von Säugern mit schwachen Pyramiden: sie enthalten im dorsalen Teil die durch Brückenbahnen und wohl auch durch die wenigen Pyramidenstränge verstärkten Lemnisci mediales und, durch eine Substantia nigra davon getrennt, die gekreuzten Brücken-Vorderhirnbahnen des Hirnstielfußes. In ihrer Bedeutung noch nicht aufgeklärt sind dorso-ventrale Fasern der Haube, die vom Fasc. longitud. dors. zu Brückenkernen ziehen.

Als ein Novum, das anderen Säugetieren, auch *Ornithorynchus*, fehlt, wird unter dem Namen „Zonalfasern" eine starke Leitungsbahn beschrieben, die sich in schmaler dichter Lage oberflächlich dem Tuberculum trigemini anlegt. Mit beginnendem Austritt des Nerven gelangen die Zonalfasern mehr medial; sie schließen sich, den Brückenschnabel bildend, den Brückenfasern an, und treten in der Decussatio pontis ununterbrochen in den Pes pedunculi der anderen Seite ein. Verf. vermutet darin eine sekundäre spino-cerebrale sensible Leitung, die mit der Lissauer'schen Randzone zusammenhängt.

Ueber die Hirnnerven wird außer dem schon Gesagten berichtet, dass beim Schnabeltier mit der auffallenden Mächtigkeit des Trigeminus die Schwäche des Hörnerven, des Facialis und der Augenbewegungsnerven stark kontrastiert. Sehr gut entwickelt ist dagegen der Acusticus bei *Echidna*, wo auch, wohl als Folge davon, Oliva superior und Lemniscus lateralis sowie das hintere Vierhügelpaar außergewöhnlich groß sind.

Refer. schließt sich endlich ganz dem Wunsche des Verf. an, dass durch weitere Untersuchungen auf diesem Gebiete unsere Kenntnisse bald vervollständigt werden. Es ergäbe sich daraus eine gute Basis für vergleichend-morphologische Studien, wie sie übrigens durch den Verf. schon eingeleitet werden, wenn er die Beziehungen aufsucht zwischen der Ausbildung der einzelnen Nerven und Gehirnteile einerseits und dem Entwickelungszustand der Muskulatur und der Sinnesorgane anderseits. Dass dabei auch Hinweise auf die Verhältnisse bei anderen Säugetieren und beim Menschen nicht fehlen, ist bei einem Autor wie Kölliker selbstverständlich. **Bühler (Zürich).** [84]

Die gelben und roten Farbstoffe der Vanessen.

Von **Dr. M. Gräfin v. Linden (Bonn).**

(Schluss.)

Salze des roten Vanessenfarbstoffes.

Die Lösungen des roten Vanessenpigmentes verhalten sich wie eine Säure. Blaues Lackmuspapier wird in Berührung mit der Lösung gerötet, ebenso blaues Lackmoidpapier. Rotes Lackmoidpapier behält seine Farbe, wenn es mit der Lösung betupft wird.

Auch gegenüber Kochenilletinktur zeigt der Vanessenfarbstoff die Natur einer Säure, indem er die rote Kochenillelösung nicht bläut, wie es z. B. saure Salze zu thun pflegen.

Mit den Metallen der alkalischen Erden Calcium und Baryum bildet der Farbstoff schön gefärbte und gut krystallisierte Salze. Aus Kalkwasser fällt das in wässeriger Lösung eingeführte Pigment nach sehr kurzer Zeit als gelbrot gefärbter Niederschlag aus, nach ungefähr 24 Stunden bilden sich dann in einem solchen Niederschlag doppelbrechende, sphärisch gebaute, aus vielen schmalen Nadeln gefügte Krystalldrusen. Die Farbe dieser Krystalle ist gelb. Wird die Farbstofflösung statt in Calciumhydroxyd in Baryumhydroxyd eingetragen, so entsteht ebenso das mehr rosa wie gelb gefärbte Baryumsalz, das in seinem Bau keine wesentlichen Unterschiede gegenüber dem des Calciumsalzes zu erkennen giebt. Auch in ihrem optischen Verhalten zeigen sich die Salze beider Metalle vollkommen identisch. Mit den Metallen der Zink- und Silbergruppe habe ich mit Ausnahme des Quecksilbers keine krystallinische Verbindung des Farbstoffes erzielen können. Das Quecksilbersalz ist braunrot gefärbt und bildet sphärische Krystalle.

