Einige Beobachtungen über intermittirende Netzhautreizung.

Von Dr. **A. Samojloff**,

Priv.-Docent der Physiologie an der Kaiserlichen Universität zu Moskau.

Am Schlusse seiner 7. Mittheilung über intermittirende Netzhautreizung gelangte F. Schenck auf vielen Umwegen zu dem Satze, «dass eine ganz mit abwechselnd schwarzen und weissen Sectoren erfüllte Kreiselscheibe geringere Umdrehungsgeschwindigkeit nöthig hat, um gleichmässig auszusehen, als eine nur zur Hälfe mit gleichmässigem, dem Sectorengemisch gleichhellem Grau erfüllte Scheibe». Diese Erscheinung wurde dann später von Schenck in seiner 8. Mittheilung genauer beschrieben. In dieser Mittheilung ist eine Scheibe abgebildet, die als beste Demonstration des aufgestellten Satzes dienen kann. Der innere Ring der Schenck'schen Scheibe (Fig. 1.) besteht aus vier abwechselnd schwarzen und weissen Sectoren von je 90°; der äussere Ring enthält zunächst 90° Schwarz, daran anschliessend zu beiden Seiten je 52,5° Weiss und zwischen den letzteren elf Sectoren abwechselnd schwarz und weiss von je 15°. Der äussere Ring ist somit aus dem inneren dadurch gebildet, dass man 180° des letzteren durch gleichhelles Grau ersetzt. Um gleichhelles Grau leicht und sicher herstellen zu können, bedient sich Schenck eines sinnreichen und sehr zweckmässigen Verfahrens, nämlich des Ausfüllens der nöthigen Sectorenbreite durch kleine schwarze und weisse Sectoren von entsprechender Breite; die kleinen Sectoren vermischen sich schon bei der geringsten Drehungsgeschwindigkeit der Scheibe zu einem gleichmässigen Grau. Dreht man die Scheibe Fig. 1, so bemerkt man leicht, dass der innere Ring schon gleichmässig aussieht, wenn der äussere Ring noch deutlich flimmert. Diese Thatsache, von deren Richtigkeit man sich mit Leichtigkeit überzeugen kann, ist nach Schenck merkwürdig und allen unseren theoretischen Anschauungen über intermittirende Netzhautreizung widersprechend. Man sollte erwarten, meint Schenck, dass die halb graue Scheibe zum Mindesten nicht schneller, vielleicht eher langsamer gedreht werden muss als die andere, um gleichmässig auszusehen. Schenck sucht daher die bekannten von Fick für das Anklingen der Netzhauterregung aufgestellten sägeartigen Erregungscurven durch eine neue, der neuen Thatsache angepasste zu ersetzen.

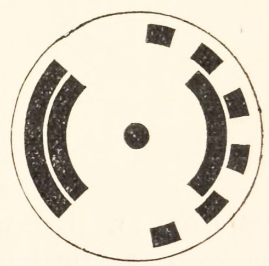

Fig. 1.

Es fragt sich nun, ob die von Schenck beobachtete Erscheinung wirklich so unerwartet, so unverständlich ist, wie es im ersten Augenblick scheinen mag, und ob dieselbe uns in der That zu neuen theoretischen Aufstellungen zwingen kann?

Der Punkt, um den die ganze Frage sich dreht, besteht darin, welche Bedeutung für die Schnelligkeit der Verschmelzung das Ersetzen einer Hälfte eines aus schwarzen und weissen Theilen zusammengesetzten Ringes durch gleichhelles Grau besitzt: begünstigen die 180° Grau die vollkommene Verschmelzung, oder umgekehrt, hindern sie dieselbe? Nach Allem, was wir über intermittirende Netzhautreizung wissen, müsste man glauben, dass die 180° Grau die Verschmelzung begünstigen; ein umgekehrtes Resultat würde in der That sehr unerwartet sein und unseren theoretischen Anschauungen widersprechen. Die Schenck'sche Scheibe würde eine noch grössere Bedeutung haben, wenn man in derselben den Beweis dafür sehen könnte, dass das Ersetzen einer Hälfte des inneren Ringes durch Grau die vollkommene Verschmelzung beim Drehen ber Scheibe hindere. Diesen Beweis liefert aber die Schenck'sche Scheibe nicht, und das Merkwürdige in der ganzen Angelegenheit scheint darin zu liegen, dass man das Mangelhafte des Beweises nicht beim ersten Anblick der Scheibe entdeckt.

