



Staats- und
Universitätsbibliothek
Bremen

Staats- und Universitätsbibliothek Bremen

DFG Projekt Die Grenzboten

Die Grenzboten

Berlin u.a., 1841 - 1922

G. Kirchhoff's Untersuchungen über das Sonnenspectrum.

urn:nbn:de:gbv:46:1-908

und uns so ein Ersatz geboten werden für den Verlust des naiven Verhältnisses, in welchem Mittelalter und Renaissance zu den Kunstwerken des classischen Alterthums standen.

G. Kirchhoff's Untersuchungen über das Sonnenspectrum.*)

Bekanntlich erblickt man durch ein dreiseitiges Prisma von Glas die dahinterliegenden Gegenstände nicht nur in einer anderen Richtung, als ohne das Prisma, sondern man sieht auch an allen Grenzlinien, wo Schatten und Lichtflächen sich berühren, farbige Säume. Durch eine sehr einfache Vorrichtung hat man aus diesem Spielzeug eines der belehrendsten wissenschaftlichen Instrumente gemacht. Verfinstert man ein Zimmer möglichst vollständig und bringt man in einem der Fensterläden einen feinen, etwa eine halbe Linie weiten Spalt an, welcher Tageslicht in das finstere Zimmer eintreten läßt und den wir uns horizontal gelegt denken wollen, so gibt eine Ansicht des Spaltes durch ein Glasprisma eine Erscheinung von seltener Farbenpracht; denken wir uns das Prisma so horizontal vor ein Auge gehalten, daß die eine der horizontalen Kanten unten liegt, so erblickt man statt des schmalen farblosen Spaltes im Laden ein prachtvoll gefärbtes, senkrecht herabhängendes Band, dessen Breite der Länge des Spaltes gleich ist. Dieses farbige Band besteht aus horizontalen, übereinanderliegenden Streifen, deren oberster roth ist, dann in der Richtung nach unten orange, gelb, grün, blau, violett. Vergleicht man die scheinbare Lage des farbigen Bandes mit der Lage des leuchtenden Spaltes im Laden, so bemerkt man, daß jenes viel weiter unten zu liegen scheint, als der Spalt selbst. Die Sache erklärt sich einfach dadurch, daß das Licht, welches durch den Spalt zum Prisma kommt, innerhalb des Prismas seine Richtung ändert, gebrochen wird, und daher in einer anderen Richtung zum Auge gelangt.

*) Obgleich dies Blatt in der Regel die Naturwissenschaft den zahlreichen Zeitschriften überläßt, welche so energisch und fruchtbringend dieses weite Gebiet menschlicher Bildung vertreten, darf es sich doch nicht versagen, über einzelne epochemachende Fortschritte, zumal wenn solche deutschen Gelehrten zu verdanken sind, zu berichten. Die folgende Darstellung beabsichtigt, den Lesern der Grenzboten die Kenntniß einer Reihe von großen Entdeckungen zu vermitteln, welche in der letzten Zeit durch die Blätter des Auslandes fast mit wärmerer Theilnahme begleitet worden sind, als durch die Gebildeten in Deutschland selbst.

Zugleich zeigt eine einfache Vergleichung, daß der rothe Streifen des Bandes dem wahren Orte des Spaltes am nächsten liegt, also am wenigsten abgelenkt oder gebrochen ist, während das violette Ende des Bandes am weitesten unten, also am meisten von dem wahren Orte des Spaltes entfernt ist. Mit anderen Worten: Ein Theil der Lichtstrahlen, welche vom Spalt her durch das Prisma zum Auge kommen, ist weniger, andere mehr gebrochen und zugleich sind die wenigst abgelenkten roth, die am stärksten abgelenkten violett gefärbt, daher ist es in der Optik Sprachgebrauch geworden, Farbe und Brechung des Lichtes als gleichbedeutend zu betrachten.

Eine weitere Erwägung der oben beschriebenen Erscheinung zeigt nun ferner, daß die verschieden gefärbten Strahlen des leuchtenden Bandes, bevor sie in das Prisma fielen, mit einander gemengt waren und keine Färbung erkennen ließen, nach ihrem Austritt auf der anderen Seite des Prisma's sind sie nicht nur getrennt, sondern es zeigt auch jeder seine besondere Färbung. Nun hat aber in dem Prisma gar nichts Anderes stattgefunden, als eine verschiedene Ablenkung der verschieden gefärbten Strahlen, die vorher vereinigt waren; dadurch daß die einen Strahlen weniger abgelenkt oder gebrochen wurden als die anderen, ist jeder für sich sichtbar gemacht. Das farbige Band enthält also noch dieselben Lichtstrahlen, welche aus dem Spalte kommen, aber sie sind nicht mehr vereinigt, sondern neben einander gelegt und daher ist das farbige Band auch viel länger als der Spalt bereit ist. Vermöge der Eigenthümlichkeit der verschiedenen Lichtstrahlen, welche im Tageslicht enthalten sind, sich durch ein Prisma mehr oder weniger ablenken zu lassen, gelingt es, die einzelnen Strahlen jeden für sich zu sehen, jeden in seiner eigenen Farbe und jeden an dem Orte, der ihm vermöge seiner Brechbarkeit im Verhältniß zu den anderen zukommt.

