oder war die Probe leicht flüssig, wie Zn, Cd etc., so wurden die oben erwähnten Stifte aus Retortenkohle verwendet. Solange der Bogen vom Regulus abgeht, ist die Intensität der Cyanbanden genügend gering; springt er aber nach kurzer Zeit von der lebhaft siedenden Schmelze auf die Kohle über, so wird es notwendig, den Strom zu unterbrechen, bevor die Exposition fortgesetzt wird. Dieses Überspringen des Bogens vom Regulus auf die Kohle ist leicht an der Farbenänderung zu erkennen, da das leuchtende Cyan eine tiefviolette Färbung im Bogenbilde ergibt. In einzelnen Fällen, wie z. B. bei den Platinmetallen, traten trotz dieser Vorsichtsmaßregel die Cyanbanden doch noch sehr stark auf, so daß Kupferstifte als

Träger und Gegenelektrode verwendet werden mußten. Auch in diesem Falle ist eine Beobachtung der Bogenfarbe notwendig, um eine zu kräftige Exposition des Kupferspektrums zu vermeiden. Bei leicht verdampfenden Elementen, wie Zn, Hg, Cd, Bi u. s. w., bietet die Unterdrückung der Cyanbanden keine Schwierigkeit, da sie durch die starke Dampfentwicklung genügend geschwächt werden.

Schwieriger gestaltete sich die Sache, wenn, wie in vielen Fällen, Salze in Lösung verwendet werden mußten. Diente für Aufnahmen mit metallischen Proben der Krater als Träger, so wurde in diesem Falle die Schaltung der Pole vertauscht, da Beobachtungen am Bogenbilde lehrten, daß in diesem Falle die Cyanbanden geschwächt auftreten. Die Unterdrückung derselben durch den Metalldampf wird noch vollständiger, wenn man das Salz nicht in Lösung aufträgt, sondern auf die Elektroden aufgeschmolzen verwendet.

Vor den Tabellen der Detailmessungen der einzelnen Spektren findet sich jedesmal angegeben, welche Art der Aufnahme angewendet wurde.

Die verschiedenen Partien des Bogens unterscheiden sich übrigens nicht nur in Bezug auf die Verteilung des Cyans, sondern geben auch Unterschiede im Spektrum des untersuchten Metalls. Daß dies in bezug auf die linienarmen Spektren, wie z. B. die der Alkalimetalle, zutrifft, hat jüngst P. Lenard[1]) gezeigt. Aber auch die linienreichen Spektren schwer verdampfender Metalle zeigen das gleiche Verhalten, wie das folgende Beispiel zeigt. Es wurde dieselbe Partie des Zirkonspektrnms auf zwei verschiedenen Platten aufgenommen, einmal, indem die Mitte, und einmal, indem der Rand des Bogens bei gleicher Stromstärke auf den Spalt projiziert wurde.

Die Intensitäten der Linien erscheinen in beiden Fällen wesentlich verschieden, wie aus den folgenden Zahlen hervorgeht, bei denen sich i auf die Mitte, i_1 auf den Rand des Bogens bezieht.

λ	i	i_1
3550·61	4	4
52·12	6	3
56·75	8	3
59·10	3	3
65·50	2	2
66·25	5	5
69·00	2	3
72·60	8	4
73·24	2	1
75·91	4	5
76·95	5	2
77·68	2	2
86·40	3	4
88·07	3	1

[1]) P. Lenard, Ann. der Phys., Bd. XI. (1903).

λ	i	i_1
3601·37	5	10
07·50	2	1
12·05	3	1
13·26	4	3
13·84	2	3
14·92	4	3
24·02	5	8
30·20	2	1
34·28	3	4

Es unterliegt wohl kaum einem Zweifel, daß die vielen Diskrepanzen in der Intensitätsbezeichnung bei verschiedenen Autoren, wie wir sie unter anderen auch zwischen unseren und Kaysers Messungen der Platinmetalle häufig zu konstatieren in der Lage waren, die gleiche Ursache haben. Bei unseren Aufnahmen wurde immer möglichst die zentrale Partie des Bogens verwendet. Es ist übrigens keineswegs ausgeschlossen, daß nicht bei verschiedenen Stromstärken ähnliche Erscheinungen auftreten.

Bei der Aufnahme von Bogenspektren treten häufig Linien auf, die auf anderen unter anscheinend gleichen Bedingungen des Stromes und der Expositionszeit gewonnenen Platten fehlen. Es sind das durchwegs Linien des Funkenspektrums, die zuweilen im Bogen mit auftreten. Besonders häufig hatten wir Gelegenheit, dies am Vergleichsspektrum des Eisens zu beobachten, wo im äußersten Ultraviolett der Anblick des Funken- und Bogenspektrums ein vollständig verschiedener ist. Es kann das unter Umständen sehr störend wirken und mußten solche Aufnahmen natürlich ausgeschaltet werden. Aber nicht nur im Eisenspektrum, also bei metallischen Elektroden, sondern auch bei Anwendung von Salzen auf Kohle treten Funkenlinien im Bogen auf und es ist möglich, daß manche von ihnen als Bogenlinien mitgemessen und in den Tabellen belassen wurden. Doch kann dies nur ausnahmsweise vorgekommen sein, da die Funkenlinien, infolge ihres vorwiegenden Auftretens an einem Pol verkürzt erscheinen und daher im allgemeinen leicht kenntlich sind. Was die Bedingungen des Auftretens derselben anlangt, so sind sie noch nicht alle aufgeklärt; man kann nur sagen, daß solche Funkenlinien im Bogenspektrum, wie erwähnt, zumeist nur an einer Elektrode auftreten, und zwar dann, wenn die Stromdichte, also auch die Temperatur und Dampfdichte besonders steigen. Wenigstens treten sie im Eisenspektrum immer dann und nur dann auf, wenn sich die Schmelzkappe, die etwa von einer früheren Exposition herstammt, zu einem Tropfen formt, von dem allein unter lebhaftem Zischen der Bogen abgeht. Ob die dabei eintretende starke Verdampfung des Tropfens oder etwa die durch das Zischen angedeutete Intermittenz im Stromübergang das Auftreten der Funkenlinien bedingt, sei unentschieden gelassen. Auch bei Aufnahmen aus Salzen auf Kohle traten solche Linien nur dann auf, wenn durch Reduktion sich ein Metallkörnchen bildete, von dem der Bogen abging.

Daß die hier erwähnten Bedingungen für das Auftreten der Funkenlinien im Bogen nicht die einzigen sind, geht aus der Arbeit von J. Hartmann und G. Eberhard[1]) hervor, die unter ganz anderen Verhältnissen das Auftreten der Funkenlinie λ 4481 im Bogenspektrum des Mg beobachteten. Auch auf die einschlägige Arbeit J. Hartmanns,[2]) in welcher der Einfluß der Stromstärke auf die berührte Erscheinung studiert wird, sei hier hingewiesen.

Bei vielen Aufnahmen zeigten sich außer den Linien des Bogenspektrums auch noch mehr oder minder intensive Banden. Es läßt sich vermuten, daß dieselben den Oxyden angehören, auch treten sie nur bei schwer reduzierbaren Salzen auf. Da die Linien derselben dem Bogenspektrum nicht zugehören, so haben wir sie nicht gemessen, nur die stärkeren Kanten haben wir in ihrer Wellenlänge bestimmt und geben sie im folgenden an. Es kann nämlich leicht vorkommen, daß bei schwachem Auftreten die Banden als solche nicht erkennbar sind, sondern nur ihre Kanten als schwache Linien erscheinen und für Linien des Bogenspektrums angesprochen werden. Da zur Erkennung einer solchen Kante die Wellenlänge nicht genau bekannt zu sein braucht, die Kanten auch in vielen Fällen verwaschen und schwer ablesbar sind, so erheben die folgenden Zahlen, die in den Haupttabellen nicht aufgeführt sind, auch keinen Anspruch auf große Genauigkeit.

Bor.	2265—2300	Bande nach Rot
	2331·45	Kante einer Bande nach Rot
	2437·20	„ „ „ „ „
	2551·50	„ „ „ „ „
	2675·37	„ „ „ „ „

Außer diesen Banden, deren Kanten einigermaßen klar ablesbar sind, laufen durch das ganze Spektrum weitere Banden mit undeutlichen Kanten, die sich teilweise überdecken. Auch Rowland[3]) macht eine ähnliche Bemerkung.

Cer.	3846·63	Kante einer Bande nach Rot.
Kohle (Cyan).	3584·03	Kante einer Bande nach Violett
	3585·97	„ „ „ „ „
	3590·49	„ „ „ „ „
	3861·70	„ „ „ „ „
	3861·86	
	3871·51	„ „ „ „ „
	3883·50	„ „ „ „ „
	4158·18	„ „ „ „ „
	4167·79	„ „ „ „ „
	4181·00	„ „ „ „ „
	4197·23	„ „ „ „ „
	4216·13	„ „ „ „ „

[1]) J. Hartmann und G. Eberhard, Berl. Akad. (1903).
[2]) J. Hartmann, Berl. Akad. (1903).
[3]) H. A. Rowland, Astroph. Journ. I. (1895).

Lanthan.	4372·1	Hauptkante einer Bande nach Rot
	4376·0	Kante " " " "
	4379·8	" " " " "
	4387·6	" " " " "
	4391·8	" " " " "
	4395·9	" " " " "
	4400·2	" " " " "
	4418·3	Hauptkante " " " "
	4423·3	Kante " " " "
	4428·2	" " " " "
	4433·1	" " " " "
	4438·1	" " " " "
	4443·1	" " " " "
	4448·1	" " " " "
	4453·3	" " " " "
	4458·6	" " " " "
Phosphor.	3246·30	Kante einer Bande nach Violett
	3253·54	" " " " Rot
	3255·37	" " " " Violett
	3269·05	" " " " Rot
	3270·58	" " " " Violett
	3281·30	" " " " Rot
	3286·00	" " " " "
	3296·53	" " " " "
	3303·09	" " " " "
	3312·03	" " " " "
	3321·19	" " " " "
	3328·45	" " " " "
	3346·42	" " " " "

Außer diesen waren noch weitere schwächere Banden vorhanden.

Silicium.	2345	Kante einer Bande nach Rot
	2414·1	" " " " "
	2566	" " " " "

Außer diesen waren noch zahlreiche andere Banden vorhanden, die zum Teil ineinander fallen und etwa bis λ 3000 reichen.

Thorium.	3341·45	Kante einer Bande nach Rot
	3346·03	" " " " "
	3358·29	" " " " "
	3370·95	" " " " "
	4115·75	" " " " "
	4129·70	" " " " "

Uran. Das Spektrum des Urans zeigt einen sehr starken kontinuierlichen Hintergrund, in dem an einzelnen Stellen sehr undeutliche und enge Banden zu liegen scheinen. Möglicherweise wird er vollständig von Banden gebildet, über die sich das Linienspektrum lagert.

Die Aufnahmen wurden sämtlich auf höchstempfindlichen Schleußnerplatten, die auf Spiegelglas gegossen waren, gemacht; obwohl wir natürlich nur fehlerfreie Platten verwendeten, so lieferten uns die zahlreichen Messungen auf denselben doch einen leider unwillkommenen Beitrag zu der viel umstrittenen Frage, ob die Gelatine auf solchen Platten sich verzieht oder nicht. Wenn wir auch in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle von einem derartigen Effekt, der sich durch nicht Übereinstimmen benachbarter Standardlinien manifestieren mußte, nichts bemerken konnten, so waren doch manchmal Diskrepanzen in der Dispersion in unzweifelhafter Weise vorhanden. Da dieselben ganz lokal, oft auf Strecken von 1—2 A E bemerkbar waren, so ist nicht wohl anzunehmen, daß der Grund für diese Erscheinung außerhalb der Platte zu suchen ist. Bemerkenswert ist dabei, daß einer solchen plötzlichen Änderung der scheinbaren Dispersion in einem Sinne stets eine solche im entgegengesetzten Sinne folgte. Obwohl diese Verziehungen nicht über 2—3 Hundertel der Angströmschen Einheit hinausgehen, so können sie doch, wenn sich nicht gerade eine Standardlinie in unmittelbarer Nähe befindet, zu unliebsamen Fehlern Veranlassung geben.

§ 2. Die Ausmessung der Spektren. Auch die Bogenspektren haben wir nach unserer objektiven Methode ausgemessen, indem wir uns ganz derselben Einrichtungen bedienten, wie bei den Funkenspektren, so daß wir in bezug auf alle Details derselben auf unsere frühere Publikation verweisen können. Wir wollen nur hinzufügen, daß wir uns neuerlich von den großen Vorteilen dieser Methode, wo es sich um weitläufigere Untersuchungen handelt, reichlich zu überzeugen Gelegenheit hatten, sowie daß die Genauigkeit derselben der üblichen Komparatormethode nicht nachsteht; die Zahlen des nächsten Paragraphen werden dies deutlich erkennen lassen. Der Hauptvorteil der Methode liegt jedenfalls in der geringeren Zeit und Anstrengung, welche die Ausmessung der Spektren erfordert, ein Umstand, der bei wirklichen spektralen Analysen, wie sie etwa bei der Untersuchung von Trennungsreihen oder beim Aufsuchen der Bestandteile vorgelegter Proben auszuführen sind, schwer ins Gewicht fällt. Wir haben bei der Ausmessung der Spektren jeweilig die Zeiten notiert, welche zur Ermittlung der Wellenlängen erforderlich waren. Wir wollen dafür einige Beispiele an linienarmen wie an linienreichen Spektren geben. Es erforderte die Ausmessung des

Au	mit	23	Linien	0 Stunden	30	Minuten
Hg	"	64	"	1 Stunde	30	"
Gd	"	963	"	5 Stunden	30	"
Er	"	1580	"	7 "	—	"
Ho	"	2600	"	8 "	22	"

Diese Zeiten sind gewiß im Vergleich mit den sonst üblichen als sehr gering zu veranschlagen; es wäre sonst auch nicht möglich gewesen, die Ausmessung der Bogenspektren aller Elemente in zehn Monaten zu Ende zu führen, wie es tatsächlich der Fall war.