Chemische Natur, Funktion und Entstehung des roten Vanessenpigmentes.

Es ist nach allen im vorhergehenden mitgeteilten Reaktionsergebnissen höchst wahrscheinlich, dass wir es in dem roten Farbstoff der Vanessen mit einem an Eiweiß gebundenen Körper zu thun haben. Sein Verhalten gegen Lösungs- und Fällungsmittel, das positive Ergebnis der Xanthoproteïn- und der Millon'schen Reaktion lassen eine solche Schlussfolgerung notwendig erscheinen. Von den allgemeinen Eiweißreaktionen zeigt das Vanessenpigment nur die Biuretprobe in wenig ausgesprochener Weise, offenbar deshalb, weil sowohl die Eigenfarbe der Lösung, wie auch ihr Zuckergehalt das Erscheinen der Reaktionsfarbe ungünstig beeinflusst. Auch das Auftreten von freiem Zucker im Farbstoff spricht keineswegs gegen seine Proteïdnatur, nachdem Pavy gezeigt hat, dass alle Proteïdsubstanzen zu den Glykosiden zu rechnen sind, dass sie alle unter den verschiedensten Bedingungen durch die Einwirkung von Fermenten, von Säure, Alkalien, von Wasser bei erhöhter Temperatur, Spaltungsprozesse durchmachen, deren eines Produkt Zucker ist, und dass ferner freier Zucker in allen Körpergeweben angetroffen wird.

Es bleibt nun zu entscheiden, welcher Gruppe von Eiweißkörpern unser Farbstoff wohl am nächsten steht. Am meisten Aehnlichkeit hat das Verhalten des roten Farbstoffes mit demjenigen der Albumosen und der Histone. Beide Substanzen

haben z. B. mit dem Vanessenpigment die Reaktion gemein, durch wenige Tropfen Salpetersäure aus ihren Lösungen in einen Niederschlag verwandelt zu werden, der sich beim Erhitzen löst, um beim Erkalten wiederzukehren.

Die Möglichkeit, den Farbstoff durch kaltes und heißes Wasser zu lösen, schließt seine Zugehörigkeit zu den Heteralbumosen von vornherein aus, und seine Fällbarkeit durch Kupfersulphat weist darauf hin, dass er den Protalbumosen am nächsten steht. Eine Reaktion unterscheidet indessen den Farbstoff, wenigstens den Exkrementefarbstoff von den Protalbumosen, nämlich seine geringe Löslichkeit im Ueberschuss von Essigsäure. Sein Verhalten gegen Essigsäure bildet indessen auch einen wesentlichen Unterschied gegenüber demjenigen der Histone, mit denen der Eiweißkörper im übrigen manche Aehnlichkeit hat. Histone sind durch Essigsäure überhaupt nicht fällbar.

Besonders charakteristisch ist für den Farbstoff die Eigenschaft, wie die Histone aus salzsaurer Lösung durch Ammoniak gefällt zu werden. Der so entstandene Niederschlag ist auch im Ueberschuss von Ammoniak nicht löslich.

Eine weitere Reaktion, die den dem Exkremente- und Darmfarbstoff der Vanessen zu Grunde liegenden Eiweißkörper von den Albumosen unterscheidet, ist seine Fällbarkeit durch Kohlensäure.

