

auf die klassische Arbeit des großen Physikers in Poggendorff's An-
nalen, Jahrgang 1861.

Alle diese Instrumente haben nur einen Uebelstand, d. i. der
Mangel einer Lichteinheit. Man hat als Ausgangspunkt bei der
Wärmemessung eine bestimmte Temperatur, die des siedenden Was-
sers oder schmelzenden Eises; eine solche leicht herstellbare Licht-
einheit von bestimmter Intensität fehlt leider in der Photometrie. Die
beste Normallichtquelle ist noch eine unter constantem Drucke aus
einem Brenner von bestimmter Oeffnung strömende Gasflamme (Bunsen).

Mit den beschriebenen Photometern kann man nur die Intensität
der Wirkung des Lichts auf unser Auge bestimmen. Hiervon wes-
entlich verschieden ist aber die Intensität der chemischen Licht-
wirkungen. Wir werden später sehen, daß verschiedene Lichtquellen,
die auf unser Auge höchst intensiv wirken, d. h. eine sehr große
Helligkeit besitzen, dennoch nur eine schwache chemische Wirkung
äufsern und umgekehrt. Man kann daher aus der mit dem Photometer
bestimmten Helligkeit keinen Schluß auf die chemische Wirkung ver-
schiedener Lichtquellen machen. Nur in Bezug auf eine und die-
selbe Lichtquelle, z. B. eine Gasflamme, deren Hahn mehr oder
weniger auf- oder zugekehrt wird, gilt der Erfahrungssatz, daß die
chemische Intensität der optischen Intensität proportional ist.
Dreht man daher den Gashahn so weit auf, daß die Flamme doppelt
so hell leuchtet als vorher, so ist auch ihre nachherige chemische
Wirkung die doppelte (s. u.).

Farbenlehre.

Das Licht wirkt, wie oben bemerkt wurde, nicht nur quantitativ,
sondern auch qualitativ verschieden auf unsere Netzhaut und diese
Verschiedenheit bezeichnen wir mit dem Namen Farbe.

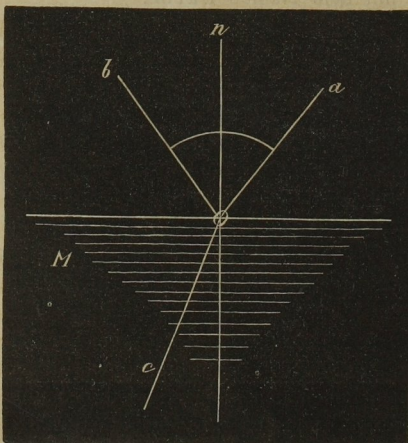
Solche Farbenunterschiede zeigen sich schon bei selbstleuchtenden
Körpern. Wir haben z. B. blaue und rothe Fixsterne. Unser Sonnen-
licht ist bei ungetrübtester Atmosphäre weiß, Morgens und Abends
mehr röthlich. Wenn nun dieses weiße Licht die Körper trifft, so
wird es entweder zurückgeworfen oder es geht hinein; das hin-
eingehende wird entweder absorbirt, dann heißt der Körper undurch-
sichtig, oder es geht hindurch, dann heißt er durchsichtig.

Absolut durchsichtige Körper giebt es nicht, jedes durchsichtige
Medium verschluckt oder absorbirt einen Theil des durchgehenden
Lichtes, so daß dasselbe, wenn es einen längeren Weg in demselben
zurücklegt, wesentlich geschwächt wird. Man beobachtet dies schon
auffallend bei der Sonne. Diese erscheint bei völlig heiterem Himmel
am hellsten um die Mittagszeit, wo ihre Strahlen nur einen kurzen
Weg durch die Luft zurückzulegen haben, am wenigsten hell des Mor-
gens oder Abends, wo der Weg in der Atmosphäre, welchen die Strahlen

durchlaufen, bevor sie zu unserem Auge gelangen, viel länger ist. Nach Bouguer ist z. B. die Intensität des Sonnenlichts bei Sonnenaufgang = 6, bei 50° Horizonthöhe 7624. Auch Glas und Wasser absorbiren so einen Theil des durchgehenden Lichtes. Einen wesentlichen Einfluss übt die Farbe des Glases aus und werden wir unten sehen, daß die Absorptionsfähigkeit für verschiedene Farben bei verschiedenen durchsichtigen Mitteln sehr verschieden ist.

Bei optischen Gläsern ist diese Erscheinung von Bedeutung; doch geht bei diesen ein verhältnißmäßig viel größerer Theil des Lichtes durch Zurückwerfung an den Oberflächen verloren.

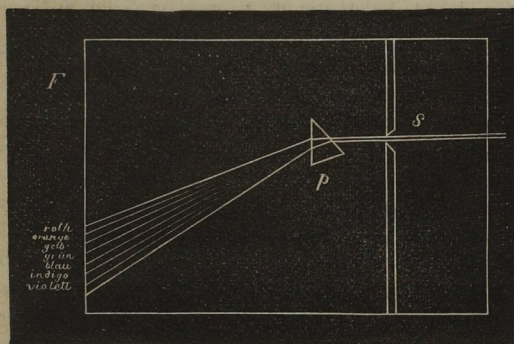
Das zurückgeworfene Licht wird entweder regelmäÙig reflectirt (dann nennen wir es gespiegelt) oder es wird zerstreut. Wird alles Licht absorbirt, so heißt der Körper schwarz; wird alles Licht reflectirt, so heißt er weiß. Wird nur ein Theil des Lichtes reflectirt, so heißt er grau oder farbig. Grau ist ein Körper, wenn er in jedem Lichte sichtbar ist, aber dunkler erscheint als ein weißer, farbig, wenn er nicht in jedem Lichte sichtbar ist. Ein rothes Tuch erscheint z. B. in rein blauem Lichte schwarz. Auch die durchsichtigen Körper lassen entweder alles Licht hindurch, dann nennt man sie farblos, oder sie lassen nur einen Theil hindurch, so heißen sie farbig oder trübe; trübe ist der Körper, wenn er alle Farben theilweise hindurchläßt, farbig, wenn nur einzelne hindurchgehen. Ein absolut farbloses durchsichtiges Medium giebt es nicht. Die Luft z. B. ist blau, das Wasser grün, das beste weiÙe Glas noch bläulich, röthlich oder grünlich gefärbt. Trifft ein Lichtstrahl ein durchsichtiges Medium senkrecht, so geht er in unveränderter Richtung weiter, trifft er dasselbe schief, so wird er von seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt, d. h. gebrochen.



Ist M ein durchsichtiges Medium, z. B. Glas, ao ein auffallender Strahl, so wird ein Theil dieses Strahles regelmäÙig reflectirt, so daß der reflectirte Strahl bo mit der Senkrechten no (dem Einfallslot) denselben Winkel bildet, wie der einfallende. Je schief der Strahl auffällt, desto mehr Licht wird reflectirt. (Man bemerkt dies leicht, wenn man eine Glastafel in senkrechter und schiefer Richtung betrachtet und das Spiegelbild einer Lichtflamme darin beob-

achtet. Es erscheint, in schiefer Richtung gesehen, viel intensiver.) Ein anderer Theil des Strahles dringt in das durchsichtige Mittel und geht in der Richtung co weiter. Der Winkel, welchen der gebrochene Strahl mit dem Einfallslothe bildet, ist leicht zu bestimmen.

Der Sinus der Einfallswinkel und der Sinus der Brechungswinkel stehen nämlich in einem constanten Verhältniß zu einander. Man nennt dieses Verhältniß den Brechungsindex. Geht weißes Licht in ein andres durchsichtiges Medium über, so erleidet es neben der Brechung noch eine Farbenzerstreuung, dadurch wird der weiße Sonnenstrahl in ein siebenfarbiges Strahlenbündel zerlegt: das Farbenspectrum. Diese Farbenzerstreuung beobachtet man am besten, wenn das Sonnenlicht durch ein Prisma hindurchgeht, d. i. ein von zwei gegeneinander geneigten ebenen Flächen begrenztes durchsichtiges Mittel. Unsere geschliffenen Ziergläser, gefüllte Wasserflaschen, Tropfen zeigen diese Erscheinung fast täglich. Am effectvollsten erscheint sie im Regenbogen; sie beruht auf der ungleichen Brechbarkeit der verschiedenen farbigen Strahlen, die vereinigt, das weiße Sonnenlicht bilden: Violett, Indigo, Blau, Grün, Gelb, Orange, Roth. Roth ist am wenigsten, Violett am stärksten brechbar. Um das Farbenspectrum be-



quem zu beobachten, läßt man das Sonnenlicht durch einen schmalen Spalt s in ein dunkles Zimmer fallen, stellt hinter dem Spalt s parallel mit ihm ein Prisma r auf und fängt das Spectralbild auf einem weißen Schirm F auf.

