angrenzen. Wenn man Krystallmodelle oder andere von ebenen Flächen begrenzte Körper, die aus Gyps gegossen oder weiss angestrichen sind, beobachtet, wird man auch bemerken, dass die gleichmässig beleuchteten Flächen da heller erscheinen, wo sie an schwächer beleuchtete angrenzen, und da dunkler, wo sie an stärker beleuchtete angrenzen.

Daraus, dass die Ringe, die jene Scheibe bei der Drehung gibt, immer im Allgemeinen mit der Abnahme der Breite des Sectors dunkler werden, geht schon hervor, dass ein Lichteindruck eine gewisse Zeit braucht, um zu seiner vollen Wirkung zu gelangen; denn, wenn er auch in der kleinsten Zeit seine volle Wirkung ausüben könnte, so müssten ja alle diese Ringe gleichmässig weiss sein. Sigmund Exner hat nun mit einem Apparate, der von Helmholtz angegeben ist, und der von ihm mit dem Namen des Tachistoskops bezeichnet wurde, den zeitlichen Verlauf der Erregung untersucht und gefunden, dass die Zeit, welche ein Lichteindruck braucht, um zu seiner vollen Wirkung zu gelangen, sehr verschieden ist, je nach der objectiven Helligkeit, und zwar zeigt es sich hier, dass, wenn die objective Helligkeit in geometrischer Progression zunimmt, die Zeiten, die zur Erreichung der vollen Wirkung nöthig sind, in arithmetischer Progression abnehmen. Wenn man deshalb sagt, dass etwa der fünfte Theil einer Secunde dazu nöthig sei, dass ein Lichteindruck seine volle Wirkung ausübe, so gilt das nur von einem Lichteindrucke von mittlerer Stärke, wie ihn etwa ein von gewöhnlichem diffusem Tageslichte beleuchtetes Blatt Papier hervorbringen kann. Stärkere Lichtintensitäten brauchen beträchtlich kürzere Zeit, während andererseits geringere Lichtintensitäten längere Zeit zur Entwickelung ihrer vollen Wirkung brauchen.

Wir haben ferner gesehen, dass es für die Erregung eine gewisse Reizschwelle gibt, das heisst eine gewisse Intensität, welche ein objectives Licht haben muss, um wirklich eine Erregung hervorzurufen. Da nun hier die Wirkungen sich zeitlich allmälig entwickeln, so ist es von vorneherein klar, dass es auch zeitlich eine gewisse Reizschwelle geben wird, dass ein Licht von einer gewissen Intensität immer eine gewisse Zeit eingewirkt haben muss, ehe man es überhaupt bemerkt. Auch diese Zeit ist von Exner mit dem früher erwähnten Apparate untersucht worden, und es hat sich auch hier ergeben, dass, wenn die objective Lichtintensität im geometrischen Verhältnisse zunimmt, die für die Wahrnehmung nöthigen Zeiten in arithmetischer Progression abnehmen.

Nachbilder.

Wenn ein Lichteindruck eine Zeit lang gedauert hat, so verschwindet er wieder. Es fragt sich nun, kommt dann die Netzhaut sofort in Ruhe, oder setzt sich etwas an seine Stelle? Das ist verschieden, je nach der Stärke des Lichteindruckes, der hervorgebracht worden ist. Diese hängt wiederum ab von der Stärke des objectiven Lichtes und von der Zeit, während welcher das objective Licht eingewirkt hat. Nach stärkeren Reizen erfolgen Nachbilder, die vielfach von Purkinje, Plateau und Fechner studirt worden sind. Man theilt sie ein in gleichfärbige und in complementär gefärbte, also in solche, die dieselbe Farbe haben wie das Object, und in solche, die die entgegengesetzte, die complementäre Farbe

haben. Man theilt sie ferner ein in positive und in negative, wobei man diesen Bezeichnungen denselben Sinn unterlegt, wie er in der Photographie gebräuchlich ist. Man nennt nämlich positiv dasjenige Nachbild, in welchem das hell ist, was im Object hell ist, und negativ nennt man dasjenige Nachbild, in welchem das dunkel ist, was im Objecte hell ist.

Das erste Nachbild, das zur Erscheinung kommt, ist das positive complementär gefärbte Nachbild, das von Purkinje entdeckt worden ist. Purkinje beschrieb, dass, wenn er eine glühende Kohle langsam herumschwang, er hinter derselben einen rothen Streifen gesehen; das war die directe Verlängerung des Lichteindruckes. Dann sei ein kurzes dunkles Intervall gekommen und hierauf ein grünes Bogenstück, ein grünes Nachbild, das sich weniger im Raume ausbreitete als der rothe Streifen, der vom verlängerten directen Lichteindrucke herrührte. Dieses Grün setzt sich hell auf dunklem Grunde ab. Einige sehen dieses Nachbild etwas anders. Exner beschreibt es so, dass das dunkle Intervall fehlt und das Roth durch eine Art von Grau in das Grün des positiven complementär gefärbten Nachbildes übergeht. Man kann dieses positive complementär gefärbte Nachbild auch sehen, wenn man längere Zeit in eine Kerzenflamme durch ein farbiges, z. B. rothes Glas hineinstarrt. Wenn man dann plötzlich, ohne den Augapfel mit den Augenlidern zu drücken, die Augen schliesst, sieht man eine grüne Flamme, in der das hell ist, was in der Flamme selbst hell ist, und das dunkel, was in der Flamme selbst dunkel ist, also ein positives complementär gefärbtes Nachbild.

