

mittel zur Bezeichnung gewisser Stellen des Spectrums. Man hat gewisse sehr wichtige Gruppen dieser Linien mit Buchstaben *A, B, C, D* etc. bezeichnet. *A* liegt in Roth, *G* in Blau etc. (s. S. 128). Das Spectrum der Fixsterne, des electricischen Kohlenlichtes etc. zeigen andere Linien als das des Sonnenlichts. Da man die Linien, welche verschiedene Stoffe hervorbringen, genau kennt, so kann man aus den Spectrallinien, welche eine Lichtquelle liefert, einen Schluss machen auf ihre chemische Zusammensetzung. So hat man festgestellt, dafs in der Sonnenatmosphäre Natrium, Eisen, Kalk und ähnliche Körper vorhanden sind (Spectralanalyse).

Physikalische und chemische Wirkungen der verschiedenen Farben.

Neben den Farbenunterschieden des Spectrums, die dem Auge sichtbar sind, giebt es nun noch andere Unterschiede, die sich nicht dem Auge, wohl aber dem Thermometer und in der Wirkung auf gewisse Stoffe offenbaren. Führt man ein Thermometer über das Spectrum in der Richtung Roth:Violett hinweg, so bemerkt man die wärmste Stelle jenseits des Roth. Von da ab fällt es in demselben Mafse, als man sich dem Violett nähert.

Während also für das Auge das Gelb die intensivste Stelle des Spectrums ist, ist sie für das Thermometer jenseits des Roth, wo für unser Auge bereits Dunkelheit herrscht. Andere auffallende Unterschiede in der Wirkung der Spectralfarbe offenbaren sich bei den phosphorescirenden Körpern. Es wurde schon früher erwähnt, dafs die blauen und violetten Strahlen die Phosphorescenz viel kräftiger als die rothen erregen (s. Seite 12).

Ebenso auffallend ist die Wirkung auf die sogenannten fluorescirenden Substanzen. Es giebt nämlich Körper, wie Uranglas, Flussspath, Stechapfeltinctur, Aesculintinctur, die in dem violetten und blauen Ende des Spectrums mit lebhaften Farben leuchten. Ja dieses Leuchten geht sogar über den blauen und violetten Theil des Spectrums hinaus und zeigt sich noch in dem ultravioletten Theile, der unserem Auge sonst dunkel erscheint. Es unterscheidet sich diese Fluorescenz von der Phosphorescenz nur dadurch, dafs letztere auch nach der Belichtung fort dauert, erstere aber nicht.

Die für unser Gebiet interessantesten Phänomene offenbaren sich aber in der chemischen Wirkung der verschiedenen Farben. Legt man ein Stück Chlorsilberpapier in das Spectrum, so bemerkt man, dafs dasselbe am tiefsten im Violett geschwärzt wird. Die Schwärzung geht aber noch weit über das Violett hinaus, wo für unser Auge nichts mehr bemerkbar ist, während sie nach dem hellen Ende des Spectrums hin abnimmt und schon im Grün fast vollständig verschwindet. Gerade das unserem Auge am hellsten leuchtende Gelb offenbart gar keine

chemische Wirkung, und gerade die Stellen jenseits des Violett, welche auf unser Auge und auf das Thermometer wirkungslos sind, zeigen eine intensive Action auf photochemisch empfindliche Körper.