§ 3. Die Genauigkeit. Aus dem großen vorliegenden Zahlenmateriale lassen sich naturgemäß verschiedene Proben für die Meßgenauigkeit ableiten, ähnlich, wie wir dieses auch in Bezug auf die Funkenspektren getan haben. Am sichersten werden sich solche dort ergeben, wo dieselben Linien unabhängig voneinander auf verschiedenen Aufnahmen gemessen wurden. Da in den Spektren aber Verschiebungen der Linien auftreten, die von der Intensität abhängig sind, so empfiehlt es sich, möglichst solche Aufnahmen miteinander zu vergleichen, wo die Linien mit angenähert gleicher Intensität auftreten. Dazu benützten wir in erster Linie die Verunreinigungen, welche in verschiedenen Elementen gemeinsam vorkommen

	0	1	2	3	4	5	6	$\overline{\triangle}$ in AE
Ni	43	68	42	31	13	10	1	0·017
Mn	37	78	44	19	7	4	0	0·014
Cr	57	69	50	41	13	9	2	0·016
Fe	11	12	14	6	3	0	0	0·015
Pb	41	54	35	25	9	3	2	0·015
Sn	17	22	16	9	6	1	0	0·015
Pd	11	24	16	6	6	2	1	0·016
Pt	9	11	2	2	0	0	0	0·009
Rh	14	28	16	9	3	2	0	0·015
Jr	12	16	4	3	2	0	0	0·011
Ti	32	78	55	43	25	14	2	0·019
Mg	10	14	8	9	2	2	0	0·016
Ca	75	83	62	40	16	7	1	0·015
Sr	21	36	15	7	3	0	0	0·012
Si	153	171	70	28	13	7	0	0·011
Er	23	32	25	10	0	0	0	0·012
Tm	27	47	34	12	5	0	0	0·013
Yb	79	104	52	23	3	2	0	0·011
	672	947	560	323	129	63	9	

und mit den übrigen Linien zusammen gemessen wurden. Freilich ist man auch so von den Verschiebungen nicht ganz frei, so daß die folgenden Genauigkeitsangaben dadurch jedenfalls zu unseren Ungunsten beeinflußt werden. Dazu kommt noch, daß diese Linien fast alle schwach, zum Teil an der Grenze der Sichtbarkeit und infolgedessen unscharf sind. Wir haben 18 Elemente in solcher Weise als Verunreinigungen in verschiedenen Spektren mit einer größeren Anzahl Linien gemessen; betrachtet man jede Messung derselben Linie als gleichwertig und bildet die Differenzen dieser Messungen für alle Linien, die einem Elemente angehören, so bezeichnen wir mit $\overline{\triangle}$ das Mittel dieser Differenzen für das betreffende Element und dieses kann als Maßstab für die Genauigkeit der Messungen gelten. Da es dabei wichtig ist, zu sehen, in wieviel Fällen Differenzen von gewisser Größe auftreten, so geben wir in der obigen Tabelle für diese 18 Elemente nicht nur die

Werte der $\overline{\triangle}$, sondern auch die Zahlen für die Abweichungen bestimmter Größe. Am Kopf der Tabelle finden sich die Zahlen 0—6, welche Hundertel der Angströmschen Einheit bedeuten (größere Differenzen kamen überhaupt nicht vor) und die Zahlen darunter geben an, wie oft die Abweichung von der betreffenden Größe vorgekommen ist.

Wir betonen noch ausdrücklich, daß alle die Wellenlängen, auf welche sich diese Angaben beziehen, durch eine einmalige Ablesung erhalten waren, also nicht etwa Mittelwerte vorstellten, was beim Vergleich mit den später folgenden, auf andere Autoren bezüglichen Zahlen von Wichtigkeit ist.

Aus diesen 2703 Fällen ergibt sich schließlich der Mittelwert für $\overline{\triangle}$ 0·014 AE, das heißt also, zwei beliebige von einander unabhängige Einzelmessungen derselben Linie differieren durchschnittlich um diesen Betrag. Wie man aus den $\overline{\triangle}$ für die einzelnen Elemente ersieht, fallen dieselben für jene mit scharfen und wenig verschobenen Linien, wie z. B. für die Platinmetalle, wesentlich geringer aus, als etwa für Ti, Cr, Ni, deren Linien unschärfer sind und bei denen, wie aus den späteren Tabellen zu ersehen ist, auch Verschiebungen in beträchtlicherem Maße auftreten.

Viele der als Verunreinigungen auftretenden Linien haben wir zu öfteren Malen zu messen Gelegenheit gehabt. Bei 59 derselben, die wir zwischen 4- und 13mal maßen, haben wir in der üblichen Weise den wahrscheinlichen Fehler der einzelnen Ablesung und den des Mittels berechnet. In der folgenden Tabelle finden sich diese Werte angegeben, außerdem unter n die Anzahl der Einzelmessungen für jede Linie. Die meisten dieser Linien finden sich auch unter den Rowlandschen Messungen der Bogen- oder Sonnenlinien angegeben. In den mit „Bogen“ und „Sonne“ überschriebenen Kolummen geben wir die Differenzen dieser Wellenlängen mit unseren Mittelwerten, weil später noch Gelegenheit sein wird, auf sie zurückzukommen. Daß einzelne der Rowlandschen Zahlen im Bogen und in der Sonne so sehr voneinander differieren (bis zu 0·08 AE), mag vielleicht in den extremen Fällen von einer ungenauen Identifizierung der Sonnenlinien herrühren.

Element	λ	n	W. F. der Einzelablesung	W. F. des Resultates	Bogen	Sonne
Ag	3383·045	6	0·008	0·003		
Al	2575·194	5	0·006	0·003	+ 0·004	
Al	3082·287	7	0·010	0·004	− 0·015	— 0·012
Bo	2496·865	4	0·010	0·005	+ 0·002	
Bo	2497·808	4	0·006	0·003	+ 0·013	
C	2478·663	3	0·010	0·006	− 0·002	
Ca	3159·003	4	0·013	0·010	— 0·009	— 0·003
Ca	3968·638	12	0·012	0·004	— 0·021	— 0·013
Ca	4226·891	13	0·006	0·002	+ 0·007	+ 0·013
Ca	4283·179	9	0·009	0·003	— 0·004	− 0·010
Ca	4289·525	10	0·010	0·003	+ 0·002	± 0·000
Ca	4302·690	12	0·007	0·002	± 0·000	+ 0·002

Element	λ	n	W. F. der Einzelablesung	W. F. des Resultates	Bogen	Sonne
Ca	4425·606	10	0·009	0·003	+ 0·010	+ 0·002
Cr	3578·825	8	0·008	0·003		+ 0·007
Cr	3593·648	8	0·017	0·006		— 0·012
Cr	3605·483	7	0·010	0·005	+ 0·014	— 0·004
Cr	4254·508	9	0·015	0·005	— 0·014	— 0·003
Cr	4497·012	4	0·010	0·005		+ 0·011
Mg	2779·943	7	0·011	0·004	— 0·008	
Mg	2781·523	3	0·004	0·002	— 0·002	
Mn	2576·192	9	0·005	0·002	+ 0·003	
Mn	2593·818	6	0·009	0·004	— 0·008	
Mn	2605·762	5	0·005	0·002		
Mn	2794·912	5	0·009	0·004	— 0·001	
Mn	2798·376	7	0·011	0·004	— 0·007	
Mn	2801·189	8	0·009	0·003	— 0·006	
Mn	4030·924	10	0·018	0·006	— 0·005	— 0·006
Mn	4033·223	9	0·012	0·004	+ 0·007	+ 0·001
Mo	3798·400	4	0·000	0·000		— 0·004
Ni	3414·913	8	0·012	0·005		— 0·002
Ni	3493·100	7	0·007	0·003		+ 0·014
Ni	3515·201	6	0·006	0·003		+ 0·005
Ni	3524·683	6	0·010	0·004		— 0·006
Pb	2614·262	6	0·008	0·003		
Pb	2663·270	6	0·009	0·004		
Pb	2802·105	8	0·005	0·002		
Pb	2833·202	9	0·014	0·005		
Pb	3683·636	9	0·008	0·003	— 0·014	— 0·019
Pb	4057·999	9	0·008	0·003		+ 0·042
Pd	3404·726	5	0·010	0·005	— 0·001	— 0·009
Pd	3553·252	4	0·006	0·003	— 0·016	+ 0·052
Pd	3609·692	4	0·006	0.003	+ 0·004	+ 0·005
Si	2435·234	13	0·007	0·002	+ 0·013	
Si	2506·999	13	0·006	0·002	— 0·005	
Si	2514·413	11	0·006	0·002	+ 0·004	
Si	2516·201	9	0·005	0·002	+ 0·009	
Si	2519·289	12	0·012	0·003	+ 0·008	
Si	2524·202	11	0·005	0·001	+ 0·004	
Si	2528·593	9	0·003	0·001	+ 0·006	
Si	2881·702	10	0·003	0·001	— 0·007	
Si	2987·752	5	0·010	0·005	+ 0·014	
Sn	2840·105	4	0·003	0·002		
Sn	2863·465	4	0·006	0·003		
Sn	3009·238	4	0·006	0·003		
Sn	3175·197	6	0·013	0·005		
Sn	3262·492	6	0·006	0·003		— 0·083
Sn	3330·780	4	0·005	0·003		— 0·035
Sr	4077·873	8	0·010	0·004	+ 0·003	+ 0·012
Sr	4607·505	11	0·005	0·002	+ 0·001	+ 0·005

Wenn man den Werten dieser Tabelle für die wahrscheinlichen Fehler der Einzelablesung die den n entsprechenden Gewichte erteilt, so erhält man schließlich als Mittel der wahrscheinlichen Fehler der 435 Einzelablesungen dieser Tabelle den Wert 0·0085 AE. Der wahrscheinliche Fehler des Resultates richtet sich natürlich nach der Anzahl der Einzelablesungen und beträgt für n = 4 — 8 durchschnittlich 0·0045 AE und für n = 9 — 13 durchschnittlich 0·0028 AE. Zu bemerken ist hiebei noch, daß, wie bereits erwähnt, alle diese Werte durch Messungen im Spektrum erster Ordnung gewonnen wurden.

Es ist wünschenswert, die von uns erzielte Genauigkeit mit jener zu vergleichen, die in den letzten Jahren von anderen Autoren mit Hilfe des Komparators erzielt wurde. In erster Linie kämen da die Messungen von Rowland in den Bogenspektren einzelner Metalle und im Sonnenspektrum, die Messungen Kaysers, betreffend die Bogenspektren der Metalle der Platingruppe, ferner die Bogenmessungen Hasselbergs und die Funkenmessungen Lohses in Betracht. Die zahlreichen älteren Messungen von Kayser und Runge können wir hier wohl übergehen, da die Autoren den gewonnenen Mittelwerten auch in den günstigsten Fällen eine Fehlergrenze von 0·03 AE zuschreiben.

Bezüglich der Rowlandschen Messungen der Bogenspektren läßt sich aus den mitgeteilten Zahlen leider kein Maßstab für deren Genauigkeit ableiten. Doch unterliegt es bei dem Umstande, daß ihm die besten Gitter und Meßapparate zur Verfügung standen, und bei seiner großen Erfahrung auf diesem Gebiete keinem Zweifel, daß seine Messungen zu den besten gehören. Nichtsdestoweniger scheinen auch hier in einzelnen Fällen Irrtümer unterlaufen zu sein, wie z. B. bei der Messung des Vanadiumspektrums, auf die wir später noch zurückkommen.

Kaysers Messungen der Platinmetalle sind jedenfalls die genauesten, die gegenwärtig über Bogenspektren vorliegen. Aus den allerdings wenigen Daten, welche er für eine Bestimmung seiner Meßgenauigkeit zur Verfügung stellt — es sind das acht viermal gemessene Linien des Rutheniumspektrums — ergibt sich der Wert $\overline{\triangle}$ (mit derselben Bedeutung wie oben) zu 0·007 AE, das ist genau die Hälfte von unserem Wert. Für den mittleren Fehler des Mittels aus je vier Ablesungen gibt Kayser den Wert 0·0029 AE, das entspricht einem wahrscheinlichen Fehler von 0·002 AE. Außerdem gibt Kayser noch für seine 6—10mal gemessenen Standards im Eisenspektrum, die er bei den Messungen der Metalle der Platingruppe verwendete, einen mittleren Fehler von 0·001—0·005 AE an. Setzt man denselben im Durchschnitt zu 0·003 AE, so würde das wieder einem wahrscheinlichen Fehler von 0·002 AE entsprechen. Auch dieser Wert ist etwa die Hälfte des entsprechenden bei unseren Messungen. Will man aus diesen Daten, verglichen mit den unsrigen, ein Urteil über die Zuverlässigkeit der beiden Meßmethoden gewinnen, so muß man bedenken, daß die Zahlen Kaysers sich nur auf die zu Normalien brauchbaren Eisenlinien, sowie auf die gleichfalls sehr scharfen Linien des Rutheniums beziehen, während die unsrigen aus den Messungen der Linien der verschiedensten, zum Teil ungünstigen Elemente,

wie sie eben als Verunreinigungen mitgemessen wurden, abgeleitet sind. Ferner ist noch zu bedenken, daß das Gitter Kaysers die $1^1/_2$fache Dispersion des unsrigen hatte und seine Messungen im Spektrum 2. oder 3. Ordnung ausgeführt wurden. Die Dispersion auf den Platten muß demnach bei ihm zumindest die dreifache wie bei uns gewesen sein, und wenn trotzdem die von ihm erzielte Genauigkeit nur das Doppelte der unsrigen beträgt, so müssen wir das als einen Beweis dafür ansehen, daß die von uns benutzte objektive Methode der Ausmessung, auch was die Genauigkeit anlangt, der Komparatormethode nicht nachsteht.

Zur Beurteilung der Genauigkeit der Hasselbergschen Zahlen gibt dieser folgende Belege an. Eine Doppelmessung des Chroms auf zwei verschiedenen Platten, wobei jede Platte dreimal gemessen wurde, gibt zwischen den beiderseitigen Mittelwerten Differenzen, bei denen

0·00	AE	in	119 Fällen
0·01	AE	„	203 „
0·02	AE	„	162 „
0·03	AE	„	121 „
0·04	AE	„	69 „
0·05	AE	„	37 „
0·06	AE	„	21 „
0·07	AE	„	16 „
0·08	AE	„	7 „
0·09	AE	„	3 „
0·10	AE	„	0 „

vorkommen. Aus diesen 758 Fällen ergibt sich $\overline{\triangle} = 0{\cdot}022$ AE. Die Messungen erfolgten im Spektrum dritter Ordnung.

Eine Vergleichung der im Nickel und Kobalt gemeinsam gemessenen Linien, wobei jede Zahl das Mittel aus je sechs Messungen ist, gibt $\overline{\triangle} = 0{\cdot}020$, wobei Abweichungen bis 0·07 vorkommen. Man sieht, daß auch diese mit dem Komparator gewonnenen Zahlen, obwohl sie Mittelwerte sind, noch nicht die Genauigkeit unserer Einzelwerte erreichen. Für die späteren Messungen Hasselbergs scheint sich, wie aus der Vergleichung seines Vanadiumspektrums mit dem Rowlands folgt, eine etwas größere Genauigkeit zu ergeben. Dabei möchten wir darauf aufmerksam machen, daß in der Publikation von Rowlands Vanadiumspektrum anscheinend irgend ein Irrtum unterlaufen sein dürfte, infolgedessen die Wellenlängen zwischen λ 3933 und λ 4454 zu klein angegeben sind. Es läßt sich das aus den Linien des als Verunreinigung im Vanadium vorkommenden Ca, Sr und Al ersehen. Die folgende Tabelle der von Rowland gegebenen Zahlen zeigt dies deutlich:

Symbol	λ aus V	λ aus Bogenstandard	Differenz
Ca	3933·775	3933·809	0·034
Al	3944·133	3944·165	0·032
Al	3961·652	3961;680	0·028
Ca	3968·588	3968·617	0·029
Sr	4077·849	4077·876	0·027
Ca	4226·871	4226·898	0·027
Ca	4318·803	4318·816	0·013
Ca	4425·594	4425·616	0·022
Ca	4454·939	4454·949	0·010

Nach beiden Seiten hin von diesem Wellenlängenbezirk werden die Differenzen kleiner. Im Bereich λ 3933 — λ 4226 bleibt der Fehler im Vanadium nahezu konstant und kann im Mittel mit 0·03 AE in Rechnung gezogen werden. Bringt man in diesem Bereiche die Korrektur an den Rowlandschen Zahlen an und bildet dann die Differenzen derselben mit den Zahlen Hasselbergs, so ergeben sich:

0·00	AE	in	14 Fällen
0·01	AE	„	11 „
0·02	AE	„	10 „
0·03	AE	„	6 „
0·04	AE	„	4 „
0·05	AE	„	2 „
0·06	AE	„	2 „
> 0·06	AE	„	0 „

woraus sich $\overline{\triangle} = 0{\cdot}018$ AE ergibt.

