

setzen sich nicht auf den Fichtennadeln fest, sondern fliegen auf andere Koniferen hinüber und zwar auf die Lärche, die Weißtanne und die Zeder, wo sie sich auf den Nadeln niederlassen. Es ist sehr wohl möglich, dass die Nadeln der Fichte zu der betreffenden Zeit für die zarten Emigranten nicht die passende Nahrung abgeben. Wir haben sogar gesehen, dass sich die Larven von *Chermes strobilobius*, welche auf die Außenseite der Gallen geraten, nicht vollständig entwickeln können; auf die Nadeln gehen diese Läuse überhaupt nicht über. Allein die gegen Ende des Frühjahres auf die Fichte zurückkehrenden geflügelten *Chermes*-Sexuparen saugen auf den Fichtennadeln, ebenso wie die aus ihnen hervorgehenden geschlechtlichen Individuen. Die sich im Anfang August auf den Fichtennadeln entwickelnden Larven der Fundatrices von *Chermes abietis* und *Ch. lapponicus* dagegen saugen hier augenscheinlich nicht, da dieselben später, ohne sich zu häuten, auf den Knospen der Fichte überwintern.

Druckfehlerberichtigung. Von der ersten Hälfte dieses Artikels (Nr. 19) sind folgende Fehler zu berichtigen:

Auf S. 631 Z. 19 v. o. lies: *campestre* statt *compestre*; S. 632 Z. 7 v. o. lies: Boyer de Fonse statt Boy de Fouse; S. 633 Z. 3 v. u. lies: 4) Kessler, H., Ibid.; S. 634 Z. 30 v. o. lies: *lanigera* statt *lonigera* und Z. 38 Fouse, statt Fouse. — S. 635 ist für die Anmerkung 11) Ibid. folgendes zu lesen:

11) Nüsslin, O. Über eine Weißtannentrieblaus (*Mindarus abietinus* Koch). Allg. Forst- und Jagdzeitung. Juniheft 1899. — Über das Auftreten der Weißtannentrieblaus (*M. abietinus* Koch) im Badischen Schwarzwalde während des Sommers 1903. Ibid. Januarheft 1904 — Zur Biologie der Schizoneuridengattung *Mindarus* Koch. Biol. Centralbl. Bd. XX, 1900, pp. 479—485. — Cholodkovsky, N. Aphidologische Mitteilungen. 9. Zur Kenntnis der auf Nadelhölzern lebenden Schizoneurinen. Zool. Anz. Bd. XXII, 1899, pp. 473—474. — 17. Zur Geschichte der *Schizoneura obliqua* in Ibid. Bd. XXIV, 1901, p. 296.

Auf S. 636 Z. 26 v. o. ist zu lesen: Ulme, Esche, Geißblatt; auf Z. 8 v. u.: Ein statt Fin und auf Z. 4 v. u.: Sträuchern statt Büschen; S. 638 Z. 7 lies: Hieraus statt Hieranf; Z. 21 ist statt sind; Z. 29 *bambiforus* statt *bombiformis*.

Studien über die Pigmentverschiebung im Facettenauge.

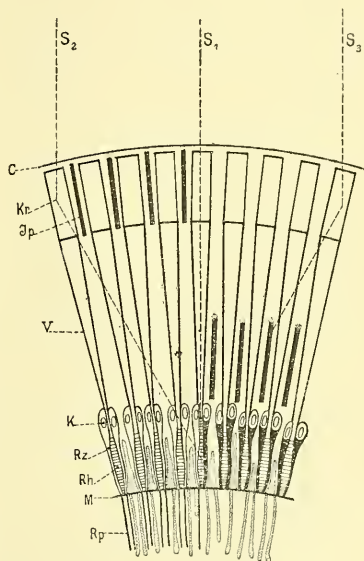
Von Karl v. Frisch.

(Aus dem Physiologischen Institut der Wiener Universität.)

Die im folgenden mitgeteilten Versuche führten keineswegs zu klaren Resultaten. Wenn diese dennoch veröffentlicht werden, geschieht es, weil in diesem Falle auch die negativen und oft unverständlichen Ergebnisse nicht uninteressant scheinen und vielleicht zu weiteren Untersuchungen anregen.