Schon Suckow bemerkt, daß Chlorknallgas unter einem blauen und violetten Glase sich unter Explosion entzündet, unter einem grünen, gelben und rothen aber nicht. Späterhin hat Seebeck die chemische Wirkung des Lichtes mit Hülfe des Chlorsilbers geprüft und gefunden, daß dasselbe im Violett am intensivsten gebräunt wird. Draper hat diese Versuche wiederholt und eine Curve verzeichnet, die die chemische Wirkung in den verschiedenen Theilen des Spectrums ausdrückt (s. u.). Auf diesen Unterschieden in der chemischen Wirkung der Farben beruht die außerordentlich verschiedene photographische Wirkung verschieden gefärbter Körper. Viele helle Körper, wie ein gelbes Band, werden in der Photographie oft schwarz, andere uns dunkel erscheinende, wie ein blaues Band, dagegen weiß. So giebt ein blaues Tuch mit gelbem Muster in der Photographie manchmal ein weißes Tuch mit schwarzem Muster. Ein violettes Kleid wird oft weiß. Ein Gelbsüchtiger bekommt leicht ein Mohrengesicht. Rothe Haare werden leicht schwarz, ebenso grüne Bäume.

Bei der Beurtheilung der photographischen Wirkung eines Farbpigments kommt jedoch dessen Zusammensetzung wesentlich in Betracht. Die meisten unserer Farbpigmente sind nicht so einfach, wie die Spectralfarben. Das Kobaltblau enthält eine Spur von Roth; das Blau des Kupferoxydammons enthält etwas Violett; die meisten Arten von Grün sind Mischungen von Blau und Gelb, die braunen Töne Mischungen von Blau oder Schwarz, Gelb und Roth etc. Man bemerkt dies schon, wenn man schmale Streifen der mit den betreffenden Stoffen gefärbten Zeuge oder Papiere auf eine schwarze Unterlage legt und durch ein Prisma betrachtet. Sie erscheinen dann nicht als einfarbige, sondern als mehrfarbige Streifen. Demnach werden die Wirkungen dieser verschiedenen Farbpigmente in chemischer Hinsicht sehr verschieden sein, und ist es ein Irrthum für alle Fälle anzunehmen, daß Gelb in der Photographie immer Schwarz, Blau immer Weiß werden müsse. Neapelgelb, das eine große Quantität Weiß beigemischt enthält, wird hell, das dem Auge heller erscheinende Chromgelb dagegen sehr dunkel in der Photographie. Die Wirkungen der verschiedenen blauen Töne ist wieder sehr verschieden, am hellsten wird Cobalt-Blau.

Von den rothen Tönen wird Zinnober und Chromroth sehr dunkel, der Krapplack dagegen, welcher eine bedeutende Quantität Violett enthält, hell. Die braunen Töne werden alle dunkel, die grünen verhalten sich verschieden, jenachdem sie mehr oder weniger Blau enthalten. Um diese merkwürdigen Unterschiede in der Wirkung der verschiedenen Farbentöne zu zeigen, haben wir eine Farbentafel ent-

worfen und eine Photographie danach angefertigt, die beide diesem Werke beiliegen*) und deren Studium für den Photographen, Maler und Gelehrten gleich interessant sein wird.

Hierher gehört nun noch eine interessante Erscheinung die unter dem Namen „Photographie des Unsichtbaren“ bekannt ist. Schreibt man mit einer Lösung von schwefelsaurem Chinin auf Papier, so erhält man eine unsichtbare Schrift. Photographirt man aber das Papier, so erscheint die im Original unsichtbare Schrift schwarz auf weißem Grunde.

Das schwefelsaure Chinin gehört nämlich zu den fluorescirenden Körpern (s. o.), welche die Eigenthümlichkeit haben, die stark brechbaren chemisch wirksamen Strahlen in Licht von geringerer Brechbarkeit, welches zugleich chemisch wenig oder nicht wirksam ist, zu verwandeln. (Die Chininschrift bleibt übrigens nicht lange unsichtbar, sondern färbt sich bald gelb.)

Die Differenzen in den photographischen Wirkungen verschiedener Farbtöne werden in der Praxis wesentlich durch den Umstand gemildert, daß unsere gefärbten Stoffe neben ihrer Farbe noch mehr oder weniger weißes Licht reflectiren, wie dies bei Seidenkleidern auffallend sichtbar ist. Auch bei grünen Blättern ist der matte Glanz der Oberfläche von wesentlicher Wirkung.

