

F.

Faeces s. Excremente. Bd. II. S. 1084.

Faecula, Satzmehl, zum Theil gleich bedeutend mit Stärke (s. Amidon). Man gewann früher für den pharmaceutischen Gebrauch aus vielen Wurzeln das darin enthaltene Stärkemehl; in der Regel blieben demselben andere in den Wurzeln enthaltene, in Wasser schwer lösliche theils bittere, theils scharfe Stoffe anhängen und veränderten daher die Wirksamkeit dieser Faecula genannten Präparate, je nach der Pflanzengattung, aus der sie bereitet worden.

V.

Fällung, Fällungsmittel. Fällungsmittel nennt man ein jedes Agens, welches durch Aenderung der chemischen Verwandtschaft, oder in Folge von Adhäsion (Flächenanziehung) aufgelöste Stoffe aus ihren liquiden Verbindungen in fester oder flüssiger Form abscheidet. Der ausgeschiedene Körper heist Niederschlag, Präcipitat, gleichviel ob er sich zu Boden setzt, oder specifisch leichter ist, als die Flüssigkeit, worin er entsteht.

Bekannte Fällungsmittel für Kalk und Baryt sind Auflösungen schwefelsaurer oder kohlenaurer Salze, für Silber Salzsäure etc. Je nachdem die Barytlösung zu der schwefelsäurehaltigen Flüssigkeit, oder diese zu jener hinzugefügt wird, heist bald das eine, bald das andere, Fällungsmittel und zwar stets diejenige Flüssigkeit, welche in die andere eingetragen wird. In der Regel ist es für das Resultat der Fällung bedeutungslos, ob man die Flüssigkeit *A* in die Flüssigkeit *B*, oder *B* in *A* einträgt, in einzelnen Fällen bilden sich jedoch verschiedene Producte. So entsteht durch Fällung eines Kupferoxydsalzes mit Ferrocyankalium ein Niederschlag von Ferrocyankupfer; wenn man aber umgekehrt die Kupferlösung tropfenweise unter Umrühren in das Ferrocyankalium gießt, so ist der braunrothe Niederschlag ein Doppelsalz von Ferrocyankalium mit Ferrocyankupfer.

Welchen Einfluss viele andere Umstände auf die Beschaffenheit der Niederschläge haben, wie sehr z. B. die Farbennüance des Chromgelbs von der Temperatur des Fällungsmittels wie der zu fällenden Flüssigkeit und davon abhängig ist, ob sie mehr oder weniger sauer sind u. s. w., ist in der Färberei wohl bekannt.

Die Wirkungsweise der Fällungsmittel kann eine sehr mannichfaltige seyn.

Niederschläge können, wie in dem obigen Falle, durch doppelte Zersetzung oder durch directe Verbindung des Fällungsmittels mit der zu fallenden Substanz, ferner durch Entziehung des Lösungsmittels, durch galvanische Action u. a. m. hervorgebracht werden. Bekannte Beispiele der Art liefern die Fällungen von Bleisalzen durch Schwefelwasserstoff, von Kalk durch Kohlensäure, die Ausscheidung von Eisenoxydhydrat aus seinen sauren Lösungen durch kohlen-sauren Baryt, die Präcipitation von basischem Antimonchlorid oder von Camphor aus dessen weingeistiger Lösung durch Wasser, die Fällung der Kieselerde aus einer gesättigten alkalischen Lösung durch Säuren, der Niederschlag von metallischem Kupfer auf Eisen, oder die Abscheidung von regulinischem Blei, wenn man Schwefelblei mit Eisen zusammenschmilzt u. s. w.

Häufig entstehen Niederschläge durch bloße Störung oder Aenderung der chemischen Verwandtschaft, ohne dass eine fallende Substanz hinzukommt, z. B. durch Wärme, wenn essigsäures Eisenoxyd zum Kochen erhitzt wird. In diesem Falle kann die Wärme als Fällungsmittel betrachtet werden.

Eine andere Art der Präcipitation, welcher große Gebirgsmassen ihre Entstehung verdanken, die Ablagerung des Kalktuffs, wird durch Verdunstung der Kohlensäure bewirkt, welche den kohlen-sauren Kalk im Wasser gelöst hält.

In der Geologie nennt man auch die sich aus dem Wasser absetzenden Thon- und Sandlager Niederschläge, welche ursprünglich nicht aufgelöst, sondern darin nur aufgeschlämmt waren.

Fällungsmittel eigenthümlicher Art bilden poröse Körper, namentlich Thierkohle, insofern sie durch Flächenanziehung wirken. Bekannte hieher gehörige Erscheinungen sind das Entfärben des rothen Weins, das Entfuseln (s. d. Art.) des Spiritus, die Reinigung des Rohzuckers etc. Vrgl. den Art. Kohle.

Je nach dem Ansehen und der äußeren Beschaffenheit der Niederschläge unterscheidet man pulverige (kohlen-saurer Kalk, kohlen-saures Bleioxyd), krystallinische (oxalsaurer Kalk, Weinstein), flockige (Eisenoxydhydrat), käsige (Chlorsilber) und gelatinöse Niederschläge (Kieselsäurehydrat). Sehr schwache Niederschläge, die sich erst nach langer Zeit zu Boden setzen, bewirken eine Trübung.

Manche Niederschläge, namentlich die krystallinischen, besitzen die Eigenthümlichkeit, beim Zusammenmischen der betreffenden Flüssigkeiten nicht sogleich zu erscheinen, besonders wenn diese verdünnt sind. Ihre Abscheidung lässt sich aber, wie vom zweifach-weinsäuren Kali u. s. w. bekannt ist, durch Schütteln und starke Bewegung der Flüssigkeit beschleunigen. Andere Körper wie Chlorsilber, wenn es aus verdünnten Lösungen präcipitirt wird, und schwefelsaurer Baryt pflegen sich in einem so fein vertheilten Zustande niederzuschlagen, dass, wenn man sie unmittelbar filtrirt, die Flüssigkeit milchig durch's Filter geht. Diesem Uebelstande kann auf die eine oder andere Weise leicht vorgebeugt werden. Gewöhnlich genügt es, die trübe Flüssigkeit, besonders an einem warmen Orte eine Zeit lang ruhig stehen zu lassen. Beim Chlorsilber bedarf es nur einer starken Bewegung mit einem Glasstabe, damit die kleinen Partikel zu einem käsigen Niederschlage sich vereinigen. Andere Körper wollen heiß, schwefelsaurer Baryt außerdem aus einer salzsäurereichen Auflösung gefällt seyn.

Ueber die ungleiche Form der Niederschläge sind von Harting¹⁾ Beobachtungen gemacht, deren Resultate wir im Folgenden kurz zusammenfassen. Es giebt nach ihm vier Hauptformen, welche als die Elementarformen der mikroskopischen unorganischen festen Theilchen zu betrachten sind, nämlich die krystallinische, moleculäre, durchscheinend häutige und gelatinöse Form. Alle übrigen Formen lassen sich aus jenen herleiten, und entstehen theils durch Vermischung der primären Formen, theils (bei starker Concentration der sich präcipitirenden Flüssigkeiten) durch Aufeinanderhäufung der kleinsten Theilchen.

Die krystallinische Form, welche beim schwefelsauren Kalk, phosphorsauren Bleioxyd vorkommt, ist die seltenere. Erhöhung der Temperatur befördert immer die Neigung, krystallinische Niederschläge zu bilden, und die Krystalle in denselben werden um so größer, je concentrirter die Lösungen sind.

Bei der moleculären Form, welche durch Eisenvitriol präcipitirtes Gold oder Quecksilberoxyd, aus Sublimat durch Aetzkali gefällt, annehmen, ist schwer zu entscheiden, welche Gestalt die kleinsten Partikel besitzen. Mitunter scheinen sie kugelförmig zu seyn. Man nimmt in der Regel kleine rundliche Theile wahr, deren Durchmesser selten mehr als $\frac{1}{1000}$ Millimeter beträgt. Sie besitzen große Neigung, sich zu Flocken zu vereinigen, oder Lamellen zu bilden.

Die durchscheinend häutige Form zeigt sich beim Eisenoxydulhydrat, welches aus Eisenvitriollösung durch Kali niedergeschlagen wird, ferner bei dem Berlinerblau, dem Ferrocyanquecksilber und kohlen-sauren Kalke, aus concentrirter Chlorcalciumlösung durch kohlen-saures Kali gefällt. Die häutigen Niederschläge sind unmittelbar nach ihrer Bildung vollkommen durchscheinend, aber bald fangen sie an sich zu verändern, werden trübe und es bilden sich durch Vereinigung sehr kleiner, wenig zusammenhängender Theile, Molecüle, wobei das Häutchen selbst merklich dünner und lockerer wird. Solche Niederschläge bildet durch Kali gefälltes Eisenoxydhydrat oder mit Ammoniak präcipitirtes Zinkoxydhydrat. Harting nennt diese Form die häutig moleculäre Form.

Die gelatinöse Form, welche bei der Thonerde und der aus Kieselfluorwasserstoffsäure sich abscheidenden Kieselerde beobachtet wird, steht der häutigen sehr nahe; aber es lässt sich in diesen durchsichtigen Niederschlägen keine Bildung von Molecülen wahrnehmen, sie erleiden überhaupt keine Veränderung.

Wie die häutig moleculären Niederschläge, so ist auch die flockige und lamelläre Form eine secundäre. Sie entsteht durch Vereinigung der Molecüle in einem moleculären Niederschlage oder beim Uebergange der häutigen Form in die moleculare.

Tertiärer Bildung endlich ist die granulöse Form der Niederschläge. Die Granulirung findet gewöhnlich im Inneren der Flocken Statt und entsteht durch Vereinigung von mehreren Molecülen. Die Körner sind kugelförmig, ellipsoidisch oder auch unregelmäßig, mitunter haben sie einen Kern²⁾.

H. K.

¹⁾ Bulletin des sc. phys. et nat. en Neerlande, 1840 p. 287, Berzelius, Jahresbericht, XXII., S. 33.

²⁾ Andere Untersuchungen über diesen Gegenstand von Link und Marchaud finden sich in Poggd. Ann. der Phys. Bd. XXXXVI. S. 298. und Journ. für prakt. Chem. Bd. XXIII. S. 460.

Färberei (Färbekunst). Die Färberei beschäftigt sich damit, Farben auf Faserstoffe, hauptsächlich auf Wolle, Seide, Baumwolle und Leinen und auf die daraus gewebten Zeuge zu befestigen. Diese Kunst beruht auf chemischen Gesetzen, welche jedoch keineswegs überall in's Klare gebracht sind. Ohne hier in das Nähere des technischen Verfahrens einzutreten, wollen wir die allgemeinen chemischen Grundsätze, auf welchen dasselbe beruht, entwickeln und dann den zur Darstellung der Farben zu befolgenden Gang im Allgemeinen darlegen.

I. Allgemeine chemische Grundsätze der Färberei.

Die Färberei unterscheidet sich durch die Art, wie sie die Farben aufträgt, wesentlich vom Anstreichen und Malen, wenn schon in beiden Arbeiten viele gleiche Farbstoffe angewandt werden. Beim Anstreichen mit Malerfarben wird die Oberfläche eines Körpers mit dem schon fertig gebildeten Pigmente überzogen und diese Farbe haftet nur durch Adhäsion. In der Färberei dagegen muss das Pigment erst auf und in der zu färbenden Faser diejenige Eigenschaft erhalten, durch welche es zu seinem Zwecke geeignet wird; es muss nämlich im aufgelösten Zustande applicirt und erst auf und in der Faser in unlöslichen Zustand übergeführt werden und muss in diesem Zustande Affinität zur thierischen und vegetabilischen Faser haben.

Dieses ist der Grundbegriff der ganzen Operation. Hiermit ist zugleich die Reihe der möglicher Weise hier anwendbaren natürlichen Farbstoffe umschrieben.

Die Farbstoffe sind theils mineralischen, theils vegetabilischen, theils animalischen Ursprungs.

Die zahlreichen Pigmente unorganischen Ursprungs, fast durchgehends ausgezeichnet durch den Glanz, die Tiefe und die Dauerhaftigkeit ihrer Farben, sind wichtiger für die Malerei als für die Färberei, denn nur wenige besitzen diejenigen Eigenschaften, welche sie in der Färberei anwendbar machen, d. h. Affinität zur Faser und Auflöslichkeit in hier geeigneten Mitteln. Von animalischen Farbstoffen war früher der Purpursaft mehrerer Schnecken, besonders der *Purpura patula*, im Gebrauch, später der Kermes, *Coccus ilicis*, und der polnische Kermes, *Porphyrophora polonica*, jetzt fast allein noch die ächte Cochenille, *Coccus cacti*, und die Secretion der Gummischildlaus, *Coccus lacca*. Bei weitem die wichtigsten für die Färberei sind die vegetabilischen Farbstoffe. Ihre Zahl ist sehr groß. Sie kommen in allen Theilen der Pflanzen vor, in Wurzeln, Bast, Rinden, Holz, Stengeln, Blättern, Blüten u. s. w. Sie sind von Natur theils roth, theils blau, theils grün, in großer Menge gelb, andere falb und braun, selten dunkel bis zum Schwarzen. In ihren chemischen Beschaffenheiten weichen sie sehr von einander ab, sie bilden keine eigene Gattung von bestimmtem Charakter, wie z. B. die Fette, die Zuckerarten u. a. Gemeinsam ist ihnen nur, dass sie eben den färbenden Stoff des Theils der Pflanze ausmachen, worin sie vorkommen. Die meisten sind im Wasser löslich, andere, den Harzen ähnlich, nur in Weingeist. Die meisten sind stickstofffrei, andere stickstoffhaltig; einige sind sehr reich an Kohlenstoff, andere enthalten kaum mehr als die Holzfaser. Wenige lassen sich unzersetzt sublimiren, wie das Indigoblau, das Krapproth. Einige verhalten sich gegen Basen als Säuren, andere sind unstreitig indifferent (Carthamin, Alkannaroth), ohne doch deshalb der Affinität

zur Faser zu entbehren. Viele sind in reinem Zustande noch nicht dargestellt worden. Es ist längst bekannt, dass viele Pflanzen zu gleicher Zeit verschiedene Pigmente enthalten; ebenso, dass organische Farbstoffe unter den atmosphärischen Einflüssen sich in ihrer Färbung auffallend verändern und aus einem lichter gefärbten Zustande in einen dunkler gefärbten übergehen. Durch die Untersuchungen Chevreul's über Morin und Morein und die auf gleichem Wege über viele andere Farbstoffe ausgebreiteten Arbeiten neuerer Chemiker sind die verschiedenen Pigmente in derselben Pflanze als Modificationen desselben Stoffes, als Producte der Entwicklung und Selbstzersetzung, erkannt worden. Es geschieht diese Entwicklung zunächst in der lebenden Pflanze, welche deshalb ihr Pigment auf verschiedenen Entwicklungsstufen enthalten kann. Die Wurzel der jungen Krapppflanze ist noch arm an Krapproth und Krapppurpur, die sich erst in der zwei- und dreijährigen Pflanze anhäufen. In den Nerineen und Indigoferen geht das Indigoweiss in den Blättern schon zum Theil in Indigoblau über, und färbt diese blaugrün. Diese Veränderung geht aber fort auch nach dem Absterben der Pflanze; sie zeigt sich in dem geschnittenen Holze (die gelbrothe Farbe eines frisch angehauenen Blauholzschentes geht an der Luft in Roth, Purpur, zuletzt in Schwarzbraun über), in der gemahlener Wurzel (das anfangs gelbliche Krapppulver wird durch mehrjähriges Liegen röther, d. h. reicher an Krapproth und Krapppurpur, weiter hinaus verschlechtert es sich durch Ueberhandnahme des Krappbrauns auf Kosten jener). Diese Selbstzersetzung der Pigmente tritt besonders hervor in ihren Auflösungen, zumal beim Kochen derselben; sie wird befördert durch die Gegenwart stickstoffhaltiger Körper (im Krapppulver z. B. und in der Alkannawurzel) und durch Alkalien, besonders durch Ammoniak. Aus diesem an einer Reihe von Farbstoffen erwiesenen Verhalten hat Preifser¹⁾ den Schluss gezogen, dass alle organische Farbstoffe Modificationen und zwar Oxydationsstufen ursprünglich farblos er Verbindungen seyen, welche er durch Einwirkung von Schwefelwasserstoff auf die Bleiverbindungen dieser Pigmente wirklich dargestellt zu haben angiebt. Dass hiermit auf einfache und schöne Weise der chemische Charakter aller Farbstoffe unter einen theoretischen Gesichtspunkt zusammengefasst ist, mag Ursache des allgemeinen Beifalls seyn, der dieser Ansicht gezollt wurde. Sie ist in mehrere Compendien übergegangen (Dumas); aber leider hat die Wiederholung der Versuche die Angaben, auf welche Preifser seine Theorie stützte, nicht bestätigt²⁾. Es lassen sich auf dem von ihm angegebenen Wege die Farbstoffe nicht rein und wenn auch einzelne in farblosen Modificationen, doch nicht alle und nicht in fester Gestalt darstellen; auch kann die fortgehende Veränderung der Farbstoffe, ihre Entwicklung in der Pflanze und ihre Selbstentmischung im zubereiteten und aufgelösten Zustande, nicht für alle gleichmäfsig als Oxydation gefasst werden, vielmehr wird die Bildung der Extractabsätze, der Uebergang des Indigoweiss in Blau durch Wasserstoffabgabe, des Zuckers in Weingeist und Kohlensäure, des Gerbstoffs in Gallussäure und

¹⁾ Journ. de pharm. et de chim. 3te série V.

²⁾ Siehe Arppe über die Cochenille. — Ann. d. Chem. u. Pharm. v. Liebig LV. S. 101. und Warren de la Rue über den gleichen Farbstoff. Ebenda selbst LXIV. S. I. — Schlieper über den Saflor. LVIII. S. 357. — Bolley über Preifser's Versuche LXII. S. 129.

