

Tabelle der Hauptlinien der Linienspektren aller Elemente

nach Wellenlänge geordnet

Von

H. Kayser

Geheimer Regierungsrat

em. Professor der Physik an der Universität Bonn

Zweite Auflage

Neu bearbeitet und herausgegeben

von

Rudolf Ritschl

Regierungsrat an der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

Dozent für Experimentalphysik an der Universität Berlin



Berlin

Verlag von Julius Springer

1939

ISBN-13: 978-3-540-04207-5
DOI: 10.1007/978-3-642-47419-4

e-ISBN-13: 978-3-642-47419-4

**Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung
in fremde Sprachen, vorbehalten.**

Copyright 1939 by Julius Springer in Berlin.

Softcover reprint of the hardcover 2nd edition 1939

Aus dem Vorwort zur ersten Auflage.

In dem sechsten Band meines Handbuches der Spektroskopie, welcher 1913 erschien, habe ich eine Tabelle der stärksten Spektrallinien aller Elemente, nach der Wellenlänge geordnet, herausgegeben. Sie ist in den verflossenen 13 Jahren stark veraltet, zwar nicht unbrauchbar, aber ungenügend geworden. Damals standen wir gerade am Anfang der Einführung der Internationalen Normalen zweiter Ordnung; die vorliegenden Messungen waren fast sämtlich ohne ihre Hilfe gemacht. Seitdem sind sie nicht nur allgemein angewendet worden, sondern man hat auch erkannt, daß mehrere von ihnen ungeeignet sind, und hat sie durch bessere ersetzt

Eine neue Tabelle, welche alle diese sehr erheblichen Fortschritte berücksichtigt, schien daher dringend erforderlich, und mir sind so vielfach dahin zielende Wünsche zu Ohren gekommen, daß ich mich entschlossen habe, die sehr große Arbeit zu unternehmen, deren Resultat ich hiermit vorlege. Die neue Tabelle unterscheidet sich noch in zwei Punkten von der alten: damals sollte der Übergang von der Rowlandschen Skala auf die internationale gemacht werden, und es schien zweckmäßig, alle Wellenlängen nach beiden Skalen anzugeben. Heute ist der Übergang vollzogen, und es ist an der Zeit, daß die Angaben nach Rowland verschwinden, obgleich sich immer noch Beobachter finden, die nach Rowland messen, sehr zum Schaden ihrer eigenen Arbeit. So habe ich denn jetzt alle Angaben ausschließlich nach der internationalen Skala gemacht

Die zweite Neuerung ist die, daß ich noch schwächere Linien aufgenommen habe, so daß die Zahl der Linien nahezu verdoppelt ist, etwa 19000 beträgt statt der 10000 der alten Tabelle. Auch damit folge ich mehrfachen Wünschen

Die gesamte bis zum Beginn des Druckes erschienene Literatur ist berücksichtigt, soweit sie mir bekanntgeworden ist. Auch habe ich noch nicht veröffentlichte Messungen, die im Bonner Physikalischen Institut gemacht sind, verwerten können.

Bonn, März 1926.

H. Kayser.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Bei der Neubearbeitung der Tabelle der Hauptlinien der Linienspektren war mir klar, daß der Charakter und der Umfang des bewährten Werkes im wesentlichen beibehalten werden mußte. Es kam hauptsächlich darauf an, die Neuauflage den Fortschritten der Spektroskopie anzupassen, die in den inzwischen vergangenen 12 Jahren gemacht worden sind.

Die seit dem Erscheinen der ersten Auflage im März 1926 veröffentlichten Messungen von Wellenlängen in den Atom- und Ionenspektren sind sehr umfangreich. Besonders in den ersten Jahren bis etwa 1930 war die Tätigkeit auf diesem Gebiet noch sehr rege, während seitdem ein gewisser Abschluß erreicht

wurde und nur einzelne Institute, besonders in den Vereinigten Staaten, heute noch systematische Wellenlängenmessungen ausführen.

