

der Weibchen dem der Männchen gleichkommen werde, fällt außerhalb des Rahmens der Wissenschaft.

Weitere geringfügigere oder komplizierte Momente lasse ich bei Seite, um das von der Redaktion festgesetzte Höchstmaß von 6—8 Druckseiten nicht zu überschreiten.

Im Uebrigen ist die B.'sche Auffassung auch bereits a priori äußerst unwahrscheinlich. Wären der Gesang der Sing- sowie die bisher als Paarungsruf betrachteten Stimmlaute der Sumpf- und anderen Vögel (die Herr Prof. B. S. 188 aus-, S. 179, 177 und 193 aber einschließt, und die tatsächlich auch eingeschlossen werden müßten) nicht sexuell bedingt, so blieben als sexuell bedingte Stimmäußerungen von Vögeln nur die wenigen Fälle intimerer Balz- und Begattungslaute, wie deren einige auf S. 194 angegeben werden. Es ergäbe sich demgemäß die Folge, daß der stimmbegabtesten aller Tierklassen der Gebrauch der Stimme gerade zu demjenigen Zwecke fast völlig versagt sei, dem sie bei allen tieferstehenden (Insecten, Amphibien) fast ausschließlicly dient.

Ueber die violette Färbung der Vogelfedern.

Von K. Görnitz und B. Rensch.

Violett schillernde Federn, d. h. solche, die nur unter einem bestimmten Einfallswinkel des Lichtes einen violetten Farbton erkennen lassen, kommen bei verhältnismäßig vielen Vogelarten vor (z. B. *Pica pica*, *Sturnus vulgaris* u. a.). Dagegen sind nicht schillernde violette Farben auffallend selten, wahrscheinlich überhaupt die seltensten im Vogelreich. Unter unseren einheimischen Vögeln gibt es nicht eine einzige Art mit derartigen violetten Federfarben, und auch bei den fremden Vogelgruppen tritt das Violett stets sporadisch bei einzelnen Gattungen auf. Dieses sporadische Auftreten mag wohl auch die Ursache dafür sein, daß die Entstehung der violetten Färbung noch kaum untersucht wurde und erklärt andererseits auch die Tatsache, daß die violetten Farben, wie sich im Verlauf unserer Untersuchungen herausstellte, auf sehr verschiedene Weise zustande kommen können.

A. Violett auf Grundlage der Blaustruktur.

Violett kann durch Mischung von Blau und Rot entstehen und demzufolge kann auch die violette Färbung der Federn durch Zusammentreten einer Blau- und einer Rotkomponente hervorgebracht werden. Da nun die blaue Federfarbe — mit einer unten zu erwähnenden Ausnahme — stets durch eine bestimmte Blaustruktur bedingt ist, so wird Violett immer dann entstehen, wenn diese Blaustruktur mit einem Pigment kombiniert wird, das eine Rotkomponente in sich trägt.

1. Im einfachsten Falle ist die Blaustruktur mit einem reinroten Pigment, dem Zoonerythrin, kombiniert. In diesem Falle tritt aber naturgemäß noch eine Melaninunterlage hinzu, da ohne diese ja nur eine sehr trübe Blaufärbung möglich wäre (Absorption der andersfarbigen Strahlen¹⁾). Die Verteilung der Pigmente ist nun bei den einzelnen Arten sehr verschieden.

Bei den violetten Federn des Kopfes von *Palaeornis cyanocephalus* (L.) ♂ enthalten die Rami Kästchenzellen mit einer Unterlage von Eumelanin, die Radien dagegen sind ausschließlich durch Zoonerythrin pigmentiert. Am distalen Ramusende geht letzteres Pigment auch teilweise mit in die Rami über. — In den Stirnfedern von *Nyctiornis amictus* (Temm.), die makroskopisch betrachtet von oben gesehen violett, von unten rot erscheinen, tragen die Rami dorsalwärts eine Lage unpigmentierter Kästchenzellen, ihr ventraler Teil ist mit Zoonerythrin pigmentiert. Die kurzen Radii enthalten rundliche braungelbe Phaeomelaninkörner, distalwärts teilweise auch Eumelanin. Das Phaeomelanin dient hier einerseits als dunkler Hintergrund für die Kästchenzellen und stellt andererseits neben dem Zoonerythrin noch eine zweite Rotkomponente dar. — Der Bau der Rami in den blauvioletten Brustfedern von *Pitta coccinea* ist dadurch bemerkenswert, daß sie dorsalwärts eine hohe, mit wenigen großen Markzellen durchsetzte Lamelle tragen, welche mit Zoonerythrin gefärbt ist. Unterhalb dieser Lamelle im eigentlichen Ramus folgt dann eine Lage von Kästchenzellen, die ihrerseits durch Eumelanin unterlagert werden. Die kurzen Radii enthalten ebenfalls Eumelanin.

