
DIE FÄRBUNG DER VÖGEL

Vortrag, gehalten anlässlich der 25-Jahr-Feier des Vereins Schlesischer Ornithologen in Breslau im Oktober 1929 von

H. GIERSBERG.

Den Vogel erkennt man an den Federn d. h. das Federkleid ist die charakteristische Hautbedeckung der Vögel und so interessiert uns bei der Färbung eines Vogels zunächst hauptsächlich die Farbe seiner Federn. Bei deren Zusammensetzung aus Kiel, Aesten (Rami), und Strahlen (Radii) ist eine sehr mannigfaltige Färbungsmöglichkeit gegeben, doch beschränkt sich die Färbung im allgemeinen auf die Rami und Radii. Nach der Art der Färbung aber kann man Pigment- und sog. Strukturfarben unterscheiden. Die Pigmentfarben entstehen durch Einlagerung bestimmter Farbstoffe, die zwei verschiedenen Gruppen zugeteilt werden können, die einen sind die sog. Melanine, die anderen rechnen zu den Fettfarbstoffen (Lipochrome), die man neuerdings meist als Carotinoide bezeichnet.

Die Melanine sind braune bis schwarze, körnige, chemisch sehr widerstandsfähige Pigmente, welche nach Görnitz in die schwarzen, schwer auflösbaren Eu- und die helleren bis rotbraunen, leichter löslichen Phäomelanine geteilt werden können. Ihre Ablagerung kann in Rinde und Mark der Feder und zwar in Schaft, Aesten oder Strahlen erfolgen. Möglicherweise stellen die Phäomelanine Oxydationsprodukte der Eumelanine dar, da beim Ausbleichen alter Vogelbälge oder bei künstlicher Oxydation den Phäomelaninen ähnlich aussehende Farbstoffe entstehen. Sie werden gebildet in besonderen Farbzellen, den sog. Chromotophoren, welche das Melanin an die jungen Federanlagen abgeben und entstehen aus dem Zusammentreffen einer farblosen Pigmentvorstufe dem Chromogen mit einem oxydierenden Ferment, im allgemeinen aus Tyrosin und Tyrosinase. Sie ergeben rötlichbraune bis schwarze Gefiederfärbung. Es ist nicht ganz sicher, ob unter der Bezeichnung Phäomelanine außer Melaninen nicht auch Pigmente ganz anderer Art, z. B. die noch zu erwähnenden Chromolipoide laufen. Die Lipochrome sind Fettfarbstoffe, daher löslich in Fettlösungsmitteln, sie sind mit dem Farbstoff der Möhre, dem Carotin chemisch nahe verwandt, weshalb man sie auch Carotinoide nennt und geben mit konzentrierter Schwefelsäure eine intensive Blaufärbung. Hauptsächlich sind es gelbe bis rote Pigmente, die meist fein verteilt in der Rindenschicht der Aeste und Strahlen sich finden. (Selten treten violett-blaue oder grüne Lipochrome auf.) Ueber ihre Bildung in den jungen Federanlagen hat uns Desselberger kürzlich unterrichtet. Als reine Pigmente erzielen sie gelbe und rote Federfärbung, doch finden sich häufig Mischungen von den gelben und roten Lipochromen, die vielleicht nur verschiedene Oxydationsstufen eines Farbstoffs darstellen oder Mischungen von Lipochromen und Melaninen

