

Über die gelbe Färbung der Mundhöhle junger Vögel.

Von

W. J. Schmidt,
in Bonn.

Mit Tafel IV.

Strukturfarben und Pigmente teilen sich in die Erzeugung des Farbenkleides der Vögel. Die schillernden und die blaue Farbe des Vogelgefieders entstehen rein physikalisch, indem die feineren Bauverhältnisse der Federn zu Interferenzerscheinungen des auffallenden Lichtes Veranlassung geben (Schillerfarben), oder ein trübes Medium herstellen, das vor dunklem (durch Pigment geschaffenen) Hintergrund blau erscheint. Sieht man von dem eigenartigen kupferhaltigen rotvioletten Farbstoff in den Federn gewisser Bananenfresser (Musophagiden), dem Turacin, und seinem ebendort vorkommenden grünen Derivat, dem Turacoverdin ab, so erweisen sich die übrigen Pigmente den Lipochromen und Melaninen angehörig, zwei Gruppen von Farbstoffen, die im Tierreich außerordentlich weite Verbreitung besitzen. Die Lipochrome rufen die gelbroten Farbentöne, die Melanine die braunschwarzen hervor. Gewisse Farben, vor allem die grüne, verdanken ihre Entstehung einem Zusammenwirken von Struktur- und Pigmentfarben: Federteile, die infolge ihrer Struktur blau erscheinen würden, sind von gelb gefärbten

Hornmassen überlagert, sodaß derartige Stellen den Eindruck von Grün erwecken, Auch das eigentümliche bläuliche Grau der Tauben und mancher anderer Vögel (Tauben-, Mohnblau) ist eine derartige Kombinationsfarbe: es vereinigt sich die Wirkung staubartig zerfallener Hornmassen auf Federästen und -Federstrahlen („Puderstruktur“) mit besonderen Anordnungsverhältnissen des Melanins. (Vgl. hierzu Krukenberg 1881 u. 1882, Haecker, 1890, 1918, Haecker und Meyer 1902, Biedermann 1904, Kniesche 1914, Spöttel 1914, Samuely 1911).

Während die Bedeutung der Melanine für die Färbung der Vogelfedern vornehmlich durch die Arbeiten von Strong (1902) Gortner (1910) und Spöttel (1914) sowohl in morphologischer wie in chemischer Hinsicht nicht unwesentlich geklärt worden ist, sind unsere Kenntnisse vom Anteil der Lipochrome nach diesen Richtungen hin über die von Krukenberg (1881 u. 1882) und seinen Vorgängern erbrachten Daten hinaus kaum gefördert worden. Das ist nach der morphologischen Seite nicht zu verwundern; denn ein Farbstoff, der wie die Lipochrome meist homogen das Horngewebe durchtränkt, bietet für eine histologische Untersuchung wenig Angriffspunkte.

Krukenberg (1881, S. 87 f) hat aus einer Reihe verschiedener roter und gelber Federn durch Alkohol, Äther und ähnliche lipochromlösende Substanzen, zumteil nach einer Vorbearbeitung der Federn durch Zerkleinern, Andauung mit Pepsin und Trypsin, Kochen mit schwacher Lauge, die Farbstoffe ausgezogen und Löslichkeit sowie die Reaktionen und Spektren der Lösungen untersucht. Es ergaben sich allerlei Unterschiede der so gewonnenen Lösungen nach ihrer Herkunft, die Krukenberg (1881 S. 87 f.) veranlassten, die erhaltenen Produkte mit besonderem Namen zu belegen: Zoonerythrin (= Tetrone-rythrin) aus roten, Zoofulvin aus gelben Federn, Ararot (1882 S. 164) aus roten Papageiefedern, Picofulvin (1882 S. 22) aus denen der Spechte, Psittacofulvin (1882

S. 31) der Papageien (über Coriosulfurin s. u.). Doch wird man wohl Samuely (1911 S. 304) beistimmen müssen, daß die Verschiedenheit und Individualität der einzelnen Farbstoffe sehr fraglich ist. Am besten scheint mir noch aus dieser Gruppe der rotbraune Farbstoff des Paradiesvogels *Cicinnurus regius*, das Zoorubin, gegen die verwandten Körper abgegrenzt zu sein; ist es doch nach Krukenberg (1882 S. 152) unlöslich in Äthyl und Amylalkohol, in Chloroform, Schwefelkohlenstoff, Benzin, Terpentin und Olivenöl, Substanzen, die echte Lipochrome zu lösen pflegen, wird dagegen leicht von alkalischen Flüssigkeiten und selbst von 5% Kochsalzlösung in der Kälte den Federn entzogen; seine Lösung wird mit geringen Mengen von Kupfersulfat oder -acetat kirschrot.

Viel weniger Beachtung wie die Farben der Federn haben die Färbungserscheinungen an der Haut, insbesondere an den nackten Hautstellen der Vögel erfahren. Auch hier ist zwischen Struktur- und Pigmentfarben zu unterscheiden. So entsteht das Blau an den nackten Kopfstellen des Kasuars wesentlich in der gleichen Weise wie die Farbe der blauen Vogelfedern d. h. als Farbe trüber Medien: die farblose Epidermis, die das trübe Mittel darstellt, ist über dem tiefschwarzen Korium gelagert, das den dunklen Hintergrund abgibt (Krukenberg 1882, S. 14). In der Haut kehren auch die gleichen Farbstoffe wie in den Federn, Melanin und Lipochrom, wieder.

