

# Die Puppenfärbungen der Vanessiden (*Vanessa Io*, *V. urticae*, *Pyrameis cardui*, *P. atalanta*).

Von

Leonore Brecher.

(Aus der Biologischen Versuchsanstalt der Akademie der Wissenschaften  
in Wien [Zoologische Abteilung, Vorstand: H. Przibram].)<sup>1)</sup>

(Eingegangen am 2. Juli 1921.)

Inhaltsübersicht.		Seite
Erster Teil: Beschreibung des Polymorphismus . . . . .		210
Aufstellung von vier Hauptfarbtypen . . . . .		210
Lokalisation der Färbungselemente in der Puppenhülle . . . . .		216
Verschiedenheiten in der Ausbildung der Färbungselemente unter den vier Hauptfarbtypen . . . . .		218
Zweiter Teil: Prüfung des Lichteinflusses . . . . .		221
I. Analyse der äußeren Lichtwirkung . . . . .		221
1. Einfluß farbiger Umgebung auf die Puppenfärbung . . . . .		221
2. Wirkung unsichtbarer Strahlen . . . . .		227
a) Versuche über die Rolle der ultravioletten Strahlen (bei der Wirkung schwarzer Umgebung) . . . . .		227
b) Versuche über die Rolle der ultraroten Strahlen (bei der Wirkung weißer Umgebung) . . . . .		228
3. Wirksamkeit reflektierten und durchgehenden farbigen Lichtes . . . . .		231
II. Weg des Lichteinflusses . . . . .		237
III. Farbenempfindlichkeit in den verschiedenen Stadien bis zur Ver- puppung . . . . .		242
IV. Ist die Ähnlichkeit der Puppenfarbe mit der Umgebung auf ein Wahlvermögen der verpuppungsreifen Raupen zurückzuführen? . . . . .		245
Dritter Teil: Chemismus der Farbanpassung . . . . .		246
V. Chemismus der verschiedenen Stadien bei der Umwandlung von Raupe zur Puppe (in neutraler Umgebung) . . . . .		248
1. Verhalten der Tyrosinase und der Melaninbildung . . . . .		248
a) Bei Bereitung von Tyrosinaseextrakten . . . . .		248
b) Bei Eintropfen des Blutes der verschiedenen Stadien in Lösungen verschiedenen Alkaligrades . . . . .		257
2. Direkte Aziditätsbestimmungen an dem Blute der verschiedenen Stadien durch Titrierung . . . . .		261
VI. Beeinflussung der Vanessentyrosinase durch Licht verschiedener Wellenlänge während der Verwandlung von Raupe zur Puppe . . . . .		262
1. Durch Vorbestrahlung der Tyrosinase verschiedener Stadien in <i>vitro</i> . . . . .		262
2. Durch Bestrahlung in <i>vivo</i> . . . . .		266

<sup>1)</sup> Ein Auszug dieser Arbeit erschien mit gleichlautendem Titel als Mitteilung Nr. 59 aus der Biologischen Versuchsanstalt der Akademie der Wissenschaften, Zoologische Abteilung, Vorstand H. Przibram, im Akademischen Sitzungsanzeiger Nr. 7 u. 8, 1921.

VII. Zur Frage der Farbanpassung der Vanessenspuppen . . . . .	Seite 271
VIII. Zusammenfassung . . . . .	274
IX. Literaturverzeichnis . . . . .	276
X. Tabellen A—M. . . . .	278

## Erster Teil: Beschreibung des Polymorphismus.

### Aufstellung von vier Hauptfarbtypen.

Wie die Puppen von *Pieris brassicae* (vgl. Brecher 1917, erster Teil) zeigen auch die Puppen mancher Vanessenarten, wie dies schon von anderen Autoren: Wood (1867), Poulton (1887—1892), Kathariner (1905), Menzel (1913) beschrieben worden ist, eine verschiedene Färbung je nach der Umgebung, auf der sie sich verpuppen.

So sind die im Freien auf schwarz gestrichenen Latten gefundenen dunkel schwärzlich, auf weißen Kalkwänden hell weißlich, auf grauem Gestein von mittlerer graubrauner Färbung, während die auf den Blättern der Futterpflanze hängenden Puppen goldglänzend sind mit einem bei den einzelnen Vanessenarten verschieden deutlichem Hervortreten von Grün.

Diese verschiedenen Färbungen der Puppen sind durch die verschiedene Ausbildung folgender Färbungselemente charakterisiert:

a) eines schwarzbraunen Farbstoffs, der in mehr oder weniger distinkten Flecken und in einer dem freien Auge diffus erscheinenden Verteilung in der Chitinhülle abgelagert ist und je nach seiner Ausbildung den dunkleren oder helleren Ton der Grundfarbe ergibt;

b) einer rosa oder weißen Opazität der Hülle, welche die Grundfarbe darstellt;

c) eines grünen, in den tiefer gelegenen Gewebsschichten abgelagerten Farbstoffs, welcher mehr oder weniger durch die Chitinhülle durchschimmern kann;

d) eines Goldglanzes der Hülle, welcher beim Fehlen des schwarzen Pigments in der Hülle in Erscheinung tritt.

Silberig oder wie Perlmutter schimmernd bei Anwesenheit der rosa bis weißen Opazität der Unterlage, wird der Glanz täuschend goldähnlich dort wo auch die Opazität der Hülle fehlt.

Je nach der stärkeren oder geringeren Ausbildung dieser vier verschiedenen Färbungselemente lassen sich, ähnlich wie bei *Pieris brassicae*, die vorkommenden Puppenfärbungen innerhalb jeder der hier behandelten Vanessenarten *Vanessa Io*, *urticae*, *Pyrameis cardui* und *P. atalanta* nach vier Hauptfarbtypen, und zwar dunkle, mittlere, helle und Goldpuppen einteilen.

Die dunklen sind ausgezeichnet durch die stärkste Ausbildung des schwarzen Farbstoffs, welcher die rosa Grundfarbe fast ganz ver-

deckt und der Puppe eine braune bis schwärzliche Färbung verleiht. Durch die opake Hülle schimmert kein Grün durch und der Goldglanz ist gar nicht oder äußerst wenig ausgebildet.

Die mittleren zeigen eine geringere Ausbildung des schwarzen Farbstoffs, so daß die helle Grundfarbe mehr hervortritt. Der Goldglanz ist auf wenige zirkumskripte Stellen beschränkt.

Bei den hellen Puppen tritt der schwarze Farbstoff ganz zurück und die stark ausgebildete opake rosa bis weiße Grundfarbe tritt fast ganz rein hervor. Der Goldschimmer ist im Vergleiche zum vorigen Typus stärker ausgebreitet.

Die Goldpuppen haben keinen schwarzen Farbstoff, jedoch auch keine Opazität der Hülle wie die hellen, über der ganzen Puppe ist ein starker metallischer Goldglanz ausgebreitet.

Bezüglich des Durchschimmerns von Grün besteht zwischen den Vanessenarten eine Verschiedenheit, die gerade bei dem letztgenannten Typus, bei welchem die Pigmentierung der Cuticula fehlt, am stärksten zum Ausdrucke kommt. So lassen die Goldpuppen von *Io* das Grün der tieferen Gewebe vollständig durchschimmern; sie haben daher eine dezidiert grüne Färbung mit einem Überzug von Gold. Bei den anderen drei Arten schimmert kein Grün durch, es sei denn, daß die grünlichen Reflexe der Goldpuppen bei *atalanta* und *urticae* nicht nur optischer Natur, sondern auf ein schwaches Durchschimmern des grünen Farbstoffs zurückzuführen wären. Bei *cardui* fehlen auch diese grünlichen Reflexe. Jedoch sind die ganz frischen, eben aus der Raupenhaut schlüpfenden Puppen bei allen Farbtypen und bei allen Arten, ehe es zur Ausbildung der Pigmente in der Hülle und zur Erhärtung des Chitins kommt, grün.

Worauf es beruhen mag, daß die Goldpuppen, die ja die allergeringste Pigmenteinlagerung in der Hülle zeigen, nur bei *Io* und nicht auch bei den anderen der genannten Vanessenarten die grüne Färbung auch nach der Erhärtung beibehalten, bedarf noch der Untersuchung. Es könnte sich hierbei um eine bei den verschiedenen Arten verschieden starke Ausbildung des grünen Farbstoffs selbst [vielleicht im Zusammenhange mit der verschiedenen Farbe der Raupen] oder um eine verschieden große Lichtdurchlässigkeit der Chitinhülle bei den verschiedenen Arten handeln. Letztere könnte hervorgerufen sein entweder durch eine verschiedene Dicke der Cuticula oder durch verschieden starke Ausbildung des Goldglanzes, indem bei sehr starker Ausbildung desselben alles Licht schon an der Oberfläche reflektiert würde und keines mehr zu den tieferen grünen Geweben gelangen könnte.

Ein weiterer Unterschied innerhalb dieses Typus der Goldpuppen betrifft die rosa bis weiße Einlagerung, indem bei *atalanta* auch der Typus der Goldpuppen noch stellenweise die opake Einlagerung zeigt.

Vergleichen wir die Puppenfärbungen der genannten vier Vanessenarten mit denen der Pieriden, so ist es von den die Färbung zusammen-

## Die Puppenfarbtypen bei

Die vier Hauptfarbtypen	Die den acht Farbtypen entsprechenden Typen von <i>Pieris brassicae</i>	<i>Vanessa Io</i>	
			Bezeichnung der Farbtypen bei Poulton
<p style="text-align: center;"><b>Dunkle Puppen</b></p> <p>Überwiegende Ausbildung des schwarzen Farbstoffs. Von den anderen Farbfaktoren nur noch Opazität stark ausgebildet. Grün (bzw. auch Goldglanz nicht ausgebildet)</p>	g: sehr dunkel	<p>1. sehr dunkle</p> <p>dunkelbraune schwärzliche Puppen. Sehr starke Ausbildung des schwarzen Farbstoffs, starke Ausbildung der rosa Opazität, die infolge Überdeckung durch schwarzes Pigment den dunklen Ton der Grundfarbe ergibt. Kein Durchschimmern von Grün durch die undurchsichtige Cuticula. Keine Ausbildung von Gold</p>	(1) the darkest forms
	f: dunkle	<p>2. dunkle</p> <p>Ähnlich dem Typus 1, aber weniger schwärzlich infolge geringerer Ausbildung des schwarzen Pigments. Kein Gold</p>	(2) ebenso, etwas heller als (1)
<p>Überwiegende Ausbildung des schwarzen Farbstoffs. Opazität etwas weniger; Grün (bzw. auch Goldglanz) etwas mehr als beim vorigen Typus</p>	i/g: dunkelgrüne	<p>3. dunkelgrüne</p> <p>Starke Ausbildung des schwarzen Pigments, fast dem des Typus 2 gleichkommend, jedoch nicht so uniform verteilt. Daher Auftreten von pigmentfreieren aber auch weniger opaken Stellen, durch die das Grün durchschimmert. Goldglanz an wenigen Stellen in Form schmaler Goldhöfe um die dorsalen Erhabenheiten ausgebildet.</p>	(3) Intermediate forms
<p style="text-align: center;"><b>Mittlere</b></p> <p>Alle Farbfaktoren in mittlerer Ausbildung an der Färbung beteiligt</p>	d: mittlere	<p>4. mittlere</p> <p>Unterscheidet sich vom vorigen Typus durch die weniger grünliche mehr weißliche Grundfarbe und etwas geringerer Ausbildung des schwarzen Farbstoffs. Also: alle vier Farbfaktoren hier ziemlich gleich ausgebildet. Bei 4a uniforme Verteilung des schwarzen Pigments, kein Gold</p>	(3) Intermediate forms

den verschiedenen Arten.