Für länger dauernde Versuche muß man, um dem Lauf der Sonne folgen zu können, einen Heliostaten mit Uhrwerk vor dem Spalt anbringen.

Man nimmt gewöhnlich nur sieben Spectralfarben an, dieselben gehen jedoch durch Zwischentöne in einander über. Dennoch giebt es in dem Spectrum Unterbrechungen, die sich als feine schwarze Linien offenbaren, man nennt diese die Fraunhofer'schen Linien; diese Linien sind Absorptionerscheinungen, hervorgebracht durch Stoffe, die sich zum Theil in unserer Atmosphäre, zum Theil in der Atmosphäre der Sonne selbst finden und die Eigenthümlichkeit haben, Lichtstrahlen von gewisser Brechbarkeit gleichsam auszulöschen. Ihre Stellung zu einander ist eine constante und bieten sie daher ein wichtiges Hilfs-

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 Mohren Gesicht. 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 Farbentöne 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.

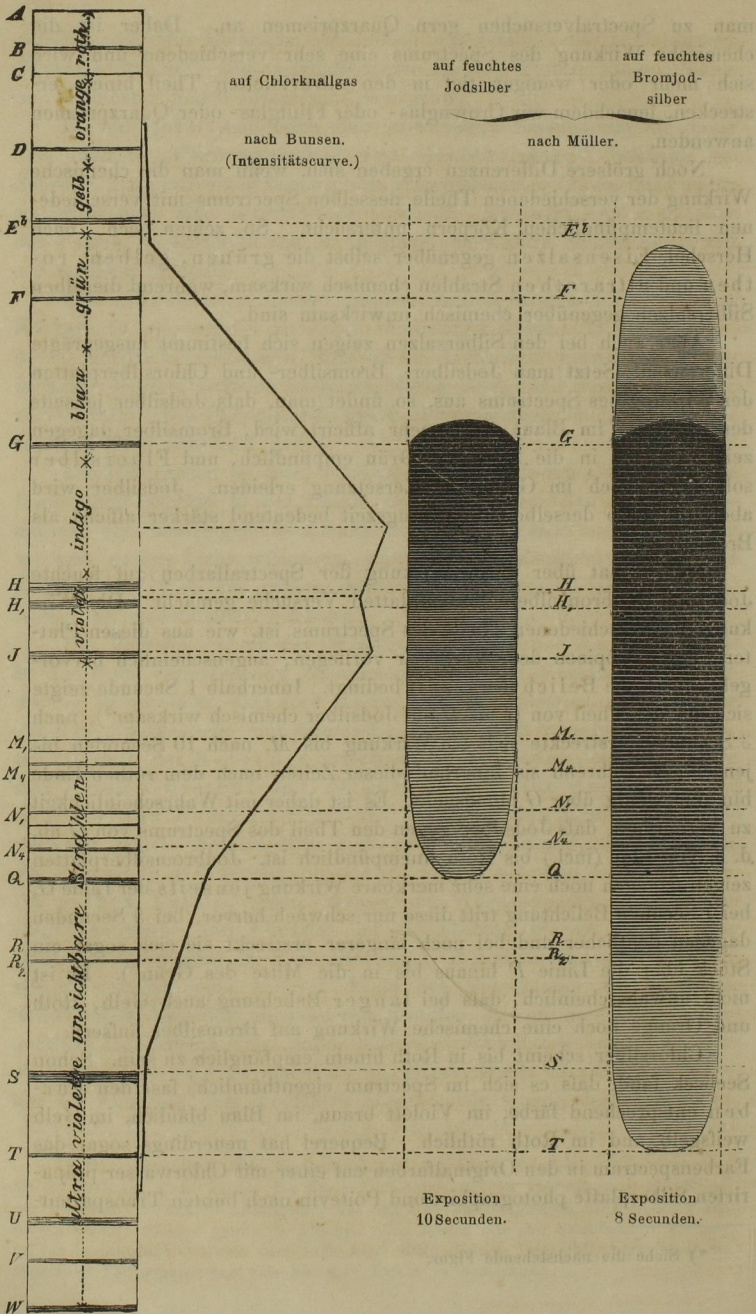
Noch größere Differenzen ergeben sich, wenn man die chemische Wirkung der verschiedenen Theile desselben Spectrums mit verschiedenen lichtempfindlichen Körpern untersucht. So zeigen sich, nach Herschel, Eisensalzen gegenüber selbst die grünen, gelben, rothen und ultrarothten Strahlen chemisch wirksam,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

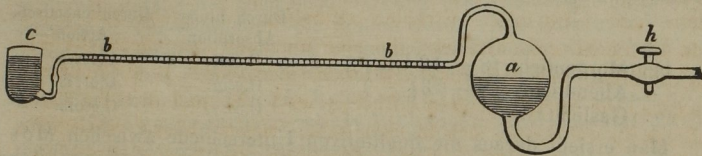
Nun müssen wir noch einer Erscheinung Erwähnung thun, die Bequerel und Moser specieller untersucht haben, und die darauf hinausläuft, daß die an sich auf Jodsilber unwirksamen rothen und gelben Strahlen die Eigenthümlichkeit haben, die von blauen Strahlen eingeleitete Wirkung auf Jodsilber fortzusetzen. 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 grofsartiger, als die neuesten Arbeiten Bunsen's über die Spectralanalyse.

Das chemisch empfindliche Medium, welches Bunsen und Roscoe zur Messung der Intensität versuchten, war ein Gemenge von gleichen Theilen Chlorglas und Wasserstoffgas, von Bunsen Chlorknallgas genannt. Dieses hat die Eigenschaft, sich bei starkem Lichte unter Explosion, bei zerstreutem Lichte langsam zu Chlorwasserstoff zu verbinden. Die Vermuthung, daß die Menge des so erzeugten Chlorwasserstoffs der chemischen Lichtintensität proportional sei, lag nahe. Dieser Satz mußte jedoch erst experimentell erwiesen werden, ehe man das Chlorknallgas zur chemischen Photometrie benutzen konnte. Bunsen und Roscoe unternahmen diesen keineswegs leichten Nachweis. Sie entwickelten aus Chlorwasserstoffsäure mittelst einer electricischen Batterie das Chlorknallgas, und leiteten dieses in ein bauchiges Gefäß *a* mit sehr enger, langer, graduirter Röhre *b*, die am anderen Ende ein weites, mit Wasser gefülltes Gefäß *c* trug. Die Röhre *b* war so graduirt, daß jeder Scalentheil ein bestimmter Bruchtheil von dem Rauminhalt des Gefäßes *a* war. Letzteres selbst war zur Hälfte mit Wasser gefüllt, und dieser, mit Wasser gefüllte untere Theil geschwärzt. Ein Hahn *h* diente zur Abschließung des Ganzen von dem Entwicklungsgefäß des Chlorknallgases.



Der Apparat stand in einem dunklen Zimmer, in das durch Laden Licht gelassen werden konnte.

Metallschirme schützten denselben vor der strahlenden Wärme des Beobachters, ein Wassergefäß vor der der Lichtquelle.

Läßt man auf dieses Insulationsgefäß ein chemisch schwachwirkendes Licht, z. B. Gaslicht wirken, das in einer gemessenen Entfernung aufgestellt ist, so sieht man Anfangs keine Wirkung, nach circa 4 Minuten beginnt sie aber. Es bildet sich Salzsäure, diese wird vom Wasser in *a* absorbirt, in Folge dessen tritt eine Volumenverminderung des Gases ein, und das Wasser aus *c* tritt in die Röhre *b*. Aus dem Stande des Wassers in dieser Röhre kann man diese Volumenverminderung ablesen. Die Abnahme des Volumens wächst mit der Dauer der Bestrahlung, und steigt bis zu einem constant bleibenden Maximum. Je intensiver die Lichtstärke ist, in desto kürzerer Zeit tritt dieses Maximum ein. Man muß bei der Beobachtung erst das Maximum eintreten lassen, dann die Scalentheile ablesen, um welche das Wasser in einer Minute in der Röhre *b* steigt. Die Anzahl derselben giebt ein Maß für die chemische Wirkung, die bewusste Lichtquelle in einer Minute ausübt.

