

Über Regeneration der Federn und Beziehungen zwischen Federn und Schuppen.

Von

Frieda Bornstein.

Hierzu Tafel I u. II.

Einleitung.

Diese Arbeit hat den Zweck den Ersatz der Federn und die Beziehungen zwischen Feder und Schuppe klarzulegen. Bevor ich aber meine Untersuchungen bespreche, möchte ich einen historischen Überblick über die Entwicklung der Kenntnis der Federbildung geben und zugleich die Ansichten verschiedener Autoren über Regeneration der Federn behandeln. Die ersten Untersuchungen über Entwicklung der Federn datieren schon aus dem 17. Jahrhundert, wo Poupart 1699 die ersten Beobachtungen darüber veröffentlichte; ihm folgte Dutrochet¹⁾ im Jahre 1819, der die Hauptzüge der Entstehung der Federn zwischen Papille und Scheide, die er als homolog der Epidermis einer Hautpapille betrachtet, die Bildung der Rhachis aus Vereinigung der zuerst angelegten Rami schon richtig darstellte. Ihm folgte F. Cuvier²⁾, welcher in wenig klarer Weise die Beobachtungen Dutrochet's wieder verdunkelte, aber die ersten naturgetreuen Abbildungen der Federentwicklung lieferte. Eine befriedigende Einsicht in die intimeren Vorgänge der Entwicklung der Feder konnte aber erst erlangt werden, von der Zeit an, wo die Zellenlehre allgemeine Annahme gefunden hatte. So versuchte Reclam³⁾ zum ersten Mal die Entwicklung der Dunenfeder zu verfolgen. Aus seinen Beobachtungen zieht er den Schluß, daß die Strahlen der Feder aus Faltenbildungen hervorgehen.

Remak⁴⁾ gibt schon ausführlichere Beobachtungen über die Bildung der Strahlen. Er beschreibt den Prozeß der Längsleistenbildung in der Wand der Federpapille. Die Bildung der definitiven Feder wurde von ihm wenig berücksichtigt. Es sei noch seine Beobachtung erwähnt, daß die alte und die neue Feder ihre Nährstoffe aus einer und derselben gefäßhaltigen Pulpa erhalten. Eine zusammenfassende auch auf

1) Lit. 25. — 2) Lit. 26. — 3) Lit. 29. — 4) Lit. 30.

eigenen Untersuchungen basierte Übersicht über die Entwicklung der Feder lieferte Stieda¹⁾ im Jahre 1869. Von Pernitza²⁾ wurde zum ersten Male die vollständige Entwicklung der Dunenfeder in Betracht gezogen. Er zeigte nämlich wie sich die Nebenstrahlen bilden.

Studer³⁾ behandelte ausführlicher die Bildung der definitiven Feder. Über den Ersatz der Feder sagte er folgendes: „Der Ausfall der alten Feder erfolgt dadurch, daß die Spule an ihrer Basis immer enger wird und zuletzt die Gefäßpapille dergestalt einschnürt, daß die Blutzufuhr vollkommen abgeschnitten wird. Nun haben wir gesehen, daß in diesem Fall bei der Embryonalfeder der alte Follikel einfach in die Tiefe wächst und eine neue Papille bildet, welche dann die alte bei ihrem Hervorwachsen aus dem Follikel heraushebt. Ein ähnlicher Vorgang möchte auch bei der Mauserung stattfinden, nur daß die neue Papille nicht im Stande ist, die große Feder mit ihrer Spitze herauszuheben und so seitlich von ihr aus dem Follikel tritt.“ Lwoff⁴⁾ bringt wieder sehr wenig neues über die Entwicklung der definitiven Feder. Dafür untersuchte er eingehender die Federseele und behauptete, daß die bindegewebigen Elemente derselben nichts anderes seien, als die vertrocknete Papille selbst. Pernitza's und Klee's⁵⁾ Theorien über die Erneuerung der Feder weichen von den Beobachtungen Studers ab. Klee nimmt an, daß die alte Papille durch Einwucherung in die Tiefe den Ursprung der neuen definitiven Feder darstellt. Nach ihm würden also alle aufeinander folgenden Federn eine und dieselbe Cutispapille besitzen. Samuel⁶⁾ untersuchte auch den Ersatz der Federn, aber behandelte ihn nur vom physiologischem Standpunkte aus. Die späteren Forscher wie Degen⁷⁾ und Stone⁸⁾ befassen sich nur mit der Mauserung und begnügen sich mit den äußeren Erscheinungen und Bedingungen, die den Federwechsel hervorrufen.

