1920. № 19.

ANNALEN DER PHYSIK.

VIERTE FOLGE. BAND 63.

Das Spektrum des Neon (Nachtrag[1]*);*

von F. Paschen.

In der früheren Arbeit wurde das Neonspektrum dargestellt als Kombinationsspektrum. Eine Reihe von Nebenserientermen und von Hauptserientermen bilden miteinander Kombinationsserien, welche fast alle Linien umfassen. Einige Serien von Termen befolgen die Serienformel von Ritz genau oder angenähert. Es sind die Termserien:

der I. Nebenserie $m d_1'$ $m d_1''$ $m d_2$ $m d_3$ $m d_4$ $m d_4'$ $m d_5$ $m d_6$,
der II. Nebenserie $m s_4$ und $m s_5$,
der Hauptserie $m p_3$ $m p_6$ $m p_7$ $m p_8$ $m p_9$ $m p_{10}$.

Aus einigen der Nebenserien wurden die Grenzen nach der Ritzschen Formel berechnet und dem Werte nach als Termwerte $2 p_i$ angenommen. Ebenso wurden aus einigen der Hauptserien die Grenzen berechnet und als Termwerte $1{,}5 \cdot s_i$ angenommen. Dies vollzog sich ohne Widerspruch nach dem Kombinationsprinzipe. Die Werte der a. a. O. gegebenen Terme beruhen auf dieser Berechnung der Grenzen nach der Ritzschen Formel.

Außer diesen Serien von Termen kommen andere Termserien im Neonspektrum vor, welche die Formel von Ritz nicht befolgen, wenn man die Werte ihrer Terme nach folgender Überlegung auf Grund des Kombinationsprinzipes festlegt. Jeder Nebenserienterm dieser Art gibt ein Seriengebilde mit den Schwingungsdifferenzen $2 p_i - 2 p_{i-\nu}$, $i = 1,2 \ldots 10$; $\nu = 1,2 \ldots 9$. Jeder Hauptserienterm dieser Art gibt ein Liniengebilde mit den Schwingungsdifferenzen $1{,}5\, s_i - 1{,}5\, s_{i-\nu}$. Dies ist nach dem Kombinationsprinzip so zu verstehen, daß als Grenzen auch dieser abweichenden Serien die aus obigen Serien

1) Zu F. Paschen, Ann. d. Phys. 60. S. 405. 1919, zitiert mit a. a. O.

bestimmten Werte $2p_i$ bzw. $1{,}5\,s_i$ anzunehmen sind. Dies geschah. Die dadurch festgelegten Werte der Terme einer Serie, welche im folgenden „Kombinationsterme" heißen mögen, folgen nicht dem Gesetz von Ritz, sondern können roh dargestellt werden durch eine Interpolationsformel, welche wesentlich von der Ritzschen abweicht.

Die Termserien dieser Art sind:

der I. Nebenserie $m\,s_1'$ $m\,s_1''$ $m\,s_1'''$ $m\,s_1''''$
(a. a. O. als II. N.-S.-Terme geführt),

der II. Nebenserie $m\,s_2$ und $m\,s_3$,

der Hauptserie $m\,p_1$ $m\,p_2$ $m\,p_4$ $m\,p_5$.

Einige der hieraus entstehenden Nebenserien hat Meißner[1]) angegeben. Er fand ihre Glieder auf Grund der Tatsache, daß bei gleicher Seriennummer Gebilde derselben Schwingungsdifferenzen vorkommen, wie es auch bei den anderen Nebenseriengliedern der Fall ist. Meißner hat weiter bemerkt, daß man auch diese Serien nach der Formel von Ritz berechnen kann, wenn man ihnen nicht die Grenzen $2p_i$ zuweist, wie es das Kombinationsprinzip verlangt, sondern erheblich von diesen Werten abweichende Grenzen. Da die Glieder dieser Serien nicht genau beobachtet waren, konnte Meißner diese Tatsache nicht strenge beweisen und nicht verfolgen. Soll das Kombinationsprinzip in seiner bisher bekannten Bedeutung gelten, so ist eine solche Auffassung der abweichenden Serien abzulehnen, wie a. a. O. näher begründet wurde. Aber dies Prinzip ist ein durchaus empirisches. Neuere theoretische Begründungen haben es zwar verständlich gemacht, werden sich aber empirisch sicher gestellten Modifikationen anzupassen wissen.

Es ist daher interessant, die von Meißner gefundene Tatsache weiter zu verfolgen, wie es bei der erweiterten Kenntnis der Linien dieses Spektrums und ihrer Serien nunmehr möglich ist. Im folgenden wird diese zweite Möglichkeit der Auffassung der abweichenden Neonserien behandelt. Sie ergibt sich dabei als möglich, und das Kombinationsprinzip erhält eine interessante Modifikation.

Vergrößert man die Kombinationswerte aller Terme aller abweichenden Serien um eine Konstante A von dem Betrage

1) K. W. Meißner, Ann. d. Phys. 58. S. 333. 1919.

782 ± 2, so folgen die so „reduzierten" Werte der Terme dem Gesetze von Ritz genauer als der von mir a. a. O. für sie gegebenen Formel und vielfach so genau, wie irgendeine sonst bekannte Serie. Hiervon kommen nur bei den Hauptserien in 2 Fällen Ausnahmen vor.

Zum Beweise dieser Tatsache wird im folgenden das Resultat einer Neuberechnung aller a. a. O. nicht durch die Ritzsche Formel dargestellten Serien angegeben. Für jede Serie besonders wurde derjenige Wert von A bestimmt, mit dem sie dem Gesetz von Ritz möglichst genau folgt. Dieser Wert von A, die Konstanten der Formel von Ritz und der durch sie erzielte Anschluß an die Beobachtungen wird im folgenden mitgeteilt.

Bezeichnung für die Nebenserienterme:

$$m\,s_i + A = (m\,s_i)_{\text{red.}} = \frac{109\,694{,}8}{(m + s_i + \sigma_i\,(m\,s_i)_{\text{red.}})^2},$$

$m\,s_i$ bedeutet den a. a. O. auf Grund des Kombinationsprinzipes berechneten „Kombinationsterm".

$(m\,s_i)_{\text{red.}}$ ist der durch die Formel von Ritz dargestellte „reduzierte" Termwert.

Die II. Nebenserie $m\,s_2$:

$A = 781{,}346 \qquad s_2 = 0{,}1931593 \qquad \sigma_2 = -3{,}14623 \times 10^{-7}$

$m =$	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5
$(m\,s_2)$ beob.	38040,73		7272,96	4201,81	2605,42
$(m\,s_2)_{\text{red.}}$ ber.	38822,08	15177,62	8053,53	4983,63	3385,65
beob.-ber.	0,00		+0,78	−0,48	+1,12

$m =$	6,5	7,5	8,5	9,5
$(m\,s_2)$ beob.	1667,67	1072,45	670,01	386,17[1])
$(m\,s_2)_{\text{red.}}$ ber.	2449,20	1853,71	1451,70	1167,58
beob.-ber.	−0,18	+0,06	−0,35	−0,06

Die II. Nebenserie $m\,s_3$:

$A = 780{,}80 \qquad s_3 = 0{,}1845927 \qquad \sigma_3 = -6{,}591 \times 10^{-7}$

$m =$	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5
$(m\,s_3)$ beob.	39110,81		7323,13	4223,47	2616,58	1675,10
$(m\,s_3)_{\text{red.}}$ ber.	39889,71	15335,78	8103,40	5005,58	3397,26	2456,10
beob.-ber.	+1,90		+0,53	−1,31	+0,11	−0,20

	λ Luft	ν
1) Dies entspricht der neu gefundenen Linie (0)	4442,243	22504,83
nicht der a. a. O. angegebenen stärkeren (3)	4444,978	22490,99

welche die Kombination $2\,p_4 - 8{,}5\,s_1''''$ ist.

