1859. ANNALEN No. 8.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND CVII.

I. *Ueber die Constitution der elektrischen Spectra der verschiedenen Gase und Dämpfe;* von *Plücker.*

(Siehe diese Annalen Bd. CIII, S. 88 und 151, Bd. CIV, S. 113 und 622, Bd. CV, S. 67, Bd. CVII, S. 77.)

174. Je weiter ich, durch die seltene Kunstfertigkeit des Hrn. Geifsler unterstützt, in die Untersuchung der schönen und mannichfaltigen elektrischen Spectra der verschiedenen Gase und Dämpfe einging, desto mehr nahm in meinen Augen die physikalische Bedeutung derselben zu. Dadurch wurde ich schliefslich bestimmt in genaue Messungen einzugehen. Zwei Motive machten sich hierbei besonders geltend. Ich hatte einerseits bereits die Ueberzeugung gewonnen, und die gegenwärtige Mittheilung wird dazu die weiteren Belege geben, dafs die neuen hellen Linien der Gasspectra auf dunkelm Grunde die Fraunhofer'schen dunkeln Linien des Sonnenspectrums, in allen jenen Anwendungen, welche sowohl den theoretischen dioptrischen Untersuchungen eine früher unerreichbare Genauigkeit gegeben, als auch die technische Optik in ein neues Stadium geführt haben, mit Vortheil ersetzen. Die Beobachtung der neuen Lichtlinien gestattet bei viel gröfserer Leichtigkeit die gleiche Genauigkeit. Wir können ihnen nach Belieben die Feinheit der Fraunhofer'schen Linien so wie auch eine Breite von mehreren Minuten geben, ohne durch die Erbreiterung derselben ihre Intensität zu schwächen. Die Mitte der Ablenkung eines solchen Streifens ist unabhängig von seiner Breite, es ist die Ablenkung der entsprechenden

unendlich schmalen Lichtlinie selbst. Die neuen Lichtlinien treten unter Verhältnissen auf, bei unvollkommen durchsichtigen Prismen zum Beispiel, wo an eine Beobachtung der Fraunhofer'schen Lichtlinien nicht zu denken ist. Eine Gas-Röhre, die im Laufe der Zeit unverändert bleibt und durch welche wir in jedem Augenblicke den Ruhmkorff'schen Apparat entladen können, macht uns unabhängig von der Sonne und giebt uns ein hell leuchtendes Spectrum statt eines blendenden.

Andrerseits wird die Natur des Gases und seine chemische Veränderung durch die Lichtlinien seines Spectrums in charakteristischer Weise angezeigt. Darüber habe ich Andeutungen bereits früher mitgetheilt und ich gedenke später auf diesen Gegenstand zurückzukommen. Aber um hier vor Fehlschlüssen sich vollkommen sicher zu stellen, ist es unumgänglich nothwendig die Lage der Lichtlinien, die den verschiedenen Gasen eigenthümlich sind, in den Spectra derselben mit gröfster Genauigkeit zu kennen. Dann ist das Vorhandenseyn eines Gases durch eine seiner Linien mit Bestimmtheit nachgewiesen und sichere Mittel sind uns geboten, mannichfaltige Fragen über die chemische Constitution von Gasen und Dämpfen zu beantworten. In der gegenwärtigen Mittheilung werde ich auf solche Fragen nicht eingehen, sondern mich blofs mit der rein physikalischen Frage beschäftigen.

175. Um ein möglichst reines Spectrum zu erhalten, richtet man nach Fraunhofer das achromatische Fernrohr eines Theodoliten auf einen entfernten engen Spalt des Heliostaten, so dafs man von demselben ein deutliches Bild erhält. Stellt man dann vor dem Objectiv des Fernrohrs ein Prisma auf, dessen brechende Kante dem Spalte parallel ist und läfst auf dasselbe durch diesen das directe Licht der Sonne oder das Licht einer hellen Wolke fallen, so tritt, nach gehöriger Drehung des Fernrohrs, im Brennpunkte derselben an die Stelle des früheren Spaltbildes das Spectrum. Bei der Anwendung des Babinet'schen Goniometers ist, statt des entfernten Spaltes, auf dem Rande des

getheilten Kreises, um dessen Mittelpunkt das Fernrohr sich bewegt, ein Spalt befestigt, und hinter demselben eine achromatische Linse so angebracht, dafs er im Brennpunkte derselben sich befindet. Die von dem erleuchteten Spalte ausgehenden Strahlen fallen hiernach, nachdem sie durch die Linse gegangen sind, unter sich parallel auf das Prisma und durch dieses abgelenkt auf das Fernrohr auf. Auf diese Weise ist der Spalt für den Beobachter gleichsam unendlich weit gerückt. Das Prisma ist auf einem Tischchen in der Mitte des getheilten Kreises befestigt und kann vermittelst einer Alhidade, unabhängig von dem Fernrohre um diese Mitte gedreht werden.

176. Bei meinen Untersuchungen über Gasspectra bediente ich mich anfänglich eines Fraunhofer'schen Fernrohrs, vor dessen Objectiv das Flintglasprisma, in der günstigsten Stellung für die hellsten Strahlen des Spectrums, befestigt war und ersetzte den entfernten feinen Spalt, durch welchen das Sonnenlicht einfiel, durch eine evacuirte Thermometer-Röhre, durch welche ich die Entladung des Ruhmkorff'schen Apparates leitete, die indem sie in dem engen Kanale der Röhre sich concentrirte, an Helligkeit zunahm. Die spätern Beobachtungen und Messungen, über welche ich in der gegenwärtigen Mittheilung berichten werde, wurden sämmtlich mit einem Babinet'schen Goniometer angestellt. Der getheilte Kreis desselben hatte 22^{cm} im Durchmesser; er gab unmittelbar Drittel-Grade und durch Hülfe des Nonius halbe Minuten. Das Fernrohr wurde zunächst auf einen entfernten Gegenstand eingestellt und dann auf den Spalt gerichtet und dieser in dem Rohre, das ihn und nach der Seite des Fernrohrs hin zugleich die achromatische Linse trug, soweit ausgezogen, bis man von demselben ein scharfes Bild erhielt. Der Spalt konnte enger und weiter gemacht werden. Vor demselben wurde die Geifsler'sche Röhre mit ihrem engen Theile aufgestellt. Auf die Entfernung beider kommt es wesentlich nicht an. In der Regel betrug dieselbe 12 bis 15^{mm}, doch wurde die Röhre, um gröfsere Lichtstärke zu erzielen, dem Spalte zuweilen

auch ganz nahe gebracht. Das Prisma wurde dann auf dem Tischchen in der Mitte, der durch drei Stellschrauben gerichtet werden konnte, befestigt.

177. Wenn wir das Fernrohr auf den mehr oder weniger engen Spalt richten, so geht durch denselben directes Licht, das von der davor befindlichen Lichtquelle ausgeht, ohne sich zu einem Bilde zu vereinigen, dieses Licht füllt gewissermafsen denjenigen Raum aus, der das scharfe Bild der durch die Lichtquelle erleuchteten Ränder des Spaltes ist. Darum ist es, bei Anwendung des Babinet'schen Goniometers im Wesentlichen gleichgültig ob die Lichtquelle schmäler oder breiter ist, und wo dieselbe sich befindet, ob nahe dem Spalt oder weiter davon entfernt.

178. Wenn das Prisma zwischen Spalt und Fernrohr gebracht wird und die Lichtquelle nur Strahlen von derselben Brechbarkeit aussendet, so wird das Bild des Spaltes abgelenkt und seine Breite bleibt dieselbe als vor der Ablenkung durch das Prisma. Wenn wir umgekehrt in dem Spectrum einen isolirten Streifen von der Breite des Spaltes beobachten, so schliefsen wir daraus rückwärts, dafs die Lichtquelle Strahlen von der bezüglichen absoluten Brechbarkeit aussendet, dafs aber Strahlen deren Brechbarkeit bis zu gewissen Gränzen kleiner oder gröfser ist, nicht vorhanden. Es findet dieses in den Fällen der elektrischen Gasspectra fast überall seine Anwendung, wo auf schwarzem oder mehr oder weniger dunklem Hintergrunde Streifen von der Breite des Spaltes auftreten, die scharf begränzt und oft von blendender Helligkeit sind. Das auffallendste Beispiel hiervon liefert, wie früher schon von mir besprochen worden ist, das Wasserstoffgas. Das elektrische Licht desselben löset sich fast ausschliefslich in Licht von dreifacher Brechbarkeit auf und, dem entsprechend, zerfällt das Spectrum in einen blendend rothen, einen annäherungsweise gleich schönen bläulich grünen und in einen blassen violetten Streifen. (Siehe später).

179. Wenn wir die Breite des Spaltes ändern, so ändert sich in gleichem Verhältnisse die Breite des directen

oder des durch das Prisma abgelenkten Bildes, ohne dafs, in Folge der Erbreitung oder Verengung, die Intensität des Lichtes wechselt. Wenn hierbei die Mitte des Spaltes dieselbe bleibt, so bleibt es auch die Mitte des Bildes. Es ist also kein Grund vorhanden die Weite des Spaltes zu sehr zu vermindern, wodurch das Licht zu sehr geschwächt werden würde. Wenn wir den Abstand der Mitten des directen und der abgelenkten Bilder (der farbigen Streifen im Spectrum) messen, so erhalten wir genau dieselben Ablenkungen, als wenn alle Bilder, bei unendlich engem Spalte, sich auf mathematische Linien reducirt hätten. In Folge vielfältiger Versuche bin ich für die gewöhnlichen Beobachtungen bei einer Spaltbreite von drei Minuten stehen geblieben. Bei der scharfen Begränzung der eben so breiten Streifen im Spectrum machen wir dann in der Bestimmung der Mitten derselben unmerkliche Ablesungsfehler.

180. Nach dem Vorstehenden kann keiner der Streifen in den verschiedenen Gasspectra schmäler erscheinen als das Bild des Spaltes und damit sind auch die Beobachtungen in Uebereinstimmung [1]). Breitere Streifen werden häufig beobachtet, *aber in den meisten Fällen lösen sich diese, bei Verengerung des Spaltes, in Streifen von einfacher Breite auf*, die durch schwarze oder graue Streifen von einander getrennt sind.

Es betrage die Breite des Spalts n, die Breite des beobachteten Streifens m Minuten. Wenn alsdann $m < 2n$ so überlagern sich zwei Streifen von einfacher Breite und die Breite der Ueberlagerung beträgt $(2n - m)$ Minuten. Diese Ueberlagerung, die im Allgemeinen sehr schwer wahrnehmbar ist, stellt sich in vielen Fällen als eine *hellere* Linie dar, wobei es aber sehr auf die genaue Einstellung des Fernrohrs und die richtige Ajustirung des Auges ankommt

1) Anders verhält es sich wenn wir ohne Anwendung eines Spaltes, das Fernrohr auf eine entfernte Geifsler'sche Röhre richten. Wenn hier, wie es öfter der Fall ist, erleuchtete Particel durch die enge Röhre sich bewegen, so sieht man schmale Lichtlinien innerhalb des breiteren Bildes der Röhre und der entsprechenden Streifen des Spectrums.