Über die Neubildung der Papille indeß herrschen noch in den neuesten Publikationen Streitigkeiten. So nimmt Shigi⁹⁾ an, daß die Papille der Dunenfeder eintrocknet, sich zurückzieht und von der inneren Schicht der zylindrischen Zellen eingehüllt wird. In diesem Zustand verharrt die Papille bis sie die neue Feder bildet. Nach diesen Ansichten entsteht die definitive Feder aus der gleichen Papille, aus welcher die embryonale Feder hervorgegangen ist.

Nach Jones's¹⁰⁾ Untersuchungen über Entenembryonen wächst die erste Feder bis der Vogel ausgewachsen ist, worauf sich eine zweite Feder aus der gleichen Papille an der Basis der ersten Feder zu entwickeln beginnt.

Eine Zusammenstellung der bis 1902 gewonnenen Resultate über Federentwicklung gibt Krause in Hertwig's „Entwicklungsgeschichte der Wirbeltiere.“

1) Lit. 22. — 2) Lit. 16. — 3) Lit. 18. — 4) Lit. 12. — 5) Lit. 11. — 6) Lit. 21. — 7) Lit. 4. — 8) Lit. 20. — 9) Lit. 5. — 10) Lit. 8.

Küster¹⁾ zeigt in seiner Arbeit über Innervation und Entwicklung der Tastfeder, daß jede Ersatzfeder aus einer neuen Papille hervorgeht, welche an die Stelle der abgestorbenen vorhergehenden tritt. (s. besonders Abbildg., Taf. III, fig. 13 u. 14.)

Bis in die Gegenwart war es eine strittige Frage, ob die Papille des ausfallenden Haares erhalten bleibt und das neue Haar sich aus ihr bildet, oder, ob die Papille bei jeder neuen Haarbildung erneuert werde.

Nach Keibel²⁾ geht die alte Papille nicht vollständig zu Grunde, sondern es bleibt ein Zellkomplex zurück, der keine Papillenform mehr zeigt, aus dem sich aber dann die Papille des Ersatzhaares bildet. In der jüngst erschienenen Arbeit von Stieda³⁾ nimmt der Verfasser beim Ersatz der Haare sowohl für den Keim, wie für die Papille eine Neubildung an. Er steht damit im Gegensatz zu Stöhr⁴⁾, der die Ansicht vertritt, daß sich die neue Papille aus der alten atrophischen bilde.

Die Mauserung selbst ist als ein Vererbungsprozeß im Sinne der periodischen Häutungen der Reptilien aufzufassen.

Bezüglich der Mauserung der Vögel läßt sich bei Casuarius und Dromaeus beobachten, daß die Spitze der neuen Feder mit der Basis der alten Feder in Verbindung bleibt und die Tiere wochenlang solche Doppelfedern auf sich tragen. Über das Ausfallen der Schwung- und Steuerfedern sind viele Beobachtungen gemacht worden. Die Gänse, Schwäne und manche Enten verlieren in kurzer Zeit alle Hand- und Armschwüngen, so daß sie eine Zeit lang flugunfähig sind. Andere wie Tauben, Papageien verlieren ihre Federn nicht gleichzeitig; sehr viele scheinen nur einmal im Jahre vollständig zu mausern und zwar in unseren Breiten im Spätsommer und Herbst; andere wieder verlieren alle Federn im Herbst und machen noch eine partielle Mauserung im Frühjahr durch. (Möwen, Mauerläufer etc.) Wieder andere machen eine vollständige Mauserung im Herbst und im Frühling durch. (Schneehuhn.) Endlich gibt es auch solche, die keine bestimmte Zeit für den Federwechsel haben (vielfach Vögel der äquatorialen Breiten).

Meine nun folgenden Untersuchungen beschränken sich auf die Vorgänge, die sich beim Ersatz der Federn abspielen.

* * *

Für meine Untersuchungen lag mir ein umfangreiches Material bestehend in jungen Enten, Kibitzen und Tauben von verschiedenen Altersstadien vor. Die Herstellung der Präparate bietet große Schwierigkeiten, denn die stark verhornten Bildungen machen Serienschnitte fast zur Unmöglichkeit. Die Objekte wurden in Formalin, Sublimat, Flemmingscher und Müllerscher Flüssigkeit konserviert. Nach der Härtung im Sublimat-Essig versuchte ich beim Auswaschen in 70 % Alkohol einige Tropfen Salpetersäure zuzugeben. Ich erhielt vorteilhafte Resultate, denn das Horn der Feder war nicht mehr hart

1) Lit. 28. — 2) Lit. 9. — 3) Lit. 23. — 4) Lit. 32.

und brüchig und ließ sich nach der Einbettung in Paraffin von 52° Schmelzpunkt leicht schneiden. Die Schnitte wurden dann mit Eiweiß (nach Meyer) aufgeklebt. Als Färbungsmittel empfehle ich in diesem Falle Haemalaun und zur Nachfärbung Congorot, Orange. Die günstigsten Objekte waren Kibitzembryonen, welche kurz vor dem Ausschlüpfen ein entwickeltes Dunenkleid besitzen. Dieses Embryonalkleid macht erst später der definitiven Feder Platz.

