haupt auf rotirende Körper, sowohl die Himmelskörper, als auch die mit fortschreitender Bewegung auf der Erde rotirenden Körper ausübt.

II. *Zur Theorie des Sehens; von Dr. Fliedner in Hanau.*

In einem früheren Aufsatz im Band 85, Heft 3, dieser Annalen, habe ich

- a) auf die Strahlenform der Sterne und überhaupt heller oder dunkler Punkte, welche auf dunklerem oder hellerem Grunde projecirt erscheinen, aufmerksam gemacht (No. 1 bis 5), sowie den Zusammenhang dieser Strahlenform mit den »Zerstreuungsfransen« nachgewiesen, womit die meisten Augen die auf hellerem oder dunklerem Grunde projecirten Gegenstände umgeben sehen (No. 6 bis 9),
- b) gewisse Erscheinungen beschrieben und durch Zeichnungen erläutert, welche darin ihren Grund haben, daß das Netzhautbild eines jenseits oder diesseits der deutlichen Sehweite befindlichen Gegenstandes nicht genau mit dem Schatten, den er im Auge wirft, zusammenfällt (No. 10 bis 16), und daraus ein Mittel abgeleitet, das Vorhandensein einer Zerstreuungsfranse der Ferne oder der Nähe leichter zu erkennen und sie von einander zu unterscheiden (No. 17 u. 18),
- c) mittelst der »Durchmesserscheibe« nachgewiesen, daß jedes Auge in einem bestimmten Querschnitt eine kürzere, in dem darauf senkrechten eine größere Brennweite hat, als in den übrigen Querschnitten¹⁾, und

1) In No. 24, Zeile 6, jenes Aufsatzes hätte ich besser gesagt: Indem sie nämlich zeigt, daß das Auge in einem Theil seiner Querschnitte eine kürzere, im andern eine längere Brennweite hat, als u. s. w. und das

dafs daher die von einem leuchtenden Punkt ins Auge fallenden Lichtstrahlen niemals in einem einzigen Punkte zusammentreffen, sondern nur innerhalb einer »*Brennstrecke*,« welche, je nach der Entfernung des leuchtenden Punktes, die Netzhaut mit ihren Endpunkten trifft, oder sie durchschneidet, oder ganz vor oder hinter sie fällt (No. 19 bis 22).

- d) Ferner habe ich angedeutet, dafs die sogenannten Irradiationerscheinungen auf der Lichtzerstreuung beruhen, die theils von dem mangelhaften Adaptionungsvermögen, theils von der eben erwähnten Beschaffenheit der Augen herrühren, sowie
- e) auf die Brauchbarkeit der Durchmesserscheibe für ein *Optometer* aufmerksam gemacht.

Ich beabsichtige nun, noch einige hierher gehörige Thatsachen und besonders die dabei auftretenden Farbercheinungen zu besprechen.

26) ¹⁾ Schon früher habe ich angeführt, dafs nach meiner Erfahrung die meisten Augen für verticale Linien am kurzsichtigsten, für horizontale am weitsichtigsten sind, oder, was nach der in No. 20 aufgestellten Theorie dasselbe ist, dafs sie in ihrem horizontalen Querschnitt die kürzeste, in ihrem verticalen die längste Brennweite haben. Es ist bemerkenswerth, dafs hiermit die Beschaffenheit der von Hassenfratz ²⁾ untersuchten Krystall-Linsen vollkommen übereinstimmt; denn in diesen waren die verticalen Axen länger als die horizontalen, woraus man schliessen mufs,

Entsprechende auch in den Zeilen 12 und 13, was ich zu verbessern bitte. Auch bitte ich, die in No. 20, II und in No. 21 in Parenthese stehenden Sätze, die nicht für den Druck bestimmt waren, zu streichen.

- 1) Um der einfachen Zurückweisung willen schliesse ich die Numerirung der folgenden Paragraphen an die des früheren Aufsatzes an, indem ich zugleich den Zusatz auf Seite 460 des angegebenen Hefes als No. 25 annehme.

- 2) *Annales de chimie. Tome 72, p. 5 etc.* Spätere Beobachter haben, wie es scheint, diese Dimensionen nicht besonders beachtet.

dafs die Halbmesser der verticalen Krümmungen ihrer Oberflächen gröfser waren als die der horizontalen.

Hieraus könnte man, der erwähnten Theorie zufolge, weiter zu schliessen geneigt seyn, die meisten Augen müßten in *allen* Entfernungen, die jenseits der deutlichen Sehweite liegen, verticale Linien breiter und weniger intensiv sehen, als horizontale.

