

Ueber Spektralanalyse.

Vortrag gehalten am 6. Januar 1872.

Von

MARTIN SCHUSTER.

Ist erst eine dunkle Kammer gemacht
Und finster als eine ägyptische Nacht,
Durch ein gar winziges Löchlein bringe
Den feinsten Sonnenstrahl herein,
Dass er dann durch ein Prisma dringe
Als bald wird er gebrochen sein. (Goethe).

Nach den Ansichten der Naturforscher der Gegenwart ist die Welt nach allen Richtungen in die Unendlichkeit ausgedehnt und ist erfüllt mit einer für die Sinne der Menschen nicht wahrnehmbaren Flüssigkeit, in welcher sich Erde, Mond, Sonne und all' die zahllosen Gestirne bewegen, ohne scheinbar irgend einen Widerstand zu erfahren. Dieselbe ist in fortwährender Bewegung, welche wir theils als Wärme, theils als Licht empfinden. Sie durchdringt alle Körper und umgibt deren kleinste Theilchen. Die Bewegungsgesetze dieser Flüssigkeit erkannt zu haben, ist mit einer der grössten Triumphe der Naturwissenschaften. Doch an dieser Stelle können wir über die Bewegungen derselben nicht reden; nur insofern Einiges für das Verständniss des Folgenden nothwendig ist, wollen wir hier Etwas beibringen.

Der Aether, so wird diese Flüssigkeit genannt, kann ebenso wie unsere Atmosphäre schneller und langsamer schwingen. Die Schwingungen des an irgend einer Stelle erregten Weltenäthers pflanzen sich mit der ungeheuren Geschwindigkeit von 42000 Meilen in der Sekunde fort, d. i. mit einer solchen Geschwindigkeit, dass $1\frac{1}{5}$ Sekunde Zeit für einen Lichtstrahl erforderlich ist, um vom Monde bis zur Erde zu gelangen. Während die Stärke der Schwingungen mit der Entfernung abnimmt, bleibt die Dauer derselben immer gleich.

Mit grosser Aufregung sah die ganze gelehrte und gebildete Welt der Sonnenfinsterniss in Indien am 18. August 1868 entgegen; mit grossen Kosten wurden von den Kulturvölkern Expeditionen ausgerüstet und abgesendet; keine Mühe, kein Geld wurde gescheut. Es galt eine neue Untersuchungs-

methode, die Spektralanalyse, auf jene räthselhaften Erscheinungen anzuwenden, welche stets die totalen Sonnenfinsternisse begleiten. Seit der Zeit wurden durch die totale Sonnenfinsterniss vom 9. August, welche in Nordamerika beobachtet wurde, die glänzenden Resultate der Finsterniss vom Jahre 1868 bestätigt; so hat denn die Spektralanalyse das Interesse in allen gebildeten Kreisen der menschlichen Gesellschaft auf das Höchste gespannt, dass es nicht überflüssig erscheint eine gemeinverständliche Darstellung derselben zu geben.

Leiten wir in ein dunkles Zimmer durch eine kleine Oeffnung ein Lichtbündel, so entsteht auf einem gegenüberliegenden weissen Schirme ein runder weisser Lichtfleck. Stellen wir in den Weg des Lichtes einen eigenthümlich geformten Glaskörper, so wird das Lichtbündel von seinem graden Wege abgelenkt und statt des weissen Lichtflecks sehen wir einen langgestreckten verschieden gefärbten Lichtstreifen, Spektrum genannt. Es wird also das weisse Sonnenlicht in verschiedene Farben zerlegt. Diese Zerlegung des Lichtes in seine farbigen Bestandtheile ist der Gegenstand der Spektralanalyse. In besonders schöner Weise ist diese Zerlegung des Lichtes in seine farbigen Bestandtheile von indischen und griechischen Mythen gefeiert worden. Gott Krischna war auf Erden erschienen, so sagt die indische Fabel, um seine Ankunft zu feiern vereinigten sich sieben Jungfrauen; Krischna fordert sie auf vor ihm zu tanzen, da müssen sie gestehen, dass sie keine Tänzer haben, worauf sich Krischna in sieben Theile theilt und jede hat nun ihren Krischna. Die von Pindar überlieferte griechische Mythe hat eine überraschende Sinnverwandschaft mit dieser. Als die Götter die Welt unter sich aufgetheilt hatten, fand sich der Sonnengott vergessen, für ihn blieb nur eine Insel, die eben dem Meere entstiegen war, Rhodus, so genannt nach der Geliebten des Gottes, welche ihm sieben wunderbar begabte Söhne gebar. Auf alten Abbildungen ist Apoll mit einem aus 7 Lichtpunkten bestehenden Diademe geschmückt und führt häufig den Namen der „siebenstrahlige Gott.“

Die einfachste Vorrichtung für die Zerlegung des Lichtes ist ein dreiseitiges Prisma aus Glas, von dem zwei Seiten gut geschliffen und geglättet sein müssen. Das Prisma „jenes Instrument“, wie Goethe sagt, „welches in den Morgenländern so hoch geachtet wird, dass sich der chinesische Kaiser den ausschliesslichen Besitz desselben gleichsam als ein Majestätsrecht vorbehalten hat, dessen wunderbare Eigenschaften uns in der ersten Jugend auffallen und in jedem Alter Verwunderung erregen“, ist als Spielzeug der Kinder gewiss in jedermanns Hand gewesen, so dass wir hier nicht weiter auf dessen Beschaffenheit einzugehen brauchen.

Zuerst zerlegte mittelst des Prisma's der grosse englische

Mathematiker Newton das Licht in seine farbigen Bestandtheile, ohne zu ahnen, dass 200 Jahre später daraus ein Schluss auf die Gleichartigkeit der Materie auf allen Weltkörpern gezogen werden könnte. Er unterschied in dem Spektrum von unten nach oben gerechnet folgende Farben: roth, orange, gelb, grün, hell ober cyanblau, dunkelblau oder indigo und violett. Diese Farben werden Spektralfarben genannt. Aus diesem Versuche können wir zunächst folgern, dass das weisse Licht nicht einfach, sondern aus unzähligen farbigen Bestandtheilen besteht. Alle Farben besitzen eine solche Reinheit und einen solchen Glanz, wie keine andere Farbe; dieselben sind einfach, können also nicht weiter zerlegt werden. Hiervon kann man sich leicht überzeugen, wenn man einen beliebigen Bestandtheil des Spektrums nochmals durch ein Prisma gehen lässt; derselbe wird wohl eine Ablenkung erfahren ohne aber zerlegt zu werden. Ist dieser Versuch richtig, d. h. ist das weisse Licht in der That zusammengesetzt, so müssen wir durch Wiedervereinigung sämmtlicher Spektralfarben weisses Licht erhalten. Dieses ist nun in der That so, wie die Versuche lehren, welche man mit Hülfe eines Brennglases ausführen kann.

Nachdem schon 1802 der Engländer Wollaston in dem Spektrum zwei dunkle Linien zwischen grün und blau entdeckt hatte, wurden dieselben jedoch erst zwischen 1814 und 1818 von dem Münchner Optiker Dr. Josef von Fraunhofer eingehender studirt und die hervorstechenderen mit Buchstaben bezeichnet, ohne dass er im Stande war näheren Aufschluss über die Natur derselben geben zu können. Dieses gelang erst den grossen deutschen Naturforschern Gustav Robert Kirchhoff und Robert Wilhelm Bunsen.

Leiten wir statt des Sonnenlichtes ein Bündel des weissen Drummond'schen Kalklichtes durch einen Spalt und zerlegen dasselbe durch ein Prisma, so entsteht ein Spektrum dessen Farben ununterbrochen auf einander folgen; die einzelnen Farben sind nicht scharf begrenzt, sondern fliessen allmählig die eine in die andere über, wodurch sie ein ununterbrochenes, kontinuierliches Spektrum bilden. Ebenso erhalten wir vom elektrischen Lichte ein ununterbrochenes Spektrum. In gleicherweise geben alle andern weissglühenden festen oder flüssigen Körper ein ähnliches Spektrum. Diese Spektren sind nur in sofern von einander verschieden als die Breite der Farben wechselt. Wenn also ein ununterbrochenes Spektrum mit allen Farbengattungen erscheint, so dürfen wir mit Recht schliessen, dass das Licht von einem glühenden festen oder flüssigen Körper her stammt.

Ist die Lichtquelle ein glühender Dampf oder ein glühendes Gas, so ist das Spektrum von dem vorhin beschriebenen in sofern verschieden, als wir statt der ununterbrochenen Folge der Farben eine Reihe von hell glänzenden farbigen Linien erhalten,

zwischen denen sich dunkle Zwischenräume befinden. Es ist somit das charakteristische Kennzeichen dieser Spektren ein Mangel in der Farbenfolge und man hat dieselben deshalb unterbrochene, discontinuirliche Linien- oder Gasspektren genannt.