Fast alle Facettenaugen enthalten bekanntlich zwei meist deutlich voneinander geschiedene Lagen eines schwarzen Pigmentes und außerdem eine stark lichtreflektierende Substanz, ein „Tapetum“.

Dieses wird bei Insekten von den feinen Verästelungen der ins Auge eindringenden, natürlich mit Luft erfüllten Tracheenzweige, bei Krebsen von einer körnigen, in eigenen Zellen eingeschlossenen Masse gebildet. Für jene Tiere, welche ihre Augen bei sehr verschiedenen Helligkeitsgraden gebrauchen, also namentlich für die Nachttiere, besteht die Notwendigkeit, die Menge des Lichtes, das zum perzipierenden Teil des Auges gelangt, zu regulieren. Dies geschieht dadurch, dass die Pigmente ihre Lage je nach der Helligkeit zweckmäßig ändern. Das gilt vielleicht auch für das Pigmentepithel der Retina im Wirbeltierauge. Doch während dieses außerdem in der Veränderlichkeit der Pupillenweite eine wichtige Einrichtung zum Abblenden überschüssigen Lichtes besitzt, ist im Facettenauge die Iris funktionell durch Pigmentzellen ersetzt und die Verschiebungen sind gegenüber dem Wirbeltierauge dementsprechend komplizierter. Ich möchte zunächst das Wesen dieser Pigmentverschiebung kurz auseinandersetzen¹⁾. Als Beispiel nehme ich die Crevette (*Palaeomon*), da sich auf sie die meisten meiner Versuche beziehen. Die Augen dieses Tieres zeigen nämlich die eben erwähnten Veränderungen in sehr ausgesprochenem Maße, sind auch aus anderen Gründen für solche Untersuchungen geeignet und verhältnismäßig leicht zu beschaffen.



Die nebenstehende schematische Zeichnung stellt einen Teil eines Schnittes durch ein *Palaemon*-Auge vor. *C* ist die Cornea, *M* die Membrana fenestrata, welche das eigentliche Auge gegen das Augenganglion abgrenzt und mit zahlreichen Lücken zum Durchtritt der Nerven etc. versehen ist. Die Sehnervenfasern verlaufen vor ihrer Endigung in den Retinulazellen (*Rx*). Je sieben von diesen (im Schema nur zwei) schließen das Rhabdom (*Rh*, quergestreift gezeichnet), den lichtperzipierenden Teil des Ommatidiums, ein. An ihrem distalen Ende enthalten sie in einer Anschwellung

1) Genauer s. bei S. Exner, „Die Physiologie der facettierten Augen von Krebsen und Insekten.“ Wien 1891. Vgl. auch M. Stefanowska: La disposition histologique du pigment dans les yeux des arthropodes sous l'influence de la lumière. Recueil zoologique Suisse, T. V, 1890 und W. Szczawinska. Contribution à l'étude des yeux de quelques crustacés. Dissertation de Genève, 1891.

ihren Kern (K). Zwischen Cornea und Rhabdom liegt der Kristallkegel. Wenn ich im folgenden vom Kristallkegel rede, meine ich nur seinen vorderen Teil (Kr), welcher hauptsächlich als lichtbrechendes Medium in Betracht kommt (er wirkt als Linsenzylinder), während seine Fortsetzung, welche ihn mit dem Rhabdom verbindet (im folgenden: Verbindungsstück, V) den gleichen Brechungsindex wie die Umgebung hat. Im Dunkelauge, d. h. im Auge eines längere Zeit dunkel gehaltenen Tieres (links im Schema) liegt nun das „Irispigment“ (I_p) zwischen den Kristallkegeln, unmittelbar hinter der Cornea, während die Verbindungsstücke pigmentfrei sind. Distal lagert dem Irispigment eine kleine Menge Tapetum auf, das „Iristapetum“. Hinter der Membrana fenestrata befindet sich die zweite Pigmentlage, das „Retinapigment“ (R_p). Eine dichte Lage von Tapetum umhüllt die proximalen Enden der Rhabdome, von ihnen durch die Retinulazellen getrennt, und sendet Fortsätze nach vorn, die bis zur Schicht der Retinulazellkerne reichen können, und nach hinten durch die Lücken der Membrana fenestrata und das Retinapigment hindurch. (Das Tapetum erscheint in auffallendem Licht glänzend, in durchfallendem schwarz, an dünnen Schnitten gelb. Es ist im Schema punktiert gezeichnet.)

