

Ueber die Chromatophoren des Frosches,

von

Dr. E. Harless in München

Die Haut der Frösche zeigt nicht zu allen Zeiten und unter allen Umständen die gleiche Färbung, was schon *Rössel* bekannt war, welcher die Verschiedenheit des Colorits dieser Thiere mit bekannter Treue in seinem Kupferwerk dargestellt hat. Am auffallendsten ist dies indessen bei dem Laubfrosch, dessen Hautfarbe vom hellsten Grasgrün durch verschiedene Abstufungen des Grünen bis zum tiefen Saftgrün, selbst in das Braune, bei einzelnen Individuen selbst Schwärzlichbraune überspielen kann. Dieser Farbwechsel, an ein ähnliches, nur viel auffallenderes Phänomen bei dem Chamäleon erinnernd, war wohl schon länger bekannt, bis jetzt aber noch nicht genauer analysirt. Ich hatte meine Studien hierüber, auf welche mich ein Zufall bei Untersuchung der Nickhaut des Frosches zu anderen Zwecken führte, fast beendet, ehe ich *Brücke's* Abhandlung¹⁾ über das Chamäleon zu Gesicht bekommen, und konnte also auch nicht von der vorgefassten und naheliegenden Meinung geleitet werden, dass eine Aehnlichkeit im Mechanismus des Farbenwechsels zwischen Chamäleon und Frosch existire, welche bis zu einem gewissen Grad allerdings vorhanden ist. *Brücke's* Arbeit hat mir nachträglich gedient, beide Phänomene noch genauer mit einander zu vergleichen und überhebt mich jetzt einer grössern Ausführlichkeit in der Beschreibung der Experimente, welche ich vorher theils ebenso, theils modificirt angestellt hatte, nachher genau nach *Brücke's* Vorschrift wiederholte, so dass sich alle Berichte über die Wirkung verschiedener Agentien genau auf die von *Brücke* in Anwendung gebrachten Methoden beziehen. *Rana arborea*, an welcher die meisten der nachfolgenden Beobachtungen angestellt worden sind, hat zwei

¹⁾ Untersuchung über den Farbenwechsel des afrikanischen Chamäleons. Denkschriften der mathemat. naturwissenschaftl. Classe der Kaiserl. Akademie zu Wien. IV. Bd.

wesentlich verschiedene Arten Pigmentzellen, von denen die eine aber selbst wieder in zwei Unterabtheilungen zerfällt.

Die eine Art ist unregelmässig polyedrisch und mit einem unter allen Umständen sich gleichbleibenden goldgelben Pigment erfüllt. Die Zellen messen 0,018—0,022 mm., ihr Inhalt ist feinkörnig; selbst verdüntes kaustisches Natron löst sie nicht schnell auf. Dasselbe gelbe Pigment kommt auch zerstreut im Gewebe, z. B. an der Schenkelinnenfläche vor und tingirt dasselbe gleichmässig. Die zweite Art von Zellen sind sternförmig oder polyedrisch von veränderbarer Gestalt; ihre eine Classe ist schwarz; die andere lichtbraun. Der Unterschied in der Tiefe ihrer Farbe rührt von der Masse einzelner, an sich blässbräunlicher Pigmentmoleküle her. Ihr Verhalten gegen kaustisches Natron ist verschieden. Die Hülle der braunen Zellen wird rasch dadurch aufgelöst; die Pigmentmoleküle zerstreuen sich. Der Auflösung der Zellenwand geht aber eine rothe, manchmal prachtvoll violette Färbung des Inhalts voraus, der neben den Pigmentmolekülen die Zelle erfüllt. Dieselbe Natronlösung greift die schwarzen Pigmentzellen nur sehr langsam und wenig an.

Die braunen Pigmentzellen sind es, welche jene dem dritten *Newton'schen* Ringsystem¹⁾ angehörigen Interferenzfarben zeigen, als welche ich sie gleich von Anfang an erkannte, und auch *Brücke* in seiner Abhandlung bereits bezeichnet hat.

Die schwarzen Pigmentzellen zeigen nur hier und da einen Anflug von Blau, ähnlich dem sogenannten Reif einer Pflaume.