<i>Vanessa urticae</i>		<i>Pyrameis cardui</i>	<i>P. atalanta</i>
	Bezeichnung der Farbtypen bei Poulton		
<p>1. sehr dunkle dunkelbraune schwärzliche Puppen.</p> <p>Ähnliches Aussehen und analoge Ausbildung der Farbfaktoren wie bei dem entsprechenden Typus von <i>V. Io</i></p>	(1) »very unusually dark almost black«	<p>I. Dunkler Typus</p> <p>Es alternieren dunkle, stark schwarz pigmentierte breite Streifen mit helleren, weniger stark pigmentierten bräunlich rosa etwas goldschimmernden Streifen. Goldglanz ist überhaupt sehr wenig ausgebildet und zwar auch noch als kleine Flecken auf den dunklen Flügelscheiden und dem dorsalen Teil der Segmente</p>	<p>I. Dunkle Puppen</p> <p>Sehr starke Ausbildung von schwarzem Pigment. Starke Ausbildung einer rosa Opazität geringste Ausdehnung der Goldflecken</p>
<p>2. dunkle etwas heller braune Puppen. Ähnlich dem entsprechenden Typus von <i>Io</i></p>	(2) »dark normal form		
<p>3. sehr dunkle mit Goldflecken</p> <p>Fast ebenso starke Ausbildung des schwarzen Pigments wie bei den vorigen Typen, jedoch keine so uniforme Verteilung desselben. Besonders an den Flügelscheiden alternieren breite dunkle Streifen mit schmalen pigmentfreien Streifen, die die rosa Grundfarbe erkennen lassen. Kein Durchschimmern von Grün, Goldglanz stärker ausgebildets als bei vorigen Typen und zwar in einigen Flecken</p>	(1)		
<p>4. mittlere hellbraune Puppen. Ausbildung des schwarzen Pigments tritt etwas zurück und die rosa Grundfarbe tritt mehr hervor, so daß diese beiden Faktoren ziemlich gleich an der Puppenfarbe beteiligt sind. Kein Grün. Goldglanz an weniger circumskripten Stellen ausgebildet</p>	(3) »light normal form« Poulton teilt diese noch ein in: dark (3), (3) u. light (3)	<p>II. Mittlerer Typus</p> <p>Weniger dunkles Pigment und mehr Gold als die dunkle Puppe. Die Streifung ist ebenfalls erkennbar</p>	<p>II. Mittlere Puppen</p> <p>Eine mittlere Ausbildung aller Färbungsfaktoren</p>

## Die Puppenfarbtypen bei den

Die vier Hauptfarbtypen	Die den acht Farbtypen entsprechenden Typen von <i>Pieris brassicae</i>	<i>Vanessa Io</i>	
			Bezeichnung der Farbtypen bei Poulton
Helle Puppen Schwarzer Farbstoff in äußerst schwacher Ausbildung. Sehr starkes Hervortreten der weißen Opazität. Sehr schwache Ausbildung von Grün. Bei Vanessen Goldglanz ziemlich gut ausgebildet	b: helle	5.	(3) Intermediate forms
	a: sehr helle	6. sehr helle ziemlich weißliche Puppen. Starkes Zurücktreten des schwarzen Pigments. Hervortreten der grünlich weißen Grundfarbe, die nur an sehr wenigen Stellen feine scharfe Strichelungen zeigt. Goldglanz an manchen Stellen ausgebildet und zwar als breite Goldhöfe um die dorsalen Erhabenheiten und als schwacher Goldschimmer an Flügelscheiden und Ventralseite	(3) Intermediate forms
	A: extrem helle, weiße	extrem helle zitronengelbe Puppen. Vollkommenes Fehlen des schwarzen Pigments. Sehr starke Ausbildung der weißen Einlagerung in der Hülle, die infolge der gelblichen Farbe des Chitins der Puppe die opake gelbe Farbe verleiht. Kein Durchschimmern von Grün. Goldglanz nur an wenigen Stellen sichtbar.	
Grüne bzw. Goldpuppen Schwarzer Farbstoff und rosa bis weiße Einlagerung äußerst wenig ausgebildet. Vorherrschend der grünen Farbe ( <i>Pieris, Io</i> ) und des Goldglanzes (Vanessen)	j: grüne etwas pigmentierte	7. nicht ganz typische grüne Noch geringere Ausbildung des schwarzen Pigments als bei den hellen 6; es sind nur wenige Strichelchen zu sehen. Viel geringere Ausbildung der weißen Opazität als bei den hellen und stärkeres Durchschimmern von Grün. Die Puppe zeigt eine dezidiert grüne Färbung. Stärkere Ausbreitung des Goldglanzes als bei hellen. Bilden Übergang von Typ. 6 zu 8.	(4) »duller with more pigment«
	h: gelbgrüne und i: blaugrüne	8. typisch grüne Puppen mit Goldglanz Die schwarze Pigmentierung fehlt vollkommen, ebenso fehlt die Opazität. Durch die durchsichtige Hülle schimmert das Grün vollkommen durch. Ein starker Goldglanz ist über der ganzen Puppe verbreitet	(5) »Distinct green forms« »very bright and glittering«

verschiedenen Arten (Fortsetzung).

<i>Vanessa urticae</i>	Bezeichnung der Farbtypen bei Poulton	<i>Pyrameis cardui</i>	<i>P. atalanta</i>
<p>5. helle bräunlich rosa Puppen. Die schwarze Pigmentierung tritt sehr zurück. Es überwiegt die rosa Grundfärbung und verleiht der Puppe das helle Aussehen. Kein Grün. Goldglanz stärker entwickelt als bei den mittleren aber hauptsächlich auf einzelne circumskripte Stellen (um Erhebungen) beschränkt</p>	<p>(4) »lighter than (3), pinkish tinge very pronounced«</p>		
<p>6. sehr helle m. starkem weißlich schimmern- den perlmutterartigen Glanz. Ausbildung des schwarzen Pigments äußerst schwach. Ausbildung einer weißen Opazität. Kein Durchschimmern eines grünen Farbstoffs. Sehr starke Ausbildung des Goldglanzes über der ganzen Puppe, der infolge der weißen Unterlage einen weißlichen Perlmutterglanz der Puppe gibt. Grünliche Reflexe</p>	<p>(5) »very light forms generally completely covered with gold«</p>	<p>III. Heller Typus Schwarzes Pigment noch weniger ausgebildet; weiße Opazität tritt stark hervor: Es alternieren pigmentierte hellgraue mit ganz weißen opaken Streifen. Gold ist nur durch die Reihen erhabener Flecken (auf dem dorsalen Teil der Segmente) repräsentiert</p>	<p>III. Helle Puppen Sehr geringe Ausbildung von schwarzem Pigment, Hervortreten der hellen opaken Grundfarbe. Stärkere Ausdehnung der Goldflecken als bei den mittleren Puppen</p>
<p>extrem helle weiße Perlmutterpuppen Der vorige Typus ins Extrem geführt (Abb. in v. Linden). Vollkommenes Fehlen des schwarzen Pigments. Sehr starke Ausbildung der weißen Opazität über der ganzen Puppe. Kein Rosa. Kein Durchschimmern von Grün. Sehr starker über der ganzen Puppe verbreiteter Goldglanz, der auf der weißen Unterlage das rein weiße perlmutterartige Aussehen der Puppe bedingt.</p>			
<p>7. nicht ganz typische Goldpuppen Sehr geringe Ausbildung des schwarzen Pigments und der rosa Opazität und starke Ausbreitung des Goldglanzes. Bilden den Übergang von den hellen Typ. 5 zu den typischen Goldpuppen Typ. 8</p>	<p>(5) very light forms generally completely covered with gold</p>		
<p>8. typische (extreme) Goldpuppen Vollkommen metallischer Eindruck mit grünlich-schimmerndem oder mehr bronzartigem gelbem Goldglanz. Vollkommenes Fehlen der Pigmentierung sowohl der schwarzen als der opaken Einlagerung. Kein Durchschimmern eines grünen Farbstoffs. Sehr starke Ausbildung des Goldglanzes über der ganzen Puppe mit grünlichen Reflexen oder mehr bronzartig.</p>		<p>IV. Goldpuppen Vollkommenes Zurücktreten des schwarzen Pigments u. der rosa oder weißen Einlagerung. Kein Durchschimmern von Grün. Sehr heller starker über der ganzen Puppe verbreiteter Goldglanz. Von allen Vanessenarten die am täuschendsten goldähnlichen Puppen</p>	<p>IV. Goldpuppen Geringste Ausbildung d. schwarzen Pigments und stärkste Ausdehnung der Goldflecken. Im Gegensatz zu den anderen Vanessenarten ist hier die Opazität beibehalten. Goldglanz über der ganzen Puppe verbreitet. Dieser ergibt auf der opaken Unterlage einen sehr schönen seidigen lila-rosa, weiß-grünlich schimmernden Glanz; nur an ganz bestimmten bei diesem Typus besonders ausgebreiteten Stellen fehlt auch die Opazität und der Goldglanz tritt stark hervor und erweckt den Eindruck von Blattgold</p>

setzenden Färbungselementen nur der Goldglanz, welcher den Pieriden fehlt. Während die erstgenannten drei Hauptfarbtypen dunkle, mittlere, helle der Vanessen sich unschwer mit den dunklen, mittleren bzw. hellen von *Pieris brassicae* analogisieren lassen, so scheint der Goldtypus auf den ersten Blick sich nicht in das bei *Pieris brassicae* aufgestellte Farbtypenschema: Dunkle, Mittlere, Helle, Grüne einreihen zu lassen. Doch zeigt die *Io*-Puppe, die sowohl den starken Goldglanz als auch die dezidiert grüne Färbung hat, daß der Goldpuppentypus der Vanessen dem grünen *Pieris*-Typus gleichzusetzen ist.

Innerhalb der vier Hauptfarbtypen treten auch bei den Vanessen ebenso wie bei *Pieris*, und wie dies ja in der Natur immer der Fall ist, verschiedene Abstufungen und Übergänge auf. Um diesem Umstände Rechnung zu tragen wurden die vier Hauptfarbtypen bei den Vanessen noch untergeteilt und im ganzen acht (oder neun) Farbtypen aufgestellt.

Diese Einteilung in vier Haupt- bzw. acht Farbtypen läßt sich bei den verschiedenen Vanessenarten durchführen. In der tabellarischen Übersicht S. 212—215 soll die Charakteristik dieser verschiedenen Farbtypen und die Unterschiede, die hierbei bei den verschiedenen Arten bestehen, kurz gegeben werden. Von der Beigabe einer diese Puppentypen darstellenden farbigen Tafel mußte bei der vorliegenden Publikation abgesehen werden, doch wird sie andernorts in einer zusammenfassenden Darstellung über die Farbanpassung der Puppen beigebracht werden.

### Lokalisation der Farbfaktoren in der Puppenhülle

(bei mikroskopischer Betrachtung).

#### *Vanessa Io.*

Bringt man ein aus einer lebenden Puppe herausgeschnittenes Stückchen Hülle unter das Mikroskop und betrachtet es bei einer geeigneten Vergrößerung (die hier beschriebenen Verhältnisse beziehen sich auf eine Beobachtung mit Zeiß Okular 1 und Objektiv 6), so sieht man ähnlich wie bei *Pieris brassicae* (Brecher 1917) ein Netzwerk von anastomosierenden Kanälen, die mehr oder weniger mit dunkelbraunem Pigment erfüllt sein können und an pigmentfreien Stellen durchsichtig leuchtend hellgelb erscheinen.

In den Kreuzungsstellen dieser Kanäle sieht man weiße Fleckchen aufleuchten, in deren Mitte sich ein schwarzer Punkt befindet, der beim Heben des Tubus sich als ein Haar zu erkennen gibt. Es sind dies die vertikal das Chitin durchsetzenden, in einen Haarfortsatz endigenden Porenkanälchen, wie sie für die Puppenhülle von *Pieris brassicae* von Leydig (1855), Semper (1857), Petersen (1891), Brecher (1917) beschrieben worden sind. Zum Unterschiede von



*Pieris brassicae*, bei welchem der Haarfortsatz lang, dünn und hakig gekrümmt ist, ist er bei *Vanessa Io* kürzer und am Ende keulenförmig verdickt.

Bei Betrachtung einer *Pieris*-Puppenhülle im Mikroskop fallen uns vor allem zirkumskripte dunkelbraune oder gelbbraune Flecken ins Auge — die von dunklem Pigment umgebenen Porenkanälchen —, von welchen die miteinander anastomosierenden Horizontalkanälchen ausgehen. Man sieht deutlich, daß die Ablagerung des dunklen Pigments von den Porenkanälchen ausgeht. Die Pigmentierung durch dieselben ist das hervortretende Merkmal bei der Hülle von *Pieris brassicae*. Bei *Vanessa Io* fällt uns auf den ersten Blick mehr das dichte Netzwerk auf und die Porenkanälchen muß man erst aufsuchen.

Die Maschen oder Balken zwischen dem Netzwerk anastomosierender Kanäle zeigen keine Ablagerung von schwarzem Pigment und sind bei den verschiedenen Farbtypen der Sitz verschiedener Färbungserscheinungen im Zusammenhange mit den uns makroskopisch als stärker oder schwächer ausgebildete rosa bis weiße Grundfärbung oder als Goldglanz in Erscheinung tretenden Farbfaktoren. Beim Eintrocknen der Hülle an der Luft verschwinden alle diese Färbungserscheinungen und -unterschiede in den Balken, man sieht nach und nach die Balken sich mit Luft füllen und dunkler, grau, schließlich ganz undurchsichtig werden.

Bei Zusatz eines Tropfen Wassers hellen sie sich auf und zeigen wieder die für jeden Farbtypus charakteristischen Erscheinungen.