Kohlensäure u. s. w. Analogien bieten zur Erklärung dieser Veränderungen, welche zusammen die verschiedenen Acte im Verwesungsprocess der Farbstoffe ausmachen. Für den Färber aber ist die Kenntniss dieser Thatsachen vom grössten Belange. Denn seine Kunst besteht eben darin, dieser chemischen Veränderungen in der Constitution und somit auch in der Nüance der Farbstoffe Meister zu werden. Je nachdem er es braucht, wird er sie bald befördern, entweder um in den Farbmaterien eine intensivere Farbe sich entwickeln zu lassen (Netzen des gemahlten Campecheholzes, Gähren der Rothholzbrühen) oder um die auf dem Zeug schon applicirte Farbe weiter abzudunkeln (Blau aus der Indigoküpe, Bräunung der Catechufarben durch Chromsäure), bald wird er sie hemmen und das Pigment mit der Faser so verbinden, dass keine weitere Selbstentmischung mehr stattfindet (türkischrothgefärbte Baumwolle darf nicht an der Luft braun werden, wie das Krapppulver, aus dem sie gefärbt worden ist). Er erreicht dieses einerseits durch Entfernung der disponirenden Ursachen, andererseits durch Anwendung der Beizen, d. h. durch Verbindung des Farbstoffes mit Salzbasen und mit der Faser. Denn die unbeständigsten Pigmente (z. B. das Gelb des Saffors), welche in ihrem einfachen Lösungsmittel, Wasser oder Weingeist, so rasch sich zersetzen, dass eine Analyse derselben fast unmöglich wird, widerstehen den zersetzenden Einflüssen der Luft, wenn sie z. B. an Thonerde oder Bleioxyd gebunden sind. Da aber wiederum andere Basen die weitere Zersetzung auch des auf dem Zeuge fixirten Farbstoffes befördern (z. B. Kupfersalze für's Blauholzpigment), so ist einleuchtend, dass die nähere Erforschung aller dieser Wechselbezüge für die Färberei von grosser Wichtigkeit ist. Die Wissenschaft hat also der Technik noch Vieles vorzuarbeiten, und die Kunst wird ihre Vollkommenheit und Sicherheit nicht erreichen, bis die chemische Analyse die Natur der Farbstoffe auf jeder Entwicklungsstufe kennen gelehrt hat, im reinen Zustande sowohl wie in den Verbindungen mit den als Beizen anwendbaren Salzbasen.

Zur Verwendung in der Färberei können auch unter den vegetabilischen Pigmenten diejenigen nicht mitzählen, welche in den hier anwendbaren Auflösungsmitteln nicht löslich sind, also nicht das Blattgrün, nicht die schwarze Farbe des Ebenholzes und vieler Kryptogamen. Denn für den Gebrauch der Färberei geschieht die Auflösung der Pigmente aus den natürlichen Farbmaterien im Wasser, ausnahmsweise bei wenigen in verdünnten Säuren oder Alkalien oder in Weingeist. Sie wird durch Infusion, durch die hydraulische Extractionspresse, durch Abkochen, oft mittelst eingeleiteten Dampfes, bereitet. Die fabrikmässige Darstellung dieser Auszüge in trockener, teigförmiger und flüssiger Gestalt beschäftigt in neuerer Zeit grosse Etablissements, da diese concentrirten Extracte in der Wollen- und Seidendruckerei vorzugsweise angewandt werden.

Dieser Auszug (Farbbrühe) enthält das Pigment in Verbindung mit seinem Auflösungsmittel und daneben noch alle anderen in diesem Medium auflösbaren Stoffe des Farbmateriens, also Gummi, Extractivstoffe u. s. w. Die chemische Verbindung des Pigments mit dem Auflösungsmittel ist schwach und wird durch alle Körper, welche eine stärkere Anziehung zu demselben haben, leicht wieder aufgehoben. Wie die Kohle rothen Wein und Blauholzabsud entfärbt und das Pigment unverändert in sich aufnimmt, so hat auch die vegetabilische,

mehr aber noch die animalische Faser Neigung, sich unmittelbar mit den Pigmenten zu verbinden. Doch ist eine solche durch Digestion der Faser in der Auflösung des Pigments entstehende Färbung so lose, dass sie durch wiederholte Behandlung mit dem gleichen Auflösungsmittel, besonders warm, wieder aufgehoben, also die Farbe des Blaulozes, des schwefelsauren Indigo's, des in Oxalsäure gelösten Berlinerblau's durch Waschen mit warmem Wasser, die Farbe der Alkannawurzel durch Behandlung mit Weingeist von der Faser wieder weggenommen werden kann. Dann erst heißt der Stoff wirklich gefärbt, wenn das in der Farbbrühe aufgelösete Pigment während seiner Verbindung mit dem Stoff eine solche Veränderung erleidet, dass es in seinem vorigen Auflösungsmittel unauflöslich wird. Die erzeugte Farbe heißt um so mehr eine ächte, je mehr die Verbindung dieses veränderten Pigments mit der Faser auch noch anderweitigen Auflösungsmitteln, insbesondere den sauren und alkalischen, und den Einflüssen von Licht und Luft widersteht. Ganz ächt ist freilich keine Farbe. Alle vegetabilischen Pigmente weichen der Einwirkung des Chlors, Mineralfarben den Säuren oder Alkalien, das solide Indigoblau verschwindet, wenn es längere Zeit dem Lichte ausgesetzt wird. Ueberhaupt lässt sich eine bestimmte Grenzlinie zwischen falschen, halb ächten und ganz ächten Farben nicht ziehen.

Die zum Färben nöthige Unauflöslichkeit des Pigments wird auf der Faser hervorgebracht

1) Durch Hinwegnahme des Auflösungsmittels. Hierunter ist aber nicht die bloße Abdunstung des Wassers verstanden, wenn das zurückbleibende Pigment sich durch erneuerte Behandlung mit Wasser wieder lösen lässt; sondern nur die Hinwegnahme des Auflösungsmittels solcher Farbstoffe, welche nicht in Wasser, sondern nur in Säuren oder Alkalien löslich sind. Dieser einfache Weg findet also nur beschränkte Anwendung. So fixiren sich Farbstoffe, welche in Ammoniak löslich sind und in Wasser unlöslich, durch bloße Verdunstung des Ammoniaks. Kupferoxydammoniak aufgedruckt giebt eine schöne hellblaue Farbe, wenn durch Verflüchtigung des Ammoniaks während des Trocknens Kupferoxydhydrat oder drittelschwefelsaures Kupferoxyd auf der Faser zurückbleibt. Auf gleiche Weise wird ein schönes Dunkelbraun durch Aufdruck der löslichen Verbindung von Kupferammoniak mit Catechupigment und Verdampfen des Ammoniaks erzeugt. Auch das Färben mit dem rothen Pigment des Saffors, *Carthamus tinctorius*, geschieht einfach durch Wegnahme des Auflösungsmittels. Ist aus dem Saffor durch Waschen mit reinem oder besser mit angesäuertem Wasser das gelbe Pigment weggeschwemmt, dann durch Alkalien das rothe aufgelöst worden, so wird durch Zusatz von Säuren das alkalische Auflösungsmittel neutralisirt und das ausgeschiedene Pigment verbindet sich, wenn es im Moment der Fällung Baumwolle oder Seide vorfindet, mit dieser. Aehnlich ist ferner der Vorgang bei Fixirung der Metalloxyde, wenn ihr Auflösungsmittel, die Säure, durch ein Alkali weggenommen wird; jedoch kann hier die Färbung nicht, wie beim Safforroosa, so geschehen, dass das Alkali unmittelbar in die Salzlösung geschüttet wird, in welcher sich zugleich das zu färbende Zeug befindet. Der Niederschlag der Metalloxyde ist zu schwer und massenhaft, als dass er in die feinen Zwischenräume der Faser eindringen könnte; die Cohäsion seiner Theile würde die geringe Affinität der Faser zum

Oxyde überwiegen. Hier muss also der zu färbende Stoff zuerst von der Metalllösung durchtränkt und dann in ein anderes alkalisches Bad gebracht werden. So Mineralblau aus Kupfervitriol und Kalkbädern, Nanking aus Eisenoxydlösungen und Pottasche oder Sodabädern.

2) Ein zweites Mittel zur Ueberführung des gelösten Pigments in einen unlöslichen Zustand und Fixirung desselben auf der Faser ist die unter dem Einflusse der Luft stattfindende Veränderung des Pigments, die man kurz die *Oxydation* desselben nennen kann. Wird das Zeug mit der Auflösung eines Metallsalzes getränkt, dessen Base in eine höhere Oxydationsstufe überzugehen im Stande ist, so wird sich durch die bloße Oxydation an der Luft auf der Faser ein unlösliches basisches Oxydsalz bilden. Durch Vereinigung dieses zweiten mit obigem ersten Wege werden die soliden Rost- und Bisterfarben erzeugt. Das Auflösungsmittel des Eisenoxyduls und des Manganoxyduls wird durch Alkalien weggenommen und der Oxydulniederschlag auf dem Zeug mittelst der Luft oder durch Mitwirkung von Chlor oder doppelt-chromsaurem Kali in Oxydhydrat übergeführt.

Hierher gehören ferner sehr viele vegetabilische Farbstoffe, in denen Gerbsäure einen Hauptbestandtheil ausmacht. Hat eine wässrige oder alkalische Lösung derselben den Stoff durchdrungen, so verändert sich das Pigment an der Luft, wird dunkelbraun und im Wasser unlöslich, so dass es jetzt von der Faser nicht mehr ganz durch Auswaschen entfernt werden kann. Da jedoch diese Oxydation, wenn sie nur durch den Sauerstoff der Luft geschehen soll, langsam und nicht an allen Stellen gleichmäfsig vor sich geht, so muss zur Darstellung satter und equaler Farben auf diesem Wege noch zu kräftiger einwirkenden Oxydationsmitteln gegriffen werden. Vor allen leistet hierzu das doppelt-chromsaure Kali treffliche Dienste. Durch seine Einwirkung auf die gerbsäurehaltigen Pigmente werden diese höher oxydirt, dunkler gefärbt, unlöslich, während es selbst in Chromoxyd zersetzt wird. So lassen sich auf sehr einfachem Wege mannichfache Farbeniederschläge auf dem Zeuge fixiren, welche aufser dem veränderten Pflanzenpigmente zugleich noch Chromoxyd und, wenn Chromsäure im Ueberschuss angewandt wurde, auch noch braunes chromsaures Chromoxyd enthalten und welche den Vorzug großer Aechtheit haben und den, dass sie sehr egal ausfallen. Diese gegenseitige Einwirkung zwischen Farbstoff und doppelt-chromsaurem Kali geht besonders rasch und kräftig bei Erlenrinde und Catechu, weshalb jetzt auch allgemein dieser Weg zur Darstellung mehrerer brauner Nüancen eingeschlagen wird. Bei Farbstoffen, wo der Gerbstoff nicht wie bei Catechu, Erlenrinde u. s. w. der Haupttheil des Färbenden, sondern nur gleichsam das Begleitende ist, z. B. Quercitron, besonders aber bei den flüchtigen Pigmenten der Rothhölzer, ist die Färbung mittelst Oxydation durch Chromsäure nicht anwendbar, theils weil die dadurch hervorgebrachten Nüancen trüb und unschön sind, theils weil sie gern mager ausfallen; denn es ist schwer, das richtige Verhältniss zwischen dem Pigmente und dem doppelt-chromsauren Kali zu treffen; ein Ueberschuss des letzteren wirkt gänzlich zerstörend auf die Farbe. Bis jetzt hat, aufser dem oben angeführten Braun, nur das Schwarz aus Blauholz und chromsaurem Kali Anwendung im Großen gefunden.

Eine analoge Erscheinung mit der Fixirung der Pigmente durch Oxydation findet Statt beim Färben in der Indigoküpe. Das aus dem

Indigoblau durch Aufnahme von 1 Aeq. Wasserstoff, in der warmen Küpe mittelst Gährung, in der kalten Küpe mittelst des Eisenvitriols, dargestellte und in der alkalischen Flüssigkeit gelöste Indigoweifs hat eine grofse Verwandtschaft zur animalischen wie zur vegetabilischen Faser und verbindet sich mit ihr in einer Menge, die mit der Stärke der Küpe und mit der Zeit, welche das Zeug in der Küpe zubringt, in geradem Verhältniss steht. Diese Verbindung wird aber erst dadurch fest, dass das aus der Küpe gelb herauskommende Zeug der Einwirkung der Luft ausgesetzt wird, so dass das Indigoweifs auf und in der Faser vergrünt, d. h. durch Abgabe des Wasserstoffäquivalents und Wasserbildung in Indigoblau übergeht, welches jetzt durch das frühere Auflösungsmittel nicht mehr weggewaschen wird.

3) Wird das mit einer Salzlösung getränkte Zeug in eine andere Salzlösung gebracht, oder eine solche aufgedruckt, durch deren doppelte Zersetzung eine unlösliche Verbindung entsteht, so kann diese hiermit auf dem Faden fixirt werden. Auf diesem Wege wird das lebhafteste Blau auf Wolle, Seide und Baumwolle erzeugt durch die Einwirkung des mit einer Säure versetzten eisenblausauren Kalis auf das mit Eisenoxyd getränkte Zeug. So das glänzendste Gelb auf Baumwolle durch Zersetzung von essigsauerm oder salpetersauerm Blei durch doppelt-chromsaures Kali. Auf gleiche Weise hat man längere Zeit das sogenannte Scheel'sche Grün auf Baumwolle fixirt durch wechselnde Behandlung mit Kupfervitriol oder besser noch Kupferammoniak und arsenigsauerm Kali. Auch ein brauchbares Braun lässt sich durch doppelte Zersetzung aus eisenblausauerm Kali oder chromsaurem Kali und Kupferoxydammoniak darstellen.

4) Das letzte und das hauptsächlichste Mittel, durch welches die Ueberführung des Pigments aus dem aufgelösten Zustande in einen unauflöslichen und seine Fixirung auf der Faser bewirkt wird, ist das Beizen. Die animalische und die vegetabilische Faser übt Anziehung zu gewissen Salzen, besonders einigen basischen so, dass sie das neutrale Salz zu scheiden und einen Theil desselben als basisches Salz mit sich zu verbinden vermag. Ferner bewirken viele organische Farbstoffe in Salzlösungen Niederschläge durch Bildung eines sauren löslichen und eines basischen unlöslichen oder schwerlöslichen Doppelsalzes, worin der Farbstoff mit eintritt, in jenem die Rolle der Basis, in diesem die einer Säure übernehmend. Durch diese dreifache gegenseitige Einwirkung des Pigments, des Salzes und der Faser erhält der Färber, was er sucht, nämlich die Verbindung der Faser mit dem Farbstoffe, in Form eines unlöslichen oder schwerlöslichen und zugleich durch die atmosphärischen Einflüsse weniger veränderlichen Doppelsalzes der pigment-sauren Basis und des Salzes. Das Nähere dieses Processes und der dabei concurrirenden Umstände ist in unserem früheren Artikel »Beizen« entwickelt worden, auf welchen wir verweisen. Hier fügen wir nur noch bei, dass die meisten Farbstoffe organischen Ursprungs nur mittelst der Beizen zum Färben anwendbar werden. Selbst viele derjenigen, welche durch Oxydation unlöslich werden, liefern eine gehörig fette und genährte Farbe nur durch Mit Anwendung geeigneter Beizmittel. So werden z. B. für die verschiedenen Nüancen, welche Eichenlohe, Sumach und Catechu mit Chromsäure geben, überdem noch oft Alaun, besonders Kupfervitriol, und für dunkle Nüancen auch Eisensalze mitangewandt.

Dies sind die vier chemischen Prozesse, auf welchen das Färben, d. h. das Ueberführen eines aufgelösten Pigments in unlöslichen Zustand in und auf der Faser beruht. Die zwei ersten dieser Prozesse finden Statt sowohl bei Pigmenten organischen als unorganischen Ursprungs, der dritte hat seine Anwendung nur bei Mineralfarben, der vierte nur bei organischen Pigmenten.

Bankroft theilte alle Farbstoffe nach ihrem Verhalten, ich mögte sagen, nach ihrem Verwandtschaftsgrade zur Faser in substantive und adjective. Jene sollten durch eigene Verwandtschaft zum Zeug ohne weitere Zwischenmittel färben; bei den adjectiven sollte nur durch Beihülfe anderer Substanzen die Färbung erfolgen. Zu den substantiven rechnete er alle mineralischen Farbstoffe und von vegetabilischen hauptsächlich den Indigo, die Curcuma, den Orleans, Saffor; adjective waren ihm die übrigen animalischen und vegetabilischen Ursprungs. Diese Unterscheidung ist, wie so vieles Andere, aus dem Werke des verdienstvollen Bankroft's nachgeschrieben und bis jetzt in allen, das Theoretische der Färberei behandelnden Schriften beibehalten worden, obschon sie, wie obige Darlegung zeigt, weder theoretisch begründet, noch praktisch von einigem Werthe ist. Alle Pigmente, wenn schon verschieden in ihrer Affinität zur Faser, bedürfen irgend eines Mittels, durch welches sie aus dem gelösten Zustande zur Unauflöslichkeit übergeführt, also zum Färben anwendbar gemacht werden, sey dieses Mittel auch nur die Verdunstung ihres Lösungsmittels oder die Oxydation an der Luft.