Die hauptsächlichlichen Erweiterungen gegenüber den beim Abschluß der ersten Auflage vorliegenden Messungen erstrecken sich auf die Enden des Spektrums, auf das Ultrarot und das Vakuum-Ultraviolett. Im Ultrarot sind es besonders die durch die verbesserte photographische Technik zugänglich gewordenen Gebiete etwa von 7000 bis 12000 Å, in denen viel neues Material vorliegt. Das nicht mehr photographisch erfassbare fernere Ultrarot weist demgegenüber nur einen relativ geringen Zuwachs an Messungen von Linien auf, in diesem Gebiet herrschen die Arbeiten über Molekülspektren bei weitem vor. — Im Vakuumgebiet ist dagegen bis herunter zu den kürzesten optischen Wellenlängen ein gewaltiger Zuwachs an Messungen zu verzeichnen, so daß dies Gebiet der Spektroskopie in Luft um nichts mehr an Sicherheit und Genauigkeit der Messungen nachsteht.

Auch im zwischenliegenden Gebiet liegen zahlreiche Neumessungen von Linien vor; daneben ist ein großer Teil der Linien eingeordnet oder wenigstens mit großer Sicherheit einem bestimmten Ionisationszustand des Elementes zugeordnet worden.

Für die Neuherausgabe der Tabelle, deren Fehlen seit einigen Jahren mehr und mehr als Lücke empfunden wird, war die Einbeziehung der Fortschritte des vergangenen Jahrzehnts zu vereinen mit der Notwendigkeit, diese Neuherausgabe nicht allzulange zu verzögern und auch den Umfang des Werkes nicht übermäßig zu vergrößern, um den übersichtlichen und handlichen Charakter zu wahren und eine wesentliche Verteuerung zu vermeiden. Diese Gesichtspunkte legten der gesamten Arbeit gewisse Beschränkungen auf.

Als Quelle für die Wellenlängenangaben habe ich grundsätzlich die Originalarbeiten benutzt; Tabellen, wie sie inzwischen verschiedentlich erschienen sind, wurden nur zur Kontrolle und gelegentlichen Ergänzung herangezogen. Die Literatur von 1926 bis 1938 wurde nach Möglichkeit vollständig berücksichtigt. Erwähnen möchte ich besonders die Zusammenstellung von Vakuumwellenlängen der Spektren H, He, C, N, O, Ne, Ar, Hg, Al, Kr, Na, B, Si, die von Boyce und Robinson [J. opt. Soc. Amer. **26**, 133 (1936)] veröffentlicht worden ist. Sie war für die Auswahl der Linien und der heute besten Werte der Wellenlängen ein sicherer Führer, obwohl auch hier durchweg auf die Originalarbeiten zurückgegriffen wurde. Von Nutzen war mir auch der von Gatterer und Junkes (Specola Vaticana, 1937) herausgegebene „Atlas der Restlinien“. Den Fachgenossen, die durch persönliche Angaben und Hinweise zur Vervollständigung der Tabelle beigetragen haben, danke ich an dieser Stelle herzlich.

Die vorkommenden Elemente sind mit den benutzten chemischen Symbolen vor Beginn der Tabelle zusammengestellt. Gegenüber der ersten Auflage sind folgende Änderungen getroffen:

Weggefallen sind die hypothetischen Elemente De, Du, Er 2 und Er 3, Euros, Wels; ferner die Linien des Luftfunkens, die in den Spektren der Bestandteile der Luft erfaßt sind.

Geändert sind die chemischen Symbole für Argon (Ar statt A), Holmium (Ho statt Nh), Thulium (Tu statt Nt), Ytterbium (Yb statt Ny).

Neu hinzugekommen sind: Actinium (Ac), schwerer Wasserstoff oder Deuterium (D), Protactinium (Pa), Polonium (Po) und Rhenium (Re). Außerdem

vorliegenden Messungen einer Linie diejenige, die nach Lichtquelle und Meßmethode die genaueste zu sein schien, ausgewählt. In manchen Fällen wurden als zweifellos beste Werte der Wellenlängen die in der Literatur angegebenen „berechneten“ Werte genommen, die aus genau festliegenden Termen durch Kombination gewonnen sind und vielfach, besonders im Vakuumgebiet, Normalencharakter tragen.