Ist das Tier aber hellen Tageslicht ausgesetzt, so umhüllt das Irispigment die hinteren Teile der Verbindungsstücke (rechte Hälfte des Schemas), während die Kristallkegel vom Pigment entblößt sind. Das Iristapetum macht alle Verschiebungen des Irispigments mit. Das Retinapigment ist in den Retinulazellen durch die Membrana fenestrata nach vorn gewandert und seine Hauptmasse liegt nun vor den Rhabdomen und reicht bis zu den Kernen der Retinulazellen. Die distalen Fortsätze des Tapetums sind meist zurückgezogen.

In doppelter Weise ist durch diese Veränderung das Auge vor einem Übermaß von Licht geschützt: 1. Während im Dunkelauge ein Lichtstrahl, der ein Rhabdom durchsetzt hat, von der Tapetumhülle reflektiert wird und seinen Weg in umgekehrter Richtung noch einmal zurücklegt, wodurch die Erregung, die er bewirkt, verdoppelt wird, werden im Lichtauge die Strahlen durch das von hinten zwischen Rhabdom und Tapetum eingewanderte Retinapigment absorbiert. 2. Denken wir uns in einiger Entfernung vor dem Auge einen Punkt, von dem die Strahlen S ins Auge gelangen. Befindet sich das Irispigment in Dunkelstellung, so werden nicht nur Strahlen, welche auf ein Ommatidium in der Richtung seiner Achse treffen (S_1), zur Perzeption gelangen, sondern auch die (von demselben Punkt ausgehenden) Strahlen, welche die benachbarten Ommatidien treffen und durch deren Kristallkegel in ihrer Richtung entsprechend abgelenkt werden (z. B. S_2). Bei Lichtstellung des Pigments werden solche Strahlen,

wie aus der Zeichnung ersichtlich ist, vom Irispigment abgefangen (S_3).

Durch meine Versuche hoffte ich nun zu finden, auf welche Weise das Licht diese Veränderungen bewirkt und ob sie nur durch Licht, oder auch durch andere Reize hervorgerufen werden können. Bevor ich darauf eingehe, will ich meine Erfahrungen über den zeitlichen Verlauf der Pigmentverschiebung mitteilen.

Man kann sich über die Lage des Pigmentes im Auge auf zweierlei Art unterrichten: Durch Anfertigung von Schnittpreparaten²⁾ und durch Untersuchung mit dem Augenspiegel. Man wird je nach den Umständen beide Methoden anwenden, da jede ihre Vorteile hat: Die erste gibt genauere Resultate, die zweite kann am lebenden Tier, ohne dass es zu Schaden kommt, angewendet werden. Betrachtet man mit dem Augenspiegel (also in der Richtung des einfallenden Lichtes) ein Lichtauge, d. h. ein Auge, dessen Pigment sich in Lichtstellung befindet, so sieht man an der zugewendeten Seite desselben einen schwarzen Fleck („Pseudopupille“), der bei Drehung des Auges so wandert, dass er stets dem Beobachter zugekehrt bleibt. Die Erscheinung erklärt sich dadurch, dass die ein Lichtauge treffenden Strahlen, wenn sie nicht zu schräge auffallen (denn dann werden sie größtenteils vom Iristapetum zurückgeworfen) vom Pigment absorbiert werden. Im Dunkelauge aber werden sie vom Retinatapetum reflektiert und gehen denselben Weg zurück, den sie gekommen. Im Dunkelauge erscheint daher bei der Augenspiegeluntersuchung die Pseudopupille leuchtend.

