

## Ueber die Pigmentfarben der Vogelfedern.

Von

Wilh. H. J. Götz (Stuttgart).

(Aus dem Zoologischen Institut der Universität Halle).

---

### Inhalt:

Einleitung	p. 193.
Vorbemerkung	p. 195.
Die Melanine	p. 196.
Die Lipochrome	p. 202.
Lipochromide	p. 211.
Die Verbreitung der Pigmente	p. 215.
Literatur	p. 223.

---

### Einleitung.

Trotz zahlreicher Arbeiten ist die Kenntnis der Farbstoffe in den Federn der Vögel bislang noch keineswegs eine abgeschlossene. Durch die Untersuchungen Krukenberg's wissen wir, daß den bunten Färbungen der Vögel eine ganze Reihe verschiedener Farbstoffe zu Grunde liegen, die größtenteils unter dem Begriff der Lipochrome zusammengefaßt wurden. Auch haben Church und Krukenberg schon die besondere Stellung des roten Farbstoffs (Turacin) bei den Musophagiden nachgewiesen.

Durch Untersuchungen an domestizierten Vögeln aber (Spöttel bei Tauben, Ladebeck bei Hühnerrassen) hat sich herausgestellt, daß in diesem Fall gerade die lebhaften Färbungen (es sei an die gelben und rotbraunen Töne beim Hahn von *Gallus bankiva* erinnert) auf Melaninfarbstoffen beruhen, die als Phaeomelanine bezeichnet werden. Außerdem haben Untersuchungen, die von Paul am Zoologischen Institut in Halle ausgeführt wurden, Hinweise gegeben, daß außer den genannten noch andere Farbstoffe an der Färbung der Vogelfedern beteiligt sind, die in dem üblichen Schema nicht unterzubringen sind.

Es schien daher von Interesse zu sein festzustellen, wie sich die verschiedenen Pigmente bei den einzelnen Vogelgruppen verteilen, und durch welche Faktoren die Verbreitung der Farbstoffe

bedingt ist. Die Behandlung dieser Fragen — welche die Aufgabe der vorliegenden Arbeit bildet — erforderte aber zunächst eine Untersuchung der einzelnen Pigmente auf leicht feststellbare und charakteristische Unterschiede.

Zunächst wurde der übliche Weg eingeschlagen, ganze Federn im Reagenzglas auf die Löslichkeit und Farbreaktionen der enthaltenden Farbstoffe zu prüfen, bzw. aus einer Anzahl Federn den Farbstoff auszuziehen, um dann den gelösten oder aus der Lösung ausgefallten Farbstoff für weitere Versuche zu verwenden. Die Anwendungsmöglichkeit dieser Methode ist aber dadurch sehr beschränkt, da in den meisten Fällen die Farbstoffe in einer für die makroskopische Untersuchung viel zu geringen Menge auftreten, wie z. B. das Ptilopin in den Kopffedern mancher Fruchtauben. War dies der Fall, so mußte die allerdings weniger ausgiebige mikrochemische Methode angewandt werden, indem die Federn im hohlgeschliffenen Objektträger unter dem Mikroskop der Einwirkung der Reagentien ausgesetzt wurden. Es lassen sich auf diese Weise Veränderungen oft viel besser beobachten als makroskopisch, wo manchmal ein accessorisch hinzutretender Farbstoff einen Farbumschlag des Grundpigmentes vortäuschen kann.

An Material stand mir zu dieser Arbeit zur Verfügung die Sammlung des Zoologischen Instituts der Universität Halle, die Ornithologische Sammlung des Zoologischen Museums München, meine eigene Balgsammlung.

Für die Anregung und die weitgehende Förderung dieser Arbeit sei mir gestattet an dieser Stelle meinem hochverehrten Lehrer Herrn Professor Dr. Haecker meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen. Herrn Professor Dr. Brüel und Herrn Professor Dr. Alverdes schulde ich Dank für die vielerlei Ratschläge und das Interesse an der Arbeit.

Den Herren Viktor Ritter von Tschusi zu Schmidthofen-Hallein, Prof. H. Fischer-München und Dr. E. Stresemann-Berlin bin ich für wertvolle Mitteilungen, Ueberlassung von Literatur und Material sehr zu Dank verpflichtet.

Weitgehendste Förderung wurde mir zu teil durch zahlreiche Anregungen und unermüdliche Bemühungen um Material und Literatur von Seiten meines Freundes Dr. A. Laubmann-München und durch weitgehende finanzielle Unterstützung meines Freundes Ernst Pfeiffer-München.

## Vorbemerkung.

Die chemische Natur der Pigmente in den Vogelfedern zu behandeln, kann im folgenden meine Aufgabe nicht sein, da außer dem Turacin über den Chemismus der Federpigmente neben einigen wenigen und unzureichenden Angaben so gut wie nichts bekannt geworden ist. Die Ursache liegt einerseits in der Schwierigkeit, die für die chemische Analyse notwendigen Mengen an Pigment zu gewinnen, andererseits auch wohl an dem geringen Interesse, das man von zoologischer Seite diesen Fragen entgegenbrachte. Die neueren Untersuchungen über die Pigmente beziehen sich mit Ausnahme der bei Haecker ausgeführten Arbeiten fast ausschließlich auf Insekten und Säugetiere und sind dazu meist vom Standpunkt der Vererbungsforschung oder Dermatologie aus orientiert. Dafs aber selbst die Untersuchungsergebnisse über die Pigmente in den Horngebilden der Säugetiere nur mit Vorsicht mit den Pigmenten der Vogelfedern in Beziehung gebracht werden dürfen, beweisen die Untersuchungen Gortners, deren Resultate man anfänglich auf die Pigmente der Vogelfedern übernehmen zu können glaubte. Entwicklungsgeschichtlich stellen ja die Träger der Pigmente bei den Säugetieren und Vögeln analoge Gebilde dar, doch zeigt die verschiedenartige Ausbildung der Pigmente bei letzteren nicht allein die zwischen beiden Gruppen bestehende Divergenz dieser Gebilde, sondern läfst eine Identifizierung auch nur einzelner Pigmente in beiden Klassen nicht zu, solange eine chemische Analyse dazu nicht die Unterlagen schafft. Es sind dies die Gründe, weshalb ich die Pigmente der Vogelfedern als ein in sich geschlossenes Gebiet behandeln zu können glaubte, dies umso mehr, als ich die Untersuchungen nur zur Charakterisierung der einzelnen Pigmente vom rein zoologisch-systematischen Standpunkt aus durchgeführt habe.

---

Nach ihrer Löslichkeit unterschied man bisher zwei Hauptgruppen von Pigmenten, und zwar die Melanine, löslich in Alkalien, und die Lipochrome oder Fettfarbstoffe, löslich in Narkotika; als dritte Gruppe käme noch das Turacin hinzu, ein den *Musophagiden* (Bananenfressern) eigentümliches Pigment, dem man seiner „Wasserlöslichkeit“ und des Kupfergehaltes wegen eine Sonderstellung eingeräumt hat. Unter den Melaninen selbst wieder unterscheidet man das in verdünnter (0,2–2%) Kalilauge leichtlösliche Phaeomelanin und das in starken (45%) Laugen nur unvollkommen und schwer lösliche Eumelanin. Diese geringe Löslichkeit speziell des Eumelanins selbst in konzentrierten Laugen, und die Alkalilöslichkeit einer Anzahl Lipochrome setzen einer Abgrenzung nach dem Grade der Löslichkeit aber grofse Schwierigkeiten entgegen. Dagegen schien das Verhalten der Lipochrome

gegen konzentrierte Schwefelsäure eine exaktere Unterscheidung der Pigmente zu ermöglichen. Behandelt man nämlich Federn mit Lipochrompigmenten mit Schwefelsäure, so ist stets ein Farbumschlag der gelben oder roten Farbstoffe nach dem kurzwelligen Teile des Spektrums d. h. nach blaugrün bis blau zu beobachten. Setzt man hingegen Federn mit Melaninpigmentierung der Einwirkung von stärkster Schwefelsäure aus, so geben die Farbstoffe in Lösung, aber niemals tritt, im Gegensatz zu den Lipochromen, ein Farbumschlag ein. In diesem Falle tritt dann das Turacin vermittelnd ein, indem es zwar narkotikaunlöslich ist, trotzdem aber mit Schwefelsäure die Lipocyanreaktion ergibt. Ich möchte daher eher sagen, daß die Lipocyanreaktion weniger ein Kennzeichen der Lipochrome als vielmehr der Nichtmelanine ist, und dem folgt auch meine Einteilung der Pigmente.

### Die Melanine.

Neben dem Verhalten gegenüber Chemikalien kommt für die Melanine als Charakteristikum in Betracht, daß sie im Gegensatz zu den Lipochromen nie in diffuser Verteilung auftreten, sondern das Pigment ist stets an Farbstoffträger von wechselnder körniger bis stäbchenförmiger Gestalt und verschiedener Größe gebunden.

Gortner (1913) konnte unter den Melaninen selbst wieder eine sehr verschiedene Widerstandsfähigkeit gegen Alkalien als Lösungsmittel feststellen. Die dunkelbraunen bis schwarzen Farbstoffe schwarzer Kaninchenhaare und Vogelfedern lösten sich in 45% Natronlauge selbst bei Erhitzen nur sehr schwer und vielfach erst dann, wenn das Keratin fast vollständig zerstört war; er nannte diese Farbstoffe echte Melanine, was dem Eumelanin der späteren Autoren entspricht. Dem standen die Pigmente schwarzer Schafwolle gegenüber, die in verdünnter 0,2% Natronlauge noch vollständig in Lösung gingen. Dieses Pigment, dem der Autor eine Tyrosin-ähnliche Substanz zu Grunde legte, nannte er Melanoprotein. In seiner Untersuchung über die Pigmente in den Federn der Taubenrassen konnte Spöttel (1914) ein ähnliches Verhalten der Melanine beobachten und identifizierte die bei den Tauben untersuchten Pigmente mit dem Melanin und dem Melanoprotein Gortners. Ladebeck (1922) gelang es aber bei Hühnerrassen nicht, diese Scheidung zwischen Melanin und Melanoprotein durchzuführen, weshalb er die Verschiedenheit der beiden Melanine bezweifelte; daß die in Alkalien leichtlöslichen Melanine aber keineswegs mit Gortners Melanoprotein identisch sind, konnte er durch das Vorhandensein von Eisen in den Aschenrückständen des Pigmentes nachweisen, während doch im Melanoprotein durch Gortner das Eisen auch nicht in Spuren gefunden werden konnte. Im Anschluß an diese Untersuchungen Ladebeck's ging Görnitz (1923) noch einen Schritt weiter,

indem er der Vermutung Ausdruck gab, daß die beiden Pigmente Eumelanin und Phaeomelanin (wie H a e c k e r die schwer- bzw. leichtlöslichen Melanine der Vogelfedern nannte) nur verschiedene Oxydationsstufen ein und desselben Pigmentes darstellen. Zwar deutet das ganze Verhalten der beiden Pigmente darauf hin, daß wir es mit chemisch sehr nahe verwandten Stoffen zu tun haben, aber zoologisch betrachtet weichen die beiden Pigmente so sehr von einander ab, daß ihre Vereinigung unzweckmäÙig erscheint.

Zunächst waren es die Uebergänge von der Stäbchenförmigen Gestalt der Eumelaninkörner zu der mehr oder minder körnigen Gestalt der Phaeomelaninkörner, die gegen eine exakte Unterscheidung der beiden Pigmente sprechen sollten, Verhältnisse, auf die schon S p ö t t e l (1914) hingewiesen hat, ohne ihnen indessen eine weitere Bedeutung zuzumessen (vgl. Nachwort). Dieser Uebergang sollte dadurch zustande kommen, daß mehrere der reihenweise angeordneten Phaeomelaninkörner miteinander verschmelzen. Ich fand diese vereinigten Pigmentkörnerreihen besonders häufig bei grobkörnigem Phaeomelanin; meist aber kann man ihre Entstehung noch an den Einschnürungen erkennen, die sich zwischen den ehemaligen Körnern finden, und die dem scheinbaren Stäbchen ein perlschnurartiges Aussehen verleihen, oder aber die zu Stäbchen vollkommen verschmolzenen Pigmentkörner zeigen AusmaÙe, die die Stäbchen des Eumelanins um ein Vielfaches übersteigen, so daß auch hier die Unterscheidung niemals auf Schwierigkeiten stößt. Bei feinem Korn des Farbstoffes hingegen scheinen derartige durch Verschmelzung einzelner Körner entstandene „Stäbchen“ sehr selten zu sein, denn es ist mir nicht gelungen, hier eine ähnliche Erscheinung zu beobachten. Lag aber das körnige Phaeomelanin gemischt mit dem Stäbchenförmigen Eumelanin in einem Federteil — und hier allein wäre einem solchen „Uebergang“ eine gröÙere Bedeutung zuzumessen — so war es mir jederzeit möglich, die einzelnen Pigmentkörner nach ihrer Gestalt als dem einen oder dem andern Pigment zugehörig zu erkennen.

