III. *Ueber eine Scheibe zur Erzeugung subjectiver Farben; von G. T. Fechner.*

Es ist zur Genüge bekannt, daß man durch Drehung einer mit Farben in angemessener Weise bemalten Scheibe Weiß oder Grau erzeugen kann. Seltsam scheint es mir, daß man ein Phänomen noch nicht wahrgenommen, was gewissermaßen die Umkehrung des vorigen ist. Dreht man rasch eine mit einer Abwechselung von Weiß und Schwarz bedeckte Scheibe, so entstehen Farben. Ich machte diese Beobachtung zuerst zufällig. Ich hatte mir, um durch Drehen einer Scheibe verschiedene Abstufungen von Grau zu erzeugen, eine Pappscheibe von 18 Par. Zoll Durchm. fertigen lassen, welche in 18 gleich breite concentrische Kreise getheilt war. Der innerste war ganz schwarz, der nächste enthielt 20 Grade, der folgende 30 Grade weiße Fläche u. s. f., so daß also der äußerste 18te ganz weiß war. Fig. 7 Taf. III stellt diese Anordnung dar, wie sie für bloß 7 Kreise seyn würde. Der Umriss der schwarzen Figur ist, wenn man von den Ecken absieht (bei Eintheilung in unendlich viele Kreise), der einer archimedischen Spirale. Als nun diese Scheibe gedreht wurde, war ich erstaunt, anstatt Abstufungen reinen Grau's, vielmehr allerhand von der Mitte nach dem Umfang zu, so wie nach Beschaffenheit der Drehungsgeschwindigkeit sich ändernde Farben wahrzunehmen, die für mein Auge zwar nicht von starker Intensität, aber doch nicht ohne Lebhaftigkeit waren. Ich habe dies Phänomen vielen Personen gezeigt, und dabei gefunden, daß es von ihnen mit sehr ungleicher Deutlichkeit wahrgenommen wird, was auch in Betracht seines subjectiven Ursprungs nicht auffallend seyn kann. Einige nannten die Farben brillant, Andere vermochten

kaum etwas davon zu sehen; doch glaube ich, daß sie Niemandem ganz entgangen sind. Göthe würde diese Scheibe vielleicht sehr bequem für seine Theorie gefunden haben, indem man hier in der That Farben erscheinen sieht, wenn sich bei der Bewegung Schwarz (freilich nur so zu sagen) über Weiß schiebt, oder umgekehrt. Indefs ist der Grund der Erscheinung unstreitig folgender: Gesetzt, die Scheibe bewege sich in der Richtung des Pfeils, so tritt für das als unbeweglich vorausgesetzte Auge bei *a* Schwarz an die Stelle des Weiß, welches einen Augenblick vorher dort erblickt wurde. Der Eindruck des so eben so erblickten Lichts verschwindet nun nicht sofort im Auge, und zwar nimmt er nicht für alle Farbenstrahlen, welche das weiße Licht zusammensetzen, gleich schnell ab, wie sich durch andere That-sachen (namentlich das Farben-Abklingen im geschlossenen Auge nach angeschauten hellen Bildern) genügend darthun läßt, auf die ich in einer Fortsetzung meiner Untersuchungen über subjective Farben zurückkommen werde. Die Farben erlöschen nun nach einander im Auge mehr oder weniger, bis bei fortgesetzter Drehung der Rand *b* an die Stelle von *a* kommt und neues weißes Licht mit sich führt. So wie aber der Eindruck der verschiedenen Farbenstrahlen verschieden schnell verschwindet, scheint er sich andererseits auch bei Eintritt von Licht nach Dunkelheit mit verschiedener Schnelligkeit wieder geltend zu machen, so daß hierdurch ein neuer Grund zu Farbenerscheinungen entsteht. Je nach der Disposition des Auges, dem Abstände zwischen dem Rande *a* und *b*, welcher in den verschiedenen Kreisringen verschieden ist, und der Schnelligkeit des Drehens muß nun natürlich schon ein größerer oder geringerer Antheil von Farben im Auge erloschen seyn, bis neues Licht das Auge trifft und die neu eintretende Farbenerscheinung sich mit der partiell erloschenen zusammensetzt, und dieß bedingt die

Veränderlichkeit der Erscheinung, die sich in der That schwer auf feste Bestimmungen bringen läßt.

