7. Das Linienspectrum des Sauerstoffes; von Max Eisig.

Einleitung.

Bei den Messungen, welche bisher über das Linienspectrum des Sauerstoffes angestellt worden sind, tritt in erster Linie der Mangel zu Tage, dass die einzelnen Theile desselben von verschiedenen Beobachtern untersucht sind, sodass eine einheitliche Messung des Spectrums nicht vorliegt; ausserdem wurden die Arbeiten bei so geringer Dispersion ausgeführt und die Messungen nach so verschiedenen Methoden gewonnen, dass die Resultate den heutigen Anforderungen an die Genauigkeit bei der Bestimmung von Wellenlängen nicht Stand halten können.

Die wichtige Rolle, welche der Sauerstoff bei fast allen irdischen Erscheinungen spielt, sowie die vielfach aufgeworfene und sehr verschieden beantwortete Frage, ob sich Sauerstoff in der Sonne findet, liess es daher geboten erscheinen, das Spectrum dieses Gases im Zusammenhang zu untersuchen und die gemessenen Linien mit den Linien des Sonnenspectrums zu vergleichen.

Das mannigfaltige Aussehen, welches das Spectrum des Sauerstoffes unter verschiedenen Verhältnissen darbietet, verursachte den ersten Beobachtern grosse Schwierigkeiten. Durch die verdienstvolle Arbeit von Schuster¹⁾ jedoch wurden die bei Aenderung des Druckes und je nach der Art der Entladungen wechselnden Erscheinungen zum ersten Male scharf gesondert, sodass die späteren Untersuchungen dadurch wesentlich erleichtert wurden.

Schuster hat die Existenz von vier verschiedenen Spectren beschrieben, die zum Theil vorher auch von Plücker und Wüllner beobachtet worden sind, nämlich ein continuirliches Spectrum, ein elementares Linienspectrum, ein zusammengesetztes Linienspectrum (compound line spectrum) und ein

1) Schuster, Spectr. of Oxygen. Phil. Trans. of the R.S. Part. I. 1879.

Bandenspectrum am negativen Pole. Seine Messungen basiren auf Ocularbeobachtung. Im Hinblick auf die Schwierigkeiten, welche bei den Untersuchungen über das Spectrum des Sauerstoffes auftreten, sagt Schuster in seiner Abhandlung: „Oxygen is a typical gas for every difficulty in spectroscopy“.

Für die vorliegende Arbeit kam nur das elementare Linienspectrum in Betracht. Dasselbe entsteht, wenn man kräftige Funken durch Sauerstoff unter Atmosphärendruck gehen lässt. Es tritt aber auch bei allen niedrigeren Drucken in Spectralröhren auf, wenn man eine Leydener Flasche und eine Funkenstrecke in den Stromkreis schaltet. Dieses sogenannte elementare Linienspectrum ist das gewöhnliche Spectrum des Sauerstoffes und ist bereits mehrfach Messungen unterzogen worden.¹⁾

Insbesondere ist hier ausser der Arbeit von Schuster die von Deslandres²⁾ zu erwähnen; derselbe hat bei mässiger Dispersion zum ersten Male die kürzesten Wellenlängen des Sauerstoff-Spectrums photographirt und gemessen. Die Linien des Sauerstoffes finden sich schliesslich noch, jedoch ohne als solche besonders gekennzeichnet zu sein, in den verschiedenen Angaben über das Luftspectrum. Es verdienen hier namentlich die auf Grund photographischer Aufnahmen gewonnenen Messungen von Hartley und Adeney³⁾, sowie von Trowbridge und Hutchins⁴⁾ hervorgehoben zu werden.

Der Zweck der vorliegenden Untersuchungen war es, den ganzen photographirbaren Theil des reinen Sauerstoff-Spectrums aufzunehmen und, unabhängig von den bisherigen Resultaten, die dem Sauerstoff angehörigen Linien festzulegen und ihre Wellenlängen zu messen.

Ermöglicht wurde die Arbeit vor allen Dingen dadurch, dass die Hrn. Kayser und Runge die Güte hatten, ihre Aufstellung des Rowland'schen Concavgitters, welches sie zur

1) Eine ausführliche Literaturangabe bis zum Jahre 1882 findet sich in: H. Kayser, Lehrbuch der Spectralanalyse.

