

## Die Farben der Vögel und der Fische\*

### Vögel

Grundsätzlich ist zwischen Pigment- und Strukturfarben zu unterscheiden. Die Farben der Vögel können nämlich durch verschiedene Pigmente erzielt (Pigmentfarben) oder durch die unterschiedliche Reflexion des Lichtes (Strukturfarben) hervorgerufen werden. Beide Effekte ergänzen sich in einem komplexen Zusammenspiel. Die Pigmente absorbieren durch ihre chromophoren Strukturen bestimmte Wellenlängen des Lichtspektrums, wodurch das verbleibende Licht als Farbe erscheint.

Das Schimmern und Schillern der Federn beruht auf einer kristallähnlichen, gitterförmigen Struktur (Kästchenzellen). Sie bedingt eine unterschiedliche Reflexion des Lichtes, vergleichbar mit dem Farbenspiel einer Ölspur auf einer Wasserpflanze oder dem Schillern einer Seifenblase.

Zu den infrage kommenden Pigmenten gehören Carotinoide, Pyrrol-Farbstoffe, Melanine und Chromoproteine.

### Carotinoide

Im Sprachgebrauch der Biologen findet man den Begriff „Lipochrome“, womit fettlösliche (lipophile) Farbstoffe bzw. Pigmente gemeint sind. Dabei handelt es sich um Carotinoide, die mit der Nahrung aufgenommen und zu gelben „Zooxanthinen“ oder roten „Zooerythrinen“ modifiziert werden.

\* Herrn Dr. Eberhard Scholz in Anerkennung seiner Kompetenz und starken Unterstützung bei der Verfassung und gemeinsamen Gestaltung von Lehrbüchern sowie in freundlicher Verbundenheit zum 60. Geburtstag gewidmet.

Als farbgebende Komponente der Flamingofedern ist neben weiteren Carotinoiden vor allem **Canthaxanthin** (Abb. 1) bekannt. Flamingos, die in Gefangenschaft leben und nicht ausreichend mit carotinoidhaltigen Minikrustazeen gefüttert werden, verlieren ihre rosarote Farbe und erscheinen im weißen Federkleid. In Zoologischen

gehender Definition ein bestimmtes Psittacin darstellt. Carotinoide, die man auch etwas weniger präzise als Lipochrome und Fettfarben bezeichnet, werden mit der Nahrung aufgenommen und entweder direkt in das Federkeratin eingelagert oder zu Psittacin(en) umgestaltet. Vögel, die, genetisch bedingt, nicht fähig sind, Carotinoide aus der Nahrung aufzunehmen und umzusetzen, bleiben weiß.

Ein exotisches Carotinoid mit ungewöhnlicher Allen-Struktur, das **Fucoxanthin** (Abb. 1), findet man außer in Algen, marinen Schwämmen und Schnecken auch in Vogelfedern (vgl. das Carotinoid Peridinin in Dinoflagellaten, Essay „Pigmente aus Mikroorganismen“ in DAZ 2012, Nr. 18, S. 2281, Abb. 6).

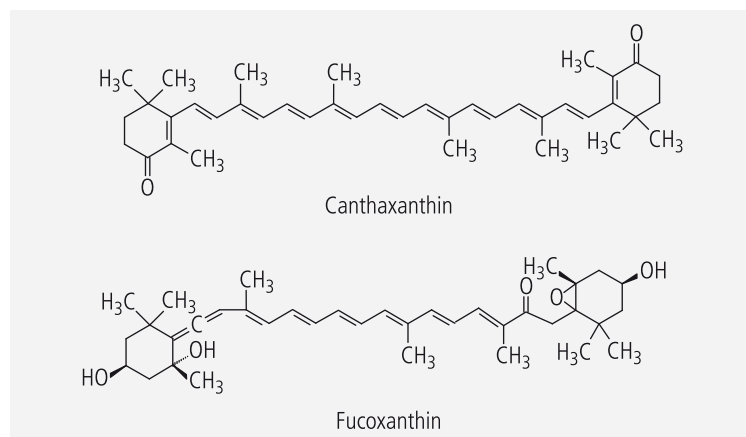


Abb. 1: Zwei Carotinoide im Gefieder bestimmter Vögel.

Gärten verhindert man den Farbschwund, indem man carotinoidhaltige Gemüse-Paprika an die Vögel verfüttert.