Was die Lipochrome in der Haut der Vögel betrifft, so verdanken „alle die mannigfachen orangefarbenen Abstufungen vom gesättigsten Rot bis zum reinsten Gelb, welche man an den nackten Hals- und Kopfstellen, an den Füßen bei verschiedenen Raub- Sumpf- Lauf- und Schwimmvögeln sieht, ihre Farbe dem Coriosulfurin, dem Zoonerythrin oder einem Gemische beider Pigmente. Wie in den Federn, so setzen sich bei einigen Vögeln diese beiden Farbstoffe auch in der Haut scharf von einander ab. Teils in der Weise, daß eine Hautstelle schon dem

bloßen Auge rein gelb, eine benachbarte dagegen intensiv rot erscheint, teils in der Art, daß die oberflächlicher gelegenen Hautschichten ausschiesslich Zoonerythrin oder viel Zoonerythrin neben wenig Coriosulfurin führen, die tieferen Lagen dagegen nur coriosulfurinhaltig sind (z. B. bei *Casuaris galeatus*).“ (Krukenberg 1882 S. 27). Krukenberg (1882 S. 27 Anmerkung 3) betont ausdrücklich, daß auch die rote Farbe der Hahnenkämme nicht ausschließlich von der Anfüllung derselben mit Blut herrühre — Leydig (1857, S. 82) konnte mikroskopisch kein Pigment darin finden — sondern dass bei diesen und ähnlichen Hautanhängen anderer Vogelarten durch Alkohol Zoonerythrin und Coriosulfurin ausgezogen werden könne. Im Gegensatz zu den Federn kommen nach Krukenberg (1882, S. 28) in der Haut der rote und gelbe Farbstoff nebeneinander vor, nur selten Zoonerythrin allein („Rose“ des Auer- und Birkhahns) oder Coriosulfurin für sich (Tarsalhäute der Raubvögel). Auch die Hühnerfüße und die gelben Gänseschnäbel enthalten reines Coriosulfurin (gelbe Farbe der Lösung in Alkohol, Äther und dgl.); in der Haut von *Casuaris galeatus* und in den roten Läufen der Tauben findet sich Zoonerythrin mit dem Coriosulfurin vergesellschaftet (orangefarbige bis rote Farbe des Farbstoffauszugs und spektroskopisches Verhalten der Lösungen). Aus allen Vogelhäuten waren die Pigmente durch Alkohol nur teilweise, leicht und vollständig dagegen durch nachherige Behandlung mit Äther oder Chloroform zu extrahieren. Die Hilfe, welche das Mikroskop zur Unterscheidung der beiden Pigmente in den Geweben bot, war bei den Taubenfüßen gleich Null, bei der Haut von *Casuaris* insofern etwas größer, als in den obersten Schichten rein gelbe und orangefarbige Fetttropfen von kleineren, tief rot gefärbten deutlich zu unterscheiden sind (Krukenberg, 1882, S. 29).

Wie schon aus dem Vorstehenden ersichtlich, bezeichnet Krukenberg den gelben Farbstoff der Vogelhaut als Coriosulfurin zum Unterschied von dem gelben

Lipochrom der Federn, dem Zoofulvin; diese Trennung fußt auf Differenzen der Absorptionsspektren der Lösungen beider Farbstoffe (1882, S. 169). Als Ausgangsmaterial für die Herstellung der Coriosulfurinlösung diente die Tarsalhaut der Gabelweihe (*Milvus regalis*). Krukenberg bezeichnet das Coriosulfurin als ein gefärbtes fettes Öl, welches bei gewöhnlicher Temperatur salbenartige Konsistenz besitzt.

Wenn ich noch im folgenden die kurzen Angaben von Leydig und seinen Schülern Souza Fontes und Hanau, ferner von Wurm und Bischoff bringe, so dürften damit wohl alle Mitteilungen über Lipochrome in der nackten Haut der Vögel erschöpft sein.

Leydig (1857, S. 97) fand an den gefärbten unbefiederten Hautstellen der Vögel sowohl dunkelkörniges Pigment, also Melanin, als auch Lipochrom und zwar in der Epidermis: „Die mannigfachen bunten Färbungen an unbefiederten Stellen bei Vögeln liegen ebenfalls in den Epidermiszellen, wir sehen z. B. dunkelkörniges Pigment in den Zellen des Rabenschnabels, gelbes und rotes, aus Fettmolekülen bestehend, in den Schnäbeln, Füßen oder um die Augen bei Enten, Gänsen, Tauben, Auerhahn. Doch zeigt sich auch hier eine gewisse Neigung des Pigmentes, sich im Stratum mucosum der Oberhaut abzuscheiden; häufig wie z. B. an der Wachshaut, an den Lidern des Thurmfalken (*Falco tinnunculus*), Schnabel der Gans, sind die obersten Lagen farblos und nur in den tieferen Schichten ist das gelbkörnige, fettartige Pigment untergebracht.“

Souza Fontes (1878, S. 12) erwähnt bei einem Vergleich der Schwimmhaut von *Ornithorhynchus* mit derjenigen der Enten von diesen: „Die gelben und schwarzen Färbungen rühren her von Pigment und Fettkörnchen, welche in den Zellen der Schleimschicht der Epidermis liegen.“

Hanau (1881, S. 19), der die Haut des Vogelfußes bei einer Anzahl von Formen untersucht, gibt an:

„Die Zellen des Rete Malpighii zeigen keine Besonderheiten mit Ausnahme von häufig vorkommenden Einlagerungen von gefärbtem Fett oder schwarzkörnigem Pigment“ und später (S. 22): „Leydig fand, daß in den unbefiederten Teilen des Vogels, soweit sie gefärbt sind, zwei Pigmente vorkommen können, das rotgelbe Fett und das dunkelkörnige Pigment, die beide in den tiefen Zellen des Rete liegen. Was zunächst das Fettpigment anbetrifft, so sah ich es noch weiterhin in den Fettzellen des Panniculus adiposus, wenn dasselbe dicht unter der Haut lag, deren Rete in der erwähnten Weise stark gefärbt war, z. B. auf der Dorsalseite der Taubenzehe und in der Schwimnhaut der Ente. Während das italienische Haushuhn reichlich das rotgelbe Fett im Rete führt, waren bei einem deutschen Hubne die entsprechenden Zellen mit feinen ungefärbten Fettröpfchen versehen.“

Wurm (1871, S. 537), der das rote Lipochrom in der „Rose“ (der wulstigen nackten Haut um das Auge) des Auerhahns auffand und Tetronerythrin benannte, berichtet, daß die Epidermiszapfen (welcher Körperstelle? Rose?) des Fasans stark entwickelt und tiefrot gefärbt seien, im Gegensatz zu den kurzen, mehr orangerot getönten Papillen des Haselhahns. Bischoff, der durch Wurm Material von der Rose des Auerhahns erhielt, fand den Farbstoff im Rete Malpighii, während die oberflächlichen Schichten der Epidermis farblos waren; an Objekten, die schon in starkem Weingeist gelegen hatten, erschien der Farbstoff teils gelöst in den tieferen Zellschichten, teils in zahlreichen Körnern vom Charakter der Zellkerne enthalten (mitgeteilt bei Wurm 1871).