Das farbige Band nun, welches man durch ein Prisma nach einem leuchtenden Spalt hinsehend erblickt, nennt man ein Spectrum; und diesen Begriff nebst den oben gemachten Bemerkungen muß man festhalten, wenn man die folgenden Entdeckungen recht verstehen will. Natürlich kann hinter dem Spalt auch eine leuchtende Flamme oder ein glänzender Draht u. s. w. sich befinden, dann sieht man ebenfalls ein Spectrum, aber je nach der Flamme, welche das Licht erzeugt, ist das Spectrum in seiner Länge und Färbung ein anderes. Man wird es daher richtig zu deuten wissen, wenn wir im Folgenden von Sonnenspectrum, Flammenspectrum u. s. w. reden.

Wenn man unter den nöthigen Vorsichtsmaßregeln, deren Beschreibung indessen zum Verständniß des Folgenden unnöthig ist, das Sonnenspectrum, wie Fraunhofer zuerst that, mit einem vergrößernden Fernrohr betrachtet, so erblickt man in dem Spectrum eine Anzahl dunkler Linien, welche mit der lichtgebenden Spalte parallel sind und in den verschieden gefärbten Streifen des

Spectrums liegen. Diese Fraunhoferschen Linien sind schon früher der Gegenstand vielfacher Untersuchungen gewesen und Kirchhoff's glänzende Entdeckungen betreffen zunächst die Auffindung der wahren Ursache, welche jene Linien erzeugt; die dunklen Fraunhoferschen Linien sind Unterbrechungen des Sonnenspectrums, diese Linien sind eben darum dunkel, weil an den betreffenden Stellen Licht von bestimmter Brechbarkeit (oder Farbe) fehlt oder doch weit weniger intensiv ist, als zu beiden Seiten. Während man früher glauben konnte, das Sonnenlicht enthalte überhaupt alle diejenigen Strahlen gar nicht, welche sich in den Fraunhoferschen Linien als fehlend beurfunden, zeigte Kirchhoff, daß in dem ursprünglichen Sonnenlicht auch diese Strahlen enthalten sind, daß sie aber unterwegs, noch bevor sie unsere Erde erreichen, geschwächt werden, und zwar durch die Gegenwart gewisser Stoffe in der Sonnenatmosphäre, die uns wohl bekannt sind, da sie massenhaft auf unserem Planeten vorkommen. In dieser Erklärung der Fraunhoferschen Linien war, wie man leicht bemerkt, ein Mittel gefunden, die chemische Zusammensetzung der Sonnenatmosphäre kennen zu lernen. Wir wollen nun zeigen, auf welche Art es Kirchhoff zunächst möglich wurde, die wahre Ursache der Fraunhoferschen Linien zu entdecken, denn damit ist alles Uebrige gegeben; doch müssen wir zu diesem Zweck auf die Untersuchungen von Kirchhoff und Bunsen über die Flammenspectren etwas genauer eingehen.

Es war längst bekannt, daß gewisse Metallsalze, wenn sie innerhalb einer Flamme sich verflüchtigen, dieser letzteren eine bestimmte Färbung geben; Natronsalze färben die Flamme des Weingeistes oder des brennenden Kohlenwasserstoffgases gelb, Kalisalze violett, Lithion- und Strontiansalze roth, Barytsalze grün. Diese bei Feuerwerken längst benutzten Eigenschaften gewisser Metallsalze konnten in der Chemie benutzt werden, die Gegenwart jener Metalle selbst da zu erkennen, wo die untersuchten Quantitäten für eine gewöhnliche Analyse zu gering waren: indem man den zu prüfenden Körper in eine möglichst heiße und möglichst farblose Flamme brachte, zeigte die Färbung dieser die Gegenwart oder Abwesenheit eines der genannten Metalle. Natürlich entsteht eine gemischte Färbung, wenn zwei oder mehr flammensärbende Salze in einer Flamme glühen, und früher war es unmöglich, in diesem Falle anzugeben, welche Metalle in der Flamme glühen. Bunsen zeigte zuerst, daß man zwei und mehr glühende und verdampfende Metalle in einer Flamme wieder erkennen kann, indem man die betreffende Flamme durch farbige Gläser betrachtet. So ist eine Alkoholflamme, in welcher zugleich Natron- und Kalidämpfe glühen, gelb gefärbt, von der violetten Kaliflamme ist nichts zu sehen. Wenn man aber nach Bunsens Rath durch ein blaues Kobaltglas die gelbe Flamme ansieht, so verschwindet das Gelb vollständig, es wird von dem blauen Glase absorbiert und man erblickt nun die Alkoholflamme in violetter Färbung, welche von dem Kali herrührt, dessen violette Strahlen durch das blaue Glas zum Auge gelangen.