$m =$	7,5	8,5	9,5
$(m\,s_3)$ beob.	1077,33	674,19	389,45 [1])
$(m\,s_3)_{\text{red. ber.}}$	1858,16	1454,73	1169,75
beob.-ber.	−0,03	+0,23	+0,50

$9{,}5\,s_2$ und $9{,}5\,s_3$ sind nur aus den Serien $2\,p_2 - m\,s_3$ und $2\,p_2 - m\,s_3$ ermittelt. Die a. a. O. gegebene Formel ließ berechnen $9{,}5\,s = 399{,}084$, $9{,}5\,s = 402{,}62$. Diese Werte entsprechen der Beobachtung schlecht, wie aus der Anm. folgt. Die neuen Werte führen auf 2 Linien, die auf einer stark exponierten Aufnahme zwar schwach, aber deutlich sind. Da hier die Abweichung der früheren von der jetzigen Formel bedeutend wird, ist dies wichtig (vgl. S. 214).

Die erste Nebenserie $m\,s_1'$:

$A = 780{,}646 \qquad s_1' = -0{,}0173500 \qquad \sigma_1' = 5{,}540 \times 10^{-7}$

m [2]) =	3	4	5	6	7
$(m\,s_1')$ beob.	11493,78	6121,69	3633,43	2284,565	1468,40
$(m\,s_1')_{\text{red. ber.}}$	12274,49	6902,52$_5$	4414,07	3063,04	2249,00$_5$
beob.-ber.	−0,07	−0,19	+0,01	+2,17	+0,04

$m =$	8	9	10	11 [3])
$(m\,s_1')$ beob.	940,43	578,64	319,94	128,67$_5$
$(m\,s_1')_{\text{red. ber.}}$	1721,03	1359,27	1100,63	909,35
beob.-ber.	+0,05	+0,02	−0,04	−0,03

Diskontinuität für $m = 6$ wie in der ersten Nebenserie $m\,d_i$ für $m = 7$.

Die erste Nebenserie $m\,s_1''$:

$A = 780{,}50 \qquad s_1' = -0{,}0228320 \qquad \sigma_1'' = 7{,}643 \times 10^{-7}$

$m =$	3	4	5	6	7
$(m\,s_1'')$ beob.	11509,50	6132,50$_5$	3640,11	2287,29	1471,00
$(m\,s_1'')_{\text{red. ber.}}$	12289,97	6913,00	4420,36	3066,97	2251,59
beob.-ber.	+0,03	+0,01	+0,25	+0,82	−0,08$_5$

$m =$	8	9	10	11 [3])
$(m\,s_1'')$ beob.	942,30	579,98	320,98	129,12
$(m\,s_1'')_{\text{red. ber.}}$	1722,80$_5$	1360,54	1101,57	910,06
beob.-ber.	−0,01	−0,05	−0,09	−0,44

Diskontinuität für $m = 6$ wie in der ersten Nebenserie $m\,d_i$ für $m = 7$.

		λ Luft	ν
1) Entspricht der neu gefundenen Linie	(0,5)	4442,89	22501,55
nicht der a. a. O. angegebenen	(0)	4445,671	22487,49

welche sehr schwach und fraglich ist.

2) a. a. O. um 0,5 niederer numeriert.

3) Vgl. S. 214.

Die erste Nebenserie $m s_1'''$:

$A = 780{,}40 \quad s_1''' = -0{,}0209603 \quad \sigma_1''' = 5{,}974 \times 10^{-7}$

$m =$	3	4	5	6	7
$(m s_1''')$ beob.	11519,26	6133,56	3639,75	2287,02	1470,82
$(m s_1''')_{\text{red.}}$ ber.	12299,67	6913,98	4420,12	3066,60	$2251{,}20_5$
beob.-ber.	−0,01	−0,02	+0,03	+0,82	+0,02

$m =$	8	9	10	11
$(m s_1''')$ beob.	942,21	579,92	320,90	129,10
$(m s_1''')_{\text{red.}}$ ber.	1722,55	1360,34	1101,42	909,94
beob.-ber.	$+0{,}05_5$	−0,02	−0,12	−0,44

Diskontinuität für $m = 6$ wie in der ersten Nebenserie $m d_i$ für $m = 7$.

Die erste Nebenserie $m s_1''''$:

$A = 780{,}30 \quad s_1'''' = -0{,}0214363 \quad \sigma_1'''' = 6{,}200 \times 10^{-7}$

$m =$	3	4	5	6	7
$(m s_1'''')$ beob.	11520,82	6134,47	3640,47	2289,45	1471,55
$(m s_1'''')_{\text{red.}}$ ber.	12301,30	6915,09	4420,79	3067,01	2251,54
beob.-ber.	−0,18	−0,32	−0,02	+2,74	+0,31

$m =$	8	9	10	11
$(m s_1'''')$ beob.	942,35	579,93	320,93	129,10
$(m s_1'''')_{\text{red.}}$ ber.	1722,74	1360,46	$1101{,}51_5$	910,02
beob.-ber.	−0,09	$-0{,}22_5$	−0,28	−0,62

Diskontinuität für $m = 6$ wie in den ersten Nebenserien $m d_i$ für $m = 7$.

Die letzten 4 Serien, a. a. O. und hier $m s_1^i$ bezeichnet, haben alle Eigenschaften der ersten Nebenserien $m d_i$ des Neonspektrums. Nach der Größe und dem Vorzeichen der Konstanten s_1^i und σ_1^i ordnen sie sich unter jene ein. Dazu ist die Diskontinuität vorhanden. Diese bestand bei den Serien $m d_i$ darin, daß der Term $m = 6$ etwas, $m = 7$ stark erniedrigt war. Bei den Serien $m s_1^i$ ist der Term $m = 6$ über die Ritz-Kurve hinaus erhöht. Nimmt man dazu, daß nach Meißners[1]) Diskussion der Beobachtungen von H. Nyquist[2]) der Stark-Effekt der Linien dieser Serien von der Größe des Effektes der ersten Nebenserienlinien des Neon ist, so folgt, daß diese

1) K. W. Meißner, Mitt. d. Phys. Ges. Zürich, Nr. 19. S. 64. 1919.
2) H. Nyquist, Phys. Review 10. S. 237. 1917.

4 Serien solche erster Nebenserienterme sind. Rechnet man d_4 und d_4', ferner d_1' und d_1'' je als einen einzigen in 2 Satelliten zerspaltenen Term, so wäre die Zahl Termserien der I. Nebenserie 10, die gleiche, wie die der Termserien der H.-S. des Neonspektrums.

