zu schaffen, welche mit mathematischer Genauigkeit und einer bis dahin ungeahnten Zartheit die Natur bis in die feinsten Einzelheiten wiedergäben. Ist nun auch heute die photographische Technik soweit fortgeschritten, daß zu einer Aufnahme statt mehrere Minuten nurmehr Bruchteile einer Sekunde erforderlich sind, so vermochten wir es doch lange Zeit nicht in so einer einfachen und vollkommenen Weise, wie jetzt Licht und Schatten, auf der Platte das festzuhalten, was auch dem photographischen Bilde erst in Wahrheit Leben und Seele gibt: die Farbe.

Gleichwohl sind die Versuche, die Farben der Natur auf der Platte festzuhalten, fast älter als diejenigen, welche sich nur auf Licht und Schatten beschränken, ja man könnte die Farbenphotographie die Vorläuferin der Schwarz-Weiß-Photographie nennen.

Der deutsche Arzt Johann Heinrich Schultze, seit 1720 Professor der Medizin und daneben der griechischen und arabischen Sprache an der Universität Altorf und später Halle, hatte 1727 die Lichtempfindlichkeit der Silbersalze entdeckt. 1782 machte Sennebie die Beobachtung, daß das Chlorsilber mit violetttem Lichte bestrahlt „mehr einen Stich ins Blaue bekomme, bei Rot aber hellere Nuancen annehme“. Den ersten sich unmittelbar auf die Farbenphotographie beziehenden Hinweis finden wir dann im zweiten Bande von Goethes Farbenlehre; es heißt dort: Dr. Seebeck in Jena ließ 1810 das Spektrum eines fehlerfreien Prismas auf weißes, noch feuchtes und auf Papier gestrichenes Hornsilber, d. h. Chlorsilber, fallen und fand dasselbe nach 15–20 Minuten in folgender Weise verändert: im violetten Teil des Spektrum war es rötlichbraun, im blauen rein blau geworden, im gelben war es meistens unverändert. Im Rot dagegen hatte es eine rosen- oder hortensienrote Farbe angenommen. Jenseits Violett und jenseits Rot zeigte das prismatische Farbenbild noch einen mehr oder minder hellen Schein.

John Herschel, dem Sohne des berühmten Astronomen, war es vorbehalten, das merkwürdige Verhalten des Chlorsilbers 1841 von neuem zu entdecken. Weiter fand er, daß ein ähnliches Verhalten gegenüber dem Lichte auch das Bromsilber und das Guajakharz zeigen. Im übrigen beschränkte er sich aber gleichfalls nur auf die Wiedergabe des Sonnenspektrum. Erst Edmond Becquerel gelang es um 1850, in der Kamera außer Aufnahmen des Sonnenspektrum auch solche von Naturgegenständen zu machen, und zwar auf den von Daguerre erfundenen Daguerrotypplatten, d. h. mit Chlor behandelten polierten Silberplatten. Fixieren, also dauernd haltbar machen, konnte er sie jedoch ebensowenig wie die früheren Forscher. Seine Versuche bedeuteten daher nur insofern einen Fortschritt, als sie zeigten, daß auch die Wiedergabe von Naturgegenständen in ihren natürlichen Farben auf mechanischem, rein photographischem Wege tatsächlich möglich ist. Diese Versuche wurden von dem französischen Offizier Niépce de St. Victor fortgesetzt. Sein Verfahren unterschied sich von dem seiner Vorgänger dadurch, daß er die Empfindlichkeit seiner Platten für die einzelnen Farben durch Zusatz gewisser Substanzen zu erhöhen suchte. Durch einen Ueberzug von Benzoetinktur gelang es ihm auch, seine Bilder für einige Zeit wenigstens vor der zerstörenden Wirkung des Tageslichtes zu schützen. Seine Versuche, deren Ergebnisse er der Pariser Akademie der Wissenschaften vorlegte, erstreckten sich über die Jahre 1851–1866. Am 18. Dezember 1865 legte dann der Chemiker Poitevin seine Erfolge gleichfalls der Akademie vor. Wertvoll an dessen Arbeiten ist besonders der Hinweis auf die Erhöhung der Farbenempfindlichkeit und damit verkürzter Belichtungszeit durch oxydierende, also leicht Sauerstoff abspaltende und übertragende Stoffe. Diese Erscheinung ist erst in allerneuester Zeit durch Gross und Neuhaus bestätigt worden.