Ich habe allerdings versucht, diefs zu thun, indem ich beobachtete, wie sich bei anfangs langsamer, dann zunehmend schneller Drehung die Farben entwickeln und ändern; indess haben Andere von dem, was ich hierbei wahrnahm, nichts deutlich erblicken können, was vielleicht auf der vorzugsweise gesteigerten Empfindlichkeit meines Auges für subjective Farben beruht.

Bei dem precären Werthe, den die subjective Einzel-Wahrnehmung haben würde, will ich sie übergehen, und blofs folgenden Umstands erwähnen, den ich selbst mit der grössten Entschiedenheit wahrnehme und den mehrere Andere wenigstens undeutlich bemerkt haben. Wenn die Scheibe so langsam gedreht wird, daß die einzelnen Zacken der Figur noch einigermaßen unterschieden werden können, so sehe ich diese Zacken schon farbig gesäumt, und zwar mit vorwaltendem Blaugrün, wenn die Drehung in Richtung des Pfeils geschieht, mit vorwaltendem Rothgelb, wenn sie in entgegengesetzter Richtung geschieht.

Prof. Möbius bemerkte, als ich ihm diesen Versuch zeigte, noch einen besonderen Umstand, auf den ich selbst nicht aufmerksam geworden war, der aber frappant ist und von Jedem in gleicher Weise wahrgenommen wird. Wenn die langsame Drehung in Richtung des Pfeils geschieht, so scheint sich die schwarze Figur auszudehnen, wenn sie dagegen in entgegengesetzter Richtung geschieht, sich zusammenzuziehen. Besonders diese Zusammenziehung, dieses Einkriechen der Figur, ist sehr auffallend; aber auch die Ausdehnung im ersten Falle unverkennbar.

Wendet man statt einer schwarzen Figur auf weißem Grunde eine ähnliche weiße auf schwarzem Grunde an, so zeigen sich ähnliche, obwohl in der Helligkeit modificirte Farbenerscheinungen. Bei mäßiger Drehungsge-

schwindigkeit zeigen sich mir aber hier die Zacken rothgelb gesäumt, wenn die Drehung in Richtung des Pfeils geschieht, blaugrün bei entgegengesetzter Drehung. Die scheinbare Verkleinerung oder Vergrößerung der Figur tritt aber bei denselben Drehungsrichtungen als vorhin ein.

Wenn man statt der Spiralfigur einen einzigen weißen Sector auf einer schwarzen Scheibe oder umgekehrt befestigt und das Ganze in rasche Drehung versetzt, so zeigen sich, wie zu erwarten, die Farben nicht minder. Unter Anwendung eines weißen Halbkreises auf einer schwarzen Scheibe stellt sich mir bei mäßsig hellem Tageslichte die Erscheinung so dar: bei mäßiger Drehungsgeschwindigkeit färbt sich die Scheibe gelb, dann bei zunehmender Geschwindigkeit successiv gelbgrün, grün, schön hellblau. Durch diese die Scheibe überziehenden allgemeinen Tinten flimmert aber eine bunte Marmorirung durch, welche während der gelben Phase der Erscheinung hauptsächlich aus blauen Adern oder Fasern, die sich durch das Gelb hindurchziehen, besteht, bei rascherer Drehung aber successiv ändert. Wenn man nach erreichter hellblauer Phase die Geschwindigkeit noch mehr vermehrt, so ist keine gleichförmige Tinte mehr wahrzunehmen, sondern die ganze Scheibe überdeckt sich jetzt mit einem tapetenartigen Muster von zusammenhängenden mehrfarbigen Maschen oder Zellen, hier und da mit Einstreueung größerer Flecke. Dieses vielfarbige zellige Muster ist das constanteste bei dieser ganzen Gattung von Erscheinungen. Es ward nämlich bei hinreichend rascher Drehung der Scheibe von den verschiedensten Personen, bei verschiedener Helligkeit der Beleuchtung, und bei Sektoren auch von anderen Winkeln als 180° wahrgenommen, zeigt sich daher auch auf den verschiedenen Kreisringen der erstbeschriebenen Scheibe. Was dagegen die Aufeinanderfolge der allgemeinen Farbentinten bei zunehmender Drehungsgeschwindigkeit anlangt, so

habe ich selbst weder bei direct einfallendem Sonnenlicht, noch bei dämmerndem Tageslicht sie noch deutlich in der vorhin angegebenen Art wahrzunehmen vermocht. Sehr merkwürdig war mir bei Anwendung des weissen Halbkreises unter direct einfallendem Sonnenlichte die Erscheinung von unregelmässig zerstreuten Stellen, welche vom schönsten Goldglanze strahlten, wenn die Scheibe mit mässiger Geschwindigkeit gedreht ward.