Die Regel, daß die Zahl der Mannigfaltigkeiten (Triplets bzw. Dublets) im Hauptserienterm und im I. Nebenserienterm die gleiche ist, gilt also auch für diese hohe Mannigfaltigkeitszahl. Die Bemerkung von K. A. Nissen[1]), daß diese Mannigfaltigkeitszahl bei den Spektren der Edelgase mit der Nummer des Elementes im periodischen Systems übereinstimmt, trifft daher bei Helium (Hel. und Parhel) und beim Neon zu, wenn man beim Helium die Duplizität des einen Seriensystems und bei Neon diejenige in d_4 und d_4' und zugleich die in d_1' und d_1'' vernachlässigt.

Bezeichnung für die Hauptserienterme:

$$m p_i + A = (m p_i)_{\text{red.}} = \frac{109\,694{,}8}{(m + p_i + \pi_i (m p_i)_{\text{red.}})^2};$$

$m p_i$ bedeutet den a. a. O. auf Grund des Kombinationsprinzipes berechneten „Kombinationsterm".

$(m p_i)_{\text{red.}}$ ist der durch die Formel von Ritz dargestellte „reduzierte" Term.

Die Hauptserie $m p_1$:

$A = 730{,}0 \quad p_1 = 0{,}255\,468 \quad \pi_1 = -3{,}280 \times 10^{-7}$

$m =$	2	3	4	5	6	7
$(m p_1)$ beob.	20958,72	9643,51	5342,45	3240,04	2015,95	1264,31
$(m p_1)_{\text{red.}}$	21699,84	10372,17	6063,15	3973,55	2804,10	2084,19
beob.-ber.	−11,12	+1,39	+9,30	−3,51	−58,15	−89,88

Diese Serie ist durch die Formel von Ritz nicht darstellbar. Die Interpolation durch die a. a. O. gegebene Formel gestattete, weitere Glieder bis $m = 11$ als möglich anzugeben. Diese Glieder würden nach obiger Interpolation unmöglich, $m = 6$ und $m = 7$ würden bereits fraglich erscheinen.

---

1) K. A. Nissen, Phys. Zeitschr. 21. S. 25. 1920.

Die Hauptserie $m p_2$:

$A = 763{,}0 \quad p_2 = 0{,}1654588 \quad \pi_6 = -5{,}0574 \times 10^{-7}$

$m =$	2	3	4	5	6
$(m p_2)$ beob.	22891,00	10221,69	5570,75	3350,98	2126,25
$(m p_2)$red. ber.	23653,61	10985,37	6331,82	4114,51	2887,10
beob.-ber.	− 0,61	− 1,28	+ 1,93	− 0,53	+ 2,15

Die Hauptserie $m p_3$:

$A = 40{,}0 \quad p_3 = 0{,}256638 \quad \pi_8 = -3{,}2524 \times 10^{-6}$

$m =$	2	3	4	5	6	7	8
$(m p_3)$ beob.	23012,01	10528,10	6062,15	3952,65	2780,61	2015,95	1602,1
$(m p_3)$red. ber.	23046,79	10564,85	6110,99	3989,50	2810,44	2087,03	1611,21
beob.-ber.	+ 5,22	+ 3,24	− 8,84	+ 3,16	+ 10,18	− 31,08	+ 30,89

$(m p_3)_{\text{red.}}$ folgt Ritz' Gesetz schlecht $6 p_3$, früherer Formel noch gut angeschlossen, würde nach obiger Rechnung zweifelhaft sein; $7 p_3$ und $8 p_3$ sind nach beiden Rechnungen zweifelhaft.

Die Hauptserie $m p_4$:

$A = 780{,}4 \quad p_4 = 0{,}168945 \quad \pi_4 = -1{,}02273 \times 10^{-6}$

$m =$	2	3	4	5	6	7
$(m p_4)$ beob.	23070,94	10220,82	5550,65	3332,15	2101,4	1356,0
$(m p_4)$red. ber.	23851,34	11001,34	6331,17	4112,34	2885,22	2135,70
beob.-ber.	0,00	− 0,12	− 0,12	+ 0,21	− 3,42	+ 0,70

Die Hauptserie $m p_5$:

$A = 783{,}4 \quad p_5 = 0{,}158203 \quad \pi_5 = -7{,}3590 \times 10^{-7}$

$m =$	2	3	4	5	6	7	8
$(m p_5)$ beob.	23157,34	10272,13	5573,90	3344,46	2107,1	1355,8	864,0
$(m p_5)$red. ber.	23939,83	11054,69	6358,47	4127,63	2894,53	2141,75	1648,54
beob.-ber.	+ 0,91	+ 0,84	− 1,17	+ 0,23	− 4,03	− 2,55	− 1,24

Die Hauptserie $m p_7$:

$A = 0 \quad p_7 = 0{,}185051 \quad \pi_7 = -1{,}3803 \times 10^{-6}$

$m =$	2	3	4	5	6
$(m p_7)$ beob.	23807,05	10916,78	6289,81	4089,95	2871,44
$(m p_7)$ ber.	23678,43	10916,17	6289,10	4089,08	2872,10
beob.-ber.	+ 129,42	+ 0,61	+ 0,71	+ 0,87	− 0,66

$m =$	7	8	9	10
$(m p_7)$ beob.	2126,25	1638,0	1299,2	1057,5
$(m p_7)$ ber.	2126,58	1638,26	1300,75	1057,75
beob.-ber.	− 0,33	− 0,26	− 1,55	− 0,25

Diese Serie, durch die frühere Formel besser dargestellt, folgt Ritz' Gesetz von $m = 3$ an und kann entweder durch Hinzunahme von $A = -10$ zur Ritzschen Form oder besser durch Hinzunahme eines quadratischen Gliedes $\pi_7'(m p_7)^2$ unter der Wurzel des Nenners der Ritzschen Form besser dargestellt werden.

Die Hauptserie $m p_{10}$:

$A = 10 \quad p_{10} = 0{,}125417 \quad \pi_{10} = -2{,}2822 \times 10^{-6}$

$m =$	2	3	4	5	6	7
$(m p_{10})$ beob.	25671,65	11411,49	6479,93	4181,29	2920,09	2156,4
$(m p_{10})$red. ber.	25679,57	11419,45	6491,94	4191,31	2929,97	2163,56
beob.-ber.	+ 2,08	+ 2,04	− 2,02	− 0,02	+ 0,12	+ 2,84

Bessere Darstellung durch Fl. II a. a. O.

Die Resultate der Berechnung beweisen, daß die Hauptserien $m p_3$, $m p_7$, $m p_{10}$ angenähert (kleine Werte von A) vom Ritztypus sind, und daß die Serien $m p_1$, $m p_2$, $m p_4$, $m p_5$ durch Vermehrung der Terme um A den Ritztypus angenähert oder genau annehmen. Für die Serien $m p_4$ und $m p_5$ hat A wieder denselben Wert, wie für die Nebenserien. Für die schwieriger darzustellenden Serien $m p_1$ und $m p_2$ berechnete man niedere Werte. Sie folgen indessen der Formel von Ritz nur roh. Für sie trifft demnach die hier behandelte neue Möglichkeit nicht völlig zu. Diese Abweichungen, sowie auch die Abweichungen in p_3 und p_{10} beeinträchtigen die jetzt behandelte Möglichkeit der Auffassung der abweichenden Serien wie a. a. O. in der Anmerkung S. 408 ausgeführt wurde.

Tabelle I.