Auch für die Meßgenauigkeit Lohses lassen sich aus seinen Angaben Anhaltspunkte gewinnen. Da er einen Teil der seltenen Erden untersucht hat, so mußte er häufig in den Fall kommen, dieselbe Linie in verschiedenen Proben zu messen. Bildet man zwischen den Werten der Wellenlängen für die von ihm als identisch bezeichneten Linien die Differenzen, so kann man diese in die folgende Tabelle ordnen.

Es kamen vor Abweichungen von

0·00	AE	in	30 Fällen
0·01	AE	„	38 „
0·02	AE	„	33 „
0·03	AE	„	52 „
0·04	AE	„	38 „
0·05	AE	„	31 „
0·06	AE	„	16 „
0·07	AE	„	15 „
0·08	AE	„	13 „
0·09	AE	„	9 „
> 0·09	AE	„	25 „

Bildet man unter Weglassung der letzten Reihe aus diesen 275 Differenzen das Mittel, so erhält man $\overline{\triangle} = 0{\cdot}035$ AE. Dabei ist zu bemerken, daß die Lohseschen Zahlen auch schon Mittelwerte aus mindestens je zwei Ablesungen sind und daß wir nur solche Linien aus den Lohseschen Tabellen benützten, die keine starken Unterschiede in der Intensität zeigten, und die auch nicht als unscharf bezeichnet waren.

Auch die Calciumlinien λ 3933 und λ 3968 kommen als Verunreinigungen in 9 von seinen Tabellen vor. Bildet man für die gegebenen Zahlen wieder die Differenzen untereinander, so ergibt sich $\overline{\triangle} = 0{\cdot}033$ AE. Die Mittelwerte aus seinen neun Bestimmungen, von denen jede wieder das Mittel aus mindestens zwei Ablesungen ist, ergeben sich zu $3933{\cdot}797 \pm 0{\cdot}006$ und $3968{\cdot}636 \pm 0{\cdot}008$. Mit Rücksicht darauf, daß jede dieser Zahlen aus mindestens 18 Einzelwerten gewonnen wurde, erscheinen die wahrscheinlichen Fehler der Resultate sehr groß, wie auch die Differenzen mit den Rowlandschen Standardzahlen recht beträchtliche sind, nämlich 0·011 AE für die erste und 0·019 AE für die zweite Linie. Als wahrscheinlicher Fehler einer einzelnen der neun Angaben ergibt sich für die erste Linie 0·016 AE, für die zweite 0·024 AE, also wieder recht große Werte. Was die Dispersion anlangt, mit welcher Lohse in verschiedenen Fällen gearbeitet hat, so läßt sich darüber aus seinen Angaben nichts Sicheres entnehmen, jedenfalls waren die von ihm benützten Gitter kleiner als das unsrige, doch scheint er dafür auch in den Spektren II. und III. Ordnung gearbeitet zu haben.

Um einen weiteren Anhaltspunkt für die Meßgenauigkeit der verschiedenen Autoren zu gewinnen, haben wir, soweit sich dies als tunlich erwies, die Werte derselben untereinander verglichen. Um einen Maßstab für die jetzt überhaupt erreichbare Genauigkeit zu geben, führen wir zunächst die Resultate an, die sich solcherweise durch Vergleichung der Messungen Rowlands und Kaysers an den Platinmetallen und den Eisenstandards ergeben. Hier sind nicht nur die zu messenden Objekte die denkbar günstigsten, sondern die betreffenden Messungen haben jedenfalls auch Anspruch, als die bisher genauesten zu gelten, das heißt, insofern es sich um Ausmessung größerer Spektralbezirke handelt. In der folgenden Tabelle geben wir die Differenzen der Wellenlängen bei Kayser und Rowland für die fünf Platinmetalle, wobei unter n jeweilig die Anzahl der beiden Autoren gemeinsamen Linien, unter 0—4 die Abweichungen in Hunderteln der Angströmschen Einheit angegeben sind. Da die Messungen auf Tausentel gehen, so haben wir die Differenzen auf Hundertel abgekürzt, wodurch jedoch bei der großen Zahl der verwendeten Linien kaum ein nennenswerter Fehler entstehen kann.

Element	n	0	1	2	3	4	$\overline{\triangle}$
Pt	82	28	37	10	6	0	0·0098
Rh	228	92	103	28	5	0	0·0076
Os	142	62	66	10	4	0	0·0069
Pd	41	17	20	4	0	0	0·0068
Ru	508	204	244	50	8	2	0·0074

Bildet man aus den Einzelwerten der $\overline{\triangle}$ unter Zugrundelegung der n als Gewichte die mittlere Abweichung für alle verwendeten Werte, deren Zahl 1001 beträgt, so erhält man schließlich $\overline{\triangle} = 0{\cdot}0076$ AE. Dieser Wert bezieht sich also auf Messungen, die mit den größten Gittern und besonderer Sorgfalt ausgeführt wurden, und zwar auf Zahlen, die nicht Einzelwerte, sondern selbst schon die Mittel aus mehreren, bei Kayser aus mindestens vier Werten, darstellen.

Daß man durch noch öftere Widerholung der einzelnen Messungen die Genauigkeit des Mittels noch etwas über den oben gegebenen Betrag treiben kann, lehr ein Vergleich der von Kayser und von Rowland gemessenen Eisenstandards. Aus wiewiel Einzelmessungen Rowland seine Werte abgeleitet hat, läßt sich nicht angeben, jedenfalls aber aus noch mehreren, als er bei Ausmessung der Bogenspektren benützt. Kayser hat seine Werte aus 6—15 Einzelmessungen abgeleitet. Wenn wir hier wieder, wie früher, die Differenzen zwischen Kayser und Rowland auf Hundertel abkürzen, so ergeben sich Differenzen

von 0·00 AE in 113 Fällen
„ 0·01 AE „ 67 „
„ 0·02 AE „ 6 „
„ 0·03 AE „ 2 „

Im Mittel ergibt sich somit aus diesen 188 Differenzen $\overline{\triangle} = 0{\cdot}0045$ AE.

Wir haben die Platinmetalle benützt, um unsere Messungen mit denen Rowlands und Kaysers zu vergleichen. Was ersteren betrifft so gibt er nur im Ruthenium eine größere Anzahl von Linien. Wenn wir wieder für diese die Differenzen mit unseren Zahlen bilden, wobei Rowlands Zahlen auf Hundertel der Angströmschen Einheit abgekürzt wurden, so ergaben sich Differenzen von

0·00 AE in 173 Fällen
0·01 AE „ 222 „
0·02 AE „ 77 „
0·03 AE „ 23 „
0·04 AE „ 6 „
0·05 AE „ 5 „
$>$ 0·05 AE „ 0 „

Aus diesen 506 Fällen ergibt sich $\overline{\triangle} = 0{\cdot}010$ AE. Die Vergleichung der Messungen desselben Metalles mit den Zahlen von Kayser ergibt Differenzen von

0·00	AE	in 133	Fällen
0·01	AE	„ 215	„
0·02	AE	„ 71	„
0·03	AE	„ 33	„
0·04	AE	„ 5	„
0·05	AE	„ 2	„
> 0·05	AE	„ 0	„

Aus diesen 459 Differenzen ergibt sich $\overline{\triangle} = 0{\cdot}011$ AE. Bemerken möchten wir, daß auch diese Differenzen kaum ganz auf Rechnung der Ablesefehler zu setzen sind; die meisten der Linien, bei denen die Differenz 0 03 AE betrug, haben wir hinterher nochmals verglichen, ohne einen Ablesefehler konstatieren zu können, so daß es den Anschein hat, als hätten die Linien in beiden Fällen, wahrscheinlich infolge der verschiedenen Aufnahmebedingungen, nicht dieselbe Stellung.

Aus den vorhergehenden Angaben ergibt sich als Mittel unserer Abweichungen gegen Rowland und Kayser aus 965 Fällen der Wert $\overline{\triangle} = 0{\cdot}0102$ AE, woraus man schließen kann, daß wir keinen systematischen Fehler in unseren Messungen von größerem Betrage haben, was sich auch daraus ergibt, daß die Zahl der positiven und negativen Differenzen wesentlich gleich ist. Vergleicht man den Wert $\overline{\triangle} = 0{\cdot}0076$ AE, der sich aus den Differenzen zwischen den Messungen von Rowland und Kayser in den Bogenspektren ergeben hat, mit dem obigen Wert $\overline{\triangle} = 0{\cdot}0102$ AE und bedenkt man, daß unsere Zahlen Einzelwerte, die Rowlands und Kaysers aber Mittelwerte aus vielmaligen Ablesungen in Spektren höherer Ordnung sind, so kann man die von uns erreichte Genauigkeit wohl als eine befriedigende ansehen.

§ 4. Die Linienverschiebungen. Die Genauigkeit der Wellenlängenbestimmungen leidet im allgemeinen durch den Umstand, daß wie im Funken, so auch im Bogen viele Linien Verschiebungen erleiden, die durch die Verhältnisse der Aufnahme bedingt sind. Auch für den Bogen gilt im wesentlichen das, was wir schon früher über die Verschiebungen im Funkenspektrum gesagt haben. Doch sei gleich hier bemerkt, daß die verschobenen Linien in beiden Fällen keineswegs dieselben zu sein brauchen. So ist zum Beispiel die Calciumlinie λ 3933 im Funken unverschoben, während sie sich im Bogen unter den variablen Verhältnissen, wie sie sich bei unseren Aufnahmen ergeben haben, bis zum Betrage von 0·06 AE nach Rot verschiebt. Auch kommen häufig Linien vor, wie etwa Ni, Eu u. a. m., die weder im Funken noch im Bogen unter den gegebenen Bedingungen Verschiebungen zeigen, deren Wellenlängen aber doch in beiden Arten der Aufnahme merklich differieren.

Die Verschiebungen der Linien zeigen einen deutlichen Gang mit der Intensität und der Dampfdichte; die Umkehrungen, die ihre Entstehungen

der äußeren Dampfhülle verdanken, zeigen in der Regel kleinere Wellenlängen, als die nicht umgekehrte Linie. Doch kann es auch vorkommen, daß sich bei weiterer Steigerung der Dampfdichte auch die Umkehrung nach Rot verschiebt, so zwar, daß die Wellenlänge einer starken Umkehrung größer sein kann, als die der nicht umgekehrten Linie, wenn letztere mit sehr geringer Intensität, etwa einer Verunreinigung angehörend, auftritt. Als Beispiel für die Variation der Wellenlänge mit der Intensität geben wir die folgenden Zahlen einer Nickellinie

3050·93	i =	1
3050·94	i =	1
3050·94	i =	2
3050·97	i =	3
3051·00	i =	4
3050·92	i =	20 u

Für die verschiedene Stellung der Umkehrung gegen die nicht umgekehrte Linie möge das folgende als Beispiel gelten:

Sn: 2840·11 i = 1	Pd: 3373·14 i = 1	Rh: 3396·95 i = 100 u
40·17 i = 30 u	73·21 i = 30 u	97·02 i = 10
2863·46 i = 1		
63·53 i = 20 u		
3175·16 i = 100 u		
75·20 i = 2		

Solcher Beispiele finden sich noch zahlreiche in unserer später folgenden Tabelle der Hauptlinien. Erwähnt sei noch ausdrücklich, daß bei Linien, die keine Umkehrung aufweisen, die stärkere, höherer Dampfdichte entsprechende Linie immer auch die größere Wellenlänge hat. Umkehrungen die exzentrisch auftreten, lassen unbedingt auf eine Verschiebbarkeit der Linie schließen; die Exzentrizität, die immer nach violett zu auftritt, kann unter Umständen einen solchen Betrag erreichen, daß die Umkehrung am violetten Rande der Umkehrung verschwindet. In solchen Fällen ist ein Irrtum nicht ausgeschlossen, indem man leicht die rote Componente der Umkehrung für eine nicht umgekehrte Linie ansehen kann.

Daß diese Verschiebungen der Linien auch im Zahlenmateriale der anderen Beobachter eine gewisse Rolle spielen, läßt sich unschwer zeigen. So sind zum Beispiel die Differenzen in den Zahlen von Kayser und von Rowland für die Platinmetalle, die, wie eine der früheren Tabellen zeigt, nicht selten den Betrag von 0·03 AE, ja sogar 0·04 AE erreichen, wohl nicht auf Beobachtungsfehler zurückzuführen; da Kayser in der Regel die größeren Wellenlängen gibt und er, da seine Spektren linienreicher sind als die Rowlands, wohl auch mit größerer Stromstärke arbeitet, so dürfte es sich hier um schwache Linienverschiebungen handeln.

Sehr auffallend treten diese Verschiebungen hervor, wenn es sich um Linien in der Sonne handelt, verglichen mit solchen der Bogenspektren, da die Verhältnisse, unter welchen sie in letzteren entstehen, von jenen auf der Sonne offenbar wesentlich verschiedene sind. Vergleicht man die

Rowlandschen Wellenlängen des Zirkonspektrums im Bogen mit jenen in der Sonne, so stößt man auf ganz auffallende Differenzen. Es kommt vor eine Abweichung von

0·00	AE	in	8	Fällen
0·01	AE	„	26	„
0·02	AE	„	13	„
0·03	AE	„	7	„
0·04	AE	„	5	„
0·05	AE	„	7	„
0·06	AE	„	0	„
0·07	AE	„	1	„
0·08	AE	„	3	„
0·09	AE	„	2	„
0·10	AE	„	3	„
0·13	AE	„	2	„
0·17	AE	„	1	„
0·23	AE	„	1	„

Aus diesen 79 Fällen ergibt sich ein $\overline{\triangle} = 0{\cdot}035$ AE; das ist aber eine Differenz, wie sie bei den Rowlandschen Messungen unmöglich infolge von Fehlern vorkommen kann. Dazu kommt, daß die Abweichung eine systematische ist, indem in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle die Wellenlängen in der Sonne größer sind als im Bogen. Daß diese Differenzen gerade beim Zirkon so groß ausfallen, ist nicht zu verwundern, da auch nach unseren Erfahrungen das Zirkonspektrum gegen variable Aufnahmsbedingungen besonders empfindlich zu sein scheint.