Diese hellen Linien sind für bestimmte Stoffe an genau bestimmter Stelle des Spektrums, so für Natriumdampf eine orangefarbige Linie, für Lithiumdampf eine prachtvolle rothe, stark leuchtende und eine matte orangegelbe Linie. Hierdurch wurde von Bunsen und Kirchhoff zwei bis dahin unbekannte Metalle, das Caesium und Rubidium entdeckt und seitdem sind noch zwei neue hinzugekommen das Thallium und Indium.

Um aber Untersuchungen anstellen zu können bedient man sich der eben so leicht als sicher zu handhabenden Spektralapparate, Spektroskope genannt. Das Gemeinsame aller Spektralapparate besteht in einem verstellbaren Spalt, einer Glaslinse, Collimatorlinse, um die durch den Spalt dringenden Lichtstrahlen parallel zu machen, und aus dem Prisma. Um den Apparat wann immer gebrauchen zu können, muss alles Seitenlicht vom Prisma abgehalten werden; man vereinigt deshalb Spalt, Linse und Prisma in einem Rohre. Die Spektralapparate werden in mannichfacher Weise abgeändert; doch hier auf dieselben weiter einzugehen würde zu weit führen.

Wir sahen, dass die Spektren glühender Dämpfe aus farbigen Streifen bestehen und es ist ganz leicht aus diesen Streifen auf die glühenden Substanzen zu schliessen, da die einzelnen Linien verschiedener glühender Substanzen bei gleichzeitig erscheinenden Spektren nie aufeinander fallen. Um aber genau die glühenden Substanzen bestimmen zu können, muss die bezügliche Entfernung der hellen Linien gemessen werden. Was auch ausgeführt wurde. Dadurch ist man dahin gelangt von den verschiedenen Stoffen naturtreue Bilder der Spektren herstellen zu können. Die so erzeugten Bilder werden mit einer genauen in Millimeter eingetheilten Skala versehen und sind dann geeignet zur Auffindung der Entfernung zweier hellen Linien, wodurch sie Aufschluss über das Spektrum eines noch unbekanntes Stoffes geben können. Da aber die Ausmessung der Entfernung und spätere Vergleichung mit den Tafeln äusserst mühsam und zeitraubend, oft auch gar nicht ausführbar ist, so werden die Spektralapparate so eingerichtet, dass gleich über dem Spektrum des zu untersuchenden Körpers im Spektralapparate das Spektrum eines bekannten Körpers gleichzeitig miterscheint.

Da, wie wir sahen, die Spektren glühender fester und flüssiger Stoffe ein ununterbrochenes Spektrum hervorbringen und sich dieselben mehr oder weniger alle gleichen, so sind sie ungeeignet zur Erkennung des glühenden Stoffes. Ihr Erscheinen berechtigt nur zum Schlusse, dass der glühende Körper ein

fester oder flüssiger sei. Die unterbrochenen aus farbigen Linien bestehenden Spektren sind dagegen ganz geeignet zur Erkennung der glühenden Substanzen; es hat es somit die Spektralanalyse vorzüglich mit den Gasspektren zu thun. Sie musste also auf Mittel und Wege bedacht sein, die Körper in Dampfform überzuführen. Dies geschieht nun auf verschiedene Weise; der am häufigsten verwendete Apparat ist der Bunsen'sche Gasbrenner, bei grösserem Hitzegrad der elektrische Funkeninductor.

Je grösser der Hitzegrad der Flamme ist, desto grösser ist die Zahl und desto stärker die Helligkeit der Spektrallinien, während ihre gegenseitige Lage unverändert bleibt, wie aus den Untersuchungen von Kirchhoff und Bunsen hervorgeht. So besteht das Spektrum des durch die Spektralanalyse entdeckten Metalls Thallium bei niedrigerer Temperatur aus einer einzigen, glänzend grünen Linie; bei höherer Temperatur erscheint ausser dieser Linie noch eine Reihe von violettfarbigen Streifen. Lithium hat bei niedriger Temperatur eine bereits erwähnte prachtvolle rothe Linie; bei höherem Hitzegrad tritt dazu eine mattere orangefarbige, bei höchster Hitze erscheint wie Tyndall in London während einer Vorlesung beobachtete, noch ein blauer Streifen. Die Leitlinie des Kalium können wir hervortreten und wieder verschwinden lassen; je nach dem Hitzegrade. Verflüchtigen wir in einem Bunsen'schen Brenner etwas Kochsalz, so tritt die für Natrium charakteristische gelbe Linie auf. Bei steigender Hitze werden die Linien vermehrt bei gleichzeitiger Zunahme der Helligkeit, und das Spektrum nähert sich mehr und mehr dem ununterbrochenen, in das es bei 2500 Grad übergeht. Die bisher gelbe Flamme wird weiss und enthält nun Lichtstrahlen von verschiedener Brechbarkeit.

Aehnliche Ergebnisse erhielten auch andere Naturforscher, so Plücker und Hittorf, welche für Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Schwefel, Phosphor, Selen zwei verschiedene Spektren (der ersten und zweiten Ordnung) nachwiesen. Unter Spektrum der ersten Ordnung versteht man ein ununterbrochenes, mit schattirten Feldern versehenes; unter dem zweiten Ordnung ein aus hellen Linien, die durch mehr oder weniger dunkle Zwischenräume getrennt sind, zusammengesetztes. Auf die Spektren der Gase übt die verschiedene Dichtigkeit, wie die Untersuchungen, welche Wüllner für Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff anstellte, lehren, einen bedeutenden Einfluss. Die erscheinenden Spektren werden Banden- und Linienspektren genannt. Wenn durch diese Untersuchungen als unbestreitbar anzusehen ist, dass die Dichtigkeit des Gases auf das Spektrum einen Einfluss hat, so bleiben wir doch bezüglich des Einflusses der Temperatur nur auf Vermuthungen angewiesen, dass das Bandenspektrum einer niedrigeren und das Linienspektrum einer höheren, das ununterbrochene der höchsten Temperatur entspreche. Womit

auch die von Frankland ermittelte Thatsache übereinzustimmen scheint, dass, wie die gelbe Natriumflamme im Sauerstoffstrome weissleuchtend wird und dann Strahlen von aller Brechbarkeit aussendet, so auch die im Allgemeinen wenig leuchtende Wasserstoffflamme bei gesteigerter Temperatur in zusammengespresstem Sauerstoffgase weiss leuchtend wird und dann ein ununterbrochenes Spektrum ausstrahlt.

Man kann somit, bei dem Zweifel, den die vorstehend angeführten Untersuchungen lassen, nicht darauf schliessen, ob irgend ein Spektrum dieser Gase dem Drucke, unter dem dieselben stehen, oder der Temperatur zuzuschreiben sind. Diese Zweifel zu lösen sind gegenwärtig die Gelehrten thätig; unter allen scheinen die Arbeiten des berühmten römischen Astronomen P. Angelo Secchi eine Lösung herbeiführen zu können.

Die Breite der Spektrallinien ist wesentlich mitbedingt durch die Grösse der Spaltöffnung; je weiter dieselbe wird, desto breiter werden die Linien im allgemeinen ohne an Lichtstärke abzunehmen; eine Ausnahme bilden die Linien der Gasspektren, wenn sie unter verschiedener Temperatur hervorgebracht werden. Da für die Erkenntniss der physischen Beschaffenheit der Sonne und aller übrigen Himmelskörper die Wasserstoffspektren von grosser Wichtigkeit sind, so müssen wir diejenigen Thatsachen kurz berühren, die sich auf die Erbreiterung und Verengerung der drei charakteristischen Linien des Wasserstoffes beziehen. Bei einem bestimmten Grade der Verdünnung des Wasserstoffgases treten alle drei Linien hervor. Wird die Temperatur erhöht, so nimmt zuerst die äusserst rechts liegende Linie, nach beiden Seiten an Breite zu, dann die folgende bis endlich ein ununterbrochenes Spektrum entsteht, auf dem sich die rothe Linie, ebenfalls erweitert kaum merklich abhebt. Wird das Gas stark verdünnt so verschwindet die rothe Linie, während die blaue sichtbar bleibt. Alles dieses haben auch die Untersuchungen Wüllner's für die Verschiedenheit des Druckes bestätigt. P. Angelo Secchi's Untersuchungen hierüber haben dargethan, dass es für eine bestimmte Dichte eine Grenztemperatur gibt, bei welcher die drei hellen Linien des Wasserstoffgases verlöschen. Gelingt es dieselbe zu bestimmen, so kann man auf die Grösse des Druckes unter dem das Gas steht schliessen. Doch dieses ist der Zukunft vorbehalten.

