

fruchtete Ovulum eine bestimmte Zeit nach stattgehabter Befruchtung in gewissem Sinne hermaphroditisch oder doch geschlechtslos sein soll, fütterte Fiquet zwei Kühe „von genau der gleichen physischen Körperbeschaffenheit,“ die eine „in der reichsten und splendidsten Weise,“ während er zu gleicher Zeit der andern „nur die dürftigste Nahrung“ zukommen ließ. Das Ergebniss dieses Versuchs war, dass beide Kühe ein Kuhkalb brachten. Eine Wiederholung dieses Fütterungsversuchs mit zwei andern Kühen hatte zur Folge, dass jede dieser Kühe ein Stierkalb zur Welt brachte. Aus diesen Versuchen schließt Fiquet, dass das Geschlecht des Kalbes nicht während seiner Entwicklung im Mutterleibe bestimmt wird, während er doch nur hätte schließen dürfen, dass die Art der Fütterung einer trächtigen Kuh keinen Einfluss auf die Geschlechtsbildung ihrer Frucht ausübt. Und weiter schließt Fiquet aus zahlreichen Erfahrungen, dass, wenn die Geschlechtsbildung nicht während der Entwicklung im Mutterleibe stattfindet, sie bei der Paarung, bzw. bei der Befruchtung stattfinden muss; dass hierbei die stärkere Geschlechtspotenz des einen oder des andern der zu paarenden Tiere im entgegengesetzten Sinne seines Geschlechts (durch gekrenzte Geschlechtsvererbung) das Geschlecht der Frucht bestimme. Die stärkere Geschlechtspotenz aber hält Fiquet für identisch mit stärkerer Paarungslust und die Paarungslust endlich soll durch „splendide“ Fütterung gesteigert, durch „dürftige“ Fütterung gemindert werden.

Nachdem Referent seine theoretischen Bedenken gegen die Fiquet'sche „Geschlechtsvorbereitungs- Methode“ geäußert hat, hält er es, in Anerkennung ihrer praktischen Bedeutung, für dringend geboten, sie durch streng wissenschaftliche Versuche zu prüfen und eventuell ihre naturgesetzliche Begründung festzustellen. Fiquet's Methode scheint so einfach zu sein, dass man sich wundert, dass sie Physiologen und Tierzüchtern bisher verborgen bleiben konnte. Bis jetzt aber ist diese Methode — trotzdem sie seit länger als zwei Jahren in Texas und seit etwa einem Jahre in Europa bekannt wurde — doch nur von Fiquet selbst mit Erfolg ausgeübt worden. Die Folgezeit wird lehren, ob jene Methode sich auch in andrer Hand und vor dem Forum der Wissenschaft bewährt

M. Wilkens (Wien).

### Die Frage von der Funktionsweise der Facettenaugen.

Es ist allgemein bekannt, dass sich das Organ des Gesichtssinns im Tierreiche nach zwei Richtungen hin morphologisch entwickelt hat: in der einen Richtung zum Wirbeltierauge, in der andern zum Facettenauge. In neuester Zeit ist es Grenacher's anatomischen Studien gelungen den gemeinschaftlichen Ausgangspunkt dieser bei-

den Entwicklungsformen aufzufinden und von ihm aus die Gestaltung dieses Sinnesorgans zu verfolgen<sup>1)</sup>. Dass der optische Theil des Wirbeltierauges ein Bild der Gegenstände der Außenwelt auf der Netzhaut entwirft, ist längst bekannt, und kann an jedem albinotischen Kaninchenauge gezeigt werden; dass dieses Bild eine physiologische Bedeutung hat, lässt sich mit Bestimmtheit behaupten, denn eben die Strahlen und nur diejenigen, welche einen Punkt des Netzhautbildes erzeugen, sind es auch, welche zur Wahrnehmung des entsprechenden Punktes des Gegenstandes führen. Dieses Bild ist umgekehrt.

