

kömmlinge der Rhodophyten und welche von Flagellatenvorfahren abzuleiten sind. Vielleicht ergeben Zellstudien Anhaltspunkte hierüber. Das Schema kann auch nicht als bindend angesehen werden für die zeitliche Feststellung der Abzweigung der gleichfarbigen Reihen (*Conjugatae-Chlorophyceae*, *Bacillariales-Phaeophyta*) von Flagellaten resp. Rhodophyten.

Die vorliegenden Ausführungen sind als ein Versuch aufzufassen, die verschiedenen Algenreihen als Ergebnisse der Einwirkung äußerer Faktoren, in erster Linie des Lichtes, auf die Vorfahren der Flagellaten zu betrachten.

## Über den Einfluss der Temperatur auf die schwarzen Pigmentzellen der Fischhaut.

Von Karl v. Frisch.

(Aus dem zoologischen Institut der Universität München.)

Wenn man sich die Angaben zusammenstellt, die über den Einfluss der Temperatur auf den Kontraktionszustand der Melanophoren bei den niederen Wirbeltieren gemacht worden sind, findet man eine Einstimmigkeit, über welche man auf dem an Widersprüchen reichen Gebiete des Farbenwechsels fast verwundert ist. Es wird allgemein behauptet, dass erhöhte Temperatur Aufhellung, also Kontraktion der Melanophoren, erniedrigte Temperatur Verdunklung, somit ihre Expansion bewirkt. Eine genauere Durchsicht der Beobachtungen führt aber zu einem recht unbefriedigenden Resultat. Die Versuche sind fast stets so ange stellt worden, dass die ganzen Tiere der Wärme oder Kälte ausgesetzt wurden. Damit ist einer Reihe von Fehlerquellen Tür und Tor geöffnet, und so sind wir uns darüber, ob die Temperaturdifferenzen eine direkte Wirkung auf die Melanophoren ausüben, völlig im unklaren; gerade dies zu wissen wäre aber für die Physiologie der Pigmentzellen von Wichtigkeit.

Wenn Keller<sup>1)</sup> fand, dass bei Erwärmung auf 30—38° C. die Chamäleonen heller wurden als gewöhnlich, oder wenn Grijns<sup>2)</sup> für eine Anzahl Reptilienarten angibt, dass sie sich in der Wärme hell, in der Kälte düster färben, oder wenn Parker und Staratt<sup>3)</sup> an *Anolis* Braunfärbung bei 10° C., Grünfärbung bei 40—45° C. konstatierten, oder wenn Parker<sup>4)</sup> auch an *Phrynosoma* eine gleich-

1) Über den Farbenwechsel des Chamäleons und einiger anderer Reptilien. Pflüg. Arch. f. d. ges. Physiol., Bd. 61, 1895, S. 129.

2) Zool. Garten, Jahrg. 40, 1899, S. 49—55.

3) Zit. in v. Rynberk, Über den durch Chromatophoren bedingten Farbenwechsel der Tiere. Asher und Spiro, Ergebn. d. Physiol., 5. Jahrg. (1. u. 2. Abt.), 1906, S. 471.

4) The influence of light and heat on the movement of the melanophore pigment, especially in lizards. Journal of exper. Zoology, Vol. 3, Nr. 3, S. 401—414, 1906.

sinnige Reaktion auf Temperaturdifferenzen feststellte, ist damit nicht bewiesen, dass Wärme unmittelbar die Kontraktion der Melanophoren begünstigt und Kälte ihre Expansion, wie Parker die Sache aufzufassen scheint; die Verfärbung kann ebensogut — um nur eine andere Möglichkeit zu erwähnen — durch psychische Vorgänge bedingt und so indirekt von dem Temperaturwechsel ausgelöst sein, und die Beobachtung von Tomasini und Consiglio<sup>5)</sup>, dass das Chamäleon nicht nur bei sehr hoher (40—45° C.), sondern auch bei sehr niedriger (0—5° C.) Temperatur ganz hell wird, würde zu dieser Vorstellung sogar besser stimmen.

Dass Frösche bei Erwärmung, ja schon wenn man sie in die Hand nimmt, eine hellere Farbe annehmen (Hering und Hoyer<sup>6)</sup>), kann in gleicher Weise auf eine psychische Erregung zurückzuführen sein. Dass in Eis gesteckte Laubfrösche unter sonst gleichen Verhältnissen dunkler wurden als andere, bei Zimmertemperatur gehaltene (Bimmermann<sup>7)</sup>), kann einfach eine Folge der Erstarrung, der Lähmung des Zentralnervensystems sein. Dass in der Wärme gehaltene Salamanderlarven heller wurden als die Kältetiere (Fischel und Flemming<sup>8)</sup>), kann mit Differenzen in der Sauerstoffversorgung der Pigmentzellen zusammenhängen (Sauerstoffreichtum wirkt auf die Melanophoren im Sinne der Expansion, Sauerstoffmangel bringt sie zur Kontraktion) und kann auch andere Ursachen haben. Dagegen hat Biedermann<sup>9)</sup> am Frosch einen Versuch gemacht, der die Frage zu entscheiden scheint. Er sagt auf S. 487: „Ganz allgemein scheint eine niedere Außentemperatur die Ausbreitung, eine höhere die Kontraktion der Chromatophoren zu begünstigen . . . Es fragt sich nur wieder, ob Wärme und Kälte die Chromatophoren direkt oder unter Vermittlung des Nervensystems beeinflussen. Da bei Temperaturschwankungen die Pigmentverschiebung auch dann noch eintritt, wenn an einer Extremität der Hauptnerv, alle Weichteile, und außerdem die mit den Gefäßen verlaufenden Nerven durchtrennt oder leitungsunfähig gemacht wurden, und da ferner auch an frisch abgetrennten, dunkel gefärbten Hautstücken

5) Zit. in v. Rynberk, l. c., S. 455.