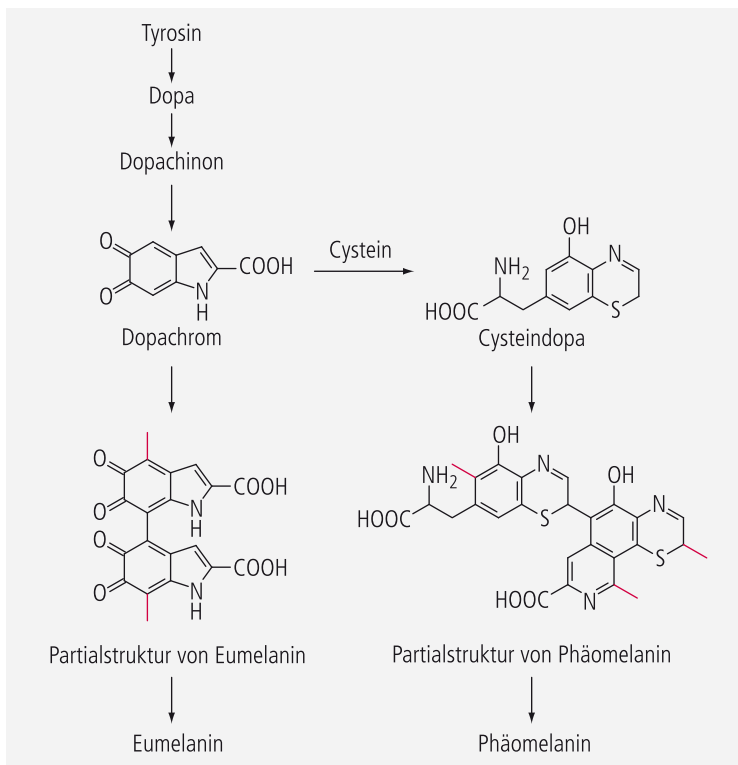
**Lutein** findet man im Kopffieder der Goldamadine und im Federkleid des Pirols, der Finken und Ammern. Für die gelbe Farbe der Kanarienvögel, Wellensittiche und Papageien (lat. psittacus) sorgen sogenannte **Psittacine**, worunter modifizierte Carotinoide zu verstehen sind. Sie sind in die äußeren Rindenschichten der Federn eingelagert. Ferner wird beschrieben, dass die gelben Färbungen bei Kanarienvögeln, Girlitz und Stieglitz durch das sog. **Kanariensexanthophyll** zustande kommen, einem modifizierten Lutein, das nach voran-

### Pyrrol-Farbstoffe

Der Kupferkomplex von Uroporphyrinogen III mit der Bezeichnung **Turacin** ist ein rotes Pigment, das die Federn der afrikanischen Turaco-Arten (Bananenfresser) und verwandter Vögel ziert (s. Essay „Pyrrol-Farbstoffe – ästhetisch bis unappetitlich“ in DAZ 2011, Nr. 36, S. 4101, Abb. 2).

### Melanine

Die Farben der Haare, des Fells und der Augen von Menschen und Wirbeltieren sowie des Gefieders der Vögel werden durch die Melanine bestimmt oder beeinflusst. Melanine sind komplexe Aggregate chinoider Mo-



**Abb. 2: Biosynthese von Melaninen.** Bei den Partialstrukturen kennzeichnen die roten Striche die Fortsetzung der Strukturen.

leküle, die sich vom Indol ableiten und durch Oxidation und Polymerisation aus Dopachinon und Cysteinodopa gebildet werden (Abb. 2).

Man unterscheidet **Phäomelanin** und **Eumelanin**. Bei hellblondem, blondem und rotem Haar des Menschen dominiert das Phäomelanin, bei braunem bis schwarzem Haar das Eumelanin. Analoges gilt für die Wellenzeichnung der Sittiche. Eine schwarze Wellenzeichnung wird z. B. durch hohe Eumelaninkonzentration erreicht. Auch bei den Kanarienvögeln werden die dunklen, braunen bis schwarzen Farbtönungen durch Melanine erzeugt, die in den Federn abgelagert sind.

### Chromoproteine

In den Federn des *Phoenicircus nigricollis* (Familie Schmuckvögel, Cotingidae) und des *Ptilinopus magnificus* (Purpurbrustfruchttaube, Familie Tauben, Columbidae) ist Rhodopsin enthalten. Rhodopsin ist ein tiefrotes Chromoprotein (Sehpurpur), das in den Sehstäbchen der Augen von Wirbeltieren und in den Photorezeptoren von wirbellosen

Tieren enthalten ist und dort für das Hell-Dunkel-Sehen verantwortlich ist. Es besteht aus zwei Komponenten: dem Chromophor Retinal (mit fünf konjugierten Doppelbindungen) als prosthetischer Gruppe und dem Protein Opsin.