Dem widerspricht aber eine *zweite* Erfahrung, nämlich die, dafs die Bilder solcher Punkte, welche jenseits des Fernpunktes ¹⁾ des deutlichen Sehens liegen, in den meisten Augen eine gröfsere Erstreckung in verticaler als in horizontaler Richtung haben, dafs die meisten also horizontale Streifen breiter sehen, als verticale. Wenn man nämlich zwei gleich breite Streifen weifsen Papiers auf einer schwarzen oder nur dunklern Fläche so anbringt, dafs der eine horizontal, der andere, jenen durchkreuzend, vertical ist, so sehen die meisten Augen in gröfserer Entfernung den horizontalen Streifen auffallend breiter, als den verticalen. Es versteht sich von selbst, dafs die Axe des beobachtenden Auges nach der Mitte der beiden Streifen und senkrecht auf die Ebene derselben gerichtet sein muß, weil im andern Falle nur schmälere Projectionen der Streifen gesehen werden würden ²⁾.

1) Ich nenne *Nahpunkt* des deutlichen Sehens denjenigen Ort, in welchem sich meine Durchmesserscheibe befindet, wenn bei ihrem Fortrücken vom Auge weg der *erste* Durchmesser scharf hervorgetreten ist (siehe No. 19), *Fernpunkt* denjenigen, in welchem der auf dem ersten senkrechte Durchmesser zuletzt deutlich und ohne Fransen gesehen wird, *mittleren Deutlichkeitspunkt* denjenigen, in welchem alle Durchmesser von gleicher Intensität erscheinen. Die Entfernung zwischen Nahpunkt und Fernpunkt nenne ich *deutliche Sehstrecke*, diejenige vom Auge bis zum mittleren Deutlichkeitspunkt *deutliche Sehweite*.

2) Bei einem ganz ähnlichen schwarzen Kreuz auf weifsem Grunde sind oft dieselben Personen, die das weisse Kreuz in der oben angegebenen Weise sehen, zweifelhaft, ob der horizontale oder der verticale Streifen breiter sey als der andere, d. h. sie sind ungewifs, ob sie die graue Zerstreuungsfranse als zum Weifsen oder zum Schwarzen gehörig ansehen sollen; denn wenn man bei der Betrachtung der beiden Kreuze die graue Zerstreuungsfransen in beiden Fällen als zum Kreuze selbst

27) Zur Lösung des Widerspruchs, der in diesen beiden Erfahrungen zu liegen scheint, erinnere ich zunächst daran, daß sich die erste derselben nur auf Entfernungen bis zum Fernpunkt der deutlichen Sehstrecke bezieht (wie alles über die Durchmesserscheibe gesagte), die zweite auf solche, die über den Fernpunkt hinausgehen.

Die der ersten Erfahrung entsprechende Ungleichheit des Sehens kann möglicherweise schon in der Beschaffenheit der Krystall-Linse ihren Grund haben; sie kann aber auch ebenso wie die der zweiten entsprechende, eine Folge der Krümmung der Fernen seyn. Sey dem übrigens, wie ihm wolle, so läßt sich doch vielleicht der Uebergang aus der ersten Ungleichheit des Sehens in die zweite auf folgende Weise erklären:

Es wird heutiges Tags als das Wahrscheinlichste angenommen, daß der Vorgang der Adaption auf nähere Objecte hauptsächlich auf dem Zurückweichen der Netzhaut und dem Vorrücken der Linse, also auf einer Verlängerung der Axe des Glaskörpers beruhe ¹⁾. »Diese Verlängerung wird durch eine auf den aequatorialen Umfang des Augapfels ausgeübte Zusammendrückung hervorgebracht, welche beide schiefe Muskeln im Verein mit den beiden geraden *M. internus* u. *M. externus* mittelst gleichzeitiger Zusammenziehung bewirken.« ²⁾ Durch diese Zusammenziehung wird nun wahrscheinlich die Cornea in ihrem horizontalen Durchschnitt etwas convexer und die größere Kurzsichtigkeit der meisten Augen für verticale, als für horizontale Linien innerhalb der deutlichen Sehstrecke liefse sich dann schon allein daraus und ohne Berücksichtigung der eben erwähnten Beschaffenheit der Linsen erklären. Bei der
Adaption

betrachtet, wird das Urtheil in beiden Fällen dasselbe seyn, nämlich das oben angegebene. Vergl. übrigens die Bemerkung zu No. 35.

1) Das Vorhandenseyn der Brennweite trägt allerdings gleichfalls zur Accomodation bei, aber, wie ich in der Nachschrift zur ersten Abhandlung (Bd. 85, Seite 460) gezeigt habe, nur wenig.

