

und 60 mm Brennweite), in deren Brennpunkt die Pupillenebene des untersuchten Auges liegt, ein *Zwischenbild* erzeugen. Von diesem fängt man durch eine Stereoskopkamera, deren Doppelobjektiv mit einer Henker-v. Rohrschen Binokularlupe<sup>1)</sup> (ohne Okulare) kombiniert wird, 2 Halbbilder auf, worauf wir an anderer Stelle (1913, l. c.) eingegangen sind.

## Das Aronssche Chromoskop. (Farbenweiser).

Von Dr. Bruno Borchardt, Charlottenburg.

Eine einwandfreie Benennung der Farben ist eine Aufgabe von hohem theoretischen und praktischen Interesse, deren Lösung sowohl in den Kreisen der Künstler und Techniker wie in denen der reinen Wissenschaft wiederholt angeregt und versucht worden ist. Aus dem Fehlen genügender Farbenbezeichnungen in älteren Sprachen sowie bei Naturvölkern hat man zuweilen auf das Fehlen der entsprechenden Farbenempfindungen, auf die mangelhafte Farbentüchtigkeit der Augen älterer Völker sowie von Naturvölkern schließen wollen, so daß die Farbenempfindung sich erst im Laufe der Zeiten entwickelt habe. Auch bei den Kindern wird aus demselben Grunde eine Entwicklung der Farbenempfindung angenommen. „Das Kind weiß nicht, was Grün und Blau bedeutet, wenn es schon Gelb und Rot kennt“, sagt z. B. v. Preyer (Die Seele des Kindes) und schließt, daß die Empfindung für kurzwellige Farben sich erst allmählich zur vollen Empfindungsstärke entwickelt. Es ist das ein ebenso unberechtigter Schluß, wie der auf die Blaugelbblindheit der alten Griechen aus dem Umstande, daß für reines Gelb und reines Blau keine eindeutigen griechischen Ausdrücke existierten und Blau, Grün und Violett häufig mit demselben Ausdruck bezeichnet werden. Ein sehr lehrreiches Beispiel, wie stark entwickelt das Unterscheidungsvermögen für Farben sein kann, ohne daß doch die Möglichkeit besteht, einen sprachlichen Ausdruck für die verschiedenen Farbnuancen zu finden, führt Arthur König an (Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane 1893 in einem Referat über *Blümner*, Die Farbenbezeichnungen bei den römischen Dichtern). Er erzählt, wie er im äußersten Westen von Canada das Farbenempfindungs-, Unterscheidungs- und Benennungsvermögen eines Indianers untersuchte: „Ich hatte seine Sehschärfe geprüft und ließ mir dann mit Hilfe eines Dolmetschers die Bezeichnung für die verschiedenen, an den von seinen Stammesgenossen angefertigten Holzschnitzereien vorkommenden Farben angeben. Alle Antworten erfolgten ganz glatt und sicher; da bemerkte ich, daß unter den vielen Pigmenten kein

gesättigtes Blau vorkam. Ich zog einen so gefärbten Karton aus der Tasche und fragte nach der Bezeichnung dieser Farbe. Der Indianer stutzte, sah mich einen Augenblick ratlos an, als wenn er gar nicht verstehen könne, wie ich zu einer solchen Frage käme. Als ich diese dann wiederholte, ging er schweigend in einen Nebenraum, wo sich eine Ausstellung der in seiner Heimat vorkommenden Vögel befand; nach wenigen Augenblicken kehrte er wieder zurück mit einem Vogelbalge in der Hand und breitete dessen Flügelfedern über meinen Karton aus: die Farbe war genau dieselbe. Ein Wort für die Farbe hatte er nicht, vermutlich, weil es kein so gefärbtes Pigment oder keinen so gefärbten, im alltäglichen Leben seiner Stammesgenossen verwendeten Stoff gab; wohl aber konnte er die Farbe sicher von allen anderen unterscheiden, denn er suchte unter vielen ähnlichen (wovon ich mich nachher überzeugte) die gleiche heraus.“ Der Indianer „kannte“ also die Farbe sehr gut. Aus dem Mangel eines sprachlichen Ausdrucks darf eben nicht ohne weiteres auf den Mangel des Empfindungs- und Unterscheidungsvermögens geschlossen werden, denn „neben dem Wissen, das mit Begriffen arbeitet und deshalb des Ausdrucks in Worten fähig ist, besteht noch ein anderes Gebiet der Vorstellungsfähigkeit, welches nur sinnliche Eindrücke kombiniert, die des unmittelbaren Ausdrucks durch Worte nicht fähig sind. Wir nennen es im Deutschen Kennen.“ (*Helmholtz*.)