Zusammenfassende Darstellungen z. B. Gadow (1891, S. 487) berücksichtigen die durch Lipochrom bedingten Hautfärbungen, gestützt auf die vorstehend angeführte Literatur, nur kurz. Histologische Abbildungen, welche die hier berührten Dinge betreffen, sind bis jetzt noch nicht veröffentlicht. —

Schon seit längerer Zeit beabsichtigte ich, die auf

Lipochromen beruhenden Färbungen der nackten Hautstellen bei Vögeln einer genaueren Untersuchung zu unterziehen, da die jetzt so vervollkommnete Herstellung von Gefrierschnitten das Studium solcher alkohollöslicher Farbstoffe, die beim Einbetten in Zelloidin und Paraffin verschwinden, ausserordentlich erleichtert. Die Kriegsverhältnisse, die der Beschaffung eines größeren Materials vor allem von Jagdvögeln ungünstig sind, nötigen mich, einstweilen davon Abstand zu nehmen, und nur einem Zufall verdankt die folgende Mitteilung ihrer Entstehung.

Eine im Hausgarten nistende Amsel (*Turdus merula*) bot mir bequem Gelegenheit, das Ausschlüpfen und Heranwachsen der Jungen zu verfolgen. Dabei fiel mir die schwefelgelbe Färbung der Mundhöhle bei den Nestlingen auf, die sich leicht beobachten ließ, da die Tierchen bei einem Geräusch in der Nähe des Nestes, das sie das Herannahen der Mutter vermuten läßt, die Köpfe emporstrecken und den Schnabel weit öffnen; auch durch Berühren des Schnabels konnten sie zum Aufsperrn des Rachens bewegt werden. Ich vermutete, daß auch die gelbe Färbung der Mundhöhle, deren epitheliale Auskleidung gleich der Oberhaut vom Ektoderm stammt, durch Lipochrome bedingt sei, und eine Untersuchung von zwei Amseljungen 14 Tage nach ihrem Ausschlüpfen bestätigte diese Ansicht vollkommen.

Obwohl mir nach früheren gelegentlichen Beobachtungen an Nestjungen anderer Vögel gewiß war, daß die gelbe Färbung der Mundhöhle eine weiter verbreitete Erscheinung bei jungen Vögeln ist, konnte ich doch in der zusammenfassenden Literatur keinen Aufschluss über diese Dinge erlangen und ich bin daher Herrn Geheimrat Prof. Dr. A. König in Bonn zu großem Dank verpflichtet, daß er mir in liebenswürdiger Weise einige Aufklärung über diese Verhältnisse erteilte.

Seiner brieflichen Mitteilung entnehme ich folgendes. Die Mundhöhle ist bei sehr vielen Nesthockern gelb oder orangerot gefärbt; diese Färbung verschwindet jedoch

bald nach dem Flüggewerden bzw. wenn die jungen Vögel von den Alten nicht mehr gefüttert werden. So haben fast alle Sylviiden im weiteren Sinne, — wozu auch die Amseln und Drosseln gehören — in ihrer ersten Jugendzeit eine gelblich bis orangerot gefärbte Mundhöhle. Doch ist diese Erscheinung auch anderen Vögeln eigen, in sehr auffallender Weise dem Kukuck, dessen Mundhöhle im Jugendzustand hochorangerot getönt ist. Auch bei einigen Nestflüchtern (Hühnern und Wasservögeln) ist die Mundhöhle gelblich. Gelbe, wulstartige Mundwinkelränder haben außer den Jungen der Kegelschnäbler auch rabenartige Vögel. —

Wie gesagt, war bei den untersuchten Amseljungen die Färbung der Mundhöhle schwefelgelb; ungefärbt war nur der hinterste Teil der Zunge vornehmlich die Umgebung der Kehlspalte, welche die gewöhnliche zart rosige Fleischfarbe zeigte. In den Ösophagus hinein erstreckte sich die Färbung nicht. Dagegen ging sie von der Mundhöhle aus auf die wulstigen, weichen Außenränder des Schnabels am Mundwinkel („Schnabelwulst“ Heideckes 1897) nach außen über.

Zur histologischen Untersuchung der gelben Mundschleimhaut benutzte ich vor allem Gefrierschnitte, die mit einem Kohlensäuregefriermikrotom von Leitz hergestellt wurden. Die Konsistenz der verhornten Mundschleimhaut war so günstig, das am lebend frischen Material, also ohne jede Fixierung 15—30 μ dicke Schnitte erzielt werden konnten, die in Wasser untersucht wurden. Da sich ergab, daß der Farbstoff auch eine Fixierung mit Formol (10%) übersteht, habe ich einen Teil des Materials in dieser Weise vorbehandelt und dann geschnitten. Ich bemerke vorausgreifend, daß das Pigment in einem ölartigen Fett gelöst ist. Darauf beruhte die Möglichkeit, die Formolschnitte mit den bekannten Fettfärbemitteln — ich gebrauchte Scharlachrot — zu färben. Das Lipochrom zeigte alsdann eine aus seiner Eigenfarbe und dem Scharlachrot resultierende Mischfarbe, die es von (in

