

Über autokinetische Empfindungen.

Von

SIGM. EXNER,

Professor der Physiologie in Wien.

Wenn man in einem übrigens vollkommen verdunkelten Raume einen Lichtpunkt durch Minuten fixiert, so scheint es bald, daß er sich bewegt. Oft schon wenige Sekunden nach dem Beginne der Fixation glaubt man eine sanfte Verschiebung an ihm zu sehen, dann entsteht der Eindruck, daß er langsam nach irgend einer Richtung hin getragen wird, wie die behaarte Frucht von *Leontodon* bei leiser Luftbewegung über die Wiese hinschwebt, oftmals die Richtung wechselnd, zeitweise aber auch lange nahezu geradlinige Strecken zurücklegend. Der Lichtpunkt kann bisweilen um 20, 30 Winkelgrade und mehr aus seiner ursprünglichen Lage gewichen erscheinen.

Selbstverständlich liegt hier eine subjektive Gesichtserscheinung vor. Sie wurde in der geschilderten Form eingehend zuerst von AUG. CHARPENTIER¹ beschrieben, doch reicht die Kenntniss verwandter Erscheinungen recht weit zurück.

ALEXANDER V. HUMBOLDT erzählt im *Kosmos*²: „Es ist hier der Ort wenigstens beiläufig einer anderen optischen Erscheinung zu erwähnen, die ich, auf allen meinen Bergbesteigungen, nur einmal, und zwar vor dem Aufgange der Sonne den 22. Junius 1799 am Abhange des Pico von Teneriffa, beobachtete. Im Malpays,

¹ *Compt. Rend.* 1886. S. 1155: Sur une illusion visuelle.

² Stuttgart und Augsburg. 1850. Bd. III. S. 73. Auch in *Voyage aux Régions équinoxiales*. Tome I. S. 125 hat v. HUMBOLDT, wie er selbst zitiert, die Erscheinung beschrieben.

ohngefähr in einer Höhe von 10 700 Fuß über dem Meere, sah ich mit unbewaffnetem Auge tiefstehende Sterne in einer wunderbar schwankenden Bewegung. Leuchtende Punkte stiegen aufwärts, bewegten sich seitwärts und fielen an die vorige Stelle zurück. Das Phänomen dauerte 7 bis 8 Minuten und hörte auf lange vor dem Erscheinen der Sonnenscheibe am Meereshorizont. Dieselbe Bewegung war in einem Fernrohr sichtbar; und es blieb kein Zweifel, daß es die Sterne selbst waren, die sich bewegten.“ Es wird dann weiter erzählt, daß fast ein halbes Jahrhundert später Prinz Adalbert von Preußen am selben Orte und unter denselben Umständen die gleiche Erscheinung beobachtet hat, ohne von HUMBOLDTS Erfahrung zu wissen. Bei dieser Erzählung gebraucht v. HUMBOLDT für die Erscheinung den Namen „Sternschwanken“ und berichtet weiter in einem Zusatz, daß dieses am 20. Januar 1851 zwischen 7 und 8 Uhr auch in Trier am Sirius beobachtet wurde, wie aus einem Brief des Oberlehrers der Mathematik Herrn FLESCHE in *Jahns Unterhaltungen für Freunde der Astronomie* hervorgeht.

Im Jahre 1858 veröffentlichte G. SCHWEIZER¹ in Moskau eine Studie „Über das Sternschwanken“, welcher Name seit v. HUMBOLDT unter den Astronomen eingebürgert erscheint, und stellt zum ersten Male fest, daß man es hier mit einer subjektiven Erscheinung zu thun habe. Er beschreibt sie folgendermaßen: „Entweder scheinen die Sterne Kreise oder Ellipsen von kleinerem oder größerem Durchmesser, die bis auf mehrere Grade gehen können, zu beschreiben, das eine Mal sich bewegend wie die Zeiger einer gewöhnlichen Taschenuhr; das andere Mal in der entgegengesetzten Richtung. — Oder die Sterne scheinen mehr fortschreitend, z. B. von links nach rechts, oder von oben nach unten eine Strecke weit bis zu einem Hauptpunkte sich fortzubewegen, da eine Zeit lang zu verweilen und dann in retrograder Richtung dem Anfangspunkte wieder zuzueilen. — Oder endlich, die Sterne beschreiben unregelmäßige, sei es geschlängelte, sei es gerade gebrochene Linien nach verschiedenen Richtungen, jedoch immer so, daß sie zum Ausgangspunkte wieder zurückkehren.“ Die subjektive Natur des

¹ Der mir zur Verfügung stehende Separatabdruck stammt aus der „Buchdruckerei der Kaiserlichen Universität, 1858“ und trägt in russischer Sprache die Bezeichnung „Aus No. 4 des Bulletins 1857.“