Fig. 3 stellt einen jungen Cypselus dar, bei dem das Dunenkleid eben im Begriff ist dem definitiven Federkleid zu weichen. Rücken-, Bauch- und Halsgegend sind noch mit Dunenfedern bedeckt. Die Dunen der Rücken- und Bauchseite sind von derselben Beschaffenheit. Die Spule ist sehr klein und ein Schaft wenig entwickelt (Fig. 4). Die Hauptstrahlen besitzen lange, dicht aneinander liegende Nebenstrahlen, die bis an ihre Spitzen hinaus vorkommen. Die Mittellinie der ventralen Seite des Vogels war vollständig von Dunen wie auch von definitiven Federn frei. Die letzteren unterscheiden sich schon durch ihre dunkelbraune Farbe von den ersten. Was den morphologischen Bau der definitiven Feder anbetrifft, so ist ihr Schaft sehr dünn und auch die Spule wenig entwickelt. Die Flug- und Schwanzfedern sitzen in tiefen Taschen und sind von Scheiden umgeben. — Ein gut entwickeltes Embryonal-Dunenkleid ist abhängig von der Lebensweise und dem Anpassungsvermögen des Vogels. Die Jungen der Nestflüchter, die gezwungen sind selbständig ihre Nahrung zu suchen, besitzen einen dichten, pelzartigen Flaum. Bei den Nesthockern dagegen verkümmert das Erstlingsgefieder während dem Aufenthalt in ihren warmen und gut gebauten Nestern. Über abnorme Befiederungsverhältnisse macht uns Studer folgende Angaben: Bei allen Hühner-, Wat- und den meisten Schwimmvögeln, so bei Hühnern, Anatiden, Procellariden und Lariden, ferner bei *Chionis minor* u. a. bleibt die äußere Hornscheide bis nach dem Ausschlüpfen des Vogels bestehen und fällt erst später meist mit Hülfe des Vogels selbst ab. Die Jungen dieser Vögel sind erst wie mit Haaren bedeckt, die aus der äußeren Hornscheide der zu Strahlen differenzierten Schleimschicht und der inneren vertrockneten Pulpa bestehen und sich auch morphologisch vom Haar nur durch die Länge der Pulpa unterscheiden, bis dann durch Abfallen der Hornscheide die differenzierte Schleimschicht allein noch zur Geltung kommt. Beim Pinguin dagegen fällt die Hornscheide noch im Ei mit der Verhornung der Strahlen ab, so daß der junge Vogel schon mit freien Dunenstrahlen das Ei verläßt. Ähnliches findet sich bei *Halius verrucosus* Cab. und Reich. Dort treten die Dunen erst nach dem Auskriechen des Vogels aus dem Ei auf und verlieren gleich beim Hervortreten ihrer pinselartigen Spitzen die Hornscheiden. Als eigentümliche Befiederung zeigt auch nach Studer das Gefieder der Spheniscidae. Hier fehlen mit Ausnahme der Steuerfedern eigentliche Contourfedern, die Federn des Rumpfes sind durchgängig dunenartig mit kurzem, platten Schaft und loser Fahne, die der Ruderschwinne zeigen einen sehr platten, breiten Schaft mit kurzer Fahne, so daß sie Schuppen

ähnlicher sehen als Federn. Andre Verhältnisse zeigt ferner nach Studer *Leiopta ocellata*, ein Megapodier, der bekanntlich aus abgefallenen Laub einen Haufen zusammenscharrt und darin durch die Gärung der faulenden Stoffe die Eier ausbrüten läßt. Dieser Vogel soll ein Ei von acht Unzen legen, aus dem das Junge schon vollständig befiedert auskriecht, dasselbe ist der Fall bei *Megapodius*. Nach Studers Auffassung erlaubt vielleicht die große Menge des Nahrungsmaterials dem Vogel den ersten Federwechsel schon im Ei durchzumachen. Ferner nimmt er an, daß dasselbe der Fall sei bei *Apteryx*, dessen Ei $\frac{1}{7}$ der Schwere des Vogels beträgt. Dieser Vogel trägt ein Gefieder, das mit dem embryonalen Kleide vieler Vögel so übereinstimmt, daß man vermuten könnte, der *Apteryx* trage zeitlebens nur ein embryonales Federkleid.