natürlichem Zustand) ungefärbtem Fett leicht zu unterscheiden gestattete. Solche Schnitte wurden in Glycerin-gelatine eingeschlossen. Andere Formolschnitte färbte ich allein oder nach der genannten Fettfärbung in verdünntem Delafieldschen Hämatoxylin zur Darstellung der Kerne. Schließlich behandelte ich kleine Stücke der gelb gefärbten Hautpartien mit Flemmingschem Gemisch. Durch seinen Gehalt an Überosmiumsäure wurde das im Objekt enthaltene Fett — lipochromhaltiges so gut wie das übrige — geschwärzt. Hiervon hergestellte Balsampräparate (Paraffineinbettung), die zumteil mit Eisenhämatoxylin gefärbt wurden, dienten zur Ergänzung der mit den übrigen Methoden gewonnenen Ergebnisse; für sich allein benutzt, leisten sie natürlich für die Erforschung der hier interessierenden Verhältnisse nichts, da lipochromhaltiges Fett nicht von gewöhnlichem im osmierten Zustand zu unterscheiden ist. Am wertvollsten von den genannten Untersuchungsmethoden ist unstreitig die erste: Beobachtung frischer Gefrierschnitte in Wasser; der Farbstoff bleibt — auch in morphologischer Hinsicht — wohl ganz unverändert, Zellgrenzen und -kern sind (durch das Gefrieren) hinreichend deutlich. Formolbehandlung läßt die einzelnen gefärbten Fetttröpfchen leichter zusammenfließen, gestattet aber, dünnere Schnitte herzustellen und zeigt den allgemeinen Aufbau des Gewebes deutlicher. Mit den genannten Färbungen habe ich nichts mehr Neues als das bei den ungefärbten Gefrierschnitten Beobachtete feststellen können und deshalb mich auch in der bildlichen Darstellung auf letztgenannte Präparate beschränkt.

Die Untersuchung ergab, daß überall, wo die Mundschleimhaut makroskopisch eine gelbe Farbe zeigt (Ober- und Unterseite der Zunge, Mundhöhlenboden und -dach und ihr Übergang auf den Schnabelwulst), in dem Epithel und nur dort ein gelber Farbstoff vorkommt. Daß es sich um ein Lipochrom handelt, ergibt sich nicht nur aus dem fast augenblicklichen Verschwinden der Farbe bei Zusatz von absolutem Alkohol oder

Äther zu den Schnitten sondern auch aus dem Umschlag der Farbe in Grün dann in Blau unter der Einwirkung von konzentrierter Schwefelsäure. Konzentrierte Salpetersäure dagegen zerstört den Farbstoff schnell, ohne daß eine deutliche Farbenänderung zu beobachten gewesen wäre. Diese Löslichkeits- und Farbenreaktionen reichen aus, die Lipochromnatur des gelben Farbstoffes zu erweisen; sie wird weiterhin noch dadurch gesichert, daß der Farbstoff in Fett gelöst vorliegt. Die gelbe Färbung der Mundhöhle beruht also auf der Gegenwart von Zoofulvin bezw. Coriosulfurin im Sinne von Krukenberg innerhalb des Epithels.

Der gelbe Lipochromfarbstoff im Epithel ist an kleine Fetttröpfchen gebunden, die im Zellplasma liegen; der Kern bleibt stets frei von ihnen (Taf. IV, Fig. 6). Für die Fettnatur der kleinen kugeligen Gebilde, welche den Farbstoff führen, spricht ihre Lichtbrechung, ihre Löslichkeit in Alkohol und Äther — sie verschwinden bei Zusatz dieser Flüssigkeiten zugleich mit dem Farbstoff — ihre Schwärzung durch Osmiumsäure und schließlich der Umstand, daß mit Scharlachrot behandelte Schnitte den Farbstoff orangefarbig statt gelb zeigen. Offenbar ist eine Mischfarbe entstanden, indem das Fett nun außer dem Lipochrom eine gewisse Menge Scharlachrot gelöst enthält. Es ist bemerkenswert, daß die lipochromfreien Fettmassen des Bindegewebes bei dieser Behandlung stark rote Färbung annehmen, die Fetttröpfchen des Epithels dagegen augenscheinlich viel weniger Scharlach zu speichern vermögen, wobei zum Vergleich natürlich gleich große Fetttropfen herangezogen werden müssen. Ob man daraus auf eine Verschiedenheit des Fettes im Epithel von dem im Bindegewebe schließen darf, ist mir zweifelhaft; vielleicht genügt schon die Einlagerung des Fettes in so abweichende Zellformen zur Erklärung der verschiedenen starken Speicherung von Scharlachrot; und es bleibt ja auch zu berücksichtigen, daß das Fett des Epithels durch seinen Gehalt an Lipo-

chrom einen Teil seiner Aufnahmefähigkeit für fettlösliche Farbstoffe schon verloren hat.

Die Verteilung des Farbstoffes im Epithel ist an den einzelnen Stellen der Mundhöhle recht wechselnd, geht aber Hand in Hand mit der Beschaffenheit des Epithels, das in den verschiedenen Gegenden beträchtliche Unterschiede seines Aufbaues zeigt.

Beginnen wir mit der Oberseite der Zunge (Fig. 1). Hier erreicht das Epithel seine größte Dicke in der Mundhöhle und stellt eine aus zahlreichen Lagen bestehende Schicht dar, die im Schnitte nach außen hin geradlinig aufhört, während ihre untere Grenze durch das Eindringen kleiner, etwas unregelmäßiger Bindegewebe-papillen gewellten Verlauf zeigt. Den Abschluß gegen das Bindegewebe hin bildet eine Reihe basaler Zylinderzellen mit ellipsoidalen Kernen, deren größte Achse senkrecht zum Unterrand des Epithels gestellt ist (Fig. 5). Dann folgen zahlreiche Lagen polyedrischer Zellen, in deren untersten an den ungefärbten Gefrierschnitten die einzelnen Elemente nicht leicht von einander zu sondern sind. Erst etwa im letzten Viertel der Gesamtdicke des Epithels setzt die Verhornung ein, begleitet von einer nach außen ständig zunehmenden Abflachung der Zellen. Doch erreicht sie keinen besonders hohen Grad, vielmehr lassen sich fast bis zu der äußersten Lage leicht abschilfernder Zellschüppchen die Kerne nachweisen.