6) Zit. in v. Rynberk, l. c., S. 499.

7) v. Rynberk, l. c., S. 502.

8) Fischel, Über Beeinflussung und Entwicklung des Pigmentes. Arch. f. mikr. Anat. u. Entwicklungsgesch., Bd. 47, 1896, S. 719—734. — Flemming, Über den Einfluss des Lichtes auf die Pigmentierung der Salamanderlarven. Detto Bd. 48, 1897, S. 369—374. — Flemming, Weitere Bemerkungen über den Einfluss von Licht und Temperatur auf die Färbung der Salamanderlarven. Detto Bd. 48, 1897, S. 690—692. — Fischel, Über den Einfluss der Pigmentierung durch Wärme und Licht. Sitzungsber. d. deutsch. naturw. mediz. Vereins für Böhmen „Lotos“. Prag, Jahrg. 1896, S. 259—263.

9) Über den Farbenwechsel der Frösche. Pflüg. Arch. f. d. ges. Physiol., Bd. 51, 1892.

die postmortale Pigmentballung bei Erwärmung viel rascher erfolgt als sonst . . . scheint es sich hier um eine direkte Wirkung auf die Zellen zu handeln.“ Allerdings dürfte man einen solchen Schluss nur aus dem ersten Versuch ziehen; die zweite Tatsache, dass die Pigmentballung an abgetrennten Hautstücken in der Wärme rascher erfolgt, ist gewiss, ebenso wie bei Fischen<sup>10)</sup>, dadurch zu erklären, dass in der Wärme der Sauerstoffmangel, als dessen Folge die postmortale Pigmentballung eintritt, sich früher geltend macht als in der Kälte. Aus einer kurzen Angabe von Ehrmann<sup>11)</sup> lässt sich nicht entnehmen, ob bei seinem Versuch Druckwirkung oder eine Erregung der pigmentomotorischen Nerven in der Haut durch die Wärme ausgeschlossen war: „Ich legte eine etwas über 1 cm im Durchmesser haltende scheibenförmige Metallkapsel, die von Wasser von 38° C. durchflossen war, auf die Rückenhaut eines dunkelgrauen und eines dunkelgrünen Laubfrosches und erzielte dadurch, dass die von der Kapsel bedeckte Haut das einmal hellgrün, das anderemal hellweiß wurde.“ Wieviel Zeit bis zum Eintritt der Aufhellung verstrich, wird nicht gesagt.

Was nun die Fische anbelangt, so existieren meines Wissens über dieses Thema nur einige Bemerkungen von Knauth<sup>12)</sup>; er sagt (S. 109): „Auf Eis gelegte und mit Wasser beträufelte oder mit Schnee bestreute zählebige Fische, wie: *Cyprinus carpio* L., *Carassius vulgaris* Nils., *Tinca vulgaris* Cuv., *aurata* Bl., *Rhodeus amarus* Bl., *Gobio fluriatilis* Cuv., *Misgurnus fossilis* Gessn., ab und zu auch *Perca fluriatilis* L. erstarrten selbst bei relativ hoher Temperatur (—2° bis —4,5° C.) ziemlich schnell; ihre Chromatophoren expandierten sich ungemein . . .“ Ferner auf S. 111: „Alle Fische, welche hier die Forellenregion bevölkern . . . *Leucispius delineatus* v. Sieb., *Leuciscus phoxinus* Flem., endlich *Nemachilus barbatulus* Günth. fallen, sobald die Temperatur des Wassers ein wenig unter 0° C., also etwa bis —0,5°, höchstens —0,6° C. herabsinkt, in Kältestarre, liegen mit hochgradig expandierten Chromatophoren am Grunde des Gefäßes . . . Die älteren erwachsenen Tiere legen hierbei das hochzeitliche Gewand an . . .“ Es ist klar, dass in diesen Fällen die Erstarrung der Fische die Hauptursache der Verdunklung ist; es muss ja durch sie der Einfluss des Zentralnervensystems auf die Chromatophoren aufgehoben werden, der von ihm ausgehende Tonus fällt weg und die Pigmentzellen gehen in extremen Expansionszustand über, wie sie es auch stets tun,

10) v. Frisch, Beiträge zur Physiologie der Pigmentzellen in der Fischhaut. Pflüg. Arch. f. d. ges. Physiol. 1911, Bd. 138, S. 341.

11) Beitrag zur Physiologie der Pigmentzellen nach Versuchen am Farbwechsel der Amphibien. Arch. f. Dermatol. u. Syphil., Jahrg. 24, 1892, S. 535.

12) Meine Erfahrungen über das Verhalten von Amphibien und Fischen gegenüber der Kälte. Zool. Anz., Bd. 14, 1891.

wenn der Einfluss des Zentralnervensystems operativ ausgeschaltet wird<sup>13)</sup>; und das „hochzeitliche Gewand“ ist eben auch nichts anderes als eine starke Expansion der Pigmentzellen.