Phänomens hat SCHWEIZER dadurch dargethan, daß er denselben Stern gleichzeitig von mehreren Beobachtern fixieren liefs, wobei sich herausstellte, daß die Richtung desselben in einem gegebenen Momente für jeden eine andere sein konnte. SCHWEIZER hat aber auch schon einen künstlichen Stern auf seine Scheinbewegung untersucht, indem er eine enge Lücke in dem sonst undurchsichtigen Gehäuse einer Laterne im dunklen Zimmer beobachtete. Er hatte also den von CHARPENTIER in jüngster Zeit publizierten Versuch schon im Jahre 1858 ausgeführt. H. DE PARVILLE hat alsbald nach CHARPENTIER'S Mitteilung auf die alten Beobachtungen SCHWEIZERS hingewiesen.¹ Dabei will ich schon hier bemerken, daß das Sternschwanken, sowie die von SCHWEIZER im Zimmer angestellten physiologischen Versuche doch nur zum Teile mit der von CHARPENTIER beschriebenen Erscheinung zusammenfallen, wie schon daraus hervorgeht, daß früher immer nur von Ausweichungen um einige Grade die Rede war, während letzterer viel größere Elongationen gesehen hat. SCHWEIZER teilt z. B. folgenden Versuch mit: „Zeichnet man einen schwarzen Punkt oder auch größeren runden Flecken auf eine weiße Wand und stellt man sich in eine Entfernung, daß Punkt oder Flecken noch recht deutlich sichtbar sind, so wird sich, wenn man dieselben längere Zeit unverwandt ansieht, die merkwürdige Erscheinung zeigen, daß Punkt oder Flecken anfängt, sich scheinbar allmählich von der Stelle zu bewegen, und zwar nach verschiedenen Richtungen hin, aber jedesmal wieder an den früheren Ort zurückkehrt.

Diese scheinbaren Bewegungen sind allerdings viel geringer als die Lokalveränderungen beim Sternschwanken“.... „Zugleich mit den geringen Ortsveränderungen der genannten Objekte schienen diese auch an den Rändern ihre Gestalt zu verändern, so daß besonders der schwarze Punkt den Eindruck machte, als ob auf der weißen Wand sich ein Insekt befände, das versuchte, bald da-, bald dorthin zu kriechen, aber immer wieder auf den Anfangspunkt zurückkehrte. Die Täuschung, etwas Lebendes auf der Wand zu sehen, ist so vollkommen, daß Derjenige, welcher nicht das Gegenteil ausdrücklich weiß, sich von dem letzteren erst durch Nähergehen vergewissern

¹ *Compt. Rend.* 1886. S. 1309.

muß.“ Andere Beobachter hatten denselben Eindruck. Obwohl wir es hier also mit Erscheinungen zu thun haben, die kaum nur quantitativ von jener CHARPENTIERs verschieden sind, bin ich doch näher auf dieselben eingegangen, weil, wie ich später zeigen werde, ein kausaler Zusammenhang zwischen beiden besteht.

Die Erscheinung des Sternschwankens scheint später in der astronomischen Litteratur gang und gebe zu sein, wie ich einem Aufsätze von E. WEISS entnehme,¹ in welchem dasselbe zwischen der Besprechung der Scintillation und der des Einflusses dicker Luftschichten auf das Aussehen der Sterne besprochen ist.

Im Jahre 1887 stieß AUBERT gelegentlich seiner Studien über Bewegungsempfindungen wieder auf diese Erscheinung,² ohne vorläufig die Mitteilungen CHARPENTIERs und die Beobachtungen von dessen Vorgängern zu kennen. Indem er sich bemühte, die untere Grenze für die optische Bewegungsempfindung bei Ausschluss ruhender sichtbarer Objekte, also im dunklen Raume zu ermitteln, erfuhr er, daß oftmals sein Urteil auf „Ruhe“ lautete, wenn sich das Objekt bewegt hatte, und daß er das Urteil „Bewegung“ fällte, wenn das Objekt tatsächlich in Ruhe geblieben war. Er untersuchte und beschrieb dann eingehend diese subjektiven Bewegungsempfindungen und belegte sie mit dem Namen der „autokinetischen Empfindungen“. Erst nach seiner Publikation wurde er darauf aufmerksam,³ daß im vorhergehenden Jahre CHARPENTIER dieselbe Erscheinung beschrieben hatte.

Eine Erklärung derselben ist noch nicht gegeben, man müßte denn die Deutung des letztgenannten Autors als solche auffassen, nach welcher es sich um Assoziationen von Vorstellungen handelt. Die Vorstellung einer Richtung bewirkt eine Scheinbewegung des fixierten Lichtpunktes nach derselben Richtung, wenn auch nicht jedesmal, so doch häufig. Meiner Meinung nach besteht kein Zweifel über die Wirkung solcher Vorstellungen; wenn ich auch keine systematischen Versuche hierüber gemacht habe, so weiß ich doch, daß sich mir häufig

¹ G. NEUMAYER, *Anleitungen zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen*. 2. Aufl. Berlin 1888. Bd. I. S. 395.

² *Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol.* Bd. XXXX. S. 459.

³ Ebenda S. 623.

mit der Scheinbewegung des Lichtpunktes die Vorstellung eines in weiter Ferne schwebenden Luftballons oder Vogels assoziierte und glaube wohl, daß diese Vorstellung auf die Scheinbewegung zurückgewirkt haben mag.

Eine befriedigende Erklärung kann ich darin aber nicht finden, denn es bleibt die Frage, warum scheinen sich unter denselben Assoziationen Lichtpunkte nicht auch dann zu bewegen, wenn ruhende Objekte im Sehfelde sind, und vor allem, warum drängt sich hier die Bewegung dem Bewußtsein auf? Das geschieht nämlich lange, ehe eine Vorstellung auftaucht, die sich mit der Wahrnehmung des Lichtpunktes assoziieren kann. Ja es sieht fast jeder Mensch die in Rede stehende Erscheinung an einem Objekt, von dessen Ruhe er vollkommen überzeugt ist. Auch werden einige weitere Umstände, welche auf die Erscheinung von Einfluß sind, und von denen alsbald die Rede sein wird, durch die Annahme jener Assoziation nicht verständlicher.