Verwickelter liegen die Dinge beim Facettenauge. Es hat zuerst Johannes Müller<sup>2)</sup> die Behauptung aufgestellt, dass auch dieses Auge ein Netzhautbild hat, und zwar ein aufrechtes. Die Art, wie es zu Stande kommt, kann in folgender Weise klar gelegt werden. Denken wir uns aus dem Insektenauge die exquisit durchsichtigen Gebilde, wie Cornea und Krystallkegel entfernt, so kann es in schematischer Auffassung als ein Abschütt einer ziemlich dicken Kugelschale betrachtet werden, der aus pigmentirter Masse besteht und von hart nebeneinander liegenden, gegen das Centrum der Kugel verlaufenden, Bohrungen durchsetzt ist. Denkt man sich weiter die innere Fläche der Kugelschale von einer Haut überzogen, so leuchtet ein, dass auf derselben ein Bild der äußern Objekte entstehen muss. Da nämlich durch jede der Bohrungen nur Strahlen auf jene Haut gelangen, welche in, oder nahezu in der Axe der Bohrung verlaufen, so kann das Hautstückerhen, welches eine Bohrung innen überdeckt, nur Licht aus einer ganz beschränkten Richtung erhalten. Diese Richtung ist für jede Bohrung eine andere. Construirt man sich für die einzelnen Punkte eines Gegenstandes die Strahlen, welche in der Axe der Bohrung verlaufen, so erkennt man, dass sie auf jener vorausgesetzten Haut ein aufrechtes Bild desselben entwerfen müssen. In Wirklichkeit nun ist keine Haut im gewöhnlichen Sinne des Worts über die innern Oeffnungen der Bohrungen gespannt, sondern es sind die nervösen Elemente, die in ihrer Gemeinschaft allerdings die Netzhaut darstellen, in die innern Anteile der Bohrungen hineingesenkt.

Man ersieht schon hieraus, dass die Facettenaugen beider Seiten eines Thiers fast den ganzen äußern Raum beherrschen müssen, denn das einzelne Auge beherrscht vermöge seiner Krümmung mehr als die Hälfte aller möglichen Richtungen, und die beiden Augen ergänzen sich vermöge ihrer Stellung gegenseitig. Ein Teil der jeweilig im Gesichtsfeld befindlichen Gegenstände wird gleichzeitig von beiden Augen gesehen. Ferner erkennt man aus dem gegebenen Schema, dass die Schärfe des Netzhautbildes im Vergleiche zu der

1) Untersuchungen über das Sehorgan der Arthropoden. Göttingen 1879.

2) Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinns. Leipzig 1826.

des Wirbeltierauges manches zu wünschen übrig lassen wird, dass dieselbe mit der Anzahl der Facetten die auf die Halbkugel kommen, erhöht, die Beleuchtungsstärke eines Netzhautelements aber mit zunehmender Zahl vermindert wird.

Was nun Hornhautfacetten und Krystallkegel anlangt, so sollten diese nach Johannes Müller am Wesen des Auges nichts ändern, vielmehr nur dazu dienen, die Helligkeit des ganzen Bildes zu erhöhen.

So standen die Dinge bis zum Jahre 1852. Da bemerkte Gottsche <sup>1)</sup> dass man an einem Fliegenauge, das mittels einer Staarnadel von Pigment gereinigt war, eine grosse Zahl von Bildchen äußerer Gegenstände unter dem Mikroskope wahrnehmen kann, die eine bedeutende Schärfe zeigten <sup>2)</sup>. Jedes derselben lag ober einer Facette des Auges (das Licht fiel von unten gegen die Convexität der Cornea). Diese Bildchen waren verkehrt. Er meinte nun die Analogie mit dem Wirbeltierauge gefunden zu haben: jede Facette erzeuge ein Netzhautbild wie das Wirbeltierauge, nur habe der Mensch zwei, die Fliege viele hundert Augen. Eine Bemerkung Johannes Müller's, welche dieser der Abhandlung Gottsche's beifügte, scheint so aufgefasst worden zu sein, als stimmte er nun der Anschauung Gottsche's bei. In den darauffolgenden Jahren verließ eine grosse Reihe von Autoren darunter Leydig <sup>3)</sup> und Max Schultze <sup>4)</sup> die Theorie vom „musivischen Sehen“ Joh. Müller's, und betrachtete im Sinne Gottsche's jede Facette des zusammengesetzten Auges als ein selbstständiges vollkommenes Auge, das seine Netzhaut und sein Netzhautbildchen hat. Ruete <sup>5)</sup> hat sogar den Refraktionszustand des Fliegenauges bestimmt.