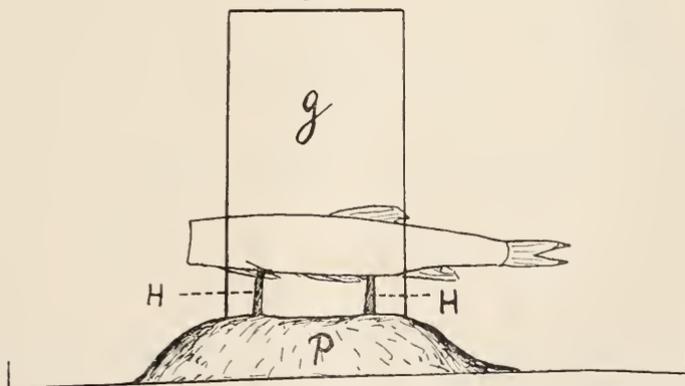
Ich wollte nun schon vor längerer Zeit im Zusammenhang mit anderen Versuchen über den Farbwechsel der Fische ein einfaches Experiment machen, um vor allem zu entscheiden, ob eine lokale Beeinflussung der Pigmentzellen durch Temperaturunterschiede bei den Fischen besteht. Aus Zeitmangel verzögerte sich die Sache, und so lasse ich jetzt diese Mitteilung der anderen Arbeit, welche inzwischen veröffentlicht wurde<sup>14)</sup>, als kleinen Nachtrag folgen.

Als Versuchsobjekt diente ausschließlich die Pfrille (Ellritze, *Phoxinus laevis* L.); die Temperaturen wurden innerhalb der Grenzen gehalten, wo sie ohne Schädigung der lebenden Zellen angewandt werden konnten.

#### a) Versuche am toten Fisch.

Sind die Melanophoren durch Wärme direkt erregbar, so ist zu erwarten, dass dies am überlebenden Gewebe, also am frisch getöteten Tier nachzuweisen ist. Um einen Einfluss des Zentralnervensystems auszuschließen, schnitt ich den Fischen den Kopf ab

Fig. 1.



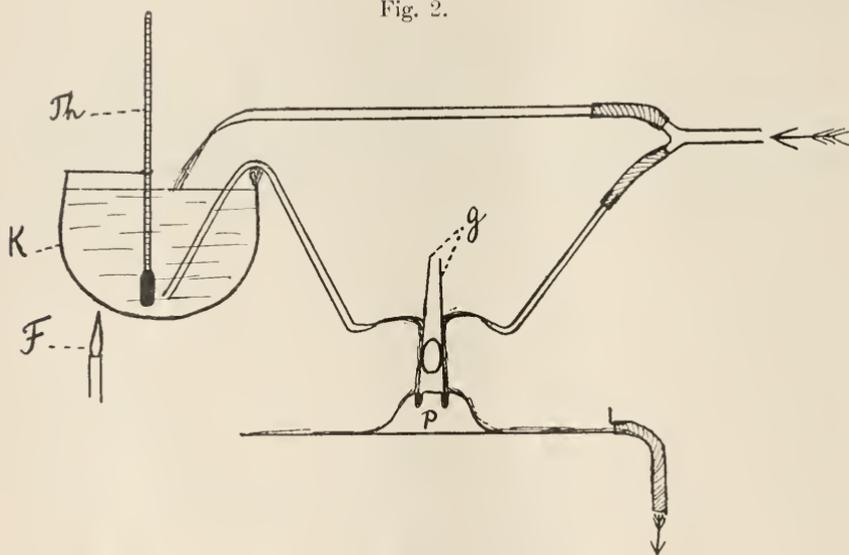
und zerstörte dann mit einer feinen Sonde das Rückenmark. Die unmittelbare Folge davon ist die maximale Expansion der Melanophoren und sie verharren in diesem Zustand bis zum Eintritt der Anämieaufhellung. Um den so vorbereiteten Fisch unter sonst völlig gleichen Bedingungen auf einer Seite erwärmen, auf der anderen Seite bei Zimmertemperatur halten zu können, traf ich folgende Anordnung (Fig. 1): Der Fischkörper wurde auf zwei spitze Hölzchen (*H*) gespießt, die aus einem Sockel aus Plastilin (*P*) heraus-

13) Vgl. Frisch, l. c., S. 322 ff.

14) l. c.

ragten; dann wurden in den Plastilinsockel zwei Glasstreifen (*g*) gesteckt und zwar so, dass sie von beiden Seiten gleichmäßig dem Fischkörper anlagen. Nun wurde über die Außenseite des einen Glasstreifens Wasserleitungswasser von ca.  $14^{\circ}$  C., über die des anderen Glasstreifens erwärmtes Wasser von  $30\text{--}35^{\circ}$  C. geleitet. Fig. 2 zeigt diese Vorrichtung im Gang. In den Kessel (*K*) fließt soviel kaltes Wasser zu, als erwärmtes abfließt, und die Temperatur wird mit Hilfe der Flamme *F* und des Thermometers *Th* konstant erhalten. Durch Auffangen des vom Glasstreifen abfließenden Wassers konnte ich mich leicht überzeugen, dass dieses sich auf seinem Wege nicht nennenswert abkühlte, und dass also am Glase tatsächlich die gewünschte Temperatur herrschte.

Fig. 2.