Auch bei den im ganzen wenig empfindlichen Eisenlinien ist bei den Rowlandschen Standards im Bogen und in der Sonne die gleiche Erscheinung, wenn auch nicht in so auffälliger Weise, zu bemerken. Auch hier gehen die Differenzen bis 0·03 AE, und ergibt sich der Wert $\overline{\triangle} = 0{\cdot}006$ AE, was beides für Rowlandsche Standardlinien außerhalb der möglichen Fehlergrenze liegt. Besonders zu bemerken ist dabei, daß die Differenz 0·00 AE fast ausnahmslos bei umgekehrten Linien vorkommt und daß etwa 84% der Linien im Bogen eine größere Wellenlänge zeigen als in der Sonne, also das umgekehrte Verhalten wie bei den Zirkonlinien, was vielleicht mit einer in verschiedenen Schichten variablen Zusammensetzung der Sonnenatmosphäre zusammenhängen dürfte. Daß das gleiche Verhalten auch noch Linien anderer Elemente zeigen, geht weiter aus den großen Differenzen in den Rowlandschen Zahlen für Bogen und Sonne in unserer Tabelle auf pag. 9 hervor. Daß diese Verschiebungen bei den Sonnenlinien reeller Natur sind, ergibt sich wohl am klarsten daraus, daß Rowland selbst seinerzeit durch das Nichtübereinstimmen der Sonnenaufnahmen von verschiedenen Tagen, und später L. E. Jewell[1]) durch die Differenz der Linien im Bogen und in der Sonne, auf die Tatsache der Linienverschiebungen aufmerksam wurde. Letzterer untersuchte auch ausführlich den Einfluß der verschiedenen Aufnahmsbedingungen auf die Stellung der Linien im Bogenspektrum.

[1]) L. E. Jewell Astroph. Journ. III. (1896).

Bei dem großen Zahlenmateriale, das uns zur Verfügung stand, waren wir häufig in der Lage, konstatieren zu können, ob eine Linie sich verschiebt oder nicht. Wo letzteres der Fall war, ist die betreffende Linie in der später folgenden Tabelle der Hauptlinien und in der Haupttabelle mit * bezeichnet. Konnte eine Linie als verschiebbar erkannt werden, so haben wir dieselbe in den beiden genannten Tabellen auch noch mit jener Wellenlänge eingetragen, die die größte Verschiebung erkennen läßt; in letzterem Falle sind die Zahlen in eckige Klammern ([ ]) eingeschlossen. Wir bemerken noch, daß wir nur Differenzen größer als 0·02 AE als Verschiebungen auffaßten und das auch nur, wenn wir sie in mehreren Fällen übereinstimmend konstatieren konnten. Bei allen jenen Linien der folgenden Tabellen, bei denen weder eine Verschiebung eingetragen noch ein Stern verzeichnet ist, und das ist leider die Hauptanzahl der Linien, waren wir nicht in der Lage, ein Urteil über deren Verschiebbarkeit zu gewinnen.

§ 5. Charakteristik der Spektren. Unsere Messungen an Bogenspektren beziehen sich auf dieselben 75 Elemente, für die wir auch die Funkenspektren ermittelt haben. Wieder mußten wir aus naheliegenden Gründen eine Untersuchung der Edelgase ausschließen, was im vorliegenden Falle um so weniger zu bedeuten hat, als die Bogenspektren von Gasen unter normalem Druck bisher im ultravioletten Teil überhaupt keine Linien erkennen ließen. Im sichtbaren Teil scheinen solche mitunter aufzutreten, wie dies z. B. von O. H. Basquin[1]) beim Wasserstoff beobachtet wurde. Die Linien Hα und Hβ waren dabei deutlich zu sehen, Hγ manchmal bei Anwendung von geringer Disposition, Hδ fast nie; weitere Linien fehlten. Dabei zeigen diese Linien eine Breite von 20—30 AE. Daß auch Sauerstoff und Stickstoff keine Linien geben, geht aus dem Fehlen der Luftlinien in den Bogenspektren hervor. Wir haben uns bei unseren Aufnahmen damit begnügt, in den Bogen solche Verbindungen zu bringen, die reich an dem zu untersuchenden Gase waren, ohne jedoch ein Auftreten von Linien beobachten zu können.

In Bezug auf das fragliche Element Terbium, haben wir seinerzeit schon erwähnt, daß die Untersuchung der Fraktionsreihen der seltenen Erden im Funkenspektrum uns keinerlei Anzeichen für die Existenz desselben ergab. Dieselbe Erfahrung haben wir in Bezug auf die Bogenspektren gemacht. Herr E. Demarçay, der, wie wir einer brieflichen Mitteilung desselben entnehmen, sich eifrigst mit der Darstellung dieses fraglichen Elementes beschäftigte, hat uns schon vor länger als einem Jahre die Zusendung von Material in Aussicht gestellt für den Fall, daß es ihm gelänge, dasselbe zu erhalten. Da wir bis zu seinem Tode keine weitere Nachricht darüber erhielten, ist es einigermaßen wahrscheinlich, daß seine Bemühungen von negativem Erfolge begleitet waren.

[1]) O. H. Basquin, Astroph. Journ. XIV. (1901).

Ein weiteres fragliches Element, das Austrium, haben wir seinerzeit durch die Güte des Herrn Professor Přibram zur Verfügung gehabt; die Untersuchung des Funkenspektrums hat damals die Existenz einiger schwacher Linien ergeben, die mit solchen bekannter Elemente nicht zu identifizieren waren. Doch sind dieselben so gering an Zahl und so schwach, daß es sich vorläufig wohl nicht empfiehlt, dieselben in die Tabellen aufzunehmen.

Aus den im II. Teile mitgeteilten Zahlenmaterial glauben wir noch auf eine Reihe weiterer, bisher noch unbekannter Elemente schließen zu müssen. So ist es zum Beispiel wahrscheinlich, daß eine Reihe von Linien, welche im Titan und Niob vorkommen, keinem dieser Elemente zugehören, sondern einem Begleiter derselben, den wir im Folgenden mit Ω_1 bezeichnen. Ein weiterer solcher, mit Ω_2 bezeichnet, findet sich im Titan und Tantal. Ferner glauben wir die Existenz zweier gemeinsamer Körper im Holmium und Erbium, die wir mit X_1 und X_2 bezeichneten, aus deren Spektren erschließen zu können, während ein dritter, X_3, dem Holmium und Gadolinium gleichzeitig angehört. Eine nachträgliche, beiläufige Durchsicht der Funkenspektren dieser Elemente hat erkennen lassen, daß aus ihnen die gleichen Folgerungen gezogen werden können. Diese Elemente X_1, X_2, X_3 sind jedoch nicht identisch mit den von E. Demarçay[1]) im Holmium vermuteten Elementen Γ und Δ, die wieder durch andere Linien charakterisiert sind.

Endlich wollen wir noch die Tatsache erwähnen, daß auch bei den Elementen der Platingruppe eine ähnliche Erscheinung auftritt. So hat das Ruthenium und Rhodium, das Platin und Iridium, das Platin und Palladium, und endlich das Palladium und Iridium einige auffallende Linien gemeinsam. Ob das einem Zufalle zuzuschreiben ist, oder ob diese Linien gemeinsamen dritten Körpern angehören, muß vorläufig dahingestellt bleiben.

Bei allen untersuchten Elementen waren die Bogenspektren von den Funkenspektren wesentlich verschieden; diese Verschiedenheit zeigt sich im allgemeinen darin, daß die Linienzahl im Bogen eine kleinere ist als im Funken. Namentlich im äußersten Ultraviolett tritt dieser Unterschied besonders auffällig hervor. Die Linien des Bogenspektrums reichen weniger weit ins äußerste Ultraviolett als die des Funkenspektrums und sind dort auch im allgemeinen schwächer. Im ganzen sind sie jedoch schärfer und reicher an Umkehrungen. Wendet man bei den Aufnahmen im äußersten Ultraviolett eine größere Stromstärke an, so wächst auch die Zahl der Linien, doch haben wir es der Einheitlichkeit wegen vorgezogen in allen Teilen des Spektrums mit derselben Stromstärke zu arbeiten.

Die Verschiedenheit zwischen Bogen- und Funkenspektren beschränkt sich jedoch nicht bloß auf die Differenzen in die Linienzahlen. Es treten vielmehr bei jeder dieser beiden Arten von Spektren Linien auf, die nur ihr eigentümlich sind und häufig sind nur verhältnismäßig wenige beiden

[1]) E. Demarçay, C. R., CXXXI. (1900).

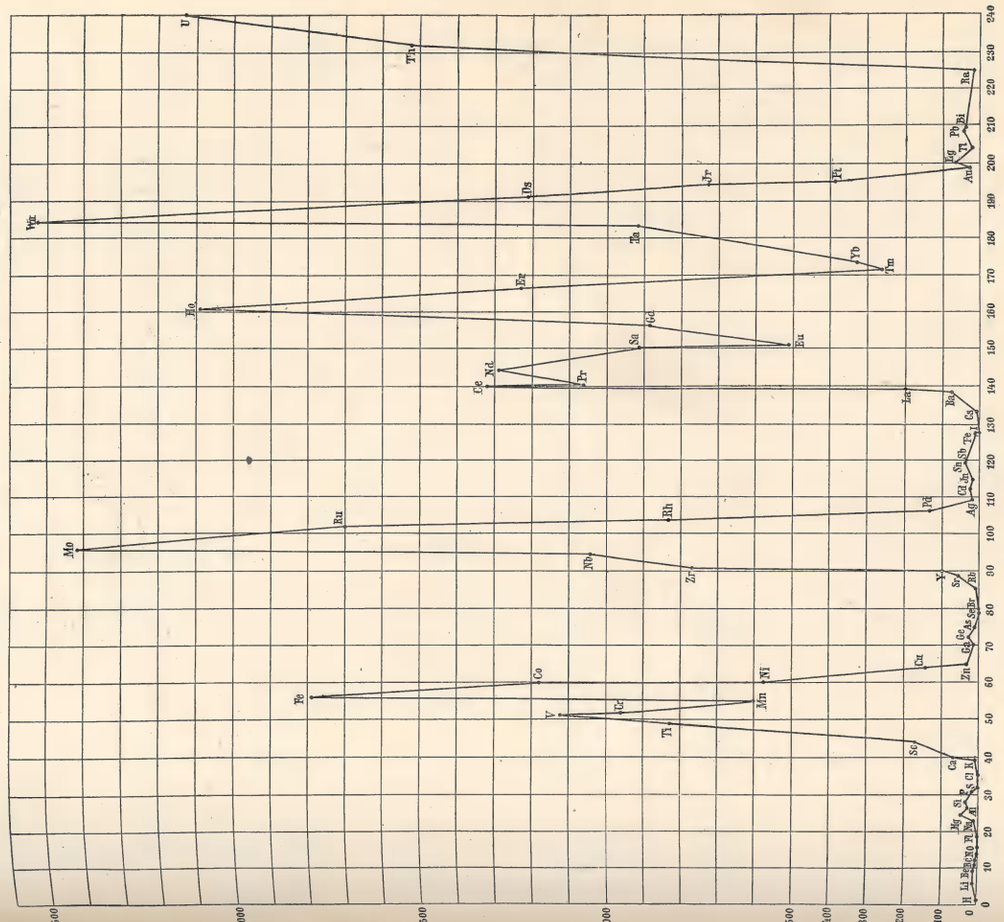
gemeinsam. Es wird dadurch, namentlich im äußersten Ultraviolett, sowie auch dadurch, daß die Intensitätsverhältnisse der Linien sich sehr stark verändern können, der ganze Charakter des Spektrums vollständig verändert, eine Bemerkung, die auch Kayser bezüglich der Spektren der Platinmetalle macht. Man darf jedoch nicht glauben, daß die im Funken- und Bogenspektrum gemeinsam vorkommenden Linien identisch sind. Es treten vielmehr häufig bei diesen kleine, aber sicher bestimmbare Wellenlängenunterschiede auf, so daß man Bogen- und Funkenspektren nicht direkt vergleichen darf, namentlich aber nicht durch Bestimmung der Wellenlängendifferenzen gemeinsam vorkommender Linien Genauigkeitsproben anstellen kann.

Daß auch bei den Bogenspektren die Linienzahlen mit den Atomgewichten in einem gewissen Zusammenhange stehen, geht aus der folgenden Tabelle und der ihr beigefügten Figur hervor. In der ersteren sind die Elemente nach Atomgewichten geordnet und ihnen die Linienzahlen im Bogen beigefügt. Die Figur läßt die Periodizität dieser Linienzahlen sofort erkennen. Nicht nur die Zahl der Linien, sondern auch der Charakter der Spektren stellt sich als eine Funktion des Atomgewichtes dar, ganz so wie wir dies schon bei den Funkenspektren zu erläutern Gelegenheit hatten. Ebenso wie dort finden wir, wenn wir in den Tabellen von links nach rechts fortschreiten, daß die Hauptmenge der Linien und auch die stärksten Linien immer weiter im Ultravioletten liegen. Am auffälligsten tritt dies hervor, wenn man etwa die Spektren der Alkalien mit denen der Gruppe As, Sb, Bi vergleicht. Ebenso bemerkt man auch hier, wie bei den Funkenspektren, daß bei allen Elementen, welche wenige Linien aufweisen, diese sehr stark sind und sich leicht umkehren, während in allen linienreichen Spektren große Intensitäten nur selten auftreten. Bezüglich der Verteilung der Maxima der Linienzahlen wäre nur anzuführen, daß sie bei denselben Elementen liegen, wie für die Funkenspektren, wie überhaupt die Kurve der Linienzahlen, (als Abscissen sind die Atomgewichte, als Ordinaten die Linienzahlen eingetragen), die größte Ähnlichkeit mit der seinerzeit in den „Funkenspektren“ gegebenen aufweist. Nur die sekundären Maxima sind weit weniger deutlich ausgeprägt.

Betrachtet man die Kurve der Linienzahlen, so fällt die Unregelmäßigkeit, welche durch die Elemente der seltenen Erden hervorgebracht wird, sofort ins Auge. Sie dürfte wohl hauptsächlich davon herrühren, daß unsere Kenntnis dieser Elemente noch sehr mangelhaft ist, so daß noch Gemische als Einzelelemente angesprochen werden.

Daß das Uran im Bogen nicht, so wie im Funken, das linienreichste aller Spektren zeigt, ist wohl nur dem Umstande zuzuschreiben, daß wir gezwungen waren, die Aufnahmen zu kurz zu exponieren; infolge des auftretenden kontinuierlichen Hintergrundes wären bei voller Exposition die Linien überhaupt nicht mehr ablesbar gewesen.

Dem Radium haben wir in der Tabelle der Atomgewichte die ihm nach den seitherigen Messungen zukommende Stellung zugewiesen.



Kurve der Linienzahlen der Bogenspektren als Funktion des Atomgewichtes.

Tabelle der Linienzahlen.

