

## Die Spektren Na IV, Mg V, Al VI und Mg III, Al IV im extremen Ultraviolett.

Von **Jonas Söderqvist** in Upsala.

Mit 1 Abbildung. (Eingegangen am 5. Oktober 1932.)

Die Vakuumfunkspektren von Natrium, Magnesium und Aluminium im extremen Ultraviolett sind aufgenommen, wie früher mitgeteilt ist<sup>1)</sup>. Mit Hilfe dieser Messungsergebnisse sind nun Linien der obengenannten Spektren identifiziert worden.

Von den hier behandelten Spektren sind nur die Kombinationen  $2s^2p^4\ ^3P - 2s\ p^5\ ^3P$  bei Na IV von Bruce B. Vance<sup>2)</sup>, bei Mg V von Edlén und Ericson<sup>3)</sup> sowie von J. E. Mack und R. A. Sawyer<sup>4)</sup> und bei Al VI von Edlén und Ericson<sup>3)</sup> früher bestimmt worden. In den Spektren von Mg. III und Al IV sind die Übergänge zwischen den Termen  $2s^2p^6\ ^1S_0$  und  $2s^2p^5\ ^3s\ ^3P_1$ ,  $2s^2p^5\ ^3s\ ^1P_1$  von Edlén und Ericson (l. c.) identifiziert worden, Bruce B. Vance (l. c.) hat bei Na IV auch die Kombinationen  $2s^2p^4\ ^1S_0 - 2s\ p^5\ ^1P_1$  und  $2s^2p^4\ ^1D_2 - 2s\ p^5\ ^1P_1$  gefunden, dabei ist aber die erste Linie falsch identifiziert. Diese Kombination gibt nämlich die Linie  $\lambda = 360,761$ , und daß diese Anordnung die richtige ist, kann man daraus schließen, daß die Differenz der beiden Niveaus  $2s^2p^4\ ^1S_0$  und  $2s^2p^4\ ^1D_2$  auch bei Kombinationen mit anderen Niveaus auftritt.

Fig. 1 gibt das Aussehen des Natriumspektrums im Wellenlängenintervall 415 bis 135 Å wieder. Die Platten sind etwa zehnmal vergrößert. Das Spektrum *a* ist ohne, das Spektrum *b* bei Einschaltung von Selbstinduktionsspulen im Entladekreis aufgenommen. Man kann in diesen beiden Spektren leicht sehen, wie sich die Intensitäten der Linien der verschiedenen Ionisationsstufen bei der Einschaltung ändern. Na II-Linien haben auf der Platte *b* größere Intensität, Na III ungefähr dieselbe Intensität auf beiden Platten, aber je höher die Ionisation ist, desto mehr wird nun die Intensität in der Platte *b* vermindert.

In der Serie O I, F II, Ne III, Na IV usw. sind früher die drei ersten Spektren im sichtbaren Gebiet genau untersucht, nämlich O I von R. Fre-

1) Jonas Söderqvist, ZS. f. Phys. **76**, 316, 756, 1932.

2) B. Vance, Phys. Rev. **41**, 480, 1932.

3) B. Edlén u. A. Ericson, C. R. **190**, 173, 1930.

4) J. Mack u. R. Sawyer, Phys. Rev. **35**, 299, 1930.

