

Biologisches Centralblatt

unter Mitwirkung von

Dr. M. Reess und **Dr. E. Selenka**

Prof. in Erlangen

Prof. in München

herausgegeben von

Dr. J. Rosenthal

Prof. der Physiologie in Erlangen.

24 Nummern von je 2—4 Bogen bilden einen Band. Preis des Bandes 20 Mark.
Zu beziehen durch alle Buchhandlungen und Postanstalten.

XVI. Band.

15. Januar 1896.

Nr. 2.

Inhalt: **Simroth**, Ueber die einfachen Farben im Tierreich. — **Nagel**, Ueber eiweißverdauenden Speichel bei Insektenlarven. — **Beer**, Die Accommodation des Fischauges. — **Beer**, Studien über die Accommodation des Vogelauges. — **Zacharias**, Ueber die natürliche Nahrung der jungen Wildfische in Binnenseen. — **Haeckel**, Systematische Phylogenie der Protisten und Pflanzen. — **Aus den Verhandlungen gelehrter Gesellschaften**: Niederrheinische Gesellschaft für Natur- und Heilkunde zu Bonn.

Ueber die einfachen Farben im Tierreich.

Antrittsvorlesung, am 28. Oktober 1895 gehalten,

von Prof. Dr. **Heinrich Simroth** in Leipzig.

Wer von Farben reden will, muss wohl vom Licht ausgehen.

Die allgemeinsten Beziehungen der Organismen unter einander und zur anorganischen Natur werden vermittelt durch das Licht. Das Auge wird immer unser vornehmstes Sinneswerkzeug bleiben, weil es uns über die Welt den weitesten Aufschluss gibt. So oft auch im Tierreich die unmittelbaren praktischen Bedürfnisse des Nahrungserwerbes und des Geschlechtslebens den Geruchswahrnehmungen etwa ein Uebergewicht über das Gesicht verschafft zu haben scheinen, immer bleibt doch der Geruch in bestimmten Organen lokalisiert, die allein auf andringende Gase reagieren, während, selbst im Falle völligen Augenmangels, ursprünglichen oder erworbenen, doch die ganze Haut noch über und über den Einfluss des Lichtes bezeugt in ihrem Farbenkleide, sei es auch bis zur Negation der beiden Faktoren, des Lichtes und der Farbe, bei farblos gewordenen Höhlentieren.

So wenig man sich diesem mächtigen Eindruck entziehen kann, so schwierig ist der Nachweis im Einzelnen. Gerade auf der höchsten Staffel wird man am meisten schwankend, und man ist wohl längst davon zurückgekommen, die Hautfarbe der verschiedenen Menschen-

lassen als eine unmittelbare Wirkung des Lichtes zu betrachten. Oder um ein Beispiel von den Wirbellosen zu entlehnen, unsere größte Nacktschnecke, *Limax maximus*, in der Jugend rot, später in unserem Vaterlande mannigfach aus weiß, grau, braun und schwarz gesprenkelt und gefleckt, sie wird in der frischen Luft unserer Berge durchweg schwarz, bis auf die regenreichsten Distrikte z. B. des Erzgebirges, wo zwischen den schwarzen vereinzelt und völlig unvermittelt rein weiße auftreten, ohne jede Spur von Pigment in der Haut, mit Ausnahme der Augen. In diesen Fällen handelt es sich um innere, konstitutionelle Ursachen, die an Farbstoffe des Blutes und vielleicht der Leber anknüpfen, nicht aber unmittelbar auf das Licht zu beziehen sind.

Und nun jenes Heer von Thatsachen, welches man wohl unter den Bezeichnungen der Schutzfärbung und Mimicry zusammenfasst. Man könnte noch etwa daran denken, für die einfacheren Fälle eines gleichmäßigeren Kolorits einen einfachen Zusammenhang anzunehmen und zu behaupten, dass der grüne Laubfrosch, grüne Raupen, grüne Heuschrecken auf grünen Blättern, graubraune Kröten und Gryllen auf erdigem Grund, noch mehr die sandfarbigen Wüstentiere auf der breiten Sandfläche, rosenrote Schnecken und Würmer auf roten Florideenwiesen der tiefern Litoralregion u. dergl. m. ihr Kleid durch die direkte Beeinflussung der von der nächsten Umgebung reflektierten Lichtstrahlen erworben hätten. Möglich, dass hier und da auch ein derartiger Kausalnexus vorhanden ist. Der Erklärungsversuch versagt sofort, wenn wir ein komplizierteres Beispiel echter Mimicry heranziehen. Wenn da das eine Tier das aus vielen Farben und Abstufungen gemischte Kleid eines andern nachahmt bis in alle Einzelheiten der Zeichnung, der grelleren Flecke, der zartesten Abtönungen hinein, dann erscheint es direkt unmöglich, die Einzelreize und Auslösungen durch das zusammengesetzte Sonnenlicht übertragen und aus demselben sich sondern zu lassen. Hier bleibt zunächst nichts anderes übrig, als mit dem Darwinismus auch in Bezug auf die Färbung eine freie Variabilität der Organismen anzunehmen und der natürlichen Auslese im Kampf ums Dasein die Erhaltung und Festigung des Brauchbarsten zu überlassen. Die Ursachen der Variabilität und deren Gesetzmäßigkeit werden auf irgend einem andern Gebiete zu suchen sein, etwa auf dem der Wachstumsgesetze, die durch die jeweiligen Verschiedenheiten des tierischen Bauplanes geregelt werden, oder auf dem der Ausscheidungen, welche bestimmt gefärbte Exkrete der malenden Natur zur Verfügung stellen, oder unter Umständen selbst auf dem der historischen Geologie, wie sich etwa die Mimicry unter den neotropischen Schmetterlingen in einem aus Gelb, Braun und Schwarz gemischtem Kleide abspielt, die unter den äthiopischen und indischen in einem schwarz- und weißgefleckten oder blauschillernden, und wie möglicherweise diese auf große Gebiete ausgedehnten Trachten mit einem aus-

gebreiteten Lokalkolorit eben dieses Gebiets in irgendwelcher zurückliegenden Erdperiode ihren Grund haben¹⁾).

Hier stehn wir in Bezug auf Kleid und Tracht dem kompliziertesten Gewebe gegenüber, dessen Entwirrung noch viele Einzelarbeit erheischen wird, bis die Möglichkeit erreicht ist, die verschiedene Richtung von Faden und Einschlag unter einen allgemeinen, einheitlichen Gesichtspunkt zu bringen.

Und doch scheint es mir an der Zeit, bereits jetzt an der Fundamentierung zu arbeiten und auf eine Summe von Erfahrungen der letzten Jahre hinzuweisen, welche in recht erfreulicher Weise nach einem gemeinsamen Augenpunkt konvergieren und es vielleicht gestatten, das Problem seiner Lösung um einen Schritt näher zu bringen. Freilich dürfen wir da nicht von jenen erwähnten vielfach zusammengesetzten Fällen ausgehen, sondern wir müssen uns, wie überall, an möglichst einfache Grundlagen halten. Die können aber bei Licht und Farbe nichts anderes sein, als die einfachen Spektralfarben, nicht in dem strengen Sinne des monochromatischen Lichtes wie bei der Natrium- oder Thalliumflamme, sondern in der allgemein üblichen Bezeichnung der sieben Regenbogenfarben.

Es scheint in der That, als wenn fast alles, was von derlei einfarbigen Pigmenten in der gesamten organischen Natur, nicht im Tierreich allein, vorkommt, sowohl in seiner Genese, wie in seiner physiologisch-biologischen, vielleicht selbst psychischen Bedeutung auf einen einzigen Urgrund, einen einzigen wertvollen Stoff zurückgeht, der mit dem ursprünglichen Protoplasma aufs Engste verquiekt ist und sich in seiner weiteren Entwicklung und Gliederung den einfachen Spektralfarben in der Reihenfolge des Regenbogens unmittelbar anschließt.