H	Li	Be	Bo	C											N	O	Fl
1	7	9	11	12											14	16	19
0	9	9	2	1											0	0	0
	Na	Mg	Al	Si											P	S	Cl
	23	24	27	28											31	32	35
	7	45	28	36											15	0	0
	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br
	39	40	44	48	51	52	55	56	59	59	64	65	70	72	75	79	80
	5	58	167	830	1124	958	604	1790	1180	573	148	32	10	26	18	0	0
	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo		Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	J
	85	88	89	91	94	96		102	103	106	108	112	114	119	120	127	127
	6	56	141	820	1046	2415		1695	832	186	23	30	28	44	38	4	0
	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Sa	Eu	Gd								
	133	137	138	140	140	144	150	151	156								
	5	74	200	1326	1060	1294	912	514	887								
					Ho	Er	Tm										
					160	166	171										
					2088	1233	310										
			Yb		Ta	Wo		Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi		
			173		183	184		191	193	195	197	200	204	207	209		
			383		907	2525		1215	732	390	23	63	19	40	36		
		Ra		Th		U											
		225		232		240											
		17		1533		2136											

§ 6. Anordnung der Tabellen. Die folgenden beiden Tabellen haben ausschließlich den Zweck, das Arbeiten nach der spektralanalytischen Methode zu erleichtern. Die Tabelle der Hauptlinien gibt für alle Elemente geordnet nach der alphabetischen Folge der chemischen Symbole die stärksten Linien, die bei Anwesenheit eines der Elemente jedenfalls zunächst erscheinen müssen. Die weiter folgende Haupttabelle enthält nach We enlängen geordnet alle Bogenlinien von einer Intensität größer als 2, nebst den Symbolen der Elemente, denen sie angehören. Zweck dieser Tabelle ist, eine möglichst leichte und schnelle Identifizierung gemessener Linien. Im folgenden II. Teil endlich geben wir wieder in alphabetischer Folge der Symbole die ausführlichen Bogenspektren aller Elemente.

Die verwendete Intensitätsskala ist im wesentlichen die Rowland'sche; indem wir die schwächsten Linien mit 1 bezeichnet, unterscheiden wir die Stufen von 1—10 und weiter 15, 20, 30, 50, 100, 200, 300, 500, 800, 1000. Zur näheren Charakterisierung der Linien haben wir uns der folgenden Zeichen bedient:

+	bedeutet	unscharf
	„	doppelt
br	„	breit
u	„	umgekehrt
r	„	unscharf nach Rot
v	„	unscharf nach Violett.

Während wir in den ausführlichen Spektren des II. Teiles nur die in den betreffenden Aufnahmen tatsächlich gemessenen Wellenlängen wiedergeben, finden sich in der hier folgenden Tabelle der Hauptlinien sowie in der Haupttabelle bei verschiebbaren Linien auch diejenigen extremen Wellenlängen eingetragen, bis zu welchen wir Verschiebungen konstatieren konnten. Diese letzteren sind in eckige Klammern [ ] eingeschlossen. Konnten wir eine Linie als nicht verschiebbar erkennen, so ist der Intensität ein Stern * beigefügt.

Tabelle der Hauptlinien.

Ag. *Silber.*	3280·84	500 u*		2989·12	30*
	3383·02	300 u		2993·41	30
	[3383·05]	2		3024·76	30*
	4055·42	50 u		3067·84	500 u*
				3397·43	30 u
Al. *Aluminium.*	2568·08	20 u*		3510·97	30
	2575·20	20 u*		3596·34	50
	2652·56	15 u		4121·86	20 +
	2660·50	20 u*		4122·10	20 +
	3082·30	500 u*			
	[3092·86]	5	**Bo.** *Bor.*	2496·84	20u*
	3092·89	800 u		2497·80	20u*
	[3944·17]	3			
	3944·20	800 u	**Br.** *Brom.*	—	—
	[3961·68]	3			
	3961·71	1000 u	**C.** *Kohlenstoff.*	2478·66	3*
As. *Arsen.*	2288·18	4 u*	**Ca.** *Calcium.*	3159·01	10*
	2349·88	4 u		[3179·45]	2
	[2349·93]	1		3179·50	15
	2780·37	10*		3630·87	20 +
	2860·60	10		3644·53	20 +
				3737·06	20
Au. *Gold.*	2428·00	5 u		3933·81	500 u
	2676·02	15*		[3933·87]	10
	3029·29	8		3968·63	300 u*
	3122·92	10*		4226·90	1000 u*
				4302·70	100*
Ba. *Barium.*	3892·00	20		4425·60	100*
	4130·88	30		[4435·12]	3
	4525·19	20		4435·17	100 u
	4554·21	500 u*		[4454·96]	4
	4579·86	20		4455·00	200 u
				[4581·67]	1
Be. *Beryllium.*	2494·76	8 u		4581·77	30
	2650·71	10		[4586·12]	2
	3130·52	20		4586·22	30
	3131·19	20			
	3321·23	20	**Cd.** *Cadmium.*	2980·80	30 + br
	3321·50	20		3133·47	20 r
	4572·88	8		3252·86	20 r
				[3261·20]	2
Bi. *Wismut.*	2628·00	10		3261·23	20 u
	2780·65	20 r		[3403·80]	1 +
	2809·78	20 +		3403·86	100 u
	2898·12	50 u*		[3466·33]	1 +
	2938·43	50 u, r		3466·37	100 u

	3467·81	50 u
	[3610·61]	2
	3610·72	500 u
	3613·11	50 u
	4678·50	50
Ce. *Cer.*	3219·06	3
	3221·33	3
	3227·25	3
	3234·31	3
	3236·87	3
	3272·39	3
	3422·85	3
	3426 34	3
	3710·09	4
	3786·77	4
	3801·69	5
	3890·16	4
	3942·31	5
	3952·77	8
	3999·42	5
	4012·57	5
	4040·92	6
	4042·73	5
	4119·99	8 d
	4150·11	10
	4186·73	10
	4198·80	10
	4240·04	5
	4246·07	5
	4296·88	8
	4386·94	6
	4460·40	8
	4562·52	8
	4628·33	5
Cl. *Chlor.*	—	—
Co. *Cobalt.*	2407·35	3 u*
	2411·73	3 u*
	2414·55	3 u*
	2415·40	3 u*
	2425·06	3 u*
	2432·28	3 u
	2521·49	3 u
	2529·06	3 u*
	3044·11	10 u*
	3405·27	20 u*
	3409·29	10 u*
	3412·50	10 u*
	3412·79	10 u*
	3433·18	10 u*
	3443·79	15 u*
	3449·26	10 u*
	3449·54	10 u*
	3453·66	20 u*
	3462·94	10 u*
	3465·96	10 u*
	3474·17	10 u*
	3489·57	20
	3502·45	15 u
	3506·47	10 u*
	3526·97	10 u*
	3529·96	15 u*
	3569·59	20 u
	3587·30	15 u
	3845·60	20 u
	3873·23	10 u
	3894·25	15 u*
	3936·13	10*
	3995·45	20 u
	4118·96	10*
	4121·42	20 u
	4531·12	10
	4581·80	8
Cr. *Chrom.*	2780·83	8*
	3578·81	30 u*
	3593·64	30 u*
	3605·49	30 u*
	4254·52	50 u*
	[4274·97]	3
	4275·01	50 u
	[4289·89]	2
	4289·92	30 u
	4351·98	15
	4616·28	10*
	4626·35	10*
	4646·35	10
	4652·38	10
Cs. *Caesium.*	4555·52	300 u
	4593·39	50 u
Cu. *Kupfer.*	2293·90	4 u
	2618·46	5 u
	2766·51	10
	3108·70	8

	3126·25	6
	3247·68	1000 u*
	3274·09	800 u*
	4022·87	30 r
	4062·91	50 r
	4275·32	10
	4651·35	8
Er. *Erbium.*	2755·09	3
	2755·73	4
	2897·08	4
	2897·62	4
	2904·59	8
	2910·49	8
	3122·79	8
	3230·72	8
	[3312·56]	2
	3312·60	10
	3372·92	20*
	[3499·24]	5
	3499·28	15
	3616·75	10*
	[3692·80]	4
	3692·85	20
	3729·69	10
	3738·34	8
	3830·69	10
	3896·40	15*
	3902·95	10
	[3906·43]	5
	3906·47	20
	3932·48	10
	3937·20	8
	3938·79	10
	3973·26	10
	3973·78	10
	3974·89	15
	4008·31	8
	4012·76	8
	4020·72	10
	4055·62	8*
	4059·98	10
	4081·43	8*
	4087·80	10
	4100·77	8
	4143·11	10*
	4151·29	15*
	4218·59	8*
	4230·35	8*
	4301·78	8
	4384·83	8
	4419·78	10
	4500·93	8*
	4606·78	10*
	4675·77	10
Eu. *Europium.*	2729·49	5
	2814·08	5
	3111·55	6
	3334·48	6
	3688·57	20
	3725·10	30
	3819·80	50 u
	3907·28	30
	3930·66	50
	3972·16	50
	4129·90	100
	4205·20	100
	4435·74	50
	4522·80	20
	4594·23	100 u
	4627·43	100 u
	4662·10	50
Fe. *Eisen.*	2483·36	8 u
	2488·24	10 u
	2719·11	8 u
	2742·49	10
	2929·19	10
	2937·02	10
	2947·99	10
	2967·02	15 u*
	2973·35	10 u
	2983·70	15 u*
	2994·54	15 u*
	3020·75	20 u*
	3021·19	20 u*
	3047·72	20 u*
	3067·34	15*
	3222·21	10
	3225·92	10
	3407·60	10
	3427·27	10
	3440·77	30*
	3441·13	30
	3444·05	15
	3466·02	20*
	3490·73	20*

	3498·00	15*		[4063·74]	1
	3513·99	10		4063·77	30
	3521·43	10		4071·92	20
	3558·67	10		4132·25	15*
	3565·54	20 u		4144·05	15*
	[3570·24]	1		4250·99	15
	3570·29	50 u		4260·68	20*
	[3581·34]	1		[4271·92]	1
	3581·38	50 u		4271·95	30
	3609·01	20*		4308·09	30*
	3618·91	20		4325·97	30
	3631·60	20*		4383·71	100*
	3648·00	30*		4404·95	50*
	3680·09	10		4415·31	20*
	3705·74	20*		4528·80	10
	3708·06	20			
	3709·39	20*	**Fl.** *Fluor.*	—	—
	3720·09	50 u*			
	3722·73	20*	**Ga.** *Gallium.*	2874·35	10 u*
	[3727·76]	1		2943·77	10 u*
	3727·79	15		4033·18	30 u
	3733·49	10		4172·22	30 u*
	3735·02	50 u*			
	3737·30	30 u	**Gd.** *Gadolinium*	[3027·66]	2
	3743·52	15		3027·74	8
	3745·70	20*		3033·00	8
	3748·40	20*		3034·20	8
	3749·62	30 u*		[3082·10]	1
	3758·39	30*		3082·15	10
	[3763·92]	1		[3100·61]	1
	3763·99	20		3100·66	10
	3767·35	15*		3350·63	8
	3816·00	20		[3358·72]	2
	3820·61	50		3358·77	8
	3824·60	20		[3362·34]	2
	3826·07	30		3362·40	8
	[3827·97]	1		3418·87	8*
	3828·00	20		3422·62	10*
	3834·40	20		3439·37	8
	3860·03	30 u		3440·13	8
	3878·19	15		[3481·41]	1
	3878·75	15		3481·49	8
	[3886·42]	2		3545·94	10
	3886·45	20		3549·52	10
	3928·10	15		3585·12	10
	3930·49	15		[3646·30]	1
	3969·41	15*		3646·36	15
	4005·42	15*		3654·78	8
	4045·99	50*		3656·31	8

	3664·78	8	**Hg.** *Quecksilber.*	2536·72	30 u
	3671 39	10		2652·28	20 u
	3712·88	8		2753·03	20
	3719·63	10		2893·88	50
	3743·68	10		2925·80	20 r
	[3768·51]	1		2967·48	200 u
	3768·60	20		3021·7	200 + b
	[3796·55]	1		3125·76	200 + u
	3796·62	10		3131·66	100 +
	3814·18	10		3132·02	100 +
	3850·85	8		3341·80	50
	3851·15	8		3650·32	100 + u
	3852·65	10		3663·22	50 u
	[3894·80]	1		4046·89	100
	3894·88	8		4358·60	300
	3916·70	10			
	4037·49	10*	**Ho.** *Holmium.*	2914·08	3
	4038·03	8		2944·67	3
	[4049·51]	1		3109·90	4
	4049·59	8		3140·75	4
	[4049·98]	1		3170·12	5
	4050·05	10		3308·99	10
	4063·62	20 d		3393·74	8
	4070·51	10		3399·09	10
	4073·99	10		3416·57	8
	4085·73	10		3445·72	10*
	[4098·74]	1		3484·97	10
	4098·80	10		3515·72	10 d*
	4130·59	15		[3524·15]	2
	4184·48	10		3524·19	10
	4212·16	8		[3531·86]	4
	4226·02	8*		3531·90	20
	4251·90	10		3538·65	8*
	4262·24	10		3645·52	10
	4280·69	8*		3694·98	8*
	4325·83	10		3786·34	8
	4327·29	10		3796·89	8 r
	4342·35	10		3836·61	8 r
				3872·28	10 r
Ge. *Germanium.*	2592·64	20		3874·25	10
	2651·28	30		3889·09	8*
	2651·69	20		3891·18	20*
	2691·45	20		3898·69	10
	2709·70	30		[3944·81]	3
	2754·69	30		3944·87	20
	3039·22	50		3968·53	10
	3269·62	20		3978·70	10*
				3983·82	10*
H. *Wasserstoff.*	—	—		[3996·82]	1

	3996·90	10 r
	[4000·61]	3
	4000·67	20
	4045·59	10
	[4046·04]	2
	4046·11	20
	4050·72	10*
	4054·08	10
	4073·30	10*
	4103·46	10
	4103·97	10
	4111·51	10
	4211·89	20
	4221·29	10
	4308·80	10
	4449·88	10
I. *Jod.*	—	—
In. *Indium.*	2560·24	10 u
	2710·38	10 u
	3039·46	30 u
	3256·22	100 u
	3258·68	20 u
	4101·95	200 u
	4511·55	300 u
Ir. *Iridium.*	[2849·83]	2
	2849·86	8
	2924·94	10*
	[2943·26]	2
	2943·30	10
	3100·50	15
	3220·91	15*
	3266·59	10*
	3368·64	10*
	[3449·10]	1
	3449·13	10
	[3513·78]	3
	3513·82	15
	3516·11	10
	[3522·18]	2
	3522·21	10
	3573·89	10
	3638·84	10
	3800·25	10*
K. *Kalium.*	3446·51	10 u
	3447·54	20 u
	[4044·32]	2
	4044·36	200 u
	[4047·39]	1
	4047·42	200 u
La. *Lanthan.*	3337·66	8
	3344·74	8
	3381·10	8
	3759·22	8
	3790·99	8
	3794·90	10
	3949·27	20
	3988·69	15
	3995·90	10
	4077·50	10
	4086·86	10
	4123·38	10
	4196·70	10
	4238·55	20
	4296·23	8
	4333·98	20
	4430·09	20
Li. *Lithium.*	2741·37	10 u
	3232·83	50 u
	4602·20	100+u
	4603·17	100+u
Mg. *Magnesium.*	2776·82	20 u
	2778·40	20 u
	2779·95	30 u*
	2781·51	20 u*
	2783·08	20 u*
	2795·64	200 u*
	2802·82	100 u*
	2852·25	500 u*
	3091·20	20 u*
	3093·14	20 u*
	3097·08	20 u*
	3829·51	30*
	3832·49	50*
	3838·45	100*
	4703·4	20+r
Mn. *Mangan.*	2576·20	4 u*
	2593·82	4 u*
	2794·92	50 u*
	2798·37	50 u*
	2801·20	50 u*