richs<sup>1)</sup>, F II von H. Dingle<sup>2)</sup> und Ne III von T. L. de Bruin<sup>3)</sup>. Die Terme dieser Spektren und die der Spektren Na IV, Mg V und Al VI ändern sich auch im allgemeinen so, wie man es erwarten kann. Doch ist die Identifizierung der  $3d^3P$ - und  $3d^3S(^2D)$ -Niveaus in Ne III sehr unwahrscheinlich. Die Linien, die de Bruin als Übergänge zwischen  $3p^3P(^2D)$  und  $3d^3P(^2D)$  angesehen hat, liefern auch andere Werte der Differenz der Terme  $3p^3P_2$  und  $3p^3P_1(^2D)$  als den in der Termtabelle angegebenen Wert. Diese Differenz erhält man nämlich zwischen den Linien  $3p^3P_2 - 3d^3P_2(^2D)$  ( $\nu = 45248,03$ ) und  $3p^3P_1 - 3d^3P_2(^2D)$  ( $\nu = 45290,25$ ) und zwischen  $3p^3P_2 - 3d^3P_1(^2D)$  ( $\nu = 45274,87$ ) und  $3p^3P_1 - 3d^3P_1(^2D)$  ( $\nu = 45317,76$ ). Man findet dann  $3p^3P_2 - 3p^3P_1(^2D) = -42,22$  und  $-42,89$ ; nach der Termtabelle ist die Differenz  $= 95,93$ . Weiter hat de Bruin ein Multiplett ( $\lambda 2473 - 2454$ ) gefunden, das er theoretisch nicht deuten kann. Wenn man diese Linien gemäß der Tabelle 1 unten identifiziert, geben die Niveaus auch Werte, die, wenn man sie mit denselben Niveaus der anderen Spektren vergleicht, sehr wahrscheinlich sind.

Tabelle 1. Ne III.

$J$	$\lambda$	$\nu$	Termkombination
4	2468,20	40 503,10	$3p^3P_1 - 3d^3P_3(^2D)$
2	2463,38	40 582,37	$3p^3P_1 - 3d^3P_1(^2D)$
6	2462,35	40 599,32	$3p^3P_2 - 3d^3P_3(^2D)$
2	2457,55	40 678,61	$3p^3P_2 - 3d^3P_1(^2D)$
5	2454,98	40 721,20	$3p^3P_2 - 3d^3S_1(^2D)$

Man erhält dann die folgenden Termwerte.

Tabelle 2.  
Termwerte in Ne III.

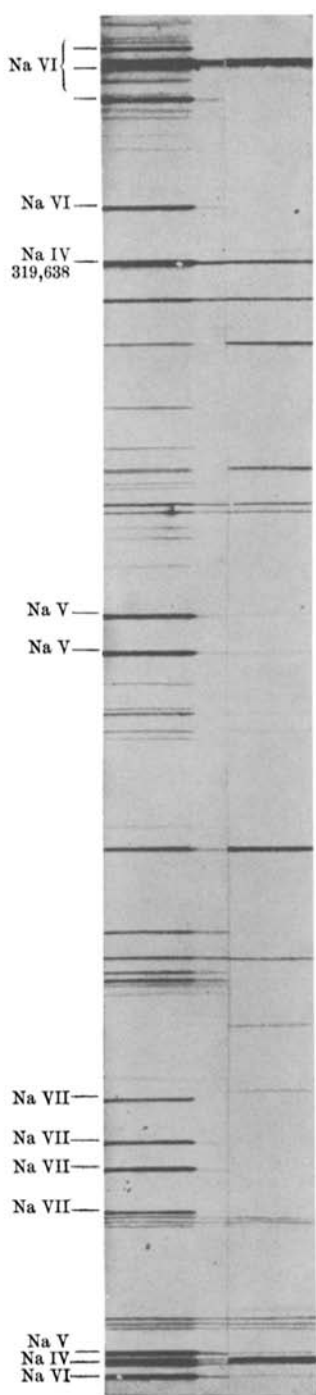
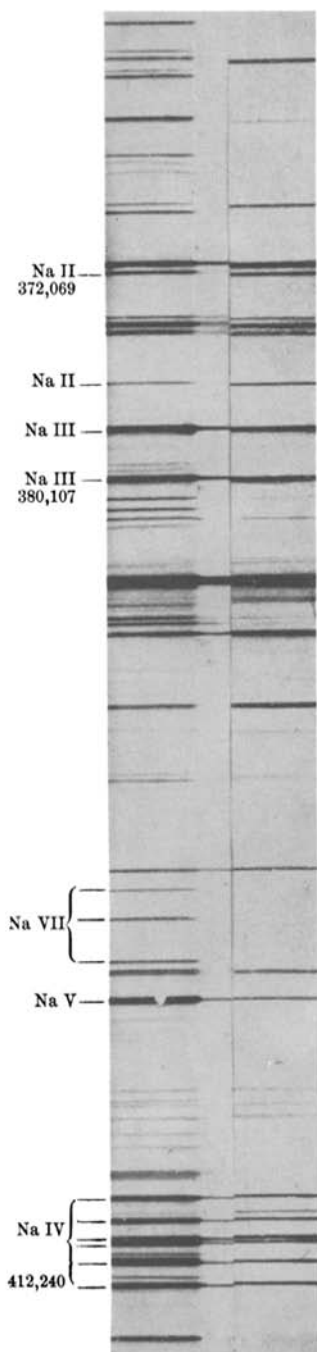
$3d^3P_3(^2D)$	74 562,19
$3d^3P_1(^2D)$	74 482,90
$3d^3S_1(^2D)$	74 440,16

