

# Untersuchungen über den Blinden Fleck.

Von

**Heinz Werner** in Wien.

(Mit 15 Textfiguren.)

## Inhaltsübersicht.

	Seite
1. Der Blinde Fleck beeinflusst als psychologisches Nichts die Form und die Ausdehnung; ferner auch die Farbensausfüllung . . . . .	475
2. Über den Ausgleich des Blinden Flecks beim binokularen Sehen . . .	477
3. Sämtliche „blinde Flecke“ wirken in analoger Weise deformierend auf die Bilder der Netzhaut ein wie der Hauptfleck. Ein besonders sinnfälliger blinder Fleck am äusseren Rande der Netzhaut nasalwärts . . .	477

Viele Erscheinungen gibt es, die so lange Selbstverständlichkeiten zu sein scheinen, bis man endlich tiefe Probleme in ihnen erkennt; andere werden als tiefe Probleme aufgefasst, obwohl diese bei gegebenen Grundgesetzen nur selbstverständlich sind; drittens gibt es aber Erscheinungen, bei denen die Problembahnung eine falsche Richtung einhält, so dass es wohl ein Für und Wider, aber kein Verlassen des Weges gibt. Auf dem Gebiete der Gesichtsempfindungen begegnen uns alle drei Formen der Problematik; zur ersten Form gehört die Frage des binokularen Sehens; zur zweiten die der Projektion und Externalisation des Netzhautbildes, zur dritten endlich das vorliegende Problem des Blinden Flecks.

Hier stehen sich die Meinungen der Forscher schroff gegenüber. Die einen stehen auf dem Standpunkte, dass die dem „Blinden Fleck“ korrespondierende Stelle durch Vorstellungen erzeugt wird, die anderen behaupten, dass dem Blinden Fleck ein psychologisches Nichts korrespondiere. So behauptet Wundt<sup>1)</sup>: „Dagegen wird der blinde Fleck im allgemeinen mit dem gleichmässigen Hintergrunde ausgefüllt, auf dem sich die Zeichnung befindet . . . . Indem wir die blinde Stelle mit der dem vorherrschenden Lichteindruck ent-

1) Physiol. Psych. Bd. 1 S. 510. 1902.

sprechenden Empfindung ausfüllen, besitzt diese Stelle zugleich für unser Sehen denselben räumlichen Wert wie irgendeine andere sehende Stelle der Netzhaut.“

Bunge<sup>1)</sup> erklärt: „Diese Ausfüllung der Lücke mit der Farbe der Umgebung ist offenbar ein psychischer Prozess und lässt sich physiologisch nicht erklären.“

Insbesondere auf rein psychologischer Seite<sup>2)</sup> ist diese Auffassung allgemein. Dieser stehen nun Forscher entgegen, wie Helmholtz<sup>3)</sup>, der die Lücke des Sehfeldes mit der blinden Stelle hinter unserem Rücken vergleicht; wie Aubert<sup>4)</sup>, Ernst Mach<sup>5)</sup> und Adolf Stöhr<sup>6)</sup>, die alle die Auffassung des Blinden Flecks als eines psychologischen Nichts haben.

Nun beruht der Irrtum der ersterwähnten Forscher zweifellos auf folgendem: sie stellen sich vor, dass durch Unterbrechung der physiologischen Kontinuität auch eine Unterbrechung der psychologischen Kontinuität vorhanden sein muss; diese Leere könne demnach nur durch Vorstellungstätigkeit ausgefüllt werden. Nun wird man aber leicht bemerken, dass gleich die Voraussetzung falsch ist: nur jede physiologische Kontinuität, die psychologisch wirksam ist, bedingt eine psychologische Kontinuität. Es ist also ganz unmöglich, dass mit Ausschaltung der Vorstellungstätigkeit eine sensorielle Unterbrechung konstatiert werden könnte; dazu müsste die Unterbrechung gesehen werden. Noch weniger aber ist es möglich, eine Leere, die sensoriell nicht einmal empfunden werden könnte, vorstellungsmässig auszufüllen. Hier kann also ganz zweifellos ein Problem nicht vorliegen. Es ist aber die Frage, ob es sich nicht auf einer anderen Seite befindet.

Bekanntlich entspricht der Blinde Fleck dem Eintritt des Nervus opticus in die Netzhaut. Genau ist dies jedoch nicht der Fall, da die perzipierenden Elemente nicht mit haarscharfer Häufigkeit von der vollkommen blinden Stelle sich abheben, sondern ein Übergang stattfindet. Es wird also dieser Fleck sich immer nur experimentell bestimmen lassen. Immerhin kann man annehmen, dass diese Fläche sich innerhalb eines Gesichtswinkels von 6° in horizontaler, 8° in

1) Lehrb. d. Physiol. Bd. 1 S. 113. 1905.

2) Vgl. etwa Stumpf, Tonpsychol. Bd. 1 S. 186.

3) Physiologische Optik.

4) Physiologie der Netzhaut.

5) Analyse der Empfindungen 1903 S. 32.

