

DEC 6 1915

Nr. 1.

1913

Sitzungsbericht
der
Gesellschaft naturforschender Freunde
zu Berlin

vom 14. Januar 1913.

Vorsitzender: Herr P. MATSCHLE.

Herr PAUL SCHULZE sprach über das Vorkommen von Carotinen in den Flügeldecken von Coleopteren.

Herr V. JOLLOS sprach über experimentelle Untersuchungen an Infusorien.

Studien über tierische Körper der Carotingruppe. I. Insecta.

VON PAUL SCHULZE.

(Zool. Inst. Berlin.)

Mit Tafel I–III.

Im Jahre 1909 traten bei Berlin unter der *Chrysomelide* *Melasoma vigintipunctatum* SCOP., die normalerweise auf den Elytren 20 schwarze Punkte auf gelbem Grunde zeigt, eine Anzahl Tiere mit ziegelroter Flügelgrundfarbe auf, die von AUDEL als *f. miniata* beschrieben wurden. Als ich durch Zufall im Brieselang bei Finkenkrug diese Art in großer Anzahl auf *Salix fragilis* L. fand und darunter auch die *f. miniata*, benutzte ich die günstige Gelegenheit, um die Ursache der eigentümlichen Rotfärbung zu ermitteln.

Sehr überrascht war ich, als ich unter dem Mikroskope sah, daß die Färbung der Tiere nicht von einem dem Chitin eingelagerten Pigment herrührte, sondern von dicken gelben fettigen Massen, die zwischen den beiden Lamellen der Decken lagen; bei den ziegelroten Tieren fanden sich außerdem auf der gelben Materie locker verteilt rote kristallinische Gebilde, die mich in Gestalt und Farbe auffallend an den Inhalt mancher Pflanzenzellen mit Carotinkonkretionen erinnerten, wie sie z. B. COURCHET Taf. 17 Fig. 3 aus der Frucht von *Lycopersicum pyriforme* abbildet (mit dieser Figur vgl. man auch die f. 30 bei HOLLANDE (a), die eine Blutzelle von *Agelastica alni* darstellt). Und in der Tat ergaben sie die für

diese Körpergruppe typischen Blaufärbungen mit konzentrierter Schwefelsäure mit Salzsäure und Thymol und mit konzentrierter Salpetersäure. In der Literatur fand ich dann die Arbeit von ZOFF, der 1892 den roten Farbstoff einer anderen *Melasoma*art, der *Mel. populi* L. (neben dem einiger weiteren Chrysomeliden und Coccinelliden), auf chemischem und spektroskopischem Wege als einen carotinähnlichen Körper nachgewiesen hat, den er in keiner Weise von dem von ihm bei *Microoccus rhodochrous* ZOFF aufgefundenen zu trennen vermochte.

Mein Interesse war durch diese Angaben natürlich auf das Lebhafteste geweckt und ich beschloß, den Ausfärbungsprozeß und die Entwicklung des Stoffes in den Flügeldecken zu verfolgen. Doch die Sache war leichter gedacht als getan. Konservierte man die Decken mit irgendeiner Konservierungsflüssigkeit, so wurde das Fett mit dem daran gebundenen Farbstoff ausgelaugt und man bekam Zellen mit zahlreichen Vakuolen, aus denen in bezug auf die Entstehung des Carotins nichts zu ersehen war, ebensowenig erwiesen sich Osmiumsäuregemische als geeignet, die zwar das Fett erhielten, aber auch gleichzeitig schwärzten und die natürlichen Farbnuancen infolgedessen zerstörten, sich auch sonst als ungeeignet erwiesen. Zu alledem kam aber noch eine zweite Schwierigkeit, die Decken ließen sich bei älteren Stadien meist nicht dünn genug schneiden, um klare Bilder zu ergeben, oder das Chitin splitterte und riß und vernichtete die normale Anordnung der in dem Hohlraum der Decke liegenden Zellen.

Nun hatte TOWER (a), der sich ebenfalls mit den Pigmenten der Blattkäfer beschäftigt hat, aus den oben angeführten Gründen eine, wie es schien, vielversprechende Methode angewandt, nämlich das Schneiden mit dem Gefriermicrotom. Da er nur die Verhältnisse bei dem fertig entwickelten Käfer studierte, ging sie für seine Zwecke, um im großen ganzen ein Bild von dem Aufbau der Elytren zu gewinnen und zu ermitteln, in welchen Zellen die Pigmente sich finden, noch an, aber selbst hier mußten ihm dabei viele Details entgehen; so hat er denn auch die Existenz des gleich zu besprechenden Carotingewebes nicht erkannt.

Ich bin nun zu einem anderen Verfahren übergegangen, dem ich es verdanke, wenn ich jetzt die Entwicklung dieses eigentümlichen Gebildes in den Hauptsachen darlegen kann, einem Verfahren, das auch für andere Untersuchungen sehr aussichtsreich zu sein scheint, nämlich dem Untersuchen und Photographieren der lebenden Objekte auf den verschiedenen Entwicklungsstadien. Nachdem der photographische Apparat eingestellt war, wurde ein Stück

der Flügeldecke abgeschnitten, schnell direkt in Kanadabalsam gebracht und dann die Aufnahme, nachdem ein Zettnowscher Lichtfilter¹⁾ in den Strahlengang eingeschaltet war, gemacht. Trübungen durch etwaiges Wasser in den Zellen traten nicht ein; nur mußte der ganze Prozeß in wenigen Minuten beendet sein, da sonst der Balsam das Carotinoid löste. Ich will zunächst die cytologische und dann die chemisch-physikalische und endlich die physiologische Seite des Problems besprechen.

Untersucht man die lebende Decke eines ganz frisch geschlüpften Käfers (30. V.)²⁾, so bemerkt man in ihr keinerlei Zellen. Eine Stunde etwa nach Verlassen der Puppe, nachdem die blauweiß erscheinenden Elytren zwar noch ganz weich sind, aber ihre natürliche Form und Lage angenommen haben, macht das Tier angestrengt pumpende Bewegungen, um die Blutflüssigkeit in die Decken hineinzutreiben. Jetzt erscheinen unter dem Mikroskop auch die ersten größeren Zellen. (Die Leucocyten usw. sind wegen ihrer Kleinheit nicht deutlich sichtbar.)

Über den Bau der Flügeldecken unserer Art habe ich an anderer Stelle (a) berichtet. Sie bestehen wie gewöhnlich aus einer stärkeren dorsalen und einer dünnen ventralen Chitinlamelle; beide werden verbunden durch senkrechte Chitinpfeiler (columnae). Ihr Ausgangspunkt von der oberen Lamelle ist markiert durch eine schüsselförmige Einsenkung derselben (patina, s. Phot. 2). An der unteren hängen wie Tautropfen an einem Blatte eine große Anzahl kleiner Chitinperlen (perlae). Die Reste der Hypodermiszellen der beiden Chitinplatten sind um diese Zeit noch deutlich wahrnehmbar, in lange Fortsätze ausgezogen stoßen beide Schichten in einer der unteren Platte genäherten Grenzlamelle zusammen. Mit dem Erscheinen der Carotinzellen schwinden sie allmählich ganz und geben den Platz für das sich bildende Gewebe frei.

Es sind ziemlich große Elemente, die etwas verschiedene, meist rundliche oder oblonge Formen zeigen. In ihnen entdeckt man eine große Anzahl winziger wasserheller Tröpfchen (Phot. 1). Nach einigen Stunden setzt nun in den Zellen eine sehr lebhafte Teilung ein; ein Vorgang, den man sehr deutlich wahrnehmen kann, da sich die Kerne als helle Bläschen deutlich von dem Plasma abheben. Die Teilungen sind fast ausschließlich amitotisch, nur

1) 160 gr Kupferniträt, 14 gr Chromsäure, 250 ccm Wasser.