Der Farbstoff findet sich im Plasma der Zellen sämtlicher Schichten des Epithels der Zungenoberseite abgelagert; höchstens die alleräußersten verhornten Lagen entbehren ihn. Doch sieht man auf den ersten Blick, daß vor allem die basale Zylinderzellenlage außerordentlich lipochromreich ist, und daß ferner nach außen hin der Lipochromgehalt der Zellen ständig abnimmt, sodaß die verhornten Lagen den Farbstoff nur spurenweise führen (Fig. 1). Der Ton der Farbe bleibt in allen Schichten des Epithels derselbe.

Die basale Zylinderzellenlage kennzeichnet

sich schon bei schwachen Vergrößerungen als eine intensiv gelb gefärbte Zone, die den Unterrand des Epithels ein säumt. Bei starken erscheinen ihre Zellen vollgepfropft von lebhaft gelb gefärbten Fetttropfen, die alle Übergänge von winzigsten Gebilden bis zu großen kugeligen Massern etwa von einem Drittel des Längendurchmessers des Kernes besitzen (Fig. 5). Die Farbstoffmassen lassen den oberen Teil der Zellen gewöhnlich frei, indem sie meist nur wenig über den Oberrand des Kernes hinausgehen. Der Kern ist demnach allseits von den gefärbten Fetttropfen umlagert, sodaß es hier nicht leicht hält, mit aller Sicherheit ein Vorkommen des Farbstoffes im Kernraum auszuschließen. Doch ergibt sich das an den oberen Zelllagen (und auch an den untersten anderer Stellen) unzweifelhaft.

Ziemlich unvermittelt nimmt der Lipochromgehalt in den auf die basale Schicht folgenden polyedrischen Zellen ab (Fig. 1). In jeder Zelle erscheint eine rundliche Ansammlung kleinerer und größerer, gelb gefärbter Fetttropfen, die den Kern umhüllt und oft an seiner unteren (dem Bindegewebe zugekehrten) Seite ihre stärkste Entwicklung erreicht (Fig. 6). Die Peripherie der mächtigen, polyedrischen Zellen bleibt frei von den Einlagerungen. Bei hinreichender Vergrößerung sind auch die Zellbrücken am frischen Gefrierschnitt deutlich zu sehen (Fig. 6).

In den verhornten Zelllagen erscheint der Farbstoff nur mehr spurenweise (Fig. 1), auch hier dem Kern dicht angelagert, aber entsprechend der Form der Zellen in strichförmigen Anhäufungen, die mitsamt dem Kern den inneren unverhornten Anteil der Zelle einnehmen (Fig. 7).

Das Epithel der Zungenunterseite (Fig. 2) zeigt wesentlich andere Bauverhältnisse. Nicht nur ist seine Dicke weniger als halb so groß wie auf der Oberseite, sondern es ist vor allem durch die Ausbildung einer starken, gut von den darunter gelegenen Schichten abgesetzten Hornlage ausgezeichnet. Der Unterrand des

Epithels ist annähernd glatt, da Papillenbildungen des Bindegewebes fehlen. An die basale Zylinderzellenschicht schließen sich noch 3—4 Zelllagen mit rundlichen bezw. zur Fläche der Haut leicht abgeplatteten Kernen an, die mit jener zusammen das Stratum Malpighii ausmachen. Dann setzt die Verhornung ein, die unter steigender Abplattung der Zellen schließlich eine mächtige, infolge der starken Abflachung der Elemente fein gestreift erscheinende Hornschicht liefert. Hier und da bleiben im Stratum corneum Andeutungen der Kerne kenntlich.

Auf der Unterseite der Zunge beschränkt sich das Vorkommen des Farbstoffes einzig auf das Stratum germinativum und selbst hier ist er unvergleichlich spärlicher als auf der Oberseite: in der Schicht der basalen Zylinderzellen treten in jedem Element nur einige größere gelb gefärbte Fetttropfchen auf (vornehmlich im basalen Teil der Zelle), und in den darüber folgenden Lagen der Malpighischen Schicht enthalten nur mehr vereinzelte Zellen den Farbstoff in geringer Menge. Sobald die Verhornung einsetzt, ist nichts mehr von Lipochrom zu erblicken (Fig. 2).

Wieder ein anderes Bild gewährt die Haut des Mundhöhlenbodens seitlich von der Zunge (Fig. 3). Obwohl ihr Epithel wenn auch von geringerer Dicke so doch einen ähnlichen Aufbau besitzt wie das der Zungenoberfläche — zahlreiche Zelllagen, allmählich nach außen fortschreitende, aber noch in den obersten Schichten mäßige Verhornung — ist die Anordnung des Farbstoffes wesentlich anders. Die dort zu beobachtende Bevorzugung der basalen Epithelzellen fehlt, vielmehr zeigen die gesamten Zellen der Keimschicht eine derartige Anhäufung des lipochromführenden Fettes, daß ihre Grenzen und Kerne vollkommen verdeckt werden (Fig. 3). Mit dem Beginn der Verhornung nimmt zwar die Masse des Farbstoffes sprunghaft ab, aber er erhält sich, wenn auch immer spärlicher werdend, ganz deutlich bis in die äußersten Lagen hinein, sodaß mit Rücksicht auf die geringe

Stärke des Epithels, diese Stellen als die farbstoffreichsten gelten müssen.