6) Grundfragen der psychophysiologischen Optik S. 127.

vertikaler Richtung ausdehnt. Wir wiederholen also noch einmal: sicher ist, dass eine Unterbrechung nicht vorhanden ist. Wir haben zur Erklärung dessen zwei Möglichkeiten: 1. Die Kontinuität wird durch Vorstellungskräfte ermöglicht; diese Möglichkeit erklären wir für ganz undenkbar. 2. Schon im Empfindungskomplex als solchem ist eine Unterbrechung nicht vorhanden. Dies ist die einzig mögliche Auffassung. Daraus ergibt sich aber nun nicht eine ganz normale Ansicht um den Blinden Fleck als solchen herum. Helmholtz, der die blinde Fläche mit dem Gesichtsfelde verglich, das sich hinter unserem Rücken ausbreitet, vergass eines: die blinde Fläche ist ein psychologisches Nichts innerhalb einer Sehkontinuität, die Fläche hinter meinem Rücken ein psychologisches Nichts der Empfindung ausserhalb der Sehkontinuität. Hier steckt nun allerdings ein Problem; ein Problem in bezug auf die Form, da doch die beiden von dem Blinden Fleck zerschnittenen Stücke ohne Deformation sich nicht anschliessen können; ferner ein Problem in bezug auf die Ausdehnung, da doch der Ausfall visibler Minimien irgendwie im Bewusstsein bemerkbar sein muss.

Ich führe nun die Schlüsse an, welche aus der einzigen, denknotwendigen Voraussetzung über das Wesen des Blinden Flecks sich ergeben, und jene Untersuchungen, die diese Schlüsse nicht nur unterstützen, sondern einzig aus diesen zu erklären sind. Ich möchte noch vorher bemerken, dass der Ausdruck „Blinder Fleck“ natürlich nur ein Verlegenheitsausdruck sein kann: Der Fleck ist nicht blind, sondern er ist ein Nichts.

1. Halten wir das linke Auge geschlossen und fixieren nur mit dem rechten den Punkt *A* (Fig. 1), so soll die empfindungslose Stelle auf *B* fallen. Führen wir einen Bleistift durch, so wird die Spitze verschwinden — dasselbe geschieht mit einem glimmenden Span. Es wird aber keine Unterbrechung eintreten, sondern die Fläche gleichmässig weiss erscheinen. Diese Tatsache allein sollte schon die Anhänger der Ausfüllungstheorie stutzig machen, denn wenn Vorstellungen zur Ausfüllung herbeigezogen werden, so sieht man nicht ein, warum ein Bleistift zu seiner Länge sich nicht ebenso vervollständigen könnte wie die weisse Fläche selbst.



Fig. 1.

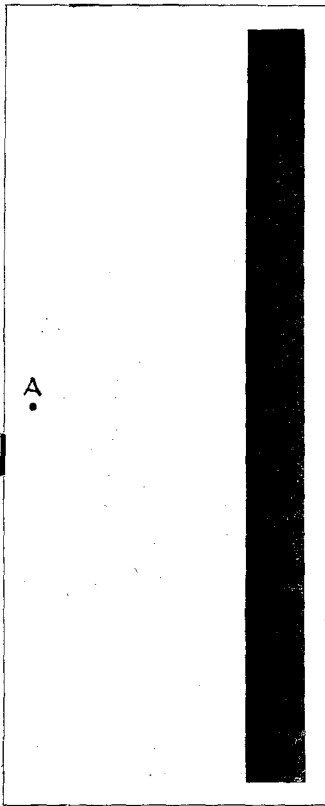


Fig. 2.

mehr zu erkennen, eine fast vollkommene Ausfüllung hat stattgefunden.

Wie ist dies alles nun zu erklären? Unsere selbstverständliche Voraussetzung ist, dass wir mit dem Blinden Fleck absolut nichts sehen. Wir nehmen

nun in Fig. 4 a an; dass das Band der Fig. 2 mit seinen vertikalen Grenzlinien den Blinden Fleck gerade tangiere. Wir nehmen ferner eine schematisierende Vereinfachung vor; wir verwandeln die mehr ellipsoide blinde Fläche in einen Kreis. Inner-

2. Nehmen wir nun an der Stelle des Punktes *B* einen schwarzen Flächenstreifen an, so ist die weitere Tatsache die, dass die Fläche nicht mehr gleichmässig ausgefüllt erscheint, sondern das Band sich fortsetzt (Fig. 2). Mit einiger Übung und Schärfe des Auges wird man weiter erkennen, dass, wenn das Band breit genug gewählt wurde, eine bestimmte Deformation nach innen sich zeigen wird.

3. Wählen wir nicht ein einzelnes Band, sondern ein Bandkreuz (Fig. 3), das wir in der Mitte quadratisch weiss lassen, so ist die Deformation kaum

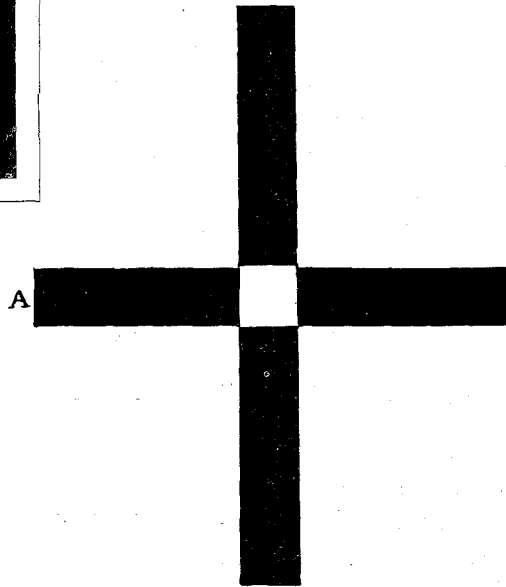


Fig. 3.

