Einfluss der Augen und der Bodenbeschaffenheit auf die Farbe der Pleuronektiden.

Von Osw. Polimanti.

(Aus der physiologischen Abteilung der Zoologischen Station zu Neapel.)

Georges Pouchet[1]) war der erste, der vermittelst an der Forelle angestellter experimenteller Untersuchungen die zwischen Hautfarbe (Chromatophoren) und Sehapparat bestehenden engen Beziehungen festgestellt hat. Nach vollständiger Exstirpation der Augen (oder auch nach einfacher Abtragung der Cornea) traf er bei diesen Fischen eine sehr intensive dunkle Färbung an, die auf eine Erweiterung der chromatophoren Zellen folgte, infolge welcher, wie es schien, die Eigenschaft der Farbeveränderung verloren gegangen war.

Homolaterale Blendung hatte bei der Forelle die Wirkung, dass die der Blendung entgegengesetzte Kopfhälfte dunkler wurde. Der Autor schloss daraus, dass Lichtreize vermittelst der Augen indirekt auf die Chromatophoren einwirken; nach Entfernung der Augen oder Unterdrückung ihrer Funktion tritt sofort eine Lähmung der Chromatophoren (Erweiterung) ein.

Im Jahre 1876 fand derselbe Pouchet bei einer Reihe ebenso eleganter als beweiskräftiger Untersuchungen, die er an platten Fischen anstellte, dass die Farbeveränderungen bei ihnen vom Willen des Tieres ganz unabhängig sind; sie haben zum Ausgangspunkt die von der Retina wahrgenommenen Lichteindrücke und stehen unter dem Einfluss des Nervensystems, kurz, sie sind reflektorischen Ursprungs.

Er behauptete, die Reize würden durch das sympathische Nervensystem hindurchgeleitet und Durchschneidungen des Zentralnervensystems seien ohne Wirkung, während dagegen Durchschneidungen des Sympathicus, und ausnahmslos des Trigeminus, eine sehr dunkle Färbung veranlassten.

---

1) Pouchet, G. 1. Sur les rapides changements de coloration provoqués expérimentalement chez les poissons. C. R. Soc. de Biologie, T. 72, 1871.

Ders. 2. Changement de la coloration chez certains poissons et certains crustacées. Ibidem, T. 74, 1872.

Ders. 3. Du rôle des nerfs dans les changements de coloration des poissons. Journal de l'anatomie et de la physiologie. 8 Année 1872.

Ders. 4. L'influence des nerfs sur le changement de coloration des poissons. Mémoires de l'Acad. des Sciences de l'Instituto de France 1874.

Ders. 5. Über die Wechselwirkung zwischen der Netzhaut und der Hautfarbe einiger Tiere. Wiener mediz. Jahrb. I, 1874.

Ders. 6. Le changement de coloration sous l'influence des nerfs. Journal de l'Anatomie et de la Physiologie 12 An. 1876, pp. 1—90 et pp. 113—165.

Ders. 7. Note sur un changement unilatéral de couleur, produit par l'ablation d'un oeil chez la truite Paris (1876). Mémoires C. R. Soc. Biologie 1877.

Ders. 8. Nouvelle note sur le changement unilatérale de couleur produits par l'ablation d'un oeil chez les truites. C. R. Soc. de Biologie, T. 27, 1878.

Pouchet konstatierte ferner, dass die Pleuronektiden nach Abtragung der Augen keine Änderung ihrer Farbe zeigen, sondern vielmehr eine mittlere Färbung beibehalten, die unverändert bleibt, auf welchem Grund das Tier sich auch befindet.

Diese Resultate Pouchet's wurden teilweise dann von Forschern bestätigt, die sich in der Folge mit dieser Frage beschäftigten.

Die Untersuchungen Lode's[2]) ergänzten und modifizierten Pouchet's Resultate, da sie nachwiesen, dass, wenn das Nervensystem außer Funktion gesetzt wird (indem man die Tiere blendet oder die zu den Chromatophoren hinziehenden Nerven durchschneidet), die Chromatophoren noch imstande sind, auf bestimmte Reize (elektrische, Druckreize) zu antworten. Dies beweist uns aber, dass diese Reize direkt auf die Chromatophoren einwirken und mithin die Annahme, dass die letzteren infolge der Blendung gelähmt bleiben, nicht richtig ist. Lode konnte ferner beobachten, dass auch unter natürlichen Verhältnissen, wenn Blindheit eintritt (Linsenkatarakt), eine dauernde Verdunklung der Fische verursacht werden kann.

Diese Beobachtung wurde später von Poulton bei der Forelle bestätigt.

