Werk

Titel: Die physiologische Funktion der Pigmentzellen

Autor: Fuchs, R. F.

Ort: Berlin

Jahr: 1913

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X_0001|log717

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

info@digizeitschriften.de

Innern ein Teil der Pulvergase sich zwischen Wandung und Geschoß hindurchpreßt und auf diese Weise früher als letzteres den Lauf verläßt. Erst einige Zeit später folgt das Geschoß und auf dieses die Hauptmasse der Pulvergase.

Die physiologische Funktion der Pigmentzellen.

Von Prof. Dr. R. F. Fuchs, Breslau.

Die Färbungen der tierischen Organismen, sowie der bei vielen Tieren auffällige Farbenwechsel haben stets die Aufmerksamkeit der Naturforscher und Laien auf sich gelenkt und die verschiedenartigsten Erklärungsversuche gezeitigt. Die allgemeinste Anerkennung hat sich jener Erklärungsversuch der Tierfärbungen erworben, welcher darauf abzielt, die Tierfarben als ein wertvolles Mittel im Kampf ums Dasein anzusehen, indem sie als *Schutzfarben* dienen, oder aber als *Schreckfarben* gedeutet werden und endlich noch insofern der Erhaltung der Art dienen, indem sie als *Schmuckfarben* bei der geschlechtlichen Auslese von Bedeutung sein sollen.

Der Gedanke der Schutzfärbung wurde bereits von *Aristoteles* klar ausgesprochen, indem der große griechische Naturforscher den Farbenwechsel der Tintenfische als eine Anpassung an die Farbe der jeweiligen Umgebung ansah, um einesteils Schutz vor Feinden zu finden, andererseits den Beutetieren unsichtbar zu sein. Außerdem schreibt *Aristoteles* psychischen Erregungen, z. B. Angst und Zorn, einen bedeutenden Einfluß auf die Färbung des Polypen zu. Wenn auch in der Zeit *vor Darwin* dieser Aristotelische Gedanke niemals ganz aus dem Ideenkreis der Naturforscher und Philosophen verschwunden war, so gewann doch erst durch *Darwins* Lehre vom Kampf ums Dasein die Tierfärbung als *Schutzfärbung* eine erhöhte biologische Bedeutung, um das Überleben des am besten an seine Umgebung angepaßten Tieres zu erklären. Die Überzeugungskraft der Darwinschen Selektionslehre war so groß, daß man fast ganz vergaß, sich nach den Fundamenten dieses Auswahlprinzips umzusehen und mit diesem Zaubermittel alle Probleme der Tierfärbung zu lösen hoffte oder schon gelöst zu haben glaubte. Dabei erging es den Naturforschern ähnlich wie den Faustdeutern, von denen *Goethe* in seinen Gesprächen mit *Eckermann* sagte: „Legt ihr nicht aus, so legt ihr unter."

Befangen in der Zaubergewalt der Darwinschen Selektionsidee hatte man ganz und gar vergessen, daß uns die Selektionshypothese absolut keine Kenntnis von dem *Mechanismus* der Tierfärbung und des Farbenwechsels zu bieten vermag. Denn diese Hypothese konnte niemals eine Erklärung darüber geben, durch welche Faktoren die Tierfärbung zustande kam. Ferner blieb sie uns die Antwort auf die Fragen schuldig, wann und welche Färbungen *Selektionswert erlangen* konnten, und warum andere Färbungen *keinen* Selektionswert erlangten. Die Anhänger der Selektionslehre begnügten sich damit, die Tierfarben als etwas Gegebenes hinzunehmen und damit weiter zu operieren, um mit Hilfe von *wertenden* Urteilen eine Reihe biologischer Erscheinungen zu erklären. Damit verließen diese Forscher den Boden der rein naturwissenschaftlichen Betrachtungsweise, welche nach *Rickert* die *wertfreie* Betrachtung der Dinge ist, und wandten sich der *historischen*, wertenden Betrachtung zu, indem sie die Begriffe Gut und Böse, Nützlich und Schädlich in ihren Urteilen verwandten, während die Naturwissenschaft *jenseits* von Gut und Böse steht. So wurde das ganze Problem zu einem natur*geschichtlichen*. Die Naturgeschichte selbst kann aber niemals eine *kausal-analytische* Erklärung eines Naturgeschehens geben, da sie die *Mechanik* des Lebensprozesses nicht in den Kreis ihrer Analyse einbezieht.