Der Wege, die zu diesem Resultate zusammenführen, sind, wie mir scheint, vorläufig drei. Zwei entstammen der Litteratur, einen dritten möchte ich versuchen hinzuzufügen.

Der erste knüpft, bei der grundlegenden Bedeutung der Sinneswahrnehmungen für unsere gesamte Erkenntnis, naturgemäß an das Auge an; den zweiten, auf einem breiteren Terrain, haben physiologische Chemiker, namentlich Botaniker gangbar gemacht.

1) Beim Auge ist es selbstverständlich in erster Linie der Sehpurpur, der hier in Frage kommt. Der Ausdruck „Purpur“ erscheint von unserem Standpunkt aus nicht ganz glücklich gewählt, da man leicht an jene Zwischenfarbe zwischen Rot und Violett denken könnte,

1) Sehr lehrreich waren die bez. Zusammenstellungen Doederlein's, welche er auf der letzten Versammlung der zool. Gesellschaft in Straßburg vorlegte, sowie die Diskussion darüber. Namentlich beweisend waren die Fälle von Nachtschmetterlingen, welche die gleiche Tracht hatten wie die Tagfalter desselben Gebietes, so dass von Mimicry nicht wohl die Rede sein konnte.

welche man einschaltet, wenn man das Spektrum zum Zwecke bequemer linearer Verbindung der Komplementärfarben unter der Form eines Kreises oder Dreiecks darstellt. Bezeichnender ist der terminus technicus *Rhodopsin*, und alle Unklarheit verschwindet, wenn man an die Veränderungen denkt, die der Sehpurpur unter der Einwirkung des Lichtes erleidet; dann geht das Sehrot in Sehgelb über, wir haben also die engste Anschmiegun~~g~~ an die weniger brechbare Seite des Spektrums mit den längsten Lichtwellen.

Ueber die Bedeutung des Sehpurpurs hat sich wohl zuletzt, im vorigen Jahre, A. Koenig ausgesprochen¹⁾ (vergl. den Nachtrag). Seine Untersuchungen ergaben, dass beim Menschen die Verteilung der Lichtabsorption des Sehpurpurs zusammenfällt mit der spektralen Helligkeitsverteilung bei totaler Farbenblindheit; für Di- und Trichromaten, also farbenempfindliche Individuen gilt dasselbe Gesetz auf den untersten Stufen der Lichtwahrnehmung vom Dunkeln aus, d. h. bei so niedrigen Helligkeitsgraden, bei denen noch keine Farbenempfindung möglich ist. Schwache Zersetzung des Sehpurpurs verursacht also die der Reizschwelle (mit Ausnahme des Rot) allgemein zukommende farblose Empfindung, d. h. Grau. Bei stärkerer Zersetzung des Rhodopsins, die sich dann auch auf das erst gebildete Sehgelb erstreckt, entsteht die Empfindung Blau. Man darf wohl die Vermutung hinzufügen, dass das Blau, als Komplementärfarbe, lediglich eben auf das Sehgelb zurückzuführen ist, angesichts einer Reihe nachher zu besprechender Thatsachen. Da der Ort des schärfsten Sehens, die *Fovea centralis*, welche nur Zäpfchen, aber keine Stäbchen trägt, des Sehpurpurs entbehrt, ergibt sich die durch den Versuch bewiesene überraschende Thatsache, dass dieselbe blaublind ist. Bei Totalfarbenblinden ist der Sehpurpur die einzige lichtempfindliche Substanz, das aus ihm hervorgehende Sehgelb ist hier aber auch nicht weiter zersetzbar. Bei Seite lassen möchte ich die noch nicht genügend geklärte Annahme Koenig's, dass die noch unbekannt~~en~~ Substanzen für die beiden anderen Grundempfindungen Rot und Grün, die beiden anderen Komplementärfarben also, schwerer zersetzbar sind, als der Sehpurpur, sie sollen ihren Sitz vielleicht in den Zapfen und dem Pigmentepithel haben.

Andere Schwierigkeiten entstehen zunächst aus dem Mangel des Sehpurpurs bei manchen Tieren, z. B. Vögeln und Reptilien, auch aus den Unterschieden von Nacht- oder Dämmerungstieren, wie Eule und Fledermaus, von denen ihn nur die erstere aufweist. Indessen wäre es verfrüht, daraus weitere Einwürfe herzuleiten; denn nach der einen Seite ist es noch dunkel, wieweit das Schwarz, mit der höchsten Absorptionsfähigkeit für alle Lichtstrahlen, sich zu den Sehvorgängen verhält, auf der anderen kommen noch die verschiedenen farbigen

1) Arthur Koenig, Ueber den menschlichen Sehpurpur und seine Bedeutung für das Sehen. In: Sitzungsber. Berl. Akad. Wiss. 1894, S. 577 ff.

Pigmente der Zapfen hinzu, die Chromophane, wie sie Kühne, der erfolgreichste Demonstrator aller Augenfarbstoffe, genannt hat. Es sind jene farbigen Tropfen, die im Innengliede der Zäpfchen von Fischen, Reptilien und Vögeln sich finden, und die sich in ein rotes, ein gelbes und ein grünes Pigment gliedern, bez. in Rhodophan, Xanthophan und Chlorophan. Sie bilden in mehrfacher Hinsicht eine gesetzmäßige Reihe: alle absorbieren vom Spektrum die stärker brechbare Hälfte, alle haben dazu noch ein oder zwei breite Absorptionsbänder nach der roten Seite hin, das Rhodophan eins, das bis ins Grün reicht, das Xanthophan eins etwa bis an die Grenze von Blau und Grün und das Chlorophan zwei im Blau. In entsprechender Reihe unterliegen sie der Zersetzung durch das Licht: Rhodophan wird am langsamsten, Chlorophan am schnellsten gebleicht, Xanthophan steht auch hier in der Mitte. Nimmt man ihre Komplementärfarben dazu, so hat man das ganze Spektrum. Kühne ist in der That geneigt, die Farbewahrnehmung ganz auf sie zurückzuführen, entsprechend Hering's theoretischer Forderung eines dreifachen Sehstoffs.

Betonen möchte ich noch zwei Verhältnisse. Unter den verschiedenen Reagentien wirkt konzentrierte Schwefelsäure (wohl durch Entziehung des spärlichen Sauerstoffs unter der Form von Wasser) so ein, dass sie die Farbstoffe durch Grün und Blaugrün in Violett überführt, wenn auch dieses später wieder verschwindet. Sodann bitte ich auch das Vorkommen von farblosen Tröpfchen an Stelle der gefärbten vorläufig im Gedächtnis zu behalten.

Welches auch schließlich als die richtige Theorie vom Sehen sich ergeben wird, auf jeden Fall steht fest, dass außer dem Schwarz im Auge sehr vielfach noch Pigmente verbreitet sind, welche der linken Hälfte des Spektrums entsprechen, so zwar, dass Rot die allgemeinste Grundfarbe darstellt, an die sich als selbständiger oder abgeleiteter Stoff Gelb und am seltensten Grün anschließt.