Wir wollen von einem Ringe ausgehen, der abwechselnd aus zwei schwarzen und zwei weissen Theilen besteht (Fig. 2, *a*). Der Ring ist also identisch mit dem inneren Ringe der Schenck'schen Scheibe. Theilt man die Scheibe in zwei gleiche Theile in der Richtung der schief gestellten, unterbrochenen Linie und ersetzt die eine Hälfte des Ringes durch Grau, so erhält man den äusseren Ring der Schenck'schen Scheibe. Um die Verhältnisse möglichst einfach zu gestalten, wollen wir den Ring in zwei Hälften in der Richtung der ausgezogenen, verticalen Linie theilen. Ersetzen wir nun die linke Hälfte des Ringes durch Grau in Form kleiner weisser und schwarzer Sectoren, so erhalten wir den Ring Fig. 2, *b*. Es fragt sich nun: wie untersuchen wir unter den gegebenen Bedingungen den Einfluss des Grau im Ringe *b*? Der einfachste und bequemste Weg scheint der zu sein, dass man einfach die beiden Ringe *a* und *b* in Rotation versetzt und dieselben dabei mit einander vergleicht. Ueberlegt man sich aber die Sache etwas genauer, so überzeugt man sich sofort, dass ein derartiger Vergleich nicht zulässig ist, weil er zu keinem genauen Resultate führen kann. Um den Einfluss des Grau zu prüfen, dürfte man die beiden Ringe *a* und *b* nur dann mit einander vergleichen, wenn das Vorhandensein von Grau in einem derselben der einzige Unterschied der beiden Ringe wäre. Das ist aber eben nicht der Fall. Die Ringe zeigen auch andere Unterschiede, jedenfalls den grossen Unterschied, dass der Ring *a* während einer Umdrehung zwei vollständig identische Perioden zu je 180° liefert, wogegen der Ring *b* für eine Umdrehung eine einzige Periode zu 360° aufweist. Vergleicht man die beiden Ringe *a* und *b* mit einander, so hat man gewissermaassen eine Gleichung vor sich, die nicht weniger als zwei Unbe-

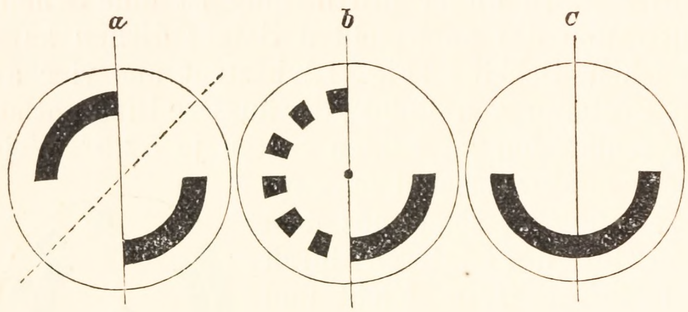

Fig. 2.

kannte enthält; man bekommt unter solchen Bedingungen keine bestimmte Antwort. Der Versuch ergiebt, dass beim Drehen der beiden Scheiben der Ring *b* grössere Umdrehungsgeschwindigkeit fordert, um gleichmässig auszusehen, als der Ring *a*. Dieses Ergebniss erlaubt aber keine bindende Schlussfolgerung. Die Verspätung der Verschmelzung in *b* kann vielleicht weniger darin ihren Grund haben, dass man hier 180° des Ringumfanges durch Grau ersetzt hat, als darin, dass in *b* die Aufeinanderfolge der zu verschmelzenden Theile relativ langsam erfolgt, eine Periode hier zwei mal so langsam dauert wie in *a* bei derselben Rotationsgeschwindigkeit. Dass der Vergleich des *a* mit *b* ein unbestimmtes Resultat liefert, ergiebt sich auch aus Folgendem. Wir theilen den Ring *c* (Fig. 2), der aus 180° Schwarz nnd 180° Weiss besteht, in zwei gleiche Theile in der Richtung der verticalen Linie der Figur und ersetzen die linke Hälfte durch gleichhelles Grau. Wir gelangen dabei wiederum zum Ringe *b*. Was könnte man auf Grund unserer theoretischen Vorstellungen über die Schnelligkeit der Verschmelzung bei der Rotation von *b* und *c* aussagen? Jeder würde sagen, dass *b* früher zu flimmern aufhören muss als *c*, und in diesem Falle stimmen auch unsere Erwartungen mit dem thatsächlichen Ergebnisse vollständig überein: der Ring *b* hört wirklich bedeutend früher auf zu flimmern als *c*. Zeichnet man die Ringe *a*, *b* und *c* auf eine Scheibe und bringt dieselbe in Rotation, so sieht man, wie die vollständige Verschmelzung zuerst in *a*, dann in *b* und zuletzt in *c* eintritt. Die für jeden der Ringe zur vollständigen Verschmelzung nöthige Zahl der Umdrehungen pro Secunde ist:

für $a = 23$ Umdrehungen pro Secunde
» $b = 41$ » » »
» $c = 50$ » » »

Die Zahlen sind auf graphischem Wege gewonnen. Bei jeder Umdrehung der Scheibe wurde durch Schleifcontact ein Strom geschlossen und geöffnet; in den Kreis wurde ein elektromagnetischer Signalzeichner eingeschaltet. Die Bewegungen des Signals, sowie die Schwingungen eines Chronographen, welcher in einem Kreise mit einer elektromagnetisch getriebenen Stimmgabel von 100 Schwingungen sich befand, wurden auf der berussten Platte eines Federmyographions registrirt. Die Platte wurde ein Mal im Momente, wo das Flimmern eben verschwand, und das zweite Mal umgekehrt im Momente, wo das Flimmern eben auftauchte, losgelassen. Aus beiden so ermittelten Zahlen wurde dann die Mittelzahl genommen.