Schließlich sei noch das Verhalten des Farbstoffs im Schnabelwulst also in den Übergangsstellen des Mundhöhlenepithels zur Epidermis der Körperoberfläche besprochen. Das Epithel unterscheidet sich von den bis jetzt erwähnten Stellen durch die Ausbildung einer Keratohyalinschicht, die als mächtige Zone zwischen Keimschicht und Hornlage eingeschaltet ist (Fig. 4). Ihre im Schnitt spindelförmigen Zellen sind erfüllt von groben, stark lichtbrechenden Körnern. Auch die Hornschicht weist noch eine feine Körnung auf. Der Farbstoff findet sich vornehmlich in den unteren Lagen der Malpighischen Schicht; diese sind über und über erfüllt mit ziemlich großen gelben Fetttröpfchen von annähernd gleicher Größe, welche den ganzen Zelleib einnehmen, die Kerne dagegen deutlich frei lassen (Fig. 8). In den oberen Lagen der Keimschicht nimmt der Gehalt an Farbstoff bzw. Fett rasch ab. Die Keratohyalinschicht weist nur in einzelnen Zellen neben den für sie kennzeichnenden Granula spärliche gelbe Fetttröpfchen auf.

Fassen wir unsere Befunde über die gelbe Färbung der Mundhöhle junger Anseln zusammen, so können wir sagen: Die Farbe wird durch ein Lipochrom bedingt, das, in Fetttropfen gelöst, im Plasma der Epithelzellen vorkommt. Im Bindegewebe (Fettzellen) unterhalb dieses Epithels konnte nie Lipochrom festgestellt werden. Hinsichtlich der Verteilung des Farbstoffes auf die einzelnen Schichten des Epithels bestehen weitgehende Unterschiede nach den einzelnen Stellen der Mundhöhle, die aber von entsprechenden Veränderungen des Epithels begleitet und wahrscheinlich durch sie bedingt werden. Der Farbstoff kann in sämtlichen Zellen des Epithels erscheinen, er kann aber auch nur auf das Stratum Malpighii beschränkt sein. Eine stärkere Anhäufung des Lipochroms in der Malpighischen Schicht ist auch dann unverkennbar, wenn alle Lagen des Epithels den Farbstoff

enthalten. Besonders stark kann die Ansammlung gefärbter Fetttröpfchen in den unteren Abschnitten des Rete Malpighii, gegebenenfalls nur in den basalen Zylinderzellen sein. Stark verhornte Zellagen besitzen keinen Farbstoff. Wenn auch die Fetttröpfchen (in den oberen Lagen des Epithels) vielfach den Kern umlagern, so erlauben diese räumlichen Beziehungen doch nicht auf einen Ursprung des Fettes oder des Farbstoffes aus dem Kern oder überhaupt auf engere Beziehungen zwischen Fett und Farbstoff einerseits und Kern andererseits zu schließen.

Unsere Befunde über die gelbe Färbung der Mundhöhle zeigen in der Beschränkung des Farbstoffes auf das Epithel und darin, daß das Stratum Malpighii eine bevorzugte Lagerstätte des Lipochroms darstellt, eine unverkennbare Übereinstimmung mit den angeführten Beobachtungen von Leydig, Souza Fontes, Hanau Wurm-Bischoff und Krukenberg, die sich auf die gelben und roten Färbungen der äußeren Haut beziehen. Daß im Gegensatz zur Epidermis der Farbstoff im Epithel der Mundhöhle auch in den äußersten Schichten vorkommen kann, hängt allem Anschein nach mit der geringen Verhornung der betreffenden Stellen der Mundschleimhaut zusammen. —

Weiter ausgedehnten Untersuchungen muß die Feststellung vorbehalten bleiben, ob die gelbe, nach einiger Zeit wieder verschwindende Färbung der Mundhöhle junger Vögel (s. o.) mit der Resorption des Dotters im Darm zusammenhängt. Bekanntlich enthält der Dotter der Vögel wie derjenige zahlreicher anderer Tiere ebenfalls Lipochrom (Vitellolipochrom im Hühnereidotter), und es ist sogar sehr wahrscheinlich, daß der gelbe Dotterfarbstoff (Ontochrin Kühnes) mit dem gelben Farbstoff der Fußbekleidung der Vögel und der Federn identisch ist (vgl. Gadow 1891, S. 581). Unter solchen Umständen wäre es wohl denkbar, daß der resorbierte Farbstoff (bzw. seine Spaltungsprodukte), ins Blut gelangt, an bestimmten Stellen wieder zur Abscheidung kommt. Warum allerdings gerade die Mundschleim-

haut eine derartig bevorzugte Stelle ist, bleibt einstweilen unklar. Man möchte sogar die Auffassung, daß der Farbstoff im Epithel nicht nur abgelagert sondern auch gebildet wird, der eben geäußerten Meinung vorziehen im Hinblick darauf, daß das Fett im Bindegewebe der Mundschleimhaut das Lipochrom nicht speichert. Immerhin ist das zeitliche Zusammenfallen der Dotterresorption mit dem Auftreten der gelben Färbung in der Mundhöhle bei der gleichen Natur des Farbstoffes an beiden Stellen auffallend genug, um nicht die Möglichkeit eines Zusammenhanges zu erwägen. Auch ist es eigentümlich, daß der sonst braune Schnabel der weiblichen Amsel nur im Frühjahr gelb erscheint (Schmeil 1916, S. 213), also zur gleichen Zeit, in der das Wachstum der Eier sich vollzieht. Daß natürlich die Lipochrome der Vögel in der Haut nicht stets aus dem Eidotterlipochrom hervorgehen oder mit seiner Bildung zusammenhängen müssen, zeigt schon das Verhalten des Amselmännchens, das bekanntlich stets einen gelben Schnabel hat — ganz abgesehen von den zahlreichen anderen Fällen von Lipochromfärbungen bei männlichen Vögeln. —