Das entspricht aber, wenigstens in Bezug auf die Grundfarbe, von der sich alles ableitet, durchaus den Befunden im Tierreich, rote Augen sind die einzigen, die sich, streng genommen, außer schwarzen finden; natürlich ist von der Farbe der Iris der Vertebraten und Cephalopoden ebenso abzusehen, wie von den blutroten Augen albiner Wirbeltiere, sowie auch von den mancherlei spiegelnden Einlagerungen, die man als Tapetum bezeichnet. Einige Beispiele nur seien namhaft gemacht! Wie viele einzellige Flagellaten, Euglenen, Schwärmsporen von Algen, ihren roten Augenfleck haben, so kann man recht wohl Rädertiere mit ebenso gefärbtem, wenn auch vielzelligen Augenfleck noch ohne brechende Medien ihnen an die Seite stellen. Wo aber unter irgendwelchem Einfluss das Pigment im ganzen Körper mehr und mehr schwindet, da hält schließlich oft nur noch das Auge ein rotes Pigment fest. Wenn Strudelwürmer aus der Litoralzone, wo sie dunkle Augen

haben, in tiefere und damit dunkle Wasserschichten hinabsteigen, dann werden die Augen rot¹⁾. Jene großen räuberischen, pelagisch lebenden Borstenwürmer, die Alciopiden, sie sind glashell geworden wie das Ozeanwasser, aber ihre sehr großen Augen sind grell-rot. Die Beispiele ließen sich mehren.

Man könnte hier wohl fragen, wie sich diese, auf die neuere Entdeckung des Sehpurpurs gegründete Anschauung mit jener älteren, von unseren 'geistreichsten vergleichenden Anatomen und Physiologen aufgestellten Hypothese verträgt, welche als erste Stufe eines Sehapparates einen dunkeln mit einer Nervenfasern verbundenen Pigmentfleck der Haut betrachtet, der das Licht absorbiert und in Wärme umsetzt. Vielleicht erscheint jetzt das Schwarz, so wenig als Grau, Braun und ähnliche Farben, nicht mehr als etwas ursprüngliches, sondern bereits als eine hohe Komplikation, auf eine größere Summe von einfachen Farben gegründet. Und so scheint mirs keineswegs ausgeschlossen, dass der Weg, der an den schwarzen Pigmentfleck anknüpft, auf einer relativ höheren Stufe in der That betreten wurde, also nur eine kleine Verschiebung und Einschränkung. (Vergl. den Nachtrag.)

2) Ich komme zur zweiten Reihe von Beobachtungen. Sie betrifft eine Menge von gelben und roten Farbstoffen, welche zahlreiche frühere Einzeluntersuchungen im Tier-, namentlich aber im Pflanzenkörper nachgewiesen und beschrieben hatten. Betreffs ihrer sind wir in der höchst erfreulichen Lage, dass das früher Vereinzelte durch jüngste Arbeiten immer mehr und mehr in seinem engen Zusammenhange erkannt worden ist. Kürzlich hat Schrötter-Kristelli, anknüpfend an das Carotin in einer Fruchthülle, die wesentlichsten Thatsachen mit einander verknüpft und für alle diese Farbstoffe zusammen einen gemeinsamen Namen vorgeschlagen²⁾, nämlich Lipoxanthin. Es sind darunter zu verstehen aus dem Pflanzenreich etwa das Carotin, das Chlorophyllgelb, das Anthoxanthin oder Blütengelb, das aber gleich mit dem Xanthin in unseren Geweben zusammensteht, das Xanthophyll, Chrysophyll, Phylloxanthin, Erythrophyll in den Blättern, das Phyco-

1) L. v. Graff, Monographie der Turbellarien. I. *Rhabdocoelida*. S. 115: „Die Farbe des Augenpigmentes ist zumeist schwarz, findet sich aber auch in allen Schattierungen von Gelbbraun und Rotbraun, und nicht selten als lebhaftestes Karminrot. Interessant erscheint die durch Duplessis beobachtete Thatsache, dass Formen, welche in seichten Gewässern schwarzbraune Augen besitzen, in großen Seetiefen solche von karminroter Farbe erhalten (*Mesostoma Ehrenbergii*)“.

2) Schrötter-Kristelli, Dr. Hermann Ritter, Ueber ein neues Vorkommen von Carotin in der Pflanze, nebst Bemerkungen über die Verbreitung, Entstehung und Bedeutung dieses Farbstoffes. Vortrag. In: Botan. Centralbl., LXI, 1895, S. 33–46.

xanthin der Pilze, das Bakteriopurpurin, Solanorubin und wie sie alle heißen, also die massenhaften roten und gelben Farbstoffe, die in den grünen Blättern neben dem Chlorophyll vorkommen, die sich rein zeigen bei Zurücktreten des Blattgrüns etwa in Bakterien, in Myxomyceten, lebhaft strahlenden Hutpilzen, in den gelben und roten Blumen, in den lachenden Früchten, in dem gelben und roten Schmuck des Herbstwaldes.

Ueberall haben wirs mit nahe verwandten Lipochromen zu thun, mit Modifikationen des Lipoxanthins, welche den nahezu gleichen chemischen Bau aus Kohlenstoff, Wasserstoff und minimalem Sauerstoff und die gleichen Löslichkeitsverhältnisse und Reaktionen zeigen. Unlöslich in Wasser, meist an Fett gebunden, werden sie weder von Säuren noch Basen angegriffen, von konzentrierter Schwefelsäure aber wiederum durch Grün in tiefes Blau, das Lipocyan, übergeführt.

In dem einen seltneren Fall häufen sich diese gelben und roten Tröpfchen in der Pflanzenzelle außerhalb des Protoplasmas, gewissermaßen in Vakuolen also, so in Pilzsporenanlagen und manchen Fruchthüllen; hier dient das Lipoxanthin als Reservestoff. Viel wichtiger ist aber seine ursprüngliche, aktive Bedeutung. Da findet es sich stets zuerst in den Chlorophyllträgern, mit oder an Stelle von Chlorophyll, letzteres bei manchen Algen, wie gerade dem Zoologen die Zooxanthellen durch ihre Symbiose bekannt sind. Stets, sagt Schrötter, befindet sich das Lipoxanthin im Mittelpunkte der Assimilation. Als terpenartiger Körper zieht es lebhaft Sauerstoff an, ohne selbst zerstört zu werden, es ist ein Sauerstoffträger und -überträger, ja wir werden sagen dürfen, der allerursprünglichste.

Somit hat es aber die innigsten Beziehungen zum Chlorophyll; wir kennen sowohl den Uebergang von Chlorophyll in Xanthophyll oder Lipoxanthin, wir kennen umgekehrt den von Rot und Gelb, von Lipoxanthin, in Chlorophyll, letzteres beim Ergrünen etiolierter Blätter. Es sind die verschiedensten Ursachen, welche das Chlorophyll in das Lipoxanthin zurückverwandeln; stets aber hängen sie mit einer Herabdrückung des Stoffwechsels zusammen, wobei der von der Zelle aufgenommene Sauerstoff zur Oxydation und Umfärbung der Pigmente nach der schwächer brechbaren Seite des Spektrums hin verbraucht wird. So finden wir es bei den anfangs grünen Blumenblättern, die gelb und rot werden, ebenso bei den anfangs grünen Früchten, so namentlich bei der herbstlichen Verfärbung des Laubes; aber die verschiedensten Eingriffe, welche den Stoffwechsel herabsetzen, wirken entsprechend, Verletzung der Blätter durch Insektenstiche, Fröste, zu starke Beleuchtung etc. Die umgekehrte Funktion aber, welche bei lebhaft gesteigertem Stoffwechsel den Sauerstoff im Protoplasma verbraucht und den Pigmenten entzieht, führt vom Rot und Gelb zum Chlorophyll hinüber.

Die Verwertung dieser botanischen Thatsachen für das Tierreich mag sich auf zwei Daten stützen, einmal auf die nachgewiesene Zugehörigkeit solcher animalischen Farbstoffe zu den Lipoxanthinen, anderseits auf die Weiterführung eben dieser gelben und roten Stoffe in einen farblosen, das Cholesterin.