Es ist natürlich, daß sich dieses Verfahren mannigfach abändern läßt. Allein wenn es darauf ankommt, verschiedene Metalle an ihrer Flammfärbung zu unterscheiden, so tritt es als ein Hinderniß auf, daß die Flammen verschiedener Metalle eine zu ähnliche Farbe haben, um noch als verschieden kenntlich zu sein. Diesem Uebelstande wurde durch eine von Bunsen und Kirchhoff gemeinsam geführte Untersuchung abgeholfen, indem sie das Licht der verschieden gefärbten Flammen mit dem Prisma zerlegten und so charakteristische Spectra erhielten, an denen man die Gegenwart selbst der kleinsten Mengen von Metallsalzen in den Flammen mit größter Sicherheit erkennt. Die Spectra der glühenden Metalldämpfe sind nicht zusammenhängende, farbige Bänder wie die Spectren der glühenden festen und flüssigen Körper, sondern sie bestehen aus vereinzelt mehr oder minder zahlreichen, farbigen Linien, man könnte sagen, es sind lückenhafte Spectren; von dem ganzen farbigen Bande eines continuirlichen Spectrums sind hier nur schmale Streifen übrig geblieben, welche nicht nur durch ihre Färbung, sondern auch durch ihre Gruppierung charakteristisch sind, und zwar in dem Grade, daß man an diesen hellen, farbigen Linien eines Flammenspectrums sogleich erkennt, welches Metall in der gefärbten Flamme seine glühenden Dämpfe entwickelt. Bunsen und Kirchhoff überzeugten sich, daß die Lage der hellen Linien in dem Spectrum eines glühenden Metalldampfes ganz allein von der Art des Metalles abhängt, dagegen durch andere Umstände nicht beeinflusst wird, woraus ohne Weiteres folgt, daß die Lage der Spectrallinien ein sicheres chemisches Kennzeichen abgibt.

Wenn nun in einer Flamme zugleich mehrere Metalle ihre glühenden Dämpfe entwickeln, so erhält man ein Spectrum, in welchem die hellen Linien jedes einzelnen Metalles noch in ihrer eigenthümlichen Gruppierung zu erkennen sind, und weiß man ein für alle Mal, welche Linien einem bestimmten Metalle angehören, so kann man in einem und demselben Spectrum zugleich die verschiedenen Spectra der einzelnen in der Flamme gemengten Metalle wieder erkennen. Wer da weiß, wie schwierig es ist, an einer kleinen Probe oder in einer sehr verdünnten Lösung die darin enthaltenen Metalle nach der gewöhnlichen chemischen Analyse zu bestimmen, der wird in dieser Methode der Spectralanalyse ohne Weiteres eine glänzende Entdeckung erkennen, welche nicht nur die langwierigen chemisch-analytischen Prozesse in vielen Fällen auf eine ebenso kurze als angenehme Beobachtung reducirt, sondern auch geeignet ist, die kleinsten Quantitäten von Stoffen aufzufinden, von deren Dasein keine andere Methode Auskunft gibt.

Zugleich sind es die Spectra der glühenden Metalldämpfe, welche Kirchhoff das Mittel lieferten, eine Reihe bekannter Metalle in der Atmosphäre der Sonne nachzuweisen, und diese Entdeckung selbst wurde vermittelt durch eine von Kirchhoff entdeckte überaus würdige Eigen-