Schon bei dieser Vergrößerung, aber noch deutlicher mit Immersion, kann man mitunter eine hexagonale Felderung des Chitins erkennen. Besonders günstig für diese Beobachtung sind nicht allzu dicht mit dem dunkelbraunen Pigment erfüllte Stellen des Kanälchensystems, wo sie in einer Körnelung des dunklen Pigments zum Ausdrucke kommt. Es zeigen nämlich diese dunklen Körnchen eine sehr regelmäßige Anordnung und sind durch gleiche Zwischenräume voneinander getrennt. Bei genauerer Betrachtung erkennt man, daß diese helleren Zwischenräume um die dunklen Punkte durch regelmäßige Kanten aneinanderstoßen. Man gewinnt den Eindruck einer hexagonalen Felderung des Chitins, die uns auch an anderen Stellen, die frei von schwarzem Pigment sind, also auch in den Maschen des Netzwerks, entgegentritt und wie man sie auch an der Hülle von *Pieris brassicae* (Brecher 1917, S. 91) wahrnehmen kann (vgl. auch Biedermann, Chitinstrukturen in Wintersteins Handbuch der vergleichenden Physiologie 1913.) Um die Porenkanälchen ergibt sich eine radiäre Anordnung dieser pigmenterfüllten Felder, so daß die helleren Zwischenräume wie eine sternförmige Verästelung des hellen um das Porenkanälchen befindlichen Raumes erscheinen und etwa an die zuführenden Kanälchen einer pulsierenden Vacuole von *Paramaecium* erinnern.

Bei sehr dichter Ablagerung des dunklen Pigments erkennt man die einzelnen Felder nicht mehr; solche Stellen zeigen eine einheitliche dunkelbraune Färbung und sind daher für die Erkennung dieser zelligen Struktur des Chitins ungeeignet.

Dort, wo gar kein dunkles Pigment abgelagert oder nur in einer hellgelben Stufe ausgebildet ist, kann man diese Felderung ebenfalls schwerer wahrnehmen, so auch um pigmentfreie Porenkanälchen, indem sich der um das Porenkanälchen befindliche Raum heller von dem abgrenzenden gefelderten Chitin abhebt.

Es wäre hier auch noch zu erwähnen, daß man bei gewisser Einstellung Schlieren und Spalten bemerkt, die vielleicht mit den charakteristischen Farbenercheinungen bei den Vanessen in Beziehung stehen.

Wir können also an der Puppenhülle von *Vanessa Io* ähnlich wie an der Hülle von *Pieris brassicae*, vertikal die Chitinhülle durchsetzende in ein Haar endigende Porenkanälchen, hiervon ausgehend horizontale Kanäle, die miteinander anastomosieren und ein Netzwerk bilden, ferner eine hexagonale Felderung des Chitins erkennen.

Die Ablagerung des dunklen Pigments ist auch bei *Io* ähnlich wie bei *Pieris brassicae* an die Umgebung der Porenkanälchen und an das horizontale Kanälchensystem gebunden.

Über die Übereinanderlagerung der verschiedenen Pigmente und übrigen Färbungselemente, die wir in ihrer Flächenanordnung soeben betrachtet haben, über die feinere Struktur der Chitinhülle bei den Vanessen können erst genaue histologische und histogenetische Untersuchungen an Querschnitten der Hülle, Lostrennung der Schichten durch Mazerationsverfahren und andere für diese Zwecke geeignete Methoden Aufschluß geben, die erst später folgen sollen.

#### Verschiedenheiten unter den vier Hauptfarbtypen.

Die Unterschiede zwischen den Farbtypen bestehen in der verschiedenen Ausbildungsmenge und Ausbreitung des schwarzen Pigments in den Kanälchen und in den Farben, welche in den Balken zwischen den Kanälchen auftreten.

Zur Illustration dieser Verschiedenheiten hätte eine farbige Tafel beigegeben werden sollen, die das bei der vorher erwähnten Vergrößerung gesehene Flächenbild je eines homologen Stückchens aus der Hülle einer typisch dunklen, mittleren, hellen und Goldpuppe darstellt; doch mußte, um die Publikation vorliegender Arbeit nicht zu erschweren, von der Beigabe farbiger Tafeln abgesehen werden. Diese Tafel wird aber ebenso wie die die Puppenfarbtypen darstellende andernorts in einer zusammenfassenden Darstellung über die Farb-  
anpassung der Puppen beigebracht werden.

Sehr dunkler Typus (Typus 1).

Das Netzwerk von anastomosierenden Kanälen ist fast ganz mit schwarzbraunem Pigment erfüllt, aus welchem die Porenkanälchen als weiße Pünktchen aufleuchten. Zwischen dem pigmenterfüllten Netzwerk von breiten Kanälen sieht man auch noch einzelne schmale hellgelb gefärbte Queranastomosen, die ebenfalls Teile des Netzwerks darstellen, in welche kein Pigment mehr abgelagert wurde.

Die Lücken des Netzwerks erscheinen in blaugrauer Farbe.

Mittlerer Typus (Typus 4).

Das Netzwerk von Horizontalkanälen ist nur zum Teil von dem schwarzbraunen Pigment erfüllt. An anderen Stellen sind es nur die Porenkanälchen, die von einem dunklen, andere von einem helleren Pigmenthof umgeben sind.

Die Balken zwischen den Kanälen erscheinen in grünlichgrauer Farbe.

Heller Typus (Typus 6).

Das dunkle Pigment ist gar nicht ausgebildet. Sowohl das Netzwerk von Horizontalkanälchen, als auch die Umkreise der Porenkanälchen sind frei von Pigment. Letztere erscheinen in den Kreuzungsstellen der Horizontalkanälchen als bräunlichgraue in ein Haar ausgehende Punkte in der Mitte eines scharf konturierten weißen Kreises.

Die Balken zwischen den Kanälen erscheinen weißlich grau. Nur an manchen Stellen, die makroskopisch einen Metallglanz zeigen, erscheinen sie in schwachen Interferenzfarben und zwar rötlich gerändert; nach innen zu folgt Blau, hierauf Grünlich, schließlich Grau.

Goldglänzender Typus (Typus 8).

Es ist gar kein dunkles Pigment ausgebildet. Die Horizontalkanäle sind ganz durchsichtig, ohne Pigment. Auch die Porenkanälchen, die man an manchen Stellen der Horizontalkanäle als graue von einem hellen weißen Hof umgebene Punkte sieht, zeigen keine Ablagerung von Pigment in ihrer Umgebung.

Die Balken zwischen den Horizontalkanälchen leuchten in verschiedenen lebhaften Interferenzfarben, was den Goldschimmer bei makroskopischer Betrachtung verursacht.

Es sei hier eine Bemerkung bezüglich der Mächtigkeit der Horizontalkanälchen im Vergleiche zu den Balken angefügt: Bei den dunklen Puppen sind die mit schwarzem Pigment erfüllten Kanälchen viel breiter und die dazwischenliegenden Balken sehr unscheinbar; hingegen beim Goldtypus stellen die Kanäle nur ganz schmale durchsichtige Zwischenräume zwischen den mächtigen in lebhaften Interferenzfarben leuchtenden Balken dar.

Da sich das schwarze Pigment noch vor der Erhärtung des Chitins in der Puppenhülle bildet, so erscheint es verständlich, wieso in dem noch plastischen Substrat, die stärkere Pigmentbildung die Kanälchen breiter macht, bei Ausbleiben der Pigmentbildung sie dünn bleiben. Es könnte aber auch vielleicht das Umgekehrte zutreffen, nämlich das Breitbleiben der Kanälchen Ursache der schwarzen Pigmentierung sein (?).

Dieser Unterschied in der Breite der Kanälchen, je nachdem sie Pigment führen oder nicht, erinnert an den bei den Chromatophoren (Amphibien — Schmidt 1920) beschriebenen Unterschied in der Dicke und Mächtigkeit zwischen pigmenterfüllten und pigmentfreien Ausläufern. Überhaupt erinnert die ganze Anordnung von Porenkanälchen als Zentrum mit den hiervon ausgehenden Horizontalkanälchen sehr an das Bild von Chromatophoren — auch bei Chromatophoren sind Vereinigungen in einem Netzwerk beschrieben worden, Fischel (1919). Inwieweit diese bei Puppen durch die Erhärtung des Chitins fixierte Struktur und Ausbreitung des Pigments eine protoplasmatische Grundlage hat, die dem Begriff der Chromatophoren nahe kommt, könnte erst aus histogenetischen Untersuchungen klargestellt werden.

Im übrigen ist eigentlich die Natur der Chromatophoren und der Mechanismus derselben, wie sie bei Fischen, Amphibien usw. beschrieben worden sind, noch durchaus unklar und es ist vielleicht die Frage nicht ganz unberechtigt, ob nicht auch dort bestimmte Strukturen der Haut, Verhältnisse der Sauerstoffzufuhr die Chromatophoren lokal bestimmen und ob es nicht auch vielleicht gut wäre, den Mechanismus der Chromatophoren auch einmal vom Gesichtspunkte der Pigmentbildung zu untersuchen. Es erscheint mir nicht unwahrscheinlich, daß hierbei die Ausdehnung der Fortsätze das Primäre sein könnte, hiermit eine erhöhte Sauerstoffzufuhr zusammenhängen, die die Pigmentbildung fördern würde. (Siehe auch Kudô, dies. Heft).

#### *Vanessa urticae.*

Um Wiederholungen zu vermeiden, muß ich davon abstehe, auch die Farbverteilung in der Puppenhülle von *Urticae* zu beschreiben. Ich möchte hier nur bemerken, daß es sich im wesentlichen um ganz ähnliche Verhältnisse wie die bei *Io* beschriebenen bis auf die Intensität des Grün bei den Goldpuppen handelt und muß im übrigen auf die nach den vier Hauptfarbtypen dunkle, mittlere, helle, Goldpuppen von *Urticae* (bei Verwendung analoger Stellen der Hülle wie bei *V. Io* und *Pieris brassicae*) gezeichneten Abbildungen der später andernorts zu publizierenden Tafel hinweisen.

In dem hier folgenden zweiten und dritten Teil soll die ähnlich wie für *Pieris brassicae* (Brecher 1917—21) auch für Vanessen durchgeführte Analyse der äußeren und inneren für die Puppenfärbung maßgebenden Faktoren, die zur Farbanpassung der Puppen führen, mitgeteilt werden.

## Zweiter Teil: Prüfung des Lichteinflusses.

## I. Analyse der äußeren Lichtwirkung.

## 1. Einfluß farbiger Umgebung auf die Puppenfärbung.

## Versuchsordnung.

Die schon früheren Autoren (Poulton 1887—1892, Kathariner 1905, Menzel 1913) bekannte experimentelle Beeinflußbarkeit der Puppenfärbung der Vanessen durch verschiedene Umgebungsfarben, wurde auch in eigenen Versuchen als Ausgangspunkt für die weitere Analyse wiederholt.

Es wurde hierbei der Einfluß folgender Umgebungsfarben auf die Puppenfärbung geprüft: Schwarz, Grau, Weiß, Finsternis; Rot, Gelb, Gelbgrün, Blau; ferner die nach der Poultonschen Ansicht für den Goldglanz der Vanessenspuppen maßgebende goldglänzende Umgebung und als Kontrolle hierzu eine silberglänzende sowie auch andersfarbige metallglänzende Umgebung wie metallisch Rot, Goldgrün, metallisch Blaugrün und metallisch Violett.

Als Versuchsbehälter dienten die in der *Pieris*-Arbeit 1917, S. 106 beschriebenen und daselbst abgebildeten farbig ausgekleideten prismatischen Holzkästen mit zweiseitigem Lichtzutritt und geneigtem Aufsatz zur Verstärkung der Reflexion, ferner in anderen Versuchserien kleine Holzkästen mit nur oberseitigem Lichtzutritt (siehe Brecher *Pieris* 1919, S. 293). Es wurde die Einwirkung der Farben nacheinander auf *Vanessa urticae*, *V. Io*, *Pyrameis cardui* und *P. atalanta* geprüft, und zwar für die beiden ersteren in allen genannten Farben und mit sehr zahlreichem Material, für die beiden letzteren von welchen weniger Material zur Verfügung stand, nur je in vier Farben (*cardui* in Schwarz, Weiß, Gelb, Gold, Finsternis, *atalanta* in Schwarz, Weiß, Grau, Gelb, Finsternis).