Fig. 4 a.

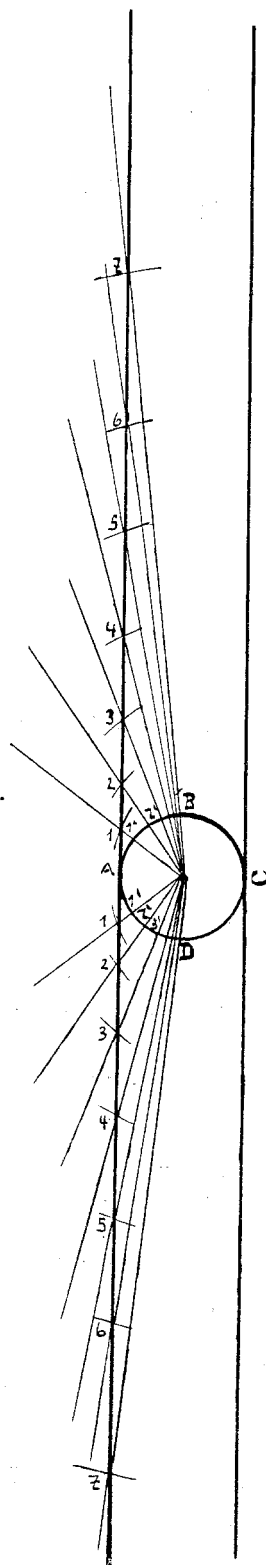
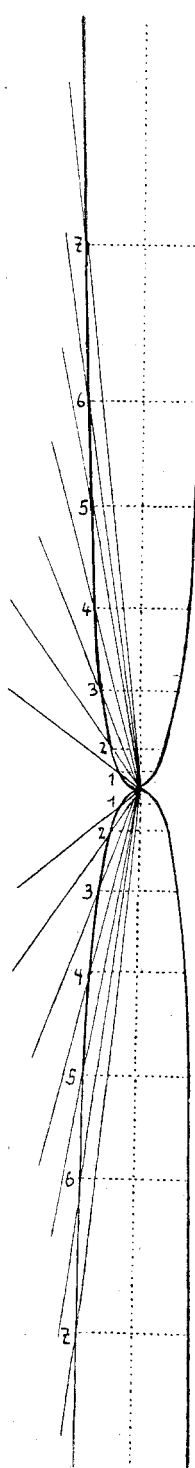


Fig. 4 b.



halb der Kreisperipherie  $ABCD$  befindet sich für das Auge keine abstrakt-geometrische Fläche, sondern ein Nichts an Fläche. Es herrscht sensoriell vollkommene Kontinuität. Dies bedeutet: die Punkte  $A$  und  $C$ ,  $B$  und  $D$  werden einander benachbart sein müssen; wenn diese Punkte alle einander benachbart sind, so ist dies nur dadurch möglich, dass sie alle in einen einzigen Punkt zusammenfallen. Dieser Punkt kann in unserer schematisierenden Wiedergabe nur der Mittelpunkt des Kreises selbst sein. Daraus lässt sich aber für die angegebenen Verhältnisse leicht graphisch angeben, wie denn nun diese Figur verändert werden wird. Nehmen wir als Netzhaut die Ebene dieses Blattes an, so wird die Fig. 4 a sich zur Form 4 b verschieben müssen. Wenn nämlich die Kreisperipherie in einen Punkt zusammenschrumpft, so würden, da doch die Punkte 1, 2, 3... sich in dem gleichen Abstand befinden wie vorher, für unser Bewusstsein auch diese Punkte gegen den Mittelpunkt hin verschoben werden. Diese Verschiebungen sind graphisch so zu konstruieren, dass man die Richtungen 1—1', 2—2', 3—3' usw. vom Mittelpunkt der Fig. 4 b aus aufträgt und die Grösse von 1—1', 2—2', 3—3' beibehält. Auf diese Weise erhalten wir eine solche Doppelkurve, wie sie Fig. 4 b darstellt. Jeder Ast dieser Kurve ist am Scheitel stark gebogen, nähert sich jedoch auffallend rasch seinen Asymptoten, die eine Senkrechte darstellen. Dies ist natürlich nur ein Schema der Wirklichkeit. Von diesem konstruierten Falle unterscheidet sich die Wirklichkeit nämlich dadurch, dass der Blinde Fleck eben weit unregelmässiger, eher eine Ellipse mit grösserer Längsachse ist. Wenn wir aber nun noch die Undeutlichkeit in der Umgebung des Blinden Flecks wegen des allmählichen Übergangs von dem von Sehelementen freien bis zu mit Sehelementen vollkommen angefüllten Teilen der Netzhaut in Rechnung ziehen, so muss auf Grund dieser Schlüsse das Bild so erscheinen, dass an der Stelle des Blinden Flecks sich eine mehr oder weniger deutliche Deformation des Bandes nach innen ergibt. Dieses trifft nun auch, wie unter 2. erwähnt wurde, tatsächlich ein. Unter der Bedingung jedoch, dass ein einzelnes Band genommen wurde. Wie verhält sich nun ein Band, das breiter ist als das hier angenommene, so dass unter sonst gleichen Umständen die Grenzen dieses Bandes nicht mehr Tangenten an den „blinden Kreis“ sind? Auch ein solches Band wird verschoben gegen den Mittelpunkt erscheinen, aber schon nach geringer Distanz ist, wie die Konstruktion, die ganz analog der oben erwähnten durch-

geführt wurde, zeigt, die Deformation eine so geringe, dass sie nicht oder kaum mehr ins Auge fällt. Die Deformation durch ein blindes