Im gewöhnlichen Leben wird man sich mit verhältnismäßig wenigen Farbenbezeichnungen begnügen können; praktisch unerhebliche Unterschiede vernachlässigt man und kommt im allgemeinen mit den Ausdrücken Weiß, Schwarz, Grau, Braun, Rot, Grün, Blau, Gelb und ihren Zusammensetzungen und den aus ihnen abgeleiteten Worten aus und hilft sich überdies mit der Bezugnahme auf farbige Naturobjekte, wie Himmelblau, Seegrün, Rosenrot, Kastanienbraun, Golden, Silber usw. Eine genauere Bezeichnung verlangen allerdings die Techniken, die mit Farben zu tun haben, wie die Färberei, die Weberei, die Konfektion, die Malerei usw., die die Farben nach Farbstoffen benennen (Cochenille, Safran, Indigo) oder nach Orten der Herkunft von Farbstoffen (Pariser Blau, Schweinfurter Grün) oder auch einfach nach Konvention (Solferino, Magenta, Königsblau). Auch die Maler, Handwerker und Künstler bedienen sich naturgemäß der technischen, ihnen aus der Praxis vertrauten Farbenbezeichnungen. Alle derartigen Bezeichnungen können aber für die Wissenschaft, speziell für die Naturwissenschaft, nur als ein ganz unzureichender Notbehelf dienen. Hier ist eine so genaue Bezeichnung einer Farbenempfindung, daß sie nach Farbenton, Sättigung und Helligkeit vollkommen eindeutig bestimmt erscheint, ein ganz natürliches, sich von selbst ergebendes Bedürfnis. Daß ihm mit obigen Bezeichnungen nicht gedient sein kann, liegt auf der Hand, ganz abgesehen davon, daß ein Farbenmuster, das etwa als Normalstück einer derartigen Farbenbezeichnung gelten soll, mit der Zeit Veränderungen der Farbe ausgesetzt ist.

<sup>1)</sup> O. Henker und M. v. Rohr, binokulare Lupen schwacher und mittlerer Vergrößerung, Zeitschr. f. Instrumentenkde. 1909, S. 280—286.

Verschiedentlich sind Versuche in der Richtung einer wissenschaftlich einwandfreien Farbenbezeichnung gemacht worden, so in umfassender Weise von *Chevreul* in seinem Werke „Exposé d'un Moyen de définir et de nommer les couleurs“, 1861, worin er sicher und endgültig die Frage beantwortet zu haben glaubt, „de savoir s'il est possible d'assujettir les couleurs à une nomenclature raisonnée en les rapportant à des types classés d'après une méthode simple, accessible à l'intelligence de tous ceux qui s'occupent des couleurs soit à un point de vue purement scientifique soit à un point de vue d'application“. Eine zahlenmäßige Angabe der Farben kann das Werk aber nur durch den Hinweis auf Farbentafeln geben, und diese leiden an dem Übelstand, daß sie gegenüber der schier endlosen Fülle von Farbensnuancen, die in der Natur auf uns einströmen, doch nur verhältnismäßig wenige Farben enthalten können, und zweitens an dem noch viel größeren Übelstand, daß die Farben auf Farbentafeln mit der Zeit nicht unveränderlich, sondern sehr starken Einwirkungen des Lichtes ausgesetzt sind. Nur für die reinen Spektralfarben bietet sich in den Wellenlängen resp. Schwingungszahlen eine unveränderliche Maßbestimmung ganz von selbst dar. Aber die reinen Spektralfarben spielen in der Natur und im Kunstgewerbe wie in den verschiedensten Techniken fast gar keine Rolle, für die hier uns entgegentretende reichhaltige Fülle von Farben konnte ein unveränderlicher Maßstab um so weniger gefunden werden, als ja nicht nur der Farbenton, sondern auch die Helligkeit und die Sättigung für die Farbenempfindung von entscheidender Bedeutung sind.