Die Beobachtungen über die Entwicklung der Feder wurden am Kibitzembryo gemacht. Wenn sich die erste Federanlage als kleine Papille über die Haut erhebt, besteht die Epidermis aus zwei Schichten: Epitrichial- und Schleimschicht, die zylindrische Zellen besitzt. Die äußere Schicht verdickt sich auf Kosten der Schleimschicht. Die Basis der Papille senkt sich in die Haut und bildet den sog. Federkeim. Dann wächst der Keim in die Höhe und bildet ein zylindrisches Gebilde, in dem sich die Zellen der Schleimschicht stetig vermehren. Dieses Stadium zeigt Fig. 8. Nach außen Epitrichialschicht, dann Rundzellen oder Intermediärzellenschicht, wie sie Davies genannt hat und zu innerst die Zylinderschicht. Der Innenraum der Papille wird ausgefüllt von der Bindegewebe-Pulpa, in welcher Blutgefäße zu sehen sind, welche die Ernährung der Feder besorgen. Die weitere Entwicklung zeigt ein fortwährendes Wachstum der Zylinderschicht. Dasselbe beginnt an der Spitze der Papille, und bildet eine Anzahl von Falten, welche die Cutispapille einengen, aus diesen gehen dann später die Strahlen hervor. Im Querschnitte (Fig. 9) sind solche Falten sichtbar, die aus Rundzellen bestehen und gegen das Innere durch die Zylinderschicht abgegrenzt werden. Dann tritt der Verhornungsprozeß ein.

In den ersten Stadien der Entwicklung besteht die Pulpa der Papille aus einer einheitlichen Masse, welche sich in den späteren Stadien verändert und zu einem lockeren Gewebe wird (Fig. 9). Nach vollendeter Entwicklung der Dunenfeder wird die Pulpa allmählich absorbiert und auch die Papille nimmt an Größe ab.

Dieser Zustand entspricht der vollständigen Entwicklung der Nestlingsfeder und der Vorgang zeigt keine Abweichungen gegenüber dem der anderen Vögel.

An diesem Objekte glückte es mir den Ersatz der definitiven Feder zu beobachten. Im ersten Stadium (Fig. 10) ist noch keine Spur eines definitiven Federkeims zu sehen. Nur die Dunenfeder ragt hervor und ist mit einer Scheide umgeben. Ältere Stadien zeigen an der Basis des Federfollikels eine kleine Anhäufung von Zellen, die aus der Malpighischen Schicht hervorgegangen sind. Diese Anhäufung ist

zuerst eine lockere, wird aber durch Zellvermehrung bald zu einem kompakten Fortsatz, der in etwas gebogenem Verlauf in die Tiefe dringt (Fig. 11a). Wir wollen denselben als Federleiste bezeichnen. Dieselbe bildet am Ende eine Verdickung, diese wird durch eine entgegenwachsende Cutispapille, über welchem nun die Leiste einen kappenartigen Überzug bildet, zu einem neuen Federkeim analog der ersten Federpapille der Embryonalfeder gestaltet (S. Fig. 12c). Wie aus derselben Figur hervorgeht, geht von der Basis der jungen Papille eine Leiste noch weiter in die Tiefe, so die Anlage weiterer Federn bildend. Während dieses Prozesses entwickelt sich die Dunenfeder weiter. Ihre Papille rückt allmählig in die Höhe. Die Papille der definitiven Feder bleibt vermittelt einer Epithelleiste mit ihr in Verbindung, wächst in die Höhe und gelangt in den Follikel der Dunenfeder, die sie später aus demselben heraushebt. Die Entwicklung der definitiven Feder geht beim Kibitz in gleicher Weise vor sich wie die der Dunenfeder. Es bilden sich zunächst Falten (Fig. 13), in welchen eine schnelle Verhornung stattfindet. Zwei von den Falten können sich zur zukünftigen Rhachis vereinigen. In Fig. 14 teilen sich die Zellen und die im Inneren der Papille liegenden bilden die Strahlen (Rami). Aus den Zellen des äußeren Teiles, welche die Scheide umgeben, entstehen die Radii.