Da war es im Jahre 1871 zuerst Boll <sup>6)</sup>, der hauptsächlich auf anatomische Tatsachen gestützt, aufforderte zur alten Müller'schen Anschauung zurückzukehren.. Er hatte bemerkt, dass man unter günstigen Umständen auch durch die Stäbchen der Retina des Triton Bildchen äußerer Objekte erhalten kann und war dadurch auf die physiologische Bedeutungslosigkeit solcher Bildchen aufmerksam geworden. In der Tat zeigt ja jeder Fetttropfen unter dem Mikroskop verhältnissmäßig scharfe Bilder.

Grenacher, der in den Göttinger Nachrichten eine vorläufige Mitteilung seiner Untersuchungsergebnisse publizirte, <sup>7)</sup> sträubte sich

1) Müller's Archiv. 1852.

2) Diese Bildchen waren übrigens schon Leeuwenhoek bekannt.

3) Das Auge der Gliedertiere. 1864.

4) Untersuchungen über die zusammengesetzten Augen der Krebse und Insekten. Bonn 1868.

5) Festschrift der med. Fakultät zu Leipzig. 1861.

6) Du Bois-Reymond und Reichert's Archiv. 1871.

7) 1874.

auch gegen die allgemein gewordene Anschauung von der Bedeutung der Facettenaugen im Gottsche'schen Sinne und sprach sich für die Müller'sche Theorie aus.

Auch ich habe ein Jahr nach Veröffentlichung dieser vorläufigen Mitteilung und leider ohne von ihr Kenntniss zu haben, die gangbare Theorie einer kritischen Untersuchung von mehr physikalischem Charakter unterzogen<sup>1)</sup>, indem ich an einem speziellen Beispiele, dem Auge des *Hydrophilus piceus*, die optischen Eigenschaften studirte. Es hat sich herausgestellt, dass es in hohem Grade fraglich ist, ob das Bildchen, das als Netzhautbild aufgefasst wurde, als solches überhaupt optisch verwendbar wäre, ferner dass dieses Bildchen, und speziell auch das der Fliege, an der Gottsche studirte, im Leben gar nicht existirt. Es kommt nämlich nur zu Stande, wenn man die Krystallkegel entfernt, und dieses hat Gottsche getan. Im Leben, wenn hinter der Hornhautfacette der Krystallkegel liegt, kann es sich nicht bilden.

Hingegen habe ich gezeigt, dass Hornhautfacette und Krystallkegel in der ausgezeichnetsten Weise dafür sorgen, dass verhältnissmäßig viele Strahlen die von jenem Punkte des Gegenstands der in der Axe einer Facette liegt ausgehen, am Grund des Krystallkegels vereinigt werden. Die Hornhautfacette fungirt dabei als Linse, der Krystallkegel durch totale Reflexion als katoptischer Apparat. Es werden nämlich in letzterem die Strahlen, welche nahezu parallel der Axe desselben eindringen, gleichsam gefangen, und werden durch Reflexionen bis an die Spitze geleitet. Andere Strahlen, welche unter größerem Winkel zur Axe einfallen, können durch ein solches kegelförmiges Gebilde nach mehrmaligen Reflexionen zum Teil wieder aus demselben zurückgeworfen werden, ohne an die Spitze des Kegels gelangt zu sein, teilweise werden sie die Wand des Kegels passiren und im umliegenden Pigment absorbirt, da bei jeder Reflexion der Winkel, unter dem sie auf die Kegelfläche auffallen, ein größerer wird.