Zu den Lipochromen, bzw. Lipoxanthinen gehört nicht nur der Schpurpur und nicht nur die Chromophane des Auges, die wir vorhin besprochen, es sind hierher zu rechnen, was mindestens ebenso wichtig, viele Hautpigmente bei Tieren; an der untersten Stufe, wo Pflanzen- und Tierreich zusammenstoßen, haben wir wieder den roten Augenfleck der Einzelligen, sodann das Rot in der Haut niederer Krebse, wobei darauf hingewiesen werden mag, dass die physiologischen Handbücher (wie Halliburton) von gleicher Stelle auch unser Hämoglobin angeben, ohne an einen Zusammenhang zu denken, das Rot bei den Coccinellen, das Lutein und Vitellorubin namentlich in Eiern und Dottern; neuerdings ist erst von Phisalix auch das Rot der Feuerwanzen als ein dem Carotin zunächst stehender Farbstoff erwiesen, wobei der Autor physiologische Wichtigkeit leugnet; wahrscheinlich gehört hierher auch das aus der Rose der Waldhühner bekannte, weitverbreitete Tetronerythrin.

Ebenso wichtig aber ist der Zusammenhang der Lipoxanthine mit dem Cholesterin. Sie werden durch längere Schwefelsäureeinwirkung in diesen farblosen Stoff übergeführt. Der aber ist bekannt aus so vielen Geweben, aufgespeichert in Pflanzenkeimlingen, bei Tieren wohl am reichsten in der höchsten Gewebsform, im Nervengewebe. Hierher gehört das schon erwähnte Vorkommen der farblosen Kügelchen neben gefärbten in den Retinazapfen; ich möchte aber namentlich darauf hinweisen, dass gerade im Centralnervensystem an der wichtigsten Stelle, innerhalb der Ganglienzellen, so gut wie in den Zäpfchen der Retina, die Lipoxanthine reichlich auftreten können. Diesem Umstande verdanken u. a. die Chitoniden, unsere Limnaeen und manche andere Weichtiere die lebhaft rote oder orangene Färbung ihres Schlundrings. Hier handelt es sich wohl zweifellos um wichtige physiologische Mitwirkung beim Stoffwechsel.

Was den anderen Fall anlangt, wo die Stoffe in der Haut scheinbar ohne alle Bedeutung sind, d. h. wo uns vorderhand das physiologische Verständnis fehlt, so habe ich vor einigen Jahren darauf hingewiesen, dass jenes ursprüngliche Rot sich gerade bei vielen altertümlichen Tieren findet und sehr häufig an Körperstellen, welche dem Lichte am wenigsten zugänglich sind, so in der ganzen Haut verborgen im Schlamm, im Holz, in Röhren lebender Würmer und Insektenlarven, so auf dem Rücken unter den Flügeldecken bei vielen Wanzen, wo es denn, wie beim Wasserskorpion, höchstens gelegentlich bei nächt-

lichem Flug der Oberfläche sich darbietet, ohne gesehen werden zu können¹⁾).

Eine physiologische oder wenn wir wollen, eine psychische Bedeutung aber haben jene Farben da, wo sie zum Schutze des Tieres als Schreck- oder Trutzfarben auftreten, denn auch solche sind stets einfache Farben von langen Wellen; und es ist wohl kein Zufall, dass die einzige psychische Farbenwirkung bei uns an ganz demselben Punkt anknüpft, das Erröten nämlich.

3) Die dritte Kategorie betrifft die komplizierteren Farbenerscheinungen. Während die Augenpigmente und die allgemein verbreiteten, für den Stoffwechsel so wichtigen Farbstoffe des Pflanzen- und Tierkörpers vom Rot bloß bis zum Grün reichten und die stärker brechbare Hälfte des Regenbogens nur unter der Erscheinung der Komplementärfarben berücksichtigten, so handelt sich jetzt um Farbstoffe, welche entweder, im einfacheren Falle, auf dieser rechten Seite des Spektrums liegen, oder im verbreiteteren gar nicht auf die primären, einfachen Farben sich zurückführen lassen. Jene würden also die blauen und violetten Pigmente sein, diese die zusammengesetzten, wie Schwarz, Grau und die mannigfachen Abstufungen von Braun. Es ist wohl selbst kein Zufall, dass die blauen Farbstoffe, von denen ich vorderhand nur das schon erwähnte Lipocyan nenne, in ihrer chemischen Konstitution an die Lipochrome, bzw. Lipoxanthine sich anreihen, während die sekundären Pigmente, die sich nicht auf das Spektrum unmittelbar beziehen lassen, ihre höhere chemische Komplikation durch den Gehalt an Stickstoff bekunden. Vielleicht macht hier nur die Cellulosegruppe, ohne Stickstoff, eine Ausnahme; die anderen Pigmente, die Horn- und Chitinstoffe, Conchiolin, die mannigfachen Melanine und was dahin gehören mag, dürften sämtlich hoch komplizierte, stickstoffhaltige Verbindungen sein. Man bezeichnet sie wohl gelegentlich als physiologische Farben, die zufällig mit den Ausscheidungen des Organismus verquickt sind und in den meisten Fällen keinen Wert haben für denselben, wie die braune Rinde des Baums und die dunkle Chitindecke eines Insekts. Sollte nicht gerade ihr Charakter als zufällig in ihrer hohen Komplikation liegen? „Zufällig“ heißt doch weiter nichts, als dass uns noch jede sichere Handhabe für die Beurteilung fehlt, weil wir zunächst noch mit dem Ein-

1) Simroth, Entstehung der Landtiere, S. 410 ff., Die Färbung der Landtiere. Herr Dr. Müggenburg machte mich darauf aufmerksam, dass viele Baumwanzen, die einen roten Rücken haben, unmittelbar nach der letzten Häutung über und über rot sind und sich erst beim Erhärten des Chitinpanzers verfärben, ebenso, dass bei vielen die Weibchen rot, die Männchen aber anders, weiß, braun u. dergl. gefärbt sind. Diesem Gesetz der männlichen Präponderanz entspricht es auch, dass *Bibio*-Arten schwarze Männchen, aber rote oder orangene Weibchen haben. Aehnliches gilt von Ichneumoniden.

fachsten zu thun haben; aller Zufall wird für den, dem die Auflösung gelingt, gerade das Interessanteste.

In dieser Hinsicht darf man wenigstens betonen, dass die Verteilung dieser kompliziertesten Pigmente mit der Komplikation des organischen Haushaltes parallel geht. Wie sich die größere Intensität des Lebens, im Psychischen und Mechanischen, auf der tierischen Seite entfaltet, so kommt die größere Menge der komplizierten sekundären Pigmente auf die Seite des Tierreichs. Umgekehrt sind die Pflanzen reicher an den einfacheren, an den Spektralfarben; die Tiere sind nur selten bis zum Grün vorgeschritten, welches doch die Pflanzenwelt beherrscht, und selbst das einfache Rot, wiewohl bei Tieren häufig genug, kann doch nicht aufkommen gegen so allgemeine Erscheinungen, wie die Algen des roten Schnees, oder die Florideenwiesen der tieferen Litoralregion, bei denen das Rhodophyll mit an den Chlorophyllkörpern haftet, oder die Pracht unseres oder noch mehr des nordamerikanischen Herbstwaldes.