in der Feder und dadurch können schon zahlreiche Farbvariationen entstehen z. B. gelbes und rotes Lipochrom = orange, Phäo- und Eumelanin = grau-braun, Melanin und Lipochrom = bräunlich-olivgrün usw. Dazu kommen braune Abnutzungspigmente sog. Chromolipoiden, aus der Zersetzung fetthaltiger Substanzen, die man früher zu den Lipochromen zählte, die aber ganz anderer Natur als die in Fett gelösten Carotinoide sind. Neben den Pigmentfarben treten die sog. Strukturfarben auf, so wird durch Einlagerung von Luft und dadurch bedingte Reflektion des Lichts die Weißfärbung erzielt. Wird in solchen Fällen durch eine leicht eindringende Flüssigkeit z. B. Xylol die Luft verdrängt so verschwindet die Farbe, um nach Austrocknen wieder aufzutreten, während eine Pigmentfarbe davon nicht berührt wird. Wir haben damit ein relativ einfaches Mittel Struktur- und Pigmentfarben rasch zu erkennen. (Die Weißfärbung des Papiers beruht ja auf ähnlichem Prinzip. Papier und Xylol oder Oeltropfen.)

Strukturfarben kommen beim Vogel vielfach in Verbindung mit Pigmentfarben vor z. B. Weißstruktur und Melanin, Rami weiß, Radii schwarz (Eumel.) = grau, Rami weiß, Radii braun (Phäomel.) = gelbbraun (Wüstenfarbe.) doch ist die wichtigste Kombination die sog. Blaustruktur. Sie beruht darauf, daß im Mark der Rami ein Flechtwerk feinsten Röhrchen sich mit Luft erfüllt und durch eine schwarze Melaninfläche unterlagert wird, dadurch wirkt die Luftereinlagerung als trübes Medium vor einem dunkeln Hintergrund, von dem das auffallende Licht in blauer Farbe reflektiert wird. (Knieſche, Häcker). Kommt nun zur Kombination Blaustruktur und Melanin noch oberflächlich gelegenes gelbes Lipochrom, so entsteht blau gelb = grün.

Wir haben also zusammenfassend: braune und schwarze Farben durch Melanin, gelbe und rote durch Lipochrome, Weiß durch Weißstruktur, Blau durch Blaustruktur und Melaninunterlagerung, Grün durch Blau und gelbes Lipochrom, sowie die zum Teil kurz erwähnten Kombinationsmöglichkeiten, wodurch Gelbbraun, Grau, Orange und andere Farben entstehen können, und die mannigfache Vogelfärbung ermöglicht wird. Daneben gibt es noch einige bisher nicht erwähnte Pigmentfarben, die aber nur als Ausnahme bei einzelnen Vögeln vorkommen, z. B. das rote Turacin der Helmvögel, und daher hier weggelassen können. Doch müssen wir noch auf eine Strukturfarbe etwas eingehen, nämlich die sog. Schillerfarbe.

Die Schillerfarben sind Strukturfarben, die durch die Reflektorwirkung dunkler Pigmente unterstützt werden. Es sind meist verbreiterte Radien, welche schillern und zwar reflektieren dünne Hornblättchen über schwarzem Untergrund. Es sind daher Farberscheinungen dünner Blättchen, die hier in Frage kommen, Interferenz des reflektierten Lichts an Vorder- und Hinterwand der Hornblättchen, deren Schichtdicke je nach Stellung und Blickrichtung variiert und daher die wechselnden Schillerfarben erzeugt. (Elsässer.) Rensch hat für das Auftreten der Schillerfarben die Einlagerung des darunterliegenden Pigments verantwortlich gemacht, da durch diese Einlagerung eine Verbreiterung der Radien und damit ein Dünnerwerden und Auseinanderziehen der Horn-

blättchen erfolgt bis die notwendige Dünne zur Erzeugung der Schillerfarben erreicht ist. Da in den Fällen, in denen die Pigmenteinlagerung unterbleibt, die Radien schmal bleiben und nicht schillern, und da B e e b e experimentell eine übernormale Ausbildung des Melanins bei manchen Vögeln erzielen konnte, wobei eine Verdunkelung des Gefieders und als Folge davon in einigen Fällen das Auftreten von Schillerstrukturen sich ergab, so ist der Erklärungsversuch von R e n s c h nicht unbegründet. Damit hätten wir einen kurzen Ueberblick der wichtigsten Färbungsarten der Vogelfedern gewonnen und es bleibt nur noch übrig zu erwähnen, daß der Färbungstyp innerhalb einer Feder gleichmäßig beibehalten werden kann, dann haben wir eine einheitlich gefärbte Feder vor uns, oder der Färbungstyp wechselt (nach uns vorläufig unbekanntem Gesetzen), und es ergeben sich die Federzeichnungen verschiedenster Art, je nach dem Wechsel der Pigmentablagerung oder der Strukturausbildung innerhalb eines Federindividuums.