Wenn nach Erscheinung des zelligen Farbenmusters die Geschwindigkeit über eine gewisse Gränze noch ferner vermehrt wird, so nimmt die Deutlichkeit desselben mit wachsender Geschwindigkeit wieder ab. Unstreitig würde man bei hinreichendem Wachsthum derselben reines Grau erhalten. In der That habe ich zwar mit der mir zu Gebote stehenden Rotationsmaschine die Geschwindigkeit in keinem der Fälle, wo eine einzige Abwechselung zwischen Weiss und Schwarz im ganzen Umkreise stattfand, bis zu dem Punkte zu treiben vermocht, dass ein farbloses reines Grau erschienen wäre; sehr leicht aber bei mehreren Abwechselungen, welcher Unterschied auch nach der Ursache der Erscheinung leicht zu erwarten.

Wendet man z. B. eine Scheibe an, die in 12 abwechselnd weisse und schwarze Sektoren getheilt ist, so erscheint das zellige Farbenmuster schon bei einer sehr geringen Drehungsgeschwindigkeit, wo bei Anwendung des weissen Halbkreises noch gar nichts davon zu sehen, und vermehrt man die Geschwindigkeit noch etwas mehr, so verfließt diees Muster in das reinste, gleichförmigste Grau.

Es würde interessant seyn, zu untersuchen, bei welchen Drehungsgeschwindigkeiten, oder welcher Anzahl von Abwechselungen zwischen Weiss und Schwarz (wenn die Geschwindigkeit constant ist) für verschiedene Augen das Grau eintritt, indem sich hieraus eine Art Maafs für gewisse subjective Eigenthümlichkeiten derselben entnehmen

liefse. Ich kann nämlich nicht umhin, zu glauben, daß die Erscheinung der tapetenartigen Muster, da sie im Object keinen Grund haben kann, auf einer Verschiedenheit der einzelnen Stellen der Netzhaut in schneller Entäußerung und Aufnahme der verschiedenen Farbenempfindungen beruht.

Als practisches Resultat möchte aus Vorstehendem hervorgehen, daß die von Talbot (in diesen Ann. Bd. XXXV S. 465) angegebene Scheibe zur Erzeugung verschiedener Abstufungen des Grau ¹⁾, im Wesentlichen dieselbe, als die, welche ich zuerst beschrieben habe (mit der Spiralfigur), ihrem Zwecke nicht sehr gut entspricht. Man muß, um mit mäßigen Drehungsgeschwindigkeiten farbloses Grau zu erhalten, die dazu anwendenden Quantitäten von Weiß und Schwarz in *mehrfachen* Abwechslungen im Kreise vertheilen.

IV. *Ueber die Vortheile langer Multiplicatoren, nebst einigen Bemerkungen über den Streit der chemischen und der Contact-Theorie des Galvanismus; von G. Th. Fechner.*

Es ist hinlänglich bekannt, daß derselbe Multiplioator nicht zur Anzeige aller Wirkungen mit gleichem Vortheil benutzt werden kann, daß bei Ketten, in denen kein starker Leitungswiderstand wirksam ist (thermo-elektrische Ketten und hydro-elektrische einfache Ketten mit großer erregender Oberfläche oder starker Leitungsfähigkeit, magneto-elektrische Kreise aus verhältnißmäßig kurzen und dicken Drähten), eine große Anzahl Windungen des Multiplicators ohne Vortheil ist, daß vielmehr wenig Win-

1) Es ist mir sehr auffallend, daß Talbot beim Gebrauche derselben nichts von Farben wahrgenommen hat. Wenigstens findet sich nichts darüber angeführt.