Aehnliches gilt nun auch vom Blau. Bei Pflanzen kommt es nicht selten vor, wohl als eine Chlorophyllumänderung in den Blüten und Früchteln, oder mit Chlorophyll zusammen, in manchen Algen, bisweilen allein in Pilzen. Es entzieht sich meinem Urteil, wie weit Cockerell's Erklärung der blauen Blütenfarbe begründet ist. Er behauptet, dass alle oder die meisten Pflanzen mit blauen Blumen zu Gattungen gehören, welche eine mehr oder weniger große Anzahl von Arten im Hochgebirge haben. Das Blau wäre nun entstanden an Orten, welche während der Blütezeit die größte Lichtfülle genießen, sowohl nach der täglichen Insulationszeit als nach der Reinheit der Luft.

Um so seltner sind blaue Pigmente im Tierreich; wohl kommt die Farbe, zumeist wenigstens, auch hier den Lichtfreunden zu, namentlich Tagfaltern und Vögeln, nicht aber der Farbstoff, denn es handelt sich bei blauen Schmetterlingsflügeln und blauen Federn lediglich um Interferenzerscheinungen. Bei den psychisch-höchstentwickelten Tieren aber, bei den Säugern, gehören einfache Farben überhaupt zu den größten Seltenheiten, vielleicht beschränken sie sich auf das Rot des gelegentlich durchscheinenden Blutes, höchstens könnte man noch das Blau an Vorder- und Hinterbacken bei den Pavianen heranziehen. Aber auch das ist keine einfache Farbe mehr; im allgemeinen ist das Kleid schwarz, braun, grau, mit einem Stich ins Rote, Gelbe, Grüne, Blaue, lauter Komplikationen also.

Und doch gibt es ein großes Feld, wo das Tierreich Blau und Violett nicht als Interferenz, sondern als Pigment massenhaft ausbildet, die weite Fläche des Ozeans, soweit die klare Flut ein herrliches Kobalt- und Ultramarinblau zurückstrahlt, d. h. in den wärmeren Meeresteilen, in geographischer wie bathymetrischer Beziehung, also

nach dem Gleicher zu und in den oberflächlichen Wasserschichten. Hier haben wir massenhaft Quallen, Krebse, Mantel- und Weichtiere, nackte und beschalte etc., welche sämtlich an den reinen blauen und violetten Tönen partizipieren. Meistens sucht man die Deutung in einer Anpassung oder Schutzfärbung; und es ist wohl zweifellos, dass die Natur reichlich diesen Gebrauch macht. Und doch, glaube ich, lässt sich zeigen, dass diese Funktion nur die sekundäre ist, dass die primäre Ursache vielmehr in der unmittelbaren Lichtwirkung zu suchen ist, wie ja die natürliche Auslese immer nur gegebene Verhältnisse, die sie vorfindet, benutzen, bezw. weiter züchten kann.

Zunächst die von Hensen, Brandt u. a. aufgedeckte Thatsache, dass unter den eupelagischen Tieren der wärmeren Meeresteile neben dem Blau fast nur noch Gelb oder Gelbbraun, d. h. Gelb durch kompliziertere Chitinfarben u. dergl. getrübt, sich findet. Wir treffen also wieder jenes merkwürdige Wechselverhältnis der Komplementärfarben¹⁾.

Der ursächliche Zusammenhang ergab sich mir bei der mehrjährigen Untersuchung der Planktongastropoden²⁾. Es zeigt sich da, dass eine große Anzahl von Schnecken teils im erwachsenen, teils im Jugendzustande eben jene wärmeren Gegenden des Ozeans bevölkert. Die letzteren, oft mit allerlei Sonderanpassungen zum Schwimmen, gehören als ungewöhnlich große Larven Gattungen an, welche erwachsen an den Küsten jener Meeresteile hausen. Die Wärme, um die es sich handelt, ist etwa dieselbe, welche die Verbreitung der riffbauenden Korallen regelt, d. h. die Wassertemperatur darf zu keiner Zeit unter 20° C herabsinken. Da das kosmische Licht aber als eine Funktion der Wärme betrachtet werden muss, so ist es unmöglich, auf unserer Erde einen Organismus dauernder und vollkommener der Lichtwirkung auszusetzen, als Tiere, welche ununterbrochen ohne andere Beschattung als durch die Wolken, in jenen wärmsten Wasserschichten treiben. Natürlich müssen sie noch eine andere Bedingung erfüllen, nämlich die, nie in die Tiefe zu tauchen. Dadurch schließen sich von den Schnecken namentlich die in den wärmeren Meeren verbreiteten Kielfüßer aus, die zumeist als sogenannte Glastiere farblos geworden sind. Es kommt vielmehr von den beschalten Gastropoden — die nackten lasse ich der Kürze wegen bei Seite — nur die Familie der Janthiniden oder Veilchenschnecken in Betracht, denn diese treiben an ihrem Floß, das sie aus abgeschiedenem und erhärtetem Schleim mit eingeschlossenen Luftblasen fabrizieren, beständig an der Oberfläche.

1) Brandt K., Ueber Anpassungserscheinungen und Art der Verbreitung von Hochseetieren. In: Ergebnisse der Plankton-Expedition, Bd. I, S. 338 ff., 1892.

2) Simroth, Die Gastropoden der Plankton-Expedition. In: Ergebnisse der Plankton-Expedition, Bd. II, 1895. — Eine einschlägige Mitteilung habe ich auf der letzten Versammlung der d. zool. Ges. in Straßburg gemacht.

Unter den Larven fand ich neben blassen oder manchem schwarzen und braunem Punkt, der von den litoralen Eltern stammen mochte, von grelleren Pigmenten fast nur Gelb und Violett, nie in Flecken durch einander, sondern in gleichmäßiger Ausbreitung bald über die ganze Schale, bald das eine an der Spitze, das andere am Deckel oder umgekehrt.

Hier war eine andere frühere Untersuchung heranzuziehen, die, welche Lacaze-Duthiers seinerzeit am Purpursafte der Stachel- und Purpurschnecken, der den Purpur der Alten lieferte, angestellt hat. Bekanntlich handelt es sich da um einen Saft, der von einem flächenhaft ausgebreiteten, etwas gefalteten Epithel neben der Kieme, der sogenannten Hypobranchialdrüse, geliefert wird. Frisch ist er blassgelb¹⁾, am Lichte geht er durch Grün in Violett über, mit andern Worten, er durchläuft die Farben-Scala, welche wir oben wiederholt durch die Schwefelsäure bewirken sahen, einfach unter dem Einfluss des Lichtes. Das Purpurin aber, so gut wie das Janthinin, wie man den violetten Farbstoff der Veilchenschneckenschale genannt hat, werden zu den Lipochromen gezählt²⁾. Hierzu kommt nun der Nachweis, dass die Purpuridenlarven in ganz besonderer Umformung, welche ihnen den eigenen besonderen Gattungsnamen *Sinusigera* verschafft hat, ihre Jugend pelagisch im freien Meere zubringen. — Diese Thatsachen führten zu einer anderen Schlussfolge. Die größten Schnecken des Mittelmeeres sind die Tritonshörner und Tonnenschnecken, *Triton* und *Dolium*. Sie sind in vielen Arten als Küstenschnecken in den tropischen Meeren verbreitet. Ihre Larven leben, mindestens zum Teil, eupelagisch, mit relativ großen Schalen, die 0,5 cm Durchmesser erreichen. Die von *Dolium* wird als *Macgillivrayia* bezeichnet. Nun ist es höchst merkwürdig, dass eine Anzahl von *Triton*- und *Dolium*-Arten dem westindischen und dem fernen ostindischen Meere, der Sundasee u. s. w., gemeinsam sind, ohne dass eine von ihnen an der Westküste von Amerika vorkäme. Es ist also ausgeschlossen, dass die Verbreitung sich vollzog zu einer Zeit, als etwa an Stelle der Landenge von Panama

1) Leider habe ich bei Bearbeitung der Planktongastropoden eine Abhandlung übersehen, nämlich: A. Letellier, Recherches sur le Pourpre produit par la *Purpura lapillus*, in: Compt. rend. Ac. sc. Paris, CIX, p. 82—85. Danach wird im Purpursafte nicht das gelbe, sondern das grüne Pigment durch das Licht nach der rechten Seite des Spektrums hin verändert. Wiewohl diese Angabe nicht gerade im Widerspruch steht mit den vorliegenden Ableitungen, glaube ich doch, dass ihre Korrektheit nur für das einzelne Experiment gilt. Grün ist auch bei den verwandten Farbstoffen, z. B. den Chromophanen (s. o.) der häufigste. Das Gelb wird jedenfalls sehr viel langsamer vom Lichte beeinflusst.