(das eine solche Linie bei grofser Lichtstärke bald hell bald dunkel sieht). Wenn die Breite des Spaltes abnimmt und m gleich $2n$ wird, so bilden zwei einfache sich berührende Streifen einen einzigen Streifen von doppelter Breite. Wenn die Breite des Spaltes abzunehmen fortfährt, wonach $m > 2n$, so treten zwei Streifen von der einfachen Breite von n Minuten ganz auseinander, indem sie durch eine dunkle Linie von $(m - 2n)$ Minuten Breite getrennt werden, während der von der Weite des Spaltes unabhängige Abstand ihrer Mitten $(m - n)$ Minuten beträgt. Wenn hiernach beispielsweise bei einer Oeffnung des Spaltes von 3′ ein heller Streifen des Spectrums 5′ breit erscheint, so wäre er als ein System von zwei Streifen einfacher Spalt-Breite anzusehen, deren Mitten 2′ von einander abstehen und die sich 1′ überlagern. Verengt sich der Spalt auf 2′, so erhält der Streifen die doppelte Breite von 4′. Dieser löset sich, wenn die Breite des Spaltes sich auf 1′ reducirt, in zwei Streifen von eben dieser Breite auf, die durch eine gleich breite dunkle Linie getrennt sind. Bei immer abnehmender Breite des Spaltes nähern wir uns der Gränze, wo zwei mathematische Lichtlinien in einem gegenseitigen Abstande von 2′ auftreten.

Die merkwürdigsten Beispiele in dieser Beziehung liefert der blau-violette Theil des Spectrums des Stickstoffgases; wir verweisen auf die nachfolgende Messung und Beschreibung dieses Spectrums.

181. Vom theoretischen Gesichtspunkte aus würde auch dem Auftreten von *einfachen hellen Streifen des Spectrums, die mehr als Spaltbreite haben,* nichts entgegenstehen. Solche Streifen würden ihre vollständige Erklärung in der Annahme finden, dafs die Lichtquelle Strahlen von annähernd gleicher Intensität aussendet, deren Brechungs-Coëfficienten innerhalb zweier engern Gränzen, denen ein Unterschied in der Ablenkung von $(m - n)$ Minuten entspricht, continuirlich wachsen, während Strahlen, deren Brechungs-Coëfficienten jene Gränzen überschreiten, auf beiden Seiten fehlen. Die Breite der Streifen dieser Art müfste, wenn der Spalt immer enger

würde, abnehmen und bei unendlich engem Spalte auf $(m - n)$ Minuten sich reduciren.

182. Der Hintergrund des Spectrums auf welchem die hellen farbigen Streifen aufstehen, ist nur in seltnern Fällen und nur stellenweise absolut schwarz. Er hat zuweilen eine schwach hervortretende, der jedesmaligen Stelle entsprechende Färbung. Oft ist keine bestimmte Farbe zu erkennen und es tritt ein bestimmtes Grau auf, das man sich durch eine fortwährende Intensitäts-Abnahme einer prismatischen Farbe nur unter der Voraussetzung erklären kann, dafs der Lichteindruck auch dennoch stattfindet, wenn die Unterscheidung von Farbe für das Auge bereits aufgehört hat. In seltenen Fällen ist der Hintergrund mit der bezüglichen Farbe heller gefärbt (namentlich in dem weniger brechbaren Theile des Spectrums der Kohlensäure und dem schön grünen Theile des Stickstoffgas-Spectrums) und die Färbung schattirt sich dann verschiedenartig, oft von schwarzen Gränzen ausgehend, ab. Auf einem solchen Hintergrunde treten gewöhnlich dunkle Linien auf. Ohne Analogie in den Gasspectra ist der rothe, orangefarbige und gelbe Theil des Spectrums des Stickstoffgases mit seinen gleich weit von einander abstehenden dunkeln Linien (201).

183. Ein Spectrum in welchem jeder hellen Transversal-Linie Licht von absoluter Brechbarkeit und gegebener Intensität entspricht, und jeder dunkelen Transversallinie fehlendes Licht von der bezüglichen absoluten Brechbarkeit anzeigt, ist eine ideale Vorstellung, der wir uns in der Beobachtung nur entfernt annähern können. Ein solches normales elektrisches Spectrum für die verschiedenen Gase besteht nach dem Vorstehenden, wenn wir von dem stark zurücktretenden Hintergrund absehen, aus einer bestimmten Anzahl von der Natur des Gases abhängiger und auf die ganze Länge verschieden vertheilter Lichtlinien. Für eine Reihe von Gasen und Dämpfen haben wir in dem Nachstehenden die dieselben charakterisirenden Lichtlinien bestimmt. Keine dieser Linien hat eine nachweisbare Breite.

184. Wenn die Brechbarkeit des Lichts von dem einen

Ende des Spectrums zu dem andern continuirlich zunähme, so würden sich in demselben unendlich viele Bilder von der scheinbaren Breite des Spaltes überlagern, deren jedes einer bestimmten Farbe von absoluter Brechbarkeit entspräche. Beim Durchgange durch ein absorbirendes Medium wird Licht von bestimmter Brechbarkeit ganz oder theilweise ausgelöscht. Wenn alles Licht ausgelöscht würde bis auf Licht von einer dreifachen absoluten Brechbarkeit, so würden, wie in dem Falle des Wasserstoffgases, drei Streifen das ganze Spectrum ausmachen. Aber ein wesentlicher Unterschied bleibt. Wenn nämlich das Licht des leuchtenden Wasserstoffgases sich in ein continuirliches Spectrum auflösen und dann alles Licht von einer anderen als der dreifachen Brechbarkeit absorbirt werden sollte, so würden die drei übrigbleibenden Streifen des Spectrums eine unendlich geringere Intensität haben, als die wirklich beobachteten. Hiernach gewinnen wir die Auffassung, dafs das Licht von der bestimmten Brechbarkeit gewissermafsen auf Kosten des fehlenden Lichts seine Intensität erhalten habe.

185. In gewissen Fällen z. B. im Violetten des Stickstoff-Spectrums haben die dunklen und schwarzen Linien, welche die Gränzen heller Räume bilden, ihre vollständige theoretische und experimentale Erklärung gefunden (180). Ich zweifle aber, ob diese Erklärung unmittelbar auf die Entstehung der Fraunhofer'schen Linien angewendet werden kann. Wäre das normale Sonnenspectrum ein im Allgemeinen continuirliches, das nur an gewissen Stellen verhältnifsmäfsig schmale Unterbrechungen hätte, bestände es aus schwarzen Linien auf hellem Grunde, während die normalen Gasspectra, im Allgemeinen aus hellen Linien auf dunklem Grunde bestehen, so würde das Auftreten einer schwarzen Linie im beobachteten Sonnenspectrum nach der obigen Anschauung für die entsprechende dunkle Linie des Normal-Spectrums eine Breite fordern, welche die Breite des Spaltes überträfe und es konnte ein von zwei schwarzen Linien eingefafster heller Streifen in dem beobachteten Spectrum nicht schmaler seyn als der Spalt, dessen sich

überlagernde farbige Bilder, durch das Prisma hindurch, im Fernrohre beobachtet werden. Aber Fraunhofer gab dem Spalte eine Breite von nahe 12″, Hr. Roden Powell von 72″ [1]) Oeffnung und bei Anwendung eines stark brechenden Prismas von 60° könnte man ihm eine Oeffnung von drei und mehr Minuten geben und man sähe z. B. doch noch die Auflösung der Fraunhofer'schen Linie *b* in ihre beiden dunkeln Linien, die einen sehr schmalen hellen Streifen einfassen. Es scheint mir daher wenig wahrscheinlich, dafs die obige Vorstellung von dem normalen Sonnenspectrum die richtige ist. Wenn Fraunhofer etwa 600 dunkle Linien beobachtete von denen er die stärkeren in seiner meisterhaften Zeichnung des Sonnenspectrums darstellte und diese Zahl später auf einige Tausend anstieg, namentlich bei Verengung des Spaltes und bei Anwendung mehrerer Prismen zur Vermehrung der Dispersion, ist es dann unwahrscheinlich, dafs diese Zahl im Normalspectrum auf Millionen ansteigt, dafs das Spectrum mit anderen Worten ein discontinuirliches ist? Diese Annahme ist vielleicht nothwendig zur Erklärung der Fraunhofer'schen Linien.

186. In dem Nachstehenden sind die Resultate der Messungen und Beobachtungen einer ersten Reihe von Gas- und Dampf-Spectra zusammengestellt.

Was ist es, was leuchtet, wenn durch den engen Kanal einer Geifsler'schen Röhre, die in möglichst evacuirtem Zustande Gas oder Dampf enthält, die elektrische Entladung hindurchgeht? Es giebt kein elektrisches Licht ohne ponderabeln Träger der leuchtet; *es giebt daher überhaupt kein elektrisches Licht, im abstracten Sinne des Worts.* In dieser Uebezeugung bin ich durch alle bisherigen Beobachtungen bestärkt worden. Wie wirkt aber hierbei die Elektricität auf das Gastheilchen? Ich denke blofs Wärme erregend. Die Gastheilchen werden glühend. Die dicke Glasmasse des engeren Theiles der Geifsler'schen Röhren erwärmt sich sehr merklich, wenn der Entladungsstrom des Ruhmkorff'schen Apparates durch das Gas in demselben hin-

1) Aus den Angaben in Beer's Optik S. 45 abgeleitet.

durchgeht. Wenn hierbei die Wärme von den zerstreuten Theilchen des Gases, dessen Spannung oft nur durch Bruchtheile eines Millimeters gemessen wird, auf die Masse des Glases sich übertragen und diese merklich erwärmen soll, wie ungemein *stark* mufs dann nicht die Erwärmung dieser Theilchen seyn.

Wasserstoffgas-Wasserdampf.

187. Vorzugsweise wurden zwei Röhren angewendet, deren Spectra auch bei Bestimmung der Spectra aller übrigen untersuchten Gase und Dämpfe zum Anhaltspunkte dienten. Die erste Röhre war ursprünglich mit Wasser gefüllt, das in der Röhre gekocht wurde bis es vollständig in Dampf verwandelt worden war und dieser Dampf in angeblasenen Gasbehältern bei niedriger Temperatur condensirt. Die zweite Röhre wurde mit Wasserstoffgas gefüllt und dann möglichst evacuirt. Die elektrischen Spectra beider Röhren verhielten sich ganz vollkommen gleich. Der Wasserdampf war unzweifelhaft zersetzt, das aus der Zersetzuug hervorgegangene Sauerstoffgas hatte sich mit dem Platin der negativen Elektrode verbunden und war als Oxyd zu der inneren Glaswandung übergeführt worden, wo es einen gelben, anfänglich schöne Newton'sche Ringe zeigenden Niederschlag bildete. Nach dem Verschwinden des freien Sauerstoffgases ging reines Platin von der negativen Elektrode zur Glaswandung fortwährend über und diese wurde schwarz und vollkommen undurchsichtig. Hr. Geifsler hat, bei der Anfertigung seiner Röhren, die Erfahrung gemacht, dafs wenn man im Innern derselben die Platin-Elektrode durch eine Aluminium-Elektrode ersetzt, die meistens sehr störende Schwärzung des Theiles der Glaswandung, der die negative Elektrode umgiebt, nicht stattfindet; es scheint, dafs das Aluminium nicht übergeführt wird. Die angewandte Wasserstoffgas-Röhre mit Aluminium-Elektroden ist ganz unverändert geblieben, nachdem durch dieselbe der Strom im Ganzen gewifs länger als vier und zwanzig Stunden hindurchgegangen ist.