Das Interesse, das die autokinetische Empfindung verdient, liegt nicht so sehr in der Aufdeckung ihrer sog. „Ursache“¹ — kennen wir doch eine große Menge subjektiver Gesichtserrscheinungen, deren „Ursache“ zu erforschen wir längst verzichtet haben —, als vielmehr in der Schwierigkeit, dieselbe mit allgemein verbreiteten und acceptierten Sätzen der physiologischen Optik in Einklang zu bringen. Wie stimmt es mit der außerordentlichen Feinheit unserer räumlichen Orientierung durch das Auge, daß wir glauben, ein Objekt wechsele seine Lage um einen Gesichtswinkel bis zu 30° , während es, sowie der eigene Kopf und Bulbus, thatsächlich in Ruhe verharret, daß wir andererseits ein Objekt für ruhend halten, wenn es sich, wie aus den Versuchen AUBERTS hervorgeht, mit einer Winkelgeschwindigkeit von ca. $30'$ bewegt und wir ihm mit dem Blicke folgen?

Ehe ich die Beantwortung dieser Fragen versuche, will ich einige eigene Experimente mitteilen.

Ein schwarz angestrichenes Zimmer, dessen Thüren und Fensterläden geschlossen und einzelne Spalten noch durch Tücher unschädlich gemacht waren, ergab einen Raum, in dem

¹ CHARPENTIER spricht von den „causes possibles de cette illusion“.

ich nichts sah; auch als ein kleines elektrisches Glühlämpchen zum Leuchten gebracht war, sah ich nur dieses. Damit es nichts bis zur Sichtbarkeit beleuchte, war es an einem hohen, frei auf dem Fußboden stehenden Stativ angebracht, und in einem mit schwarzem Sammet ausgeschlagenen Kästchen eingeschlossen. Dieses liefs durch eine kleine Öffnung den glühenden Kohlenfaden oder ein Stückchen desselben sehen, ohne daß die Begrenzung der Öffnung kenntlich wurde. Auf einem Stuhl sitzend, sah ich absolut nichts als den, wie ein Lichtpunkt erscheinenden Kohlenfaden. Durch die Drehung der Schraube an einem Transformator konnte ich bequem die Helligkeit bis zur Null variieren. Wenige Sekunden, nachdem ich mich auf den Stuhl gesetzt und den Lichtpunkt zu fixieren begonnen, fängt derselbe seine Scheinbewegungen an; sie währen so lange ich fixiere. Verschiedene Menschen sehen sie, nach der Beschreibung zu urteilen, in ziemlich ähnlicher Weise, doch habe ich zwei Herren im Laboratorium, die sie wenigstens bei einmaligem Versuche überhaupt nicht sahen.

Das erste, was bei diesen Beobachtungen auffällt, ist die Leichtigkeit, mit der die Fixation festgehalten wird. Während unter gewöhnlichen Verhältnissen, wie bekannt, genaues Fixieren recht schwer, ja im strengen Sinne vielleicht unmöglich ist, wird hier der Blick — man möchte sagen — vom Lichtpunkte angezogen: es ist kein Bedürfnis fühlbar, die Richtung desselben zu wechseln. Man kann viele Minuten vor dem Apparate sitzen und, ohne sich anzustrengen, so fixieren, daß eine Abweichung des Blickes nicht bemerkt werden kann. Das hört sofort auf, wenn man neben dem Lichtpunkt einen zweiten anbringt, oder andere sichtbare Objekte in die Nähe stellt. Diese Thatsache spricht wieder dafür, daß wir uns die Blickbewegungen durch ein subkortikales Zentrum reguliert zu denken haben, das für eine instinktive Einstellung des Bulbus auf das uns interessierende Objekt sorgt.¹ Hier besteht nur ein Objekt, das uns interessieren kann, deshalb wird der Blick von ihm angezogen und festgehalten. Es geht daraus auch hervor, daß die Schwierigkeit des Fixierens unter ge-

¹ Vergl. SIGM. EXNER, *Entwurf einer physiologischen Erklärung der psychischen Erscheinungen*. Wien 1894. S. 245, wo Näheres über ein solches Zentrum gesagt ist, und S. 130.

wöhnlichen Umständen nicht an den motorischen Nerven, den Muskeln oder dem Augenmuskelzentrum liegt, sondern an der Unmöglichkeit, die Aufmerksamkeit einem Punkte dauernd zuzulenken, wenn andere Gesichtsobjekte im Sehfelde sind.

Unter diesen letztgenannten Umständen prüfte ich die autokinetischen Empfindungen, indem ich neben dem ersten Lichtpunkt noch ein zweites Glühlämpchen oder gröfsere und kleinere mit Leuchtfarbe bestrichene Pappscheiben aufstellte. Es zeigte sich, dafs ein zweiter Lichtpunkt die Scheinbewegung nicht vollkommen hintanhält, dafs er aber um so störender auf ihr Zustandekommen wirkt, je näher er sich an dem fixierten Lichtpunkt befindet. Aber auch, wenn die beiden nur auf wenige Zentimeter genähert sind — ich beobachtete aus einer Entfernung von 1,5—2 m —, so zeigt der fixierte Punkt noch seine Scheinbewegungen. Der indirekt Gesehene macht diese Bewegungen mit. Doch scheinen mir unter diesen Umständen die autokinetischen Empfindungen viel weniger lebhaft; auch stellen sie sich nicht so prompt ein.

Bringt man mehrere einen, oder auch einige Quadrat-Dezimeter grofse leuchtende Flächen in die Nähe des Lichtpunktes, so kann die Scheinbewegung vollkommen sistiert werden. Unter solchen Umständen geschah es, dafs ich nach längerem Fixieren den Punkt doch wieder die Wanderschaft antreten sah und erst nachträglich bemerkte, dafs die leuchtenden Flächen infolge der langdauernden Wirkung auf dieselben Netzhautstellen unsichtbar geworden waren. Eine kleine Blickbewegung machte die Flächen, wenigstens an den Rändern, auftauchen, hemmte aber auch sofort die Scheinbewegung.