Ausser den sogenannten Spektralfarben, welche die nicht ferner zerlegbaren Bestandtheile des weissen Lichtes sind, haben wir noch andere Farben, die sich an den uns umgebenden Körpern vorfinden, und denen deshalb der Name Körperfarben beigelegt wurde. Leicht wird in uns der Glaube entstehen, diese Farben seien den Körpern eigenthümlich und könnte man noch zugeben, es bedürfe nur des Lichtes um sie hervorzurufen; besonders, wenn wir wahrnehmen, wie der Maler auf der Lein-

wand durch Auftragen verschiedener dünner Flüssigkeiten, ein Gemälde erzeugt; wenn wir finden, dass uns Blätter und Blumen in den herrlichsten Farben entgegenleuchten; wenn wir sehen, wie durch Eintauchen in verschieden gefärbte Flüssigkeiten die Stoffe bald roth, bald grün, bald blau erscheinen. Und doch ist dem nicht so. Müssten dann nicht alle gefärbten Gewebe, sei die Beleuchtung, welche sie wolle, in denselben Farben erscheinen? Dass dem nicht so ist, ist allgemein bekannt. Das schönste blauviolette Kleid erscheint bei Lampen- oder Gaslicht trübe und stumpf. Blau gefärbte Stoffe haben bei künstlicher Beleuchtung einen grünlichen Ton. Dass dieses die verehrte Frauenwelt besser als die Physiker und vielleicht auch vor diesen wussten, lehrt die Erfahrung, werden doch zu Bällen die Stoffe Abends ausgesucht. Am auffallendsten werden wir davon überzeugt, dass die Farben nichts den Körpern Eigenthümliches sind, wenn wir eine ganze Landschaft durch ein gefärbtes Glas ansehen; alle Farbenunterschiede sind verschwunden und es erscheint in denselben, wann das Glas intensiv gefärbt ist, nur ein Unterschied von hell und dunkel in der Farbe des Glases. Aehnlich ist die Erscheinung, wenn wir den Docht einer Kerze oder einer brennenden Spirituslampe mit Kochsalz einreiben, alle Gegenstände des Zimmers scheinen in dem gelben Licht der Flamme ihre Farben zu verlieren und man sieht nur hell und dunkel oder ein schmutziges Grau.

Diese Versuche lehren uns auf das Deutlichste, dass die Körperfarben nichts den Körpern Anhaftendes sind, sondern, dass sie nur durch ausser den Körpern liegenden Ursachen hervorgerufen werden.

Gleichzeitig zeigen diese Versuche, dass doch in den Körpern etwas sein muss, was die Farbenentstehung befördert, weil sie nie die Farbe des Lichtes, von dem sie beleuchtet werden, annehmen, sondern eine andere.

Diejenige Farbe eines Körpers, in der wir ihn im Sonnenlichte sehen, nennen wir seine natürliche Farbe; diese ist roth oder blau oder grün, wenn bei Tage der Körper in diesen Farben erscheint. Da nun bei Sonnenlicht auf jeden Körper nur weisses Licht fällt, und wir dennoch die Körper verschieden gefärbt sehen, so müssen wir die Ursache dazu jedenfalls in einer Veränderung suchen, welche die Lichtwellen an der Oberfläche des Körpers erleiden. Dass auf diese Veränderungen die Natur des Farbstoffes einen Einfluss hat, ist gewiss. Diese Veränderungen lassen sich meistens darauf zurückführen, dass die Aetherbewegungen durch die wägbaren Atome der Körper aufgehoben oder vermindert werden, dass also Wärme entsteht, oder dass sie an der Oberfläche des Körpers unregelmässig zurückgeworfen werden. Bei denjenigen Aetherbewegungen, welche aufgehoben werden, sagen wir sie seien absorhirt worden;

die unregelmässig zurückgeworfenen nennen wir *diffuses Licht*.

Derjenige Körper, welcher die Eigenschaft hat, alle Lichtstrahlen ausser den blauen zu absorbiren, erscheint im Tageslicht blau. Hat irgend ein Körper die Eigenschaft blau und violette Strahlen zurückzuwerfen, die übrigen zu verschlucken, so sehen wir ihn in einer Mischfarbe. Hieraus erklären sich die zahllosen Farbenabstufungen. Werden alle Lichtstrahlen zurückgeworfen, so ist der Körper weiss und um so schöner je mehr das auffallende Licht zurückgeworfen wird. Je mehr die zurückgeworfenen Strahlen abnehmen, desto mehr verliert der Körper an der weissen Farbe und nähert sich dem Grau, dann Dunkel und wird zuletzt völlig Schwarz, wenn gar keine Lichtstrahlen zurückgeworfen werden. Fällt auf einen weissen Körper rothes Licht, so sehen wir ihn roth und so in allen Farben; dagegen wird ein schwarzer Körper in welcher Lichtfarbe immer schwarz ansehen. Gefärbte Stoffe erscheinen in gefärbtem Lichte in einem gewissen Farbenton d. h. in einer andern als der natürlichen Farbe. Sehr schöne Versuche lassen sich diesbezüglich mit dem Zinnober anstellen. Derselbe wechselt seine Farbe je nach der Lichtgattung, die auf ihn fällt und erscheint im violetten Lichte fast ganz schwarz. Dieses können wir am einfachsten erklären dadurch, dass wir annehmen die farbigen Körper besitzen an ihrer Oberfläche die Eigenschaft, die Strahlen gewisser Farben in weit grösserm Masse, als die anderer zurückzuwerfen.

Während die Farben des Spektrums nicht weiter zerlegt werden können, ist dieses bei den Körperfarben nicht der Fall, welche sich stets durch ein Prisma zerlegen lassen. Wie wir ohne ein Prisma nicht im Stande sind zu bestimmen, welche Strahlen ein Körper zurückwirft, ebenso wenig können aus dem blossen Ansehen einer Flamme auf die Lichtzusammensetzung schliessen, erst das Prisma verschafft uns Aufschluss. Sonnenlicht, Magnesiumlicht, das Licht des Oeles, des Petroleums erscheinen mehr oder weniger weiss und doch wie verschieden sind ihre Spektren. Alle enthalten sie sämmtliche Spektralfarben, aber in verschiedenen Graden. Im Oel- und Petroleumlichtspektrum ist weniger blau, ebenso fehlt das Violett. Wird also ein blauer Körper von einer Oelflamme getroffen, so wirft er weit weniger blaues Licht zurück als im Tageslicht; seine Farbe wird matter und wegen des überwiegenden Gelb's etwas Grünlich.

Aehnliche Erscheinungen wie bei der Absorption des verschiedenfarbigen Lichtes durch undurchsichtige Körper treten auch bei durchsichtigen Körpern auf. Worin haben wir den Grund zu suchen, dass alle einzelnen Theile einer Landschaft durch ein blaues Glas betrachtet, blau erscheinen? Offenbar in der Absorption alles andern Lichtes ausser des blauen; ein blaues Glas ist nur für blaue Strahlen durchsichtig. So erscheint es

wenigstens dem unbewaffneten Auge, während das bewaffnete augenblicklich erkennt, dass auch andere Strahlen durchgehen. Gläser, die alles weisse Licht absorbiren, sind undurchsichtig; vollkommen durchsichtige Gläser, d. h. solche, die auch nicht die geringste Menge Licht absorbiren, gibt es nicht. Grösser ist die Absorptionsfähigkeit der gefärbten Flüssigkeiten, als die gefärbter Gläser. Gegenwärtig kennt man keine Flüssigkeit, welche nur eine Lichtgattung absorbire oder durchliesse, es sind demnach die Flüssigkeitsfarben alle mehr oder weniger Mischfarben des Lichtes. Die verschiedensten Flüssigkeiten sind in verschieden starker Concentration ihrer Lösungen untersucht worden, um ihre Einwirkung auf ein ununterbrochenes Spektrum zu ermitteln. Eine Lösung von Blattgrün ruft dunkle Streifen im rothen, gelben, grünen und violetten Theile des Spektrums hervor; an Stelle des Blau haben wir einen röthlichen Schimmer. Hieraus folgt, die Blattgrünlösung absorbirt nicht jede Art des rothen, gelben, grünen, und violetten Lichtes, sondern nur rothe, gelbe, grüne und violette Strahlen von bestimmter Brechbarkeit. Nehmen wir eine verdünnte Lösung von arteriellem Blute, so haben wir folgende Erscheinung, das Roth erscheint feuriger, Blau und Violett verschwinden beinahe ganz, in Gelb und Grün zeigen sich zwei getrennte dunkle Blutbänder, zwischen beiden noch ein geschwächtes Grün. Besser und sicherer lassen sich diese Absorptionsspektren mit dem Spektroskope beobachten. Selbst die geringsten Aenderungen in der Blutzusammensetzung lassen sich mit Hilfe des Spektroskopes erkennen. Die dunklen Blutbänder zeigen sich augenblicklich, wenn für das unbewaffnete Auge auch nicht die geringste Blutspur vorhanden ist. Hiermit ist die Spektralanalyse in den Dienst der Physiologen, der Patologen und der gerichtlichen Medizin eingetreten und es ist nicht zu zweifeln, dass das Spektroskop in Verbindung mit dem Mikroskop in manchen Fällen auch da das Vorhandensein von Blut und Gift wird nachweisen können, wo das Mikroskop seine Dienste versagt.