Wir können hier nicht auf ausführliche Erörterung der Vorsichtsmaßregeln und Correctionen eingehen, die bei diesen keineswegs leichten Versuchen zu beachten sind. Die Beschreibung derselben füllt viele Seiten in der so wenig gelesenen, aber so interessanten Originalabhandlung in Poggendorff's Annalen, Band 100 S. 43 und 481; Band 101, S. 235 und Band 108, S. 200.

Hier wollen wir nur anführen, daß Bunsen wesentlich auf die Absorptionsverhältnisse Rücksicht nahm.

Wie schon früher erörtert wurde, wird das Licht beim Durchgange durch ein durchsichtiges Medium mehr oder weniger geschwächt, und werden Strahlen gewisser Brechbarkeit ausgelöscht. Durchstrahlt das Licht eine Schicht reinen Chlorgases, so wird in Folge dieser Absorption ein bedeutender Theil der ursprünglichen Lichtstärke verloren gehen, und dieser Verlust wird auch stattfinden (ganz abgesehen von der chemischen Wirkung) bei Durchstrahlung der Chlor- und Wasserstoffmischung. Bunsen und Roscoe bestimmten nun die Stärke dieser Absorption. Sie fanden, daß dieselbe der Dichtigkeit des Gases proportional ist, aber verschieden, je nach den Lichtquellen. Durchstrahlt nun das Licht eine Chlorknallgasschicht, so wird die Schwächung durch Absorption wegen der um die Hälfte verringerten Dichtigkeit des Chlors nur halb so groß sein, als bei reinem Chlor. Mißt man aber die Intensität des austretenden Lichts, so findet man dasselbe bedeutend mehr geschwächt, als wenn es eine reine Chlorgasschicht gleicher Dichtigkeit durchstrahlt hätte, und dieses Mehr kommt auf Rechnung der ausgeübten chemischen Action. So gehen bei Durchstrahlung einer 1 Millimeter dicken Chlorknallgasschicht verloren:

	Durch bloße Absorption	Durch chemische Action
bei Morgenlicht (8 — 12 Uhr) . . .	0,0229.	0,00265.
- Abendlicht (3 — 3½ -) . . .	0,0507.	0,01743.
- Gaslicht	0,0057.	0,00013.

Man ersieht daraus die qualitativen Unterschiede zwischen Morgen- und Abendlicht, die auch andererseits durch die photographische Praxis constatirt sind.

Zur Vergleichung der chemischen Wirkung der verschiedenen Lichtquellen bedient sich Bunsen einer Normalflamme von Kohlenoxydgas, die aus einem Platinbrenner von 7 Millim. Oeffnung ausströmte und in der Secunde 5 Cubikeent. Gas verbraucht. Die Wirkung einer solchen Flamme in 1 Millim. Entfernung nahm er als die chemische Lichteinheit und 10,000 solcher Einheiten als einen chemischen Lichtgrad an. Oder aber, er drückt die chemische Lichtintensität aus durch die Menge des gebildeten Salzsäuregases, das er sich in Prismen vom Querschnitt 1 bei 0° Temp. und 0,76 Millim. Druck vertheilt denkt, unter der Voraussetzung, daß das Licht bis zur völligen Absorption gewirkt hat. So fand er z. B., daß eine Steinkohlengasflamme chemisch doppelt so stark wirkte (bei gleichem Gasverbrauch), als die Kohlenoxydflamme, optisch (in Bezug auf die gewöhnliche Leuchtkraft) dagegen 160mal so stark. So ungeheuer verschieden sind die Verhältnisse der chemischen und optischen Leuchtkraft bei verschiedenen Lichtquellen. Anders ist es aber bei einer und derselben Lichtquelle. Hier bleibt, wie Bunsen constatirte, die optische Leuchtkraft der chemischen proportional, und dadurch wird es möglich, letztere mit Hülfe der ersteren zu messen, wenn für eine einzige optische Lichtstärke die zugehörige chemische Intensität gemessen ist. Dadurch macht es Bunsen möglich,

die chemische Intensität des blauen Himmels und des Sonnenlichtes für verschiedene Tages- und Jahreszeiten zu bestimmen, indem er ganz einfach die optischen Intensitäten zu verschiedenen Zeiten maß, die chemische Intensität für eine bestimmte optische Intensität feststellte und aus diesen die den optischen Intensitäten proportionalen chemischen Intensitäten für die übrigen Stunden berechnete.

Chemische Intensität des blauen Himmelslichts.

Um die chemische Intensität des Lichtes des blauen Himmelsgewölbes genau zu bestimmen, gingen Bunsen und Roscoe an einem vollkommen wolkenlosen Tage auf den Gaisberg bei Heidelberg, bestimmten hier zunächst die optische Intensität des Himmelslichtes zu verschiedenen Tageszeiten und Sonnenhöhen mit Bunsen's Photometer, unter der Vorsicht, daß das directe Sonnenlicht durch einen Schirm vom Photometer abgehalten wurde. Sie fanden, daß die optische Intensität abhängig ist vom Sonnenstande; je höher derselbe, desto stärker ist sie. Sodann bestimmten sie die chemische Wirkung des Himmelsgewölbes für eine bestimmte optische Intensität und berechneten daraus die chemische Wirkung des Himmelsgewölbes zu verschiedenen Tagesstunden. Sie fanden durch Experimente in verschiedenen Jahreszeiten, daß bei wolkenlosem Himmel die chemische Wirkung des gesammten Himmelsgewölbes bei gleicher Zenithdistanz der Sonne Vor- und Nachmittags dieselbe ist und die Temperaturverschiedenheiten und Feuchtigkeitsverhältnisse ohne Einfluß sind*).

Diese gewonnenen Resultate setzten Bunsen in den Stand, die chemische Intensität des reinen blauen Himmelsgewölbes für jede beliebige Zenithdistanz der Sonne zu berechnen und da nun aus der Breite und Länge eines jeden Ortes die Zenithdistanz der Sonne für jede einzelne Stunde aus astronomischen Tabellen bestimmt werden kann, so ist es auf Grund von Bunsen's Untersuchungen möglich, jetzt für jeden beliebigen Ort der Erde und für jede Tageszeit die chemische Intensität des blauen Himmelslichtes unter Voraussetzung eines wolkenlosen Tages zu berechnen.

Die Formel zur Berechnung der Zenithdistanzen ist:

$$\cos \varphi = \cos \delta \cdot \cos t \cdot \cos p + \sin \delta \cdot \sin p.$$

φ ist die zu berechnende Zenithdistanz,

δ die Declination der Sonne am Beobachtungstage,

p die Polhöhe des betreffenden Orts,

t der Stundenwinkel der Sonne.

Letzterer ergibt sich aus der Betrachtung, daß die Sonne in 24 Stunden, von Mittag zu Mittag, 360° durchläuft, in einer Stunde daher 15° , in einer Minute $\frac{1}{4}^\circ$; demnach ist z. B. der Stundenwinkel um 11 Uhr oder 1 Uhr (eine Stunde vor oder nach Mittag als Ausgangspunkt) 15° , um 2 Uhr und 10 Uhr 30° etc.

*) Mit diesen Ergebnissen stimmen die Erfahrungen der photographischen Praxis nicht ganz überein; das Vormittagslicht ist erweislich besser, als das Nachmittagslicht und Bunsen's Versuche über Absorption weisen hier ebenfalls qualitative Verschiedenheiten auf (s. o.).

Hat man nach dieser Formel die Zenithdistanzen φ für verschiedene Stunden berechnet, so erhält man die chemische Lichtintensität des gesammten wolkenlosen Himmelsgewölbes für diese Zeiten mit Hülfe der Formel

$$W = 2,776 + 80,849 \cos \varphi - 45,996 \cos^2 \varphi.$$

Diese Formel drückt die chemische Wirkung in Lichtgraden aus, welche innerhalb einer Minute auf ein horizontales Flächenelement ausgeübt wird.