Eine Lösung der Aufgabe scheint nun in dem von *Arons* konstruierten Farbenweiser (Chromoskop) vorzuliegen, der in seiner endgültigen Form in den *Annalen der Physik* (4. Folge, Band 39, 1912) beschrieben wird. In seinem umfassenden Aufsatz über „das theoretische und praktische Problem der Farbenbenennung“ stellt *Waetzold* drei Grundforderungen für eine zukünftige Farbenbezeichnung auf (*Zeitschrift für Ästhetik und allgemeine Kunst IV*, 1909): 1. Die Farbenbenennungen müssen von internationaler Verständlichkeit sein. 2. Sie müssen von individueller Verständlichkeit sein, d. h. die Vorstellung der Farben, zu denen sie gehören, möglichst sicher und leicht zu wecken vermögen. 3. Ihr Umfang muß wenigstens annähernd dem der malerischen Palette entsprechen. Die Forderungen zwei und drei widersprechen einander, wie *Waetzold* selbst betont: „Entweder man versucht die Aufstellung einer die beiden ersten Bedingungen erfüllenden Nomenklatur, dann widerspricht der kleine Wortschatz dem Reichtum der tatsächlich sich anbietenden Farben oder: man verfaßt ein umfangreiches Farbenwörterbuch. Wird es dann zwar dem dritten Wunsche verhältnismäßig gerecht zu werden vermögen, so kann es doch nicht von allgemeiner Verständlichkeit und Anwendbarkeit sein.“ Hinzuzufügen ist den Forderungen von *Waetzold* noch die Unveränderlichkeit der mit der Benennung verbundenen Farbe, die immer wieder dieselbe Empfindung auslösen muß.

Der Aronssche Apparat läßt die zweite Forderung gänzlich unberücksichtigt und sucht lediglich den andern Forderungen gerecht zu werden. Sein Prinzip ist kurz folgendes:

Bekanntlich entstehen bei Beleuchtung mit gewöhnlichem weißen Licht in einem senkrecht zur optischen Achse geschnittenen Quarzplättchen in einem Polarisationsapparat, also zwischen Polarisator und Analysator, die allerverschiedensten Farben, je nach der Dicke des Plättchens und der Stellung der beiden als Polarisator und Analysator dienenden Nicolschen Prismen. Der Quarz dreht die Polarisationssebene und zwar in verschiedenem Maße je nach der Wellenlänge, so daß die Schwingungsebene des langwelligen roten Lichtes am wenigsten, die des kurzwelligen violetten am stärksten gedreht wird. Der Analysator läßt von jeder Lichtart nur eine seiner eigenen Polarisationssebene entsprechende Schwingungskomponente hindurch, so daß also eine Mischfarbe entsteht, die mit der Stellung des Analysators und Polarisators sich ändert. Dreht man die Polarisationssebene des Analysators aus der Parallelstellung zum Polarisator in die gekreuzte (um  $90^\circ$ ), so wird eine zu der ersten komplementäre Farbe entstehen, und bei weiterer Drehung um  $90^\circ$  wird die anfängliche Farbe wieder erscheinen. Im Drehungsgebiet von  $180^\circ$  werden dagegen stets verschiedene Farben erscheinen. Außerdem hängt der Betrag der Drehung der Polarisationssebene und damit die zur Erscheinung kommende Farbe von der Dicke des Quarzplättchens ab, sie ist direkt proportional der Dicke des durchstrahlten Plättchens. Durch Plättchen von verschiedener Dicke erhält man also bei derselben Stellung von Polarisator und Analysator ebenfalls verschiedene Farben.

Durch die Dicke des Quarzplättchens, die in Millimeter angegeben ist, und den Neigungswinkel der Schwingungsebenen der beiden Nicolschen Prismen (Polarisator und Analysator) in Winkelmaß ist die Farbe festgelegt und zwar *absolut*. In der Möglichkeit dieser absoluten Bestimmung der Farbe dürfte für den Physiker die hauptsächlichste Bedeutung des Apparates liegen.