Steinach[3]) konnte dann einen direkten Einfluss des Lichtes auf die Chromatophoren des Aales, des Lachses und der Forelle beobachten. Dieser Autor nimmt ferner an, dass das Schwarzwerden des Fisches nach Ausschälung beider Augen nicht vollständig dem Verlust der Empfindungen der Netzhaut zuzuschreiben ist, weil Blendung bei einigen Formen (*Platessa*) ein negatives Resultat ergibt. Und dann würden die Fische in anderen Fällen dunkler, wenn man andere experimentelle Mittel anwende (Injektionen von Silbernitrat, Verhinderung des Lichtdurchgangs und so auch mit den verschiedensten anderen experimentellen Mitteln, wobei er aber nie eine Blendung vornahm).

Semper[4]) fand bei den Makropoden vermittelst homolateraler Blendung eine vollständige Verdunkelung der Haut. Bilateral geblendete teleskopische Fische zeigten nur eine vorübergehende Verdunkelung der Haut, die dann mit zunehmendem Alter verschwand. Seine Untersuchungen an den Bachsaiblingen und der Regenbogenforelle, wie auch die starken Farbeveränderungen bei den Gold-

---

2) Lode, A. Beiträge zur Anatomie und Physiologie des Farbwechsels der Fische. Sitzungsber. d. mathem.-naturw. Klasse d. k. Akad. d. Wissensch. Wien, XCIX, III, 1891.

3) Steinach, E. Untersuchungen zur vergleichenden Physiologie der Iris. II. Mitteil. Pflüg. Arch. f. Physiologie, Bd. 5, 1892.

4) Semper. Beobachtungen aus den Aquarien des neuen zoologischen Instituts. Arb. aus d. zoolog. Institut Würzburg. Bd. 10, 1892.

fischen, erregten bei ihm starke Zweifel an der chromatischen Funktion der Chromatophoren.

Knauthe[5]) fand bei Süßwasserfischen (Cypriniden, Lucius etc.), die in allzu fischreichen und an Nährstoffen armen kleinen Seen sich aufhielten, eine starke Verdunkelung der Haut, die, wie er glaubt, durch Mangel an Nahrung bedingt ist (sie könnte auch von einem Mangel an im Wasser gelösten O_2 [gleichzeitig Überfluss von CO_2] herrühren).

Regnard[6]) studierte die Farbeveränderung von *Cyprinus* (sehr interessant ist die Tatsache, dass der in vollständiger Dunkelheit gehaltene *Cyprinus* nach einem Jahre ganz schwarz wird) und der Schleihe (*Tinca*), indem er durch die Untersuchungen die Lehre von der chromatischen Anpassung bestätigte.

Schöndorff[7]) beschäftigte sich damit, den Einfluss verschiedener farbiger Lichtstrahlen auf die Färbung der Forelle zu untersuchen und gelangten zu folgenden Hauptresultaten, die ich kurz zusammenfasse. Das gelbe Licht erzeugt ein dunkleres Kolorit des Fisches, während das durch Stanniol reflektierte Licht im Gegenteil ein Weißwerden des Fisches herbeiführt und das blaue und grüne Licht keine große Wirkung auf ihn ausüben. Wurden die Tiere in Gefäße gebracht, deren Seitenwände mit schwarzem Papier bedeckt waren, so färbten sie sich am Rücken und an den seitlichen Gegenden intensiv schwarz, während sie an der Bauchgegend ganz weiß blieben.

Diese Erscheinungen stehen nach Schöndorff vollkommen in Übereinstimmung mit der Lehre von der chromatischen Anpassung. Der Autor erklärt nun alle diese Farbeveränderungen durch einen Übergang der Chromatophoren aus den tiefen Hautschichten in die oberflächlichen und umgekehrt; dieser Übergang soll unter dem Einfluss des Nervensystems stattfinden.

Mayerhofer[8]) führte seine Untersuchungen an *Cottus gobio* und *Perca fluviatilis*, insbesondere aber an *Esox Lucius* aus. Er bestätigte, dass die Lichtreize indirekt (vermittelst der Augen und des Nervensystems) einwirken. Der Einfluss der Lichtreize soll nach ihm nicht nur von der Intensität und Beschaffenheit des Lichtes, sondern besonders von seiner Richtung abhängen. Eine vollständige Dunkelheit beeinflusst die Fische, die sie wahrnehmen, als starker Reiz (enorme Kontraktion der Chromatophoren), während

5) Knauthe. Über Melanismus bei Fischen. Zool. Anz., Bd. 15, 1892.

6) Regnard, P. De l'action des Chromoblastes chez la Loupe et la Tanche. C. R. Soc. Biologie, T. 5, 1893.

7) Schöndorff, A. Über den Farbenwechsel bei Forellen. Arch. f. Naturgeschichte, 69. Jahrg., 1903.