Im Sinne der anfangs begründeten Beschränkungen liegt auch das vollständige Fortlassen der dritten Dezimale in den Ångström-Einheiten. Beim Vergleich der Angaben der ersten Auflage mit den Messungen der Zwischenzeit und beim Vergleich der auf tausendstel Ångström-Einheiten angegebenen Messungen der verschiedenen Autoren untereinander ist die in der ersten Auflage angenommene Norm der Genauigkeit auf drei Einheiten der letzten Stelle so selten erfüllt, daß in den meisten Fällen der Wert dieser Angaben starken Zweifeln unterliegen muß. Damit soll nicht geleugnet werden, daß wir im Besitz eines gesicherten Systems von Normalwellenlängen sind, bei denen die Tausendstel festliegen. Doch kann man sich fragen, ob eine Tabelle sämtlicher Wellenlängen der Hauptlinien aller Elemente, die doch im wesentlichen orientierenden Charakter im Gesamtgebiet des Spektrums besitzt, der Platz für die Angabe der genauen Normalienwerte ist. Wer Präzisionsmessungen macht oder ein Spektrum auf Tausendstel genau analysieren will, wird als Quelle für die Wellenlängen ungern eine umfangreiche Tabelle heranziehen — schon aus berechtigtem Mißtrauen gegen Druckfehler —, sondern stets auf die Originalmessungen zurückgreifen, auch, um selbst kritisch zwischen den verschiedenen Angaben wählen zu können. Die Angabe der Wellenlängen auf Tausendstel mit der Verantwortlichkeit für den jeweils richtigsten Wert hätte zudem eine zusätzliche Mehrarbeit bedeutet, die das Erscheinen der Neuauflage der Tabelle noch beträchtlich verzögert haben würde. Aus diesen Überlegungen habe ich mich zum Verzicht auf die Angabe der tausendstel Ångström-Einheiten entschlossen.

Nächst der Angabe der Wellenlänge folgt in der Tabelle die des emittierenden Elementes und seines Ionisationszustandes. In üblicher Weise bezeichnet — wie früher — I das Spektrum des neutralen Atoms; II das des einfach ionisierten, III das des doppelt ionisierten Atoms usw. Die Tabelle wurde auf die Spektren bis IV einschließlich beschränkt; nur im extremen Vakuumultraviolett wurden auch Spektren V, die als Normalen von Bedeutung sind, herangezogen. Die höher ionisierten Spektren entstehen nur unter speziellen Anregungsbedingungen, so daß sie in der Praxis meist nicht in Erscheinung treten. Bei den Linien, die noch keinem bestimmten Ionisationszustand zugeordnet sind, stehen die Buchstaben B, F oder G an Stelle des Ionisationsgrades, um anzudeuten, ob die Linie im Bogen, im Funken oder im Geißler-Rohr am stärksten beobachtet wird. Auch bei Argon wurde die bisherige Bezeichnung der Linien als Rot oder Blau durch die gleichen Symbole ersetzt.

Da bei sehr vielen Linien der Ionisationsgrad heute feststeht und seine Angabe die Anregungsart der Linie am besten charakterisiert, wurde die gleichzeitige Angabe der Intensität im Bogen, Funken und Geißler-Rohr fallengelassen.

Zu den Bezeichnungen I, II der Spektren treten bei den von Beutler zuerst beobachteten Absorptionslinien, die der Anregung innerer Elektronenschalen entsprechen, die von ihm vorgeschlagenen Bezeichnungen Ib, Ic usw. hinzu.

Bei den Intensitätsangaben ist die Verwirrung, auf die schon in der ersten Auflage eingehend hingewiesen wurde, eher noch größer geworden, besonders durch die bei umfangreichen Messungen unter Einschluß auch der schwächsten Linien in Gebrauch gekommenen Methode, die Intensitätszahlen auf mehrere Tausend zu steigern. Alle Intensitätsangaben sind rohe Schätzungen, denen eine relative Bedeutung nur in engen Spektralbereichen und nur innerhalb eines Spektrums zukommt. Bei den ultraroten Linien, deren Intensitäten durch objektive Messung bestimmt worden sind, sind die Intensitätswerte wieder durch einen Stern bezeichnet.

Die den Liniencharakter beschreibenden Bezeichnungen sind beibehalten. Sie stehen hinter den Intensitätsangaben und sind am Beginn der Tabelle erklärt. Neu ist die Kennzeichnung der in Absorption (ausschließlich der Absorption im Unterwasserfunken!) erscheinenden Linien durch die Buchstaben „abs“.