Zum besseren Verständnis des Nachfolgenden und zur Ergänzung des Vorhergehenden ist es vielleicht nicht unangebracht, an dieser Stelle kurz einiges über das Wesen des Lichtes zu bemerken. Das uns von der Sonne zukommende Licht macht zunächst für das Auge einen einheitlichen Eindruck, und wir pflegen es als weiß zu bezeichnen. Sondern wir einen Teil desselben aus und lassen diesen durch einen engen Spalt fallen, so erzeugt dieses Strahlenbündel auf einer dem Spalt gegenüberliegenden weißen Fläche ein weißes Abbild des Spaltes. Bringen wir jetzt vor den Spalt ein Prisma, so wird sein Bild zu einem Bande ausgezogen, das nunmehr nicht mehr einfarbig, sondern in den Farben des Regenbogens erscheint. Solcher Regenbogenfarben unterscheiden wir sieben, und zwar nach Hering vier — nach Joung drei — einfache Grundfarben und die durch ihre Vermischung an den Uebergangsstellen entstehenden Mischfarben. Als Grundfarben bezeichnet Hering die Farben rot, grün, gelb und blau; außerdem haben wir im Spektrum noch orange, indigo und violett. Diese Farben, von denen die roten Strahlen, an dem einen Ende gelegen, durch das Prisma um einen geringeren Grad von ihrer geraden Richtung abgelenkt werden als die am anderen Ende gelegenen violetten, üben auf die Netzhaut des Auges einen Einfluß aus, stellen also den sichtbaren Teil des Spektrum dar. Ueber das violette und rote Ende hinaus gibt es aber noch weitere Strahlen, welche, wie schon die Versuche Seebecks gezeigt hatten, sich durch chemische Wirkung bemerkbar machen und z. B. auf die lichtempfindliche Schicht der photographischen Platte einen zersetzenden Einfluß ausüben, dem Auge selbst jedoch nicht mehr direkt wahrnehmbar sind. Diese bezeichnen wir als ultraviolette und infrarote Strahlen.

Feuilleton.

Die Farbenphotographie und ihre Geschichte.

Von Dr. Hans L. Heusner, Assistenten der Dermatologischen Universitätspoliklinik in Gießen.

Eben sind 72 Jahre vergangen seit dem denkwürdigen Augenblick, in welchem am 7. Januar 1839 der bekannte französische Physiker Arago in einer öffentlichen Sitzung der Pariser Akademie der Wissenschaften verkündete: daß Louis Mandé Daguerre dahin gelangt sei, in vier bis fünf Minuten durch Macht des Lichtes Bilder und Zeichnungen

Ihren störenden Einfluß kann man durch Lichtfilter ausschalten, für welche Poitevin als Erster ein Gefäß mit schwefelsaurer Chininlösung anwandte.

Der Engländer Simpson machte darauf 1867 zum ersten Male den Versuch, die Bilder durch Kopieren zu vervielfältigen, indem er bunte Glasbilder in der Art der bekannten Diaphanien auf Chlorsilber-Kollodiumplatten oder Papiere legte und so dem Lichte aussetzte. 1869 erschienen dann die beiden Werke des Franzosen Ducos du Hauron: *Les couleurs de la Photographie*, und: *La triplice Photographie*.

In diesen sind so ziemlich alle möglichen Wege der Farbenphotographie vorgezeichnet oder doch angedeutet, so z. B. die später noch zu besprechende Wiedergabe der Farben durch strich- oder punktförmige Dreifarbenraster und vieles andere, deren Umsetzung in die Praxis erst unserer heutigen soviel durchgebildeteren Technik möglich wurde. Es sind also seit den Zeiten Ducos du Hauron prinzipiell bis heute so gut wie gar keine Fortschritte gemacht worden.

Auf die weitere Entwicklung der Farbenphotographie gewinnen nunmehr die lichttheoretischen Arbeiten Zenkers, dessen Lehrbuch der Photochromie 1868 erschien, und James Clerk Maxwells einen führenden Einfluß. Von grundlegender Bedeutung, besonders für den theoretischen Teil, wurde die von Joung im Jahre 1802 aufgestellte, von Helmholtz ausgebaut und von Zenker 1855 zuerst auf die Photographie angewandte Joung-Helmholtzsche Farbentheorie. Diese bezieht sich auf das Zustandekommen des farbigen Bildes auf der Netzhaut des Auges und besagt: die Netzhaut ist durch besondere Endorgane, die Zapfen, imstande, drei verschiedene Grundfarben wahrzunehmen, und zwar rot, grün und violett. Je nachdem nun die Netzhautteilchen durch die verschiedenen Farben mehr oder weniger stark erregt werden, entsteht die Empfindung der übrigen Spektralfarben. Jede Farbe erregt den ihr zukommenden Netzhautteil. Erregung aller Teile von ziemlich gleicher Stärke ergibt weiß oder schwarz, das man als lichtschwaches Weiß betrachten kann. Wirken zwei verschiedene Farben gleichzeitig auf die Netzhaut, so entsteht die Empfindung einer Mischfarbe.

