IV. Ueber einen neuen Kreisel zur Darstellung subjectiver Complementarfarben und eine eigenthümliche Erscheinung, welche die Orangefarbe dabei zeigt; von Dr. Sinsteden.

Eine schöne Farbenerscheinung stellt sich dar, wenn eine orangefarbene Papierscheibe, aus welcher 18 bis 20 Sectors ausgeschnitten sind, 1 bis 2 Zoll über einer weissen Papierscheibe in einer gewissen Geschwindigkeit rotirt: von der Reinheit und Intensität der Regenbogenfarben zeigen sich dann hochrothe und grüne radiale Streifen, welche durch einen gelblichen Uebergang zusammengränzen. Ich hatte mir nach Hrn. Prof. Dove's Angabe farbige Spiralstreifen auf weisse Papierscheiben gezeichnet, um subjective Complementarfarben darzustellen, erreichte meinen Zweck aber nur sehr unvollständig, wohl deshalb, weil recht reine und intensive Farben mir fehlten und gegen die, welche ich anwandte, das Weiss immer zu grell hervorstach. Dem zu begegnen dämpfte ich das Weiss, indem ich es durch ein Grauweiss ersetzte. Allein jetzt zeigten sich die Complementarfarben zu willig, namentlich bei der grünen Spiralfigur; das Grauweiss erschien neben dem Grün stets roth, so dafs es Niemand als ein Weiss anerkennen wollte. Diefs veranlafste mich, die farbige Scheibe von dem Weiss, worauf die Complementarfarbe erscheinen sollte, zu trennen, erstere in den Vordergrund zu stellen, das Weiss aber in den Hintergrund zu rücken und zu beschatten. Zu dem Ende schnitt ich aus einer farbigen Papierscheibe von einen Fufs Durchmesser, 20 Sektoren bis etwa auf einen Zoll vom Scheibenrande entfernt, aus und liefs sie über einer ganz weissen Papierscheibe, etwa 2 Zoll von ihr entfernt, rotiren.

1. Wird diese Farbenscheibe, nachdem sie einige Sekunden sich schnell bewegt hat, durch einen Fingerdruck auf ihren Rand angehalten, so dafs sie sich nur noch ganz

langsam herumdreht oder auch still steht, so erscheint die unter ihr liegende weiße Scheibe, welche man durch die ausgeschnittenen Sektoren ganz übersieht, in der lebhaftesten Complementarfarbe, die an Tiefe des Farbentons noch mehr zunimmt, wenn das Rotiren und Anhalten der Scheibe sich wiederholt; die Farbe der sectorweise ausgeschnittenen Scheibe und die subjective Complementarfarbe der unter ihr liegenden weißen Scheibe heben sich gegenseitig immer mehr durch den Contrast. Auf diese Weise erscheinen die subjectiven Complementarfarben so lebhaft, daß ich Niemand gefunden habe, dessen Auge schwer empfänglich dafür gewesen wäre. Dieselben stellen sich nicht als eine flüchtige Erscheinung dar, sondern dauern lange fort, so daß man sie genau und anhaltend betrachten kann, selbst während der Apparat beinahe ganz in Ruhe ist. Je nachdem man sich dem Apparate gegenüber stellt, erscheint die Complementarfarbe gleichmäßig oder in Schattirungen; stellt man sich so, daß man hell erleuchtete und zugleich beschattete Theile der weißen Scheibe sieht, so erscheinen erstere in einer helleren, letzter in einer dunkleren Schattirung der Complementarfarbe. Die gewöhnlichsten farbigen Papiere sind zu dem Versuch tauglich.