2) Deslandres, Spectres de bandes ultra-violetes des métalloïdes avec une faible dispersion. Paris. Gauthier-Villars. 1888.

3) Hartley u. Adeney, Phil. Trans. 175. 1884.

4) Trowbridge u. Hutchins, Oxygen in the Sun. Phil. Mag. 24. 1887

Messung der Wellenlängen der Elemente benutzen, mir zu überlassen, wofür ich den beiden Herren zu grossem Danke verpflichtet bin.

Gestützt auf die vervollkommeneten Hülfsmittel waren mir weit genauere Messungen ermöglicht, als es früher der Fall war. Namentlich konnte auch mit Hülfe der neuesten Ausgabe des Sonnenatlas von Rowland der Frage, ob die gemessenen Wellenlängen mit solchen im Sonnenatlas nach Lage und Intensität identisch sind, näher getreten werden als bisher.

Beschreibung des Apparates.

Die Anordnung zu den Versuchen war im allgemeinen die nämliche, wie sie von Schuster und Deslandres angegeben ist. Die Bereitung des Sauerstoffes geschah jedoch, abweichend von diesen, durch Electrolyse; es erschien dies als die reinlichste und zweckmässigste Art der Darstellung, da man jederzeit ohne grosse Vorbereitungen sich das Gas verschaffen konnte. Für die Electrolyse kam ein Hoffmann'sches Voltameter zur Verwendung. Das Wasser, welches destillirt und, um jede Spur von Luft zu entfernen, gut ausgekocht war, wurde mit reiner Phosphorsäure angesäuert. An die eine mit Hahn versehene Oeffnung des Voltameters war eine weite, am einen Ende rechtwinkelig gebogene Röhre mit Siegelack angekittet. Dieselbe wurde mit reiner wasserfreier Phosphorsäure zum Trocknen des Sauerstoffes gefüllt. An dieser Trockenröhre sass mittels Kittstelle ein T-förmiges Glasrohr, dessen drei Oeffnungen mit je einem Hahn verschliessbar waren. Das eine freie Ende stand, ebenfalls durch Kittstelle, mit der Luftpumpe in Verbindung, während an das andere Ende die mit einem Hahn versehene Spectralröhre angekittet war. Die letztere konnte also jederzeit durch Lösen der Kittstelle abgenommen werden.

Trotzdem das Gas immer längere Zeit in der Trockenröhre blieb, konnte dasselbe doch nicht absolut frei von Wasserdampf gemacht werden, und die geringste Spur genügte schon, die Linien des Wasserstoffes im Spectrum erscheinen zu lassen. Es hat sich aber herausgestellt, dass bei dem Drucke, unter welchem gearbeitet wurde, nur die *H α* -Linie noch sichtbar war, während im photographirten Theil die Linien des Wasserstoffes so weit verbreitert waren, dass der-

selbe ohne jeden Einfluss blieb und keine einzige der bekannten Wasserstofflinien auf den Platten sich zeigte.

Die Befürchtungen wegen der Verunreinigung des Gases durch die Kittstellen und das Fett der Hähne scheinen nicht in dem Grade gerechtfertigt zu sein, wie sie namentlich von Schuster ausgesprochen werden. Es ist vielmehr ersichtlich, dass durch häufiges Hindurchleiten von Sauerstoff der schädliche Einfluss des Fettes und des Siegellacks vollkommen beseitigt wird.

Anders verhält es sich mit den in der Spectralröhre selbst sich bildenden Gasen; die Verunreinigungen, welche hier vorkommen, sind wohl niemals ganz zum Verschwinden zu

bringen; man kann sie aber durch wochenlanges Ausspülen der Röhre mit dem zu untersuchenden Gase, durch wiederholtes Auspumpen, durch Erhitzen und durch anhaltende

electrische Entladungen in der Röhre auf ein Minimum reduciren. Bei sehr geringem Druck wird man auch dann noch im Spectrum die Banden der Verunreinigungen finden, die aber, sobald Sauerstoff zugelassen wird, verschwinden.