Die Resultate waren nun in allen (8) Versuchen übereinstimmend; ich greife einen konkreten Fall heraus: Der Fisch wurde von einer Seite mit Wasser von  $35^{\circ}$ , von der anderen mit solchem von  $15^{\circ}$  behandelt; nach 5 Minuten ist die Färbung auf beiden Seiten noch völlig gleich; nach 10 Minuten scheint mir die Haut, soweit sie dem erwärmten Glase anliegt, eine Spur heller als unterm kalten Glas; nach 15 Minuten ist dieser Unterschied deutlich; nach 25 Minuten ist die Aufhellung auf der Warmseite eine starke und sie bleibt nun so, während die Kaltseite auch nach 40 Minuten noch tiefdunkel ist; nach 50 Minuten beginnt die Haut auch auf der Kaltseite, soweit sie dem Glase anliegt, sich aufzuhellen und dies wird immer deutlicher, bis sie  $1\frac{1}{2}$  Stunden nach Beginn des Versuchs ebenso hell geworden ist wie auf der Warmseite.

In den übrigen Versuchen war das Ergebnis im wesentlichen dasselbe, die Aufhellung begann auf der Warmseite nach 7—25 Minuten und trat stets auch auf der Kaltseite ein, jedoch beträchtlich später.

Ist dies nun eine direkte Beeinflussung der Melanophoren durch die Temperatur? Gewiss nicht. Denn sonst dürfte die Aufhellung auf der Warmseite nicht so lange auf sich warten lassen und die Aufhellung auf der Kaltseite nicht so bald auf sie folgen. Sondern wir haben es hier mit der Wirkung des Sauerstoffmangels zu tun, der die Pigmentzellen zur Kontraktion bringt, mit der bekannten Anämieaufhellung, die sonst allerdings nicht so rasch erscheint, in unserem Versuch aber durch den Druck der anliegenden Glasplatten beschleunigt wird<sup>15)</sup>; sie tritt in der Wärme wegen der lebhafteren Sauerstoffzehrung in den Geweben stets viel rascher ein als in der Kälte.

#### b) Versuche am lebenden Fisch.

Nach diesem negativen Resultat wandte ich die gleiche Methode an lebenden Pfrillen an. Diese wurden natürlich nicht aufgespießt, sondern einfach mit dem Bauche nach unten auf den Plastilinsockel gelegt, wo sie ganz ruhig liegen blieben, wenn sie durch einen in ihrem Munde befestigten Schlauch mit Atemwasser versorgt wurden. Dann steckte ich wieder zu beiden Seiten des Fisches die Glasstreifen so in das Plastilin, dass sie den Körperseiten des Tieres unter leichtem Druck anlagen. Hierauf wurde, in einer Reihe von Versuchen, über das eine Glas Wasser von Zimmertemperatur (14—16° C.), über das andere Wasser von 35° C. geleitet. Da zeigte sich nun ein überraschender Effekt, der, trotz oftmaliger Wiederholung, niemals ausblieb: Der Fisch wurde, meist schon nach wenigen Sekunden, auf der Warmseite deutlich dunkler als auf der Kaltseite — das gerade Gegenteil von dem, was nach den bisherigen Angaben zu erwarten war. Diese Färbungsdifferenz, welche so rasch zum Vorschein kommt, bleibt nun bestehen, wenn man den Versuch durch längere Zeit in Gang lässt (der am längsten ausgedehnte dauerte 1 Stunde); es kam vor, dass der Fisch während dieser Zeit seine Farbe stark veränderte, bald dunkel, bald wieder hell wurde; der Unterschied zwischen den beiden Seiten blieb aber dabei stets erhalten.

Variiert man den Versuch in der Weise, dass man den Fisch wieder auf der einen Seite mit ca. 15grädigem Wasser behandelt, auf der anderen aber mit solchem, das auf 3—5° C. abgekühlt ist, so hellt sich nun das Tier auf der Kaltseite maximal auf, während es auf der anderen Seite seine mittlere Färbung behält; diese Aufhellung stellt sich gleichfalls nach kurzer Zeit ein und ließ sich

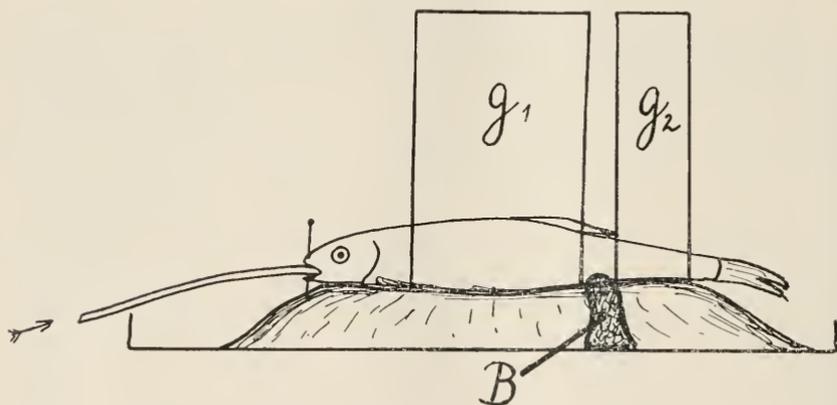
15) Vgl. Frisch, l. c., S. 342—345.

manchmal an dem Verschwinden der dunkeln Seitenflecken besonders schön verfolgen. Den prächtigsten Effekt kann man erzielen, wenn man den Fisch gleichzeitig auf einer Seite mit erwärmtem ( $35^{\circ}\text{C.}$ ), auf der anderen mit gekühltem ( $4^{\circ}\text{C.}$ ) Wasser traktiert.

