

Über einige Farbenwechselfragen.

Von Dr. Slavko Šečerov.

1. Ist der Nachweis der Entstehung der farbigen Pigmente aus den schwarzen widerlegt?

K. v. Frisch hat in seiner Arbeit „Über die farbige Anpassung der Fische“¹⁾ auch meine, mehr orientierenden Versuche über die Entstehung der farbigen Pigmente aus den schwarzen berührt, ja sogar wiederholt, und nach der Auffassung des Verfassers sollen sie das Gegenteil beweisen. Die Behauptung und Auffassung K. v. Frisch's scheint auch in der Literatur einen Widerhall gefunden zu haben. Ich beschränke mich auf die Zitierung von einem so hoch verdienten experimentellen Forscher wie C. Herbst ist, der bei der Erörterung meiner Versuche über den Farbwechsel der Bartgrundel (*Nemachilus barbatula* L.) im Handwörterbuche der Naturwissenschaften (Korschelt, Linck etc. Bd. III, Jena 1913) im Artikel über die „Entwicklungsmechanik“ folgendes sagt (p. 597): „für das Zustandekommen der Farbenanpassung gibt es dreierlei Erklärungsmöglichkeit, von denen zwei schon vor langer Zeit im Anschluss an die Experimente mit Schmetterlingspuppen erörtert worden sind. Die nächstliegende dieser drei Möglichkeiten ist natürlich die, dass man die Farbenanpassungen, welche sich experimentell beherrschen lassen, mit natürlicher Farbenphotographie also die Haut der betreffenden Tiere mit einer farbenempfindlichen photographischen Platte vergleicht. Dem steht die zweite Erklärungsmöglichkeit gegenüber, welche in der Farbenanpassung einen komplizierten, durch Photorezeptionsorgane und Nervensystem vermittelten Prozess sieht; und schließlich wäre noch eine Kombination der beiden ersten Hypothesen zu einer dritten möglich, wenn man annimmt, dass die Farbenanpassung in letzter Instanz ein farbenphotographischer Prozess sei, dass aber der Ablauf dieses Prozesses von Impulsen abhängig sei, die den Hautbezirken durch das Nervensystem zugeleitet werden und auf Photorezeptionsorgane zurückzuführen sind.“ Ich habe nun versucht, die erste dieser Annahmen experimentell zu prüfen und die Möglichkeit der Entstehung der farbigen Pigmente aus den schwarzen, die überall vorhanden sind und somit als ursprüngliche erscheinen, darzulegen.

Ich war mir im Klaren über den Wert der Experimente, die mich selbst nicht vollständig befriedigten, aber da ich nicht bessere Methoden verwenden konnte, habe ich es für nötig gefunden, dieselben doch mitzuteilen.

Ich will aus meiner eigenen Arbeit²⁾ folgendes anführen, das

1) Zool. Jahrbücher, Abt. f. allg. Zool. u. Phys., Bd. 32, p. 171—230, 1912.

2) Arch. f. Entwicklungsmechanik — Roux, Bd. 28, 1909.

das oben Gesagte bestätigen soll: „Durch die angeführten Versuche ist es also sehr wahrscheinlich, dass die Entstehung der farbigen Pigmente aus den schwarzen auch im lebenden Tiere möglich ist“ (p. 656) und in der Zusammenfassung: „Die Versuche an ausgeschnittenen frischen Hautstücken zeigen erstens Zersetzung der schwarzen Pigmente bei natürlicher Beleuchtung, zweitens Zersetzung der schwarzen isolierten Pigmente nach dem Wiener'schen Prinzip. Die Versuche mit Glycerin-Hautpräparate bestätigen dasselbe“ (p. 658).

Obwohl also meine Stellung zu den eigenen Versuchen gar nicht so exklusiv und apodiktisch waren, hat es auch C. Herbst im obigen Artikel für nötig gefunden anzuführen, dass sich auch K. v. Frisch gegen Šečerov gewendet hat; K. v. Frisch's Versuche sollen das Gegenteil beweisen oder nach den Worten K. v. Frisch's: „An ausgeschnittenen Hautstücken der Bartgrundel (*Nemachilus barbatula* L.) ließ sich, entgegen den Angaben Šečerov's, ein Einfluss des farbigen Lichtes auf die Farbe der Hautstücke nicht nachweisen. Auch dieser Fisch passt sich vermittels seiner Gesichtswahrnehmungen an gelben Untergrund an, bei blinden Tieren unterbleibt die Anpassung auch, wenn der Aufenthalt auf dem farbigen Grunde viele Monate währt“ (p. 224). Und doch sagt Frisch nach diesem Satz:

„Somit sind wir noch im Zweifel darüber, ob nicht farbiges Licht bei sehr langer Einwirkung auf die Pigmentbildung Einfluss nehmen kann, die Anpassung an den Untergrund aber, welche in der Natur eine so große Rolle spielt, ist bei den untersuchten Fischen sicher lediglich durch die Augen und das Nervensystem vermittelt.“ Es wird klar aus den folgenden Zeilen, dass die ausschließliche Wirkung der Augen und des Nervensystems nicht richtig ist und zwar aus den Angaben von Frisch selbst. Überhaupt soll man sich hüten zu sprechen von der ausschließlichen Wirkung eines Naturfaktors bei der Entstehung irgendeiner Naturerscheinung, denn in der Natur gibt es nicht solche „monistische“ Tendenzen; es sind nur Kombinationen von Faktoren vorhanden, deren einzelne Wirkungsweise zu erschließen die Aufgabe des Experiments ist. Es ist also selbstverständlich, dass ich auch die Wirkung der Augen und des Nervensystems nicht leugne. Darum drücken die Sätze von Frisch: „Sowohl die Melanophoren wie die farbigen Pigmentzellen der Bartgrundel werden also von den Gesichtswahrnehmungen beeinflusst, der Fisch besitzt einen deutlichen physiologischen Farbwechsel. Das hätte Šečerov bei seinen Versuchen mit farbigen Lichtern berücksichtigen müssen“ (p. 206), gar nicht den Sachverhalt aus, denn ich habe die deutliche Wirkung des physiologischen Farbwechsels nicht geleugnet. Das kann jeder, der die Abhandlung über *Nemachilus* aufmerksamer

liest, sehen. Ich nahm es nur nicht an, dass jede Farbenanpassung reflektorisch durch Vermittlung der Augen zustande kommt.