Zum Evacuiren der Röhre diente eine Quecksilberluftpumpe neuester Construction von Töpler-Hagen. Die Vermuthung, dass das Quecksilber der Pumpe sich im Spectrum bemerklich machen könnte, traf nicht ein; es wurde auf den Platten keine der bekannten Quecksilberlinien gefunden.

Die Spectralröhren waren von Dr. Geissler's Nachfolger in Bonn. Sie hatten die von van Monckhoven¹⁾ zuerst beschriebene, von Schuster und Deslandres verwendete Form für Längsdurchsicht (vgl. Figur).

Die Electroden waren aus Aluminium. Es kamen Röhren von drei verschiedenen Längen zur Verwendung, bei denen der Abstand der Electroden

60, 120 und 200 mm

1) von Monckhoven, Bull. d. Brux. (Cl. d. Sc.). 43.

betrug. Die Capillare hatte in allen Fällen 1 mm Durchmesser.

Um den ultravioletten Strahlen den Durchgang zu gestatten, wurde, wie bei Deslandres, am einen Ende der Röhre, in Richtung der Capillare, eine Oeffnung angeblasen und auf deren eben geschliffenem Rande mittels Wasserglas ein Quarzplättchen angekittet. Das Anbringen eines Gutta-perchakittes und einer Paraffinschicht über dem Wasserglas, wie dies von Deslandres vorgeschlagen wird, war überflüssig, da letzteres allein ganz vorzügliche Dienste leistete und selbst nach mehrstündigen Entladungen in der Röhre keine Undichtheiten, sondern nur einige Sprünge auf der Oberfläche zeigte. Es genügte daher, nach jedesmaligem Gebrauch der Röhre wieder eine Schicht frischen Wasserglases über das alte aufzutragen.

Die Entladungen in der Röhre wurden durch einen Ruhmkorff'schen Funkeninductor grösster Art mit Quecksilberunterbrecher und durch eine Anzahl von Leydener Flaschen hervorgebracht. Den primären Strom lieferten sechs grosse Accumulatoren. Der Druck des Gases war je nach der Länge der Röhre und der Anzahl der Flaschen 25—70 mm. Eine Angabe über den günstigsten Druck lässt sich nicht machen; man muss vielmehr für jeden einzelnen Fall ausprobiren, welcher Druck und welche Anzahl von Flaschen in der in Gebrauch stehenden Röhre die hellsten Entladungen gibt. Sehr scharfe Aufnahmen wurden z. B. erhalten bei der Röhre mit 200 mm Electrodenabstand, wenn der Druck 30 mm betrug und vier Leydener Flaschen eingeschaltet waren. Im allgemeinen ist es angezeigt, den Druck nicht zu niedrig zu nehmen, da bei erhöhtem Druck die in der Röhre auftretenden Verunreinigungen offenbar weniger zur Geltung gelangen.

Zur photographischen Aufnahme des Spectrums wurde, wie bereits erwähnt, die Aufstellung des Rowland'schen Concavgritters der Hrn. Kayser und Runge¹⁾ verwendet. Das

1) Eine genaue Beschreibung der ganzen Aufstellung findet man bei: Kayser und Runge, Abhandl. der Königl. Preuss. Akad. d. Wiss., III. Abschn. 1890. Ferner Rowland, Concave gratings for optical purposes. Am. J. 26. 1883. — Ames, The concave grating in theory and practice Phil. Mag. 27. 1889.

Gitter hat einen Krümmungsradius von 650 cm, 20000 Furchen pro englischen Zoll, im ganzen 110000 Furchen, sodass auf 1 mm ca. 787 Furchen kommen.

Die photographischen Platten waren Chromo-Gelatine-Emulsionsplatten von 50 cm Länge von der Firma J. Gädicke in Berlin; als Entwickler diente Hydrochinon.

Die grossen Dimensionen der Anordnung bedingten bei dem verhältnissmässig schwachen Lichte der Röhre ein langes Exponiren, das je nach der Stellung der Platte und nach der Helligkeit der Entladung $2\frac{1}{2}$ bis 4 Stunden dauerte.