Die Untersuchungen an der neu gebildeten Papille zeigen, daß sich die Entwicklung der Dunen und der definitiven Feder gleichzeitig vollziehen kann. Der Unterschied zwischen der Bildung der Dunen- und der definitiven Feder besteht darin, daß die erste direkt durch eine Erhebung der Epidermis entsteht. Die neue dagegen bildet sich aus einem, aus der Malpighischen Schicht entstandenen Federkeim, der in das Corium hineinwächst. Wenn die Dunenfeder ausfällt, so wird ihre Papille atrophiert. Die Regeneration der Feder beruht also auf der Bildung einer neuen Papille. Für die Mauserung glaube ich nach dem Vorhergehenden denselben Vorgang annehmen zu dürfen. — Die Regeneration der Feder kann man mit der Haar- und der Zahnbildung vergleichen. Die Anlagen der Milch- und Ersatzzähne werden gleichzeitig gebildet und nehmen ihren Ursprung von der Epithelleiste. Der Zahnwechsel bei den Selachiern, überhaupt bei niederen Wirbeltieren ist ein unbeschränkter, da legen sich immer neue Papillen an der Tiefe der Zahnleiste an. Dasselbe ist nach Stieda¹⁾ beim Haare der Fall, wo die neue Papille aus einer vom Follikel in die Tiefe dringenden Epithelleiste gebildet wird.

Eine Zusammenfassung meiner Untersuchungen ergibt folgende Schlüsse:

1. Für den Ersatz der Feder bildet sich immer ein neuer Keim.
2. Der neue Keim entsteht bereits, während die alte Feder noch im Wachstum begriffen ist.

¹⁾ Lit. 23.

3. Der neue Keim bildet sich aus der Malpighischen Schicht, die einseitig an der Basis des Federfollikels ihren Ursprung nimmt.

4. Dieser neue Federkeim bildet einen Fortsatz, welcher in die tieferen Schichten der Cutis hineinwächst, und aus dem die neue Papille gebildet wird.

5. Beim Ausfallen der Feder wird die alte Papille atrophiert.

Schuppen und Federn.

Wie aus den Forschungen der Paläontologie hervorgeht besteht zwischen Reptilien und Vögeln ein enger Zusammenhang. Viele Autoren haben aus diesen Gründen die Integumentbildungen beider Klassen einer eingehenden Untersuchung unterworfen. Kerbert¹⁾ nimmt Federn und Schuppen als ganz homologe Gebilde an. In seiner Arbeit hebt er hervor neben verschiedenen Eigentümlichkeiten der Pinguinfeder, daß sie eine Papille habe und dadurch von anderen Federn zu unterscheiden sei. Er erwähnt ferner: „Übrigens gibt es auch weiter noch genug Übergänge zwischen Schuppen und Federn, Federn nämlich, von welchen weiter nichts als die Spulen ausgebildet sind und die eine vollständige Ähnlichkeit besitzen mit den kegelförmigen Schuppen bei Moloch unter den Reptilien.“

Studer hat aber gezeigt, daß die schuppenförmigen Federn der Pinguine aus Spule, Schaft und Fahne bestehen und daß ihre Entwicklung mit der Federentwicklung anderer Vögel übereinstimmt. Auch das Vorhandensein einer Papille ist nicht nur der Feder des Pinguin eigentümlich, sondern wie bekannt besitzen auch alle anderen Federn eine solche. Gegen Kerbert's Meinung spricht sich auch Davies²⁾ aus, der die Ansichten Studers bestätigt. Ziemlich allgemein wurde die Ansicht vertreten, daß die papillenartige, erste Anlage der Embryonal-dune homolog sei einer Reptilienschuppe. (Stieda, Davies, Studer). Um diese Frage, deren Bejahung schon von Ghigi in negativem Sinne angezweifelt wurde, zu prüfen, untersuchte ich die Hautstellen von Vögeln, wo Schuppen und Federn in engem Zusammenhange stehen.

Als Untersuchungsobjekt diente mir der Lauf von Tetrao urogallus, der charakteristische Beziehungen zwischen Schuppen und Federn aufweist. Die Außenseite des Laufes (Fig. 1) ist mit kurzen, braunen dicht angelegten Federn bedeckt. Die hintere Seite des Laufes und die Zehen sind vollständig federfrei, stellen aber verhornte Gebilde dar, welche verschiedene Schuppenformen repräsentieren. An der hinteren Seite des Laufes finden wir unregelmäßige körnerartige Schuppen. An den Zehen unterscheidet man 3 Formen und zwar ist die Oberseite mit Schildern bedeckt, die dachziegelförmig übereinander gelagert sind und die in dieser Weise eine hornige Decke darstellen. Diese wird zu beiden Seiten von zwei unter sich parallelen Schuppenreihen von rhombischer Gestalt begrenzt. Diese wieder