Die Richtigkeit dieser Anschauung zu prüfen scheiterte anfangs an der Unmöglichkeit, Krystallkegel und Hornhautfacette eines Auges in normaler Stellung und unter den dem Leben entsprechhenden Umständen aber ohne Pigment unter das Mikroskop zu bringen. Trotzdem ließ sich diese Probe wenigstens an einem Tiere ausführen und bestätigte vollständig jene Anschauung. Beim Leuchtkäferchen (*Lampyrus splendidula*) nämlich sind die Krystallkegel mit den Hornhautfacetten verwachsen. Wenn man hier das Auge herauspräparirt, es mit einem Pinsel vollkommen von Pigment reinigt, dann mit der convexen Hornhautfläche auf einen durchbohrten Objekträger aus Glimmer so legt, dass die Hornhaut die Bohrung überdeckt, und dann in die Hö-

1) Ueber das Sehen von Bewegungen und die Theorie des zusammengesetzten Auges. Wiener akad. Sitzungsber. 1875.

lung des Auges ein Tröpfchen Käferblut, auf dieses ein dünnes und kleines Glimmerblättchen legt —, so hat man die in der Natur gegebenen Verhältnisse in Bezug auf Brechung und Reflexion möglichst genau nachgeahmt. Blickt man von oben durch das Mikroskop auf dieses Präparat<sup>1)</sup> so sieht man eine absolut schwarze Fläche, die durchsät ist von sehr hellen Punkten. Das Bild ist so frappant, dass man glauben muss, man habe das Objekt nicht von Pigment gereinigt. Legt man es aber um, so dass das Licht senkrecht auf die Axe der Kegel einfällt, so sieht man diese, wie die Cornea, glasig durchsichtig und vollkommen rein von Pigment. Es zeigt dieser Versuch also in der That, dass die in das Auge eindringenden Strahlen durch Brechung und Reflexion bis in die Spitzen der Krystallkegel geleitet werden, und dass sie aus dem ganzen optischen Systeme nur an dieser Stelle überhaupt herausdringen können, wenn man von geringen Mengen durch die Hornhaut wieder zurückkehrender Strahlen absieht. Von einem Netzhautbild im Sinne Gottsche's ist keine Rede.

Wenn nun auch zu hoffen ist, dass die Theorie von Gottsche für immer erledigt, und die von Joh. Müller wieder in ihre Rechte eingesetzt ist, so drängt sich eben dadurch eine neue Frage auf, nämlich, was kann es für eine Bedeutung haben, dass zwei für dasselbe äußere Agens ausgebildete Sinnesorgane so verschiedenen Bau zeigen wie das beim Wirbeltierauge und beim Facettenauge der Fall ist?

Ich habe auch hierüber eine Vermutung aufgestellt. Bei Gelegenheit von physiologischen Untersuchungen über das Sehen von Bewegungen, die sich natürlich auf das menschliche Auge bezogen, fiel mir auf, dass das Facettenauge für diesen speziellen Zweck bei weitem vorteilhafter konstruirt sei, als das Wirbeltierauge. Bei der großen Rolle, welche das Sehen von Bewegungen in der Tierwelt spielt (die Nachweise hierfür im Originale), ist es nun in der That nicht unwahrscheinlich, dass hierin der Schlüssel zum Verständniss des Insektenauges liegt. Es handelt sich nämlich um Folgendes: Ein als Beispiel gewählter heller Punkt von sehr geringer Grösse bewege sich vor dem Wirbeltierauge. Dieses wird die Bewegung bemerken, denn das Netzhautelement (ich nehme der Einfachheit wegen nur eines an) auf dem das Bild des hellen Punktes zuerst lag, verliert seine Erregung, dafür tritt das benachbarte in Erregung, dann wieder dessen Nachbar etc. Anders beim Facettenauge. Der Bau desselben ist ein solcher, dass das Licht des hellen Punktes in eine ganze Gruppe von Facetten eindringt, doch in verschiedener Quantität. Das Nervenlement jener Facette, in deren Axe der helle Punkt liegt, wird am stärksten erregt; die um diese Facette im Kreise liegenden Nachbarfacetten bekommen weniger Licht; der außen sich anschließende

1) Man muss natürlich den Planspiegel des Mikroskopes benützen, um die wahren Verhältnisse nachzunehmen.