2) Listing in Wagners Handwörterbuch der Physiologie, 4ter Band, S. 501.

Adaption in die Ferne läßt nun aber die seitliche Zusammendrückung des Bulbus nach, und daher wird der horizontale Durchschnitt der Cornea weniger convex. Nimmt man nun noch an, daß eine Anspannung des obern und des untern geraden Muskels beim Sehen in die Ferne den verticalen Durchschnitt der Cornea etwas convexer mache, so ist die Erscheinung erklärt. Mittelst einer Durchmesserscheibe oder eines leuchtenden Punktes überzeugt man sich leicht, wie gering ein Druck auf den Bulbus zu seyn braucht, um schon eine merkliche Wirkung in jenem Sinn hervorzubringen.

28) Aus dem Vorhergehenden (No. 1 bis 27) erklären sich alle Erscheinungen, die man als *Irradiationerscheinungen* zu bezeichnen pflegt. Um diese zu verstehen, muß man sich vor Allem mit den Zerstreuungsbildern bekannt machen, die ein leuchtender Punkt ins Auge wirft, wenn er sich diesseits und jenseits der deutlichen Schweite, sowie jenseits des Fernpunktes befindet. Berücksichtigt man dann, in welcher dieser Entfernungen vom Auge das Object sich befindet, dessen Irradiation man beobachtet, so wird man die sich darbietende Erscheinung immer leicht auf die Zerstreuungsform eines Punktes zurückführen können. Bringt man neben dem Irradiationsobject einen hellleuchtenden Punkt auf schwarzer Scheibe an, was einfach auf die in No. 2 beschriebene Weise geschehen kann, so wird die Vergleichung dadurch erleichtert.

29) Die bis jetzt herrschende, in fast alle unsere Lehrbücher der Physik und Physiologie aufgenommene, und hauptsächlich auf die Arbeiten Plateau's ¹⁾ sich stützende Ansicht über die Irradiationerscheinungen leitet diese davon ab, »daß der Eindruck von einem leuchtenden Gegenstand sich auf der Netzhaut ein wenig über die Grenzen des geradezu vom Licht des Gegenstandes getroffenen Raumes ausbreitet.« ²⁾

1) Ueber die Irradiation. Diese Annalen Ergänzungsbd. vom Jahr 1842. Stück 1, 2 u. 3.

2) S. 193 des erwähnten Bandes.

Poggendorff's Annal. Bd. LXXXVIII.

Man kann sich nur wundern, wie ein so gelehrter und scharfsinniger Physiker an dieser Ansicht festhalten konnte, angesichts der Thatsachen, die ihm das Verhalten der Linsengläser darbot.¹⁾ Zum Theil freilich erklärt es sich daraus, daß er die Irradiation naher Objecte von derjenigen ferner gar nicht unterschieden hat. Eine Folge davon ist, daß er z. B. sein 12tes Gesetz:²⁾ »Die Irradiation wird abgeändert, wenn man eine Linse vor das Auge bringt. Sie wird *verringert* durch convergirende Linsen und *erhöht* durch divergirende,« als ein allgemeines giebt, während es, wie man sich jeden Augenblick überzeugen kann, nur für die Irradiation *naher* Objecte gilt, und für diejenige *ferner* nur durch Vertauschung der hervorgehobenen Worte richtig wird. Ja! das Gesetz, wie es Plateau giebt, ist in *seinem* Sinne ganz falsch; denn alle seine Beobachtungen hat er nur mit jenseits oder in der deutlichen Schweite befindlichen Gegenständen angestellt, mit Ausnahme derer, wobei er Linsengläser gebrauchte, und wie aus seiner ganzen Darstellung hervorgeht, bezieht er auch das angeführte Gesetz, das er doch aus der Beobachtung dicht vor dem Auge befindlicher Objecte hergeleitet hatte, schlechthin auf die Irradiation *ferner* Gegenstände.

Derselbe Mangel an Unterscheidung der Entfernungen tritt auch bei dem dritten Gesetz hervor. Dieses Gesetz: »Der Gesichtswinkel, der sie (die Irradiation) umspannt und der sie mißt, ist unabhängig von der Entfernung des Gegenstandes«, scheint (mit einiger Modification) für Entfernungen jenseits der deutlichen Schweite richtig zu seyn; für Entfernungen diesseits derselben ist es offenbar unrichtig, denn die scheinbare Breite der Irradiation nimmt im letzteren Falle nicht *ab*, was doch stattfinden müßte, wenn jenes Gesetz richtig wäre, sondern im Gegentheil *zu*.

Einen weitem directen Beweis gegen die Richtigkeit dieser Ansicht geben die in No. 11 bis 17 von mir beschrie-

1) Seite 430 u. s. w.