2. Unter Umständen können violette Farbtöne aber auch bereits durch Zusammentreten von Melanin mit Blaustruktur zustande kommen; denn selbst das dunkelste Melanin, das Eumelanin, sieht ja nur bei sehr dichter Lagerung der Körner schwarz aus, während einzeln liegende Körner dunkelbraun erscheinen, also immerhin eine Rotkomponente enthalten. Nun werden bei derartig durch Eumelanin bedingten violetten Farben im Gegensatz zur blauen Farbe die Kästchenzellen nicht von einer dichten Melaninschicht unterlagert, sondern diese Unterlage ist mehr dilut angeordnet. Allerdings entsteht auf diese Weise noch kein reines Violett, sondern nur ein trübes Grau- oder Blauviolett. Dagegen können durch Kombination von Blaustruktur mit dem rotbraunen Phaeomelanin bereits rein violette Färbungen bedingt werden. Eine derartige Entstehung violetter Federfarbe deutet auch schon Haecker für *Eurystomus afer* an (Blaustruktur und „hellbraune“ Pigmentunterlage²⁾).

¹⁾ Vergl. V. Haecker u. G. Meyer, Die blaue Farbe der Vogelfedern; Zoolog. Jahrbücher, Abteil. f. Systematik, Bd. 15, 1902.

²⁾ V. Haecker, Ueber die Farben der Vogelfedern; Archiv f. mikrosk. Anatomie, Bd. 35, 1890.

a. Beispiele für Kombination mit Eumelanin: *Tanagra sclateri* Berlepsch. Die Ursache der violetten Färbung der Flügeldeckfedern läßt sich klar erkennen, wenn man eine solche Feder mit einer rein blauen Bürzelfeder desselben Vogels vergleicht. Im ersten Falle liegt im Ramus unter den Kästchenzellen eine dünne Lage von Eumelanin. Die Radii sind distalwärts teils rudimentär, teils fehlen sie ganz. Im Gegensatz dazu sind bei der blauen Bürzelfeder die Rami nicht pigmentiert. Die bis zur Ramusspitze ausgebildeten Radien, welche stark mit Eumelanin pigmentiert sind, bilden hier die dunkle Unterlage zu den Kästchenzellen der Rami. — Ganz ähnlich entsteht die grau-violette Färbung auf der Unterseite des ♀ von *Tanagra archiepiscopus* Desm. Auch hier liegt unter der Kästchenschicht der Rami eine dilute Eumelaninunterlage. Außerdem sind aber die gut ausgebildeten Radien ebenfalls dilut pigmentiert. Das Eumelanin ist in diesem Falle merkwürdigerweise in Häufchen angeordnet, zwischen denen sich unpigmentierte Zwischenräume befinden, wie dies normalerweise nur an der flaumartigen Basis melaninführender Federn der Fall ist.

Dafs die dilute Verteilung des Eumelanins tatsächlich für die Entstehung des violetten Farbtons verantwortlich zu machen ist, läßt sich auch sehr schön experimentell nachweisen. Durch starkes Pressen einer beliebigen blauen Feder zwischen platten Metallstücken kann man nämlich die ursprünglich intensive Melaninunterlage der Kästchenzellen gewissermaßen durch Auswalzen in eine dilute verwandeln. Tatsächlich bekommt dann die Feder eine deutlich violette Färbung. Wird der Druck weiter verstärkt, so verschwindet infolge der Zerstörung der Kästchenzellen die Blaukomponente und die Feder wirkt graubraun.

b. Stärker als bei den schwarzbraunen Eumelaninkörnern ist die Rotkomponente bei den rotbraunen Phaeomelaninkörnern. Die Art der Kombination des Phaeomelanins mit Blaustruktur ist im allgemeinen die gleiche.

In den Rami der violetten Brustfedern von *Coracias caudata* und der violetten Kopfseitenfedern von *Granatina granatina* liegt unter den blauerzeugenden Kästchenzellen eine dichte Unterlage von runden, lebhaft rostroten Phaeomelaninkörnern. Distalwärts fehlen die Radien, bzw. werden sie frühzeitig abgestoßen, proximalwärts sind sie ebenfalls mit Phaeomelanin pigmentiert. In gleicher Weise entsteht die violette Färbung der Kopfseiten von *Sitta frontalis*, nur dafs hier die Phaeomelaninkörner wesentlich kleiner sind und die dünnen phaeomelanin pigmentierten Radien bis an die Spitze der Rami reichen. — In den veilchenblauen Kropffedern von *Poëphila mirabilis* wird die Unterlage der Kästchenzellen von besonders großen, kreisrunden Phaeomelaninkörnern gebildet, während in den Radii ebensolche Körner zu Gruppen vereint beieinander liegen, die durch pigmentfreie Zwischenräume getrennt werden.