Trotz des Siegeszuges der Selektionstheorie und der Schutzfärbungshypothese hat es aber nicht an gewichtigen Stimmen — ich nenne nur *Semper* — gefehlt, die mit allem Nachdruck darauf hinwiesen, daß die Zuchtwahl niemals das *Entstehen* der Farben erklären könne, und daß aus inneren physiologischen, allerdings noch unbekannten Ursachen eine bestimmte Anordnung und Ablagerung der Farbstoffe in verschiedenen Teilen der Haut, ganz charakteristische Zeichnungen zustande kommen, mit deren Entstehung die Selektion nichts zu tun haben kann.

Nur die *physiologische* Forschung ist imstande, uns eine befriedigende Grundlage zur *mechanistischen* Erklärung des ganzen großen Fragenkomplexes der Tierfärbung zu bieten. Leider haben die Fachphysiologen mit wenigen Ausnahmen — *Brücke, Biedermann, Fredricq* und wenige andere — der Physiologie der Tierfärbung viel zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt und das Gebiet den Anatomen und Zoologen fast ganz überlassen, so daß gerade die physiologischen Grundlagen des Färbungsproblems nicht entsprechend ausgebaut worden sind.

Die Tierfärbung kommt durch sehr verschiedene Anordnung der Farbstoffe im Organismus zustande, wobei die einfachste Stufe die zu sein scheint, wo ein *gelöster Farbstoff* alle Elemente oder einzelne Organe des tierischen Körpers *diffus färbt*. Diese Art von Färbung ist von den Einzelligen angefangen bis zum Menschen zu finden, wie die Muskelfarbstoffe und andere Organfarbstoffe lehren. Dazu gehören auch die verschiedensten respiratorischen Farbstoffe, wie z. B. das Hämoglobin des Blutes, ferner wären hier als Abkömmlinge dieses Farbstoffes die Gallen- und Harnfarbstoffe zu nennen. Obgleich zum Beispiel der Blutfarbstoff sehr wesentlich zur Färbung vieler Tiere beiträgt, wie bei der rosenroten Färbung der Grottenolme, so hat doch niemand diesen Farbstoffen einen Selektionswert im Sinne der *Schutzfärbung* zugesprochen, einfach aus dem Grunde, weil eine gesicherte physiologische Funktion dieser Farbstoffe bekannt ist; wäre das aber nicht der Fall, dann hätten wohl auch diese Färbungen als Schutzfärbungen gegolten.

Eine zweite Art von Färbung kommt durch *Ablagerung von Farbstoffkörnern* in *allen* Zellen des Körpers vor, ohne daß der Farbstoff nur in bestimmten Teilen des Körpers abgelagert wird. Diese Art von Färbung ist gleichfalls in der ganzen Tierreihe anzutreffen. Ja sogar bei Pflanzen ist eine solche Anwesenheit von Farbstoffkörnern (Chromatophoren) bekannt, welche als wesentliche Elemente einer typischen pflanzlichen Zelle anzusehen sind. Diese Ablagerung körnigen Pigmentes in den tierischen Zellen ist zweifellos eine phylogenetisch *sehr alte,* denn sie kommt bereits an der *Eizelle* vor (animaler Pol der pigmentierten Eizelle) und ist auch bei den Embryonen der frühesten Entwicklungsstadien vorhanden. Auch diese diffusen Färbungen haben nichts mit Schutzfärbung zu tun. Vielmehr handelt es sich bei diesen Farbstoffablagerungen um Stoffwechselprodukte, deren physiologische Funktion im Einzelfalle noch nicht genügend erforscht ist. Man darf aber vermuten, daß diese Farbstoffkörner bei den Tieren ebenso wie die Chromatophoren der Pflanzen *der Ausnützung sonst nicht zugänglicher Energieformen dienen,* wie z. B. der Absorption von Licht- und Wärmestrahlen. Dafür spricht auch die von *Leydig* zuerst hervorgehobene Tatsache, daß bei den Amphibieneiern diejenigen *am stärksten pigmentiert sind, welche zuerst im Frühjahr* abgelaicht werden, während die spät laichenden (Mai, Juni) Arten schwach oder unpigmentierte Eier haben, wobei noch der Ort, wo der Laich sich befindet, sowie andere Faktoren von Bedeutung sind.