Wir stehen nun vor der Frage, ob diese Temperaturwirkung als eine direkte Beeinflussung der Melanophoren oder als ein reflektorischer, durch sensible Hautnerven, welche der Temperaturempfindung dienen, vermittelter Vorgang aufzufassen ist. Da schien es mir zunächst wichtig, festzustellen, ob die Wirkung eine rein lokale ist.

Es wurde eine Pfrille in der schon beschriebenen Weise zwischen die beiden Glasstreifen ( $g_1$ , Fig. 3) gebracht, und zwar wurde ein so großes Tier ausgewählt, dass es hinten noch beträchtlich über die Glasstreifen hinausragte, und so konnte vor seinem Schwanzende noch ein zweites, schmaleres Paar von Glasstreifen ( $g_2$ ) an seinen

Fig. 3.



Körper angelegt werden; zwischen den Glasstreifen wurde jederseits ein kleiner Zwischenraum gelassen und daselbst ein Bauschen Filtrierpapier ( $B$ ) angebracht; das erwies sich als notwendig, wenn die Glasplatten  $g_2$  auf gleicher Temperatur (Zimmertemperatur) erhalten werden sollten, während die Platten  $g_1$  mit Wasser von  $15^{\circ}$  und  $35^{\circ}\text{C.}$  bestrahlt wurden.

Das Ergebnis war, dass unter den Platten  $g_1$  wie gewöhnlich der Unterschied deutlich hervortrat, während unter den Platten  $g_2$  die Färbung beiderseits völlig gleich blieb. Die Temperaturwirkung ist also nicht nur auf die Seite beschränkt, wo sie zur Anwendung kommt, sondern rein lokal. So sehr nun ein entgegengesetztes Resultat für die Reflexnatur des Vorganges beweisend gewesen wäre, so wenig lässt sich dieses Resultat als exakter Beweis dagegen verwerten. Denn es könnte ja die reflektorisch ausgelöste Verfärbung auf die Stelle beschränkt sein, von der die Erregung stammt.

Vielleicht kommt jemand auf den Gedanken, dass die Erklärung in einer ganz anderen Richtung zu suchen sei, dass nämlich die Temperatur die Blutzirkulation beeinflusse, etwa so, dass sich in der Wärme die Gefäße in der Haut erweitern, in der Kälte dagegen verengern und so die Pigmentzellen bei der Erwärmung reichlicher mit Sauerstoff versorgt werden und sich daher expandieren; dass der Einfluss ein lokaler ist, wäre mit dieser Vorstellung vereinbar; sie ist aber unzutreffend. Ich durchtrennte einigen Pfrillen mit einer Sichelnaedel von der Bauchhöhle aus den Sympathicus und die großen Gefäße kranial vom 15. Wirbel; die Folge davon ist<sup>16)</sup>, dass die kranial von der Wunde gelegene Körperpartie sich maximal dunkel färbt, weil sie dem Einfluss des Zentralnervensystems entzogen ist, während der Körper kaudal von der Wunde seine normale Färbung behält, aber von der Blutzirkulation abgeschnitten ist; das Blut stagnierte in der Schwanzflosse, wo sich die Zirkulation am lebenden Fische bei schwacher Vergrößerung unterm Mikroskop leicht kontrollieren lässt, vollständig, und es trat nach einigen Stunden am ganzen Hinterkörper Anämieaufhellung ein. Wenn ich nun so operierte Pfrillen gleich nach der Operation so wie in den früheren Versuchen einer einseitigen Erwärmung aussetzte, trat kaudal von der Wunde die Färbungsdifferenz ganz wie bei normalen Tieren ein, und sie muss daher von der Blutzirkulation unabhängig sein.

Man sollte denken, ein direkter Einfluss der Temperatur müsste sich, wenn er besteht, an Hautstellen, deren Pigmentzellen durch Zerstörung des Sympathicus ihrer Verbindung mit dem Zentralnervensystem beraubt sind, nachweisen lassen. Dass bei Pfrillen, die nach Durchtrennung des Sympathicus mit erwärmtem (35° C.) und normalem (15° C.) Wasser behandelt wurden, in dem paralyisierten Körperteil kein Unterschied zwischen Warmseite und Kaltseite zu bemerken war, sondern dass beide Seiten maximal dunkel blieben, war eigentlich zu erwarten, denn die Erwärmung wirkt im Sinne der Expansion, welche aber schon infolge der Nervendurchtrennung eine maximale ist. Dagegen hätte man bei der Abkühlung einer paralyisierten Stelle auf eine deutliche Aufhellung rechnen können; die Deutlichkeit ließ zu wünschen übrig, doch war immerhin bei dreien von sechs Pfrillen, denen ich im Hämakanal den Sympathicus oder hinter der Rückenflosse die ganze Wirbelsäule, also Rückenmark und Sympathicus durchtrennt hatte und gleich nach der Operation mit erwärmtem oder normalem Wasser einerseits, mit gekühltem (3°—5° C.) andererseits behandelte, eine Aufhellung auf der Kaltseite zu erkennen, und zwar in einem Falle deutlich in der ganzen paralyisierten Partie, bei den zwei

16) Vgl. Frisch l. c. S. 331.