Der Übergang von der Dunkelstellung zur Lichtstellung erfolgt, wie schon bekannt ist, schneller, als der Übergang von Licht- zur Dunkelstellung. In bezug auf die erforderliche Zeit herrschen die größten Verschiedenheiten. Meine Versuche mussten sich auf *Palaemon*, einige Hummern und mehrere Spingiden, nämlich *Deilephila euphorbiae* L. (Wolfsmilchschwärmer), *Chaerocampa elpenor* L. und *Ch. porcellus* L. (Weinschwärmer) beschränken. Bei diesen letzteren schwindet das Leuchten, wenn man sie aus dem Dunkeln ans diffuse Tageslicht bringt, binnen 1—3 Minuten vollständig. Setzt man sie jetzt wieder dunkel, so dauert es eine Stunde oder länger (es gibt da individuelle Verschiedenheiten), bis die ganze Pseudopupille wieder leuchtend geworden ist (das Leuchten wird zuerst in ihrem Zentrum sichtbar, während der Rand noch schwarz ist). Ein mehrere Stunden dunkel gehaltener und dann ans diffuse Tageslicht gebrachter *Palaemon* verliert das Leuchten meist binnen $\frac{1}{2}$ Stunde, also viel weniger rasch als der Schmetterling. (Die Intensität

2) Als Fixierungsflüssigkeit ist für Krebsaugen Pikrinsäuresublimat zu empfehlen; die Augen bleiben darin, bis sie entkalkt sind. Dann Härtung in steigendem Alkohol (Jodzusatz zur Entfernung des Sublimats), Einbettung in Celloidin.

des Lichtes scheint, nebenbei bemerkt, auf die Geschwindigkeit, mit der sich die Reaktion vollzieht, keinen so großen Einfluss zu haben, wie man denken sollte.) Die Augen eines dunkel gesetzten Tagtieres brauchen zum Übergang zu extremer Dunkelstellung ungefähr $\frac{5}{4}$ — $1\frac{1}{2}$ Stunden. Um eine etwas genauere Vorstellung von dem Verlauf der Verschiebung zu bekommen, habe ich eine Anzahl Palaemones, die $1\frac{1}{2}$ Stunden im Dunkeln gehalten waren, gleichzeitig ans diffuse Tageslicht gebracht, in bestimmten Intervallen getötet, ihre Augen fixiert und geschnitten. Während sich das Pigment der Augen eines nach 5 Minuten dauernder Belichtung getöteten Tieres noch in vollkommener Dunkelstellung befindet, ist nach 15 Minuten das Retinapigment deutlich nach vorn gerückt und hat seine Verschiebung nach 25 Minuten der Hauptmasse nach beendet. Dementsprechend ist das Leuchten erst schwächer geworden und dann allmählich geschwunden. Viel träger ist das Irispigment, das nach 15 Minuten noch etwa bis zur Mitte der Kristallkegel reicht und nach hinten so weit über sie hinausragt, als es von der Cornea zurückgewichen ist und erst nach 45 Minuten zum größten Teil hinter den Kristallkegeln liegt, womit es noch lange nicht die extreme Tagstellung einnimmt. Ein analoger Versuch an dunkel gesetzten Tagtieren zeigte, wie das Irispigment binnen einer Stunde vollständig zwischen die Kristallkegel hineintrückte. Vom Retinapigment lag nach 65 Minuten noch ein wenig vor den Rhabdomen, nach 75 Minuten nichts mehr.

Die Tiere müssen natürlich, da die Pigmentverschiebungen von ihrem Gesundheitszustand abhängig sind, gut gehalten werden, vor allem ist die Durchlüftung des Aquarium nicht zu vernachlässigen³⁾.

Um zu sehen, welche Art von Lichtstrahlen für die Pigmentverschiebung am günstigsten sei, habe ich an *Deilephila* ein paar Versuche gemacht, bei denen Dunkelaugen von diesen Tieren in verschiedene Teile eines Spektrums gelegt wurden. Als Lichtquelle diente eine Bogenlampe, das Spektrum wurde durch ein Schwefelkohlenstoffprisma erzeugt und durch einen schrägen Spiegel in vertikaler Richtung auf den Tisch geworfen. Von Zeit zu Zeit wurden die Augen aus dem Spektrum genommen und bei Kerzenlicht mit dem Augenspiegel betrachtet. Ich habe sie auch nach einer bestimmten Dauer der Belichtung fixiert, doch merkte ich zu spät, dass die angewandte Fixierungsflüssigkeit (Pikrinsäuresublimat) für diese Objekte unbrauchbar ist. Nach einigen Vorversuchen, welche ich wegen ihrer Unvollkommenheit nicht mitteile, die aber in der Hauptsache mit den anderen Versuchen übereinstimmten, erwies