Die Versuche über die Entstehung der farbigen Pigmente aus den schwarzen sollten eine mehr handgreifliche Stütze zu der Annahme der mechanischen Farbenanpassung sein. Die Farbenanpassung auf Grund der Entstehung der farbigen Pigmente ist auf Grund meiner Versuche aus einer theoretischen Annahme zu einer experimentell prüfungsfähigen Hypothese geworden.

Die Wichtigkeit der Versuche, obwohl nicht den Wert der Ergebnisse, hat K. v. Frisch ganz richtig aufgefasst. Er sagt selbst: „Die Sache schien mir für die Frage nach dem Zustandekommen der Farbenanpassung in der Natur von prinzipieller Bedeutung.“

Darum prüfte K. v. Frisch zuerst mit denselben Methoden, wie ich es versucht hatte, jedoch mit negativem Erfolge. Er beobachtete eine gelbliche Verfärbung der Melanophoren bei der Verwesung, aber weder makroskopisch noch mikroskopisch, ließ sich ein Einfluss der Färbung der Umgebung bemerken. Ich bemerke zu diesen Versuchen, dass ich auch eine Verfärbung der Melanophoren bei den Kontrollversuchen der in Glycerin eingeschlossenen Hautstücken konstatiert hatte. Denn „Der Versuch ergab, dass die schwarzen Pigmente die Farbe auch etwas verändern. Die Pigmente nehmen einen sehr dunklen, roten Ton an“ (p. 656). K. v. Frisch hat nun weitere Versuche in Schott'schen Gläsern aufgestellt.

„Wenn farbiges Licht auf die Pigmentzellen in abgestorbenen Hautstücken überhaupt eine Wirkung ausübt, dann sollte man einen viel deutlicheren Effekt als bei Verwendung farbiger Papiere erwarten, wenn man die Hautstücke mit monochromatischem Lichte bestrahlt. Es standen mir einige Schott'sche Gläser, und zwar ein rotes, gelbes und blaues zur Verfügung. Als Lichtquelle diente eine Nernst-Lampe (Lichtstärke = 300 Normalkerzen). Ihr Licht wurde, nachdem es ein Wärmefilter (fließendes Wasser) passiert hatte, durch Linsen auf die Vorderwand eines kleinen Holzkästchens konzentriert; dieses war in vier lichtdicht voneinander abgeschlossene Fächer eingeteilt, in welche durch seitliche, lichtdicht verschließbare Öffnungen die Präparate gebracht werden konnten. In der Vorderwand des Kästchens besaß jedes Fach eine Öffnung, in welche die drei farbigen und eine farblose Glasscheibe eingesetzt wurden.

Der Versuch an in Glycerin eingeschlossenen Hautstücken wurde bei solcher Anordnung noch zweimal wiederholt. Das Kästchen war das eine Mal innen mit weißen, das andere Mal mit schwarzem Papier ausgekleidet. Der erste Versuch blieb 3 Wochen in Gang, die Lampe brannte Tag und Nacht. Es stellten sich während dieser Zeit keine Unterschiede an den Hautstücken in den

verschiedenen Farben ein. Nur einmal (6 Tage nach Beginn) waren innerhalb der gelben Pigmentzellen des Gelb- und namentlich des Rotpräparates zahlreiche rote Tröpfchen zu erkennen, deren rote Farbe aber 3 Tage später wieder vollständig verschwunden war. Eben solche Tröpfchen traten im zweiten Versuche im Blaupräparat und an einem Hautstück, das sich im Dunkeln hielt, auf. Nach 12 Tagen erschien das Rotpräparat, makroskopisch betrachtet, eine Spur mehr rötlich als die drei anderen, dem Lichte ausgesetzten Hautstücke, es war aber mit dem im Dunkeln aufbewahrten Hautstücke genau gleich gefärbt.

Ich setzte ferner noch zweimal Hautstücke, in denen die farbigen Pigmente durch Alkohol gelöst waren und welche auf Objektträgern unter Deckgläsern, an drei Seiten mit Wachs umrandet, in Wasser eingelegt waren, in dem Kästchen dem farbigen Lichte aus.

Beim ersten Versuche schien nach 7 Tagen das Rotpräparat bei makroskopischer Betrachtung etwas mehr rötlich als die anderen Präparate. Die mikroskopische Untersuchung ergab, dass sie diesem Hautstücke mehr expandierte Melanophoren vorhanden waren als in den anderen; nur die expandierten Melanophoren verfärbten sich aber bei der Zersetzung rötlichgelb, während die kontrahierten dunkel blieben. Zwischen den expandierten Melanophoren des Rotpräparates und denen der anderen Hautstücke ließ sich mikroskopisch kein Unterschied erkennen. Nach 12 Tagen erschien das Gelbpräparat bei makroskopischer Betrachtung gelblich, das Rot- und Blaupräparat in gleicher Weise, schwach rötlich im Vergleich mit dem dem weißen Lichte ausgesetzten Hautstücke.