Bunsen und Roscoe haben nun nach dieser Formel die chemische Lichtintensität des blauen Himmelsgewölbes für Zenithdistanzen von 31° bis 90° berechnet, und lassen wir die von ihnen entworfene Tabelle hier folgen:

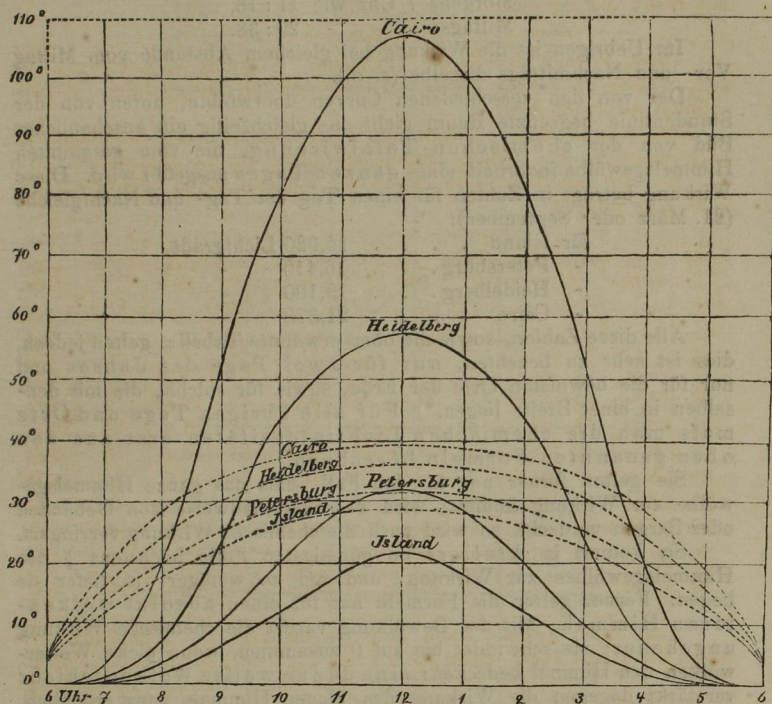
Zenith- distanz Grad	Licht- grade	Zenith- distanz Grad	Licht- grade	Zenith- distanz Grad	Licht- grade	Zenith- distanz Grad	Licht- grade	Zenith- distanz Grad	Licht- grade	Zenith- distanz Grad	Licht- grade
31	38,29	41	37,60	51	35,45	61	31,17	71	24,22	81	14,30
32	38,26	42	37,47	52	35,11	62	30,60	72	23,37	82	13,15
33	38,24	43	37,31	53	34,78	63	30,00	73	22,48	83	11,95
34	38,21	44	37,14	54	34,40	64	29,38	74	21,56	84	10,72
35	38,14	45	36,96	55	34,02	65	28,73	75	20,62	85	9,47
36	38,08	46	36,74	56	33,61	66	28,06	76	19,64	86	8,19
37	38,01	47	36,53	57	33,17	67	27,34	77	18,64	87	6,88
38	37,93	48	36,3	58	32,72	68	26,61	78	17,60	88	5,54
39	37,85	49	36,02	59	32,22	69	25,84	79	16,53	89	4,17
40	37,72	50	35,75	60	31,70	70	25,05	80	15,43	90	2,77

Aus dieser Tabelle kann man, wenn man die Zenithdistanzen schon kennt, die zugehörigen chemischen Lichtstärken leicht entnehmen. Bunsen und Roscoe haben beispielsweise die chemischen Lichtintensitäten für die verschiedenen Stunden eines Tages der Tag- und Nachtgleiche (21. März oder 21. September) für mehrere Orte der Erde unter verschiedenen Breiten: Cairo, Heidelberg, Petersburg, und Island in Tabellen zusammengestellt, deren nähere Betrachtung in hohem Grade interessant ist.

Man kann diese Intensität des Himmelslichtes in verschiedenen Tagesstunden am besten graphisch anschaulich machen, wenn man auf einer Horizontallinie die einzelnen Tagesstunden in gleichen Abständen aufträgt und darauf Senkrechte errichtet, deren Höhen den berechneten Intensitäten in Lichtgraden entsprechen. Verbindet man die Endpunkte dieser Höhen, so erhält man Curven, welche in ihrem Steigen und Fallen die Zu- und Abnahme der chemischen Intensität in verschiedenen Stunden sehr anschaulich versinnlichen. In beifolgendem Holzschnitt ersieht man in den punktirten Linien*) die in dieser Weise von Bunsen gezeichneten Intensitätscurven für den 21. September für Island, Petersburg, Heidelberg und Cairo. An diesem Tage (der Tag- und Nachtgleiche) geht für alle Orte der Erde die Sonne um 6 Uhr auf und unter.

*) Die Bedeutung der nicht punktirten Linien wird unten erörtert werden.

Man sieht aus der Tafel, wie schon beim Aufgange der Sonne eine merkliche chemische Wirkung stattfindet (die jedenfalls schon vor Sonnenaufgang in der Dämmerung vorhanden ist), wie dieselbe mit



der Sonne anfangs sehr schnell steigt, aber in der Zeit von 10 bis 2 Uhr ziemlich constant bleibt, dann wieder schnell fällt.

In der Zeit von 10 bis 2 Uhr wird daher die zu photographischen Aufnahmen nöthige Expositionszeit ziemlich dieselbe sein können; eine Stunde vorher oder nachher (9 Uhr und 3 Uhr) wird man schon etwas länger exponiren müssen. Von 3 bis 5 Uhr Nachmittags bemerkt man in der Praxis bei fortdauerndem Arbeiten die „Lichtverschlechterung“ in ebenso auffallender Weise, als die Curven in der Tafel sie ausdrücken.

Die berechneten Intensitäten geben leicht für eine bestimmte Stunde die nöthige Expositionszeit. In Heidelberg z. B. ist am 21. September die Intensität um 4½ Uhr 20°, um 12 Uhr dagegen 35°.

Die Expositionszeiten werden sich nun umgekehrt wie die Intensitäten verhalten. Hat man demnach z. B. bei einem Portrait um 12 Uhr circa 20 Secunden nöthig gehabt, so wird man um 4½ Uhr 35 Secunden exponiren müssen, einen vollkommen heiteren Tag vorausgesetzt.

Man sieht ferner, wie in den Früh- und Abendstunden die Unter-

schiede in der chemischen Wirkung bei den verschiedenen Orten der Erde beträchtlicher sind, als am Mittag. Das Verhältniß von Island zu Cairo ist z. B.:

Morgens 7 Uhr wie 11:18,
Mittags - 29:38.

Im Uebrigen ist die Wirkung bei gleichem Abstände vom Mittag Vor- und Nachmittags dieselbe (s. o.).

Der von den verschiedenen Curven überwölbte, unten von der Stundenlinie begrenzte Raum giebt uns gleichzeitig ein anschauliches Bild von der chemischen Totalwirkung, die vom gesammten Himmelsgewölbe innerhalb eines ganzen Tages ausgeübt wird. Diese Wirkung beträgt in Zahlen für einen Tag der Tag- und Nachtgleiche (21. März oder September):

für Island	15,020 Lichtgrade,	
- Petersburg	16,410	-
- Heidelberg	19,100	-
- Cairo	21,670	-

Alle diese Zahlen, sowie die oben erwähnte Tabelle, gelten jedoch, dies ist sehr zu beachten, nur für zwei Tage des Jahres und nur für die bewußten Orte der Erde, sowie für solche, die mit denselben in einer Breite liegen. *) Für alle übrigen Tage und Orte muß man die chemischen Lichtintensitäten erst aus den oben genannten Formeln berechnen.

Sie gelten ferner nur für den Fall, daß das ganze Himmelsgewölbe zur Wirkung kommt; wird dasselbe theilweise von Gebäuden oder Bergen verdeckt, so wird auch die chemische Wirkung verringert.

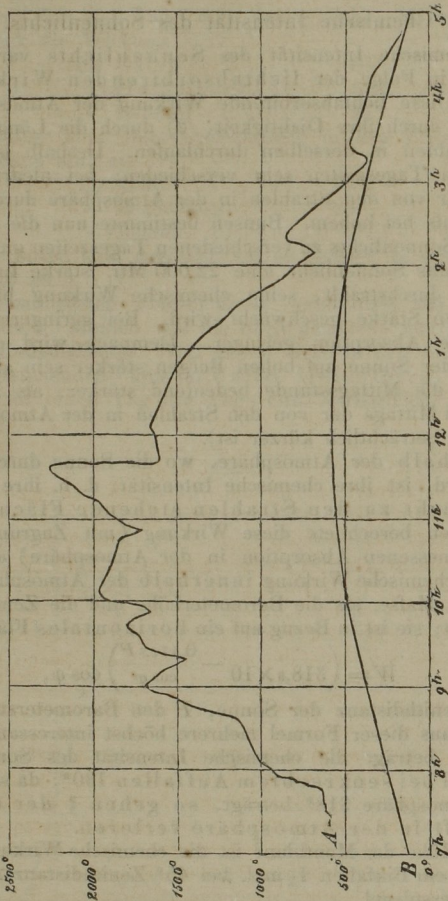
So kommt in Ateliers im günstigsten Falle höchstens $\frac{1}{4}$ des Himmelsgewölbes zur Wirkung, und um so weniger, je tiefer sie liegen. Ferner gelten die Formeln nur für einen absolut wolkenlosen Himmel. Mit der Bewölkung variirt die chemische Wirkung ungeheuer; sie schwindet bis auf 0 zusammen, wenn dicke Wetterwolken den Himmel bedecken; eine dünne weißse Wolkenschicht verstärkt dagegen die Wirkung des blauen Himmels ganz erheblich.