8) Mayerhofer, F. Farbwechselversuche am Hechte. Arch. f. Entw.-Mech. der Organismen. 28. Bd., 1909, p. 546—560.

sich bei geblendeten Fischen die Chromatophoren vollständig ausbreiten und bei normaler Beleuchtung eine völlig typische Ausdehnung des Pigmentes in der zuerst farblosen ventralen Gegend eintritt; dieser Vorgang zeigt sich jedoch gar nicht, wenn man das Licht vollständig isoliert, wobei vielmehr eine Reduktion des Pigmentes wahrzunehmen ist.

Šećerov[9]) stellte über die Farbeveränderung von *Nemachilus barbatula* L. Untersuchungen an, welche die von Meyerhofer in demselben Institut (Biologische Station, Wien) gemachten ergänzen. Dieser Fisch passt sich sehr gut einer dunklen oder hellen Umgebung an, auch wenn letztere gemischte Farben aufweist (sie werden hell, dunkel, orangefarben, je nachdem sie über weißem, schwarzem oder orangefarbenem Grund sich befinden). Er passt sich den Grundfarben des Spektrums an: Rot, Orange, Grün, Blau und Violett. Werden die vorher im Dunkeln gehaltenen Tiere auf Böden von verschiedener Farbe gebracht, so zeigen sie in ihrem Kolorit keinen Unterschied. Die auf ihrem oberen Teile beleuchteten Tiere werden hell, die in ihrem unteren Teile beleuchteten behalten die ursprüngliche Farbe bei. Homolateral geblendete Tiere, die zuvor am Licht oder im Dunkeln gehalten wurden, passen sich vollständig der Farbe des Bodens, auf den sie gebracht werden, an. Völlig geblendete und von Anfang an am Licht gehaltene Tiere zeigen keine Aufhellung, wenn sie auf einem weißen Grund gehalten werden; erst einige Tage nach der Blendung nehmen sie eine dunkelrotbraune Färbung an und behalten diese Färbung lange Zeit bei. Völlig geblendete Tiere, die vor der Blendung im Dunkeln gehalten wurden, zeigen eine rotbraune Farbe; ans Licht gebracht, wurden sie dunkelrotbraun, wie die Fische, die von Anfang an am Licht waren. Eine ventrale Pigmentierung zeigt sich bei bilateral geblendeten Tieren, die von Anfang an am Licht gehalten wurden; diejenigen, welche völlig geblendet im Dunkeln gehalten wurden, zeigen keine Bauchpigmentierung, zeigen sie aber sofort, wenn sie ans Licht gebracht werden.

Überernährung verursacht Schwarzwerden und eine Zunahme des schwarzen Pigments, Hungern dagegen Absorption des gelben Pigments und Verminderung der Erzeugung des schwarzen Pigments. Unter dem Mikroskop beobachtet man, dass die mit bloßem Auge angetroffene Färbung in der Mehrzahl der Fälle durch Pigment von derselben homogenen Farbe hervorgebracht wird. An isolierten, frischen Hautstücken vorgenommene Untersuchungen zeigen zuerst eine Spaltung des schwarzen Pigments bei einer

---

9) Slavco Šećerov. Farbenwechselversuche an der Bartgrundel (*Nemachilus barbatula* L.). Archiv für Entw.-Mech. der Organismen. 28. Bd., S. 629—660, 1909.

natürlichen Beleuchtung, hierauf eine Spaltung des isolierten schwarzen Pigments nach dem Wiener'schen Prinzip[10]).

Bauer[11]) fand, als er er die Augen von *Solea vulgaris* Quenzel oder von *Pleuronectes platessa* mit Lack zuschmierte oder diese Fische im Dunkeln ließ, eine enge Beziehung hinsichtlich der Zeit, die verging, zwischen der Farbe, die sie im normalen Zustande hatten und derjenigen, welche sich nach dem Aufhellen zeigte.

Buytendijk[12]), der sich in der Folge mit denselben Studien an *Pleuronectes* (Tarbutte) beschäftigte, konnte diese von Bauer behauptete Beziehung nicht konstatieren. Der Autor erklärt diesen Unterschied dadurch, dass er an eine mögliche Veränderung der Erregbarkeit bei den zu den Versuchen dienenden Tieren glaubt.

Es gelang ihm jedoch, die Resultate Pouchet's zu bestätigen und zu erweitern. Als er bei einem dieser Pleuronektiden ein Auge abtrug, nahm das Tier eine viel dunklere Farbe an; nach einiger Zeit jedoch, als es sich beruhigt hatte, nahm es dieselbe Farbe an wie der Boden, über dem es sich befand. Als er nun das am Tiere nur durch den Nervus opticus haften bleibende andere Auge abschnitt, „behielten (S. 594) die Tarbutten während mehrerer Wochen und Monate die Farbe bei, welche sie vor der Abtragung des letzten Auges angenommen hatten", d. h. ein helles oder dunkles Kolorit je nach dem Boden, auf welchen die Pleuronektiden vor der vollständigen Blendung gebracht worden waren. Er bemerkte ferner, dass einige von ihnen eine gewisse Zeit nach ihrer Blendung eine gelbliche Färbung annahmen.