Bereits ist zur Untersuchung der Absorptionserscheinungen auch für die kleinsten Untersuchungsgegenstände von John Browning auf Veranlassung durch Sorby ein Mikrospektroskop gemacht worden. Das ist ein Instrument, welches das Mikroskop mit dem Spektroskope verbindet. Das Mikrospektroskop ist von Sorby zu technischen Untersuchungen verwendet worden, so zur Untersuchung der Farbstoffe, des Alters des Weines, sowie zur Entdeckung von Fälschungen und Verunreinigungen, namentlich der verschiedenen Weine, der Biere, des Senfpulvers, des Käses, der Butter, der Milch u. s. w. Wenn man bedenkt wie gross die Betrügereien bei den zuletzt genannten Lebensmitteln sind, so muss man der Wissenschaft nur dankbar dafür sein, dass sie uns Mittel und Wege zeigt uns gegen die-

selben zu sicheren. Hier ist die Spektralanalyse in den Dienst des Botaniker, des Zoologen, des Chemikers, des Technikers u. s. fort getreten und hat neuen Untersuchungen ein Feld geöffnet. Wenn auch noch sehr jung hat dieselbe doch jetzt schon nach mancher Seite hin eine sehr reiche Ausbeute gegeben.

Ganz verschieden von den Absorptionsspektren der festen und flüssigen Körper sind die der farbigen Gase. Während erstere im ununterbrochenen Spektrum über ganze Felder sich erstreckende Absorptionsbänder hervorrufen, durchziehen bei letztern nicht selten schmale dunkle Linien das ununterbrochene Spektrum in allen Farbengattungen. Wir wollen das Absorptionsspektrum des salpetrigsauren Gases hier näher betrachten. Das ganze Spektrum ist von einer Reihe dunkler Streifen durchzogen; das Violett ist verschwunden. Wird das Gas erwärmt, so nehmen die dunklen Streifen zu und es verschwinden endlich bei einer gewissen Temperatur des Gases alle farbigen Theile des Spektrums. Bei fortgesetzter Temperatur Erhöhung kann man es dahin bringen, dass nicht ein einziger Lichtstrahl durchdringen kann. Joddämpfe rufen ein anderes Absorptionsspektrum hervor. Zwischen Gelb und Blau beobachten wir einen dunklen Streifen, der sich bei enger Spaltöffnung in mehrere feine dunkle Linien auflöst. Aehnliche Absorptionsspektren haben wir bei andern farbigen Gasen, so bei Brom, Chlor und bei Unterchlorsäure. Schwefeldämpfe, wie wohl sie gefärbt sind, rufen keine Absorptionsstreifen hervor, ebenso Selendämpfe.

Der Wasserdampf hat gleichfalls Absorptionslinien. Da aber diese Linien nochmals bei den Sonnen- und den Sternspektren besprochen werden müssen, so können wir sie hier übergehen.

Aus Kirchhoff's Untersuchungen folgt, dass jedes Gas oder jeder Dampf diejenigen Lichtstrahlen absorbiert, die er selbst im glühenden Zustande aussendet, während alle andern Strahlen ungehindert durchgehen. Zur Erläuterung folgendes Beispiel. Unter gewöhnlichen Verhältnissen strahlt glühender Natriumdampf gelbes Licht aus; sein Spektrum besteht also nur aus einer hellen orangegelben Doppellinie. Leiten wir durch Natriumdampf weisses Sonnenlicht, oder elektrisches Licht, so löscht derselbe gerade nur diejenigen gelben Strahlen aus dem weissen Lichte aus, die er im glühenden Zustande selbst ausstrahlt; allen andern Strahlen gestattet er den Durchgang. Aehnlich verhält sich Lithium-, Kalium-, Strontium-, Calcium- und Bariumdampf. Sie löschen aus dem unterbrochenen Spektrum dieselben hellen Farben aus, welche sie im glühenden Zustande selbst ausstrahlen würden. Es werden also die charak-

teristischen hellen Linien des Natriums, des Lithiums, des Kaliums u. s. f. in dunkle Linien umgewandelt, wenn das intensiv weisse Licht glühender fester oder flüssiger Körper durch Dämpfe dieser Metalle hindurchgeht. Für glühenden Natriumdampf erhalten wir eine helle orangegelbe Doppellinie als Spektrum; der weissglühende feste oder flüssige Körper bringt nach dem Durchgange durch Natriumdampf geringerer Temperatur ein farbiges Spektrum hervor mit Ausnahme derjenigen Stellen, wo die dunkle Natriumlinie ist. Es werden also bei diesen Versuchen die hellen Linien der Gasspektren in dunkle verwandelt; die dunkeln Theile der Gasspektren aber von dem ununterbrochenen Spektrum des weissen Lichts farbig beleuchtet; es erscheinen somit die Gasspektren in Bezug auf die Beleuchtung umgekehrt, wesshalb Kirchhoff die ganze Erscheinung „die Umkehrung des Spektrums“ nannte.

Das herrlichste Beispiel eines umgekehrten, oder eines von dunklen Absorptionslinien getheilten, ununterbrochenen Spektrums gewährt uns die Sonne. Wie wir oben berührten, wurden diese dunklen Linien, von denen das Sonnenspektrum durchsetzt ist zuerst eingehender von Fraunhofer studirt; er gab den hervortretendern acht dunklen Linien Buchstaben A, B, C, D, E, F, G, H. A und B liegen in Roth, C im Roth gegen Orange, D im Orange, und ist bei stärkerer Vergrösserung eine Doppellinie, E im Gelb, F im Uebergang vom Grün zu Blau, G im Dunkelblau und H im Violet. Ausser diesen sind noch bemerkenswerth eine Gruppe von feinen Linien zwischen A und B mit a bezeichnet und drei feine Linien bei E mit b bezeichnet. Schon Fraunhofer kannte das Zusammenfallen der hellen Natriumlinie mit der dunklen D-Linie des Sonnenspektrum's. Diese Linien führen nach ihrem Entdecker den Namen Fraunhofer'sche Linien. Kirchhoff und sein Schüler K. Hofmann haben mit bewunderungswerthem Aufwande von Sorgfalt und Mühe die Entfernung aller dunklen Linien des Sonnenspektrums genau gemessen und verzeichnet. Auf diese Weise verfertigten sie ein Normalspektrum. Das Verdienst die wahre Natur dieser dunklen Linien zuerst erkannt zu haben, gebührt Kirchhoff. Er zeigte dass jeder Dampf aus dem weissen Lichte grade diejenigen Strahlen absorbire, die er im glühenden Zustande selbst aussende, dass somit das gesammte System der Fraunhofer'schen Linien zum grossen Theil aus umgekehrten Spektren derjenigen Stoffe bestehe, die auch auf der Erde vorkommen. Hierdurch wurde seine Ansicht über die physische Beschaffenheit der Sonne eine ganz andere, von der bis dahin herrschend gewesenen Hypothese Herschel's grundverschiedene, ja sie steht dieser grade diametral gegenüber. Nach Kirchhoff's Ansicht ist unsere Sonne ein glühender fester oder flüssiger Körper

umhüllt von einer Atmosphäre niederer Temperatur, in der sich viele Stoffe des Kerns in dampfförmigem Zustande befinden. Der weissglühende Kern sendet alle möglichen Lichtarten aus und würde für sich allein ein ununterbrochenes Spektrum liefern; da derselbe aber von der Atmosphäre umgeben ist, so müssen die Lichtstrahlen desselben, bevor sie in unser Auge gelangen, durch dieselbe hindurch; hier nun löscht jeder Dampf dasjenige Licht, welches er im glühenden Zustande selbst ausstrahlt aus. Wir finden in der That im Sonnenspektrum eine Menge Lichtstrahlen ausgelöscht, und zwar diejenigen, welche u. A. Natrium, Eisen, Calcium, Magnesium u. s. w. selbst ausstrahlen würde, wenn sie glühend wären, folglich müssen diese Stoffe als Dämpfe zunächst in der Sonnenatmosphäre und dann überall glühend auf der Sonne vorhanden sein. Wenn wir das Licht des weissglühenden Kerns auf irgend eine Weise abhalten könnten, so müssten wir in dem Spektrum der in der Sonnenatmosphäre glühenden Dämpfen die Uebereinanderlagerung der wirklichen Spektren der genannten Substanzen erhalten, oder mit andern Worten wir müssten dieselben Systeme heller farbiger Linien erhalten, die wir jetzt als dunkle Fraunhofer'schen Linien kennen. Dieses bildet den Prüfstein für Kirchhoff's Hypothese. Bei totalen Sonnenfinsternissen verdeckt die Mondscheibe den glühenden Kern der Sonne und es gelangt nur Licht der Sonnenatmosphäre und der darin glühenden Dämpfe zu uns. Die Beobachtungen der beiden totalen Sonnenfinsternisse des Jahres 1868 und 1869, auf die wir noch kommen werden, haben den gehegten Erwartungen nicht entsprochen. Als die totale Finsterniss begann verschwanden die Fraunhofer'schen Linien, ohne dass aber an ihrer Stelle die hellen Liniensysteme hervortraten. Wollten wir jedoch hieraus einen Schluss gegen die Kirchhoff'sche Hypothese ziehen, so wäre das zum mindesten voreilig, weil vielleicht die Atmosphäre der Sonne nicht die genügende Hitze hat um auf die ungeheure Entfernung von 20 Millionen Meilen zu leuchten und Gasspektren hervorzurufen. Dass der Temperaturunterschied zwischen dem glühenden Sonnenkern und der absorbirenden Sonnenatmosphäre eine bedeutende sein müsse, können wir aus der grossen Dunkelheit und tiefen Schwärze vieler Fraunhofer'scher Linien schliessen. Bei alle dem bleibt die Kirchhoff'sche Erklärung der dunklen Linien im Sonnenspektrum unangefochten, ebenso der Nachweis des Vorhandenseins von Elementen, wie sie auch auf der Erde vorkommen. Es handelt sich immer nur um die Beschaffenheit des Sonnenkerns. Mag derselbe, nach der Annahme des französischen Astronomen Faye nicht fest oder flüssig, sondern dampf- oder gasförmig sein, so muss derselbe in Folge der ungeheueren Hitze weissglühend sein und dann sendet er, wie wir sahen, alle Arten von farbigen Strahlen aus, die dann in den äussern weniger