Die Kombinationsterme der ersten Nebenserien.

m	$m s_1'$	$m s_1''$	$m s_1'''$	$m s_1''''$	$m d_1'$	$m d_1''$	m
3	11 493,78	11 509,50	11 519,26	115 20,82	12 228,05	12 229,8	3
4	6 121,69	6 132,50$_5$	6 133,56	61 34,47	6 880,79	6 881,85	4
5	3 633,43	3 640,11	3 639,75	36 40,47	4 402,56	4 403,13	5
6	2 284,56$_5$	2 287,29	2 287,02	22 89,45	3 056,20	3 056,56	6
7	1 468,40	1 471,00	1 470,82	14 71,55	2 243,92	2 244,17	7
8	940,43	942,30	942,21	9 42,35	1 718,22	1 718,37	8
9	578,64	579,98	579,92	5 79,93	1 357,22	1 357,33	9
10	319,94	320,98	320,90	3 20,93	1 099,19	1 099,25	10
11	128,67	129,12	129,10	1 29,10	908,17	908,49	11
12					762,93	763,29	12
13					646,48		13

m	$m\,d_2$	$m\,d_3$	$m\,d_4$	$m\,d_4'$ [1])	$m\,d_5$	$m\,d_6$	m
3	12 292,85	12 322,26	12 337,32	12 339,15	12 405,23	12 419,87$_5$	3
4	6 902,48$_5$	6 917,92	6 928,37	6 929,46	6 954,13	6 961,80	4
5	4 412,44	4 420,89	4 427,15	4 427,77	4 441,03$_5$	4 446,44	5
6	3 061,51	3 066,46	3 070,55	3 070,96	3 078,13	3 081,24	6
7	2 246,58	2 248,11	2 253,70	2 254,01	2 257,52$_5$	2 260,27	7
8	1 720,35	1 722,66	1 724,17	1 724,34	1 727,57	1 729,07$_5$	8
9	1 358,59	1 360,06	1 361,43	1 361,57	1 363,53	1 364,54$_5$	9
10	1 100,15	1 101,55	1 102,21	1 102,31	1 103,98	1 104,86	10
11		909,37	910,56	910,56	911,54	912,03	11
12		764,34	764,96	764,96	765,84		12
13		649,30	651,29	651,37	651,94		13

1) Von $m = 7$ an Zahlen $m\,d_4'$ zu klein, $m\,d_4$ zu groß, da Mittel aus d_4 und d_4' gemessen.

Tabelle Ia.

Die reduzierten Terme (beob.) der verschobenen ersten Nebenserien.

m	$m\,s_1' + 780{,}646$	$m\,s_1'' + 780{,}5$	$m\,s_1''' + 780{,}4$	$m\,s_1'''' + 780{,}3$	m
3	12 274,42	12 290,00	12 299,66	12 301,12	3
4	6 902,33	6 913,00$_5$	6 913,96	6 914,77	4
5	4 414,08	4 420,61	4 420,15	4 420,77	5
6	3 065,21	3 067,79	3 067,42	3 069,75	6
7	2 249,04$_5$	2 251,50	2 251,22	2 251,85	7
8	1 721,07	1 722,80	1 722,61	1 722,65	8
9	1 359,28	1 360,48	1 360,32	1 360,23	9
10	1 100,59	1 101,48	1 101,30	1 101,23	10
11	909,32	909,62	909,50	909,40	11
	ähnlich $m\,d_2$	$m\,d_3$	$m\,d_4$	$m\,d_5$	

Tabelle Ib.

Konstanten und Kombinationen der Termserien der ersten Nebenserien.

I. N.-S.	A	d_i (resp. s_1^i)	δ_i (resp. σ_1^i)	1st kombiniert mit
$(m\,s_1')$	+780,646	−0,0173500	$+5{,}540 \times 10^{-7}$	$p_1\,p_2\,p_3\,p_4\,p_5\,p_6\,p_7\,p_8\quad p_{10}$
$(m\,s_1'')$	+780,5	−0,0228320	$+7{,}643 \times 10^{-7}$	$p_2\quad p_4\,p_5\,p_6\,p_7\,p_8\,p_9\,p_{10}$
$(m\,s_1''')$	+780,4	−0,0209603	$+5{,}974 \times 10^{-7}$	$p_4\quad p_6\quad p_8\,p_9$
$(m\,s_1'''')$	+780,3	−0,0214363	$6{,}200 \times 10^{-7}$	$p_2\quad p_4\,p_5\,p_6\,p_7\,p_8\quad p_{10}$
$(m\,d_1')$	0	−0,010387	$4{,}545 \times 10^{-7}$	$p_4\quad p_6\quad p_8\,p_9$
$(m\,d_1'')$	0	−0,010701	$4{,}577 \times 10^{-7}$	$p_4\,p_5\quad p_7\,p_8\,p_9\,p_{10}$
$(m\,d_2)$	0	−0,014658	$1{,}524 \times 10^{-7}$	$p_1\,p_2\,p_3\,p_4\,p_5\,p_6\,p_7\,p_8\quad p_{10}$
$(m\,d_3)$	0	−0,020055	$3{,}004 \times 10^{-7}$	$p_2\quad p_4\,p_5\,p_6\,p_7\,p_8\,p_9\,p_{10}$
$(m\,d_4)$	0	−0,0245621	$5{,}179 \times 10^{-7}$	$p_4\quad p_6\,p_7\,p_8\,p_9$
$(m\,d_4')$	0	ähnlich $m\,d_4$		p_9
$(m\,d_5)$	0	−0,031600	$4{,}352 \times 10^{-7}$	$p_2\,p_3\,p_4\quad p_6\quad p_8.\quad p_{10}$
$(m\,d_6)$	0	−0,035200	$5{,}749 \times 10^{-7}$	$p_2\quad p_5\quad p_7\quad p_{10}$

Die Kombinationstermserien $m s_1^i$ sind danach Satellitserien mit konstanter Schwingungsdifferenz $A = 780{,}5$ gegenüber Serien $(m s_1^i)_{\text{red.}}$ vom Ritztypus. Letztere sind nach der Größe ihrer Termwerte und nach ihrem Verlauf ähnlich den Kombinationsserien $m d_2$, $m d_3$, $m d_4$ und $m d_5$. Die hiernach einander entsprechenden Termfolgen, nämlich:

$m s_1'$ und $m d_2$, $m s_1''$ und $m d_3$, $m s_1'''$ und $m d_4$, $m s_1''''$ und $m d_5$

bilden zugleich mit wenigen Ausnahmen Serien mit derselben Auswahl von Grenztermen $2p_i$, wie aus Tab. Ib und Tab. IV ersichtlich ist.

Tabelle II.