Das Licht der elektrischen Entladung durch den engen Theil der Röhre ist ein schönes gesättigtes Roth, in dem weiteren Theile ist es röthlich; die negative Elektrode ist von schön violettem Lichte umgeben. Auf dunkelem Hintergrunde — der Hintergrund tritt um so mehr zurück, je reiner das Gas ist — treten drei helle Streifen auf. Wir wollen sie durch α, β und γ bezeichnen, und da, wo es sich darum handelt anzuzeigen, dafs diese Streifen dem Wasserstoffgase angehören, das chemische Symbol des letztern voransetzen. $H\alpha$ ist ein blendend rother, $H\beta$ ein fast ebenso glänzender grünlich blauer Streifen, $H\gamma$ ist violett und schwächer. Da diese drei Streifen des Spectrums in dem Fernrohre unter demselben Winkel erscheinen als das Bild des Spaltes, so zerfällt das elektrische Wasserstoffgas-Licht in Licht von einer dreifachen absoluten Brechbarkeit.

188. Es wurde zunächst ebenso wie bei der Bestimmung der übrigen Spectra ein Prisma von schwerem Flintglas, dessen brechender Winkel 59° 56′ betrug, angewendet. Es ergab sich für die Ablenkung φ der Mitten der drei Streifen α, β, γ:

$$\varphi\alpha = 57^\circ\ 10',5$$
$$\varphi\beta = 59\ \ 55,5$$
$$\varphi\gamma = 61\ \ 43.$$

Diese Winkelwerthe beziehen sich auf die jedesmalige Minimum-Ablenkung. Wenn wir dann den brechenden Winkel des Prismas durch ω, den Einfallswinkel durch A und den Brechungs Coëfficienten durch μ bezeichnen, so ist

$$A = \tfrac{1}{2}(\varphi + \omega)$$
$$\mu = \frac{\sin\frac{1}{2}(\varphi+\omega)}{\sin\frac{1}{2}\omega}.$$

Für das Licht der drei Streifen im Wasserstoffspectrum erhalten demnach die drei Brechungs-Coëfficienten die folgenden Werthe:

$$\mu\alpha = 1,7080$$
$$\mu\beta = 1,73255$$
$$\mu\gamma = 1,7481.$$

189. Wir können die Stellung des Prismas, die der Minimum-Ablenkung für einen gegebenen Strahl entspricht, leicht finden, wenn wir dasselbe hin- und herbewegen, bis diese Ablenkung erreicht ist. Um hierbei eine sichere Methode zu finden, die uns überhebt, bei jeder einzelnen Beobachtung die Minimum-Stellung des Prismas durch Versuche zu bestimmen, wodurch eine gröfsere Reihe von Beobachtungen etwas Unbequemes und discontinuirliches erhalten würde, sind einige nähere Erörterungen nothwendig. Wir können einen doppelten Weg einschlagen; wir können entweder dem Prisma unverändert seine Stellung lassen und die beobachteten Ablenkungen durch Rechnung auf Minimum-Ablenkungen zurückführen oder bei jeder Beobachtung dem Prisma die richtige Stellung geben. Das letztere Verfahren wird dadurch sehr erleichtert, dafs wir nur für *eine* bestimmte Minimum-Ablenkung die Stellung des Prismas zu kennen brauchen, um diese für jede andere Minimum-Ablenkung unmittelbar bestimmen zu können. Denn der Winkel, um welchen das Prisma von einer solchen Ablenkung zu einer andern gedacht werden mufs, ist halb so grofs als die Differenz der beiden Ablenkungswinkel. Hiernach kommt es also hier nur auf die genaue Bestimmung einer einzigen Minimum-Stellung an.

190. Wir wollen von derjenigen Stellung des Prismas ausgehen, für welche ein Strahl von gegebener Richtung φ eine gegebene Minimum-Ablenkung erfährt. Der Einfallswinkel sey A. Wir wollen ferner annehmen, dafs ein zweiter Strahl nach derselben Richtung auffalle. Dieser Strahl trete unter dem Brechungswinkel B in das Prisma ein, falle unter dem Winkel B' auf die innere Seite der zweiten Fläche auf und trete endlich unter dem Winkel A' aus dem Prisma wiederum aus. Die beobachtete Ablenkung, die dieser Strahl erleidet sey Φ', die Minimum-Ablenkung, die er nach gehöriger Drehung des Prismas erleiden würde Φ, sein Brechungs-Coëfficient μ'. Dann ergiebt sich

$$\tfrac{1}{2}(\varphi + \omega) = A \qquad \frac{\sin \frac{1}{2}(\Phi + \omega)}{\sin \frac{1}{2}\omega} = \mu'$$

$$\sin B = \frac{1}{\mu'} \cdot \sin A$$

$$B' = \omega - B$$

$$\mu' \sin B' = \sin A'$$

$$A + A' - \omega = A' + \tfrac{1}{2}(\varphi + \omega) = \Phi'.$$

191. Wenn wir beispielsweise von derjenigen Stellung des Prismas ausgehen, für welche der Strahl $H\alpha$ die Minimum-Ablenkung erfährt, so finden wir für die Strahlen $H\beta$ und $H\gamma$ die Differenz $\Phi' - \Phi$ bezüglich gleich:

$$3'\ 5'' \qquad\qquad 9'\ 15''.$$

Wenn wir von der Minimum-Stellung für den Strahl $H\beta$ ausgehen, so gilt die Rechnung für die Strahlen $H\alpha$ und $H\gamma$ die Differenz $\Phi' - \Phi$ bezüglich gleich

$$2'\ 45'' \qquad\qquad 1'\ 27''.$$

Wenn wir endlich von der Minimum-Stellung für $H\gamma$ ausgehen, so wird für die Strahlen $H\alpha$ und $H\beta$ die Differenz $\Phi' - \Phi$ bezüglich gleich

$$7'\ 10'' \qquad\qquad 1'\ 9''.$$

Um diese Zahlen zu verificiren wurde die folgende Versuchsreihe mit der Wasserstoffgasröhre angestellt. Wenn wir von der Minimum-Stellung für $H\alpha$ ausgehend, bezüglich zu der Minimum-Stellung für $H\beta$ und $H\gamma$ übergehen wollen, so müssen wir die Alhidade, welche unabhängig von dem Fernrohre, die Scheibe mit dem Prisma dreht, bezüglich um die Winkel

$$\tfrac{1}{2}(\varphi\beta - \varphi\alpha) = 1^\circ\ 22',5 \qquad \tfrac{1}{2}(\varphi\gamma - \varphi\alpha) = 2^\circ\ 16',25$$

fortrücken und zwar in demselben Sinne, wie das Fernrohr, wenn das Fadenkreuz von dem Streifen $H\alpha$ zu den Streifen $H\beta$ und $H\gamma$ geführt wird.

Der Nonius des Fernrohrs, das, vor Aufstellung des Prismas, auf die Mitte des 3′ breiten Spaltes gerichtet war, stand auf

$$172^\circ\ 38',5.$$

Die entsprechenden Winkel, wenn das Fernrohr für die

verschiedenen Minimum-Stellungen auf die drei Streifen gerichtet wurde, waren

Minimum	$H\alpha$	Alhidade 49° 59′
Mitte	$H\alpha$	115° 28′
»	$H\gamma$	110 46,5
Minimum	$H\gamma$	Alhidade 47° 43′
Mitte	$H\gamma$	110° 55′,5
»	$H\beta$	112 42
»	$H\alpha$	115 21,5
Minimum	$H\alpha$	Alhidade 49° 59′
Mitte	$H\alpha$	115° 28′
»	$H\beta$	112 40
Minimum	$H\beta$	Alhidade 48° 37′
Mitte	$H\beta$	112° 43′
»	$H\alpha$	115 25,5
»	$H\gamma$	110 54.

Aus diesen Beobachtungen leiten sich die folgenden Differenzen $\Phi' - \Phi$

3′	9′
2,5	1,5
6,5	1

die in derselben Aufeinanderfolge als zu Anfang dieser Nummer aufgeführt worden sind. Die Abweichungen liegen ganz oder nahe innerhalb der Gränzen der Beobachtungsfehler.

192. Wenn wir als Ausgangspunkt $H\alpha$ und demnach $\varphi = 57° 10',5$ nehmen und Φ nach einander auf Winkel beziehen, die von 56° 10′,5 bis 63° 10′,5 durch alle einzelnen Grade hindurch wachsen, so finden wir

$\Phi - \varphi$	$\Phi' - \Phi$
— 1°	18″
1	22
2	1′ 37
3	3 48
4	7 1
5	11 31
6	17 39

Wir machen also, in Gemäfsheit der vorstehenden Zahlen, bei der Bestimmung der Minimum-Ablenkung von $H\alpha$ einen Fehler von nur $\frac{1}{3}$ Minute, wenn wir in der entsprechenden Stellung des Prismas einen Fehler an einem ganzen Grade machen. Ebenso grofs ist der Fehler, den wir begehen, wenn wir, bei unveränderter Stellung des Prismas, die beobachtete Ablenkung eines Strahles auch dann noch für die Minimum-Ablenkung desselben nehmen, wenn der beobachtete Ablenkungswinkel um einen Grad gröfser oder kleiner als $\varphi\alpha$ ist. Dieser Fehler beträgt nur einige Sekunden und liegt also ganz innerhalb der Fehlergränzen unserer Beobachtungen, wenn wir von dem Strahle $H\alpha$ zu Strahlen übergehen, die nur einen halben Grad mehr oder weniger abgelenkt werden. Bei gröfserer Zu- und Abnahme der Ablenkung nimmt aber die Correction der beobachteten Ablenkung, wenn sie auf das Minimum reducirt werden soll, rasch zu.

193. Aufser der Gröfse der zu machenden Correction, wenn wir, unter Beibehaltung der Minimum-Stellung des Prismas für den Strahl $H\alpha$ die Ablenkung der brechbarsten Strahlen des Spectrums bestimmen wollen, kommt noch ein zweiter gröfserer Uebelstand hinzu. Ein Fehler von $\frac{1}{2}$ Grad etwa in der Minimum-Stellung des Prismas für $H\alpha$, der in der Bestimmung der Ablenkung dieses Strahles sich nicht bemerkbar macht, wird bedeutend für Strahlen von namhaft gröfserer Brechbarkeit. Für die brechbarsten Strahlen des Spectrums, die etwa 6° stärker abgelenkt werden, beträgt der Beobachtungsfehler mehrere Minuten, indem wir dann nämlich, statt der Correction für 6° eine Correction von $5\frac{1}{2}$° oder $6\frac{1}{2}$° anbringen, ergiebt sich für die Minimum-Ablenkung etwa 3 Minuten zu viel oder 4 Minuten zu wenig, was 5 bis 6 Einheiten in der vierten Decimale des Brechungscoëfficienten ausmacht. Mit dem bezeichneten Uebelstande ist aber zugleich das Mittel geboten, ihn zu heben und die Minimum-Stellung eines gegebenen Strahles mit Genauigkeit zu erhalten.