Im Mikroskop sah man, wo zufällig Falten in den Hautstücken vorhanden waren und wo man also durch eine dickere Hautschicht blickte, dass diese Differenzen auf eine diffuse Färbung in der Haut zwischen den Melanophoren zurückzuführen war. An diesen selbst waren keine Unterschiede zu bemerken. Als ich nun den Versuch nochmals in genau gleicher Anordnung aufstellte, war wieder nach 8 Tagen das Rotpräparat eine Spur mehr rötlichgelb als die anderen, infolge einer diffusen Verfärbung zwischen den Melanophoren. Nach drei weiteren Tagen war das Gelb- und Weißpräparat genau ebenso verfärbt“ (p. 207.—209).

Überblickt man diese Resultate, so sind sie, nach Frisch, nicht danach angetan, von der Existenz einer mechanischen Farbenanpassung im Sinne Wiener's an toten Hautstücken von Fischen zu überzeugen. „Wir werden vielmehr, solange keine bessere Be-

weisgründe vorliegen, auf eine derartige Annahme verzichten müssen," sagt Frisch.

Wenn wir aber diese Versuche näher analysieren, so werden wir sehen, dass sie ebensowenig für wie gegen die Annahme sprechen.

Die Frisch'schen ersten Versuche, ohne Schott'sche Gläser, verliefen negativ aber doch nicht ganz, denn „die dem Sonnenlichte ausgesetzten expandierten Melanophoren verfärbten sich gelblich, während sie im Dunkeln schwarz blieben“ (p. 207).

Frisch führt diese Verfärbung auf Verwesung zurück; nun ist doch die Frage zu beantworten, warum tritt die Verwesung und Färbung nicht im Dunkeln ein? K. v. Frisch hat diese Frage nicht aufgestellt und nicht beantwortet. Übrigens sind keine näheren Angaben über die Versuchsbedingungen vorhanden und man ist nicht in der Lage, die Versuche näher zu analysieren. Aus der zu summarischen Behandlung dieser Versuche kann man nichts über die Temperatur, Lichtverhältnisse (Lichtmengen zu verschiedenen Jahreszeiten sind doch verschieden) etc. entnehmen.

Die Versuche mit Schott'schen Gläsern sind von Frisch ausführlicher behandelt und ich habe sie mit seinen eigenen Worten wiedergegeben.

Der erste Versuch gibt nach 6 Tagen positives Resultat (in Gelb- und namentlich in Rotpräparate zahlreiche rote Tröpfchen). Das Verschwinden beweist nichts gegen die Wirkung des farbigen Lichtes, sondern ist höchstens ein Beweis der Unbeständigkeit, Unfixiertheit des Farbstoffes.

Der zweite Versuch war vorzugsweise negativ: Eben solche (rote) Tröpfchen traten im Blaupräparate und im Dunkeln auf; aber Frisch gibt hier keine näheren Angaben über den Zeitpunkt des Erscheinens.

Das Positive des zweiten Versuches besteht darin, dass das Rotpräparat, makroskopisch betrachtet, eine Spur mehr rötlich erscheint als die drei anderen, dem Lichte ausgesetzten Hautstücke, aber es ist gleichgefärbt mit dem im Dunkeln aufbewahrten Hautstücke.

Wenn wir den Wert dieser von Frisch selbst angegebenen Tatsachen erwägen, so sehen wir, dass das Positive der Versuche, nämlich Gleichfärbung, rote Tröpfchen im Rot- und Gelbpräparate im ersten und das „mehr makroskopische Rötliche“ des Rotpräparates im zweiten Versuche über das Negative, nämlich rote Tröpfchen im Dunkel- und Blaupräparate überwiegt. Denn wenn man nicht annimmt, dass das mehr Rötlichwerden des Rotpräparates nicht als Wirkung der roten Lichtstrahlen entstanden ist, so ist man doch zweifelhaft darüber, woher das größere Quantum kommt? Die negativen Ergebnisse sollen später erläutert werden.

Die zwei weiteren Versuche ergeben folgendes:

Der erste Versuch: Positiv, Rotpräparat makroskopisch betrachtet nach 7 Tagen mehr rötlich als die anderen Präparate; mikroskopisch sind expandierte Chromatophoren rötlichgelb, die kontrahierten dagegen dunkel, beweist gar nichts gegen die Wirkung der farbigen Strahlen, denn in den kontrahierten Melanophoren sind die Pigmente zusammengedrängter, die Pigmentschicht dicker, also die Wirkung in der Zeit muss verschieden sein.

K. v. Frisch erklärt das makroskopisch mehr Rote des Rotpräparates durch die größere Menge der expandierten Melanophoren und in diesem Sinne wirkte das gleichfarbige Licht zuerst expandierend und dann tritt nach Frisch bei der Verwesung die rötlich-gelbe Färbung ein.

Nun entsteht die Frage: kann das rote Licht eine größere Menge der Melanophoren in Hautstücke zur Expansion bringen?

Ist dieser Vorgang wahrscheinlich und stützen ihn die Angaben aus der Literatur! Vom Standpunkte K. v. Frisch's, der die Farbenwechselreaktionen der blinden Fische, Pfrillen, Karauchen, Flussbarsche auf Vermittlung des Pinealorgans³⁾ oder der epithelialen Auskleidung des Zwischenhirnventrikels zurückführen will, ist diese schweigende Annahme, die doch die Grundanlage seiner Erklärung bildet, unwahrscheinlich. Für uns ist eine elektive Wirkung der Lichtstrahlen auf den Expansionszustand der Melanophoren ebenfalls unbewiesen und infolgedessen betrachten wir das mehr Rötlichwerden des Rotpräparates als eine Folge der Bestrahlung mit rotem Lichte.