2) In diesen, wie den meisten physiologisch-chemischen Angaben bin ich Halliburton-Kaiser's Lehrbuch der chemischen Physiologie und Pathologie (Heidelberg 1893) gefolgt.

ein Meeresarm den Tieren zur Verfügung stand. Es muss mithin ein anderer Weg gesucht werden. Man konnte ebenfalls an veränderten Meereszusammenhang in früherer Zeit denken, was aber bei völliger Identität der betreffenden Species an den weit entlegenen Fundorten unwahrscheinlich war; der Weg konnte andererseits um das Cap der guten Hoffnung herum durch den Indio und Atlantic führen. Die Strömungs- und Wärmeverhältnisse während des südlichen Sommers, im Dezember etwa, bieten kein Hindernis. Die Verbreitung der Larven von *Dolium perdix*, der einzigen Art von Tonnenschnecken von dem fraglichen zugleich westlichen und östlichen Vorkommen geht nach den Planktonergebnissen von Westindien nach der afrikanischen Westküste. Die Entscheidung der Frage ergab sich mir aus der Pigmentierung der erwachsenen großen Schalen. Alle die verschiedenen Arten aus dem pacifischen, indischen etc. Ozean zeigten durch die scharf-abgesetzte Spitze des Gehäuses, dass sie als Macgillivrayien pelagisches Leben geführt hatten, in Uebereinstimmung mit den direkten Beobachtungen. Aber während alle auf dem weißen Kalk nur gelbliche oder bräunliche Farben trugen, hatte nur *Dolium perdix* einen violetten Ton eingefügt und zeigte dadurch die längere Insolation. Sie war ihm zu Teil geworden während der langen, jedenfalls mehrjährigen pelagischen Reise von Ost- nach Westindien. Der vereinzelte Befund bewies sofort die Berechtigung der Deutung, wenn sich das Augenmerk auf andere Schalen richtete. Nicht nur jene erwähnten Tritonen haben im Alter violetten Hauch oder grellviolette Spitzen, sondern derartige Purpurzeichen finden sich nur bei tropischen und subtropischen Küstenschnecken und zwar solchen, von denen vorher aus morphologischen Gründen eine Zusammengehörigkeit mit irgendwelchen eupelagischen Larven vermutet war¹⁾. Das Auffallende an diesem Verhältnis ist aber das Zustande-

1) Eine Anzahl Gastropoden mit dem auf eupelagische Lebensweise der Larven hindeutenden Purpurzeichen habe ich im Planktonwerk zusammengestellt. Bei einem Gange durch das Dresdner Museum fielen mir kürzlich noch die folgenden auf:

<i>Conus flavidus</i> Indio.	}	blau, meist innen indigo.
„ <i>lividus</i> „		
„ <i>rattus</i> „		
„ <i>emaciatus</i> „		
„ <i>maltzianus</i> Tahiti		
„ <i>purpurescens</i> Panama		
„ <i>tulipa</i> Indio.		
„ <i>glans</i> „		
„ <i>festivus</i> , lachsfarben, ins Lila.		

Pleurotoma cryptoraphe, innen blauer Schein.

Olivella biplicaria Mazatlan.

Olivancillaria hiatula Senegambien.

Oliva tessellata Indio.

kommen der violetten Färbung nicht oder kaum während der Ozeanreise mit ihrer vollen Belichtung, wo das Tier Nutzen davon haben könnte, sondern erst nachher, wenn die Larve am Ufer anlandet und damit einen neuen Wachstumsimpuls erhält¹⁾, wobei unter der veränderten vielfarbigen Umgebung aus dem Violettt gewiss kein Vorteil mehr entsteht! Die langdauernde hochgradige Insolation hat nur die Stimmung erweckt, bei neuem Wachstumsantrieb das Violettt auszuscheiden, als Farbe von höchster Brechbarkeit.

Vergleichen wir hiermit die Janthiniden, deren ganzes Leben sich oberflächlich im freien Meere abspielt, die an der Küste sogleich zu Grunde gehen. Eine kleinere Gattung, die *Recluzia*, hat einen beschränkteren Bezirk in den östlichen Meeren, ihr ist die Lebensweise noch nicht so lange aufgeprägt, daher sieht ihre Schale gelb aus, und das Floß hat einen gelblichen Ton. Die echten Janthinen sind circumäquatorial mit durchweg violetter Schale, das Floß ist selten gelblich, meist farblos oder blasslila. Eine reflektorische Anpassung an die Umgebung kann nicht durch das Auge vermittelt werden, da die Tiere blind sind.

Hier ist das Violettt, da das Tier ganz und gar unter stärkster Besonnung lebt, auf dem Gipfel seiner Steigerung angekommen. Wie verhält sich da das Sekret der Hypobranchialdrüse? Es ist nicht hellgelb, sondern tief indigblau und zeigt nur hie und da noch eine Spur eines lebhaft blaugrünen Tones, und das alles gleich beim Abscheiden.

Und nun noch zwei Thatfachen ebenfalls von beschalten Weichtieren, welche geeignet sind, den behaupteten Zusammenhang zwischen Licht und Wärme zu erhärten und zu zeigen, dass das, was beide

<i>Latirus elegans</i>	}	innen violett.
" <i>incarnatus</i>		
<i>Pentadactylus horridus</i>	}	innen violett.
" subgen. <i>morula</i>		
fast alle Arten		

Pyrula ficus innen violett.

Calyptraea chinensis.

Cypraea exanthema und verwandte.

Wie man sieht, lauter echte Tropenformen.

1) Die violette Umfärbung bezieht sich auf *Macgillivrayia*, bezw. *Dolium*. Andre Gattungen und Arten haben den lebhaften Ton zum Teil voraus als pelagische Larven, aber zumeist nur als zarten Hauch. Die energische Ausbildung kommt erst später, bei dem Wachstum an der Küste. Dass dasselbe hier sehr viel schneller vor sich geht, als während der pelagischen Wanderung, folgt aus der gleichen Größe derselben Larvenform in weit von einander entlegenen Meeresteilen, wohin sie nur langsam verschlagen sein können. Ja in den meisten Fällen scheint die pelagische Larve, nachdem sie eine bestimmte Größe erreicht hat, völlig stabil zu bleiben, bis sie durch Zufall an die Küste kommt.

zusammen in höchster Steigerung zu wirken vermögen, auch durch die Wärme allein oder doch vorwiegend durch sie erreicht werden kann.