Um dies nachzuweisen, machte Bunsen am 5. October 1856 zu Heidelberg eine Reihe von Messungen, und hat diese ebenfalls durch Zeichnung anschaulich gemacht. In beifolgender Figur ersieht man die Resultate. Die zickzackförmig hin- und herspringende Curve drückt die wechselnde Intensität des chemischen Lichtes des theilweise bewölkten Himmels aus, die andere regelmässige Curve zeigt die Intensität, wie sie bei vollkommen reinem Himmel ist.

Bunsen schreibt darüber (Poggendorff's Annalen Bd. 108 S. 237): „Von 7 Uhr Morgens bis nach 12 Uhr war der Himmel mit einem Wolkenschleier von wechselnder Dichtigkeit bedeckt, durch welchen die Sonne nur schwach hindurchschien. In den ersten Nachmittagsstunden verlor sich die Trübung allmählig, so daß nach 2 und 3 Uhr nur noch einzelne lichte Wolken über den Zenith zogen und der Himmel nach 3 und 4 Uhr ganz wolkenlos war. Diese Veränderungen drücken sich in der Curve deutlich aus. Man ersieht, daß ein leichter

*) Mi Heidelberg liegen folgende deutsche Ortschaften annähernd in derselben Breite: Landstuhl, Kaiserslautern, Rothenburg (Anspach), Nürnberg, Fürth, Amberg, Klattau (Prag), Tabor, Iglau, Brünn etc.

Wolkenschleier das Beleuchtungsvermögen des zur Beobachtung gewählten Himmelstückes um mehr als das Vierfache erhöhen kann.^a



Demzufolge hat man auch bei theilweise bewölktem Himmel in Bezug auf die Wahl der photographischen Expositionszeit keine so sicheren Anhaltspunkte. Dafs ein theilweise bewölkter Himmel unter Umständen bedeutend intensiver wirkt, als ein rein blauer, merkt man oft in auffallender Weise beim photographischen Copirprocefs.

Die hier gegebenen Daten sind von Belang für alle photographischen Arbeiten, bei denen das directe Sonnenlicht ausgeschlossen ist, das sind Portraitaufnahmen im Atelier und Copirarbeiten.

Tritt aber die Sonne mit in Wirksamkeit, wie bei Landschaftsaufnahmen und z. Th. beim Copirprocefs, so werden die Resultate wesentlich andere. Bunsen hat nun in derselben Weise, wie oben die chemische

Intensität des Himmelslichts, die chemische Wirkung des directen Sonnenlichts gemessen.

Chemische Intensität des Sonnenlichts.

Die chemische Intensität des Sonnenlichts variiert nun sehr beträchtlich in Folge der lichtabsorbirenden Wirkung der Atmosphäre. Diese lichtabsorbirende Wirkung der Atmosphäre ist nun bedingt: 1) durch ihre Dichtigkeit, 2) durch die Länge des Weges, den die Strahlen in derselben durchlaufen. Deshalb ist dieselbe zu verschiedenen Tageszeiten sehr verschieden; bei niedrigem Sonnenstande ist der von den Strahlen in der Atmosphäre durchlaufene Weg viel länger, als bei hohem. Bunsen bestimmte nun die chemische Intensität des Sonnenlichts zu verschiedenen Tageszeiten und fand daraus, dafs, wenn das Sonnenlicht eine 22,000 Mtr. starke Luftschicht von $0,76^\circ$ Druck durchstrahlt, seine chemische Wirkung bis auf $\frac{1}{10}$ der ursprünglichen Stärke geschwächt wird. Bei geringerem Barometerstand ist die Absorption geringer. Demnach wird die chemische Leuchtkraft der Sonne auf hohen Bergen stärker sein als am Meeresspiegel, um die Mittagsstunde bedeutend stärker, als Morgens oder Abends (weil Mittags der von den Strahlen in der Atmosphäre durchlaufene Weg beträchtlich kürzer ist).

Aufserhalb der Atmosphäre, wo die Sonne durch nichts geschwächt wird, ist ihre chemische Intensität, d. h. ihre Wirkung auf eine senkrecht zu den Strahlen stehende Fläche immer dieselbe. Bunsen berechnete diese Wirkung (mit Zugrundelegung der von ihm gemessenen Absorption in der Atmosphäre) auf 318 Lichtgrade. Die chemische Wirkung innerhalb der Atmosphäre aber fällt in demselben Mafse, als die Barometerhöhe und die Zenithdistanz der Sonne wächst; sie ist in Bezug auf ein horizontales Flächenelement

$$W = \left(318,3 \times 10 - \frac{0,4758 P}{\cos \varphi} \right) \cos \varphi,$$

wo φ die Zenithdistanz der Sonne, P den Barometerstand bedeutet. Bunsen hat aus dieser Formel mehrere höchst interessante Daten berechnet. So beträgt die chemische Intensität des Sonnenlichts am Meeresspiegel bei senkrechtem Auffallen 130° ; da sie nun aufserhalb der Atmosphäre 318° beträgt, so gehen $\frac{2}{3}$ der chemischen Leuchtkraft in der Atmosphäre verloren.

In der Höhe des Montblanc ist die chemische Wirkung der Sonne bei senkrechtem Einfallen $1\frac{1}{2}$ mal, bei 45° Zenithdistanz 2 mal so grofs, als am Meeresspiegel.

Den Einflufs des Luftdrucks mögen folgende Zahlen illustriren:

Bei 750 Ml. Barometerhöhe ist die Wirkung in Lichtgraden 140° ,	
- 700 - - - - -	148°;
- 600 - - - - -	165°;

140 Lichtgrade sind aber 1,400,000 Lichteinheiten, demnach wirkt die Sonne 700,000 mal intensiver als eine Steinkohlengasflamme (s. Seite 132).

Offenbar kann man nun mit der oben gegebenen Formel für jeden beliebigen Ort der Erde und für jede beliebige Stunde unter Voraussetzung einer bestimmten Barometerhöhe aus der Sonnenhöhe die chemische Intensität des directen Sonnenlichts berechnen.

Bunsen hat diese Berechnung ausgeführt für einen Tag der Tages- und Nachtgleiche für Cairo, Neapel, Heidelberg, Petersburg und Island.

So ist zur Zeit der Tag- und Nachtgleiche, Mittags 12 Uhr, bei $0,76^\circ$ Druck die Wirkung

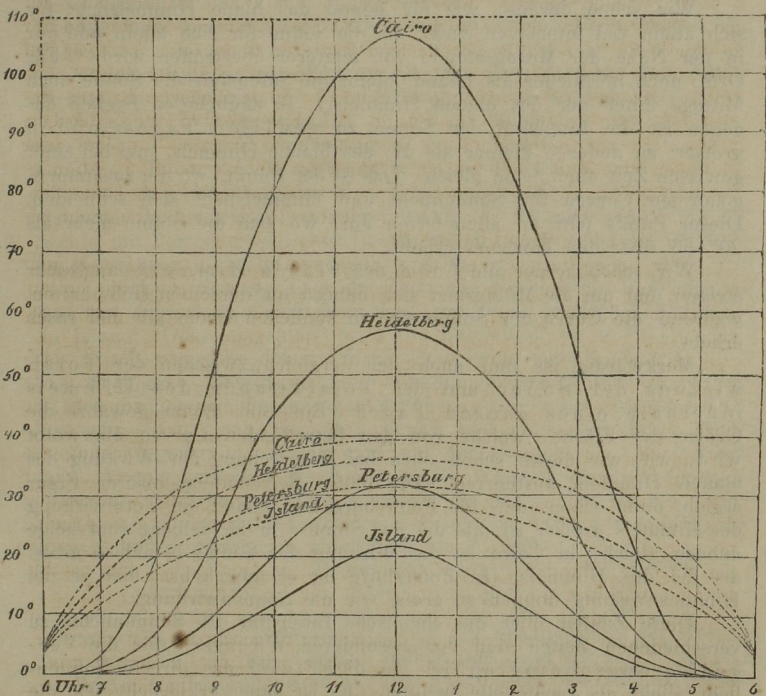
für Cairo	105°,
- Heidelberg	57°,
- Island	21°.