Das Positive des ersten Versuches besteht weiter im folgenden: nach 12 Tagen erschien das Gelbpräparat bei makroskopischer Betrachtung mehr gelblich, das Rotpräparat schwach rötlich, und das Negative, dass auch das Blaupräparat rötlich erschien. K. v. Frisch führt die Entstehung dieser Erscheinungen auf die diffuse Färbung in der Haut zwischen den Melanophoren zurück. Nun entsteht die Frage, wie kann durch eine diffuse Färbung beim Gelbpräparat das Gelbliche, und bei einem Rotpräparate das Rötliche entstehen? Und noch die weitere Frage, warum entsteht eben beim Gelbpräparate die gelbliche Färbung und beim Rotpräparate die rötliche? Sind diese Gleichfärbungen durch die diffuse Färbung in der Haut zwischen den Melanophoren wirklich bewiesen? Die diffuse Färbung und ihre Wirkung sind also sehr hypothetisch, das Problem der Entstehung der Gleichfärbung oder Homochromie wird verschoben.

Das Positive des zweiten Versuches der zweiten Versuchsserie besteht im folgenden: nach 8 Tagen ist das Rotpräparat eine

3) Beiträge zur Physiologie der Pigmentzellen in der Fischhaut. Arch. f. ges. Phys. Bd. 138, 1911, p. 319—387.

Spur mehr rötlichgelb als die anderen, infolge einer diffusen Verfärbung zwischen den Melanophoren; das Negative: nach 3 Tagen war das Gelb- und Weißpräparat ebenso verfärbt.

Wenden wir uns nun zur Erklärung der negativen Ergebnisse K. v. Frisch's.

1. K. v. Frisch hat zuerst ohne Lösung des gelben Pigments gearbeitet, denn wir finden keine näheren Angaben in der Arbeit; darum war die Wirkung auf seine Glycerinpräparate auf dem roten, orangeroten, dunkelgelben, hellgelben, schwarzen und weißen Glanzpapier undeutlich oder ergebnislos.

2. Wie er das gelbe Pigment gelöst hat, setzte er die Hautstück in eine feuchte Kammer, deren Boden und Wände mit dunkelgelbem, hellgelbem, schwarzem und weißem Glanzpapier beklebt war; bei diesen Versuchen hat er eine gelbliche Färbung konstatiert, aber auch an allen; jedoch keine ausführliche Beschreibung, keine näheren Angaben über Versuchsbedingungen.

3. Versuche mit Schott'schen Gläsern hat Frisch zuerst ohne Lösung der gelben Pigmente aufgestellt, denn er sagt „Nur einmal (6 Tage nach Beginn waren innerhalb der gelben Pigmentzellen etc.“ (p. 208).

4. Das gilt ebenso für den zweiten Versuch, wo also das Dunkelpräparat gleichgefärbt war mit dem Rotpräparat. Aus den Angaben K. v. Frisch's ist nicht zu entnehmen, ob er die Pigmente gelöst hat oder nicht; es ist also die Möglichkeit der anfänglichen Unterschiede nicht ausgeschlossen.

5. Bei der zweiten Versuchsserie waren die farbigen Pigmente durch Alkohol gelöst. Bei dieser war die Wirkung auch die klarste. Das Gelbpräparat war gelblich, das Rotpräparat rötlich, und negativ verlief die Wirkung, dass das Blaupräparat und Weißpräparat sich auch rötlich bezw. rötlichgelb verfärbten.

6. Die Zersetzung geschieht bei intensivem Lichte, in den Frisch'schen Versuchen mit Schott'schen Gläsern war die Lichtintensität nicht sehr groß.

Ich habe zuerst an Glycerinpräparaten ohne Untergrund, also dem entsprechen die Frisch'schen Weißpräparate, und Frisch hat an Blaupräparaten und anderen, unter unsicheren Versuchsbedingungen konstatiert, dass eine Tendenz der Melanophoren zum Zerfall vorhanden ist, die sich darin äußert, dass die Melanophoren, wenn sie nicht farbig belichtet werden, eine rötlich oder rötlichgelbe, nach mir dunkelbraune Färbung annehmen. Es scheint die Wirkung der farbigen Lichtstrahlen darin zu bestehen, dass einzelne Phasen dieses von der Umgebung unabhängigen Zerfalls durch die Lichtstrahlen fixiert werden. Diese Fixierung ist an die gleiche Färbung gebunden. Es ist jedoch verständlich, dass die Bildung, Zerfall und

Fixierung des Farbstoffes nicht in das Unendliche in einem ausgeschnittenen Hautstücke vor sich gehen kann, einfach darum, weil das Stück abstirbt. Bei der Absterbung verfärben sich die Melanophoren dunkelrotbraun, und die Farbe ist wohl zu unterscheiden von den durch die Lichtstrahlen entstandenen Farben.

Die hier vorgetragene Auffassung stützt sich auf die bisherigen Beobachtungen und erklärt am vollständigsten die bisher beobachteten Tatsachen.

Es folgt aus den bisherigen Darlegungen:

1. Es besteht eine Tendenz der Melanophoren zum Zerfallen an ausgeschnittenen Hautstücken; dieser äußert sich im Verschwinden der schwarzen Farbe und Annehmen einer dunklen, rotbraunen oder gelbbraunen Farbe;

2. die Versuche von K. v. Frisch widerlegen keineswegs die Entstehungsmöglichkeit der farbigen Pigmente aus den schwarzen, sondern sprechen vielmehr zugunsten derselben (II. Versuchsserie, 2. Versuch);

3. die Entstehung der Homochromie nach der hier vorgetragenen Auffassung schließt keineswegs andere Faktoren aus, sondern dient dazu, um einen ganzen unverständlichen Komplex von Erscheinungen dem Verstehen näher zu bringen;

4 die Homochromie auf dem Wege der Entstehung der farbigen Pigmente wird auch durch andere Faktoren gestützt, besonders durch die Menge des Pigments, über welche Erscheinungen im folgenden Abschnitte berichtet wird.