Um eine Vorstellung von der Veränderung des  $3d^3P(^2D)$ - und des  $3d^3S_1(^2D)$ -Niveaus der Spektren zu erhalten, geben wir in Tabelle 3 die Differenz zwischen dem Term  $3d^3D_3(^2D)$  und den Termen  $3d^3P_2(^2D)$  und  $3d^3S_1(^2D)$ . Die Werte in Klammern bei Ne III sind aus den Identifizierungen von de Bruin berechnet.

<sup>1)</sup> R. Frerichs, Phys. Rev. **34**, 1239, 1929; **36**, 398, 1460, 1930.

<sup>2)</sup> H. Dingle, Proc. Roy. Soc. London (A) **128**, 600, 1930.

<sup>3)</sup> T. L. de Bruin, ZS. f. Phys. **77**, 505, 1932.



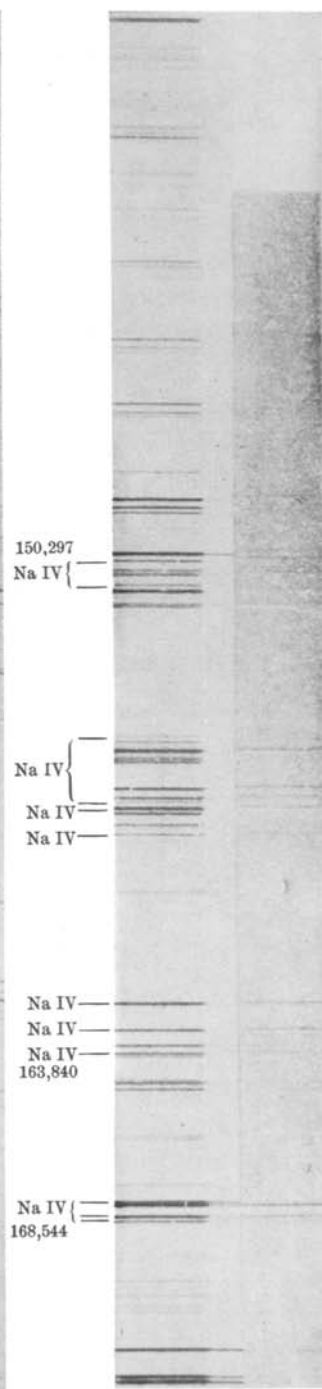
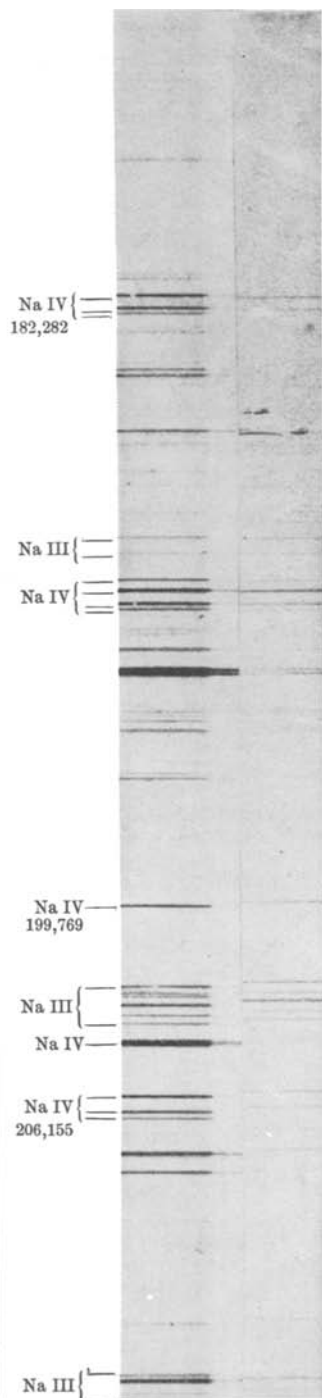
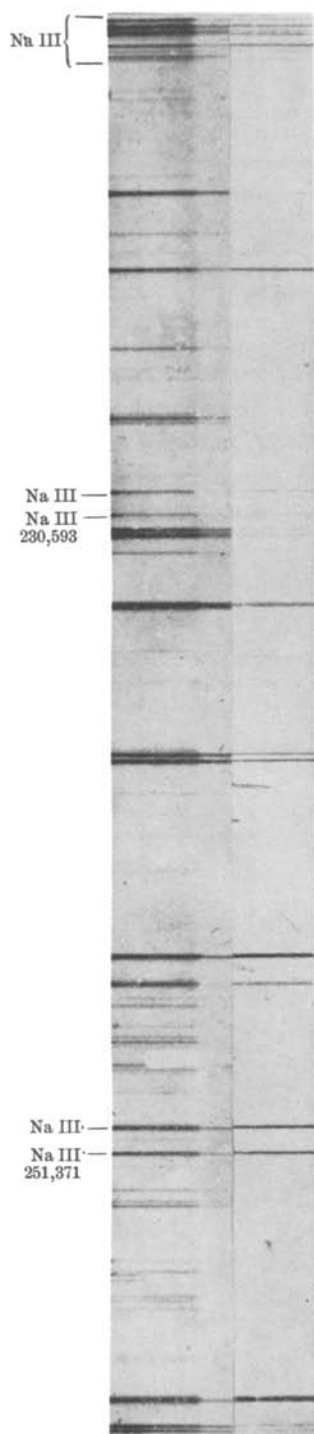