glühenden Schichten eine theilweise Absorption erleiden, die den Fraunhofer'schen Linien entsprechen.

Steht die Sonne dem Horizonte nahe, so erscheinen neue dunkle Linien und Streifen in dem Sonnenspektrum, und es sind gewisse dunkle Bänder stärker hervorstehend, als bei höhern Stände der Sonne. Diese Streifen werden hervorgerufen durch den in der Erdatmosphäre enthaltenen absorbirenden Wasserdampf und werden deshalb atmosphärische Linien genannt, um anzuzeigen, dass sie ihre Entstehung der Absorptionskraft des Wasserdampfes in der Luft verdanken. Mit der nähern Erforschung dieser Absorptionsstreifen hat sich insbesondere der französische Gelehrte J a n s s e n viel beschäftigt.

Doch wenden wir uns wieder zur Sonne zurück. Die Spektralanalyse hat sich auch mit den räthselhaften Erscheinungen auf der Sonnenoberfläche, die unter dem Namen Sonnenflecken und Sonnenfakeln bekannt sind, bemächtigt und Aufschluss über ihr Entstehen zu geben versucht. Wollten wir genauer auf diesen Gegenstand eingehen und ein auch nur einigermaßen genügendes Bild geben, so würde uns, dass zu weit von unserm Ziele ablenken; aber sie ganz mit Stillschweigen zu übergehen, ist unmöglich, weil gerade sie uns mit Hilfe der Spektralanalyse wohl am ersten in den Stand setzen werden, das grosse Räthsel über die physische Beschaffenheit der Sonne zu lösen. Wenn man die Sonne durch ein stark vergrösserndes Fernrohr ansieht, so verschwindet augenblicklich die von Jugend auf gehegte Vorstellung von der Reinheit der Sonne. Dieselbe ist an ihrer Oberfläche ganz zerissen und mit dunklen Stellen bedeckt. Was sind diese dunklen Stellen, Sonnenflecken genannt? Darüber sagt Kirchhoff, es seien das wolkenartige Gebilde in der Sonnenatmosphäre, welche auf ähnliche Weise wie in der Erdatmosphäre entstünden. An der Stelle, wo sie entstehen, entziehen sie uns das Sonnenlicht; und es ist ganz natürlich, dass sich dieselben, wie sie sich regellos bilden; ebenso regellos wieder auflösen oder verdichten, je nachdem ein kälterer oder heisserer Gasstrom sie trifft. Andere Gelehrte sind anderer Ansicht. So halten sie viele für trichterförmige Vertiefungen. Hat man sich aber einmal an diese Ansicht gewöhnt, so ist es schwer sich von derselben loszumachen, und ist man vielfachen optischen Täuschungen unterworfen, die leicht dadurch hervorgerufen werden, dass wir stets einen dunklen Fleck auf hellem Hintergrund nur zu leicht für ein Loch ansehen. Doch hier ist nicht der Ort die Gründe für und wider die Hypothesen von der wolkenartigen oder trichterförmigen Gestalt der Sonnenflecken zu verfolgen. Nur noch die Ergebnisse der Spektralanalyse wollen wir anfüh-

ren. Der unermüdlche Spektralanalytiker William Huggins untersuchte am 15. April 1868 das Spektrum eines Sonnenflecks und fand in Uebereinstimmung mit früheren Beobachtungen Secchi's und Lockyer's, dass das ununterbrochene Spektrum der Sonne nicht verschwand, wie wohl der Fleck äusserst dunkel war, von den dunklen Linien nahmen viele an Breite zu und erschienen nun noch dunkler. Andre dunkle Linien ausser den bereits bekannten wurden nicht sichtbar. Diese Ergebnisse lassen sich schwer mit einem dunklen Sonnenkern vereinigen, vielmehr wird durch dieselben grade Kirchhoff's Ansicht bestätigt, indem durch die verstärkte Lichtabsorption die Erbreiterung der dunklen Linien herbeigeführt wird. Wie wichtig und inhaltsreich die bisherigen Spektralbeobachtungen der Sonnenflecken und Sonnenfackeln auch sind, so stehen sie doch noch ohne den nöthigen Zusammenhang mit den Ergebnissen der teleskopischen Beobachtungen dieser Gebilde da, um dieselben vollständig erklären zu können. So viel können wir schon jetzt mit einiger Sicherheit schliessen, dass, wie schon gesagt, das Breiterwerden der Fraunhofer'schen Linien von einer verstärkten Absorption seitens derjenigen Stoffe herühre, die den Flecken bilden. Dass Wasserstoffgas einen Hauptbestandtheil dieser absorbirenden Stoffe ausmache, zeigt ihr Spektrum auf eine ganz unzweideutige Weise. Dieses können wir am einfachsten erklären, wenn wir annehmen, dass aus dem Sonnenkern dann und wann Wasserstoffgas hervorbricht. Da dasselbe ungemein leicht ist, so steigt es in ungeheueren Flammensäulen (Protuberanzen) in die Höhe über die absorbirende Photosphäre, kühlt sich aber rasch ab, geht mit den in der Photosphäre vorhandenen Stoffen chemische Verbindungen ein und sinkt hierdurch schwerer gemacht wieder hinab. Es wird somit ein Fleck entstehen. In dem Vorstehenden wollen wir keineswegs eine alle Erscheinungen der Sonnenflecken erklärende Ansicht ausgesprochen haben. Für denkende Menschen wird es stets von grossem Interesse sein, die physische Beschaffenheit desjenigen Himmelskörpers näher kennen zu lernen, dem wir alles, was wir sind und haben, verdanken, wie ich schon einmal die Ehre hatte in einer öffentlichen Vorlesung zu sagen. Sind wir doch so recht eigentlich Kinder des Lichtes. Doch werden dieselben sich gewiss hüten, dasjenige für Wahrheit und Wirklichkeit zu halten, was zunächst nur das Ergebniss ihrer Combinationen ist, und um so mehr werden sie dieses thun, wenn diese Combinationen nur auf Beobachtungen beruhen, die noch sehr vereinzelt sind und des Zusammenhangs mit dem grossen Ganzen entbehren. Es soll das oben Gesagte nur die Ergebnisse der Spektralanalyse kurz darthun und dieselben mit den Ergebnissen der Sonnenfinsternisse aus den Jahren 1868 und 1869 in Zusammenhang bringen.