Noch gröfser sind diese Unterschiede in den Zeiten 9 Uhr und und 3 Uhr; dann sind sie

für Cairo	50°,
- Heidelberg	24°,
- Island	6°.

Die Differenzen sind demnach um so gröfser, je weiter die Sonne vom Mittag ab steht.

Am anschaulichsten werden diese Verhältnisse aus einer graphischen Darstellung, ähnlich wie die oben gegebene von der Intensität des blauen Himmelslichtes. Wir geben diese in den ausgezogenen Linien der beistehenden Figur für Cairo, Heidelberg, Petersburg und Island für einen Tag der Tag- und Nachtgleiche.



Wir sehen aus dieser Darstellung, wie zur Zeit des Sonnenaufgangs die chemische Wirkung der directen Sonne überall gleich 0 ist, wie sich in Cairo erst um $6\frac{1}{2}$ Uhr, in Neapel um circa $6\frac{3}{4}$ Uhr, in Island erst um 7 Uhr eine merkbare chemische Wirkung der Sonne nachweisen läßt, wie diese dann für die nördlichen Orte langsam, für die südlichen rasch ansteigt, Mittags ihren höchsten Stand erreicht und Nachmittags wieder rasch fällt, in demselben Mafse, wie sie Vormittags gestiegen, bis sie endlich schon vor Sonnenuntergang verschwindet. Von besonderem Interesse sind nun die Vergleiche zwischen der chemischen Intensität des Sonnenlichts und des blauen Himmelslichts für dieselben Orte der Erde. Die bestehende Tafel, in welcher die Intensitätscurven für Himmelslicht und Sonnenlicht gleichzeitig eingetragen sind, giebt dazu ein treffliches Mittel an die Hand. Wir ersehen daraus, dafs um Sonnenaufgang und Untergang, wo die Sonne, obgleich dem Auge sichtbar, noch chemisch unwirksam ist, der blaue Himmel schon überall kräftige Wirkungen äufsert, wie diese Wirkungen rasch ansteigen, während die chemische Sonne gleichsam erst aufgeht, dann aber sich in majestätischer Curve erhebt, um die Wirkung des anfangs vorangeeilten Himmelslichts zu überflügeln, wenigstens was die südlichen Orte anbetrifft.

Wir sehen daraus, wie für Island das blaue Himmelslicht für sich allein viel intensiver wirkt, als die Sonne für sich allein und nur in der Nähe der Mittagsstunde von letzterer übertroffen wird. (Für Orte, noch nördlicher als Island, bleibt die Intensität der Sonne auch Mittags unter der des blauen Himmels.) In südlicheren Breiten dagegen ist die Intensität der Sonne zu gewissen Tagesstunden gröfser, zu anderen kleiner als die des blauen Himmels, und bei einer gewissen Zeit sind beide gleich. Das ist der Punkt, wo die zusammengehörigen Curven für Sonnenlicht und Himmelslicht sich schneiden. Dieser Punkt tritt an allen Orten ein, wo sich die Sonne mehr als $20^{\circ} 56'$ über den Horizont erhebt.

Wir sehen ferner die Curve des blauen Himmels langsamer steigen und um die Mittagszeit sich nahezu auf derselben Höhe halten, während die Curve der Sonne sich in südlichen Orten jäh und rasch erhebt.

Merkwürdig ist nun auch der Vergleich zwischen der Totalwirkung der Sonne und der Totalwirkung des Himmels innerhalb eines ganzen Tages. Ein Bild davon gewährt die Gröfse der Fläche, welche von den betreffenden Curven überwölbt wird, wie wir dieses schon oben bei Besprechung der Wirkung des blauen Himmels ausführten. Die blofse Betrachtung unserer Figur ergibt dann schon, dafs für Petersburg und Island die Totalwirkung des Himmels gröfser ist, als die der Sonne; in Heidelberg sind beide nahezu gleich; in Cairo ist die Wirkung der Sonne $1\frac{1}{4}$ mal so groß, als die des Himmels. In Petersburg ist es umgekehrt; hier ist die Himmelswirkung doppelt so groß, wie die Sonnenwirkung.

Diese Zahlen über die chemische Intensität des Sonnenlichts zu verschiedenen Zeiten sind von besonderer Wichtigkeit für die Vergrößerungsphotographie. In dieser wird das directe Sonnenlicht allein als Lichtquelle benutzt. Es ist daher erklärlich, wie die Leistungsfähigkeit der Vergrößerungs-Apparate einerseits durch die

Tagesstunde, andererseits durch die geographische Breite der Ortschaften, endlich durch die Jahreszeit bedingt ist. Hier wäre es von besonderer Wichtigkeit, Intensitätstabellen des Sonnenlichts für jeden einzelnen Tag des Jahres zu besitzen, die dann freilich nur für Orte derselben Breite gelten. Diese Daten lehren auch, wie unzuverlässig die Angaben von Fabrikanten sind, die auf das Gerathewohl von ihren Vergrößerungs-Apparaten behaupten, sie lieferten eine Copie in 15 bis 30 Minuten bei gutem Lichte. Das sogenannte gute Licht (ungetrübtes Sonnenlicht) ist in seiner chemischen Intensität sehr verschieden, je nach den Umständen, die wir oben geschildert.

Nun arbeitet der Photograph nur ausnahmsweise mit Sonnenlicht allein (wie bei Vergrößerungen), desto öfter aber mit Sonnen- und Himmelslicht gemeinschaftlich, wie bei Landschaftsaufnahmen und beim Copiren; deshalb ist es interessant, die Summenwirkung beider kennen zu lernen.

Um die gemeinschaftliche Wirkung von Sonnen- und Himmelslicht zu finden, braucht man nur die Einzelwirkung beider für die betreffende Zeit zusammen zu addiren. So ist z. B. für Heidelberg am 21. März früh 9 Uhr die Stärke

des Himmelslichts	30,24°,
- Sonnenlichts	23,99°,
in Summa	54,23°.

Ebenso kann man die Summenwirkung beider für einen ganzen Tag finden.

Addirt man so die Wirkung für den Tag der Tag- und Nachtgleiche, so erhält man als Totalwirkung für den ganzen Tag:

für Island	20,980,
- Petersburg	25,340,
- Heidelberg	37,340,
- Cairo	58,110,

demnach variirt die Summenwirkung für den ganzen Tag nur wenig mit der geographischen Breite; sie ist in Cairo ungefähr dreimal, in Heidelberg ungefähr zweimal so groß, wie in Island. Also wird man an einem heiteren Tage der Tag- und Nachtgleiche in Heidelberg zweimal so viel, in Cairo dreimal so viel Bilder copiren können, wie in Island. Oder umgekehrt wird die Exposition im letzteren Lande im Mittel resp. doppelt und dreimal so lange dauern müssen, unter der Bedingung, daß Sonne und Himmel gleichzeitig benutzt werden. Gleich bedeutsame Folgerungen ergeben sich daraus für die Landschaftsphotographie. Man denke sich einen im Freien aufgestellten Gegenstand; dieser wird auf der Sonnenseite von Sonnen- und Himmelslicht, auf der Schattenseite von Himmelslicht allein erleuchtet. Nehmen wir die Intensität des Himmelslichts auf beiden Seiten als gleich an, so ergibt sich beispielsweise aus unseren Tabellen die Lichtstärke in Heidelberg am 21. März:

	Himmelslicht	Sonnenlicht	Summa rund
früh 9 Uhr	30,24	23,99	54
12 -	35,91	57,62	93,5.

Demnach wird die Lichtintensität auf der Schattenseite des Körpers von 9 bis 12 Uhr früh dieselbe bleiben (sie steigt nur von 30 auf 35,9, während die Lichtintensität auf der Sonnenseite um 12 Uhr beinahe doppelt so groß ist, als um 9 Uhr. Die Licht- und Schattendifferenzen

sind deshalb um diese Zeit viel greller, und wird dieses sich auch im Bilde bemerkbar machen und seiner Schönheit mehr oder weniger Eintrag thun; die Expositionszeit wird man, da die Schattenseiten um 12 Uhr nicht viel heller sind, als um 9 Uhr, und auch diese hinreichend aus exponirt erscheinen müssen, um 12 Uhr nur wenig niedriger wählen dürfen, als um 9 Uhr (z. B. 36 Secunden um 9 Uhr, 30 Secunden um 12 Uhr), wobei man dann freilich Gefahr läuft, daß die Lichter auf der anderen Seite „überexponirt“ sind. Diese grellen Licht- und Schattendifferenzen werden sich um so weniger bemerklich machen, je niedriger, um so mehr, je höher die Sonne steht. Sie sind daher, abgesehen von der Tageszeit, im Sommer viel energischer als im Frühling, Herbst und Winter. Im Winter steht die Sonne oft selbst um die Mittagszeit so tief, wie im Hochsommer des Abends, so daß ihre Wirkung weit hinter der des Himmelslichts zurückbleibt. Es ist daher klar, welche tief eingreifenden Unterschiede in Bezug auf den Lichteffect in Bildern, die zu verschiedenen Jahreszeiten aufgenommen sind, sich zeigen werden, und wie wichtig deshalb die genaue Kenntniß des Sonnenstandes und der Sonnenintensität in verschiedenen Zeiten für den denkenden Landschaftsphotographen ist.