Einige Schwierigkeiten bereitete das genaue Einstellen der Röhre vor dem Spalte. Zu diesem Zwecke legt man in die Casette zunächst eine Glasscheibe ein und beobachtet auf derselben mittels einer Lupe das Spectrum. Man verschiebt dann die Röhre so lange vor dem Spalte, bis die Linien durch die Lupe möglichst hell gesehen werden. Hierzu ist es namentlich auch nothwendig, dass die Axe der Capillare genau auf das Gitter gerichtet ist. Die erhaltenen Aufnahmen waren bei guter Einstellung äusserst scharf. Es waren im ganzen vier verschiedene Röhren in Gebrauch mit den oben angegebenen Dimensionen, und mit wenigen Ausnahmen wurden die dem Sauerstoff zugeschriebenen Linien bei Verwendung einer jeden der vier Röhren gefunden. Verunreinigungen durch Quecksilberdampf und atmosphärische Luft kamen nicht vor; nur bei den ersten Aufnahmen zeigten sich einige fremde Linien, die später nicht mehr auftraten, und die auch auf den verschiedenen Platten andere Intensitätsverhältnisse darboten, sodass diese Linien ohne weiteres eliminirt werden konnten.

Zum Zwecke der photographischen Aufnahmen wurden die Röhren von der Pumpe abgenommen und nach jedesmaligem Gebrauche wieder angekittet, gereinigt und von neuem gefüllt. Es geschah dies so, dass man nach dem Ankitten zunächst den Hahn der Spectralröhre noch geschlossen hielt und das kurze Verbindungsstück, das unterdessen der Luft ausgesetzt war, durch häufiges Ausspülen mit Sauerstoff reinigte; sodann öffnete man den Hahn der Spectralröhre, liess das Gas aus derselben in die Pumpe strömen und reinigte die Röhre ebenfalls wieder durch mehrmaliges Hindurchleiten von Sauerstoff.

Messungen.

Als Vergleichsspectrum wurde das durch den galvanischen Lichtbogen erzeugte Spectrum des Eisens gewählt. Die positive Kohle einer Bogenlampe wurde durch eine Eisenstange ersetzt und das Licht des glühenden Eisendampfes durch eine Quarzlinse auf den Spalt projecirt. Der letztere war durch eine dünne Scheibe aus Pappe so weit verdeckt, dass die beiden Spectra genau übereinander zu liegen kamen.

Die Heranziehung eines Vergleichsspectrums lässt grosse Bedenken in Betreff einer Verrückung der beiden Spectra gegeneinander erwachsen, wesshalb bei dieser Methode besondere Vorsicht geboten ist. Der Grund einer möglichen Verschiebung liegt in der durch die grossen Dimensionen bedingten relativ leichten Verrückbarkeit der Aufstellung, sodass bei den Erschütterungen, die im Hause nie zu vermeiden sind, eine Ungenauigkeit von dieser Seite nicht ausgeschlossen erscheint; ausserdem üben auch die Aenderungen der Temperatur in dieser Hinsicht einen nachtheiligen Einfluss aus. Es lag Anfangs die Vermuthung nahe, dass die stärksten Quecksilberlinien im Spectrum mit auftreten würden, und dass nach diesen gemessen oder wenigstens eine etwaige Verschiebung constatirt werden könnte. Da diese Linien sich aber nicht vorfanden und es auch nicht rathsam erschien, dem Sauerstoff künstlich Verunreinigungen beizumengen, so erübrigte nur die Methode, das zu untersuchende Spectrum durch Vergleich mit einem darüber photographirt zu messen.

Um ganz sicher zu gehen, wurden nacheinander in den verschiedenen Theilen des Spectrums im ganzen etwa 35 Aufnahmen gemacht, von denen zur Messung allerdings nur etwa 20 verworthen werden konnten. Die übrigen Platten waren zum Theil unbrauchbar wegen schlechter Einstellung, zum Theil wegen Erschütterungen während der Aufnahme, die bewirkten, dass jede Linie doppelt auftrat. Diese Platten konnten aber immerhin zur Beurtheilung der Reinheit des Spectrums und zur Schätzung der Intensität der Linien verwendet werden.

Leider wurden die Aufnahmen nur scharf bis zur Wellenlänge 4710. Trotzdem die photographischen Platten farbenempfindlich waren und die Linien des Vergleichsspectrums bis

etwa zur Wellenlänge 6000 noch auf den Platten erschienen, gelang es doch nicht, angesichts des verhältnissmässig schwachen Lichtes der Röhre bei den grossen Entfernungen zwischen Gitter, Spalt und Platte, auch im grünen Theile des Spectrums eine brauchbare Aufnahme zu erhalten. Es sind aber offenbar nur wenige Linien, welche nach dem rothen Theile zu noch folgen; nach Schuster ist die Wellenlänge der letzten Linie 5204.