Abhängigkeit von äußeren Wirkungen.

Wir haben uns bisher mit einer Aufzeichnung der verschiedenen Federfärbungen der Vögel befaßt. Man könnte sich damit begnügen, aber es würde dann nichts ausgesagt über die Bedeutung der Federfärbung für den Vogel oder über die Bedingtheit des Farbkleides durch den Lebensraum. Die Stellung des Vogels in der Natur und die Abhängigkeit seines Aussehens von den Umweltfaktoren ist aber etwas, das uns interessieren muß, da der Tierorganismus ja nicht allein steht, sondern nur in Beziehung zu seiner Umgebung verständlich wird. Die Frage nach der Bedeutung der Federfärbung und die nach ihrer Abhängigkeit von äußeren Faktoren sind nun zwar offensichtlich nicht gleichbedeutend, hängen aber doch in mancher Beziehung zusammen. Wir wollen uns hier auf die zweite beschränken, zumal wir doch nicht hoffen können, vorläufig auch nur eine von ihnen einigermaßen beantworten zu können. Eine solche Abhängigkeit von Umweltfaktoren dürfen wir aber dann am ersten zu erkennen hoffen, wenn infolge Abänderung bestimmter äußerer Bedingungen Abweichungen vom Normalfall auftreten, deren Entstehung eben auf diese abgeänderten äußeren Faktoren ursächlich zurückgeführt werden kann. „Aberrationen“, Abweichungen vom Normalfall werden daher zunächst zu betrachten sein.

Die gewöhnlich vorkommenden Aberrationen lassen sich auf Ueberfluß oder Mangel an Pigment zurückführen. Nach R e n s c h können wir folgendes Schema aufstellen: Mangel an Pigment 1. Albinismus = Ausfall jeden Pigmentes (auch der Haut), 2. Leucismus = Ausfall des Federpigmentes, 3. Schizochroismus = Ausfall einer Pigmentart, z. B. gelber Kanarienvogel Ausfall des Melanins, 4. Chlorochroismus = gleichmäßiges Ablassen aller Pigmentarten.

Ueberfluß an Pigment 1. Melanismus = abnorme Vermehrung der Melanine (Eu- oder Phäomelanine), 2. Lipochromatismus = abnorme Vermehrung der Lipochrome.

Ein solches Schema hat die Bedeutung, die verschiedenen Aberrationsarten übersichtlich zu machen, doch müssen wir noch eine zweite

Einteilung vornehmen. Wir kennen allgemein Eigenschaften, die vererbbar sind (genotypische) und solche, welche jedes Tier persönlich erwirbt (phänotypische). Die in der Erbmasse verankerten, also genotypisch bedingten Fälle sind viel komplizierter als die Fälle, bei denen ein Tier auf Grund äußerer Einflüsse seine Erscheinungsform ändert. Wenn wir z. B. einen Vogel in großer Wärme oder großer Kälte aufziehen und dann sehen, daß diese Bedingungen einen Einfluß auf die Federfärbung haben, so können wir über die Wirkung von Wärme und Kälte etwas aussagen, Veränderungen der Erbmasse aber, sog. Mutationen, sind durch die komplizierten Zusammenhänge von Körper und Keimzellen zunächst so undurchsichtig, daß die Erklärung sehr viel schwerer ist, ganz abgesehen, daß solche Abänderungen sehr viel seltener auftreten oder nur scheinbar durch das Experiment beeinflußt worden sind. Experimentell werden wir also zunächst die phänotypische Einwirkung der Außenwelt studieren müssen. Dennoch dürfen wir die genotypischen Erscheinungen nicht außer Acht lassen. Ja wir müssen zugeben, daß bis heute mehr über die genotypischen Rassen bekannt ist, als über direkte im Experiment gewonnenen phänotypische Ergebnisse. Die geographische Rassenforschung beschäftigt sich ja durchweg mit den geographischen Aberrationen und sucht wohl auch allgemein einen ursächlichen Zusammenhang zwischen der Veränderlichkeit der Tiere und der Veränderung der Außenwelt. Diese Aberrationen sind aber meist genotypisch vererbte Eigenschaften.