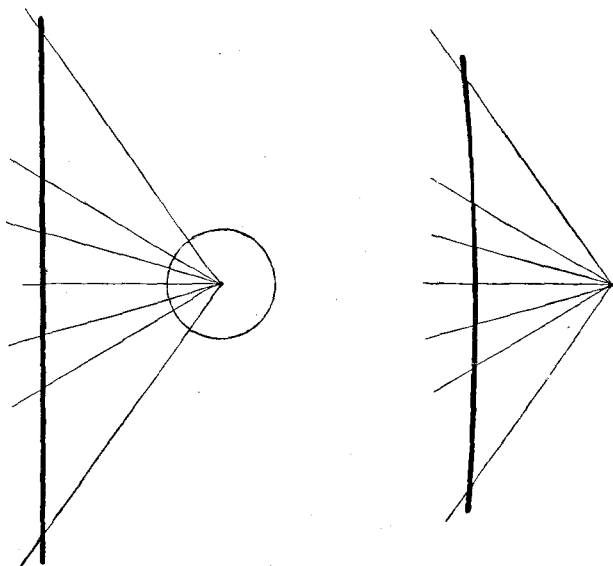


Fig. 5.

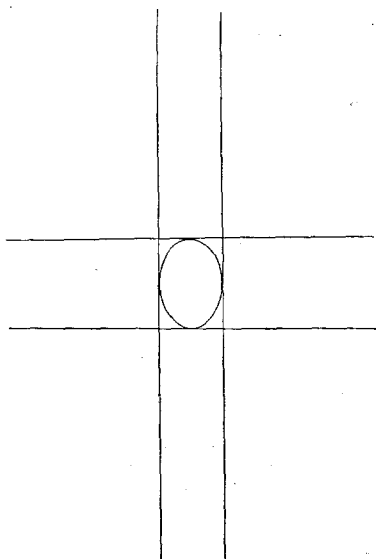


Fig. 6 a.

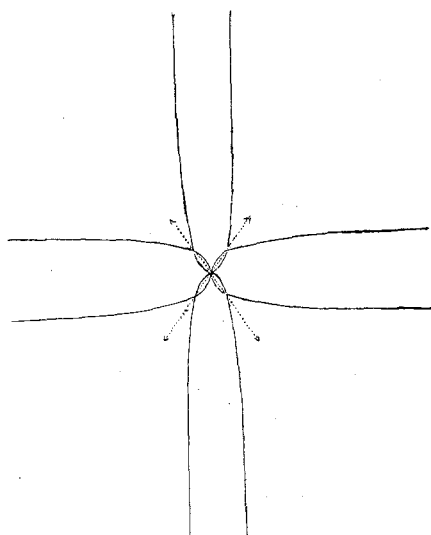


Fig. 6 b.

Ellipsoid verhält sich natürlich ganz analog. Wir gelangen nun zur Erörterung der Tatsache, dass ein schwarzes Kreuz mit Ausnahme einer geringen, undeutlichen Deformation vollkommen an der blinden

Stelle durchgeführt erscheint. Auch dieses lässt sich mit Hilfe unserer schematisierenden Konstruktion graphisch erläutern. Wir erhalten bei Annahme eines ellipsoiden Fleckes zwei Paare von Doppelkurven, die sich, wie die Fig. 6 zeigt, gegenseitig überdecken, so dass immer die Scheitel der horizontalen Kurven auf die der vertikalen zu liegen kommen und wir eine vollkommene Ausfüllung in der Mitte erhalten. Die Abweichung, die an der Fig. 6 sichtbar ist, wird um so weniger merklich sein, als an dieser Stelle die Zahl der perzipierenden Elemente noch in der Minderzahl ist.

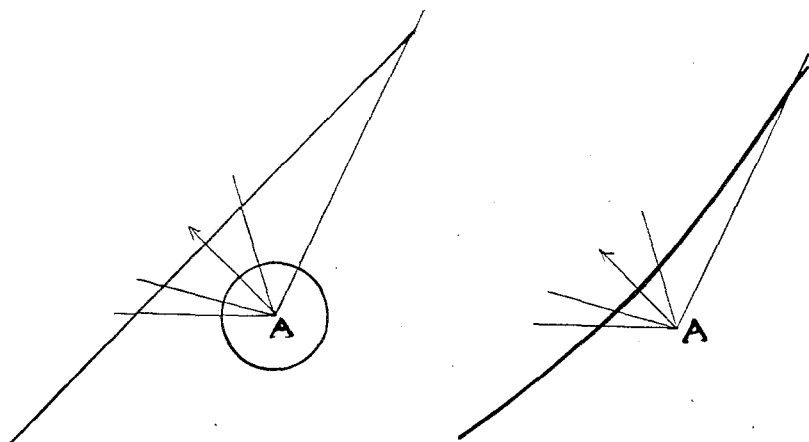


Fig. 7.