schaft der Lichtstrahlen. Man hatte nämlich schon früher behauptet, daß die beiden hellen Linien im Spectrum des Natriums mit zwei dunklen Linien im Sonnenspectrum zusammenfallen, d. h. daß sie genau dieselbe Brechbarkeit besitzen. Um die Wahrheit dieser Behauptung zu prüfen, ließ Kirchhoff geschwärztes Sonnenlicht durch eine Natriumflamme hindurchtreten; das mit dem Natrium gemengte Sonnenlicht wurde vermittelt des von Kirchhoff construirten Spectralapparates in ein Spectrum auseinandergelegt und nun zeigten sich in der That an der Stelle der von Fraunhofer mit dem Zeichen D bezeichneten dunklen Linien im Sonnenspectrum zwei helle Linien, welche von dem Natrium herstammten. Es war somit bewiesen, daß die Natrium-Linien genau die Brechbarkeit haben, welche denjenigen Strahlen entspricht, die an einer bestimmten Stelle des Sonnenspectrums fehlen. Von hier aus geht es nun Schritt für Schritt von einer merkwürdigen Entdeckung zur anderen. Zunächst die Umkehrung der Flammenspectren. Als Kirchhoff das volle Sonnenlicht durch die Natriumflamme gehen ließ und das Spectrum betrachtete, waren an der Stelle der vorher hellen Natriumlinien nun wieder die dunklen Fraunhoferschen Linien im Sonnenspectrum zu sehen; als er statt des Sonnenlichtes das Drummondsche Licht oder das eines glühenden Platindrabtes anwandte, trat dieselbe Erscheinung ein, an der Stelle der hellen Natriumlinien traten dunkle hervor, während sonst in dem Spectrum jener Lichtquellen überhaupt keine Linien zu sehen sind. „Diese Erscheinungen, sagt Kirchhoff, finden eine leichte Erklärung in der Annahme, daß eine Natriumflamme eine Absorption (Auslöschung) ausübt auf die Strahlen von der Brechbarkeit derer, die sie selbst aussendet, für alle anderen aber ganz durchsichtig ist.“

Es ist durchaus nöthig, uns noch einen Augenblick hier aufzuhalten, denn man würde das Endresultat der Kirchhoff'schen Untersuchungen nicht verstehen, ohne vorher den eben hingestellten Satz klar aufgefaßt zu haben. Denken wir uns hinter dem Spalt eines Spectralapparates eine gelbe Natriumflamme, so besteht das Spectrum selbst aus zwei hellen, gelben Linien. Befindet sich nun hinter der Natriumflamme ein hellleuchtender glänzender Körper, dessen Strahlen durch die Natriumdämpfe gehen, so besagt der Kirchhoff'sche Satz, daß die Strahlen des glühenden Körpers, welche an dieselbe Stelle fallen müßten, wo die beiden Natriumlinien liegen, gar nicht bis an den Ort gelangen, wo das Spectrum sich bildet, weil jene Strahlen in der Natriumflamme ausgelöscht werden. Die von der Natriumflamme selbst herrührenden gelben Linien bleiben aber im Spectrum, sie werden nicht ausgelöscht und dennoch erscheinen jetzt diese hellen Linien dunkel, einfach durch den Contrast; denn die an sich nicht sehr hellen Natriumlinien sind jetzt, wo durch die Flamme eine andere Lichtquelle hindurchscheint, beiderseits von hellen farbigen Streifen umgeben, welche so lichtstark sind, daß die Natriumlinien in ihrer Nähe dunkel erscheinen. Daher tritt die Umkehrung der Flam-

menspectren nur dann ein, wenn die hinter der Flamme liegende Lichtquelle stärker leuchtet, als die Flammen selbst, wenn also jene Lichtquelle heißer ist als die Flamme. Weiter unten werden wir sehen, daß sich daraus ein Schluß auf den Zustand des Sonnenkörpers ziehen läßt.

Ebenso wie die Natriumlinien ließ sich auch die rothe Linie, welche das Spectrum der Lithionflamme darstellt, in eine dunkle umwandeln, wenn eine heller leuchtende Lichtquelle dahinter gebracht wurde. Die Lithionlinie fällt nicht mit einer schwarzen Linie des Sonnenspectrums zusammen, fällt aber das Sonnenlicht durch eine Lithionflamme, so erscheint im Spectrum an Stelle der rothen Lithionlinie eine dunkle. Dieselbe Umkehrung heller Spectrallinien in dunkle wurde von Bunsen und Kirchhoff an den Flammenspectren von Kalium, Strontium, Calcium, Barium beobachtet. „Nach diesen Thatsachen, sagt Kirchhoff, liegt die Annahme nahe, daß jedes glühende Gas ausschließlich die Strahlen von der Brechbarkeit derer, die es selbst aussendet, durch Absorption schwächt, mit anderen Worten die Annahme, daß das Spectrum eines jeden glühenden Gases umgekehrt werden muß, wenn durch dasselbe Strahlen einer Lichtquelle treten, die hinreichend hell ist und an sich ein continuirliches Spectrum gibt.“ Diese Annahme erscheint als ein besonderer Fall eines allgemeinen, ebenfalls von Kirchhoff gefundenen Satzes, welcher aussagt, daß für jede Strahlengattung das Verhältniß zwischen dem Emissionsvermögen und dem Absorptionsvermögen für alle Körper bei derselben Temperatur das gleiche ist. Aus diesem Satze folgt dann unmittelbar, daß ein glühendes Gas für alle Strahlen, die es selbst nicht entwickelt, durchsichtig ist; dagegen absorbiert ein glühendes Gas die Strahlen einer anderen Lichtquelle, welche die Farbe oder Brechbarkeit derer haben, die das Gas selbst aussendet. Wenn der leuchtende Körper, durch dessen Licht das Spectrum eines glänzenden Gases umgekehrt werden soll, ein glühender fester oder flüssiger Körper ist, so muß seine Temperatur höher als die des glühenden Gases sein.