Fig. 2 zeigt den in Fig. 1 photographisch abgebildeten Apparat in schematischer Darstellung. Die Drehung des Analysators, des Nicolschen Prismas *A*, ist am oberen Teilkreis ablesbar; zwischen ihm und dem Polarisator *P* sind sieben Quarzplättchen von den Dicken  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ , 1, 2, 4, 8 und 8 mm durch Hebel bequem ein- und ausschaltbar. Mit diesem „einfachen“ Chromoskop würden sämtliche Quarzdicken von  $\frac{1}{4}$  bis  $23\frac{3}{4}$  mm in Stufen von  $\frac{1}{4}$  mm Abstand herstellbar sein, also 95 verschiedene Quarzdicken. Würde man die Drehung des Nicols *A* von Grad zu Grad ablesen — die Genauigkeit der Ablesung ist in dem Apparat weiter getrieben —, so würde man  $95 \times 180 = 17\,100$  verschiedene Farbensnuancen erhalten. Trotz dieser Reichhaltigkeit wird dem praktischen Bedürfnis damit nicht Genüge geleistet, namentlich zeigt sich in den Farben des Farbenweisers ein auffallender Mangel an roten Tönen. *Arons* wiederholt deshalb das Prinzip des Appara-

tes, indem er an dem vorderen Ende einen Hilfspolarisator  $P''$  mit den Hilfsquarzplatten  $Q_I - Q_{IV}$ , ebenfalls durch Hebel ein- und ausschaltbar, anbringt. Die Hilfsplatten haben die Dicken 1, 2, 4, 8 mm, können also zu 15 verschiedenen Dicken von 1—15 mm in Stufen von je 1 mm Abstand kombiniert werden. Die Drehung des Hilfspolarisators ist an dem unteren Teilkreis ablesbar. Die Zahl der in diesem „vervollständigten“ Chromoskop herstellbaren Farbnancen wächst bei Ablesung von Grad zu Grad auf  $17\,100 \times 15 \times 180 = 4\,617\,000$ , also auf über  $4\frac{1}{2}$  Million, eine Reichhaltigkeit, wie sie durch Tafeln niemals erzeugt werden kann, und jede einzelne dieser zahllosen Farbnancen ist durch die

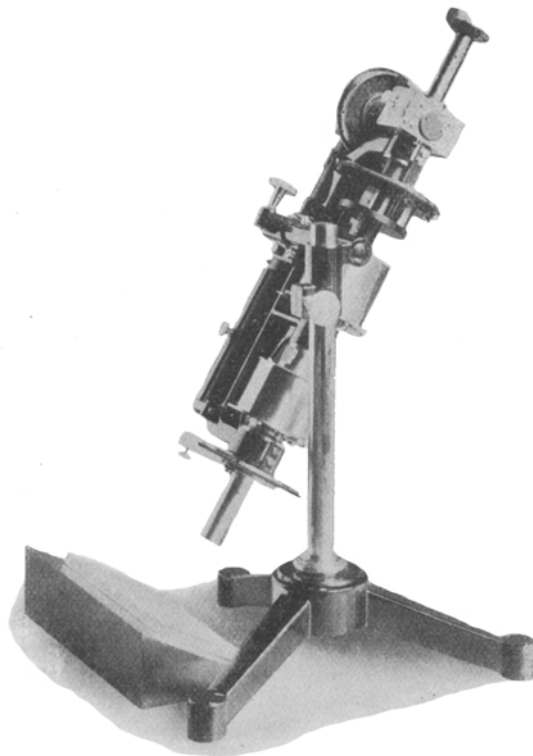


Fig. 1.

ihr entsprechenden Quarzdicken und Nicoldrehungen vollständig „absolut“ und an jedem Orte und zu jeder Zeit wieder herstellbar bestimmt.

Dem Bedürfnis nach absoluter Farbenbestimmung wäre mit dem im bisherigen beschriebenen Apparat, der im wesentlichen mit dem von Arons bereits im Oktober 1910 in den Annalen der Physik beschriebenen übereinstimmt, wohl Genüge getan, die Zahl der herstellbaren Farben ist außerordentlich groß, die Bezeichnung jeder einzelnen Nuance ist vollkommen eindeutig und genügt der Forderung allgemeiner internationaler Verständlichkeit. Aber für die Praxis genügt es nicht, Vergleichsfarben immer wieder in genau derselben Weise eindeutig herstellen zu können; die Farbenempfindung ist auch von der Helligkeit der Farbe sowie in sehr

starkem Maße von der Beleuchtung des Untergrundes abhängig, auf dem die Farbe erscheint, ja dadurch allein, daß eine Farbe auf einem mehr oder weniger hellen weißen oder mehr oder minder hellen farbigen Untergrunde erscheint, ist überhaupt erst eine wirkliche Beurteilung der Farbe möglich, eine einzige Farbe im Gesichtsfeld entzieht sich der Beurteilung, wie gerade im Farbenweiser überraschend schön und einfach zu demonstrieren ist.