Wenn man also durch den Vergleich der Zahlen für *a* und *b* zum Schluss gelangen kann, dass das Grau im oben mehrfach besprochenen Sinne die Verschmelzung ungünstig beeinflusst, so kommt man auf Grund der Zahlen für *b* und *c* zu einem entgegengesetzten Resultate, nämlich dass das Grau die Verschmelzung günstig beeinflusst. Es fragt sich nun, welches der beiden Resultate das richtige ist. Ich glaube, dass der Vergleich der Ringe *b* und *c* den richtigen Weg zur Prüfung des Einflusses des Grau auf die Verschmelzung darstellt. Hier ist der Einwand, den wir dem Vergleiche der Rirge *a* und *b* gegenüber anführten, d. h. die Ungleichheit der Periodenzahl während einer und derselben Zeit, beseitigt: *b* und *c* geben beide je eine Periode während einer Umdrehung. Die Ringe *b* und *c* unterscheiden sich in der That nur dadurch, dass die linke Hälfte des einen grau ist, während die des anderen aus 90° Schwarz und 90° Weiss besteht. Allerdings kann man in *b* und *c* noch einen Unterschied finden, der aber hier belanglos ist, nämlich: die Hälften des *b* sind unsymmetrisch zu einander, während *c* aus symmetrischen Hälften besteht; wir kommen später noch auf diesen Punkt zu sprechen. Betrachtet man die Zahlen für *b* und *c*, so erscheint es ganz natürlich, dass das Einsetzen des Grau die Zahl 50 bis zu 41 herabdrückt; dagegen ist der gewaltige Unterschied zwischen 23 für *a* und 41 für *b* völlig unverständlich, solange man nicht merkt, dass man hier mit zwei total verschiedenen, zu verschiedenen Ordnungen gehörenden Ringen zu thun hat.

Für die drei Ringe *a*, *b* und *c* der Fig. 2 sind in Fig. 3 die entsprechenden Schwankungen des Reizes in Form von Curven *a*, *b* und *c*, sowie die Erregungsschwankungen in Form von Curven *a'*, *b'* und *c'* dargestellt. In den Curven *a*, *b* und *c* (Fig. 3) bedeutet die obere horizontale Linie die Dauer der Einwirkung des weissen Lichtes, die mittlere horizontale die Dauer der Einwirkung des Grau und die untere horizontale die des Schwarz. Die Curven *a'*, *b'* und *c'* sind unter der Voraussetzung einer sägeartigen Schwankungscurve construirt. Man sieht ohne Weiteres, dass *b'* eher die Empfindung eines gleichmässigen Grau ergeben muss als *c'*, weil bei gleicher Bahnbreite die Höhe des Zahnes bei *b'* kleiner ist als die bei *c'*. Vergleicht man *b'* mit *a'*, so lässt sich kaum etwas Anderes annehmen, als dass die Curve *b'* mit den breiten Zähnen eine flimmernde Empfindung ergibt zur Zeit, wo *a'* vollständig gleichmässiges Grau liefert. Aus der Curve *b'* ist ausserdem noch zu ersehen, dass in diesem Falle das endgültige gleichmässige Grau allmälig aus einem dunkleren Grau hervorgehen muss, wie es thatsächlich auch der Fall ist. Ausserdem sieht man sofort, dass in dieser Beziehung die Richtung der Drehung der Scheibe *b* (Fig. 2) von Bedeutung ist. Die Curve *b'* ist für den Fall construirt, dass der Ring *b* in der Richtung des Uhrzeigers gedreht wird. Dreht man die Scheibe in entgegengesetzter Richtung, so bekommt man eine Erregungscurve, die sich von *b'* dadurch unterscheidet, dass die kleinen Zacken in jeder Periode nicht nach unten, wie in *b'*, sondern nach oben von der horizontalen Linie hinsehen; das Resultat der Drehung in entgegengesetzter Richtung wird desshalb darin bestehen, dass das gleichmässige endgültige Grau in diesem Falle aus einem helleren Grau hervorgeht. Dreht man eine Scheibe mit zwei concentrischen Ringen nach dem Muster des Ringes *b* (Fig. 2) aber mit entgegengesetzter Reihenfolge der Ringtheile, so erscheint bei einer Rota-

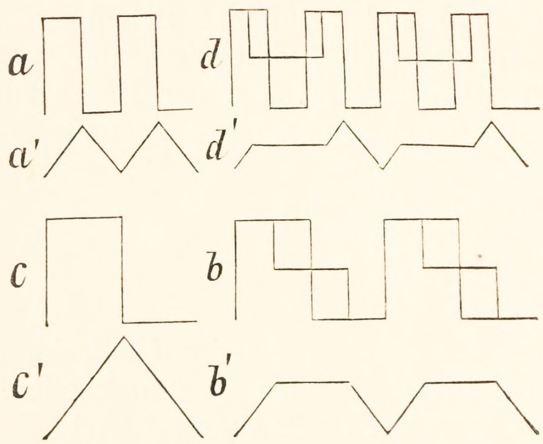

Fig. 3.

tionsgeschwindigkeit, bei der die Ringe noch flimmern, der eine Ring dunkler als der andere. Dreht man in umgekehrter Richtung, so wird der dunkle Ring hell, der helle dunkel.

Wir sehen somit, dass der Ring *b* (Fig. 2), verglichen mit *c*, ein Resultat ergiebt, welches man auf Grund der Annahme einer sägeartigen Erregungscurve auch erwarten konnte. Wir kehren nun zu der Schenck'schen Scheibe zurück (Fig. 1). Der äussere Ring derselben unterscheidet sich vom Ringe *b* (Fig. 2) nur dadurch, dass sein 90° breites Stück Weiss in zwei gleiche Theile getheilt und zu beiden Seiten des Schwarz angeordnet ist. Die Ringtheile sind hier mehr zersplittert und desshalb tritt hier die gleichmässige Empfindung früher auf als im Ringe *b* (Fig. 2). In anderen Beziehungen gilt für den äusseren Ring (Fig. 1) dasselbe, was vom Ringe *b* (Fig. 2) gesagt wurde. Sein Umfang besteht auch nur aus einer Periode, und man darf ihn desshalb bezüglich des Einflusses seines Grau nicht mit *a*, sondern mit *c* vergleichen. In Fig. 3 stellen *d* und *d'* die Reiz- und Erregungscurve des Schenck'schen Ringes dar. Aus der Figur ist zu ersehen, dass *d'* und *b'* beide eine und dieselbe Periodenlänge besitzen, und dass *d'* in Bezug auf gleichmässiges Aussehen den ersten Platz einnimmt. Wenn man *d'* mit *c'* vergleicht, so muss auch im Schenck'schen Ringe das Einsetzen von 180° als Grau als ein günstiges Moment für das gleichmässige Aussehen gelten.