Wir sind in dem Bisherigen von dem Grundsatz ausgegangen, dass in der Vereinigung des Pigments mit der vegetabilischen oder animalischen Faser nicht blofs Adhäsion und Haarröhrchenanziehung, wie bei der Entfärbung der Farblösungen durch Kohle, wirksam sey, sondern dass auch chemische Verwandtschaften in's Spiel treten. Viele Thatsachen sprechen hierfür. Nicht nur Wolle und Seide, sondern auch Baumwolle und Leinen scheiden die Pigmente und die Beizsalze aus ihren Lösungen und nehmen mehr derselben in sich auf, als in dem Theil der eingesaugten Flüssigkeit enthalten war. Je länger die Berührung dauert, desto mehr wird fixirt, was z. B. in der Indigoküpe und in Eisenbeizen auch ohne Wägung schon durch die Färbung augenfällig wird. Woher auch ohne eine chemische Verwandtschaft der große Unterschied der Anziehungskraft, mit welcher ein und derselbe Stoff, z. B. Baumwolle, verschiedene Beizsalze und Pigmente aufnimmt und bindet? und andererseits der Unterschied der Kraft, mit der ein und dasselbe Pigment vorzugsweise von Wolle oder von Seide oder von Baumwolle aufgenommen wird? — Die Mischung der Beizsalze mit manchen Farblösungen veranlasst nicht die Fällung eines unlöslichen Lackes, z. B. des Alauns mit Rothholz. Will man den Lack erhalten, so muss man ein Alkali zu Hülfe nehmen, durch das die Thonerde zuerst in Freiheit gesetzt wird. Wenn aber Baumwolle, in solche Farbbäder gebracht, die Stelle eines Alkali's vertritt, sich des eben erzeugten Niederschlages bemächtigt und eine intensive Färbung annimmt, so langt die Erklärung durch Haarröhrchenanziehung nicht aus. Auch die interessanten Versuche Chevreul's über die Beständigkeit einiger Farben im Licht, erhöhter Temperatur, Wasserdampf u. s. w. weisen darauf hin, dass bei gleichem Farbstoffe und gleicher Beize die Natur des Zeugs, ob Wolle, Baumwolle oder Seide, auf das Pigment selbst einwirkt und es in seinen physikalischen Eigenschaften verändert. Doch verwechseln wir, wenn wir von Affinität der Faser zu

den Beizsalzen und Pigmenten sprechen, diese Erscheinungen nicht mit der eigentlichen chemischen Verwandtschaft, wie sie bei den in bestimmten Proportionen erzeugten chemischen Verbindungen auftritt, so lange die Frage über die bestimmten Proportionen der Farbverbindungen noch ganz unsicher und unentschieden ist, durch deren Feststellung freilich auch die Färberei zu einem jetzt kaum gehauten Grade von Vollkommenheit und Sicherheit gelangen würde. Die Lösung der Aufgabe ist aber offenbar eine sehr schwierige. Es wird noch leichter seyn und ist der erste Schritt zu Lösung dieser Aufgabe, die Sättigungscapacität der rein gelegten Pigmente gegen die Beizsalze und die Scheidungen der aus verschiedenen Sättigungsstufen gemengten Zwischennüancen in den Laboratorien durch Untersuchung der gefärbten Niederschläge festzustellen. Aber schwierig wird es seyn, in Beziehung auf die Fähigkeit der Wolle-, der Seide- und Baumwollfaser, Beizen und Pigmente aufzunehmen, bestimmte Sättigungsstufen zu finden. Bis jetzt scheint dem Praktiker hier keine Folge fester Verbindungsstufen, sondern eine in fortlaufenden Uebergängen sich steigernde Aufnahmefähigkeit stattzufinden, von den hellsten Grundtönen bis zu dem Punkte, wo das gefärbte Zeug eine gleich tiefe Farbe zeigt, wie der eingetrocknete reine Farbstoff selbst. So färbt die Küpe vom hellsten Perlblau bis zu dem Dunkelblau mit Kupferglanz, welches der Indigo selbst besitzt. So nimmt die Seide in Schwertschwarz eine Masse Farbstoff auf, die 60, 80, ja 100 Proc. ihres eigenen Gewichtes beträgt. (Auf 100 Pfd. rohe Seide hat der Färber, je nach Begehr 160, 180, ja 200 Pfd. schwertschwarzgefärbte abzuliefern.)

II. Darstellung der einzelnen Farben.

Von den Färbern müssen die zu färbenden Stoffe, Garne oder Zeuge, zugerichtet werden, d. i. diejenigen fremdartigen Stoffe, welche im natürlichen Zustande die animalische und vegetabilische Faser umhüllen, und diejenigen zufälligen, d. h. von der vorhergehenden mechanischen Verarbeitung des Spinnens und Webens herrührenden Unreinigkeiten, welche der Aufnahme des Farbstoffes in den Weg treten würden, müssen entfernt werden. Dieses Reinlegen der Faser ist also ein mehr oder weniger vollkommenes Bleichen. Wirklich müssen auch Wolle, Seide, Baumwolle und Leinen vollkommen ausgebleicht werden, wenn helle und glänzende Farben darauf gefärbt werden sollen. Für dunklere Farben genügt eine mehr oder weniger dem Bleichen sich annähernde Reinigung.

Die Wolle wird entschweifst, d. h. von der fettigen Kaliseife, welche als eine Ausscheidung der Haut, im Schweiß, der Wolle im natürlichen Zustande anhängt, durch Behandlung in schwach ammoniakalischem Wasser ($\frac{1}{4}$ gefaulten Urins auf $\frac{3}{4}$ Wasser), weniger vortheilhaft auch mittelst Seife, welche aber das Haar angreift, bei 35—40° Wärme, und dann durch Auswaschen im Flusse gereinigt, wobei gröbere Wolle 20—25 Proc., feinere über 30 Proc. im Gewicht verliert. Auf gleiche Weise reinigt man auch Wollengarn und Wollenzeuge von dem während des Verspinnens aufgenommenen Fette. Tücher werden durch Walken mit Walkerde und etwas Seife vom Fett befreit. In den meisten Fällen braucht die Wolle vor dem Färben nicht weiter gebleicht zu werden, weil die Farben auf Wolle den Boden vollkommen decken. Ist aber ein Bleichen nöthig, so geschieht es durch schweflige Säure. Seide wird entschält, d. h. der sie umhüllende, Gummi und Wachs enthaltende

Firniss wird weggenommen durch ein- oder mehrmalige Behandlung in 60° heissen Seifenbädern, wobei sie an 25 Proc. vom Gewicht verliert (s. den Art. Bleichen). Von der Baumwolle wird der sie begleitende natürliche Firniss leichter getrennt. Es genügt für Garne ein längeres Sieden mit Wasser für alle dunkleren Farben. Bei Leinengarn mag ein Auskochen mit schwachen Laugen nur für die wenigsten Farben genügen; die meisten bedürfen der Halb- oder Ganzbleiche. Gewebe von Baumwolle und von Leinen, welche nicht ganz gebleicht werden sollen, müssen vor dem Färben wenigstens entschlichtet werden, d. h. durch Einweichen in Wasser und anfangende Gährung wird die hauptsächlich aus Stärkemehl und Fett bestehende Weberschichte zersetzt und dann durch Auskochen und Auswalken entfernt.

Als weitere Zurüstung vor dem eigentlichen Färben kann man auch das Beizen ansehen, wozu auch das Galliren oder Schmacken gehört. Man sehe über diesen Theil der Operation den Art. Beizen, wo auch über die Wirkung der verschiedenen Beizen und die verschiedene Anwendungsweise derselben und den bis zum Ausfärben zu befolgenden Gang das Nöthige gesagt ist.

In der Türkischrothfärberei erhält die Baumwolle noch eine eigenthümliche und sehr zusammengesetzte Vorbereitung, nämlich die sogenannten Oelbeizen, aus Oel mit Pottasche und Wasser bestehend, welche vor dem eigentlichen Beizen mit Alaun und vor dem Krappen gegeben werden. Es ist das in einem eigenthümlich veränderten Zustande mit der Faser und mit dem Pigment verbundene Olivenöl, welchem das Türkischroth die Schönheit, d. h. die Sättigkeit und den Glanz und die ungemaine Solidität seiner Farbe verdankt. Auch andere Farbstoffe gewinnen durch solche vorausgegangene Oelbeizen an Sättigkeit und Glanz. Das Nähere s. in dem Art. Rothfärberei.

Der Weg zur Darstellung der einzelnen Farben ist nicht nur je nach der Natur der Pigmente und der verlangten Farbe ein verschiedener, sondern gestaltet sich auch bei Anwendung des gleichen Pigments und für die gleiche Farbschattirung wieder verschiedentlich a) nach der Natur des Stoffs, der gefärbt werden soll: Wolle, Seide, Baumwolle, Leinen, Stroh; jedes verlangt nach seiner physischen und chemischen Eigenthümlichkeit ein abweichendes Verfahren, so dass in praxi Wollenfärbereien, Seidenfärbereien u. s. w. stets von einander getrennt gehalten werden; b) nach der äusseren Form des zu färbenden Stoffs, ob in Flocken, in Garnen, oder in Geweben, und c) je nachdem die Farbe gleichmäfsig über das ganze Zeug verbreitet (Färberei) oder auf einzelne Stellen des Gewebes beschränkt werden soll (topische Färberei, Druckerei). Alles dieses in den technischen Betrieb einschlagende Detail hier übergehend, beschränken wir uns auf Angabe der zur Darstellung der Hauptfarben angewandten Mittel und Wege.

Das solideste Blau wird dargestellt durch Indigo, in der Waidküpe für Wolle, in der Pottaschenküpe, warmen Küpe für Wolle, Baumwolle und Leinen, seltener Seide, in der Kalkküpe, kalten Küpe für Baumwolle und Leinen. In der Waidküpe wird Krapp, Wau und Alaun gekocht, zerkleinerter Waid zugesetzt, erwärmt bis die Gährung eintritt, dann Kalk und fein geriebener Indigo zugethan, welcher durch die Gährung Wasserstoff aufnimmt, in Indigoweifs übergeht, als solches sich im Kalkwasser löst und mit hineingebrachtem Zeug sich verbindet. Die Pottaschenküpe beruht gleichfalls auf Gährung, welche aber mit Ausschluss von Wau und

Waid nur durch Krapp und Kleie hervorgebracht wird. Die Pottasche löst neben dem Indigoweiß auch Indigobraun auf, welches nur zum Theil durch etwas zugesetzten Kalk wieder niedergeschlagen wird. Sie färbt daher weniger rein und lebhaft, aber schneller als die Waidküpe. In der kalten Küpe wird der feingeriebene Indigo mit 3 Theilen frischen Eisen-*vitriols* und 4 Theilen Kalk bei gewöhnlicher Temperatur gemengt. Das Wasser wird durch die gegenseitige Einwirkung des ausgeschiedenen Eisenoxyduls und des Indigos zersetzt und giebt den zur Ueberführung in das Indigoweiß nöthigen Wasserstoff an den Indigo ab. Die darin gefärbte Baumwolle wird zuerst gelblich, vergrünt an der Luft schnell, und giebt, wenn sie getrocknet und mit Schwefelsäure oder Salzsäure vom anhängenden Kalke gereinigt worden ist, ein reines und lebhaftes Blau.

Schwefelsaurer Indigo, Indigocarmin, wird wohl für Hellblau auf Seide, auf Wolle und Baumwolle, aber nur selten für Blau verwandt, weil die Farbe zwar schön, aber sehr flüchtig ist. Die Hauptverwendung ist für Grün.

Eisenblau liefert die schönsten hellen und mittelblauen Nüancen. Es wird für Wolle, Seide und Baumwolle durch Zersetzung eines schwefelsauren oder salpetersauren Eisenoxydsalzes auf dem Garn oder Zeug durch folgende mit Schwefelsäure angesäuerte Bäder von gelbem eisenblausauren Kali dargestellt. Im Tafeldruck wird es durch Aufdrucken des mit Salzsäure angeriebenen oder auch des frisch gefällten, mit essigsaurer Thonerde versetzten und mit Traganthschleim verdickten Pariserblaus, oder auch durch Aufdrucken des mit Weinsteinsäure und Oxalsäure versetzten Cyaneisenkaliums und durch folgende Zersetzung desselben mittelst Wasserdampfes dargestellt. Auf Wolle erzeugt rothes Kaliumeisencyanid mit Zinnsalz, Oxalsäure und Schwefelsäure das brillianteste Blau, wenn es durch Wasserdampf oder Ansieden an der Luft zersetzt wird. — Blauholz liefert mit Kupfersalzen ein zwar gegen Seifen ziemlich ächtes, aber trübes und sich allmählig in Grau zersetzendes Blau, welches sehr wenig Anwendung findet. Das aus Blauholz auf Alaunbasis entstehende Violet dient hauptsächlich, um auf Wolle und Baumwolle auf hellen Indigo-Grund einen dunkleren Aufsatz zu geben (abbräunen, schauen).

Unter den rothen Farbstoffen steht allen an Wichtigkeit voran der Krapp. Für Wolle giebt derselbe auf Alaunsud ein zwar nicht glänzendes, aber solides Roth, welches durch Zusatz von etwas Zinnsolution in die Flotte in's Scharlach nüancirt werden kann. Für die Baumwolle giebt der Krapp auf Alaunbeize durch langsames Ausfärben bei steigender Hitze das sogenannte Gut-Roth der Indiemisten, welches durch schwache kalte Lösungen von kohlsaurem Natron oder durch schwache Seifenbäder bei 60—70° C. geschönt, d. h. von dem mit aufgefärbten falben Pigmente befreit werden kann. Auf geölte, schmackirte und alaunte Baumwolle giebt der Krapp das durch Sättigkeit und Glanz ausgezeichnete Türkischroth mit solcher Aechtheit, dass es nach dem Ausfärben durch kochende Seifenbäder reingelegt (avivirt) und durch Zinnsalz und Seife bis zu einem reinen Rosenroth geschönt (rosirt) werden kann.

Cochenille wird gebraucht, um auf Wolle mit Alaun und Weinstein Carmoisin, mit Weinstein und Zinnaufflösung und mit Zusatz von einem gelbfärbenden Stoff (Fisetholz oder Curcuma) das köstliche Scharlach zu färben. Aehnliche oder geringere Farben giebt der Kermes und der Lac-dye. Auf Seide wird mit Cochenille auf Alaun und auf Zinnbeizen

das feine Carmoisin und das ächte Rosenroth gefärbt. Auch für Baumwolle wird sie für ähnliche Nüancen, jedoch seltener, angewandt.

Das schönste, leider aber sehr vergängliche Rosenroth auf Seide und Baumwolle liefert der Saffor, wenn er seines gelben Farbstoffs durch Auswässern beraubt, der rothe Farbstoff in schwachen Alkalien aufgelöst und dann durch vegetabilische Säuren niedergeschlagen worden ist.

Die rothen Farbstoffe der verschiedenen Rothhölzer (*Caesalpinia crista*, *sapan*, *vesicaria* u. s. w.) geben für Wolle, Seide und Baumwolle sowohl die rein rothen, als die damit schattirenden Farben, Rosa, Carmoisin u. s. w. auf Alaunbeize und auf Zinnbeize (Carmoisin-Physikbad der Seidenfärber). Doch stehen dieselben den entsprechenden Krapp-, Cochenille- und Safforfarben theils an Aechtheit, theils an Glanz und Reine weit nach, sind jedoch viel wohlfeiler.

Von gelben Farbstoffen, deren das Pflanzenreich eine zahllose Menge liefert, sind im Großen im Gebrauch der Wau, *Reseda lutea*, das Gelbholz, *Morus tinctoria*, die Kreuzbeere, *Rhamnus infectorius*, und vor allen die Quercitronrinde, *Quercus nigra*, welche alle auf Wolle, Seide, Baumwolle und Leinen auf Alaunbasis das reine Gelb, ziemlich schön, aber nicht fest, liefern. Seide wird auch ohne Alaunbeize mit Berberitzenwurzel unter Seifenzusatz gelb gefärbt und dann in schwefelsaurem Wasser geschönt. Für abschattirte Nüancen werden aufser den genannten auch noch Sumach, *Rus coriaria*, für ein mattes Gelb in's Grünliche, Fiset Holz, *Rus cotinus*, für ein in's Röthliche ziehendes Gelb gebraucht. Der wässerige Absud der *Curcuma longa* (indischer Safran, auch *Terra merita* genannt), welcher ein lebhaftes, reines, aber sehr flüchtiges Gelb giebt, wird weniger für sich allein, als für Nüancirung anderer Farben gebraucht, da dieses Pigment sich mit den sauren Bädern der auf Zinnsolution gefärbten Cochenille- und Rothholzfarben gern mischen lässt.

Das schönste, reinste und solideste Gelb auf Baumwolle wird hervorgebracht durch Bäder von doppelt-chromsaurem Kali auf einen Grund von Bleioxyd, der dargestellt wird durch successive Bäder von essig- oder salpetersaurem Blei und Kalkmilch. Sind in Druckwaaren noch andere Beizen oder Farben aufgesetzt, welche die Kalkmilch nicht vertragen, so passirt man durch Rothholzlösungen, um Chlorblei niederzuschlagen. Dieses Gelb lässt sich vom Hellgelben bis zum Röthlichgelben steigern, doch ist die willkürliche Nüancirung schwieriger als bei den vegetabilischen gelben Pigmenten. Das Orange lässt sich als Chromorange (basisch-chromsaures Bleioxyd) nicht vortheilhaft durch directe Zersetzung des drittelessigsuren Bleies durch einfach chromsaures Kali darstellen. Es ist besser, einem sattgefärbten Chromgelb durch kochende Kalkmilchbäder einen Theil seiner Chromsäure wieder zu entziehen. Noch schöner ist das durch Glühen des chromsauren Bleies mit Salpeter dargestellte Chromroth, welches als Tafeldruckfarbe Anwendung findet. Dieses solide und glänzende Chromorange hat die ehemalige Darstellung dieser Farbe mittelst der alkalischen Auflösung des Orleans, *Bixa orellana*, für Baumwolle ganz verdrängt. Auf Seide aber wird noch mit Orleans gefärbt, und auf Wolle muss Orange und verwandte Schattirungen durch Combination von Gelb und Roth gefärbt werden. Die in Weinstein und Alaun angesottene Wolle wird in einem Gilbebad gefärbt, dem etwas weniges Cochenille, Lac-dye oder Krapp zugesetzt ist.

Durch Solidität und Eigenthümlichkeit der Nuance zeichnen sich aus die mit Eisenoxydhydrat dargestellten Farben, welche durch Zersetzung angemessener Eisenoxydlösungen mittelst alkalischer Bäder und durch Schönung an der Luft oder in sehr schwachen Chlornatriumbädern vom zartesten Nanking bis zum dunkeln Rostgelb geführt werden.

Das Schwarz wird durch gerbsaures oder gallussaures Eisenoxyduloxyd erzeugt. Es ist schwer in vollkommener Schönheit und Dauerhaftigkeit hervorzubringen. Galläpfel, Knoppeln, Sumach, Eichen- und Erlenrinde, Kastanienrinde u. s. w., auf Wolle gewöhnlich mit Eisenvitriol, für Seide und Baumwolle mit essigsauerm, insbesondere salzsaurem Eisen, dann auch Blauholz mit Eisen- und Kupfersalzen werden hierzu verwandt. Durch die Wechselwirkung dieser Pigmente und des Eisenoxyds wird dieses zu der blauen Mittelstufe reducirt, während die Pigmente sich zu einer dunkleren Stufe oxydiren. Anwendung von Wärme befördert zumal beim Blauholz diese Reaction und damit die Hervorbringung eines guten Schwarz. Die Anwendung von Eisenoxydulsalzen mit mineralischen Säuren macht den Stoff hart und brüchig (verbrannt). Das Gleiche bewirkt jegliches Uebermaß an Eisenoxyd, auch ohne Mineralsäuren. Ein Uebermaß dagegen in den gerbstoffhaltenden Theilen giebt dem Schwarzen ein braunes oder röthliches trübes Ansehen. Die Tiefe und der Glanz dieser Farbe verlangen ein Miteintreten von Blau, welches am besten gesucht wird in dem richtigen Verhältniss zwischen der Eisenbasis und dem Gallabsud oder dem Blauholz, da beide mit Eisen eine blauschwarze Verbindung bilden. Doch sucht man mit mehr Sicherheit das Gleiche zu erreichen, indem man einen blauen Farbstoff mitaufnimmt, weshalb man besonders der Wolle einen mehr oder weniger starken Grund in der Indigoküpe giebt. Bei der Seide unterscheidet man Dunstschwarz oder Schwerschwarz (starke Knopper- oder Gallusbäder, Ausfärben im Schwarzkessel, der Eisenoxydul- oder Oxydlösungen, Kupfersalze und Gallabsud enthält), Kohlschwarz (aus Blauholz auf Eisenoxydlösungen, meist mit Zusatz von etwas Gelbholz) und das leichtere Blauschwarz, welches entweder aus Blauholz auf Alaun und salzsaures Eisen oder auch durch Aufsatz eines Violets aus Zinnsolution und Blauholz im sogenannten Physikbade auf einen eisenblauen Grund, aus salpetersaurem Eisen und Kaliumeisencyanür, erzeugt wird. Für Schwarz auf Leinen und Baumwolle dienen die gleichen gerbstoffhaltigen Pigmente und Blauholz mit Eisensalzen; auch lässt sich ein nicht unangenehmes Schwarz darstellen durch Oxydirung des Blauholzpigmentes mittelst chromsauren Kali's.