Die Interferenzfarbe einer braunen Zelle bleibt nicht constant, sondern sie wechselt unter gewissen Umständen; und wenn bei dem Chamäleon die Farbe der irisirenden Epidermisplättchen von nur untergeordneter Bedeutung für die gesammte Hautfarbe ist, so dürfte dies für die Hautfarbe des Frosches in höherem Grade der Fall sein. Denn bei der bald zu erwähnenden Veränderlichkeit der schwarzen Pigmentzellen wird trotz der Aehnlichkeit eines gewissen Mechanismus bei Frosch und Chamäleon doch keine solche Uebereinanderlagerung dunkler und durchscheinender, an sich weisser Schichten bei dem Frosch erzeugt, welche bei dem Chamäleon nach *Brücke's* Auseinandersetzung den eigentlichen Farbwechsel bedingt, so dass bei dem Mangel eines blauen oder grünen Pigments allein die Interferenzfarbe der braunen über den gelben und theilweise über, theilweise in gleichem Niveau mit den schwarzen Zellen gelagerten jene grüne Farbe der Rückenfläche und den Perlmutterglanz der Streifen an den Flanken des Thieres erzeugen kann. Die Farbveränderung der Haut dieser Geschöpfe ist nicht ein blosses Heller- und Dunklerwerden ein und derselben Tinte,

¹⁾ *Brücke* l. c. pag. 24.

sondern es ist ein wirklicher Wechsel, wenn auch nur innerhalb der Nuancen des Grünen und Braunen. Dieser ganze Vorgang beruht wohl auch grossentheils wie bei dem Chamäleon auf Aenderung der Ueber- und Nebeneinanderlagerung der Pigmente, zugleich aber auch in Farbveränderung der Interferenzzellen, was bei dem Chamäleon nicht der Fall ist.

Nicht in Beziehung auf Reihenfolge der Farben, sondern der zu Grunde liegenden Ursachen lassen sich folgende drei verschiedene Töne anführen; das ist: Grasgrün, Gelb, Dunkelolivengrün, fast Braun. Im ersten Fall spielen die Interferenzzellen, im zweiten die goldgelben, im dritten die schwarzen Pigmentzellen die Hauptrolle.

Von den gelben Pigmentzellen ist weiter nichts zu erwähnen. Sie bilden gleichsam den Grund, auf welchem das Spiel der anderen Zellen im Verein mit ihnen die verschiedenen Farbennuancen erzeugt, und liegen am tiefsten.

Die bräunlichen Zellen an einzelnen Stellen mit sehr langgezogenen und vorherrschend nach einer Richtung gestreckten, häufig untereinander anastomosirenden Fortsätzen lassen an sich willkürlich einen Farbwechsel erzeugen, welcher unter geeigneten Umständen auch von selbst an ihnen auftritt, mögen sie von Wasser, von Lymphe oder von Luft umgeben sein. Hat man nämlich eine solche Zelle isolirt oder in Zusammenhang mit ihrer Umgebung unter dem Compressorium einem ganz allmählich wachsenden Druck ausgesetzt, so treten in der anfänglich lichtbräunlichen Zelle, in dem Maasse als der Druck zunimmt, der Reihe nach folgende brillante Farben bei durchfallendem Licht auf (während begreiflich im auffallenden die dazu complementären erscheinen): Blau, Blaugrün, Meergrün, Röthlich (Fleischfarbig), Violett, Braun. Hört man im rechten Moment, nämlich so wie die Zelle anfängt bräunlich zu werden, mit dem Comprimirn auf, und schraubt den Quetscher langsam zurück, so erscheinen wieder die Farben in umgekehrter Ordnung einander folgend; häufig bleibt aber die Farbveränderung bei dem Meergrün oder Blau stehen.

Dies widerlegt die Vermuthung *Brücke's*, welcher, wie er selbst sagt, diese Thiere in Beziehung auf ihren Farbwechsel nicht genauer untersucht hat, als ob die vielleicht krystallinischen Körnchen der Zellen das Interferenzphänomen hierbei bedingen. Der Druck ist zu gelind, als dass eine Formveränderung dieser Körnchen dabei möglich wäre und die Aufhebung des Druckes liesse nicht eine Wiederherstellung der ursprünglichen Form in so kurzer Zeit voraussetzen. Auch wäre die Regelmässigkeit in der Aufeinanderfolge der Farben bei Verstärkung und Verminderung des Druckes nicht möglich, wenn die Farben sehr wesentlich von der gegenseitigen Stellung der festen Körperchen im Innern der Zelle und den dadurch bestimmten Wirkungen der Reflexion

der Lichtstrahlen abhingen. Vielmehr muss die Farbveränderung von dem Wechsel der Dicke einer flüssigen Schicht in der mit elastischen Kräften ausgerüsteten Zelle abhängig gedacht werden. Wird der Druck über jene angegebene Grenze hinaus verstärkt, bei welchem die Zellenwandung jedoch noch keineswegs gesprengt zu sein braucht, so bleiben auch bei völliger Aufhebung des Druckes die Zellen lichtbrännlich, was sich nur daraus erklären lässt, dass durch den Druck jene die Farbe erzeugende Flüssigkeitsschicht durch die Zellwandung hinausgepresst worden ist.