Die für analytische Zwecke wichtigen Restlinien oder letzten Linien wurden durch die hinter die Linien gesetzten Buchstaben „LL“ hervorgehoben; ich folge hier den Zusammenstellungen von de Gramont, Lundeghard, Russell [Astr. J. **61**, 223 (1925)], Gerlach und Riedl, sowie dem Atlas von Gatterer.

Bei der Wahl des Formates ist wieder Platz für ergänzende Eintragungen vorgesehen.

Für Hinweise auf Fehler und Lücken sowie Verbesserungsvorschläge würde ich im Hinblick auf künftige Auflagen dankbar sein.

Berlin-Charlottenburg, den 18. Oktober 1938.

Rudolf Ritschl.

Verzeichnis der Elemente und ihrer chemischen Symbole.

Ac	Actinium	Ge	Germanium	Po	Polonium
Ag	Silber	H	Wasserstoff, Atom	Pr	Praseodym
Al	Aluminium	H 2	Wasserstoff, Molekül	Pt	Platin
Ar	Argon	He	Helium	Ra	Radium
As	Arsen	Hf	Hafnium	Rb	Rubidium
Au	Gold	Hg	Quecksilber	Re	Rhenium
B	Bor	Ho	Holmium	Rh	Rhodium
Ba	Barium	J	Jod	Ru	Ruthenium
Be	Beryllium	In	Indium	S	Schwefel
Bi	Wismuth	Ir	Iridium	Sb	Antimon
Br	Brom	K	Kalium	Sc	Scandium
C	Kohlenstoff	Kr	Krypton	Se	Selen
Ca	Kalzium	La	Lanthan	Si	Silizium
Cd	Cadmium	Li	Lithium	Sm	Samarium
Ce	Cer	Lu	Lutecium (Cassiopeium)	Sn	Zinn
Cl	Chlor	Mg	Magnesium	Sr	Strontium
Co	Cobalt	Mn	Mangan	Ta	Tantal
Corona		Mo	Molybdän	Tb	Terbium
Cr	Chrom	N	Stickstoff	Te	Tellur
Cs	Cäsium	Na	Natrium	Th	Thorium
Cu	Kupfer	Nb	Niob (Columbium)	Tl	Thallium
D	Deuterium (schwerer Wasserstoff)	Nd	Neodym	Tu	Thulium
Dy	Dysprosium	Ne	Neon	U	Uran
Em	Emanation (Niton)	Ni	Nickel	V	Vanadium
Er	Erbium	O	Sauerstoff	W	Wolfram
Eu	Europium	Os	Osmium	X	Xenon
F	Fluor	P	Phosphor	Y	Yttrium
Fe	Eisen	Pa	Protactinium	Yb	Ytterbium
Ga	Gallium	Pb	Blei	Zn	Zink
Gd	Gadolinium	Pd	Palladium	Zr	Zirkon

Erläuterungen.

Die Wellenlängen sind Internationale Ängström-Einheiten; bis herunter zu 2000 Å. Wellenlängen in Luft; unterhalb 2000 Å. Wellenlängen im Vakuum.

Die Intensitäten sind visuelle Schätzungen; die mit einem Stern (*) bezeichneten Intensitätswerte sind objektive Messungen.

Hinter der Intensitätszahl bedeutet:

- R Die Linie zeigt leicht Selbstumkehr.
- u Die Linie ist unscharf.
- d Die Linie ist diffus.
- b Die Linie ist breit.
- r Die Linie ist nach Rot verbreitert.
- v Die Linie ist nach Violett verbreitert.

Hinter dem chemischen Symbol bedeutet:

- I Spektrum des neutralen Atoms.
- II Spektrum des einfach ionisierten Atoms.
- III Spektrum des doppelt ionisierten Atoms usw.
- Ib, Ic Spektrum des neutralen Atoms; die Linie entsteht durch Anregung einer inneren Schale (Übergang zu den Röntgenspektren); solche Linien erscheinen nur in Absorption!
- B Die Linie wird am stärksten im Bogen beobachtet.
- F Die Linie wird am stärksten im Funken beobachtet.
- G Die Linie wird am stärksten im Geißler-Rohr beobachtet.
- abs Die Linie wird auch in Absorption beobachtet.
- LL Letzte Linie oder Restlinie, besonders analytisch empfindlich.