Endlich kommt es zur *Ausbildung besonderer Zellen,* die das Pigment enthalten, den *Chromatophoren* (nicht identisch mit den Chromatophoren der Botaniker). Es können aber auch noch andere Körperzellen körniges Pigment enthalten, obgleich seine Hauptmasse in den Chromatophoren sich vorfindet. Wenn auch die Mehrzahl dieser Pigmentzellen im Integument (Haut) abgelagert sind, so finden sich doch auch große Mengen von Pigmentzellen in den *inneren Organen,* z. B. in den Hüllen des Zentralnervensystems, an den Blutgefäßwänden, im Verdauungsrohr, in der Leber, in den Keimdrüsen (Eierstöcke). Ja, es gibt sogar Tiere, wo Chromatophoren *nur* in inneren Organen vorkommen, während sie im Integument vollständig fehlen, wie z. B. beim Lanzettfischchen, oder bei dem parasitisch im Darm einer Holothurie lebenden Fische Fierasfer. Alle diese *Pigmentierungen innerer Organe können unmöglich als Schutzfärbungen angesehen werden.* Auch die innigen topographischen Beziehungen der Pigmentzellen zu den Nervenendigungen in der Haut und zu den Sinnesorganen überhaupt, welche beim Auge besonders ausgeprägt sind, lassen sich als Effekte der Schutzfärbung nicht erklären, wohl aber werden diese Beziehungen zu den Nervenendigungen verständlich, wenn wir die Pigmentzellen als *Sensibilisatoren* der Nervenendigungen für Licht ansehen, wie die Sensibilisierungsversuche tierischer Gewebe und Organismen *(Tappeiner, Hertel)* ergeben haben. Speziell *Hertel* hat gezeigt, daß Nervengewebe durch Sensibilisierung mit Farbstoffen für Licht erregbar wird, während es ohne Farbstoff auf Licht nicht reagiert.

Es lag nun nahe, anzunehmen, daß die Pigmentzellen nicht nur Sensibilisatoren für jene Form der strahlenden Energie seien, die wir als *Licht* bezeichnen, sondern daß sie auch jene größeren Wellenlängen, welche wir *Wärmestrahlen* nennen, absorbieren und dadurch dem tierischen Körper nutzbar machen. Ferner war es naheliegend anzunehmen, daß die tierischen Pigmente die Strahlungs- und Leitungsfähigkeit der Haut ändern, also ein *Organ der Temperaturregulierung* darstellen, dessen Vollkommenheit dadurch noch erhöht wird, daß durch die Pigmentzellen eine Verschiedenheit der Färbung ermöglicht wird, indem die Tiere alle möglichen Übergänge zwischen hell und dunkel zu erzeugen vermögen. Durch diese rein physiologische Auffassung der Chromatophoren als Organ der *physikalischen Wärmeregulation* der Organismen scheint mir der ganze Farbenwechsel durch Chromatophoren sowie die *phylogenetische Entstehung des Chromatophorensystems* viel verständlicher geworden zu sein, als es durch die einseitige Schutzfärbunghypothese, welche so viele unbewiesene und vor allem unbeweisbare Voraussetzungen erfordert.

Es sind wohl in der wissenschaftlichen Literatur gelegentlich ähnliche Anschauungen geäußert worden, aber niemals ist der Versuch gemacht worden, eine strenge *Beweisführung* zu liefern, ja alles, was nach dieser Richtung hin geäußert wurde, stützte sich auf unzulängliche oder sogar falsche Annahmen. Daher kann es uns nicht wundern, daß bis heute die herrschende Lehre von Schutzfärbung noch immer als *unwiderlegt* gilt. Im folgenden soll nun noch weiter gezeigt werden, daß die Schutzfärbungshypothese mit den Tatsachen keineswegs im Einklang steht, welche durch die Anschauung, daß die Chromatophoren der Wärmeregulierung dienen, ohne Schwierigkeiten erklärt werden können.