Wir verdanken dem Director der Sternwarte, Herrn Dr. Förster hieselbst, folgendes Täfelchen, welches die Sonnenhöhen für Berlin für 12 Tage des Jahres enthält, die ungefähr um 4 Wochen auseinander liegen und in dem auch der längste und kürzeste Tag, sowie die beiden Tag- und Nachtgleichen aufgenommen sind.

Sonnenhöhen

für volle Stunden vor oder nach Mittag*) (Polhöhe Berlin).

	0h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	Sonnen- aufg.	Sonnen- unterg.
	Grad	Grad	Grad	Grad	Grad	Grad	Grad	Grad	Grad	a. m.	p. m.
21. Jan.	17,6	16,4	13,0	7,7	0,0					4h	4,24h
21. Febr.	26,9	25,6	21,9	16,1	8,8	0				4,52h	5,21h
22. März	37,5	36,0	31,8	25,4	17,7	9,0	0			5,58h	6,14h
22. April	49,7	47,9	43,1	36,0	27,7	18,8	9,7	0		7,10h	7,8h
22. Mai	57,9	55,7	50,4	42,8	34,2	25,0	16,0	7,0	0	8,4h	7,57h
21. Juni	61,0	58,8	53,1	45,3	36,5	27,4	18,4	9,3	2,30	8,22h	8,24h
22. Juli	57,9	55,7	50,4	42,8	34,2	25,0	16,0	7,0	0	7,55h	8,6h
22. Aug.	49,3	47,6	42,8	35,7	27,4	18,5	9,4	0		7,6h	7,10h
23. Sept.	37,5	36,0	31,8	25,4	17,7	9,0	0			6,13h	5,56h
22. Oct.	26,4	25,2	21,4	15,7	8,4	0				5,22h	4,50h
21. Nov.	17,6	16,4	13,0	7,7	0					4,28h	3,58h
21. Dec.	14,1	13,0	10,0	4,8						3,50h	3,46h

*) Die Sonnenhöhen vor und nach Mittag differiren ein wenig. Der Unterschied ist für unsere Zwecke nicht von Belang und deshalb vernachlässigt. Der Sonnenaufgang und Sonnenuntergang ist nach seinem Zeitabstande vom Mittag angegeben. Die Zahlen p. m. stimmen mit den Uhrzeiten des Nachmittags überein. Die Zenithdistanzen der Sonne findet man für die verschiedenen Stunden, wenn man die betreffenden Sonnenhöhen von 90° subtrahirt.

Die nähere Betrachtung dieses Täfelchens wird manchen Photographen, der ein wenig über seine Kunst nachdenkt, höchlich überraschen.

Die Zahlen 1^h, 2^h u. s. w. bedeuten die vollen Stunden sowohl vor als nach 12 Uhr; diese Stunde ist mit 0^h bezeichnet.

Aus den ersten Spalten übersieht man den überraschenden Unterschied in der Sonnenhöhe um die Mittagszeit in den verschiedenen Monaten. Am höchsten steht sie zur Sommersonnenwende (21. Juni), am tiefsten zur Wintersonnenwende (21. December). Am 21. December Mittags steht die Sonne z. B. nicht höher, als am 21. Juni Abends 6½ Uhr!! Ein Beweis, dafs für Arbeiten mit Sonnenlicht die Abendzeit im Juni eben so brauchbar ist, als die Mittagszeit im December.

Ferner ersieht man die kurze Dauer des Tages in den Wintermonaten*), sowie die Gleichheit in der Sonnenhöhe für die gleich weit von der Sommer- resp. Wintersonnenwende ab liegenden Tage, z. B. am 21. Januar und 21. November, am 21. Februar und 22. October, am 22. März und 23. September, am 22. April und 22. August, am 22. Mai und 22. Juli.

Ueber die aus dieser Tabelle sich ergebenden ästhetischen Folgerungen werden wir im III. Theil unseres Buches berichten.

Noch mehr Bedeutung gewinnen aber die darin enthaltenen Zahlen, wenn wir daraus die chemischen Intensitäten des Sonnen- und Himmelslichts für die betreffenden Tage berechnen. Verfasser hat diese Berechnung ausgeführt und giebt sie in der angehängten Tabelle. Die Nutzenwendungen, die sich daraus für die photographische Praxis ziehen lassen, liegen auf der Hand. Sie geben uns eine Uebersicht über das ideale chemische Wetter von Berlin und den übrigen Orten von gleicher Breite, d. h. der chemischen Lichtintensität von Sonne und Himmel an einem absolut heiteren Tage des betreffenden Datums. Wettereinflüsse werden diese Zahlen zwar sehr erheblich modificiren (siehe oben Einflufs der Wolken), dennoch behalten sie als Anhaltspunkte ihren Werth. Wahrscheinlich ist es, dafs trotz der durch diese Einflüsse hervorgerufenen Störungen die chemische Intensität des Lichts an demselben Orte der Erde eine ähnliche constante Gröfse ist, wie die mittlere Jahreswärme. Künftige Forschungen müssen über diesen Punkt noch weitere Aufklärung geben. Nothwendig ist aber vor Allem ein Apparat, der die Feststellung der chemischen Intensität des Lichts mit derselben Leichtigkeit gestattet, wie die Messung der Luftwärme mit dem Thermometer. Das Bunsen'sche Chlorknallgas-Photometer ist für diesen Zweck zu complicirt.

Neuerdings ist es aber Bunsen und Roscoe gelungen, einen neuen Apparat zu construiren, der die Messung der chemischen Intensität des Lichts mit viel gröfserer Leichtigkeit gestattet, als der Chlorknallgas-Apparat. Das ist der sogenannte Pendelphotometer.

Dasselbe gründet sich auf die Farbenveränderung, welche photographisch präparirtes Papier in chemisch wirksamem Licht erfährt.

Badet man ein Stück mit Kochsalz getränktes, photographisches Rohpapier in Silberlösung und trocknet es, so erhält man ein chlor-

*) Diese ist mit Rücksicht auf die mit Bestellungen gesegnete Weihnachtszeit oft übel genug.

silber- und hollensteinhaltiges lichtempfindliches Präparat, welches im Lichte sich anfangs violett, dann blauviolett, endlich braun und broncefarben färbt.

Je intensiver das Licht chemisch wirkt, desto schneller färbt sich ein solches empfindliches Papier dunkel, und Bunsen und Roscoe wiesen nun nach, dafs bei einem Papier von gewisser Präparation die Zeit, welche nöthig ist, eine ganz bestimmte Färbung hervorzubringen, der chemischen Lichtstärke genau umgekehrt proportional ist. Darauf gründet sich nun ihr neues chemisches Photometer.

Dieses Photometer besteht aus einem lichtempfindlichen Papier von constanter Empfindlichkeit.

Dieses wird folgendermafsen hergestellt:

300 Gramm chemisch reines Kochsalz werden in 10 Liter Wasser gelöst und in einen grofsen Zinkblechkasten gegossen. In diese Lösung taucht man photographisches Rohpapier vollständig unter, bewegt hin und her, um die Luftblasen zu entfernen und läfst es fünf Minuten in der Flüssigkeit, dann wird es vertical herabhängend getrocknet. Die Bogen können so monatelang aufbewahrt werden. Die angewendete Flüssigkeitsmenge reicht zur Präparation von 70 Bogen von 30 Quadratcentimeter hin. Behufs der Sensibilisirung schneidet man die Bogen in vier Theile und läfst sie auf einem Bade, das 12pCt. Silber enthält, zwei Minuten schwimmen. 1 Liter Silberbad reicht hin zur Sensibilisirung von 125 Bogen. Das gesilberte Papier läfst man an der Luft trocknen und bewahrt es im Dunkeln. Es hält sich unverändert 24 Stunden.

Ein so bereitetes Papier zeigt immer die gleiche Lichtempfindlichkeit, wie Bunsen und Roscoe durch eine Reihe höchst sorgfältiger Versuche feststellten*).