Dass wir über die physische Beschaffenheit der Sonne so Weniges und dazu noch sehr Lückenhaftes wissen, ja dass wir nicht einmal im Stande sind mit einiger Sicherheit zwischen den beiden Ansichten über die Natur des Kerns zu entscheiden, liegt darin, dass das blendend weisse Licht des Kerns oder der Photosphäre alles andere Licht überwuchert. Ein Abblenden des Sonnenlichtes wird nicht zum Ziele führen, weil das diffuse Tageslicht dadurch nicht abgehalten wird. Anders ist es bei totalen Sonnenfinsternissen, wo der Mond die Sonne bedeckt und wir sind dann im Stande die Umhüllung derselben der Untersuchung mit dem Spektroskope zu unterwerfen. Wir wollen nicht bei der Schilderung der Vorgänge in der äussern Natur, die eine totale Sonnenfinsterniss begleiten, verweilen. Wir wollen nicht die Gefühle wiedergeben, die den minder Eingeweihten erfassen, wenn er von einem etwas erhöhten Standpunkte den Schattenkegel des Mondes mit rasender Eile herabkommen sieht, als ob ein materieller Gegenstand, wie ein ungeheurer Rauch, auf die Erde losstürme. Es sind dies zu bekannte, oft und oft geschilderte Erscheinungen, die bei jeder totalen Sonnenfinsterniss sich einstellen. Nur noch soviel. Totale Sonnenfinsternisse gehören für einen bestimmten Ort auf der Erde zu den seltensten Erscheinungen. Seit 1715 sah London keine, für Berlin wird eine am 19. August 1887 sichtbar sein, während Paris im ganzen 19. Jahrhundert keine sehen wird. Während der Totalität zeigt sich um den scharf begrenzten Mond ein Lichtschein, die sogenannte Corona. In derselben sieht man dicht am Mondrande entweder einzeln, oder zu unregelmässigen Conglomeraten zusammengedrängt wolkenartige Massen, die Protuberanzen. Lange Zeit war man darüber im Unklaren, ob diese Gebilde der Sonne oder unserer Atmosphäre angehörten; gegenwärtig kann nicht mehr daran gezweifelt werden, dass dieselben der Sonne angehören. Ihrer Erforschung galten die grossen Expeditionen, welche im Jahre 1868 zur Beobachtung der totalen Sonnenfinsterniss in Indien am 18. August ausgesendet wurden. Im folgenden Jahre fand bekanntlich wieder eine für Europa unsichtbare Sonnenfinsterniss statt, welche am 9. August, während ihres ganzen Verlaufes in Nordamerika beobachtet werden konnte. Sie erregte in Nordamerika bei Photographen und Astronomen das lebhafteste Interesse und veranlasste grosse wissenschaftliche Expeditionen, welche fast alle von dem schönsten Wetter begünstigt wurden und mehre wichtige Daten, neben gelungenen photographischen Abbildungen, lieferten. Hatte man während der grossen indischen Sonnenfinsterniss mehr die Beschaffenheit und Natur der Protuberanzen und die sie begleitenden Umstände zu erforschen gesucht, so galt nun der wesentliche Theil der Beobachtungen neben der Erforschung der Protuberanzen, der Corona und der Untersu-

chung, ob sich zwischen Merkur und Sonne noch ein Planet befände.

Die Beobachtungen der Protuberanzen bei der Finsterniss des Jahres 1868 ergaben, dass das Spektrum derselben aus wenigen hellen Linien bestehe, dass dieselben Gebilde glühender Gase seien, in welchen das Wasserstoffgas vorherrsche; die Protuberanzen umgeben den ganzen Sonnenkörper, oft auf äusserst weite Strecken in geringer Höhe, oft in massenhaften örtlichen Anschwellungen, bis zu einer Höhe von 20000 Meilen und darüber. Die Ergebnisse der Beobachtungen aus Nordamerika bestätigen die Resultate des Vorjahres.

Bei der indischen Sonnenfinsterniss wurde die Corona beinahe gar nicht beobachtet; grössere Aufmerksamkeit wurde derselben deshalb in Nordamerika zugewendet. Das Spektrum der Corona ist ein ununterbrochenes, von zwei bis drei hellen Linien durchzogenes und äusserst lichtschwach. Was diesen drei Linien ein erhöhtes Interesse verleiht, ist dass sie mit dem im Spektrum des Nordlichtes beobachteten hellen Linien genau zusammenzufallen scheinen. Was die Natur der Corona, dieses in silberweissem magischen Lichte strahlenden Kranzes anbetrifft, so kann darüber gegenwärtig endgültig nicht entschieden werden. Es bleibt späteren Beobachtungen bei totalen Sonnenfinsternissen vorbehalten, die jetzt schon gewonnenen Ansichten zu stützen, oder vielleicht andre an ihre Stelle zu setzen. Man meinte früher, dass der innere Rand der Corona der Sonne angehöre, die auslaufenden Strahlen aber seien nichts anderes, als die vom dunklen, unebenen Mondkörper zurückgeworfenen Sonnenstrahlen; diese gelangten durch eine Art Lichtbeugung in der Erdatmosphäre in das Auge des Beobachters. Hiergegen wurde geltend gemacht, dass dann auch mit dem Vorrücken des Mondes die Gestalt der Corona sich bedeutend ändern müsse, was nach den übereinstimmenden Aussagen der Beobachter nicht der Fall ist; überdiess lässt sich mathematisch beweisen, dass von den am Mondrande zurückgeworfenen Lichtstrahlen kein einziger in die enge Grenze der Totalitätszone gelangen kann. In dem Spektrum der Corona wurden keine dunklen Linien beobachtet, es kann also das Licht derselben nicht zurückgeworfenes Sonnenlicht sein. Die photographischen Bilder der Corona aus verschiedenen Stadien der Finsterniss beweisen ganz unzweideutig, dass dieselbe der Sonne angehört, selbstleuchtend ist, und nichts mit der Reflexion vom und durch den Mond zu thun hat. Aus den hellen Linien im Spektrum scheint mit einiger Wahrscheinlichkeit hervorzugehen, dass sie gasiger Natur ist und gleichsam eine weit ausgedehnte Atmosphäre um die Sonne bildet. Wie kann sie aber, wenn dem also ist, bei der ungeheueren Ent-

fernung vom glühenden Kern glühend und gasförmig sein? Die Antwort auf diese Frage finden wir durch folgende Betrachtung. Ist dieselbe auch weit ausgedehnt, so sind doch selbst die entferntesten Theile derselben hundertmal näher an der Sonne als die Erde und sie empfangen eine 10,000-mal grössere Wärme als wir, d. i. eine solche Wärme, die im Stande ist alle irdischen Stoffe in glühenden und gasigen Zustand zu verwandeln.

Die Beobachtung des Zusammenfallens dreier hellen Linien der Corona mit denen des Nordlichtes hat Veranlassung gegeben die Corona als immer dauerndes Polarlicht anzusehen. Hiergegen wurde von Lockyer mit Recht bemerkt, dass die hellste jener drei Linien zwar sehr häufig im Spektrum der Protuberanzen beobachtet wurden, dass sie aber, wenn die Corona ein beständiges Polarlicht sei, immer gesehen werden müssten, was aber nicht der Fall sei.

Kurze Zeit nach der grossen indischen Sonnenfinsterniss gelang es dem Franzosen Janssen die Protuberanzen auch ohne das Dazwischentreten des Mondes, also unabhängig von den Finsternissen zu beobachten. Schon zwei Jahre früher hatte Lockyer eine Methode mitgetheilt, wie die Sonnenprotuberanzen zu jeder Zeit gesehen werden könnten; aber seine Bemühungen blieben ohne Erfolg. Er verbesserte nun sein Instrument und so gelang es ihm kurze Zeit, nachdem Janssen die ersten Sonnenprotuberanzen bei vollem Sonnenlichte beobachtet hatte, ebenfalls das Spektrum einer Protuberanz zu sehen. Es entstand nun ein heftiger Streit darüber, wem das Recht des ersten Beobachtens von Protuberanzen gebühre. Die erste Idee hat jedenfalls Lockyer gehabt; Janssen aber brachte dieselbe zuerst zur Anwendung. Wie ist es möglich bei hellem Sonnenscheine das Spektrum der Protuberanzen zu sehen? Die Möglichkeit beruht auf der Verschiedenheit des Sonnen- und des Protuberanzenspektrums. Das Sonnenspektrum ist, wenn wir von den dunklen Linien absehen, ununterbrochen, während das Protuberanzenspektrum nur aus einigen wenigen hellen Linien besteht. Erscheinen beide Spektren zu gleicher Zeit im Spektroskop, so wird das stark intensive ununterbrochene Spektrum das Linienspektrum ganz verdunkeln und so kann letzteres nicht wahr genommen werden.

Dehnen wir aber durch Vermehrung der Prismen beide Spektren immer mehr aus, so schwächen wir die Intensität des ununterbrochenen Spektrums, während das Linienspektrum wohl ausgedehnter erscheint aber dabei ungeschwächt ist. Bei hinreichender Anzahl von Prismen kann man das ununterbrochene Spektrum ganz verschwinden machen, während die Protuberanzlinien ihre Intensität beibehalten. Je grösser die Lichtzerstreuung

des Spektroskopes ist, desto glänzender zeigen sich die farbigen Protuberanzenlinien. Seit dieser Zeit wurden nun die Protuberanzen, die sich in der Sonne zeigen Tag für Tag beobachtet. Die wichtigsten Ergebnisse dieser Beobachtungen wollen wir kurz angeben. Den Sonnenkörper oder dessen Lichtgebende Hülle, Photosphäre, umhüllt eine gasförmige Substanz, in derselben herrscht der Wasserstoff vor. Dieser Gashülle wurde der Namen Chromosphäre gegeben. Die örtlichen Anhäufungen derselben, vorzugsweise also des Wasserstoffes, sind die Protuberanzen. Das Spektrum der Chromosphäre enthält drei für den Wasserstoff charakteristische Linien.

Nicht nur das Spektrum der Protuberanzen ist es gelungen sichtbar zu machen, sondern auch diese selbst bei vollem Sonnenlichte zu beobachten und was vielmehr sagen will ja sogar zu photographiren.