2) Ich will in Klammern die Daten eines konkreten Falles zu den einzelnen Stadien setzen, um eine Vorstellung von der Dauer des Prozesses zu geben.

in einigen ganz wenigen Fällen lassen sich Mitosen erkennen, wie auch eine auf Phot. 2 bei *mi* zu sehen ist. Oft hat sich das Plasma noch nicht durchgeschnürt, wenn die Kerne schon zu neuen Teilungen schreiten (z. Z.). Durch diesen Vermehrungsprozeß bilden sich allmählich immer enger aneinanderrückende und miteinander verschmelzende girlandenförmige Zellgruppen aus (2. VI.) (Phot. 2), die sich auch um die Chitinpfeiler der Decke ringförmig herumlegen. Gleichzeitig mit diesem Vorgange werden die lichtbrechenden Tröpfchen in der Zelle allmählich immer gelber und gelber.

Auf dem Höhepunkt der Entwicklung ist der ganze Hohlraum zwischen den Deckenlamellen durch ein kontinuierliches „Carotinalgewebe“ ausgefüllt, das mit mächtigen, intensiv gelbgefärbten Fettmassen angefüllt ist, von einzelnen Zellen ist nun nichts mehr zu sehen (8. VI.). Bei einem Teil der Individuen, die offenbar konstitutionell besonders kräftig veranlagt sind, ist die fettige Masse auffallend reichlich vorhanden und nimmt nach Verlauf einiger Wochen einen mehr orangegelben Ton an (5. VII.), außerdem treten aber bei diesen nun in den Zellen kleine ziegelrote Körnchen auf (18. VII.), die sich allmählich zu größeren, locker verteilten, kristallinischen, meist knorrigten Gebilden zusammenballen, die dann dem Auge den roten Gesamteindruck der *f. miniata* vortäuschen (Phot. 3). In meinen Zuchten und auch im Freien war das Verhältnis zwischen der gelben und der roten Form etwa wie 1:1, und zwar kam die *f. miniata* in beiden Geschlechtern vor. Gegen Ende Juli verlassen die Käfer die Weiden, an denen sie eifrig gefressen haben, und verkriechen sich unter Laub, um zu übersommern und dann zu überwintern. In dieser Zeit reifen dann auch die Geschlechtsprodukte, die beim Schlüpfen der Käfer im Gegensatz zu anderen Insekten ganz unentwickelt sind. Mitte April erscheinen die Tiere wieder auf der Bildfläche, saugen begierig Wasser, wo sie dessen habhaft werden können, und beginnen an den jungen Weidentrieben zu nagen. Von Tag zu Tag werden die sonst träge dasitzenden Tiere lebhafter und besonders die ♂♂ fliegen im Sonnenschein schwerfällig herum. Nun erst findet die Begattung statt und während der folgenden Zeit sind die Käfer fast beständig in Copula. Sehr häufig sitzen zwei ♂♂ auf einem ♀, von denen das eine den Partner eifrig zu verdrängen sucht. Während des Winterschlafes haben die Elytren kaum eine Veränderung durchgemacht, betrachtet man aber etwa 14 Tage nach dem Wiedererscheinen (7. V.) die Decken, so ist mit dem Carotinalgewebe eine merkwürdige Veränderung vor sich gegangen (Phot. 4). Der Inhalt der Zellen ist zum größten Teil geschwunden, und

Zellgrenzen und Kern sind wieder deutlich sichtbar. Äußerlich sieht das Gelb der Flügeldecken stark abgeblaßt aus. Bei den Exemplaren der *f. miniata* fangen endlich auch die Kristalle an, sich zu verändern; sie liegen als große, dickflüssige, rote Tropfen in den Elytren, die um diese Zeit oft scheckig rot und gelb gefärbt sind. Noch einige Zeit später und das ganze Carotingewebe geht durch fettige Degeneration zugrunde, die Zellen zerfallen in eine große Zahl größerer und kleinerer Tröpfchen, die allmählich mit dem Blut in den Körper zurückgelangen (Phot. 5 u. 6). Kurz vor dem Tode der Tiere findet sich von dem Gewebe in den Flügeldecken keine Spur mehr, nur einige wenige rote Carotinoidschollen und große farblose Kristalldrüsen unbekannter Zusammensetzung liegen in ihnen (Phot. 7). (Am 11. VIII. das letzte Tier, ein ♀, noch schwach rötlich erscheinend, †.) Dagegen findet sich nun der gelbe Farbstoff in den abgelegten Eiern, wo ihn ZOPF für *Mel. populi* als Carotinoid nachwies. Bei dieser Art fand ich, daß die Zellen auch in die großen Adern der häutigen Hinterflügel einwandern, wo man sie sehr gut studieren kann (man vgl. hierzu Phot. 8).

Es erhebt sich zunächst die Frage, was sind es für Zellen, die mit dem Blut in die Flügel gelangen und den Grund zu dem in Frage stehenden Zellkomplex legen. Zweierlei fällt an ihnen sogleich in die Augen: ihre Größe und ihr zentral liegender Kern. Das Nächstliegende wäre ja, an jene großen Amöbocyten des Chrysomeliden- und Coccinellidenblutes zu denken, die durch ihren Inhalt an gelben oder roten Carotinoiden der Leibessflüssigkeit dieser Tiere ihre charakteristische Färbung geben. Sie entstehen nach HOLLANDE'S Untersuchungen aus spindelförmigen Leucocyten und sind durch ihre sehr großen, in geringer Anzahl in ihnen liegenden Carotineinschlüsse leicht von den Carotinzellen der Flügel zu unterscheiden. Einige von ihnen gelangen zwar ebenfalls mit anderen Blutelementen in die Decken, kommen aber für die Bildung der Carotingewebe nicht in Betracht.

Schneidet man eine Puppe, die kurz vor dem Schlüpfen des Käfers steht, oder eben geschlüpfte Tiere, so sieht man, wie mit dem Fettkörper und zwar fast ausschließlich mit den kleineren Lappen desselben, die in den Segmentbuchten liegen, eine merkwürdige Veränderung vor sich geht (s. Fig. 1 u. Phot. 9). Neben den charakteristischen, im konservierten Zustande mit Vakuolen versehenen Zellen desselben mit ihren ziemlich kompakten, meist oblongen, oft ein wenig gelappten Kernen finden sich andere Zellen und zwar fast ausschließlich an der Peripherie des Fettkörpers, die abgerundet, schärfer umgrenzt und mit einem runden zentralen,

ziemlich chromatinarmen Kern versehen sind. Das Chromatin liegt besonders am Rand desselben, nur ein oder mehrere größere Bröckchen in seiner Mitte. Das ziemlich homogene Plasma dieser Zellen nimmt mit Säurefuchsin einen rötlichen Ton an. Bei genauerem Hinsehen trifft man sowohl zwischen den Kernen als auch zwischen der Plasmastruktur dieser beiden Zellarten alle Übergänge an, die erkennen lassen, wie die eine sich aus der anderen herausdifferenziert. Die runden Zellen vermehren sich schon an ihrem Entstehungsort durch amitotische Teilung. Dieser scheinen merkwürdige Kernvorgänge voranzugehen, die ich aber noch genauer zu studieren gedenke, weshalb ich auch hier von einem

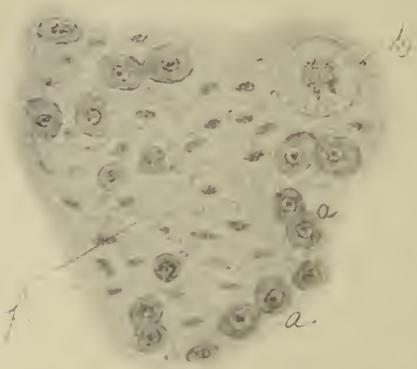


Fig. 1. *Melasma XX-punctatum* Scop. Ganz frischer Käfer. Carotinzellen im Fettkörper. 340 : 1. a Carotinzellen, b große (Carotin-?) Zellen. f Fettkörper. Carnoy, Delafield-Gieson.

noch andere Elemente, die etwa die dreifache Größe der ersteren haben (Fig. 1 b und Phot. 9 b). Ihr Plasma ist nicht homogen, sondern zeigt Netzstruktur; der etwa die Hälfte der Zelle ausmachende Kern ist meistens in einige Fortsätze ausgezogen und zeigt locker verteiltes Chromatin (Fig. 1 b, Phot. 9 b). Auch hier ist amitotische Teilung — wenn vielleicht auch seltener — ähnlich wie bei den kleineren Zellen zu konstatieren. Es tritt ein Kernkörper auf, dessen Teilung wie bei diesen vor sich zu gehen scheint. Doch ist neben dem Caryosom immer noch sehr feines, den Kernraum gleichmäßig ausfüllendes Chromatin zugegen (Phot. 11 b). Nach einiger Zeit zeigen sich im Plasma der ersten Zellart kleine Tröpfchen und das Chromatin ordnet sich gleichmäßig im Kern an. Durch die Vermehrung der Zellen ist am

Vergleich mit den in der Literatur etwa schon vorhandenen Daten vorläufig absehe. Das Chromatin ballt sich zu einem großen chromatischen Kernkörper zusammen, neben dem nur ganz wenig, meist randständiges Chromatin vorhanden ist. Er streckt sich darauf in die Länge und schnürt sich, und zwar oft heteropol durch, was zur Bildung zweier Tochtercaryosome führt (Phot. 10). Die Teilung des ganzen Kernes und des Zellkörpers scheint erst einige Zeit darauf stattzufinden.