Tabelle 3.

Die Differenz zwischen den  $3d^3D_3$ - und  $3d^3P_2$  ( $^2D$ )-Niveaus.      Die Differenz zwischen den  $3d^3D_3$  ( $^2D$ )- und  $3d^3S_1$  ( $^2D$ )-Niveaus.

F II	982	F II	888
Ne III	2741 (7528)	Ne III	2 863 (7784)
Na IV	4194	Na IV	5 300
Mg V	5545	Mg V	8 313
Al VI	6638	Al VI	11 845

Wie ersichtlich, liefern die von de Bruin mitgeteilten Werte allzu hohe Differenzen. Die hier vorgeschlagene Deutung gibt eine wahrscheinliche Veränderung der Differenzen der untersuchten Spektren.

In den folgenden Tabellen sind die identifizierten Linien mitgeteilt. Für Mg III und Al IV sind auch die Termtabellen gegeben.

Tabelle 4. Na IV.

Das Triplettpektrum.

$J$	$\lambda$	$\nu$	Termkombination
4	412,240	242 577	$2s^2p^4^3P_1 - 2sp^5^3P_2$
3,5	411,333	243 112	$2s^2p^4^3P_0 - 2sp^5^3P_1$
3	410,540	243 582	$2s^2p^4^3P_1 - 2sp^5^3P_1$
5	410,371	243 682	$2s^2p^4^3P_2 - 2sp^5^3P_2$
4	409,615	244 132	$2s^2p^4^3P_1 - 2sp^5^3P_0$
4	408,682	244 689	$2s^2p^4^3P_2 - 2sp^5^3P_1$
1,5	206,155	485 072	$2p^3P_0 - 3s^3S_1$ ( $^4S$ )
2	205,956	485 541	$2p^3P_1 - 3s^3S_1$ ( $^4S$ )
3	205,487	486 649	$2p^3P_2 - 3s^3S_1$ ( $^4S$ )
2,5	191,000	523 560	$2p^3P_0 - 3s^3D$ ( $^2D$ )
4	190,835	524 013	$2p^3P_1 - 3s^3D$ ( $^2D$ )
5	190,440	525 100	$2p^3P_2 - 3s^3D$ ( $^2D$ )
2	182,282	548 601	$2p^3P_0 - 3s^3P$ ( $^2P$ )
3	182,128	549 064	$2p^3P_1 - 3s^3P$ ( $^2P$ )
4	181,758	550 182	$2p^3P_2 - 3s^3P$ ( $^2P$ )
2	168,544	593 317	$2p^3P_0 - 3d^3D$ ( $^4S$ )
4	168,409	593 792	$2p^3P_1 - 3d^3D$ ( $^4S$ )
5	168,084	594 941	$2p^3P_2 - 3d^3D$ ( $^4S$ )