Aber abgesehen von der Tatsache, daß bislang wirkliche Uebergänge zwischen den Stäbchenförmigen und körnigen Farbkörpern nicht gefunden worden sind, erscheint es doch sehr fraglich, ob der äußeren Gestalt der Pigmentkörner eine höhere Bedeutung zuzumessen ist, da doch die Struktur des Keratins, die gegenseitige Lagerung und andere Faktoren die äußere Form der Farbkörner vielseitig beeinflussen können. Mir scheint es vielmehr, daß die Form der Körner nicht eine Eigenschaft des Pigmentes, sondern ein Produkt des Keratins und seiner Struktur ist. Für die Formverhältnisse der Melaninkörner ist hier noch erwähnenswert, daß das Phaeomelanin in der Unterseitenbefiederung der *Dryobates*-Arten (*Dr. major*, *minor*, *villosus*) von dem bei *Plegadis falcinellus* in der Gestalt seiner Körner stark abweicht. Be

*Dryobates* ist der größte Teil des Gefieders von stäbchenförmigen Eumelaninkörnern pigmentiert. Dieses schwarze Eumelanin pigment zeichnet sich durch geringe Löslichkeit in Alkalien aus; es ist mir weder durch Erhitzen noch durch lange Einwirkung von starker Kalilauge gelungen, den Federn den Farbstoff völlig zu entziehen. Selbst bei Zerstörung der Hornmasse konnte ich in den Ueberresten des Keratins die unversehrten, wenn auch gequollenen Pigmentkörner noch beobachten. Hingegen bedurfte es nur der Einwirkung 2% Kalilauge, um in wenigen Tagen den braunen Bauchfedern das Phaeomelanin zu entziehen; denn dafs das braune Pigment ein Phaeomelanin ist, steht nach seiner Löslichkeit aufser allem Zweifel, obgleich die Gestalt der Farbkörnchen eine stäbchenförmige wie beim Eumelanin ist. Bei *Ardea purpurea* tritt das Phaeomelanin ebenfalls in stäbchenförmiger Gestalt auf, nur dafs dort die Farbstoffträger etwas grössere Dimensionen aufweisen, als dies beim Eumelanin der Fall ist, ausserdem variieren die Farbkörner in der Gestalt, so dafs man dort ganze Reihen von Uebergängen konstruieren könnte. Dafs auf diese Weise eine Identität der beiden Pigmente erwiesen sein soll, ist doch keineswegs wahrscheinlich, denn nichts liegt näher, als die Strukturverhältnisse des Keratin mit diesen Modifikationen der Pigmentkörner in Zusammenhang zu bringen.

Nicht allein in der Gestalt der Farbstoffträger, sondern auch in ihrer Löslichkeit wollen Ladebeck und Görnitz Uebergänge zwischen den beiden Pigmenten gefunden haben. Beim Phaeomelanin wird man allerdings Verschiedenheiten in der Alkalilöslichkeit finden können. So z. B. sind die Unterschiede zwischen dem braunen Phaeomelanin aus der Unterseitenbefiederung von *Dryobates villosus* und dem rotbraunen Phaeomelanin aus den Weichenfedern von *Ardea purpurea* fast ebenso grofs wie zwischen dem Phaeomelanin und Eumelanin bei *Dryobates villosus*<sup>1)</sup>. Vergleicht man aber jeweils das betreffende Phaeomelanin mit dem Eumelanin desselben Vogels, so wird die Unterscheidung keinen Schwierigkeiten begegnen. So grofs auch die Verschiedenheiten der Phaeomelaninpigmente bei den einzelnen systematischen Gruppen sein mögen, so reichen sie doch nicht hin, um die beiden Melanine zu verbinden, und wenn Ladebeck und Görnitz glaubten, eine Scheidung der beiden Melanine exact nicht durchführen zu können, so waren sie doch niemals im Zweifel darüber, welches Pigment ihnen vorlag. Vielfach ist diese Divergenz der Phaeomelanine bei den einzelnen Gruppen auch nur eine scheinbare, wie der Vergleich der braunen Phaeomelanine in den Bauchfedern von *Dr. villosus* mit den rotbraunen Weichen-

1) Es besteht die Möglichkeit, dafs wir es beim Phaeomelanin mit einer Gruppe einzelner Farbstoffe zu tun haben, doch ist bislang eine Unterscheidung nicht möglich, denn die von Krukenberg benannten verschiedenen Phaeomelanine konnte er selbst gegenseitig nicht abgrenzen.

federn von *Ardea purpurea* zeigt. Die Farbe der Phaeomelanin-körner bei *Dryobates* ist ein schmutziges Gelbbraun, die des Reiheres ein dunkles Rotbraun; beim Uebergang der Pigmente in die Lösungsmittel wird also der Farbstoff des Purpurreiheres eine bedeutend intensivere Farbe der Lösung ergeben, als bei derselben Concentration einer Farbstofflösung von dem Specht. Dazu kommt noch, daß die Federn des Spechtes ungleich schwächer pigmentiert sind, als die des Reiheres. Wie der Vergleich zwischen dem Phaeomelanin dieser beiden Arten zeigt, ist es meist mit Schwierigkeiten verbunden, eine wirkliche Divergenz unter einzelnen Pigmenten selbst festzustellen; wiewohl Verschiedenheiten oft vorliegen, so sind dieselben meist noch sehr durch die oben angeführten Faktoren verstärkt, nehmen aber kaum einen derartigen Umfang an, daß eine Identifizierung des Pigmentes nicht möglich wäre.

Ganz im Gegensatz zum Phaeomelanin ist beim Eumelanin eine große Konstanz der Merkmale zu beobachten. Wenn auch die Farbwirkungen gewissen Abänderungen unterworfen sind, so erreichen sie doch niemals die Verhältnisse beim Phaeomelanin; was die Löslichkeit in Laugen anbelangt, so sind nur geringe Unterschiede festzustellen und die Leichtlöslichkeit des Phaeomelanin wird auch dann nicht erreicht, wenn man den Farbstoff mit Oxydationsmitteln bleicht (Görnitz); nun aber aus dem geringeren Widerstand des gebleichten und in der Farbe phaeomelaninähnlichen Eumelanins gegen Lösungsmittel eine Identität der beiden Farbstoffe zu folgern, wird durch keinerlei Anhaltspunkte gestützt, ist doch nicht einmal festzustellen, ob nach dem Bleichen der Farbstoff durch den einwirkenden Sauerstoff grundlegend verändert worden ist, zumal doch der Sauerstoff organischen Substanzen gegenüber stets zerstörend wirkt.

Bei der spektroskopischen Untersuchung der beiden Melanine in Lösung sind keine deutlichen Absorptionslinien zu beobachten; lediglich eine bei verschiedenen Konzentrationen wechselnde, allgemeine Absorption des kurzwelligen Teils im Spektrum ist bei beiden Melaninen gleicherweise zu beobachten. Man vergleiche die Absorptionsspektren der in 2% Kalilauge gelösten Pigmente.

Fig. 1 aus den braunroten Brustfedern von *Ardea purpurea*.

Fig. 2 aus den braunen Steißfedern von *Musophaga gigantea*.

Fig. 7 aus den schwarzen Rückenfedern von *Dryobates major*.

Das Verhalten der Absorptionsspektren ist so wenig charakteristisch, daß sich hier keine Unterschiede festlegen lassen. Zwar zeigt das Streifenspektrum des Eumelanins von *Dryobates major* bei 580—575  $\mu\mu$  die Andeutung eines Absorptionsstreifens, der aber so undeutlich war, daß ich ihn Verunreinigungen zuschreiben möchte<sup>1)</sup>, da ich bei demselben Pigment aus schwarzen Federn

1) Eine nachträglich vorgenommene Untersuchung des schwarzen Farbstoffes bei *Dr. major* zeigte diese Abweichung nicht!

von *Corvus corone*, *Rhamphastos discolorus*, *Planesticus merula* und *Tadorna tadorna* eine ähnliche Absorption nicht beobachten konnte.

In biologischer Hinsicht sind die beiden Melanine noch deutlicher unterschieden. Unter klimatischen Einflüssen ist die Feuchtigkeit bezw. die Trockenheit in der Hauptsache der modifizierende Faktor des Eumelanins, während das Phaeomelanin durch die Temperaturverhältnisse der Klimate stark beeinflusst wird (Haecker und Görnitz). Beim sexuellen Dimorphismus fällt zunächst die Tatsache auf, daß von den Melaninen in der Hauptsache das Eumelanin an der Divergenz beteiligt ist; in den Fällen aber, wo das Phaeomelanin den sexuellen Dimorphismus bewirkt oder noch daran beteiligt ist, läßt sich beim Vergleich mit dem Eumelanin eine sehr deutliche Divergenz der beiden Pigmente feststellen.

Vergleicht man zunächst einmal das sexualdimorphe Eumelanin, so zeigt sich eine charakteristische Divergenz des Zeichnungstypus, nicht aber ein Dimorphismus in der Qualität des Pigmentes. Meist sind es Eumelaninpigmentierungen in charakteristischen, immer wiederkehrenden Zeichnungsformen begrenzter Gefiederpartieen (Kopfplatte, Brust- und Kehlfleck etc.), die mit dem ♂ Geschlecht gekoppelt auftreten und im ♀ Geschlecht fehlen (Brustfleck bei *Passer domesticus*, *Luscinia svecica* etc., verschiedene Zeichnungstypen bei Anatiden, Anseriden, Phasianiden, Fringilliden etc.). Ein zweiter Modus des sexuellen Dimorphismus beim Eumelanin ist der, daß im ♂ Geschlecht eine allgemeine Vermehrung der Pigmente stattfindet, wobei die Zeichnung schon beim ♀ angelegt ist und beim ♂ nur besser ausgeprägt erscheint. Hierher gehören zum Beispiel *Serinus*, *Spinus*, *Sturnus*, *Oriolus*, *Muscicapa atricapilla*, *Emberiza citrinella* etc.

Das Verhalten des Eumelanins im sexuellen Dimorphismus läßt sich also kurz dahin zusammenfassen, daß entweder in einem völlig neuen Zeichnungstyp eine intensive Pigmentbildung, oder bei schon vorhandener Zeichnung eine gesteigerte Pigmentbildung mit Modifikationen der Ausbreitung des Pigmentes stattfindet.

Die Beteiligung des Phaeomelanins beim sexuellen Dimorphismus läßt insofern Abweichungen erkennen, als dieses Pigment nur spärlich bei der Ausbildung des Dimorphismus beteiligt ist; in diesem Falle ist dann der Dimorphismus darin begründet, daß einerseits eine Modifikation des Pigmentes selbst mit Aenderung der Farbwirkung, oder eine Steigerung der Pigmentbildung in einem vorhandenen Zeichnungsmuster verbunden mit einer Steigerung der Farbtintensität, stattfindet (*Sitta europaea*, *Oenanthe oenanthe*, *Pratincola rubetra* etc.).

Während die sexuellen Abänderungen des Eumelanins lediglich Modifikationen in der Lokalisation der Pigmentbildung darstellen und daher in der Regel in der Zeichnung zum Ausdruck kommen,

sind es beim Phaeomelanin Modifikationen des Pigmentes selbst oder seiner Bildung bei unveränderlicher Lokalisation, so daß der Dimorphismus weder in der Zeichnung noch in der Ausbreitung des Pigmentes, sondern lediglich in der Farbwirkung zum Ausdruck kommt.

---

Das Eumelanin zeichnet sich nicht allein durch seine Widerstandsfähigkeit gegen Lösungsmittel aus, sondern auch seine anderen Eigentümlichkeiten weisen eine merkwürdige Konstanz bei allen Gruppen der Vögel auf, und nur bei domestizierten Arten scheinen Modifikationen in der Färbung und der Löslichkeit vorzukommen. Darin steht es im Gegensatz zum Phaeomelanin, das bei den einzelnen Vogelgruppen weitgehendst modifiziert ist, so daß man eine Anzahl der Modifikationen mit eigenen Namen belegt hat (Krukenberg: Pseudozoorubin, Turacobrunin!). Da aber das Phaeomelanin in einer Spezies oft durch sexuelle oder geographische Einflüsse (beides bei *Sitta europaea*!) schon weitgehenden Abänderungen unterworfen ist, so wird die starke Divergenz ein und desselben Pigmentes in den einzelnen Vogelgruppen erklärlich; da aber jeweils nur ein solches Phaeomelanin auftritt, so lassen sich diese verschiedenen Farbstoffe alle als Modifikationen desselben Pigmentes, dem Phaeomelanin zusammenfassen. Nur in wenigen Fällen — bei *Bombycilla garrulus* und einigen *Paradiseiden* — lassen sich in einem Vogel zwei gegeneinander undeutlich abgegrenzte Phaeomelaninpigmente feststellen, die zu einer Unterscheidung berechtigten. Es ist mir aber nicht gelungen, irgend ein stichhaltiges Unterscheidungsmerkmal zu finden; was die Löslichkeit dieser beiden Phaeomelanine bei *Bombycilla* in Alkalien anbetrifft, so ist zwar ein nüancierter Unterschied zu beobachten, aber ich bin geneigt, hier eher eine quantitative Verschiedenheit in der Pigmentierung anzunehmen, ähnlich wie ich es weiter oben für *Dryobates villosus* und *Ardea purpurea* erwähnt habe, als eine qualitative Divergenz der Pigmente.