Die Verschiedenheit der Wirkung verschiedener Farbpigmente ist aus ihrer verschiedenen Zusammensetzung leicht erklärlich. Merkwürdig ist nun aber, daß auch die reinen Spectralfarben sich in Bezug auf ihre physikalische und chemische Wirkung oft verschieden verhalten, 1) nach der Natur der brechenden Substanz, aus welcher das Prisma besteht und 2) nach der Natur des Körpers, welcher zur Bestimmung der Wirkung des Lichtes angewendet wird. Nimmt man z. B. ein Wasserprisma, so findet sich die intensivste Wärmewirkung nicht in dem ultrarothem, sondern im gelben Theile, indem Wasser die Wärmestrahlen jenseits des Gelb absorbirt. Bei Flintglas ist die höchste Wärme jenseits des Roth, bei Crown Glas im Roth (Seebeck). Aehnliche Verschiedenheiten zeigen sich bei dem anderen Ende des Spectrums. So absorbirt Schwefelkohlenstoff die ultravioletten Strahlen. Ein mit dieser Flüssigkeit gefülltes Hohlprisma zeigt daher jenseits des Violett keine chemische Wirkung. Crown Glas absorbirt die ultravioletten Strahlen viel stärker als Flintglas. Am wenigsten absorbirt sie Quarz, deshalb wendet

*) Die Herstellung der Farbentafel hat besondere Schwierigkeiten gemacht. Es ist durchaus nicht leicht, die Farben absolut homogen aufzutragen. Hr. Korn, der rühmlichst bekannte Lithograph, hat das Problem schließlicb dadurch noch am besten gelöst, daß er gummirte Flächen noch feucht mit den betreffenden Farbpulver bestäubte. Dennoch sind auch hier noch geringe Intensitätsunterschiede in denselben Farbenquadraten verschiedener Tafeln zu bemerken.

man zu Spectralversuchen gern Quarzprismen an. Daher ist die chemische Wirkung des Spectrums eine sehr verschiedene und wird sich mehr oder weniger tief in den ultravioletten Theil hinein erstrecken, jenachdem wir Crownglas- oder Flintglas- oder Quarzprismen anwenden.