Zu den ältesten Molluskenformen, die sich zugleich seit den ersten versteinierungsführenden Schichten fast unverändert erhalten haben, gehören die Scaphopoden, bezw. Dentalien oder Elephanzenzähne. Ihr Aufenthalt im Schlamm, aus dem sie höchstens nächtlich hervorkommen, bewahrt sie wohl vor der Verpflichtung vieler Neuerwerbungen, er zeigt aber zugleich, dass das Licht auf ihre Ausfärbung nur wenig Einfluss gehabt haben kann; höchstens könnte die erste Tönung, während der wenigen Wochen, an denen nach unseren Erfahrungen die Larve frei schwärmt, gewonnen werden. Diese Elephanzenzähne nun haben in der kalten Zone sowie bei allen Tiefseeformen weiße, bezw. farblose Kalkschalen. Die Küstenformen werden lachsfarben, zeigen also Rot und Gelb etwa von den Breiten des Mittelmeeres an rings um die Erde; Grün tritt an mehreren Stellen auf, wo die Tiere dominieren, sie sind streng tropisch, Westindien nämlich und die Philippinen und Sundainseln und der Indie; Blau kommt meines Wissens nur einmal vor, in einem der wärmsten Meere, in der Sulu-See¹⁾.

Die andere Thatsache geht damit parallel, sie besagt, dass wirklich blaue Bänder an Landschneckenschalen nur auf heißem Tropenboden vorkommen, in Westindien und Südostasien.

Beschalte Weichtiere sind aber insofern besonders geeignet, auf Einflüsse der anorganischen Natur, wie Licht und Wärme, zu reagieren, da sie mit ihren organischen Mitgeschöpfen vorwiegend nur insofern sich zu beschäftigen haben, als sie ihre Nahrung daraus ziehen. Schutz und Waffen bilden sie nicht besonders aus, weil sie auf alle Widrigkeiten einfach mit dem Rückzug ins Haus antworten. Die ganze Summe der Anpassung, welche die meisten anderen Tiere in dieser Richtung zu leisten haben, fällt weg, daher die Wirkungen der anorganischen Kräfte nur um so klarer hervortreten.

Dem Einwurf, dass ja die Schalenfarbstoffe namentlich bei versteckt lebenden Tieren keine physiologische Bedeutung haben und daher nicht in Rechnung gezogen werden dürfen, kann man, wie mir scheint, leicht begegnen. Die Sache liegt beinahe umgekehrt. Organe, wie die Schilddrüse, haben dem Verständnis die meisten Schwierigkeiten entgegengesetzt, und doch gewinnt es immer mehr den Anschein, als ob sie für den normalen Stand unserer Gesundheit von allerhöchstem Werte wären. So genau wir den Kräfteverbrauch des Organismus im Allgemeinen zu beurteilen wissen, so stehen wir im Einzelnen doch erst am Anfange der Erkenntnis. Es ist, als wollte man den Haushalt einer menschlichen Familie nach dem Werte der Nahrungsmittel bemessen, die notwendig sind, um die einzelnen Mitglieder im physio-

1) Vergl. Bronn, Klassen und Ordnung des Tierreichs. Simroth, Weichtiere S. 449: „Das Spektrum folgt einfach der zunehmenden Wärme“.

logischen Gleichgewicht zu erhalten, und nach den Anforderungen der Wohnung und Kleidung zum Schutze gegen Unbilden und Wechsel der Witterung. Ich brauche nicht auszuführen, dass die Rechnung kaum im einfachsten Falle mit dem wirklichen Budget stimmen würde. Bedürfnisse und Umsatz sind eben ungleich verwickelter. Und doch muss die Nationalökonomie nach einfachen Grundlagen sich umsehen.

So erzeugen Licht und Wärme, ohne dass der Anteil der beiden Faktoren in jedem Falle, vielleicht nur ganz selten, bereits zu bemessen wäre, in der Organismenwelt zunächst eine Farbenwirkung, welche sich aufs engste an die einfachen Regenbogenfarben in der Reihenfolge des Spektrums anlehnt, so dass nach einander die Farben mit den längsten Wellen bis zu denen mit den kürzesten durchlaufen werden. In den meisten Fällen reichen die Pigmente nur vom Rot bis zum Grün, und die stärker brechbare Seite wird nach dem Prinzip der Komplementärfarben ergänzt. Nur bei der dauerndsten und stärksten Einwirkung der beiden Faktoren kommt auch die blaue und violette Seite unter der Form von Pigmenten zum Vorschein. Höchst auffällig bleibt die so häufig auftretende Beziehung zwischen den Komplementärfarben. Auf der niedrigsten Stufe einzelliger Wesen haben wir das Grün des Chlorophylls mit dem roten Augenfleck. Ob eine ähnliche Farbenzusammenstellung bei so manchen Käfern, *Malachius* z. B., bei Papageien u. a. auf ähnlich einfache Gesetze zurückzuführen ist, muss bei der hohen Organisation dieser Geschöpfe vorläufig dahingestellt bleiben. Zufällig ist es schwerlich, dass solche unserem Auge so wohlthätige Zusammenstellung auch in der Natur oft vorkommt. Gelb und Blau, bzw. Violett, findet sich nicht nur bei den pelagischen Tieren, die vorhin erwähnt wurden, sondern gelegentlich auch bei Jugendformen. Manche Schwammlarven so gut wie die Jungen unserer gemeinen Wegschnecke haben ein violettes Vorderende und im Uebrigen einen blassgelben Leib. Freilich nur in der Jugend. Man gewinnt den Eindruck, als ob die einfach klare, man möchte sagen, geniale Anlage nachher durch die vielseitigen Anforderungen des Lebens wieder unterdrückt oder eingeschränkt würde.

Ein ausgezeichnetes Beispiel für die Reihenfolge der Farbstoffe in ihrem Auftreten lieferte jüngst die Untersuchung der unter dem Namen des wandelnden Blattes bekannten Phasmidengattung *Phyllium*. Die Untersuchung der erwachsenen ergab, dass der grüne Farbstoff der Haut Chlorophyll war; die Entwicklung zeigte, dass die Jungen zuerst rot aus dem Ei kriechen, dann gelb und zuletzt erst grün werden¹⁾.

Am kompliziertesten sind jedenfalls die Fälle, wo blinde Tiere, und zwar hochstehende, deren Vorfahren vermutlich Augen hatten, auf

1) Requerel, Henry et Ch. Brongniart, La matière verte chez les *Phyllies*, *Orthoptères* de la famille des *Phasmides*. In: *Compt. rend. Ac. Sc. Paris* 1894, CXVIII, p. 1299—1303.

Licht und Farben reagieren, wie der Regenwurm oder die Muscheln, bei denen neuerdings photometrische Fähigkeiten in weiter Verbreitung nachgewiesen sind. Wie soll man es erklären, wenn die Raupen desselben Tagfalters zur Zeit der Verwandlung zwischen grünen Blättern grüne, auf dunklem Grunde schwärzliche Puppen liefern? Eine Anpassung, wie bei farbenwechselnden Tieren mit bestimmt vorgebildeten Pigmenten ist wohl ausgeschlossen. Hier liegen neuerworbene Fähigkeiten vor, aber sie waren wohl nur möglich auf Grund einer gegebenen Claviatur, welche auf äußere Lichtreize mit der Erzeugung entsprechender Pigmente antwortet.

Wie sollen wir schließlich die Entwicklung der einfachen Pigmente in der Reihenfolge des Spektrums deuten? Mir scheinen zwei Möglichkeiten vorzuliegen. Die eine habe ich früher kurz ausgesprochen; sie nimmt an, dass in alter geologischer Zeit eine viel dichtere, wasserreichere Atmosphäre zuerst nur die roten Farben des Sonnenlichtes durchließ und dann die übrigen, und dass die Färbung der Organismen damit gleichen Schritt hielt. Die Gründe will ich nicht wiederholen. Die andere Annahme würde auf eine immer feinere Anschmiegung des Protoplasmas an die verschiedenen Lichtwellen bei vollem Sonnenlichte hinauslaufen, so zwar, dass das Protoplasma zunächst mit der Bildung des größten Farbstoffs auf die größten, längsten Wellen reagierte und zu immer feineren Fortschritten, wobei man sich denken könnte, dass die Molekülgröße dieser Farbstoffe zur Länge der Lichtwellen in irgendwelchem direkten Verhältnis stünde. Es scheint mir unmöglich, die Wagschale auf die eine oder andere Seite senken zu wollen.