Die meist im halberwachsenen Zustande im Freien gesammelten, sodann bis zum Eintritt der Verpuppungsreife in Terrarien auf Nesseln (bei *cardui* auf Disteln) gezogenen Raupen, wurden bei diesen und den anderen Versuchen, wo nichts anderes erwähnt wird, sobald sie verpuppungsreif wurden und vom Futter wegwanderten, in die farbigen Bedingungen ohne die Futterpflanze eingebracht. Es wurden meist für je eine Versuchsserie Raupen einer Zucht verwendet oder mindestens von engumgrenztem Fundorte.

## Versuchsergebnisse.

Diese Versuche haben in Bestätigung der früheren Angaben (Poulton 1887—1892) die experimentelle Beeinflußbarkeit der Puppenfärbung der Vanessen durch verschiedene Umgebungsfarben gezeigt.

Farbige Kästen in weißem Licht	Einfluß farbiger Flächen			
	<i>Vanessa Io</i>	<i>V. urticae</i>	<i>Pyraeis cardui</i> (nach Ausschaltung aller durch einen Parasiten befallenen Puppen die in allen Umgebungs-farben goldglänzend waren)	<i>P. atalanta</i>
Rot	dunkle Puppen (ähnlich wie in Schwarz)	dunkle Puppen (ähnlich wie in Schwarz)		
Gelb	typisch grüne stark goldglänzende Puppen Typ. 8	durchweg stark goldglänzende Puppen wie Typ. 8, bronzefarbig od. mit grünlichen Reflexen; wenige etwas weniger extrem goldglänzend entsprechen Typ. 7	goldglänzende Puppen Typ. IV	Puppen mit stärkster Ausbreitung des Goldglanzes und geringster Ausbildung des schwarzen Pigments aus der ganzen Serie, opake Einlagerung teilweise vorhanden Typ. IV
Gelbgrün	vorwiegend typisch grüne goldglänzende Typ. 8 wie die aus gelber Umgebung, daneben einzelne weniger typische grüne (Typ. 7) und auch noch weißlichere helle Typ. 6	keine einheitlichen Resultate: extreme Goldpuppen Typ. 8 (eine mit besond. starkem Grünschimmer) auf farbigem Hintergrund an gut belichteten Stellen. Einzelne helle Typ. 6. Helle Typ. 5 und vorwiegend mittlere Typ. 4 an der Glasdecke. Eine ganz dunkle mit Gold Typ. 3		
Blau	dunkle Puppen Typ. 2	dunkle Puppen		
Schwarz	die aller dunkelsten Puppen, Typ. 1 auch dunkle Typ. 2	sehr dunkle Puppen Typ. 1 und 2	dunkle Puppen Typ. I	die dunkelsten Puppen der Serie Typ. I
Grau	hellere Puppen als Schwarz; teils ziemlich dunkle Typ. 2 teils mittlere Typ. 4	mittlere Puppen Typ. 4		mittlere Puppen Typ. 2
Weiß	helle Puppen Typ. 6 jedoch auch eine ziemliche Anzahl mittlerer Typ. 4 u. sogar einzelne dunkle Typ. 2 an weniger gut belichteten Stellen oder wo die Raupen zu nahe aufgehängt waren	helle Puppen Typ. 5 und sehr helle mit starkem weißlichen Perlmutter-schimmer Typ. 6 <sup>1)</sup> . Wenige nicht ganz so helle sondern mittlere Typ. 4	helle Puppen Typ. III und mittlere Puppen Typ. II	sehr helle Puppen Typ. III
Finsternis	ziemlich dunkle Puppen Typ. 1 und 2 sowie auch mittlere Typ. 4 ähnlich wie in Grau	hellere Puppen als Schwarz, ähnlich den Puppen aus Grau		

<sup>1)</sup> Bei nochmaligem genauen Durchlesen der Poultonschen Arbeiten finde ich, daß auch Poulton, der die stark glänzenden Puppen alle unter dem Typus der Goldpuppen vereinigt hat (5) für die in

(Vgl. Tabellen A und C.)

Farbige Kästen in weißem Licht	Einfluß farbiger metallglänzender Flächen			
	<i>Vanessa Io</i>	<i>V. urticae</i>	<i>Pyrameis cardui</i> (nach Ausschaltung der durch Parasiten befallenen Puppen)	<i>P. atalanta</i>
metallisch Rot	mittlere Typ. 4 und grünlichere Typ. 7	sehr dunkle Puppen		
Gold	typische grüne stark goldglänzende Puppen Typ. 8 ebenso wie gelb; einzelne halbgrüne Typ. 7	durchweg starkgold- glänzende Puppen wie in Gelb	goldglänzende Puppen Typ. IV	
Goldgrün	typische grüne gold- glänzende Puppen Typ. 8	typisch goldglänzende Puppen, sogar schöner als im Goldkasten		
metallisch Blaugrün	dunkle Puppen Typ. 2 u. mittlere Puppen Typ. 4	dunkle und mittlere		
metallisch Violett	die dunkelsten Puppen dieser Serie: dunkle Puppen Typ. 2 und auch die wenigen mittleren Typ. 4 ganz ohne Gold	sehr dunkle Puppen		
Silber	ziemlich dunkle Puppen ohne Gold hauptsächlich von Typ. 2 ähnlich wie in grauer Umgebung (sogar etwas dunkler)	mittlere Puppen Typ. 4, größtenteils ganz ohne Goldglanz, einige mit weißlich silberglänzen- den Flecken		

Weiß entstandenen bemerkt, daß sie sich von den übrigen Goldpuppen durch einen silberig weißlichen Schimmer unterscheiden. Es sind eben diese Puppen, die infolge der starken Ausbildung des Weiß unbedingt zu dem Typus der Hellen gehören, von uns als Typ. 6 bezeichnet worden sind. Der Perlmutter-schimmer wird eben bei diesen Puppen hervorgerufen durch geringste Ausbildung des schwarzen Pigments und die starke Ausbildung weißer Opazität, welche eine Unterlage für den starken Goldglanz ergibt, während die in Gelb entstandenen goldglänzenden Puppen die weiße Opazität nicht ausgebildet haben.

Mit Hinblick auf die Auffassung Poultons, daß der Goldglanz der Vanessen mit metallglänzender Umgebung in selektionistischem Zusammenhang stehe, wollen wir zuerst den Einfluß der Metallglanzfarben besprechen. Wir sehen, daß nur Gold und Goldgrün die Goldpuppen hervorgebracht haben, die anderen metallglänzenden Flächen jedoch keine Goldpuppen, sondern Silber und metallisch Blaugrün mittlere ohne Gold und ohne Grün, metallisch Rot und metallisch Violett dunkle Puppen mit sehr viel schwarzem Pigment, ebenfalls ganz ohne Gold hervorgebracht haben.

Andererseits sehen wir aus der Reihe der matten Farben in Gelb und Gelbgrün die schönen Goldpuppen entstehen ebenso wie in Gold.

Es sind also, was schon Poulton richtig erkannt hatte, die gelben Strahlen, welche die Goldpuppen hervorbringen. Diese Strahlen sind es, welche auch in goldglänzender Umgebung die goldglänzenden Puppen entstehen lassen und nicht der Metallglanz als solcher, da ja andere metallglänzende Flächen, die kein Gelb reflektieren diese Wirkung nicht haben. Unter dem Einflusse der gelben Strahlen wird die Ausbildung des schwarzen Pigments und der Opazität in der Hülle verhindert, wodurch der wohl durch eine bestimmte Struktur der Hülle bedingte Goldglanz zum Vorschein kommt. Bei *Io* schimmert auch noch das Grün durch die durchsichtige Hülle durch, was die grünen goldglänzenden Puppen bei dieser Art ergibt. Ebenso sind ja bei *Pieris brassicae* in goldglänzender Umgebung ebenso wie auf Gelb die grünen Puppen entstanden. Es entspricht also tatsächlich der Goldtypus der Vanessen dem grünen *Pieris*-Typus, da, wie wir sehen, sie auch durch die gleichen Bedingungen hervorgerufen werden. Bei Vanessen kommt noch ein neuer Faktor hinzu, nämlich der Goldglanz der Hülle, der bei durchsichtiger pigmentfreier Hülle sich ausbildet, also überall dort zustande kommt, wo die Ausbildung der Pigmente in der Hülle verhindert wird, also ebenso gut in Gelb und auf grünen Blättern der Futterpflanze wie auch auf gelbreflektierenden metallglänzenden Flächen, also auch auf Goldfarbe.

Was die anderen Metallglanzfarben betrifft, so beeinflussen sie die Puppenfarbe ebenfalls durch die von ihnen reflektierte Farbe.

Nachdem wir also Metallglanz als Faktor auf die Puppenfärbung ausschalten können, wollen wir nunmehr die Wirkung aller verwendeten Umgebungsfarben zusammenfassend betrachten: wir sehen, daß Schwarz, Rot, Violett, Blau ganz dunkle Puppen hervorbringen, durch Vermehrung des schwarzen Pigments; Gelb und Gelbgrün, die Goldpuppen durch Verhinderung der Ausbildung des schwarzen Pigments und des Weiß und Hervortreten des Goldglanzes hervorbringt, wobei das verwendete matte gelbgrüne Papier ähnlich wie bei *Pieris* nicht ganz einheitliche Resultate also keine so starke Wirkung in der Richtung auf Hervor-



bringung der grünen goldglänzenden Puppen bei *Io* und der Goldpuppen bei *urticae* wie Gelb hatte. Neben durchsichtigen typischen Goldpuppen traten auch welche mit weißer opaker Einlagerung also helle weißliche und etwas stärker schwarz pigmentierte auf. (Auf grünen Blättern jedoch entstehen immer typische Goldpuppen.) Weiß bringt die hellsten Puppen hervor, durch sehr geringe Ausbildung des schwarzen Pigments und starkes Hervortreten der weißen Opazität. Hierbei scheint *Io* für Weiß weniger empfindlich als *urticae* und *Pieris*, indem nur bei besonders günstiger Belichtung die hellsten Puppen, sonst aber mittlere entstanden. Endlich bringt Blaugrün wie neutrales Grau mittlere Puppen hervor durch eine mittlere Ausbildung aller Farbfaktoren in der Puppenhülle.

Die Frage, ob es sich bei der Wirkung farbiger Umgebung auf die Puppenfärbung um die Wirkung verschiedener Intensitätsgrade oder um die Wirkung der Farbqualitäten handelt ist an *Pieris* durch zahlreiche variierte Versuchsanordnungen (s. Zweiter Teil 1917, Vierter Teil 1919, Fünfter Teil 1921, Achter Teil, in Vorbereitung) im letzteren Sinne entschieden worden.

Auch bei Vanessen sehen wir nach diesen Versuchen eine ähnliche Wirkung der farbigen Strahlen wie bei *Pieris*, und zwar die gelber Strahlen auf die Verhinderung der Ausbildung der Pigmente in der Hülle, die blauer und violetter Strahlen in der starken Ausbildung des schwarzen Pigmentes in der Hülle.

Wo alle wirksamen Strahlen in gleichem Maße reflektiert werden, also in Grau oder sonst neutralwirkenden Flächen oder wo gar keine Strahlen vorhanden sind, wie in Finsternis, erfolgt eine mittlere Ausbildung aller Farbfaktoren, also mittlerer Puppen.

Gehen wir nun von der Betrachtung der Wirkung von Grau zu den beiden Enden der tonlosen Reihe über, zu Weiß, welches alle sichtbaren Strahlen reflektiert und zu Schwarz, welches alle sichtbaren Strahlen absorbiert, so schien zuerst eine Parallele zwischen der Vermehrung des schwarzen Pigments und der Abnahme der Lichtintensität zu bestehen. Poulton, der ja dem Lichte nur eine, und zwar negative, pigmentverhindernde Wirkung zuschrieb (nämlich die der gelben Strahlen), jedoch keine positive auf die Vermehrung des schwarzen Pigmentes annahm, da »das schwarze Pigment sich bei den Puppen ja auch in der Finsternis bilde«, wunderte sich sehr darüber wieso es komme, daß Schwarz in starkem Lichte dunklere Puppen als vollkommene Finsternis hervorbrächte. Dieses schon bei *Pieris* Brecher 1919) untersuchte Problem hat zu dem Ergebnis geführt, daß die positive Wirkung des Schwarz auf die Dunkelfärbung der Puppen auf die von Schwarz reflektierten ultravioletten Strahlen zurückzuführen sei, also ebenfalls eine spezifische Strahlenwirkung dar-

stelle. Ebenso konnte bei *Pieris* die Wirkung der weißen Umgebung auf die Weißfärbung der Puppen auf die Wirkung der ultraroten Strahlen zurückgeführt werden (1919, Fünfter Teil 1921).

Im hier folgenden Abschnitt sollen kurz die ähnlichen auch mit Vanessen ausgeführten Versuche zur Prüfung der Rolle der ultravioletten Strahlen in Schwarz auf die Schwarzfärbung der Puppen (Ausschaltung durch Chininsulfat) und der Rolle der ultraroten Strahlen bei der Wirkung weißer Umgebung auf die Weißfärbung der Puppen mitgeteilt werden.