	3532·20	20 u*
	3547·91	10 u
	3548·18	10 u
	3569·61	15 u
	3569·95	10 u
	4030·92	100 u*
	4033·21	100 u*
	4034·62	50 u
	4041·53	20
	4235·41	10*
Mo. *Molybdän.*	3132·70	30 u*
	3158·28	10 u*
	3170·46	20 u*
	3194·11	20 u
	3358·26	8*
	3363·98	8
	3447·29	10
	3798·41	50 u*
	3864·30	50 u
	3903·11	30 u*
	4107·68	8
	4120·29	8
	4143·73	8*
	4188·49	10
	4232·82	10
	4277·49	10
	4288·82	10 r*
	4292·37	10
	4293·42	10
	4294·03	10
	4369·25	10*
	4375·19	10
	4381·85	15*
	4411·86	20
	4423·81	10
	4435·19	10
	4442·37	8
	4449·93	10
	4457·55	10*
	4468·42	10
	4474·80	10
	4610·06	10
	4626·65	10
N. *Stickstoff.*	—	—
Na. *Natrium.*	2853·00	20 u*
	[3302·48]	2
	3302·56	100 u
	3303·11	100 u*
Nb. *Niob.*	2877·09	5
	2883·32	5
	2927·94	8
	2951·04	6
	3094·32	10
	3130·92	8
	3342·08	10 r
	3343·81	6
	3358·52	10
	3498·75	10
	3535·43	10
	3537·65	10
	3544·15	8
	3554·74	10 d
	3563·71	15 d
	3576·00	10
	3580·42	15
	3664·85	8
	3698·00	10
	3713·21	20
	3726·40	20
	3740·00	20
	3740·99	10
	3742·60	20
	3759·73	10
	3787·26	20
	3790·30	15
	3791·43	20
	3798·29	10
	3803·13	20
	3810·64	10
	3914·87	10
	3937·68	10
	3966·39	20
	4032·72	20
	4033·34	8
	4059·14	50
	4079·88	30
	4101·14	30
	4124·01	20
	4137·30	15
	4139·89	20
	4152·81	20
	4163·80	20
	4164·81	15
	4168·30	20

	4191·09	20
	4192·23	10
	4205·50	20
	4214·91	15
	4218·14	20
	4229·31	10
	4301·35	15
	4326·54	20
	4331·60	10
	4351·80	10
	4378·12	10
	4410·40	10
	4437·41	20
	4447·40	10
	4523·63	20
	4547 00	10
	4573·30	20
	4581·85	10
	4606·96	20
	4630·29	10
	4664·02	10
	4672·30	20
	4675·59	10
Nd. *Neodym.*	3328·40	3
	3685·91	4
	3723·65	4
	3735·69	5
	3738·19	4
	3759·08	4
	3775·64	6
	3784·41	6
	3805·51	5
	3805·69	3
	3814·90	5
	3848·37	5
	3848·63	5
	3851·88	8
	3863·52	10 r
	3911·31	8
	3941·69	6
	3951·32	10 r*
	3963·29	6*
	3973·44	6
	3973·83	6
	3990·30	8
	3994·86	8
	4012·42	8
	4031·97	8
	4061·27	10*
	4109·60	8
	4135·48	8
	4156·30	10
	4177·50	8
	4247·54	10
	4282·67	10
	4284·70	8
	4303·78	20
	4314·62	10
	4325·94	15
	4351·48	10
	4358·37	10
	4385·88	8
	4401·02	8
	4446·61	10
	4451·80	10
	4463·20	10*
Ni. *Nickel.*	2311·09	3 u*
	2312·43	3 u
	2320·19	4 u
	3002·58	15 u*
	3003·70	10 u
	3012·11	15 u*
	3038·04	15 u*
	3050·92	20 u
	[3050·93]	1
	[3051·00]	4
	3057·76	15 u*
	3101·67	10 u*
	3101·99	10 u*
	3134·22	30 *
	3369·71	15 u*
	3380·71	10 u*
	3393·10	20 u*
	3414·91	30 u*
	3446·40	30 u*
	3458·60	20*
	3461·80	20*
	3493·11	30*
	3515·21	30*
	3524·68	50*
	3566·51	20*
	3619·52	50 r*
	[3858·45]	1
	3858·51	20
	4401·75	15*

O. *Sauerstoff.*	—	—
Os. *Osmium.*	2909·20	8
	3058·80	8
	3156·38	8
	3232·19	8
	3268·10	10
	3301·70	10
	3336·30	8
	3370·74	8
	3528·75	10
	3559·97	10
	3561·03	10*
	3598·25	10
	3657·05	10
	3671·05	10
	3719·64	10
	3720·27	10
	3752·69	20 d
	3782·34	20*
	3790·29	10
	3794·08	15
	3836·18	10
	3840·44	10
	3850·11	10
	3857·24	10
	3876·91	10
	3963·80	15
	3977·39	15
	4066·85	10
	4091·99	10
	4112·19	20
	4135·96	30*
	4173·40	15
	4175·78	10
	4212·06	30
	4261·01	20
	4294·14	10
	4311·57	10
	4420·64	20
P. *Phosphor.*	2534·12	3
	2535·74	5
	2553·37	4
	2555·00	3
Pb. *Blei.*	2393·92	30 u*
	[2577·36]	1
	2577·39	20 u
	2614·26	50 u*
	2663·27	20 u*
	2802·10	100 u*
	2823·31	30 u*
	2833·21	100 u*
	[2873·45]	1
	2873·48	50 u
	3572·95	200 u
	3639·72	500 u*
	3671·80	100 r
	3683·62	1000 u*
	[3740·11]	2
	3740·20	200
	4019·80	50
	4058·00	100 u*
Pd. *Palladium.*	2441·51	10+ br, u
	2476·50	8 u
	3028·05	20
	3065·41	20
	[3114·15]	2
	3114·19	30
	3242·83	10 u*
	[3302·25]	2
	3302·28	30 u
	[3373·14]	1
	3373·21	30 u
	3404·73	100 u*
	[3421·37]	3
	3421·42	50 u
	3460·93	50 u*
	3481·31	50 u*
	3517·08	100 u*
	3553·24	50 u*
	3609·71	100 u*
	3634·85	200 u*
	3690·49	20 u
	3894·33	20
	3958·79	20
	4213·11	20
Po. *Polonium.*	—	—
Pr. *Praseodym.*	3645·81	3
	3646·45	3
	3687·20	3
	3687·35	3
	3762·03	4
	3816·21	8

	3851·72	5		2998·07	30*
	3877·39	10		3042·75	20*
	3908·59	10		3064·82	50
	3947·80	8 r		3139·50	10
	3949·62	8 r		3156·70	10
	3953·63	8 r		3200·83	10
	3964·97	8 r		3204·20	10
	3982·22	8 r		3256·08	10
	3989·86	10		3302·00	10*
	3994·99	10		3408·27	15*
	4008·90	15		3485·43	10*
	4045·02	8		3628·27	10*
	4055·02	10 r		3923·13	10
	4056·70	10 r		4118·84	10
	4063·01	15 r		4442·75	15
	4082·10	8 r		4498·93	10
	4100·91	20			
	4118·70	20	**Ra.** *Radium*	3529·62	3
	4141·42	10		3531·8	3 + br
	4143·33	20		3640·43	3
	4164·33	10		3814·56	3
	4172·45	8		4081·08	4 +
	4179·60	20 r		4305·45	3
	4189·70	20 r			
	4206·88	20	**Rb.** *Rubidium.*	3587·21	20 u
	4223·18	20		4202·00	500 u
	4225·50	20 r		4215·75	200 u
	4241·20	15			
	4247·79	10	**Rh.** *Rhodium.*	3191·33	8
	4272·43	10		3263·30	10*
	4305·99	20		3271·75	10*
	4334·17	10		3280·68	20 u*
	4352·04	10		3283·71	20 u*
	4368·48	10		3323·24	50 u*
	4409·00	20		3396·95	100 u
	4429·38	20		[3397·02]	10
	4468·81	10		3435·03	20 u*
	4496·60	20		3462·19	30
	4510·32	10		3470·82	20*
				3474·95	20*
Pt. *Platin.*	2467·52	6		3502·67	50*
	2646·98	10*		3507·48	20*
	[2659·56]	2		[3528·15]	1
	2659·60	30 u		3528·18	30
	2702·50	20*		3596·32	20
	2705·99	20*		3597·31	20*
	2719·12	15		3658·15	50
	2830·40	20*		3692·51	50*
	2929·90	20*		3701·07	30*

	3799·46	20*		4152·38	10*
	3959·00	30*		4203·18	10
	4129·06	20*		4225·48	10
	4135·45	20*		4229·83	10
	4211·26	30		4236·88	10
	4375·00	30*		4256·54	10*
				4319·12	10
Ru. *Ruthenium.*	2810·69	8 d		4329·20	10*
	2875·12	10		4347·95	10
	2916·37	10		4391·10	10
	3100·95	8		4424·55	20
	3294·26	10		4434·07	10
	3339·69	10		4434·52	20
	3417·50	20		4452·92	10
	3428·50	20 u		4454·86	10
	3436·87	30 u, r		4467·53	10
	3499·09	50 u*		4519·80	8
	3593·18	20*		4523·22	8
	3596·31	20*		4669·60	6
	3635·09	10*		4669·83	6
	3727·06	10 + u		4674·79	5
	3728·16	10 + u			
	3742·44	10	**Sb.** *Antimon.*	2528·61	20 u
	3786·18	10*		2598·15	20 u*
	3790·64	10 + *		2878·00	20 u*
	3923·62	10		3029·91	20 u*
	3926·06	10		[3232·63]	4
	3931·95	10		3232·69	30
	3945·73	10		3267·63	30 u*
	3985·01	10		[3637·96]	2
	4080·78	20		3638·00	20
	4097·97	10		3722·94	15*
	4144·32	10		4033·68	15
	4200·07	10			
	4212·24	10	**Sc.** *Scandium.*	3353·90	20
	4297·88	10*		3369·13	15
	4372·38	10*		3372·33	20
	4460·22	10		3558·69	20
	4554·69	10 u		3567·89	20
	4584·63	10		3572·73	30
	4709·68	10		3576·53	20
				3614·00	30
S. *Schwefel.*	—	—		3630·93	20
				3642·99	20 v
Sa. *Samarium.*	3568·45	4*		3645·50	15
	3592·78	4		3907·69	30
	3670·98	8 v*		3912·03	30
	3739·30	10		4020·60	20
	4118·72	8		4023·88	30

	4082·60	15
	4247·02	50
	4314·31	30
	4320·98	20
	4325·22	20
	4374·69	20
	4400·63	20
	4415·78	20
Se. *Selen.*	—	—
Si. *Silicium.*	[2435·23]	1
	2435·27	4
	2507·01	10*
	2516·20	15*
	2524·22	10*
	2528·60	10*
	2881·70	30 u*
	[3905·67]	2
	3905·70	15
Sn. *Zinn.*	2706·64	10 u
	[2840·11]	1
	2840·17	30 u
	2850·72	10 u
	[2863·46]	1
	2863·53	20 u
	2913·63	10
	[3009·24]	1
	3009·33	50 u
	3034·25	50 u*
	3175·16	100 u
	[3175·20]	2
	3262·50	100 u*
	3330·80	20*
	3801·19	30 u
	4524·99	10
Sr. *Strontium.*	3351·45	30 u
	3366·51	20
	3380·98	20
	3464·68	30
	4030·55	20 +
	4077·89	1000 u*
	4162·99	20
	4215·70	100 u
	4305·68	20
	4438·21	20
	4607·51	500 u*

Ta. *Tantal.*	2603·60	3
	2635·66	3
	2647·56	3
	2653·36	3
	2656·69	3
	2685·24	4
	2965·26	4
	3012·00	4
	3012·62	5
	3049·63	4
	3069·32	4
	3103·37	4
	3170·40	4
	3181·08	4
	3223·98	4
	3229·34	4
	3311·36	10
	3318·04	5
	3318·99	5
	3371·66	5
	3407·09	5
	3480·67	5
	3497·98	5
	3511·20	8
	3607·53	8
	3626·78	10
	3642·20	10
	3996·32	5
	4061·53	5
	4129·55	5
	4511·16	8
	4574·48	4
Te. *Tellur.*	2383·39	3 u
	2385·90	3 u
Th. *Thorium.*	2692·50	3
	2747·25	3
	2752·29	3
	2832·43	4
	2837·40	4
	2842·92	3
	3108·40	4
	3119·60	4
	3123·06	3
	3124·48	3
	3180·32	4
	3188·33	5
	3392·18	4

	3434·13	4
	3436·10	4
	3470·10	4
	3511·76	5
	3539·44	3
	3539·72	4
	3617·21	4
	3625·09	4 r
	3625·79	4
	3721·99	4
	3741·36	5
	3752·73	4
	4019·29	5
	4086·68	4
	4094·91	4
	4209·01	4
	4273·52	4
	4277·48	4
	4282·21	4
	4382·05	10
	4391·29	10
	4412·93	6
Ti. *Titan.*	3078·76	5*
	3186·58	8*
	3192·14	8*
	[3200·04]	1
	3200·08	8
	3342·01	4*
	3349·17	3* Ω_1 ?
	3349·56	8 Ω_1 ?
	3354·80	8* Ω_1 ?
	3361·41	10
	3371·62	10*
	3372·91	4
	3377·70	10*
	3635·61	15*
	3642·81	15 u*
	3653·66	15*
	[3741·21]	1
	3741·25	15
	3753·00	15*
	3759·48	10
	3761·50	10
	3883·04	10
	3947·98	10
	[3948·82]	1
	3948·87	12
	3956·50	15*

	[3958·35]	2
	3958·39	15
	3981·95	15*
	[3989·91]	2
	3989·94	20
	3998·80	20
	4274·75	15
	4286·19	10
	4287·59	10
	4289·26	15
	4291·19	10*
	4295·93	10*
	4298·89	12
	4300·73	15*
	4301·24	15*
	4306·09	20*
	4455·50	12
	4457·61	15
	[4512·95]	2
	4512·98	15
	4518·25	15
	4523·00	15*
	4527·50	15*
	4533·44	20*
	4534·95	15*
	4544·88	15*
	4548·98	15
	4552·70	15
	4555·70	15
	4617·43	12
	4667·78	10
	4682·10	10*
Tl. *Thallium.*	2709·33	20 + u
	2767 96	20 + u
	2918·42	100 u
	2921·66	20 u
	3229·89	20 u
	3519·38	500 u
	3529·52	100 u
	3775·89	500 u
Tm. *Thulium.*	3131·38	5
	3134·00	4
	3151·18	4
	3362·78	8
	3425·22	10
	3462·34	10
	3535·67	6