Wir wissen zum Beispiel, dafs die Minimum-Ablenkung

der Strahlen $H\alpha$ und $H\gamma$ bezüglich $57^0\,10',5$ und $61^0\,43'$ beträgt und in der directen Bestimmung dieser Winkel machen wir keinen Fehler von einer halben Minute. Handelt es sich um die Minimum-Stellung des Prismas für $H\alpha$, so bestimmen wir diese nicht direct durch eine Drehung des Prisma, wobei wir einen bedeutenden Fehler machen können, sondern wir stellen das Fernrohr auf die Ablenkung von $61^0\,52'\,15''$, welches genau bis $\frac{1}{2}$ Minute, die berechnete Ablenkung für den Strahl $H\gamma$ ist, wenn vorausgesetzt wird, dafs das Prisma die Minimum-Stellung für $H\alpha$ habe. Um also dem Prisma diese Stellung zu geben, brauchen wir dasselbe nur so lange zu drehen, bis das Fadenkreuz des Fernrohrs mit der Mitte des Streifens $H\gamma$ zusammenfällt.

194. Einfacher noch ist das folgende Verfahren, das nur die Beobachtung eines einzigen Strahles voraussetzt. Ich will dasselbe an einem Beispiele durchführen und wähle dabei die Beobachtung des Strahles $H\alpha$.

Wenn wir von einem Strahle, dessen Minimum-Ablenkung φ $50^0\,10',5$, also 7^0 kleiner als $\varphi(\alpha)$ ist [1]) und von der entsprechenden Stellung des Prismas ausgehen, so giebt die Rechnung für die uncorrigirte Ablenkung von $H\alpha$

$$\Phi' = 57^0\,30'\,46''.$$

Nachdem das Fernrohr auf diese Ablenkung eingestellt ist, drehen wir das Prisma (von seiner angenäherten Minimum-Stellung für $H\alpha$ aus im Sinne der Abnahme der Winkel φ) so lange bis das Fadenkreuz des Fernrohrs die Mitte des rothen Wasserstoffgas-Streifens deckt. Denn ist die Minimum-Stellung des Prismas für den Strahl, dessen Minimum-Ablenkung $50^0\,10',5$ beträgt, genau erreicht und wir brauchen nur, im Sinne der Zunahme der Winkel φ, das Prisma um die Hälfte des Winkels von 7^0, also um $3\frac{1}{2}{}^0$ zu drehen, um die Minimum-Stellung des Prismas für $H\alpha$ mit derselben Genauigkeit zu erhalten.

1) Es ist hierbei gleichgültig, dafs dieser Strahl in Wirklichkeit nicht vorhanden ist. Statt von einem Strahle geringerer Brechbarkeit hätten wir auch von einem Strahle gröfserer Brechbarkeit zu dem Strahle $H\alpha$ übergehen können.

In der nachstehend mitgetheilten Bestimmung der elektrischen Spectra verschiedener Gase und Dämpfe sind wir überall von der so bestimmten Minimum-Stellung des Prismas für den Strahl $H\alpha$ ausgegangen. Wir haben diese Stellung beibehalten bis $\varphi = 57^\circ\, 40'$, dann die Alhidade des Prismas 30′ weiter gedreht und in dieser Stellung (die der Minimum-Stellung für $\varphi = 58^\circ\, 10'$ entspricht) gelassen, bis der Winkel φ $58^\circ\, 40'$ erreicht und in ähnlicher Weise, wenn φ $59^\circ\, 40'$, $60^\circ\, 40'$ und so fort bis zum Ende des Spectrums erreicht, die Alhidade jedesmal um 30′ weiter geschoben. Die Stellungen des Prismas weichen hierbei höchstens 30′ von der jedesmaligen Minimum-Stellung ab und demnach beträgt die Correction um die beobachteten Ablenkungen auf ihr Minimum zurückzuführen nur einige Sekunden, was nur auf die 5te Decimale des Brechungs-Coëfficienten Einflufs hat.

195. Wenn in besonderen Fällen es wünschenswerth erscheint die Stellung des Prismas während einer Reihe von Beobachtungen beizubehalten, so wählen wir für diese Stellung die Minimum-Stellung für die Mitte des grünlich-blauen Wasserstoffstreifens, welche mit der Fraunhofer'schen Linie F genau zusammenfällt. Die gröfsten Unterschiede in der Ablenkung betragen alsdann etwa 3°. Die Rechnung ergiebt die nachstehenden Correctionen:

$\Phi - \varphi\beta$	$\Phi' - \Phi$
-3°	3′ 14″
-2	1 29
-1	23
$+1$	25
$+2$	1 43
$+3$	4 4
$+4$	7 35

und hieraus mit hinlänglicher Genauigkeit durch Hülfe einer graphischen Darstellung:

$\Phi' - \Phi$	$\Phi - \varphi\beta$		
0',5	+ 1° 4'	oder	— 1° 12'
1	+ 1 30	»	— 1 39
1,5	+ 1 51	»	— 2 1
2	+ 2 8	»	— 2 20
2,5	+ 2 23	»	— 2 38
3	+ 2 36	»	— 2 54
3,5	+ 2 48	»	— 3 7
4	+ 2 59		—

Innerhalb der obigen Gränzen können wir die Correctionen $\Phi' - \Phi$ unmittelbar von dem beobachteten Winkel Φ' abziehen, um die Minimum-Ablenkung Φ zu erhalten.

196. Die Uebereinstimmung in der Ablenkung der Mitten der drei hellen Wasserstoffstreifen α, β, γ und den drei dunklen Fraunhofer'schen Linien C, F, G liefs eine genauere Vergleichung beider wünschenswerth erscheinen. Zu diesem Ende wurde in der dunklen Stube das Babinet'sche Goniometer 9 Meter vom Fensterladen, in welchem der Heliostat angebracht war, aufgestellt. Durch den beliebig zu erweiternden verticalen Spalt des Heliostaten konnte das Sonnenlicht nach horizontaler Richtung auf den Spalt des Instruments, der ebenfalls vertical und 3' breit war, geleitet werden. Vor diesem letztern wurde zunächst die Wasserstoffröhre aufgestellt und die Mitte des Fadenkreuzes auf die Mitte des rothen Streifen für das Minimum der Ablenkung gerichtet; der Ablenkungswinkel war der früher gefundene. Hierauf wurde die Röhre seitwärts geschoben und der Spalt durch das directe Sonnenlicht beleuchtet, wonach das Fernrohr nur um 2' im Sinne einer geringern Ablenkung gedreht zu werden brauchte um die Mitte des Fadenkreuzes mit der Fraunhofer'schen Linie C zur Deckung zu bringen. Bei analogem Verfahren stellte sich heraus, dafs die Fraunhofer'sche Linie F genau mit der Mitte des grünlich blauen Streifen $H\beta$ zusammenfällt und endlich, dafs die Abweichung der Fraunhofer'schen Linie G von der Mitte des violetten Streifens $H\gamma$ 12',5 im Sinne einer stärkern Brechung betrug. Er ist demnach für

	φ	μ
C	57° 8′,5	1,7077
F	59 55,5	1,73255
G	61 55,5	1,7498

197. Um Resultate zu erhalten, die nicht nur von dem Winkel des jedesmaligen Prismas, sondern auch von der Substanz desselben unabhängig und demnach unmittelbar mit den Messungen anderer Beobachter vergleichbar sind, müssen wir zu den Wellenlängen in der Luft, die den verschiedenen Lichtlinien der Spectra entsprechen, zurückgehen. In der folgenden Tabelle sind für die Winkel kleinster Ablenkung zwischen 57° und 63° 20′ von 10 zu 10 Minuten die nach 188 berechneten Brechungs-Coëfficienten nebst ihren Differenzen für Minuten, so wie die entsprechenden Wellenlängen nebst Differenzen zusammengestellt.

φ	μ	$\Delta\mu$ für $\Delta\varphi = 1'$	λ	$-\Delta\lambda$ für $\Delta\varphi = 1'$
57° 0′	1,70639	15,2	671,4	1,73
10	1,70791	15,2	654,1	1,60
20	1,70943	15,1	638,1	1,48
30	1,71094	15,1	623,3	1,38
40	1,71245	15,1	609,5	1,30
50	1,71396	15,0	596,5	1,20
58 0	1,71546	15,0	584,5	1,14
10	1,71696	15,0	573,1	1,07
20	1,71846	14,9	562,4	1,01
30	1,71995	14,9	552,3	0,96
40	1,72144	14,8	542,7	0,90
50	1,72292	14,8	533,7	0,86
59 0	1,72440	14,8	525,1	0,82
10	1,72588	14,7	516,9	0,78
20	1,72735	14,7	509,1	0,74
30	1,72882	14,7	501,7	0,71
40	1,73029	14,6	494,6	0,67
50	1,73175	14,6	487,9	0,61
60 0	1,73321	14,6	481,8	0,55
10	1,73467	14,5	476,3	0,52
20	1,73612	14,5	471,1	0,50
30	1,73757		466,1	

φ	μ	$\Delta\mu$ für $\Delta\varphi = 1'$	λ	$-\Delta\lambda$ für $\Delta\varphi = 1'$
60° 30'	1,73757	14,5	466,1	0,49
40	1,73902	14,4	461,2	0,47
50	1,74046	14,4	456,5	0,46
61 0	1,74190	14,3	451,9	0,44
10	1,74333	14,3	447,5	0,42
20	1,74476	14,3	443,3	0,41
30	1,74619	14,2	439,2	0,41
40	1,74761	14,2	435,1	0,40
50	1,74903	14,1	431,1	0,38
62 0	1,75044	14,1	427,3	0,36
10	1,75185	14,1	423,7	0,36
20	1,75326	14,0	420,1	0,34
30	1,75466	14,0	416,7	0,34
40	1,75606	14,0	413,3	0,33
50	1,75746	13,9	410,0	0,32
63 0	1,75885	13,9	406,8	0,31
10	1,76024	13,9	403,7	0,31
20	1,76163		400,6	

198. Um die Wellenlängen zu berechnen, bedienten wir uns der Cauchy'schen Annäherungsformel zwischen Brechungs-Coëfficient μ und Wellenlänge λ:

$$\mu = a + \frac{b}{\lambda^2}$$

zunächst für den minder brechbaren Theil des Spectrums. Fraunhofer hat für die seinen Linien entsprechenden Wellenlängen, ausgedrückt in Hundert-Milliontel des pariser Zolles die folgenden Zahlen gegeben:

λB	λC	λD	λE	λF	λG	λH
2541	2425	2175	1943	1789	1585	1451

die, wenn wir Milliontel des Millimeters als Einheit nehmen, in die folgenden übergehen:

687,8	656,4	588,8	526,0	484,3	429,1	392,8

wobei die Beobachtungsfehler auf die Decimalstelle Einfluſs haben.

Stellen wir mit den vorstehenden Werthen von λC und λF die in der 196. Nummer bestimmten Werthe von μC

und μF zusammen, so ergeben sich für die Constanten der obigen Annäherungsformel

$$a = 1{,}678025$$
$$\log b = 4{,}1067876$$

Mit Hülfe dieser Werthe sind die Wellenlängen, die Ablenkungen bis zu 60° entsprechen, berechnet worden.