Eine solche Ableitung der geographischen Aberrationen von Veränderungen der Außenwelt gewinnt dann an Wahrscheinlichkeit, wenn sich bestimmte allgemeine Gesichtspunkte finden lassen, die für verschiedene Vogelarten in gleichem Sinne gelten. Das ist mitunter möglich (Görnitz). Wenn man die geographischen Rassen einer variablen Art betrachtet, so zeigt sich, daß im allgemeinen, je nördlicher das Vorkommen der Vögel ist, umso heller ihre Färbung wird. (Z. B. Sitta, Dryobates etc.) Als vermutliche Ursache hat man Kälte und Lichtmangel betrachtet, da nun aber die gleichen Unterschiede zwischen östlichen und westlichen Formen statthaben oder zwischen solchen von Hochgebirge und Ebene, kann es der Lichtmangel nicht sein und es bleibt als wahrscheinlicher Faktor die Kälte übrig. In kalten Gegenden zeigen viele Vögel eine Tendenz zur Depigmentierung der Melanie, vor allem der Phäo., später auch der Eumelanine. Dieselbe Erscheinung findet sich im Gegensatz von Sommer- und Winterkleidung mancher Vögel und anderer Tiere.

Es ist klar, daß bei einer solchen Ableitung ursächlicher Wirkungen die Wahrscheinlichkeit umsomehr größer wird, je mehr Vögel- oder Vogelarten im gleichen Sinne reagieren, und 2. je mehr es gelingt, andere Ursachen wie in diesem Falle den Lichtmangel auszuschalten. Es wird also all diesen Schlüssen vorläufig nur ein mehr oder weniger hoher Prozentsatz an Wahrscheinlichkeit zugesprochen werden dürfen. Man kann nun aber nicht umgekehrt daraus schließen, daß eine Reihe von Vögeln diese Tendenz der Depigmentierung in der Kälte nicht zeigt, daß deshalb der von andern Vögeln abgeleitete Schluß falsch sei. Wir wissen ja, daß es veränderliche und weniger veränderliche Arten gibt, veränderliche werden auf einen Reiz schon reagieren, wenn die beständigeren Arten dies noch lange nicht tun. Unveränderlichkeit einiger Arten ist also

noch kein Gegenbeweis. (Ein Vergleich: weiche Gesteine kann ich mit dem Nagel ritzen, härtere nur noch mit dem Messer, ganz harte auch damit nicht mehr. Ich kann nun daraus, daß ich bei sehr hartem Gestein weder mit Nagel noch mit Messer Ritzspuren erzeugen kann, nicht schließen, daß dies bei weichen auch nicht geht.) Schwieriger wird die Sachlage in den Fällen in denen einzelne Arten umgekehrt reagieren (mir ist dies für die Kälte nicht bekannt, aber ich spreche im allgemeinen). Das kann an zwei Ursachen liegen, die eine (und die wird die häufigere sein) ist die, daß hier noch unbekannte Einflüsse, die wir nicht in Betracht gezogen haben, mitsprechen, oder aber die andere, daß tatsächlich diese Arten anders reagieren. Wir haben bei den Organismen ja nie die einfachen Tatsachenzusammenhänge, wie z. B. bei physikalischen Experimenten, sondern die Tiere bilden höchst komplizierte organische Systeme, die an sich mehr oder weniger verschieden, auch verschiedene Antworten auf bestimmte Einwirkungen zeigen können. Dann aber gilt es für uns, diese Arten abzugrenzen und in ihrer Besonderkeit zu erforschen, und wir müssen uns vor Augen halten, daß an bestimmten Tieren oder Tiergruppen gewonnene Erkenntnisse zunächst auch nur für eben diese Tiergruppen gelten.