1	156,887	637 401	$2p^3P_0 - 3d^3D$ ( $^2D$ )
2	156,780	637 836	$2p^3P_1 - 3d^3D$ ( $^2D$ )
4	156,536	638 831	$2p^3P_2 - 3d^3D$ ( $^2D$ )
0	155,832	641 717	$2p^3P_0 - 3d^3P_1$ ( $^2D$ )
0,5	155,781	641 927	$2p^3P_1 - 3d^3P_2$ ( $^2D$ )
1 $d$	155,693	642 290	$2p^3P_1 - 3d^3P_{1,0}$ ( $^2D$ )
0	155,622	642 583	$2p^3P_0 - 3d^3S_1$ ( $^2D$ )
2	155,515	643 025	$2p^3P_2 - 3d^3P_2$ ( $^2D$ ) <sup>+</sup>
			$2p^3P_1 - 3d^3S_1$ ( $^2D$ )
1,5	155,445	643 314	$2p^3P_2 - 3d^3P_1$ ( $^2D$ )
1	155,248	644 131	$2p^3P_2 - 3d^3S_1$ ( $^2D$ )

Spektren Na IV, Mg V, Al VI und Mg III, Al IV im extremen Ultraviolett. 639

$J$	$\lambda$	$\nu$	Termkombination
0	151,048	662 041	$2 p^3 P_0 - 3 d^3 P$ ( ${}^2P$ )
1	150,968	662 392	$2 p^3 P_1 - 3 d^3 P$ ( ${}^2P$ )
1	150,695	663 592	$2 p^3 P_2 - 3 d^3 P$ ( ${}^2P$ )
1	150,647	663 803	$2 p^3 P_0 - 3 d^3 D$ ( ${}^2P$ )
1	150,545	664 253	$2 p^3 P_1 - 3 d^3 D$ ( ${}^2P$ )
2	150,297	665 349	$3 p^3 P_2 - 3 d^3 D$ ( ${}^2P$ )

Das Singulettenspektrum.

$J$	$\lambda$	$\nu$	Termkombination
3	360,761	277 192	$2 s^2 p^4 {}^1S_0 - 2 s p^5 {}^1P_1$
5	319,638	312 854	$2 s^2 p^4 {}^1D_2 - 2 s p^5 {}^1P_1$
3	199,769	500 578	$2 p^1 D_2 - 3 s {}^1D_2$ ( ${}^2D$ )
1	203,959	490 295	$2 p^1 S_0 - 3 s {}^1P_1$ ( ${}^2P$ )
3	190,126	525 967	$2 p^1 D_2 - 3 s {}^1P_1$ ( ${}^2P$ )
0	174,008	574 686	$2 p^1 S_0 - 3 d {}^1P_1$ ( ${}^2D$ )
2	163,840	610 352	$2 p^1 D_2 - 3 d {}^1P_1$ ( ${}^2D$ )
3	163,187	612 794	$2 p^1 D_2 - 3 d {}^1D_2$ ( ${}^2D$ )
4	162,445	615 593	$2 p^1 D_2 - 3 d {}^1F_3$ ( ${}^2D$ )

Tabelle 5. Mg V. Das Triplettenspektrum.