Ich bin zu Ende mit meiner tastenden Skizze. Vieles, was am Wege lag, musste ich unberücksichtigt lassen, um die Richtung nicht zu verlieren.

Sie möchten mir wohl vorwerfen, dass ich Sie auf ein zu unsicheres Gebiet geführt habe. Aber stehen wir an irgend einer Stelle, wo wir dem Rätsel des Lebens im Einzelnen näher treten wollen, auf festerem Boden? beim Muskel? beim Nerven? bei den Absonderungen?

Immer sind es zwei Wege, welche die Forschung fördern müssen, das einzelne Experiment, die einzelne morphologische Analyse auf der einen, die verknüpfende Spekulation auf der anderen Seite. Beide Methoden müssen sich gegenseitig ergänzen und befruchten.

In dieser Stunde aber schien mir es angezeigt, Ihnen nicht die Ergebnisse irgendwelcher Spezialuntersuchung vorzulegen, sondern ein Programm. Das aber konnte kein anderes sein, als das Ziel, welches instinktiv bei allen seinen Detailarbeiten in der Brust jedes Naturforschers schlummert, der Nachweis der Einheit der gesamten anorganischen und organischen Natur.

N a c h t r a g.

Nachträglich bin ich, zum Teil durch kollegiale Freundlichkeit, auf einige einschlägige neueste Arbeiten aufmerksam geworden, welche ich nicht übergehen zu dürfen glaube. Die im Vorstehenden vertretene Auffassung erleidet dadurch keine wesentliche Modifikation, erhält vielmehr, wie mir scheint, noch mehr theoretischen Halt.

Koenig's Behauptung von der Blaublindheit der Fovea centralis ist auf mehrfachen Widerstand gestoßen¹⁾, am energischsten von Seiten Hering's. von Kries macht selbst auf die Schwierigkeit aufmerksam, die Empfindung des Blau auf die Zersetzung von Sehgelb zurückzuführen, das erst aus dem Purpur entsteht; denn auch das völlig ausgeruhte Auge, das also derartig erzeugtes Sehgelb noch nicht enthalten kann, nimmt unmittelbar Blau wahr. Da aber beide Forscher gegen die Bedeutung der Sehstoffe, Sehrot und Sehgelb, im Allgemeinen nicht polemisieren, so wird auch die Begründung der Farbentheorie, insofern sie sich aus der Physiologie der Säuger herleitet, nicht weiter erschüttert.

Wesentlichen Succurs erhält sie dagegen durch Wiener's Abhandlung über Farbenphotographie durch Körperfarben²⁾. Wiener stellt den Satz auf: „Es ist grundsätzlich möglich, dass farbige Beleuchtung in geeigneten Stoffen gleichfarbige Körperfarben erzeugt“, d. h. solche, die nicht durch Interferenz, sondern durch Absorption bedingt werden. Das ist aber, auf die Organismenwelt übertragen, nichts anderes, als was ich angenommen habe. Nur habe ich einen viel allgemeineren und weitergehenden Zusammenhang zwischen Licht und ursprünglichem Protoplasma schlechthin wahrscheinlich zu machen gesucht als der Physiker, welcher die Anwendung auf die Biologie vorwiegend auf Poulton's Versuche an Lepidopteren, d. h. auf eine bereits sehr komplizierte Reihe von Erscheinungen und speziellen Anpassungen stützt.

Schließlich möchte ich noch für die Annahme, welche die Organismenwelt in Anlehnung an die Spektralfarben in ihrer natürlichen Folge entstehen und sich färben lässt, eine Thatsache ins Feld führen, den Mangel nämlich von Schwarz bei den Einzelligen. So viel ich weiß, kommt die Steigerung irgendwelchen Pigments bis zu Schwarz (— denn im Allgemeinen scheint dieses bei genügender Verdünnung durchweg

1) Hering, Ewald, Ueber angebliche Blaublindheit der Fovea centralis. Pflüger's Archiv, LIX, 1895, S. 403—414.

J. von Kries, Ueber die Funktion der Netzhautstäbchen. Zeitschrift f. Psychologie, IX, 1895, S. 81—125; besonders IV, S. 108.

2) Wiener, Otto, Farbenphotographie durch Körperfarben und mechanische Farbenanpassung in der Natur. Wiedemann's Annalen der Physik, LV, 1895, S. 225—281.

in andere Farben sich aufzulösen —) weder bei Protophyten noch bei Protozoen vor, daher auch die Wärmeabsorption schwerlich Anfang und Grundlage der Gesichtswahrnehmungen bilden kann; umgekehrt wiegen die roten, gelben und grünen Farben bei den Protisten vor. [13]

Ueber eiweißverdauenden Speichel bei Insektenlarven.

Von Dr. Wilibald A. Nagel,

Privatdozent der Physiologie in Freiburg i. Br.

An einer Anzahl erwachsener Larven des bekannten großen Schwimmkäfers *Dytiscus marginalis* L. hatte ich kürzlich Gelegenheit, einige Beobachtungen zu machen, die ich im folgenden mitteilen will. Leider war zu der Zeit, als ich die Tiere erhielt, die Periode ihrer Larvenentwicklung schon nahezu beendet, und die Tiere zeigten zum Teil schon deutlich das Verhalten, welches beim Herannahen des Zeitpunktes der Verpuppung bei allen Insektenlarven einzutreten pflegt, nämlich eine bei diesen sonst so lebhaften und raubgierigen Geschöpfen sehr in die Augen fallende Trägheit und Nachlassen bezw. bald gänzlichliches Aufhören der Fresslust.

Ausgenommen hievon waren einige Exemplare, die anfangs Juli eingefangen waren, und noch die ganze diesen Tieren eigene Wildheit und Fressgier zeigten, leider auch dadurch, dass anfänglich, ehe sie isoliert wurden, einige sich gegenseitig auffraßen.

Diese ungünstigen Umstände mögen es erklären, wenn die vorliegenden Beobachtungen von einem befriedigenden Abschlusse noch weit entfernt bleiben mussten. Auf der anderen Seite glaubte ich mir doch erlauben zu dürfen, diese Beobachtungen, denen der Biologe vielleicht einiges Interesse abgewinnen könnte, zu veröffentlichen, da eine Fortsetzung der Versuche aus dem angegebenen Grunde in diesem Jahre ausgeschlossen, und ihre Wiederaufnahme frühestens im nächsten Sommer möglich ist.

In erster Linie sei hier mit wenigen Worten an die eigentümliche Beschaffenheit der Mundteile der *Dytiscus*-Larve erinnert, in Folge deren dieselbe eine Sonderstellung nicht nur unter den Insekten und Gliedertieren überhaupt, sondern auch unter den Insektenlarven einnimmt. Nur die nächstverwandten Schwimmkäferlarven bieten, soviel bekannt, ähnliches; einige Neuropterenlarven zeigen, wie wir weiter unten sehen werden, in ihren Mundteilen zwar einen ähnlichen physiologischen Grundplan, der aber auf andere Weise zur Ausführung gebracht ist.

Das Besondere bei diesen Larven liegt darin, dass sie, obgleich so räuberische unersättliche Tiere, doch keinen eigentlichen Mund besitzen. Die Stelle, wo derselbe bei anderen Insekten und Insekten-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1896

Band/Volume: [16](#)

Autor(en)/Author(s): Simroth Heinrich Rudolf

Artikel/Article: [Ueber die einfachen Farben im Tierreich. 33-51](#)