Kreis von Facetten noch weniger u. s. w. Bewegt sich nun der helle Punkt, so ändert sich die Erregung in diesen sämtlichen Facetten, indem sie in der einen Hälfte wächst und in der andern abnimmt. Es wird also eine solche Bewegung für das Facettenauge eine auffallendere Erscheinung sein als für das Wirbeltierauge. Was hier für einen Punkt gezeigt ist, gilt natürlich für jeden beliebigen sich bewegenden Gegenstand.

Meine Anschauung geht also dahin, dass das Facettenauge im Sehen von Bewegungen dem Wirbeltierauge voraus ist, ihm aber im Unterscheiden der Gegenstände, also in der Schärfe des Sehens, nachsteht.

Eine weitere Untersuchung über unsern Gegenstand rührt von Oskar Schmidt<sup>1)</sup> her. Dieser Forscher fand bei verschiedenen Krebsen und Insekten Krystallkegel, welche keineswegs Kegel im geometrischen Sinne sind, sondern vielmehr nach Art eines Horns gebogen waren. Es wurde dieses insbesondere genauer bei *Phronima* untersucht. Auch O. Schmidt wendet sich auf Grund dieser Erfahrungen gegen die Gottsche'sche Auffassung des Auges, und in der Tat, wie sollte durch Brechung ein Bild auf dem Grunde eines gebogenen Kegels zu Stande kommen?

Schmidt hält aber seine neuen Erfahrungen auch für unvereinbar mit der andern Theorie. Er sagt: „Jedoch auch das musivische Sehen ist bei *Phronima* ausgeschlossen, denn die Voraussetzung für das musivische Sehen, die Geradaxigkeit der lichtbrechenden Körper und die Absorption der seitlich einfallenden Strahlen, trifft hier nicht ein.“

Ich glaube, dass der interessante Fund O. Schmidt's eine Bestätigung, nicht eine Widerlegung der Theorie des musivischen Sehens enthält, denn nur mit dieser ist er vereinbar. Es ist nämlich die Geradaxigkeit der Kegel meines Erachtens keine Voraussetzung für das musivische Sehen und die Absorption von seitlich einfallenden Strahlen durch die Biegung der Kegel nicht aufgehoben.

Man denke sich einen geradaxigen Kegel, an dessen Spitze also, wie oben geschildert wurde, die Strahlen vereinigt werden, welche näherungsweise aus der Richtung  $a$  kommen. Wenn man nun dem Kegel die Spitze abschneidet und an die Schnittfläche einen gekrümmten durchsichtigen Stab ansetzt, so würden jetzt alle die Strahlen die sich früher an der Spitze des Kegels vereinigt haben, in den Stab eindringen und würden in diesem Stabe weiter geleitet werden, wie man Lichtstrahlen im Innern von gekrümmten Glasstäben weiterleiten kann. O. Schmidt hat selbst derartige Versuche angestellt. Es wird hierbei im Allgemeinen etwas Licht verloren gehen. Dieser Krystallkegel mit dem Stabe verhält sich jetzt ganz ähnlich den gekrümmten Krystallkegeln von *Phronima*. Denken wir uns, derselbe bringe das aus der Richtung  $a$  erhaltene Licht an die Netzhautstelle  $a_1$  und fassen

1) Zeitschrift f. wiss. Zoologie, Bd. XXX, Supplem.