$J$	$\lambda$	$\nu$	Termkombination
6	355,326	281 432	$2 s^2 p^4 {}^3P_1 - 2 s p^5 {}^3P_2$
5	354,223	282 308	$2 s^2 p^4 {}^3P_0 - 2 s p^5 {}^3P_1$
4	353,300	283 046	$2 s^2 p^4 {}^3P_1 - 2 s p^5 {}^3P_1$
7	353,094	283 211	$2 s^2 p^4 {}^3P_2 - 2 s p^5 {}^3P_2$
5	352,202	283 928	$2 s^2 p^4 {}^3P_1 - 2 s p^5 {}^3P_0$
6	351,089	284 828	$2 s^2 p^4 {}^3P_2 - 2 s p^5 {}^3P_1$
1	146,621	682 031	$2 p^3 P_0 - 3 s {}^3S_1$ ( ${}^4S$ )
2	146,464	682 762	$2 p^3 P_1 - 3 s {}^3S_1$ ( ${}^4S$ )
2,5	146,083	684 542	$2 p^3 P_2 - 3 s {}^3S_1$ ( ${}^4S$ )
2	137,880	725 268	$2 p^3 P_0 - 3 s {}^3D$ ( ${}^2D$ )
3	137,748	725 963	$2 p^3 P_1 - 3 s {}^3D$ ( ${}^2D$ )
4	137,414	727 728	$2 p^3 P_2 - 3 s {}^3D$ ( ${}^2D$ )
1	132,623	754 017	$2 p^3 P_0 - 3 s {}^3D$ ( ${}^2P$ )
3 d	132,485	754 802	$2 p^3 P_1 - 3 s {}^3D$ ( ${}^2P$ )
3 d	132,171	756 596	$2 p^3 P_2 - 3 s {}^3D$ ( ${}^2P$ )
1	122,034	819 444	$2 p^3 P_0 - 3 d {}^3D$ ( ${}^4S$ )
2	121,922	820 197	$2 p^3 P_1 - 3 d {}^3D$ ( ${}^4S$ )
3	121,644	822 071	$2 p^3 P_2 - 3 d {}^3D$ ( ${}^4S$ )
2,5	115,013	869 467	$2 p^3 P_1 - 3 d {}^3D$ ( ${}^2D$ )
2,5	114,785	871 194	$2 p^3 P_2 - 3 d {}^3D$ ( ${}^2D$ )
1	114,300	874 891	$2 p^3 P_1 - 3 d {}^3P_2$ ( ${}^2D$ )
0,5	114,211	875 572	$2 p^3 P_1 - 3 d {}^3P_1$ ( ${}^2D$ )
1,5	114,059	876 739	$2 p^3 P_2 - 3 d {}^3P_2$ ( ${}^2D$ )
0,5	113,995	877 231	$2 p^3 P_2 - 3 d {}^3P_1$ ( ${}^2D$ )
0,5	113,935	877 693	$2 p^3 P_1 - 3 d {}^3S_1$ ( ${}^2D$ )
1	113,700	879 507	$2 p^3 P_2 - 3 d {}^3S_1$ ( ${}^2D$ )
1	111,183	899 418	$2 p^3 P_2 - 3 d {}^3P_2$ ( ${}^2P$ )
1	111,158	899 620	$2 p^3 P_0 - 3 d {}^3D$ ( ${}^2P$ )
1	111,023	900 714	$2 p^3 P_1 - 3 d {}^3D$ ( ${}^2P$ )
2	110,850	902 120	$2 p^3 P_2 - 3 d {}^3D$ ( ${}^2P$ )