Sowohl nach ihrem biologischen Verhalten als auch nach ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Lösungsmittel lassen sich zwei Melanine, das Eumelanin und das Phaeomelanin, sehr deutlich unterscheiden. Ist das Eumelanin durch die große Konstanz seiner Merkmale charakterisiert, so lassen sich trotz der großen Verschiedenheiten in der Verbreitung, Farbe und Löslichkeit alle in Alkalien leicht löslichen Melanine als Modifikationen des Phaeomelanins zusammenfassen.

---

## Die Lipochrome.

Unter Lipochromen versteht man im allgemeinen die lebhaft gelb bis rot gefärbten, diffus verteilten Pigmente in der Feder, so daß also das Lipochrom der Botaniker mit dem entsprechenden Federfarbstoff nicht identisch ist; wie weit eine chemische Verwandtschaft zwischen den Lipochromen der Vogelfeder und denen der Pflanzen besteht, läßt sich bei der mangelhaften Kenntnis der Federpigmente heute noch nicht entscheiden, gemeinsam ist aber beiden die Lipocyanreaktion bei Behandlung mit konzentrierter Schwefelsäure. Diese gemeinsame Reaktion wurde dann auch als Kennzeichen der Lipochrome unter den Federpigmenten betrachtet, woraus sich aber gewisse Schwierigkeiten ergeben, auf die ich weiter unten noch eingehen werde. Den Lipochromen der Vogelfedern soll ferner im Gegensatz zu den Melaninen ihre Löslichkeit in Alkohol, Aether, Schwefelkohlenstoff, Chloroform etc. eigentümlich sein. Nur in seltenen Fällen wird man jedoch mit Erfolg versuchen, das Pigment in den genannten Narkotika zu lösen; selbst beim Erhitzen von feinst zerschnittenen und geschabten Federn werden sich nur unbedeutende Mengen des Farbstoffes in Lösung bringen lassen. Es ist vielmehr notwendig, durch Vorbehandlung den Farbstoff in eine narkotikalösliche Form überzuführen. Krukonberg erreichte das durch tagelanges Liegenlassen der Feder in salzsaurem Pepsin oder Trypsin, machte aber die Undurchlässigkeit des Keratins für die geringe Löslichkeit der Farbstoffe in der unbehandelten Feder verantwortlich. Schon Spöttel legte Federn in Flüssigkeiten, um die Durchlässigkeit des Keratin zu beweisen; noch deutlicher für die leichte Durchlässigkeit des Keratins spricht der augenblickliche Farbumschlag des blauen Pigmentes von *Ptilinopus* in 0,2% Kalilauge, so daß also das Keratin keineswegs die Alkohollöslichkeit der Pigmente beeinflussen kann. Einfacher und rascher kann man durch kurzes Erwärmen der Feder in 0,2% Kalilauge die Lipochrome in eine alkohollösliche Form bringen. Nach dieser Vorbehandlung gelingt es schon in kaltem, noch besser in siedendem Alkohol alles Pigment auszuziehen, wobei man leicht jede Konzentration durch verschiedene Mengen Alkohol erhalten kann. Görnitz (1923) selbst hat die Lipochrome mit Alkalien ausgezogen, da es ihm mit den Narkotika aus den oben angeführten Gründen nicht gelang. Dieses Verfahren hat aber größte Nachteile, wie der folgende Versuch zeigt. Kocht man die roten Federn (mit Zoonerythropigmentierung) in 2% Kalilauge, so verfärbt sich das Pigment schon in der Feder über orange nach rein gelb, und der Auszug ist dann natürlich gelb, höchstens orange gefärbt. Bei längerem Stehen auch im Dunkeln — bleicht der Farbstoff in der Lösung völlig aus, bis dann eine farblose Lösung resultiert. Sehr deutlich ist die zerstörende Wirkung der Alkalien auf die

Lipochrome bei den roten Federn von *Haematoderus militaris* zu beobachten. Siedende 2% Kalilauge bewirkt höchstens eine Aufhellung der Federfarbe; in Lösung geht das Pigment erst in 35% Kalilauge beim Sieden, und da auch nur in geringen Spuren, während die Feder dabei vollständig entfärbt wird. In dieser schwach rot gefärbten Lösung ist der Farbstoff auch schon nach wenigen Stunden restlos zerstört. Neben der zerstörenden Wirkung der Alkalien sind auch noch andere Einflüsse der Alkalien auf die Pigmente anzunehmen, weshalb es sich empfiehlt, nach der Vorbehandlung der Federn durch Kalilauge zum Alkoholextrakt, die Lauge durch Essigsäure zu neutralisieren und dann mit Wasser nachzuwaschen; auf diese Weise wird man stets sehr reichliche Alkoholauszüge erhalten, ohne daß der Farbstoff eine Aenderung in der Farbe erfährt.

Die aus den alkoholischen Lösungen eingedampften Lipochrome unterscheiden sich in ihrer Konsistenz grundsätzlich von den aus alkalischen Lösungen ausgefallten und getrockneten Melaninen. Das Zooxanthin aus gelben Federn von *Parus major*, *Picus viridis*, *Rhamphastos discolorus* und das Zoonerythrin aus roten Federn von *Dryobates major*, *Ibis rubra*, *Haematoderus militaris* und *Rhamphastos discolorus* wurden in alkoholischer Lösung auf dem Wasserbad eingedampft, der Rückstand mit Wasser gewaschen und das wiederum in Alkohol oder Chloroform gelöste Pigment eingedampft. Das so in fester Form erhaltene Pigment ist dann eine je nach dem Pigment intensiv gelb bzw. rot gefärbte Masse, die sich beim Anfühlen schmierig wie Seife verhält und ein weiteres „Trocknen“ nicht mehr zuläßt. — Um nun auch die Melanine in fester Form ohne nennenswerte Beimengungen von Keratin zu erhalten, wurden die alkalischen Lösungen verschiedener Melanine mit 5% Salzsäure neutralisiert, wobei sich das Pigment in Flocken ausschied. Der mit der Zentrifuge von der Flüssigkeit getrennte Bodensatz — das ausgeschiedene Keratin! an dem sich das Pigment niederschlug — wurde über dem Löschpapier sorgfältig mit Wasser gewaschen und dann wieder mit verdünnter kalter Kalilauge das Pigment in Lösung gebracht, um dann durch Neutralisieren wieder das Pigment auszufällen. Dieser Vorgang wurde so oft mit immer schwächerer Lauge wiederholt, bis beim Ausfällen das Pigment sich nicht mehr in Flocken ausschied, sondern nur mehr die Flüssigkeit trübte. Dann wurde der Bodensatz mit Wasser gut ausgewaschen und getrocknet. Das so erhaltene Pigment hat ursprünglich die Beschaffenheit eines festen amorphen Körpers, zerfällt aber beim Reiben zwischen den Fingern in ein feines Pulver von trockener Beschaffenheit, ganz im Gegensatz zu dem schmierigen Rückstand von alkoholischen Lipochromauszügen. Ganz abgesehen von der Konsistenz der auf diese Weise erhaltenen Substanzen, lassen sich an den ausgefallten Pigmenten die Löslichkeitsuntersuchungen mit viel größerer Exaktheit durch-

führen, als dies an der Feder selbst möglich ist; es fällt hier die Möglichkeit weg, daß das Keratin bei der Löslichkeit von Einfluß ist, dann wird das Ergebnis auch da eindeutig, wo durch verschiedene Quantität des Pigmentes in der Feder eine verschiedene Löslichkeit vorgetäuscht wird; nicht unwesentlich ist auch die Möglichkeit zu einer geschätzten Quantität des trockenen Pigmentes eine bestimmte Menge des Lösungsmittels zu bringen, da sich auf diese Weise die Farbe der verschiedenen Konzentrationen des in Lösung befindlichen Pigmentes einwandfrei bestimmen läßt, und in den Fällen, in denen eine Verfärbung des Pigmentes nicht eingetreten ist, läßt sich auch auf die Menge der in den Federn enthaltenen Pigmente annäherungsweise ein Rückschluß ziehen. Man mag zwar den Einwand erheben, daß das Arbeiten mit solchen „secundären“ Pigmentlösungen keine Gewähr bietet, daß man noch das reine Pigment in Lösung hat oder nur Abbauprodukte desselben; dem möchte ich aber entgegenhalten, daß der direkte Auszug aus der Feder diese Gewähr ebenso wenig in sich schließt, nur daß man mit dem wiederholt ausgefüllten Pigment sehr viel exakter arbeiten kann, dazu außerdem die eventuell mitgelösten Verunreinigungen auf ein Minimum reduziert sind. Angewandt habe ich diese Methode überall da, wo ein einigermaßen reicheres Material zur Verfügung stand, was aber bei den geringen Mengen an Pigment in der Kopfplatte der Fruchttauben etc. nicht möglich war; hier mußte ich mich vollständig auf die mikrochemische Methode beschränken, so sehr viele Nachteile diese auch bieten mochte.

Schon Paul (1919 in einer unveröffentlichten Arbeit) sprach die Vermutung aus, daß die reinen Federlipochrome nicht alkohol- oder narkotikalöslich seien, da es ihm nicht gelang, aus 4–5 µ dicken Schnitten der Federn den Farbstoff auszuziehen. Krukenberg (1890) gelang es nur in sehr wenigen Fällen ohne Vorbehandlung der Federn mit verdauenden Enzymen, geringe Mengen des Pigmentes in siedendem Alkohol in Lösung zu bringen, ohne daß damit die absolute Alkohollöslichkeit des Pigmentes bewiesen wäre, da auch gesteigerte Wärme als beeinflussender Faktor für das Pigment in Frage kommt. Auf diese Tatsache dürfte wohl zuerst der Prinz von Wied aufmerksam gemacht haben. Er berichtet nämlich, daß bei frischen, zum Trocknen aufgehängten Bälgen eine Verfärbung der roten Gefiederpartien nach orange bis sattgelb eintrat, wenn die Bälge der direkten Wärme des Lagerfeuers ausgesetzt waren. Haecker (1890) gelang es dann durch Erhitzen der roten Federn von *Pompodora* und *Eurylaemus* in verdünnter Schwefelsäure, einen Farbumschlag nach orange bis gelb zu erzielen. Daß es sich dabei nicht um eine Wirkung der Schwefelsäure handelt, sondern die Temperatur die Hauptrolle spielt, läßt sich sehr leicht nachweisen. Erhitzt man nämlich Federn auf ca. 100° C im Wasser oder trocken, so erhält man dieselben Farbumschläge nach orange oder gelb und dies nicht

allein an den von Haecker untersuchten Arten, sondern in allen Fällen des Vorkommens von Zoonerythrin (ich untersuchte *Picidae*, *Fringillidae*, *Psittacidae* u. a. m.).

Sind die bisher genannten Farbumschläge nicht reversibel mit Ausnahme der Lipocyanreaktion, so gelang es mir beim gelben Zooxanthin, einen umkehrbaren Farbumschlag zu erzielen, der insofern noch interessant ist, als er nicht als chemischer Abbau oder Zerstörung des Pigmentes gedeutet werden kann. Die Zooxanthin führenden Federn von *Parus major* wurden nach kurzem Erhitzen in 2% Kalilauge der Einwirkung konzentrierter Schwefelsäure ausgesetzt. Im Gegensatz zu den unbehandelten Federn trat ein Farbumschlag im Sinne der Lipocyanreaktion nur sehr langsam ein, nahm aber sonst im Anfang seinen normalen Verlauf über orange nach rot. Ohne aber die Farbreihe der Lipocyanreaktion über violett, blau bis blaugrün völlig zu durchlaufen, wurde im roten Stadium die Farbwirkung ohne nachträgliche Aenderungen stabil. Dieses rote Stadium des Zooxanthin verhielt sich, abgesehen von der Lipocyanreaktion, insofern wie das Zoonerythrin, als es sowohl mit Kalilauge als auch in der Wärme nach Gelb zurückschlug.

Was die biologischen Beziehungen des Zooxanthin und Zoonerythrin zueinander betrifft, sei hier nur kurz erwähnt, daß durch Verfütterung von Cayennepfeffer die gelbe Farbe der Kanarien einen Umschlag nach Orange erfährt, daß ferner die *Loxia*-Arten, die in Gefangenschaft die rote Farbe ihres Gefieders zu gunsten eines unscheinbaren Gelb verlieren, das ursprüngliche Rot wieder zurück erhalten, wenn die Vögel mit Hanf oder Koniferensamen gefüttert werden.