Mit Hilfe dieser Thatsache und Folgerungen war es nun zunächst möglich, die dunklen Linien im Sonnenspectrum zu erklären und diese Erklärung führte dann von selbst zu der Entdeckung gewisser Stoffe in der Sonnenatmosphäre. Kirchhoff brachte an seinem großen Spectralapparat eine Vorrichtung an, welche es gestattete, das Sonnenspectrum dicht neben dem Flammenspectrum eines beliebigen Metalles zu sehen. So wurde es möglich, die hellen Linien eines Flammenspectrums mit den dunklen Linien des Sonnenspectrums genau zu vergleichen. Nun zeigte es sich z. B., daß sechzig helle Linien in dem Spectrum des glühenden Eisendampfes zusammenfallen mit sechzig dunklen Linien des Sonnenspectrums. Die Wahrscheinlichkeit, daß dies kein Werk des Zufalls sei, stellt sich wie eine Trillion zu Eins. Es muß also, da ein ursächlicher Zusammenhang dieser beiden Erscheinungen

mit so hoher Wahrscheinlichkeit vorliegt, eine Ursache dafür gesucht werden, und in der That findet sich eine solche, und zwar nur eine einzige, nämlich die, daß die Sonnenstrahlen, bevor sie zu uns kommen, durch Eisendämpfe gegangen sind, in denen alle Strahlen, welche den Eisenlinien entsprechen, absorbiert worden sind. Aber in unserer Atmosphäre können diese Eisendämpfe nicht vorhanden sein, noch weniger natürlich in dem Weltraum zwischen Sonne und Erde, es bleibt also nur die Annahme übrig, daß sie sich in der Sonnenatmosphäre finden, was bei der hohen Temperatur, welche wir der Sonne ohnehin zuschreiben müssen, nicht auffallend sein kann. „Die Beobachtungen des Sonnenspectrums, sagt Kirchhoff, scheinen mir hiernach die Gegenwart von Eisendämpfen in der Sonnenatmosphäre mit einer so großen Sicherheit zu beweisen, als sie bei den Naturwissenschaften überhaupt erreichbar ist.“ Das Eisen eignete sich, bei der großen Zahl seiner Spectrallinien, besonders gut dazu, die Existenz der Fraunhoferschen Linien auf diese Art zu erklären. Nachdem dies aber für das Eisen mit einem Grade von Wahrscheinlichkeit durchgeführt war, der von absoluter Gewißheit kaum mehr zu unterscheiden ist, konnte man schon mit mehr Vertrauen an eine ähnliche Erklärung anderer Fraunhoferscher Linien gehen. Daß die hellen Linien des Natriums genau mit den dunklen Linien D Fraunhofers im Sonnenspectrum zusammenfallen, wurde schon erwähnt, und kann nun einfach durch die Existenz von Natriumdämpfen in der Sonnenatmosphäre erklärt werden. Ebenso fallen die leuchtenden Linien im Spectrum des Calciums, Magnesiums und Chroms mit gewissen dunklen (Fraunhoferschen) Linien im Sonnenspectrum zusammen und zeigen somit die Gegenwart dieser Metalle in der Sonnenatmosphäre an. Auch das Nickel läßt sich noch mit einem hohen Grade von Wahrscheinlichkeit als ein Bestandtheil der Sonne betrachten. Auch Barium, Kupfer und Zink scheinen in der Atmosphäre der Sonne enthalten zu sein, so daß also schon neun irdische Stoffe als gleichzeitige Bestandtheile der Sonne erkannt sind, die über 20 Millionen Meilen von uns entfernt ist. Die übrigen Metalle, welche Kirchhoff in dieser Richtung untersuchte, nämlich Gold, Silber, Quecksilber, Aluminium, Cadmium, Zinn, Blei, Antimon, Arsen, Strontium und Lithium sind in der Sonnenatmosphäre nicht sichtbar, auch Silicium ist darin nicht zu erkennen.