Von diesem Papier wurden Streifen geschnitten und diese verschiedene Zeit dem zu messenden Lichte ausgesetzt, bis dieselben eine ganz bestimmte bräunliche Färbung erreicht hatten.

Diese Färbung wurde durch Vergleichung mit einer Normal-schwärze festgestellt, welche sie folgendermafsen bereiteten:

Man läfst eine Terpentinöllampe unter einer mit Wasser gefüllten kalten Porzellanschale brennen, glüht den abgesetzten Rufs in einem Platintiegel fünf Minuten lang, mischt ihn kalt mit 1000mal so viel chemisch reinem, fünf Minuten lang geglühten Zinkoxyd und fügt Wasser, dem $\frac{5}{10000}$ Hausenblase zugesetzt ist, als Bindemittel zu, reibt das Ganze auf einem Reibstein 1 Stunde, trocknet es im Wasserbade, reibt es abermals und wiederholt diese Operation noch zweimal. (Es ist diese Wiederholung nöthig, weil das Präparat anfangs bei fortgesetztem Reiben dunkler wird.) Mit dieser Schwärze bestreicht man einen Papierstreifen möglichst dick und gleichmäfsig und benutzt diesen

*) Die Versuche finden sich beschrieben in Poggendorff's Annalen Bd. 117, S. 529, und enthalten manche für den photographischen Positivprocefs interessante Facta. So fanden Bunsen und Roscoe 1) dafs die Empfindlichkeit des Papiers dieselbe bleibt, wenn auch die Stärke des Silberbades von 12 auf 8pCt. sinkt, 2) dafs ein Gehalt des Bades an salpetersaurem Natron der Empfindlichkeit keinen Eintrag thut, 3) dafs mit dem Salzgehalt des Papiers seine Empfindlichkeit steigt, 4) dafs die Dicke des Papiers ohne Einflufs auf seine Empfindlichkeit ist.

zur Vergleichung mit dem im Licht gebräunten Papier. Um nun das empfindliche Papier kürzere oder längere Zeit dem Lichte exponiren zu können, benutzten Bunsen und Roscoe ein einfaches Instrument. Sie brachten einen empfindlichen Papierstreifen in einen Kasten mit dünnem Deckel, an welchen das Papier fest angedrückt wurde. In dem Deckel befand sich ein Schlitz, der durch ein geschwärztes Glimmerblatt verdeckt war; dieses Glimmerblatt konnte mit Hülfe eines Sekundenpendels von dem Schlitz weggezogen und wieder aufgeschoben werden.

Liefs man das Pendel nur einmal schwingen, so war das äußerste Ende des Streifens offenbar 1 Secunde exponirt, die folgenden Theile weniger und um so kürzer, je weiter sie der Richtung zu lagen, in welcher der Glimmerstreifen fortgezogen wurde. Aus ihrer Stellung ergab sich leicht die Expositionszeit jedes einzelnen Theiles des Streifens. Dieser zeigte offenbar nach solchem Versuche eine allmählich verlaufende, abnehmende Färbung.

Um nun den Punkt der Normalfärbung zu bestimmen, wurden die belichteten Streifen ins Dunkle gebracht und hier bei dem Licht einer durch Kochsalz gelb gefärbten, nicht chemisch wirkenden Flamme eines Bunsenschen Brenners betrachtet.

Man klebt zu dem Behufe den belichteten Streifen auf ein Brettchen und führt eine Holzscheibe darüber hinweg, in deren Mitte ein schmales Loch, 5 bis 6 Millimeter weit, geschnitten ist und halb mit einem Stückchen des mit Zinkweifsruß geschwärzten Normalpapiers angefüllt ist. Man sieht durch dieses Loch nur ein kleines Feld des Streifens auf einmal, ohne daß das Auge durch die Färbung der benachbarten Theile gestört wird. Man schiebt nun das Brettchen so lange hin und her, bis man die dem Normalpapier gleiche Färbung gefunden hat. Um dies zu erleichtern, concentrirt man das gelbe Licht auf die Oeffnung des Brettchens mit einer Sammellinse. Man findet so sehr genau die Stelle der Normalfärbung und aus der Lage derselben auf dem Streifen die Zeit der Belichtung. Bunsen nennt nun diejenige Lichtintensität, welche in einer Secunde die Normalfärbung hervorbringt, die Lichteinheit. Je länger die Belichtung gedauert hat, die zur Erzielung der Normalfärbung nöthig war, desto schwächer ist die Lichtstärke. Waren z. B. 5 Secunden nöthig, so ist die Lichtstärke nur $\frac{1}{5}$ der Lichteinheit, waren $\frac{3}{4}$ Secunden nöthig, so ist die Lichtstärke 1 getheilt durch $\frac{3}{4} = \frac{4}{3}$.

Man erhält demnach die Lichtstärke, wenn man mit der Belichtungsdauer in 1 dividirt.

Der Nutzen dieses handlichen Instruments für die chemische Meteorologie ist einleuchtend, und haben Bunsen und Roscoe damit in der That eine Reihe interessanter photochemischer Messungen ausgeführt. Swan hat das Instrument in veränderter Form auch in die photographische Praxis eingeführt. Er benutzt es zur Bestimmung der Expositionszeit im Kohlendruck, indem er gleichzeitig mit dem Negativ ein Stück empfindliches Papier unter einer belichteten und entwickelten Collodionplatte exponirt. Sobald dieses Papier eine bestimmte Nüance erreicht hat (die durch Vergleichung mit einem gefärbten Normalpapier erkannt wird), ist der Kohlendruck vollendet.

Hier ist wegen der beträchtlichen Lichtschwächung durch die auf

dem empfindlichen Papier liegende geschwärzte Collodionplatte längere Zeit nöthig, um eine bestimmte Färbung hervorzubringen. Die Intensität derselben ist ein Criterium für die innerhalb der gedachten Zeit zur Wirksamkeit kommenden chemischen Lichtmenge. Im zweiten Theil dieses Buches wird specieller von diesem Verfahren die Rede sein.

Bereits haben Bunsen und Roscoe mit ihrem Instrument zahlreiche Bestimmungen gemacht; hoffen wir, daß dasselbe bald von meteorologischen Stationen und intelligenten Photographen zu weiteren Forschungen über das chemische Wetter benutzt werden möge; dann ist die Zeit nicht mehr fern, wo wir etwas mehr geben können, als die bloßen Grundzüge einer chemischen Meteorologie. Dann werden wir vielleicht einmal im Stande sein, Linien gleicher, mittlerer chemischer Lichtintensität, ähnlich den Isothermen, um den Erdball zu ziehen.

Die optischen Instrumente.

Allgemeines.

Wir haben in dem vorhergehenden Capitel die chemische Intensität des Lichtes verschiedener Lichtquellen kennen gelernt.

Eine gegebene Quantität chemisch wirksamen Lichtes ist für sich allein nicht im Stande, auf einer sensiblen Fläche ein Bild zu erzeugen; sie würde höchstens ein Stück photographischen Papiers nur mehr oder weniger intensiv schwärzen. Eine solche schwarze Fläche ist aber kein Bild. Zur Erzeugung eines Bildes müssen wir gewisse Stellen der empfindlichen Schicht vor der Wirkung des Lichtes schützen, andere wieder denselben mehr oder weniger aussetzen. So erzeugen wir Abwechselungen von Licht und Schatten, und diese machen erst, sobald ihre Contouren den Umrissen von Gegenständen in der Natur entsprechen, ein Bild aus.

Wir erreichen diesen Zweck auf zweierlei Weise:

- 1) Indem wir diejenigen Gegenstände, von welchen wir Bilder zu erzeugen wünschen, unmittelbar mit der lichtempfindlichen Schicht zusammenpressen und so, das Original nach oben, dem Lichte aussetzen.

Das ist die directe Copirmethode; so kann man Pflanzenblätter, Zeichnungen u. s. w. reproduciren und erhält je nach den Umständen hierbei ein Bild, das in seinen Licht- und Schattenverhältnissen dem Original entspricht — ein Positiv, z. B. bei Willis' Anilindruck, Joubert's, Obernetter's und Leth's Kohleverfahren (siehe Seite 32); oder man erhält das Umgekehrte davon — ein Negativ (Fox Talbot's Verfahren, siehe Einleitung). Ein solches Negativ kann wieder zum Copiren positiver Bilder mit Hülfe des Lichts benutzt werden. Dieser Copirproceß ist der gewöhnliche photographische Druckproceß. In diesen Processen haben wir es also mit ebenen Originalen zu thun, die mit der empfindlichen Fläche zusammengepreßt dem