den benachbarten Krystallkegel  $b$  ins Auge. Derselbe mag mit seinem Anfangsstück sowie mit seiner Hornhautfacette so gestellt sein, dass er nach den für die geraden Kegel geltenden Regeln Licht aus der Richtung  $b$  aufnimmt, die benachbart sei der Richtung  $a$ , so wird er dieses Licht, es mag auf was immer für Umwegen geschehen, weiter führen, und wenn sein Ende nun neben  $a_1$  liegt, so wird er sein Licht neben diesem auf der Netzhautstelle  $b_1$  deponiren. So werden die einzelnen Richtungen des Raumes in gleicher Ordnung auf der Netzhaut vertreten sein. Es ist also zum Zustandekommen eines musivischen Bildes nur nötig, dass jeder Krystallkegel hauptsächlich dem Lichte einer bestimmten Richtung dient und dass die Enden derselben entsprechend dieser Richtung, in Ordnung gestellt sind. Diese beiden Bedingungen sind nach den Abbildungen, die O. Schmidt giebt, in vollem Maße erfüllt. Welche Umwege das Licht im Krystallkegel macht, ist von untergeordneter Bedeutung, ja selbst die Anordnung ihrer dem Licht zugewendeten Enden ist gänzlich gleichgiltig, nur die Richtung der Axen dieser Enden ist maßgebend. Würde man ein Insektenauge, das lange fadenförmig auslaufende Krystallkegel hat, an der Netzhaut fassen können, und die einzelnen Krystallkegel jeden mit seiner Hornhautfacette so in Unordnung bringen, wie man die Fäden einer Quaste in Unordnung bringen kann, so würde man trotz aller Krümmungen und trotz der Umlagerung der freien Enden noch ein musivisches Bild erhalten, wenn der Anfang des Kegels sammt seiner Hornhautfacette nachher dieselbe Richtung im Raume hätte, wie vorher.

Was die Absorption von seitlich einfallenden Lichtstrahlen im umliegenden Pigment anlangt, so kann die Krümmung des Krystallkegels zwar bewirken, dass mancher Strahl nicht absorbiert wird, der andern Falls absorbiert worden wäre, und umgekehrt, es wird dadurch das Bild etwas an Vollkommenheit verlieren, aber weshalb es zerstört werden sollte, ist nicht einzusehen.

Im vorigen Jahre erschien eine Monographie über die Gesichtswahrnehmungen, welche durch das Facettenauge vermittelt werden, von Notthaft<sup>1)</sup>. Dieselbe beschäftigt sich mit der Frage nach der Schärfe des Sehens, welche von verschiedenen Insektenaugen ihrem anatomischen Bau nach vorausgesetzt werden kann. Da nämlich zwei benachbarte Facetten mit ihren Axen bei verschiedenen Tieren verschiedene Winkel einschließen, so ist zu erwarten, dass diesem Umstand eine ungleiche Sehstärke entspricht, und dass natürlich die Sehstärke um so grösser ist, je kleiner jene Winkel sind. Weiter aber glaube ich, kann man in seinem Schlusse nicht gehen, insbesondere deshalb, weil wir nicht wissen, in wie vielen der einzelnen Facet-

1) Ueber die Gesichtswahrnehmungen mittels des Facettenauges. Abhandl. d. Senckenberg. naturf. Gesellsch. XII. Bd. Frankfurt a. M. bei Chr. Winter.

ten durch Licht, welches von einem Punkte ausgeht, überhaupt eine Empfindung hervorgerufen wird. N o t t h a f t giebt, freilich unter Reserve, Abbildungen, welche die Schärfe des Netzhautbildes eines gegebenen Gegenstandes veranschaulichen sollen. Dieselben sind aber unter der Voraussetzung konstruirt, dass Strahlen eines Punktes nur ein Netzhautelement des Facettenauges erregen, eine Voraussetzung, die vorläufig in der Luft schwebt.

Von vielem interessanten Detail, welche diese Abhandlung bringt, will ich hier absehen, und gleich zu dem Kernpunkt derselben übergehen. Er betrifft die physiologische Bedeutung des Facettenauges. Sie wird darin gefunden, dass das Tier mit Hilfe dieses Auges die Entfernung von Gegenständen in unmittelbarer Weise abzuschätzen vermag, als dies durch das Wirbelthierauge möglich ist.

Es soll nämlich das Bild eines Gegenstandes an Helligkeit abnehmen, wenn sich der Gegenstand entfernt, und zwar soll die Helligkeit umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung sein. Der Satz wird für den Fall einer bestimmten Voraussetzung ausgesprochen. Diese lautet: „Es fällt auf jede Retinula ein cylindrisches Lichtbüschel oder eine Lichtlinie genau in der Richtung der optischen Axe des Augenelements. Die einzelnen dieses Büschel zusammensetzenden Lichtstrahlen halten im strengen Sinne die gleiche Richtung ein. Das Stück des Gegenstandes, von welchem dieselben ausgehen, und welches ein einzelnes Elementarsehfeld erfüllt, ist somit für alle noch so verschiedenen Entfernungen durchaus gleich gross; es ist nämlich genau gleich dem Querschnitte des hintern zugespitzten nicht pigmentirten Endes des Krystallkegels oder gleich demjenigen der Retinula“.