Zur Controle der Anwendbarkeit der Cauchy'schen Annäherungs-Formel innerhalb der obigen Gränzen wurden die Winkel der kleinsten Ablenkung für die Fraunhofer'schen Linien D und E gemessen. Es ergab sich

$$\varphi D = 57^\circ\, 55',5 \qquad \varphi E = 59^\circ\, 0.$$

Die erste dieser Linien stimmt genau, was Fraunhofer schon bemerkt hat, mit der Mitte des gelben Natronstreifen (siehe 204), der sich in dem dunkeln Theile einer Kerzenflamme wiederfindet, und dessen Licht das Licht der Flamme des, Kochsalz aufgelöst enthaltenden, Alkohols ist. Nehmen wir andrerseits die Winkel, welche nach der vorstehenden Tabelle den Fraunhofer'schen Wellenlängen λD und λE entsprechen, so erhalten wir

$$\varphi D = 57^\circ\, 56',4 \qquad \varphi E = 58^\circ\, 59'$$

Werthe, die mit den beobachteten bis auf eine Minute übereinstimmen, was in der vierten Decimalstelle des Brechungscoëfficienten $1\frac{1}{2}$ Einheiten ausmacht.

Für die stärker brechbaren Strahlen wurden die beiden Constanten der Cauchy'schen Annäherungsformel durch die oben bestimmten Coëfficienten für die Fraunhofer'schen Linien F und G und die entsprechenden Wellenlängen berechnet, wonach

$$a = 1{,}669558$$
$$\log b = 4{,}1695160$$

sich ergab, und die Formel alsdann zur Berechnung der Wellenlängen für Ablenkungen von 60° bis 63° 20′ angewendet. Wir erhalten auf diese Weise, für unsere Zwecke die hinlänglich angenäherten Werthe, wie sie in der vorstehenden Tafel zusammengestellt sind. Diese Tafel giebt für das Licht des Wasserstoffgases

	λ
$H\alpha$	653,3
$H\beta$	484,3
$H\gamma$	433,9

199. Ich habe oben schon bemerkt, dafs der dunkle Hintergrund, auf welchem die drei hellen Streifen des Wasserstoff-Spectrums stehen, um so mehr zurücktritt, je reiner das Gas ist. An den vielen von mir untersuchten Wasserstoffröhren zeigen sich, wenn auch noch so schwach hervortretend, in dem Raume zwischen $H\alpha$ und $H\beta$ feine dunkle Streifen. Von diesen Streifen wurde die Stelle eines der stärkeren durch das Goniometer beobachtet und mit dem Streifen No. 13 des Stickstoffgas-Spectrums übereinstimmend gefunden. Ein verwaschener, breiterer, schwach gelber Streifen tritt am meisten hervor und zeigte, unter günstigen Umständen, in seiner Mitte eine dunkle Linie. Diese Linie stimmt, was die Messung zeigte mit dem dunkeln Streifen No. 16, zu dessen beiden Seiten in dem genannten Spectrum sich helles Gelb befindet. Bis jetzt halte ich mich daher für berechtigt, die beobachtete Färbung des Hintergrundes des Wasserstoffgas-Spectrums lediglich den letzten Spuren der zurückgebliebenen Luft zuzuschreiben.

Sauerstoffgas.

200. Die Darstellung von Sauerstoffgasröhren bot anfänglich grofse Schwierigkeit dar; aus den meisten Röhren verschwand das freie Gas, bevor das Spectrum bestimmt werden konnte. Nur in einer Röhre mit Aluminium-Elektroden hielt sich das Gas, das aus Quecksilberoxyd dargestellt worden war, bisher unverändert. Nur traten mit den Sauerstoffgas-Streifen gleichzeitig die drei Wasserstoffgas-Streifen auf, offenbar von Wasser herrührend, das in der Röhre geblieben war. Von diesen Streifen, denen genau die früher bestimmten Ablenkungen entsprachen, wollen wir in dem Folgenden einstweilen als fremden Streifen ganz absehen. Aufser denselben traten in dem Spectrum mehrere Streifen von einfacher Breite auf, von denen wir

die vier am stärksten hervortretenden durch α, β, γ und δ, wenn es zur Unterscheidung erforderlich ist, mit Voraussetzung des chemischen Symbols des Sauerstoffgases, bezeichnen wollen. Am hellsten sind $O\alpha$ und $O\delta$.

		Stellung d. Fernrohrs.
1.	Dunkler rother Streifen an $H\alpha$ nach der violetten Seite hin sich anlehnend	
2.	Mitte des schön rothen Streifens $O\alpha$	115° 2',5
3.	Mitten zweier schwachen grünlich gelben Streifen	114° 15
4.		114 0
5.	Mitte des grünen Streifens $O\beta$ . . .	113 47,5
6.	» » » » $O\gamma$ . . .	113 30,5
7.	Mitten blauer Streifen	112 10
8.		111 55
9.	Mitte des schön violetten Streifens $O\delta$	111 2,5.

Der Streifen $O\alpha$ ist nach der rothen Gränze hin durch einen breiten, nach der violetten Gränze durch einen schmalen schwarzen Raum begränzt. Für die vier Hauptstreifen ergiebt sich

	φ	μ	λ
$O\alpha$	57° 36'	1,7118	615,0
$O\beta$	58 51	1,7231	532,8
$O\gamma$	59 8	1,7256	518,5
$O\delta$	61 36	1,7470	436,7.

Das Licht in dem weitern Theile der Röhre war, wie immer beim Sauerstoff, sehr schwach; in der engern Röhre war es intensiv, seine Färbung aber durch das beigemengte Wasserstoffgas gestört. Das Licht um die negative Elektrode war sehr schön violett.

Stickstoffgas.

201. Das Licht in dem engern Theile der Röhre ist röthlich violett, in dem weitern Theile ebenfalls, nur viel schwächer. Das Licht der negativen Elektrode ist schön violett. Zur Bestimmung des Spectrums wurde eine alte Röhre angewandt, die vielfach seit sechs Monaten gebraucht

worden war und deren Licht sich durchaus nicht änderte. Das Spectrum ist eines der farbenreichsten und zugleich der ausgedehntesten, indem es etwa von der Fraunhofer'schen Linie *B* bis zur Linie *H* sichtbar ist. Es unterscheidet sich von den Spectra der übrigen einfachen Gase durch dunkle Linien in dem weniger brechbaren Theile desselben. 17 solcher Linien befinden sich zwischen der äufsersten Gränze des sehr dunkeln Rothen bis zu der Gränze des schönen Gelben in genau gleichen Abständen von einander. Wir wollen diese dunkeln Linien, die wesentlich von denjenigen verschieden sind, welche die gewöhnlichen hellen Streifen der Gasspectra begränzen oder auch in Streifen von einfacher Breite theilen, durch No. 1 bis No. 17 bezeichnen. Das Rothe erstreckt sich bis zum Streifen No. 11, es ist sehr dunkel bis zum Streifen No. 2, so dafs es unter ungünstigen Verhältnissen nicht gesehen wird, es ist zwischen No. 2 und No. 3 etwas heller; zwischen No. 3 und No. 9 ist es schön, zwischen No. 9 und No. 11 aber dunkel und bräunlich. Der Uebergang vom Rothen zum Orangefarbigen, der durch No. 11 gegeben ist, ist ein ganz bestimmter. Das Orange ist ein gleichmäfsiges bis No. 14. Zwischen diesem Streifen und dem folgenden findet sich eine Uebergangsfarbe zwischen Orange und Gelb. Von No. 15 an ist die Färbung schon eine gelbe. Der Raum bis zur Gränze des Gelben wird durch die Streifen No. 16 und No. 17 in drei gleiche Theile getheilt. Die Mitte des Wasserstoffstreifens $H\alpha$ fällt nahe mit No. 4 zusammen, die Fraunhofer'sche Linie *D*, oder was dasselbe ist, die Mitte des *Natron*streifens, wie ihn der dunkle Theil jeder Kerzenflamme zeigt, fällt zwischen No. 14 und No. 15. Die Gränze des Gelben ist vollkommen scharf, es folgt absolutes Schwarz, das sich ins Grüne abschattirt. Im Grünen sind noch sieben dunkle Linien, die den frühern ähnlich sind, aber nicht gleichen Abstand von einander haben. Sie begränzen verschieden schattirte grüne Räume, während andere solche Gränzen nicht durch dunkle Linien bezeichnet werden. Der 6. Streifen bezeichnet eine schwarzgrüne

Gränze von welcher aus nach beiden Seiten hin das Grüne ins Helle sich abschattirt. Das Grüne ist am hellsten zwischen dem 3. und 4. Streifen und nach dem 7. Nach dem Grünen wird das Spectrum wiederum ein normales, das aus hellen scharf begränzten Streifen auf dunkelm Hintergrunde besteht. Diese Streifen sind aber der gröfsern Zahl nach doppelt oder mehrfach und lösen sich demnach bei immer enger werdender Spalte in Lichtlinien auf, von denen einige in Gruppen nahe zusammenstehen. Man unterscheidet deutlich 11 solcher hellen Streifen oder Gruppen von Streifen, die wir α, β, γ, δ, ε, ζ, η, ϑ, ι, $\varkappa$ und λ nennen wollen. Von diesen treten ϑ und ι am hellsten hervor und sind durch einen schwarzen Raum getrennt. Auch zwischen ε und ζ ist der Hintergrund fast schwarz. Im Allgemeinen erscheint derselbe grau, nirgend zeigt er eine entschiedene Färbung. Ueber λ hinaus sind noch zwei schwache violette Streifen deutlich wahrzunehmen.

Die Bestimmung des Spectrums ergab:

		Stellung des Fernrohrs.	
Gränze des Rothen		115°	46′
N 1.	Dunkler Streifen auf dunkelm Hintergrunde	115	41,5
N 2.	Anfang des hellern Rothen	115	37
N 3.	im hellen Roth	115	32,5
N 4.		115	28
N 5.		115	24
N 6.		115	19,5
N 7.		115	15
N 8.		115	10,5
N 9.	Anfang des Braunrothen	115	6,5
N 10.		115	2,5
N 11.	Anfang des Orange	114	58
N 12.	Streifen im Orange und Gelben	114	53,5
N 13.		114	49
N 14.		114	44,5
N 15.		114	40
N 16.		114	35,5
N 17.		114	31

	Stellung des Fernrohrs.
Gränze des Gelben	114° 26′,5
Gränzen von Schattirungen im Grünen bezeichnet durch dunkle Streifen	114 17,5
	114 10,5
	114 5,5
	113 58
	113 47,5
	113 42,5
	113 31
Gränzen ohne bemerkliche dunkle Streifen	113 27
	113 15,5
	113 10,5
	113 2

$N\alpha$ Einfacher bläulich grüner Streifen. Mitte		112° 51′,5
$N\beta$ Breiterer blauer Streifen. Gränzen		112 36
		112 31
$N\gamma$ Zwei durch eine dunkle Linie getrennte einfache Streifen, Gränzen		112 21
		112 17,5
		112 14,5
$N\delta$ Drei einfache durch zwei dunkle Linien getrennte Streifen	Erste Gränze	112 9,5
	Dunkle Linien	112 6,5
		112 3,5
	Zweite Gränze	112 0,5
$N\varepsilon$ Ein einfacher Streifen durch einen schwarzen Streifen von 2′ von einem Doppelstreifen, mit einer dunklen Linie in seiner Mitte, getrennt	Gränzen	111 55,5
		111 53
		111 51
		111 48
		111 44
$N\zeta$ Ein einfacher Streifen, durch eine dunkle Linie von einem 5′ breiten Streifen getrennt. Ein schwächerer Streifen geht vorher.	Erste Gränze	111 33
	Dunkle Linie	111 30
	Zweite Gränze	111 25