Was die Wirkung der roten Flächen auf die Entstehung der dunklen Puppen betrifft, so wird sie in einem späteren Abschnitt (I, 3) erörtert werden.

Vorerst seien noch einige Worte einer von der Wirkung der Lichtstrahlen unabhängigen Entstehung von Goldpuppen bei *cardui* gewidmet: Bei der kurze Zeit nach der Verpuppung erfolgten Registrierung der Versuche bei *P. cardui* ergab sich die für die Beeinflußbarkeit der Puppen durch die Umgebungsfarben sehr entmutigende Tatsache, daß in allen verwendeten Kästen, also auch in Schwarz und Weiß vorwiegend Goldpuppen entstanden. Einige Tage später zeigte es sich, daß der größte Teil der Puppen einen Parasiten (eine Ichneumonide: *Amblyteles camelinus* Wesm.) beherbergt hatte, welcher durch Sprengung der Puppenhülle nun austrat. Eine vorangegangene Rötung an dem unteren Teil der Puppe hatte bereits diesen Ausgang ahnen lassen. Nun waren es gerade nur die Goldpuppen in allen Umgebungsfarben, die von dem Parasiten befallen waren, während die wenigen normalen Puppen, aus denen später der Schmetterling ausschlüpfte, die typische Einwirkung der Umgebungsfarben erkennen ließen, also in Schwarz dunkle, in Weiß helle waren; und nur in Gelb und Gold waren auch die nicht ange-stochenen Puppen ebenfalls goldglänzende. Dies konnte durch eine zweite an den leeren Hüllen vorgenommene Registrierung leicht festgestellt werden, da die Hüllen ein wesentlich anderes Aussehen haben, je nachdem ob der Schmetterling oder ob nur ein Parasit aus der Puppe ausgeschlüpft ist. Im ersteren Falle handelt es sich um ein durchsichtiges Hüllchen mit einer medianen dorsalen Spalte, im zweiten Falle blieb von der Puppe viel mehr als bloß die Cuticula übrig und der Öffnungsmodus ist auch ein anderer, indem der vordere Teil der Puppe vom Parasiten in Form einer Klappe abgehoben wird.

Somit konnte also auch für *cardui* die gleiche Wirkungsweise der Umgebung auf die Puppenfärbung wie auch bei den anderen Arten festgestellt werden und daß auch hier ebenso wie bei den anderen erwähnten Arten die gelben Strahlen die Goldpuppen entstehen lassen.

Wir lernen aber an *cardui* noch eine zweite mögliche Ursache für die Entstehung der Goldpuppen kennen, nämlich einen offenbar durch

die Beherbergung eines Parasiten hervorgerufenen Schwächezustand oder sonstige Veränderung, welche die Pigmentbildung unabhängig von den einwirkenden Umgebungsfarben verhindert, wodurch der Goldglanz zum Vorschein kommt.

Obwohl auch die anderen Vanessenpuppen, *Io, urticae*, oft Parasiten beherbergen (solche die als Maden austreten und dann zu Tönnchen erhärten, — Tachinen —), so ist dies ohne Einfluß auf die charakteristische Einwirkung der Umgebungsfarben. Es können sowohl ganz dunkle als auch mittlere, helle und Goldpuppen von Parasiten befallen sein. Auch hier erfolgt vor dem Austritt der Made eine Rötung der Puppe. Es bedeutet also bei diesen Arten keinen Fehler, wenn bei der Registrierung auch angestochene Puppen mit registriert worden waren.

Eine andere Bemerkung betrifft *Vanessa atalanta*: *Vanessa atalanta* kommt in zwei Raupenfärbungen vor, eine schwarze mit weißen Flecken und eine hellere graugrünliche. Es zeigt sich, daß diese verschiedene Raupenfärbung für die Puppenfärbung und für die Beeinflussbarkeit derselben durch die Umgebungsfarben gleichgültig sei.

Ferner ist bezüglich dieser Art noch zu erwähnen, daß auch die gelben Strahlen die Opazität nicht ganz verhindern.

## 2. Wirkung unsichtbarer Strahlen.

### *Vanessa urticae*.

#### a) Versuche über die Rolle der ultravioletten Strahlen (bei der Wirkung schwarzer Umgebung).

##### Ausschaltung durch Chininsulfat.

Um die Rolle der ultravioletten Strahlen bei der positiven Wirkung schwarzer Umgebung auf die Schwarzfärbung der Vanessenpuppen zu untersuchen, wurde die bei *Pieris* angewandte Methode der Ausschaltung der ultravioletten Strahlen aus der schwarzen Umgebung durch Vorschaltung von Chininsulfatlösung verwendet.

Es kamen hierbei schwarz ausgekleidete Kästchen mit zweiseitigem Lichtzutritt (s. Beschreibung und Abbildung in Brecher, Vierter Teil 1919, S. 297) zur Verwendung, und zwar:

1. beiderseitig mit Vorschaltung von Chininsulfat, Ausschaltung der ultravioletten Strahlen,
2. ein Kontrollversuch mit vollem Lichtzutritt,
3. ein Kontrollversuch mit schwacher Herabsetzung der allgemeinen Lichtintensität durch Bedeckung mit einer Lage Pauspapier.

Die Messung der Lichtstärke mit photographischem Papier ergab die stärkste Schwärzung im Kasten mit vollem Lichtzutritt und eine bedeutend schwächere bei Vorschaltung von Chininsulfat sowie Herabsetzung der Intensität durch Pauspapier. In den beiden letzteren Bedingungen war die Schwärzung die gleiche.

### Versuchsverlauf (vgl. Tabelle A).

Schwarz mit vollem Lichtzutritt ergab durchweg sehr dunkle und dunkle Puppen (Typ. 1 und 2).

Schwarz mit Ausschaltung der ultravioletten Strahlen durch Chininsulfat ergab eine sehr bedeutende Aufhellung der Puppen im Vergleiche zu Schwarz normal. Es sind hier vorwiegend helle Puppen (Typ. 5), ähnlich wie in den Weißversuchen entstanden.

Schwarz mit Herabsetzung der allgemeinen Intensität durch Pauspapierbedeckung hat hingegen dunkle Puppen wie auch Schwarz bei vollem Lichtzutritt ergeben.

### Versuchsergebnisse.

Vorschaltung von Chininsulfat hat also in Schwarz helle Puppen entstehen lassen, während eine auf photographisches Papier (gewöhnliches Celloidinpapier) gleich wirksame Herabsetzung der allgemeinen Lichtintensität diesen Effekt nicht hatte.

Diese Versuche, bestätigen also in schlagender Weise auch für *urticae*, was schon durch die Versuche an *Pieris brassicae* (Brecher, Vierter Teil, 1919) ermittelt worden war, daß die positive Wirkung schwarzer Umgebung auf die Dunkelfärbung der Puppen von der Wirkung der von Schwarz reflektierten ultravioletten Strahlen abhängt.

### b) Versuche über die Rolle der ultraroten Strahlen (bei der Wirkung weißer Umgebung).

#### Versuchsanordnung.

Zur Vermeidung von Wiederholungen möchte ich hierfür auf die in der *Pieris*-Arbeit, Fünfter Teil 1921, S. 6 u. ff. ausführlich beschriebene und durch Textabbildungen dargestellte Versuchsanordnung verweisen. Es wurden ebenso wie dort weiß ausgekleidete runde Gläser in folgenden Versuchsbedingungen verwendet.

Weiß bei normaler Temperatur (Zimmertemperatur 23°):

1. bei Ausschaltung der ultraroten Strahlen durch Vorschaltung von Eisenvitriol-Rhodankaliumlösung,
2. bei vollem Lichtzutritt,
3. bei Herabsetzung der allgemeinen Lichtintensität durch Bedeckung mit einer Lage Pauspapier.

(Messung mit photographischem Papier ergab bei dieser letzteren Versuchsbedingung eine etwas stärkere Herabsetzung der photographisch wirksamen Lichtintensität als bei Vorschaltung von Rhodankalium.)

Weiß bei herabgesetzter Temperatur (durch Eisumhüllung, Temperatur nach dem Einfüllen des Eises am Boden des Behälters 4°, am oberen Rande 9°, doch blieb sie nicht konstant, sondern stieg beim Schmelzen auf 14°):

1. bei Ausschaltung der ultraroten Strahlen durch Vorschaltung von Eisenvitriol-Rhodankalium,
2. bei vollem Lichtzutritt,
3. bei Herabsetzung der allgemeinen Lichtintensität durch Bedeckung mit Pauspapier.

Weiß bei erhöhter Temperatur ( $34\frac{1}{2}^{\circ}$ , s. *Pieris* V, 1921, S. 8) bei vollem Lichtzutritt.

Als Kontrollen zu diesen Versuchen dienten Raupen derselben Zucht gleichzeitig in schwarzem und grauem Kasten und auf grünen Blättern der Futterpflanze im Terrarium verpuppt.

Die Versuche Weiß bei normaler Temperatur wurden wiederholt.

Versuchsverlauf und -ergebnisse (vgl. hierzu Tabelle B).

Für die Vergleichung der Resultate sind hauptsächlich diejenigen Puppen maßgebend, welche sich unmittelbar auf der weißen Fläche an gut belichteten Stellen verpuppt haben, also dem Einfluß der weißen Umgebung tatsächlich ausgesetzt waren, das sind die unter dem oberen Rande verpuppten (vgl. Textabb. 1 in *Pieris*-Arbeit V, 1921).

Was die Versuche bei normaler Temperatur betrifft, so zeigt es sich, daß Weiß bei vollem Lichtzutritt ebenso auch Weiß mit etwas herabgesetzter Intensität sehr helle Puppen mit weißlich schimmerndem Goldglanze (Typus 6) ergeben hat.

Dagegen hatte die Vorschaltung von Eisenvitriol-Rhodankalium zur Folge, daß helle rosa Puppen ohne den weißlichen Glanz (Typus 5) entstanden, ähnlich wie auch in Schwarz bei Vorschaltung von Chininsulfat entstanden sind.

Es kann dieses Ergebnis bei der Vorschaltung von Eisenvitriol-Rhodankalium nicht mit der etwas gelblichen Farbe der Lösung in Zusammenhang stehen, denn sonst müßten diese Puppen ja entsprechend der Wirkung der gelben Strahlen gerade mehr Goldglanz besitzen, und auch nicht mit der Herabsetzung der Intensität, da die etwas stärkere Herabsetzung der Intensität durch Pauspapier keinen Unterschied gegenüber den Normalen zeigte.

Bei den Versuchen mit herabgesetzter Temperatur zeigt sich zwischen den am oberen Rand verpuppten derselbe Unterschied zwischen den Vorschaltungen wie bei normaler Temperatur.

Offenbar war in dieser Höhe keine merkliche Abnahme der Temperatur durch die Eisumhüllung erzielt. Andererseits ist aber zu bedenken, daß die bei den verschiedenen Vorschaltungen bestehenden Unterschiede in dem Gehalt an ultraroten Strahlen mit dem Thermometer gar nicht meßbar waren und doch so deutliche Unterschiede in der Puppenfärbung ergaben, wogegen durch die Eisumhüllung selbst am oberen Rande eine gewisse Temperaturerniedrigung gegenüber der

Zimmertemperatur erreicht worden sein müßte und doch zeigen sich die Puppen unabhängig davon verschieden, je nach der Vorschaltung, ebenso wie die bei normaler Temperatur.

An tieferen Stellen in den eisumhüllten Versuchsbehältern verpuppte, wo also tatsächlich eine deutliche Herabsetzung der Temperatur stattgefunden haben mußte, zeigt sich hingegen deutlich die verdunkelnde Wirkung der Kälte, indem hier die Weißwirkung ganz aufgehoben erscheint und ziemlich dunkel pigmentierte Puppen Typus 1 und 2 entstanden.

Weiß mit erhöhter Temperatur hatte den gegensinnigen extremen Effekt, indem hier die weißesten Puppen überhaupt entstanden. Es sind durchweg weiße wie Perlmutter aussehende Puppen, bei welchen gar kein schwarzes Pigment ausgebildet ist, hingegen ein starker Goldglanz und eine sehr starke Ausbildung einer weißen Opazität. Die Kombination von Goldglanz und weißer Unterlage ruft eben den Eindruck von Perlmutter hervor. Es sind die weißschimmernden Puppen wie sie in Weiß bei normaler Temperatur entstehen aber die Verhinderung des schwarzen Pigments und die starke Ausbildung des Weiß ins Extrem geführt. Von den in Gelb entstandenen Goldpuppen sind sie ganz verschieden. Es sei hierfür auf die von v. Linden (1905) abgebildete Puppe von *urticae*, die sie ebenfalls bei erhöhter Temperatur erhielt, verwiesen.