Um zunächst die Helligkeit der Farbe des Chromoskops ändern zu können, befindet sich, wie an Fig. 2 ersichtlich, am unteren Teile des Apparats noch ein weiteres Nicolsches Prisma  $P''$ . Wird mit den unteren Quarzplatten nicht gearbeitet, sondern nur mit den oberen  $Q_1 - Q_7$ , so stellt man  $P''$  mittels einer Klemmschraube am unteren Teilkreis fest, so daß  $P'$  und  $P''$  nur ein einziges Nicol bilden. Durch Drehung dieses Nicols gegen den Polarisator  $P$  werden offenbar Schwächungen der Lichtintensität bewirkt, die von einer weißen mit dif-

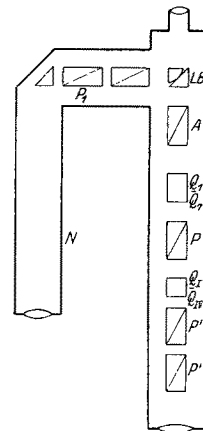


Fig. 2.

fusem Tageslicht beleuchteten Porzellanplatte herührt, die auf einem Tischchen vor dem Rohr des Apparates liegt; für absolute Angaben benutzt Arons Platten, die über verbrennendem Magnesium mit einer gleichmäßigen Schicht von Magnesia überzogen sind, wodurch gleichzeitig eine etwa 25 % größere Helligkeit erreicht wird. Sind auch die unteren Quarzplatten  $Q_I - Q_{IV}$  eingeschaltet, so macht man  $P''$  gegen  $P'$  drehbar und erreicht durch Drehung von  $P''$  Änderung der Helligkeit, während  $P'$  und die unteren Quarzplatten bewirken, daß bereits gefärbtes Licht in den Polarisator  $P$  eintritt.

Damit die Farbe des Chromoskops im Gesichtsfeld nicht allein erscheint, sondern auf einem mehr oder weniger hellen weißen oder zur Vergleichung mit der zu bestimmenden Farbe eines Gegenstandes farbigen Untergrunde, besitzt der Apparat neben dem Hauptrohr noch ein zweites, das Nebenrohr  $N$ , von dessen oberem Ende das Licht — auf den Gang der Strahlen von einer vor dem Rohr befindlichen weißen Porzellanplatte, der durch eine Anzahl Linsen geregelt wird, braucht hier nicht näher einge-

gangen zu werden — mittels eines total reflektierenden Prismas in das Hauptrohr geworfen wird, wo ein Lummer-Brodhunscher Photometerwürfel *LB* sich über dem Analysator befindet. Durch die mittlere, kreisförmige Berührungsfläche der beiden Teile dieses Würfels geht das im Hauptrohr aus dem Analysator kommende Licht ungehindert hindurch, während das neben dieser Fläche auftreffende Licht nach der absorbierenden Fassung des Rohrs reflektiert wird, so daß das Gesichtsfeld als kleiner Kreis erscheint; das vom Nebenrohr kommende Licht geht gerade in diesem mittleren Teil durch die Berührungsfläche nach der absorbierenden Rohrwand, während das rings um die Berührungsfläche auf den Würfel auffallende Licht nach dem Okular reflektiert wird, so daß das Gesichtsfeld für das aus dem Nebenrohr kommende Licht als ein größerer Kreisring erscheint, in dessen Mitte sich das farbige Gesichtsfeld des eigentlichen Chromoskops befindet. An der Zeichnung sieht man, daß das aus dem Nebenrohr kommende Licht noch zwei Nicolsche Prismen durchsetzen muß, von denen das eine,  $P_1$ , an einem Teilkreis drehbar ist. Man erkennt ohne weiteres, daß durch Drehung dieses Nicols eine Lichtschwächung eintreten muß. Man hat also die Möglichkeit, den Grund, auf dem die Farbe des Chromoskops erscheint, nach Belieben lichtstärker oder -schwächer zu machen. *Arons* bezeichnet daher die im Chromoskop erscheinende Farbe stets nicht nur durch die Quarzdicke und den Winkel zwischen Polarisator und Analysator, sondern fügt stets noch die Stellung des unteren Hilfspolarisators  $P'$  sowie die von  $P_1$  hinzu, von denen die erstere die Helligkeit der Chromoskopfarbe, die letztere die Helligkeit des umgebenden Grundes anzeigt. Wie wichtig dies für die Beurteilung der Farbenempfindung ist, ist schon oben kurz bemerkt worden, an dem Apparat tritt es ganz überraschend hervor. So erscheint z. B. die durch 4 mm Quarzdicke und eine Neigung des Analysators gegen den Polarisator um  $140^\circ$  bestimmte Farbe als kräftiges Dunkelgelb, wenn  $P'$  auf  $90^\circ$  steht und  $P_1$  auf  $25^\circ$  gebracht wird. *Arons* bezeichnet die Stellung der ersteren Prismas mit  $H$ , die des letzteren mit  $D$ , so daß die vollständige Bezeichnung dieses kräftigen Dunkelgelb in der für das Chromoskop sich ergebenden Schreibweise ist:

$$4 \text{ mm } 140^\circ \ H \ 90 \ D \ 25.$$

Läßt man jetzt  $D$  allmählich bis  $90^\circ$  wachsen, so erfolgt dabei ein Übergang des Gelb in Braun, obwohl an der Chromoskopfarbe absolut nichts geändert wird. Wird bei  $D \ 90$  noch  $H$  von  $90^\circ$  herunter auf kleinere Werte gebracht, so wird das Braun immer dunkler, bis es schließlich in Schwarz übergeht. In Wirklichkeit ist bei dem Vorgange weder der Farbenton noch die Sättigung der Farbe irgendwie geändert worden, es handelt sich lediglich um Helligkeitsänderungen, ja anfangs, solange  $H \ 90$  ist, nur um relative Helligkeitsänderungen, indem die Helligkeit der Chromoskopfarbe dieselbe bleibt und nur die des umgebenden Kreisrings geändert wird. Trotzdem ändert sich scheinbar auch der Farbenton und zwar so stark, daß die Sprache zu

einem anderen Namen gegriffen hat — Braun statt Gelb. Ähnlich, wenn auch nicht ganz so auffällig, ist der Übergang von violetten Farbtönen zu blauen. Sehr schön kann man bei den Versuchen mit der Helligkeitsänderung auch beobachten, wie sich die Farben im Chromoskop teils als schwere Deckfarben, teils als durchscheinende (Lazur-) Farben darstellen, je nachdem der äußere weiße resp. graue Ring heller oder dunkler ist als der innere Kreis.

Statt einer weißen Porzellanplatte kann man auf das Tischchen vor dem Nebenrohr auch einen farbigen Gegenstand bringen, dessen Farbe bestimmt werden soll. Die Chromoskopfarbe erscheint dann nicht auf einem mehr oder minder stark abgeschwächten weißen resp. grauen Grunde, sondern auf einem farbigen. Die Einstellung des Gesichtsfeldes des Hauptrohres auf diese Farbe ist außerordentlich scharf, sie kann mit solcher Genauigkeit geschehen, daß für wenig geübte Augen eine Trennungslinie zwischen der Farbe des Chromoskops und der des umgebenden farbigen Ringes überhaupt nicht vorhanden ist. Ihre Bezeichnung geschieht, wenn auch die Benutzung der unteren Quarzplättchen sich notwendig macht, durch 6 Zahlen, z. B.

$$\begin{array}{l} 4 \text{ mm } 41^\circ \ H \ 90 \setminus \\ 10 \text{ mm } 83^\circ \ D \ 40 \end{array},$$

wobei sich die oberen Zahlen auf die unteren Quarzplatten und Nicols beziehen ( $Q_I$ — $Q_{IV}$ ,  $P'$ ,  $P''$ ), die unteren auf die oberen Quarzplatten  $Q_1$ — $Q_7$ , den Analysator  $A$  und das Nicol  $P_1$  im Verbindungsstück des Haupt- und Nebenrohres.

Trotz der schier unübersehbaren Fülle von Farben, die im Farbenweiser nicht nur nach dem Farbenton, sondern auch nach Helligkeit und Sättigung zur Erscheinung gebracht und zahlenmäßig bestimmt werden können, versagt er gegenüber sehr reinen Farben, namentlich im Rot. Will man auch diese Farben erhalten, so kann man dem von der Weißplatte in den Apparat eintretenden Licht durch gefärbte Normalgläser einen bestimmten Ton geben. Die Farbenbestimmungen sind dann nicht mehr „absolut“, doch erscheint es nicht ausgeschlossen, daß man die Farben der Normalgläser selbst mit dem Chromoskop „absolut“ bestimmen könnte. Ob sich das Arbeiten mit solchen Normalgläsern empfiehlt, muß der Entscheidung der Praktiker überlassen bleiben.