Es ist danach klar, dass, wenn wir einen Ring von 180° Schwarz und 180° Weiss auf die Bedeutung des eingesetzten Grau prüfen wollen, wir denselben entweder mit dem Ringe *b* (Fig. 2) oder mit dem Schenck'schen Ringe vergleichen dürfen. Fig. 4 stellt eine Scheibe dar, in welcher alle drei Ringe concentrisch angeordnet sind; beim Drehen der Scheibe erscheint zuerst der äussere Ring vollkommen gleichmässig, darauf der mittlere und zuletzt der innere. Die entsprechende Zahl der Umdrehungen pro Secunde ist

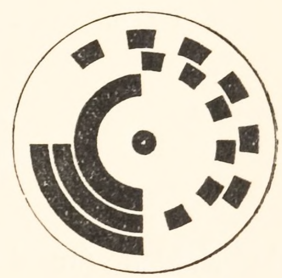

Fig. 4.

für den äusseren Ring — 36
» » mittleren » — 41
» » inneren » — 50.

Will man einen Ring, dessen Umfang aus zwei Perioden, wie *a* der Fig. 2, besteht, auf den Einfluss des Grau im obigen Sinne prüfen, so darf man ihn mit dem mittleren resp. äusseren Ring der Fig. 5 vergleichen. Der mittlere Ring besteht aus zwei Perioden zu je 180°; jede derselben besteht aus 45° Schwarz + 45° Weiss + 90° Grau. Der äussere Ring Fig. 5 besteht ebenfalls aus zwei vollen Perioden, deren jede aus 22,5° Weiss + 45,0° Schwarz + 25,0° Weiss + 90° Grau besteht. Dieser Ring ist also nach dem Muster des Ringes der Schenck'schen Scheibe zusammengestellt. Dreht man die Scheibe Fig. 5, so hört zu flimmern auf zuerst der äussere Ring, dann der mittlere und darauf der innere. Die entsprechende Zahl der Umdrehungen pro Secunde ist

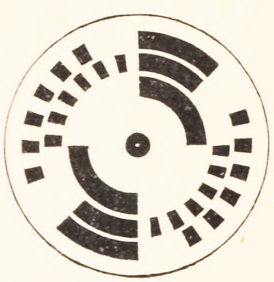

Fig. 5.

für den	äusseren	Ring	—	15
»	»	mittleren	»	— 18
»	»	inneren	»	— 26.

Hält man also die Periodenzahl der zu vergleichenden Ringe ein, so erweist sich das in die Ringe eingesetzte Grau für die endgültige Mischung überall günstig. Berücksichtigt man die Periodenzahl, so erscheinen die beiden Ringe der Schenck'schen Scheibe als zu vollständig verschiedenen Gruppen gehörig: der innere Ring ist gleich dem inneren Ringe Fig. 5, der äussere dem äusseren der Scheibe Fig. 4.

Die von Schenck zuerst an seiner Scheibe beobachtete, auf den ersten Blick sehr merkwürdige Erscheinung kann in einer noch mehr demonstrativen Weise gezeigt werden, nämlich wenn man die Zahl der Perioden im Ringe, der kein Grau enthält, vermehrt. Der innere Ring der Fig. 6 enthält drei Perioden, jede zu je 60° Schwarz + 60° Weiss; theilt man den Ring in zwei Hälften und ersetzt die eine durch Grau, so erhält man den äusseren Ring. Der innere Ring der Scheibe Fig. 7 enthält vier Perioden, jede zu je 45° Schwarz + 45° Weiss; ersetzt man die Hälfte des Ringes durch Grau, so bekommt man den äusseren Ring. Die Zahl der Umdrehungen, bei der die Ringe vollständig gleichmässig aussehen, ist

Fig. 6.

für den	inneren	Ring	d.	Fig.	6 — 18
›	›	äusseren	»	›	›	6 — 28
»	›	inneren	›	›	›	7 — 11
›	»	äusseren	»	»	›	7 — 38.

Die Zahlen für die Ringe der Scheibe Fig. 7 unterscheiden sich noch mehr von einander als die für die Ringe der Schenck'schen Scheibe. Die Rotationsgeschwindigkeit, bei der der innere Ring aufgehört hat, zu flimmern, muss um mehr als 3,5 Mal erhöht werden, damit auch der äussere Ring gleichmässig aussehe. Wenn man den gewaltigen Unterschied der Zahlen 11 und 38 berücksichtigt, so erscheint der Einfluss des Grau im äusseren Ring im Schenck'schen Sinne nicht nur höchst merkwürdig, sondern unwahrscheinlich, und man wird vermuthen müssen, dass hier noch eine, die Zahl 11 in die Höhe treibende, Ursache im Spiel ist. Durchaus einfach und klar erscheint dagegen die angeführte Thatsache, wenn man davon ausgeht, dass man durch das Grau aus einem Ringe mit vier Perioden einen Ring mit einer Periode gemacht hat.