Sprechen schon alle angeführten Tatsachen für eine engere Beziehung oder gar eine chemische Verwandtschaft der beiden Pigmente untereinander, so kommt noch als weiterer Moment hinzu, daß beide Pigmente im Schnabel sowohl als in den Beinen sehr vieler Vögel gefunden worden sind (Krukenberg). Ich halte es daher für unangebracht, lediglich der äußeren Verschiedenheiten in der Farbwirkung wegen, die beiden Pigmente mit ihren Modifikationen als äquivalente Gruppen einander gegenüberzustellen, vielmehr sind die beiden chemisch verwandten Pigmente nur als Vertreter einer Gruppe der Lipochrome zu betrachten. Es besteht die Möglichkeit, daß das Zooxanthin und das Zoonerythrin nur durch divergierende Fermente verursachte Modifikationen eines Chromogenes darstellen, doch kann hierüber nur eine chemische Analyse nähere Anhaltspunkte geben. Ueber das Verhältnis des Zoonerythrins zum Zooxanthin nimmt Görnitz an, daß das gelbe Zooxanthin als erster Farbstoff in der Feder vorhanden sei und danach eine Auflösung des körnig abgelagerten Zoonerythrin stattfindet, das mit seiner roten Farbe die Farbwirkung des Zooxanthin eliminiert. Würde aber eine Auflösung

der Zoonerythrinfarbkörnchen erfolgen, so dürften dieselben doch nicht mehr nach der Auflösung sichtbar sein. Der nach Rot erzeugte Farbumschlag aber der in Kalilauge vorbehandelten und dann der Wirkung konzentrierter Schwefelsäure ausgesetzten Federn mit Zooxanthinpigmentierung (vgl. p. 205), läßt eine derartige Erklärung des wechselseitigen Verhältnisses der beiden Lipochrome nicht zu.

Görnitz und Rensch (1924) bezeichnen als Ptilopin blaue, violette bis rote Lipochrome in diffuser Verteilung in Federn von Treroninen (besonders *Ptilinopus*).

Setzt man einer blauen Feder von *Ptilinopus monachus* unter mikroskopischer Kontrolle 2% Kalilauge zu, so verfärbt sich das Pigment über violett, rot nach orange bis gelb, entsprechend die violetten Federn über rot nach gelb. Bei dieser Behandlung mit Alkalien ist keinerlei Lösung des Pigmentes zu beobachten; fügt man etwas Alkohol zu, so geht das gesamte Pigment langsam in Lösung. Eine derartig umgefärbte Feder erhält jedoch augenblicklich ihre ursprüngliche Farbe zurück, wenn die Einwirkung der Kalilauge unterbrochen, oder die Feder in Wasser gebracht wird. Bemerkenswert erscheint mir das Wiederkehren derselben Farbreihe blau — violett — rot — orange — gelb bei allen Formen des Ptilopinpigmentes unter Einwirkung von verdünnter Kalilauge. Aus der Tatsache, daß das Zoonerythrin bei seinen Farbumschlägen sich in diese Reihe einpaßt, läßt sich wohl auf eine engere chemische Verwandtschaft schließen; im Gegensatz zu Görnitz und Rensch konnte ich, wie oben erwähnt, die Alkohollöslichkeit des Ptilopin feststellen. Die Autoren behaupten geringe oder völlig mangelnde Löslichkeit des Pigmentes, was aber allen Lipochromen gemeinsam ist. Alkoholische Auszüge des Ptilopin erhält man jedoch, wie ich beim Zoonerythrin ausgeführt habe, durch Behandeln der Feder mit alkalischem Wasser, wobei das Pigment in eine alkohollösliche Form übergeführt wird. Zieht man vergleichsweise die Stellung des Eumelanin zum Phaeomelanin und seinen spezifischen Modifikationen heran, so möchte man analog das Zooxanthin dem Zoonerythrin und seiner Modifikation, dem Ptilopin gegenüberstellen.

Läßt sich das Ptilopin auf Grund seiner Farbumschläge und seines sonstigen Verhaltens noch zur Zoonerythringruppe stellen, so erheben sich bei dem roten Pigment des Bauchgefieders von *Pastor roseus* Schwierigkeiten, dieses Pigment in die Reihe der Zoonerythrine einzugliedern. Zwar wie das Zoonerythrin ist dieses Pigment diffus in der Feder verteilt, ist nach Vorbehandlung mit Alkalien narkotikalöslich und ergibt mit konzentrierter Schwefelsäure die Lipocyanreaktion, so daß also ein reines Lipochrom vorliegt. Charakteristisch sind jedoch die Farbumschläge dieses Farb-

stoffes bei Behandlung mit heißer 2% Kalilauge: die Einwirkung von kochenden Laugen bewirkt eine Aufhellung der Farbwirkung in der Feder, nicht aber einen Farbumschlag nach orange oder gelb. Niemals geht auch nur in Spuren der Farbstoff in Alkalien in Lösung, vielmehr wird das Pigment in der Feder schon vollständig zerstört. In der Farbwirkung verhält sich das Pigment gegen oxydierende Bleichmittel genau so wie gegen Alkalien, d. h. nach und nach verliert das Pigment die Farbe und zwar über rosa nach weiß, während das Zoonerythrin stets über orange nach gelb ausbleicht. Genau so verhalten sich alkoholische Auszüge vom Zoonerythrin, die bei verschiedener Konzentration die Farbreihe rot — orange — sattgelb wiedergeben, während das Pigment von *Pastor roseus* nur verschiedene Intensität desselben Rot von rot — hellrot — rosa ergab. Ganz ähnlich verhält sich das rote Pigment von *Phoenicopterus antiquorum* und zweifellos sind es noch eine Reihe weiterer Arten, die diesen Farbstoff in ihren Federn aufweisen, nur daß eben die Unterschiede gegen das Zoonerythrin sowohl äußerlich als auch in den Reaktionen des Pigmentes nur sehr gering sind und sie deshalb nicht sofort erkannt werden können. Aus diesen geringen Verschiedenheiten aber eine chemische Verschiedenheit der Farbstoffe zu folgern, halte ich für zu weitgehend, da wir über das Wesen der Farbumschläge chemisch noch nicht die geringsten Anhaltspunkte haben. Da sich aber im biologischen Verhalten zwischen dem Zoonerythrin und diesem roten Pigment weitgehende Verschiedenheiten feststellen lassen, so habe ich lediglich aus praktischen Rücksichten dieses rote Pigment bei *Pastor roseus* und *Phoenicopterus antiquorum* mit dem Namen Liponerythrin gekennzeichnet, um nicht durch unzumutbare Vereinigung dieses Pigmentes mit dem Zoonerythrin die Verhältnisse unübersichtlich zu machen.

---

Eine äußerlich in sich geschlossene Gruppe von Pigmenten stellen die grünen Farbstoffe der Federn dar. In der Hauptsache beruht die grüne Farbe der Vogelfedern auf einer Farbwirkung der Blaustruktur mit Ueberlagerung eines gelben Pigmentes und nur bei drei Gruppen von Vögeln, den Musophagiden, *Somateria* (Anatiden) und bei *Ithaginis* (Phasianiden) ist es zur Ausbildung eines grünen Pigmentes gekommen. Der grüne Farbstoff der Musophagiden, das Turacoverdin, werde ich wegen seiner Wechselbeziehungen zum Turacin mit diesem Farbstoff zusammen behandeln. Es bleiben nur mehr die Pigmente von grüner Farbe bei *Somateria* und *Ithaginis* übrig und hier habe ich auch nur für den grünen Farbstoff der Phasianide hinreichende Anhaltspunkte, die für eine Zugehörigkeit zu den Lipochromen sprechen.

Sind Lipocyanreaktion und Alkohollöslichkeit die Kennzeichen der Federlipochrome, so trifft für das grüne Pigment von

*Ithaginis* eigentlich nur das letztere zu. Bei Vorbehandlung mit Alkalien läßt sich der Farbstoff aus den grünen Brust- und Bauchfedern leicht und vollständig durch heißen Alkohol ausziehen; wenn auch etwas langsamer, aber immer noch vollständig wird das Pigment in kaltem Alkohol gelöst, ohne aber in der Farbe der Lösung noch im sonstigen Verhalten gegenüber den mit heißem Alkohol gewonnenen Farbauszügen irgendwelchen Unterschied zu zeigen. Läßt man konzentrierte Schwefelsäure auf die grüne Feder einwirken, so zeigt sich keinerlei Farbumschlag im Sinne der Lipocyanreaktion, eine Tatsache, die unzweideutig gegen die Lipochromnatur dieses Pigmentes sprechen würde, wenn nicht schon die theoretische Ueberlegung ein derartiges Verhalten selbst für ein Lipochrom fordern würde. Stellt man nämlich eine Farbreihe zusammen, die von den bekannten Lipochromen bei der Lipocyanreaktion durchlaufen wird, so ergibt sich die Tatsache, daß das Ende der Reihe ein Grün ist.

Gelb	↓	Zooxanthin
Orange		} ↓
Rot	Zoonerythrin	
Violett	↓	Ptilopin
Blau		
Grün	↓	Phasianoverdin

Hieraus resultiert, daß dieses grüne Pigment von *Ithaginis* (Phasianoverdin) sehr wohl ein Lipochrom sein kann, da es doch schon die Farbe des Endproduktes der Lipocyanreaktion besitzt, also auf Schwefelsäure nicht mehr mit einem Farbumschlag reagieren kann, da die Farbreihe der Lipocyanreaktion von gelb über rot nach grün hier ihr Ende hat. Noch wahrscheinlicher wird die lipochromatische Natur des grünen Phasianoverdin durch sein gemeinsames Vorkommen mit einem roten Farbstoff nicht allein bei denselben Arten, sondern in derselben Feder, wobei das grüne Phasianoverdin im Gegensatz zu dem roten Pigment mehr in den distalen Federteilen abgelagert ist. Diese engen Beziehungen zu dem roten Farbstoff derselben Art gehen sogar soweit, daß man zwar das rote Pigment allein vorfinden kann, wie z. B. in den Steißfedern, niemals aber das grüne Pigment allein in den einzelnen Gefiederpartien, sondern stets wird man damit vergesellschaftet im proximalen Teil der Feder das rote Pigment, wenn auch oft nur in Spuren antreffen.

Sprechen also alle Tatsachen für eine engere Wechselbeziehung des Phasianoverdin, wie der grüne Farbstoff von *Ithaginis* heißen mag, mit dem roten Pigment derselben Spezies, so handelt es sich zunächst darum, die Stellung des roten Farbstoffes zu klären. Dafs es sich um ein echtes Lipochrom handelt, beweist der positive Ausfall der Lipocyanreaktion und die Löslichkeit des vorbehandelten Pigmentes in Alkohol und anderen Narkotika. Bei genauerer Beobachtung weist jedoch schon das Endprodukt der Lipocyanreaktion eine deutliche Abweichung gegenüber dem Zoonerythrin auf, wofür man das rote in der Feder diffus verteilte Pigment von *Ithaginis* zuerst halten möchte. Ist die Endphase des Zoonerythrin und der verwandten Lipochrome bei der Behandlung mit konz. Schwefelsäure ein intensives unreines Blaugrün, so zeichnet sich das rote Pigment von *Ithaginis* in der Endphase der Lipocyanreaktion durch eine klare lichtgrüne Farbe aus, die mit der Farbe des Phasianoverdin die allergrößte Aehnlichkeit hat. Abweichend vom Zoonerythrin mit zinnoberroter Farbe und dem karminroten Liponerythrin ist die Farbwirkung des roten Pigmentes bei *Ithaginis* ein blau tingiertes dunkles Karmin und ähnelt hierin der roten Phase des Ptilopins; vom Ptilopin aber, das schon in verdünnten Laugen augenblicklich die Alkalifarbumschläge im entgegengesetzten Sinne der Lipocyanreaktion zeigt, ist das Ithaginisrot durch die verhältnismäßig grofse Stabilität unterschieden, und erst starke Kalilauge (35 %) vermag, wenn auch sehr langsam die Alkalifarbumschläge zu erzeugen. Diese Stabilität des Farbstoffes drückt sich auch in der relativ leichten Löslichkeit dieses Pigmentes in Alkalien aus; gehen im Allgemeinen die Lipochrome nur schwer und unvollständig, und dann meist verändert in Alkalien in Lösung, um schliesslich in der Lösung völlig zerstört zu werden, so läfst sich das rote *Ithaginis*-Pigment noch gut in verdünnten 2% Laugen in Lösung bringen, ohne dafs dabei ein Abbau des Pigmentes stattfindet; auch eine längere Einwirkung der Lauge verändert die Lösung nicht, so dafs eine Lösung dieses Pigmentes ohne Luftabschluss während drei Monaten seine ursprüngliche Beschaffenheit bewahrt hat. Die Behandlung des Farbstoffes mit oxydierenden Bleichmitteln ergibt zuerst einen undeutlichen Farbumschlag nach gelb, ebenso wie die übrigen Lipochrome der Zoonerythringruppe; das Gelb aber schlägt bei längerer Einwirkung unter teilweiser Zersetzung des Pigmentes in ein Grün über, ein ganz analoges Verhalten zum Turacin.