4. Ebenso leicht wird es nun für uns sein, die Krümmung von schiefen Geraden zu erklären. Nehmen wir (Fig. 7) den Blinden Fleck um A herum an, so zeigt sowohl Konstruktion als auch die Untersuchung selbst, dass wir hier eine sichtbare Deformation der Geraden gegen den Blinden Fleck hin haben mit der stärksten Krümmung oberhalb der Horizontalen.

5. Ohne weiteres ergibt sich nun die Erklärung der Tatsache, dass zwei Gerade, zwischen die sich die blinde Fläche einschleibt, nach innen eingebogen erscheinen — beiderseits also eine Verschiebung gegen den in der Mitte liegenden Blinden Fleck eintritt (Fig. 8). Es wird bei diesen Versuchen gut sein, so wie auch ich es getan habe, besser mit leuchtenden Streifen zu arbeiten als mit dunkeln, weil leuchtende Streifen grössere Deutlichkeit verbürgen als dunkle.

Behandeln wir nun in dem vorstehenden Teile die Form der Figur, innerhalb der sich der Blinde Fleck befindet, so wollen wir



nunmehr unser Augenmerk auf die Grösse einer solchen Figur lenken. Die Ausdehnung einer jeden Figur ist gegeben durch die Summe der Sehminimen. Die Summe dieser visibeln Minimen ist nun dadurch, dass ein Teil der Figur auf den Blinden Fleck fällt, um diesen Teil kleiner geworden. Demnach muss also, soll unser Schluss richtig sein, eine Figur, innerhalb welcher sich der Blinde Fleck befindet, kleiner sein als eine objektiv kongruente ohne solchen Fleck. Dies stimmt auch, wie die Untersuchungen zeigen, überraschend genau, vorausgesetzt nur, dass die Figur auch mit der Stelle des Blinden Flecks selbst sich im Aufmerksamkeitsfelde befindet, was ja bekanntlich im praktischen Leben durchaus nicht der Fall ist.

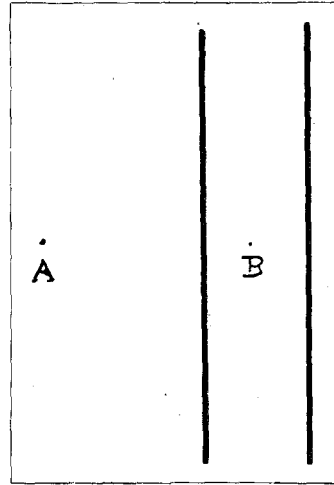


Fig. 8.

6. Am genauesten operieren wir bei den folgenden Untersuchungen mit den erwähnten leuchtenden Streifen, in Ermangelung dessen mit schwarzen Bändern. Legen wir zwei vollkommen gleiche Parallelstreifen (Fig. 10) so übereinander, dass der eine Streifen in die Mittelebene (die Ebene des Blinden Flecks), der andere ganz ausserhalb der Horizontaltangente des Blinden Flecks fällt, und fixieren wir den Punkt A, so wird die Gerade *a* merklich kleiner erscheinen als die Gerade *b*, weil in ihrer Mitte der Blinde Fleck sich befindet. Die rechten Enden der beiden Geraden können bezüglich ihrer Übereinanderlagerung nicht so genau bestimmt werden wie die linken; immerhin kann man auch hier eine ungenaue Hineinrückung erkennen. Klar und bedeutend ist die Hineinrückung des linken Endes der Geraden *a* zu erkennen. Es muss jedoch bemerkt werden, dass die Hineinrückung natürlich nicht um die fehlenden Teile der Geraden genau geschieht, weil ja schliesslich auch die Gerade *b* sich um den Blinden Fleck zusammenzieht. Es ist ja doch das ganze Gesichtsfeld ein anderes, wenn die Stelle des Blinden Flecks apperzipiert wird, nur wächst die Deformation und Verkleinerung ausserordentlich gegen den Blinden Fleck zu an.

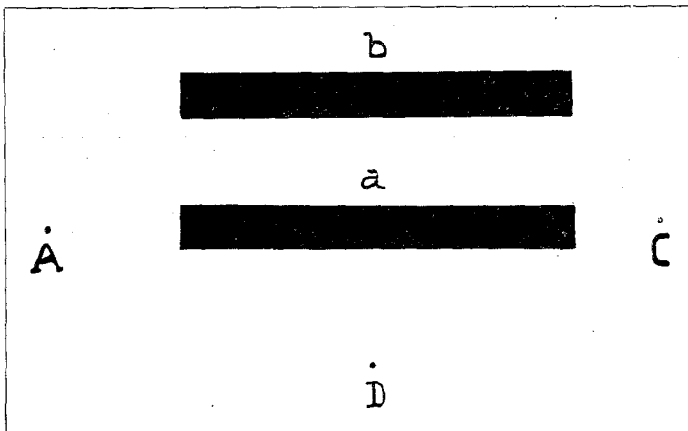


Fig. 9.