Auch Standfuß hatte *urticae*- und *cardui*-Raupen in Weiß und anderen Farben: Blau, Gelb, Rot bei 40° bzw. 37° zur Verpuppung gebracht und erhielt nur bei weißem Untergrund weiße Puppen, wogegen bei den anderen Farben Erhöhung der Temperatur nicht diesen Effekt hatte. Ebenso erhielt er auch in Weiß bei normaler Temperatur keine weißen Puppen.

Es zeigen also ebenso wie für *Pieris* diese Versuche deutlich den Einfluß der Wärmestrahlen und der Wärme überhaupt auf die Verhinderung des schwarzen Pigments und Förderung der weißen Opazität. Letztere Wirkung ist bei *urticae* sogar noch viel deutlicher als bei *Pieris brassicae*, da bei *urticae* die anderen Typen keine weiße, sondern eine rosa Opazität in der Hülle haben.

Es konnten also diese Versuche den bei *Pieris* gefundenen Zusammenhang zwischen den ultraroten Strahlen und den weißen Puppen in Weiß bestätigen und zeigen, daß die Wirkung weißer Umgebung auf die Entstehung weißer Puppen auch bei *V. urticae* auf die Wirkung der ultraroten Strahlen zurückzuführen sei.

*Vanessa Io* (vgl. Tabelle B).

Mit *V. Io* zu gleichem Zwecke angestellte Versuche mit Vorschaltung von Chininsulfat bzw. Eisenvitriol-Rhodankalium vor schwarzer,

roter und weißer Umgebung ergaben leider keine sehr deutlichen Unterschiede je nach den Vorschaltungen.

Die Ursache hierfür dürfte in den schlechten Belichtungsverhältnissen, die bei diesen Versuchen herrschten, zu suchen sein.

Infolgedessen entstanden in Schwarz keine ganz dunklen und da zwischen den Puppen aus Schwarz einerseits und den in Finsternis entstandenen also normalen Typus 2, ebenso wie den in neutraler Umgebung andererseits nur ein schwacher gradueller Unterschied besteht, so ist es klar, daß die Vorschaltung von Chininsulfat keine deutliche Aufhellung zur Folge haben konnte. Anders ist es mit *urticae* und *Pieris brassicae*, wo zwischen Finsternispuppen und Schwarzpuppen sehr deutliche Unterschiede bestehen.

Ebenso ist die offenbar geringere Empfindlichkeit von *Io* für Weiß an dem Versagen der Versuche mit Rhodankaliumvorschaltung schuld, da auch schon infolge der ungünstigen Lichtbedingungen Weiß ohne Vorschaltung nicht die ganz hellen Puppen ergab.

Dagegen hatte der Versuch Weiß mit erhöhter Temperatur ein mit den entsprechenden Versuchen an *Pieris* und *urticae* gleichsinniges Resultat, welches somit eine weitere Stütze der dort gemachten Schlußfolgerungen über die Wirkung der Wärmestrahlen ist. Es entstanden hier nämlich Puppen ganz ohne schwarzes Pigment und ohne Grün, mit geringem Goldglanz und starker Ausbildung von weißer Opazität in der Hülle, wodurch die Puppe von weißlich gelblicher Farbe erscheint.

(Im allgemeinen gewinnt man aus allen Versuchen den Eindruck, als ob *Io* für weiße Umgebung weniger empfindlich als *urticae* und *P. brassicae* sei, ebenso der Unterschied zwischen den Puppen aus Schwarz und Finsternis geringer als bei den genannten Arten, dagegen die Empfindlichkeit für gelbe Strahlen noch größer als bei den genannten Arten sei.)

### 3. Wirksamkeit reflektierten und durchgehenden farbigen Lichtes.

(*Vanessa Io*, *V. urticae*.)

#### Versuchsordnung.

Um die Wirkung von farbigem durch ein Filter durchgehendem Lichte im Vergleiche zur Wirkung der von farbigen Flächen in weißem Lichte reflektierten Strahlen kennen zu lernen, die nach den in der Literatur sich vorfindenden Angaben (Vanessen: Poulton 1892, Kathariner 1905; vgl. auch *Pieris*: Dürken 1918, Brecher dieses Heft 1922) gewisse Unterschiede erwarten ließ, wurden verpuppungsreife Raupen in durchgehendes farbiges Licht und als Kontrolle hierzu in die entsprechenden farbigen Reflexionskästen in weißem Tageslicht, ferner in Finsternis zur Verpuppung eingebracht.

Als Filter für das durchgehende farbige Licht dienten  $\alpha$ ) in Senecioidische Glocken gefüllte Farbstofflösungen, und zwar:

- für rotes Licht . . . . . Lithiumkarmin<sup>1)</sup>,
- » orange » . . . . . Kaliumbichromat<sup>1)</sup>,
- » gelbes » . . . . . Pikrinsäure (eine gesättigte wäßrige Lösung),
- » grünes » . . . . . Mischung<sup>1)</sup> von Kaliumbichromat und Kupferoxydammoniak und zwar in einem solchen Mengenverhältnis, daß eine grüne Färbung entstand,
- » blaues » . . . . . Kupferoxydammoniak (eine gesättigte Lösung in starkem Ammoniak),
- » Blauviolett . . . . . Kupferoxydammoniak<sup>1)</sup>
- » weißes Licht . . . . . ein einfacher Glassturz.

$\beta$ ) Farbige Gelatinen, die von Herrn Hofrat Eder in der graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in liebenswürdiger Weise hergestellt worden sind, und zwar in den Farben: Rot, Grün, Blau (außerdem eine gelbgrüne Nitrosodimethylanilingelatine, die auch für ultraviolette Strahlen durchlässig ist). (Vgl. Handb. Phot.)

Für gelbes Licht verwendete ich ein orangegelbes, für ultraviolette Strahlen undurchlässiges Glas (ebenfalls von Herrn Hofrat Eder).

Über genauere Daten der Versuchsaufstellung sei auf die beigegebenen Tabellen (S. 234/5) verwiesen.

#### Versuchsergebnisse.

Es zeigen diese Versuche, daß auch durch Filter durchgehendes farbiges Licht einen Einfluß auf die Puppenfärbung ebenso wie das reflektierte farbige Licht hat:

Gelbes durchgehendes Licht bewirkt ebenso wie gelbreflektierende Flächen die Entstehung der Puppen ohne schwarzes Pigment und ohne Opazität, dagegen mit starkem Goldglanz der Hülle, die bei *Io* noch das Grün durchschimmern läßt. Sowohl durchgehendes als auch reflektiertes gelbes Licht ergibt also bei *Io* den goldgrünen, bei *Urticae* den goldglänzenden Typus.

Blaues durchgehendes Licht ergibt ebenso wie blaureflektierende Flächen dunkle Puppen mit viel schwarzem Pigment und ohne Goldglanz.

Ein Unterschied in der Wirkung von durch Filter durchgehendem und in weißem Tageslicht von Flächen reflektiertem Licht zeigt sich in Übereinstimmung mit den Angaben Poultons (1892) und Katha-

<sup>1)</sup> Genauere Angaben über diese Lösungen, die ich schon fertig von der botanischen Abteilung übernommen hatte, vgl. Jakobi, Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien, Math. Naturw. Kl., CXXIII, 1914.



riners (1905) bei Rot: Rote Flächen in weissem Licht bringen ebenso wie Schwarz ganz dunkle Puppen hervor, hingegen hat das durch Filter durchgehende rote Licht den gleichen Effekt wie gelbes Licht, indem es typische goldgrüne bzw. Goldpuppen hervorbringt.

Durch die gelegentlich der ähnlichen Versuche an *Pieris brassicae* angestellten Untersuchungen (Siebenter Teil: dieses Heft 1922) über den Gehalt an ultravioletten Strahlen bei den verschiedenen farbigen Flächen und unter Filtern mittels eines nur für ultraviolette Strahlen empfindlichen Paraphenylendiaminpapieres, können wir diesen Unterschied in der Wirkung des Rot dadurch erklären, daß rote Flächen im weißen Lichte infolge der von diesen Flächen ebenso wie von Schwarz in hohem Maße reflektierten ultravioletten Strahlen, dunkle Puppen mit starker Ausbildung des schwarzen Farbstoffs hervorbringen; daß aber unter den verwendeten roten Filtern die ultraviolette Komponente im durchgelassenen Lichte fehlt, daher Puppen ohne schwarzes Pigment entstehen.

Die Wirkung des durchgelassenen roten Lichtes muß jedoch außerdem eine positive sein, denn sonst müßten unter roten Filtern ebensolche Puppen wie in Finsternis entstehen. Dies ist nicht der Fall, da in Finsternis bei Vanessen dunkle Puppen, hingegen unter den roten Filtern goldgrüne bzw. goldene Puppen, also ähnliche wie in Gelb entstehen.

Für diese Unterscheidung der Wirkung des Rot von der Wirkung der Finsternis sind die Versuche an Vanessen sogar viel günstiger als die an *Pieris brassicae*.

Es ist also die Wirkung der Rotfilter eine ähnliche wie die des gelben Lichtes.

Da die nachträgliche spektroskopische Untersuchung — allerdings bei äußerst starkem Bogenlicht — die ich der Liebenswürdigkeit des Herrn Prof. Karl Przibram (Radium-Institut) verdanke, zeigte, daß durch die rote Gelatine auch noch etwas orange durchgelassen werde, so muß es nach diesen Versuchen noch unentschieden bleiben, ob die grünen bzw. Goldpuppen im durchgehenden roten Licht auf eine Beimengung an orange und etwas gelben Strahlen in dem vom Filter durchgelassenen Licht oder auf eine gelbähnliche Wirkung der roten Strahlen selbst zurückzuführen sei. Erst bei Benutzung absolut monochromatischen roten Lichtes wird es möglich sein, die spezifische Wirkung der roten Strahlen kennen zu lernen. Die Tatsache, daß bei *Pieris* und *urticae* unter der roten Lithiumkarminglocke die entstandenen Puppen etwas weißlicher opaker als die für Gelb charakteristischen sind, könnte auch dafür sprechen, daß vielleicht die Wirkung der roten Strahlen der Wirkung der ultraroten Strahlen nahesteht.

<i>Vanessa Io</i> (vgl. Tabellen B und C)					
Farbig reflektierende Flächen in weißem Licht		Durch Filter durchgehendes farbiges Licht			
		α) Farbige Glocken		β) Edergelatine	
Weiß	Vorwiegend helle Puppen	Weiß	Helle Puppen		
Rot	Dunkle Puppen	Rot	Goldglänzende grüne Puppen ohne schwarze Pigmentierung (Typ. 8) wie auch in Gelb	Rot	Durchweg wunderschöne typische goldglänzende Puppen Typ. 8
		Orange	Typische goldgrüne Puppen (Typ. 8)	Orange-gelb	Goldgrüne Puppen, größtenteils ganz typische 8, zum Teil etwas weniger typische opakere weißlichere vom grünen Typus 7
Gelb	Typisch goldgrüne	Gelb	Typisch goldgrüne		
		Grün	Typisch goldgrüne	Gelbgrün (Nitrosodimethylanilin)	Größtenteils typische goldgrüne Typ. 8, einzelne etwas pigmentiertere grüne Typ. 7 (unter 14 Puppen 12 typische 8 und 2 halbgrüne 7)
				Grün	Keine ganz einheitlichen Resultate: typische goldgrüne 8, weniger typische grüne, einzelne mittlere Typ. 4, einzelne dunkle Typ. 2 (im Verhältnis 3 goldgr.: 2 hellgrüne: 1 mittl.: 1 dunkle)
Blau	Dunkle	Blau und Blauviolett	Dunkle	Blau	Fast durchweg dunkle (eine einzelne davon abweichende nicht ganz typische grüne)
Schwarz	Dunkle				
				Finsternis	Durchweg dunkle Puppen

verlauf.