Die zersetzende Wirkung des Lichtes auf die Melanophoren ist keineswegs eine isolierte Erscheinung. Ich führe hier R. Dubois⁴⁾ an: „La lumière exerce également une action destructive sur beaucoup de pigments, particulièrement sur le rouge rétinien ou erythroptine. Ce pigment se forme à l'obscurité, dans le fond de l'œil et disparaît à la lumière, ce qui permet d'obtenir sur la rétine des photographies, aux quelles on a donné le nom d'optographies, d'optogrammes et qui peuvent être fixées avec l'alun.“ Die Wirkung der Strahlen ist verschieden; die der roten ist null, sie wird erhöht durch die grünen und erreicht die höchste Wirkung durch die blauen.

2. Über die Mengen des Pigments bei der Farbenanpassung.

Man hat bisher den Farbenwechsel fast nur vom physikalisch-physiologischen Standpunkte untersucht. In dieser Hinsicht haben die Arbeiten Pouchet's den größten Einfluss geübt. Die experi-

4) Action de la lumière sur les animaux. — Traité de Physique Biologique publ. sous la Dir. D'Arsonval, Gariel, Chauveau, May, Weiss. Paris 1903. T. II, p. 272—294.

mentelle Prüfung auch der anderen Faktoren wurde fast gar nicht geprüft und man begnügte sich mit theoretischen Annahmen. Den größten Einfluss hätte noch die Temperatur auf Farbwechsel und Pigmentbildung, und in dieser Hinsicht ist wichtig die Beobachtung von Standfuß⁵⁾, dass die Färbung variabler Puppen bei einer gewissen Temperatur von der Farbe des Untergrundes abhängt. Denn, nach Standfuß lieferten Raupen von *Vanessa cardui* L., welche sich bei $+40^{\circ}$ C., und solche von *Vanessa arctica* L., die sich bei $+37^{\circ}$ C., die in einem beiderseits mit weißen Leinen bespannten, dem vollen Tageslicht ausgesetzten Holzrahmen verpuppten, Puppen von annähernd weißer Totalfärbung; bei $+18$ bis 28° C. dagegen ergaben sich Puppen von natürlichem graubraunen Kolorit. Die Beobachtung von Standfuß zeigt, dass eine Homochromie, die in diesem Falle entweder auf Bildung oder Hemmung der Bildung der Pigmente beruht, auch von der Temperatur abhängig ist. Das ist vom chemischen Standpunkte fast selbstverständlich, aber doch ist es nützlich, das auch hier zu betonen.

Wenn die farbigen Strahlen eine Wirkung auf die Bildung der gleichfarbigen Pigmente ausüben, so müssen nach einer gewissen Zeit Unterschiede in der Pigmentmenge sich einstellen. Ich habe in der *Nemachilus*-Arbeit festgestellt, dass in den meisten Fällen die jeweilig vorhandene makroskopische Farbe durch die gleichgefärbten Pigmente bedingt ist und schwarzes Pigment, also Melanophoren, bedingen nur eine dunklere oder hellere Tönung derselben Farbe durch die Kontraktion oder Expansion.

Die Menge des Pigmentes zu prüfen war ich nicht imstande, weil die Zahl der Versuchstiere bei einzelnen Farbversuchen zu gering war.

Ich werde aber einige Angaben aus den Arbeiten K. v. Frisch's⁶⁾ entnehmen.

„Ob der Aufenthalt in den verschiedenen Farben Unterschiede in der Menge des gelben Pigments zur Folge hatte, darüber konnte ich nicht ganz ins Reine kommen. Es war auffallend, dass in der Epidermis bei den meisten (5) Gelbtieren das gelbe Pigment etwas reichlicher war als bei den Grün- und Kontrolltieren. Doch war in einem Falle umgekehrt das Gelbtier sehr arm an gelbem Epidermispigment im Vergleich zum Grün- und Kontrolltier. Auch war keine deutliche Steigerung dieses Unterschiedes im Laufe der Monate zu beobachten. In der oberen und unteren Kutesschicht konnte ich in zwei Fällen keinen Unter-

5) Handbuch der paläarktischen Großschmetterlinge, 1896. Weiter P. Bachmetjev, Exper. Entomologische Studien, II. Bd., Sophie 1907.

6) Über die farbige Anpassung der Fische. — Zool. Jahrb. Abt. f. allg. Zool. u. Phys., Bd. 32, 1912.

schied in der Menge des gelben Pigments zwischen den drei Gruppen bemerken; in einem Falle schien das Kontrolltier etwas reicher, in einem anderen Falle umgekehrt etwas ärmer an gelbem Pigment als das Grün- und Gelbtier, in zwei letzten Fällen (nach 22 Wochen) schien das gelbe Pigment der beiden Grüntiere etwas blasser als das der anderen Tiere“ (p. 202). Diese Angaben gelten für die blinden Pfrillen (*Phoxinus laevis*). Für sehende Pfrillen sind keine Angaben, wahrscheinlich wegen der kurzen Versuchsdauer, gemacht.

Über die an (sehenden) *Crenilabrus* gewonnenen Resultate sagt K. v. Frisch: „Ob in der Menge des in den Chromatophoren enthaltenen Pigments Unterschiede bestanden, ließ sich nicht feststellen. Jedoch hatte es den Anschein, als wenn der diffuse blaugrüne Farbstoff in grünem Lichte vermehrt wurde. Denn in zwei von den bisher besprochenen drei Fällen waren beim Grüntier die Gewebe stärker blaugrün als beim Rot- und Kontrolltier, was nach Entfernung der Haut an der Körpermuskulatur deutlich zu erkennen war“ (p. 211).