2. Es lassen sich mit diesem Apparat auch Mischfarben, aus objectiven und subjectiven Farben bestehend, darstellen. Beklebt man zum Beispiel eine grüne sectorweise ausgeschnittene Farbenscheibe auf ihrer untern Seite mit blauem Papier, wodurch sich die untere weiße Scheibe durch den Widerschein blau gefärbt zeigt, so vermischt sich beim Rotiren und Wiederanhalten dieser Scheibe das complementäre Roth, welches die grüne Scheibe hervorruft, mit dem blauen Widerschein auf der weißen Scheibe und man sieht diese jetzt *violet* gefärbt.

3. Wenn die orange Scheibe sehr schnell rotirt, so sieht man sie in ihrer wirklichen Farbe und durch die Ausschnitte zeigt sich die untenliegende weiße Scheibe ebenfalls größtentheils weiß, nur wo sie beschattet ist, zeigt sie einen matten orangefarbenen Schimmer; erst wenn

die Scheibe angehalten wird, tritt die Complementarfarbe auf der untern Scheibe als ein sehr intensives Blau hervor. Die Eingangs erwähnte Farbenerscheinung dieser Scheibe tritt dagegen bei einer mittleren Geschwindigkeit der Rotation ein, die langsamer ist als die, wo die farbige Scheibe ihre unveränderte wirkliche Farbe zeigt, aber schneller als die, wo die Complementarfarbe sich vollständig deutlich darstellt.

Man bemerkt jetzt zunächst, daß die radialen Ränder der Ausschnitte ihre scharfe Begränzung verlieren, sie erscheinen verwischt, die farbigen Sektoren werden schmaler und vervielfältigt und nun stellt sich dem Auge gewissermaßen ein Farben - Wahlverwandtschaftsprocess dar: Das Orange scheint sich in seine Bestandtheile Roth und Gelb zu zersetzen; das Roth zieht sich auf die vorangehenden Ränder der Ausschnitte hin und stellt sich in einem schmalen Streifen rein ausgeschieden dar; das Gelb dagegen bleibt auf den nachfolgenden Rändern der Sektoren zurück, verbindet sich aber sogleich mit dem subjectiven complementären Blau der unterliegenden weissen Scheibe und stellt so die grüne Farbe dar, so daß das Gelb für sich nur dann und wann wie zufällig zum Vorschein kommt und das complementäre Blau, für sich auch nur zuweilen in den breiteren Theilen der Ausschnitte sichtbar wird.

Goethe hat in didaktischen Theil zur Farbenlehre V, 58 von der Orangefarbe eine ähnliche Beobachtung angemerkt: »Nimmt man ein sehr lebhaft orange gefärbtes Stückchen Papier vor die weisse Fläche, so wird man, wenn man es scharf ansieht, das auf der übrigen Fläche geforderte Blau schwerlich gewahr werden. Nimmt man aber das orange Papier weg, und erscheint an dessen Platz das blaue Scheinbild: so wird sich in dem Augenblick, *da dieses völlig wirksam ist*, die übrige Fläche, wie in einer Art Wetterleuchten, mit einem *röthlich gelben Schein* überziehen, — — «. Hier ist, wie Goethe es auch verstanden wissen will, »der röthlich gelbe Schein« eine secundäre subjective Complementarfarbe, nämlich des subjecti-