Die Grau sind nur verschwächtes Schwarz mit mannichfaltigen Abspielungen in's Grünliche, Bläuliche und Röthliche. Alle gerbstoffhaltigen Farbstoffe dienen hierzu, mit Eisen, auch je nach Erforderniss mit Zusatz von Kupfersalzen oder Alaun.

Gemischte Farben entstehen, entweder wenn auf dieselben Beizen das Ausfärben in einem aus mehreren Pigmenten zusammengesetzten Bade geschieht, oder wenn auf eine aus mehreren Salzen zusammengesetzte Beize ein Pigment gefärbt wird, welches mit jeder dieser Beizen eine andere Farbe liefert, oder endlich wenn successiv zwei verschiedene Farben aufgefärbt werden (Grund und Aufsatz).

Grün kann nicht mit Vortheil direct dargestellt werden, ob-

obschon gewisse Pflanzenpigmente mit geeigneten Beizen ein Grün liefern, z. B. das Decoct des rohen Kaffees mit Eisensalzen. Grün in seinen mannichfaltigen Schattirungen wird durch Zusammensetzungen von Blau und Gelb hervorgebracht; es wird am lebhaftesten, wenn das Blau obenauf liegt. Seine Schönheit und Solidität hängt ab von der Art seiner Bestandtheile. Das Blau wird als Grund gegeben aus der Indigoküpe, als Aufsatz mittelst des schwefelsauren Indigo's. Nur für geringeres Grün (Bouteillengrün) kann Holzblau (Blauholz mit Kupfersalzen) als Grund dienen. Das Gelb wird durch fast alle obgenannten gelben vegetabilischen Pigmente gegeben auf Alaunbasis; besonders Wau, Kreuzbeeren, Quercitron, Gelbholz.

Die Darstellung eines Grüns aus den zwei glänzendsten Grundfarben, Chromgelb und Eisenblau, ist leichter für den Tafeldruck als für die Färberei auszuführen. Von grünen Mineralfarben ist nur das Scheelsche Grün eine Zeitlang in Uebung gewesen, hat aber abgesehen von seiner Gefährlichkeit, schon wegen seiner eigenthümlichen und dünnen Farbe nur beschränkten Gebrauch. Chromoxyd lässt sich nicht mit Vortheil auf die Faser fixiren; es hat keine Affinität dazu und keine schöne Nüance.

Die Mengungen von Blau und Roth zu Violet, Lilas, Purpur, Amaranth, *paillacat* u. s. w. werden theils direct durch einzelne Farbstoffe, theils durch Mengungen hervorgebracht. Für Wolle besonders Indigoblau und Cochenille, oder Krapproth, für Seide besonders Rothholz und Blauholz, hauptsächlich Blauholz auf Zinnbeizen (das sogenannte Pensé-Physikbad). Weniger solid ist das Lilas, welches auf Wolle und auf weißgekochte Seide, ohne Beize, nur durch ein warmes Orseille oder Persiobad (von verschiedenen pulverisirten Flechtenarten *Lichen Parellus*, *Roccella tinctoria* und anderen, mit etwas Harn ange-macht) erzeugt wird. Für Baumwolle ist das wichtigste das Krapp-Violet in seinen verschiedenen Nüancen; aus Krapp auf Eisenbasis für Violet und Lilas, und auf Mengungen von Eisen und Alaun für *paillacat*. Auf geölten Grund geben auch diese Krappfarben eine dem Türkischroth an Schönheit und Solidität gleichkommende Farbe. Das schönste und glänzendste Lilas auf Baumwolle liefert Alkannatinctur auf Alaunbeize. Schade, dass es nicht so licht- als seifenächt ist.

Gelb mit Grau giebt die verschiedenen Olive- und Bronze-farben, welche theils mit rein gelbfärbenden, theils durch Gemenge gelber und gerbstoffhaltiger Pigmente auf Eisen allein oder auf Mengu-ungen von Eisen und Alaun dargestellt werden.

Die falben und braunen Farben sind aus Gelb und Roth mit Grau oder aus Blau und Roth mit Grau zusammengesetzt. Ihre Dar-stellung geschieht theils direct, theils durch Combination. Alle haupt-sächlichst gerbstoffhaltigen Pigmente liefern auf Alaun und mit Kupfersalzen falbe und braune Farben. Angewandt werden hierzu in der Wollfärberei besonders die Erlenrinde, Weidenrinde, Eichenrinde, die Rinde des Wallnussbaumes und die grünen Schalen der Nüsse desselben. Auf Baumwolle besonders braune (Bengal und Bombay) und das gelbe (Gambir-) Catechu. Alle diese Pigmente werden theils ohne Mit-anwendung von Beizen (bes. in Frankreich auf Wolle die grünen Nusschalen), theils mit Alaun oder Kupfervitriol verfärbt; heisse Bäder von doppelt-chromsaurem Kali erhöhen die Tiefe und den Glanz ihrer Farbe bis zu einem dunklen Braun. Andere Braune werden durch Combination

mehrerer Farbstoffe, besonders des Krapps, des Blauholzes und Rothholzes, Schmalze, Wau, Gelbholzes, Quercitrons, Orleans, Catechu und anderer, auf Eisen- und Alaunbeizen zusammengesetzt. Von braunen Metallfarben ist auf Baumwolle das Bister im Gebrauch, welches erhalten wird durch Niederschlagung des Manganoxyduls aus Manganchlorurbädern auf das Zeug durch folgende sehr starke Aetzkalibäder und darauf folgende höhere Oxydation des Niederschlages an der Luft, besser mittelst Chlors oder Chromsäure. Die Farbe ist sehr ächt, fett, dunkel, ist aber schwierig gleichförmig darzustellen und darum mehr für Zeug- als für Garnfärberei geeignet.

Im Allgemeinen gilt für Darstellung der gemischten Farben die Regel, dass Mengungen verschiedener Beizen, und Mengungen verschiedener Pigmente nie eine reine und ganz einige Farbe hervorbringen, indem jeder dieser Stoffe für sich agirt, auch die gebildeten Niederschläge sich nicht zu einer Farbe vereinigen, sondern nur sich neben und aufeinander lagernd und deckend die vermittelte Nüance erzeugen. Es sollte die Aufgabe eines jeden Färbers seyn, so weit immer möglich, die verschiedenen Nüancen der zusammengesetzten Farben nicht sowohl durch Mischung, als durch die Wahl des richtigen Farbstoffs und der richtigen Beize hervorzubringen.

Unter *Schönen* oder *Schauen* begreifen die Färber alle diejenigen Operationen, welche nach dem Ausfärben noch angewandt werden, um die erzeugte Farbe lebhafter und reiner hervortreten zu machen oder um sie in der Nüance zu verändern. Je nach Erforderniss werden hierzu Säuren, Alkalien oder Salze angewandt.

Durch die Einwirkung dieser Agentien werden entweder Stoffe, die sich aus dem Ausfärbbad zugleich mit dem Farbstoff niedergeschlagen haben und welche die reine Farbe beeinträchtigen, gelöst und weggeschafft, oder auch der Farbstoff selbst wird durch dieselben eigenthümlich nüancirt. So wird das Krapproth der Indiennisten mit Kleie, mit Seife, mit schwachen Chlornatrubädern, das Türkischroth im Avivir- und Rosirkessel mit kochenden Seifebädern und mit Gemengen von Seife und Zinnsalz behandelt, um die aus dem Krappbade mit aufgefärbten, aber weniger soliden, falben Pigmente des Krapps zu entfernen und das reine Krapproth darzulegen (klären, aviviren, schön- und rosiren). In der Wollenfärberei werden die Cochenillefarben nach dem Ausfärben durch Säuren und saure Beizen in's Scharlach, durch Seifen und Alkalien in's Carmoisin schattirt (geschaut). Eine eigenthümliche Art des Schönnens ist das Dämpfen, welches in der Druckerei für Tafeldruckfarben auf Baumwolle, Seide und Wolle von höchster Wichtigkeit ist. Die concentrirten, mit Beizen und mit Verdickungsmitteln, als Senegalgummi, Stärkengummi, Traganth u. s. w. versetzten Farben werden aufgedruckt. Die Tücher werden dann auf hohle kupferne, mit vielen kleinen Löchern durchbohrte Wellen gewickelt und zugebunden. Dann lässt man heißen Dampf in die hohle Welle ein, und durch die Tücher durchströmen. Die aufgedruckten Farben sind zu gleicher Zeit der auflösenden Feuchtigkeit des Dampfes und einer dem Kochpunkt nahen Hitze ausgesetzt. Hierdurch werden diese, sonst so leichten Farben gewissermaßen gelöst, dringen in das Innere des vom Dampf eröffneten Fadens ein, und verbinden sich in dieser hohen Temperatur mit ihm so fest, dass sie auf Seide und Wolle an Haltbarkeit fast den aufgefärbten Farben gleichkommen, an Glanz sie gewöhnlich übertreffen. Auf Baumwolle vermehrt man die Halt-

barkeit und den Glanz der Dampffarben dadurch, dass man vor dem Druck die Tücher in einer Auflösung von Zinnchlorid in Aetzkali beizt, trocknet, dann durch ein Bad von Schwefelsäure, Salmiak und Wasser durchnimmt und dadurch ein basisches Zinnsalz auf der Faser niederschlägt. Dass manche Farben erst durch die Einwirkung des heissen Dampfes sich entwickeln, davon haben wir oben schon beim Färben mit Eisenblau ein Beispiel gegeben.

Von der Tendenz mehrerer Pigmente zu fortgehender Zersetzung hängt der grosse Einfluss der Art ab, wie das Trocknen der gefärbten Waaren vorgenommen wird, ob rasch oder langsam, an der Luft oder mittelst künstlicher Erwärmung. Die Sache ist jedem Praktiker bekannt. Während einige Farben rasch getrocknet werden müssen, wenn sie nicht fleckig werden oder doch in der rechten Nüance leiden sollen (besonders helle, aber Eisenbeizen enthaltende Farben, hellgrau u. s. w.), ist es für andere vortheilhaft, längere Zeit feucht der Luft ausgesetzt zu bleiben, z. B. Catechu mit Kupfervitriol. Einige dürfen nur bei mässiger Wärme getrocknet werden, weil hohe Temperatur sie in unerwünschter Weise verändert, bräunt, z. B. die Blauholzfarben auf Alaun und besonders auf Zinnbeizen; andere gewinnen in der Hitze, z. B. dunkel Indigoblau.

Eine eigenthümliche Art der Färberei ist die Druckerei auf Wolle, Seide, Baumwolle und Leinen, welche auch die örtliche, topische, Färberei genannt worden ist, da hier die Farben nur auf einzelne Stellen des Gewebes aufgetragen werden, während andere Stellen mit anderen Farben bedeckt werden oder weiss bleiben. Die chemischen Grundsätze, auf welchen diese schwierige Kunst beruht, sind die gleichen, wie für die Färberei; aber die Verschiedenheit der Application bedingt hier ganz eigenthümliche Verfahrensweisen, über welche im Artikel: Druckerei das Nöthigste gesagt ist. O-r.

Färberröthe s. Krapp.

Fäulniss. Die organischen Stoffe, welche dem Pflanzen- oder Thierleben ihre Entstehung verdanken, unterscheiden sich von den unorganischen durch die Zahl ihrer Elemente und besonders durch die grosse Anzahl von Aequivalenten, welche zu einem zusammengesetzten Atom der organischen Substanz vereinigt sind. Diese Elemente, die durch das complicirte Zusammenwirken verschiedener Kräfte (gewöhnlich fasst man dieselben unter dem Namen der Lebenskraft zusammen) vereinigt wurden, behalten die Neigung, in einfacheren Verhältnissen nach den gewöhnlichen Verwandtschaften zusammenzutreten. Sich selbst überlassen, erleiden daher die complexen organischen Materien unter bestimmten, weiter unten zu entwickelnden Bedingungen, Form- und Eigenschaftsänderungen, welche man mit dem Namen der chemischen Metamorphose, der freiwilligen Zersetzung, Fäulniss, unter Umständen auch Gährung, Verwesung, Vermoderung bezeichnet hat. Man hat mit diesen Namen ziemlich willkürlich einzelne hierher gehörige Processe ausgezeichnet, während man sie anderen im Wesentlichen damit übereinkommenden entzog. Erst in neuerer Zeit, wo man die Gesetze, nach welchen Umsetzungen der erwähnten Art vor sich gehen, besser, wenn auch bei weitem noch nicht hinreichend, eruirte, gelang es, die Begriffe, welche man mit den Worten Fäulniss, Verwesung, Vermoderung etc. verbindet, genauer festzustellen.

Liebig bezeichnet mit Fäulniss diejenigen Zersetzungsprocesse, welche unter Wasser vor sich gehen und wobei die Elemente der organischen Substanz sich auf neue Weisen gruppieren, ohne dass eins derselben einzeln frei würde. Meistens nehmen in dieser neuen Ordnungsweise die Bestandtheile des Wassers einen bestimmten Antheil. Der Begriff Verwesung umfasst nach ihm diejenigen Zersetzungen, bei denen der Sauerstoff der Atmosphäre thätig ist, so dass eine wahre Oxydation, eine langsame Verbrennung zu Stande kommt. Gemischte Processe, bei denen nur ein mangelhafter Luftzutritt stattfindet, will Liebig Vermoderung genannt wissen.

Die Alkoholgährung fällt im Wesentlichen mit der Fäulniss zusammen, sie unterscheidet sich von derselben nur dadurch, dass bei ihr geruchlose gasförmige Producte sich entwickeln.

Die saure Gährung kommt, da sie in einer allmäligen Oxydation des Alkohols besteht, mit der Verwesung überein.

Die Zersetzungsprocesse der organischen Substanzen sind zwar im Grunde die nothwendige Folge ihrer chemischen Natur: allein zum wirklichen Eintreten derselben bedarf es der Erfüllung gewisser Bedingungen, ohne welche die Elemente sich nicht in Bewegung setzen und zu neuen Gruppen ordnen. Diese bestehen:

1) In einer gewissen Temperatur.

Dieselbe schwankt zwischen $+ 10$ bis 40° C. Verschiedene Grade sind für bestimmte Umsetzungen günstiger, als andere. Die Alkoholgährung geht am besten in einer Temperatur zwischen 18 und 25° , die saure Gährung dagegen zwischen 25 und 35° vor sich. Unter dem Gefrierpunkte, wo die flüssigen Theile der organischen Stoffe erstarren, hören die meisten Zersetzungsprocesse gänzlich auf.

2. Gegenwart von Wasser.

Wie die chemischen Processe überhaupt nur dann energischer von Statten gehen, wenn die Substanzen gelöst sind und die Elemente diejenige Beweglichkeit haben, welche zum Eingehen neuer Verbindungen erforderlich ist, in derselben Weise bedürfen die organischen Substanzen zu den Umsetzungsprocessen, von denen hier die Rede ist, eines Agens, welches den Molecülen derselben es möglich macht, ihren Verwandtschaften zu folgen. Vollkommen ausgetrocknete Stoffe halten sich, wie Jedermann weiß, lange Zeit unverändert; erst wenn Feuchtigkeit hinzutritt, erlangen die Elemente die Fähigkeit, sich in neuer Weise zu ordnen. Dass zum Eintreten der Fäulniss im engeren Sinne des Wortes die Gegenwart von Wasser Bedingung ist, folgt aus der oben gegebenen Begriffsbestimmung derselben von selbst.

3. Der Zutritt von atmosphärischer Luft.

Die Verwesung, welche im Wesentlichen mit einer langsamen Verbrennung übereinkommt, bedarf während ihres ganzen Verlaufes des Sauerstoffs der atmosphärischen Luft. Auch die Fäulniss tritt nicht ein, wenn die organischen Substanzen vor dem Zutritt der Luft geschützt bleiben, zu ihrem Anfange ist die letztere unerlässlich; hat sie einmal begonnen, so ist die Gegenwart der atmosphärischen Luft nicht mehr nöthig, der Process nimmt auch ohne diesen seinen ungestörten Fortgang (Gay-Lussac). Ueber die Rolle, welche der Sauerstoff der Atmosphäre bei der Einleitung des Fäulnissprocesses spielt, hat man verschiedene Ansichten aufgestellt. Während man von der einen Seite

die Wirkung des Sauerstoffs als eine rein chemische Action betrachtete, erklärten Andere dieselbe aus der Uebertragung einer organischen Materie, welche durch ihre Entwicklung zu Pilzen oder Infusorien die Umsetzung der Elemente zu neuen Verbindungen bewerkstelligen sollte. Diese Letzteren stützen sich auf die Versuche von Schultze, Schwann und Ure ¹⁾, aus welchen sich zu ergeben schien, dass Luft durch Kalilösung oder concentrirte Säuren geleitet oder vorher geglüht, Fäulniss und Gährung nicht veranlasst, während diese sofort eintreten soll, sobald unveränderte atmosphärische Luft eintrete. Da die genannten Mittel den Sauerstoff nicht verändern noch zersetzen, so könne der Zutritt dieses Gases nicht die einzige Ursache des Eintretens der Fäulniss seyn, sondern diese liege in organischen Materien, welche durch obige Agentien zerstört würden. Manche Bedenken stellen sich dieser Theorie entgegen. Einestheils ist nämlich schwer zu begreifen, wie in jedem Luftbläschen die Keime aller der Arten von Pflanzen und Thieren enthalten seyn sollen, die sich möglicher Weise, je nach der chemischen Natur der Substanz, in welche sie gerathen, entwickeln können; andertheils findet man nicht selten faulende Stoffe, in welchen man auch mit den besten Mikroskopen keine organisirten Geschöpfe nachweisen kann. In neuester Zeit prüfte Helmholtz ²⁾ diese Frage durch eine Reihe von Versuchen, in welchen er Fleischstücke, Leimlösung, Traubensaft etc., welche er theils mit geglühter, theils mit ungeglühter Luft in Berührung brachte, längere Zeit aufbewahrte. Diejenigen Portionen, zu denen nur geglühte Luft trat, blieben unverändert, während die anderen schnell in Gährung oder Fäulniss übergingen. Zur Entscheidung der Frage, ob die Wirkung der ungeglühten Luft durch Exhalationen fauliger Stoffe oder durch Keime organischer Wesen, die sich in derselben finden, bedingt sey, stellte er das Gefäß, welches die organische Substanz enthielt, nach Entfernung der atmosphärischen Luft, mit einer Blase überbunden, in Wasser. Fäulniss trat hier jedesmal ein, aber niemals Gährung. Erstere schien also durch Exhalationen fauliger Stoffe, letztere dagegen durch Keime organischer Wesen bedingt zu werden. Döpping und Struve ³⁾, welche die Versuche wiederholten, fanden, dass der Fäulnissprocess bei Zutritt von geglühter Luft zwar später eintrat, jedoch in derselben Weise sich äußert, wie bei beschränktem Zutritt von unveränderter atmosphärischer Luft.