Besonders instruktiv ist dieser Fall der Violettentstehung bei den Rückenfedern von *Ceyx erithacus*. Hier finden sich fast bei jedem Individuum einige Federn, die an allen Rami Blaustruktur tragen, bei denen aber scharf getrennt eine Längshälfte der Feder von dichtem Eumelanin, die andere von Phaeomelanin unterlagert ist. Demzufolge ist die eine Hälfte blau, die andere violett.

B. Violette Pigmentfarben.

Außer diesen unter Beteiligung der Blaustruktur entstandenen violetten Färbungen konnten wir nun auch violette Pigmente auffinden, und zwar bei Cotingiden und Treroninen (*Columbidae*). Die Pigmente dieser beiden Vogelgruppen erweisen sich einerseits untereinander als morphologisch und chemisch verschieden, andererseits zeigen sie unverkennbar Beziehungen zu anderen für diese Gruppen spezifischen andersfarbigen Pigmenten, mit denen sie daher im Zusammenhange unter den Namen Cotingin und Ptilopin behandelt werden sollen. Die Untersuchung erfolgte teilweise mikrochemisch, eine Methode, die einerseits eine viel schärfere Beobachtung der Umfärbungen als im Reagenzglase ermöglicht und andererseits in Fällen, wo wegen Seltenheit des Materials nur wenig Federteile zur Verfügung stehen, die einzige Untersuchungsmöglichkeit darstellt.

1. Die Cotingingruppe. Kennzeichnung: rote und violette Lipochrome von körniger Gestalt in den Federn von Cotingiden.

Das rote Pigment wurde bereits 1890 von Ha e c k e r in den Federn von *Xipholena pompadora* (L.) entdeckt¹⁾. Wir fanden es ferner in einer deutlich dunkleren Phase bei den beiden anderen *Xipholena*-Arten *atropurpurea* Wied u. *lamellipennis* Lafr. Merkwürdig ist, daß besonders bei letzterer Art der fast rein schwarzen, nur einen Stich ins Rötliche zeigenden Federfärbung ausschließlich das rote Cotingin, aber keine Spur von Melanin zu Grunde liegt. Die schwarze Färbung ist in diesem Falle eine Schillerfärbung auf Cotingin-Grundlage, welche anscheinend durch dreiseitig prismatische Gestalt der Rami in Verbindung mit glatter, glänzender Oberfläche hervorgerufen wird.

Das violette Pigment findet sich in den Federn der Unterseite von *Cotinga cotinga* und anderer, verwandter Arten. Die blaue Färbung, die bei den gleichen Arten und zuweilen neben dem Violett in derselben Feder vorkommt, ist reines Strukturblau mit Eumelaninunterlage, hat also mit dem violetten Pigment nichts zu tun.

Die lipochromartige Natur des Cotingins wird erwiesen durch Grünblaufärbung cotinginhaltiger Federn mit kalter,

¹⁾ Ha e c k e r l. c.

konzentrierter Schwefelsäure (Lipocyanreaktion)¹⁾. Auffällig für ein Lipochrom (wenigstens bei Vogelfedern) ist dagegen die Tatsache, daß dies Pigment nicht diffus, sondern in Form von Körnchen den Rami und Radii eingelagert ist. Die Gestalt der Körnchen ist kurz stäbchenförmig, ähnlich der gewöhnlichen Form der Eumelaninkörner.

Als typische Farbenreaktionen der Cotingingruppe können Umfärbungen gelten, die das Pigment beim Kochen mit bestimmten Chemikalien erleidet. Es färbt sich die violette Phase (*Cotinga*) zunächst rot und dann orange, die dunkelrote Phase (*X. atropurpurea* u. *lamellipennis*) über hellrot in orange, die helle Phase (*X. pompadora*) sofort in orange. Diese Umfärbung entsteht beim Kochen mit: 2% iger Alkalilauge (keine Lösung), verdünnter Schwefelsäure (Spuren lösen sich erst nach Zerfall der Federsubstanz), Alkohol (Spuren lösen sich sofort, bei längerem Stehen wird der Farbstoff völlig entzogen), Eisessig (sofortige Lösung zu klar orangefarbener Flüssigkeit). Ähnliche Löslichkeits- und Umfärbungsverhältnisse finden sich auch bei bestimmten Pigmenten der Zoonerythringruppe. Die Stellung des Cotिंगins zu dieser Gruppe bedarf weiterer Untersuchung.

2. Die Ptilopingruppe. Kennzeichnung: blaue, violette bis rote Lipochrome in diffuser Verteilung in Federn von *Trogonen* (besonders *Ptilinopus*).