3) Kiesel („Untersuchungen zur Physiologie des facettierten Auges,“ Wien 1894) beobachtete an zwei Nachtschmetterlingen, die er $1\frac{1}{2}$ und 3 Wochen im Dunkeln hielt, trotz der kontinuierlichen Dunkelheit ein periodisches Schwinden des Leuchtens, das er für eine Begleiterscheinung des Schlafes hält.

sich folgende Anordnung als praktisch: Nachdem die Schmetterlinge genügend lang im Dunkeln gesessen, werden ihnen bei möglichst schwacher Beleuchtung die Augen abgekappt (abgekappte Dunkelaugen von *Deilephila* und *Chaerocampa* behalten im Dunkeln stundenlang das Leuchten und verlieren es am Licht ebenso rasch wie am unverletzten Tier) und auf einer Torfplatte, welche an den richtigen Stellen mit passenden Vertiefungen versehen ist, in das Spektrum gelegt. Knapp über den Augen ist eine mit Paraffinpapier überzogene Glasplatte befestigt, durch welche das Licht zerstreut und so das Netzhautbild vergrößert wird.

Zum ersten so angestellten Versuch dienten fünf Wolfsmilchschwärmer. Es kamen je zwei Augen nebeneinander in denselben Teil des Spektrums, jedoch, um nicht durch individuelle Verschiedenheiten getäuscht zu werden, nie zwei Augen desselben Tieres. Von diesen fünf Augenpaaren kam je eines in Rot, Gelb, Grünblau, Blauviolett und Violett. Nachdem sie 7 Minuten so bestrahlt waren, wurden sie mit dem Augenspiegel angesehen: Die sechs in rotem, gelbem und grünblauem Licht gelegenen Augen leuchteten unverändert, die vier in blauviolettem und violettem Licht aber viel schwächer.

Zu einem zweiten Versuch wurden drei Individuen verwendet. Es kam je ein Auge ins äußerste Rot, Rot, Gelb, Grünblau, Blauviolett, Violett. Nach 5 Minuten betrachtet, zeigten sich wieder die ersten vier unverändert leuchtend, die im Blauviolett und im Violett gelegenen Augen dagegen schwach leuchtend. Nun wurden alle in unveränderter Lage ins Spektrum zurückgebracht und nach weiteren 5 Minuten wieder angesehen: Die violett bestrahlten Augen hatten das Aussehen von Lichtaugen, die übrigen waren noch unverändert. An ihnen schwand das Leuchten bei fortgesetzter Bestrahlung im Lauf der nächsten halben Stunde; die Details über den zeitlichen Verlauf anzuführen, halte ich für überflüssig.

Beim dritten Versuch hatte ich wieder drei Schmetterlinge, von deren sechs Augen zwei in verschiedene Teile des Rot, eines in Gelb, eines in Grün, eines in Blau und eines in Violett gelegt wurden. Schon 3 Minuten nach dem Beginn der Bestrahlung war mit dem Augenspiegel zu sehen, dass das blau und das violett bestrahlte Auge schwächer leuchteten als die anderen vier, die noch vollkommene Dunkelaugen waren. Nach weiteren 2 Minuten Bestrahlung war auf dem Violettauge das Leuchten fast vollständig geschwunden; bei den anderen schwand es während der nächsten halben Stunde.

Es wird also bei *Deilephila* der Übergang vom Dunkelauge zum Lichtauge durch die kurzwelligen Strahlen des Spektrums am raschesten herbeigeführt. Leider konnte ich diese Versuche wegen Mangels an Material nicht fortsetzen.

Versuche mit elektrischer Reizung.