		<i>Vanessa urticae</i> (vgl. Tabelle C)			
Farbig reflektierende Flächen in weißem Licht		Durch Filter durchgehendes farbiges Licht			
		α) Farbige Glocken		β) Edergelatine	
Weiß	Nicht durchweg helle, sondern ziemlich helle und auch mittlere				
Rot	Sehr dunkle	Rot	Keine ganz typischen Goldpuppen, sondern eigentlich mehr helle oder mittlere mehr oder weniger goldschimmernde Puppen mit einer ge- ringen Ausbildung von schwarzem Pigment	Rot	Durchweg ganz typische wunderschöne Gold- puppen ganz ohne schwar- zes Pigment mit sehr starkem Goldglanz, eben- so wie in Gelb
		Orange	Goldpuppen		
Gelb	Durchweg Goldpuppen	Gelb	Goldpuppen, jedoch auch einige helle rosa Puppen mit dem entsprechenden Goldschimmer der Hellen		
Blau	Dunkle	Blau	Dunkle und mittlere		
Schwarz	Sehr dunkle				
				Finsternis	Dunkle (ziemlich schwärzliche Puppen mit ganz wenigen silberig schimmernden Flecken)

Wenn wir die Wirkung der einzelnen Spektralbezirke auf die Puppenfärbung betrachten, so kann man drei spezifische Wirkungen erkennen:

I. Die Wirkung der ultraroten Strahlen in der Verhinderung des schwarzen Pigments und Förderung der weißen Opazität. Vielleicht setzt sich diese Wirkung auch noch im roten Bezirk etwas fort.

II. Die Wirkung der Strahlen beginnend (vielleicht von Rot) sicher aber von Orange, sodann Gelb und Gelbgrün (vielleicht bis zu Blaugrün) auf die Verhinderung sowohl des schwarzen Pigments als auch der weißen Opazität in der Hülle und Hervortreten des Goldglanzes bzw. Durchschimmern des Grün.

III. Die Wirkung des Blau, Violett und Ultraviolett auf die Förderung des schwarzen Pigments.

Hierbei ist die pigmentverhindernde Wirkung am stärksten in Gelb, während sie zu beiden Seiten des Gelb in Rot auf der einen und Grün auf der anderen Seite viel schwächer ist und bei Beimengung gegensätzlich wirkender blauer bis ultravioletter Strahlen nicht mehr zum Ausdruck kommen kann.

Bei der Wirksamkeit der kurzwelligen Hälfte auf die Förderung des schwarzen Pigments sind es die ultravioletten Strahlen, denen die größte Wirksamkeit zukommt.

Im Hinblick auf die Tatsache, daß die Beeinflussung der Puppenfärbung durch die Farbe der Umgebung durch das Auge erfolgt (siehe nächstes Kapitel), möchte ich hier auf die interessante Parallele hinweisen, die zwischen den spezifischen Wirkungen der Farben auf die Färbung und der Unterscheidung der Farben bei Insekten (Bienen, v. Frisch [1914], *Bombylius fuliginosus* Knoll [1921] Schmetterlinge Knoll [im Druck]) zu bestehen scheint. Nach v. Frisch (1914) unterscheiden die Bienen Gelb und Blau, sie verwechseln aber ein Rot mit Schwarz, Blaugrün mit Grau, auch sind sie innerhalb der warmen und kalten Farben zu einer Unterscheidung der Farbenabstufungen nicht befähigt: sie verwechseln einerseits Orangerot mit Gelb und Grün, andererseits Blau mit Violett und Purpurrot. »Das Verhalten der Bienen erinnert also an die Symptome, die für Rot-Grünblinde charakteristisch sind.« Ebenso sehen wir (wenn wir von der Wirkung der ultraroten Strahlen absehen) zwei spezifische Wirkungen der Spektralbezirke auf die Puppenfärbung und zwar die der gelben und die der blauen bis ultravioletten Strahlen; während dem roten und grünen Teil keine spezifische Wirkung zukommt und sie je nach der Beimengung von ultravioletten bzw. blauen Strahlen wie Schwarz bzw. wie Grau wirken, bei Fehlen derselben und wahrscheinlicher Beimengung von Orange oder Gelb ähnlich wie letzteres wirken.

## II. Weg des Lichteinflusses.

### *Vanessa Io, V. urticae.*

Um die Frage zu entscheiden, ob der Farbeinfluß auf die Raupe auf dem Wege einer Perzeption durch die Augen erfolge, hatte Poulton (1887) den Raupen (*V. urticae*) die Augen mit schwarzem Lack überstrichen, wobei es sich zeigte, daß auch die lackierten den gleichen Farbeinfluß wie die nicht lackierten erkennen ließen. Er schloß daraus, daß die Farbeinwirkung auf die Raupe unabhängig vom Auge erfolge.

Diese Versuche Poultons wurden von mir wiederholt. Ich brachte Raupen von *Io*, denen ich die Augen mit einer Ölfarbe, Beinschwarz, überstrichen hatte, in farbige Kästen (schwarz, gelb), in diffuses Tageslicht sowie auch in Finsternis.

Es entstanden in Gelb goldgrüne, in Schwarz dunkle (jedoch nicht ganz so dunkle wie aus nicht lackierten Raupen), in Finsternis dunkle und grünlichere (vgl. Tabelle D). Es hatten also diese Versuche in Bestätigung der Poultonschen Versuche ergeben, daß die Lackierung der Augen den Einfluß der Farben auf die Puppenfärbung nicht aufhebe. Es schien hiernach, daß der Farbeinfluß nicht durch eine Gesichtsempfindung vermittelt werde. Daß lackierte Raupen sich am Abend nach eingetretener Dunkelheit beim Nähern einer Glühlampe anders als nicht lackierte verhalten, indem sie keine Suchbewegungen ausführen, sprach dafür, daß die lackierten Raupen nicht gesehen haben konnten.

Versuche mit elektrokaustischer Blendung, die Herr Prof. Przibram an Raupen von *Pieris* (vgl. in Brecher 1919) und *Io* (vgl. Tabelle D Reihe B) anstellte, ergaben die mich überraschende Tatsache, daß die Farbenwirkung aufgehoben wurde: es entstanden in Gelb, Schwarz, sowie auch in Finsternis die gleichen und zwar mittlere Puppen, einzelne grünlichere jedoch auch diese in allen Umgebungen. Obwohl durch diese Operationsart, die mit einem gewissen Blutverlust einhergeht, nur ein geringer Prozentsatz zur Verpuppung gelangt, so summieren sich doch die Resultate von *Io* zu denen von *Pieris* und zeigen, daß es sich hierbei nicht um Zufälligkeiten handeln kann. Es hat also die Entfernung des Auges durch die elektrokaustische Blendung die Aufhebung der Farbenwirkung zur Folge.

Kontrollversuche, die ich mit Raupen anstellte, die durch Abschneiden eines Beines entblutet worden waren, zeigten, daß bei diesen Raupen die charakteristische Farbenwirkung (es wurde Gelb und Schwarz geprüft) nicht aufgehoben wurde.

Daraus ging hervor, daß nicht die Verletzung als solche bei den elektrokaustisch geblendeten die Aufhebung der Farbwirkung zur Folge

haben konnte, sondern daß es doch die Abwesenheit des Auges sein müsse, welche den Farbeinfluß aufhebe.

Um einem Einwand Dürkens (Naturwiss. 1918) zu begegnen, ob nicht bei der elektrokaustischen Blendung vielleicht der Wärmefaktor eine Rolle spiele, suchte Przi Bram 1920 nach einer günstigeren und einwandfreieren Methode für die Entfernung der Augen bei den Raupen. Er fand folgende sehr günstige Methode: mittels einer Seidenschlinge wird der ganze Kopf abgebunden und sodann werden die Augen oder der ganze Kopf abgeschnitten<sup>1)</sup>. Die vorherige Abbindung hat den Zweck, die Blutung vollkommen zu verhindern. Die so operierten kopflosen Raupen verpuppen sich sehr gut und geben ganz schöne Puppen. Bei dieser Methode erhält man einen viel größeren Prozentsatz von Verpuppungen als bei der elektrokaustischen Blendung.

Auch bei dieser Operationstechnik zeigte es sich sehr deutlich, daß die Abwesenheit der Augen die Aufhebung der Farbenwirkung zur Folge hatte: es entstanden überall, also namentlich auch in Gelb die gleichen Puppen wie in Finsternis. (Auch bei *urticae* geprüft.)

Es geht also aus diesen Versuchen mit Entfernung der Augen unzweifelhaft hervor, daß für die Farbeinwirkung das Auge unbedingt notwendig sei. Worin diese Rolle des Auges bestehe, konnte aus diesen Versuchen noch nicht hervorgehen.

Ist die Rolle des Auges rein chemischer Natur (vgl. z. B. Przi Bram, Ursachen tierischer Farbleidung II: Das Auge fungiert als Tyrosinasesenke), unabhängig von einer Farbenempfindung nur an die Gegenwart des Auges gebunden?

Oder wird der Farbeinfluß durch die Gesichtsempfindung vermittelt? Vielleicht waren doch auch bei den lackierten Raupen einige Lichtstrahlen ins Auge gedrungen und hatten so die spezifische Farbenwirkung zustande gebracht.

Diese Erwägungen ließen es notwendig erscheinen, mich wieder mit Lackierungsversuchen zu beschäftigen. Sollten tatsächlich die Resultate meiner früheren Lackierungsversuche wie auch die Poultons darauf zurückzuführen sein, daß Strahlen durch die Lackschichte ins Auge gedrungen waren, so mußte folgende Versuchsanordnung die Frage, ob die Farbeinwirkung durch das Auge vermittelt werde, entscheiden: Bei abnehmender Lichtintensität müßte die Farbeinwirkung auf die lackierten Raupen früher aufhören als bei den nicht lackierten, da ja der schwarze Anstrich über den Augen jedenfalls die Lichtintensität schwächen muß. Namentlich müßte sich dies bei der Wirkung von Gelb sehr deutlich zeigen.

<sup>1)</sup> Das Abschneiden erwies sich übrigens für den Ausfall der Versuche als gleichgültig.

Es wurden daher in der Dunkelkammer in verschiedenen Entfernungen von einer Lichtquelle (10—16kerzigen Metallfadenlampe) gelb ausgekleidete Kästchen aufgestellt und zwar immer je zwei Kästchen bei gleicher Entfernung, das eine lackierte, das andere zur Kontrolle nicht lackierte Raupen enthaltend.

Diese Serienversuche wurden mehrmals wiederholt. Ich lasse hier einen Auszug aus den Protokollen folgen:

## 1. Versuch. 25. VIII. 1920.

## Gelbe Kästchen.

Entf. v. der Lampe:	Augen nicht lackiert.	Augen lackiert.
1 m	8 grüne Typ. 8, 2 etwas pigm. grüne Typ. 7	7 grüne 8, 1 dunkelgrüne Typ. 3, 1 mittl. Typ. 4
2 m	8 grüne Typ. 8, 1 dunkelgrüne Typ. 3	1 grüne 8, 9 pigmentierte grüne Typ. 3 oder 7
5 m	9 dunkle, 1 +	9 dunkle, 1 pigmentierte grüne Typ. 7
6½ m	10 dunkle	8 dunkle, 2 +.
Kontrolle: Finsternis 10 dunkle.		

Man sieht hier, daß bei der Entfernung 1 m die Puppen aus nicht lackierten Raupen deutlich die Wirkung des Gelb erkennen lassen, indem durchweg grüne Puppen entstanden sind. Bei den lackierten Raupen ist bei dieser Entfernung die Wirkung des Gelb ebenfalls unverkennbar, aber nicht ganz so einheitlich, indem auch einige abweichende Typen entstanden sind. Bei 2 m sind aus nicht lackierten Raupen typisch grüne Puppen entstanden, nur eine weist eine stärkere Pigmentierung auf — eine dunkelgrüne Puppe. Das Verhältnis von den ganz typischen zu den pigmentierteren grünen ist wie 8 : 1. Die Puppen aus lackierten Raupen zeigen bei derselben Entfernung das umgekehrte Verhältnis: 9 dunkelgrüne und 1 typisch grüne. Es ist also noch eine Gelbwirkung zu erkennen, sie ist aber schon an der Grenze. Die nächste Entfernung, bei der Kästchen mit Raupen aufgestellt worden waren, 5 m, liegt offenbar schon jenseits der Intensitätsschwelle, bei der eine Wirkung auf die Puppenfärbung noch möglich ist: es treten auch bei den nicht lackierten nur mehr dunkle Puppen auf. Ein ähnliches Resultat hat auch Finsternis ergeben.

## 2. Versuch. 30. VIII. 1920.

## Gelbe Kästchen.

Entf.:	Lackiert:	Nicht lackiert:
3 m	liegend 5 dklgrün Typ. 3, hängend in l. rückw. Ecke 2 dkl. (grl.), vorn hängend 2: 1 Typ. 3, 1 mittl.	liegend 1 dklgrün, 1 dkle., hängend 5 dkl. (grl.), vorn hängend 2 mittlere.
4 m	Lackiert: liegend ⊕, hängend in l. rückw. Ecke 6 sehr dunkle, 3 hellere.	
4 m	Nicht lackiert: liegend 1 dunkle, hängend in l. rückw. Ecke 2 dunkle, 1 mittlere, 5 grüne.	