ven complementaren Blau, welches von dem orange Papier hervorgerufen worden war. Diese Erklärung würde aber ganz und gar nicht auf unsere hier besprochene Erscheinung passen, denn diese stellt sich dar, bevor noch das complementare Blau auf der weissen Scheibe sich gezeigt hat, weshalb es seinerseits unmöglich wieder eine Complementarfarbe hervorrufen kann. Wenn man die sectorweise ausgeschnittene orangefarbene Scheibe gleich von Anfang an in die richtige Rotationsgeschwindigkeit setzt, so zeigt sich sogleich das leuchtende Roth und Grün, so wie der gelbliche Schein, bevor die unten liegende weisse Scheibe auch nur eine Spur von Blau gezeigt hatte. Statt der weissen Scheibe eine dunkle untergelegt, zeigt sich die besprochene Erscheinung nicht; sie wird um so schöner, je blendenderes Weiss die untere Scheibe bietet, und je heller der Apparat von diffusum Tageslicht erleuchtet ist. Directer Sonnenschein ist hinderlich, Lampen- und Kerzenlicht rufen die Erscheinung nur schwach hervor. — Was die Erklärung der hier in Rede stehenden hübschen Farbenerscheinung betrifft, so scheint sie theilweise bedingt zu werden, durch die Irradiation der bewegten farbigen und weissen Netzhautbilder, deren Zerstreuungsråder auf der Retina sehr breit seyn werden, weil die Pupille erweitert ist, indem das Auge keinen festen Punkt fixirt, sondern vielmehr ins Unbestimmte auf die ganze rotirende Scheibe sieht; die Zerstreuungsråder der dicht nebeneinander liegenden weissen und farbigen Sectorbilder werden daher grófstentheils auf einander zu liegen kommen und sich decken; nur der schmale mittlere Theil der Sectorbilder wird unverdeckt bleiben und mit seiner ungeschwächten Farbenintensität auf die Netzhaut einwirken.

Vermóge der *Dauer* der Netzhauteindrücke wird es nun auch geschehen müssen, dafs das Bild eines vorrückenden Orange-Sectors die Stelle der Retina trifft, wo der Eindruck eines eben fortgegangenen intensiv gefärbten orange Sektorkerns noch fort dauert; bei langsamerer Rotation der Scheibe wird nur der vorangehende Rand des Orange-

Sectors diese Retinastelle noch erreichen, und da dieser orange Rand durch den Zerstreuungsrand des nachbarlichen Weiße geschwächt ist, so wird seine Farbe zwar erhöht erscheinen, aber doch weniger, als wenn bei schnellerer Rotation das ungeschwächte intensiv gefärbte Bild der Mittellinie eines Orange-Sectors diese Stelle der Retina trifft, welche den Eindruck des ungeschwächten Orange noch fortbewahrt: durch diesen doppelten intensiven Farbeindruck, den noch fortdauernden und den neu hinzugekommenen nämlich, an einer und derselben Stelle der Retina, wird dieser schmale Streifen des Orange-Sectors hochgefärbt erscheinen müssen, gerade so, wie ein farbiger Streifen durch ein gleichfarbiges Glas mit erhöhter Farbenintensität gesehen wird.

Hierdurch erklärt sich denn, daß die Sectorränder verwischt und unbestimmt begrenzt gesehen werden, — daß bei langsamem Drehen der Scheibe die vorangehenden Ränder der Farbensectoren intensiver gefärbt erscheinen, — daß bei schnellerem Drehen die Farbensectoren höchst intensiv gefärbt, verschmälert, nahe aneinander gerückt und deshalb der Zahl nach vervielfältigt gesehen werden.

Ein auffallender Umstand ist es hierbei aber, daß die Orangesectoren, wenn sie den angegebenen, durch die Dauer der Netzhautindrücke bewirkten, verdoppelten Farbeindruck auf die Retina machen, nicht *hochorange* — sondern, wie es wirklich der Fall ist, im reinsten *Roth* gesehen werden. Diese *rosenrothe Farbe* bringt die orange Scheibe auch noch auf eine andere Weise hervor.

4. Wenn man nämlich etwa einen Zoll über der weißen Scheibe des Apparats eine grüne sectorweise ausgeschnittene Scheibe legt, und über dieser dann die ausgeschnittene orange Scheibe *rasch* rotiren läßt, so erscheint die weiße Scheibe, so weit man sie durch die ausgeschnittenen Sectors der darüberliegenden grünen Scheibe sehen kann, *schön rosenroth gefärbt* und die grüne Scheibe hat ihre Farbe verloren oder zeigt sich vielmehr schmutzig gelblich oder grüngelblich gefärbt, je nachdem man ein

mehr oder weniger lebhaftes Grün zu der Mittelscheibe gewählt hatte.