Über die Versuche an blinden *Crenilabrus* berichtet Frisch folgendermaßen: „Je zwei Individuen von *Crenilabrus roissali* waren 2 und 3 Wochen im Versuche und blieben während dieser Zeit untereinander gleichgefärbt. Dagegen waren von je zwei Individuen der Varietät *quinquemaculatus* (von ca. 8 cm Länge) nach 1–2 Wochen die Rottiere an Körper und Flossen mehr rötlich, die Grüntiere mehr grünlich gefärbt als die Kontrolltiere; der Unterschied war lange nicht so stark wie bei den sehenden Tieren. Das Rottier der einen Gruppe starb nach 2 Wochen und ich kann daher über den Expansionszustand seiner Pigmentzellen nichts aussagen; doch ergab ein Vergleich mit dem zugehörigen getöteten Grüntiere, dass das Rottier reicher an roten Pigmentzellen war. Die anderen drei Tiere wurden nach 16tägigem Aufenthalte in den Farbaquarien fixiert. Die mikroskopische Untersuchung ergab, dass zwischen drei Fischen kein Unterschied im Expansionszustande der bunten Pigmentzellen (Melanophoren waren sehr wenige vorhanden) bestand, sie waren überall stark expandiert. Dagegen besaß das Rottier sehr zahlreiche rote Pigmentzellen, beim Kontrolltier waren sie etwas weniger intensiv gefärbt, beim Grüntier sehr spärlich vorhanden“ (p. 213).

Aus den an blinden *Crenilabrus* gewonnenen Resultaten folgt also, dass die farbigen Lichter auf den Kontraktionszustand der Pigmentzellen keine Wirkung ausüben. Diese Tatsache bestätigt unsere Anschauung, dass keine elektive Wirkung der Strahlen auf den Expansionszustand der Chromatophoren vorhanden und dass infolgedessen die größere Menge der rötlichgelben Chromatophoren nicht auf die Expansionsfähigkeit oder irgendeinen Expansions-

reiz der roten Strahlen zurückzuführen ist, sondern auf andere Faktoren; es ist also die mehr rötliche Farbe des Rotpräparates im ersten Versuche der zweiten Versuchsserie vom Standpunkte K. v. Frisch's unverständlich.

Es folgt ferner also, dass die Anpassung von blinden *Crenilabrus roissali* an Grün und Rot durch die Differenzen in der Menge des gleichfarbigen Pigments zurückzuführen sei.

K. v. Frisch ist mit der Erklärung dieser Erscheinung ganz unsicher; er versucht sie auch nicht zu deuten. Denn in der Zusammenfassung findet man in dieser Arbeit zwei ganz widersprechende Sätze; K. v. Frisch stellt zuerst eine allgemeine Schlussfolgerung, die aber sofort in den folgenden Sätzen durch die von ihm selbst beobachteten Tatsachen widerlegt werden. Frisch sagt (p. 2 u. 4) für *Crenilabrus roissali*: „Auch hier bleibt die Reaktion bei blinden Tieren völlig (?) aus. Ob die Anpassung an die Beleuchtungsfarbe, welche im geringeren Grade auch bei einigen blinden Individuen von *Crenilabrus roissali* zu beobachten war, durch Unterschiede in der Pigmentmenge verursacht als Zufall oder als Einfluss des farbigen Lichtes auf die Pigmentbildung aufzufassen ist, muss angesichts der geringen Zahl der Versuchstiere (je zwei positive gegenüber drei negativen Fällen im roten und grünen Lichte) dahingestellt bleiben.“

Es ist sonderbar, dass K. v. Frisch für die Pfrillen sagt, dass ein Einfluss der Farben auf die Pigmentbildung nicht nachzuweisen war, wo doch er selbst festgestellt hat, dass bei den meisten (5) Gelbtieren der blinden Pfrillen in der Epidermis das gelbe Pigment etwas reichlicher war als bei den Grün- und Kontrolltieren.

Es kann kein Zufall sein, wenn weiter der blaugrüne Farbstoff im grünen Lichte bei sehenden *Crenilabrus roissali* vermehrt worden war. Für sehende Pfrillen hat Frisch einfach darum keine Angaben gemacht, weil sie zu kurze Zeit (6 Wochen) im Versuche waren.

Es kann weiter kein Zufall sein, dass die Rottiere reicher an roten Pigmentzellen waren als die Kontrolltiere.

Frisch hat also selbst entweder an blinden oder an sehenden Fischen die Vermehrung des gelben, roten und blaugrünen Pigments konstatiert. Wir sind nicht imstande, diese wiederkehrende Tatsache als einen Zufall anzunehmen, einfach darum, weil die Erscheinung nicht in allen Exemplaren prägnant und sehr klar war.

Über die Vermehrung des Pigments bei der Farbenanpassung finden wir Angaben in einer weiteren Arbeit von K. v. Frisch⁷⁾,

7) Über die Farbenanpassung des *Crenilabrus*. — Zool. Jahrb. Abt. f. allg. Zool. u. Phys., Bd. 33, p. 151—164.

obwohl diese Angaben betreffend der blinden Tiere, wegen der geringen Zahl und zu kurzer Versuchsdauer zu unvollständig sind, als dass man daraus so bestimmte negative Schlüsse ziehen kann, wie es K. v. Frisch getan hat. Die Angaben dieser Arbeit sind aber wertvoll, weil es nach der Auffassung des Verfassers selbst ganz eindeutig eine Vermehrung des blaugrünen Pigments bei der Farbenanpassung stattfindet.