Die Kombinationsterme der zweiten Normalserien.

m	$m s_2$	$m s_3$	$m s_4$	$m s_5$	m
1,5	38 040,73	39 110,81	39 470,16	39 887,61	1,5
2,5	(14 396,28)[1]	(14 554,98)[1]	(15 141,50)	(15 332,17)	2,5
3,5	7 272,96	7 323,13	8 016,68	8 101,29	3,5
4,5	4 201,81	4 223,47	4 962,10	5 004,81	4,5
5,5	2 605,42	2 616,58	3 372,37	3 396,71	5,5
6,5	1 667,67	1 675,10	2 439,97	2 456,12	6,5
7,5	1 072,45	1 077,33	1 848,55	1 858,06$_5$	7,5
8,5	670,01	674,19	1 447,59	1 454,14	8,5
9,5	386,17	389,45	1 164,91	1 169,61	9,5
10,5			957,06	960,90	10,5
11,5			800,66	803,40	11,5

Die reduzierten Terme (beob.) der verschobenen zweiten Nebenserien.

m	$m s_2 + 781{,}346$	$m s_3 + 780{,}80$
1,5	38 822,08	39 891,61
2,5	(15 177,62)[1]	(15 335,78)[1]
3,5	8 054,31	8 103,93
4,5	4 983,15	5 004,27
5,5	3 386,77	3 397,38
6,5	2 449,02	2 455,90
7,5	1 853,80	1 858,13
8,5	1 451,35	1 455,00
9,5	1 167,516	1 170,25
	ähnlich $m s_4$	sehr ähnlich $m s_5$

1) Berechnet aus $(m s_i)_{\text{red.}}$ nach Ritzscher Formel.

Tabelle IIa.

Konstanten und Kombinationen der Termserien der zweiten Nebenserien.

II. N.-S.	A	s_i	σ_i	Ist kombiniert mit
$(m s_2)$	+781,346	+0,1931593	$-3{,}14623 \times 10^{-7}$	$p_1\ p_2\ p_3\ p_4\ p_5\ p_6\ p_7\ p_8\ \ p_{10}$
$(m s_3)$	+780,8	+0,1845927	$-6{,}591 \times 10^{-7}$	$p_2\ \ p_5\ \ p_7\ \ p_{10}$
$(m s_4)$	0	+0,206777	$-1{,}00568 \times 10^{-7}$	$p_1\ p_2\ p_3\ p_4\ p_5\ p_6\ p_7\ p_8\ \ p_{10}$
$(m s_5)$	0	+0,1850705	$-6{,}699 \times 10^{-7}$	$p_2\ \ p_4\ p_5\ p_6\ p_7\ p_8\ p_9\ p_{10}$

$m s_2$ und $m s_3$ sind danach Satellitserien gegenüber den Serien $(m s_2)_{\text{red.}}$ und $(m s_3)_{\text{red.}}$ Letztere sind nach Größe ihrer Termwerte und nach ihrem Verlauf ähnlich den Termserien $m s_4$ und $m s_5$.

$m s_2$ und $m s_4$ sind Termfolgen derselben Auswahl von Grenztermen $2 p_i$. Die Grenzterme $2 p_i$, mit welchen $m s_3$ Serien bildet, sind auch solche, mit denen $m s_5$ Serien bildet. $m s_5$ bildet außerdem noch mit weiteren der Grenzterme $2 p_i$ Serien.

Tabelle III.

Die Kombinationsterme der Hauptserien.

m	$m p_1$	$m p_2$	$m p_3$	$m p_4$	$m p_5$	m
2	20 958,72	22 891,00	23 012,01	23 070,94	23 157,34	2
3	9 643,51	10 221,69	10 528,10	10 220,82	10 272,13	3
4	5 342,45	5 570,75	6 062,15	5 550,65	5 573,90	4
5	3 240,04	3 350,98	3 952,65	3 332,15	3 344,46	5
6	2 015,95	2 126,25	2 780,61	2 101,4	2 107,1	6
7	1 264,31		2 015,95	1 356,0	1 355,8	7
8	747,9		1 602,1		864,0	8
9	422,9					9
10	232,8					10
11	115,4					11

m	$m p_6$	$m p_7$	$m p_8$	$m p_9$	$m p_{10}$	m
2	23 613,59	23 807,85	24 105,23	24 272,41	25 671,65	2
3	10 891,04	10 916,78	11 030,29	11 098,71	11 411,49	3
4	6 280,71	6 289,81	6 338,15	6 370,29	6 479,93	4
5	4 085,59	4 089,95	4 114,71	4 132,28	4 181,29	5
6	2 869,15	2 871,44	2 885,75	2 896,54	2 920,09	6
7	2 126,25	2 126,25	2 137,8	2 142,4	2 156,4	7
8	1 638,0	1 638,0	1 642,6	1 647,2		8
9	1 299,2	1 299,2		1 306,2		9
10	1 057,5	1 057,5				10

Tabelle IIIa.

Die reduzierten Terme (beob.) der verschobenen Hauptserien.

m	$(m p_1) + 730$	$(m p_2) + 763$	$(m p_4) + 780{,}4$	$(m p_5) + 783{,}4$	m
2	21 688,72	23 653,00	23 851,34	23 940,74	2
3	10 373,51	10 984,69	11 001,22	11 055,53	3
4	6 072,45	6 333,75	6 331,05	6 357,30	4
5	3 970,04	4 113,98	4 112,55	4 127,86	5
6	2 745,95	2 889,25	2 881,8	2 890,5	6
7	1 994,31		2 136,4	2 139,2	7
8				1 647,4	8

Tabelle IIIb.

Konstanten und Kombinationen der Termserien der Hauptserien.

H.-S.	A	p_i	π_i	Kommt vor kombiniert mit
$(m\,p_1)$	+730,0	0,255468	$-3{,}280 \times 10^{-7}$	s_2 s_4
$(m\,p_2)$	+763,0	0,1654588	$-5{,}0574 \times 10^{-7}$	s_2 s_3 s_4 s_5
$(m\,p_3)$	+ 40,0	0,256638	$-3{,}2524 \times 10^{-6}$	s_2 s_4
$(m\,p_4)$	+780,4	0,168945	$-1{,}02273 \times 10^{-6}$	s_2 s_4 s_5
$(m\,p_5)$	+783,4	0,152203	$-7{,}3590 \times 10^{-7}$	s_2 s_3 s_4 s_5
$(m\,p_6)$	0	0,1861075	$-1{,}0225 \times 10^{-6}$	s_2 s_4 s_5
$(m\,p_7)$	0	0,185051	$-1{,}3803 \times 10^{-6}$	s_2 s_3 s_4 s_5
$(m\,p_8)$	0	0,169166	$-1{,}31045 \times 10^{-6}$	s_2 s_4 s_5
$(m\,p_9)$	0	0,1572927	$-1{,}14584 \times 10^{-6}$	s_5
$(m\,p_{10})$	+10	0,125417	$-2{,}2822 \times 10^{-6}$	s_2 s_3 s_4 s_5

Nach Größe der Termwerte und Serienverlauf sind einander ähnlich: $m\,p_1 + 730$ und $m\,p_3$, $m\,p_2 + 763$ und $m\,p_7$, $m\,p_4 + 780{,}4$ und $m\,p_8$, $m\,p_5 + 783{,}4$ und $m\,p_9$ $(m\,p_7)$.

Die drei ersten dieser Paare bilden mit der gleichen Auswahl von Grenztermen 1,5 s_i Kombinationen. $m\,p_5$ ist kombiniert mit denselben Grenzen wie $m\,p_{10}$ und ist dieser Serie wohl zuzuordnen.

Tabelle IV.

$2p_i$ kombiniert mit folgenden Termserien der ersten und zugleich der zweiten Nebenserie.