Wenn diese nicht vollkommen aufgehoben ist, so zeigt sich das nicht etwa in einer nennenswert verringerten Geschwindigkeit, sondern dadurch, dafs die Entfernungen von dem Ausgangspunkt geringer werden. Die Bewegung hat einen Charakter angenommen, den ich nur mit dem Ausdrücke der Zaghaftigkeit bezeichnen kann, indem der Lichtpunkt, wenn er in einer Richtung fortschreitet, sehr bald dieselbe wechselt oder umkehrt, als könnte er sich nicht weiter vom Ausgangspunkt entfernen.

Für das Verständnis der Erscheinung von Belang ist weiterhin, dafs die Bewegung des Lichtpunktes in recht merklichem Grade von seiner Helligkeit abhängig ist. Nimmt diese

zu, so nimmt die Scheinbewegung ab. Die Assistenten des Physiologischen Institutes, die Herren Drn. A. KREIDL und R. Freihr. v. SEILLER, welche ich, ohne daß sie die Angaben anderer kannten, ersuchte, ihr Urteil in dieser Beziehung abzugeben, sagten sofort nach dem ersten vergleichenden Versuche aus, daß die geringere Helligkeit die Scheinbewegung begünstige. Nach den drei übereinstimmenden Urteilen schien mir eine Ausdehnung des Experimentes auf mehr Personen überflüssig. Der Unterschied ist eben sehr auffallend. Übrigens scheint dies schon CHARPENTIER bemerkt zu haben, denn er giebt unter den Bedingungen der Erscheinung an, daß das Objekt „de petit diamètre et faiblement éclairé“ sei. Meine Versuche wurden zum größten Teile bei einer Helligkeit des Kohlenfadens ausgeführt, bei der er nach der Öffnung der Fenster gar nicht mehr oder kaum mehr als glühend zu erkennen war.

Um unbewusste Bewegungen des Rumpfes und des Kopfes auszuschließen, kann man sich in ein passend geformtes und mit einer erhärtenden Masse belegtes Brettchen einbeissen, — wie das bei ophthalmometrischen Messungen u. dergl. üblich ist — was auf die Erscheinung keinen Einfluß ausübt.

Die Scheinbewegungen treten also auf, während alle den Rumpf und den Kopf bewegenden und, wie die korrekte Fixierung ergiebt, auch die den Bulbus bewegenden Muskeln in ihrem Kontraktionszustande beharren.

Ich komme nun auf die Frage zurück, wie lassen sich die geschilderten Erscheinungen mit den gangbaren Anschauungen über die Feinheit unserer optischen Lokaleindrücke vereinbaren?

Das Urteil über die Richtung, in welcher sich ein Objektpunkt vor uns befindet, ist, wenn wir die Stellung des Rumpfes und Kopfes als gegeben annehmen, abhängig:

1. von der Richtung unserer Gesichtslinie, d. i. von der Lage des Fixationspunktes. Diese wird uns bekannt durch die Art der Willensimpulse, die wir, um ihn zu gewinnen, aufgebracht haben, und die von Muskeln, Conjunctiva u. s. w. ausgehenden Empfindungen, welche mit der Erhaltung des Bulbus in der erreichten Lage verknüpft sind.

2. von der relativen Lage des Objektbildes auf der Netzhaut zu der der Fovea centralis, also von dem sogenannten Lokalzeichen der Retina.

Mit anderen Worten: unser Richtungsurteil bildet sich auf Grund 1) des Urteils über die Lage des Gesichtsfeldes (oder des Fixationspunktes) im Blickfelde, 2) des Urteils über die Lage des Objektes im Gesichtsfelde.

Ich bin nun zu der Anschauung gelangt, daß die Beobachter v. HUMBOLDT, SCHWEIZER, CHARPENTIER, AUBERT, ich, und, wie ich wohl mit Recht vermute, noch manche Andere über die in Rede stehende Erscheinung so befremdet waren, weil sie dem ersten der angeführten Faktoren eine maßgebendere Rolle für das Zustandekommen des Richtungseindrucks zugeschrieben haben, als er verdient.

Unser Urteil über die Richtung des Fixationspunktes zu unserem Kopfe ist ein sehr unsicheres. Ganz einfache Versuche reichen hin, sich davon zu überzeugen: wenn man im verdunkelten Raume den Lichtpunkt fixiert, denselben verlöschen läßt und sich bemüht, die Fixation festzuhalten, so bemerkt man, indem man ihn nach mehreren Sekunden wieder aufleuchten läßt, in wie unvollkommenem Masse dies gelungen ist. Oder man fixiert, löscht ab, macht eine Blickbewegung, sucht den alten Fixationspunkt wieder auf und läßt aufleuchten. Wenn die ganze Prozedur auch nur 2 bis 3 Sekunden gedauert hat, so kann man um 10 oder 20 Winkelgrade gefehlt haben. Ich stehe 2 bis 3 Meter vor meiner Studierlampe, fixiere die Flamme, bedecke die Augen mit den Händen, suche nach einigen Sekunden die Fixationsrichtung wieder zu finden und bemerke beim Abheben der Hände, daß ich mich um eine nennenswerte Zahl von Winkelgraden getäuscht habe. Die Ergebnisse der Versuche bleiben dieselben, wenn man den Kopf durch Einbeißen fixiert hat.

Also die Erinnerung an die gesetzten motorischen Willensimpulse sowie an die Organempfindungen reichen nicht aus, auch nur nach wenigen Sekunden dieselbe Stellung des Bulbus wieder aufzufinden.