anderen nur stellenweise; der umgekehrte Erfolg — Aufhellung auf der Warmseite — trat nie ein. Bei vier anderen Pfrillen hatte ich den Sympathicus kranial vom 15. Wirbel durchtrennt, so dass sich der Kopfteil des Fischkörpers maximal verdunkelte. Auch hier stellte sich, als ich die Tiere bald nach der Operation einer einseitigen Abkühlung aussetzte, in zwei Fällen schwache Aufhellung der paralyisierten Region auf der Kaltseite ein, während bei den zwei anderen ein Unterschied zwischen beiden Seiten nicht sicher zu erkennen war. Die Undeutlichkeit und Unsicherheit dieser Reaktionen gestatten nicht, aus ihnen mit Bestimmtheit zu schließen, dass die Erregung der Melanophoren durch die Kälte unabhängig vom zerebrospinalen Nervensystem vor sich gehe; noch weniger aber darf man daraus das Gegenteil folgern. Denn der plötzliche Fortfall des Tonus wirkt auf die Melanophoren so stark im Sinne einer Expansion, dass es nicht erstaunlich ist, wenn Reize von untergeordneter Bedeutung sich dem gegenüber wenig Geltung verschaffen können. Wir sehen ja, in ähnlicher Weise, bei Fischen, denen beide Augen exstirpiert wurden, dadurch, dass der aufhellende Einfluss der Gesichtswahrnehmungen wegfällt und die antagonistische (durchs Zwischenhirn vermittelte) Wirkung des Lichtes allein übrig bleibt<sup>17)</sup>, eine so starke Verdunklung eintreten, dass in den ersten Tagen nach der Operation Mittel, die später eine starke Aufhellung des Fisches veranlassen (z. B. Versetzen in Dunkelheit), fast ohne Wirkung bleiben. Zwar handelt es sich hier um zentrale Vorgänge, doch war es naheliegend, zu versuchen, ob nicht auch die Temperaturreaktion deutlicher wird, wenn man nach der Operation erst einige Zeit verstreichen lässt.

Da stößt man aber auf eine neue, unerwartete Schwierigkeit. Etwa 6 Stunden nach der Nervendurchtrennung oder am darauffolgenden Tage hat die Erwärmung den entgegengesetzten Einfluss auf die Pigmentzellen, sie wirkt nun aufhellend. Wäre dies nur nach der Zerstörung des Sympathicus im Hämalkanal zu beobachten, so könnte man es auf Sauerstoffmangel zurückführen, da kaudal von der Wunde die Zirkulation, wenn nicht aufgehoben, so doch beeinträchtigt ist. Die Erscheinung würde ins Kapitel der Anämieaufhellung gehören. Jedoch trat auch nach Durchtrennung des Sympathicus vor dem 15. Wirbel Aufhellung auf der Warmseite ein, wenn der paralyisierte kraniale Körperteil (in dem die Blutzirkulation nicht unterbrochen war), längere Zeit (6 Stunden bis 2 Tage) nach der Operation mit Wasser von 35° C. und 15° oder 5° C. behandelt wurde. Es hatte in solchen Fällen Wärme und Kälte auf den Fischkörper vor und hinter der Operationsstelle entgegengesetzte Wirkung, indem vorne auf der Warmseite Aufhellung

17) Vgl. Frisch l. c. S. 369.

eintrat, die Kaltseite dunkel blieb, hinten die Warmseite sich verdunkelte, die Kaltseite sich aufhellte. Ich möchte noch bemerken, dass die eben geschilderte Aufhellung bei Erwärmung häufig un deutlich oder auf einzelne Stellen der paralytisierten Region beschränkt war.

Ob sich für diese merkwürdigen Dinge eine Erklärung finden lässt, wollen wir später sehen und zunächst noch die Frage, ob der lokale Effekt von Wärme und Kälte am lebenden, normalen Tier auf eine direkte oder reflektorische Beeinflussung der Pigmentzellen zurückzuführen ist, von einer anderen Seite betrachten. Nehmen wir einmal an, der Vorgang sei ein Reflex; dann wäre es wahrscheinlich, dass er durchs Rückenmark verläuft; es würden z. B. in der Schwanzgegend des Fisches die Temperaturerregungen durch die sensiblen Wurzeln ins Rückenmark gelangen, in diesem müsste wohl die Erregung mindestens bis in die Brustregion nach vorne geleitet werden, um dort in der Gegend des 15. Wirbels mit den pigmentomotorischen Nervenfasern in den Sympathicus und mit diesem zu den Pigmentzellen der Schwanzregion zu gelangen. Auf diesem Wege geht aber die Sache nicht vor sich. Denn wenn man einer Pfrille hinter der Rückenflosse das Rückenmark durchtrennt — ein Eingriff, der auf die Pigmentzellen nicht die geringste Wirkung hat — und dann die beiden Seiten des Fisches einer Temperaturdifferenz aussetzt, bekommt man die Verdunkelung der Warmseite und die Aufhellung der Kaltseite kaudal von der Wunde ebenso deutlich wie vorne. Nun könnte man noch behaupten, eine Fortleitung der Erregung im Rückenmark brauche nicht zu bestehen, sondern der Reflex laufe durch Verbindungen ab, welche zwischen den sensibeln Fasern des Rückenmarks und den pigmentomotorischen Fasern des Sympathicus an jedem Wirbel beständen. Obwohl wir für die Existenz solcher Verbindungen gar keinen Anhaltspunkt haben, versuchte ich doch auch diese Annahme zu widerlegen. Ich schnitt einer Pfrille den Körper vor der Schwanzflosse quer durch und zerstörte mit einer feinen Sonde von der Schnittfläche aus eine Strecke weit das Rückenmark. Dann wurde der Fisch wie gewöhnlich zwischen eine erwärmte und eine abgekühlte Glasplatte gebracht. Der Färbungsunterschied trat völlig normal ein, auch in der hinteren Region, deren Rückenmark zerstört war. Durch die Sektion des Fisches überzeugte ich mich natürlich, dass die Rückenmarkszerstörung gut gelungen war.