¹⁾ Lit. 10. — ²⁾ Lit. 2.

begrenzen längliche Schuppen, die an die Unterseite der Zehen mit den Rändern sägezahnartig hervorragen. Nach Entfernung der Federn des Laufes kommen auch auf der Außenseite des Laufes eigentümliche Horngebilde zum Vorschein, wie das Fig. 2 zeigt. Diese sind schuppenartig, am Rande jeder entspringt eine Feder. Betrachten wir die Federn, so sind dieselben dunenartig weich und bestehen aus einer Feder (Fig. 5) mit großem Afterschaft, der mit weit getrennten zwei-zeitig abgehenden Strahlen besetzt ist (Fig. 6). Da die beiden, Feder und Afterfeder sich an Größenentwicklung fast gleichkommen, so erinnern sie einigermaßen an die Doppelfeder des neuholländischen Casuars. Daß eine Doppelfederbildung als Einzelerscheinung auch sonst vorkommen kann, zeigt die hier in Fig. 7 abgebildete Steuerfeder einer Möwentaube. Hier kommen aus einer Spule zwei vollkommen entwickelte Contourefedern, je mit Schaft, Rami und Radii, die durch Häckchen in gewöhnlicher Weise verbunden sind. Nur zeigt die eine insofern eine Abweichung, als der Schaft gegen die Spitze einen Seitenast abgibt, der wieder selbständig Strahlen trägt. Um das Verhältnis von Feder zu Schuppe genauer zu eruieren, untersuchte ich den Fall, wo bei Hausgeflügel sich an beschilderten Läufen Federn entwickeln. Bei einer Kropftaube fand ich folgende Verhältnisse. Die vordere Lauffläche war mit langen Federn bedeckt. Die Länge einer Feder an der mittleren Zehe betrug 5—6 cm. Auf der hinteren Lauffläche fehlten die Federn. Der obere Teil des Laufes zeigte sich bedeckt mit dreireihig geordneten Schildern. Dieselben berührten sich nicht mit ihren Rändern. Die hintere Seite des Laufes war mit Körnerschuppen bedeckt. An der Seite waren keine Schuppen, nur eine glatte, weiche Haut. Die Zehen waren von größeren unter sich eng verbundenen Schildern bedeckt. Sie stellen dünne Plättchen dar, deren unterer Rand etwas vorsteht, von diesem entspringt je eine Feder. Es sei hier noch erwähnt, daß die Spule dieser Feder wenig entwickelt ist. Bei den seitlich liegenden Federn, die nicht mehr an Schuppen entspringen, war dagegen die Spule gut ausgebildet.

An einem Schnitt durch die Fuß-Haut einer gewöhnlichen Taube, die keine Federn am Fuße besitzt, ist folgendes zu unterscheiden (Fig. 16). Die Lederhaut zeigt papillenartige Erhebungen. An der Epidermis findet man eine Lage Zellen mit deutlichen Kernen, die Zylinderschicht. Dann folgt die Hornschicht. Das Corium enthält Blutgefäße. Es läßt sich hier keine Spur von Federanlagen beobachten. Einen Schnitt (Fig. 17) durch die Fuß-Haut der oben erwähnten Kropftaube, deren Füße mit Federn bedeckt waren, zeigt folgendes Bild. In der Tiefe der Schuppe, ihrem Rande zugewendet, finden wir eine einzige Federanlage, was dem makroskopischen Befunde entspricht. Die zapfenartig eingestülpte Papille ähnelt der bei der Haarbildung beobachteten. Bei der weiteren Entwicklung der Feder wird die Hornschicht der Schuppe immer dünner. Die Zylinderschicht senkt sich in die Cutis ein und umgibt den Federfollikel (Fig. 18). Dann bildet sich allmählich die Schuppe zurück, was auch einen Schwund der

Hornschrift zur Folge hat, die dann der Feder keinen Widerstand mehr entgegensetzt. Die letzte Figur (Fig. 19) zeigt uns die vollentwickelte Feder am Rande der Schuppe.

Aus dem vorhergehenden geht deutlich hervor, daß die Feder als Sekundärbildung der Schuppe anzusehen ist. Sie entspricht aber nicht der ganzen Schuppe, sondern hat sich nur aus einem Teile derselben gebildet. Wir können nur den Schuppenbezirk und den Federbezirk als Äquivalente bezeichnen. Bei der Quinkunxstellung der Federn z. B. bei einem jungen Sperlinge (Fig. 15) zeigen die Leisten die Grenze der Schuppen an. Die Gruppenstellung läßt sich also erklären aus einem früher vorhandenen Schuppenkleid, das im Laufe der Entwicklung schwand und als einzige Spur die Quinkunxstellung der Federn zurückgelassen hat.