Außer den eben besprochenen Zellen finden sich im Fettkörper

Rande des Muttergewebes Raummangel eingetreten, infolgedessen sind sie an den Seiten meist polygonal abgeplattet (Fig. 2).

Die Carotinzellen, denn um diese handelt es sich, verlassen jetzt ihren Entstehungsort, liegen aber noch eine Zeitlang in dichten Haufen in der Nähe desselben, bis sie durch den Blutstrom in die Flügeldecken getrieben werden. Ihre nunmehrige unregelmäßige, abgeplattete Form behalten sie zunächst noch bei, wie Phot. 7 sehr schön zeigt, wo auch einige Zellen zu sehen sind, die nach der Teilung noch dicht aneinander liegen (z. Z.). Ebenso verlassen auch die großen Elemente den Fettkörper und scheinen dann dieselbe Plasma- und Kernstruktur anzunehmen wie diese. Über ihr weiteres Schicksal habe ich bis jetzt nichts ermitteln können. BERLESE (S. 791) bildet Zellen, die mit den bei *Melasoma*



Fig. 2.

Melasoma XX-punctatum Scop.

Frischer Käfer.

Die reifen Carotinzellen im Begriff, den Fettkörper zu verlassen. 340 : 1. Carnoy, Delafield-Gieson.

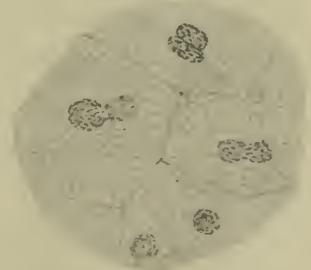


Fig. 3.

Melasoma XX-punctatum Scop.

Ausgefärbter Käfer.

Einige Zellen des Carotinalgewebes. 650 : 1. Carnoy, Delafield.

im Fettkörper liegenden eine gewisse Ähnlichkeit haben, im Corpus adiposum von *Tapinoma erraticum* ab. Die kleineren nennt er Önozyten, die größeren Uratzellen. Und in der Tat haben die Carotinzellen mit ersteren große Ähnlichkeit. Bei der Imago habe ich andere Gebilde, die man dafür ansprechen könnte, nicht gefunden. Bei der Larve sah ich auf Probeschnitten nur einige wenige Zellen, die man vielleicht dafür halten könnte; sie liegen ebenfalls im Fettkörper, sehen den „Carotinocyten“ sehr ähnlich, sind aber etwas größer. Das Chromatin ist unregelmäßig verteilt und zeigt mehrere große plasmatische Kernkörper. Die großen Zellen unterscheiden sich von den Uratzellen BERLESE's vornehmlich durch den viel größeren Kern; Kristalleinschlüsse habe ich bei ihnen nie gesehen.

Nach vollständiger Ausbildung des Zellkomplexes in den Decken haben die Zellen im Zusammenhang unregelmäßig polygonale Form (Fig. 3). Das Plasma weist eine sehr deutliche Retikulierung auf, so daß das ganze Gewebe eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Fettkörper hat. Es unterscheidet sich aber sofort deutlich von ihm durch die viel feineren und gleichmäßigeren Plasmamaschen und durch die großen, runden mit lockerem Chromatin versehenen Kerne, in denen man oft einen oder mehrere größere plasmatische Kernkörper (Plasmosome) findet (Fig. 3).

Auch hier noch sind direkte Kernteilungen zu beobachten, wobei der Kern seine gleichförmige Struktur nicht ändert. Die Teilungsfiguren erinnern etwa an zwei konjugierende Difflugien. Bisweilen zeigt die eine Kernkomponente feinere Chromatinbröckchen als die andere (Fig. 3). Die Durchschnürung des Plasmas unterbleibt oft, so daß die Zellen dann zweikernig sind (Fig. 3).

Photographie 12 zeigt das Entstehen der Carotinzellen bei der *Coccinellide Harmonia marginepunctata* SCHNEID., wo sie zunächst eine unregelmäßigere Form zeigen, in Plasma- und Kernstruktur aber mit der *Chrysomelide* übereinstimmen; sie liegen hier ebenfalls nur an den Seiten des Körpers aber in den dort befindlichen Fettkörpersträngen ziemlich gleichmäßig über die ganze Fläche verteilt und scheinen die Peripherie nicht so zu bevorzugen wie die von *Melasoma*. Ich verweise hier wieder auf eine Figur von BERLESE (auf S. 801), wo in den direkt unter der Hypodermis liegenden Fettkörpersträngen von *Locusta* mit den von *Harmonia* sehr übereinstimmenden wiederum als Önocyten bezeichnete Elemente dargestellt sind. Vielleicht haben sie etwas mit der Bildung des grünen Farbstoffes bei dieser Art, der ja von einigen Autoren als chlorophyll-ähnlich angesprochen wird, zu tun.

Die großen Zellen unterscheiden sich hier weder durch Plasma- noch durch Kernstruktur von den Carotinzellen, nur weist sowohl Zellkörper als auch der Kern die doppelten Dimensionen auf. Zu erwähnen wäre noch, daß sich in dem Fettkörper dieser Art oft ganze Scharen eines intrazellulären Symbionten vorfinden, der beim Auswandern der Carotincyten aus demselben mitgeht, sie dicht umdrängt, mit ihnen in die Flügeldecken gelangt und dort einen lebhaften Tanz aufführt. Wahrscheinlich handelt es sich um ein Bakterium. Bei Chrysomeliden habe ich sie bis jetzt nicht gefunden.

Doch will ich auf die Coccinelliden nicht näher eingehen, da Herr cand. KREMER augenblicklich im Zool. Inst. die den meinigen analogen Untersuchungen für diese Familie ausführt.

Das Vorhandensein des Carotingewebes ist äußerlich oft nicht zu erkennen. So besitzt z. B. *Melasoma aeneum* L. ebenfalls ein gelbes Carotinoid, das aber in den infolge einer Oberflächenfarbe erzgrün oder blau schillernden Decken nicht zur Geltung kommt.

Sehr wichtig endlich kann die Anordnung der Carotinzellen — wo sie in die Erscheinung treten kann — für die Systematik werden, da sie für jede Art sehr charakteristisch zu sein scheint. Z. B. sind sie bei den so sehr ähnlichen *Gonioctena viminalis* und *G. rufipes* ganz verschieden.

Nebenbei sei bemerkt, daß die Giftigkeit des Blutes von Chryso-meliden und Coccinelliden nicht dem darin enthaltenen Caritinoid zuzuschreiben ist, sondern einem Enzymoid (HOLLANDE c.).