7. Nehmen wir nun drei horizontale Parallelstreifen übereinander, so kommt die Tatsache der Verkleinerung noch deutlicher zum Ausdruck. Die Mittellinie, auf der der Blinde Fleck ruht (Fig. 10),

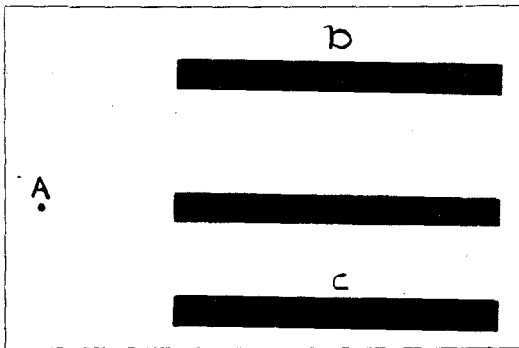


Fig. 10.

erscheint bedeutend kleiner als die Flächenstreifen unter- und oberhalb des Mittelstreifens.

8. Wollen wir aber nun diese drei Streifen in gleicher Grösse unter diesen gegebenen Umständen sehen, so müssen wir den mittleren Streifen um ein gutes Stück verlängern, wie dies in Fig. 11 getan wurde. Hier erscheinen alle Streifen in beiläufig gleicher Grösse. Hier finden wir nun eine weitere Merkwürdigkeit. Verbinden wir die linken Endpunkte

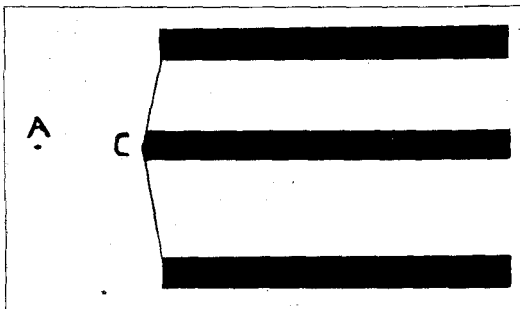


Fig. 11.

der Streifen miteinander, so erhalten wir einen nach aussen geknickten Winkel mit dem Scheitel in *C*. Merkwürdig ist nun, dass bei der Fixierung von *A* die Brechung der Verbindung nicht aufgehoben erscheint, obgleich sich jetzt die Punkte übereinander befinden. Das ist aber selbstverständlich, wenn wir bedenken, dass wir es hier mit schiefen Geraden zu tun haben, deren grösste Einbiegung (vgl. 5. [Fig. 8]) sich oberhalb resp. unterhalb der Horizontalen befindet, so dass der Winkel nur um so stärker noch hervortritt. Dazu kommt noch, dass wir bei Betrachtung des blossen Übereinander eine ruhende Fixation anwenden, bei Betrachtung von Winkelrichtungen eine sukzessive, dynamische Fixation, so dass die Fixationen von *C* aus schief gegen die beiden anderen Geraden hin so starke Reizwerte haben, dass die ganze Linie als



Fig. 12.



Fig. 13.

eine schiefe Gerade erscheint. Diese Reizwerte sind als dynamische eben viel stärker als die bloss statischen, ähnlich wie Gewichtszunahmen bei ruhender Hand viel grösser sein müssen als bei sich bewegend, damit sie ebenmerklich werden.

9. Wir können die gleichen Versuche nun auch an Kreispaaen ausführen. Fixieren wir die Kreise der Fig. 12 so, dass der Blinde Fleck sich zwischen diese einschleibt, so erhalten wir eine Annäherung dieser beiden Figuren, wenn dieselben ausserhalb der Umrisslinie des Blinden Flecks liegen, im anderen Fall eine mehr oder weniger trichterförmige Verschmelzung, die sich konstruktiv leicht nachweisen liesse.

10. Verwenden wir statt der Kreise Halbkreise, wie in Fig. 13, so erhalten wir ebenso bald eine Annäherung, bald eine Verschmelzung zu einem Flächenball.

Dass, wie man am besten an der Fig. 9 konstatieren kann, die Figur selbst um so kleiner erscheint, je mehr der Blinde Fleck sich dem fixierten Ende des Streifens nähert, beruht darauf, dass die stärkere Deformierung des fixierten Endes besonders bewusst wird,

während die geringer werdende Deformierung des anderen Endes ausserhalb des Bewusstseins sich befindet.

Man kann nun noch die Frage aufwerfen, ob tatsächlich der virtuelle Zusammenziehungspunkt sich in dem Mittelpunkte des Blinden Flecks befindet, wie wir in den Konstruktionen bisher immer angenommen haben. Es ist möglich, dass sich dieser virtuelle Punkt vom gelben Fleck weiter temporalwärts weg befindet als der Mittelpunkt der blinden Fläche. Denn ich meine, dass die Zusammenziehung von stärker fixierten, visibeln Minimen bedeutender ist als die von nebenbewussten Minimen, wie sie temporalwärts von der blinden Fläche gelagert sind. Es ist also auch möglich, dass der virtuelle Zusammenziehungspunkt ein wandernder ist. Darüber auszusagen, bedürfte es besonders feiner Apparate und Untersuchungen.