De Meijere¹⁾ hat Federgruppen gefunden, welche eine bestimmte Ähnlichkeit mit den Dreihaargruppen auf beschuppten Säugetierschwänzen haben. Es waren nämlich bei einer *Strix flammea* drei Federn hinter der Schuppe vorhanden. Die Mittelfeder war viel länger, als die lateralen. Es ist dies wie durch Untersuchungen bekannt geworden ist, eine analoge Anordnung wie sie die der menschlichen Haare zeigen, wo neben jedem ziemlich starken Mittelhaare ein Paar feine Seitenhärchen zu sehen sind. Davies nimmt an, daß die Federn am beschilderten Laufe den primitiven Zustand darstellen und äußert sich folgendermaßen darüber: „Die vorhandenen Laufschuppen und Schilder nahmen ihren Ursprung als Verdickungen der Haut rings um die Ansatzstellen dieser Federn und die Halbringe auf den Zehen und dem Lauf entstanden jeder durch die Verschmelzung von mindestens zwei solcher Hautverdickungen.“ Nach seiner Ansicht wären also die Schuppen sekundäre Bildungen. Warum würden sie sich aber dann, wenn sich die Feder entwickelt, zurückbilden! Diese Rückbildung läßt sich aber nur dadurch erklären, daß sich die Feder aus einen Teil der Schuppe bildet und den anderen Teil derselben verdrängt, wie meine angeführten Untersuchungen zeigen. Zu demselben Resultat kommt Ghigi, der den Lauf bei *Ephialtes scops* untersucht hat, und fand, daß die Feder aus einem Teil der Schuppe sich bilde (S. 175). Wenn wir uns nach dem Ursprung der Schuppen der Vögel fragen, gelangen wir zu dem gleichen Ergebnis, zu welchem schon Reh²⁾ bei Untersuchungen über die Schuppen der Säugetiere gekommen ist. Sie müssen als ererbte Bildungen angesehen werden, die in den Federn durch langsame allmähliche Umwandlung eine hohe Differenzierung erlangt haben.

* * *

¹⁾ Lit. 15. — ²⁾ Lit. 17.

Literaturverzeichnis.

1. **Bronns** Klassen und Ordnungen des Tierreichs. Band VI.
2. **Davies**. Die Entwicklung der Feder und ihre Beziehungen zu anderen Integumentgebilden. Morphol. Jahrb. Bd. XV. 1889.
3. **Ficalbi**. Sulla architettura istologica di alcuni peli degli Uccelli, con considerazioni sulla filogenia dei peli e delle penne. Atti Soc. Toscana Sc. Nat. Pisa Mem. Vol. 11. 1890.
4. **Degen**. Ecdysis, as Morphological Evidence of the Original Tetractyle Feathering of the Bird's Fore-limb, based especially on the Perennial Molt in *Gymnorhina tibicen*. Trans. Zool. Soc. London, vol. 16, 1903.
5. **Ghigi**. Ricerche sulla morfologia della piuma. R. Accademia delle Scienze dell' Instituto di Bologna. Bologna 1907.
6. **Hertwig**, O Die Entwicklungslehre des Menschen und der Wirbeltiere.
7. **Heinroth**, O. Mäuser und Verfärbung des Federkleides der Vögel. Sitz.-Ber. Gesellschaft naturforsch. Freunde zu Berlin 1898—1900.
8. **Jones**. The Development of Nestling feathers. Laboratory Bulletin 13, Oberlin College, Ohio 1907.
9. **Keibel**. Ontogenie und Phylogenie von Haar und Feder. Anat. Hefte Band V 1895.
10. **Kerbert**. Über die Haut der Reptilien und anderer Wirbeltiere. Arch. f. mikros. Anat. Bd. XIII. 1876.
11. **Klee**. Bau und Entwicklung der Feder. Hallesche Zeitschr. für Naturwissenschaften Bd. 59. 1886.
12. **Lwoff**. Beitrag zur Histologie des Haares, der Borste und Feder. Bullet. de la soc. imp. des Naturalistes à Moscou. Bd. 59. 1884.
13. **Maurer**. Zur Phylogenie des Säugetierhaares. Morph. Jahrb. Bd. XVIII. 1892.
14. **de Meijere**. Über die Haare der Säugetiere, besonders über ihre Anordnung. Morph. Jahrb. Bd. XXI. 1894.
15. **de Meijere**. Über die Federn der Vögel, insbesondere über ihre Anordnung. Morph. Jahrb. Bd. XXIII. 1895.
16. **Pernitza**. Bau und Entwicklung des Erstlingsgefieders. Sitz.-Ber. der Wiener Academie. 1871.
17. **Reh**. Die Schuppen der Säugetiere. Jenaische Zeitschr. für Naturw. Bd. XXIX. 1894.
18. **Studer**. Die Entwicklung der Feder. Inaug.-Diss. Bern. 1873.
19. **Studer**. Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Feder. Zeitschr. für wiss. Zool. Bd. XXX.
20. **Stone**. The Moulting of Birds. Proceed. Acad. Nat. Sc. Philadelphia. 1896.
21. **Samuel**. Die Regeneration der Federn. Virchows Archiv. 50. Bd. Heft 3.
22. **Stieda**. Bau und Entwicklung der Federn. Petersb. med. Zeitschr. 17. Bd. 1869.