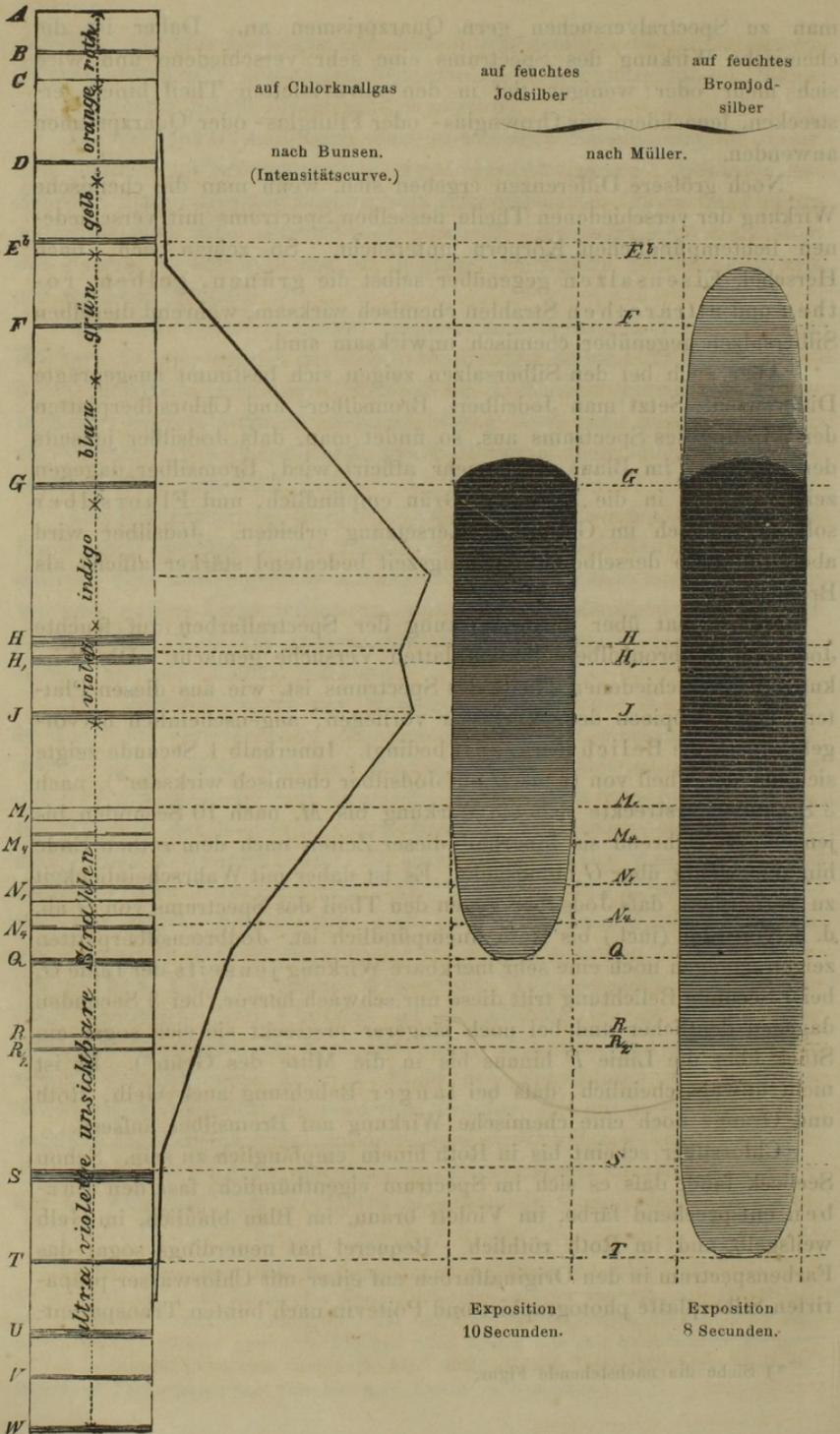
Noch größere Differenzen ergeben sich, wenn man die chemische Wirkung der verschiedenen Theile desselben Spectrums mit verschiedenen lichtempfindlichen Körpern untersucht. So zeigen sich, nach Herschel, Eisensalzen gegenüber selbst die grünen, gelben, rothen und ultrarothten Strahlen chemisch wirksam, während dieselben Silbersalzen gegenüber chemisch unwirksam sind.

Aber auch bei den Silbersalzen zeigen sich bestimmt ausgeprägte Differenzen. Setzt man Jodsilber-, Bromsilber- und Chlorsilberplatten der Wirkung des Spectrums aus, so findet man, daß Jodsilber jenseits der Linie *G* (im Blau) nicht mehr afficirt wird, Bromsilber dagegen zeigt sich bis in die Mitte des Grün empfindlich, und Fluorsilber soll sogar noch im Gelb eine Zersetzung erleiden. Jodsilber wird aber innerhalb derselben Belichtungszeit bedeutend stärker afficirt als Bromsilber.