Außer den Globulinen ist von allen anderen Eiweißkörpern nur das Globin des Blutfarbstoffes durch Kohlensäure fällbar; dieses gehört aber ebenfalls zur Gruppe der Histone.

Die Salzfällungsverhältnisse des untersuchten Farbstoffes sprechen andererseits wieder sehr deutlich für seine Albumosennatur. Während Histone schon durch verdünnte Salzlösungen niedergeschlagen werden, gelingt eine Fällung der Albumosen und des Farbstoffes nur durch sehr konzentrierte Salzlösungen. Ferner werden Histone bei Zusatz von Chlornatrium in der Hitze gefällt, während die Lösungen des roten Vanessenpigmentes weder ohne noch mit Salzzusatz in der Hitze koagulierbar sind. Auch dieses Verhalten zeigt, dass der Eiweißkörper des Farbstoffes den primären Albumosen näher steht wie den Histonen.

Seiner chemischen Natur nach wäre somit der dem roten Vanessenpigment zu Grunde liegende Eiweißkörper als ein Zwischenprodukt hydrolytischer Spaltung eines Proteïns zu betrachten, eine Folgerung, für die mir auch schon die Bildungsstätte des Farbstoffes, der Insektendarm, zu sprechen scheint. Von allen hierhergehörenden Produkten der Verdauung unterscheidet sich aber das Vanessenpigment durch eine außerordentlich große Verwandtschaft zum Sauerstoff, durch das Vermögen, diesen locker zu binden und leicht wieder abgeben zu können. Diese Fähigkeiten bringen ihn den respiratorischen Pigmenten nahe, die selbst Ei-

weißkörper sind oder denen wenigstens ein solcher zu Grunde liegt. Da der Farbstoff eisenhaltig ist, so werden wir ihn in erster Linie mit den im ganzen Tierreich verbreiteten Farbstoffen der Hämatinreihe zu vergleichen haben. In vieler Hinsicht erinnert uns das Vanessenpigment an den roten Blutfarbstoff, an das Hämoglobin, das, wie zahlreiche Untersuchungen gelehrt haben, auch bei wirbellosen Tieren in der Blutflüssigkeit gelöst angetroffen wird. Identisch mit Hämoglobin ist aber das rote Vanessenpigment keinen Falles, was schon mit Sicherheit aus dem spektralen Verhalten des Farbstoffes hervorgeht. Die Bänder des Hämoglobins liegen im grünen Teil des Spektrums, das stärkste Absorptionsband des Vanessenpigmentes findet sich im Blaugrün. Dessen ungeachtet ist eine Verwandtschaft beider Farbstsoffe nicht zu leugnen. Ich erinnere z. B. an die leichte Zersetzbarkeit beider Pigmente, die durch die verschiedensten Eingriffe (Säuren, Alkalien, Wärme) in ihre Komponenten, den Farbstoff und den Eiweißkörper gespalten werden. Außerdem ist bei beiden Pigmenten das Spektrum des oxydierten Farbstoffes ein ganz anderes wie das des reduzierten, und schließlich sei noch erwähnt, dass ähnlich wie der Blutfarbstoff auch das Vanessenpigment mit Eisessig und Kochsalz in der Wärme rotbraune bis schwarzbraune Zersetzungsprodukte liefert, die lebhaft an Häminschollen erinnern. Entscheidend für die Aufstellung verwandtschaftlicher Beziehungen zwischen beiden Pigmenten scheint mir indessen das positive Ergebnis der Gmelin'schen Reaktion und das dem Urobilin ähnliche Spektrum des Vanessenpigmentes zu sein. Die erstere zeigt uns unzweideutig die Gegenwart eines dem Gallenpigment ähnlichen oder mit ihm identischen Farbstoffes an, das letztere die Anwesenheit von Harnfarbstoff. Da aber sowohl Bilirubin wie auch Urobilin als Abkömmlinge des Blutfarbstoffes zu betrachten sind, so ist eine Beziehung des Hämoglobins zum roten Vanessenpigment nicht abzustreiten.