Wir können also mit dieser Einschränkung mit Görnitz sagen: Kälte bewirkt eine Verminderung der Melanine und zwar zunächst der Phäomelanine, später auch der Eumelanine. Umgekehrt wirkt Feuchtigkeit und Wärme. In feuchtwarmem Klima (tropische Inseln) läßt sich eine Zunahme der Melanine, ein mehr oder weniger ausgesprochener Melanismus erkennen.

Trockenheit dagegen führt zu einer Verminderung der Eumelaninbildung und damit zu einer relativen ev. aber auch zu einer absoluten Vermehrung der Phäomelanine. Das Resultat davon ist eine gelbbraune Gefiederfärbung, wie sie den Wüstenvögeln eigen ist. Auch hier muß aber erwähnt werden, daß die sog. Phäomelanine wahrscheinlich keine einheitlichen Farbstoffe sind. Alles dies sind Schlüsse aus dem Vergleich geographischer Rassen mit der Betrachtung der klimatischen Besonderheiten der bewohnten Gebiete. Im wesentlichen hat sich dabei eine Veränderlichkeit der Melanine ergeben, während die Fettfarbstoffe relativ beständig sind, nur die gelben Lipochrome zeigen eine ausgesprochene Verminderung durch die Trockenheit. Also: Melanine nehmen zu bei Wärme, Feuchtigkeit. Melanine nehmen ab bei Kälte, Eumelanine auch bei Trockenheit, gelbe Lipochrome nehmen ab bei Trockenheit.

Phänotypische Experimente.

Wir haben bei der Beurteilung der bisher erwähnten Beobachtungen einige Vorbehalte machen müssen, einfacher liegen die Verhältnisse, wenn wir im Experiment künstlich nur einen Faktor variieren und aus den abgeänderten Resultaten dann auch die Wirkung dieses einen Faktors isolieren und erkennen können. Leider liegen über die Wirkung äußerer, besonders klimatischer Faktoren bisher nur sehr wenig Experimente vor. Durch Anwendung von Wärme und Feuchtigkeit haben Beebe und Set-Smith bei einer Reihe von Vögeln Melanismus und darüber