Es ist das Verdienst van Rijnberk's[13]), dass er die Aufmerksamkeit der Forscher auf einen anderen Faktor, den Tastsinn, gelenkt hat, der einen Einfluss auf die Wirkung der Chromatophoren bei den Pleuronektiden ausüben soll.

Dieser Autor konnte bei *Pleuronectes maximus* beobachten, dass er sich vollkommen an die Farbe eines fertigen Bodens oder eines sehr feinen, gelben Meersandes bezw. eines dunkleren und groben Flussandes anpasst.

Nimmt man jedoch zwei Glasplatten, die diese beiden Böden vollkommen bedecken, und legt die Pleuronektiden darauf, so zeigt sich nach kurzer Zeit deutlich ein verschiedenes Aussehen bei den auf das Glas gebrachten Exemplaren und denjenigen, welche be-

---

10) Wiener, O. Farbenphotographie und mechanische Farbenanpassung in der Natur. Annal. d. Physik u. Chemie (Wiedemann), Bd. 55, p 225—281, 1895.

11) Bauer, V. Über die tonische Innervation der Pigmentzellen bei den Plattfischen. Centralbl. f. Phys., Bd. XXIV, Nr. 16.

12) Buytendijk, F. J. J. Über die Farbe der Tarbutten nach Exstirpation der Augen. Biolog. Centralbl., Bd. XXXI, 1. Okt. 1911, Nr. 19, p. 593—596.

13) v. Rijnberk, G. Piccoli contributi di Fisiologia comparata I. L'importanza della qualità fisica del suolo soprra i cambiamenti riflessi del colorito cutaneo nei Pleuronettidi Arch. di Farmacol. speriment. e Scienze affini Anno X. Vol. XI. 1911.

ziehungsweise auf dieselbe Art Sand, aber ohne eingelegtes Glas, gebracht wurden. Im allgemeinen nehmen die Exemplare auf Glas ein viel dunkleres Aussehen an als der Boden zeigt, auf welchem sie sich befinden. Der Autor nimmt deshalb an, dass ohne Zweifel der Tastsinn einen großen Einfluss auf die Wirkung der Chromatophoren ausübt.

Ferner nimmt v. Rijnberk auf Grund seiner früheren Untersuchungen (1906) und nach Analogie der von Bauer angestellten an, dass die blinden Pleuronektiden eine Tendenz haben, das Hautkolorit beizubehalten, das sie vor ihrer Blendung besaßen. Und für ihn hat es den Anschein, als ob dieses Kolorit sich nicht in bemerkenswerter und konstanter Weise durch die physikalischen Veränderungen des Bodens beeinflussen lasse.

Die Resultate Pouchet's wurden von Sumner[14]) durch Experimente am *Rhomboidichthys podas* in ihrem ganzen Umfang bestätigt.

Dieser Autor glaubt, dass bei völlig geblendeten Fischen (er nahm die Blendung vor, indem er Silbernitrat auf die Cornea brachte) die Chromatophoren nicht mehr reagieren.

Wenn die Fische im Dunkeln geblendet wurden, blieb ihre Färbung unbegrenzt dunkel. Wurde die Operation an einem Exemplar vorgenommen, das lange auf einem weißen Boden verweilt und mithin ein sehr blasses Kolorit angenommen hatte, so bestand diese blasse Färbung einen Zeitraum von 24 Stunden hindurch, worauf eine dunklere Farbe erschien.

Der merkwürdigste Fall zeigte sich aber bei Exemplaren, die sich lange einem weißen Grund angepasst hatten, über dem sie ca. 20 Tage geblieben waren. Werden sie dann 24 Stunden auf einen dunkeln Grund gebracht, so nahmen sie wieder eine dunkle Färbung an; dann erst wurden sie von Sumner geblendet. Einige Stunden nachher wurden diese Tiere blass und blieben es 24 Stunden lang. Die dunkle Färbung erschien allmählich wieder und blieb unbegrenzte Zeit bestehen. Was die Erklärung dieser Erscheinungen anbelangt, so erklärt Sumner, es sei schwer, auch wenn man einige der wunderlichen Anwendungen des Prinzips der Schutzfärbung unberücksichtigt lasse, angesichts dieser bei *Rhomboidichthys* beobachteten Tatsachen an der Möglichkeit der homochromischen Anpassung zu zweifeln.