Eine Bestätigung fand diese Theorie durch eine schon früher von verschiedenen Forschern, zuerst von Max Schulze beobachtete, von Fritsch 1904 jedoch erst genauer untersuchte Erscheinung: daß sich nämlich an der Spitze der schon erwähnten Stäbchen in der Netzhaut der Tauben und anderer Vögel rote, gelbe und grünblaue Fettröpfchen befinden, die anscheinend als Farbenfilter wirken. Fritsch gelang es auch, diese Fettröpfchen auf farbenphotographischem Wege darzustellen.

Der Gedanke, aus drei voneinander unabhängigen Grundfarben alle in der Natur möglichen Farben zu mischen, ist sehr alt; nachdem schon 1626 der holländische Maler Lastmann, mit geringem Erfolge allerdings, versucht hatte, bunte Kupferstiche anzufertigen, indem er mehrere farbige Platten übereinander druckte, tritt dieser Gedanke 1704 zuerst wieder in dem mit großer Erbitterung geführten Prioritätsstreit zwischen dem Pariser Kupferstecher Gautier und dem in Frankfurt a. M. 1670 geborenen Maler Le Blond hervor. Le Blond stützt seine Anschauungen auf die gerade (1672) veröffentlichten Entdeckungen Newtons über die zusammengesetzte Natur des Lichtes aus den oben erwähnten Farben des Spektrum. 1706 ließ er in London folgendes Traktat erscheinen:

„Die Malerey kann alle sichtbaren Gegenstände mit drey Farben vorstellen, denn alle die übrigen Farben, lassen sich von diesen dreien, welche ich die Grundfarben nenne, verfertigen. Z. B. gelb und rot macht Oranienfarbe, rot und blau violett, blau und gelb grün, und die Vermischung von diesen drey Grundfarben bringt die schwarze und alle übrigen Farben hervor; wie ich solches gezeigt habe in der Ausübung meiner Erfindung, alle Gegenstände in ihren natürlichen Farben abzu drucken. Ich rede hier nur von den dichten, das ist von denen Farben, deren sich die Maler bedienen. Denn die Vermischung von allen Grundfarben — d. h. derjenigen des Spektrum — bringt keine schwarze, wohl aber das Gegenteil, nämlich die weiße Farbe, wie solches der unvergleichliche Herr Newton in seiner Optik gezeigt hat, hervor. Das Weiß ist eine genaue Konzentrierung oder ein Ueberfluß des Lichtes, das Schwarze aber eine Beraubung oder ein Mangel des Lichtes, sowohl das eine wie das andere entsteht von Vermischung der Grundfarben. Allein das eine (das weiße) entsteht von der Vermischung der zarten (impalpables also vielleicht besser übersetzt: immateriellen, d. h. durch Lichtbrechung entstandenen) Farben und das andere (das schwarze) von den dichten (palpables also materiellen oder Maler-) Farben.“

Le Blond wählte also durchaus sachgemäß für den Druck die noch heute unseren Verfahren zugrunde liegenden Grundfarben rot, gelb und blau. Andererseits unterschied er scharf zwei Verfahren: einmal ein solches mit zarten Farben, bei dem durch Zusammenwirken aller Farben Weiß entsteht, und dann ein solches mit dichten Pigmentfarben, deren Vermischung Schwarz ergibt.

Wir unterscheiden diese Verfahren heute als additive und subtraktive Methode der Dreifarbenphotographie. Bei der additiven Methode werden Lichtstrahlen von verschiedenen Farben vereinigt. Die Intensität der sich aus dieser Vereinigung ergebenden Mischfarbe erhöht sich also mit jeder neu hinzugekommene Farbenkomponente. Denken wir uns drei Lichtquellen, jede in einer der drei Grundfarben, und lassen

wir das Licht dieser auf eine Stelle zusammenfallen, so werden wir die dreifache Helligkeit erhalten, dabei kommen die einzelnen farbigen Bestandteile als solche entsprechend weniger zur Geltung, ihre Sättigung nimmt ab, und der Gesamteindruck nähert sich mehr und mehr dem Weiß, je mehr Farben des Spektrum zusammentreffen.