Durch Licht erregbare Pigmentzellen sind im Tierreich sehr verbreitet. Ich brauche nur an den durch Gestaltänderung der Pigmentzellen⁴⁾ bedingten Farbenwechsel zu erinnern, den Chamäleonen, Fische, Frösche bei Wechsel der Beleuchtung zeigen. In diesen Fällen gibt es außer Licht noch andere wirksame Reizmittel: Das Pigment reagiert auf thermische, chemische, elektrische Reize etc. Gegen solche ist das Pigment im Facettenauge merkwürdig stumpf. Die Chromatophoren in der Haut der oben genannten Tiere stehen unter dem Einfluss des Nervensystems. Es gehen z. B. expandierte Melanophoren der Froshaut, wenn man die zugehörigen Nerven elektrisch reizt, in den Zustand der Pigmentballung über; durchschneidet man die Nerven, so tritt Pigmentexpansion ein, wenn nicht andere Reize stören. Die Xantholeukophoren verhalten sich gerade entgegengesetzt. Man spricht in solchen Fällen von einer Reizstellung und einer Ruhestellung der Pigmentzellen. Nach Engelmann⁵⁾ ist beim Netzhautpigment des Froschauges die Reizstellung gleich der Lichtstellung: „In Strychnintetanus versetzte Dunkelfrösche, im Dunkeln getötet, zeigten völlig entwickelte Lichtstellung der Zapfen wie des Pigmentes. Gleichen Erfolg hatte Tetanisieren der Augen von Dunkelfröschen in vivo oder unmittelbar nach der Exstirpation im Dunkelmzimmer mit abwechselnd gerichteten Induktionsschlägen mäßiger Dichte.“

Der Versuch, für die Pigmente im Facettenauge die Reizstellung zu finden, führte zu dem merkwürdigen Ergebnis, dass sie durch elektrische Reize nicht beeinflusst werden.

Die Experimente wurden mit einem Schlitteninduktorium und

4) Man nimmt jetzt wohl allgemein an, dass bei der scheinbaren Kontraktion einer Pigmentzelle diese selbst ihre Gestalt behält und das Pigment in ihr seine Lage ändert. Für die Irispigmentzellen der Krebse scheint dies zunächst nicht einleuchtend, wenn man bedenkt, dass das Pigment bei dem Übergang von der Dunkel- zur Lichtstellung um das drei- bis vierfache ihrer Länge nach hinten rückt und dabei die scharfe vordere und hintere Begrenzung behält. Dazu kommt, dass auch die Kerne der Zellen dabei die Lage ändern. Ich habe an Schnitten von Dunkel-, Licht- und Übergangsaugen von *Palaemon* das Pigment durch nascierendes Chlor (Kaliumchlorat + Salzsäure in Alkohol) entfernt, dann die Schnitte gefärbt und durch Vergleich mit entsprechenden nicht entpigmentierten Schnitten mich überzeugt, dass die Kerne der Irispigmentzellen jede Verschiebung des Pigmentes mitmachen. Dennoch kommt es mir wahrscheinlicher vor, dass die äußere, vielleicht festere Hülle der Zellen ihre Lage behält und sich in ihr die Hauptmasse des Protoplasmas mit den eingeschlossenen Körnchen bewegt, wobei der Zellkern mitgenommen wird. Denn man sieht, wenn man die Präparate genauer betrachtet, häufig zwischen den Kristallkegeln und ihren Verbindungsstücken mit den Rhabdomen Reihen zurückgebliebener Pigmentkörnchen (dass diese nicht beim Schneiden durchs Messer verschleppt worden sind, erkennt man an Schrägschnitten.)

5) Arch. f. d. gesamte Physiologie 35, 1885.

Nähnadelektroden⁶⁾ an *Palaeon*, Hummern und SpRINGIDEN ausgeführt.

a) *Palaeon*. Meine Versuche sind an abgeschnittenen Augen, an sagittal halbierten und (meist) an lebenden Tieren gemacht. In letzterem Fall wurde gewöhnlich eine Elektrode in den Thorax, die andere ins Auge eingestochen, in einzelnen Fällen nur an dasselbe angelegt. Es wurde mit schwachen, mittelstarken und starken Strömen kurze Zeit oder minutenlang, oft in längeren Pausen gereizt. Da an Dunkelaugen nicht ganz ohne Licht gearbeitet werden konnte, pflegte das Leuchten, wenn der Versuch lange genug dauerte, schwächer zu werden oder ganz zu schwinden; das geschah stets an dem gereizten und nicht gereizten Auge ganz gleichzeitig, auch wenn das Tier vorher sagittal halbiert worden war. Nach den Versuchen habe ich in elf Fällen die Augen geschnitten (wobei viermal dem Tier das eine Auge abgeschnitten worden war, bevor das andere gereizt wurde) und keinen Unterschied zwischen den Pigmentstellungen der gereizten und der nicht gereizten Augen gefunden.