2) Seite 441.

benen Erscheinungen. In der That ist nicht einzusehen, wie die Irradiationsränder auf die dort angegebene Weise bald verschwinden, bald schärfer hervortreten könnten, wenn sie durch seitliche Fortpflanzung des Lichteindrucks auf der Netzhaut veranlaßt würden.

30) Diese wenigen Andeutungen dürften genügen, um die Unhaltbarkeit der bis jetzt herrschenden Ansicht über die Ursache der Irradiation darzuthun. Dagegen erklären sich alle hierher gehörigen Erscheinungen sehr einfach, wenn man die Zerstreuung des Lichts im Auge, wie sie im Vorhergehenden dargethan worden ist, als Ursache annimmt. Diese Ansicht ist zum Theil schon von Kepler aufgestellt worden, und das Einzige, was Plateau gegen die Zulässigkeit derselben anführt, ist Folgendes: ¹⁾ »Diese Theorie scheint, wie man sieht, sehr annehmlich, ist auch seitdem mehr als einmal aufgefrischt worden. *Indefs nimmt man gegenwärtig allgemein an, daß es keine Gränze der Entfernung gebe, jenseits welcher ein normal gebildetes Auge nicht den Brennpunkt von Lichtpinseln auf die Netzhaut bringen könnte.* Ueberdies, wie ich weiterhin zeigen werde, offenbart sich die Irradiation eben so gut selbst in der Entfernung, in welche Jeder einen Gegenstand versetzt, z. B. ein Buch hält, um ihn bei natürlichem Zustand der Augen deutlich zu sehen. Ich habe nicht nöthig, hier zu bemerken, daß das Phänomen der Irradiation keineswegs gewissen Augen eigen ist, wie Kepler glaubte; das ist eine Meinung, die Niemand wieder aufgestellt hat, und die auch den Thatsachen widerspricht; nur ist, wie ich mich überzeugt habe, die Intensität der Erscheinung mehr oder weniger groß in verschiedenen Augen, sogar veränderlich bei einer und derselben Person.«

Der von mir hervorgehobene zweite Satz dürfte wohl durch die neuen Thatsachen, die ich beigebracht habe, widerlegt seyn; auch widerspricht ihm im Sinne *meiner* Theorie der letzte geradezu. Die beiden letzten Sätze acceptire

1) Seite 83.

ich aber gern, weil sie meine Theorie des Sehens bestätigen, und daher entschieden auch hier für meine Ansicht sprechen.

Einige Zeilen weiter fährt dann Plateau fort:

»Zur Zeit, da Kepler das in der Anmerkung genannte Werk schrieb, lehrte man über die Verrichtung der verschiedenen Theile des Auges und über den Gang der Strahlen in demselben nur die größten Irrthümer. Es ist in demselben Werk, wo dieser große Mann mit einem Male alle diese Ungereimtheiten über den Haufen warf und die wahren Grundsätze der Theorie des Sehens aufstellte. Wenn er sich bei der Irradiation irrte, so geschah es, weil er die Eigenschaft eines wohlgebildeten Auges, sich den verschiedenen Entfernungen der Gegenstände anzubequemen, nicht deutlich kannte; man begreift dies leicht: seine eigenen Augen waren schlecht, und ferne Gegenstände schienen ihm vervielfacht. Obwohl heute unzulässig, kann dennoch die Erklärung, die er von der Irradiation giebt, als ein neuer Zug seines Genies angesehen werden.«

Ueber die Ursache dieses Vielfachsehens ferner Gegenstände von Seiten Kepler's schweigt Plateau. Die Frage, ob nicht dieses Vielfachsehen, mit dem, was Plateau bei nicht kurzsichtigen Augen Irradiation nennt, qualitativ zusammenfalle und nur quantitativ von ihm verschieden sey, lag wohl zu nahe, als daß er sie nicht gestellt haben sollte. Indessen um einer Annahme willen, die durch nichts gerechtfertigt wird, und auf Grund einer Thatsache, die nichts entscheidet, wie ich vorhin nachgewiesen habe, ist die Antwort verneinend ausgefallen.

31) Ich gehe nun zu den Farben über, welche die bisher in Betrachtung gezogenen Erscheinungen begleiten. Vorher aber will ich bemerken, daß die Irradiationsercheinungen an der Gränze beliebig verschieden gefärbter Flächen denen an einer schwarzen und weißen Fläche ganz ähnlich sind, daß die betreffende Franse die Mittelfarbe zeigt, aber natürlich nur dann deutlich genug hervortritt, wenn die Helligkeit der beiden Farben hinreichend verschieden ist.