Die Ansicht, dass der Sauerstoff der Luft bei der Einleitung von Fäulniss in rein chemischer Weise wirke, für welche außerdem viele von der Fäulniss nur durch den Sprachgebrauch geschiedene Umsetzungen sprechen, wie des Harnstoffs in kohlen-saures Ammoniak, der Blausäure in Ameisensäure und Ammoniak etc., bei welchen Niemand an organische Potenzen denkt, scheint also nach den bisherigen Erfahrungen die richtigere zu seyn. Die Versuche von Brendecke ⁴⁾, nach welchen die Gährung des Traubenzuckers bei Gegenwart von weinsau-rem Ammoniak durch poröse Körper der verschiedensten Art eingeleitet werden kann, sprechen ebenfalls für diese Ansicht.

¹⁾ Pogg. Ann. XXXIX, 487; the Athenaeum, 1839. Biblioth. univ. de Genève, T. XXIII p. 423.

²⁾ Erdm. u. March. Journ. 1844. Bd. XXXI, Heft 7, S. 429.

³⁾ Bullet. de St. Petersburg, 1847.

⁴⁾ Pharm. Centralbl. 1844, S. 880. u. 1845, S. 856.

Aufser den eben erwähnten bedingenden Momenten ist bei den chemischen Processen, von welchen hier die Rede ist, ein Umstand von grosser Wichtigkeit, welchen Liebig in neuerer Zeit besonders hervorgehoben und gewürdigt hat; die Thatsache nämlich, dass ein in Umsetzung begriffener Körper die Elemente eines anderen, mit welchem er in Berührung kommt, zu ähnlichen chemischen Actionen veranlasst, ohne dass hierbei die Gesetze der Verwandtschaft in Betracht kommen, übertrug Liebig auf die Prozesse der Fäulniss, Gährung und analoge Vorgänge, und klärte dadurch eine grosse Reihe von Erscheinungen auf, welche nach den gewöhnlichen Affinitätsgesetzen ganz unerklärlich waren, und welche man mit Berzelius aus einer eigenthümlichen katalytischen Kraft hergeleitet hatte. Die Bewegung der Molecüle eines in Umsetzung begriffenen Körpers hebt die *vis inertiae*, mit welcher die Elemente in ihrer gegenseitigen Lage verharren, auf und theilt ihnen die Beweglichkeit mit, welche zum Eingehen neuer Verbindungen nöthig ist. Die Wirkung der Hefe bei der Alkoholgährung, die Uebertragung der Fäulniss von faulenden Substanzen auf nahe gelegene organische Stoffe, sowie manche Vorgänge im pflanzlichen und thierischen Organismus, sind uns durch die Liebig'sche Theorie klarer und anschaulicher geworden.

Viele organische Substanzen können ohne eine solche von aussen hinzugetretene Bewegung, auch wenn die gewöhnlichen Bedingungen vorhanden sind, nicht in Zersetzung übergehen. Dahin gehören reines Amylum, Zucker, die organischen Säuren und Pflanzenbasen.

Die einzelnen Vorgänge bei den Zersetzungsprocessen, sowie die Natur der durch sie gebildeten Producte sind höchst mannichfaltig und werden modificirt, einestheils durch die Verhältnisse, unter welchen die Umsetzung vor sich geht, anderentheils durch die Zusammensetzung der organischen Substanzen, welche die Zersetzung erleiden. Die Erforschung der Vorgänge im Einzelnen wird dadurch bedeutend erschwert, dass die zunächst gebildeten Verbindungen weiter zerfallen und zu neuen Verbindungen das Material liefern. Im Allgemeinen lässt sich Folgendes nachweisen.

Die stickstoffhaltigen Verbindungen gehen unter den aufgestellten Bedingungen am leichtesten in Fäulniss über, eine Eigenthümlichkeit, welche in der chemischen Natur des Stickstoffs, des indifferentesten aller Elemente, begründet ist. Die einzige hervorstechende Affinität desselben, nämlich die zum Wasserstoff, äussert sich bald in der Ammoniakbildung, worauf die übrigen Elemente sich nach ihren Verwandtschaften vereinigen, der Kohlenstoff mit dem frei gewordenen Sauerstoff zu Kohlensäure oder mit überschüssigem Wasserstoff zu einem Kohlenwasserstoff. Ist Schwefel und Phosphor vorhanden, so verbinden sich diese mit Wasserstoff zu Schwefel- und Phosphorwasserstoff.

Bei der Fäulniss stickstoffloser Substanzen erleiden die Elemente der organischen Materie und des Wassers eine Umsetzung in der Art, dass Stoffe gebildet werden, von welchen die einen den Wasserstoff des Wassers, die anderen dagegen den Sauerstoff desselben enthalten. Ein Theil des Kohlenstoffs der organischen Materie verbindet sich in der Regel mit dem Sauerstoff des Wassers zu Kohlensäure, ein anderer bildet mit dem Wasserstoff einen Kohlenwasserstoff, oder mit einem Theile des Sauerstoffs das Oxyd eines solchen.

Bei der Verwesung stickstoffloser Substanzen vereinigt sich der aufgenommene Sauerstoff zunächst mit dem Wasserstoff der organischen Materie, zu dem er die meiste Verwandtschaft hat. Die rückständige Substanz nimmt hierauf noch mehr Sauerstoff auf, so dass eine höhere Oxydationsstufe eines Kohlenwasserstoffs gebildet wird, oder es scheidet sich Kohlensäure aus, welche sich aus dem Kohlenstoff und Sauerstoff der organischen Materie bildet.

Die Verwesung stickstoffhaltiger Substanzen geht in analoger Weise vor sich, nur dass sich der Stickstoff, seiner vorwiegenden Verwandtschaft gemäß, mit dem Wasserstoff zu Ammoniak verbindet. Nur bei sehr reichlichem Zutritt von Sauerstoff ändert sich dies Verhalten; der Stickstoff kann dann als solcher entweichen oder bei Gegenwart einer starken Base zur Entstehung von Salpetersäure Veranlassung geben. Im letzteren Falle erleidet das vorher gebildete Ammoniak eine weitere Oxydation zu Wasser und Salpetersäure. F.

Fäulniswidrige Mittel, *Antiseptica* sind im Allgemeinen alle Agentien, welche das Auftreten der sg. freiwilligen Zersetzungen organischer Substanzen hindern oder dieselben, wenn sie schon eingetreten sind, wieder beseitigen. Die Wirksamkeit derselben lässt sich aus dem, was eben über die Bedingungen der Fäulnis, sowie über das Wesen derselben mitgetheilt wurde, ableiten. Die *Antiseptica* zerfallen hiernach in zwei Classen. Sie wirken nämlich entweder dadurch, dass sie die bedingenden Momente der fauligen Zersetzung aufheben oder dadurch, dass sie mit den organischen Stoffen Verbindungen eingehen, in welchen die Elemente die Leichtigkeit, sich zu neuen Gruppen zu combiniren, einbüßen.

Als Bedingungen der Fäulnis haben wir kennen gelernt eine bestimmte Temperatur, die Gegenwart von Wasser und der Zutritt von Sauerstoff der Atmosphäre. Durch Beseitigung dieser Bedingungen können daher die Zersetzungsprocesse verzögert oder ganz verhindert werden. Ein kräftiges *Antisepticum* ist aus diesem Grunde die Kälte. Eiskeller. Die Erhaltung der vorweltlichen Thiere im Eise der Polar-gegenden Sibiriens liefert für die fäulniswidrige Kraft der niedrigen Temperaturgrade ein eclatantes Beispiel.

Der zweiten Bedingung der Fäulnis wirkt das Austrocknen entgegen. Völlig trockene Substanzen erhalten sich lange unverändert. Durch Wasserentziehung scheinen auch die als antiseptische Mittel gebräuchlichen Mittelsalze, wie das Kochsalz, der Salpeter, ferner der Zucker, zum Theil auch der Alkohol, zu wirken.

Die Abhaltung des Sauerstoffs als dritte Bedingung der Fäulnis wird in verschiedener Weise als *Antisepticum* in Anwendung gebracht. Die Conservirung der Eier durch Eintauchen in Kalk, durch welchen die Poren der Schale verstopft werden, ist bekannt. Die Appert'sche Methode der Aufbewahrung von Nahrungsmitteln durch Auskochen und Einschliessen derselben in hermetisch dichten Gefäßen beruht auf diesem Principe. Durch längeres Kochen wird nämlich der in den Speisen vorhandene atmosphärische Sauerstoff vollständig in Kohlensäure umgewandelt.

Aus demselben Grunde wirken die Substanzen antiseptisch, welche den zutretenden Sauerstoff der Atmosphäre begierig an sich ziehen,

wie die schweflige Säure, die Schwefelblumen, Eisenfeilspähne, Stickoxydgas u. s. w.

Die Wirksamkeit einer zweiten Classe von Antiseptics beruht darauf, dass dieselben mit den stickstoffhaltigen, namentlich eiweißartigen Substanzen, welche wegen der lockeren Verbindung ihrer Elemente die hauptsächlichsten Erreger der Fäulniss ausmachen, Verbindungen eingehen, in welchen die Elemente ihre leichte Beweglichkeit verlieren. Die organischen Stoffe gewinnen durch diese Verbindungen in ähnlicher Weise an Beständigkeit, wie die Mangansäure, die unterschweflige Säure u. s. w., welche nur so lange Bestand haben, als sie an Basen gebunden sind, von diesen getrennt aber sofort sich zersetzen. Zu diesen gehören die Mineralsäuren, der Holzessig, die arsenige Säure, die Gerbsäure, ferner das Quecksilberchlorid, das salpetersaure Silberoxyd, die schwefelsaure Alaunerde, Zinkchlorür, Kreosot etc. Beispiele für die Wirkung dieser Substanzen ließen sich in großer Menge anführen. Die Dauerhaftigkeit des Leders beruht bekanntlich auf einer chemischen Verbindung der leimgebenden Gebilde mit Gerbsäure. Die Erhaltung des geräucherten Fleisches ist die Folge von einer Coagulation des Albumins durch Kreosot, wodurch die Fleischstücke mit einer für die atmosphärische Luft undurchdringlichen Schicht umgeben werden.

Die Methode der Einbalsamirung von Leichen nach Gannal besteht der Hauptsache nach in Injection von Auflösungen der schwefelsauren oder essigsauren Alaunerde und arsenigen Säure. Zur Erhaltung von anatomischen Präparaten, welche noch weiter zerlegt werden sollen, reichen die Salze der Alaunerde aus, man läßt hier besser die gefährliche arsenige Säure weg. *Sucquet* empfahl zu diesem Zwecke die Injection einer Auflösung des schwefligsauren Natrons und Eintauchen der Präparate in Zinkchlorür. *Robin* redete dem unterschwefligsauren Zink, welches so leicht dargestellt werden kann, das Wort.

Die Methode, nach welcher die alten Aegypter ihre Leichen einbalsamirten, ist noch nicht hinreichend erforscht. Nachweislich ist es, dass sie außer aromatischen Substanzen besonders die antiseptische Kraft des Austrocknens, an der theilweisen Verkohlung der Mumien kenntlich, in Anwendung brachten.

F.

Fagin. Diese Substanz ist von *Buchner* und *Herberger* in den Bucheln, Bucheckern, den Früchten der *Fagus silvatica* aufgefunden worden. Sie ist aber bis jetzt nur sehr unvollständig gekannt. Nach *Zanon* erhält man dieselbe auf folgende Weise: durch Pressen von Oel befreite Bucheln werden durch Wasser ausgezogen, die Flüssigkeit mit Kalkhydrat vermischt und verdunstet, der Rückstand mit Spiritus extrahirt und die Lösung abgedampft. Aus dem zurückbleibenden Extract zieht Wasser das Fagin aus und hinterläßt dasselbe beim Verdampfen als eine schön gelbe, zähe, süßlich und zugleich kratzend schmeckende Masse, die alkalisch reagirt und mit Schwefelsäure ein in Prismen krystallisirendes, graugelbes Salz liefern soll. Das Fagin ist für sich nicht unzersetzt destillirbar, soll aber mit Alkohol und Wasserdämpfen überdestilliren. Alkohol und Wasser sollen es leicht, Aether nur wenig lösen, concentrirte Säuren es zerstören.

V.

Fahlerz (*Cuivre gris.* — *Grey copper*). Zufolge *H. Rose's* zahlreichen Analysen von Fahlerzen kann deren Zusammensetzung durch die Formel $4RS \cdot R_2S_3 + 2(4R_2S \cdot R_2S_3)$ repräsentirt werden, in

welchem Ausdruck RS hauptsächlich $= FeS$ und ZnS (mitunter auch $= HgS$), $R_2S = Cu_2S$ und Ag_2S , $R_2S_3 = Sb_2S_3$ und As_2S_3 zu setzen ist. Dass Klaproth's Analysen zehn verschiedener Fahlzerze keine Resultate gegeben haben, welche mit dieser Formel in genaue Uebereinstimmung zu bringen sind, liegt ohne Zweifel größtentheils an den weniger vollkommenen chemischen Trennungsmethoden der damaligen Zeit. Berzelius hat an der Rose'schen Formel nur das auszusetzen, dass 4 : 3 ein ungewöhnliches Verhältniss der Schwefelmengen in den Basen zu den in den Säuren abgibt. Soll diese Formel sowohl für die silberhaltigen wie für die nicht silberhaltigen Fahlzerze gelten, so scheint dies zu der Annahme zu führen, dass das Atomgewicht des Silbers nur halb so groß sey, als es von Berzelius bestimmt wurde, wodurch sich nämlich AgS zu Ag_2S verändert, in welcher Form dasselbe eine analoge Zusammensetzung mit Cu_2S erhält. Diese Annahme gewinnt allerdings dadurch an Wahrscheinlichkeit, dass das Product aus der specifischen Wärme des Silbers (Dulong und Petit, Regnault) und dem älteren Atomgewichte desselben sehr nahe die doppelte constante Zahl giebt. Auch kann der Umstand, dass Glaserz (AgS oder also Ag_2S) und Kupferglanz (Cu_2S) nicht dieselbe Krystallform besitzen, nach G. Rose's Untersuchungen nicht länger als ein Einwurf gegen die in Rede stehende Ansicht betrachtet werden, indem der genannte Forscher gefunden hat, dass der Kupferglanz durch Schmelzen und nachmaliges Erstarren seine Form in die des Glaserzes umändert. Auf der anderen Seite aber giebt es Gründe, welche gegen jene Herabsetzung des Silber-Atomgewichtes zu sprechen scheinen. Berzelius wendet nämlich ein, dass zufolge einer solchen Annahme Chlorsilber und Chlorblei, sowie gewisse mit einander isomorphe Silber- und Natronsalze keine analoge Zusammensetzung und dass Mennige und Natriumsuperoxyd die unwahrscheinliche Formel R_4O_3 erhalten würden. Welche dieser Ansichten die richtige sey, bleibt einstweilen unentschieden; jedenfalls hat es aber in neuester Zeit viel Wahrscheinlichkeit gewonnen, dass zwei Verbindungen RS und R_2S mit einander isomorph seyn können (s. Isomorphie, polymere). — Die Krystallform des Fahlzerzes ist hemiedrisch-tetrahedral; das Tetraëder die vorherrschende Gestalt. Spaltbarkeit: oktaëdrisch, sehr unvollkommen. Bruch: muschlig bis uneben. Härte: zwischen Kalkspath und Flusspath. Spec. Gew.: 4,7 — 5,2. Farbe: stahlgrau bis eisenschwarz. Metallglanz. — Das Fahlzerz findet sich am häufigsten auf Gängen in der Ur-, Uebergangs- und Flötz-Formation, seltener auf Lagern im Urgebirge. — Ein zu den Fahlzerzen gehöriges Mineral ist der Tennantit (s. d.). — Zur chemischen Analyse der Fahlzerze bedient man sich am zweckmäßigsten der H. Rose'schen Methode, nach welcher das gepulverte Mineral in einem Strome von Chlorgas erhitzt wird. Hierdurch theilt sich die Analyse in die der verflüchtigten und in die der nicht flüchtigen Chlormetalle, was eine große Erleichterung bei der weiteren Trennung gewährt.

Th. S.

Fahlunit, auch Triklasit genannt, ist ein Mineral, welchem nach Bisinger's und Trolle-Wachtmeister's Analysen, die Formel $3RO \cdot 2SiO_3 + 3(Al_2O_3 \cdot SiO_3) + 6HO$ beigelegt wurde. Das Glied RO repräsentirt hier Talkerde, Eisenoxydul, Manganoxydul, Kalkerde, Natron und Kali, das Glied RO_3 Thonerde und Eisenoxyd. Die Zusammensetzung dieses Minerals kann jedoch auch auf eine andere

Weise gedeutet werden (s. Isomorphie, polymere). Die Krystallform des Fahlunits ist monoklinoëdrisch (2- und 1gliedrig), anscheinend identisch mit der des Cordierits. Haidinger hält den Fahlunit für eine Pseudomorphose nach dem letzteren Minerale. Bruch: splittrig. Härte: etwas größer als die des Apatits. Spec. Gew. = 2,6. Farbe: grünlich, gelblich, bräunlich bis schwarz. Glanz: schwach, nur auf Krystallflächen deutlich. — Hat sich bis vor Kurzem nur in der Fahluner Gegend gefunden, ist neulich aber in bedeutender Menge in der Nähe der Stadt Krageröe im südlichen Norwegen angetroffen worden. Am erstgenannten Orte findet er sich theils in Bleiglanz und Kupferkies, theils in Talk- und Chloritschiefer, am letztgenannten in Talk-Glimmermassen eingewachsen, welche untergeordnete Zonen des dortigen Urgneuses bilden.