Ein anderer Autor, v. Frisch[15]), stellte eine lange Reihe von Untersuchungen über die Chromatophoren der Haut der Fische an. Er konstatierte besondere chromatophore Zentren in verschiedenen

---

14) Sumner, F. B. The adjustement of flatfish to various backgrounds. A study of adaptive color change. The Journal of exp. Zoölogy, Vol. 10, Nr. 4, May 1911, p. 409—506, 14 Pl.

15) v. Frisch, K. Beiträge zur Physiologie der Pigmentzellen in der Fischhaut. Pflüg. Arch. f. Physiol. 1911, Bd. 138, p. 319—388, Taf. 4—5.

Teilen des Zentralnervensystems (Zwischenhirn, Zirbeldrüse) von *Phoxinus laevis* L. und *Salmo fario* L. — Übrigens waren diese Zentren viel früher schon von Margarethe Traube-Mengarini[16]) im Zentralnervensystem von Knochenfischen gesehen worden; auch ich habe sie bestätigt in einer Arbeit, deren Drucklegung noch nicht vollendet ist[17]).

Anämie und ein lokalisierter Druckreiz sollen Expansion der chromatophoren Zellen bewirken; dies hängt von Mangel an Sauerstoff ab, der direkt, unabhängig vom zentralen und peripheren Nervensystem, auf die Chromatophoren einwirkt.

Alle Operationen, die zum gänzlichen Verlust der Sehkraft führen, führen auch sofort zu einer vollständigen Verdunkelung der Fische. In der Folge, auch nach monatelang dauernder Beobachtung, können einige mehr oder minder hell und andere mehr oder minder dunkel werden: alle haben die Fähigkeit verloren, ihre Farbe der des Bodens anzupassen.

Exstirpation eines Auges führt bei den Cyprinoiden zu einer vorübergehenden Verdunkelung des ganzen Körpers; dann kehrt die normale Farbe zurück und das Tier passt sich dem umgebenden Medium an. Bei den Salmoniden dagegen führt Exstirpation (oder Verschluss) eines Auges zu einer Verdunkelung der entgegengesetzten Hälfte, die dann permanent bleibt.

v. Frisch ist der Ansicht, dass die Pigmentbildung (S. 383) „durch einen andauernden Expansionszustand der Chromatophoren gefördert, durch eine andauernde Kontraktion aber gehemmt werde“.

Während das Licht fast ohne irgendwelchen Einfluss auf die Farbe der Forellen (Salmoniden — *Salmo fario* L.) bleibt, reagieren hingegen Pfriller, Karauschen und Flussbarsche prompt auf eine Zunahme der Lichtintensität durch eine Verdunkelung, eine Lichtabnahme und ein Weißwerden des ganzen Körpers. Es würde sich also um eine direkte Erregbarkeit der Chromatophoren vermittelst des Lichtes handeln. — — —

Ich habe mir vorgenommen, das Studium dieser interessanten Frage wieder aufzunehmen und zu vervollständigen, auch in den Teilen, die mangelhaft erforscht wurden, um zu einer Lösung dieser Probleme zu gelangen.

Gewiss ist die Frage der Anpassung der Farbe an das umgebende Medium vermittelst der Chromatophoren von höchster biologischer Bedeutung, nicht nur hinsichtlich der Pleuronektiden,

---

16) Traube-Mengarini, M. Experimentelle Beiträge zur Physiologie des Fischgehirns Arch. f. Anat. u. Physiol. (physiol. Abteilung), 1884, p. 553—565,

17) Polimanti, O. Contributi alla Fisiologia del sistema nervoso centrale e del movimento dei Pesci. III. Teleostei. Zool. Jahrb. Abt. f. allgemeine Zool. u. Physiol. d. Tiere, Bd. XXXII, 1912 (im Druck).

mit denen wir uns jetzt beschäftigen, sondern auch bezüglich anderer Tiere (z. B. der Cephalopoden, Krustazeen etc.).

Es ist dies ein Mittel, das den erwähnten Tieren zu einem doppelten Zwecke dient: zum Schutz gegen ihre Feinde (andere größere Fische, Haifische, Godiden etc., auch größere Tiere derselben oder einer anderen Art etc.), und zur Offensive, weil sie, da sie sich wenig oder gar nicht sichtbar machen, viel leichter andere Tiere erbeuten können, ohne dass diese ihre Anwesenheit wahrnehmen.

Ich resümiere in aller Kürze die Resultate, welche ich bezüglich der verschiedenen Fragen erhielt, die zu lösen ich mir vorgenommen hatte.

Meine Untersuchungen stellte ich an mittelgroßen (Dimensionen im Durchschnitt 19 × 23 cm) Exemplare von *Rhombus laevis* an, die ich blendete, indem mit einem glühenden Eisen über die Cornea fuhr; bisweilen trat auf diese Weise vollständiges Auslaufen des Auges ein, in anderen Fällen machte ich die Cornea vermittelst Silbernitrat undurchsichtig.