Gegen alle übrigen Lipochrome sehr deutlich charakterisiert ist das Phasianoverdin durch sein Streifenspektrum. Neben einer allgemeinen Absorption des kurzwelligen Teiles im Spektrum liegt ein deutlicher Absorptionsstreifen zwischen 580 und 585  $\mu\mu$  und deckt sich hier mit dem Band, das die alkalische Lösung des Turacin aufweist (vgl. Fig. 3 u. 5); im Gegensatz zu diesem aber, tritt beim Phasianoverdin bei 570—565  $\mu\mu$  eine zweite deutliche

Absorption auf. Dieses zweite Band aber deckt sich vollkommen mit der Absorption einer alkoholischen Lösung des roten Pigmentes von *Haematoderus militaris*. Inwieweit hier eine chemische Affinität besteht, läßt sich nicht entscheiden, doch besteht die Möglichkeit, daß das rote Pigment von *Haematoderus* mit den Farbstoffen von *Ithaginis* in irgend eine Beziehung zu bringen ist. Daß zwischen beiden Streifen im Absorptionsspektrum des Phasianoverdin eine Vorbeschattung die Grenze der beiden Bänder gegeneinander nicht ganz deutlich erkennen läßt, mag in den Verunreinigungen seine Ursache haben, die beim Ausziehen des Pigmentes mit in Lösung gegangen sind. So lange aber weitere Anhaltspunkte für eine chemische Verwandtschaft nicht gegeben sind, halte ich die Unterscheidung der gut charakterisierten Pigmente bei *Ithaginis* für notwendig und bezeichne den roten Farbstoff als Phasianorubin und in Analogie zu den Pigmenten der Musophagiden das grüne Pigment als Phasianoverdin.

---

An das Phasianoverdin schließt sich der grüne Farbstoff in den Wangen- und Nackenfedern der Eiderenten an, sofern man diesen Farbstoff noch als Lipochrom betrachtet. Dieses Pigment ist in den Federn von *Somateria* diffus verteilt und die Behandlung mit konzentrierter Schwefelsäure ergibt keine Lipocyanreaktion; nachdem aber bei den grünen Farbstoffen von *Ithaginis*, dem Phasianoverdin und dem Turacoverdin der Musophagiden ebenfalls keine Lipocyanreaktion zu beobachten ist, so wäre dem keineswegs eine so große Bedeutung beizumessen. Schon eher gegen die lipochromatische Natur des Pigmentes sprechen die Angaben, wonach das Pigment alkoholunlöslich sei. Da aber sämtliche dieser Behauptungen nirgends näher ausgeführt wurden, so möchte ich die Vermutung aussprechen, daß diese Angaben insofern unzulänglich sind, als wahrscheinlich bei mikroskopischer Beobachtung eine Extraktion des Farbstoffes nicht beobachtet werden konnte, was ja seine Erklärung findet, wenn man berücksichtigt, daß die übrigen Lipochrome gegen reinen Alkohol mindestens ebenso widerstandsfähig sind, und daß eine Lösung der Pigmente nur bei vorheriger Behandlung mit verdünnten Alkalien oder verdauenden Fermenten erfolgt. Ebenso unbegründet ist die Angabe der Löslichkeit des Pigmentes in verdünnter Kalilauge, da in keinem Falle der tatsächliche Beweis durch Ausfällen des Farbstoffes erbracht worden ist. Vielmehr ist es mir gelungen, bei Behandlung mit verschiedenen konzentrierten Laugen (2% und 35% Kalilauge) einen Farbumschlag nach rotgelb zu erzielen, der aber entsprechend den geringen Mengen des Pigmentes nur sehr undeutlich zu erkennen war; bei der Beobachtung des einzelnen Ramus schien dann aller Farbstoff verschwunden, was vielleicht eine Löslichkeit des Pigmentes vorgetäuscht hat. Wenn es mir auch nicht möglich war,

die Alkohollöslichkeit des Pigmentes aus Mangel an Material einwandfrei festzustellen, so betrachte ich doch den mit Kalilauge erzielten Farbumschlag als hinreichendes Merkmal für die lipochromatische Natur des grünen Pigmentes. Für eine weitergehende Untersuchung dieses Pigmentes bedarf es eines größeren Materials, als es mir vorlag, und aus diesem Grunde war es mir auch nicht möglich, selbst die nächstliegenden Fragen über die Stellung dieses Pigmentes in der Gruppe der Lipochrome und hier wieder gegen das Phasianoverdin auch nur vermutungsweise zu beantworten; ich sehe deshalb davon ab, dieses Pigment durch eine besondere Bezeichnung zu charakterisieren, da sich sicheres nicht aussagen läßt.

### Lipochromide.

Den Lipochromen zunächst schließt sich das Cotingin an, wie Görnitz und Rensch das „körnige Lipochrom“ bei einigen Cotingiden genannt haben.

Im Gegensatz zu den stets diffusen Lipochromen tritt dieser rote bis violette Farbstoff in der Feder körnig auf, was entwicklungsgeschichtlich grundlegende Verschiedenheit voraussetzt. Ist es schon eine Modifikation des Begriffes Lipochrom, worunter die Botaniker einen Fettfarbstoff im eigentlichsten Sinne d. h. ein gefärbtes Fett verstehen, wenn man die Pigmente der Federn Zooxanthin, Zoonerytrin etc. darunter stellt, so kann man so lange eine chemische Untersuchung keine näheren Aufschlüsse gibt, ein entwicklungsgeschichtlich derartig abweichendes Pigment wie das Cotingin nicht unter die Lipochrome rechnen, trotz der Uebereinstimmung in den üblichen Erkennungsmerkmalen. Die Behandlung mit konzentrierter Schwefelsäure ergibt einen positiven Ausfall der Lipocyanreaktion, und auch der Farbumschlag mit verdünnten Laugen verhält sich genau wie bei den echten Lipochromen (speziell Ptilopin) und geht von violett über rot, orange nach gelb. Hitzeeinwirkung ergibt analog dem Zoonerythrin einen Farbumschlag wie Alkalien, nur daß vielleicht das Cotingin etwas rascher und deutlicher reagiert als das Zoonerythrin. In alkalisiertem Alkohol findet eine Lösung des Farbstoffes unter Erhaltung der Farbe statt, sofern man nur vermeidet beim Ausziehen zu erhitzen, während Görnitz und Rensch den Alkalifarbumschlag schon beim Kochen mit reinem Alkohol beobachteten; die Erhaltung der Pigmentfarbe in alkalisiertem Alkohol in der Kälte beweist aber, daß der von Görnitz und Rensch beobachtete Farbumschlag in siedendem Alkohol lediglich eine Wirkung der Hitze ist. Die Verbreitung des Farbstoffes scheint auf die Familie der Cotingiden beschränkt zu sein; schon von Haecker (1890) wurde dieser Farbstoff aus den Federn von *Ampelis*

(*Xypholena pompodora*) beschrieben. Seine rote Phase findet sich bei einigen Arten der Gattung *Xypholena* während in der Gattung *Cotinga* die violette Phase auftritt.

Ein weiteres lipochromähnliches Pigment beschrieb Wurm (1871) aus der Rose der Waldhühner unter dem Namen Tetronerythrin. Ein ähnliches Pigment fand ich auch in dem Gefieder der Gattung *Tragopon* (*Phasianidae*) verbreitet, und da keinerlei Anhaltspunkte dagegen sprechen, so stehe ich nicht an, das Pigment bei *Tragopon* mit dem Tetronerythrin der Waldhühner zu identifizieren. Das fast im ganzen Gefieder von *Tragopon* vorkommende Pigment unterscheidet sich wie das Cotingin durch seine körnige Struktur von den echten Lipochromen. Die Lipocyanreaktion ergibt einen sehr deutlichen Farbumschlag nach blaugrün, während die Farbumschläge mit Alkalien nur bei konzentrierten Laugen (35% Kalilauge) und dann nur sehr undeutlich zu beobachten sind. In alkalisiertem Alkohol war eine vollkommene Lösung des Pigmentes möglich, und was ferner für den Farbstoff besonders charakteristisch ist, ist die spielende Löslichkeit in verdünnten Alkalien ohne Farbumschlag, die der des Phaeomelanins gleichkommt; darin ist dieses Pigment nun grundsätzlich vom Cotingin sowohl wie auch von den echten Lipochromen, besonders dem Phasianorubin unterschieden. Eigentümlich ist das völlige Fehlen eines Streifens im Absorptionsspektrum in alkoholischer wie auch in alkalischer Lösung. Nur eine allgemeine Absorption im kurzwelligen Teil des Spektrums hat das Pigment mit den Melaninen gemeinsam (Fig. 6). Gibt man zu einer Lösung des Pigmentes in alkalisiertem Alkohol einen Ueberschuss von Essigsäure, so dafs die Lösung deutlich sauer reagiert, so ergibt sich ein Farbumschlag der braunen Lösung nach rot, sowie man auch nur geringste Mengen von Kupfersalzen in die Lösung bringt. Einen ähnlichen Farbumschlag konnte ich mit anderen Metallsalzen nicht erzielen. Eine Behandlung mit oxydierenden Bleichmitteln ergibt keinen Farbumschlag, nur blafst die Farbwirkung langsam aus, bis sie schliesslich ganz verschwindet. Inwieweit dieses Pigment mit Krukenbergs Zoorubin Zusammenhänge aufzuweisen hat, war mir leider nicht möglich zu entscheiden, da das Material an Zoorubin aus den Federn der Paradiseiden in genügender Menge fehlte, um einen eingehenderen Vergleich anstellen zu können.

Im allgemeinen Farbeindruck hat dieses Pigment grösste Aehnlichkeit mit dem Phaeomelanin, das bei *Gallus bankiva* und *Phasianus* die fuchsrote Färbung der Federn bedingt. Das Verhalten dieses Pigmentes im Spektrum sowie die Alkalilöslichkeit neben der äufserlichen Aehnlichkeit begründen aber keineswegs

eine Mittelstellung dieses Pigmentes zwischen den Melaninen und den Lipochromen; darüber kann nur eine chemische Analyse nähere Aufschlüsse geben. Die Verbreitung scheint auf die Phasianiden beschränkt zu sein, da ich außer den genannten Gruppen (Waldhühner, *Tragopon*) nirgends ein ähnliches Pigment gefunden habe.

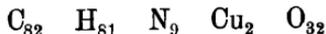
Noch eher als beim Tetronerythrin wäre beim Turacin die Annahme einer Mittelstellung zwischen Lipochromen und Melaninen begründet, obgleich dem Turacin auf Grund seines Kupfergehaltes eine Sonderstellung eingeräumt worden ist, trotzdem das Kupfer nicht viel beweist, da man doch annehmen könnte, dafs beim dem Eisengehalt der anderen Pigmente das Kupfer durch Eisen ersetzt ist. Grundlegend hingegen ist, dafs wir es beim Turacin mit einem Porphyrin zu tun haben, das sonst nur noch in den Pigmenten der Eischalen festgestellt werden konnte<sup>1)</sup>. Zu dem Turacoverdin (dem grünen Pigment der Musophagiden) scheint das Turacin nähere Beziehungen zu haben, worauf schon Church hingewiesen hat. Church konnte nämlich durch Einwirkung von Licht und Luftsauerstoff das Turacin in einen grünen Farbstoff überführen, der dem Turacoverdin ähnlich sein soll. Denselben Farbumschlag erzielte ich durch Behandlung mit oxydierenden Bleichmitteln unter Abschluss des Lichtes, so dafs es sich hier weniger um eine Wirkung des Lichtes, als vielmehr des Sauerstoffs der Luft handelt. Die Identität des auf diese Weise erhaltenen Farbstoffes mit dem Turacoverdin ist aber mehr als zweifelhaft, da im Turacoverdin weder ein Kupfersalz, noch sonst irgend ein Metallsalz des Porphyrins festgestellt werden konnte. Trotzdem schon durch die Untersuchungen von Church und eingehender neuerdings durch H. Fischer der Chemismus des Turacins weitgehend geklärt worden ist, so fehlt doch eine entsprechende Kenntnis, als dafs Zusammenhänge sich erkennen liefsen. Eigentümlich nur ist das Verhalten des Zoorubin und des Tetronerythrin in angesauerter Lösung gegen Kupfersalze, obgleich zwar beim Tetronerythrin der Mangel an Banden im Spektrum das Fehlen des Porphyrins beweist.

#### Anmerkung.

Nach den Analysen des Turacins von Church ergibt sich für das Pigment die Zusammensetzung:

C = 53,69 %, H = 4,60 %, Cu = 7,01 %, N = 6,96 %, O = 27,74 %

woraus er die Formel für das Turacin folgerte:



1) Vgl. H. Fischer.

Nach H. Fischer hat diese Formel sehr große Aehnlichkeit mit der Formel des von ihm aus Urinporphyrinmethylester gewonnen Kupfersalzes des Urinporphyrins, dem die Formel zukommt



zieht man von diesem Ester die 7 Estergruppen ab, so erhält man das freie kupferhaltige Porphyrin



C = 53,95 %, H = 3,85 %, N = 6,30 %, O = 28,76 %, Cu = 7,14 %.