So wertvoll auch ein solcher neuer Gesichtspunkt für das Verständniss des Facettenauges erschiene, so kann ich doch nicht umhin, gegen denselben Einsprache zu erheben. Ich halte nämlich die Voraussetzung, die ich wörtlich angeführt habe, für durchaus ungerechtfertigt. Erstens nämlich ist es unrichtig, dass unter den vorausgesetzten Umständen die Intensität der eine Retinula treffenden Beleuchtung mit dem Quadrate der Entfernung abnimmt. Sie bleibt vielmehr für alle Entfernungen gleich gross. Es leuchtet dies sogleich ein, wenn man auf die Basis jener Vorstellungsweise zurückgeht, nach welcher sich das Licht nach allen Richtungen in geradlinigen Strahlen ausbreitet. Dieser Vorstellungsweise liegt nämlich der Gedanke zu Grunde, dass der einzelne Strahl in seinem ganzen Verlaufe die gleiche Intensität behält; die Abschwächung der Beleuchtung nach dem Quadrate der Entfernung ist dann einzig und allein durch die Divergenz der Strahlen bedingt. Nach der Voraussetzung N o t t h a f t's gelangt auf jeden Punkt der Retinula nur ein einziger Strahl, dieser behält also dieselbe Intensität, wie weit immer das Objekt sein möge, von dem er kommt, und da die Anzahl der Strahlen, welche die Retinula treffen, auch constant ist, so ist die ganze Beleuchtung derselben

durch die präparierten parallelen Strahlen von der Entfernung unabhängig; gerade so wie die innerhalb endlicher Grenzen schwankenden Entfernungen eines beleuchteten Körpers von seiner unendlich entfernten Lichtquelle keinen Einfluss auf die Helligkeit seiner Beleuchtung haben. (Ein Körper der von der Sonne beschienen wird — diese als in unendlicher Entfernung befindlich vorausgesetzt — ist *ceteris paribus* gleich hell, ob ich ihn auf den Tisch oder auf den Boden lege.)

Zweitens aber muss die Voraussetzung Notthafft's auch abgesehen von dem erwähnten Irrtume als ungerechtfertigt bezeichnet werden.

Es ist nämlich ein optischer Apparat, der dafür sorgte, dass auf die Retinula (deren dem Lichte zugekehrte Fläche doch eine endliche Ausdehnung hat) nur Licht auffällt, welches mit der optischen Axe „im strengen Sinne gleiche Richtung hat“, undenkbar. Notthafft dürfte diese Schwierigkeit übersehen haben und ist dadurch zu seiner Theorie verleitet worden. Uebrigens stösst er dieselbe, wie es scheint, ohne sich darüber ganz klar zu werden, selbst wieder um, da wo er nach Erläuterung derselben von dem mutmaßlichen Zwecke der sphärischen Krümmungen der Hornhautfacetten spricht und bei andern Gelegenheiten. Er demonstriert nämlich selbst, wie sowol convergirende als divergirende Strahlen auf die Retinula gelangen können. Sobald aber irgend ein Strahl, der nicht absolut parallel der Axe des Augenelements verläuft, überhaupt zur Lichtempfindung in demselben Veranlassung geben kann, so fällt die ganze Theorie. Auch die Auseinandersetzung, welche unser Autor von der lichtsondernden Wirkung der Hornhautfacetten giebt, ist unzulänglich, denn er übersieht in dem von ihm angeführten Beispiele<sup>1)</sup>, dass wenn die Hornhautfacette so wirkt, dass sie einen parallel der Axe einfallenden Strahl an die rechte, einen andern an die linke Wand des Krystallkegels wirft<sup>2)</sup>, notwendig ein schief gegen die Axe einfallender Strahl existiren muss, der bis an die Spitze des Krystallkegels gelangt.