32) Ein feines Loch ¹⁾ in einem geschwärzten zwischen dem Nahepunkt und dem mittleren Deutlichkeitspunkt befindlichen, und gegen den weißbewölkten Himmel gerichteten Kartenblatt sehe ich mit meinem linken Auge, wie schon erwähnt, in einer länglichen von links unten nach rechts oben gestreckten Zerstreungsform. *Bringe ich ein rothes Glas vors Auge, so bleibt die Längenerstreckung dieselbe, die Breite aber nimmt ab; sehe ich dagegen durch ein blaues Glas, so bleibt die Breite dieselbe und die Länge nimmt ab.*

Diese Fundamental-Erscheinung, die ich deutlich wahrnehme, erklärt sich so:

Die Längenerstreckung des Punktbildes rührt (nach No. 20 u. 21) davon her, daß die Brennstrecke des leuchtenden Punktes, der Entfernung desselben gemäß, größtentheils hinter der Netzhaut liegt, also die nach dem vordern Ende der Brennstrecke convergirenden Lichtstrahlen ziemlich concentrirt, dagegen die nach dem hinteren Ende convergirenden mehr zerstreut auf die Netzhaut fallen. Die gekrümmten Medien des Auges *brechen* aber das einfallende Licht nicht nur, sondern *zerlegen* es auch in farbige Strahlen, wovon die rothen und gelben am wenigsten, die blauen und violetten am meisten von der Richtung des einfallenden Lichtstrahls abgelenkt werden. In demjenigen Durchschnitt meines linken Auges, in welchem dasselbe seine längste Brennweite hat und der von links unten nach rechts oben geht, entsteht also auf der Netzhaut eine längere Zerstreungslinie der Nähe, in deren Mitte Blau und in deren beiden Enden Roth vorherrscht, dagegen in dem darauf senkrechten Durchschnitt mit der kürzesten Brennweite eine sehr kurze Zerstreungslinie der Ferne mit umgekehrter Färbung. Daraus ergibt sich dann die obige Erscheinung.

33) Der folgende aus dem Vorhergehenden sich erklärende Versuch wird vielleicht manchen Augen besser, als dieser, gelingen:

- 2) Von einer sehr feinen Nähnadel gestochen, eine Stecknadel ist schon zu stark.

Bringe ich eine schwarze Scheibe mit weissen Durchmessern von ungefähr $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{10}$ Linie Breite, in derselben Entfernung wie jenen leuchtenden Punkt in der ersten Lage, vor mein linkes Auge, so erkenne ich die von links oben nach rechts unten laufenden Durchmesser als bläulich mit rothgelben Rändern, die darauf senkrechten als weifs. Würde ich aber auch die Färbung nicht deutlich unterscheiden können, so würde ich doch aus dem Verhalten des blauen und des rothen Glases auf sie schliessen können. Bei Vorhaltung eines rothen Glases behalten die erstgenannten Durchmesser ihre Breite, durch ein blaues Glas besehen erscheinen sie schmaler.

Die umgekehrten Erscheinungen gewahre ich, wenn ich den leuchtenden Punkt oder die Durchmesserscheibe bis etwas jenseits des mittleren Deutlichkeitspunktes entferne, und ganz entsprechend sind auch diejenigen meines rechten Auges.

34) Bringt man die erwähnte Durchmesserscheibe näher als der Nahepunkt vors Auge, so sieht man jeden der weissen Durchmesser in der Mitte blau, an den Seiten rothgelb, da jetzt die Brennstrecke jedes weissen Punktes der Scheibe ganz hinter der Netzhaut liegt. Die Färbung wird entschiedener, wenn man das Auge durch ein Loch in der Mitte der Scheibe für die Ferne adaptirt.

Befindet sich die Scheibe jenseits der deutlichen Sehweite, und man adaptirt das Auge für einen näheren Punkt, so erscheinen die Durchmesser in der Mitte rothgelb, am Rande bläulich.

Bei einer weissen Scheibe mit schwarzen Durchmessern ist die Färbung der letztern gerade die umgekehrte, wie die der weissen Durchmesser auf schwarzer Scheibe.

35) Dem entsprechend ist die Färbung an der Gränze zwischen einer schwarzen und einer weissen Fläche. Diesseits der deutlichen Sehweite ist der ins Weisse übergreifende Theil der Zerstreuungsfrause bläulich, der ins Schwarze übergreifende rüthlich; jenseits der deutlichen Sehweite ist die Färbung die umgekehrte. Deutlich erkennt man diefs,

wenn man das Auge im ersten Fall (durch ein Loch auf der Gränze der beiden Flächen) auf einen fernen, im zweiten auf einen nähern Punkt adaptirt. ¹⁾

36) Die Farbenerscheinungen, welche stattfinden, wenn man weiße oder schwarze Linien betrachtet, während man einen Schirm vors Auge schiebt, lassen sich nun leicht vorher bestimmen. Ich beschränke mich auf den Fall, daß sich der Schirm diesseits der deutlichen Sehweite befindet, und die betrachtete Linie horizontal ist.