hinaus gelegentlich Schillerstrukturen erzeugen können (*Scardafella inca*), dadurch erzielten sie eine Annäherung dieser Tiere an geographische Rassen der gleichen Art, die in feuchtwarmem Klima vorkommen. Wir haben also hier eine schöne Uebereinstimmung der experimentellen Ergebnisse mit den von der Betrachtung der geographischen Rassen und ihrer Abhängigkeit von den klimatischen Bedingungen abgeleiteten Schlüssen. Leider aber sind ähnliche Experimente, wie gesagt, bisher nur sehr wenig durchgeführt worden. Melanismus ist dann noch öfters bei Käfigvögeln beobachtet worden und zwar bei Darbietung von Hanf, Obstkernen etc., hier meist bei einseitiger (z. B. Hanf ist tryptophanarm) und ungewohnter Nahrung, mitunter auch bei anderen, meist schlechten Lebensbedingungen. Diese Tiere sind dann meist struppig und kränklich im Gegensatz zu den gesund aussehenden Vögeln, deren Melanismus in Wärme und Feuchtigkeit entstanden war. Wir haben hier offenbar zwei ganz verschiedene Formen der verstärkten Melaninbildung vor uns, die eine geht unter krankhaften Erscheinungen, die andere dagegen unter optimalen Bedingungen vor sich. Das beschränkt sich nicht auf die Vögel, die gleiche Tatsache: Melaninbildung bei Erkrankung und Melaninbildung bei Steigerung der Lebensvorgänge sind vielfach bei den Tieren bekannt. Wir haben für die Entstehung des Melanins erwähnt, daß es aus dem Zusammentreffen einer farblosen Pigmentvorstufe, im allgemeinen dem Tyrosin mit einem oxydierenden Ferment, der Tyrosinase hervorgeht. Die Melaninbildung ist also ein Oxydationsprozeß und es ist erklärlich, daß bei einer Steigerung der Lebensvorgänge unter optimalen Bedingungen durch die Erhöhung des Stoffwechsels vermehrte Oxydationsprozesse einsetzen, welche eine gesteigerte Melaninbildung zur Folge haben. Erhöhte Melaninbildung unter optimalen Bedingungen erscheint darnach verständlich. Nun ist aber die Pigmentvorstufe, das Tyrosin ein Eiweißbestandteil, der als Abfallprodukt des Eiweißzerfalls auftritt. Kommt es nun im Krankheitsfall zum pathologisch vermehrten Eiweißzerfall, so bildet sich eine große Menge des Chromogens im Körper aus und dies wird wiederum der Anlaß einer gesteigerten Melaninbildung sein können. In diesem Falle hat die Oxydation des Tyrosins zum Melanin offensichtlich die Bedeutung, Stoffwechselprodukte, deren Anreicherung im Körper verhängnisvoll werden könnte in eine unschädliche Form eben das Melanin überzuführen. Die Melaninbildung in diesem Fall könnte man als eine Verbrennung von Stoffwechselschlacken, als eine exkretorische Bildung auffassen. Wir haben also Melanismus unter zwei entgegengesetzten Lebensbedingungen, einmal als Ausdruck erhöhter Stoffwechselfvorgänge unter optimalen Bedingungen und zweitens als exkretorischen Vorgang zum Unschädlichmachen sich anhäufender Stoffwechselschlacken im Krankheitsfall. Melanismus unter optimalen Bedingungen scheint unter der Leitung des Nervensystems zu stehen und damit ist die Möglichkeit gegeben, daß einzelne Reize im besonderen für den Prozeß der Melaninbildung von Bedeutung sind. Bei Insekten sind das Lichtwirkungen bestimmter Art, bei Vögeln wissen wir darüber noch zu wenig. Der zweite Vorgang Pigmentbildung als exkretorischer Prozeß ist im Tierreich vielfach in gemilderter Form eine normale Erscheinung, so können durch Exkretionsvorgänge Pigmente entstehen, die nicht ausgeschieden, sondern

als Körperfarbe verwandt werden, z. B. rote Exkretfarben bei den Vassenen oder Harnsäure beim Kohlweißling zur Erzielung der Flügelfärbung oder Guanin bei Fischschuppen und dergleichen mehr. Sogar das Turacin der Helmvögel oder die Eifarben der Vogeleier scheinen Exkretfarbstoffe zu sein.

Ueber den Albinismus wollen wir uns kurz fassen. Er scheint bei Rassen infolge von Kälte und Trockenheit; phänotypisch durch Alter und schlechte Lebensbedingungen also als eine Defekterscheinung aufzutreten, kann aber auch zum Beispiel beim Chlorochroismus durch verstärkte Oxydation entstehen. Auch hier sind die Verhältnisse keinesfalls geklärt.

Carotinoide.