Der besprochene Einfluss der Temperatur auf die Pigmentzellen des lebenden Fisches macht sich also nicht auf dem Wege eines Reflexes geltend, der durchs Rückenmark geht. Damit ist aber nicht bewiesen, dass der Vorgang kein Reflex ist. Denn es sind auch Reflexe bekannt geworden, die durch den Sympathicus ablaufen und die nach Zerstörung des Rückenmarks erhalten

bleiben<sup>18)</sup>. Und wenn es sich auch bei den Säugetieren, wo diese Verhältnisse genauer untersucht sind, herausgestellt hat, dass es sich hier um keine echten Reflexe handelt, könnten doch bei den niederen Wirbeltieren auch solche bestehen.

Und so muss es unentschieden bleiben, ob die Reaktion ihre Ursache in einer direkten Beeinflussung der Melanophoren oder in einem durch den Sympathicus vermittelten Reflex hat. Nimmt man das erstere an, so weiss ich für die Tatsache, dass eine Hautstelle, deren Pigmentzellen durch die Zerschneidung des Sympathicus paralytisch sind, mehrere Stunden nach der Operation umgekehrt reagiert, indem sie nun bei Erwärmung eine Tendenz zur Aufhellung zeigt, keine Erklärung; es müsste denn sein, dass auch dann, wenn man die Sympathicusdurchtrennung vor dem 15. Wirbel vornimmt (vgl. S. 244) im kranialen, paralytischen Körperteil die Zirkulation so weit gestört wird, dass jene Aufhellung eine Anämieaufhellung sein könnte (begünstigt durch Wärme und Druck); das halte ich nicht für ausgeschlossen. Fasst man aber den Vorgang als Reflex auf, so könnte man die pigmentballende Wirkung der Wärme für eine direkte Beeinflussung der Melanophoren erklären, die erst längere Zeit nach der Sympathicusdurchtrennung hervortritt, wenn die Funktionsfähigkeit des abgetrennten Sympathicus-teiles abnimmt; dass unmittelbar nach der Sympathicusdurchtrennung noch eine schwache Reaktion im gleichen Sinne, wie an nicht paralytischen Hautstellen, besteht, beweist natürlich nichts gegen die Reflexnatur dieser Reaktion, sobald man den Reflex in den Sympathicus selbst verlegt.

Es scheint schließlich noch von Interesse, zu prüfen, ob die geschilderte Wirkung verschiedener Temperaturen unter gewöhnlichen Umständen für die Färbung des Fisches von Bedeutung ist. Plötzliches Übertragen der Pfrillen in Wasser von anderer Temperatur hat in der Mehrzahl der Fälle eine deutliche Verfärbung zur Folge, indem die Tiere beim Versetzen aus Wasser von 15° C. in solches von 25° C. dunkler, beim Versetzen in kaltes Wasser heller werden; häufig ist jedoch der Effekt undeutlich oder sogar umgekehrt, z. B. trat bei manchen Pfrillen, die aus normalem Wasser in solches von 4° C. gebracht wurden, deutliche Verdunkelung ein; einen solchen Fisch, der bereits wiederholt auf Kälte durch starke Verdunkelung reagiert hatte, brachte ich zwischen die Glasstreifen und behandelte ihn gleichzeitig mit Wärme und Kälte; da stellte sich, wie bei anderen Fischen, die Aufhellung auf der Kaltseite, Verdunkelung auf der Warmseite prompt ein. Man sieht daraus,

18) Vgl. Langley, Das sympathische und verwandte nervöse System der Wirbeltiere (autonomes nervöses System). Asher u. Spiro, *Ergeb. d. Physiol.* 2. Jahrg. 2. Abt. S. 818—872, 1903. — Tigerstedt, *Lehrbuch d. Physiol. der Menschen*, Leipzig 1908, 2. Bd., S. 326.

wie unzuverlässig die Resultate sind, sobald das Zentralnervensystem mit im Spiele ist. Bei dem Fisch, der zwischen den Glasstreifen liegt, ist jenes zwar nicht ausgeschaltet; aber der von ihm ausgehende Tonus ist beiderseits gleich, und so muss sich, bei derart lokaler Anwendung, die Wirkung der Temperatur zur Tonuswirkung auf einer Seite addieren, auf der anderen von ihr sich subtrahieren; darum kommt die Wirkung hier klar zum Vorschein.