23. **Stieda.** Untersuchungen über die Haare des Menschen. Anatom. Hf. Heft 121 (40. Bd.).
24. **Waldeyer.** Untersuchungen über die Histogenese der Horngebilde, insbesondere der Haare und Federn. Festschrift für Jacob Henle. Bonn 1882.
25. **Dutrochet.** De la structure et de la regeneration des plumes. Journal de physique, tome 88 pg. 333 (mai 1819).
26. **Fr. Cuvier.** Observations sur la structure et le developpement des plumes. Annales du Museum d'hist. nat. tome 13. 1825.
27. **Willh. Krause.** Die Entwicklung der Haut und ihrer Nebenorgane. In: Entwicklungsgesch. der Wirbeltiere, herausgeg. v. Oscar Hertwig. II. Bd. I. Teil.
28. **Küster.** Die Innervation und Entwicklung der Tastfeder. Inaug.-Diss. Bern 1905.
29. **Reclam.** De plumarum evolutione. Lipsiae 1846.
30. **Remak.** Untersuchungen über die Entwicklung der Wirbeltiere. 1855.
31. **Stieda.** Über den Bau der Puderdunen der Rohrdommel. Archiv f. Anat. und Physiol. 1870.
32. **Stöhr.** Lehrbuch der Histologie des Menschen.
33. **Stöhr.** Entwicklungsgeschichte des menschlichen Wollhaares. Anat. Hefte. H. 71. 23. Bd. 1903.

Erklärung der Abbildungen.

- Fig. 1 u. 2.** Fuß des Tetrao urogallus.
- Fig. 3.** Junger Cypselus.
- Fig. 4.** Embryonaldune des Cypselus.
- Fig. 5 u. 6.** Federn des Laufes von Tetrao urogallus.
- Fig. 7.** Doppelfeder, mit einer Spule, von einer Möwentaube.
- Fig. 8.** Querschnitt durch eine Papille eines Kibitzembryos. a) Epitrichialschicht, b) Intermediärzellen, c) Cylinderzellenschicht, d) Pulpa, e) Blutgefäß.
- Fig. 9.** Querschnitt einer Papille; es beginnt die Faltenbildung.
- Fig. 10.** Längsschnitt durch die Embryonalfederpapille des Kibitzembryos.
- Fig. 11.** Längsschnitt durch die Embryonalfederpapille. a) Keim der definitiven Feder.
- Fig. 12.** Längsschnitt der Embryonaldune. a) Dunenfeder, b) Epithelleiste, c) Papille der definitiven Feder.
- Fig. 13.** Querschnitt einer definitiven Feder; Verhornung der Strahlen.
- Fig. 14.** Querschnitt der definitiven Feder, es bilden sich Nebenstrahlen.
- Fig. 15.** Die Gruppenstellung bei einem jungen Sperlinge.
- Fig. 16.** Schnitt durch die Fuß-Haut einer gewöhnlichen Taube. a) Hornschicht, b) Cylinderschicht, c) Blutgefäß.
- Fig. 17, 18 und 19.** Längsschnitte durch die Haut des Laufes einer Kropftaube. a) Rand der Schuppe. b) Federanlage.



Bornstein, Ueber Regeneration der Federn.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Archiv für Naturgeschichte](#)

Jahr/Year: 1911

Band/Volume: [77-1_Supp4](#)

Autor(en)/Author(s): Bornstein Frieda

Artikel/Article: [Über Regeneration der Federn und Beziehungen zwischen Federn und Schuppen. 1-11](#)