			Stellung des Fernrohrs.	
$N\eta$	Ein einfacher violetter Streifen.	Mitte	111°	14′
	Ein schwächerer Streifen folgt			
$N\vartheta$	Ein dreifacher Streifen mit zwei dunklen Linien	Erste Gränze	111	2
		Dunkle Linien	110	58,5
			110	55
		Zweite Gränze	110	52
$N\iota$	Ein einfacher Streifen durch eine dunkle Linie von einem 5′ breiten Streifen getrennt, der seinerseits durch einen 3′ breiten dunklen Raum von einem einfachen Streifen getrennt ist.	Erste Gränze	110	40
		Dunkle Linie	110	37
		Zweite Gränze	110	32
		Gränzen	110	29
			110	25,5
$N\varkappa$	Ein einfacher Streifen durch eine dunkle Linie von einem breitern getrennt	Erste Gränze	110	17
		Dunkle Linie	110	13,5
		Zweite Gränze	110	8,5
$N\lambda$	Ein Streifen dessen Gränzen		110	2
			109	57

202. Für die Entfernung je zweier auf einander folgenden dunkeln Streifen im Rothen, Orange und Gelben ergiebt sich 4′ 24″. Es ist für

	φ	μ	λ
No. 3	57° 6′	1,7073	661,0
No. 11	57 40,5	1,7125	608,9
No. 17	58 7,5	1,7166	576,2

Das Licht des Stickstoffgases enthält viel und schönes Violett und ruft darum starke Fluorescenz hervor, während das reine Licht des Wasserstoffgases diese Eigenschaft in kaum merklichem Grade besitzt. Wenn wir den Spalt, der bei allen gegenwärtigen Bestimmungen 3 Minuten breit war nur wenig breiter nehmen oder das Spectrum aus dem Brennpunkte rücken, so erscheinen die einzelnen Gruppen von Streifen, die wir durch denselben griechischen Buch-

staben bezeichnet haben, als continuirliche Streifen von gröfserer Breite ohne dunkle Linien. Es ist dieses ein auffallender Beleg für unsere theoretische Auffassung, dafs breitere Streifen durch Verengung des Spaltes sich zuletzt in mehrere Streifen von einfacher Spaltbreite auflösen, dafs, mit anderen Worten, die entsprechenden Brechungs-Coëfficienten und Wellenlängen discontinuirlich sind. Es ist merkwürdig, dafs im vorliegenden Falle der violette Theil des Normal-Spectrums (183) mehrere Gruppen von solchen Lichtlinien enthält, die 3 Minuten von einander abstehen. Nγ zum Beispiel enthält zwei solche Lichtlinien, für welche

$$\varphi = \begin{cases} 60^\circ\ 19',5 \\ 60^\circ\ 22,5 \end{cases}$$

Die Gruppen Nδ und Nϑ enthalten drei Lichtlinien für welche bezüglich

$$\varphi = \begin{cases} 60^\circ\ 30',5 \\ 60\ \ 33,5 \\ 60\ \ 36,5 \end{cases} \quad \text{und} \quad \begin{cases} 61^\circ\ 0',25 \\ 61\ \ 3,75 \\ 61\ \ 7 \end{cases}$$

Zwei der Lichtlinien in Nε haben einen Abstand von 5'. Einige der gemessenen Streifen haben eine Breite von 5'; der Analogie nach halte ich es für wahrscheinlich, dafs bei fernerer Verengerung des Spaltes, solche Streifen in zwei einfache sich auflösen, deren Mitten 2' von einander abstehen. Demnach würden in dem Normal-Spectrum, Nβ entsprechend, zwei blaue Lichtlinien von demselben gegenseitigen Abstande auftreten, ebenso Nι entsprechend, vier schöne violette Lichtlinien in den Abständen von 3', 2' und 6', für welche

$$\varphi = \begin{cases} 62^\circ\ \ 0' \\ 62\ \ \ 3 \\ 62\ \ \ 5 \\ 62\ \ 11,25. \end{cases}$$

Bei der unendlichen Schwierigkeit die geringen Spuren eines Gases, die in unsern Beobachtungen Träger des elektrischen Stromes sind, frei von jeder fremden Beimischung zu erhalten, läfst kleine Modificationen in der Bestimmung unseres Spectrums, namentlich des grünen und violetten

Theiles desselben, als möglich erscheinen. Hier, wo jede chemische Analyse wegfällt, *finden die Beobachtungen nur durch sich selbst, indem sie vervielfältigt werden, etwaige Correctionen.* Bei einer grofsen Auswahl von Röhren habe ich diejenige unsern Messungen zu Grunde gelegt, die ich für die reinste hielt, in dessen Spectrum namentlich keine Spur von Wasser sich nachweisen liefs.

Quecksilber.

203. Um fremdartige Elektroden im Innern der Röhre ganz zu eliminiren, wurden die Platindrähte nur eben hineingeführt und Quecksilber in hinreichender Menge in der Röhre gelassen und so vertheilt, dafs es beide Platinspitzen ganz bedeckte. Zu diesem Ende war die Kugel am obern Ende der Röhre mit ihrer Elektrode umgebogen worden. Der Strom ging demnach von Quecksilber aus und zu Quecksilber über. Die Röhre war durch Kochen des Quecksilbers luftleer gemacht worden. Auch ohne Erwärmung des Quecksilbers traten, wenn die Entladung durch den engern Theil der Röhre hindurchging, die hellern, demselben eigenthümlichen Streifen auf. Aber das Spectrum nahm bedeutend an Helligkeit zu, wenn das Quecksilber in dem untern weitern Theile der Röhre erwärmt wurde, und diefs setzte sich fort bis das Quecksilber hier ins Sieden gerieth, was bei dem geringen Drucke schon bei 40° bis 50° der Fall war, und sich in der obern Kugel wieder condensirte. In den beiden von Hrn. Geifsler construirten Apparaten wiesen die Spectra in den beiden ersten Wasserstoffgas-Streifen $H\alpha$ und $H\beta$ Spuren zurückgebliebenen Wassers nach, die in der mit der gröfsern Sorgfalt dargestellten Röhre weniger stark hervortraten. Abgesehen von diesen Streifen, die genau die ihnen angehörige Stelle im Spectrum einnahmen, wurde noch die Lage der folgenden Streifen gemessen, von denen wir die drei stärkern durch $Hg\alpha$, $Hg\beta$ und $Hg\gamma$ bezeichnen wollen.

	Stellung d. Fernrohrs.
Gränzen eines breitern schwachen Orange-streifens	114° 58',5 114 49
Hg α Schön gelber Streifen mit einer hellen Linie in seiner Mitte, 5' breit. Helle Linie	114 32
Mitte eines schwachen einfachen Streifens	114 15,5
Hg β Einfacher schön grüner Streifen. Mitte	114 2
Mitte von vier schwächeren einfachen Streifen	113 30 112 51 112 37,5 111 35
Hg γ Einfacher, schön violetter Streifen. Mitte	111 0,5

Für die drei stärkern der, das Quecksilber charakterisirenden, Streifen ergiebt sich:

	φ	μ	λ
Hg α	58° 5',5 58 7,5	1,7163 1,7166	578,2 575,9
Hg β	58 36,5	1,7209	546,1
Hg γ	61 38	1,7473	435,9

Natrium.

204.* Die Röhre bestand, wie gewöhnlich aus einer Kugel und einem weitern Cylinder, in welche Platin-Elektroden eingeschmolzen waren und zwischen welchen eine Thermometer-Röhre die Verbindung bildete. An den weitern Cylinder, nahe der Verbindungsstelle mit der Thermometerröhre, war seitwärts ein Glasbehälter angeschmolzen und in diesem wurde, nachdem das Innere der ganzen Röhre mit Kohlensäure angefüllt worden war, das metallische Natrium hineingebracht. Hiernach wurde so weit wie möglich evacuirt. Die Röhre zeigte als der Strom durchging das Spectrum des reinen Wasserstoffgases; keine Spur von Kohlensäure machte sich in dem Spectrum bemerklich. Offenbar war ein Minimum von Wasserdampf in der Röhre zurückgeblieben, der einerseits das Wasserstoffgas für das

Spectrum lieferte, andererseits Sauerstoffgas abgab, der sich mit einer entsprechend kleinen Menge von Natrium verband, das hinreichend war zur Neutralisirung der Kohlensäure in kohlensaurem Natron. Während das Fernrohr auf die schönen Wasserstoffstreifen gerichtet war, wurde das Natrum in dem seitlichen Gefäfse durch eine Alkohol-Lampe erhitzt. Schon bei einer geringen Erwärmung, lange bevor das Natrium schmolz, trat in dem Spectrum ein gelber Streifen auf, der, bei steigender Erwärmung immer mehr an Glanz zunahm. Zuletzt zog sich schön gelbes Licht auch in den innern Raum des seitlichen Glasbehälters, obgleich dieser Raum nicht auf dem directen Wege der Entladung zwischen den beiden Elektroden lag. Das metallische Natrium war geschmolzen und die Dämpfe desselben condensirten sich wieder zu metallischen Kugeln an weniger stark erwärmten Stellen des Gefäfses. Der gelbe Natriumstreifen $Na\alpha$ fällt mit demjenigen Streifen zusammen, der in Flammen, welche mit Natronsalzen in Berührung kommen, sich zeigt, also mit dem Streifen der gelben monochromatischen Alkoholflamme und demnach auch mit der dunkeln Fraunhofer'schen Linie *D*.

	φ	μ	λ
$Na\alpha$	57° 55',5	1,7148	588,9

Brom.

205. Das Bromspectrum erhielt sich constant, wenigstens zeigte eine Röhre mit Platin-Elektroden, die sechs Monate aufbewahrt worden war, unverändert dasselbe Spectrum. In der Kugel und dem weitern Cylinder an den beiden Enden war das Licht schön violett und bildete, ohne sich ganz durch dieselben zu verbreiten, in beider Mitten einen Faden. Beim Eintritt in den engen Theil der Röhre wurde das Licht schön *grünlich blau*.

Es wurden die Mitten von 19 hellen einfachen Streifen gemessen.

		Stellung d. Fernrohrs.
1.	Dunkelrother Streifen	115° 14',5
2.	Etwas hellerer Streifen	115 2,5
3.	Schwacher Orange-Streifen	115 37

		Stellung des Fernrohrs.
4. — 9.	Sechs grünliche und grüne Streifen, die, mit Ausnahme des 4. der Reihenfolge nach an Helligkeit zunahmen. Der 6. Br α besonders hell	114 15 114 5,5 113 58 113 46 113 35 113 28,5
10.	Ein schwacher grüner Streifen . . .	113 13
11.	Ein etwas stärkerer	112 52,5
12. — 14.	Drei schöne blaue Streifen. Der erste Br β weniger schön als der zweite Br γ. Der dritte Br δ und Br α die schönsten des Spectrums	112 34 112 29 112 14,5
15.	Ein schwächerer Streifen	112 10
16. — 19.	Drei schwach violette Streifen .	111 59 111 28,5 111 0

Vielleicht lassen sich noch einige der blassen Streifen als nicht dem Brom angehörig eliminiren. Die benannten vier hellsten Streifen sind unzweifelhaft demselben eigenthümlich. Für diese ergiebt sich

	φ	μ	λ
Br α	59° 10′	1,7259	516,9
Br β	60 4,5	1,7339	479,3
Br γ	60 9,5	1,7346	476,6
Br δ	60 24	1,7367	469,1.