1. Die erste Frage, deren Lösung ich unternahm, bestand darin, zu untersuchen, ob die homolaterale Blendung einen Einfluss auf die Farbe der beiden Rückenhälften ausübt.

Pouchet behauptet, wie wir gesehen haben, ein solcher Unterschied zeige sich bei der Forelle, d. h. die dem geblendeten Auge entgegengesetzte Hälfte werde weißer als die andere. Um bezüglich dieser Frage ins Reine zu kommen, habe ich ungefähr 15—20 Tage lang Exemplare von *Rhombus* in einem Bassin gehalten, dessen Boden mit Karraramarmor bedeckt, also vollständig weiß war, so dass die Fische bei Beendigung der Beobachtung ganz weiß geworden waren. Alsdann blendete ich das eine oder das andere Auge und brachte sie hierauf in ein Bassin, dessen Boden mit Sand von grauer Farbe bedeckt war.

Nun hatten diese Exemplare von *Rhombus* nach sehr kurzer Zeit ($15'$—$30'$—1^h—2^h) eine Farbe, die vollständig mit der ihrer Umgebung, des Bodens, übereinstimmte, so dass man sie häufig über diesem Boden nicht unterscheiden konnte und gleichzeitig kein Unterschied in der Farbe anderen normalen Exemplaren von *Rhombus* gegenüber, die in demselben Bassin gehalten wurden, bestand.

Daraus schließe ich, dass Blendung eines Auges keinen Einfluss ausübt auf die Färbung, welche man an der Rückenfläche des Pleuronektiden wahrnimmt. Ein einziges normales Auge genügt, damit das Tier seine Chromatophoren in der Weise anpassen kann, dass es die Farbe des umgebenden Mediums (Boden) annimmt, über welchem es sich befindet.

Das Kolorit ist grau und homogen auf beiden Seiten und unterscheidet sich durchaus nicht von dem eines in demselben Bassin befindlichen normalen Tieres.

Jene Erscheinung tritt ein, wenn man den Pleuronektiden auf einem Auge blendet und ihn dann aus einem Bassin mit grauem Boden (Sand) in einer von verschiedenem, weißem Boden (Karraramarmor) bringt. In sehr kurzer Zeit nämlich (30′—1ʰ) passt das Tier auch in diesem Falle seine Chromatophoren der Farbe des neuen umgebenden Mediums an.

Diese Resultate waren übrigens leicht vorauszusehen und ich bringe sie in enge Beziehung zur Unabhängigkeit in der Bewegung der Augen, die sich bei allen diesen Pleuronektiden zeigt (Analogie mit den Augen des Chamäleons).

Sehr charakteristisch ist die fortwährende Bewegung nach allen Richtungen dieser gestielten Augen (aus diesem Grunde viel größeres Gesichtsfeld), die den Pleuronektiden nicht nur dazu dienen, in möglichst kurzer Zeit ihre Chromatophoren dem äußeren Medium anzupassen, sondern auch sie vor ihren Feinden (Haifischen, Gadiden etc.) zu schützen und die kleinen Fische, die sie zu ihrer Beute machen, wahrzunehmen.

Diese Unabhängigkeit in der Bewegung der Augen zeigt sich auch bei anderen Grundfischen, mögen sie nun im Sande leben (z. B. *Trachinus*) oder auf Bäumchen (Lofobranchier).

2. Die zweite Frage, deren Lösung ich mir vorgenommen hatte, bestand darin, zu untersuchen, ob die bilaterale Blendung einen Einfluss auf die Farbe ausübt, sei es, dass das Tier in demselben Bassin aufbewahrt wird, in welchem es lange Zeit verweilt hatte und in welchem es nach der Blendung bleibt, sei es, dass es in ein anderes Bassin mit einem vom ersten vollständig verschiedenen Boden gebracht wird.

Ich habe Exemplare von *Rhombus* geblendet und sie dann in einem Bassin mit einem Boden (Karraramarmor oder grauer Meersand) gehalten, dem sie sich vollständig angepasst hatten und auf welchem sie stets geblieben waren.

Nun handelt es sich in diesem Falle darum, zu sehen, ob sie, da die Sehkraft fehlt, mit dem Tastsinn allein imstande sind, ihre Chromatophoren dem Medium des Bodens, auf welchem sie ruhen, anzupassen. Kurz, es handelt sich darum, zu sehen, ob diese Anpassung der Chromatophoren an die Farbe der Umgebung nur vom Gesichtssinn abhängt oder die Resultante aus taktilen und visiven Empfindungen ist und ob, wenn der Gesichtssinn fehlt, der Tastsinn imstande ist, ihn in dieser Funktion zu ersetzen.