Zur Auswerthung der Platten wurde eine Theilmaschine benutzt, deren Reisserwerk durch ein Mikroskop ersetzt war. Die Ganghöhe der Schraube betrug 0,5 mm, was einer einmaligen Umdrehung der Trommel entsprach. Die letztere war in 100 Theile getheilt, sodass auf einen Theilstrich 0,005 mm kamen; ausserdem war noch ein Nonius angebracht, welcher Zehntel der Trommeltheilung abzulesen gestattete. Es konnten also mittels der Theilmaschine 0,0005 mm gemessen werden. Für den vorliegenden Zweck kam der Nonius nicht in Betracht, sodass nur die ganzen Theilstriche der Trommel Berücksichtigung fanden. Die Länge des Stückes, das auf der Theilmaschine gemessen werden konnte, betrug etwa 12 cm. Der Maassstab der Platten ergab für 0,5 mm etwa 0,98 . . . Ångström'sche Einheiten; somit erstreckte sich, da die Platten 500 mm lang waren, auf jeder derselben die Messung über nahezu 1000 Ångström. Bei der Messung wurde jede Platte in vier Theile getheilt und auf diese Weise immer ein Stück von ca. 250 Ångström ausgewerthet, indem die Abstände der Linien mit der für den betreffenden Theil der Platte gültigen Constanten multiplicirt wurden. Hierauf wurde eine Correction nach den gleichzeitig ermittelten Linien des Eisenspectrums angebracht. Für die Wellenlängen des letzteren wählte ich die Zahlen von Kayser und Runge.¹⁾ Es liegt somit meiner Messung des Sauerstoffspectrums die Bestimmung der *D*-Linien von Bell²⁾ zu Grunde:

$$D_1 = 5896,16; \quad D_2 = 5890,19.$$

1) Kayser und Runge, „Ueber die Spectren der Elemente“. Abhandlungen der Königl. Preuss. Ak. d. W. 1888. Durch die Güte der Herren Verfasser standen mir die noch nicht publicirten, nach der neuesten Messung der *D*-Linien corrigirten Wellenlängen für das Eisenspectrum zur Verfügung.

2) Bell, Phil. Mag. 25. p. 245–263 und 350–370. 1888.

Die Wellenlängen wurden auf den einzelnen Platten in Hunderteln einer Ångström-Einheit gemessen, sodann aus den verschiedenen Werthen das arithmetische Mittel genommen und auf Zehntel der obigen Einheit abgerundet. Das Resultat brachte kleine Abweichungen für die verschiedenen Platten, die bei den schwächsten Linien bis zu drei Zehntel Ångström sich beliefen; ein Beweis, dass trotz aller Vorsicht Verschiebungen vorkommen. Da aber die endgültige Wellenlänge das Mittel aus einer ganzen Anzahl, oft bis 8, verschiedener Messungen ist, so kommen wenigstens bei den stärkeren Linien wohl kaum grössere Fehler als 0,1 Ångström vor. Bei den schwächsten Linien können etwas grössere Ungenauigkeiten auftreten, da diese Linien unter dem Mikroskop nicht sichtbar sind und deshalb durch einen feinen Nadelstrich oder -Punkt, auf welchen eingestellt wurde, angedeutet werden mussten. Doch dürfte auch hier der Fehler 0,2 Ångström nicht übersteigen.

Die folgende Tabelle enthält in der ersten Columnne meine Messungen der Wellenlängen in Zehnteln einer Ångström Einheit, in der zweiten Columnne die Intensitäten in 6 Abstufungen, sodass 1 die stärkste, 6 die schwächste Linie bedeutet. In den folgenden vier Columnnen sind die älteren Angaben, welche von Belang sind, angeführt, und zwar ist bei den Zahlen von Schuster, Hartley, Hartley und Adeney, Adeney und Deslandres die Correction auf die Bell'sche Messung der *D*-Linien angebracht.