Ueber die Lipochromfarbstoffe wissen wir eigentlich noch weniger. Sie scheinen mehr von der Art der Nahrung als von klimatischen Einflüssen abhängig zu sein. Bekannt ist nur, daß die Fettfarbstoffe mancher Käfigvögel reduziert werden und, daß durch die Nahrung Einfluß auf die Lipochrombildung ausgeübt werden kann. Das aber führt zu der Frage, ob die Fettfarbstoffe überhaupt im Tier gebildet oder von der Nahrung übernommen werden. Diese Frage wird zunächst durch die Verwandtschaft der tierischen Fettfarbstoffe mit dem Karotin der Möhre oder dem Xanthophyll der Blätter aufgeworfen, zum zweiten aus der Tatsache wahrscheinlich, daß diese pflanzlichen Farbstoffe oft nachweisbar in den Tierkörper übergehen, so z. B. das Xanthophyll der Blätter in die Kuhbutter oder das Karotin der Rüben in das Hautgewebe kleiner Kinder oder schließlich das Xanthophyll der Blätter ins Eidotter der Vogeleier. Gerade der letzte Fall ist für uns besonders interessant (Palmer). Auch bei der Vogelfeder hat man in dieser Hinsicht deutliche Erfolge erzielen können z. B. die Rotfärbung der Federn der Kanarienvögel nach Fütterung mit Cayennepfeffer und dergleichen mehr. Die Uebernahme bestimmter pflanzlicher Farbstoffe, der Carotinoide in den Tierkörper und auch in die Feder ist also damit bewiesen. Damit ist noch nicht gesagt, daß sämtliche Fettfarbstoffe aus der Nahrung stammen müßten. Das Tier könnte ja auch neben der Uebernahme noch selbständig Carotinoide herstellen. Dies läßt sich nur dann mit einiger Sicherheit ausschließen, wenn bei Verabreichung ganz carotinfreier Nahrung die Fettfarbstoffbildung im Tierkörper unterbleibt. Dieser Nachweis ist Palmer beim Eidotter gelungen. Ueber die Bildung der Fettfarbstoffe der Vogelfeder hat uns Desselberger unterrichtet. Wir haben daher zur Zeit für die Vogelfedern folgende Sachlage, wir wissen, daß einzelne Carotinoide in die Federn übernommen werden können, wir wissen ferner durch Desselberger über die histologische Bildung der Fettfarbstoffe in der Feder Bescheid, wir wissen aber noch nicht, ob diese Farbstoffe stets aus der Nahrung stammen müssen, ja nicht einmal, ob dies überhaupt den Normalfall vorstellt. Es fragt sich daher zunächst, ob bestimmte verfütterte Farbstoffe, wie der Cayennepfeffer auf dem gleichen Wege in der Federanlage erscheinen wie der natürliche Farbstoff; das würde auf eine prinzipielle Aehnlichkeit beider Vorgänge hinweisen. Es fragt sich ferner, ob der in der Feder nachweisbar erscheinende verfütterte Farbstoff chemisch dem

natürlichen eng verwandt sein muß, oder, ob bei Mangel an Carotinoiden in der Nahrung eine Lipochrombildung in der Feder unterbleibt. Das sind Fragen, mit denen sich zur Zeit *Stadie* hier in Breslau beschäftigt.

Hormone.

Wir haben bisher die Federn gewissermassen für sich allein betrachtet. Es ist natürlich klar, daß alle äußeren Bedingungen auf dem Umweg der Körperbeeinflussung auf die Feder erst wirken können. Es erweist sich aber dazu, daß überhaupt die Federn beinahe ständig von der allgemeinen Körperbeschaffenheit abhängig sind, das zeigt sich einmal in der Beziehung der Federzeichnung zur Zeichnung der benachbarten Feder, im besonderen aber experimentell in den Fällen, in denen eine Umfärbung des Gefieders in der Mauser eintritt. Werden nämlich bei solchen Tieren in der Zwischenzeit zwischen den Mauserperioden die Federn entfernt, so kann entweder eine abnorme Scheckung oder eine Zwischenfärbung bei den neuwachsenden Federn die Folge sein. Wird z. B. bei der Wiener Weißschildtaube (*Kuhn*), die im Jugendkleid ein rotes oder gelbes Farb-