Die positiven gleich gefärbten Nachbilder muss man ansehen als hervorgegangen aus der Wiederkehr des Erregungszustandes, welchen das ursprüngliche Licht hervorgebracht hat, die negativen Nachbilder aber, die immer complementär gefärbt sind, sind Abstumpfungsbilder, das heisst sie rühren daher, dass das einwirkende Licht eine Partie unserer Netzhaut unterempfindlich gemacht hat für objectives Licht, und dass deshalb, wenn wir zum Beispiele rothes Licht gesehen haben, der Eindruck von Roth fehlt, wenn gemischtes Licht auf dieselbe Stelle fällt, und deshalb an dieser Stelle der Eindruck von Grün entsteht, welches dunkler ist als der Grund. Es ist über die Richtigkeit dieser Erklärung gestritten worden, weil dieses negative complementär gefärbte Nachbild auch bei geschlossenen Augen, ja selbst, wenn man die Augen mit beiden Händen bedeckt, gesehen wird. Fechner hat aber darauf aufmerksam gemacht, dass dies damit zusammenhängt, dass wir unsern Sehnerven niemals im Zustande der völligen Ruhe empfinden, dass wir auch, wenn wir die Augen mit den Händen bedecken, nicht ganz schwarzes Sehfeld haben, sondern gewöhnlich ein Sehfeld, das uns etwas gelblich, wie mit feinem Goldstaub durchstreut erscheint, und dass in diesem subjectiven Lichte auch die Farbe fehlt, die die Erregung hervorgebracht hat, und deshalb ein Nachbild in complementärer Farbe und dunkler als der übrige Grund erscheint. Die Richtigkeit seiner Erklärung bestätigt sich dadurch, dass, wenn man die Hände etwas lüftet und Licht durch die Augenlider hineinfallen lässt, diese Bilder nicht verschwinden, sondern sich deutlicher auf dem nun helleren Grunde absetzen. Bei starken monochromatischen Lichteindrücken, z. B. wenn man durch ein rothes Glas in die Sonne sieht, folgen sich die Nachbilder gewöhnlich in folgender Weise. Erst das positive gleichgefärbte Nachbild, dann ein negatives complementär gefärbtes Nachbild, dann taucht wieder,

wenn ein hinreichend starker Eindruck gemacht ist, ein positives gleichgefärbtes Nachbild auf, dann wechseln negatives complementär gefärbtes und positives gleichgefärbtes Nachbild mehrmals mit einander ab, um so häufiger, je stärker der Eindruck gewesen ist, und endlich steht das negative complementär gefärbte Nachbild noch eine Weile, und die Retina kommt dann wieder zur Ruhe. Wenn der Eindruck nicht von monochromatischem Lichte gemacht wurde, sondern von weissem, gemischtem Lichte, hat man keineswegs immer weisse oder schwarze Nachbilder, sondern bei stärkeren Lichteindrücken hat man farbige Nachbilder, bei denen eine Farbe die andere verdrängt. Das beruht darauf, dass die Nachbilder der verschiedenen Farben zeitlich auseinanderfallen und deshalb auch nicht miteinander Weiss geben können, sondern verschiedene Farben nacheinander zum Vorschein kommen. Man hat dies mit dem Namen des Abklingens des Nachbildes durch verschiedene Farben bezeichnet. Es ist dabei merkwürdig, dass, wenn man ein positives Nachbild von einer bestimmten Farbe bei geschlossenen und bedeckten Augen hat, und man das Auge öffnet und auf einen hellen Grund sieht, auf dem hellen Grunde das negative complementär gefärbte Nachbild auftritt. Das Auge ist also objectiv unterempfindlich gegen die Farbe, die es eben subjectiv empfunden. Wenn nun kein Nachbild mehr vorhanden ist, so ist doch nach den Lichteindrücken das Auge nicht ganz in seinem Normalzustande, in ähnlicher Weise, wie wir gesehen haben, dass ein Nerv, durch den ein Strom hindurchgegangen ist, noch nicht ganz in seinem Normalzustande ist, wenn auch kein Oeffnungstetanus mehr vorhanden ist. Dies zeigt sich an einer Verstimmung der Retina, in welcher die Farben anders wahrgenommen werden als sonst, und das gibt Veranlassung zu einer neuen Art von Contrastwirkungen. Durch den dauernden Eindruck einer Farbe ist die Retina unterempfindlich geworden gegen dieselbe Farbe, und man sieht daher die complementäre Farbe subjectiv verstärkt. Wenn wir eine Zeit lang auf einen rothen Gegenstand gesehen haben, und sehen von demselben weg auf einen grauen Gegenstand, so erscheint uns dieser grünlich, und umgekehrt, wenn längere Zeit hindurch grünes Licht auf unser Auge eingewirkt, so erscheint uns ein grauer Gegenstand, auf den wir sehen, röthlich u. s. w.

Thomas Young's Theorie.

Es handelt sich nun darum, wie sollen wir uns alle diese Farbenerscheinungen erklären, wie sollen wir uns überhaupt eine Vorstellung davon machen, dass es möglich sei, dass wir so viele Arten von Farben unterscheiden? Unterscheiden wir sie, weil in ein und derselben Art von Nerven durch sie verschiedene Erregungszustände hervorgerufen werden, oder unterscheiden wir sie dadurch, dass wir verschiedene Arten von Nervenfasern im N. opticus haben, die jede, sie mögen von was immer für Licht erregt werden, wenn sie einmal erregt, uns immer eine bestimmte Farbenempfindung verursachen? Wenn ich sage, verschiedene Arten von Nervenfasern, so meine ich hier, wie anderswo, nicht dass die Nervenfasern als solche verschieden sein müssen, sondern nur, dass sie mit verschiedenartigen Centralgebilden, Nervenzellen des Centralorgans, verbunden sind, und dass uns qualitativ verschiedene Empfindungen erwachsen, je