Müller hat über diese Wirkung der Spectralfarben auf feuchte Jod- und Jodbromsilbercollodionplatten Versuche gemacht. Die Wirkung der verschiedenen Theile des Spectrums ist, wie aus diesen Platten, deren Copieen dem Verfasser vorliegen, augenscheinlich hervorgeht, durch die Belichtungszeit bedingt. Innerhalb 1 Secunde zeigte sich nur der Theil von *G* bis *H* auf Jodsilber chemisch wirksam*), nach 3 Secunden erstreckte sich die Wirkung bis *M*, nach 10 Secunden bis jenseits *N*, während sie innerhalb dieser Zeiten nach dem rothen Ende hin nur wenig über *G* hinausgeht. Es ist daher mit Wahrscheinlichkeit zu vermuthen, daß Jodsilber gegen den Theil des Spectrums von *G* ab, d. h. von Blau (incl.) bis Roth unempfindlich ist. Jodbromsilberplatten zeigen dagegen noch eine sehr merkbare Wirkung jenseits der Linie *G*, bei 1 Secunde Belichtung tritt diese nur schwach hervor, bei 5 Secunden dagegen deutlicher und bei noch längerer erstreckt sie sich sogar ein Stück über die Linie *F* hinaus bis in die Mitte des Grün*). Es ist nicht unwahrscheinlich, daß bei langer Belichtung auch Gelb, Roth und Orange noch eine chemische Wirkung auf Bromsilber äußern.

Chlorsilber scheint bis in Roth hinein empfänglich zu sein. Schon Seebeck fand, daß es sich im Spectrum eigenthümlich, fast den Farben entsprechend färbt, im Violett braun, im Blau bläulich, im Gelb weißgelb und im Roth röthlich. Bequerel hat neuerdings sogar das Farbenspectrum in den Originalfarben auf einer mit Chlorwasser präparirten Silberplatte photographirt und Poitevin nach bunten Transparent-

*) Siehe die nachstehende Figur.



bildern auf Chlorsilberpapier Photographieen in natürlichen Farben erzeugt.

Eigenthümlich ist die Wirkung des Spectrums auf Chlorknallgas. Bunsen hat dieselbe sehr genau mit Hülfe seines chemischen Photometers (s. u.) untersucht. Die Wirkung auf Chlorknallgas erstreckt sich nach Bunsen noch bis in die Mitte des Orange hinein, bleibt sich bis an die Grenze zwischen Gelb und Grün ungefähr gleich, dann steigt sie stetig bis in die Mitte des Indigo, fällt dann wieder etwas bis in die Mitte des Violett, steigt abermals, erreicht ein zweites Maximum an der Grenze des Violett und sinkt dann allmählig im ultravioletten Raum. Diese Verhältnisse sind jedoch nicht constant, zu verschiedenen Tageszeiten wird man hier etwas verschiedene Resultate bekommen, da die verschiedenen Farben in ungleichem Mafse von der Atmosphäre absorbirt und dadurch in ihrer Wirkung mehr oder weniger gedämpft werden. Die Bunsen'schen Versuche haben mehrere Stunden erfordert, innerhalb welcher erhebliche Veränderungen in den Intensitätsverhältnissen der einzelnen Strahlen stattgefunden haben mögen.

Der beistehende Holzschnitt versinnlicht die Unterschiede der chemischen Wirkung des Spectrums auf Jodsilber- und Jodbromsilbercollodion und Chlorknallgas. Die Intensität der chemischen Wirkung des letztern ist hier durch eine Curve ausgedrückt, deren Höhe über der Horizontalen einen Mafsstab für die chemische Wirkung des senkrecht darunter liegenden Theils des Spectrums bildet. Die andern Figuren drücken die ungefähre Wirkung des Lichtes auf Jodsilber- und Jodbromsilbercollodion aus; sie sind Copieen der Müller'schen Origineltafeln.

Man ersieht aus den Figuren das fast plötzliche Aufhören der chemischen Wirkung auf Jodsilber jenseits der Linie *G*, das sogar in dem Bromjodsilberspectrum sich kenntlich macht. Ferner ersieht man, das das Maximum der Wirkung bei Chlorknallgas wie bei Jodsilber und Jodbromsilber zwischen *G* und *H* (Grenze zwischen Indigo und Violett) liegt. Auffallend ist das Correspondiren der Grenzen des Bromjodsilberspectrums mit den tiefsten Punkten der Chlorknallgascurve bei *E* und *S*.