Ist die Linie weiß auf schwarzem Grunde, und befindet sie sich gleichfalls diesseits der deutlichen Sehweite, so verschwindet (nach No. 14) zuerst der untere (rothe) Theil der Zerstreuungsfigur jedes Punktes der Linie, folglich

- 1) Man sieht an der Gränze des Schwarzen und Weißen auf einer Scheibe, die sich *jenseits* der deutlichen Sehweite befindet, neben dem bläulichen Theil der Zerstreuungsfranse einen ziemlich scharf begränzten intensiv schwarzen Streifen von ungefähr derselben Breite, wie der bläuliche, und diesem *dunklen* Streifen correspondirt auf der andern Seite, also neben dem röthlichen, ein intensiv *heller*. Die Breiten beider Streifen sind der Breite der Zerstreuungsfranse proportional, sie nehmen ab mit der Entfernung. Es scheint mir der intensiv schwarze Streifen wesentlich dazu beizutragen, daß man mehr geneigt ist, die Zerstreuungsfranse zum Weißen als zum Schwarzen gehörig zu betrachten, wodurch das Schwarze verkleinert, das Weiße vergrößert erscheint.

Aber wie *erklären* sich jener dunkle und jener helle Streifen? Man wird sie eine Contrastwirkung nennen, und der Versuch sie auf die Natur des Lichts und dessen Brechung im Auge zurückzuführen, dürfte gewagt erscheinen. Indessen, könnte der dunkle Streifen nicht auf das Vorhandenseyn von Lichtstrahlen hindeuten, die von größerer Brechbarkeit sind, als die violetten? Oder vielmehr, da das Vorhandenseyn solcher Lichtstrahlen bereits anderweit dargethan ist (ich erinnere nur an den »*chemischen Focus*« der Daguerreotyp-Linsen), wird nicht ihre Wirkung auf die *Netzhaut* durch den dunklen Streifen constatiert? Aber dann müßte man diesen Strahlen die Eigenschaft beilegen, daß sie die übrigen Lichtstrahlen verdunkeln!? Legen wir ihnen diese Eigenschaft bei, so erklärt sich der *helle* Streifen in ganz ähnlicher Weise, wie die graue Zerstreuungsfigur eines schwarzen Punktes auf weißem Grunde (No 5); denn die verdunkelnden Strahlen müssen eben dorthin fehlen, weil von der schwarzen Fläche kein Licht ausgeht.

Die ähnlichen Erscheinungen *diesseits* der deutlichen Sehstrecke lassen sich auf ähnliche Weise erklären.

mufs nach (No. 33 u. 34) die Linie oben roth, unten blau erscheinen, Befindet sie sich jenseits der deutlichen Sehweite, so verschwindet zuerst der obere Theil der Zerstreuungsfigur jedes Punktes der Linie, und man mufs daher die Linie gleichfalls oben roth und unten blau sehen.

Eine schwarze Linie auf weissem Grunde erscheint, beim Einschieben eines Schirms von oben nach unten, in allen Entfernungen umgekehrt wie vorher, oben blau und unten roth.

Man sieht, es sind diefs dieselben Erscheinungen, als wenn man die betreffende Linie durch ein Glasprisma, die brechende Kante nach unten gerichtet, betrachtet. Dieser *Newton'sche* Versuch wird also in dem obigen blos mittelst des Auges angestellt, indem der obere Theil der Linse die Stelle des Glasprisma's vertritt.

37) Fraunhofer und Andere, neuerdings wieder Dove¹⁾, haben schon dargethan, dafs das Auge nicht achromatisch ist, dafs die Vereinigung der rothen Strahlen im Auge weiter nach hinten erfolgt, als die der blauen, oder, dafs Roth näher erscheint, als das in derselben Entfernung befindliche Blau.

Einfach und genauer überzeugt man sich davon mittelst der Durchmesserscheibe. Zeigt diese z. B. durch ein *blaues* Glas betrachtet, in der entsprechenden Entfernung alle Durchmesser von gleicher Intensität, und man betrachtet sie nun durch ein *rothes* Glas, so erscheinen die Durchmesser ungleich, und man mufs, um sie wieder gleich zu erhalten, die Scheibe weiter entfernen (und zwar bei Weitsichtigen um eine sehr bedeutende Strecke).