Die Ansicht, daß die dunklen Linien im Sonnenspectrum von einer Absorption der betreffenden Strahlen innerhalb der Sonnenatmosphäre herrühren, war schon früher geäußert worden, man hatte sie aber wieder fallen lassen, da genauere Nachweisungen fehlten; Kirchhoff zeigte indessen, daß die Gegenstände, welche man gegen jene noch sehr vage Ansicht beigebracht, nicht stichhaltig sind.

„Um die dunkeln Linien des Sonnenspectrums zu erklären, beginnt Kirchhof seine Reflexionen über die physische Beschaffenheit der Sonne, muß man annehmen, daß die Sonnenatmosphäre einen leuchtenden Körper umhüllt, der

für sich allein ein continuirliches Spectrum (ohne Frauenhofersche Linien) von einer Lichtstärke gibt, die eine gewisse Grenze übersteigt. Die wahrscheinlichste Annahme, die man machen kann, ist die, daß die Sonne aus einem festen oder tropfbarflüssigen, in der höchsten Glühhitze befindlichen Kern besteht, der umgeben ist von einer Atmosphäre von etwas niedrigerer Temperatur."

Laplace war auf einem ganz andern Wege, aus Gründen der Mechanik, zu der Annahme geleitet worden, daß unser ganzes Sonnensystem einst ein zusammenhängender Nebel von ungeheurer Ausdehnung gewesen sei, durch dessen Zusammenziehung in einzelne Ballen die Sonne und die Planeten entstanden. Wenn Laplace's Annahme richtig ist, so kann es nicht auffallen, daß sich eine Zahl irdischer Stoffe in der Sonne wiederfindet, da die Substanz der beiden Körper einst in jenem Nebel gemengt gewesen ist, und umgekehrt gibt die Thatsache, daß in der Sonne sich einige irdische Stoffe vorfinden, einen neuen Beweis für die Richtigkeit der Laplace'schen Hypothese, der zu Folge die aus dem ursprünglichen Nebel entstandenen Körper in einen glühendflüssigen Zustand übergehen mußten, in einen Zustand, in welchem sich die Sonne noch jetzt befindet. Bei uns ist es freilich seitdem kälter geworden, da unsere, im Verhältniß zur Sonne winzig kleine Erde natürlich rascher auskühlen mußte; daß aber auch sie einst in feuerflüssigem Zustande gewesen sei, daß wahrscheinlich noch jetzt der innere Kern der Erde sich in diesem Zustand befindet, darüber lassen die geologischen Thatsachen keinen Zweifel. Und wenn Untersuchungen von solcher Strenge, wie die von Kirchhoff und Laplace von den verschiedensten Gesichtspunkten aus zu denselben Folgerungen führen, so gewinnt die eben vortragene Anschauungsweise schon durch dieses Zusammentreffen einen Grad der Gewißheit, der jeden, aus bloßer Verwunderung hervorgehenden Zweifel ungerechtfertigt erscheinen läßt. Wir können es auch als eine weitere Bestätigung für Kirchhoff's oben citirte Ansicht von dem Zustande der Sonne betrachten, daß diese Ansicht eine so ungezwungene Erklärung der Sonnenflecken und Sonnenfackeln gestattet. Nach Kirchhoff kommt Galilei's Deutung der Sonnenflecken wieder zu Ehren, wonach dieselben Wolken der Sonnenatmosphäre sind. Lichtadern oder Sonnenfackeln müssen dann entstehen, wenn an der Oberfläche der Sonne Körper sichtbar werden, welche ein größeres Ausstrahlungsvermögen oder eine höhere Temperatur als ihre Umgebung besitzen. Daß derartige Veränderungen auf der Sonne denkbar sind, geht aus Secchi's Beobachtungen hervor, wonach die Pole der Sonne weniger heiß sind, als die Aequatorialgegenden derselben. Es müssen, wie Kirchhoff folgert, dadurch beständige Winde veranlaßt werden, welche von den Polen aus gegen den Aequator an der Oberfläche des Sonnenkörpers hinströmen, während umgekehrt ein oberer Passat von dem Aequator zu den Polen hinfließt. Diese Winde müssen so gut wie die entsprechenden der Erdatmosphäre, die Bildung von Wolken veran-