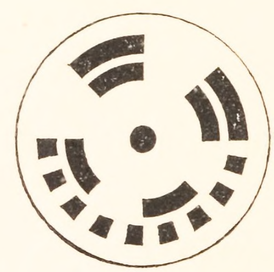

Fig. 7.

Wenn man Ringe mit zwei, drei und vier Perioden in zwei gleiche Theile theilt und die eine Hälfte durch Grau ersetzt, so bekommt man die für das gleichmässige Aussehen nöthigen Umdrehungszahlen: 38, 26, 36. Die Zahl 26, die dem Ringe mit drei Perioden (Fig. 6) entspricht, erscheint auf den ersten Blick zu klein; jedenfalls hätte man eine Zahl erwartet, die in die Grenzen 38—36 hineinpasst. Betrachtet man aber genauer die Fig. 6, so kommt man auf den Gedanken, dass die zu geringe Zahl vielleicht davon herrührt, dass die nicht graue Hälfte des äusseren Ringes aus ungleichen Theilen besteht. Die 180° der nicht grauen Hälfte bestehen aus 30° Schwarz + 60° Weiss + 60° Schwarz + 30° Weiss. Es fragt sich nun, was für eine Umdrehungszahl man erhält, wenn man die Stücke so vertheilt, dass die an das Grau angrenzenden Theile die längeren sind und die kleinen dazwischen liegen, d. h. wenn man die 180° folgendermaassen vertheilt: 60° Schwarz + 30° Weiss + 30° Schwarz + 60° Weiss. Fig. 8 stellt eine Scheibe mit den zwei zu vergleichenden Ringen dar.

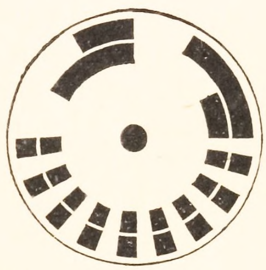

Fig. 8.

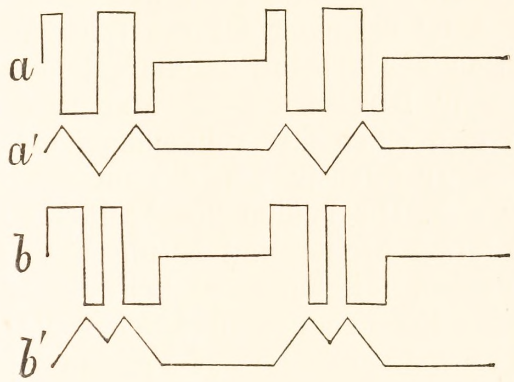

Fig. 9.

Das Resultat der Drehung ist auf den ersten Blick seh merkwürdig. Die Ringe sehen vollständig gleichmässig grau aus bei der Umdrehungszahl pro Secunde:

für den inneren Ring — 26
» » äusseren » — 40.

Dieses Resultat lässt sich aber ebenfalls durch die Annahme einer einfachen sägeartigen Erregungscurve erklären. In Fig. 9 sind Reizungs- und Erregungscurven der in Fig. 8 aufgezeichneten Ringe angegeben; *a* und *a'* entsprechen dem inneren Ringe, *b* und *b'* entsprechen dem äusseren Ringe Fig. 8. Der innere Ring mit seiner Erregungscurve *a'* muss eher gleichmässig grau aussehen als der äussere mit der Erregungscurve *b'*, wie es auch in der That der Fall ist.

Bei Ausführung der beschriebenen Versuche hatte ich Gelegenheit, einige Erscheinungen zu beobachten, die viel Interesse darboten.

Wie oben mehrfach erwähnt wurde, hört der äussere Ring der Schenck'schen Scheibe später auf zu flimmern als der innere. Verfolgt man aber genauer die Reihenfolge der Erscheinungen vom Beginn der Drehung der Scheibe bis zu der Schnelligkeit, bei der beide Ringe gleichmässig grau erscheinen, so sieht man Folgendes: Der äussere Ring sieht schon bei relativ langsamer Umdrehung grau aus; bei weiterer Zunahme der Rotationsgeschwindigkeit schwindet das Flimmern des bereits grauen Ringes, dagegen ist der innere Ring zu Anfang der Rotation sehr dunkel und wird also später nicht nur homogen und ruhig, sondern auch heller. Wir sehen hier also, dass das Mischen der einzelnen Theile eines rotirenden Ringes zum endgültigen Grau und das Erreichen eines ruhigen, homogenen Aussehens nicht nothwendig parallel mit einander gehen. Von den beiden Ringen der Schenck'schen Scheibe, die bei einer bestimmten Umdrehungsgeschwindigkeit einer dem anderen vollständig gleichen, wird der äussere früher grau, der innere früher homogen.