Erhalten die Chromatophoren auf dem Reflexwege Reize aus dem Gesichtsorgan oder aus dem Gesichts- und Tastorgan zugleich,

oder kann diese Funktion in Ermangelung des Gesichtssinnes durch das Tastorgan allein vollzogen werden?

Ich habe Exemplare von *Rhombus* geblendet, die ich sofort nach der Operation zuerst in einem Bassin mit einem Boden (Karraramarmor oder grauer Meersand) hielt, dem sie sich vollständig angepasst hatten. Nach einer gewissen Zeit brachte ich sie dann in ein Bassin mit einem Boden, der von demjenigen, auf welchem sie sich ursprünglich befunden hatten, verschieden war.

Nun nimmt aber in dem Falle, wenn nun das geblendete Tier aus einem Bassin mit Sandboden, dem es sich mit seiner Farbe völlig angepasst hatte, in ein anderes mit Karraramarmor bedecktes, also vollkommen glattes Bassin bringt, der *Rhombus* in kurzer Zeit (innerhalb 24 Stunden) allmählich immer eine weißliche Färbung an; er behält stets ein sehr helles, graues Kolorit bei.

Zuweilen jedoch nehmen diese Fische, namentlich in einem ersten Zeitabschnitt, die nämliche dunkelgraue Farbe an und behalten sie auch, die sie hatten, als sie sich über dem Sandboden befanden; nur für kurze Zeit, fast sofort nach Beendigung der Operation, nehmen sie ein weißliches Kolorit an, das jedoch von kurzer Dauer ist ($30' - 1^h - 2^h$).

Geblendete Exemplare von *Rhombus* behielten, wenn sie schon ihre Chromatophoren der grauen Sandoberfläche eines Bodens angepasst hatten, diese graue Färbung stets die ganze Zeit hindurch bei, so lange sie in diesem Bassin verblieben. Wurden sie dann in ein Bassin mit glattem Boden (Karraramarmor) gebracht, so behielten sie auch hier jene ganz charakteristische graue Farbe bei. Im Anfang zeigen sie etwas motorische Hyperaktivität, verhalten sich aber dann völlig unbeweglich am Boden (sie gewöhnen sich an den für diese Fische lästigen Reiz, den der glatte Boden für sie bedeutet). Vielleicht behalten sie dieses graue Kolorit bei, weil sie sich möglicherweise an die Farbe des Sandes erinnern, den sie gesehen haben; kurz, sie sollen ein wahres und eigentliches Gedächtnis besitzen, eine Erinnerung an das, was sie früher gesehen und betastet haben, als sie im normalen Zustand waren.

Und der hiesige taktile Reiz hat sich so den früheren Empfindungen (Gesichts-Tastsinn) untergeordnet erhalten, dass er, wie es scheint, keinen Einfluss auf eine Farbeveränderung dieser Pleuronektiden ausübt, wenn sie derartigen experimentellen Bedingungen ausgesetzt werden.

Nachdem sie 17—20 Tage oder auch nur einen Tag auf diesem völlig glatten Boden sich befinden, erscheinen auf der Rückenfläche kaffeebraune (schokoladefarbene) Flecken von 5 mm Durchmesser, die ihrerseits von vielen Pünktchen von sehr intensiver grauer Farbe umgeben sind. Diese Flecken nehmen während der folgenden Tage

an Volumen zu und sind mit einer gleichmäßigen grauen Farbe vermengt und davon umgeben.

Diese sehr charakteristischen schokoladefarbenen Flecken nehmen allmählich, je mehr Zeit verfließt, immer an Zahl und auch an Volumen zu.

An einigen Tagen behalten sie diese sehr intensive graue Färbung nicht bei, sondern zeigen eine viel hellere graue Farbe, obwohl das umgebende Medium vollkommen dieselben Bedingungen beibehält.

Zuweilen treten sie auch in Emprosthotonus ein, um die Bauchfläche von dem lästigen Reiz des flachen Bodens zu entfernen; werden sie aber auf dem Rücken gereizt, so legen sie sich sofort mit der Bauchfläche dem Boden an.

Eine konstante Tatsache, die ich bei allen vollständig geblendeten Pleuronektiden beobachtet habe und von der ich bald in einer schon im Drucke befindlichen Arbeit[18]) eine genaue Beschreibung geben werde, ist, dass sie, sobald sie in ein Bassin — namentlich in einer mit völlig glattem Boden — gebracht werden, sobald sie es berühren (lästiger Reiz), sich sofort heben und fortwährend umherschwimmen, indem sie in einem fort kreisförmige (Reitbahn-) Bewegungen nach der einen oder anderen Seite hin machen. Dieselben Erscheinungen habe ich nicht nur bei anderen geblendeten Fischen beobachtet, sondern auch bei geblendeten Cephalopoden (*Sepia*)[19]). Meiner Ansicht nach hängen sie von den Einflüssen ab, welche die Asymmetrie der verschiedenen Tiere ausübt, wie ich ausführlich in meiner oben erwähnten Arbeit dargelegt habe.