11. Wir kommen zum Schluss, nachdem wir über Form und Ausdehnung gesprochen haben, noch auf die Farbenverhältnisse zu sprechen. Hier muss gesagt werden, dass im allgemeinen um den Blinden Fleck herum die Farbentüchtigkeit stark abnimmt, so dass bei vielen Menschen die Farben sich in ein mehr oder weniger helles Grau verwandeln. Nur sehr Farbentüchtige werden hier Erfolge erzielen können. Ich nenne hier nur ein bekanntes Experiment, das sich auf Grund unserer Anschauungen leicht erklären lässt. Nimmt man ein Kreuz als Untersuchungsfigur, dessen horizontales Band etwa blau, das vertikale kein zu dunkles Rot ist, so erhält man an der Kreuzstelle, welche weiss gelassen wurde — falls der Blinde Fleck darauf fällt —, eine Ausfüllung bald von roter, bald von blauer Farbe. Um dies zu erklären, brauchen wir bloss die Fig. 6 b anzuschauen. Wir finden dort eine Überdeckung der horizontalen und vertikalen Kurvenflächen, welche hier eine Überdeckung von Farben bedeutet. Da wird es eben ganz auf die physiologischen Fixationsbedingungen und die psychologischen Aufmerksamkeitschwankungen ankommen, ob man das eine Mal rot, das andere Mal blau an Stelle des Blinden Flecks sehen kann.

Zusammenfassend können wir also sagen: Alle Untersuchungen haben widerspruchsslos ergeben, dass der Blinde Fleck als psychologisches Nichts innerhalb der visibeln Kontinuität einerseits eine Deformation erzeugt, anderseits eine Verringerung der Ausdehnung. Ebenso sind Farbenschwankungen eine Folge der Zusammenschrumpfung solcher Extensitäten.

### Anhang.

1. Über den binokularen Ausgleich der beiderseitigen Blinden Flecke. Hier muss folgendes bemerkt werden: Nimmt man einen schwarzen Flächenstreifen, der in der Mitte weiss gelassen wurde, zur Untersuchung, schliesst das linke Auge und lässt den Blinden Fleck auf das weisse Feld fallen, so erhält man einen vollkommenen schwarzen Streifen. Öffnet man nun das linke Auge wieder, so wird man finden, dass der weisse Fleck wiederum erscheint. Aber er spielt merklich ins Grau hinüber, ist auch kleiner geworden, was auf einen Ausgleich der beiden Felder schliessen lässt. Zeitweise verschwindet das weisse Feld ganz und wird von der schwarzen Farbe ausgefüllt. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass die Schwankungen der Empfindlichkeit bei beiden Augen verschieden sind. Besser operieren wir auch hier mit leuchtenden Streifen. Auch da finden wir den Ausgleich der Felder bestätigt, wenn wir den Blinden Fleck auf eine dunkle Stelle der leuchtenden Fläche fallen und das andere Auge ebenfalls offen lassen. Die betreffende Stelle ist düster, nicht dunkel, was sich ohne weiteres dadurch zeigen lässt, dass man mit beiden Augen wandert. Man braucht das linke Auge gar nicht zu schliessen, um festzustellen, dass das rechte Auge mit dem Blinden Fleck auf der dunkeln Stelle ruht; man bemerkt dies sofort an deren düsterer Beleuchtung.

2. Über den Einfluss der zahllosen kleinen blinden Flecke auf die Beschaffenheit des Netzhautbildes. Mit Nachdruck weist A. Stöhr<sup>1)</sup> darauf hin, dass „die Netzhaut nicht einen blinden Fleck in einer sehenden Fläche, sondern zahlreiche, ausserordentlich kleine sehende physische Pünktchen in einer blinden Fläche“ habe. Wäre nun die Verteilung der physischen Pünktchen eine in der Netzhaut ganz regelmässige, so würde hier bloss das Problem des Zusammenschauens von räumlich getrennten visibeln Minimen bestehen. Die Verteilung der visibeln Minimen ist jedoch keine regelmässige: Am häufigsten sind diese um den Blinden Fleck angeordnet und nehmen nach den Seiten hin unregelmässig ab. Je näher die visibeln Minimen einander benachbart sind, desto leichter ist das Zusammenschauen. Darauf beruht die Deutlichkeit auf der Netzhaut, die von einem Maximum am gelben Fleck bis zu einem Minimum an den Rändern der Netzhaut sinkt. Mit der Beziehung

---

1) A. a. O. S. 127.

zwischen Häufigkeit und Deutlichkeit ist aber das Problem noch nicht gelöst. Nehmen wir den plausibeln Satz: Die Extensität ist gleich der Summe visibler Minimen, als Grundsatz unserer Erklärung, so ergibt sich folgendes: Die Extensität geometrisch gleicher Figuren ist am grössten an den Stellen grösster Häufigkeit visibler Minimen und nimmt um so mehr ab, je geringer die Häufigkeit derselben wird. Nehmen wir zwei parallele schwarze Flächenstreifen (Fig. 9) und blicken in der Symmetriegeraden derselben auf einen möglichst unterhalb  $a$  gelegenen Blickpunkt (um nämlich den Einfluss des blinden Hauptflecks zu vermeiden), so wird die

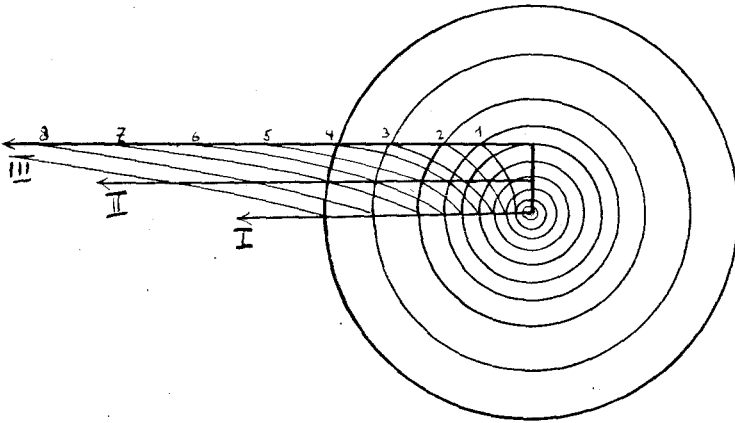


Fig. 14.