Die Anwendung des Farbenweisers ist mit der Bestimmung und Messung von Farben keineswegs erschöpft. An Stelle des Analysators  $A$  kann ein in der schematischen Zeichnung nicht dargestelltes sogenanntes Wollastonsches Prisma, d. i. ein aus Kalkspat und Glas hergestelltes doppelbrechendes Prisma, in den Strahlengang eingeschaltet werden. Wird es benutzt, so schaltet man den Lummer-Brodhunschen Würfel aus und arbeitet nur mit dem Hauptrohr. Tritt weißes Licht in den Apparat ein, so müssen — bei Benutzung nur der oberen Quarzplatten — die beiden farbigen Bilder im Gesichtsfeld komplementäre Farben zeigen. Das Prisma ist so beschaffen, daß die beiden Bilder im Gesichtsfeld sich zum Teil

überdecken. Dieser gemeinsame Teil erscheint stets weiß, während die Farben der nicht gemeinsamen Bestandteile bei der Drehung der Prismen wechseln, jedoch stets komplementär bleiben. Der Apparat erleichtert also das Studium der komplementären Farben sehr wesentlich und ebenso das der Zusammensetzung von Farben. Legt man nämlich vor das Hauptrohr statt der Weißplatte eine farbige Fläche, so erscheint der Teil des Gesichtsfeldes, in dem die beiden Bilder sich überdecken, stets in der Farbe dieser Fläche (Grundfarbe), während die beiden nicht gemeinsamen Teile je nach der Dicke der eingeschalteten Quarzplatten und der Stellung der Nicols andere und andere Farben ergeben, die sich jedoch stets zu der gemeinsamen Grundfarbe ergänzen. Besonders schön werden diese Zusammenstellungen, wenn man solche Zerlegungen wählt, bei denen die beiden Außenfelder ungefähr gleich hell erscheinen. Mit Benutzung beider Quarzsysteme kann man jede der durch das untere System allein erhaltenen beiden Farben noch einmal zerlegen und so vier Farbentöne erhalten, die miteinander und mit der gegebenen Grundfarbe in harmonischer Beziehung stehen. Durch Einschalten verschiedener Quarzdicken kann man so die mannigfaltigsten Farbenharmonien zu einer Grundfarbe auffinden. Für Farbstoffmischungen kann man hieraus freilich keinen unmittelbaren Nutzen ziehen, weil es sich dabei ja nicht um additive Farben wie hier handelt, sondern um Subtraktionsfarben, da ja ein Gemisch von Farbstoffen nur den Rest von Licht hindurchläßt resp. reflektiert, der von den einzelnen Bestandteilen nicht absorbiert wird. Mittelbar allerdings wird auch für jeden, der sich mit Farbstoffen beschäftigt, das Studium der Wirkungen von Farbenzusammensetzungen auf das Auge zweifellos von Nutzen sein. Kunstgewerber waren überrascht von der Fülle schöner Farbenzusammenstellungen, die sich mit dem Farbenweiser ergeben. Der Farbenweiser kann also, wie sein Erfinder hofft, „außer zur nüchternen Farbenbestimmung oder Messung, die gerade der vornehmsten Schönheit, dem Spiel der Farbe auf dem Stoff, nicht gerecht werden darf, doch auch zu ästhetisch wertvoller Tätigkeit benutzt werden“.

## Die ärztliche Röntgen-Untersuchung des Magens und des Darmes.

Von Dr. Alban Köhler, Wiesbaden,  
Spezialarzt für Röntgenologie.

Obwohl die Entdeckung der Röntgenstrahlen und ihre Verwendung zur Erkennung von Krankheiten bereits älter als siebzehn Jahre ist, obwohl man in den ersten Jahren nicht etwa nur die Knochen mit den neuen Strahlen untersuchte, sondern bereits ein bis zwei Jahre nach der Entdeckung *Röntgens* (Dezember 1895) auch bereits Weichteile, wie Herz und Lungen, zuweilen mit gutem Erfolg durchleuchtete, kann man den Magen und Darm erst seit neun Jahren (seit 1904) mit *Röntgenstrahlen* sichtbar machen. Das kam daher: Die *Röntgenstrahlen* geben von allen Gegenständen, so auch von den einzelnen Organen des menschlichen Körpers nur dann ein