Vergleicht man die von Church gefundenen Werte damit, so ergibt sich eine weitgehende Uebereinstimmung:

Kupfersalz des freien Urinporphyrins nach Fischer

C = 53,95 %, H = 3,85 %, N = 6,30 %, O = 28,76 %, Cu = 7,14 %.

Turacin nach der Analyse von Church

C = 53,69 %, H = 4,60 %, N = 6,96 %, O = 27,74 %, Cu = 7,01 %.

H. Fischer gelang es außerdem in der Zusammensetzung eine völlige Identität des synthetisch hergestellten Kupferurinporphyrins mit dem Turacin nachzuweisen. Da sowohl in den gefärbten Eischalen als auch im Kot der Vögel Porphyrin nachgewiesen werden konnte, läßt sich zwar das Turacin mit der Physiologie in nahen Zusammenhang bringen, ohne aber dadurch Berührungspunkte mit anderen Pigmenten zu erhalten, da der Eisengehalt der Pigmente nicht beweisend ist, vielmehr das Porphyrin, das von größerer Bedeutung ist, nirgends mehr in den Federn der Vögel nachgewiesen werden konnte. Ueber die chemische Untersuchung des Turacins sei auf die Arbeiten von H. Fischer & F. Kögl und H. Fischer & J. Hilger in Hoppe-Seylers Zeitschrift für physiologische Chemie Bd. 128, 131, 138; 1923/23 hingewiesen.

Der Vollständigkeit wegen möchte ich hier noch das Z o o r u b i n erwähnen, das K r u k e n b e r g (1882) aus den Federn einiger Paradiesiden beschrieb. Bei *Ciccinnurus regius*, *Paradisea rubra*, *Paradisea papuana* und *Diphyllodes magnifica* fand K r u k e n b e r g ein äußerlich phaeomelaninähnliches Pigment von rotbrauner Farbe, das bei Behandlung mit konzentrierter Schwefelsäure die Lipocyanreaktion ergibt, in Narkotika aber unlöslich ist. Wird der gelbbraunen essigsäuren Lösung des Pigmentes Kupfersulfat oder Kupferacetat beigegefügt, so verfärbt sich die Lösung augenblicklich und sehr auffallend nach kirschrot. — Ob bei diesem Pigment eventuell ein Porphyrin vorliegt, muß die chemische Untersuchung zeigen; jedenfalls steht dieses Pigment ebenso isoliert in seinem Verhalten wie das Turacin, mit dem bis jetzt aber noch keinerlei Zusammenhänge nachgewiesen werden konnten.

Zum Schlufs seien noch einige Angaben über einen sehr eigentümlichen gelben Farbstoff angefügt, der sich in den goldgelben Federn von verschiedenen Pinguinen findet, und auf den Paul (in einer unveröffentlichten Arbeit) wohl zuerst hinwies. Mit konzentrierter Schwefelsäure ergibt dieser, in der Feder diffus verteilte Farbstoff die Lipocyanreaktion nicht. Ausserdem ist mir eine Lösung des Farbstoffes in Narkotika in keinem Falle gelungen, vielmehr geht der Farbstoff schon in 2% Kalilauge spielend in Lösung. Eigentümlich ist das Verhalten des Pigmentes in Salzsäure. Mit heifser 10% HCl entfärbt sich die Feder fast augenblicklich; setzt man nun der so entfärbten Feder unter mikroskopischer Kontrolle langsam 1% Kalilauge zu, so tritt bei einem Ueberschufs an Lauge zunächst an den farblosen Farbstoffträgern eine intensive Gelbfärbung auf. Bei weiterem Zusatz von Lauge löst sich der Farbstoff der Farbkörnchen plötzlich und verteilt sich diffus in der Feder. Bei längerer Einwirkung der Lauge oder bei stärkerer Konzentration geht naturgemäfs der Farbstoff in Lösung. Da der Farbstoff nur in geringen Mengen in der Feder vorhanden ist, so war es mir nicht möglich, gröfsere Mengen an genügend konzentrierten Farbstofflösungen für weitere Untersuchungen oder für den spektroskopischen Vergleich zu gewinnen. Aus diesem Grund mufs ich die Frage über die weiteren Zusammenhänge mit anderen Pigmenten hier leider offen lassen.

---

### Verbreitung der Pigmente.

Im Anschlufs an die Besprechung der Pigmente soll nunmehr eine Uebersicht über ihre Verbreitung gegeben werden, wobei hauptsächlich nur die primitiveren Gruppen berücksichtigt werden, während bei den Passeriformes nur soweit Untersuchungen vorgenommen wurden, als es der Vergleich der einzelnen Farbstoffe erforderte. Gänzlich unberücksichtigt blieben Gruppen mit ausschließlicher Eumelaninpigmentierung oder mit Eumelanin und Phaeomelanin, ohne dafs das letztere irgendwelche Besonderheiten zeigt, wie dies z. B. bei den *Ratiten*, *Laridae*, *Raptatores* etc. der Fall ist.

Meistens genügte die genauere Untersuchung eines oder einiger weniger typischer Vertreter der Familie, da die Pigmente in einem für die Familie oder einen noch gröfseren Verband bestimmten Modus immer wiederkehren, ohne stärkeren Abänderungen unterworfen zu sein; die von mir genauer untersuchten Spezies sind aus diesem Grunde am entsprechenden Orte jeweils nominell aufgeführt.

Eine der Systematik entsprechende Vollständigkeit zu erreichen, dürfte wohl aus Mangel an Material nicht durchzuführen sein und erübrigt sich auch aus den oben angeführten Gründen.

## Colymbiformes.

*Podicipidae.* Die gelben, rostroten und rotbraunen Farben im Hochzeitskleid der ♂♂ sind lediglich durch verschiedenes Auftreten des Phaeomelanins bedingt; es tritt hier in Körnern von wechselnder Gestalt auf und ist in heifser 2% KOH spielend löslich. Lipochrome konnten keine nachgewiesen werden.

*Colymbus cristatus, C. griseigena, C. auritus, C. ruficollis.*

## Sphenisciformes.

*Spheniscidae.* Neben dem Eumelanin tritt noch ein gelbes, diffus verteiltes Pigment auf, das auf diese Familie beschränkt ist. Sowohl die Alkalilöslichkeit wie auch der negative Ausfall der Lipocyanreaktion bringen diesen Farbstoff in die Nähe der Melanine. Ob es sich hier um ein Pigment handelt, das zwischen den Melaninen und Lipochromen vermittelt, läßt sich nicht entscheiden, doch spricht das chemische Verhalten dafür, daß dieser gelbe Farbstoff nur ein spezifisches Melanin darstellt.

*Aptenodytes forsteri, Eudytes chrysocoma, E. chrysolopha.*

## Ciconiiformes.

*Pelecanidae.* Die rosenrote Färbung im ganzen Gefieder beruht auf einer diluten Verteilung des Liponerythrins, wie bei *Phoenicopterus*.

*Pelecanus onocrotalus.*

*Ardeidae. Ardea purpurea:* die dunkelrotbraune Farbe an den Weichen und der Brust bedingt ein Phaeomelanin von spindel- bis stäbchenförmiger Gestalt, das sich in 2% KOH leicht löst und die Lösung dunkel purpur färbt.

*Ardea cinerea* und *Botaurus stellaris* haben in den braunen Federteilen ein körniges Phaeomelanin, das durch Laugen langsamer und mit geringerer Farbe der Lösung ausgezogen wird als das Pigment des Purpurreihers.

*Ibidae. Plegadis falcinellus.* Dunkelrotbraunes Phaeomelanin, ähnlich wie bei *Ardea purpurea*, nur von unregelmäßig körniger Gestalt.

*Ibis rubra* hat im ganzen Gefieder Liponerythrin in diluter Verteilung.

*Phoenicopteridae.* Das ganze Gefieder schwach, nur die Oberarmdecken intensiv durch das karminrote Liponerythrin pigmentiert. Bei intensiverer Pigmentierung kann die Farbe des Liponerythrins statt karmin mehr zinnoberrot wirken.

*Phoenicopterus ruber antiquorum.*

## Anseriformes.

*Mergidae.* Die rostroten Farben am Kopf von *Mergus merganser* beruhen auf körnigen Melaninen von spielender Löslichkeit in siedender 2 % KOH.

Erwähnenswert erscheint noch die Tatsache, daß die blafsorange Färbung der Unterseite von dem so gefärbten Fett der Bürzeldrüse herrührt (Coriosulfurin!).

*Anatidae.* Bei den Enten ist das Phaeomelanin in gelber bis rotbrauner Farbe sehr verbreitet. *Tadorna tadorna*, *Somateria spectabilis*, *Nyroca ferina*, *N. nyroca*, *Spatula clypeata*.

Besonders interessant ist die Gattung *Somateria*, bei der in beschränkten Gefiederpartien des Kopfes (Wange, Hinterkopf) ein grünes diffuses Pigment vorkommt, das trotz des negativen Ausfalls der Lipocyanreaktion mit den Lipochromen in engerer Beziehung steht. Dieses eigentümliche Pigment habe ich außer in der Gattung *Somateria* in keiner andern Gruppe auffinden können.

*Somateria mollissima*, *S. spectabilis*.

Keinerlei Lipochrome weist die Unterordnung der Raubvögel in ihrem Gefieder auf. Das Phaeomelanin wird kaum modifiziert und die vorhandenen Färbungsunterschiede von hell ocker bis dunkelbraun beruhen lediglich auf verschiedener Lagerungsdichte und Anordnung der Pigmentträger in der Feder.

## Galliformes.

*Phasianidae.* Eine eingehende Behandlung haben die Melaninformen im Gefieder von *Gallus bankiva* und den domestizierten Rassen durch Ladebeck (1922) erfahren, wonach die gelben bis rotbraunen Pigmente nur Modifikationen des Phaeomelanins darstellen. Ebenso konnte ich für die lebhaft gelben bis rotbraunen Farben bei *Phasianus colchicus* nur in verdünnter (2 %) Kalilauge leicht lösliche Phaeomelanine feststellen. Neben diesen zahlreichen Modifikationen des Phaeomelanin in dieser Familie sind noch eine Reihe anderer Pigmente für diese Gruppe charakteristisch. Zunächst wäre zu erwähnen das Tetroneuryn, ein dunkelroter Farbstoff von lipochromatischen Eigenschaften in der Rose der Waldhühner, *Tetrao urogallus*, *Lyrurus tetrix*. Dieses Pigment fand ich noch in den rotbraunen Federn der Satyrhühner (*Tragopon*), wo infolge der größeren Mengen an Farbstoffen eine genauere Untersuchung ermöglicht wird. Sowohl die Alkalilöslichkeit (auch in Narkotika löslich!) als auch das körnige Vorkommen nähern dieses Pigment dem Phaeomelanin, mit dem es auch in alkalischer Lösung ein vollkommen bandenfreies Absorptionsspektrum gemeinsam hat. Der positive Ausfall der Lipocyanreaktion läßt andererseits den Farbstoff mit den Lipochromen in Verbindung treten, so daß hier sehr

wohl an eine die Melanine mit den Lipochromen verbindende Zwischenstellung des Tetroneerythrins gedacht werden kann.

Nicht weniger interessant habe: das dunkel karminrote Phasianorubin und das grüne Phasianoverdin. Für das Phasianorubin ist sowohl seine Alkohol- als auch die Alkalilöslichkeit charakteristisch und es ist darin von den übrigen Lipochromen unterschieden. Bezeichnend für das Phasianoverdin, das die Lipocyanreaktion nicht zeigt, ist seine Wechselbeziehung zum Phasianorubin. Der letztere Farbstoff kommt in den Weichenfedern und im Steifsgefieder allein vor, das Phasianoverdin der Bauchfedern aber niemals ohne das Phasianorubin, das stets in den distalen Federteilen noch auftritt, wenn auch manchmal nur in Spuren.

### Gruiformes.

*Rallidae.* Neben vorherrschend Eumelaninen kommt bei dieser Familie nur noch das Phaeomelanin in kaum modifizierter Form als Gefiederpigment in Betracht.

*Rallus aquaticus, Crex crex, Porzana porzana, Porphyrio caeruleus, Gallinula chloropus.*

*Eurypygidae.* Die lebhaft hellgelbe und rotbraune Bandzeichnung auf den Schwingen ist allein durch Phaeomelanin-Pigmente bedingt. Der hellgelbe Farbstoff ist identisch mit dem braunen Phaeomelanin in den Bändern des Halses und Vorderkörpers, nur in entsprechend geringer dichten Lagerung. Feinkörniger und auch in 2% KOH leichter löslich (wohl nur durch das Mengenverhältnis der Farbstoffe in beiden Fällen so scheinend) ist das Phaeomelanin der dunkelrotbraunen Binden auf den Schwung- und Steuerfedern.

*Eurypyga major.*

### Charadriiformes.

*Parridae.* Neben der dunkelschokoladebraunen, feinkörnigen und leichtlöslichen Form des Phaeomelanins kommt in der Gattung *Jacana* noch Zooxanthin in dem schwachgrünen Flügelspiegel vor.