Aber zur Erklärung dieser mangelhaften Fähigkeit, den Fixationspunkt wieder zu finden, braucht man das schlechte Erinnerungsvermögen für die abgelaufenen Organempfindungen und Willensimpulse nicht heranzuziehen, sie erklärt sich aus der Mangelhaftigkeit der erworbenen Kenntnis von der Lage des fixierten Objektes gegen unseren Körper.

Wir sind nicht nur außerstande, dieselben Organgefühle des Auges wiederherzustellen, wir vermögen auch nicht in anderer Weise die Richtung des Objektes gegen den Körper mit einiger Genauigkeit anzugeben. Man ersieht dieses aus folgenden zwei Versuchen.

Ich stelle mich einem senkrechten bespannten Reifsbrett so gegenüber, daß ich dasselbe bequem mit dem Zeigefinger erreiche. Auf dem Papier befindet sich eine Marke. Diese wird bei herabhängenden Armen (damit die Hände nicht im Sehfelde sind) während einiger Sekunden fixiert, dann schliesse ich die Augen, und suche mit dem Nagel des rechten Zeigefingers den fixierten Punkt zu berühren. Dabei werden bedeutende Fehler gemacht: 30 bis 40 Millimeter sind keine Seltenheit. Auffallenderweise berühre ich fast immer zu tief.

Es liegt auf der Hand, daß bei diesen Mißerfolgen auch die Fehler mitspielen, welche in den intendierten Muskelbewegungen mit unterlaufen. Um ein Maß für dieselben zu gewinnen, führte ich einen zweiten Versuch in der folgenden Weise aus. Auf die Fingerbeere des linken Zeigefingers machte ich eine wenige Millimeter große Marke. Dann stellte ich mich dem Reifsbrette gegenüber wie früher. Ein Gehülfe legte, während ich die Augen geschlossen hielt, meinen linken Zeigefinger so an das Reifsbrett, daß die Marke desselben gerade vor der früheren Fixationsmarke zu stehen kam. Nun bemühte ich mich mit dem rechten Zeigefinger die Marke des linken zu berühren. Es zeigte sich, daß ich jetzt bedeutend geringere Fehler machte.

Daraus geht hervor, daß die durch die Blickaktion erworbene Kenntnis von der Lage der Marke eine schlechtere war, als die durch die Lageempfindungen des linken Zeigefingers erworbene, und daß die mangelhafte Kenntnis von der Richtung des Fixationspunktes die großen Fehler im ersten Versuche mit bedingt hat. Ich muß bemerken, daß ich, um die Fehler, die mit der Schätzung der Entfernung verknüpft sein könnten, zu vermeiden, meinen Finger stets in der Verbindungslinie zwischen der Kopfmittle und dem vermeintlichen Orte der Marke vorwärts bewegte, bis ich anstieß.

Da bei derartigen Versuchen zweifellos individuelle Eigenschaften sehr in Betracht kommen, habe ich drei Herren ersucht, die Experimente zu wiederholen. Es ergab sich als

durchschnittlicher Fehler sämtlicher Einzelversuche der vier Experimentatoren für die erste Form des Versuches 29,5 mm, für die zweite Form 11,8 mm. Nehme ich meine Versuche allein heraus, so ist die Differenz nicht so bedeutend. Immerhin zeigt auch diese Erfahrung zur Genüge, wie schlecht unser Urteil über die Lage des Fixierpunktes im Blickfelde ist.

Ganz anders steht es in der Regel mit dem zweiten Faktor, der bei der Bildung des Richtungsurteils beteiligt ist. Die Orientierung im Sehfelde bei ruhendem Blicke oder auch unter Zuhülfenahme von Blickbewegungen ist in der That eine ausgezeichnete. Hier handelt es sich immer um die relative Lage der Objekte. Für die Wahrnehmung dieser sind wir trefflich organisiert. Wenn ein Gegenstand, dessen Bild auf der Netzhautperipherie liegt, unsere Aufmerksamkeit erregt, so drehen wir unsern Augapfel mit außerordentlicher Präzision gerade um jene Drehungsaxe und um so viele Winkelgrade, daß dieses Bild auf die Fovea centralis der Netzhaut zu liegen kommt. Ich habe aber schon an anderem Orte¹ gezeigt, daß Bedingung dieser Präzision das Vorhandensein der Netzhautbilder selbst ist. Unbewußt wird die Blickbewegung durch die sensorischen Eindrücke der das Netzhautbild gleichsam abtastenden Elemente der Retina reguliert. Mit anderen Worten: die Verschiebung des Sehfeldes im Blickfelde ist nur dann eine präzise, wenn sie durch die Netzhautindrücke kontrolliert wird. Wir haben es hier eben mit einer Erscheinung der Sensomobilität zu thun.

Aber auch bei fixiertem Blicke haben wir unter gewöhnlichen Verhältnissen eine recht scharfe Auffassung der gegenseitigen Lage von Gesichtsobjekten. Es beruht dieselbe auf den Beziehungen zwischen den Lokaleindrücken verschiedener Netzhautstellen, deren Mechanismus ich an anderem Orte dem Verständnisse näher zu rücken gesucht habe.² Hier will ich nur auf den einfachen Versuch hinweisen,³ der zeigt, daß wir für die gegenseitige Lage zweier gesehener Objekte viel

¹ *Entw. z. e. physiolog. Erklärung d. psychischen Erscheinungen.* S. 130.

² L. c. S. 248.