Läfst man an Stelle der orangen Scheibe eine *rothe* rotiren, so zeigt die weisse Scheibe ganz dieselbe rothe Farbe, wie die orange Scheibe sie hervorgerufen hatte. Dieser Versuch zeigt einmal, dafs die Netzhautstellen, auf welchen der Farbeindruck der rotirenden Scheibe noch andauert, während sie das weisse Sectorbild der untenliegenden weissen Scheibe empfangen, so wirken, wie ein farbiges Glas, durch welches ein weisser Gegenstand gefärbt, ein gleichgefärbter in erhöhter Intensität der Farbe, und jeder anders gefärbte farblos erscheint. Blickt man wirklich durch eine rothe Glasscheibe auf den Apparat, der dabei auch stille stehen kann, so erscheinen die rothen Sektoren *hochroth*, die weissen Sektoren der untern Scheibe lichtroth und die grünen Sektoren der Mittelscheibe ganz farblos, schwarz. In diesem Grade wirkt nun allerdings der dauernde Eindruck des von der Orangenscheibe reflectirten rothen Lichtes nicht, namentlich erscheint das Grün der mittlern Scheibe nicht schwarz, sondern vielmehr gelblich grau oder schmutzig gelbgrün; wohl daher, weil das matte Gelb, welches die Orange-Sektoren träge nachsenden, sich diesem Grün zumischt. Aber auch hier gilt das: *est modus in rebus*. —

Der Versuch 4. beweist aber auch in der That, dafs die orange Scheibe, welche in der Ruhe orangefarbiges Licht reflectirt, bei der Rotation über einer weissen Scheibe, *nicht orangefarbenes*, sondern *rothes Licht* reflectirt, dafs das Pigment der Scheibe, welches ja kein genuines prismatisches Orange ist, sondern ein aus Roth und Gelb zusammengesetztes, bei der *Bewegung* nicht innig gemischt bleibt, sondern, dafs das Roth desselben vorherrschend, voraus, mit gröfserer Energie in das Auge dringt, das Gelb aber nur schwach, vom Roth übertönt reflectirt und empfunden wird.

So fände sich denn alles Erforderliche zusammen, um die Eingangs erwähnte hübsche Farbenerscheinung, welche

die orange Scheibe zeigt, zu erklären: die rotirende orange Scheibe reflectirt, wie der Versuch gezeigt hat, *vorherrschend rothes* Licht, die betreffenden Retinastellen behalten diesen energischen Eindruck längere Zeit, so daß die rothen Licht-Impulse *mehrer* aufeinanderfolgenden Sektoren gleichzeitig auf dieselbe einwirken und die Empfindung des Rothens eine höchst lebhaft wird, — und dieses lebhaft Roth ruft jetzt auf dem Weißs der unteren Scheibe das subjective complementäre Grün hervor. Dieses Grün mag auch noch unterstützt und gekräftigt werden, durch die mattern Farben-Eindrücke, die, wenn auch nur schwach, dennoch aber sichtlich vorhanden sind, und mithin auch einige Wirkung äußern müssen. Die orange Scheibe sendet durch ihren mittleren Theil und ihren Rand, die beide nicht ausgeschnitten sind, unzersetzt Orange ins Auge und ihre orange Sektoren reflectiren außer dem vorherrschenden Roth, auch ein schwächeres Gelb, welches man bei langsamern Rotiren der Scheibe deutlich und für sich abgesondert zu sehen bekommen kann; wenn nun das Orange auf der weißen Scheibe das subjective complementäre Blau, auch nur schwach, hervorruft und das schwache Gelb, welches hinter den roth gesehenen Sektoren nachschimmert, mit diesem Blau zugleich ins Auge dringt, so mag diese so sich erzeugende grüne Mischfarbe das complementäre Grün, welches die in leuchtendem Roth gesehenen Sektoren hervorrufen, noch unterstützen und kräftigen.