## Das Singuletttspektrum.

$J$	$\lambda$	$\nu$	Termkombination
5	312,311	320 194	$2 s^2 p^4 {}^1S_0 - 2 s p^5 {}^1P_1$
8	276,581	361 558	$2 s^2 p^4 {}^1D_2 - 2 s p^5 {}^1P_1$
3	142,933	699 628	$2 p {}^1D_2 - 3 s {}^1D_2 ({}^2D)$
1,5	145,485	687 356	$2 p {}^1S_0 - 3 s {}^1P_1 ({}^2P)$
2	137,234	728 682	$2 p {}^1D_2 - 3 s {}^1P_1 ({}^2P)$
0	125,605	796 147	$2 p {}^1S_0 - 3 d {}^1P_1 ({}^2D)$
1	119,401	837 514	$2 p {}^1D_2 - 3 d {}^1P_1 ({}^2D)$
1,5	118,810	841 680	$2 p {}^1D_2 - 3 d {}^1D_2 ({}^2D)$
2	118,083	846 862	$2 p {}^1D_2 - 3 d {}^1F_3 ({}^2D)$

Tabelle 6. Al VI.

## Das Tripletttspektrum.

$J$	$\lambda$	$\nu$	Termkombination
3	312,241	320 265	$2 s^2 p^4 {}^3P_1 - 2 s p^5 {}^3P_2$
3	310,908	321 639	$2 s^2 p^4 {}^3P_0 - 2 s p^5 {}^3P_1$
2	309,852	322 735	$2 s^2 p^4 {}^3P_1 - 2 s p^5 {}^3P_1$
4	309,596	323 002	$2 s^2 p^4 {}^3P_2 - 2 s p^5 {}^3P_3$
3	308,560	324 086	$2 s^2 p^4 {}^3P_1 - 2 s p^5 {}^3P_0$
3	307,248	325 470	$2 s^2 p^4 {}^3P_2 - 2 s p^5 {}^3P_1$
0	109,975	909 298	$2 p {}^3P_0 - 3 s {}^3S_1 ({}^4S)$
1	109,843	910 390	$2 p {}^3P_1 - 3 s {}^3S_1 ({}^4S)$
2	109,510	913 159	$2 p {}^3P_2 - 3 s {}^3S_1 ({}^4S)$
3 $d$	104,357	958 249	$2 p {}^3P_1 - 3 s {}^3D ({}^2D)$
3	104,047	961 104	$2 p {}^3P_2 - 3 s {}^3D ({}^2D)$
0	101,020	989 903	$2 p {}^3P_0 - 3 s {}^3P ({}^2P)$
0,5	100,897	991 110	$2 p {}^3P_1 - 3 s {}^3P ({}^2P)$
1	100,616	993 878	$2 p {}^3P_2 - 3 s {}^3P ({}^2P)$
0	92,971	1075 604	$2 p {}^3P_0 - 3 d {}^3D ({}^4S)$
1	92,878	1076 681	$2 p {}^3P_1 - 3 d {}^3D ({}^4S)$
2	92,620	1079 680	$2 p {}^3P_2 - 3 d {}^3D ({}^4S)$
0	88,374	1131 555	$2 p {}^3P_1 - 3 d {}^3D ({}^2D)$
1	88,165	1134 237	$2 p {}^3P_2 - 3 d {}^3D ({}^2D)$
0	87,874	1137 993	$2 p {}^3P_1 - 3 d {}^3P_2 ({}^2D)$
0	87,784	1139 160	$2 p {}^3P_1 - 3 d {}^3P_1 ({}^2D)$
0,5	87,652	1140 875	$2 p {}^3P_2 - 3 d {}^3P_2 ({}^2D)$
0	87,590	1141 683	$2 p {}^3P_2 - 3 d {}^3P_1 ({}^2D)$
0	87,540	1142 335	$2 p {}^3P_1 - 3 d {}^3S_1 ({}^2D)$
0	87,330	1145 082	$2 p {}^3P_2 - 3 d {}^3S_1 ({}^2D)$

## Das Singuletttspektrum.

$J$	$\lambda$	$\nu$	Termkombination
3	275,350	363 174	$2 s^2 p^4 {}^1S_0 - 2 s p^5 {}^1P_1$
6	243,760	410 240	$2 s^2 p^4 {}^1D_2 - 2 s p^5 {}^1P_1$
3	107,620	929 195	$2 p {}^1D_2 - 3 s {}^1D_2 ({}^2D)$
0	109,288	915 014	$2 p {}^1S_0 - 3 s {}^1P_1 ({}^2P)$
0,5	103,943	962 066	$2 p {}^1D_2 - 3 s {}^1P_1 ({}^2P)$

Spektren Na IV, Mg V, Al VI und Mg III, Al IV im extremen Ultraviolett. 641

Tabelle 7. Mg III.