	Erste Nebenserie												Zweite Nebenserie			
$2\,p_1$	s_1'						d_2			d_5?[1]			s_2		s_4	
$2\,p_2$	s_1'	s_1''		s_1''''			d_2	d_3		d_5	d_6		s_2	s_3	s_4	s_5
$2\,p_3$	s_1'						d_2			d_5			s_2		s_4	
$2\,p_4$	s_1'	s_1''	s_1'''	s_1''''	d_1'	d_1''	d_2	d_3	d_4	d_5			s_2		s_4	s_5
$2\,p_5$	s_1'	s_1''		s_1''''		d_1''	d_2	d_3			d_6		s_2	s_3	s_4	s_5
$2\,p_6$	s_1'	s_1''	s_1'''	s_1''''	d_1'		d_2	d_3	d_4	d_5			s_2		s_4	s_5
$2\,p_7$	s_1'	s_1''		s_1''''		d_1''	d_2	d_3	d_4		d_6		s_2	s_3	s_4	s_5
$2\,p_8$	s_1'	s_1''	s_1'''	s_1''''	d_1'	d_1''	d_2	d_3	d_4	d_5			s_2		s_4	s_5
$2\,p_9$		s_1''	s_1'''		d_1'	d_1''		d_3	d_4	d_4'						s_5
$2\,p_{10}$	s_1'	s_1''		s_1''''		d_1''	d_2	d_3		d_5	d_6		s_2	s_3	s_4	s_5

1) Die von Meißner angegebenen, nicht eingeordneten Linien:

	$2p_1 - 4d_5$		$2p_1 - 4d_4$	
λ	(3) 7 138,70	und	(3) 7 125,37	beob.
ν	14 004,29		14 030,49	

sind wohl die oberhalb genannten Kombinationen:

ber.	λ	7 138,54	7 125,44

Die hier vertretene Auffassung der abweichenden Neonserien erscheint aus folgenden Gründen als eine mögliche:

1. Die Serien werden durch die bekannte Formel von Ritz genauer dargestellt als durch die a. a. O. gegebene Formel sonst unbekannten Serienverlaufes. Die experimentelle Entscheidung zwischen den beiden Möglichkeiten würde durch die Beobachtung höherer Glieder dieser Serien zu erzielen sein. Denn nach der früheren Auffassung müßten die Kombinationsterme $2p_i$ resp. $1{,}5s_i$ die Grenzen dieser Serien sein. Nach der hier vertretenen müßten die reduzierten Termwerte $2p_i + A$ resp. $1{,}5s_i + A$ ihre Grenzen sein, wie im nächsten Abschnitt bewiesen wird. Schon die vorliegenden Beobachtungen, besonders über $m\,s_2$ und $m\,s_3$ würden für die letzteren Grenzen günstig sein (vgl. S. 204). Hätte man es nur mit diesen abweichenden Serien zu tun, so würde man ihnen als Grenzen die reduzierten Terme zuweisen, wie es Meißner tat.[1]) Das heißt: Man erhielte die Zahlenwerte ihrer Grenzen und damit auch die aller ihrer Terme um A größer als die Kombinationsterme. Dafür würden in diesem Falle die anderen Serien als abweichende erscheinen.

Aus einer stark exponierten Aufnahme konnte folgender Beweis für die Grenzen $2p_i + A$ abgeleitet werden: Die Glieder $10{,}5s_1^i$ nach früherer, $11s_1^i$ nach jetziger Bezeichnung der ersten Nebenserie konnten a. a. O. auf Grund der dort gegebenen Serienformel nicht gefunden werden, obwohl das vorhergehende Glied noch nicht allzu schwach war. Die neue Formel führt in mehreren Fällen auf schwache, aber deutlich erkennbare Linien. Es sind gerade die Fälle, in denen man wegen der Lichtstärke des vorhergehenden Gliedes dieses Serienglied erwartete:

Auf meinen Aufnahmen ist vorhanden (0) 7138,27 und die zu dieser Serie gehörige $2p_1 - 5d_5$ ber. 6052,440 beob. (0) 6052,41. Die Linie $2p_1 - 5d_4$ ber. 6047,356 ist nicht sicher zu erkennen. Eine sehr schwache und unsichere Linie bei 6047,18 kommt dafür wohl nicht in Frage. Es ist daher oben nur angegeben, daß d_5 möglicherweise eine schwache Kombinationsserie mit $2p_1$ bildet.

1) Meißner gibt als Grenze für einige dieser Serien 26442,5 bis 26449,4 an Stelle des Kombinationstermes $2p_{10} = 25671{,}654$.

		$2p_4 - 11s_1'''$	$2p_5 - 11s_1''$
	$2p_3 - 11s_1'$	$2p_4 - 11s_1''''$	$2p_5 - 11s_1''''$
λ_{Luft} beob.	(0) 4 368,766	(0) 4 357,613	(0) 4 341,298
ν	23 012,015	22 941,89	23 028,12
$11s_1'$	128,675	129,05	129,22

	$2p_6 - 11s_1'''$	$2p_7 - 11s_1''$	$2p_8 - 11s_1'''$
	$2p_6 - 11s_1''''$	$2p_7 - 11s_1''''$	$2p_8 - 11s_1''''$
λ_{Luft} beob.	(0) 4 256,935	(0) 4 221,992	(0) 4 169,642
ν	23 484,47	23 678,84	23 976,11
$11s_1'$	129,12	129,01	129,12

Es folgt im Mittel:

		$11s_1'$	$11s_1''$	$11s_1'''$	$11s_1''''$
beob.		$128{,}67_5$	129,12	129,10	129,10
ber.	neu	$128{,}70_5$	129,56	129,54	129,72
	a. a. O.	186,11			186,65

Diese Beobachtungen entscheiden bereits für die Grenze $(2p_i)_{\text{red.}}$ und gegen die a. a. O. gegebene Formel, sowie gegen den unreduzierten Wert $2p_i$ als Grenze infolge der guten Übereinstimmung mit der jetzigen und der großen Abweichung von der früheren Berechnung.

2. Das Kombinationsprinzip ist noch nicht völlig bekannt. Es kommen in den Spektren von Mg, Ca, Sr, Ba, Al Gruppen vor (die der $^3/_2$-normalen magnetischen Aufspaltung), in welchen die Schwingungsdifferenzen der Triplets genau auftreten. Die Linien dieser Gruppen können aber nicht einfache Kombinationen der $2p_i$-Terme der Triplets sein, da die Werte der dazu gehörigen Kombinationsterme zu klein wären. Dieses ist auch die neue charakteristische Schwierigkeit in der Einordnung der abweichenden Neonserien.

Es ergibt sich nun aus der neuen Auffassung der abweichenden Serien folgendes:

Die a. a. O. und in den Tabellen I, II, III geführten Kombinationsterme geben alle Linien aller Serien, auch der abweichenden nach dem Schema:

Hauptserie	$\nu = 1{,}5s_i - mp_i$
Zweite Nebenserie	$\nu = 2p_i - ms_i$
Erste Nebenserie	$\nu = 2p_i - md_i$
	bzw. $2p_i - ms_1^i$

Nach der Formel von Ritz darstellbar und durch dieses Schema mit richtigen Seriengrenzen beschrieben sind die S. 207 angegebenen Serien.