Die erste notwendige Voraussetzung der Möglichkeit einer Schutzfärbung ist ein *Farbensinn der Tiere;* das heißt, daß die Tiere die Farben *als Farben, also entsprechend den Wellenlängen* sehen und nicht nur Intensitäten der Energie, d. h. Helligkeiten unterscheiden. Denn es ist klar, daß, wenn die Tiere farbenblind wären, dann von einer *Farbenanpassung* oder Schutzfärbung nicht gesprochen werden könnte, zum mindesten wären dann alle *Farben überflüssig,* da Helligkeitsunterschiede genau den gleichen Wert hätten, so daß eine Farbenanpassung niemals hätte durch Selektion gezüchtet werden können.

Das Farbensehen der Tiere ist eines der umstrittensten Gebiete der Biologie, vor allem deswegen, weil die Versuche niemals so *exakt quantitativ* ausgeführt worden sind, daß wirklich genaue energetische Auswertungen der Resultate möglich gewesen wären, um Intensitätsreaktionen und solche auf Wellenlängen *mit Sicherheit* voneinander scheiden zu können. Ohne im Detail auf die Frage des Farbensehens der Tiere einzugehen, kann ganz allgemein gesagt werden, daß bei Wirbellosen und

Fischen ein Farbensinn nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden konnte, daß dagegen die übrigen Wirbeltiere einen zum Teil beschränkten Farbensinn besitzen, wie aus den Untersuchungen von *Heß* und anderen hervorgeht. Damit ist einer der Grundpfeiler der Schutzfärbungshypothese gefallen. Denn wenn die *Wirbellosen und Fische farbenblind sind,* wie will man dann das lebhafte Farbenspiel der im Meere lebenden Tiere als Schutzfärbung erklären? Da ferner bei den *Reptilien* und *Vögeln* der Farbensinn wegen der in der Netzhaut vorhandenen Ölkugeln, die als Farbfilter wirken, *beschränkt* ist, so würden eine ganze Reihe von Farben, nämlich die kurzwelligen Lichter vom Blaugrün ab, als Schutzfarben gegen diese Tiere vollständig bedeutungslos sein. Es müßten deshalb infolge der Selektion durch Schutzfärbung *alle Beutetiere der Reptilien und Vögel eine rote bis grüne Färbung annehmen,* oder nur Schutzfärbungen von hell und dunkel zeigen, was tatsächlich nicht der Fall ist. Das gleiche gilt natürlich auch von den *Schmuck-* und *Schreckfarben,* wenn wir von den rein anthropomorphistischen Spekulationen gänzlich absehen wollen, die diesen Deutungen zugrunde liegen. Denn die ganze Lehre von der Schreck- und Schmuckfärbung setzt bei Tieren, die in ihrer Gehirnorganisation sehr niedrig stehen, eine Kette von *logischen Denkoperationen und ästhetischen Urteilen* voraus, welche wir keineswegs als a priori möglich gelten lassen dürfen. Da unsere Kenntnisse über die Tierpsychologie doch noch zu sehr in den Kinderschuhen stecken, scheint es wohl sehr gewagt, den niederen Tieren solche *hochstehenden psychischen Funktionen* zuzuschreiben. Ferner würden viele als Schreckfärbungen gedeuteten Zeichnungen ein sehr *genaues Formensehen* der Tiere erfordern; was wir aber bis jetzt aus Beobachtungen an freilebenden Tieren wissen, spricht vielmehr *gegen* als für ein genaues Formensehen.