Chlor.

206. Die Farbe der elektrischen Entladung durch Chlorgas ist in weiten Röhren röthlich violett, in sehr engen schön grün. Hierin scheint die Erklärung der früher mitgetheilten Beobachtung zu liegen, dafs durch einen starken Elektromagnet das röthlich gefärbte elektrische Licht einer Geifsler'schen Chlor-Röhre die schönste grüne Farbe annimmt: offenbar in Folge einer Concentration des Stromes durch magnetische Anziehung oder Abstofsung. Bei Aluminium-

Elektroden hielt sich das Chlorgas in der Röhre und diese schwärzte sich nicht. In dem elektrischen Spectrum des Chlors treten drei durch ihre Helligkeit besonders ausgezeichnete Streifen hervor, die wir durch Clα, Clβ und Clγ bezeichnen wollen. Der erste dieser Streifen ist gelblich grün, der zweite grün, der dritte blau. Der erste Clα ist *vierfach*, durch zwei dunkle Linien 1 und 5 begränzt und durch drei solcher Linien 2, 3 und 4, von welchen die erste am schwärzesten erschien, in vier Streifen von einfacher Breite getheilt, von diesen einfachen Streifen ist der zweite am hellsten, der vierte am dunkelsten. Clβ ist von mehr als einfacher Breite und darum wahrscheinlich doppelt. Clγ ist durch zwei schwarze Linien 1 und 4 begränzt und durch zwei andere 2 und 3 in drei Streifen (von etwas weniger als einfacher Breite?) getheilt. Zwischen Clβ und Clγ treten noch drei schwächere grüne Streifen auf. Die folgenden Winkel wurden gemessen.

		Stellung d. Fernrohrs.
Gränze des sichtbaren rothen Hintergrundes etwa		115° 39'
Clα	1	114 4
	2	114 1
	3	113 58,5
	4	113 55,5
	5	113 52
Dunkler Streifen		113 46
Gränzen von Clβ		113 36,5
		113 32
Schwächerer grüner Streifen. Mitte		113 27
Desgleichen		113 17
Dunkler Streifen		113 6,5
Schwächerer grüner Streifen. Mitte		112 50
Clγ	1	112 37,5
	2	112 35
	3	112 32,5
	4	112 30
Sichtbare Gränze des Violetten		109 56

Für die drei Haupt-Chlorstreifen ergiebt sich:

	φ	μ	λ
Cl α, 2	58° 37',5	1,7211	545,1
Mitte Cl β	69 4,25	1,7250	521,6
Mitte Cl γ	60 4,75	1,7339	479,2.

Zinnchlorid.

207. In dem weitern Theile der Röhre war die Färbung des elektrischen Lichts ein saftiges tiefes Blau, das beim Eintritt in den engen Theil derselben plötzlich in das schönste reine Goldgelb sich verwandelte. Die negative Elektrode war von rehfarbigem Lichte umgeben. Als die Röhre mit ihrem weitern Theile auf die einander genäherten Halbanker des grofsen Elektromagnets gelegt wurde, zuckten, nach Erregung des Magnetismus, die schönsten goldgelben Blitze, nach der Lage der Röhre bald angezogen, bald abgestofsen, bald seitwärts abgelenkt, durch das ruhige blaue Licht. Dieselbe überraschende Erscheinung giebt jede weitere Geifsler'sche Zinnchloridröhre.

Zunächst fanden sich in dem Spectrum die drei hellen Chlorstreifen wieder. Der Streifen Cl α war mehr verwaschen. Für die Mitte von Cl β ergab sich 113° 34'. Der Streifen Cl γ erschien nur doppelt und der dunkeln Linie in seiner Mitte entsprach 112° 33' 5. Von den übrigen Streifen zeichnen sich fünf durch ihre Helligkeit aus; wir bezeichnen dieselben durch $SnCl_2$ α, β, γ, δ und ε.

	Stellung d. Fernrohrs.
Mitte des rothen Streifens $SnCl_2$ α . . .	115° 22',5
Mitte des glänzend gelben Streifens Sn Cl β	114 34
Schön gelber Doppelstreifen $SnCl_2$ γ mit einer hellern Linie in der Mitte. Gränzen	114 16 114 11
Mitte des Streifens $SnCl_2$ δ	113 48
» » » $SnCl_2$ ε	111 39,5.

Nach dem Vorstehenden ist für die Mitten der dem Zinnchlorid eigenthümlichen Hauptstreifen

		φ	μ	λ
$SnCl_2$	α	57° 16′	1,7088	644,5
	β	58 4,5	1,7151	579,4
	γ	58 24	1,7191	558,4
		26	1,7194	556,3
	δ	58 50,5	1,7230	533,3
	ε	60 59	1,7418	452,4.

Zwei schwächere dem Zinnchlorid anscheinend ebenfalls eigenthümliche Streifen, die früher gemessen worden waren, konnten später nicht mehr beobachtet werden. Der erste derselben war orange entsprechend, $\varphi = 57° 40$; der zweite war violett und stand etwa 20′ von $SnCl_\varepsilon$ nach der rothen Seite des Spectrums hin.

Die Elektroden der angewandten Röhren waren theils von *Platin*, theils von *Aluminium*, theils von *Zinn*. Der Strom erlosch nach einiger Zeit bei Platin-Elektroden, er hielt sich gut bei Aluminium-Elektroden. Zwei Röhren mit Elektroden, deren in die Röhre hineinragender Theil *Zinn* war, entsprachen der Erwartung, dafs das Gas unzersetzt bleiben sollte, nicht. Der ursprünglich in schönster Weise leuchtende Strom ging nach einigen Wochen nicht mehr hindurch und that es erst dann wieder, nachdem das Zinn der Elektroden im Innern durch Erwärmung von Aufsen her abgeschmolzen und wieder eine glänzende Oberfläche erhalten hatte. Aber die ursprüngliche Erscheinung trat nicht mehr in ihrer Reinheit auf.

Chlor-Silicium.

208. Die Röhre zeigte in ihrem weitern Theile rehfarbenes Licht, das im engern Theile weifslich wurde. Nur eine der Röhren blieb so lange ziemlich constant, dafs das Spectrum genommen werden konnte. In anderen Fällen trat gleich anfänglich eine vollständige Zersetzung ein. Die Messung ergab folgende Winkel.

	Stellung des Fernrohrs.
Mitte eines rothen stark hervortretenden Streifens ($H\alpha$)	115° 28′

	Stellung des Fernrohrs.	
Mitte eines zweiten, gleich glänzenden . .	115	15
Mitte eines Orangestreifens	114	49,5
Dreifacher Streifen (Clα). Gränzen . . .	114 113	4 56
Mitte eines breiten Streifens (Clβ) . . .	113	34,5
Ein grüner 5′ breiter Streifen, mit einer hellern Linie in der Mitte, für welche . .	113	12′
Bläulich grüner Streifen ($H\beta$). Mitte . .	112	43
Dreifacher Streifen (Clγ). Gränzen . .	112 112	37,5 30
Mitte eines bläulich violetten Streifens . .	111	37,5
Violetter Streifen ($H\gamma$). Mitte	110	55,5
Mitten zweier einfachen blafs violetten Streifen	110 109	15 59

Nach Eliminirung der Wasserstoffgas- und Chlorgas-Streifen, bleiben noch, als dem Chlor-Silicium angehörig, übrig ein schöner rother Streifen mit $H\alpha$ von gleicher Helligkeit, ein etwas schwächerer Orangestreifen, ein gleich heller grüner Doppelstreifen mit einer hellen Linie in der Mitte und wahrscheinlich zwei dunkel violette Streifen. Für die drei ersten Streifen, die wir durch $Si\,Cl_3\,\alpha$, β und γ bezeichnen wollen, ergiebt sich

	φ	μ	λ
$Si\,Cl_3\,\alpha$	57° 23′,5	1,7100	632,9
β	57 49	1,7138	597,8
γ	59 25,5 59 27,5	1,7282 1,7285	505,0 503,6.

---

209. Vorzugsweise wählte ich zu den Untersuchungen solche Chlorverbindungen aus, die flüssig sind, weil man überhaupt Spuren von Dämpfen flüssiger Substanzen am besten, frei von jeder fremden Beimischung in die Geifsler'schen Röhren bringen kann. Vollständig ist es mir bisher nur in dem Falle des Zinnchlorids gelungen, den Einflufs des Metalls in seiner Verbindung mit Chlor zu bestimmen. Vielleicht auch in dem Falle des Silicium-

Chlorids. In dem Spectrum des Titan-Chlorids gab sich gleich beim ersten Durchgehen des Stromes Chlor kund; aufserdem tauchten nur schwache Streifen in demselben auf, ein Streifen an der äufsersten Gränze des Rothen und zwei Doppeltstreifen zwischen Clβ und Clγ. Nachdem die Röhren etwa einen Monat lang unberührt sich selbst überlassen geblieben waren, zeigten sie das *schönste und reinste* Chlorspectrum; das Licht in ihren weitern Theilen war violett, in ihrem engen Theile schön grün. Auch das Spectrum des Antimonchlorids zeigte nur schwache Streifen neben den Chlorstreifen, die zwar bestimmt werden konnten aber zu schwach waren und zu bald verschwanden, um ein deutliches Bild des Spectrums zu geben. Ebenso verhielt sich eine Röhre von Chlor-Chromoxyd. Der Versuch mit Wismuth-Chlorid unter Anwendung von Wärme mifslang ganz. Hierbei zweifle ich indefs nicht an dem schliefslichen Erfolge späterer modificirter Versuche.

Eine Chlorwasserstoffsäure-Röhre zeigte anfänglich gleichzeitig Wasserstoff- und Chlorstreifen, war aber nach einigen Monaten in eine reine Wasserstoffröhre verwandelt. Die Elektroden waren von Platin.

Eine Silicium-Brom-Röhre gab das reine Spectrum des Broms

Kohlensäure.

210. Das Spectrum der Kohlensäure ändert sich während der Strom hindurchgeht (Die angewandte Röhre hatte Platin-Elektroden). Namentlich erblafst der ursprünglich glänzend rothe Streifen im Anfange des Spectrums, bis er zuletzt, wo das Spectrum sich nicht mehr ändert, fast ganz verschwunden ist. Mit Sauerstoffgas verbunden wird das Platin der Elektrode zu der umgebenden Glaswandung übergeführt, wo es, wie in Sauerstoffgasröhren, als gelber Niederschlag sich ablagert. Später, wenn das Spectrum constant geworden, wird der Niederschlag schwarz, wie es der Niederschlag von metallischem Platin bei nicht verschwindender Dicke immer der Fall ist. Das zuletzt con-

stante Spectrum scheint hiernach dem Kohlenoxydgas anzugehören. Die untersuchte Röhre war eine der ersten von Hrn. Geifsler angefertigten, der Ruhmkorff'sche Apparat war oft und während langer Zeit durch sie hindurch entladen worden, die innere Glaswandung um beide Elektroden war bis auf eine Länge von mehreren Centimetern mit einer schwarzen undurchsichtigen Platinschicht bedeckt. Das Licht der Entladung war zuletzt schön grünlich weifs.