Der *f. miniata* entsprechende Formen kommen auch bei einigen anderen gelben Chryso-meliden vor. So hat z. B. TOWER (b) mit einigen solchen experimentiert; ich will aber nicht darauf eingehen, sondern später zusammenhängend die Folgerungen besprechen, die sich aus vorliegenden Untersuchungen für Temperatur und Vererbungsexperimente mit Chryso-meliden ergeben. Rötliche Formen treten bisweilen bei den gelben *Gonioctena olivacea* FORST. und *V-punctata* F. auf (REICHERT). Einen besonders interessanten Fall fand ich in *Gonioctena viminalis*. Der Käfer variiert ziemlich stark, er kommt einfarbig rot vor, mit geringer schwarzer Punktierung, die bei einzelnen Stücken zum Zusammenfließen der schwarzen Flecke führen kann. Endlich gibt es eine ganz schwarze Form (*f. calcarata* F.), von der man bisher annahm, sie sei das Endprodukt der Verschmelzung der schwarzen Flecken. Ich fand nun, daß diese Spielart dadurch zustande kommt, daß das Licht total absorbiert wird von ungewöhnlich reichlich vorhandenen rötlichen Carotinoidmassen in den Decken. Hält man die Decke gegen das Licht, so erscheint sie rot. Bei der Mehrzahl meiner Exemplare war überhaupt kein schwarzes Pigment vorhanden, sie leiteten sich also von der ganz roten Form her, andere zeigten bei durchfallendem Licht einige Punkte. (In der Entwicklung dieser Form tritt allerdings ein graues Pigment auf, das sich über die Elytren ergießt und ihnen zunächst einen grauen Ton verleiht, mit der normalen Schwarzpigmentierung hat aber der Vorgang nichts zu tun; es handelt sich vielmehr um einen typischen Fall von Melanismus, über den ich in anderem Zusammenhang noch berichten werde. Die tiefe Schwarzfärbung der Tiere beruht aber auf dem oben geschilderten Vorgang.) Während normalerweise das Carotingewebe dieser Form dem von *Mel. XX-punctatum* sehr ähnlich ist, liegt bei der *f. calcarata* das Carotinoid so dicht in den Zellen, daß es sich

an den Zellgrenzen leistenförmig staut, während die Zelle in der Mitte, wo der Kern liegt, vertieft erscheint.

In der Botanik ist durch TOBLER ein den Verhältnissen bei *Melasoma XX-punctatum* und seiner *f. miniata* entsprechender Fall bekannt geworden.

Durch die Untersuchungen von WILLSTÄTTER und ESCHER wissen wir, daß die Rotfärbung der Tomatenfrüchte durch drei Stoffe der Carotingruppe bedingt wird, durch Carotin, Lycopin und Xanthophyll, auf die später noch kurz eingegangen werden soll.

Die Frucht ist anfangs grün, wird dann kurze Zeit gelblich und schnell rot. Bei der Spielart „Kaleidoskop“ werden die Früchte normalerweise nicht rot, sondern reifen mit gelber Farbe.

Sie bleibt, wie G. und F. TOBLER zeigten, auf einem Stadium stehen, das von der gewöhnlichen roten Tomate rasch durchlaufen wird. Aber einige Spätlinge, die zum Nachreifen an einen sonnigen Platz im Treibhaus gebracht wurden, ergrünten stärker als die gewöhnlichen Früchte dieser Form, bildeten durch eigene Assimilation Stärke (die sonst bei „Kaleidoskop“ nie vorhanden ist) und endlich auch Lycopin.

Also sowohl bei den Tomaten als auch bei der *f. miniata* ist die Bildung des roten Carotinoids von der Anwesenheit reichlicher Reservestoffe, dort Stärke, hier Fett, abhängig.

Chemische und physikalische Natur der Carotinoide.

Die hier in Rede stehende Gruppe von Körpern zeichnet sich durch ihre gelbe, gelbrote und rote Färbung aus. Sie sind entweder Kohlenwasserstoffe, oder enthalten etwas Sauerstoff. Unlöslich in Wasser, lösen sie sich dagegen in absolutem Alkohol leicht, in Benzol, Petroläther, fetten und ätherischen Ölen, Schwefelkohlenstoff usw.; sie zeigen charakteristische Absorptionsbänder in der grünen-violetten Hälfte des Spektrums (über ihr Verhalten gegenüber ultravioletten Strahlen liegen leider noch keine Beobachtungen vor, sie wären aber dringend erwünscht). In trockenem Zustande geben sie mit konzentrierter Schwefelsäure, mit Salzsäure Phenol oder Thymol, mit konzentrierter Salpetersäure und einigen anderen Körpern charakteristische Blaufärbungen.

Sie kristallisieren in gelben oder roten Kristallen von Blättchen oder Nadelform. Die Botaniker haben, um Carotine aus den Geweben zum Auskristallisieren zu bringen und so der direkten Untersuchung zugänglich zu machen, einige indirekte Methoden zum Carotinnachweis ausgearbeitet. So die Säuremethode von FRANK und TSCHIRSCH, wobei die Gewebe auf einige Tage in verdünnte

wäßrige Säurelösungen (z. B. 10% Oxalsäure) kommen bis zum Auftreten von Carotinkristallen. Bei der Kalimethode von MOLISCH verwendet man an Stelle der Säure 80 Teile 40% Ale + 20 Teile Kalilauge. Die Resorcinmethode TSWETT's endlich verlangt die Anwendung von konzentrierter Resorcinlösung (10—12 Teile Resorcin auf 10 Teile Wasser). Alle diese Methoden sind aber keine Prüfsteine für bestimmte Carotine, wenn diese etwa nebeneinander vorkommen. Um deren Trennung durchzuführen, sei auf die Arbeiten von WILLSTÄTTER und TSWETT hingewiesen.

Die Säuremethode findet in der Natur z. B. Anwendung, in der von mir untersuchten Nackengabel (Osmatarium) der Raupe von *Pap. machaon* L. In den großen Zellen dieses merkwürdigen Organes findet sich ein gelbes Carotinoid offenbar gelöst in von der Futterpflanze stammenden ätherischen Ölen. (Bei den Raupen, die auf Fenchel gefressen haben, duftet die Nackengabel stark nach Fenchel, bei denen, die sich von *Daucus* nährten, macht sich nur bisweilen ein Geruch wie nach frischgeschabter Mohrrübe bemerkbar.) In der Gabel liegt ein Drüsenkomplex, „die ellipsoide Drüse“, die eine schwache Säure abscheidet; sie bewirkt offenbar, daß man auf der Cuticula der Zellen das Carotinoid bisweilen auskristallisiert vorfindet (vgl. die Fig. a auf S. 188 meiner Arbeit). Die Carotinuntersuchungen scheinen noch einen weiteren Fingerzeig über dies für die Papilionidenraupen so bezeichnende Organ zu geben, und zwar in bezug auf seine Färbung bei den Arten der verschiedenen Himmelsstriche. Die Papilioarten der gemäßigten Zone haben gelbe Nackengabeln, die der tropischen Spezies neben einigen wenigen gelben und grünen fast ausnahmslos rote. Nun nimmt aber nach KOHL (S. 43) das Carotin beim Erwärmen eine mehr rote Farbe an, möglicherweise liegt aber auch ein Carotin der roten Reihe vor. Ganz abweichend von allen anderen ist das Osmoterium des afrikanischen *Pap. brasidas* FELD., es ist nämlich tief indigoblau. Sollte hier die ellipsoide Drüse eine so starke Säure produzieren, um die beim Zusammenbringen solcher mit einem Carotin entstehende Blaufärbung zu ergeben?

In hohem Grade charakteristisch für die Carotinoide ist ihr schnelles Ausbleichen, das nach den Untersuchungen von GERLACH bedingt ist durch die Zersetzung des Körpers durch Aufnahme von Sauerstoff, und zwar wird diese beschleunigt durch die Gegenwart des Lichtes. Infolgedessen verschwinden auch die gelben und roten Farben vieler Käfer so schnell. (Wo sie, wie z. B. bei *Pyrrochroa coccinea* L. und vielen anderen, erhalten bleiben, liegt auch kein an Zellen gebundener carotinähnlicher Stoff vor, sondern eine rote

Färbung des Chitins, ebenso beruht die diffuse Rotfärbung der Hinterflügel mancher Chrysomelaarten nicht auf einem Körper dieser Gruppe, selbst wenn ein solcher in den Elytren, wie z. B. bei *Chrysomela polita* und *staphylaea*, vorhanden sein sollte.) Die Farben halten sich aber in Kohlensäureatmosphäre und merkwürdigerweise nach GERLACH auch längere Zeit in einer Atmosphäre von schwefliger Säure.

Bereits der erste Forscher, der sich mit Carotinen (im weitesten Sinne) befaßte, THUDICHUM, erkannte schon im Jahre 1869, daß die von ihm als „Luteine“ bezeichneten Verbindungen, die durch ihr chemisches und spektroskopisches Verhalten ihre wahre Verwandtschaft bekundeten, sich nicht nur in tierischen Geweben (in Ovarien, im Corpus adiposum, im Dotter usw.) vorfanden, sondern auch weitverbreitet im Pflanzenreich in Blüten und Früchten usw. KRUKENBERG nannte die Stoffe dann sehr unglücklich Lipochrome, da sie meist an Fett gebunden vorkommen, eine Gruppe, die auch nicht hierhergehörige Körper, z. B. grüne, mitumfaßte.