Ueberhaupt finden alle in No. 19 beschriebenen Erscheinungen an der Durchmesserscheibe auch statt, wenn man diese Scheibe durch ein gefärbtes Glas betrachtet.

Daraus folgt: *Jedem Complex homogen gefärbter Strahlen, die von einem Lichtpunkt ins Auge fallen, entspricht in demselben eine besondere Brennweite. Die Brennweite*

1) Diese Annalen Bd. 83, S. 176.

der rothen Strahlen liegt am meisten nach vorn, diejenige der violetten am meisten nach hinten.

Im Mittel aus mehreren Beobachtungen beträgt für mein linkes Auge

- a) die Entfernung des Nahepunktes für blaues Licht 5,25 p. Z.
 " " weisses " 6 "
 " " rothes " 7,25 "
 b) d. Entf. d. mittl. Deutlichkeitspunkts f. blaues " 13,75 "
 " " weisses " 15,5 "
 " " rothes " 18 "

c) die Entfernung d. Fernpunktes für weisses " 56 "
 durch das blaue und rothe Glas konnte ich bei dieser Entfernung die Durchmesser nicht mehr scharf genug sehen, um den Fernpunkt zu bestimmen.

38) Die Wahrnehmung der Farbenzerstreuung im Auge wird mit der Entfernung des lichtsendenden Gegenstandes geringer, weil aus dioptrischen Gründen

- a) mit dem Einfallswinkel eines Lichtstrahls die Farbenzerstreuung abnimmt, und
 b) die Brennweite eines fernen Punktes kürzer ist, als die eines nahen, also die Zerstreuungslinien auf der Netzhaut im ersten Falle weniger ungleich sind, als im letzteren.

39) Wahrscheinlich bedarf das Auge zur Accomodation nur einer einseitigen Thätigkeit, nämlich nur einer solchen, welche die Axe des Glaskörpers verlängert (No. 27), und ist im ruhenden Zustande oder in völlig schwarzer Umgebung für den Fernpunkt adaptirt.¹⁾ Könnte man das Auge aus einer völlig dunkeln in eine ebenso gleichmäfsig weisse, oder blaue, oder rothe u. s. w. Umgebung versetzen, so würde es keine Veranlassung haben, sich anders zu adaptiren; denn da alsdann auf jeder Stelle der Netzhaut alle Bestandtheile eines Punktbildes (vergl. No. 8) zusammenfallen würden, so würde die von der Länge der Augenaxe abhängige Gröfse der Zerstreuungsbilder völlig gleich-

1) Volkmann in Wagners Handwörterbuch der Physiologie 3ter Bd. S. 300.

gültig seyn. Nur eine Aenderung der Pupillenweite zur Regelung der einfallenden Lichtmenge dürfte unter Umständen auch im fraglichen Fall unerlässlich seyn, und wird bekanntlich schon bei jedem Wechsel der helleren oder dunkleren Umgebung beobachtet.

Man kann demnach wohl von einer Adaption für hell oder dunkel, nicht aber eigentlich von einer solchen für eine bestimmte Farbe sprechen, höchstens, wenn man das Schwarze eine Farbe nennen will, von einer Accomodation für dieses, insofern man nämlich das Auge in völlig schwarzer (dunkler) Umgebung als ruhend, also für den Fernpunkt adaptirt annehmen, dasselbe aber niemals in eine Umgebung von anderer, völlig gleichmäßiger, Färbung bringen kann.

Bietet man aber dem Auge zwei Gegenstände von verschiedener Färbung oder verschiedener Helligkeit bei gleicher Färbung neben einander dar, so können die Zerstreuungsbilder, welche an der Gränze gegenseitig ineinander fallen, diese Gränze undeutlich machen, und in diesem Falle sucht das Auge die Zerstreuungsbilder möglichst zu verkleinern: es *adaptirt* sich. Bringt man z. B. eine weiße oder schwarze Scheibe mit schwarzen oder weißen Linien ungefähr in die deutliche Sehweite, verschließt einige Zeit die Augen und öffnet dann unbefangen eines derselben, so bemerkt man Zerstreuungsfransen an den Linien, die man bei einiger Uebung als solche der Nähe erkennt, und die dann durch die Adaption rasch verschwinden.

40) Diese Betrachtungen scheinen mir anwendbar zur Erklärung des Verhaltens von Schwarz und Weiß bei den stereoskopischen Versuchen, welche Dove in diesen Annalen (Band 83) mitgetheilt hat.