Th. S.

Faradayin s. Caoutschuköl. Bd. II. S. 72.

Farbe. Unter Farbe versteht man die eigenthümlichen Arten des Lichtes, welche bei der Brechung und Interferenz (s. Art. Licht) weißer Lichtstrahlen auftreten und welche die uns umgebenden Körper in unser Auge senden, wenn sie vom Lichte getroffen werden. Die letzteren unterscheidet man auch wohl durch den Namen Farben der natürlichen Körper. — Endlich versteht man unter Farbe nicht selten auch die Farbmaterien, womit man in der Technik solche Substanzen überzieht, welchen eine bestimmte Farbe ertheilt werden soll.

Die Farbe ist für den Chemiker und Mineralogen ein charakteristisches Unterscheidungszeichen, ferner ist die Erklärung der natürlichen Farben eins derjenigen noch dunklen Probleme der Physik, zu deren Aufhellung die Chemiker und Physiker gleichmäÙig beitragen können, und es wird daher gerechtfertigt erscheinen, wenn die dermaligen Kenntnisse und Ansichten über diesen Gegenstand hier dargelegt werden.

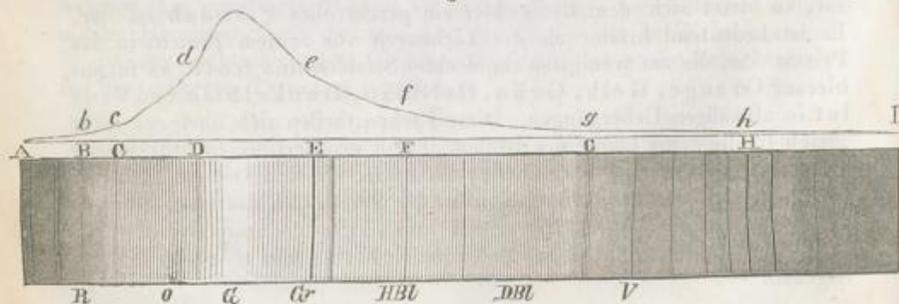
1. Farben durch Brechung oder prismatische Farben. Newton bewies zuerst, dass das weiÙe, ungefärbte Sonnenlicht eine unzählige Menge von Farbenstrahlen enthalte und durch Brechung in dieselben zerlegt werden könne. Wenn man in ein völlig finsternes Zimmer durch eine senkrechte Spalte von etwa 2 Ctm. Höhe und 0,5^{mm}. Breite mittelst eines Heliostates einen Streifen Sonnenlichtes in unveränderlicher wagerechter Richtung eintreten, und auf die eine Seitenfläche eines Flintglasprisma's von 60° brechendem Winkel fallen lässt, so erfährt, wenn die brechende Kante des Prisma's senkrecht steht, jeder einzelne Strahl eine Ablenkung in wagerechter Richtung. Stellt man senkrecht auf die Richtung des mittleren Strahles in dem abgelenkten Lichtbüschel in einiger Entfernung hinter dem Prisma einen weißen Schirm auf, so bietet sich dem Beobachter ein prachtvolles Farbenbild dar. Es ist bedeutend breiter als der Lichtstreif vor seinem Eintritt in das Prisma war; die am wenigsten abgelenkten Strahlen sind Roth; es folgen hierauf Orange, Gelb, Grün, Hellblau, Dunkelblau und Violet in allmäligen Uebergängen. Diese Farben theilen sich übrigens nicht gleich in die ganze Länge des Bildes. Theilt man letztere in 360 gleiche Theile, so werden etwa 56 Theile von Roth, 27 von Orange, 27 von Gelb, 46 von Grün, 48 von Gelbblau, 47 von Dunkelblau und 109 von Violet eingenommen. Es lassen sich indessen weder die Grenzen des ganzen Farbenbildes, noch die der einzelnen Farben mit absoluter Schärfe angeben. —

Betrachtet man dieses Farbenbild durch ein gleiches Prisma in umgekehrter Lage, so gewahrt man auf dem weissen Schirme nur einen hellen Fleck, zum Beweise, dass die verschiedenfarbigen Strahlen wirklich im weissen Sonnenlicht enthalten waren und dass sie, wie durch verschieden starke Brechung getrennt, so durch eine gleich verschiedene Brechung im umgekehrten Sinn wieder in weisses Licht vereinigt werden können. Diese Analyse des weissen Lichtes durch das Prisma wird *Farbenzerstreuung* genannt.

Davon, dass die ungleiche Brechbarkeit die Ursache der Farbenzerstreuung ist, überzeugt man sich leicht, wenn man in dem Schirm an der Stelle der rothen, der gelben oder blauen Strahlen Oeffnungen anbringt, und die hindurch gehenden Lichtbüschel zum zweitenmal der Wirkung eines Prisma's aussetzt. Je näher ein Strahl am blauen Ende des Farbenbildes liegt, desto stärker wird er abgelenkt. Zugleich aber giebt das zweite Prisma noch eine abermalige Farbenzerstreuung zu erkennen, woraus offenbar hervorgeht, dass an jeder Stelle des ersten Farbenbildes noch Strahlen von ungleicher Brechbarkeit auftreten. Der Grund hiervon ist, dass jede senkrechte Lichtlinie in der angewandten Lichtspalte ein eigenthümliches Farbenlicht giebt, und dass diese verschiedenen Bilder auf dem weissen Schirme sich nur theilweise decken. Je enger man die Lichtspalte wählt, und je weiter man den Schirm von dem Prisma entfernt, desto reiner oder homogener, aber auch desto lichtschwächer wird die Erscheinung.

Bei weitem am reinsten aber erhält man das Farbenbild, wenn man ein Prisma von vollkommen gleichartiger Masse vor dem Objectivglase eines guten Fernrohrs anbringt, nachdem man das Augenglas des Rohrs so eingestellt hat, dass man die Spalte, durch welche das Licht in das dunkle Zimmer dringt, scharf begrenzt erblickt. Indem Fraunhofer auf diese Weise das Farbenbild beobachtete, fand er sämmtliche Theile desselben mit schwarzen Linien von grösserer oder geringerer Breite durchschnitten, welche mit der brechenden Kante des Prisma's parallel liefen. Diese dunklen Zwischenräume (nach späteren Beobachtungen Brewster's etwa 2000) beweisen, dass die Farbenstrahlen von der Brechbarkeit, wie sie diesen Stellen zukommt, im weissen Sonnenlichte ganz fehlen. Sie geben diesen Beweis, weil sie unverändert auftreten, so lange man directes oder zurückgeworfenes Sonnenlicht anwendet, die feste oder flüssige Masse des Prisma's mag seyn, welche sie will, während bei Anwendung anderer Lichtquellen diese Streifen entweder fehlen, oder durch andere dunkle oder helle Linien ersetzt sind. Das Farbenbild eines Flintglasprisma's bietet den Anblick, den Figur 1

Fig. 1.



zeigt. Da die schwarzen Linien das einzige Mittel abgeben, bestimmte Stellen im Farbenbilde unzweideutig zu bezeichnen, so wählte Fraunhofer zu diesem Zweck insbesondere die Linien *B* und *C* im Roth, *D* im Orange, *E* an der Grenze von Gelb und Grün, *F* im Grün nahe an der Grenze des Blau, *G* im Dunkelblau und *H* im Violet.

Das Größenverhältniss der Farbenräume zwischen diesen dunklen Linien wechselt mit der Substanz des Prisma's und es ist daher zur vollständigen Ermittlung der Farbenvertheilung, welche die Substanz irgend eines Prisma's giebt, die Beobachtung der Brechungscoefficienten (s. Art. Licht) von wenigstens 6 jener Fraunhofer'schen Linien erforderlich. Die folgende Tabelle enthält die Brechungscoefficienten der jenen Stellen entsprechenden Strahlen für Flintglas. —

	Brechungscoeff. im Flintglase.	Wellenlängen in der Luft. Millim.	Helligkeit.
B	1,627749	0,000688	0,032
C	1,629681	0,000656	0,094
D	1,635036	0,000589	0,640
			1,000
E	1,642024	0,000526	0,480
F	1,648260	0,000484	0,170
G	1,660285	0,000429	0,031
H	1,671062	0,000393	0,006

Die Fortpflanzung des Lichtes beruht auf Wellenbewegung und die verschiedenen Farben sind durch eine verschiedene Schwingungsdauer und demnach auch durch Wellen von verschiedener Länge bedingt (s. Artikel Licht). Die längsten Wellen entsprechen den rothen, die kürzesten den brechbarsten violetten Strahlen. Das Beugungsfarbenbild, welches mit Hilfe von feinen Gittern beobachtet wird und dieselben schwarzen Linien enthält, wie das Farbenbild des Prisma's, gestattet Fraunhofer die genaue Messung der jenen Linien entsprechenden Wellenlängen. Dieselben sind in die obige Tabelle aufgenommen, um bei der Erklärung der Entstehung natürlicher Farben benutzt zu werden. Zu demselben Zwecke hat man auch auf den verschiedenen Grad der Lichtstärke Rücksicht zu nehmen, welchen die einzelnen Theile des prismatischen Farbenbildes darbieten.

Fraunhofer hat, indem er die Lichtstärke der hellsten Stelle zwischen der Linie *D* und *E* als Einheit annahm, die in der obigen Tabelle enthaltenen Zahlen als Maasse der Helligkeit in der Nachbarschaft der dunklen Linien gefunden. Die Zu- und Abnahme der Helligkeit wird durch die in der Figur 1 dargestellte Curve *A, b, c, d, e, f, g, h, I* versinnlicht. Nimmt man die Lichtmenge im Raume *DE* zur Einheit, so ist die im Raume *BC* = 0,021, im Raume *CD* = 0,299, in *EF* = 0,238, in *FG* = 0,185, in *GH* = 0,035. Die Ursache dieser ungleichen Helligkeit kann entweder eine objective seyn, also in größerer Schwingungsweite der mittleren, insbesondere der gelben Strahlen bestehen, oder sie kann eine subjective seyn, und auf einer für gewisse Schwingungsdauer vorzugsweisen starken Resonanzfähigkeit der Netzhaut beruhen, worüber man die Ansichten von Melloni¹⁾ und von A. Seebeck²⁾ nachlesen kann.

¹⁾ Pogg. Ann. LVI., 574.

²⁾ Pogg. Ann. LXII., 571.

Wie schon angeführt, entsteht aus der Wiedervereinigung aller prismatischen Farbenstrahlen weißes Licht. Das Licht nimmt dagegen jedesmal eine Färbung an, sobald man eine oder mehrere Farben von der Vereinigung ausschließt. Unterdrückt man z. B. die rothen Strahlen, so entsteht aus der Mischung der übrigen eine grüne Farbe. Unterdrückt man Roth und Orange, so geht der grüne Ton in's Blaue über. Die grüne Farbe im ersten Fall würde das von der Vereinigung ausgeschlossene Roth, der blaue Ton im zweiten Falle würde die Mischung von Roth und Orange zu Weiß ergänzen. Zwei Farbenmischungen, welche geeignet sind, durch ihre Vereinigung Weiß zu erzeugen, heißen in Beziehung auf einander Complementärfarben.

Die Darstellung des weißen Lichtes aus den sieben Farben, sowie der zu irgend einer Farbe gehörigen Complementärfarbe, kann, wenn auch nicht in größter Vollkommenheit, mittelst des Farbenkreises geschehen. Dieser Farbenkreis muss rasch um eine Axe, welche durch seinen Mittelpunkt geht, gedreht werden können. Er wird in Sektoren getheilt, in welche die sieben Farben möglichst schön und rein so aufgetragen werden, dass das Roth $60\frac{3}{4}^{\circ}$, Orange $34\frac{1}{4}^{\circ}$, Gelb $54\frac{2}{3}^{\circ}$, Grün $60\frac{3}{4}^{\circ}$, Hellblau $54\frac{2}{3}^{\circ}$, Dunkelblau $34\frac{1}{4}^{\circ}$, Violet $60\frac{2}{3}^{\circ}$ einnimmt. Bei hinlänglich schneller Drehung dieser Scheibe vermischen sich die Eindrücke aller Farben zu einem Grauweiß. Bedeckt man dagegen einzelne Farben mit schwarzen Sektoren von Pappe, so erhält man bei der Drehung aus der Mischung der übrigen die entsprechende Complementärfarbe.

2. Interferenzfarben. Wenn zwei homogene, gleichgefärbte Strahlen einen gemeinsamen Eindruck im Auge hervorbringen, so hängt ihre Wirkung nach den einfachsten Grundsätzen der Wellenbewegung (s. Art. Licht) von der Schwingungsphase ab, welche beide Strahlen an einem und demselben Punkte zeigen. Beträgt der Gangunterschied derselben eine halbe Wellenlänge oder irgend eine ungerade Anzahl halber Wellenlängen, so löschen sie sich, vorausgesetzt dass sie gleiche Lichtstärke haben, vollkommen aus. Sie summiren dagegen ihre Wirkung, wenn der Gangunterschied gleich Null oder gleich irgend einer Anzahl ganzer Wellenlängen ist. Es folgt aus dieser Betrachtung, dass an einem Punkte, an welchem zwei weiße Lichtstrahlen von verschiedener Phase zusammentreffen, jedesmal eine Färbung eintreten muss. Ihr Gangunterschied hat ein verschiedenes Verhältniss zu den Wellenlängen der verschiedenen Farbenstrahlen. Er kann einer ungeraden Anzahl halber Wellenlängen für die eine und einer geraden Anzahl Wellenlängen der anderen Farbe gleichkommen. Die erstere Farbe verlischt, und die Complementärfarbe derselben tritt verstärkt auf. Verschieden große Wege, welche weiße Lichtstrahlen bei der Zurückwerfung an der oberen und unteren Grenze dünner, durchsichtiger Mittel (Newton'sche Farbenringe), oder bei dem Durchgang durch enge Spalten und bei dem Vorbeigehen an den Kanten undurchsichtiger Körper (Beugung; die schillernden Farben mancher Vogelfedern, des Perlmutter, des Opals gehören dahin) zurücklegen, ferner die ungleiche Geschwindigkeit, womit das in zwei Strahlenbüschel gespaltene Licht in krystallisirten Mitteln fortgeht (doppelte Brechung), sind ebenso viele Ursachen des Gangunterschiedes zusammenwirkender Lichtstrahlen und somit auch Ursachen der mannichfachsten und prachtvollsten Farben-

erscheinungen. Man darf dieselben daher unter dem gemeinsamen Namen Interferenzfarben begreifen. —

Unter allen Interferenzfragen dienen vorzugsweise die Newton'schen Farbenringe oder die Farben dünner Blättchen zum Ausgangspunkte für die Erklärung der Farben der natürlichen Körper und es sollen darum die in Artikel Licht erörterten Gesetze dieser Farbererscheinung hier kurz aufgeführt werden.

1. Lässt man auf zwei sehr wenig gegen einander geneigte ebene Glasplatten homogenes rothes Licht senkrecht einfallen, so bemerkt man an dem Ende, an welchem die Platten fest auf einander gedrückt sind, einen schwarzen Streif. Obgleich hier ein Wegunterschied nicht stattfindet, so wird doch die Schwingungsphase des an der oberen Fläche der unteren Platte zurückgeworfenen Lichtes um $\frac{1}{2}$ Wellenlänge geändert, so dass dasselbe das an der unteren Fläche der oberen Platte reflectirte Licht überholt. Es folgen nun abwechselnd helle und dunkle Streifen, helle da, wo die zwischen beiden Platten befindliche Luftschicht eine Dicke von $\frac{1}{4}, \frac{3}{4}, \frac{5}{4} \dots$ Wellenlängen des rothen Lichtes beträgt oder wo dieselbe gleich 0,000172; 0,000516; 0,000860... Millimeter ist. Der Wegunterschied beider Strahlen ist hier $\frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \frac{5}{2} \dots$ Wellenlängen und dazu die um $\frac{1}{2}$ Welle geänderte Phase des unten reflectirten Strahles, giebt für die hellen Streifen Gangunterschiede von 1, 2, 3... ganzen Wellenlängen, so dass man nichts Anderes als verstärktes Licht erwarten kann. Den dunklen Streifen entsprechen die Dicken $0, \frac{2}{4}, \frac{4}{4} \dots$ Wellenlängen, oder 0; 0,000344; 0,000688 Millimeter, also Phasenunterschiede von $\frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \frac{5}{2} \dots$ Wellenlängen.

2) Im violetten Lichte rücken die Streifen enger zusammen, wie wegen der kürzeren Wellenlänge desselben nicht anders zu erwarten ist; überhaupt stehen die Durchmesser der Ringe in verschiedenfarbigem Lichte im Verhältniss der Wellenlängen.

3) Im durchgehenden Lichte sieht man dieselbe Erscheinung mit dem Unterschiede, dass die hellen und dunklen Streifen ihre Stelle gewechselt haben.

4) Im weißen Lichte decken sich die Streifen der verschiedenen Farben theilweise und in der Farbenreihe, welche hier auftritt, hat man verschiedene Ordnungen unterschieden, welche hier aufgezählt werden sollen, da sie in den meisten Fällen als Normalscala zur Bezeichnung der Farbennüancen dienen. Wenn man auf eine ebene Glasplatte von guter Politur ein convexes Glas von großer Brennweite andrückt, so bemerkt man im zurückgeworfenen Lichte die folgende Farbenreihe.

Erster Ring oder erste Ordnung: Schwarz, sehr blasses Blau, glänzendes Weiß, Gelb, Orange, Roth.

Zweiter Ring oder zweite Ordnung: dunkles Purpurroth oder Violet, Blau, Grün (sehr unvollkommen, ein Gelbgrün), lebhaftes Gelb, Carmoisinroth.

Dritter Ring oder dritte Ordnung: Dunkelblau, Blau, volles Grasgrün, schönes Gelb, Blassroth, Carmoisin.

Vierter Ring oder vierte Ordnung: Grün (matt und bläulich), blasses Gelbroth, Roth.

Fünfter Ring oder fünfte Ordnung: Blasses Blaugrün, Weiß, Blassroth.

Sechster Ring oder sechste Ordnung: Blasses Blaugrün, Blassroth.

Siebenter Ring oder siebente Ordnung: Sehr blaßes Blaugrün, sehr blaßes Roth.