Es treten acht Streifen α, β, γ, δ, ε, ζ, η und ϑ hervor. Der erste derselben α ist der erblassende rothe Streifen, β ist ein dreifacher etwas verwaschener Orangestreifen; von den drei Streifen von einfacher Breite ist der erste der hellste, der dritte der dunkelste, sie sind durch dunkle Linien getrennt. γ, δ und ε sind einfache Streifen, bezüglich grünlich gelb, grün und blau. ζ und η sind violette Streifen, die einen absolut schwarzen Raum begränzen. ϑ ist ein entfernterer schwach violetter einfacher Streifen. Von sämmtlichen Streifen ist δ der hellste, dann kommt γ, dann kommen ζ und η. Der Hintergrund zwischen α und ε ist ein farbig schattirter. Zwischen α und β, und zwischen β und γ befinden sich jedesmal zwei, zwischen γ und δ und zwischen δ und ε jedesmal drei dunkle Linien (denen des Stickstoffgasspectrums im Grünen ähnlich).

Die Messungen ergaben Folgendes:

	Stellung d. Fernrohrs.	
Mitte α	115	25′
Dunkle Linie 1	115	16
» » 2	115	6,5
Gränzen von β	114	58
	114	48
Dunkle Linie 1	114	37,5
» » 2	114	29
Mitte γ	114	16
Dunkle Linie 1	114	8
» » 2	113	56,5
» » 3	113	44,5
Mitte δ	113	31

	Stellung d. Fernrohrs.	
Dunkle Linie 1	113	20
» » 2	113	8
» » 3	112	54
Mitte ε	112	37,5
» ζ	111	34,5
» η	111	6
» ϑ	109	51

Für die vier hellern Streifen ergiebt sich:

	φ	μ	λ
$\ddot{C}\gamma$ [1])	58° 22',5	1,7188	559,9
$\ddot{C}\delta$	59 7,5	1,7255	519,0
$\ddot{C}\zeta$	61 4	1,7425	450,1
$\ddot{C}\eta$	61 32,5	1,7454	438,2.

Anhydre Essigsäure.

211. Die Röhre hatte Platin-Elektroden. Das Licht in dem engeren Theile der Röhre hatte einen Stich ins Rothe.

Wir unterscheiden in dem Spectrum zunächst die drei hellen Wasserstoffstreifen. Es wurde das Fadenkreuz des Fernrohrs auf die Mitte des ersten rothen Streifens $H\alpha$ eingestellt, es blieb, nachdem die Wasserstoffröhre durch die Essigsäure-Röhre ersetzt worden war, auf der Mitte eines identischen Streifens in dem neuen Spectrum. Ebenso fanden sich genau an derselben Stelle die beiden Streifen $H\beta$ und $H\gamma$ wieder.

Aufser diesen drei Streifen war noch die Mitte von folgenden sechs hellen Streifen gemessen worden.

1) Ich halte einstweilen das Symbol $\ddot{C}$ bei, obwohl es wahrscheinlich durch $\dot{C}$ zu ersetzen ist.

	Stellung d. Fernrohrs.
Blasser Orangestreifen	114° 55',5
Grünlich gelber Streifen	114 15,5
Grüner Streifen	113 30,5
Doppelter blauer Streifen (dunkle Linie) .	111 31,5
Einfacher violetter Streifen	110 34,5
Doppelter violetter Streifen (dunkle Linie)	110 16

Die vier ersten dieser sechs Streifen entsprechen offenbar den vier Kohlensäure- (Kohlenoxyd-) Streifen $\ddot{C}\beta$, $\ddot{C}\gamma$, $\ddot{C}\delta$ und $\ddot{C}\zeta$. Der erste dieser Kohlensäure-Streifen besteht aus drei einfachen, von welchen der erste bedeutend heller ist als die beiden übrigen. Dieser hellere einfache Streifen wurde in dem Essigsäure-Spectrum allein beobachtet, wo er nach der violetten Seite hin nicht scharf begränzt erschien. Die beiden folgenden einfachen Streifen stimmen bis auf die Fehlergränze einer halben Minute. Der zweite einfache Streifen des blauen Doppelstreifens der Essigsäure stimmt bis auf eine Minute mit dem einfachen Kohlensäure-Streifen $\ddot{C}\zeta$. (Bei nicht scharfer Begränzung und gröfserer Lichtschwäche ist ein solcher Beobachtungsfehler leicht möglich) Der Ursprung der beiden letzten schwachen violetten Streifen läfst sich einstweilen noch nicht nachweisen; so wie andrerseits in dem Essigsäure-Spectrum die beiden letzten violetten Kohlensäure-Streifen $\ddot{C}\eta$ und $\ddot{C}\vartheta$ nicht beobachtet worden sind. Dem Streifen $\ddot{C}\varepsilon$ entsprechend wurde in dem Spectrum der Essigsäure eine helle Stelle beobachtet, die sich aber nicht als einen begränzten Streifen darstellte.

Alkohol. Schwefeläther.

212. Die Spectra der Dämpfe des Alkohols und des Schwefeläthers wurden unmittelbar nach einander bestimmt. Die Vergleichung der beiden Beobachtungs-Reihen ergab für die Mitten der verschiedenen Streifen Ablenkungen, die entweder vollkommen übereinstimmten oder nur eine halbe Minute von einander abweichen. Einerseits traten die bei-

den Wasserstoffstreifen $H\alpha$ und $H\beta$ auf (der schwächere $H\gamma$ wurde nicht beobachtet), andererseits ergaben sich für die übrigen Streifen folgende Stellungen des Fernrohrs:

114° 54',5 entsprechend dem hellsten Theile des dreifachen Streifens $\ddot{C}\beta$.

114 34,5 entsprechend einem nicht scharf begränzten hellen Raume in dem Kohlensäure-Spectrum und dem hellsten Gelb des Stickstoff-Spectrums.

114 15,5 Kohlensäure-Streifen $\ddot{C}\gamma$.

113 31 entsprechend $\ddot{C}\delta$ genauer dem Essigsäure-Streifen.

111 33 entsprechend $\ddot{C}\zeta$.

110 22,5 schwächerer Streifen ohne nachweisbaren Ursprung.

---

213. Es ist augenscheinlich, dafs in den Spectra der Essigsäure sowohl als des Alkohols und des Schwefeläthers die beiden Spectra des Wasserstoffgases und der Kohlensäure (des Kohlenoxydes) sich überlagern, allerdings mit einigen Störungen. Ob diese Störungen von fremden Beimengungen herrührten oder wesentlich mit der chemischen Zusammensetzung der in Rede stehenden Substanzen in Verbindung standen, wird erst entschieden werden können, nachdem die Kohlenwasserstoff-Verbindungen untersucht worden sind, und namentlich nachdem festgestellt worden ist, ob es für eine solche Verbindung ein stabiles Spectrum giebt, oder ob dieselben, wie die Metallwasserstoffverbindungen, unmittelbar beim Durchgang des elektrischen Stromes zerfallen und nach Ausscheidung des Metalls das reine Wasserstoff-Spectrum geben.

Ich schliefse diese erste Reihe von Beobachtungen mit einem Beispiele der normalen Ueberlagerung der beiden Spectra des Wasserstoffgases und der Kohlensäure.

Schwefelkohlenstoff.

214. Die Elektroden waren von Platin. In dem engen Theile der Röhre war das Licht röthlich weifs, in ihm setzte

sich ein Niederschlag ab, der dunkel schwefelgelb war und die schönsten Newton'schen Ringfarben zeigte.

Es wurden die Mitten der folgenden neun hellen Streifen bestimmt. Nachstehend sind für dieselben die Stellungen des Fernrohrs bemerkt und daneben die aus dem Frühern entlehnten, entsprechenden Stellungen des Fernrohrs für Wasserstoff- und Kohlensäure-Streifen.

Rother Streifen . .	115°	28′	$H\alpha$ . . .	115°	28′
Dunkle Linie in der Mitte eines doppelten schwachen Orangestreifens . . .	114	54,5	Mitte der ersten dunkeln Linie in $\ddot{C}\beta$ . . .	114	55
Schwach gelber Streif.	115	35	siehe Alkohol	114	34,5
Gelblich grüner Streif.	114	16	$\ddot{C}\gamma$ . . .	114	16
Grüner Streifen . .	113	30,5	$\ddot{C}\delta$ . . .	113	31
Grünlich blauer Streif.	112	43	$H\beta$ . . .	112	43
Blauer Streifen . .	112	37	$\ddot{C}\varepsilon$ . . .	112	37,5
Violette Streifen . .	111	34,5	$\ddot{C}\zeta$ . . .	111	34,5
	111	6	$C\eta$ . . .	111	6.

Es ist ersichtlich, dafs sämmtliche beobachtete Streifen sich in den Spectra des Wasserstoffgases und der Kohlensäure wiederfinden. Wenn sich Schwefelkohlenstoff durch den Strom in seine festen Bestandtheile zerlegt, so müfste, wenn absolut nichts als Dampf desselben in der Rohre sich befände, in dieser ein Gasvacuum entstehen, das dem Strome den Durchgang verwehrte. Wenn aber gleichzeitig noch eine Spur von Wasserdampf in der Röhre zurückgeblieben wäre, so würde auch dieser zersetzt werden. Dann würde das aus der Zersetzung hervorgehende Wasserstoffgas das eine der beiden sich überlagernden Spectra geben, während das frei gewordene Sauerstoffgas mit der Kohle sich zu Kohlenoxyd verbinden und das zweite dieser Spectra geben würde. Schwefel hatte sich sichtbar niedergeschlagen.

Ich habe schliefslich noch der Unterstützung zu erwähnen, die mir von Seiten meiner beiden Assistenten zu Theil

wurde. Ebenso unermüdlich als umsichtig betheiligte sich Hr. Ad. Dronke an sämmtlichen obigen Beobachtungen, wie früher schon an den Untersuchungen über die Einwirkung des Magnets auf die positiven Lichtströmungen in gasverdünnten Räumen. Mehrere der Substanzen, deren Spectra untersucht worden sind, waren von Hrn. Kolter im Laboratorium des Prof. Landolt dargestellt worden.

Bonn, d. 8. Mai 1859.

II. *Ueber die Ausdehnung durch die Temperatur, über das specifische Gewicht, den Brechungsexponenten, den galvanischen Leitungswiderstand und das galvanische Polarisationsvermögen der Kochsalzlösungen und Salpeterlösungen;*

von Dr. Wilibald Schmidt.

(Schlufs von S. 266.)

---

§. 3. Ueber die Brechungsexponenten der Kochsalzlösungen und Salpeterlösungen.

Zur Untersuchung des Brechungsexponenten diente mir erstlich ein vom Mechanicus Leyser in Leipzig gefertigtes Hohlprisma. Von einer im Lumen 21^{mm}, in der Wand $5\frac{1}{7}^{mm}$ starken Glasröhre ist ein kurzes Stück in Ebenen, die unter einem gewissen Winkel, dem brechenden Winkel des Prisma, gegen einander geneigt sind, abgeschliffen, und elliptisch geformte, sorgfältig ausgewählte Spiegelglasstücke in Messingfassung lassen sich mittelst dreier Schrauben genau aufschrauben; aufserdem ist die Glasröhre an ihrer langen Wand durchbohrt und mit eingeschliffenem Glasstöpsel verschlossen; der letztere hat mit Rücksicht auf Temperaturschwankungen eine feine Rinne. Das Prisma