³ L. c. S. 262.

empfindlicher sind, als für die Lage jedes derselben gegen unseren Körper. Dasselbe gilt auch von den Lokaleindrücken des Tastsinnes: haben wir ein Kitzelgefühl an einer Hautstelle von geringer Empfindlichkeit (z. B. am Unterschenkel) und bemühen uns, die betreffende Stelle unter der Kontrolle des Auges mit dem Finger zu berühren, so gelingt uns das in der Regel nicht. Aber die durch den Finger erzeugte Tastempfindung lehrt uns sofort, ob wir zu hoch oder zu tief, oder seitlich gegriffen haben, so daß wir nun die gesuchte Stelle augenblicklich finden. Also auch hier lehrt uns das Zusammenwirken beider Empfindungen auf das Genaueste die gegenseitige Lage der Reizstellen.

Aus alledem geht hervor, daß sich unsere vortreffliche Orientierung im Raume auf den — tatsächlich fast immer verwirklichten — Fall beschränkt, daß unser Sehfeld mit Gesichtsobjekten erfüllt ist. Diese werden dann, sei es durch sensomobil regulierte Blickbewegungen, sei es durch die ihre gegenseitigen Beziehungen in sich tragenden Lokaleindrücke verschiedener Netzhautstellen in ihrer **relativen Lage** mit grosser Genauigkeit erkannt.

Diese vortreffliche Orientierung im Sehfelde ist aber nur unter den Verhältnissen des gewöhnlichen Sehens vorhanden. Sie hört auf, sobald wir uns den Grenzen des deutlichen Sehens nähern, sei es wegen Herabsetzung der Reizstärken, sei es wegen der Kleinheit der Netzhautbilder.

Erinnern wir uns an die Abhängigkeit der Lokalempfindungen der Netzhaut von der Helligkeit. Ein bedrucktes Blatt Papier zeigt uns bei zunehmender Dämmerung erst nur die nicht mehr lesbaren Worte, dann nur mehr die Zeilen, und schliesslich hebt sich blos das graue bedruckte Rechteck von dem weissen Rande ab. Der Erfolg bleibt derselbe, wenn wir das Blatt durch eine enge Lücke ansehen, woraus zu entnehmen ist, daß die wechselnde Weite der Pupille dabei keine Rolle spielt, das Verwaschensein der Schrift vielmehr auch bei über die Norm gesteigerter Schärfe der Netzhautbilder vorhanden ist, wenn diese nur lichtschwach genug sind. Ich zeichne drei parallele Striche nahe neben einander auf ein Blatt Papier, in gröfserer Entfernung einen vierten von derselben Dicke und

Länge. Bei dem richtigen Grade der Dämmerung sehe ich von dem einzelnen Strich nichts, aber da, wo die drei Striche neben einander stehen, sehe ich eine graue rechteckige Fläche. Ein schwarzer Punkt kann schon unsichtbar sein, während vier neben einander stehende noch einen grauen Fleck bilden. Rückt man jene vier Punkte weiter aus einander, so liefern auch sie keine Gesichtswahrnehmung mehr. Daraus geht hervor, daß die Erregung einer Netzhautstelle unter den genannten Verhältnissen eine Wirkung ausübt, als würde sich dieselbe auch auf die Nachbarschaft erstrecken und zu den dort gesetzten Empfindungen hinzuaddieren können. Die Empfindung, die ein Punkt auslöst und die unter dem Schwellenwerte liegt, wird merklich, wenn ein zweiter und dritter in der Nachbarschaft hinzutritt, wobei dieselbe auf den Raum zwischen ihnen vertheilt erscheint. Wie weit auf der Netzhaut diese Fernwirkung reicht und wie sie mit der Entfernung abnimmt, mag vorläufig unerörtert bleiben.

Wir kennen einige andere Erscheinungen, welche, dieser verwandt, in die Gruppe der örtlich sekundären Empfindungen gehören und auf der Fernwirkung einer gereizten Netzhautstelle im Sinne der Addition der Empfindungen beruhen. So hat bekanntlich A. E. FICK¹ gezeigt, daß man die Farbe eines Fleckes auf dunklem Grunde nicht mehr erkennen kann, wenn die Farbe einer Gruppe ganz gleichartiger Flecken noch erkannt wird, und BRÜCKE hat bei Verkleinerung der Netzhautbilder verschieden gefärbter Felder Mischfarben bekommen, obwohl man die Grenzen dieser Felder noch ganz wohl erkannte.²

Die Erregung einer Netzhautstelle, die, sei es wegen ihrer räumlichen Beschränkung, sei es wegen geringer Intensität, an der Grenze ihrer Wahrnehmbarkeit steht, wirkt demnach so, als würde sich ihre Erregung den benachbarten Netzhautstellen mitteilen. Es muss vorläufig dahingestellt bleiben, ob diese Wirkung in der Netzhaut selbst oder in ihren Zentralorganen zu stande kommt. Ich will das Netzhautgebiet, auf welche sich dieselbe erstreckt, den Aktionskreis der gereizten Netz-

¹ *Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol.*, Bd. XVII, S. 152; XXXIX S. 18 und XLIII, S. 441.