Wellen- länge	Inten- sität	Frühere Messungen:			
		Schuster	Des- landres	Trowbridge und Hutchins	Hartley und Adeney
24336	5	—	24340	—	24343
24456	4	—	24480	—	—
24788	3	—	—	—	24797
25123	5	—	—	—	—
31349	5	—	31358	—	31347
31386	6	—	31400	—	31399
32712	6	—	—	—	—
32739	6	—	—	—	32748
32878	6	—	—	—	—
33771	4	—	33784	—	33775
33902	3	—	33911	—	33905
34077	5	—	34090	—	34086

Wellen- länge	Inten- sität	Frühere Messungen:			
		Schuster	Des- landres	Trowbridge und Hutchins	Hartley und Adeney
34102	5	—	—	—	—
37128	4	—	37125	—	37128
37275	3	—	37280	—	37272
37496	2	—	37502	37498	37496
37547	6	—	—	37553	37543
37573	6	—	—	—	—
37600	6	—	—	—	37600
38512	6	—	—	38507	38506
38574	6	—	—	38574	38568
38648	5	—	—	38649	38644
38825	3	—	—	38824	38825
39076	6	—	—	—	—
39123	3	—	—	39123	39123
39196	4	—	—	39192	39191
39453	4	—	—	—	39451
39545	3	—	—	39548	39554
39734	1	—	—	39736	39731
39830	4	—	—	39829	39836
40701	1	—	—	40702	40698
40725	1	—	—	40723	40720
40762	1	—	—	40762	40757
40791	5	—	—	40788	—
40855	4	—	—	40852	40854
40932	5	—	—	40931	40932
40969	6	—	—	—	—
40978	6	—	—	40974	40971
41034	6	—	—	—	41032
41053	4	—	—	41050	41049
41112	6	—	—	41110	41115
41124	5	—	—	41122	—
41142	6	—	—	—	—
41195	2	—	—	41194	41196
41205	4	—	—	41205	—
41217	6	—	—	41215	—
41332	5	—	—	41328	41334
41424	6	—	—	—	—
41440	6	—	—	—	—
41463	5	—	—	41459	41460
41537	3	—	—	41536	41533
41568	6	—	—	41568	—
41695	6	—	—	41695	41698
41858	4	—	—	41853	41857
41900	4	—	—	41900	41899
43174	3	43172	—	43172	43170
43199	3	43199	—	43195	43197
43262	6	—	—	43259	43253
43278	6	—	—	43276	—
43290	6	—	—	43284	43279

Wellen- länge	Inten- sität	Frühere Messungen :			
		Schuster	Des- landres	Trowbridge und Hutchins	Hartley und Adeney
43322	6	—	—	43312	43316
43373	4	43373	—	43368	43367
43459	2	43457	—	43455	43445
43478	3	43476	—	43475	—
43498	1	43497	—	43493	43491
43517	2	43542	—	43514	43514
43673	3	43669	—	43669	43666
43697	6	—	—	43696	—
43964	5	43964	—	43963	43958
44153	1	44153	—	44150	—
44174	2	44176	—	44172	—
44436	6	44438	—	44430	—
44487	6	44491	—	—	—
44528	5	44535	—	44524	—
44658	6	44661	—	44654	—
44667	6	—	—	44660	44669
44684	6	—	—	44680	—
44699	6	44700	—	44695	—
45914	3	45907	—	45910	45901
45965	4	45959	—	45962	45958
46392	4	46382	—	46389	—
46421	2	46414	—	46419	46420
46495	1	46488	—	46493	—
46512	4	46501	—	46510	—
46620	4	46615	—	—	46610
46742	6	46739	—	—	46750
46766	5	46762	—	46764	—
46968	6	46963	—	46967	—
46996	4	46993	—	46994	—
47015	6	—	—	47017	—
47034	6	—	—	47030	—
47057	4	47054	—	47054	—
47104	5	47098	—	47102	—