Es läßt sich genau angeben, in welcher Stärke die Elementarstrahlen des prismatischen Bildes in den hier enthaltenen Mischfarben enthalten sind. Doch wollen wir hier auf diesen Gegenstand nicht weiter eingehen.

5) Im durchgehenden Lichte ist die Erscheinung zu der in Nro. 4 beschriebenen rein complementär.

Seifenblasen oder Blättchen von dünn ausgeblasenem Glase zeigen diese Farben besonders lebhaft. Die Farben des angelaufenen Stahles kommen auf gleiche Weise mittelst einer dünnen durchsichtigen Oxydschicht zu Stande.

3. Die Farben der natürlichen Körper. Farben zeigen die Körper nur, wenn sie dem Lichte ausgesetzt sind, und die Beschaffenheit dieser Farben hängt von der Beschaffenheit des Lichtes ab. Weiße Körper erscheinen, wenn sie den homogenen rothen Strahlen des Farbenbildes ausgesetzt werden, vollkommen roth; in den gelben Strahlen gelb und im blauen Felde blau. Ohnedem würde das prismatische Farbenbild auf dem Schirme gar nicht sichtbar werden. Körper von reiner rother Farbe haben dagegen im gelben und noch mehr im blauen Felde ein dunkles, aschfarbenes Ansehen, und ähnlich verhalten sich blaue Körper in den rothen Strahlen. Es sind dies Beweise genug, dass die Farbe der Körper nicht an denselben haftet, sondern nur durch eine besondere Beziehung des Lichtes zu denselben bedingt wird. Man ist durch die angeführten Thatsachen zu dem Schlusse vollkommen berechtigt, dass ein Theil der im weißen Lichte enthaltenen Farbenstrahlen in der Masse der farbigen Körper erlischt und dass die Mischung der übrigen Strahlen, welche, von dem Körper ausgehend, zum Auge gelangen, jenem seine eigenthümliche Farbe ertheilen.

Es ist hier der Ort, einiger Versuche zu erwähnen, welche den Zweck hatten, zu zeigen, dass die außerordentliche Mannichfaltigkeit der Farben, welche von der Natur geboten wird, durch Mischung prismatischer Farben hervorgebracht werden können. Mayer nahm an, alle Farben seyen Mischungen von Roth, Gelb und Blau und construirte zur Darstellung der Mischfarben das Farbendreieck. Dasselbe ist ein gleichseitiges Dreieck, welches durch Parallellinien mit den Seiten, deren jede in eine Anzahl z. B. 100 gleicher Theile getheilt ist, in eine Menge kleiner gleichseitiger Dreiecke, also in unserem Falle in 4950 zerlegt wird. Mayer legt das ganze Dreieck mit Ausnahme der an einer Seite liegenden Reihe mit einem verdünnten Gummigtton an. Er wiederholt dieses dann, indem er die zwei unteren Reihen freilässt u. s. f., so dass nur das letzte Dreieckchen in der Ecke die volle gelbe Färbung erhält. Dieselbe Operation wird nun mit Berlinerblau und Carmin in Beziehung der beiden anderen Seiten des Dreiecks wiederholt. Die an dem Umfange des Dreiecks zunächst liegenden Felder enthalten zwischen Gelb und Blau 98 Nüancen von Grün, zwischen Blau und Roth ebenso viele Abwechslungen von Violet und zwischen Roth und Gelb die verschiedenen Arten des Orange. Die in der Mitte des Dreiecks liegenden Felder zeigen noch zusammengesetztere Mischfarben. — Zu ähnlichem Zwecke hat Calau eine Farbenpyramide, und Runge eine Farbenkugel construiert. Auf letzterer enthält ein größter

Kreis an drei um 120° von einander entfernten Punkten reines Gelb, Blau und Roth; zwischen diesen Punkten aber dieselben Mischungen, welche am Umfange des Mayer'schen Dreiecks auftreten. Nach dem einen Pole dieses großen Kreises hin gehen die Farbennüancen desselben allmählig in Schwarz, nach dem anderen Pole allmählig in Weiß über.

Wenn man auch mit Hülfe eines dieser Mittel leicht die 30000 Farben darstellen kann, welche die römischen Künstler in der Mosaik unterscheiden, so wird man doch begreiflicher Weise nie die Reinheit und Mannichfaltigkeit der Farben der Natur erreichen.

Indessen sieht man auch ohnedem ein, dass die Anzahl der Farbentöne, welche aus den prismatischen Bildern, die uns unsere verschiedenen Lichtquellen liefern, zusammengesetzt werden können, unbegrenzt ist, und die Erklärung der Bildung der natürlichen Farben wird vielmehr darin bestehen, nachzuweisen, auf welche Art einzelne Strahlen des weißen Lichtes in den farbigen Körpern ausgelöscht werden.

Ehe wir die bis jetzt gemachten Versuche einer solchen Erklärung mittheilen, führen wir noch eine von Newton gegebene empirische Regel an, wornach die Farbe einer Mischung gefunden wird, wenn ihre Bestandtheile bekannt sind. Diese Regel beruht zwar nicht auf wissenschaftlicher Grundlage, bewährt sich aber in der Erfahrung so gut, dass sie in der Farbentheorie mit Nutzen gebraucht werden kann. Man theilt eine Kreislinie in 7 Theile, und trägt in jeden derselben eine der 7 prismatischen Farben ein, so dass dem Roth, dem Grün, dem Violet Bogen von $60^\circ 45'$, dem Orange und Dunkelblau von $34^\circ 11'$ und dem Gelb und Hellblau von $54^\circ 41'$ entsprechen. Es versteht sich übrigens, dass nur die Mitte dieser Bogen die genannten Farben ganz rein enthalten, dass von da aus zu den nächsten Farben aber gerade so gut Uebergänge stattfinden, wie in dem prismatischen Farnebilde. Wenn nun aus Elementarfarben eine Mischfarbe gebildet werden soll, so denkt man sich auf die Schwerpunkte der entsprechenden Bogen des Farbkreises Gewichte gesetzt, welche den Intensitäten der zu mischenden Elementarfarben proportional sind. Man bestimmt alsdann den Schwerpunkt dieser Gewichte und verbindet denselben mit dem Mittelpunkt des Kreises. Die Verbindungslinie weist auf die Mischungsfarbe hin, und letztere nähert sich um so mehr dem Weiß, je kürzer die Verbindungslinie ist. Fällt der gesuchte Schwerpunkt in den Mittelpunkt des Kreises selbst, so ist die Mischung reines Weiß.

Der einfachste Ausdruck, in welchen man die Entstehung natürlicher Farben gewöhnlich zu fassen pflegt, ist der, dass man sagt, es werden nur gewisse Farbenstrahlen des weißen Lichtes von dem farbigen Körper zurückgeworfen, und die übrigen, welche eine complementäre Farbe bilden, dringen in die Masse des Körpers ein und werden, wenn derselbe undurchsichtig ist, vollständig verschluckt oder absorbirt. Man muss nebenbei als ausgemacht betrachten, dass die Farbe eines Körpers nur erst bei einer bestimmten Dicke desselben zu Stande kommt; denn alle Körper nehmen, wie stark sie auch gefärbt seyn mögen, durch Verminderung der Dicke einen helleren Ton an. Der Strich gefärbter Mineralien ist immer blasser als die eigenthümliche Farbe derselben. Gefärbte durchsichtige Gläser und Flüssigkeiten werden farblos, wenn sie in hinlänglich dünnen Schichten angewandt werden. Scheinbar farblose Körper, wie Luft und Wasser,

nehmen in sehr tiefen Schichten Farbe an, wie z. B. Luft die blaue, das Wasser die grüne Farbe.

In jedem Falle müssten, der obigen Ansicht über die Entstehung der Farben gemäß, die gefärbten durchsichtigen, sowie die undurchsichtigen Mittel, letztere bei hinlänglich dünner Schicht im durchgehenden Lichte jedesmal die complementäre Farbe zu derjenigen zeigen, welche man beim reflectirten Lichte beobachtet. Die Luft, welche, wie man bei untergehender Sonne beobachtet, vorzugsweise die rothgelben Strahlen durchlässt, dagegen, wie bekannt, die blauen reflectirt; das Meerwasser, welches im zurückgeworfenen Lichte grün, und nach dem Berichte der Taucher purpurroth erscheint; das Gold, welches das gelbe Licht zurückwirft und in dünnen Schichten das blaue durchlässt, scheinen diese Ansicht zu bestätigen. Die meisten durchsichtigen gefärbten Mittel aber zeigen im durchgehenden Licht dieselbe Farbe wie im zurückgeworfenen und nöthigen zu der Annahme, dass ein Theil der im weissen Lichte enthaltenen Strahlen entweder in der Masse des Körpers eine vollständige Vernichtung oder Absorption erleidet, oder dass der Zustand des Lichtäthers in diesen Körpern der Art sey, dass er die in jenen Strahlen entsprechenden Schwingungsbewegungen weder aufzunehmen, noch fortzupflanzen vermöge.

Manche durchsichtige, gefärbte Körper bieten die besondere Eigenthümlichkeit dar, dass sie bei zunehmender Dicke nicht blofs wie andere Körper dunkler werden, sondern auch ihre Farbe wechseln. Solche zweifarbige oder dichromatische Mittel sind z. B. die gelben Gläser, deren Farbe bei zunehmender Dicke durch Braun in Roth übergeht; ferner Auflösungen von Saftgrün und salzsaurem Chromoxyd, welche in dünneren Schichten grün sind, bei wachsender Dicke aber durch eine schwarzgelbe, bräunliche Färbung in Bluthroth übergehen, endlich das Smalteglas, welches in geringen Dicken rein blau ist, bei sehr grossen Dicken aber eine tiefrothe Farbe zeigt.

Zur Erklärung des Phänomens, welches z. B. das salzsaure Chromoxyd darbietet, reicht hin, eine sehr starke Absorption der orangen, gelben, blauen und violetten Strahlen, eine weniger starke für die grünen und nur eine sehr geringe Absorption für die äussersten rothen Strahlen anzunehmen, so dass, wenn man eine Curve construirte, deren Ordinaten den Grad der Durchsichtigkeit für die verschiedenen Farbenstrahlen des Spectrums darstellen, diese zwei Maxima, eines für die grünen und ein zweites höheres für die äussersten rothen Strahlen erhalten würde. Herschel¹⁾ wählt zur Erläuterung das folgende Zahlenbeispiel: Es sey für das salzsaure Chromoxyd und die Einheit der Dicke die Absorption der äussersten rothen Strahlen 0,1; der mittleren rothen, orangen und gelben 0,9; der grünen 0,5; der blauen, dunkelblauen und violetten 0,9; ferner bestehe ein Bündel weissen Lichtes aus 10000 gleich stark leuchtenden Strahlen, welche in die verschiedenen Farben so vertheilt sind, wie die erste Spalte der folgenden Tabelle angiebt; so zeigen die folgenden Spalten derselben, wie viele jener Strahlen nach Durchlaufung der 1-, 2-, 3-, 4-, 5-, 6fachen Dickeinheit noch übrig sind.

¹⁾ Vom Licht, übersetzt von Schmidt, Seite 248.

	Aufangs.	1fache Dicke.	2fache Dicke.	3fache Dicke.	4fache Dicke.	5fache Dicke.	6fache Dicke.
Äußerstes Roth	200	180	162	146	131	118	106
Roth und Orange	1300	130	13	1	0	0	0
Gelb	3000	300	30	3	0	0	0
Grün	2800	1400	700	350	175	87	43
Blau	1200	120	12	1	0	0	0
Dunkelblau	1000	100	10	1	0	0	0
Violet	500	50	5	0	0	0	0

Durch die starke Absorption der orangen, gelben und blauen Strahlen wird anfänglich etwa bis zur dritten und vierten Schicht das Grün überwiegend. Nach Durchlaufung der fünften und sechsten Schicht aber macht sich der Einfluss der rothen Strahlen geltend, welche fast ungeschwächt durchgehen, während von den grünen Strahlen nur noch etwa 2 Proc. von der anfänglichen Menge übrig sind.

Um zu erfahren, aus welchen Elementarbestandtheilen irgend eine Farbe gemischt ist, muss man einen Strahlenbüschel derselben durch das Prisma analysiren. Am besten eignen sich hierzu die gefärbten durchsichtigen Substanzen. Man kann einen Streifen weissen Sonnenlichtes, welcher durch eine Spalte in's dunkle Zimmer tritt, durch ein gefärbtes Glas oder durch eine farbige Flüssigkeit gehen lassen und dann mit dem Prisma zerlegen, oder man kann dieses Licht zuvor zerlegen und es dann durch das gefärbte Mittel betrachten; es wird dies für das Resultat der Beobachtung gleichgültig seyn. Man bemerkt alsdann immer, dass einzelne Theile des prismatischen Farbenbildes geschwächt, wie mit einem Schatten überzogen sind, oder auch, dass an die Stelle der Farben völlig dunkle Räume treten, oder endlich, dass scharf begrenzte senkrechte schwarze Linien meist in größerer Zahl, ähnlich den von Fraunhofer gefundenen Linien die Farben durchschneiden. Diese Erscheinungen sind so mannichfaltig, wie die Farbtöne der Natur. Sie ändern sich nicht nur mit der Art, sondern auch mit der Dicke des durchsichtigen Mittels.

Analysirt man z. B. das Licht, welches durch ein Smalteglas von $\frac{1}{2}$ Millimeter Dicke gegangen, so findet man das äußerste Roth und das Violet besonders stark, weniger stark das mittlere Roth und mittlere Gelb, noch schwächer Orange und Grün. Bei Anwendung eines Glases von 1 mm. Dicke wird ein Theil des rothen Lichtes vom andern durch einen breiten, völlig schwarzen Streifen getrennt, übrigens reicht das Roth in völliger gleicher Färbung fast bis zur Linie D des Farbenbildes. Eine schmale schwarze Linie trennt hier das Roth vom Gelb, welches ein gut begrenzter Streif von großem Glanz und reiner Farbe ist. Das Grün ist schwach und schlecht begrenzt, das Violet geht fast ohne Verlust hindurch. Bei 2 mm. Dicke behält fast nur das äußerste Roth und Violet seine Lichtstärke, während die mittleren Farben fast ganz verschluckt werden.

Der eben erwähnte und ähnliche Versuche führten Brewster¹⁾ zu einer Ansicht über die Mischung der Farben, welche hier erwähnt zu werden verdient. Da nämlich das durch Smalteglas betrachtete Farbenbild eine Menge rother und gelber Strahlen von ganz gleicher Färbung, aber sehr verschiedener Brechbarkeit zeigt, so glaubte Brewster hier-

¹⁾ Edinburgh Philosophical Transactions, Vol. IX.

aus schliessen zu dürfen, dass Farbe und Brechbarkeit in keiner nothwendigen Beziehung ständen, und dass also auch Strahlen von verschiedener Farbe eine gleiche Brechung durch das Prisma erleiden könnten. Da in dem Farbenbild, welches man durch Smalteglas betrachtet, Roth von Gelb durch eine schwarze Linie getrennt und das Orange verschwunden ist, so sah Brewster hierin eine Bestätigung seiner Ansicht, dass die Zerlegung des Lichtes durch das Prisma nicht die einzig mögliche sey, sondern noch durch die Absorption in gefärbten Mitteln vervollständigt werden könne.

Da drei Farben, Grundfarben, zur Erzeugung aller möglichen Mischungen ausreichen, so glaubte Brewster auch nicht mehrere annehmen zu müssen, und gestützt auf seine Absorptionsversuche, wählte er hierzu Gelb, Roth und Blau. — Bemerkenswerth ist noch der Umstand, dass Brewster eine über das ganze Farbenbild verbreitete Menge weissen Lichtes gefunden zu haben angiebt, welches durch das Prisma nicht weiter zerlegbar sey.

Was nun die Erklärung der Art betrifft, wie die Absorption gewisser Farbenstrahlen in den gefärbten Mitteln zu Stande kommt, so könnte man annehmen, dass der besondere Zustand des Lichtäthers in diesen Körpern entweder die Fortpflanzung der Schwingungsbewegung einzelner Farbenstrahlen gar nicht oder doch nicht in der Stärke gestatte, dass dieselben einen wirksamen Eindruck auf das Auge hervorzubringen vermögen. Diese Hypothese wird indessen äusserst unwahrscheinlich, wenn man die Menge von Absorptionen in's Auge fasst, welche Brewster und Miller in dem durch Jod- und Bromgas und in noch größerer Ausdehnung in dem durch salpetrigsaure Dämpfe gegangenen Lichte entdeckt haben. Die letztere Gasart z. B. bringt 2000 schwarze Linien in dem prismatischen Farbenbilde einer Lichtflamme hervor, und es möchte schwer seyn, sich einen solchen Zustand des Lichtäthers in dem salpetrigsauren Gase zu denken, dass 2000 verschiedene Lichtgattungen nicht, die dazwischen liegenden aber mit Leichtigkeit fortgepflanzt würden.

Es mag übrigens bei dieser Gelegenheit bemerkt werden, dass die Absorptionserscheinungen in den genannten Gasen die Vermuthung rechtfertigen, dass auch die etwa 2000 Linien, welche man in dem Sonnenlichte aufgefunden hat, von einer Absorption in der Sonnen- und Erdatmosphäre herrühren. Diese Vermuthung erhält eine Bestätigung in der Wahrnehmung Brewster's, dass die Linien von der Höhe über der Meeresfläche, sowie von der Tages- und Jahreszeit nicht ganz unabhängig sind. — Andere Lichtquellen zeigen in dieser Beziehung auch andere Erscheinungen. Das Licht des Sirius hat drei breite Streifen, einen im Grünen und zwei im Blauen. Der Stern Pollux zeigt viele schwache Linien. Das Kerzenlicht hat einen sehr hellen Streifen zwischen Roth und Gelb und einen weniger scharfen im Grünen, überhaupt zeigen die Flammen verschiedener brennbarer Stoffe und das Licht glühender fester Körper die grösste Mannichfaltigkeit in der Vertheilung von Hell und Dunkel in ihrem prismatischen Farbenbilde. Die meisten Salzarten, mögen sie flüchtig seyn oder nicht, ertheilen den Flammen besondere Farben. Kalksalze z. B. geben Ziegelroth, Strontiansalze ein prächtiges Carmoisin, Baryt- und Kupfersalze Grün oder Blaugrün, Sodasalze, wie namentlich Kochsalz, ein homogenes Gelb.