Nehmen wir nun Abschied von der Sonne und wenden wir uns zunächst den Fixsternen zu. Obgleich dieselben in ungeheuren Fernen von uns sich befinden und einen geringern Glanz haben als der Mond und die Planeten, so geben sie uns doch viel vollständigere Anzeichen von ihrer physischen Beschaffenheit, weil sie selbst leuchtend sind. Jedes Volk bewunderte die Fixsterne, ja viele verehrten dieselben. Schnsüchtiges Verlangen erfasst die Brust jedes denkenden Menschen bei dem Anblicke des gestirnten Himmels und in jedem sind die Gedanken, welche in dem englischen Volksliede so schönen Ausdruck finden: .

Funkle, funkle schöner Stern,
Was du bist, wie wüsst' ich's gern,
aufgestiegen.

Teleskop und Fernrohr verschaffen uns keinen Aufschluss. Auch bei der mächtigsten Vergrößerung erscheinen die Fixsterne nur als Lichtpunkte im Gesichtsfelde und nie als Scheibchen. Die Fixsterne werden als wirkliche Sonnen angesehen, umkreist von Planeten, Monden und Cometen ohne andern Grund als den der möglichen Analogie. Was aber ihre physische Beschaffenheit sei, darüber lässt uns das Fernrohr vollständig im Dunkeln. Hier ist nun die Spektralanalyse berufen Aufschluss zu geben, weil sie uns ein Mittel in die Hand gibt aus dem Lichte, welches die Fixsterne ausstrahlen auf ihre physische Beschaffenheit zu schliessen. In ihr besitzen wir eine telegraphische Leitung zwischen den Gestirnen und unserer Erde; wollen wir das Bild noch weiter fortsetzen, so sind die Spektrallinien die Buchstaben, ihre Gesammtheit bildet das Telegramm und das Spektroskop ist der Telegraph. Diese Telegramme zu lesen ist nicht eben leicht; doch haben sich darum verdient

gemacht die unermüdlichen Forscher Secchi, Miller und Huggins. Bereits sind die Spektren der hellsten Sterne, der Nebelflecken und der Cometen untersucht worden.

Die Spektren der Fixsterne im Allgemeinen dem der Sonne ähnlich, sind ununterbrochene von dunklen Linien durchzogene Spektren, wir haben somit die grösste Berechtigung die Kirchhoff'sche Theorie auch auf die Fixsterne anzuwenden. Unter dieser Voraussetzung können wir aus den dunklen Linien der Sternspektren auf die Stoffe schliessen, welche die Fixsternphotosphäre oder Atmosphäre enthalten. Um aber keiner Täuschung zu unterliegen und mit möglichster Sicherheit schliessen zu dürfen, müssen die hellen Spektrallinien irdischer Stoffe mit den dunklen der Fixsterne verglichen werden und erst das genaue Zusammenfallen der hellen Linien des Spektrums des irdischen Stoffes mit mehren dunklen Linien des Sternspektrums berechtigt zum Schlusse, dass der verglichene Stoff auf dem Sterne vorhanden sei. Um diese Beobachtung sicher durchführen zu können wurden eigene Sternspektroskope construiert. Huggins liess die von ihm in Gemeinschaft mit Miller angefertigten genauen Zeichnungen der Sternspektren auf Glas photographiren. Mittelst dieser durchscheinenden in den Farben des Spektrums gemalten Photographien ist man im Stande selbst grössern Zuhörer-Kreisen dieselben anschaulich zu machen. Wir sind ausser Stand dieses thun zu können, weil uns die nöthige Vorrichtung hierzu, vor allem aber das erforderliche Geld, mangeln. Wir müssen uns damit begnügen darauf hingewiesen zu haben. Während Huggins und Miller mehr als hundert Fixsternspektren untersuchten, beobachtete der wiederholt genannte unermüdliche römische Astronom P. Angelo Secchi, vielleicht auch begünstigt durch die Klarheit des italienischen Himmels, mehr als 600 Fixsternspektren. Secchi brachte die von ihm spektralanalystisch untersuchten Fixsterne in vier Klassen, von ihm Typen genannt. Neben diesen bilden einige eine Ausnahme. Die erste Klasse umfasst die meisten Sterne; zu ihr gehört der bekannte Sirius. Sie senden weisses Licht aus und haben ein Spektrum mit allen Farbengattungen, welches von vielen feinen und vier breiten dunklen Linien durchzogen ist. Zur zweiten Klasse gehört unsere Sonne; sie senden gelbliches Licht aus und sind im Roth und Blau mit starken dunklen (Fraunhofer'schen) Linien durchzogen. In die dritte Klasse rechnet Secchi die Sterne, welche rothes Licht austrahlen; ihre Spektren erscheinen wie eine Reihe von Säulen, die von beiden Seiten beleuchtet werden. Das Spektrum der Sterne des vierten Typus charakterisirt sich dadurch, dass es aus drei hellen durch dunkle Zwischenräume getrennten Bändern besteht. Aus diesen Untersuchungen ist soviel klar, dass wenigstens die hellsten Sterne in Bezug auf ihre physische Beschaffenheit im

grossen Ganzen der Sonne ähnlich sind. Das Licht derselben stammt ebenfalls aus einem weissglühenden erhitzten Stoffe und geht durch eine absorbierende Dampfschichte. Die Spektren der Doppelsterne, der veränderlichen und der neuen oder temporären Sterne wurden untersucht, und wenn irgend etwas Aufschluss über die Ursache aller dieser Erscheinungen zu geben im Stande ist, so ist gewiss die Spektralanalyse.

Alle bisherigen Erfolge der Spektralanalyse, wie bedeutend, wie glänzend sie auch sein mögen, werden verdunkelt werden, von der Entdeckung, dass es möglich ist aus einer sehr kleinen Verschiebung der Spektrallinien eines Sterns bestimmen zu können, ob sich derselbe zu uns nähert, oder ob er sich von uns entferne und mit welcher Geschwindigkeit. Geschieht nämlich die Verschiebung irgend einer Spektrallinie gegen Violett hin, so folgt, dass der Stern sich der Erde nähert, weil in diesem Falle die Aetherwellen unterwegs eine Verkürzung erfahren haben; eine Verschiebung gegen Roth deutet darauf hin, dass die Aetherwellen eine Verlängerung erfahren haben, dass sich also der Stern von uns entferne. Huggins hat auf diese Weise heraus gebracht, dass Sirius mit einer Geschwindigkeit von etwa 6 Meilen in der Sekunde von uns sich entferne. Doch gesteht er selber zu, dass diese Rechnungen noch mit grosser Unsicherheit behaftet sein mögen. Aehnliche Messungen, wie bei Sirius hat er auch an Beteigeuze, Castor, Aldebaran u. a. des kleinen Hundes vorgenommen, doch will er dieselben vor ihrer Veröffentlichung nochmaliger Revision unterziehen.

Auch der Nebelflecken und Sternhaufen hat sich die Spektralanalyse bemächtigt. Mit ihnen betreten wir die entlegensten Tiefen des Weltalls. Wenn wir mit einem stark vergrössernden Fernrohre den gestirnten Himmel betrachten, so erscheinen im Gesichtsfelde desselben wolkenähnliche Gebilde, die man auf den ersten Anblick für Wolken anzusehen geneigt ist; doch lehrt eine genauere Beobachtung und ihre beständige Form, dass es Himmelskörper sind, die nichts mit unserer Atmosphäre zu thun haben. Der stärksten Vergrösserung gelingt es, viele dieser Gebilde in eine Menge von Sternen aufzulösen, viele aber widerstehen auch der stärksten Vergrösserung und erscheinen immer als Nebelgebilde. Was ist nun die Natur dieser Nebel? Darüber kann uns wiederum nur das Spektroskop Aufschluss verschaffen. Dasselbe lehrt uns, dass das Spektrum mancher Nebelhaufen ein schwaches, ununterbrochenes ist von kaum wahrnehmbarer Breite, dasselbe kann also das Licht eines schwach glühenden festen oder flüssigen Körpers sein, oder von einer dunstartigen Materie herrühren. Ebenso zeigt uns das Spektroskop das Spektrum vieler Nebelhaufen bestehend aus

hellen Linien. Hieraus folgt, dass das ununterbrochene Spektrum auf eine wirkliche Anhäufung von Sternen, als Sternhaufen, hindeutet, während das Linienspektrum anzeigt, dass der Nebelhaufen noch wirklicher Nebel, in welchem vorzüglich Stickstoff und Wasserstoff enthalten ist.