*Jacana jacana.*

*Columbidae. Treroninae.* Im Gegensatz zu den folgenden Baumtauben haben bei den Inseltauben die Lipochrome die weitgehendste Ausbildung erfahren. Die weiteste Verbreitung weist das Zooxanthin auf, das in Verbindung mit Blaustruktur die Grünfärbung in der ganzen Gruppe bedingt. Im Unterseitengefieder tritt das Zooxanthin vielfach in seiner typischen Form auf (schwefelgelb; Typus: *Oriolus oriolus*) und kann, z. B. bei *Carpophaga pulchella*, langsam ohne erkennbare Grenzen über orange-rot in das Zoonerythrinrot übergehen. Auch das Phaeomelanin tritt bei *Ptilinopus jamboa* in einer modifizierten Phase als leicht-

lösliches schokoladebraunes Pigment von feinem Korn auf; vor allem aber ist es ein für die Treroninen charakteristischer Farbstoff, das Ptilopin, der ein erhöhtes Interesse fordert. Dieses diffus verteilte Lipochrom wurde zuerst von Haecker und Mayer in seiner blauen Form bei *Ptilinopus monachus* gefunden, und durch Görnitz und Rensch auch in der roten und violetten Phase beschrieben. Ohne das ich den Farbstoff bei einem anderen Vogel finden konnte, ist er doch in der ganzen Familie der Treroninen verbreitet.

Bemerkenswert ist, das bei *Carpophaga pulchella* im Unterseitengefieder vom Steihs vorrückend zur Brust die ganze Farbstoffreihe ohne erkennbare Grenzen ineinander übergeht und von gelb (Zooxanthin) über orangerot (Zoonerythrin) nach violett (Ptilopin) führt. Würde man die orangerote Phase dieser Lipochromreihe nicht als Zoonerythrin, sondern als Zooxanthin betrachten, — außer der Farbe bestehen hier zwischen den beiden Farbstoffen keinerlei Unterschiede — so würde aus der Verbreitung der Farbstoffe und ihrer Wechselbeziehungen der Schluss nahe gelegt werden, das bei den Inseltauben die rote Phase des Zoonerythrin durch das Ptilopin vertreten wird, oder das das Ptilopin nur verschiedene Phasen des Zoonerythrin darstellt.

*Ptilopus superbus*, *Carpophaga puella*, *C. pulchella*, *Ptilinopus monachus*, *Pt. prasinorhous*, *Pt. porphyrea*, *Pt. jamboa*.

— — *Columbinac.* Eine eingehende Bearbeitung der Färbungsverhältnisse, im besonderen der Farbstoffe (Melanine) erfuhr *Columba livia* und die domestizierten Rassen durch Spöttel (1914).

### Cuculiformes.

*Musophagidae.* In den Schwingen einer Anzahl Vertreter aus dieser Familie und nur hier allein, ist das eigentümliche rote Pigment, das Turacin gefunden worden. Ebenfalls auf diese Familie beschränkt, hier aber sehr verbreitet, ist ein grünes Pigment, das Turacoverdin (nach Krukenberg). Sehr eigentümlich für diesen Farbstoff, trotz des gemeinsamen Vorkommens mit dem Turacin und trotz der Ueberführung des Turacins durch Einwirkung von Licht und Luft (Luftsauerstoff) — mir gelang dasselbe mit oxydierenden Bleichmitteln — in einen grünen Farbstoff, der äußerlich dem Turacoverdin ähnlich scheint, ist das vollkommene Fehlen eines Kupfersalzes oder sonst eines Metallsalzes des Porphyrins, wodurch die vermuteten Beziehungen zum Turacin sehr zweifelhaft erscheinen.

*Turacus porphyreolophus*, *Musophaga violacea*, *Corythaeola cristata*, *Musophaga gigantea*.

*Psittacidae.* In keiner anderen Familie haben die Lipochrome eine so weite Verbreitung und eine so wechselnde Ausbildung erfahren wie bei den Papageien. Auf Grund geringer Unterschiede im Verhalten gegen chemische Reagentien hat

Krukenberg neben dem Zooxanthin ein „Psittacofulvin“ und neben dem Zoonerythrin noch ein „Araroth“ unterschieden; den letzteren Farbstoff konnte er selbst nicht einwandfrei vom Zoonerythrin unterscheiden, weshalb ich das „Araroth“ lediglich als eine undeutlich unterschiedene Phase des Zoonerythrin mit letzterem vereinige. Ich halte dieses Vorgehen für berechtigt, da wir ja schon beim Ptilopin der Inseltauben gesehen haben, wie weitgehend ein Pigment in einer verhältnismäßig kleinen Gruppe in seiner Ausbildung abändern kann, und ich ebensowenig wie Krukenberg einen stichhaltigen Unterschied finden konnte. Ebenso vereinige ich das „Psittacofulvin“ mit dem Zooxanthin; dieser Farbstoff soll nämlich bei Behandlung mit concentrirter  $H_2SO_4$  die Lipocyanreaktion nicht typisch zeigen, sondern nur einen Farbumschlag nach rot ergeben. Da Krukenberg diesen Farbumschlag aber nur an dem gelösten Pigment erhielt (der Widerstand des gelben Farbstoffes bei den Papageien gegen Lösungsmittel aber in der Vorbehandlung stärkere Einwirkung oder Concentration der Lauge erfordert, um einen alkoholischen Auszug zu erhalten) ist dieser Unterschied hinfällig, wie ich beim Zooxanthin im Gefieder von *Parus major* (Vgl. pag. 205) und auch bei *Lorius garrulus* (nach K. Psittacofulvin!) nachweisen konnte. Bringt man nämlich die zooxanthinführende Feder direkt in conc.  $H_2SO_4$ , so tritt genau wie beim Psittacofulvin sofort ein Farbumschlag nach blaugrün ein, ohne daß zwischen beiden Pigmenten auch nur der geringste Unterschied sich zeigt. Wurde die Feder zuvor aber kurz in siedende 2% KOH getaucht und dann der Einwirkung der Schwefelsäure ausgesetzt, so tritt ohne Unterschied des Zooxanthins der Kohlmeise und der Papageien ein Farbumschlag nach rot ein. Wenn also Krukenberg nur den letzten Farbumschlag beobachten konnte, so möchte ich dafür die von ihm angedeutete Vorbehandlung mit Lauge verantwortlich machen.

Abgesehen von geringen Abweichungen in der makroskopischen Farbwirkung, bedingt durch verschiedene Dichtigkeit der Pigmentierung, ist die Ausbildung des Zooxanthin in der ganzen Gruppe recht einheitlich. Das Zoonerythrin hingegen läßt drei deutliche Phasen erkennen, und zwar neben der gewöhnlichen typischen zinnoberroten Form (*Lorius*-Arten) eine dunkel (blut-) rote Phase (*Electus*) und am meisten abweichend den Farbstoff in den rosafarbenen Federn von *Cacatua* (Schopf, Brust); daß es sich bei dem letztgenannten Farbstoff tatsächlich um ein Zoonerythrin handelt, beweist der Farbumschlag über orange nach gelb beim Erhitzen der Feder in Laugen (5% KOH).

Wie beim rot-violett-blauen Ptilopin betrachte ich die nur in ihrem makroskopischen Farbeindruck sich unterscheidenden roten Farbstoffe in den Papageienfedern lediglich als verschiedene Grade der Ausbildung — Phasen — des Zoonerythrinpigmentes. Weder in ihrem Verhalten gegen chemische Reagentien noch beim Vergleich

der Absorptionsspektren lassen sich erkennbare Unterschiede nachweisen.

*Cacatua molluccensis*, *leadbeateri*, *alba*, *sulfurea*; *Ara macao*, *ararauna*; *Lorius domicella*, *garrulus*; *Eclectus pectoralis*, *polychlorus*; *Trichoglossus haematodes*; *Eos rubra*.

### Coraciiformes.

*Rhamphastidae*. Deutlicher als in irgend einer anderen Gruppe tritt bei den Pfefferfressern die orangerote Phase des Zooxanthin als Uebergang zu den verschiedenen Stadien des Zoonerythrin zu Tage. Besonders instruktiv zeigen dies die Arten der Gattung *Rhamphastos*.

*Rhamphastos toco*. Das ganze Gefieder ist infolge Eumelaninpigmentierung schwarz mit Ausnahme des Vorderhalses und der Brustregion, die unpigmentiert sind.

*Rh. cuvieri*. Einzelne Federn des Hinterrandes beim unpigmentierten Brustgefieder sind durch Zoonerythrineinlagerung rot, wodurch ein rotes Querband angedeutet wird.

*Rh. erythrorhynchos*. Hier ist das blutrote Querband zwischen Brust und Bauchgefieder vollkommen ausgebildet. Die weiße Brust zeigt am Unterrand gegen das rote Band deutlich Spuren von Zooxanthineinlagerung (hellschwefelgelb).

*Rh. tocard*. Die ganze Kehle und Brust ist schwefelgelb, und am Hinterrand tritt eine Verdichtung des Pigmentes zu orange ein.

*Rh. ariel*. Kehle und Brust sind mit Ausnahme der seitlichen und des vorderen Zeichnungsrandes, wo eine Abschwächung des Pigmentes stattfindet, orange gefärbt, wobei gegen das rote Band eine weitere Steigerung der Farbtintensität stattfindet. Das bei den zuvor genannten Arten 1—2 cm breite Brustband hat sich nach unten ausgedehnt und sich über die vordere Hälfte der Bauchregion ausgebreitet.

*Rh. discolorus*. Die ganze Kehle ist orangerot. Die Farbwirkung steigert sich noch nach unten fortschreitend. Das rote Querband hat das ganze Unterseitengefieder des Abdomens eingenommen,

Die gesteigerte Farbenreihe von gelb über orange nach rot kommt bei diesen Arten doppelt zum Ausdruck, und zwar einmal an einem Vogel, oft an einer Feder, ohne daß die einzelnen Regionen scharf begrenzt sind, dann in der fortlaufenden Reihe der Arten an einer Stelle.

*Picidae*. Bei der Gattung *Dryobates* tritt das Phaeomelanin in etwas abweichender Form auf. Etwas schwerer löslich als die

Phasen des körnigen Pigmentes, bedingt dieser stäbchenförmig auftretende Farbstoff die hell ockergelbe Unterseitenfärbung bei *Dr. macei* wie die kastanienbraune Farbe von *Dr. villosus*.

Obleich die Lipochrome Zooxanthin und Zoonerythrin in verschiedenen Phasen auftreten, so sind diese doch nicht sehr abweichend und erweitern das Bild von ihrer Natur nicht.

*Dryobates major, medius, villosus, minor, macei; Picus canus, viridis, levaillanti; Colaptes auratus, campestris; Campophilus principalis; Melanerpes formicivorus; Picumnus jerdonii.*

### Passeriformes.

*Cotingidae.* Auf diese Familie beschränkt ist ein roter bis dunkelvioletter Farbstoff von lipochromähnlichem Verhalten und körnigem Auftreten. Schon Haecker (1890) beschrieb diesen Farbstoff in seiner roten Phase von *Xipholena pompodora* und Görnitz und Rensch nannten ihn Cotingin. Anhaltspunkte für Beziehungen zu anderen Pigmenten konnten keine gewonnen werden, da einerseits nur sehr geringe Mengen des Farbstoffes für die Untersuchung zur Verfügung stehen, andererseits die Verbreitung nur eine sehr beschränkte ist. Bei *Rupicola* konnte ich feststellen, daß die rote Färbung nicht durch Cotingin, sondern durch Zoonerythrineinlagerung bedingt ist.

*Cotinga cincta, Rupicola rupicola.*

*Hirundinidae.* Nur bei der Gattung *Chelidon* scheint das Phaeomelanin vertreten zu sein, und zwar in einer rostroten leichtlöslichen Phase. *Chelidon rustica.*

*Muscicapidae.* Trotz des wenig einheitlichen Charakters dieser Familie, findet sich das Phaeomelanin kaum nennenswert modifiziert; nur zwei deutliche Phasen konnte ich unterscheiden: ein feinkörniges, leicht lösliches rotbraunes Phaeomelanin (*Erithacus rubecula, Phoenicurus phoenicurus, Turdus musicus* etc.) und ein zweites, weniger leicht lösliches (aber in 2% KOH noch vollständig, nur etwas langsamer ausziehbares) Phaeomelanin von größerem Korn, das als Urheber des wildfarbenen Braun als Typus für das normale Phaeomelanin bezeichnet werden kann (*Troglodytes* etc.). Neben den Melaninen ist das Zooxanthin ebenfalls sehr weit verbreitet und zwar in der schwefelgelben Phase, sehr oft als Faktor in der Grünstruktur ohne jedoch stärkeren Abänderungen unterworfen zu werden; nur bei *Leiothrix* konnte ich eine sattorangerote Phase des Zooxanthin feststellen, ohne daß ich irgendwelchen Unterschied gegenüber der normalen Phase des Zooxanthin nachweisen konnte.

*Muscicapa striata, atricapilla; Phylloscopus collybita; Sylvia atricapilla; Leiothrix lutea; Turdus philomelos, musicus, viscivorus;*

*Phoenicurus phoenicurus*; *Luscinia megarhynchos, svecica*; *Eri-thacus rubecula*.