	3608·95	8		4128·30	10
	3761·49	8		4132·15	10
	3795·91	8		4330·26	10
	3848·18	15		4333·03	10
	4008·13	10		4341·21	10
	4094·34	10		4353·08	10
	4106·01	10		4379·41	30 u*
	4187·79	10		4384·91	30
	4203·89	8		4390·19	20
	4242·33	10		4395·45	15
				4408·70	20
U. *Uran.*	3932·20	4		4460·58	10
	4042·91	5		4489·09	10
	4090·30	4		4586·59	10
	4154·13	4		4594·36	10
	4156·81	4			
	4241·81	4	**Wo.** *Wolfram.*	2435·98	3
	4244·51	4		2452·12	3
	4246·41	4		2481·57	3
	4341·87	4		2896·55	4*
	4355·88	5		2944·51	5*
	4362·21	4		2947·08	5*
	4393·79	5		3043·91	4
	4472·51	4		3085·00	4
	4543·81	4		3215·70	4
	4620·42	5		3300·97	4*
	4631·81	4		3331·84	4
				3495·42	4
V. *Vanadium.*	3066·50	5 u*		3545·39	4
	3183·53	10 u*		3617·67	6
	3184·11	20 u*		3632·10	4
	3185·51	20 u*		3708·09	4*
	3533·87	8		3817·62	4
	3667·89	10		4008·91	10*
	3687·63	10		4045·74	4
	3690·49	10		4074·53	8 r*
	3692·40	10		4102·85	5 r
	3703·73	15*		4241·62	4
	3795·12	10 r		4244·52	5
	3990·77	8		4269·53	4
	3992·98	10*		4294·77	10*
	3998·91	10		4302·28	8*
	4090·80	10		4484·37	10
	4092·89	15*		4543·71	5
	4099·99	20 +*		4552·01	5
	4109·98	15		4570·82	8
	[4111·95]	3		4588·89	8
	4111·98	30 u		4600·15	5
	4116·73	15		4613·52	5

Y. *Yttrium.*	3600·91	10		3273·23	5
	3710·48	20		3306·50	5
	3774·52	20		3392·14	10
	3788·88	30		3438·41	8
	4077·54	20		3496·38	10
	4102·57	20		3547·82	8
	4177·74	30		3552·12	6
	4309·81	20		3556·75	8
	4375·12	50		3572·60	8
	4398·25	20		3576·95	5
	4422·81	10		3601·37	5
	4643·88	8		3663·79	8
				3780·71	8
Yb. *Ytterbium.*	2464·59	3 u		3885·53	6
	2891·53	8		3890·49	10
	3289·50	100 u*		3891·53	10
	3507·54	10 d?		3929·71	10
	[3694·33]	1		3973·63	10
	3694·37	200 u		4064·34	6
	3770·27	10		4072·89	8
	[3988·13]	2		4081·40	10
	3988·16	500 u		4149·35	6
	3991·09	8		4199·24	6
	4052·47	8		4201·63	6
	4149·22	8		4227·94	10
	4439·38	10		4239·49	10 r
	4518·73	10		4240·52	8 r
	4576·41	10		4282·36	10
				4348·03	8 r
Zn. *Zink.*	2771·02	20		4359·91	6
	2801·09	30		4379·91	6
	[3282·46]	1		4507·32	10
	3282·50	200+u		4535·90	10
	[3302·74]	1		4575·69	10
	3302·81	100+u		4634·17	8
	[3303·10]	1		4688·00	15
	3303·16	100+u		4688·63	8
	[3345·16]	2			
	3345·21	100+u	Ω_1 (Gemeinsam	3349·17	6 v Ω_1?
	[3345·70]	1	in Nb und Ti)	3349·56	5 Ω_1?
	3345·78	50+u		3354·82	5 Ω_1?
	3346·16	20+		3383·89	3
	4680·49	100+r		3669·15	3
	[4722·33]	1		4299·81	8
	4722·48	200+u			
			Ω_2 (Gemeinsam	2933·67	3
Zr. *Zirkon*	3011·90	6	in Ta und Ti)	3242·19	3
	3029·65	5		3999·44	3
	3138·81	5			

X_1 (Gemeinsam in Er und Ho)	3141·24	5		3724·59	4
	3182·04	4		3810·87	10
	3264·91	5		4078·11	15
	3368·21	8		4127·29	4
	3385·23	10		4163·19	4
	3456·14	6			
	3486·02	4r	X_3 (Gemeinsam in Gd und Ho)	3053·70	3
	3650·53	5		3102·04	3
	3792·00	4		3156·61	4
	4048·48	4		3422·76	3
	4409·52	8		3662·41	4
				3674·22	3
X_2 (Gemeinsam in Er und Ho)	3456·68	4		3740·19	3
	3477·21	4		3801·50	4
	3494·62	4		4134·31	3
	3629·53	4		4163·22	3

Haupttabelle.

Pb	2237·55	3 u	Pt	2403·18	3	Fe	2483·36	8 u
Pb	47·03	5 u	Wo	05·73	3 d	Sn	83·60	3 + u
Cu	63·14	3 u	Co	07·35	3 u*	Fe	84·29	3 +
Al	63·57	3 u	Co	11·73	3 u*	Pd	86·61	3
Al	69·25	3 u	Pb	11·86	8 u	Pt	87·25	5*
As	88·18	4 u*	Co	14·55	3 u*	Rh	87·60	3
Cu	93·90	4 u	Co	15·40	3 u*	Fe	88·24	10 u
Pd	96·61	3	Ge	17·46	3	Pd	89·00	4
			Pt	18·14	3	Fe	89·89	3 +
Pt	2303·26	3	Sn	21·82	5 + u	Pt	90·23	3
Ba	04·36	3 u	Co	25·06	3 u*	Fe	90·72	5 u
Ag	09·61	3	Au	28 00	5 u	Rh	90·85	3
Ni	11·09	3 u*	Pt	28·10	3	Fe	91·24	3 u
Ni	12·43	3 u	Sr	28·20	3 u	Rh	94·61	3
Sn	17·30	3 + u	Pt	28·28	3	Be	94·76	8 u
Ni	20·19	4 u	Pb	28·80	3 +	Sn	95 90	3 +
Ni	21·55	3 +	Sn	29·66	5 + u	Pt	95·91	3*
Ni	25·90	3 +	Co	32·28	3 u	Bo	96·84	20 u*
Cd	29·36	3 +	Co	35·19	3	Bo	97·80	20 u*
Ba	35·38	3 u	Si	[35·23]	1	Ge	98·08	3
Pt	40·27	3	Si	35·27	4	Pt	98·59	3
Pt	43·52	3	Wo	35·98	3	Pd	98·87	3
Be	48·64	3 u	Pt	36·77	3			
As	49·88	4 u	Pt	40·16	4*	Fe	2501·23	3 u
As	[49·93]	1	Pd	41·51	10 + br,u	Ir	03·08	3*
Sn	54·98	3 + u	Pb	43·92	10 u	Rh	04·39	3
Pt	57·17	3*	Rh	44·35	3	Pd	05·84	3
Al	67·13	5 u	Pd	46·27	3 (Pb)	Pt	06·03	3
Pt	68·35	3	Pb	46·30	15 u	Si	07·01	10*
Rh	68·38	3	Pd	48·00	8 u	Pt	08·59	3
Ir	72·86	3*	Pt	51·07	3	Fe	10·92	3 - +
Al	73·23	5 u	Wo	52·12	3	Rh	13·50	3
Al	78·53	3 +	As	56·60	3	Si	14·43	8*
Tl	79·72	3 + u	Pd	57·35	3	Pt	15·13	3
Fe	82·12	3	Fe	62·75	3	Pt	15·68	4*
Te	83·39	3 u	Yb	64·59	3 u	Si	16·20	15*
Pt	83·74	3	Pt	67·52	6	Fe	18·20	3 +
Te	85·90	3 u	Fe	73·15	3 u	Si	19·30	8*
Rh	86·23	3	Rh	75·11	3	In	21·41	5 + u
Ir	91·29	3*	Ir	75·19	3	Co	21·49	3 u
Cu	92·80	3	Pd	76·50	8 u	Fe	22·94	10 u
Pb	93·92	30 u*	Pb	76·51	10 u	Si	24·22	10*
Fe	95·72	3	C	78·66	3*	Pt	24·41	3
			Fe	79·87	3 u	Bi	24 60	4
Bi	2400·98	8	Ir	81·27	3	Fe	27·53	5 u
Pb	02·06	10 u	Wo	81·57	3	Si	28·60	10*

899

EXNER
HASCHEK
DIE
SPEKTREN
DER
ELEMENTE

2.

135682
19.—

Ausgeschieden
UBTU WIEN

879

DIE
SPEKTREN DER ELEMENTE
BEI NORMALEM DRUCK

VON

PROF. FRANZ EXNER UND DR. EDUARD HASCHEK

ZUGLEICH II. WESENTLICH VERMEHRTE AUFLAGE
DER WELLENLÄNGENTABELLEN FÜR SPEKTRAL-
ANALYTISCHE UNTERSUCHUNGEN

BAND II

I. Physikalisches Laboratorium
an der TECHNISCHEN HOCHSCHULE
WIEN, IV. Gußhausstraße 25

LEIPZIG UND WIEN
FRANZ DEUTICKE
1911

Ausgeschieden
UBTU WIEN

Verlags-Nr. 1682.

BAND II.

DIE BOGENSPEKTREN DER ELEMENTE.

Ausgeschieden
UBTU WIEN

Wir geben in diesem Bande die ausführlichen Bogenspektren der Elemente; sie sind geordnet nach der alphabetischen Reihe der chemischen Symbole. Die Verunreinigungen sind, wenn sie sicher erkennbar waren, aus den Tabellen weggelassen. Nur in der Gruppe der seltenen Erden, soweit dieselben chemisch noch nicht genügend getrennt sind, haben wir die Gruppenverunreinigungen unter Beifügung der betreffenden chemischen Symbole in den Tabellen belassen.

Vor jedem Elemente findet sich die Literatur der Bogenspektren angegeben, soweit dieselbe gegenwärtig noch Interesse beansprucht, sowie das Material, das wir zu den Aufnahmen verwandten, dessen Verunreinigungen und endlich die Zahl der gemessenen Linien. Wo Banden zu beobachten waren, sind die Kanten derselben ohne Intensitätsangabe dem Linienspektrum des Elementes am Schlusse beigefügt. Es bedeutet dabei die Bezeichnung K. V. oder K. R. das die betreffende Kante nach Violett, resp. Rot abschattiert ist.

Die Intensitätsskala der Linienspektren schließt sich der Rowlandschen an; wir bezeichnen mit 1 die Linien geringster Intensität und mit 1000 die stärksten. Von den zur Charakterisierung der Linien verwendeten Zeichen ist zu bemerken:

$+$	bedeutet	unscharf,
d	„	doppelt,
u	„	umgekehrt,
br	„	breit,
r	„	verwaschen nach Rot,
v	„	verwaschen nach Violett,
( )	„	, daß eine Linie des eingeklammerten Elements über die gemessene Linie fällt.

I. Ad. Aldebaranium.

Ältere Messungen: J. M. Eder und E. Valenta, Wiener Akad. 119 IIa. (1910) (Rot).
Material: Aldebaraniumnitrat aus Oxid von C. Auer v. Welsbach.
Verunreinigungen: Cp, Tm.
Linienzahl: 905.

2320·95	1	2665·10	2	2759·63	1+	2821·27	3
90·82	1	68·80	1	60·89	2	23·69	1
2464·61	2	72·04	2	61·48	2	24·33	1
2502·12	1	72·72	3	64·54	2	25·09	3
09·19	1	74·97	1+	65·85	1+	26·55	1+
12·15	2	79·65	1	68·40	1+	27·13	1
37·75	1	80·46	1	71·19	1	28·05	3
38·77	2	83·49	1	71·45	2	31·10	3
52·25	1	84·82	2	74·86	1	32·33	1
52·81	1	88·03	1	75·06	1	33·96	1+
61·75	1	92·09	1	76·38	3	35·09	2
71·45	1+	92·50	1+	76 68	1	38·76	1+
78·87	1+	95·51	1	77·15	1	39·02	1
88·36	1	96·70	1	77·56	1+	39·19	1+
96·25	1	97·57	1	79·65	1	39·97	1+
96·40	1	2700·86	1	80·95	1+	41·46	1
2604·10	1	01·80	2	84·76	2	42·25	1
13·49	1	08·91	1	85·16	2	42·40	1
15·50	3 Cp	09·76	1	91·70	1	42·69	1
17·10	2	10·62	2	92·26	1	44·78	2 Tm
19·15	1	10·72	1	93·38	1	47·30	4
19·33	1	11·86	1	94·51	1	47·60	3 Cp ?
24·41	1	12·72	2	94·69	2	48·56	3
34·37	1	15·50	1+	95·18	1	49·00	1
39·51	1	16·00	1	96·71	2	49·45	1
40·83	1	18·43	2	97·38	2 d	51·28	4
41·97	2	21·25	2	97·90	1	53·51	1
42·61	1	22·26	2	98·10	1	53·79	1
44·39	2	29·14	1+	98·33	2	54·26	2
46·53	1	32·80	2	99·48	2	54·60	1
47·54	1	33·18	1	2800·12	2	55·00	1+
48·86	1	34·15	1	00·50	1	58·48	2
49·85	1	41·80	2	04·35	1	58·55	1+
50·35	1	45·78	1	08·10	1	59·50	2
50·80	1	48·13	1	08·50	1	59·90	3
53·82	3	48·77	3	10·80	1	60·50	1
56·20	1	50·59	4	12·37	1+	61·34	3
56·88	1+	51·54	2	14·61	2	61·44	2
57·88	1	54·27	2	16·45	1	61·83	1
58·55	1+	55·03	1	17·40	1+	65·45	1
59·34	1	56·81	1	18·25	1	67·18	3
60·16	1	59·10	1	18·59	2	68·11	1

2869·33	3	2927·96	1	2983·26	1	3034·76	2
70·17	1	28·34	1	84·10	4	36·10	1
73·12	1	32·73	1+	85·20	3	36·94	1
73·60	1	33·14	1+	85·48	1	38·09	2
79·26	1	34·47	1	86·00	2	38·64	1
81·98	1	35·22	2	86·65	2	38·84	1
82·25	1	36·11	3	87·76	1	39·78	3
85·30	1+	37·30	1	89·40	2 Cp?	42·48	3
86·12	2	38·30	1	90·50	1	42·76	3
86·35	2	39·44	1	90·66	3	44·10	2
88·14	3	39·66	2	91·99	2	44·94	1
88 62	1	40·64	2	93·00	1+	46·15	1
89·77	1	42·16	2	93·37	2	46·59	2
91·10	2	42 95	1	94·04	2	46·93	2
91·52	10	43·48	1	94 91	4	47·15	2
93·78	2	46·02	3	95·99	2	48·91	2
94·43	1+	46·41	2	98·50	1	50·83	2
94·99	3 Cp	46·90	1	3000·59	2	52 62	1+
97·05	1	47·25	1+	02·15	1	53·83	1
99·85	3	49·35	2	02·70	2	54·17	2
2900·46	3 Cp	50·47	1	05·90	5	55·30	1
02·56	1	51·15	1	06·24	1	56·20	2
03·06	1	51·40	2	06·45	1	56·84	3 Cp
03·18	1	51·81	2 Cp?	09·01	1	58·52	1+
05·55	1	53·15	1	09·50	3	61·26	1
07·00	1	55·44	2	10 75	3	62·19	1
07·30	1+	57·75	2	12·14	1	63·26	2
08·25	1	59·76	2	13·82	2	63·80	2
08·46	2	60·96	1	14·55	3	64·13	1
09·32	2	61·90	1	14·79	3	65·01	1
09·61	2	62 64	3	15·42	4	65·17	4
10·50	1	63·45	4 Cp	17·21	2	66·56	1+
11·53	8 (Cp	64·54	1	17·68	3	68·26	1+
13·01	1	64·89	3	18·72	1	71·70	1+
14·10	1	66·00	2	19·94	1	73·20	3
14·34	3	67·85	1	20·66	3 (Fe)	73·61	2
14·60	1+	69·96	2 Cp	22·55	1	73·79	1
15·00	1+	70·70	5	23·83	1	73·95	1
15·40	3	70·90	1	25·96	2	74·64	1
16·61	2	74·40	1	26·20	2	75·35	1
18·39	2	75·69	1	26·80	3	76·15	2
19·49	4	77·66	1	28·20	1	77·74	5 Cp
21·25	3	78·55	2	28·84	1	79·37	1
22·21	1+	79·03	1	29·35	1+	80·26	1
22·96	1	79·60	1	30·26	1	81·26	2
24·36	2	79·81	1	31·26	15	81·60	3 Cp
25·76	2	80·00	1	32 75	1+	84·48	1
26·02	1	82·61	2	33·96	1	85·93	1
26 86	3	82·75	1	34·22	1	87·11	2

899

EXNER
HASCHEK
DIE
SPEKTREN
DER
ELEMENTE

3.