Lichtaugen waren weder durch schwache noch durch starke Ströme in Dunkelstellung zu bringen. Es wurde mit dem Augenspiegel geprüft und in drei Fällen habe ich die Augen geschnitten.

b) *Homarus*. An größeren Krebsen lässt sich natürlich viel bequemer experimentieren. Bei den folgenden vier an Hummern angestellten Versuchen wurde eine Elektrode am Ursprung des Augenstiels (im unverkalkten Gelenk), die andere distal vom Kalkstiel am Rande der Cornea eingestochen und mit schwachen, allmählich gesteigerten Strömen gereizt.

Der erste Versuch wurde an einem großen Tier gemacht, das schon matt war und dessen Augen, obwohl es einige Stunden dunkel gehalten war, nicht leuchteten. Es trat auch nach längerem Reizen des einen Auges kein Leuchten auf. Die nachträgliche mikroskopische Untersuchung zeigte gar keinen Unterschied in der Pigmentstellung zwischen dem gereizten und nicht gereizten Auge. In den übrigen drei Fällen handelte es sich um ungefähr 20—30 cm lange Tiere: Ein aus dem Dunkeln ans Licht gebrachter Hummer wurde in der schon angegebenen Weise gereizt, als das Leuchten soeben geschwunden war. Es wurde durch die Reizung nicht wieder hervorgerufen. Die zwei anderen Versuche beziehen sich auf Dunkeltiere, deren Augen prachtvoll leuchteten: Das einmal wurden beide Augen des Tieres nacheinander gereizt; es war mit dem Augenspiegel eine Wirkung weder am ganzen Auge, noch an der Stelle des Einstichs zu sehen. Da bei dem Versuch eine Lampe brannte,

6) Als Elektrode, welche ins Auge eingestochen wird, eignet sich noch besser eine feine Insektennadel.

schwand das Leuchten, und zwar in derselben Zeit, in der es auch sonst bei gleicher Beleuchtung zu schwinden pflegte (binnen 15—20 Minuten). Da die Augen nicht zerstört waren und am nächsten Tag nach einigen Stunden Dunkelhaft wieder prachtvoll leuchteten, konnte dasselbe Tier noch einmal benützt werden: Es wurde ein Auge ungefähr 20 Minuten lang in Pausen gereizt, bis das Leuchten vergangen war. Es schwand am gereizten und am nicht gereizten Auge gleichzeitig.

c) *Deilephila euphorbiae*, *Chaerocampa elpenor*. Es wurde entweder von zwei nebeneinander aufgesteckten Schmetterlingen der eine tetanisiert und seine Augen mit dem des anderen verglichen, oder es wurde einem Tier der Kopf sagittal durchschnitten und die eine Hälfte nach Einstich der Elektroden am Rande des Auges oder von hinten aus mittels Platindrahtelektroden gereizt. Einen Teil der Augen habe ich dann fixiert, über diese kann ich aus dem bereits angegebenen Grunde nichts sagen. Den Augenspiegelbefund habe ich bei sechs Versuchen an Dunkeltieren und fünf an Lichttieren verzeichnet: Gereizte Dunkelaugen hörten nicht zu leuchten auf, Lichtaugen wurden nicht leuchtend.

Chemische Reize.

Ebensowenig führten Versuche, bei denen *Palaemon*-Augen der Wirkung von Säuren ausgesetzt wurden, zu einem positiven Ergebnis. Es wurde so verfahren, dass Dunkeltieren die leuchtenden Augen knapp am Körper abgeschnitten wurden und je eines in ein Schälchen mit der Säure (meist Salzsäure), das andere zum Vergleich in Meerwasser oder auf Kork in eine mit feuchtem Filtrierpapier ausgelegte Deckeldose („feuchte Kammer“) gelegt wurde. So wurden sie wieder dunkel gestellt und nach bestimmten Zeiten mit dem Augenspiegel untersucht. Da das Pigment in abgeschnittenen Dunkelaugen von *Palaemon*, auch wenn man alles Licht von ihnen fernhält, ca. binnen 1 Stunde in eine Mittelstellung, die sich aber mehr der Lichtstellung nähert, übergeht und somit das Leuchten schwindet, konnte es sich nur darum handeln, ob dies durch die Einwirkung der Säure beschleunigt (oder gehemmt) wird. Das war nicht der Fall.