Bei der Vorsicht, mit welcher gearbeitet wurde, darf wohl die Zugehörigkeit aller von mir angegebenen Linien zum Spectrum des Sauerstoffes angenommen werden. Freilich lässt sich dies nicht mit absoluter Sicherheit behaupten. Es wäre jedoch möglich, durch Verwendung von verschiedenen Röhren mit anderen Electroden, besonders aber durch die Untersuchung verschiedenartiger Gase in derselben Röhre schliesslich alle den Verunreinigungen zukommenden Linien auszuschliessen und so ein absolut reines Spectrum zu erhalten. Die Spectra der Gase sind bis jetzt noch so wenig und so

mangelhaft untersucht, dass es nicht möglich ist, etwaige fremde Beimengungen durch Vergleich mit den Wellenlängen der Linien anderer Gasspectra zu erkennen und zu eliminiren. Bei den von mir für den Sauerstoff festgestellten Linien ist die Uebereinstimmung mit den Angaben von Schuster, der in Bezug auf die Reinheit des Spectrums mit anerkannter Sorgfalt vorgegangen ist, besonders augenfällig. Nur wenige ganz schwache Linien sind hinzugekommen, die vermuthlich zu lichtschwach sind, um mit dem Auge wahrgenommen werden zu können, sodass ihr Fehlen bei Schuster erklärt ist. Bei Deslandres werden einige Linien vermisst, die wohl mit Bestimmtheit dem Sauerstoff angehören. Die Linien von Hartley und Adeney sowie von Trowbridge und Hutchins sind die des Luftspectrums, ohne dass, wie bereits erwähnt, eine Angabe für die dem Sauerstoff allein zukommenden Linien gemacht ist. Der Umstand, dass bei einem Gemenge von Substanzen im Spectrum Linien der einen oder anderen Substanz nicht bemerklich werden, erklärt es, warum einige der Linien des Sauerstoffes bei diesen Autoren fehlen. — —

Angeregt durch die Arbeiten von Kayser und Runge¹⁾ wurden mit den vorliegenden Wellenlängen Untersuchungen angestellt, um Gesetzmässigkeiten im Aufbau des Spectrums zu finden. Es wurden zu diesem Zwecke sämmtliche Schwingungszahlen, bez. reciproken Wellenlängen ausgerechnet und von jeder einzelnen Schwingungszahl die Differenz mit allen übrigen genommen. Man kann jedoch nicht behaupten, dass eine Wiederkehr gleicher Schwingungsdifferenzen in charakteristischen Gruppen vorliegt, wie dies Kayser und Runge bei den Spectren verschiedener Metalle nachgewiesen haben. Es liess sich also in dieser Richtung keine Gesetzmässigkeit entdecken.

Ueber das Vorkommen des Sauerstoffes auf der Sonne.

Die Frage, ob die Linien des Sauerstoffes sich mit solchen im Sonnenspectrum identificiren lassen, hat zum ersten Male H. Draper²⁾ zum Gegenstand eingehender Untersuchungen

1) Kayser und Runge, Abhandl. d. Königl. Preuss. Akad. d. Wiss. 1890, 1891, 1892.

2) H. Draper, Discovery of Oxygen in the Sun. Am. Journ. Sc. 14. 1877.

gemacht. Er fand, dass sich der Sauerstoff durch helle Linien oder Banden im Sonnenspectrum äussere und keine dunklen Absorptionslinien wie die Metalle gebe.

Im Gegensatz zu ihm vermeinte J. Ch. Draper¹⁾ die Coincidenz der Sauerstofflinien mit dunklen Linien im Sonnenspectrum nachweisen zu können.

Bedenkt man die geringe Dispersion, mit welcher damals gearbeitet wurde, gegenüber der heutigen Vervollkommnung der Messeinrichtungen, vornehmlich der Gitter, die an Trennungsfähigkeit und an Schärfe bei den erzeugten Spectren alles frühere weit übertreffen, so können die bisher erwähnten Resultate wohl kaum mehr in Betracht kommen. Zudem scheint es auch heutzutage erwiesen zu sein, dass helle Linien im Sonnenspectrum überhaupt nicht auftreten, sondern dass nur bei sehr geringer Dispersion dort der Eindruck von solchen hervorgerufen wird, wo keine dunklen Linien sichtbar sind.

In neuerer Zeit glauben Trowbridge und Hutchins erkannt zu haben, dass zwischen dem Spectrum des Sauerstoffes und dem der Sonne kein Zusammenhang bestehe.