Die Unwirksamkeit der gelben und rothen Strahlen auf Jod- und Jodbromsilber hat, wie bereits oben bemerkt, für den practischen Photographen mancherlei Uebelstände. Sie bietet jedoch auch andererseits dem Photographen Vortheile, indem sie ihm erlaubt, seine lichtempfindlichen Platten in einem mit gelben Lichte erleuchteten Raume zu präpariren. Wäre gelbes Licht chemisch wirksam, so wäre der Photograph genöthigt, die lichtempfindlichen Platten in absoluter Dunkelheit zu machen und dieses dürfte nur unter vielen Uebelständen möglich sein.

Nun müssen wir noch einer Erscheinung Erwähnung thun, die Bequerel und Moser specieller untersucht haben, und die darauf hinausläuft, daß die an sich auf Jodsilber unwirksamen rothen und gelben Strahlen die Eigenthümlichkeit haben, die von blauen Strahlen eingeleitete Wirkung auf Jodsilber fortzusetzen. Belichtet man eine Daguerre'sche Jodsilberplatte kurze Zeit im blauen Licht und bringt sie dann in gelbes oder rothes Licht, so erscheint hier binnen kurzer Zeit ein Bild. Bequerel nennt deshalb die blauen Strahlen „rayons excitateurs“, die gelben und rothen „rayons continueurs“.

Von der Messung der chemischen Intensität verschiedener Lichtquellen und den Grundzügen einer chemischen Meteorologie.

Sind schon die chemischen Wirkungen der verschiedenen Strahlen des Sonnenlichts wesentlich verschieden, so finden wir noch größere Differenzen, wenn wir die chemische Wirkung verschiedener Lichtquellen als Ganzes mit einander vergleichen. Diese wird sich verschieden zeigen, jenachdem dieselben mehr oder weniger blaue, violette und ultraviolette Strahlen enthalten. Es giebt hell leuchtende Flammen, z. B. Gaslicht, die eine nur schwache chemische Wirkung äußern, während andere schwach leuchtende, z. B. Schwefel, chemisch sehr intensiv wirken. Ebenso wird eine und dieselbe Lichtquelle, z. B. die Sonne, sich in chemischer Hinsicht höchst verschieden verhalten, jenachdem durch atmosphärische Einflüsse größere oder geringe Quantitäten der stark brechbaren, chemisch wirkenden Strahlen absorbirt werden. Es ist nun für die photographische Praxis ein Gegenstand von hoher Wichtigkeit, Mittel zu besitzen, diese chemische Intensität des Tageslichtes zu verschiedenen Zeiten, sowie der verschiedenen Lichtquellen überhaupt quantitativ feststellen zu können.

Seebeck machte zuerst dahinzielende Versuche mit Chlorsilber, später suchte Draper diesen Zweck durch Bestimmung der Salzsäuremenge zu erreichen, die durch Wirkung des Lichtes auf Chlorwasser gebildet wird. Aber erst Bunsen und Roscoe gelang es, eine Methode aufzufinden, durch welche es ihnen möglich geworden ist, mit einer bisher nicht erreichten Genauigkeit photochemische Messungen zu machen und dadurch interessante, bisher ungeahnte Aufschlüsse zu liefern über die chemische Intensität des Tageslichtes in den verschiedenen Tages- und Jahreszeiten, in verschiedenen Breiten und Höhen über der Meeresfläche und über die Wichtigkeit dieser Unterschiede für den Haushalt der Natur. Die Resultate dieser Untersuchungen sind um so bewundernswerther, als sie mit Schwierigkeiten verknüpft waren, deren Ueberwindung erst nach jahrelangen, mühevollen und geduldpeinigenden Arbeiten gelang. Sie sind in dieser Hinsicht vielleicht noch großartiger, als die neuesten Arbeiten Bunsen's über die Spectralanalyse.