Wie oben schon bemerkt, ist Fett ein gutes Lösungsmittel für Carotinoide und daher ihr Vorkommen im Fett ein ganz akzidentelles und nicht wesentliches Merkmal für sie. Es ist eine ganze Anzahl von Fällen bekannt geworden, wo Carotine in reinem Zustande in tierischen und pflanzlichen Geweben vorkommen.

Durch diesen neuen Namen ging leider auch den Botanikern und Zoologen die Erkenntnis verloren, daß wir hier mit nahe verwandten Substanzen zu tun haben, die sowohl im Pflanzen- als auch im Tierreich eine eminent wichtige Rolle spielen müssen, da sie beinahe universell vorkommen, und an deren gemeinsamer Erforschung beiden Teilen sehr viel gelegen sein muß.

Sowohl in der Botanik als auch in der Zoologie wurden dann in der Folgezeit einzelne dieser Substanzen je nach ihrem besonderen Vorkommen mit besonderen — da man über ihre genauere Zusammensetzung nichts Genaueres weiß, überflüssigen — Namen belegt, wie das Tetronerythrin WURM's aus der sogenannten „Rose“ um das Auge der Birk- und Auerhühner, das „Zoonerythrin“ MEREJKOWSKI's, das Vitellolutein MALY's usw.

ZOFF, der durch seine Untersuchungen die Übereinstimmung dieser Substanzen in den wesentlichsten Punkten auch bei verschiedenster pflanzlicher oder tierischer Herkunft erkannte, nannte sie nach dem bestbekanntesten unter ihnen, dem roten Farbstoff der Mohrrübe, Carotine. Er zeigte gleichzeitig, daß sie sich in mehrere große Gruppen teilen lassen, eine gelbe Reihe mit einem breiten Absorptionsband in Grün Monocarotine, z. B. die von

Micrococcus rhodochrous und *Mel. populi*, Dicarotine mit zwei Absorptionsbändern, gehen im Gegensatz zu den ersten mit Ätzalkalien und alkalischen Erden Verbindungen ein und sind wahrscheinlich sauerstoffhaltig (Carotin der Chrysomelide *Clythra quadripunctata* L.), und Tetracarotine (*Lycogola epidendron*). Seine Angabe, daß das Mohrrüben carotin nur zweibändig sei, hat sich als irrtümlich erwiesen (KOHL, TOBLER), es ist dreibändig, wir hätten also ein Tricarotin vor uns. Daß die Nahrungspflanze der Käfer keinen Einfluß auf die Art des Carotinoids hat, demonstrierte ZOPF auf folgende Weise. *Melasoma populi* L. lebt, wie der Name schon sagt, auf Pappel, sie besitzt, wie eben erwähnt, ein Monocarotin, die auf Weiden lebende *Clythra quadripunctata* L. dagegen bildet ein Dicarotin. Füttert man nun *Clythra* nur mit Pappel und *Mel. populi* nur mit Weide, so bildet sich doch der für sie charakteristische Körper. Wenn neuerdings STECHE annimmt, das sich nach ihm in weiblichen Schmetterlingsraupen findende „Chlorophyll“ und das „Xanthophyll“ der männlichen seien die durch die Darmwand ins Blut hindurchdiffundierten analogen Stoffe der Nahrungspflanzen, so erscheint mir das sehr unwahrscheinlich. Wahrscheinlich sind diese Körper auch hier tierischen Ursprungs und an Zellen gebunden. SCHÜNCK zeigte überzeugend, daß sein „L. Xanthophyll“ aus Nasturtium vollkommen identisch ist mit dem gelben Carotinoid aus dem Dotter und dem Blutserum des Huhnes (man vergl. die aus seiner Arbeit reproduzierten Spectra). ZOPF wies ferner nach, daß die abweichenden Angaben mancher Autoren in bezug des spektroskopischen Verhaltens der Carotine darauf zurückzuführen seien, daß sich in dem untersuchten Alkoholextrakt des Farbstoffes mehrere Körper dieser Gruppe befanden. So hatte z. B. BLANCHARD für die rote Substanz von *Diaptomus bacillifer* KOELBEL angegeben, daß sie ohne Absorptionsbänder sei. Nach ZOPF kommen aber bei dieser Art zwei ganz verschiedene Carotinoide nebeneinander vor, ein gelbes einbändriges und ein rotes zweibändriges, deren Spectra sich bei BLANCHARD deckten, so daß eine diffuse Absorption ohne Bänder erfolgte.

Neuerdings sind nun endlich durch WILLSTÄTTER und seine Schüler genaue chemische Analysen angestellt worden über einige Carotine. Das Carotin der Mohrrübe ist ein ungesättigter Kohlenwasserstoff von der Formel $C_{40}H_{56}$, als ganz identisch mit ihm erwies sich dasjenige aus den Blättern der Brennessel. Bei der Untersuchung der Tomatenfrucht wurden nebeneinander drei Stoffe dieser Gruppe gefunden, Carotin, ein in der Formel isomerer, aber

im Verhalten gegenüber Halogenen abweichender Körper Lycopin, und endlich das Xanthophyll, das sich interessanterweise als eine ebenfalls noch stark ungesättigte Oxydationsstufe des Carotins von der Formel $C_{40}H_{56}O_2$ herausgestellt hat. Vor kurzem hat nun TSWETT dagegen opponiert, daß man alle Stoffe dieser Gruppe als Carotine bezeichne, nach den Untersuchungen WILLSTÄTTER's sei dieser Name auf einen ganz bestimmten Körper festgelegt. Er schlägt infolgedessen für die Gruppe den Namen Carotinoid vor, der in der neuesten Arbeit von TOBLER akzeptiert worden ist. Mir scheint mit diesem neuen und nicht gerade schönen Namen wenig gewonnen zu sein. Gewiß muß angestrebt werden, die einzelnen Stoffe genau zu analysieren und auf ihre speziellen Eigenschaften hin zu prüfen. Diese Arbeit kann aber bei der großen Schwierigkeit der Untersuchung nur ein ganz gewiegter Chemiker leisten. Und bevor nicht genaue Analysen der einzelnen Carotine von dieser Seite ausgeführt sind, ist für den Biologen Carotin ein Begriff wie etwa „Eiweiß“. Um aber Irrtümer zu vermeiden, wende ich den indifferenten Namen an. Ob, um auf unseren speziellen Fall zurückzukommen, bei *Mel. vigintipunctatum* zwei Carotinoide nebeneinander vorkommen, oder ob der rote derselbe Stoff ist wie der gelbe, nur in kondensierterer, fettfreierer, oder in den Kristalloiden fettfreier Form, muß die chemische Untersuchung erst lehren, ebenso, ob er etwa mit einem der bereits genau untersuchten pflanzlichen Stoffe identisch ist.