Gerade  $b$  kürzer als die Gerade  $a$  erscheinen, weil sie auf eine geringere Anzahl von visiblen Minimen fällt. Wir versuchen nun, uns folgende Tatsache zu erklären:

Blicken wir auf den Flächenstreifen der Fig. 9 bei geschlossenem linken Auge nunmehr so, dass der Blickpunkt ausserhalb der Geraden auf  $C$  fällt, so wird die Gerade  $a$  eingezogen erscheinen gegenüber der Geraden  $b$  bis zu einem gewissen in der Nähe von  $C$  liegenden Maximum der Einziehung; die Einziehung nimmt dann um so mehr ab, je mehr sich der Blickpunkt von  $C$  entfernt. Wie ist nun dies zu erklären? Wir nehmen schematisch an, dass die visiblen Minimen um den gelben Fleck in Kreisform angeordnet sind, deren Radien beschleunigt grösser werden (Fig. 14). Dann schneiden horizontale Geraden Stücke von diesen Kreisen ab. Die Summe der Schnittpunkte ist dann die Summe der visiblen Minimen, gibt also die Extensität an. Lokalwerte der Netzhauptpunkte lehnen wir

als gänzlich unnötig ab. Die kurvenförmigen Verbindungen bezeichnen dann natürlich ein Untereinander, denn sie bedeutete gleiche Anzahl der Minimen vom Blickpunkt aus. Befindet sich der Blickpunkt rechts vom Mittelpunkt der Kreise, dann verschieben sich sämtliche Gerade auf die lateralwärts gelegenen Netzhautstellen. Die schwarzen Streifen werden aber verschieden zurückgeschoben, denn während die Verschiebung bei der Geraden *I* um drei Minimen erfolgt, da die Minimen hier dichter beieinander stehen, so erfolgt sie bei der Geraden *II* um zwei Minimen, bei der Geraden *III* gar nur um ein Minimum. Die Folge dieser verschiedenen Verschiebungen ist eine verschieden erfolgende Einziehung. Die Einziehung wird um so grösser sein, je dichter die Minimen beieinander stehen. Sie wird

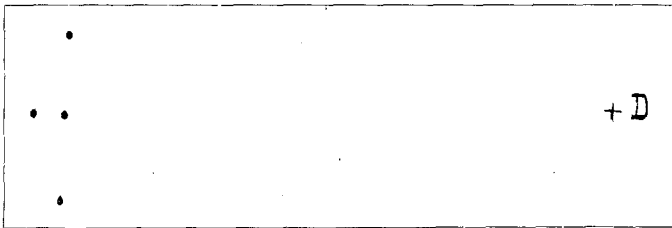


Fig. 15.

um so bemerkbarer werden, je grösser der Unterschied der Häufigkeit der Minimen ist; die Einziehung wird also am bemerkenswertesten zwischen der Mittelebene und dem obersten Rand sein. Die relative Verschiebung wird um so geringer sein, je mehr sich die Beschaffenheiten der beiden Ebenen einander nähern. Dies geschieht aber, je weiter die Verschiebung gegen die Seite zu erfolgt. Dass die beiden Ebenen ihre Beschaffenheit höchstwahrscheinlich von einem gegebenen Punkte an vertauschen, so dass die oberen Teile der Netzhaut mehr Minimen aufweisen als die unteren, dafür scheint folgender Versuch zu sprechen (Fig. 15).

Nehme ich drei Punkte untereinander an und fixiere in möglichster Nähe des Blattes den Punkt *D*, so erscheinen mir die Punkte *A* und *C* noch recht deutlich, der Punkt *B* bei geeigneter Stellung überhaupt nicht (*A* und *C* sind die äusseren Punkte, *B* der mittlere Punkt). Nehme ich links vom mittleren Punkt einen weiteren Punkt *E* an, fixiere nochmals, halte aber einstweilen den Punkt *E* mit einem weissen Stückchen Papier zu, so sehe ich den Punkt *B* also nicht; nehme ich das Stückchen Papier weg, so erscheint mir

ganz deutlich der Punkt *E*; kein Zweifel also, dass wir es hier ebenfalls mit einem blinden Fleck zu tun haben, der infolge der Beschaffenheit der Netzhaut an dieser Stelle sinnenfällig wird. Man wird vielleicht mit einiger Aufmerksamkeit noch andere sinnenfällige blinde Flächen in dieser Gegend finden können. So glaube ich auch entsprechende blinde Flecke an den Endpunkten des vertikalen Netzhautdurchmessers konstatieren zu können. Auf Grund dieser Netzhautverhältnisse werden manche Pseudoskopien, wenn auch nicht alle, in ihrer Entstehung erklärt werden können.

---