Für die abweichenden Serien (S. 202 angegeben) sind die rechtsstehenden subtraktiven Termfolgen nicht nach Ritz darstellbar. Der Formel von Ritz folgen die reduzierten Termwerte:

$$(m\,p_i)_{\text{red.}} = m\,p_i + A$$
$$(m\,s_i)_{\text{red.}} = m\,s_i + A$$
$$(m\,s_1{}^i)_{\text{red.}} = m\,s_1{}^i + A$$

Wenn nun diese reduzierten Termwerte als die richtigen angenommen und in das obige Schema eingeführt werden, wird das Schema der abweichenden Serien und ihrer Linien folgendes:

Hauptserie	$\nu = (1{,}5\,s_i + A) - (m\,p_i)_{\text{red.}} = (1{,}5\,s_i)_{\text{red.}} - (m\,p_i)_{\text{red.}}$
Zweite Nebenserie	$\nu = (2\,p_i + A) - (m\,s_i)_{\text{red.}} = (2\,p_i)_{\text{red.}} - (m\,s_i)_{\text{red.}}$
Erste Nebenserie	$\nu = (2\,p_i + A) - (m\,s_1{}^i)_{\text{red.}} = (2\,p_i)_{\text{red.}} - (m\,s_1{}^i)_{\text{red.}}$

Die subtraktiven Termfolgen sind neue, für sich gegebene, im einzelnen zahlenmäßig oben ausgeführte. Sie werden jetzt als die richtigen behandelt, weil sie der Formel von Ritz folgen. Dann folgt, daß sämtliche Termwerte der Grenzen für diese Serien um den konstanten Wert A erhöht auftreten. Die Grenzen der Serien sind also durch das erste Schema nur für die Serien richtig beschrieben, welche unreduziert der Formel von Ritz folgen. Für die zweite Art Serien, deren unreduzierte Terme der Formel von Ritz nicht folgen, und deren um A vermehrte (reduzierte) Termwerte erst diese Formel befolgen, gelten nicht die gleichen Grenzen, sondern um den konstanten Betrag A erhöhte. Für diese Serien sind daher alle Kombinationsterme (auch die der Grenzen) um A zu vermehren. Das letzte Schema allein entspricht der physikalischen Art dieser Serien, das erste Schema ist für sie ein unrichtiges.

Es ist zu beachten, daß die Terme $1{,}5\,s_2$ und $1{,}5\,s_3$ unreduziert bei den Hauptserien vom Ritztypus, aber reduziert bei den anderen auftreten, während die Terme höherer Nummer m $m\,s_2$ und $m\,s_3$ nur reduziert in den zweiten Nebenserien auftreten und eine physikalische Bedeutung haben sollen. Ebenso

sind die Terme $1{,}5\,s_4$ und $1{,}5\,s_5$ unreduziert Grenzen der Hauptserien vom Ritztypus und reduziert Grenzen der abweichenden Hauptserien, während die Terme $m\,s_4$ und $m\,s_5$ höherer Nummer m, nur unreduziert auftreten. Hierin liegt ein Widerspruch. Denn, wenn nur zuzulassen ist, was Ritz' Formel befolgt, so wären $1{,}5\,s_2$ und $1{,}5\,s_3$ als unreduzierte Terme zu verwerfen, ebenso $(1{,}5\,s_4)_{\text{red.}}$ und $(1{,}5\,s_5)_{\text{red.}}$, da diese Werte nicht aus der Formel von Ritz berechnet werden. Dasselbe ist für die Terme $2\,p_i$ zu erörtern, und es entsteht dabei ein analoger Widerspruch. Alle diese Terme kommen als Grenzen doppelt vor: bei den Nebenserien vom Ritztypus mit unreduzierten Werten, bei den abweichenden mit reduzierten Werten, während sie doch Serien angehören, die entweder nur reduziert oder nur unreduziert als solche zugelassen sind. Wenn die unreduzierten Kombinationsterme $1{,}5\,s_2$ und $1{,}5\,s_3$ tatsächlich auftreten (als Grenzen der Hauptserien vom Ritztypus), so sollte auch die physikalische Möglichkeit der unreduzierten Terme $m\,s_2$ und $m\,s_3$ zu erwarten sein.[1]) Das war einer der Gründe, die mich veranlaßten, a. a. O. die Kombinationsterme dieser Serien anzunehmen, obwohl ihr Gesetz weit vom Ritzschen entfernt ist. Soll die hier erörterte Möglichkeit bestehen bleiben, so führt dieser Widerspruch zu einer Modifikation des Kombinationsprinzipes.

Wir haben für alle Grenzterme, also für $2p_i$ und $1{,}5\,s_i$, zwei verschiedene Werte, die Kombinationswerte und die um A größeren „reduzierten" Werte, während sämtliche Termfolgen festliegen. Die Konstanz der Differenz A der Grenzterme unabhängig von der Art des Terms (p oder s) tritt als interessante Neuheit auf.

Nun zeigt sich, daß, wenigstens in einiger Annäherung, die reduzierten Terme einer abweichenden Serie mit den Kombinationstermen einer anderen Serie übereinstimmen, welche letztere unreduziert der Formel von Ritz folgt. Es ist z. B. nahezu:

$$m\,s_3 + A = m\,s_5.$$

Außerdem gehen diese beiden so einander zugeordneten Serien meistens dieselben Kombinationen ein.

---

1) Die unreduzierten Terme $2{,}5\,s_2$ und $2{,}5\,s_3$ als Grenzen werden wohl bei im Ultrarot verlaufenden Serien vorkommen.

Würde dies allgemein genau zutreffen, so ergäbe sich ein besonders einfaches, aber völlig neues Bild, welches erst an einem Beispiel und dann allgemein in folgender Weise dargelegt werden kann:

Der im folgenden unter I stehende Satz von vier verschiedenen Hauptserien entspricht dem Schema S. 214. Die Linien dieser Serien sind a. a. O. in den Tabellen aufgeführt. Unter der Annahme:

$$1.\ 1{,}5\,s_5 = 1{,}5\,s_3 + \mathrm{A} \qquad 2.\ m\,p_7 = m\,p_2 + A$$

werden aus diesen Serien diejenigen des Satzes II. Dieser enthält drei Serien: 2 und 3 bedeuten die gleiche Serie. Ihr parallel mit konstanter Schwingungsdifferenz $\pm A$ für alle Linien gleicher Nummer m und für die Grenzen

$$\begin{array}{lcccc}
 & \mathrm{I} & \mathrm{II} & \mathrm{III} \\
1. & \nu = \overbrace{1{,}5\,s_3 - m\,p_7} & = \overbrace{(1{,}5\,s_5 - A) - m\,p_7} & = \overbrace{1{,}5\,s_5 - (m\,p_7 + A)} \\
2. & \nu = 1{,}5\,s_5 - m\,p_7 & = 1{,}5\,s_5 \qquad - m\,p_7 & = 1{,}5\,s_5 - m\,p_7 \\
3. & \nu = 1{,}5\,s_3 - m\,p_2 & = 1{,}5\,s_5 \qquad - m\,p_7 & = 1{,}5\,s_5 - m\,p_7 \\
4. & \nu = 1{,}5\,s_5 - m\,p_2 & = (1{,}5\,s_5 + A) - m\,p_7 & = (1{,}5\,s_5 + A) - m\,p_7
\end{array}$$

laufen zwei Satellitserien 1 und 4. Dies wäre das physikalisch beobachtbare Bild. Tatsächlich fallen die gleichnummerierten Linien der beiden Serien 2 und 3 nahe zusammen, und es liegen nahe im Abstand A oberhalb und unterhalb von ihnen die Linien der Serien 4 und 1.