Kehren wir aus diesen tiefsten Tiefen des Universums wieder zu unserm Sonnensysteme zurück und wenden wir uns der Betrachtung derjenigen Gebilde zu, welche zuweilen an unserm Horizonte auch für das unbewaffnete Auge sichtbar werden; die durch ihre abenteuerliche Form, durch die Helligkeit ihres Lichtes zu allen Zeiten die allgemeinste Aufmerksamkeit auf sich zogen; an die der Aberglaube in so mannichfacher Weise sich anknüpfte und noch heute in dem Kopfe manches seinen Spuck treibt. Die Kometen. Wohl kennen wir ihre Bewegungsgesetze; was aber ihre physische Beschaffenheit sei; darüber gab es bis in die neueste Zeit nur Vermuthungen, erst die Spektralanalyse wird uns mit der Zeit näheren Aufschluss verschaffen. Die bis jetzt angestellten Untersuchungen lehrten, dass die Spektren der Kometen ununterbrochen und verschwindend sind, in welchen mehre helle Linien sich befinden. Doch würde es voreilig sein, wollte man hieraus allgemein gültige Resultate ableiten. Soviel können wir jetzt schon sagen, dass die Kometen sowohl eigenes Licht, das Licht eines glühenden Gases, als auch zurückgeworfenes Sonnenlicht aussenden. Grundlegende Aufschlüsse werden wir durch die Spektralanalyse erst dann erhalten, wenn ein recht heller glänzender Komet am Himmel erscheint. Die bis jetzt beobachteten, waren mit Ausnahme des Julikometen im Jahr 1861 sämmtlich nur teleskopische. Bis dahin also Geduld.

Wenn die Planeten und deren Monde kein eigenes Licht aussenden, sondern nur dadurch leuchten, dass sie das Licht der Sonne zurückwerfen, so müssen auch ihre Spektren, dem der Sonne gleichen und allfalsige Aenderungen wären der Atmosphäre dieser Körper zuzuschreiben oder Vorgängen bei der Zurückwerfung. Das Mondspektrum wurde von allen Forschern in völliger Uebereinstimmung mit dem der Sonne gefunden, ohne irgend eine Veränderung, welche auf eine Absorption in der Atmosphäre des Mondes hindeutete, so dass hieraus auf die Abwesenheit einer Mondatmosphäre geschlossen wurde; deren Fehlen auch aus anderweitigen Beobachtungen folgt.

Im den Spektren der Planeten Venus, Mars, Jupiter und Saturn finden wir die Fraunhofer'schen Linien, ausser diesen kommen noch Linien vor, die auf das Vorhandensein einer Wasserdampf führenden Schichte hindeuten.

Im Spektrum des Jupiter werden im rothen Theile einige dunkle Linien gesehen, welche mit keiner der Fraunhofer'schen übereinstimmen; unter denselben fand sich eine, die mit keiner Linie eines irdischen Stoffes zusammenfällt. Gesetzt Jupiter ist noch in irgend einer Weise selbst leuchtend, so könnten diese dunklen Linien von solchen Elementen des Planeten herrühren, welche sich auf der Sonne entweder gar nicht vorfinden, oder in einer Weise, dass sie sich noch nicht durch Absorption geltend machen.

Das Spektrum des Saturn ist dem des Jupiter ähnlich. Es kann somit die Atmosphäre desselben Gas oder Dämpfe enthalten, welche in der Erdatmosphäre fehlen.

Das Uranusspektrum ist von zwei breiten schwarzen Streifen durchsetzt; der eine ist im Grünblau, der andere im Grün; hierauf verschwindet dasselbe plötzlich und enthält eine Lücke bis über Gelb hinaus. Was ist der Grund hiervon? Ist der Planet selbstleuchtend? Ist auf demselben die Consistenz noch nicht soweit fortgeschritten, wie auf den untern Planeten? Befindet sich derselbe vielleicht noch gegenwärtig in dem Stadium der Verdichtung und Ausbildung, welches unsere Erde schon längst hinter sich hat? Gegenwärtig lassen sich alle diese Fragen noch nicht entscheiden.

Grosse Aehnlichkeit mit dem so eben beschriebenen Spektrum zeigt das Neptunusspektrum. Neptun scheint ebenfalls noch nicht bis zur Bildung einer festen Oberfläche gelangt zu sein.

Sternschnuppen, Meteorschwärme und Feuerkugeln wurden spektralanalystisch untersucht. Doch sind noch keine ganz unumstössliche Resultate gewonnen worden. Die wichtigsten Ergebnisse sind: die Meteorkerne sind glühende feste Körper und es besteht in Bezug auf die chemische Zusammensetzung zwischen den Meteoriten der August- und Novemberperiode ein Unterschied.

Auch das Blitzspektrum wurde häufig beobachtet. Es fanden sich in demselben angeblich zahlreiche helle Linien, von denen die blaue Stickstofflinie vorhanden zu sein schien. Ausser diesem Linienspektrum wurde oft auch ein ununterbrochenes Spektrum beobachtet. Ausführliche Beobachtungen über diesen Gegenstand vollführte Professor Kundt in Zürich. Derselbe untersuchte über 50 Blitze zu verschiedenen Zeiten und fand stets neben immer auftretenden Linienspektren, solche, welche eine grosse Anzahl von Bändern zeigten. Die ersteren entsprachen den Zickzackblitzen, die letzteren dem blossen Blitzleuchten ohne

ausgesprochenen Funken, oder dem sogenannten Flächenblitz. Die beiden Arten der Spektren deuteten gleichzeitig auf die verschiedenen Farben hin, in welchem die Blitze dem blossen Auge erschienen; das Licht der Zickzackblitze ist meist weiss, dass der Flächenblitze am häufigsten roth, öfter violett und bläulich. Ebenso deuten sie auch auf die Art und Weise der Entladung hin. Der Zickzackblitz entspricht der Entladung gegen die Erde, der Flächenblitz von Wolke zu Wolke. Die endgültige Entscheidung über die Natur des Blitzes bedarf noch unermüdlich fortgesetzter Beobachtungen.

Die in der letzten Zeit häufiger auftretenden Nordlichter, die auf weite Länderstrecken hin sichtbar waren lenkten die Aufmerksamkeit auf diese prachtvollen Erscheinungen, vielfältig wurde eine Lösung derselben zu geben versucht und so können wir uns nicht wundern, wenn auch hier die Spektralanalyse helfend und fördernd auftrat. Das Spektrum des Nordlichtes besteht aus einer einzigen hellen grünlichgelben Linie. Dieselbe fällt mit keiner der bekannten Linien in den Spektren irdischer Stoffe zusammen. Ein in Nordamerika beobachtetes Nordlicht zeigte im Spektrum fünf helle Linien. Gegenwärtig ist das Nordlicht ein vollständig räthselhaftes Phänomen und Namen, wie „magnetisches Ungewitter“ sind zwar sehr schön, können aber doch diese Erscheinung nicht erklären. Fortgesetzte Beobachtungen werden mit der Zeit auch hier Aufklärung verschaffen.

So hätten wir denn mit einigen Zügen das Wesen der Spektralanalyse zu zeichnen versucht. Dieselbe hat kaum ein Jahrzehnt seit ihrer Geburt durchlaufen und schon umfasst sie mit ihren Armen nicht nur unsere Erde, sondern greift hinaus in die unermessliche Welt. Wenn Wage und Mikroskop, wenn Fernrohr und Teleskop uns ihre Dienste versagen, dann wenden wir uns an die Spektralanalyse und immer ist sie bereit uns Aufklärung zu verschaffen. Ein einziger Blick in den Spektralapparat zeigt uns die geringste Menge irgend eines Körpers. Ein Beispiel statt vieler. Theilen wir ein Zollpfund Kochsalz in 500000 gleicher Theile, so heisst das Gewicht eines dieser Theile Milligramm, der Chemiker ist im Stande mit der feinsten Wage dieses noch zu wägen, dann ist er aber auch hart an der Grenze des für ihn möglichen angelangt. Nun aber theile man jenes winzige Milligramm noch in 3 Millionen Theile und ein so kleines Theilchen werden wir im Spektralapparate augenblicklich an dem Aufblitzen der uns bekannten gelben Natriumlinie erkennen.

Newton's Gravitationsgesetz lehrt uns die Bewegung der Himmelskörper kennen; das Spektroskop verrät uns die Gleich-

artigkeit der Massen derselben. Es lehrt uns, dass die Welt nie fertig ist, nie fertig war, nie fertig wird; dass sie ist ein stetes Werden.

Es zieht dich an, es reisst dich heiter fort,
Und wo du wandelst, schmückt sich Weg und Ort;
Du zählst nicht mehr, berechnest keine Zeit
Und jeder Schritt ist Unermesslichkeit.

Mit diesen Worten Goethe's lassen sie mich meinen Vortrag schliessen.

* * *

Voranstehender Vortrag wurde vor einem grösseren, gemischten Publikum gehalten, woraus manche Ausführlichkeit, die für Kenner der Physik hätte wegbleiben können, zu erklären ist.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen und Mitteilungen des Siebenbürgischen Vereins für Naturwissenschaften zu Hermannstadt. Fortgesetzt: Mitt.der ArbGem. für Naturwissenschaften Sibiu-Hermannstadt.](#)

Jahr/Year: 1873

Band/Volume: [24](#)

Autor(en)/Author(s): Schuster Martin

Artikel/Article: [Ueber Spektralanalyse. Vortrag gehalten am 6. Januar 1873. 41-64](#)