Eine andere Hypothese über die Natur der Absorption ist zuerst von Newton aufgestellt und neuerdings von Wrede weiter ausgeführt und

mit Glück auf die Erscheinungen angewandt worden, welche Jod- und Bromgas darbieten. Die Ansicht besteht darin, dass die Farben der natürlichen Körper aus der Interferenz der an der Oberfläche und der in verschiedenen Tiefen innerhalb der Substanz zurückgeworfenen Strahlen hervorgehen.

Nimmt man vorläufig an, dass das Licht, welches ein farbiger Körper uns zusendet, aus zwei Theilen bestehe, deren erster von der Oberfläche, der zweite im Inneren der Substanz in einer gewissen Tiefe b zurückgeworfen sey, und dass dabei, wie bei jeder Zurückwerfung, ein gewisser Lichtverlust stattfinde, so wird der zweite schwächere Theil gegen den ersteren einen Gangunterschied $2b$ erhalten haben, und es werden im weissen Lichte alle die Farbenstrahlen geschwächt erscheinen, deren halbe Wellenlängen in ungerader Anzahl in dem Verzögerungsraume enthalten sind. *Wrede* zeigte nun durch sehr einfache mathematische Entwicklungen, dass eine Schwächung des Lichtes dieselben Stellen des prismatischen Lichtes trifft, wenn, wie es in der Natur immer der Fall seyn wird, eine große Menge von Zurückwerfungen zwischen der Oberfläche und der ersten Schichte im Inneren stattgefunden hat. Er bewies ebenso, dass die dunkeln Stellen dieselben bleiben, wenn man eine große Menge gleichdicker Schichten hinter einander annimmt und deren gemeinsame Wirkung auf das eindringende Licht betrachtet. Nur der Unterschied zwischen der größten und kleinsten Lichtstärke der verschiedenen Stellen nimmt mit der Dicke des absorbirenden Mittels zu. Es ergiebt sich, dass wenn der Verzögerungsraum $2b \frac{1}{20}$ der Wellenlänge des rothen Lichtes gleich ist, alle Farben nur wenig und sehr nahe gleich stark absorbirt werden, so dass das Mittel durchsichtig und farblos erscheint.

Nimmt man $2b = \frac{1}{4}$ Wellenlänge des rothen Lichtes, so kommt das ganze Farbenbild einem Minimum der Lichtstärke näher, insbesondere das violete Ende, so dass der Körper wenig durchsichtig ist und eine in's Rothe gehende Farbe annimmt. Wählt man dagegen den Verzögerungsraum gleich der halben Wellenlänge des grünen Lichtes, so haben alle Farben ein Minimum der Lichtstärke, und wenn dasselbe unter der Grenze der Empfindlichkeit unseres Auges liegt, so ist der Körper undurchsichtig. Je größer der Vergrößerungsraum wird, desto mehr Abwechselungen von Hell und Dunkel werden auftreten. Für eine Verzögerung $= 0,1$ mm. erhält man so viel Absorptionen, als durch das Jodgas.

Da in den verschiedenen Körpern sowohl die Größe des Verzögerungsraumes, als auch die Stärke des Lichtverlustes, welcher bei jeder Reflexion eintritt, verschieden angenommen werden kann; da es ferner denkbar ist, dass in einem und demselben Körper zwei oder mehrere Verzögerungsursachen verbunden vorkommen, so scheint es allerdings, als ob aus dieser Hypothese sich alle Abstufungen der Farben der natürlichen Körper, sowie die größere oder geringere Durchsichtigkeit derselben abgeleitet werden könne.

Wrede hat zur Bestätigung seiner Theorie verschiedene Absorptionserscheinungen mittelst Glimmerblättchen nachgeahmt, indem er Lichtstrahlen zum Theil an der hinteren Fläche reflectiren ließ, ehe er sie prismatisch zerlegte. Der Verzögerungsraum des einen Theils gegen den anderen ist hier der in dem Glimmer durchlaufene Weg. Das Farbenbild ist dann von einer um so größeren Zahl dunkler Linien durchzogen, je

dicker das Glimmerblatt ist. Wählt man ein schwach beilförmiges Blättchen und biegt es so zu einem Cylinder, dass seine Dicke in wagerechter Richtung abnimmt, so kann man durch Drehen dieses Cylinders die allmähliche Vermehrung der schwarzen Linien beobachten. Auch gab Wrede Anleitung dazu, aus der Beschaffenheit des prismatischen Bildes, insbesondere aus der Lage der schwarzen Linien, einen Rückschluss auf die Art und Größe der Verzögerungsursachen zu machen. Es zeigte sich, dass zur Erklärung der Farbenbilder im Jod- und Bromgase eine Verzögerungsursache ausreicht; dagegen in dem Gas der salpetrigen und chlorigen Säure mehrere angenommen werden müssen, was übrigens, da die letzten Gase zu den zusammengesetzten gehören, nicht auffallen kann. — Erman hat neuerdings die Entwicklungen Wrede's noch etwas weiter ausgeführt und Müller die Nachahmung der Absorptionserscheinungen mittelst Gypsblättchen wiederholt.

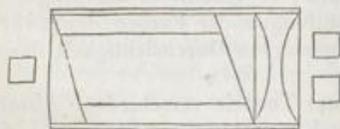
Die Wärme ist nicht ohne Einfluss auf die Absorptionserscheinungen. Das rothe Quecksilberoxyd wird in der Hitze dunkelbraun, Auflösungen von Eisenchlorid und der Eisenoxydsalze werden dunkler etc.

Wenn gefärbte flüssige Substanzen in den Gaszustand übergehen, so ändert sich im Allgemeinen der Farbenton nur wenig, dagegen treten aber in dem Farbenbild des Gases nicht selten eine große Menge schwarzer Linien auf, welche die Flüssigkeit nicht zeigte.

4. Die natürlichen Farben der krystallisirten Körper. Die Krystalle des regulären Systems unterscheiden sich, wie in ihrem optischen Verhalten überhaupt, so in Betreff der Lichtabsorption oder Färbung insbesondere in keiner Weise von den nicht krystallisirten Körpern.

Die Krystalle des ein- und einaxigen oder quadratischen, sowie die des drei- und einaxigen oder hexagonalen Systems bilden die Gruppe der optisch einaxigen Körper, d. h. es findet sich in denselben eine Richtung, nach welcher ein Lichtstrahl durchgehen kann, ohne in zwei senkrecht gegen einander polarisirte Lichtstrahlen zerlegt zu werden (S. doppelte Brechung im Artikel Licht), und diese Richtung oder die optische Axe fällt immer mit der krystallographischen Hauptaxe zusammen. — Die meisten einaxigen Krystalle zeigen zwei verschiedene Farben, je nachdem das Licht parallel der optischen Axe, also senkrecht gegen die Endflächen, oder senkrecht zur optischen Axe durch zwei Seitenflächen geht. Haidinger hat diese Farben mittelst eines eigens hierzu construirten Instrumentes, der dicroskopischen Loupe, analysirt. Dieselbe besteht aus einem Spaltungsstück von Doppelspath, Fig. 2, an

Fig. 2.



18° brechendem Winkel, und auf der Seite, die zunächst vor das Auge gehalten wird, eine Loupe, auf der anderen Seite ein Schirm mit einer kleinen quadratischen Oeffnung angebracht sind.

Betrachtet man einen optisch einaxigen Krystall senkrecht gegen seine gerade Endfläche mit dieser Loupe, so erhält man zwei Bilder von gleicher Farbe mit derjenigen, welche man mit bloßem Auge wahrnimmt. Haidinger nennt sie Farbe der Basis. Fällt das Licht durch zwei

Seitenflächen, so zeigt das Bild des ordinären Strahles noch die Farbe der Basis, das außerordentlich gebrochene Bild dagegen eine zweite Farbe, welche von Haidinger Axenfarbe genannt wird, und mit der Basisfarbe gemischt, den Farbenton erzeugt, welchen die Seitenflächen dem unbewaffneten Auge darbieten.

Es beruhen diese verschiedenen Farben auf einer ungleichen Absorption des ordentlichen und außerordentlichen Strahles, welche demnach von der Schwingungsrichtung des polarisirten Lichtes abhängig zu seyn scheint. — Ein sehr auffallendes Beispiel bietet in dieser Beziehung der Turmalin dar, welcher alles senkrecht zur Axe schwingende Licht, also z. B. jeden parallel der Axe fortgehenden Strahl schon in geringen Dicken vollständig verschluckt. Es können daher parallel der Axe geschnittene Platten dieses Krystalls zur Darstellung polarisirter Strahlen benutzt werden.

Die Farben, welche die einaxigen Krystalle in mittleren Richtungen zeigen, sind Mischfarben aus den Farben der Basis und der Axe.

Wie die optisch einaxigen Krystalle Dichroismus zeigen, so bieten die Krystalle des ein- und einaxigen oder rhombischen, des zwei- und eingliedrigen oder schiefrhombischen und die des ein- und eingliedrigen Systemes, also mit einem Wort die optisch zwei- und einaxigen Krystalle nach drei zu einander senkrechten Richtungen (den Elasticitätsaxen, s. Art. Licht) dem unbewaffneten Auge drei verschiedene Farben dar, eine Eigenschaft, welche Haidinger Trichroismus genannt hat. Bezeichnet man die eine dieser drei Flächenfarben mit *A*, und die Töne, in welche sie von der dichroskopischen Loupe zerlegt werden, mit *b* und *c*, so wird die Flächenfarbe *B* in die Farbe *c* und einen anderen Ton *a*, endlich die Flächenfarbe *C* in die Farben *a* und *b* zerlegt. Diese drei Axenfarben *a*, *b*, *c* entsprechen den Schwingungen der polarisirten Strahlen in Richtung der drei Elasticitätsaxen und beweisen, dass für jede derselben ein anderes Absorptionsverhältniss stattfindet. Für den Cordierit z. B. (Dichroit) ist die Farbe *A* ein schönes Blau, wenigstens in's Graue ziehend, *B* ein blasses Blaugrau, *C* ein blasses Grau, mit wenig Blau; die Axenfarbe *a* ist gelblichgrau, *b* rein bläulichgrau, *c* ein reines Dunkel-Berlinerblau.

Ein zwei-axiger Krystall, welcher sich ähnlich dem Turmalin verhält, ist der durchsichtige Andalusit; die eine seiner Axenfarben (dunkelblutroth) wird bei einiger Dicke des Krystalls gänzlich absorbirt, so dass die Flächenfarben nur noch aus *b* (olivengrün) und *c* (ölgrün) und aus Mischungen beider gebildet sind.

5. Die subjectiven oder physiologischen Farben. Die Beziehungen des Auges zu den Farben können hier nur kurz angedeutet werden. Nicht alle Personen sehen das prismatische Farbenbild von gleicher Länge, namentlich gilt dies in Beziehung des violetten Theiles, welcher für manche Augen nur zur Hälfte sichtbar ist. — Die Augen mancher Personen besitzen nur eine sehr beschränkte Unterscheidungsgabe für die Farben. Namentlich kommt die Verwechslung von Roth und Violet mit Grün und Blau nicht selten vor, während Gelb stets richtig erkannt wird. —

Unter subjectiven Farben begreift man solche Farbeneindrücke auf das Auge, welche nicht durch die Gegenwart der entsprechenden Farbe selbst, sondern durch anderweite vorhergegangene oder gleich-

zeitige Eindrücke bedingt sind. — Die bemerkenswerthesten Erscheinungen dieser Art sind die complementären Nachbilder und die farbigen Schatten. — Hat man einen Streifen gefärbten Papiers auf weißem Grunde und bei guter Beleuchtung einige Zeit unverwandten Blickes betrachtet, so erscheint, wenn das farbige Papier beseitigt wird, ein Bild von gleicher Größe in lebhafter complementärer Färbung. Die Stelle der Netzhaut, welche das erste farbige Bild aufnahm, ist gegen den Eindruck dieser Strahlenart abgestumpft und nimmt demnächst aus dem weißen Lichte die complementären Strahlen vorzugsweise wahr.

Bei farbiger Beleuchtung sieht man die Schatten mit complementärem Tone gefärbt, wie z. B. die Schatten der gelb-roth untergehenden Sonne blau erscheinen. — Man nennt diese Erscheinungen, welche noch keineswegs genügend erklärt sind, Contrastfarben. Z.

Farbenchemie, Lehre von der Zubereitung der Farben nach chemischen Principien.

Farbenzerstreuung s. Farbe und Licht.

Farbstoffe (Pigmente) s. Färberei Bd. III. S. 4.

Farinzucker s. Zucker.

Farnkrautwurzelöl s. fette Oele unter Fette.

Faser, Faserstoff s. Pflanzenfaser.

• Faserstoff (thierischer) s. Blut Bd. I. S. 879 und Hämatogenkörper.

Fatisciren, — von *fatiscere*, auseinandergehen, zerfallen. — Mit diesem Ausdrücke bezeichnet man vorzugsweise eine Art der Verwitterung, welche krystallisirte wasserhaltige Verbindungen dadurch erleiden, dass sie ihr Krystallwasser ganz oder zum Theil verlieren, in Folge dessen die vorher festen mehr oder weniger klaren Krystalle eine undurchsichtige und lockere Beschaffenheit annehmen, oder sich in eine voluminöse pulverige Masse verwandeln. Bekannte Beispiele hiervon liefern krystallisirtes neutrales kohlen-saures und schwefelsaures Natron, essig-saures Kupferoxyd u. a. m.

Nach Watson¹⁾ hält die Verwandtschaft fatiscirender Salze zum Krystallwasser in einer trockenen oder unvollkommen mit Wassergas gesättigten Atmosphäre dem Bestreben, denselben sich mit Wasserdampf zu sättigen, bis zu gewissen Temperaturgrenzen das Gleichgewicht. Er hat vom kohlen-sauren und schwefelsauren Natron gezeigt, dass zwischen dem Thaupunkt und der Temperatur der Luft gewisse Verhältnisse existiren, bei denen jene Salze unverändert bleiben, dass über oder unter diesen Grenzen, wenn bei gleichbleibender Temperatur der Thaupunkt sinkt, oder bei constantem Thaupunkt die Temperatur steigt, das Fatisciren beginnt, umgekehrt aber die fatiscirten Salze ihr Krystallwasser wieder aufuehmen. Krystalle von kohlen-saurem Natron beginnen z. B. zu fatisciren, sobald bei einer Temperatur von 14,4^o C. der Thaupunkt sich unter 9,4^o C. erniedrigt, oder wenn bei einem Thaupunkte von — 9,4^o die Temperatur der umgebenden Luft 14,4^o C übersteigt. Für das schwefel-

¹⁾ Phil. Mag. Jan. 1838 und Journ. für prakt. Chem. Bd. XIV. S. 112.

saure Natron ist bei der nämlichen Temperatur der Luft die Grenze des Thaupunktes, bis zu dem die Krystalle noch nicht fatisciren, = 10° C.

Im nächsten Zusammenhange mit dem Fatisciren stehen die Erscheinungen des »Effloresciren«, das Ausblühen oder Auswittern von Salpeter, schwefelsaurem Natron und anderen Salzen aus feuchten Mauern und Gesteinen (s. Auswittern, Bd. I. S. 649 und 770).

H. K.

Fayalit hat C. G. Gmelin ein vulcanisches, schlackenartiges Product von der azorischen Insel Fayal benannt. Die nämliche, oder doch wenigstens eine ganz ähnliche Mineralsubstanz von demselben Fundorte ist durch v. Fellenberg untersucht worden, welcher ihr den Namen Eisenperidot beilegte. Durch concentrirte Salzsäure wie durch Schwefelsäure wird nur eine theilweise Aufschliessung des Minerals bewirkt; dasselbe besteht nämlich aus einem zusammengeschmolzenen Gemenge von Silicaten, von denen einige durch jene Säuren zerlegt werden, andere nicht. Gmelin fand in dem durch Behandlung mit erwärmter Salzsäure aufgeschlossenen Theile des Minerals: 24,93 Kieselerde, 65,84 Eisenoxydul, 2,94 Manganoxydul, 1,84 Thonerde, 0,60 Kupferoxyd, 2,77 Schwefeleisen (FeS), in dem nicht zerlegten, durch Glühen mit kohlen-saurem Baryt aufgeschlossenen Theile dagegen: 58,11 Kieselerde, 18,55 Eisenoxydul, 6,67 Manganoxydul, 12,53 Thonerde und 2,28 Kupferoxyd. v. Fellenberg's Analyse gab hiervon bedeutend abweichende Resultate, was die schon durch die äußeren Kennzeichen des Minerals motivirte Annahme, dass es nur ein zusammengeschmolzenes Gemenge sey, zur Gewissheit bringt. Die Zusammensetzung des Fayalits hat übrigens viel Aehnlichkeit mit der einer Eisenfrischschlacke, wie v. Fellenberg nachgewiesen hat.

Th. S.

Fayence. Mit diesem Namen bezeichnet man eine feinere, aus mehr oder weniger farbigem, geschlammten Thone angefertigte Töpferware, welche mit einer undurchsichtigen, zinnoxydhaltigen Bleiglasur überzogen ist. Auf dem Bruche stellt sich die Fayence meist als eine erdige, Wasser ansaugende Masse dar; jedoch giebt es auch stark zusammengesinterte Fayence-Sorten. Der zur Fayence angewandte Thon ist meistentheils kein sehr feuerfester, sondern ein mehr oder weniger kalkhaltiger (Mergel-) Thon. Nachdem derselbe geschlamm't ist, und sich in den Schlamm-Sümpfen oder -Bottichen abgesetzt hat, wird er bis zur Erlangung der erforderlichen Plasticität getrocknet. Dies geschieht in einigen Fabriken in gebrannten, porösen Thongefäßen, welche einen Theil des im Thonschlamm'e enthaltenen Wassers aufsaugen. Die aus solchem Thone gefertigten Waaren werden zuerst schwach gebrannt, dann in die Glasurmasse getaucht, getrocknet, und darauf stärker gebrannt. Zur Anfertigung der Glasur bedient man sich auf den verschiedenen Fabriken verschiedener Vorschriften. Zwei Compositionen einer guten Fayence-Glasur sind z. B. die folgenden. I. 100 Thle. zinnoxydhaltiges Bleioxyd, 18 Thle. Kochsalz, 5 Thle. Mennige, 100 Thle. Sand. II. 100 Thle. zinnoxydhaltiges Bleioxyd, 6 Thle. Kochsalz, 6 Thle. Mennige, 100 Thle. Sand. Das zinnoxydhaltige Bleioxyd wird durch Zusammenschmelzen von 100 Thlu. Blei mit 22—30 Thlu. Zinn und oxydirender Behandlung dieser Legirung erhalten. Die Glasurcomposition wird, nach erfolgter feiner Zertheilung und guter Mischung, zu einem Glase geschmolzen, welches dann auf den Glasurmühlen nass ge-