Ich stimme der Ansicht Dove's bei, daß die verschiedene Accomodation der beiden Augen jenen eigenthümlichen Glanz verursacht, den man bemerkt, wenn man jedem Auge die ihm entsprechende Projection eines Körpers, die eine mit schwarzen Linien auf weißem, die anderen mit weißen Linien auf schwarzem Grunde darbietet.

Wenn man mit dem einen Auge eine blofs weisse, dem andern eine blofs schwarze Fläche sieht, so bemerkt man jenen eigenthümlichen Glanz in einem weit geringern Grade, als wenn sich auf der schwarzen Scheibe eine weisse, auf der weissen Scheibe eine schwarze Contour befindet. Im ersten Fall findet zwar, weil die Flächen niemals ganz gleichartig sind, eine entsprechende Adaption der Augen statt; aber diese mufs im letztern Fall viel schärfer ausfallen. Um nun die schwarzen Linien auf Weifs ebenso deutlich zu sehen, wie die weissen Linien auf Schwarz, müssen die Zerstreuungsfransen der erstern schmaler seyn, als die der letztern; die Augenaxe mufs sich also für jene mehr verlängern, als für diese, oder anders ausgedrückt: *das Auge, dem schwarze Linien auf Weifs dargeboten werden, mufs sich mehr für die Nähe adaptiren, als das Auge, dem weisse Linien auf Schwarz in derselben Entfernung gegenüberstehen.*

Die Erklärung Dove's stützt sich auf die Annahme, dafs Schwarz eine Farbe sei, wie Roth, Gelb u. s. w., und dafs ihre entsprechenden Lichtstrahlen am stärksten gebrochen werden: diese Annahme, die sich mir selbst bei meinen Untersuchungen manchmal fast mit Gewalt aufgedrängt hat, wird aber unnöthig, wenn man zugiebt, dafs das ruhende Auge für den Fernpunkt adaptirt ist.

41) Eine Analogie zwischen Schwarz und Weifs einerseits und zwei prismatischen Farben andererseits in ihrem Verhalten zum Auge besteht allerdings, indem je zwei dieser letztern verschiedene Helligkeit haben, Schwarz aber den geringsten, Weifs den höchsten Grad von Helligkeit darstellt, und deshalb für zwei nebeneinander befindliche prismatische Farben ebenso gut eine Adaption zur Wegschaffung der Zerstreuungsfiguren nöthig wird, wie für Schwarz und Weifs. Aber Dove ist offenbar zu weit gegangen, wenn er auch die folgenden Erscheinungen für analoge angiebt: »In der Entfernung des deutlichen Sehens erscheint durch das violette Glas, welches die Enden des Spectrums hindurchläfst, aber seine Mitte verlöscht, eine Lichtflamme

ohne Saum violett, d. h. die rothe Flamme so groß, wie die blaue. Ebenso erscheint in der Entfernung des deutlichen Sehens ein weißer Gegenstand so groß, wie ein schwarzer. In größerer Entfernung umsäumt ein blauer Rand die rothe Flamme, d. h. die blaue Flamme erscheint größer als die rothe. Ebenso erscheint der weiße Kreis auf schwarzem Grund, jenseits der Weite des deutlichen Sehens größer, als der schwarze auf weißem Grund.« (S. 181). Denn wenn sich die Lichtflamme innerhalb der deutlichen Sehweite befindet, so erscheint sie, durch das violette Glas besehen, wie Dove selbst Seite 176 angiebt, innen violett und außen roth, d. h. die rothe Flamme erscheint größer, als die blaue; dagegen erscheint auch in dieser Entfernung ein weißer Kreis auf schwarzem Grunde größer, als ein gleichgroßer schwarzer auf weißem, wodurch die Analogie aufgehoben wird. Das Analogon zu dem Dove'schen Versuche ist vielmehr der in No. 35 beschriebene. Anstatt der Folgerungen, welche Dove aus dem eben Angeführten zieht, glaube ich den vorhergehenden Untersuchungen gemäß Folgendes setzen zu dürfen:

Die Erscheinungen der Irradiation sind subjectiv durch das Vorhandensein der Brennstrecke im Auge und durch die Mangelhaftigkeit des Adaptionvermögens desselben, objectiv einzig und allein durch den Unterschied der Helligkeit der verschiedenen aneinander gränzenden Sehobjecte bedingt. Die Farbenzerlegung des Lichts durch das Auge hat auf jene Erscheinungen nur einen accessorischen und so wenig bestimmenden Einfluß, daß sie auch bei monochromatischem Lichte stattfinden. ¹⁾

Hanau am 6. November 1852.

1) Eine plötzliche Aenderung meiner dienstlichen Stellung nöthigt mich, hier vorerst abzubrechen.