Chun (1904, S. 64) hat sich (gelegentlich der Untersuchung der sog. Leuchtorgane australischer Prachtfinken) gestützt auf ein reichhaltiges Material von Nestjungen dahin geäußert, die helle Farbe der Schnabelwülste und ihre ansehnliche Entfaltung seien Leitmale für die atzenden Eltern. Dazu komme dann noch ihre von Heidecke (1897) festgestellte reiche Versorgung mit Tastkörperchen, durch deren Berührung wahrscheinlich reflektorisch ein Öffnen des Schnabels ausgelöst werde. Bei den Prachtfinken finden sich noch jederseits auf dem hochgelben Schnabelwulst je zwei himmelblaue Schnabelpapillen, die vermeintlichen Leuchtorgane früherer Antoren. Man könnte an eine ähnliche biologische Bedeutung der gelben Färbung der Mundhöhle bei den Nestjungen denken, wie dann Chun von den Prachtfinken erwähnt, das Erkennen der Mundöffnung werde durch die

auffällig schwarzen Flecken oder leierförmigen Zeichnungen begünstigt, welche am Gaumendach und im Rachengrund der Prachtfinken auftreten. (Eine gelbe Färbung wäre entschieden vorteilhafter, da Gelb einen hohen Helligkeitswert besitzt). Von wesentlichem Wert könnte eine derartige Einrichtung nur bei den Jungen solcher Vögel sein, die in verborgenen, dunklen Nestern leben. Da aber wie eingangs erwähnt, die gelbe Färbung von Schnabelwulst bezw. Mundhöhle eine sehr weit verbreitete Erscheinung ist, insbesondere auch Nestflüchtern zukommt, so gilt von dieser biologischen Erklärung wie von vielen anderen, dass sie zutreffend sein kann, ihre Richtigkeit aber schwer zu erweisen ist.

Zum Schluss überschauen wir einmal das Vorkommen von Lipochromen in der Haut der Wirbeltiere. Eine Färbung nackter Hautstellen durch Lipochrome bei Säugern ist mir nicht sicher bekannt, obwohl dieser Gruppe keineswegs Lipochrome überhaupt fehlen (z. B. der gelbe Farbstoff im Corpus luteum des Eierstocks ist eines der bestbekannten Lipochrome). Hinsichtlich der Lipochrome bei Vögeln sei nochmals betont, daß sie ganz überwiegend ihren Sitz im Epithel und zwar als gefärbte Fetttröpfchen in den gewöhnlichen Epithelzellen haben. Ganz anders dagegen verhält es sich bei den niederen Wirbeltieren: bei Reptilien, Amphibien und Fischen erscheinen die Lipochrome der Haut in besonderen Zellen der Cutis (Lipophoren der Reptilien, Lipophoren oder Xanthophoren der Amphibien, Gelb- [Xanthophoren] und Rotzellen [Erythrophoren] der Knochenfische). Ganz ausnahmsweise können auch hier Lipochromfarbstoffe in der Epidermis auftreten, aber nicht als Einlagerungen in gewöhnlichen Epithelzellen sondern in besonderen Chromatophoren, so beim erwachsenen Feuersalamander (W. J. Schmidt, 1918). Wenn es auch bei den niederen Wirbeltieren die Regel ist, daß das Lipochrom in Fett gelöst vorliegt, so kommen doch manche Abweichungen von ihr vor; so können neben fettgelösten Lipochrom-

massen Kristalle des Farbstoffes auftreten (bei Eidechsen, W. J. Schmidt 1917); auch erscheint der Farbstoff in einer alkoholunlöslichen, anscheinend fettfreien, körnigen, doppelbrechenden Modifikation wie bei den Larven und Erwachsenen von *Salamandra maculosa*. Wenn somit die Verbreitung der Lipochrome außerordentlich weit ist — fehlen sie doch kaum einer größeren Tiergruppe — so zeigt ihre Lokalisation schon bei einer Betrachtung ihres Vorkommens in der Wirbeltierhaut große und tiefgreifende Unterschiede.

Literaturverzeichnis.

- Biedermann, W. 1904. Die Schillerfarben der Insekten und Vögel, in: Festschr. f. Haeckels 70. Geburtstag. Jena.
- Chun, C. 1904. Über die sog. Leuchtorgane australischer Prachtfinken, in: Zool. Anz. Bd. 27, S. 61—64.
- Gadow, H. 1891. Vögel I. Anat. Teil, in: Bronns Kl. u. Ord. des Tierreichs Bd. VI, 4. Abt.
- Gortner, R. A. 1912. On two different types of melanin. Proc. Soc. Exp. Biol. vol. 9. Zitiert nach Haecker 1918.
- Haecker, V. 1890. Über die Farbe der Vogelfedern, in: Arch. f. mikr. Anat. Bd. 35, S. 68—87. Taf. 4.
- u. Meyer, G. 1902. Die blaue Farbe der Vogelfedern, in: Zool. Jahrb. Bd. 15. Syst. S. 267—294. Taf. 14.
- 1918. Entwicklungsgeschichtliche Eigenschaftsanalyse (Phänogenetik) Jena.
- Heidecke, E. 1897. Über die Schnabelwulst des jugendlichen Sperlings. Leipzig. Phil. Diss. mit 1 Tafel.
- Kniesche, G. 1914. Über die Farben der Vogelfedern. I. Grünfärbung auf Grundlage der Blaustruktur, in: Zool. Jahrb. Bd. 38. Anat. S. 327—356, Taf. 18—21.
- Krukenberg, C. Fr. W. 1881. Die Farbstoffe der Federn. Erste Mitteilung, in: Vergl. physiol. Studien des Autors. I. Reihe, 5. Abt. S. 72—99 Taf. III Heidelberg.
- 1882. Desgl. Zweite Mitteilung. Ebendort, II. Reihe. 1. Abt. S. 151—171 und Dritte Mitteilung, ebendort II. Reihe, 2. Abt. S. 1—42.
- Samuely, F. 1911. Melanine und übrige Farbstoffe der Tier-

welt, in: Biochem. Handlexikon, herausg. von E. Abderhalden. Bd. VI. S. 293—378. Berlin.

Schmeil, O. 1916. Lehrbuch der Zoologie. Leipzig.

Schmidt, W. J. 1917. Die Chromatophoren der Reptilienhaut, in: Arch. f. mikr. Anat. Bd. 90. Abt. I. S. 98—259. Taf. 5—9.

— 1918. Zur Kenntnis der lipochromführenden Zellen in der Haut nach Untersuchungen an *Salamandra maculosa* in: Dermatol. Zeitschr. Bd. 25, S. 324—328.