Wenn wir also eine weisse Scheibe vor uns haben, auf welcher ein Ring aus zwei schwarzen und zwei weissen Theilen zu je 90° aufgezeichnet ist, so sieht der Ring bei einer für die vollständige Mischung nicht genügend schnellen Rotation der Scheibe dunkler als das endgültige Grau aus. Dreht man die Scheibe sehr langsam, 2—3 Mal in der Secunde, so sieht der Ring so aus, als hätte man einen fast vollkommen in sich geschlossenen, intensiv schwarzen (nicht weniger intensiv als die auf die Scheibe aufgetragene schwarze Farbe) Ring vor sich. Die beiden 90° breiten schwarzen Theile werden also bei langsamer Rotation breiter und berühren sich fast. Wir haben hier also nicht mit einer einfachen Mischung aus Schwarz und Weiss zu thun, sondern mit einer complicirten Erscheinung, in welcher die Hauptbedeutung wahrscheinlich dem positiven schwarzen Bilde auf weissem Grunde zukommt. Kehren wir die Verhältnisse von Schwarz und Weiss um und nehmen wir also eine schwarze Scheibe, auf der ein Ring aus zwei schwarzen und zwei weissen Theilen zu je 90° aufgezeichnet ist, so sieht bei langsamer Drehung der Scheibe der Ring blendend weiss aus. Dreht man eine Scheibe (Fig. 10), die zwei gleiche Ringe enthält, von denen aber der innere auf schwarzem Grunde, der äussere auf weissem sich befindet, so sieht man bei langsamer Rotation Folgendes: von den beiden vollständig einander gleichen Ringen erscheint der innere weiss, der äussere schwarz. Bei schneller Rotation, wenn beide Ringe homogen grau aussehen, tritt die Erscheinung des simultanen Contrastes in reiner Form auf, und der äussere graue Ring sieht dann etwas dunkler als der innere aus. Wir sehen also, dass in der Erscheinung, die man bei langsamer Drehung der Scheibe Fig. 10 zu sehen bekommt, das S c h w a r z dieselbe R o l l e w i e d a s W e i s s spielt. Auf einer grossen weissen resp. schwarzen Fläche erscheint eine kleine schwarze resp. weisse Fläche bei langsamer Drehung breiter; die kleine Fläche gewinnt gewissermaassen die Oberhand, was als eine durchaus zweckmässige Eigenschaft unserer Netzhaut betrachtet werden muss; denn wäre die Sache umgekehrt, würde die grosse Fläche die Oberhand gewinnen, so würde man die kleinere ganz übersehen können.

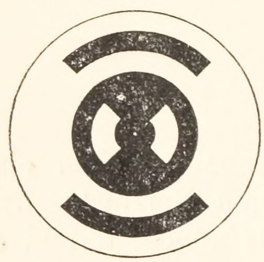

Fig. 10.

Es fragt sich nun: wie gestalten sich die Verhältnisse, wenn man den geschilderten Ring weder auf eine weisse noch auf eine schwarze, sondern auf eine graue Fläche (180° Weiss und 180° Schwarz) aufträgt? Die Scheibe Fig. 11 besteht aus zwölf weissen und zwölf schwarzen, gleich breiten Sectoren und stellt somit schon bei langsamer Drehung den grauen Grund für den aus zwei weissen und zwei schwarzen Theilen bestehenden Ring dar. Es ist von vornherein klar, dass in diesem Falle weder die weissen noch die schwarzen Theile des Ringes die Oberhand gewinnen können, dass der Ring weder weiss auf Kosten seines schwarzen Theils noch schwarz auf Kosten seines weissen Theils erscheinen wird. Dreht man die Scheibe langsam, so bemerkt man, dass die weissen Theile des Ringes weisser, die schwarzen intensiver schwarz erscheinen; die weissen und schwarzen Theile des Ringes heben sich gewissermaassen gegenseitig; dreht man die Scheibe schneller, so bemerkt man eine ganz eigenartige Erscheinung: der Ring beginnt sehr intensiv, wie eine schwarze, glatt polirte Fläche, zu glänzen. Dreht man nun die Scheibe noch schneller, so verliert sich allmälig der Glanz; der Ring wird homogen grau und unterscheidet sich nicht mehr von grauen Grunde. Die Erscheinungen der Scheiben Fig. 10 und 11 lassen sich selbstverständlich auch auf einer Scheibe beobachten: man theilt eine Scheibe in drei concentrische Theile, macht den einen weiss, den anderen schwarz und den dritten grau und trägt auf jeden Theil je einen Ring von der beschriebenen Beschaffenheit auf. Dreht man die Scheibe mit der nöthigen Geschwindigkeit, so erscheint der eine Ring weiss, der andere schwarz und der dritte eigenthümlich glänzend. Der Eindruck des Glanzes setzt sich hier augenscheinlich aus denselben Elementen zusammen wie der stereoskopische Glanz [1], und der graue Grund hat hier nur die Bedeutung, dass er das Uebergewicht von Weiss über das Schwarz des Ringes und umgekehrt nicht zulässt, sondern den Wechsel von Weiss und Schwarz in verstärkter Intensität zu unterhalten ermöglicht.

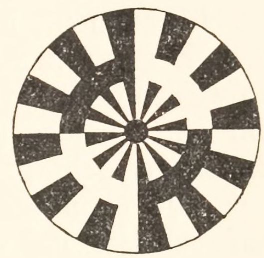

Fig. 11.

In einem bekannten Aufsatze «Ueber den Nutzeffect intermittirender Netzhautreizungen» [2] hat Brücke darauf aufmerksam gemacht, dass bei intermittirenden Netzhautreizungen die Intensität der Lichtempfindung im Allgemeinen von der Zahl der Intermittenzen abhängt. Er hatte gefunden, dass bei einer Zahl von Intermittenzen, die noch keine vollständige Verschmelzung bewirkt, ungefähr bei 17 Intermittenzen in der Secunde, die maximale Intensität der Lichtempfindung erreicht wird. Brücke meinte sogar auf Grund dieser Thatsache, dass es zweckmässig wäre, verschiedene Lichtsignale nicht als continuirliche, sondern als periodisch unterbrochene Reize, und zwar 17 in der Secunde zu verwenden, weil bei dieser Zahl das Maximum der möglichen Helligkeit beobachtet wird.