Da Gallen- und Harnfarbstoff im Wirbeltierkörper als Spaltungsprodukte des Blutfarbstoffes auftreten, so muss es befremden, hier im Insektenorganismus ganz ähnliche Pigmente enttehen zu sehen, ohne die Anwesenheit einer dem Hämoglobin bezw. dem Hämatin identischen Muttersubstanz nachweisen zu können. Die Ergebnisse der vergleichenden Physiologie zeigen uns indessen, dass nicht nur die dem Gallen- und Harnfarbstoff ähnlichen Spaltungsprodukte des Hämatins, sondern, dass selbst das Hämatoporphyrin und die Myohämatine in den Geweben erscheinen, ohne dass im Blut dieser Tiere Hämoglobin nachweisbar ist.

Nachdem wir nun den roten Farbstoff der Vanessen als ein Eiweißpigment kennen gelernt haben, das sich nach seinem Verhalten zum Sauerstoff als respiratorisches Pigment darstellt und

außerdem durch einen ausgesprochenen Zuckergehalt gekennzeichnet ist, dürfte es nicht allzu schwierig sein, die Frage zu erörtern welche Funktionen diesem Farbstoff im Körper der Insekten wohl zukommen mögen. Nach allem, was ich auch sonst über das Vorkommen und die Verteilung des Pigmentes wahrgenommen habe, ist die Annahme berechtigt, dass die physiologische Rolle des Farbstoffes eine zweifache ist. In erster Linie schreibe ich dem Farbstoff die Rolle eines Sauerstofffträgers zu, der wie der Blutfarbstoff dazu geeignet ist, um die Oxydationsvorgänge im Körper zu unterhalten, und der wie der Blutfarbstoff schon durch seine Farbe, auf seinen Sauerstoffgehalt schließen lässt. Der rote Farbstoff unterhält, mit anderen Worten gesagt, die Atmung der Insekten. Deshalb finden wir ihn auch überall da abgelagert, wo anatomisch die Bedingungen zu lebhaftem Stoffwechsel gegeben sind, in der äußeren Haut, in den Tracheen, im Blut. Außerdem halte ich es für erwiesen, dass der Farbstoff gleichzeitig einen wichtigen Anteil an der Ernährung des Insektes nimmt, dass er vielleicht sogar für die Bildung von Reservenahrung, von Fett, von Bedeutung ist. Diese Annahme findet ihre Stütze einmal in dem Zuckergehalt des Farbstoffes, dann aber auch darin, dass auf der Wanderung in die Schuppen der Farbstoff an Eiweiß nachweisbar ärmer wird; dieses Eiweiß wird verbraucht während der Puppenperiode, wo der Organismus auf seine Reservestoffe allein angewiesen ist. Ein anderer Grund, warum ich den untersuchten Farbstoff auch als Reservenahrung betrachten möchte, ist ferner der, dass die in der Raupe und Puppe der Vanessen sehr häufig vorkommenden, parasitisch lebenden Tachinenlarven, sämtlichen roten Farbstoff des Schmetterlings in ihren Darm aufnehmen und während ihrer Puppenentwickelung verbrauchen.

Als Bildungsstätte dieses seiner Natur nach ebenso interessanten wie seiner Funktion nach wichtigen Farbstoffes ist, wie bereits nachgewiesen wurde, der Darm der Raupe zu betrachten. Als Bildungsmaterial glaubte ich schon früher die mit der Nahrung aufgenommenen Pflanzenpigmente ansehen zu müssen. Diese auch durch die Experimente Poulton's — derselbe hat nachgewiesen, dass die grünen und gelben Farbstoffe der Raupenhaut nur dann gebildet werden können, wenn die Raupen chlorophyll- oder etiolinhaltige Nahrung zu sich nehmen — gestützte Vermutung hat sich inzwischen durchaus bestätigt. Ich fand, dass der grüne Farbstoff des Chlorophyllkornes unter bestimmten Verhältnissen in der Pflanzenzelle dieselben Umwandlungen erfährt wie das grüne, durch die Darmepithelzellen resorbierte und in den roten Farbstoff verwandelte Pigment. Auch aus dem grünen Farbstoff des Chlorophyllkorns geht, wie ich bis jetzt feststellen