135683
19.-

DIE
SPEKTREN DER ELEMENTE
BEI NORMALEM DRUCK

VON

PROF. FRANZ EXNER UND DR. EDUARD HASCHEK

ZUGLEICH II. WESENTLICH VERMEHRTE AUFLAGE
DER WELLENLÄNGENTABELLEN FÜR SPEKTRAL-
ANALYTISCHE UNTERSUCHUNGEN

BAND III

I. Physikalisches Laboratorium
an der TECHNISCHEN HOCHSCHULE in
WIEN, IV., Karlsplatz 13.

LEIPZIG UND WIEN
FRANZ DEUTICKE
1912

Ausgeschieden
UBTU WIEN

Verlags-Nr. 1910.

K. und K. Hofbuchdruckerei Karl Prochaska in Teschen.

Die Anordnung der Tabellen der Funkenspektren ist ganz analog jener der Bogenspektren im zweiten Bande. In bezug auf die Eliminierung der Verunreinigungen sowie auf die bei jedem Elemente gemachten Literatur- und sonstigen Angaben gilt das dort Gesagte. Nur die Zeichenerklärung sei hier nochmals wiederholt.

+	bedeutet	unscharf,
d	„	doppelt,
u	„	umgekehrt,
br	„	breit,
r	„	verwaschen nach Rot,
v	„	verwaschen nach Violett,
( )	„	daß eine Linie des eingeklammerten Elements über die gemessene fällt,
L	„	Luft.
K. R.	„	Kante einer Bande, die nach Rot,
K. V.	„	Kante einer Bande, die nach Violett abschattiert ist.

Da in den Funkenspektren regelmäßig auch die Linien der Luft auftreten, so haben wir zur Bequemlichkeit bei analytischen Untersuchungen das Luftspektrum als ein Ganzes den übrigen Tabellen vorausgestellt, während sich die Spektren von Sauerstoff und Stickstoff gesondert in den Tabellen finden.

Ausgeschieden
UBTU WIEN

Luft.

Ältere Messungen: O. Neovius, Bihang. Svensk. Vet. Ak. Handl. 17, 1 (1891). J. M. Eder und E. Valenta, Sitzber. der K. Akad. der Wiss. Wien 118, IIa. (1909). A. Kretzer, Zeitschr. für wiss. Phot. 8 (1910). W. Schwetz, Zeitschr. für wiss. Phot. 8 (1910).

2318·71	1 + O	3845·27	1 + N	4114·20	1 + O
2418·70	1 + O	48·18	1 + O	16·65	1 + N
33·63	1 + O	50·65	1 + N	19 46	8 + O
45·55	1 + O	51·50	1 + O	20·62	3 + O
2522·30	1 + O	57·2	1 + N	21·73	2 + O
3007·42	2 + O	61·83	1 + N	24·27	2 + O
3135·3	1 + O	63·70	1 + O	29·60	1 + O
39·45	1 + O	64·74	1 + O	33·02	2 + O
3265·41	1 + O	82·47	3 + O	33·85	2 + N
3320·80	1 + O	93·43	1 + N	42·36	1 + O
25·1	1 + O	3907·73	1 + O	43·89	1 + O
29·55	2 + N	09·29	1 + N	46·03	4 + N
31·89	2 + N	12·20	3 + O	52·21	1 + N
54·20	1 + O	19·24	10 + N	53·56	4 + O
66·0	1 + N	40·20	3 + N	56·83	1 + O
67·43	1 + N	45·25	3 + O	69·49	2 + O
74·2	1 + N	47·55	1 + O	72·0	1 + O
77·33	1 + O	54·55	4 + O	76·16	3 + N
90·43	2 + O	56·04	6 + N	79·80	1 + N
3408·39	1 + O	73·44	8 + O	85·72	6 + O
37·43	3 + N	82·90	2 + O	90·06	8 + O
71·08	1 + N? O?	95·26	50 + N	96·20	1 + N
3545·23	1 + N? O?	4014·1	1 + O	99·2	1 + N
60·43	1 + N? O?	25·77	3 + N	4206·80	2 + N
89·2	1 + N? O?	35·07	4 + N	11·5	1 + N
94·60	1 + N? O?	41·48	5 + N	22·5	1 + N
3709·45	1 + O	56·5	1 + N	23·35	1 + N
12·95	2 + O	63·70	1 + N	28·56	3 + N
27·47	4 + O	70·04	10 + O	36·93	5 + N
29·41	1 + N	72·40	10 + O	41·94	5 + N
44·4	1 + N? O?	76·08	10 + O	53·74	1 + O
49·66	5 + O	79·11	2 + O	66·45	1 + N
54·82	1 + O	81·70	1 + N	76·0	1 + N
58·41	1 + N	85·36	3 + O	82·43	1 + N? O?
60·00	1 + O	89·23	2 + O	4303·74	1 + O
71·09	1 + N	93·15	3 + O	17·27	3 + O
3804·23	1 + O	97·43	3 + N	19·78	3 + O
24·23	1 + O	4103·46	3 + N	25·85	1 + O
30·82	2 + N	05·15	5 + O	27·61	1 + O
39·30	3 + N	11·06	2 + O	28·70	1 + O
43·12	1 + N	12·26	2 + O	31·23	1 + O

4332·10	1 + N	4621·57	4 + N	4987·58	1 + br, N
37·01	2 + O	30 73	15 + N	91·4	1 + N
45·71	3 + O	34·20	1 + N	94·60	1 + N
47·58	2 + O	38·99	2 + O	5001·54	3 + N
48·14	2 + N	40·70	1 + N	05·30	3 + N
49·57	6 + O	41·94	3 + O	07·50	2 + N
51·54	3 + O	43·27	5 + N	10·79	1 + N
61·80	1 + N	49·26	5 + N	16·5	1 + br, N
67·04	3 + O	51·00	2 + O	25·8	1 + br, N
69·48	1 + O	54·78	1 + N	45·28	2 + N
71·7	1 + br, N	61·76	2 + O	5176·06	1 + br, N? O?
79·75	1 + N	75·1	1 + N	79·63	1 + N
92·5	1 + N	76·34	2 + O	5250·8	1 + N
96·14	2 + O	97·75	1 + br, N	5432·35	1 + br, N
4401·33	1 + N	99·33	2 + O	52·38	1 + br, N
15·07	8 + O	4705·40	1 + N	54·41	1 + br, N
17·14	5 + O	05·57	2 + O	80·28	1 + br, N
26·08	2 + N	10·3	1 + O	95·90	2 + br, N
30·30	1 + N	18·58	1 + N	5526·33	1 + N
32 62	2 + br, N	26·90	1 + br, N	30·30	2 + N
34·4	1 + N	35·78	1 + br, N	35·40	2 + N
43·29	1 + O	51·4	1 + br, O	52·07	1 + br, N
47·23	20 + N	64·90	1 + br, N	66·5	1 + N
52·57	2 + O	74·4	1 + br, N	5666·78	10 + N
60·25	1 + N	79·95	2 + N	76·15	5 + N
65·54	2 + O	81·42	1 + br, N	79·70	20 + N
68·06	2 + O	88·30	3 + N	86·40	5 + N
69·55	1 + O	93·90	2 + N	5710·89	2 + N
77·95	1 + N	4803·33	5 + N	30·7	1 + br, N
4507·78	2 + N	06·08	1 + N	47·47	1 + br, N
14·95	1 + N	10·38	1 + br, N	67·60	1 + br, N
30·08	2 + N	47·85	1 + br, N	5928·05	3 + br, N
44·88	1 + N	79·9	1 + N	32·05	5 + br, N
52·65	1 + N	95·53	1 + N	40·7	2 + br, N? O?
91·13	3 + O	4907·05	1 + O	41·9	10 + br, N
96·31	3 + O	24·81	1 + br, O	52·6	1 + N
4601·67	5 + N	41·28	1 + br, N? O?	6170·7	1 + br, N? O?
07·34	4 + N	43·16	1 + br, O	6482·28	2 + N
09·73	1 + O	54·5	2 + br, O	6610·68	1 + br, N
14·05	3 + N				

I. Ad. Aldebaranium.

Ältere Messungen: C. Auer von Welsbach, Sitzber. der K. Akad. der Wiss. Wien, Bd. 116, Abt. IIb. (1907).

Material: Aldebaraniumnitrat aus Oxid von C. Auer von Welsbach, auf Gaskohle.

Verunreinigungen: Cp, Tm.

Linienzahl: 795.

2224·58	1	2683·50	1	2767·63	1	2842·32	1 + Cr ?
40·14	2	84·84	2	71·45	3	42·69	1
57·09	1	88·05	1 +	72·70	1 + Cp	43·11	2
62·39	1	91·06	3	74·47	1 +	43·9	1 + br
65·75	1	92·10	1	76·40	4	44·95	1 +
83·08	2	92·70	1	79·45	1	47·32	3 +
2305·41	3	95·54	1 +	80·00	1 +	47·60	2 + Cp
09·39	2	96·70	1 +	83·85	1	48·55	3
14·58	2	2700·88	1	84·80	3	49·44	2
38·07	1	01·80	1 + Cp	88·44	2	51·23	10
2567·75	5	04·05	1	89·60	1	51·95	2
79·70	3	08·95	1 +	93·40	2	53·51	2
96·25	1	09·80	1	94·55	2 +	53·79	1
96·40	1	10·65	3 d ?	94·91	1	54·21	3
97·38	1 +	11·89	1	95·24	1	54·59	2 Y ?
99·28	1 +	12·43	3	96·73	1 + Cp	58·50	3
2603·40	1 + Cp	12·73	2	97·35	1 Tm	59·50	4
15·49	2 Cp	18·43	3	99·48	1	59·90	6
17·10	1 +	19·10	1	2800·12	3	60·51	2
21·24	3	19·53	1 + Tm	03·55	15	61·34	4
27·16	1 +	22·29	1	04·36	1	61·44	4
38·20	2	32·80	3	08·40	1	65·44	1
39·53	1 +	34·20	1	08·69	1 +	66·30	1
40·61	1 +	41·82	2	10·85	1	67·19	5
42·03	1 +	47·69	1 +	14·35	1 +	69·31	2 Tm ?
42·64	8	48·75	4	14·64	2	70·17	2
44·42	2	50·07	3	16·45	1	71·85	1
46·55	1 +	50·60	10	17·09	5	73·53	1
49·89	1 +	51·55	3	18·89	15	76·01	2
51·82	5	53·42	2	21·25	4	79·27	2
52·32	5	55·05	1	23·68	2	82·03	2
53·83	10	55·86	3	24·30	1	82·24	1
56·20	1 +	56·1	1 + br	25·10	3	86·07	2
60·10	1	56·94	1 +	28·03	1	86·39	3
65·12	3	59·12	2	31·10	5	88·15	4
66·20	8	59·67	1	31·67	1	91·50	20
67·09	8	60·89	2	32·31	1	93·75	3
68·85	1	61·50	2	35·10	2	95·05	2 + d, Cp
72·73	4	64·50	2	38·75	1	97·02	3
77·46	3	65·67	1	41·44	1	98·49	3

2899·39	1 +	2962·64	4	3019·15	1	3088·94	1 +
99·85	3	63·39	3	19·58	1	89·21	5
2900·41	1 Cp	63·57	4	22·57	2	90·90	1 +
02·55	1	64·54	2	23·74	1	92·64	5
03·06	2	64·89	3	25·05	1 +	93·54	1
06·50	5	66·00	1 Tm	26·78	15	93·99	4
06·98	1	66·90	3	28·50	1	95·00	1
08·22	2	69·94	1 Cp	29·69	10	95·35	1 + d
08·44	2	70·70	4	31·24	5	97·00	1 +
09·30	2	70·98	3	33·97	1	98·70	1
09·60	3	72·65	1	34·75	3	3101·48	4
11·61	8 Cp	75·70	1	36·94	2	02·17	3
12·45	1	77·65	1	38·11	2	08·00	30 r, u
14·35	10	79·03	1	38·64	1	09·90	1 +
15·38	3	79·80	1 +	39·80	4	13·08	1 +
16·56	2	79·99	1	42·78	5	13·50	1 +
19·49	15	81·60	1	44·14	2	14·86	1
21·23	3	82·17	1	44·95	2	15·42	8
24·34	3	82·62	3	46·60	3	16·15	2
25·76	1 Tm	82·71	2	47·18	3	16·56	2
26·80	1d(Tm)	83·80	3 +	50·86	1 Tm	16·75	3
27·99	2	84·09	5	54·13	1 +	17·90	10
29·14	2	84·95	2 +	55·29	1	19·77	1 +
33·16	1	85·14	3	56·20	1 Tm	22·29	1
35·22	3	85·95	2	56·87	1 + Cp	22·63	1
36·10	1 Tm	86·10	1	58·04	1 Cp	23·60	1
37·28	2	88·01	1 +	63·24	3	24·03	1
38·29	1	89·30	1	63·80	3	25·02	1
38·60	1	89·88	1	64·35	1	25·55	1
39·44	1	90·47	3	65·13	10	26·20	10
39·62	2	91·99	4	68·39	2	27·23	1
40·61	3	94·04	3	68·80	1 +	27·94	2
42·13	2	94·90	8	71·71	2	29·20	2
42·90	1 +	95·94	3	73·20	2 (Tm)	30·5	1 + br
44·53	2	98·11	3	73·60	1 +	31·38	3 Tm
46·02	10	98·45	1	73·79	2	32·73	2
46·40	3	3000·59	8	73·90	1 +	33·99	2 Tm
46·85	2	01·40	1	74·62	1 +	36·88	4
47·23	1 +	02·16	1	75·33	1 +	38·73	2
49·30	2	02·71	5	76·16	2	41·02	10
50·42	2	05·85	20	77·30	1 +	41·84	4
51·15	1	06·95	1 Ca ?	77·71	3 Cp	45·19	5
51·50	1 +	09·51	8	78·52	1 +	45·68	1 +
51·86	1 +	10·72	5	80·66	1	46·25	1
53·15	1	13·78	1 + Tm	83·38	1	49·12	2
55·42	2	14·60	5	84·47	2	51·16	2 Tm
59·75	1	15·40	2	85·30	1	51·57	1
60·97	2	17·20	1 +	85·93	2	53·30	3
61·93	2	17·70	10	87·08	3	53·98	10