### Strukturfarben

In der Vogelwelt existieren keine grünen und blauen Pigmente! Wie kommen aber dann die prächtigen Blautöne (beispielsweise in den Federn eines Pfauenrads) oder das schillernde Grün (z. B. am Hals eines Erpels) zustande? Während die dunklen, roten und gelben Farbtönungen auf der chemischen Struktur der Pigmente beruhen, die entweder mit der Nahrung aufgenommen werden oder im Körper entstehen, ist die Bildung der schillernden und nicht schillernden Grün- und Blautöne physikalisch bedingt. Schillernde Farben werden durch Lichtbrechung an den gitterförmig angeordneten Kästchenzellen der Federn erzeugt. Die nicht schillernden Gefiederfarben verdanken dem Tyndall-Effekt (Lichtstreuung in kolloidalen

Lösungen) ihre Existenz. In den fein verzweigten Federästchen ist das Mark durch Melanin-Einlagerungen dunkel gefärbt. Umgeben ist der Kern von Riesenzellen, die Melaninkörnchen in suspensierter Form enthalten. Dadurch kommt es zu einer stärkeren Streuung des kurzwelligeren Lichtes, sodass die transparente Zellschicht vor dem dunklen Hintergrund blau erscheint. Ist die äußere Zellschicht durch ein Carotinoid gelb gefärbt, führt dasselbe physikalische Phänomen zu einer grünen Mischfarbe. Hier liegt also ein Beispiel für das Zusammenspiel von Pigment- und Strukturfarben vor. Blaufärbungen, die durch den Tyndall-Effekt oder die vergleichbare Rayleigh-Streuung hervorgerufen werden, sind in der belebten Welt häufig zu beobachten. Der prominenteste Beleg dafür ist die blaue Augenfarbe. Die etwas trübe Stroma der Iris des menschlichen Auges enthält keinen blauen Farbstoff. Wenn die Iris auch kein Melanin enthält, wie es bei braunen Augen der Fall ist, erscheint sie vor dem dunklen Hintergrund wegen der ausgeprägten Streuung des

### Nomenklatur

- Chromatophoren, abgeleitet von gr. chroma = Farbe und phoros = tragend.
- Chromophoren, ebenfalls von gr. chroma = Farbe und phoros = tragend.
- Chromoplasten, abgeleitet von gr. chroma = Farbe und plastós = geformt.
- Chromosomen, abgeleitet von gr. chroma = Farbe und soma = Körper.
- Definitionen:
- Chromatophoren sind Pigmente oder Farbstoff tragende Zellen (s. o.).
- Chromophoren sind Atomgruppierungen oder Partialstrukturen, die einem Molekül durch selektive Lichtabsorption Farbigkeit verleihen.
- Chromoplasten ist die Bezeichnung für die aus dem Plasma von Pflanzen isolierbaren Zellorganellen (Plastiden), die durch ihren Carotinoidgehalt gelb bis rot gefärbt sind.
- Chromosomen ist die ursprüngliche Bezeichnung für die in den Zellkernen eukaryontischer Zellen anzutreffenden, meist V- und X-förmigen Partikel, die sich mit basischen Farbstoffen anfärben lassen. Heute versteht man darunter die Hauptträger der genetischen Information.

## Nomenklatur

**Melanine:** Braune bis schwarze Pigmente, die bei Menschen und Tieren die Pigmentierung (Färbung) von Haut, Haaren, Augen, Federn und Schuppen hervorrufen.

**Melanozyten:** Zellen, die Melanine bilden und speichern. Sie liegen meist in den tieferen Schichten der Epidermis. Sommersprossen und Leberflecke beruhen auf einer Melanozytenanhäufung.

**Melanophoren:** Pigmentzellen, die Melanine synthetisieren und in Form von Granula im Zytoplasma ablagern. Zwischen Melanophoren und Melanozyten besteht kein prinzipieller Unterschied.

**Melanome:** Tumorartige Geschwülste, die aus den Melanozyten der Epidermis entstehen. Man unterscheidet gutartige (benigne) von bösartigen (malignen) Melanomen.

Alle vorgenannten Begriffe, zwischen welchen sachliche Beziehungen bestehen, sind von gr. *mélas* = schwarz abgeleitet.