Das Übertragen der Pfrillen in erwärmtes oder abgekühltes Wasser hatte also, wenn auch nicht immer den gleichen, doch meist einen deutlichen Effekt. Derartige plötzliche Temperaturschwankungen kommen aber in der Natur nicht vor und ein allmähliches Überführen in eine andere Temperatur hatte, an mehreren Tieren wiederholt, nie einen erheblichen Färbungsunterschied zur Folge. Der Fisch bleibt dann der Färbung des Untergrundes angepasst. Es sei ein solcher Versuch kurz beschrieben: Aus einer Anzahl gleich gefärbter Pfrillen wurden zwei Tiere ausgewählt, die bei mehrmaligem Wechsel des Untergrundes (grau, schwarz, weiß) sowie bei psychischen Erregungen identischen Farbwechsel zeigten. Diese wurden in zwei auf gleichem Untergrunde nebeneinanderstehende Glaswannen mit Wasser von  $14\frac{1}{2}^{\circ}$  C. gesetzt und nun durch tropfenweisen Zufluss von warmem und kaltem Wasser binnen  $3\frac{1}{2}$  Stunden ein allmähliches Ansteigen resp. Absinken der Temperatur auf  $25^{\circ}$  und  $11\frac{1}{2}^{\circ}$  C. erreicht; eine kräftige Durchlüftung sorgte für die Durchmischung des Wassers. Durch weitere  $2\frac{1}{2}$  Stunden wurde die Temperaturdifferenz auf dem erreichten Stande erhalten. Die beiden Fische blieben, von kleinen Schwankungen abgesehen, einander gleich gefärbt.

So wird auch im normalen Leben des Fisches die Temperatur für seine Färbung ziemlich belanglos sein. Die Gesichtswahrnehmungen führen die Herrschaft, der sich alle anderen Faktoren unterordnen müssen.

Kurz zusammengefasst ist das Hauptergebnis dieser Untersuchung, dass bei lokaler Anwendung auf die Haut der lebenden Pfrille Wärme im Sinne der Expansion, Kälte im Sinne der Kontraktion auf die schwarzen Pigmentzellen wirkt; dieser Effekt ist auf den Ort des Temperaturreizes beschränkt, ist unabhängig von der Blutzirkulation und ist kein durchs Rückenmark vermittelter Reflex; ob es sich um eine direkte Wirkung auf die Pigmentzellen oder um einen durch den Sympathicus vermittelten Reflex handelt, ist nicht entschieden.

Und so hätten wir leider in diesem, bisher von Widersprüchen freien Kapitel der Pigmentphysiologie solche geschaffen. Ob die Angaben der Autoren über den Einfluss der Temperatur auf die Melanophoren der Amphibien und Reptilien in der Weise zu erklären sind, wie ich es in der Einleitung angedeutet habe, oder

ob diese tatsächlich bei lokaler Anwendung der Temperaturreize entgegengesetzt reagieren wie die Pigmentzellen bei Fischen, ist zurzeit eine offene Frage.

## Kultur und Gehirn.

Von J. H. F. Kohlbrugge.

Wenn man irgendeine naturwissenschaftliche Frage zu beantworten sucht, dann kann man sich dabei entweder auf einen rein eklektischen Standpunkt stellen oder auf einen deszendenz-theoretischen. Meist tut man letzteres und sagt dann z. B. in bezug auf das hier zu behandelnde Thema:

„Ist das Evolutionsgesetz richtig, dann muss auch mit der höheren Intelligenz das Hirngewicht, die Kompliziertheit der Hirnfurchung und die Größe des Stirnhirns zunehmen“<sup>1)</sup>.

Findet man nun in der Literatur dem widersprechende Resultate, dann muss der Theoretiker entweder annehmen, dass diese gefälscht sind, oder dass nicht richtig beobachtet wurde. Jedenfalls wurden aus dem Material voreilige Schlüsse gezogen. Hingegen wird man auch ganz oberflächliche Beobachtungen, wenn sie der Theorie entsprechen, mit einem „das stimmt natürlich“ begrüßen. Untersuchen wir nun zunächst, ob das Evolutionsgesetz fordert, dass die oben genannten Resultate erreicht werden.

Meiner Auffassung nach kann das Evolutionsgesetz nur fordern, dass nachgewiesen werde, dass zu irgendeiner Zeit Menschen, Urmenschen existiert haben, deren Psyche einfacher, weniger ausgebildet war als die der heute lebenden Menschen. Gleiches gilt natürlich für den Körper. Ob dieses „weniger ausgebildete“ nun in der Richtung der Affen gedacht werden muss, darüber streiten die dieses Gebiet bearbeitenden Forscher. Schwalbe ist der Hauptverteidiger der Affenrichtung, während Klaatsch, Hubrecht, Kolmann sie ablehnen. Das habe ich an anderem Orte<sup>2)</sup> ausführlich auseinandergesetzt. Dass trotzdem alle genannten Forscher Evolutionisten sind, wird niemand einfallen zu bezweifeln. Es fehlt uns also ein gesetzlich festgestellter Maßstab.

So viel steht aber fest, dass der Mensch weder das absolut schwerste Gehirn hat (Elefant, Walfisch), noch das windungsreichste. Es liegt also kein Grund vor zu fordern, dass weniger entwickelte Menschen ein leichteres Gehirn oder eine weniger komplizierte Hirnfurchung besessen haben oder besitzen als die höher entwickelten. Auch relativ (also im Verhältnis zum ganzen Körper) hat, wie längst bekannt ist, der Mensch nicht das schwerste Gehirn<sup>3)</sup>. Also

1) Näcke, Biologisches Centralblatt 1910, S. 777.

2) Die morphologische Abstammung des Menschen. Stuttgart 1908.

3) Unter den Primaten besitzen dies einige südamerikanische Affen nach den Wägungen von Geoffroy St. Hilaire, Weber, Spitzka.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1911

Band/Volume: [31](#)

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

Artikel/Article: [Über den Einfluss der Temperatur auf die schwarzen Pigmentzellen der Fischhaut. 236-248](#)