Dass ähnliche Druckwirkungen, wie hier künstlich, bei dem lebenden Thiere vorkommen können, und wirklich vorkommen, bezeugen die Resultate der Versuche, welche man an ihnen bei Anwendung der Inductionsströme und bei Zerstörung des Rückenmarkes gewinnen kann.

Was die Anwendung der Elektrizität auf beschränkte Hautstellen des lebendigen Thieres betrifft, so sieht man sehr bald unter den Spitzen der Zuleitungsdrähte vollständig gelbe Flecken auftreten, mit denen man willkürlich den ganzen Rücken des Thieres zeichnen kann. Gleichzeitig quillt eine grosse Menge Schleim hervor, welcher als trübes Medium dem Thier einen blauen Anflug gibt, und die an sich gelben Stellen hellgrün erscheinen lässt. Hat man diesen Schleim weggewischt, so bleiben die gelben Flecke Stunden lang nach Beendigung des Versuches; sie waren bei den Thieren, welche ich untersuchte, erst des andern Morgens vollständig wieder verschwunden, und der dunkelgrünen Lokalfarbe des ganzen Rückens gewichen.

Köpft man ein Thier und zerstört mit einer Nadel das ganze Rückenmark, so verwandelt sich rasch, ja fast augenblicklich, das Grün des Rückens in ein schmutziges Oekergelb, dem nur noch sehr wenig Grün beigemischt ist.

Daraus geht hervor, dass Einwirkungen, welche die motorischen Nerven heftig erregen, schnell eine Entfärbung jener Zellen herbeiführen können, und dass die Rückkehr der Farbe nicht von schnell sich wieder ausgleichenden Störungen oder Zustandsänderungen der Nerven abgeleitet werden kann, sondern nur von Ernährungsvorgängen, welche erst nach Ablauf einer längern Frist die ursprünglichen Verhältnisse wieder herzustellen im Stande sind.

So liegt die Annahme nicht fern, dass durch die Reizung der Hautnerven in jenen Fällen Contractionen der die Interferenzzellen beherrschenden Cutisfasern, wenn solche da sind, oder jener selbst eine Entleerung von dem die Farben bestimmenden Inhalt herbeigeführt werde, welcher erst nach längerer Zeit wieder ersetzt zu werden vermag.

Damit mag auch der verhältnissmässig langsame Wechsel in der Farbe dieser Thiere zusammenhängen, welche wohl bei heftigeren Eingriffen rasch erblässen, unter gewöhnlicheren Bedingungen aber lang-

samer und auch langsam dunkel werden. Was ich hierüber habe ausfindig machen können, ist, dass manehmal die Entziehung des Lichtes eine auffallende Verdunklung der Haut herbeiführt, oftmals aber auch ohne alle Wirkung bleibt. Die an sonnenhellen Tagen eingefangenen Frösche sind ganz hellgrün, werden aber in der Gefangenschaft nach einiger Zeit dunkler, wechseln, ob im Hellen oder Dunklen stehend, die Farbe hie und da, was mehr von grösserer oder geringerer Befriedigung ihrer Nahrungsbedürfnisse abzuhängen scheint.

Betupfen mit Terpentinöl macht die Haut heller, so wie die Flüssigkeit so tief eingedrungen ist, dass die Nerven afficirt werden, was sich durch die Unruhe der Thiere kund gibt. Das Ablassen bleibt ziemlich auf die Stelle der Application beschränkt.