Von sechs Tieren kam je ein Auge in eine feuchte Kammer, das andere in Salzsäure 2⁰/₁₀₀⁷⁾, 6⁰/₁₀₀, 15⁰/₁₀₀ (zwei Augen) und Salpetersäure 2⁰/₁₀₀ und 5⁰/₁₀₀. Von sechs anderen Tieren wurde je ein Auge in Meerwasser gegeben, dem Salzsäure zugefügt war, die Vergleichsaugen lagen auch in Meerwasser. Die Salzsäure wurde mit dem Meerwasser auf 2⁰/₁₀₀, 5⁰/₁₀₀ und 10⁰/₁₀₀ verdünnt. In allen

7) Volumprozent der konz. wässerigen Lösung.

diesen Fällen schwand das Leuchten an den der Säure ausgesetzten Augen in derselben Zeit wie bei den zugehörigen Vergleichsaugen.

Sauerstoffmangel scheint für die Pigmentverschiebung nicht von Belang zu sein. Ein Dunkel-*Palaemon* wurde in einem kleinen, verschlossenen, mit Meerwasser gefüllten Gefäß 1 Stunde dunkel gehalten und dann, als das Wasser schon an Sauerstoff verarmt war (nach 3 Stunden waren die Tiere meist tot) samt dem Gefäß ans diffuse Licht gebracht. Nach 1 Stunde war, wie die Augenspiegeluntersuchung zeigte, das Pigment in die Lichtstellung übergegangen. Bei einem anderen *Palaemon*, der, bevor er ans Licht gebracht wurde, 2 Stunden in dem kleinen Gefäß dunkel saß, schwand das Leuchten binnen 1 Stunde nicht vollkommen (allerdings dämmerte es schon stark) und Schnittpräparate durch die nach Ablauf der Stunde fixierten Augen zeigten die Pigmente in Übergangstellung.

Die Augen zweier Dunkeltiere, die im Dunkeln erstickten, habe ich geschnitten und die Pigmente in Dunkelstellung gefunden. Die Augen eines am Licht erstickten Tagtieres blieben Lichtaugen.

Strahlende Wärme. Um zu sehen, ob das Pigment für Wärmestrahlen empfindlich ist, habe ich einen beruhten Kochkolben mit heißem Wasser gefüllt und im Dunkelmzimmer ein abgekapptes Lichtauge und zwei Dunkelaugen von *Deilephila* sowie ein Auge eines genadelten, lebenden Dunkeltieres nahe an den Kochkolben gebracht und nach 5 Minuten wieder mit dem Augenspiegel angesehen, es war an keinem Auge eine Änderung eingetreten.

Ich möchte nicht unerwähnt lassen, dass die Köpfe von vier lebenden Dunkeltieren von *Deilephila euphorbiae* $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ Stunden im Dunkeln mit Radium bestrahlt wurden, ohne dass sich eine Wirkung auf das Augenpigment zeigte; und ebenso hatte eine $\frac{1}{2}$ stündige Bestrahlung der Köpfe zweier lebender Dunkeltiere von *Chaerocampa elpenor* mit Röntgenstrahlen⁸⁾ keinen Einfluss auf das Augenleuchten.

(Schluss folgt.)

Aug. Garcke's Illustrierte Flora von Deutschland.

20. Aufl. herausgegeben von Fr. Niedenzer. Paul Parey, Berlin 1908.

Die neue Auflage dieser äußerlich im alten Gewande erscheinenden Exkursionsflora hat durch den neuen Herausgeber einige wesentliche, zeitgemäße Aenderungen erfahren. Die Anordnung der Gattungen ist nun nach Engler's und Prant's Natürlichen Pflanzenfamilien statt nach de Candolle's System erfolgt und die tabel-

8) Weiche Röhre, Entfernung ca. 20 cm; Brust und Hinterleib mit Blei abgedeckt.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1908

Band/Volume: [28](#)

Autor(en)/Author(s): Frisch Karl von

Artikel/Article: [Studien u^lber die Pigmentverschiebung im Facettenauge.
662-671](#)