² Über einige Konsequenzen der YOUNG-HELMHOLTZschen Theorie. *Sitzgs.-Ber. d. Wien. Akad. d. Wiss.*, Bd. LXXX, Abt. III, Juli 1879.

hautstelle nennen. Man könnte ihn auch als den physiologischen Zerstreuungskreis bezeichnen; doch würde dieser Ausdruck zu Mißverständnissen verleiten, weshalb ich ihn lieber vermeide. Außer dem gleich näher zu erörternden Umstande, durch welchen sich der Aktionskreis von einem dioptrischen Zerstreuungskreise unterscheidet, ist auch die Analogie zwischen beiden, die in dem verwaschenen Dämmerungsbilde einer bedruckten Seite so deutlich hervorzutreten scheint, eine ganz oberflächliche. Denn wenn man einen schwarzen Punkt auf weißem Grunde wegen mangelhafter Akkommodation des Auges im Zerstreuungskreise sieht, so nimmt man diesen Zerstreuungskreis deutlich wahr und erkennt, daß er größer ist als der Punkt selbst. Wenn man diesen aber wegen herabgesetzter Beleuchtung undeutlich sieht, so erscheint er nie größer als er ist. Man sieht ihn nicht oder man sieht ihn, im letzteren Falle aber näherungsweise in der natürlichen GröÙe.

Was uns an diesem Aktionskreis aber zunächst interessiert, ist der Umstand, daß er seine Existenz der mangelhaften Lokalisation der Netzhautreizung verdankt. Die geschilderten Erscheinungen lassen sich eben hierauf zurückführen. Diese Mangelhaftigkeit der Lokalisation einer an der Grenze der Wahrnehmbarkeit stehenden Netzhauterregung zeigt sich nun auch dadurch, daß wir dieselbe innerhalb ihres Aktionskreises in verschiedenen Zeiten an verschiedene Orte verlegen.

Der Versuch SCHWEIZERS ist jederzeit und mit sicherem Erfolge zu wiederholen. Ein dunkler Punkt, auf weißem Grunde fixiert, zeigt bei hinlänglich herabgesetzter Beleuchtung Scheinbewegungen, die ganz vortrefflich mit den Bewegungen eines Insektes verglichen werden, das es versucht, dahin und dorthin zu kriechen, aber immer wieder an seinen Ort zurückkehrt. Der dunkle Punkt, der nicht größer erscheint als er ist, wird eben nacheinander an verschiedenen Stellen seines Aktionskreises gesehen. SCHWEIZER dachte zur Erklärung davon an unwillkürliche Augenbewegungen.

Um mich über diese Deutung zu orientieren, gab ich dem Versuche die folgende Form. Ein schwarzer Fleck von circa 1 cm Durchmesser auf weißem Kartonpapier wurde im Zentrum durch einen Nadelstich durchbohrt. Der Karton wurde vor einem Ausschnitt im Fensterladen angebracht und nun die Beleuchtung im Inneren des Zimmers sowie das durch den

Nadelstich eindringende Licht so reguliert, daß der schwarze Fleck und der im Zentrum desselben gelegene Lichtpunkt eben noch deutlich gesehen werden konnten. Es war zu erwarten, daß schwarzer Fleck und Lichtpunkt Scheinbewegungen zeigen. Rühren diese von Augenbewegungen her, so mußten sie immer gleichsinnig sein. Es ergab sich, daß dieses nicht der Fall war, daß vielmehr der Lichtpunkt in dem schwarzen Kreise hin- und herwanderte, in ziemlich raschem Tempo, oftmals die Richtung wechselnd und niemals den Rand des schwarzen Fleckes erreichend. Letzterer machte Bewegungen von demselben Charakter, wie er sie ohne zentralen Lichtpunkt ausführte. Es waren also die Bewegungen beider ganz unabhängig voneinander.

Daraus geht hervor, daß sich die Fernwirkung einer gereizten Netzhautstelle unter Umständen auch manifestiert, indem das kleine Objekt zwar nicht größer zu sein, aber innerhalb des Aktionskreises seinen Platz zu wechseln scheint. Darauf beruht die von SCHWEIZER an einzelnen Punkten beobachtete Erscheinung und wahrscheinlich auch das sog. Sternschwanken, kurz jene Scheinbewegungen, die sich innerhalb einiger Winkelgrade halten.

Ich will diese Erscheinung das Punktschwanken nennen, als den allgemeineren Fall des Sternschwankens. Sie beruht auf mangelhafter Lokalisation des kleinen Gesichtsojektes und tritt auch dann auf, wenn das Sehfeld mit ruhenden Objekten erfüllt ist; Bedingungen sind gute Fixation, geringe Helligkeit oder Kleinheit des Objektes. Da, wie gesagt, die Erscheinung auch an Sternen oder in dem oben angeführten Versuche an ziemlich hellen Lichtpunkten zu sehen ist, so kann die Helligkeit wenigstens scheinbar recht bedeutend sein, wenn das Objekt nur hinlänglich klein ist.

Auf diese erläuterte Erscheinung des Punktschwankens läßt sich aber nicht unmittelbar das von CHARPENTIER und AUBERT beschriebene Phänomen zurückführen, denn bei diesen handelt es sich um 20—30 Winkelgrade und um eine Bewegung von recht nennenswert anderem Charakter.

Zum Verständnis der autokinetischen Empfindungen ist zunächst erforderlich, sich über das Verhalten der Blicklinie beim Punktschwanken klar zu werden. Wir sind, wenn wir

dasselbe beobachten wollen, bestrebt, den Punkt zu fixieren. Wenn derselbe nun eine Bewegung zu machen scheint, so sind zwei Fälle möglich: entweder wir bewegen unsere Blicklinie im Sinne der Scheinbewegung und im Bestreben, den Punkt weiter zu fixieren, oder wir bewegen die Blicklinie nicht, da sich dieser thatsächlich nicht bewegt. Welcher Fall trifft in Wirklichkeit zu? Nach meinen Erfahrungen zweifellos der letztere. Würden wir angeregt durch die Scheinbewegung die Blickrichtung wechseln, so würde das Netzhautbild des Punktes eine andere Stelle der Retina treffen, was uns eine charakteristische Empfindung verursacht und das ganze Phänomen sofort zum Schwinden bringt, wie man sich jederzeit leicht überzeugen kann. Die leiseste Augenbewegung hemmt das Punktschwanken.