Ein rotes, ganz fettfreies Carotinoid, das chemisch in großen Zügen von *Physalix* untersucht worden ist, liegt bei der Feuerwanze, *Pyrrhocoris apterus* L. vor. Es findet sich hier nicht in einem besonderen Gewebe, sondern normalerweise in sehr fein verteilten winzigen Körnchen in den Epidermiszellen (Phot. 13) nicht nur der Elytren, sondern über den ganzen Körper verteilt auch an den Stellen, wo seine Farbe durch die Schwarzfärbung des Chitins nicht zur Geltung kommen kann. Es gibt mit Osmiumsäure keinerlei Schwärzung. Bei manchen Exemplaren treten außerdem große tropfenförmige Carotinmassen in ganz unregelmäßiger Verteilung auf (Phot. 15), die in den Elytren bei einigen Tieren nur oberhalb der Costa (Phot. 14), bei anderen über den ganzen Flügel zerstreut vorkommen. Besonders reichlich liegt das bei allen Stücken vorhandene feinkörnige Carotinoid längs der Adern. Der rote Körper scheint eine wichtige Rolle bei der Häutung zu spielen, da er während derselben bis auf geringe Reste aus den Zellen verschwindet, um dann wieder neu gebildet zu werden. Er verbleicht viel schwerer

als die Käfercarotinoide, während nach KOHL gerade die in fettartigen Substanzen gelösten gegen die Einwirkung des Sauerstoffs widerstandsfähiger sein sollen. Ob dies auf eine wesentlich andere Zusammensetzung oder auf einen besseren Abschluß in den Epidermiszellen schließen läßt, muß vorläufig dahingestellt bleiben. Bei einigen Exemplaren, die in schwachem Alkohol im Dunkeln etwa $\frac{3}{4}$ Jahr standen, war der rote Stoff unverändert, dagegen fanden sich in den Decken farblose Kristallaggregate von sehr charakteristischer Form, Doppelstrahlenbüschel, die in der Mitte mit breiter Basis zusammenstießen (Phot. 15, 16) und die eine große Ähnlichkeit mit den von KOHL (Taf. I 10b) abgebildeten „Phytosterin“-kristallen haben, in die sich bei ihm kristallisiertes Carotin verwandelte. Genauere Untersuchungen an *Pyrrhocoris* behalte ich mir vor.

Physiologische Bedeutung der Carotinoide.

Bei der weiten Verbreitung der Carotinstoffe im Tier- und Pflanzenreich ist von vornherein anzunehmen, daß ihnen eine große Bedeutung zukommt.

Am besten und einwandfreiesten ist wohl ihre Funktion als Reservestoffe nachgewiesen; hier liegt wohl in erster Linie auch die Bedeutung des Melasomacarotinoids, das nach der Begattung bei den ♀♀ in die Eier geht und bei den ♂♂ wohl auch zu einem Teil zur Bildung der Spermien, andererseits vor allem zum Ersatz der durch die ganz ungewöhnliche Lebhaftigkeit während der Paarungszeit verbrauchten Energiemengen dienen dürfte. Bei den ♀♀ von *Maja* und *Platycarcinus* beobachtete HELM die Abwanderung eines roten Carotinoids aus den Hypodermiszellen durch das Blut an die reifenden Eier. Während der übrigen Zeit war die Haemolymphe farblos wie bei den ♂♂ während des ganzen Lebens. Das Blut des *Cirripeds Pollicipes* ist normalerweise auch durch einen Körper der Carotingruppe rot gefärbt. GRUVEL wies nun nach, daß auch hier dieses zur Zeit der Eireife von den Leucocyten an die Ovarien abgegeben wird. Ferner wird die Körperflüssigkeit farblos, wenn man die Tiere hungern läßt oder sonst in ungünstige Lebensbedingungen bringt. Setzte er dem Blute ein schwaches Gift hinzu, so verschwand der rote Stoff ebenfalls. Bei *Melasoma* konnte ich die frischgeschlüpften Tiere fünf Tage lang ohne Futter am Leben erhalten; in der Carotinbildung blieben die äußerlich leicht gelblich gefärbten Exemplare auf dem Stadium stehen, das gefütterte Käfer am Ende des ersten Tages erreichen. Der Verbrauch des Carotinoids bei der Häutung

von *Pyrrhocoris* wurde schon erwähnt. In der Botanik wies ZOPF nach, daß bei *Pilobolus oedipus* ein Carotin in den Mycelfäden gebildet wird, dann aber aus diesen gänzlich verschwindet und in die Gemmen und Spongien wandert. Bei *Trentepohlia Iolithus* wird ein solches auch in die Schwärmsporen aufgenommen; bei starkem Wasserverlust setzt bei dieser Spezies eine Art Trockenstarre ein, hierbei werden im Plasma ansehnliche Mengen von Öl und Carotin gebildet, die später bei der Neubildung vegetativer Zellen und der Produktion von Schwärmsporen in kommenden feuchten Tagen wieder Verwendung finden (ZOPF). Gespeichert wird ein Carotinoid ferner in den Äcidien, Uredo- und Teleutosporen der Uredineen und vor allem auch in dem unterirdischen Stengel der Mohrrübe. In den Pflanzen bekommen endlich aus dem Stoffwechsel ausgeschiedene Carotine in den Blüten eine biologische Bedeutung als Anlockungsmittel für Insekten.

Die Carotinoide als Sauerstoffüberträger.

Veranlaßt durch die große Affinität der Carotinoide zum Sauerstoff stellte MEREJKOWSKI die Theorie auf, daß sie bei den niederen Tieren eine ähnliche Rolle spielten, wie das Hämoglobin bei den Wirbeltieren³⁾, infolgedessen fände man sie besonders an den Stellen, wo ein lebhafter Gasaustausch stattfindet. Ich erwähnte oben schon die Anhäufung des Carotinoids an den Adern von *Pyrrhocoris*. KRUKENBERG gibt an, daß bei der Zersetzung einiger Spongien-carotine Stoffe entstehen, die imstande sind, Sauerstoff zu polymerisieren und ihn in Ozon überzuführen. HELM stellte ähnliche Untersuchungen bei Crustern an, aber mit negativem Erfolge; er konnte weder eine Abgabe von Sauerstoff noch eine Ozonbildung bei der Carotinzersetzung beobachten, was aber noch nicht ausschließt, daß sie im lebenden Organismus nicht doch stattfindet. Auch derjenige, der die Carotine in chemischer Beziehung am besten kennt, WILLSTÄTTER, ist geneigt, ihnen eine Rolle als Sauerstoffüberträger zuzuschreiben. Nach seinen und MIEG's Untersuchungen nimmt das Carotin s. str. schon bei gewöhnlicher Temperatur 34,2 %, das Xanthophyll merkwürdigerweise noch mehr, nämlich 36,5 % Sauerstoff auf. HELM meint, die Sauerstoffaufnahme der Carotine sei für den Organismus ganz ohne Nutzen, da nach seinen Versuchen etwa aufgenommener Sauerstoff nicht wieder abgegeben werde. Er übersieht aber hier, daß, wenn die Stoffe nicht

³⁾ Man vgl. hierzu die Arbeit von GROBER, Über die physiol. Bedeutung der Blutfarbe (Z. f. allg. Physiol. 10, 1910).

imstande wären, den Sauerstoff wieder abzustößen, die Carotine bei ihrer außerordentlichen Zuneigung zum Sauerstoff dem Organismus Ummengen dieser so wichtigen Substanz entziehen und ihn unter Umständen aufs schwerste schädigen könnten, und das ist bei dem so allgemeinen Vorkommen dieser Substanzen kaum anzunehmen. Möglich wäre nur, daß in lebenden Zellen die Carotine sich nicht mit Sauerstoff verbinden, doch ist auch dies nicht recht wahrscheinlich.

KOHL (S. 19) erinnert an die von GOMBERG (Ber. d. deutsch. chem. Ges. 34, 1901) studierten Vorgänge bei der Oxydation des Triphenylmethyls eines ungesättigten Kohlenwasserstoffs. Sie führt zur Bildung eines Triphenylmethylperoxydes und gleichzeitig bildet sich Wasserstoffsuperoxyd. Die Bildung des starken Oxydationsmittels Wasserstoffsuperoxyd muß notwendigerweise verbunden sein mit einem Vorgange, bei dem eine Abnahme von freier chemischer Energie erfolgt. Die Überführung des Kohlenwasserstoffes in das inaktivere Peroxyd ist dieser Vorgang. Er ermöglicht die Entstehung von H_2O_2 aus H_2O und O , ein Prozeß, der ja bekanntlich freiwillig nicht verläuft. Bei dem ungesättigten Kohlenwasserstoff Carotin ist dasselbe zu erwarten. Die leicht sich vollziehende Oxydation des Carotins könnte ebenfalls die Bildung des Wasserstoffsuperoxydes möglich machen und die Zellen in die Lage versetzen, mit Hilfe dieses kräftigen Oxydationsmittels Oxydationswirkungen aller Art in ihrem Innern zu erzielen.