Ich glaube demnach, dass die Theorie des musivischen Sehens fester steht als je, und dass sich kein anderer Anhaltspunkt zum Verständniss der beiden divergirenden Typen von Augen ergibt, als der oben erwähnte von der Bevorzugung des Facettenauges beim Sehen von Bewegungen. Notthafft hat hervorgehoben, dass das Insekt, wenn es sich selbst bewegt, wenn es z. B. fliegt, trotz der vorausgesetzten Feinheit der Bewegungsempfindungen schlecht im Raume sich zurechtfinden dürfte. Ich glaube, man kann sich hier auf die Vögel berufen, die während des Fluges, also während alle Gegenstände mit

1) Taf. II. b, Fig. 4.

2) Da ich ohne Abbildungen behelfen muß, erlaube ich mir der Darstellung wegen diese etwas rohe Schilderung des Strahlenverlaufs, hoffend, dass der Leser mich verstehen wird.

größerer oder geringerer Schnelligkeit an ihnen vorbeizuwandern scheinen, doch eine ganz vortreffliche Orientirung haben. Ueberhaupt ist die eigene Bewegung ein ausgezeichnetes Hilfsmittel zur Abschätzung der Entfernungen von Gegenständen. In letzterer Beziehung mag noch erwähnt sein, dass die Insekten wenigstens insofern den Wirbeltieren in der Abschätzung von Distanzen voraus sind, als sie einen weit größern Teil des Raumes gleichzeitig mit beiden Augen sehen als diese. Das binoculare Sehen aber ist der wesentlichste Behelf der Tiefenwahrnehmung.

Sigm. Exner (Wien).

### Ueber mechanische, thermische und chemische Nervenreizung.

Fast die Gesamtheit der bisherigen Erfahrungen über künstliche Erregung irritabler Gebilde, insbesondere der Muskeln und Nerven wurde bei Anwendung der Elektrizität als Reizmittel gewonnen.

Obsehon nun einerseits zugegeben werden muss, dass die Vortheile dieser Methode außerordentlich groß sind, indem außer der Elektrizität kaum ein anderes uns zu Gebote stehendes Reizmittel eine genügend feine und messbare Abstufung der Intensität zulässt und zugleich so geringe und flüchtige Nachwirkungen zur Folge hat, so macht sich doch andererseits in vielen Fällen das Bedürfniss geltend, die auf dem einen Wege gewonnenen Ergebnisse durch Anwendung andersartiger Reizmittel zum mindesten zu controliren, ja gewisse Fragen der allgemeinen Muskel- und Nervenphysiologie lassen überhaupt eine wahre Entscheidung nur unter Ausschluss der elektrischen Reizmethode zu. Leider ist jedoch die Methodik der chemischen, thermischen und mechanischen Reizung, über welche die Physiologie derzeit verfügt, eine immer noch sehr unvollkommene und erst in jüngster Zeit wurde von Tigerstedt (Studien über meehan. Nervenreizung. Acta Soc. scient. Fennicae, Tom. XI, Helsingfors 1880) und Hällstén (Arch. f. Anat. und Physiol. 1881) der Versuch gemacht, die mechanische Nervenreizung für exakte Untersuchungen verwertbar zu gestalten.

Demgemäß sind auch die allgemeinen Resultate, zu denen die Anwendung der genannten drei Reizmethoden bisher geführt hat und über welche im Folgenden berichtet werden soll, verhältnissmäßig gering im Vergleich zu den mittels der elektrischen Reizung gewonnenen Ergebnissen.

Was zunächst die mechanische Reizung anlangt, so ist es eine seit alter Zeit bekannte Tatsache, dass ein Nerv durch die verschiedenartigsten hieher gehörigen Eingriffe (Durchschneiden, rasch zunehmenden Druck, Zerquetzen etc.) in den Zustand mehr oder

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1881-1882

Band/Volume: [1](#)

Autor(en)/Author(s): Exner Siegmund Ritter von Ewarten

Artikel/Article: [Die Frage von der Funktionsweise der Facettenaugen  
272-281](#)