Aus den oben angeführten Erscheinungen geht aber klar hervor, dass es ganz bestimmt dabei nicht bloss auf die Zahl der Intermittenzen ankommt. Wir haben oben gesehen, dass ein und derselbe, aus weissen und schwarzen Theilen zusammengesetzte Ring bei einer und derselben Drehungsgeschwindigkeit verschieden aussieht, je nachdem man ihn auf weissem, schwarzem oder

---

[1] Helmholtz, Handbuch der physiologischen Optik. 1896. S. 932—935.
[2] Brücke, Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie der Wissensch. 1864. S. 128.

grauem Grunde betrachtet. Was Brücke bei 17 Intermittenzen in der Secunde beobachtet und als Maximum der Helligkeit resp. der Intensität der Lichtempfinduug bezeichnet hat, war wahrscheinlich der vorhin von mir beschriebene Glanz, den man mit der Scheibe Fig. 11 bekommt. Brücke benutzte bei seinen Versuchen eine Drehscheibe, auf die Schwarz und Weiss zu gleichen Theilen aufgetragen waren, aber in verschiedenen Ringen in einer verschiedenen Anzahl von Sectoren vertheilt, und zwar so, dass die Zahl der Abwechslungen vom Centrum gegen die Peripherie stieg und in zwei benachbarten Ringen sich wie 2 : 1 verhielt. Dreht man eine solche Scheibe, so werden die inneren Ringe rasch homogen grau; dann folgt ein Ring, an dem man das von Brücke erwähnte Maximum der Helligkeit wahrnimmt, und zuletzt Ringe, die noch sehr stark flimmern. Brücke wählte die beschriebene Form der Scheibe, um immer bequem einen Ring mit der gewünschten Intermittenzzahl zu bekommen, hat aber dabei zufällig fast alle Bedingungen erfüllt, die für das Zustandekommen des Glanzes nöthig sind: der die maximale Intensität aufweisende Ring der Brücke'schen Scheibe grenzt auf der peripheren Seite mit einer homogenen grauen Fläche, auf der centralen Seite mit einer Fläche, die zwar nicht grau, jedenfalls aber weder schwarz noch weiss ist.

Die oben beschriebenen Erscheinungen, die man am schwarzweissen Ringe auf schwarzem, weissem oder grauem Grunde erhält, können im Zusammenhang mit den Erscheinungen der Scherrington'schen [1]) Scheibe (Fig. 12) gebracht werden. Wir haben hier auf der rechten Hälfte eine weisse Zunge im schwarzen Felde, auf der linken eine schwarze Zunge im weissen Felde. Dreht man die Scheibe gegen den Uhrzeiger, allerdings so langsam, dass man noch die beiden Hälften der Scheibe mit den Zungen unterscheiden kann, so werden die Zungen ungemein deutlich länger; es hat somit den Anschein, als ob hier der Ring in der Richtuug gegen den Uhrzeiger eine selbständige Drehung ausführte und desshalb sich ein wenig schneller drehte als die anderen Theile der Scheibe. Wird die Rotation schneller, so hört der Ring früher auf zu flackern und erhält früher einen grauen Ton als die anderen Theile, was möglicherweisse mit der scheinbaren selbstständigen Drehung des Ringes im Zusammenhang steht. Dreht man die Scheibe in der Richtung des Uhrzeigers, so werden die Zungen kürzer, und der Ring hört später auf zu flackern als die übrigen Theile. Die Erscheinung wird bedeutend anschaulicher, wenn man die schwarzen und weissen Theile der Scheibe nach dem Muster der Fig. 13 vertheilt. Dreht man eine solche Scheibe gegen den Uhrzeiger, so werden die Ringe 1, 3 und 5 (vom Centrum gerechnet) früher grau als die Ringe 2, 4 und 6. Hier bemerkt man noch eine Eigenthümlichkeit, die man direct von den Erscheinungen der Scheibe Fig. 11 herleiten kaun. Die Ringe 2, 4 und 6 (Fig. 13) flackern zur Zeit, wo die übrigen Ringe schon grau aussehen; sie flackern also gewissermaassen auf grauem Grunde und zeigen desshalb dieselbe

Fig. 12.

[1]) Scherrington, The journal of physiology. 1897. p. 33.

Erscheinung des Glanzes wie der Ring Fig. 11. Dreht man die Scheibe Fig 13 in der Richtung des Uhrzeigers, so flackern und glänzen die Ringe 1, 3 und 5 auf grauem Grunde.