Bild, wenn der betreffende Gegenstand, der dargestellt werden soll, einen anderen Absorptionskoeffizienten für Röntgenstrahlen hat als seine Umgebung. Je größer der Unterschied in der sogenannten Röntgendichte zweier Körper, um so deutlicher wird das Röntgenbild. Der Unterschied in der Dichte von Metallen und den Weichteilen des Körpers ist ein ungemein großer, daher die leichte Darstellung der metallischen Fremdkörper (abgebrochenen Nadeln, verschluckten Münzen usw.) in den Weichteilen des Körpers. Nicht ganz so dicht, aber immerhin verhältnismäßig dicht gegenüber den Weichteilen sind die Knochen; daher die brillanten Röntgenbilder von Knochen. Alle Weichteile aber des tierischen (d. h. auch menschlichen) Körpers, also auch die Eingeweide, haben nun ungefähr den gleichen Absorptionskoeffizienten, einer wie der andere; also die Milz hat ungefähr die gleiche Röntgendichte wie die Leber, wie die Nieren, wie das Herz, wie die Bauchspeicheldrüse, wie die Harnblase und wie auch der Magen und Darm. Nur wenige Ausnahmen gibt es, und die sind das Fett und die lufthaltigen Partien, vor allem also die Lungen: die lufthaltigen Lungen lassen die Röntgenstrahlen ungemein leicht, fast ohne jedes Hindernis, passieren, während die vorhin genannten Eingeweide, Leber, Milz, Herz usw. die Röntgendichte des Wassers haben, die ungefähr 20 mal größer ist wie die der Luft, der Gase. Daher kommt es denn auch, daß sich Herz und Lungen so deutlich im Röntgenbilde wiedergeben lassen, eben weil hier zwei Organe mit größtem Dichtigkeitsunterschied aneinander grenzen. Darum auch die bereits bis in das erste und zweite Jahr der Röntgenära zurückreichende Untersuchung von Lungen und Herz mit Röntgenstrahlen. Die eben geschilderten Verhältnisse lassen es aber auch gleich erklärlich erscheinen, daß im Unterleib kein Organ mittelbar mit X-Strahlen zu sehen sein wird, denn alle Organe des Unterleibes haben gleiche *Röntgendichte*, Leber, Milz, Nieren, Bauchspeicheldrüse, Harnblase und Darm. *Spuren* von Luft resp. Gas, was dasselbe ist, finden sich nur in den Därmen, die sogenannten Darmgase, und eine kleine Menge oben am Eingang des Magens, die sogenannte Magenblase. Diese kleinen Mengen treten natürlich im Röntgenbilde hervor, aber damit kann für eine erfolgreiche ärztliche Untersuchung so gut wie nichts angefangen werden. Nun bestand vor der Röntgenära eine Art der Größenuntersuchung des Magens darin, daß man den Magen mit Luft resp. Gasen (Brausepulvermischung) aufblähte, damit man seine Größe von außen sehen oder abklopfen konnte. Ideal ist dieses Verfahren nie gewesen, da unter anderem die elastischen Magenwände dem Druck des Gases mehr als erwünscht nachgaben und so falsche Größe des Magens vorgetäuscht werden konnte. Außerdem waren Ohnmachtsanfälle während dieser Prozedur keine Seltenheit. Obgleich es nun gewissermaßen nahe lag, den künstlich gasgeblähten Magen auch zur Röntgenuntersuchung zu benutzen, so ist doch niemals systematisch Gebrauch davon gemacht worden, eben wegen der vielen, zum Teil recht großen Nachteile dieser Methode.

Da aber, wie eingangs erwähnt, und wie jeder Laie seit den ersten Tagen der Röntgenwissenschaft aus jeder Tageszeitung weiß, Metalle am schwersten durchlässig für Röntgenstrahlen sind, so legte man sich die Frage nahe, ob nicht nach Einnehmen von schweren Metallsalzen, die man in der Magenbehandlung schon längst anwandte, wie das Bismutum subnitricum, sich brauchbare Resultate erzielen ließen. Aber Bismutum subnitricum galt für giftig und es war im allgemeinen üblich, nicht mehr als drei Gramm zu verabreichen. Diese kleine Menge Wismut, vom Patienten eingenommen, ist nun tatsächlich mit Röntgenstrahlen gut zu sehen, sie liegt wegen ihrer Schwere natürlich auf dem Magen Grunde.