Nicht zu verwechseln sind die Melanine mit dem Melamin, einer heterocyclischen Verbindung, die als Ausgangsstoff für verschiedene Kunstharze (Melamine) dient.

kurzwelliges Lichtes blau. Aus demselben Grund haben auch Babys in der Regel blaue Augen, da noch kein Melanin gebildet ist. Von dieser Tatsache ist auch der Begriff „blauäugig“ für vertrauensselig, gutgläubig, unbedarft, naiv abgeleitet. Die Augenfarbe ändert sich meist innerhalb des ersten Lebensjahres oder auch noch in der Zeit bis zur Pubertät.

### Fische

Die Farben der Fische sind wie die der Vögel in „chemische und physikalische Farbmittel“ zu unterteilen, besser gesagt in Licht absorbierende Pigmente und in Licht reflektierende Strukturfarben. Die Farbmittel befinden sich in sog. Chromatophoren. Darunter versteht man in der Zoologie mit Farbmitteln gefüllte Zellen im Bindegewebe der Haut (bei Fischen, Amphibien, Reptilien) oder unter der Schale und unter dem Chitinpilier (bei Krebsen).

In der Botanik ist es eine alte Sammelbezeichnung für Organellen, die im Plasma pflanzlicher Zellen zu finden sind und zu welchen die Chloroplasten und die Chromoplasten gehören. Bei den tierischen Chromatophoren unterscheidet man je nach Art des Pigmentes **Melanophoren** bzw. Melanozyten (dunkelgelb bis schwarz durch Melanine), **Xanthophoren** (gelb durch Pteridine und Carotinoi-

de), **Erythrophoren** (rot durch Carotinoide und Pteridine) und **Guano- oder Iridophoren** (silbrig glänzend oder weißlich matt durch Lichtreflexion an Purinkristallen).

### Melanine

Bei Fischen, Amphibien und Reptilien verursachen die Melanine die Dunkel- bis Schwarzfärbung. Die Ausbreitung der Melanine in der Haut wird hormonell durch Melatonin und Melanotropin gesteuert, die eine Verdünnung oder Verdichtung der Melanophoren (Melanin führende Zellen) bewirken. Dadurch können Muster erzeugt und die Haut heller oder dunkler gemacht werden. Fische können neurohormonell gesteuert ihre Körperfarbe ändern, bei Stress, bei Erregung, bei Temperaturwechsel, zur Tarnung, zur Demonstration der Paarungsbereitschaft.

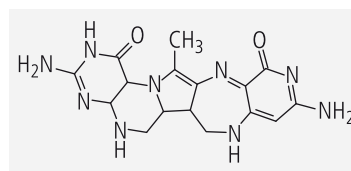
### Carotinoide

Über die Nahrungskette gelangen pflanzliche Carotinoide in Tiere und werden dort umgewandelt, zum Beispiel verestert und in Chromatophoren gespeichert. Bekannt sind die typische Farbe des Fleisches von Lachsen durch Carotinoide und die Rotfärbung verschiedener Fische wie Goldfisch, Red Snapper oder Meerbrassen. Zu den bunten Farben der Regenbogenforelle gehören das Betacarotin und das Lutein,

während die dunklen Punkte durch Melanine erzeugt werden.

### Pteridine

Als Gruppe weit verbreiteter Naturstoffe kommen die Pteridine auch in den Augen und in der Haut von Fischen vor. Eine Besonderheit ist die Präsenz des Augenpigments der Fruchtfliege *Drosophila melanogaster*, das Drosoplerin (Abb. 3), in den Guppies (beliebte und bekannte Aquarienfische). Das Pigment selbst ist als Sonderfall unter den Pteridinen zu betrachten, weil es eine pentacyclische Struktur und einen Diazepinring besitzt.



**Abb. 3: Drosoplerin**, ein Pigment im Auge der Fruchtfliege *Drosophila* und in der Haut von Guppies.

### Purine und Strukturfarben

Unter den Purinen, die als Strukturfarben fungieren, ist vor allem das Guanin zu nennen, das in Form von Kristallen oder kristallinen Blättchen in den Iridophoren erzeugt und in die Haut eingelagert wird. Je nach Gestaltung der Oberfläche oder Beleuchtungssituation können verschiedene Effekte erreicht werden. Eine blaue Färbung verdankt ihr Erscheinen dem Tyndall-Effekt.

Wird die Strahlung voll reflektiert, entsteht eine weiße Färbung. Schillernde, irisierende und metallisch glänzende Färbungen entstehen durch Interferenzen (Überlagerung von zwei bis mehreren Wellen). ◀

Literatur beim Verfasser.

### Autor

Prof. Dr. rer. nat. Dr. h. c.  
Hermann J. Roth  
Friedrich-Naumann-  
Str. 33,  
76187 Karlsruhe  
www.h-roth-kunst.com  
info@h-roth-kunst.com