Betrachten wir die *Verbreitung des durch Chromatophoren erzeugten Farbenwechsels,* so muß es besonders auffallen, daß erst bei verhältnismäßig hochorganisierten Tieren ein wirklicher Farbenwechsel vorkommt, während die Elemente desselben, die Pigmentzellen, schon bei sehr niedrig stehenden Tieren, den Schwämmen vorhanden sind *(v. Lendenfeld, F. E. Schulze).* Es hat zwar *v. Uexküll* bei gewissen Seeigeln einen Farbenwechsel im Lichte beschrieben, aber es ist keineswegs sicher, daß dieser Farbenwechsel durch Veränderungen in der Pigmentverteilung innerhalb von Chromatophoren erzeugt wird. Dagegen ist uns bei den zu den Mollusken gehörigen Flossenfüßlern ein sicherer durch Chromatophoren bedingter Farbenwechsel bekannt. Einen Höhepunkt erreicht das Farbenspiel bei den Kopffüßlern (Tintenfische), ferner besitzen die Krebse einen ausgesprochenen Farbenwechsel, während die Insekten zwar Chromatophoren, aber *keinen* durch sie bedingten Farbenwechsel haben. Von den Wirbeltieren besitzen die Fische, Amphibien und Reptilien einen chromatophorischen Farbenwechsel, dagegen fehlt ein solcher den Vögeln und Säugetieren, trotzdem auch bei diesen beiden Klassen zahlreiche Chromatophoren vorhanden sind. Aus dieser Übersicht geht hervor, daß *alle* Tierklassen von den Schwämmen aufwärts zwar Chromatophoren besitzen, aber nur *wenige* einen durch sie bedingten Farbenwechsel.

Ferner ist es wichtig darauf hinzuweisen, daß bei den Tieren zahllose Chromatophoren in der Haut *vorhanden* sind, wo sie für Zwecke der Schutzfärbung *gar nicht in Frage kommen können,* wie bei den Säugetieren und Vögeln, deren Schutzfärbung durch die Behaarung und das Gefieder in ausreichendem Maße gesichert ist, und die sogar durch Sträuben der Haare und Federn bis zu einem gewissen Grade einen Farbenwechsel haben. Da die Pigmentzellen aber unter diesen Bedingungen für die Schutzfärbung nicht in Frage kommen, so müßten sie als physiologisch wertlose Organe der Rückbildung anheimfallen und endlich ganz verschwinden, wenn wirklich die Schutzfärbung die *einzige* Funktion der Pigmentzellen wäre. Gegen eine solche Auffassung sprechen die zahlreichen Beobachtungen *gesteigerter Pigmentbildung* unter physiologischen wie pathologischen Bedingungen; ich führe nur an die gesteigerte Pigmentbildung während der Schwangerschaft oder an Druckstellen des Körpers, wobei von einer Schutzfärbung absolut nicht die Rede sein kann; ebensowenig können die farbigen Menschenrassen jemals durch Schutzfärbung erklärt werden.

Andererseits kennen wir auch zahlreiche Fälle von *verminderter Pigmentbildung,* den partiellen oder totalen Albinismus, die ebenfalls experimentell erzeugt werden können. So haben *Kammerer* sowie *Ogneff* und *Tornier* zum Teil durch Hunger oder durch Schwächung der Protoplasmaenergie infolge mechanischer Insulte bei verschiedenen Amphibien, Reptilien und Fischen künstliche Albinos gezüchtet. Alle diese Tatsachen weisen mit Bestimmtheit darauf hin, daß das *Pigment ein Stoffwechselprodukt* ist, das unabhängig von jeder Schutzfärbungsbestimmung gebildet wird.

Wie innig die Beziehungen zwischen Tierfärbungen und Stoffwechselvorgängen sind, haben wohl am schlagendsten die Untersuchungen über den periodischen Tag- und Nachtfarbenwechsel verschiedener Krebse gezeigt, indem zur Nachtzeit ein diffuser blauer Farbstoff auftritt, wobei außerdem Veränderungen des Herzschlages, Veränderungen in der Reaktion der Leber und der Muskeln (Auftreten einer Säure) während der Nachtzeit nachgewiesen werden konnte. Das zuerst von *Keeble* und *Gamble* sorgfältig untersuchte Auftreten des blauen Farbstoffes wurde später vielfach bestätigt und *Doflein* geht in seinen Deutungen der ganzen Erscheinung so weit, daß er die Chromatophoren mit Drüsen vergleicht, deren Sekret das Pigment sein soll. Die Bildung des vorhin genannten blauen Farbstoffes faßt *Doflein* als einen Fall von *innerer Sekretion* auf. Inzwischen haben uns aber *Bauers* Untersuchungen darüber belehrt, daß der blaue Farbstoff der Kruster *kein* inneres Sekret im Sinne der Physiologie darstellt, sondern höchstwahrscheinlich ein *intermediäres Stoffwechselprodukt des Fettstoffwechsels* ist, denn mit dem Verschwinden des um die Chromatophoren und in ihren Ästen befind-