Violette Strahlen sollen die Atmung am lebhaftesten fördern, da nun, wie oben erwähnt, die Carotinoide gerade die grün-blau-violetten Strahlen energisch absorbieren, können diese Farbstoffe auch auf diese Weise in den Dienst der Respiration gestellt werden. Sehr interessante Resultate lieferten die Untersuchungen HEIM'S über Crustercarotinoide; seine Arbeiten sind leider nirgends berücksichtigt worden, obwohl gerade sie eine Fülle interessanter Tatsachen übermitteln. Zunächst konstatierte er, daß bei den von ihm untersuchten Arten die dorsale Fläche des Panzers oder wenigstens dessen Epidermiszellen und die Eier die gleiche Färbung aufweisen, z. B. blau beim Hummer, rot bei Maja und *Platycarcinus*, beim Flußkrebs violettbräunlich, fast farblos bei *Palaemon*. Diese Stoffe nennt HEIM Luteogene, sie sind sämtlich wasserlöslich. Er konnte nun, und zwar nur beim ♀ zur Zeit der Eireife, nachweisen, daß sie aus der Epidermis ins Blut gelangen, sich hier in ein rotes Carotin (HEIM sagt Lutein) umwandeln, das durch den Blutstrom den Ovarien zugeführt, wieder in ein Luteogen zurückverwandelt wird. Ferner machte er wahrscheinlich, daß es sich hier um einen einfachen Entwässerungsprozeß des Luteogens handelt.

In der Hitze und im Licht, oder unter dem Einfluß starker Reduktionsmittel, wie unterschwefligsaurem Natron, bilden diese Stoffe die roten Körper, die die Carotinoidreaktion ergeben. Das grünliche Luteogene des Hummers absorbiert besonders die roten Strahlen, und HEIM glückte es, durch diesen Stoff gewöhnliche photographische Platten rotempfindlich zu machen (S. 249).

In den Eiern bildet sich das Carotinoid in seine Mutterverbindung zurück, das dazu nötige Wasser muß es seiner Umgebung entziehen; die Folge davon wird sein, daß die im Ei gespeicherten Nährstoffe kondensiert werden. Aber auch im Panzer findet die allmähliche Umbildung der Luteogene durch das Licht in Luteine statt, gleichzeitig erfolgt das allmähliche Dickerwerden des Panzers und die damit verbundene Ablagerung von Kalksalzen, letztere wahrscheinlich wiederum als Folge der Wasserabscheidung bei der Bildung des Luteins. Bei *Carcinus maenas* kommen zwei Formen vor, eine gelbgrüne und eine rote, von denen die grüne sich besonders zwischen Algen, die rote sich auf Felsen aufhalten sollte. HEIM (S. 254) zeigte, daß letztere Annahme irrtümlich ist, daß die grünen frischgehäutete Tiere mit dünnem Panzer und un- oder wenig zersetztem grünen Luteogen seien, während die roten alte Stücke mit dickem Panzer und rotem Lutein in den Epidermiszellen seien. Ähnlich verhielte es sich mit den blauen und roten Flußkrebse. Nach BERTHELOT stellt das Chitin polymerisierte Glukose dar, dieser Vorgang sei möglicherweise ebenfalls durch einen Entwässerungsprozeß hervorgerufen, wenn Luteine sich in die Luteogene zurückverwandeln. (Bemerkenswerterweise geht auch bei *Melusoma* die Erhärtung der Elytren und die Bildung des Carotinoide Hand in Hand; ob hier aber ein den „Luteogenen“ entsprechender Stoff vorhanden ist, vermag ich vorläufig nicht zu sagen.) Um die Bedeutung, die eine einfache Deshydratation für den Stoffwechsel haben kann, zu zeigen, weist HEIM ferner darauf hin, daß nach WASSERMANN durch einfache Entwässerung Peptone in Albuminoide übergeführt werden können (S. 260). Die Bedeutung der Carotinoide und ihrer Mutterverbindungen liegt also nach HEIM darin, die Energie der von ihnen absorbierten Lichtstrahlen für Entwässerungsprozesse nutzbar zu machen. Daß diese Strahlen für die Krebse von größter Bedeutung sind (und gleichzeitig, daß keine Atmung durch den Panzer hindurch stattfindet), zeigte der Autor auf folgende Weise (S. 261). Wurde der Cephalothorax und die Oberseite des Abdomens mit einem opaken Lack bedacht, so starben die Tiere auch unter den glänzendsten Lebensbedingungen. War der Lack ebenso undurchlässig, aber

durchsichtig, so lebten die Versuchstiere, ohne eine Spur von Unbehagen zu zeigen (S. 262). NEWBIGIN hat, ohne die Arbeit von HEIM zu kennen, ebenfalls die verschiedenfarbenen Crusterpigmente untersucht. Er findet bei *Nephrops* drei Pigmente, ein gelbes, ein rotes und ein blaues in Panzer, Epidermis und Eiern.

Das rote, ein Carotinoid, ist sehr unbeständig und kann unter gewissen Bedingungen das gelbe, das normalerweise in der „Leber“ vorkommt, hervorbringen, ebenso das blaue. Es bildet mit Alkalien und alkalischen Erden ein orangerotes in Alkohol fast unlösliches Pigment. Nun zeigen unentkalkte Tiere diese Farbe, die an Alkohol nicht abgegeben wird, während entkalkte Tiere hellrot sind, und diese Farbe wird schon durch kalten Alkohol leicht ausgelaugt. Wahrscheinlich ist also das Carotin im Panzer eine Verbindung mit Kalk eingegangen. Tiefsee- und zarte Oberflächenformen mit dünnem, wenig Kalk enthaltendem Panzer hätten daher fast immer eine rote Färbung. Das blaue Pigment endlich sei die Verbindung des roten Carotins mit einer organischen Base und das grüne ein Mischfarbstoff.

HOLLANDE (a S. 26 u. 27) nimmt übrigens auch an, daß der im Blut der Chrysomeliden und Coccinelliden vorkommende Kalk an die Carotine gebunden ist.

Carotinoide als optische Sensibilatoren.

Von den Botanikern ist nachgewiesen worden, daß gefärbte Pflanzenteile eine höhere Temperatur als farblose, und rote eine höhere als grüne besitzen (KOHL S. 17). Wo Carotinoide vorkommen, werden sie also Licht und Wärme absorbieren und durch die dadurch hervorgerufene Temperatursteigerung auf die meisten Lebensprozesse beschleunigend einwirken können (KOHL S. 17). Sehr bemerkenswert ist, daß die ersten Lichtsinnesorgane, die in der Organismenwelt auftreten, die Augenflecke der Flagellaten und Schwärmsporen verschiedener Algen, aus einer maschigen protoplasmatischen Grundsubstanz bestehen, in der Carotinoidtröpfchen eingelagert sind (KOHL S. 15), und von da an bis zu den Wirbeltieren hinauf finden wir in den Augen Stoffe dieser Gruppe, die von KÜHNE Chromophane genannt worden sind.

Der rote warzige Fleck über dem Auge der Tetraoniden und die Iris vieler Fische, Amphibien und Vögel enthalten ein Carotinoid, das „Tetronerythrin“ von WURM. BROWN-SEQUARD zeigte nun, daß gerade bei diesen Tieren die Iris sich unter dem Einfluß des Lichtes zusammenziehen kann, selbst wenn das Auge herausgeschnitten ist. Möglicherweise bildet also die Zersetzung dieser Substanz die erste Wirkung des Lichtes auf das Sinnesorgan.

Den Sehvorgang stellt sich HEIM so vor, daß durch das Licht in der Retina vorhandene Luteogene in Luteine verwandelt würden (analog den Vorgängen in der Crustaceenepidermis), und daß dadurch die vom Zentralorgan als Reiz empfundene, von DEWAR nachgewiesene Änderung des elektrischen Potentials bei Belichtung der Netzhaut verursacht würde. Unter dem Schutze der Dunkelheit sollen dann die Luteogene regeneriert und die empfindliche Schicht wiederhergestellt werden. Wenn die sich abspielenden Vorgänge auch wohl sicher nicht so einfach sind, wie es sich der Autor vorstellt, so zeigen seine interessanten Ausführungen doch, welche Fülle wichtiger Erkenntnisse das Studium der Carotinoide und ihre Bedeutung im Leben der Organismen zu vermitteln verspricht.