Es mag sonderbar erscheinen, daß wir im Streben zu fixieren und beim Obwalten einer Scheinbewegung den Blick festhalten sollen. Das Befremdende verschwindet aber, wenn man bedenkt, daß, wie schon erwähnt, die Augenmuskelnzentren in gewissem Sinne selbständige Funktionen haben und das Interesse für ein gesehenes Objekt sie veranlaßt, die zur Fixation desselben nötigen Impulse an die Muskeln abzugeben. Es mag das Sensorium dann den Punkt für bewegt halten oder nicht, jene Zentren werden dafür sorgen, daß sein Bild auf der Fovea centralis liegt, werden also den Tonus der einzelnen Muskeln nicht ändern, wenn das Bild sich auf der Netzhaut nicht bewegt.

Kennen wir doch dieselbe Erscheinung von einem anderen Gebiete her. Wenn wir eine linierte Trommel vor unseren Augen rotieren lassen, halten sie dann plötzlich fest und fixieren einen Punkt derselben, so sehen wir das negative Bewegungsbild, d. h. die Linien sowohl wie der fixierte Punkt scheinen sich in entgegengesetzter Richtung zu bewegen. Wir sehen also auch an diesem letzteren eine Scheinbewegung, obwohl wir ihn bei ruhender Blicklinie in Fixation halten.

Während also das Sensorium bei seinem Interesse, das Objekt zu beobachten, den Eindruck einer Bewegung desselben erhält, können die subkortikalen Zentren in ihren Tonuszuständen im Sinne der Fixation beharren.

Auf dieser Grundlage erklären sich nun die weit ausgreifenden Scheinbewegungen CHARPENTIER'S und AUBERT'S. Der

Lichtpunkt macht die wenige Grade betragenden Punktschwankungen. Bei dem Bestreben, ihn in der Fixation zu halten, glauben wir ihm mit dem Blicke zu folgen, und wenn die Punktschwankung ihn z. B. für zwei Sekunden nach links führt, so glauben wir, zwei Sekunden lang ihn mit dem Blicke nach links zu verfolgen; führt ihn die Punktschwankung nun nach oben, so glauben wir, so lange er uns in dieser Richtung vom Fixationspunkt abzuweichen scheint, ihm dahin mit dem Blicke zu folgen. So kommt es, daß die Scheinbewegung soviel Ähnlichkeit mit der eines nicht ganz zentral betrachteten Nachbildes hat und der Wechsel der Richtung denselben Charakter trägt, wie die Scheinbewegung eines Nachbildes, an dem nacheinander verschiedene Anteile unser Interesse erwecken. Daß hier die Ausschläge aber bis zu 30 Graden ansteigen können, rührt von der oben dargelegten höchst unvollkommenen Orientierung im Blickfelde her, also von dem ganz unzulänglichen Urteil über die Blickrichtung bei Ausschluss der Kontrolle durch Netzhautbilder.

So wird auch verständlich, daß die autokinetische Empfindung um so lebhafter wird, je weniger hell der Lichtpunkt ist, denn dann ist das Punktschwanken deutlicher, und daß benachbarte sichtbare Objekte hemmend wirken, denn das Punktschwanken wird voraussichtlich für jeden in einem gegebenen Momente nach einer anderen Richtung wirksam sein, und ein Durcheinanderfließen derselben ist wegen unseres feinen Gefühles für die gegenseitige Lage der Objekte unmöglich.

Ich fasse kurz zusammen: Wir sehen im übrigens vollkommen verdunkelten Raume bei dauernder Fixation einen thatsächlich ruhenden Lichtpunkt Scheinbewegungen ausführen, die ihn bis zu 20 und 30 Winkelgrade gegen seine ursprüngliche Stellung verschoben erscheinen lassen. Dieses Phänomen beruht auf Folgendem. Kleine oder lichtschwache Objekte, auf der Netzhaut abgebildet, geben unvollkommene Lokaleindrücke so, als würden auch die dem Bilde benachbarten Stellen der Retina von ihnen affiziert werden (Aktionskreis eines Netzhautindrucks). Wird ein solches Bild durch längere Zeit auf dem Orte des deutlichsten Sehens festgehalten, so zeigt sich diese

Fernwirkung, indem es den Eindruck erweckt, als würde es successive an verschiedene Orte dieser Nachbarschaft hinwandern, so daß man glaubt, das Objekt mache schwankende Bewegungen (Punktschwanken). Dieselben betragen nur wenige Winkelgrade, wenn das Sehfeld auch noch andere sichtbare Objekte enthält. Ist dasselbe aber bis auf den Lichtpunkt vollkommen dunkel, so daß keine Möglichkeit besteht, aus der Verschiebung der Netzhautbilder bei intendierten Blickbewegungen eine Kontrolle für diese Blickbewegungen selbst zu gewinnen, so kann die scheinbare Ausweichung des Objektes viele Winkelgrade betragen, denn während der ganzen Zeit, in der eine Schwankung des Objektes nach einer bestimmten Richtung stattzuhaben scheint, glauben wir — da wir uns mit Erfolg bestreben, das Objekt auf der Fovea centralis festzuhalten, d. i. zu fixieren — demselben mit dem Blicke in dieser Richtung zu folgen. Bei der ausserordentlich schlechten Beurteilung der Richtung unserer Blicklinie ohne Kontrolle kann die Täuschung jene bedeutende Gröfse erreichen.