Meine Untersuchungen führten zu dem nämlichen Resultat. Ein Vergleich der gemessenen Linien mit den Linien des Sonnenspectrums liess sich mit Hülfe des neuesten Sonnenatlas von Rowland²⁾ ohne Schwierigkeit bewerkstelligen, da in demselben die Zehntel einer Ångström-Einheit leicht abgelesen werden können. Es zeigte sich wohl eine grössere Anzahl von Coincidenzen, jedoch waren die Linien im Sonnenspectrum einerseits schon mit Metalllinien identificirt und andererseits waren die Intensitätsverhältnisse ganz vom Sauerstoffspectrum verschiedene. Schliesslich fanden sich manchmal an Stellen, wo eine starke Sauerstofflinie liegen soll, im Sonnenspectrum gar keine Linien. Wenn dieselben überhaupt vorhanden wären, so müssten sie sich wenigstens in ihren charakteristischen Gruppen im Sonnenspectrum bemerklich machen, und es kann auf das bestimmteste behauptet werden, dass dies nicht der Fall ist.

1) J. Ch. Draper, On the presence of dark lines in the Solar-spectrum, which correspond closely to the lines of the Spectr. of Oxygen. *Am. Journ. Sc.* 16. 1878.

2) Photographic map of the Normal Solar Spectrum, made with the concave grating by Prof. H. A. Rowland, John Hopkins University. 2. series 1888.

Man ist aber wohl kaum berechtigt, aus diesen Umständen den Schluss zu ziehen, dass Sauerstoff auf der Sonne nicht vorkomme; denn es ist bekannt, dass in einem Gemisch das Spectrum eines Gases gegen das der metallischen Dämpfe immer zurücktritt, und dieser Fall muss auch bei der Sonne in Berücksichtigung gezogen werden.

Hierzu kommt aber noch eine andere Betrachtung. Es wird von verschiedenen Seiten die Ansicht vertreten, dass auf der Sonne nicht die Linien des elementaren, sondern des zusammengesetzten Linienspectrums des Sauerstoffes umgekehrt auftreten. Schuster¹⁾ glaubte zwischen den Sauerstoff- und den Sonnenlinien eine so vollkommene Uebereinstimmung zu finden, dass er geneigt war, die Existenz von Sauerstoff bei der Temperatur und dem Druck anzunehmen, unter welchem er das zusammengesetzte Linienspectrum beobachtet hat.

Wie weit diese Ansicht richtig ist, kann hier nicht festgestellt werden, da es die Umstände nicht gestattet haben, für die vorliegende Arbeit auch das zusammengesetzte Spectrum einer Messung zu unterwerfen. Dieses Spectrum ist so lichtschwach, dass es, abgesehen von dem Mangel an Zeit, wahrscheinlich nicht möglich gewesen wäre, bei den weiten Entfernungen der verwendeten Gitteraufstellung eine deutliche Aufnahme zu erzielen.

Sollten spätere genauere Messungen das Resultat ergeben, dass auch die Linien dieses Spectrums mit Linien im Sonnenspectrum keinen Zusammenhang zeigen, so wäre doch, so unwahrscheinlich auch die Gegenwart von Sauerstoff auf der Sonne ist, aus dem oben angeführten Grunde ein Beweis nicht erbracht. Zu einer endgültigen Entscheidung dieser Frage müssten dann eben andere Mittel und Wege gefunden werden.

Es liegt in solchen Untersuchungen noch ein weites und fruchtbares, wenn auch schwieriges Gebiet spectralanalytischer Forschung.

1) Nature 17. 1877.

Berichtigungen.

Bd. 50 (F. Kohlrausch) p. 388 und 403 lies $(1-n)$ statt $(n-1)$.

Bd. 51 (A. Wassmuth) p. 371 Zeile 17 von oben: statt q_3 lese man q^2 .

" 373	" 9	" "	" x^2	" "	" x^2 .
" 375	" 18	" "	fehlt vor: die	" das Wort: auferlegt.	
" 376	" 10	" "	soll statt des ersten =	ein = stehen.	
" 376	" 12	" "	soll statt autet stehen:	lauter.	
" 377	" 4	" "	statt $q^2 V''$ soll stehen:	$q^3 V''$.	
" 377	" 6	" "	" $q^3 V''$	" "	" $q^2 V''$.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.