Das diffuse blaue Pigment in den Kopffedern von *Ptilinopus* (*Cyanotreron*) *monachus* wurde schon von Haecker und Meyer gefunden, aber nicht näher untersucht²⁾. Die merkwürdigerweise noch nicht beschriebene violette Phase findet sich häufig bei Arten der Gattung *Ptilinopus* (z. B. *Pt. pelewensis* Hartl. u. Finsch an Kopfplatte und Unterschwanzdecken, *Pt. coronulatus* Gr. an Kopfplatte und Bauch). Mehr rotviolett ist schon die Färbung von Kopfplatte und Rücken bei *Pt. perousii* Peale. Als Beispiel für die rein rote Phase sei schliesslich die Kopfplatte von *Pt. pulchellus* sowie die Unterseite von *Megaloprepia* aufgeführt.

Im Gegensatz zu dem körnigen Cotिंगin ist das Ptilopin, ebenso wie die meisten Federlipochrome, in diffuser Form der Federsubstanz eingelagert. Wir fanden das Pigment bisher nur in den Radien, während die Rami unpigmentiert oder von Melanin erfüllt sind.

Der positive Ausfall der Lipocyanreaktion (s. o.) kennzeichnet diese Pigmente mit Sicherheit als Lipochrome. Durch Kochen in Alkohol läßt sich das Ptilopin entweder garnicht oder nur in Spuren lösen. Besonders interessant ist nun für die Ptilopingruppe folgende Reihe von Farbenreaktionen, die nicht nur

¹⁾ vergl. Krukenberg, Vergleichend-physiologische Studien, I. u. II. Reihe. Heidelberg 1884.

²⁾ Haecker u. Meyer l. c. p. 286.

die enge Zusammengehörigkeit der einzelnen Farbstufen erweist, sondern auch mit hoher Wahrscheinlichkeit eine direkte Ableitung der einzelnen Phasen aus einander ermöglicht:

a) Das blaue Pigment der Kopfplatte von *Pt. monachus* färbt sich beim Uebergießen der Feder mit 2% iger Kalilauge zunächst lebhaft violett, dann rot; beim Aufkochen tritt Umfärbung zu rosa bis blafsorange ein.

b) Das violette Ptilopin färbt sich mit 2% iger Kalilauge teils sofort beim Uebergießen der Feder (*Pt. perousii*), teils beim Erwärmen (*Pt. hyogaster*) lebhaft rot, beim Aufkochen erfolgt wiederum Umfärbung zu rosa bis blafsorange.

c) Das rote Ptilopin bleibt in kalter 2% iger Kalilauge unverändert, beim Kochen färbt es sich blafsrot bis blafsorange.

Hierzu ist zu bemerken, daß sich das Abblassen des violetten und roten Pigments beim Kochen der Federn im Reagenzglas nicht immer beobachten läßt. Solche Federn nämlich, deren Rami mit Melanin pigmentiert sind (*Pt. hyogaster*, *Megaloprepia*), erschienen dann infolge des Zurücktretens des roten Farbtons schwarzbraun gefärbt. Die Rotfärbung der Radien läßt sich hier nur mikroskopisch feststellen. Das Verblassen der Färbung ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß ein Teil des Pigmentes beim Kochen in Lösung geht und sofort durch die Lauge zerstört wird. Der Austritt des Pigmentes aus der Feder konnte bei einem Teil der Versuche mit Sicherheit festgestellt werden.

Beachtenswert scheint jedenfalls die Tatsache, daß sich die Phasen des Ptilopins wie auch die des Cotingins bei ihren Umfärbungen mit Alkalilauge stets in dieselbe Reihe einordnen: blau-violett-rot-orange.

Aus dieser nahen Verwandtschaft der blauen, violetten und roten Pigmente ergibt sich nun auch ein interessanter systematischer Hinweis. Die erwähnte Fruchttaube *Ptilinopus monachus* wurde früher nur wegen ihrer blauen Kopfplatte in eine besondere Untergattung (*Cyanotreron*) gestellt, eine Auffassung, die nach dem Vorstehenden haltlos geworden ist. Darüber hinaus liegt es nun sogar nahe, diese „Art“ in den Formenkreis *Ptilinopus coronulatus* einzubeziehen, dem sie sich geographisch anschließt (Nord-Molukken) und von dem sie nur in geringen Färbungscharakteren abweicht. Der Formenkreis müßte dann allerdings den Namen *Ptilinopus monachus* erhalten.

Zum Schlusse sei uns noch gestattet, Herrn Dr. Stresemann für die freundliche Ueberlassung des Berliner Museumsmaterials sowie für sein Interesse an unserer Arbeit unsern herzlichsten Dank auszusprechen.