lassen können, die wir als Sonnenflecken wahrnehmen. Die Bewegungen der Gase der Sonnenatmosphäre mögen zuweilen eine Stärke annehmen, gegen welche auch die wüthendsten Orkane der Erde noch als unbedeutend zu betrachten sind, denn die Winde sind die Wirkungen der Temperaturunterschiede an verschiedenen Orten der Atmosphäre: je größer diese, desto rascher die Ausgleichung, desto heftiger die Luftströmung. Bei uns sind die größten Unterschiede zwischen der Temperatur der Pole und des Aequators auf 50—60° anzunehmen, während bei der glühenden Atmosphäre der Sonne diese Temperaturdifferenzen leicht auf einige hundert Grad steigen können und demgemäß auch weit heftigere Winde veranlassen müssen. Diese Auffassung der Sonne als eines in höchster Weißgluth leuchtenden, von einer glühend heißen, mit Metalldämpfen geschwängerten Atmosphäre umgebenen Ballen weicht freilich stark ab von den Vorstellungen, welche selbst Arago sich noch vor wenigen Jahren von dem Zustande der Sonne machte. Von gewissen Beobachtungen an Sonnenflecken ausgehend hatte man angenommen, die Sonne bestehe aus einem dunkeln Körper, der von drei einander umhüllenden Atmosphären umgeben sei, von denen die mittlere allein das Sonnenlicht ausstrahle und daher als Photosphäre bezeichnet wurde. Arago nahm sogar an, die Sonne könne von organischen Wesen bewohnt sein. Kirchhoff zeigt, daß diese Vorstellungsweise in sich widersprechend ist, denn die Photosphäre der Sonne, welche in einer Entfernung von 20 Millionen Meilen auf der Erde noch so stark erwärmend wirkt, müßte ja auch den ihr näheren Sonnenkörper erwärmen, ja sie müßte diesen zur höchsten Weißgluth erhitzen, da er von der Photosphäre rings umhüllt ist und sich wie im Focus eines immensen Brennsiegels befindet. Also der einzige sichere Theil in Arago's Annahme würde ohne Weiteres wieder zu der Ansicht Kirchhoffs führen, die ohnehin aus den Spectralbeobachtungen und aus der Laplaceschen Hypothese sich mit ebenso großer Strenge als Einfachheit folgern läßt. Die Sonne befindet sich eben jetzt noch in dem Zustande, in welchem sich einst unser Planet befand, wie Letzteres aus den geologischen Beobachtungen hervorgeht, und sie wird also auch dereinst in einen ähnlichen Zustand übergehen, wie der, in welchem sich unsere Erde jetzt befindet.

Wenn wir es unterlassen, über die Bedeutung und Tragweite der eben ange deuteten Folgerungen aus den Spectraluntersuchungen uns weiter zu ergehen, so möchten wir anderseits eine Bemerkung über das wissenschaftliche Verdienst derartiger Arbeiten nicht unterdrücken. Entdeckungen kann heutigen Tages Jeder machen, der sich mit irgend einem Zweige der Naturwissenschaft beschäftigt, aber es ist ein Unterschied zwischen Entdeckung und Entdeckung, je nach dem Aufwande an Geist und Kenntniß, den sie voraussetzt, je nach den Folgen, die sie für die Wissenschaft und also auch für die Weltansicht der Gebildeten überhaupt bietet. Die Allermeisten, und das sind wohl mindestens neun und