Spöttel, W. 1914. Über die Farben der Vogelfedern. II. Die Färbung der *Columba livia* nebst Beobachtungen über die mechanischen Bauverhältnisse der Vogelfedern in: Zool. Jahrb. Bd. 38. Anat. S. 357—425 Taf. 22.

Strong, R. M. 1902. The development of color in the definitive feather, in: Bull. Mus. Comp. Zool. Harv. Coll. Cambridge, vol. 40 p. 147—186. tab. 1—9.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel IV.

Alle Abbildungen beziehen sich auf die gelbe Lipochromfärbung der Mundhöhle von Nestjungen der Amsel (*Turdus merula*) und sind nach Gefrierschnitten des frischen oder formolbehandelten (nicht künstlich gefärbten) Materials unter Benutzung des Abbéschen Zeichenapparates hergestellt worden. Die im Präparat gelben Farbstoffmassen erscheinen in den Abbildungen dunkel.

Fig. 1. Epithel von der Oberseite der Zunge (vorderer, nicht angewachsener Teil). Durch Lipochrom gelb gefärbte Fettröpfchen in allen Schichten des Epithels, besonders gehäuft in der Lage der basalen Zylinderzellen, nach außen abnehmend, in den Zellen der Hornschicht nur mehr sehr spärlich. Frischer Gefrierschnitt. Vergr. 250:1 (Zeiss' Apochromat 4 mm und Komp. Okular 4, Entfernung der Zeichenfläche von der Austrittspupille des Mikroskops = 250 mm).

Fig. 2. Epithel von der Unterseite der Zunge (vorderer Teil). Gelb gefärbte Fettröpfchen in den basalen Zylinderzellen, spärlich auch noch in den höheren Lagen des Stratum Malpighii. In Bildung begriffenes und fertiges Horn ohne Farbstoffeinlagerungen. Frischer Gefrierschnitt. Vergr. 250:1.

Fig. 3. Epithel des Mundbodens seitlich von der Zunge. Gelb gefärbte Fetttröpfchen in allen Schichten, besonders starke Anhäufung in sämtlichen Zellagen des Stratum Malpighii. Frischer Gefrierschnitt. Vergr. 250:1.

Fig. 4. Epithel und anstoßendes Bindegewebe vom Schnabelwulst des Unterkiefers. Gelb gefärbte Fetttröpfchen in den unteren Schichten des Stratum Malpighii reichlich, in den oberen spärlich, vereinzelt in Zellen des Stratum granulosum (Keratohyalinschicht). Frischer Gefrierschnitt. Vergr. 250:1.

Fig. 5. Drei Zellen aus der Basalschicht des Epithels von der Zungenoberseite. Große und kleine, gelb gefärbte Fetttröpfchen, die gewöhnlich das distale Zellende frei lassen. Frischer Gefrierschnitt. Vergr. 1000:1. (Zeiss' Apochromat 2 mm N. A. 1, 3 und Komp. Okular 8, Entfernung der Zeichenfläche von der Austrittspupille des Mikroskops = 250 mm).

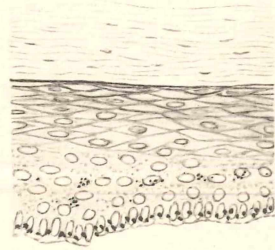
Fig. 6. Zelle aus der mittleren Zone des Epithels der Zungenoberseite. Gelb gefärbte Fetttröpfchen verschiedener Größe um den Kern, vornehmlich an seiner unteren Seite angehäuft. Frischer Gefrierschnitt. Vergr. 1000:1.

Fig. 7. Hornzelle aus dem Epithel der Zungenoberseite. Gelb gefärbte Fetttröpfchen um den zusammengedrückten Kern im unverhornten Binnenraum der Zelle. Frischer Gefrierschnitt. Vergr. 1000:1.

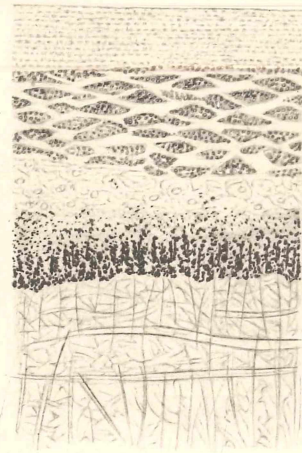
Fig. 8. Zellgruppen aus den unteren Schichten des Stratum Malpighii vom Schnabelwulst des Oberkiefers. Die Zellen sind dicht erfüllt mit ziemlich groben, wesentlich gleich großen, gelb gefärbten Fetttröpfchen; Kern deutlich frei von Fett bzw. Farbstoffeinlagerungen. Formolgefrierschnitt. Vergr. 1000:1.



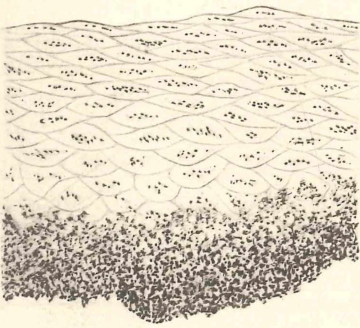
1



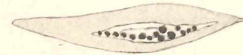
2



4



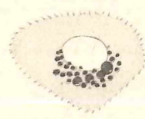
3



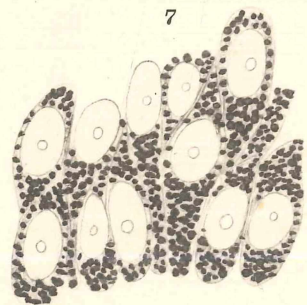
7



5



6



8

Gez. v. W. J. Schmidt.

J. B. Obernetter, München, reprod.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen des naturhistorischen Vereines der preussischen Rheinlande](#)

Jahr/Year: 1919

Band/Volume: [75](#)

Autor(en)/Author(s): Schmidt W. J.

Artikel/Article: [Über die gelbe Färbung der Mundhöhle junger Vögel 169-188](#)