Unter III ist eine weitere Darstellung dieser vier Serien gegeben, nach der diese Serien sich auch auffassen lassen als Übergänge von den Niveaus $m\,p_7$ und $m\,p_7 + A$ zu den Niveaus $1{,}5\,s_5$ und $1{,}5\,s_5 + A$. Die drei parallelen Serien entsprechen allen möglichen Übergängen zwischen diesen zwei Niveaupaaren. Hier kämen nicht allein die Grenzterme, sondern alle vorhandenen Terme auch um A vermehrt vor, aber dann nur vermehrt und nicht auch vermindert. Analog ließe sich ein vierter Satz angeben, der allen Übergängen zwischen den Niveaus $m\,p_7$ und $m\,p_7 - A$ einerseits und denen $1{,}5\,s_5$ und $1{,}5\,s_5 - A$ entspräche. Diese verschiedenen Möglichkeiten würden zu verschiedenen theoretischen Auffassungen führen und sind deshalb herausgestellt.

Nach dem Schema des Satzes II geschrieben wären alle hierher gehörigen Serien die folgenden:

	Hauptserie	II. Nebenserie	I. Nebenserie
2. 3.	$\nu = 1{,}5\, s_k - m\, p_i$	$\nu = 2\, p_i - m\, s_k$	$\nu = 2\, p_i - m\, d_k$
4.	$\nu = (1{,}5\, s_k + A) - m\, p_i$	$\nu = (2\, p_i + A) - m\, s_k$	$\nu = (2 p_i + A) - m\, d_k$
1.	$\nu = (1{,}5\, s_k - A) - m\, p_i$	$\nu = (2\, p_i - A) - m\, s_k$	$\nu = (2 p_i - A) - m\, d_k$
	$i = 3, 7, 8, 10;\ k = 4{,}5$		$i = 3, 7, 8, 10$ $k = 2, 3, 4, 5$

Es hat den Anschein, als ob dies der ursprüngliche Plan dieses Teiles des Spektrums wäre, der nur in gestörter Form in die Erscheinung getreten ist.

Nicht in dieses Bild eingeschlossen sind die Serien vom Ritztypus der Kombinationsterme:

der I. Nebenserie	$m\, d_1'$,	$m\, d_1''$,	$m\, d_4'$,	$m\, d_6$
der Hauptserie		$m\, p_6$		$m\, p_9$

In Wirklichkeit bestehen die 4 Hauptserien des Beispiels gesondert in folgender Gestalt:

1. $\nu = 1{,}5\, s_3 - m\, p_7$
2. $\nu = 1{,}5\, s_5 - m\, p_7$
3. $\nu = (1{,}5\, s_3 + A) - (m\, p_2)_{\text{red.}}$
4. $\nu = (1{,}5\, s_5 + A) - (m\, p_2)_{\text{red.}}$

da weder $1{,}5\, s_5 = 1{,}5\, s_3 + A$ noch $m\, p_7 = m\, p_2 + A$ genau erfüllt sind.

Es ist also tatsächlich jeder Serie 1. bzw. 2. eine andere 3. bzw. 4. so zugeordnet, daß die Grenze um den konstanten Betrag A verschoben ist. Aber es ist nicht, wie in obigem einfachen Bilde auch jedes Serienglied genau um diesen Betrag verschoben. Da der Term $1{,}5\, s_5$ demjenigen $1{,}5\, s_3 + A$ nahe kommt, entspricht der Satz II den beobachteten Tatsachen am besten.

Analoges gilt tatsächlich (und hier ohne Abweichung in den Werten von A) für die einander zugeordneten beiden Sätze von ersten und zweiten Nebenserien, deren Grenzen $2\, p_i$ und $2\, p_i + A$ sind.

Bezüglich der tatsächlich nach der Rechnung vorhandenen Abweichungen in dem Werte der Konstanten A im Falle der

Serie $(m p_2)_{\text{red.}}$ ($A = 763$) und derjenigen $(m p_1)_{\text{red.}}$ ($A = 730$) kann man wohl annehmen, daß diese Zahlen infolge unbekannter Störungen von 782 abweichen, so wie $A = 10$ für $m p_{10}$ und $A = 40$ für $m p_3$ berechnet wurden, da diese Serien mit $A = 0$ von der Ritzschen Form stärker abweichen. Diese Serien befolgen selbst mit diesen Werten von A die Formel von Ritz recht wenig genau.

Soll die hier vertretene Auffassung der abweichenden Serien des Neonspektrum eine physikalische Bedeutung haben, so würde der Konstanten A wohl eine allgemeinere Bedeutung zukommen, da sie der Ausdruck einer konstanten Änderung Bohrscher Energiestufen ist.

Als Wert von A wurde 782 ± 2 berechnet, wenn als Wert der Rydbergkonstanten N 109694,8 angenommen wurde. Für $N_\infty = 109737{,}2$ würde man für A den Wert 783 ± 2 erhalten. Hr. A. Sommerfeld meinte zu dieser Verschiebung der Seriengrenzen um den Betrag von 783, daß dieser Wert nahe übereinstimme mit dem Betrage von $N \times \alpha$ (N = Rydbergkonstante 109737,2, $\alpha = \frac{2\pi e^2}{c h}$ Konstante der Feinstruktur $7{,}295 \times 10^{-3}$). Es ist nämlich $N \times \alpha = 800{,}6$. Die Abweichung gegenüber dem aus den Neonserien bestimmten Werte von 783 wäre allerdings noch zu deuten. Da für die Serie $m p_1$ $A = 730$, für $m p_2$ $A = 763$, und nur für die übrigen abweichenden Serien A den obigen Wert hat, so könnte es wohl sein, daß der Wert von A infolge irgendeiner Störung verschiedener Stärke gegenüber dem Werte 800,6 in verschiedenem Grade erniedrigt erscheint. Diese Störung der universellen Konstanten 800,6 würde wohl dem speziellen Mechanismus des emittierenden Neonatoms zuzuschreiben sein.

Es kann vermutet werden, daß die beiden Sätze von Serien mit konstant verschobenen Grenzen der Isotopie des Neons zuzuschreiben sind.

Übersicht des Inhalts.

Das Spektrum des Neon ist früher (a. a. O.) fast vollständig dargestellt durch 10 Termfolgen von Hauptserienart und 14 Termfolgen von Nebenserienart. Die Kombinationen dieser Termfolgen sind die beobachteten Linien der entstehenden Serien.

Von diesen Termfolgen sind 4 Hauptserien- und 4 I. Nebenserienfolgen, sowie 2 II. Nebenserienfolgen ebenso vielen Haupt-, I. und II. Nebenserienfolgen zugeordnet. Die Grenzen der Serien, welche durch Kombinationen des einen Satzes von Termfolgen entstehen, haben gegenüber den Grenzen analog kombinierter Serien des zugeordneten Satzes eine konstante Differenz der Wellenzahlen von 782 cm^{-1} unabhängig von der Art der Serien. Diese Modifikation des Kombinationsprinzips entsteht, wenn man die Grenzen aller Serien nach der Formel von Ritz berechnet.

(Eingegangen 23. April 1920.)