$J$	$\lambda$	$\nu$	Termkombination
6	234,258	426 880	$2 p^1 S_0 - 3 s^3 P_1$
7	231,730	431 537	$2 p^1 S_0 - 3 s^1 P_1$
4	187,194	534 205	$2 p^1 S_0 - 3 d^3 P_1$
4,5	186,510	536 164	$2 p^1 S_0 - 3 d^1 P_1$
1	182,973	546 529	$2 p^1 S_0 - 4 s^3 P_{1+}$
1,5	182,240	548 727	$2 p^1 S_0 - 4 s^1 P_{1+}$
1,5	171,395	583 448	$2 p^1 S_0 - 4 d^3 P_1$
2,5	170,802	585 473	$2 p^1 S_0 - 4 d^1 P_1$
0,5	169,746	589 116	$2 p^1 S_0 - 5 s^3 P_1$
0,5	169,150	591 191	$2 p^1 S_0 - 5 s^1 P_1$
1	164,954	606 230	$2 p^1 S_0 - 5 d^3 P_1$
1	164,384	608 332	$2 p^1 S_0 - 5 d^1 P_1$

Tabelle 8. Termtabelle Mg III.

$2 p^1 S_0$	647 264	$4 s^3 P_1$	100 735	$5 s^1 P_1$	56 073
$3 s^3 P_1$	220 384	$4 s^1 P_1$	98 537	$5 d^3 P_1$	41 034
$3 s^1 P_1$	215 727	$4 d^3 P_1$	63 816	$5 d^1 P_1$	38 932
$3 d^3 P_1$	113 059	$4 d^1 P_1$	61 791		
$3 d^1 P_1$	111 100	$5 s^3 P_1$	58 148		

Tabelle 9. Al IV.

$J$	$\lambda$	$\nu$	Termkombination
7	161,686	618 483	$2 p^1 S_0 - 3 s^3 P_1$
8	160,073	624 715	$2 p^1 S_0 - 3 s^1 P_1$
5	130,403	766 854	$2 p^1 S_0 - 3 d^3 P_{1+}$
6	129,729	770 838	Al V $2 p^2 P_2 - 3 s^2 P_1 (^3P)$
3	124,543	802 936	$2 p^1 S_0 - 3 d^1 P_1$
4	124,034	806 231	$2 p^1 S_0 - 4 s^3 P_1$
2,5	116,920	855 286	$2 p^1 S_0 - 4 s^1 P_1$
3,5	116,459	858 671	$2 p^1 S_0 - 4 d^3 P_1$
0	114,759	871 391	$2 p^1 S_0 - 4 d^1 P_1$
0	114,329	874 669	$2 p^1 S_0 - 5 s^3 P_1$
0,5	111,590	896 138	$2 p^1 S_0 - 5 s^1 P_1$
0,5	111,200	899 281	$2 p^1 S_0 - 5 d^3 P_1$
			$2 p^1 S_0 - 5 d^1 P_1$

Tabelle 10. Termtabelle Al IV.

$2 p^1 S_0$	967 683	$4 s^3 P_1$	164 747	$5 s^3 P_1$	96 272
$3 s^3 P_1$	349 200	$4 s^1 P_1$	161 452	$5 s^1 P_1$	92 994
$3 s^1 P_1$	342 968	$4 d^3 P_1$	112 397	$5 d^3 P_1$	71 525
$3 d^3 P_1$	200 783	$4 d^1 P_1$	109 012	$5 d^1 P_1$	68 382
$3 d^1 P_1$	196 845				

Upsala, Physikalisches Institut der Universität, Oktober 1932.