Bei der subtraktiven Farbmischung, der Malerei und dem Dreifarbendruck, nimmt jede hinzugekommene Farbenkomponente einen Teil der Wirkung und damit der Leuchtkraft der Mischfarbe hinweg, und der Gesamteindruck geht schließlich in Dunkelheit, d. h. schwarz über. Die auf diesen Grundlagen beruhende Methode der Farbenphotographie, bei welcher die Summe sämtlicher Farben eines Gegenstandes in drei Teile aufgelöst und aus diesen wiederum der drei entstandenen Teilbilder ein farbiges einheitliches Bild rekonstruiert wird, wollen wir als „mittelbares“ Verfahren der Dreifarbenphotographie bezeichnen. Dieses läßt fernerhin zwei Entwicklungsstadien unterscheiden: Das erste Stadium, die „Analyse“, will lediglich die drei Druckplatten herstellen durch Analysierung des Gesamteindruckes. Das Verfahren ist zunächst gleichgültig. Die zweite, die „Synthese“, soll darauf die erhaltenen Teilbilder wieder zu einem farbigen Gesamtbilde vereinigen. Die Arbeit der Analyse blieb früher der mehr oder weniger großen Geschicklichkeit des Kupferstechers überlassen, wie bei den oben geschilderten Verfahren von Lastmann, Le Blond und ihren Nachfolgern, konnte also nur unvollkommene Erfolge zeitigen. Ein großer Fortschritt war es daher, als James Clerk Maxwell die Anregung gab, die Photographie zur Analyse eines Farbgemisches nach den drei Grundfarben heranzuziehen und die so gewonnenen Platten in subtraktiver oder additiver Methode zu verwerten.

In die Praxis umgesetzt wurde dieser Gedanke zuerst von dem Hofphotographen Joseph Albert in München. Dieser verband den Lichtdruck mit dem Farbendruck, indem er, in der in Folgendem näher beschriebenen Weise, drei photographische Negative und nach diesen Lichtdruckplatten herstellte, welche mit den entsprechenden Farben eingewalzt und übereinander gedruckt wurden.

Wie gestalten sich nun auf Grund dieser Erfahrungen unsere heutigen Verfahren zur Herstellung farbiger Bilder nach der Dreifarbenmethode? Zur Analyse des farbigen Originalen werden drei an sich farblose, aber in den Tonwerten verschiedene Negative hergestellt, welche als Grundlagen für farbige Kopien dienen. Entsprechend der Annahme von drei Grundfarben in verschiedenem Verhältnis, müssen die Farben eines Gegenstandes, dessen Bild in natürlichen Farben dargestellt werden soll, durch die photographische Aufnahme zerlegt werden, indem wir alles Rot auf eine rotempfindliche, alles Gelb auf eine gelbempfindliche und alles Blau auf eine blauempfindliche Platte einwirken lassen. Soll auf jede Platte nur eine bestimmte Farbe einwirken, so müssen alle anderen durch Lichtfilter ausgeschlossen werden, d. h. durch gefärbte Folien oder Platten oder Gefäße mit gefärbten Lösungen, die an irgend einer Stelle des Strahlenganges, zumeist unmittelbar vor dem photographischen Objektiv, eingeschaltet werden. Diese Lichtfilter lassen nur die ihrer eigenen Färbung entsprechenden Strahlen durch, die anderen werden ganz oder teilweise verschluckt und können daher die Platte nicht beeinflussen. Man erhält auf diese Weise drei Negative mit verschiedenen Tonabstufungen. Auf der hinter dem Rotfilter belichteten Platte ist alles Blau in der Natur unwirksam geworden und daher im Negativ hell geblieben, auf der Blauplatte kamen Gelb und auf der Grünplatte Rot nicht zur Geltung und schwärzten daher die Platte nicht. Um nun von diesen Negativen ein Farbbild zu erhalten, kopiert man jede Platte in der Farbe, die auf die Platte gar nicht wirkt, d. h. in der der einwirkenden Farbe komplementären. Von der ursprünglich hinter dem roten Filter belichteten Platte macht man daher eine Kopie in blauer Farbe, von der Blaufilterplatte eine gelbe und von der grünen eine rote. Werden diese drei zunächst einfarbigen Teilbilder zur Deckung gebracht, so erhält man eine Photographie in den der Natur entsprechenden Farben. Auf rein photographischem Wege sind allerdings nur die Negative hergestellt, während die Abstimmung der farbigen Teildrucke zueinander mehr oder weniger dem Geschick des Photographen überlassen bleibt. Da die Negative bei sämtlichen augenblicklich gebräuchlichen mittelbaren Methoden in der gleichen Weise, durch nacheinander erfolgende Aufnahmen der drei Teilbilder hinter entsprechenden Filtern, erfolgen, so sind Momentaufnahmen natürlich ausgeschlossen, abgesehen von der herabgesetzten Empfindlichkeit der Platten durch die eingeschalteten Filter.

(Schluß folgt.)