Die schwarzen Pigmentzellen bilden durch ihre Ausläufer, welche sehr vielfache Anastomosen untereinander eingeben, ein äusserst engmaschiges Netzwerk mit sehr schmalen Verbindungen. Dieses ganze Netzwerk liegt in einer Horizontalebene, während bei dem Chamäleon die Reiserchen der weispigmentirten Zellen in mehr senkrechter Richtung gegen die Epidermis hin aufsteigen. In diesem Fall erscheint die Haut mit ihrer dunkelsten Färbung. Die beschriebene Anordnung macht unter Umständen einer zweiten Platz, bei welcher das Netzwerk zerrissen scheint, mit vielen massigen Knoten, den angeschwollenen Körpern der Zellen, und kurzen, oft kolbigen Ausläufern, die in keiner Communication mit denen benachbarter mehr zu stehen scheinen. Diese Veränderung, schon von *Axmann*, *R. Wagner* und *Brücke* beobachtet, erfolgt einmal langsamer, einmal schneller unter gleich näher anzugebenden Vorgängen. Man kann diese beiden Zustände fixirt erhalten und sie somit sehr leicht miteinander vergleichen. Zu dem Ende taucht man den einen Fuss des eben getödteten dunkelgefärbten Thieres in strudelndes Wasser etwa 3—4 Secunden, und lässt das Präparat 10—12 Stunden in einer mit Wasserdampf gesättigten Atmosphäre liegen. Streift man dann die Epidermis vom gebrühten Fuss ab, so erscheint die Farbe desselben sehr dunkel. Die Haut des andern Fusses dagegen ist wie gebleicht, blassgrün mit vorherrschendem weisslich Gelb. Schneidet man jetzt zwei symmetrisch sich genau entsprechende Hautstücke von beiden Füßen ab, und bringt sie unter das Mikroskop, so findet man jene oben beschriebenen extremen Zustände der Pigmentzellen dauernd fixirt, und kann sie als bleibende Präparate in einer geeigneten Flüssigkeit einschliessen und aufbewahren. Diese ganze Zellenlage mit ihren Ausläufern ist also vergleichbar einem Schleier, welcher bald dichter zusammengezogen, bald mehr gelüftet wird und dadurch die anderen Pigmente je nachdem vorherrschen oder zurücktreten lässt. *Brücke* hat schon richtig angegeben, dass sich die Ausläufer nicht in sich zurückziehen, was bei der anastomotischen

Verknüpfung derselben auch nicht möglich wäre, sondern sie entleeren ihren Inhalt, nämlich die Pigmentmoleculé gegen den centralen Zellerraum hin. Nicht allein lassen, wie *Brücke* angibt, theilweise in den Fortsätzen zurtickbleibende Pigmentmoleculé den Ort der dem Blick sich leicht entziehenden blassen Fortsätze erkennen, sondern ich habe mehrmal deutlich das Rollen der Pigmentmoleculé gegen das Centrum der Zelle hin mit dem Auge verfolgen können. Damit dieses Rollen möglich sei, muss in den Zellen und Fortsätzen eine Flüssigkeit vorausgesetzt werden, welcher die Moleculé ihre Beweglichkeit verdanken. Die Wirkung der Siedhitze, in welcher die netzförmige Anordnung gleichsam erstarrt, macht es mir wahrscheinlich, dass dieser Inhalt coagulabel also eiweissartig ist.

Die eben beschriebene Methode, die Zustände der Pigmentzellen zu fixiren, dient zugleich dazu, sich von dem vollkommenen Zusammenhang der schwarzen und braunen Pigmentzellen zu überzeugen. Irgend eine von dem Nervenfluss abhängende Kraft drängt die Pigmentmoleculé in den hinterher viel schwärzer und compacter aussehenden Zellen zusammen, während weniger in den braunen Zellen, am wenigsten, meist gar keine, in den beide verbindenden Ausläufern zurückbleiben. In den sogenannten Braunen bleibt eine Flüssigkeitsschicht zurück, deren Mächtigkeit die jeweilige Interferenzfarbe bestimmt, und welche verschwinden muss, wenn diese Flüssigkeit exosmotisch entweichen kann, wie dieses nach dem Tod mit beginnender Zersetzung und darauf folgender Fäulniss stattfindet, wo dann die ganze Hautfarbe schmutzig grünlich mit vorherrschendem Gelb wird, zu welcher Zeit dann auch mit dem Mikroskop wenig mehr von den sonst so brillanten Interferenzfarben zu sehen ist.