Wenn ich hiermit den ersten Teil meiner Carotinoiduntersuchungen der Öffentlichkeit übergebe, so bin ich mir der Unvollkommenheit derselben wohl bewußt, als Entschuldigung mag die relative Neuheit und Schwierigkeit derselben, besonders auch in bezug auf das Aufsuchen der über die verschiedenen Wissensgebiete zerstreuten Literatur gelten. In den folgenden Mitteilungen gedenke ich, neben der Vervollständigung der Daten über Insekten das rote Carotinoid des Goldfisches zu behandeln.

Literaturverzeichnis.

- AUEL, H., Eine Varietät von *Melasoma XX-punctatum* Scop. Zeitschrift für wissenschaftliche Insektenbiologie, V, 1909.
- BERLESE, A., Gli Insetti, I, 1909.
- COURCHET, M., Recherches sur les Chromoleucites. Ann. des Sci. nat. Bot., VII Sér., 7, 1888.
- GERLACH, M., Über die Ursache der Unbeständigkeit carotinartiger Farbstoffe. In ZOPF, W. Beitr. zur Phys. und Morph. nied. Organismen, II, 1892.
- GRUVEL, A., Contribution à l'Étude des Cirrhipèdes. Arch. Zool. exp. et gén., 3^e série, I, 1893.
- HEIM, F., Études sur le sang des Crustacés Décapodes suivies d'un essai sur le rôle des pigments. Ann. de la Soc. entom. de France, 61, 1892.
- HOLLANDE, A. CH.,
- a) Étude Physico-Chimique du Sang de quelques Insectes. Toxicité de ce sang. Thèse de Pharmacie de Lyon, Grenoble 1906,
 - b) Contribution à l'Étude du Sang des Coléoptères. Arch. Zool. expér. et gén., 5^e sér., II, 1909,
 - c) L'Autohémorrhée ou le rejet du sang chez les Insectes. Arch. d'anat. micr. XIII, 1912.
- KOHL, F. G., Unters. über das Carotin und seine phys. Bedeutung in der Pflanze. Leipzig 1902.

KRUKENBERG, C. FR. W.,

a) Die Pigmente, ihre Eigenschaften, ihre Genese und ihre Metamorphose bei den wirbellosen Tieren. Vgl. phys. Studien, 2. Reihe, 3. Abt., 1882.

b) Grundzüge einer vergl. Physiologie der Farbstoffe und der Farben. Vgl. phys. Vortr., III, 1884.

KÜHNE, W., Beiträge zur Optochemie. I. Die Praeexistenz der Chromophane. Unters. aus dem phys. Inst. der Univ. Heidelberg, IV, 3, 1882.

MALY, R., Über die Dotterpigmente. Sitzungsber. math.-naturw. Klasse. Ac. Wiss. Wien 83, 2, 1881.

MEREJKOWSKI, D. DE, Sur la tétronérythrine dans le règne animal et sur son rôle physiol. C. R. de l'Ac. des Sci. 93, 1881.

NEWBIGIN, M. J., The Pigments of the Decapod Crustacea. Journ. of Physiol., 21, 1897.

PHISALIX, C., Recherches sur la matière pigmentaire rouge de *Pyrrhocoris apterus* L. C. R. de l'Ac. des Sci. 118, 1894.

REICHERT, A., Die Varietäten der bei Leipzig vorkommenden *Phytodecta*-arten. Entom. Jahrbuch 1912.

SCHULZE, P.,

a) Zur Variabilität von *Melasoma XX-punctatum* Scop. Berl. entom. Zeitschr. 56, 1911.

b) Die Nackengabel der Papilionidenraupen Zool. Jahrb. An. 32, 1911.

SCHUNCK, C. A., The Xanthophyll Group of Yellow Colouring Matters. Proc. Roy. Soc. London 72, 1904.

STECHE, O., Beobachtungen über Geschlechtsunterschiede der Haemolymphe von Insektenlarven. Verh. deutsch. Zool. Ges., 1912.

THUDICHUM, J. L. W., Über das Lutein und die Spectren gelbgefärbter organ. Substanzen. Centralbl. für die med. Wissensch., 1869.

TOBLER, G. u F., Zur Bildung des Lycopins und über Beziehungen zwischen Farb- und Speicherstoffen bei *Daucus*. Ber. d. deutsch. bot. Ges., 1912.

TOWER, W. C.,

a) The Development of the Colors and Color Patterns of Coleoptera etc. The Decennial Publ. of the Univ. of Chicago. The Biological Sciences First Series X, 1903,

b) An Investigation of Evolution in Chrys. Beetles of the genus *Leptinotarsa*. Publ. Carn. Inst. of Washington 1906.

TSWETT, Über den makro- und mikrochemischen Nachweis des Carotins. Ber. d. deutsch. bot. Ges., 29, 1911.

WILLSTÄTTER, R., und MEG, W., Über die gelben Begleiter des Chlorophylles. Ann. der Chemie, 355, 1907.

WILLSTÄTTER, R., und ESCHER, H., Über den Farbstoff der Tomate. Zeitschr. f. physiol. Chemie, 64, 1910.

WURM, Tetroneerythrin, ein neuer organischer Farbstoff. Zeitschr. f. wissenschaft. Zoologie, 21, 1871.

ZOPF, W., Zur Kenntnis der Färbungsursachen niederer Organismen. Beitr. zur Anat. u. Phys. nied. Organismen, I—III, 1892—1893.

Tafelerklärung.

Phot. 1—7. *Melasoma XX-punctatum* Scop. Lebendaufnahmen der Flügeldecken, 1—3 300:1, 4—6 (um Einzelheiten besser zu zeigen) 500:1.
1. Einwandern der Carotinzellen.

2. Die Carotinzellen in lebhafter amitotischer Teilung, *mi* Mitose, z. Z. 4 kernige Zelle, deren Plasma sich noch nicht durchgeschnürt hat, *pa* Patina.
3. (*f. miniata* AUEL.) Carotingewebe auf dem Höhepunkt der Ausbildung; neben dem an Fett gebundenen gelben tritt ein rotes Carotin in kristallinen Bröckchen auf. (Im Photogramm schwarz erscheinend.)
4. Nach der Copulation. Das Carotin ist zum größten Teil an den Zellen geschwunden; diese mit ihren Kernen wieder deutlich sichtbar.
5. und 6. Fettige Degeneration des Carotingewebes.
7. (*f. miniata*.) Kurz vor dem Absterben des Tieres. Das Carotingewebe ist geschwunden. Es finden sich noch einige rote Carotinoid-schollen und farblose Kristalle unbekannter Zusammensetzung.
- Phot. 8. *Melasoma populi* L. Lebendaufnahme. 300:1. Die Carotinzellen wandern in die Costa des Hinterflügels ein. Z. Z. Zellen, die nach der Teilung noch zusammenhängen.
- Phot. 9. *Melasoma XX-punctatum* Scop. Ganz frischer Käfer. *a* Carotinzellen im Fettkörper, *b* große (Carotin-?) Zellen. 420:1. Carnoy, Delafield-Gieson.
- Phot. 10. *Melasoma XX-punctatum* Scop. Carotinzelle, Teilung des Kernkörpers. 700:1. Carnoy, Heidenhain.
- Phot. 11. *Melasoma XX-punctatum* Scop. Große (Carotin-?) Zellen. *b* Teilung des Kernkörpers, *a* Carotinzelle. 400:1. Carnoy, Heidenhain.
- Phot. 12. *Harmonia marginepunctata* SCHNEID. Ganz frischer Käfer. Carotinzellen im Fettkörper. 340:1. Carnoy, Delafield-Gieson.
- Phot. 13—16. *Pyrrhocoris apterus* L. Hemelytren. 500:1.
13. Das Carotinoid in fein verteiltem Zustande in den Epidermiszellen. *pa* Patinae.
14. Oberhalb der Costa grobes, unterhalb normales Carotinoid.
- 15 und 16. Neben dem Carotinoid Kristalle unbekannter Zusammensetzung.

Spectrum (nach SCHUNCK) des Carotinoids:

1. „L. Xanthophyll“ aus Nasturtium,
 2. aus dem Dotter
 3. aus dem Blutserum
- } des Huhnes.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Gesellschaft Naturforschender Freunde zu Berlin](#)

Jahr/Year: 1913

Band/Volume: [1913](#)

Autor(en)/Author(s): Schulze Paul

Artikel/Article: [Studien über tierische Körper der Carotingruppe. I. Insecta. 1-22](#)