neunzig Procent aller Menschen, beachten nicht einmal das, was ein günstiger Zufall ihnen Wissenswürdiges zuführt, weil Unfähigkeit und Vorurtheile die bloße Wahrnehmung der sich selbst aufdrängenden Thatsachen hindern. Daher ist es schon ein Verdienst, zufällig sich darbietende neue Thatsachen mit offenen Sinnen aufzunehmen, und sie durch Aufzeichnung der Wissenschaft zu weiterer Benutzung zu erhalten. Es will aber schon mehr sagen, wenn Einer, den strengen Methoden folgend, die Lücken in dem System der Wissenschaft erkennt und mit dem Willen, sie auszufüllen, an die Arbeit geht, und wenn so Entdeckungen nicht zufällig gefunden, sondern in bestimmter Absicht aufgesucht werden. Glänzende Entdeckungen aber treten dann hervor, wenn genialer Scharfsinn neue Methoden der Forschung begründet, wenn neue Standpunkte gezeigt, neue Wege zur Wahrheit gebahnt werden. Dann besteht der Gewinn nicht mehr bloß in einzelnen neuen Thatsachen, sondern es wird allen denen, welche arbeiten können und wollen, eine neue Fähigkeit verliehen. Denn streng begründete Forschungsmethoden sind für die Wissenschaft, was die Sinne für den Körper sind, sie führen zur Wahrnehmung von Dingen, die vorher nicht da zu sein schienen, weil das Mittel, sie wahrzunehmen, fehlte. Zu dieser letzten Art von Entdeckungen gehören die Untersuchungen von Bunsen und Kirchhoff. Durch die Spectralanalyse ist der schärfste unserer Sinne, das Auge, um eine Fähigkeit reicher geworden, sein Gebiet weit über seine früheren Grenzen hinaus erweitert. Quantitäten von Stoffen, die früher absolut unwahrnehmbar waren, werden jetzt auf die bequemste Weise durch brillante Erscheinungen beobachtet und das Sonnenlicht bringt uns selbst die Kunde von dem, was auf der Sonne und in ihrer Atmosphäre stattfindet, die früher unerklärten Fraunhoferschen Linien sind durch Kirchhoffs Entdeckungen eine lesbare Schrift geworden, von der einige der wichtigsten Charaktere bereits erkannt sind. Dem Publicum ist es nicht selten unbegreiflich, zu welchem Zweck die Naturforscher sich mit jahrelangen kleinlichen und peinlichen Beobachtungen, wie Berichtigung von Zahlen u. s. w. beschäftigen. Wer da weiß, daß Entdeckungen, wie die, von der wir eben berichteten, nur möglich sind, wenn Hunderte von anderen Entdeckungen vorausgegangen sind, der wird jene scheinbar pedantischen Bemühungen nicht fruchtlos nennen. Grade Kirchhoffs Entdeckungen zeigen, wie unzählige kleine Verbesserungen und dem Publicum unbekannt bleibende Entdeckungen verschiedener Jahrhunderte sich endlich zu einem großen Resultat summiren, wenn eben der summirende Geist sich findet. Die Hunderte von Erfindungen, welche die Construction der jetzigen Fernröhre, die Composition und das Schleifen brauchbarer Gläser, die feine, correcte Theilung eines Kreises u. s. w. ermöglichten, mußten vorausgehen, bevor diese neuen Instrumente, diese neuen Methoden und überraschenden Resultate gefunden werden konnten. Wenn Entdeckungen von solchem Range auch selten gemacht werden, so folgt das nicht allein aus der Seltenheit genialer

Köpfe, sondern auch daraus, daß längere Zeiten nöthig sind, um all die kleinen Mittel zu neuen großen Thaten auf dem Gebiete der Wissenschaft zu sammeln.

Die auswärtige Politik Frankreichs während der Julimonarchie.

Guizot, Memoires pour servir à l'histoire de mon temps.

Tom. I—IV. Paris.

Die Abneigung der Franzosen gegen die legitime Dynastie der Bourbonen hatte nicht allein in der innern Politik der restaurirten Monarchie, sondern zum Theil auch darin ihren Grund, daß ihre Wiederherstellung auf's Engste mit den Verträgen von 1815 verknüpft war. Man vergaß es nicht, daß die Herrschaft der Familie dem Lande durch eine siegreiche Invasion der Fremden auferlegt war. Die Erinnerung an die ruhmvollen Kämpfe der Republik, an den kriegerischen Glanz des Kaiserreiches wurde um so lebendiger, je mehr die ungeheuren Opfer, mit denen man die Glorie der Weltherrschaft erkaufte hatte, im Gedächtnisse der Nation nach und nach erblaßten; und die politische Agitation unterließ es nicht, diese Stimmung zu Ungunsten der Dynastie auszubenten; während ihrerseits die Regierung bemüht war, durch thätige Theilnahme an den Welthändeln den Nimbus um sich zu verbreiten, dessen sie, um populär zu werden, dringend bedurfte. Aber die Intervention in Spanien, so rasch und entscheidend ihr militärischer Erfolg auch war, konnte ihrer absolutistischen Tendenzen wegen nur dazu dienen, die Mißstimmung über die auswärtige Politik der Regierung zu erhöhen. Die Theilnahme Frankreichs an den griechischen Angelegenheiten, die Expedition gegen Algier veränderten wenig in der feindlichen Gesinnung des Landes.

Daher war die Lage der Julimonarchie gegenüber den Erwartungen und Hoffnungen, mit denen ein großer Theil der Franzosen in die neue Periode eintrat, und denen genau die Befürchtungen und das Mißtrauen der fremden Mächte entsprachen, eine überaus schwierige. Alle liberalen Elemente, die tüchtigsten Kräfte des Landes, hatten in dem mehrjährigen Widerstande gegen die reactionären Tendenzen der Regierung Karls des Zehnten sich gewissermaßen