Nehmen wir eine Scheibe, die aus einem centralen schwarzen und einem peripheren weissen Theile besteht, und tragen auf dieselbe einen aus schwarzen und weissen Theilen zusammengesetzten Ring von der schon mehrfach beschriebenen Beschaffenheit in der Art auf, dass der Ring gerade an die Grenze zwischen dem schwarzen und dem weissen Theile der Scheibe zu liegen kommt, so zerfällt der Ring selbst durch die Grenzlinie in einen peripheren und einen centralen Theil, von denen der erste im weissen Felde, der zweite im schwarzen Felde zu liegen kommt. Dreht man eine derartige Scheibe, so wird, den früheren Auseinandersetzungen zufolge, von den beiden concentrischen Theilen des Ringes der äussere schwarz, der innere weiss. Wie zu erwarten ist, wird der äussere Theil nur an der äussersten Grenze schwarz und der innere bloss an der innersten Grenze weiss, zwischen diesen beiden Grenzen hat man einen ganz eigenthümlichen Uebergang vom Weiss zum Schwarz. Es macht den Eindruck, als befände sich hinter der Scheibe eine sehr helle Lichtquelle, welche intensiv leuchtende Lichtstrahlen durch einen Spalt zwischen dem inneren, schwarzen Theil der Scheibe und dem inneren Theil des Ringes aussende. Dreht man die Scheibe Fig. 14, die direct von der eben beschriebenen hergeleitet werden kann, so gewinnt man einen ganz eigenartigen und merkwürdigen Eindruck: es scheint, als ob man nicht eine Scheibe, sondern einen Körper mit einer ausgesprochenen Tiefendimension vor sich hätte. Wenn die Rotation gegen den Uhrzeiger geschieht, so zerfällt die Scheibe in sechs Ringe, von welchen jeder an seiner inneren Grenze weiss und glänzend im Vergleich zur dunkleren äusseren Grenze erscheint. Dank dieser Beschaffenheit der Ränder der Ringe macht die Scheibe den Eindruck, als ob man sechs hinter einander stehende Scheiben vor sich hätte, von denen die mit dem kleinsten Durchmesser näher zum Beobachter sich befände, und dann weiter die fünf Scheiben mit immer wachsendem Durchmesser folgten. Aendert man die Richtung der Drehung der Scheibe, so kehrt sich das Relief um, gerade so, wie im Stereoskop, wenn man die beiden Bilder desselben vertauscht. Diese Umkehrung des Reliefs hängt hier damit zusammen, dass jetzt die äussere Grenze jedes Ringes weiss und glänzend, die innere dunkel erscheint.

Fig. 13.

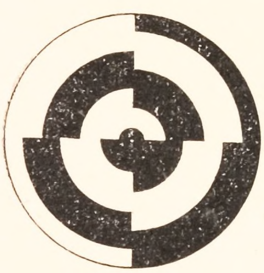

Fig. 14.

Einige der beschriebenen Erscheinungen lassen sich auch an farbigen Scheiben beobachten. Wenn wir z. B. die Scheibe Fig. 10 nehmen und in ihr das Schwarz mit Roth, das Weiss mit Gelb vertauschen, so erhalten wir bei langsamem Drehen der Scheibe aussen einen rothen Ring auf gelbem Grunde und innen einen gelben Ring auf rothem Grunde. Complicirter gestalten sich die Verhältnisse, wenn wir anstatt einer der Farben Grau nehmen. Betrachten wir z. B. eine farbige Scheibe, auf der sich ein Ring, bestehend aus zwei Theilen zu je 90° von der betreffenden Farbe und aus zwei Theilen zu je 90° Grau, befindet. Dreht man nun eine solche Scheibe, so werden die grauen Theile, wie es früher für die schwarz-weissen Scheiben beschrieben war, immer gedehnter und füllen fast vollständig den Ring aus; sie erscheinen aber jetzt nicht grau, sondern complementär gefärbt und in einer enorm starken Sättigung. Dreht man anfangs die Scheibe sehr schnell, so erscheint der Ring homogen und weist eine Farbe auf, die dem Gemisch aus der betreffenden Farbe und dem Grau entspricht. Lässt man nun die Scheibe auslaufen, so wird zu gleicher Zeit mit der Verlangsamung der Drehung, der Ring immer mehr und mehr deutlich complementär; wenn die Scheibe sich schon sehr langsam dreht, so erscheint die complementäre Farbe sehr stark, ja, man kann sagen, blendend stark gesättigt. In den ersten Augenblicken, nachdem die Scheibe ausgelaufen ist, sieht man noch die starke Sättigung der complementären Färbung; gleich darauf, besonders wenn man für einen Moment die Augen von der Scheibe abgewendet hat, schwindet die starke Sättigung, und die grauen Theile erscheinen nur schwach durch simultanen Contrast complementär gefärbt.

Wenn wir einen Ring, der beispielsweise aus grauen und rothen Theilen besteht, auf eine Scheibe, deren Farbe dem Gemische des Roth und des Grau des Ringes entspricht, aufsetzen, so erhalten wir Resultate, die von den oben beschriebenen in einer bestimmten Richtung abweichen. Tragen wir auf die Scheibe Fig. 11 Grau anstatt Weiss, und Roth anstatt Schwarz auf, so werden beim Drehen einer solchen Scheibe die grauen Theile des Ringes ebenfalls complementär: sie dehnen sich aber nicht auf Kosten der rothen Theile des Ringes aus. Bei langsamer Rotation erscheinen die grauen Theile des Ringes complementär und die rothen mehr gesättigt, als sie auf der stillstehenden Scheibe waren.

Zur Theorie der Harnbildung.

Von Dr. K. Bujniewicz,

Arzt am Alten Katharinen-Krankenhause in Moskau.

Im Jahre 1826 legte Dutrochet mit seinen botanischen Forschungen den Grundstein zur Lehre von der Osmose, dieser Lehre für die Zukunft eine grosse Bedeutung verheissend.

50 Jahre später unterwarfen Traube und besonders Pfeffer die Erscheinungen der Osmose einem allseitigen Studium und 10 Jahre darnach, im Jahre 1886, veröffentlichte van't Hoff seine Theorie des osmotischen Drucks der Lösungen.