Nach dem, was mich meine Untersuchungen über die Chromatophoren der Cephalopoden gelehrt hatten, bei welchen ich einen organisch contractilen Mechanismus an den an sich nur elastischen Zellwandungen angeheftet fand¹⁾, konnte ich mich anfänglich gar nicht überreden, zu glauben, dass bei den so ähnlichen Gebilden des Frosches die Zellwandungen selbst contractil sein sollten. So viel ich aber nach einem anderweitigen Mechanismus forschte, ist es mir nicht gelungen, einen wahrzunehmen oder nur zu vermuthen; denn man überzeugt sich sehr leicht sowohl an senkrechten Durchschnitten der Haut als auch bei der Ansicht weniger stark pigmentirter Hautstellen

¹⁾ Ich habe in der huerüber veröffentlichten Arbeit den Ausdruck «contractile» Sacke gewählt, um schärfer zu bezeichnen, dass die Zusammenziehung und damit verbundene einseitige Raumverkleinerung allein als von der Zelle ausgehend zu betrachten sei, nicht aber ihre Raumvergrößerung oder Expansion, die ich von äusseren Kräften abhängig nachwies.

von oben, dass die höchst regelmässig angeordneten glatten Muskeln der Haut unter den Pigmentzellen hinstreichen, sie nirgends umfassen oder sich an sie ansetzen. Bis auf Weiteres bleibt also die Ansicht allein möglich, dass sich die Zellen selbst auf Nervenreiz contrahiren können, und dass diese Contraction von den Ausläufern gegen das Centrum der Zelle hin fortschreiten muss. Dass Nerven in die Pigmentschicht eintreten, ist sicher.

Stellen wir nach dem Mitgetheilten die von *Brücke* gefundenen Thatsachen für das Chamäleon mit denen bei dem Laubfrosch zusammen, so erhalten wir folgende Uebersicht:

- 1) Die Interferenzzellen gehören bei dem Chamäleon der Epidermis an; bei dem Frosch der unter der Oberhaut gelegenen Schicht von Pigmentzellen.
- 2) Die Interferenzzellen des Chamäleons spielen eine sehr untergeordnete Rolle in Beziehung auf die Erzeugung einer respectiven Färbung der Haut: die des Frosches dagegen eine sehr wesentliche.
- 3) Ein bestimmt farbiges Pigment fehlt bei dem Chamäleon, die zwei vorkommenden sind weiss und schwarz. Bei dem Frosch ist ein sehr lebhaft gefärbtes, nämlich gelbes vorhanden.
- 4) Die Interferenzfarben sind bei dem Chamäleon je in einer Zelle constant, bei dem Frosch verschieden oder gar nicht vorhanden, je nach den Zuständen des Thieres und äusseren Veranlassungen.
- 5) Das brechende Medium in den Interferenzzellen des Chamäleons ist Luft, in denen des Frosches eine Flüssigkeit.
- 6) Der Farbwechsel des Chamäleons beruht auf einer Ueber- und Nebeneinanderlagerung eines weissen und schwarzen Pigments, wobei jenes als trübes Mittel wirkt; der Farbwechsel des Frosches auf einer veränderbaren Vertheilung der braunen Molecüle in der horizontalen Pigmentebene, von welcher einerseits das grössere oder geringere Durchscheinen des darunter gelegenen gelben Pigmentes, andererseits die Mächtigkeit der die Interferenzerscheinung an den schwarzen Pigmentzellen bedingenden Flüssigkeitsschicht in letzteren selbst abhängt. Diese drei Umstände zusammen bewirken die jeweilige Färbung der Haut.
- 7) Die in senkrechter Richtung wechselnde Vertheilung der meisten Pigmentmolecüle des Chamäleons soll von Contractionszuständen der Cutisfasern abhängen, während bei dem Frosch vorläufig dieselben als unbetheiligt, die Zellwandungen dagegen selbst als contractil scheinen.
- 8) Erregung der motorischen Hautnerven erzeugt bei beiden die helleren Farben.

- 9) Das Chamäleon wird nach dem Tode dunkel; der Frosch immer heller.
- 10) Das Licht scheint ein stärkeres Erregungsmittel für das Chamäleon, auch unter sonst ungünstigeren Umständen als für den Frosch.
- 11) Bei beiden sind es zuletzt die aus der Summe aller Einflüsse resultirenden Stimmungen der Nerven, welche die Farbe der Haut so oder so erscheinen lassen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie](#)

Jahr/Year: 1853-1854

Band/Volume: [5](#)

Autor(en)/Author(s): Harless Emil

Artikel/Article: [Ueber die Chromatophoren des Frosches 372-379](#)