Die Ergebnisse der vorjährigen Versuche fasst Frisch folgendermaßen zusammen (p. 152): „*Crenilabrus roissali* wurde nach wenigen Tagen im roten Lichte rötlich, im grünen grün und zwar durch entsprechende Änderung des Kontraktionszustandes seiner roten und gelben Pigmentzellen, die sich bei Aufenthalt im roten Licht stark expandierten (sehende!), im grünen Licht stark kontrahierten und dann die blaugüne, durch einen diffusen Farbstoff bedingte Grundfarbe des Körpers zur Geltung kommen ließ. Es hatte den Anschein, als würde im grünen Lichte auch der diffuse braungrüne Farbstoff vermehrt und die Anpassung dadurch noch verstärkt, doch war das Material zu umfangreich, um Zufälligkeiten auszuschließen. Bei blinden Tieren blieben diese Reaktionen und somit eine deutliche Anpassung an die Beleuchtungsfarbe vollständig aus, doch schien es, als wäre der Aufenthalt der blinden Tiere im farbigen Lichte auf die Pigmentbildung nicht ohne Einfluss geblieben, als wären doch Andeutungen einer Farbanpassung auch bei den blinden Tieren durch Änderung der Pigmentmenge zu bemerken; es waren nach 1—2 Wochen zwei von den fünf im roten Licht gehaltenen Tieren etwas mehr rötlich, zwei von fünf im grünen Licht gehaltenen Tieren etwas mehr grünlich als die entsprechenden Kontrolltiere, und die Untersuchung ergab, dass diese Unterschiede auf Differenzen in der Menge der roten Pigmentzellen zurückzuführen wären.

Die neuen Versuche ergaben (p. 155—56): „*Crenilabrus ocellatus* reagiert also im allgemeinen auf rotes, gelbes und grünes Licht im gleichen Sinne durch Expansion seiner roten und gelben Pigmentzellen, doch tritt die Reaktion nicht regelmäßig ein. Im blauen Licht erfolgt eine deutliche Anpassung, indem der Fisch seine Pigmentzellen stark kontrahiert. Ich habe noch hinzuzufügen, dass in der Hälfte der Fälle (3 von 6) die Anpassung noch dadurch gefördert war, dass der diffuse blaugüne Farbstoff, der die Haut und den ganzen Körper des *Crenilabrus* durchsetzt, im blauen Licht vermehrt worden war. Es war dies deutlich zu erkennen, wenn man den Fischen die Haut abzog und die Farbe des Fleisches verglich. Es erschien dann das Fleisch der Blautiere mehr bläulich oder sogar stark blaugrün, im Vergleich mit dem blassbläulichen Fleisch der übrigen Tiere. Bei einem

Fisch war die Zunahme des blauen Farbstoffes schon im Leben unzweifelhaft zu erkennen, da er an den Wurzeln der ventralen Flossen viel lebhafter blau war als die anderen Fische, während zu Beginn des Versuches kein solcher Unterschied bestanden hatte.“

Über die Vermehrung des blaugrünen Farbstoffes bei *Crenilabrus roissali* gibt Frisch folgendes an (p. 158): „Bei zwei Grüntieren und bei sämtlichen Blautieren war der diffuse blaugrüne Farbstoff stark vermehrt, was nach Entfernung der Haut an der Färbung des Fleisches deutlich zu erkennen war. . . . Im Vorjahre waren beim Abschluss der Versuche bei keinem der drei Rottiere, jedoch zweien der drei Grüntiere, die Gewebe auffallend reich an dem blaugrünen Farbstoff gewesen. Man muss also annehmen, dass bei *Crenilabrus roissali* im blauen Licht regelmäßig, im grünen Licht oft der blaugrüne Farbstoff in den Geweben vermehrt wird.“ Frisch fragt sich dann, worauf ist dies zurückzuführen? Ist dies eine direkte Wirkung des farbigen Lichts? „Weder im Vorjahre noch heuer war, wie ich gleich vorwegnehmen will, bei einem der blinden Tiere auch nur eine Spur einer Vermehrung des fraglichen Farbstoffes im blauen oder grünen Licht zu bemerken“ (p. 158). Diese Behauptung ist einfach unrichtig, denn erstens K. v. Frisch hat überhaupt die blinden *Crenilabrus roissali* (siehe oben das Zitat) in kein blaues Farbaquarium gegeben und zweitens „waren von je zwei Individuen der Varietät *quinquemaculatus* (von ca. 8 cm Länge) nach 1—2 Wochen die Rottiere an Körper und Flossen mehr rötlich, die Grüntiere mehr grünlich gefärbt als die Kontrolltiere“ (p. 213, farbige Anpassung der Fische). Frisch spricht von einer Vermehrung von roten Pigmentzellen bei den Rottieren; über den blaugrünen Farbstoff macht er keine Angaben. Wenn wir aber daran denken, dass nach der Auffassung von K. v. Frisch der blaugrüne Farbstoff bei den Grüntieren oft erscheint und dass die „regelmäßige“ Vermehrung des blaugrünen Farbstoffes bei *Crenilabrus ocellatus* nur in der Hälfte der Fälle (3 von 6) deutlich war; wenn wir denselben Maßstab auch auf die blinden Tiere anwenden, so konnte die deutliche Vermehrung des blaugrünen Farbstoffes nur in einem Falle (2 Versuchstiere) erscheinen; wenn wir aber weiter berücksichtigen, dass die Anpassung bei den blinden Tieren nicht mit physiologischen Farbenwechselfaktoren (Gesichtswahrnehmungen, Nervensystem, Expansionszustände etc.) kombiniert und verstärkt worden war und die Versuchszeit nur 1—2 Wochen dauerte, so erhellt sich der wahre Wert der Frisch'schen Behauptung.

Auf Grund dieser falschen Annahme — die auch übrigens durch die Beobachtungen Frisch's an Pfrillen (Vermehrung des gelben Pigments) —, dass keine Vermehrung des blaugrünen Farbstoffes in blinden Tieren erfolgt, kommt Frisch zum Schlusse, dass

das Funktionieren der Augen eine *conditio sine qua non* der Vermehrung des Pigments sei.