Diese Erscheinung zeigt sich wenigstens 30′ lang bis zu 1—2—3 Stunden; dann beruhigt sich der Pleuronektide und legt sich vielleicht infolge Ermüdung auf den Boden, nachdem er jene charakteristischen Bewegungen mit den Seitenflossen gemacht hat, die er immer ausführt, wenn er sich mit Sand bedecken will.

Eine Hyperaktivität tritt stets bei Pleuronektiden ein, die auf einem oder auf beiden Augen geblendet sind, namentlich in den ersten Zeiten nach der Operation, und insbesondere bei den vollständig blinden, die bei Nacht stets das Bassin, in welchem sie sich befinden, verlassen.

Vielleicht ist der Mangel des Gesichtssinnes schuld daran, dass das Tier in fortwährender Hyperaktivität und Bewegung verharrt. Normale Pleuronektiden hingegen halten sich fast immer völlig

---

18) Polimanti, O. Sopra i movimenti che si determinano nei pesci per una anormale illuminazione dagli occhi. Zeitschr. f. allgem. Physiologie, Bd. XIII, 1912, p. 348—365

19) Polimanti, O. Contributi alla fisiologia del sistema nervoso centrale e del movimento negli animali inferiori. IV. *Cephalopoda*. Internat. Monatsschrift f. Anat. u. Physiol., Bd. XXIX, 1912, p. 70—143.

unbeweglich und im Sande verborgen zum Zwecke der Verteidigung und gleichzeitig auch des Angriffs.

Gewiss wird ein mit Sand bedeckter Boden eine nicht lästige Wirkung auf die Bauchfläche aller Pleuronektiden und auf diese Fläche gewiss eine hemmende Wirkung ausüben. Wird der Pleuronektide auf einen mit Sand bedeckten Boden gebracht, so wird er vollkommen ruhig bleiben und sich mit diesem Sande bedecken.

Dagegen wird ein vollständig ebener oder auch mit Steinen bedeckter Boden auf die Bauchfläche eine dynamogene Wirkung ausüben und bewirken, dass der Pleuronektide in beständiger Bewegung verharrt und nur infolge Ermüdung auf den Boden fallen wird.

Und gerade vermittelst dieses Mechanismus werden wir uns auch die von van Rijnberk erhaltenen Resultate erklären können.

Es ist sicher, dass ein völlig ebener oder auch mit Steinen oder mit sehr grobem Sand bedeckter Boden eine sehr lästige Wirkung auf die Pleuronektiden ausüben muss, weil sie, sobald sie ihn berühren, sich sofort in die Höhe heben, als ob sie mit einem sehr lästigen Reiz in Berührung kämen.

Wegen dieses auf der Bauchfläche sehr lästigen Reizes befindet sich wohl auch der Pleuronektide in so schlechten Verhältnissen, dass er vielleicht nicht die nämliche Farbe annimmt wie der Boden, über welchem er sich befindet. Sobald nämlich ein Pleuronektide sich über einem Boden mit Sand befindet, gräbt er sich sofort hinein, während er dagegen nur — ich wiederhole es nochmals — wenn er völlig müde ist, sich auf einen vollständig glatten Boden legen wird.

Sehr groß ist die Hyperaktivität, in welcher sich ein in Berührung mit einem flachen und hellen Boden (Karraramarmor) stehender Pleuronektide befindet, dass diese Fische, wenn sie in solchen Bassins gehalten wurden, stets während der Nacht (wie ich schon oben andeutete) aus dem Bassin sprangen und des Morgens auf dem Boden des Zimmers tot aufgefunden wurden.

Ohne Zweifel übt also der Tastsinn einen großen Einfluss auf die Funktion der Chromatophoren aus.

Ein so lästiger Reiz ist der, den eine flache oder aus mehr oder weniger dicken oder spitzigen Steinen bestehende Fläche auf die Bauchfläche ausübt, dass er mit dem verglichen werden kann, den ein sehr starker thermischer Reiz, der auf eines dieser Tiere in diesen Gegenden einwirkt, hervorruft.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Biologisches Zentralblatt

Jahr/Year: 1912

Band/Volume: 32

Autor(en)/Author(s): Polimanti Osvaldo

Artikel/Article: Einfluss der Augen und der Bodenbeschaffenheit auf die Farbe der Pleuronektiden. 296-307