kleid trägt und erst später einen weißen Schild bekommt, in der Zwischenzeit die Federbildung angeregt, so wird der Spitzenteil der neu entstehenden Schildfedern rot, der basale Teil weiß. Rot- und Weißfärbung hängt von dem jeweiligen Körperzustand des Tieres ab, und der Pigmentumschlag in der Feder ist das sichtbare Zeichen des Umschlags der Körperbeschaffenheit. In andern Fällen, bei Möwen, entsteht im ähnlichen Experiment eine Mischfärbung (*Stadie*). Das Primäre ist also hier ein Umschlag des Körpers oder einzelner Körperregionen und dadurch wird eine wechselnde Pigmentierung der Federn bewirkt. Ein solcher Einfluß des Körpers auf die Federbildung läßt sich besonders deutlich an den Federn beobachten, deren Färbung von dem Sekret bestimmter Drüsen, vor allem der Geschlechtsorgane, abhängig ist. Werden Hennen kastriert, so erfolgt eine Umfärbung des weiblichen Gefieders zur Hahnenfedrigkeit oder wenn einem kastrierten Hahn Ovarien implantiert werden, so wird das Farbkleid weiblich. Beides sind Fälle, in denen der spezifische Einfluß der Geschlechtsdrüsen auf die Gefiederfärbung deutlich wird. Wir müssen uns diesen Einfluß so vorstellen, daß in diesem Falle von der Keimdrüse (im andern Falle von andern

innersekretorischen Drüsen) bestimmte Stoffe, sog. Hormone ins Blut ausgeschieden werden, die durch den Blutkreislauf verteilt einen bestimmenden Einfluß auf die Federn ausüben. Die Federfärbung ist also vielfach abhängig vom Körperzustand, im speziellen abhängig von der Tätigkeit innersekretorischer Drüsen, von denen wir als wichtigste die Geschlechtsdrüse angeführt haben. Entfernung oder Transplantation solcher Drüsen kann uns im Zweifelsfalle Gewißheit von der Wirkung dieser Organe auf die Gefiederfärbung geben. Die Umfärbung von Sommer- zu Winterkleidung, von Jugend zu Alter, männlich und weiblich sind im allgemeinen solche hormonal eingeleiteten Vorgänge.

Mit dieser Abhängigkeit der Federn vom Körperzustand ist nicht gesagt, daß dem Federindividuum keine Eigengesetzlichkeit zukommt. Wird eine wachsende Feder entfernt, so zeigt die neu sich bildende den gleichen Zeichnungstyp, wie ihre Vorgängerin und beginnt nicht etwa mit dem Stadium, in welchem die erste entfernt wurde. Hier ist also die Federfärbung ein Vorgang, der innerhalb der einzelnen Federanlage festgelegt ist.

Wir haben also bei der Federfärbung offensichtlich verschiedene Prozesse, einmal solche, die innerhalb des Federindividuum liegen und zweitens solche, mit denen der Körper seinen Einfluß auf die Federfärbung ausübt. Diese Vorgänge sind z. T. noch wenig erforscht. Man hat z. B. die oft rythmische Ausbildung der Pigmente gezeichneter Federn auf rythmische chemische Vorgänge zurückgeführt und sie durch rythmische Niederschlagsbildung in Gelatine nachzubilden versucht (Liesegang'sche Strukturen). In jedem Falle ergeben sich hier viele und interessante Fragen über die Gesetze, die innerhalb der einzelnen Feder wirksam sind, und über die Zusammenhänge, mit denen der Organismus als Ganzes über die Ausbildung seiner Teile, hier also die Ausbildung der Gefiederfärbung, das entscheidende Wort hat.

Auf diese Fragen hinzuweisen und eine kurze Uebersicht des bisher Bekannten zu geben, sollte der Sinn dieses Vortrags sein.