Über die Wirkung des Funktionierens der Augen stehen nach Frisch zwei Möglichkeiten: entweder die Wahrnehmung des Blau resp. Grün bewirkt direkt (durch Vermittlung des Nervensystems) eine Zunahme des blaugrünen Farbstoffes; oder die Zunahme ist eine Folge der andauernden Kontraktion der roten und gelben Pigmentzellen, also indirekt durch die Gesichtswahrnehmungen ausgelöst. Dass diese beiden Annahmen auf sehr schwachen Grundlagen beruhen, wird aus folgenden Fragen klar werden. Wie kann aus den gelben oder roten Pigmentzellen durch Kontraktion der blaugrünen Farbstoff gebildet werden? Und zweitens, wie kann die Wahrnehmung des Blau, ein psychophysiologischer Vorgang, die Entstehung der blaugrünen Farben, des blaugrünen Pigments, also einen chemischen Vorgang bewirken? Bei dieser Annahme ist es das Unbegreifliche, nicht die Auslösung des chemischen Vorganges selbst, sondern die Beherrschung der Farbe des chemischen Vorganges, des blaugrünen Pigments durch die psychophysiologische Tätigkeit der Wahrnehmung.

Es ist die Pflicht des Forschers, wenn er eine Annahme aufstellt, sie auch etwas näher zu beleuchten und irgendwie mit den bekannten Erscheinungen in irgendeine Beziehung zu bringen. Hat die Beherrschung der Farbe der chemischen Stoffe durch Gesichtswahrnehmungen in den Organismen ein Analogon? Soweit mir bekannt ist, gibt es Vorgänge dieser Art nicht.

Wir wollen die Annahmen nicht weiter zergliedern, weil sie auch keine Bedeutung haben. —

Wir glauben, dass wir berechtigt sind, folgendes zu schließen:

1. dass der Nachweis der Entstehung der farbigen Pigmente aus den schwarzen durch die Frisch'schen Versuche keineswegs widerlegt sind;

2. dass die genauesten Versuche von K. v. Frisch (2. Versuch, II. Versuchsserie in Schott'schen Gläsern) zugunsten der gleichfarbigen Zersetzung der schwarzen Pigmente sprechen;

3. dass die Beobachtungen K. v. Frisch's über die Vermehrung der gleichfarbigen Pigmentmenge bei der Farbanpassung zugunsten der mit Beleuchtungsfarbe gleichfarbigen Zersetzung der schwarzen Pigmente spricht;

4. dass K. v. Frisch eine Vermehrung des gelben Pigments bei blinden Pfrillen in gelber Umgebung, des roten bei den blinden *Crenilabrus* und des blaugrünen Pigments bei *Crenilabrus roissali* und *ocellatus* konstatiert hat;

5. dass die Erklärungen K. v. Frisch's über die Vermehrung des gleichfarbigen Pigments auf so schwachen Grundlagen beruhen, dass sie kaum diskussionsfähig sind;

6. dass die Konstatierung der Vermehrung, wie überhaupt der Zersetzung der schwarzen Pigmente von sehr vielen Umständen abhängt (Temperatur, mögliche Sensibilitätsperiode, Lichtmenge, verschleiende Wirkung der physiologischen Faktoren des Farbenwechsels), deren einzelne Wirkungsweise zu ermitteln die Aufgabe der Zukunft ist.

Über Kiementransplantationen an Salamanderlarven.

(Vorläufige Mitteilung.)

Von Werner Kornfeld.

(Aus der Biologischen Versuchsanstalt in Wien, zoologische Abteilung.)

Im September 1912 schlug mir Dr. Eduard Uhlenhuth vor, im Anschluss an seine Augentransplantationen an *Salamandra maculosa* Kiementransplantationen an demselben Objekte zu versuchen. Die Experimente sollten zeigen, ob auch transplantierte Kiemen in ähnlicher Weise vom Wirtstier beeinflusst werden, wie transplantierte Augen, ob auch hier eine synchrone Metamorphose, d. h. eine gleichzeitige Umwandlung des transplantierten Organes mit dem wirtseigenen unabhängig vom Alter des Transplantates erfolge. Die Versuche ergaben schon jetzt positive Resultate, die hier kurz mitgeteilt werden sollen. Eine genaue Beschreibung einzelner Fälle und Wiedergabe meiner Protokolle behalte ich mir vor, bis einige noch nicht abgeschlossene und einige noch neu aufzustellende Versuchsreihen durchgeführt sein werden.

Wie die Fragestellung, so schloss sich auch die Operationstechnik in allen wesentlichen Punkten der der Uhlenhuth'schen Augentransplantationen an. Es wurden stets rechte und linke Kiemen eines Tieres auf zwei verschiedene andere übertragen. Für die Operation wurde nach verschiedenen Orientierungsversuchen die Nackengegend gewählt. Das Transplantat wurde meist so aufgelegt, dass die frei abstehenden Kiemenenden nach rückwärts gerichtet waren.

Eine erste Serie von Experimenten umfasste Vorversuche über die Kiementransplantationen im allgemeinen. Es zeigte sich, dass ein Verwachsen des Transplantates leicht und schnell erfolgt. Doch war sein weiteres Verhalten nicht so günstig, wie man es nach den Uhlenhuth'schen Augentransplantationen erwarten durfte. Während dort auf eine kurze Periode der Rückbildung meist eine Wiederaufdifferenzierung erfolgt, ließ sich bei den transplantierten Kiemen wenigstens makroskopisch nur eine Rückbildung feststellen. Diese betraf vor allem die Fiedern der Kiemen, die nach 3—4 Wochen meist ganz verschwunden waren, in geringerem Maße aber auch die Kiemenstämme. Hierin trat aber bald ein Stillstand ein. 4 Wochen nach der Operation bot das Transplantat meist folgendes

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1913

Band/Volume: [33](#)

Autor(en)/Author(s): Šeéerov Slavko

Artikel/Article: [Über einige Farbenwechselfragen. 472-487](#)