konnte, unter dem Einfluss verdünnter Säuren ein roter Körper hervor, der wie der Darmfarbstoff Krystalle bildet, die sich auch optisch den roten Darmfarbstoffkrystallen analog verhalten. Auf Darmpräparaten von Puppen der *Vanessa io,* die noch Darminhalt enthalten und nun schon seit etwa zwei Jahren in Glyzeringelatine eingebettet liegen, lässt es sich verfolgen, wie sich aus den Trümmern des Chlorophyllkornes Farbstoffe bilden, die durch eine Reihe von Zwischenstufen hindurch vom grüngelben Körnchen bis zur schön ausgebildeten karminroten Krystalldruse führen. Diese Umwandlung geht in folgender Weise vor sich: Das Chlorophyllkorn verwandelt sich in grüne tröpfchenförmige Gebilde. Diese werden missfarbig und gehen entweder ganz oder teilweise in eine amorphe zuerst gelbe, dann karminrote Masse über, oder aber es bilden sich in diesen Tröpfchen feine Krystallnadeln, die oft sehr deutlich klinorhombischen Bau zeigen. Sehr häufig schießen die Nadeln aus der Peripherie der Tropfen aus, so dass ein drusenförmiges Gebilde entsteht, dessen Centrum durch den Tropfen, der die Mutterlauge der Krystalle vorstellt, gebildet wird. In vielen Pflanzenzellen bleibt die Form des Chlorophyllkornes, das dann meistens noch grünen Farbstoff enthielt, erhalten. Diese Körner erscheinen dann von den roten Farbstoffkrystallen oft wie gespickt. In anderen Chlorophyllkörnern ist der Farbstoff amorph eingelagert, wieder in anderen Pflanzenzellen liegen statt der Chlorophyllkörner nur noch größere oder kleinere Drusen schön ausgebildeter karminroterKrystalle.

Wo nun die Chlorophyllkörner diese Umwandlung in rote und gelbe Farbstoffe nur zu kleinerem Teil erfahren haben, zeigen sie überall ganz deutlich das Absorptionsspektrum des Chlorophyllans. Dort aber, wo die Verfärbung eine allgemeinere geworden ist, beobachten wir ein ganz anderes Absorptionsspektrum und zwar dasjenige des roten Vanessenfarbstoffes oder des Urobilins. Was sich hier im Präparat innerhalb der Pflanzenzelle vollzieht, die Umwandlung des grünen in roten Farbstoff, erfolgt, so lange die Raupe Nahrung zu sich nimmt, zum Teil im Darm, zum Teil im Körperepithel, zum Teil im Blut, denn alle Säfte und Gewebe enthalten die grüne oder grüngelbe Muttersubstanz des Pigmentes, das, wie wir im vorhergehenden gesehen haben, durch Subtraktion oder durch Addition von Sauerstoff, die verschiedensten Färbungen annehmen kann.

Es ist nicht zu bestreiten, dass der einerseits in den Epithelzellen des Raupendarmes andererseits in den Pflanzenzellen des Darminhaltes sich bildende rote Farbstoff durch seine Krystallform, seine Farbe, seine saure Reaktion, sein Absorptionsspektrum und schließlich besonders auch durch das positive Ergebnis der Lipocyaninreaktion lebhaft an die roten Karotine erinnert. Aller-