*Troglodytidae*. Das kastanienbraune Phaeomelanin unterscheidet sich in Nichts von dem braunen Farbstoff bei *Troglodytes*.

*Bombycillidae*. Neben dem hier vollkommen typischen Zooxanthin und Zoonerythrin findet sich hier noch ein dunkles, braunes Phaeomelanin in dem Steißgefieder.

*Corvidae*. *Corvus corone, frugilegus*; *Garrulus glandarius*; *Pyrrhocorax pyrrhocorax*.

*Oriolidae*. *Oriolus oriolus*. Zooxanthin ist in dieser schwefelgelben Form der Pirole als typisch zu betrachten.

*Paridae*. Zooxanthin untersucht bei *Parus major, coeruleus*.

*Sittidae*. Phaeomelanin in den fuchsroten Flankenfedern von *Sitta europaea*.

*Motacillidae*. Zooxanthin bei *Budytes flavus* und *Motacilla cinerea*.

*Fringillidae*. Trotz der weiten Verbreitung der Lipochrome in dieser Familie erweisen sich Zooxanthin und Zoonerythrin als recht konstant in ihren Aeußerungsformen. Verglichen wurden auf

Zooxanthin: *Emberiza citrinella*; *Loxia curvirostra*; *Serinus canaria serinus* und *canaria domesticus*

Zoonerythrin: *Fringilla coelebs*; *Loxia curvirostra*; *Pinicola enucleator*; *Pyrrhula pyrrhula*; *Acanthis canabina, linaria*; *Carduelis carduelis*; *Cardinalis cardinalis*.

### Nachwort.

Mit Rücksicht auf die systematische Orientierung der vorliegenden Darstellung wurde den einzelnen Pigmenten nur soviel Raum gewidmet, als es eine kurze und möglichst scharfe Umschreibung der Farbstoffe erforderte. Eine eingehende Behandlung der Pigmente von anderen Gesichtspunkten aus wird daher Gegenstand einer weiteren Arbeit sein, zumal hier meistens nur die Endergebnisse der Untersuchungen Verwendung finden konnten.

### Spezielle Literatur über die Pigmente der Vogelfedern.

1. Bogdanow: Note sur le pigment des plumes d'oiseau. — Bullet. Soc. Natur. Moscou; XXVIII.
2. Bogdanow: Note sur le pigment rouge des plumes de *Calurus auriceps*. — Compt. Rend. Acad. Sci. Paris; XLV, 1857.
3. Bogdanow: Etudes sur les causes de la coloration des oiseaux. — Rev. et Mag. Zool.; Sér. 2, X, 1858.

4. Bogdanow: Die Farbstoffe in den Federn. — Journ. f. Ornith., VI, 1858.
5. Bogdanow: Note sur le pigment des Turacos (*Mesophaga*). — Compt. Rend. Acad. Sci. Paris; LIV, 1862.
6. Church: Researches on Turacin an animal pigment containing copper. — Philosophical Transactions; 159, II, 1870.
7. Church: Notes on Turacin and the Turacin-Bearers. — Proceed. Zoolog. Soc. London; 1892.
8. Fischer & Hilger: Zur Kenntnis der natürlichen Porphyrine. II. Turacin. — Hoppe-Seyler's Zeitschr. f. physiol. Chemie; 128; 1923.
9. Fischer & Kögl: Zur Kenntnis der natürl. Porphyrine. IV. Ueber das Ooporphyrin. — Ibid. Bd. 131; 1923.
10. Fischer & Hilger: Ueber das Vorkommen von Uroporphyrin in den Turakusvögeln und den Nachweis von Koproporphyrin in der Hefe. — Ibid. Bd. 138; 1924.
11. Fischer & Kögl: Ueber Ooporphyrin aus Kiebitzeierschalen und seine Beziehungen zum Blutfarbstoff. — Ibid. Bd. 138; 1924.
12. Fürth: Physiologische und chemische Untersuchung über melanotische Pigmente. — Zentralbl. f. allg. Pathol. und pathol. Anatomie; XV.
13. Fürth & Jerusalem: Zur Kenntnis der melanotischen Pigmente und der fermentativen Melaninbildung. — Beitr. z. chem. Phys. u. Pathol.; X.
14. Görnitz: Ueber die Wirkung klimatischer Faktoren auf die Pigmentfarben der Vogelfedern. — Journ. f. Ornith.; LXXI; 1923.
15. Görnitz & Rensch: Ueber die violette Färbung der Vogelfedern. — Journ. f. Ornith.; LXXII; 1924.
16. Gortner: Effect of alkali on melanin. — Journ. biolog. Chemistry; VIII; 1910.
17. Gortner: On melanin. — Biochem. Bullet.; I; 1911.
18. Gortner: On two different types of melanin. — Proceed. Soc. exper. Biol. a. Med.; IX; 1912.
19. Gortner: Sur les pigments mélaniques d'origine animale. — Bull. Soc. Chimestrie.; XI; 1912.
20. Gortner: Studies on melanin. — Journ. Amer. Chem. Soc.; XXXV; 1913.
21. Haecker: Ueber die Farben der Vogelfedern. — Arch. f. mikr. Anat.; XXXV; 1890.
22. Haecker: Weitere phaenogenetische Untersuchungen an Farberassen. — Zeitschr. f. ind. Abst. Vererbgl.; XXV; 1921.
23. Krukenberg: Ueber die Farbstoffe der Federn. — Vergleich. physiol. Studien; Reihe 1--2, Heidelberg 1881--1882.
  - I. Ueber das Turacin, Zoonerythrin, Zoofulvin. I, 5; 1881.
  - II. Turacoverdin, Zoorubin, Coriosulfurin; II, 1; 1882.
  - III. Pigmente der Paradiseiden, Psittaciden, Picofulvin; II, 2; 1882.
  - IV. Pigmente der Piciden, Dotterfarbstoff der Papageieneier; II, 3; 1882.

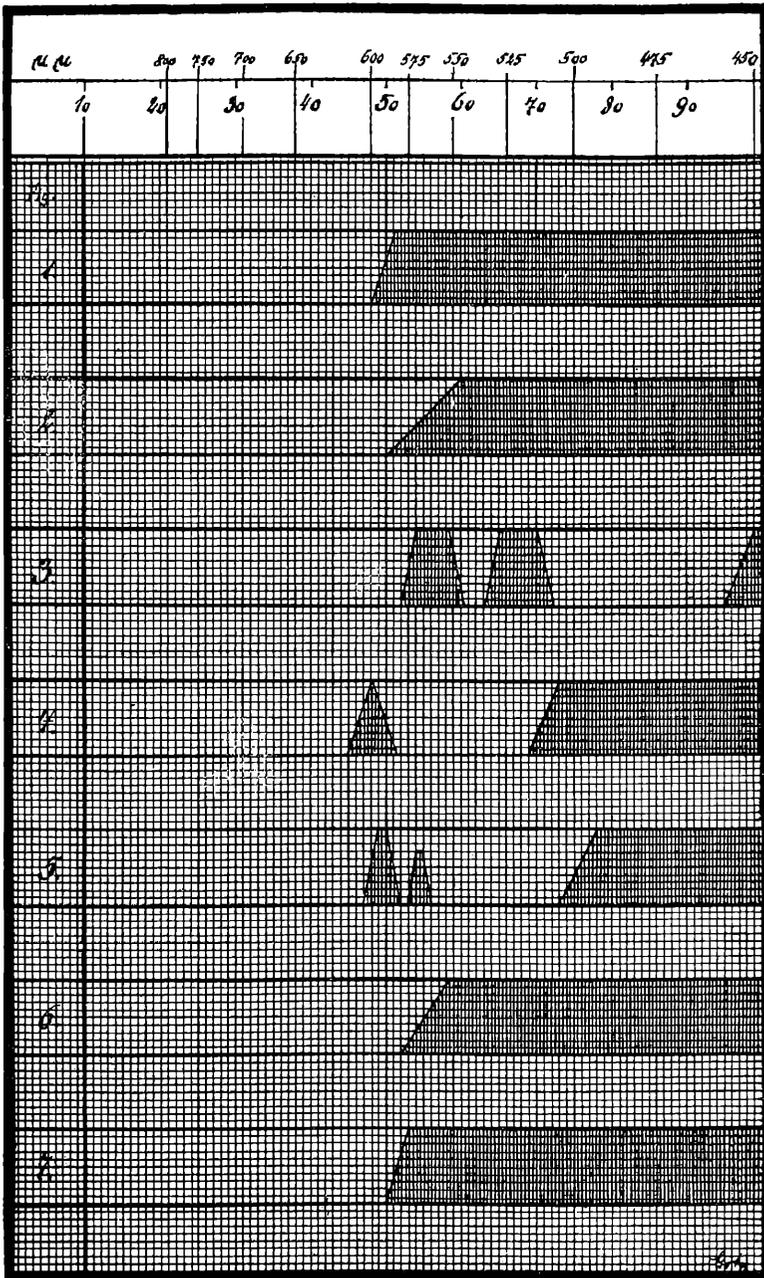
24. Krukenberg: Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der Farbstoffe der Federn. — Vergl. Physiol. Vorträge; I, 1883.
25. Ladebeck: Die Farben einiger Hühnerrassen. — Zeitschr. f. induct. Abstamml.; XXX; 1922.
26. Liebermann: Die Färbungen der Vogeleierschalen. — Ber. Deutsch. Chem. Ges.; XI; 1878.
27. Mayer: Die Farbstoffe der Federn der Edelpapageien und des Königsparadiesvogels. — Mittlg. ornith. Ver. Wien; V; 1881.
28. Mayer: Ueber den Xanthochroismus der Papageien. Sitzber. Akad. Wissensch. Berlin; 1882.
29. Rabl: Ueber die Entwicklung der Pigmente in der Dunenfeder des Hühnchens. — Zentralbl. f. Physiol.; VIII; 1894.
30. Spöttel: Die Färbung der *Columba livia*. — Zool. Jahrb. Abt. Anat.; XXXVIII; 1914.
81. Wurm: Tetroneurhythrin, ein neuer organischer Farbstoff. — Zeitschrift f. Wiss. Zoologie; 1871.

## Die Vögel in der Umgegend von Sagan.

Von

C. Kayser.

Sagan liegt an beiden Ufern des Bobers, der die Stadt in Alt- und Neustadt scheidet und dessen Ufer tiefer liegen, als das umliegende baumreiche und etwas wellenförmige Gelände. Der etwa 500 Morgen große herzogliche Park, welcher Sagan eine gewisse Berühmtheit verliehen hat, besteht aus 3 verschiedenen Teilen. Der vordere Teil, der „Schloßgarten“, welcher bis in die Stadt hineinreicht und die nähere Umgebung des Schlosses bildet, trägt den Charakter eines englischen Parkes und ist teils mit Nadel-, teils mit Laubholz, insbesondere auch mit vielen ausländischen Bäumen und Sträuchern bestanden. Von hier gelangt man über eine Brücke in den zweiten Parkteil, die ringsum vom Wasser umspülte „Fasanerie“, welche einen Laubwald mit Hochwaldcharakter darstellt. Alte Eichen, Linden, auch Buchen, sowie eingesprengte Fichten und Kiefern bilden den Hauptbestand, der durch zahlreichen Jungwuchs und Sträucher — namentlich *Symphoricarpus racemosus* — ergänzt wird. Hinter der „Fasanerie“ liegt, durch einen Boberarm getrennt, die herzogliche „Kammerau“, ein Waldpark mit gemischten Beständen. Vor 40 Jahren herrschte darin die Kiefer vor, neben welcher Akazie und Birke besonders vertreten waren. Heute ist die Kammerau, wohl auch mit Rücksicht auf den von der benachbarten Eisenbahn verursachten Rauchschaden — vorwiegend mit Eiche bestanden, neben welcher, ungefähr nach dem Grade ihrer Häufigkeit aufgezählt: Kiefer, Akazie,



### Erläuterung.

Die Absorptionsspektren wurden beobachtet bei einer Lösung des Pigmentes in 2% Kalilauge (bei No. 7 35% KOH).

1. Phaeomelanin aus den braunroten Brustfedern von *Ardea purpurea*.
2. Phaeomelanin aus den braunen Steißfedern von *Musophaea gigantea*.
3. Turacin aus den Schwingen von *Corythaix persa*.
4. Turacoverdin aus den Brustfedern von *Corythaix persa*.
5. Phasianoverdin aus den grünen Brustfedern von *Ithaginis cruentus*.
6. Tetroneurhthrin aus den braunroten Brustfedern von *Tragopus satyrus*.
7. Eumelanin aus den schwarzen Rückenfedern von *Dryobates major* (gelöst in 35% KOH).

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Ornithologischen Gesellschaft in Bayern](#)

Jahr/Year: 1925

Band/Volume: [16\\_3-4\\_1925](#)

Autor(en)/Author(s): Götz Wilhelm

Artikel/Article: [Ueber die Pigmentfarben der Vogelfedern 193-225](#)