dings ist er bezüglich seiner Löslichkeit von jener Farbstoffgruppe deutlich verschieden. Wie wir indessen durch die Versuche von M. Newbigin wissen, werden die Karotine in ihrer Löslichkeit sehr erheblich durch die Beschaffenheit der Lösungsmittel beeinflusst. So wird z. B. das an sich nicht wasserlösliche Krustaceorubin der Krebse von Eiweißlösungen leicht aufgenommen und kann aus diesen durch eiweißfällende Mittel niedergeschlagen werden. Sollte auch in dem vorliegenden Fall aus dem Chlorophyll ein karotinartiger Körper gebildet werden, der, selbst eine Säure, mit einem histon- oder albumoseartigen Eiweißkörper eine Verbindung eingeht, wie sie im Blutfarbstoff durch das saure Hämatin mit dem basischen Globin gegeben ist? Sollte es gelingen, die Identität der färbenden Komponente des Karotins mit derjenigen des Vanessenpigmentes nachzuweisen, so wäre dies um so interessanter, weil sich dann auch die Karotine als den Gallen- und Harnfarbstoffen nah verwandte Umwandlungsprodukte des Chlorophylls erweisen würden, eine Annahme, die auf Grund chemischer Untersuchungen als eine durchaus nicht unberechtigte zu betrachten ist. Vergl. v. Pechmann: Ber. deutsch. chem. Ges. 15, 885 und 891 und L. Marchlewski: Chlorophyll, Hämoglobin und Lipochrome. Zeitschr. physiol. Chem. 38, 196—979/5, 1914.

Es würde sich damit bestätigen, was schon früher von Gautier gesagt worden ist, dass nämlich das Chlorophyll ein dem Bilirubin, dem Gallenfarbstoff, nah verwandter Körper sei. Eine derartig nahe Beziehung zwischen dem Chlorophyll und dem Bilirubin kann um so weniger überraschen, da die neuen Forschungen Nencki's, Küster's, Zaleski's, Marchlewski's auf chemischem Wege dargethan haben, wie nahe sich der grüne Pflanzenfarbstoff und der Blutfarbstoff stehen. Ob wir in der färbenden Komponente des roten Lepidopterenpigmentes wirklich ein Gemisch von echtem Gallen- und Harnfarbstoff vor uns haben, kann wohl nur die Elementaranalyse der Substanz mit Sicherheit darthun, so viel steht aber jetzt schon fest, dass aus dem Chlorophyllkorn und ebenso aus dem von dem Insektendarm resorbierten Chlorophyll Spaltungsprodukte hervorgehen, die in ihrer Krystallform, ihrem Absorptionsvermögen und allen wichtigen Reaktionen mit den als Harn- und Gallenfarbstoffen bekannten Derivaten des Blutfarbstoffes sehr gut übereinstimmen.

Neu ist allerdings, dass solche dem Bilirubin und Urobilin ähnliche Pigmente an eiweißartige Körper gebunden und eisenhaltig sind und in dieser Verbindung ganz ausgesprochen die Fähigkeit besitzen, Sauerstoff locker zu binden, ihn leicht aufzunehmen und leicht wieder abzugeben und dass sie, indem sie mit ihrem Sauerstoffvorrat die Atmung unterhalten, eine wichtige Rolle im Organismus ihrer Träger spielen.

Den verschiedenen Färbungen der Insektenhaut, der Farbenpracht auf den Schmetterlingsflügeln, liegt danach nichts anderes zu Grunde wie die verschiedenen Oxydationsstufen eines Pigmentes, das selbst wieder aus den Farbstoffen der die Nahrung bildenden Pflanzenzellen der Raupe abzuleiten ist, und von seiner Ablagerung in den Schuppen eine wichtige physiologische Rolle im Stoffwechsel von Raupe und Puppe zu spielen hat. [81]

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Biologisches Zentralblatt

Jahr/Year: 1903

Band/Volume: 23

Autor(en)/Author(s): Linden von Maria

Artikel/Article: Die gelben und roten Farbstoffe der Vanessen. 821-828