Entf.:		
5 m	Lackiert:	liegend 1 dunkle, hängend in l. rückw. Ecke 7 dunkle, 2 Typ. 7.
5 m	Nicht lackiert:	liegend 1 grüne Typ. 7, hängend in l. rückw. Ecke 2 sehr dunkle, 5 dunkle, 1 dunkelgrüne Typ. 3, 1 grüne.
6 m	Lackiert:	liegend 1 dunkle, hängend in l. rückw. Ecke 1 sehr dunkle, 6 dunkle.
6 m	Nicht lackiert:	hängend in l. rückw. Ecke 1 sehr dunkle, 6 dunkle, 1 dunkelgrüne Typ. 3, 1 grüne Typ. 7.

Bei diesem Serienversuch ist bei der Entfernung 3 m auch bei den nicht lackierten keine deutliche Gelbwirkung zu erkennen (vielleicht infolge ungünstiger Lage). Bei der Entfernung 4 m ist ein deutlicher Unterschied zwischen den lackierten und nicht lackierten zu bemerken. Die nicht lackierten ergaben 5 grüne Puppen, 1 mittlere und 3 dunkle Puppen. Es lassen also etwas mehr als die Hälfte der Puppen noch die typische Gelbwirkung erkennen, dagegen sind aus den lackierten Raupen durchweg nichtgrüne Puppen und zwar 6 sehr dunkle und 3 hellere entstanden. Bei 5 m ist bereits auch bei den nicht lackierten eine Wirkung des Gelb nicht mehr zu erkennen. Es ist bei der Entfernung von 5 sowie 6 m kein Unterschied zwischen den Puppen aus lackierten und nicht lackierten Raupen zu erkennen. Das Vorkommen einzelner grünlicher oder grüner Puppen neben der überwiegenden Zahl von dunklen ist auch bei Versuchen in vollkommener Finsternis häufig.

### 3. Versuch. 7. IX. 1920.

#### Gelbe Kästchen.

Entf.:	Augen nicht lackiert.	Augen lackiert.
2 m	4 typisch grüne Typ. 8, 5 pigm. grüne Typ. 7	5 typisch grüne 8, 2 etwas pigm. grüne Typ. 7
3 m	4 typisch grüne Typ. 8, 2 Typ. 7 oder 4, 3 dunkle Typ. 2	4 typisch grüne 8, 5 etwas pigm. grüne Typ. 7
4 m	6 typisch grüne Typ. 8, 2 Typ. 7, 1 dklgr. Typ. 3, 1 mittl. Typ. 4	2 typisch grüne 8, 2 Typ. 7, 3 Typ. 4, 1 dunkle Typ. 2
5 m	6 grüne Typ. 7, 2 mittlere 4, 2 dunkle Typ. 2	2 grüne pigm. Typ. 7, 7 dunkle Typ. 2
6 m	4 typisch grüne 8, 1 dunkelgrüne Typ. 3, 5 dunkle Typ. 2	3 typisch grüne, 2 mittlere Typ. 4, 5 dunkle Typ. 2.

Es zeigte sich, daß bei den geringeren Entfernungen von der Lichtquelle (2 und 3 m) sowohl die lackierten als auch die nicht lackierten die typische Gelbwirkung erkennen lassen, indem durchweg typisch goldgrüne Puppen entstanden sind. Aber schon bei einer Entfernung von 4 m und noch besser bei 5 m von der Lichtquelle sind die Resultate nicht mehr so einheitlich: neben Puppen, die durch ihre goldgrüne Farbe die typische Gelbwirkung erkennen lassen, sind auch Puppen entstanden, bei denen diese Wirkung nur noch schwach zu-



tage tritt — dunkelgrüne oder mittlere Puppen (Typ. 4) und andere, die überhaupt keinen Einfluß der gelben Strahlen zeigen, es sind dies dunkle Puppen. Mit zunehmender Entfernung (vgl. zwischen 4 und 5 m) nimmt der Prozentsatz an dunklen also für Gelb atypischer zu. Es zeigt sich hierbei folgender Unterschied zwischen den lackierten und nicht lackierten: Bei der Entfernung von 4 m sind aus nicht lackierten Raupen die grünen in überwiegender Zahl entstanden und nur einzelne bei denen die Wirkung schwach ist: dunkelgrüne und mittlere. Das Verhältnis von den grünen (Typ. 8 und 7) zu den nicht grünen (dunkelgrünen und mittleren) ist wie 4:1. Bei den aus lackierten Raupen bei dieser Entfernung entstandenen Puppen ist dieses Verhältnis zwischen grünen und nicht grünen wie 1:1. Bei der Entfernung von 5 m sind bei den lackierten fast nur dunkle und nur einige wenige halbgrüne im Verhältnis 7 dunkle zu 2 nicht ganz typisch grünen entstanden, bei den nicht lackierten sind bei dieser Entfernung noch vorwiegend grüne entstanden im Verhältnis 3 (grün) zu 2 (nicht grüne).

Bei 6 m ist das Resultat auf beiden Seiten ziemlich gleich, die Schwelle der Gelbwirkung ist auch für die nicht lackierten bereits überschritten, wir haben nur mehr Dunkelwirkung.

Das Resultat dieser Versuche würde dafür sprechen, daß die Farbeinwirkung durch das Auge erfolgt, indem die Schwelle für das Aufhören der Gelbwirkung bei den lackierten früher als bei den nicht lackierten erreicht wurde.

Es lassen zunächst auch diese Versuche noch keine definitive Entscheidung zu. Erst ihre noch öftere Wiederholung<sup>1)</sup> wird uns der Frage näher bringen können.

Ein etwas anderes Prinzip um diese Frage zu entscheiden (ähnlich den »conflicting colours« Poultons) wurde bei anderen Versuchsserien befolgt, welches darin besteht, die Augen einer Farbe und den Körper einer anderen Farbe auszusetzen, um dann an der Puppenfarbe zu erkennen, ob der nur auf die Augen oder der auf den ganzen übrigen Körper wirkende Farbeinfluß maßgebend gewesen sei. Dies geschah durch farbige Hauben, Kragen und andere variierte Versuchsanordnungen. Doch haben sie noch zu keinen eindeutigen Resultaten geführt. Erst die geplante weitere Fortführung der begonnenen Versuche<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> In diesem Sommer 1921 mit *V. urticae* angestellte ähnliche Versuche haben in schlagender Weise diese Resultate vollkommen bestätigt, und lassen über die oben gegebene Deutung keinen Zweifel mehr zu.

<sup>2)</sup> Es gelang mir in diesem Sommer 1921, durch eine einfache Methodik diese Frage, ob die Beeinflussung der Puppenfärbung durch die Farben, durch das Auge der Raupe erfolge, endgültig in bejahendem Sinne zu entscheiden. Diese erst nach Abschluß vorliegender Arbeit angestellten Versuche sollen einer späteren Publikation vorbehalten bleiben.

wird vielleicht zur Aufklärung dieser Frage über die Rolle der Augen bei der Farbanpassung der Puppen führen.

Die Tatsache, daß die Augen eine Rolle bei der Puppenfärbung haben, steht nach den bisherigen Versuchen mit Entfernung der Augen zweifellos fest. Ob aber hierbei der Farbeinfluß durch die Gesichtsempfindung vermittelt wird, dafür spricht eigentlich zunächst noch nichts Positives und es wird die Aufgabe weiterer Versuche sein, diese Frage zu entscheiden.

### III. Farbenempfindlichkeit in den verschiedenen Stadien bis zur Verpuppung.

Poulton (1887) hatte bekanntlich festgestellt, daß nicht, wie man vorher glaubte, die frische Puppe, sondern die Raupe farbenempfindlich sei und er ermittelte durch seine »Transference experiments« den Zeitpunkt der Farbenempfindlichkeit, die »sensible Periode« der Raupe.

Poulton unterscheidet drei Stadien vor der Verpuppung:

Stadium I: Die Raupe hört zu fressen auf und verläßt gewöhnlich die Futterpflanze und beginnt umherzuwandern.

Stadium II: Die Raupe verharrt ruhig an dem von ihr gewählten Verpuppungsort und spinnt am Ende dieses Stadiums zwischen den Afterfüßchen ein Seidengespinst, womit sie an der Unterlage befestigt wird.

Stadium III: Die Puppe der Vanessen hat sich an dem Seidengespinst aufgehängt und hängt mit dem Vorderkörper nach unten gerichtet, den Kopf etwas aufwärts gekrümmt. Dieses Stadium dauert bis zum Abstreifen der Raupenhaut, also bis zur Verpuppung.

Über die Dauer der verschiedenen Stadien hat Poulton genaue Beobachtungen angestellt.

Nach Poulton fällt das sensible Stadium in das Stadium II und den Anfang des Stadiums III und hört einige Stunden vor der Verpuppung auf. Hiervon sei das Stadium II das empfindlichere (für *urticae* und *Pieris brassicae*). Bei *Io* ist das Stadium II sehr kurz, 5—9 Stunden, das Stadium III sehr lang, 25—32 Stunden, und Poulton nahm daher an, daß bei *Io* die Farbenempfindlichkeit eine viel längere Zeit noch während des Stadiums III anhalte, ja daß sogar der wichtigste Teil auf das Stadium III verschoben sei.

Mit Hinblick auf die Wertung der Resultate der »Conflicting colours experiments« Poultons zur Ermittlung der Rolle der Augen für die Färbung der Puppe, bei welchen er bereits hängende Raupen verwendet hatte, sowie ebensolcher eigener und um Anhaltspunkte über das zu verwendende Stadium bei der Anstellung weiterer ähnlicher Versuche zur Entscheidung der Frage, ob der Lichteinfluß durch

eine Gesichtsempfindung vermittelt werde, zu gewinnen, schien es notwendig, die Farbenempfindlichkeit der verschiedenen Stadien auch in eigenen Versuchen noch einmal zu prüfen.

Auch noch in anderer Beziehung schien mir die Anstellung solcher Beobachtungen interessant, nämlich im Hinblick auf die Periodizität der Farbeinwirkung auf die Wirksamkeit der Tyrosinase (vgl. Abschnitt Chemismus der Farbenanpassung), welche darin besteht, daß gelbe Strahlen zuerst die Wirksamkeit der Tyrosinase erhöhen und sie dann erschöpfen — eine Tatsache, die wir schon für die Erklärung des Auftretens von schwarzen neben grünen Stabheuschrecken in gelber Umgebung herangezogen haben (Przibram-Brecher 1922) —, schwarz dagegen sie zuerst hemmen, dann begünstigen. Es wäre ja möglich, daß bei Einbringung der Raupen in einem späteren Entwicklungsstadium in die Farbbedingungen, die kürzere Einwirkungszeit der Farben dunkle Puppen in Gelb, dagegen helle in Schwarz zur Folge haben würde. Allerdings ist hierfür gerade *Io* infolge des geringen Unterschiedes zwischen der Wirkung von Schwarz und Finsternis weniger geeignet, als es *Pieris brassicae* wäre. Und in einer dritten Beziehung ergeben diese Beobachtungen eine Parallele zu der im dritten Teile zu behandelnden Verschiedenheit des Chemismus dieser Stadien, mit welcher die verschiedene Farbempfindlichkeit derselben in Zusammenhang steht.

#### Versuchsordnung.

##### *Vanessa Io.*

Im Wegwandern begriffene Raupen wurden in neutrale Umgebung (Müllergazekäfige) ohne die Futterpflanze eingebracht und entweder in Dunkelheit (Versuchserie 2) oder im diffusen Tageslicht (Versuchserie 3) bis zur Erreichung bestimmter Stadien gehalten; alsdann teils in die Farbbedingungen: gelbe und schwarze Kästen gegeben, teils als Kontrolle in Finsternis belassen. Infolge des geringen graduellen Unterschiedes zwischen der Wirkung von Schwarz und Finsternis bei *Io* kommen eigentlich für die Feststellung, ob eine Beeinflussung noch stattgefunden habe, hauptsächlich die Versuche mit gelber Umgebung in Betracht.

Es wurden die Raupen in folgenden Stadien in die Bedingungen gebracht:

Poultons Stadium I: Nach kürzerer oder längerer Zeit des Wanderns.

Poultons Stadium II: Raupen, die mit zusammengezogenen Segmenten ruhig an einem Orte verharren.

Stadium IIa: Ruhige, bereits angeheftete Raupen.

Poultons Stadium III: Kürzere oder längere Zeit aufgehängte Raupen.

Die Einbringung jeder dieser Stadien zu verschiedenen Tageszeiten hat ebenfalls verschiedene Bedingungen für die Möglichkeit der Farbbeeinflussung ergeben.

Für den Versuchsverlauf vgl. Tabelle E.

#### Versuchsergebnisse.

Wie schon Poulton annahm, und wie die Erfahrungen in den eigenen Versuchen gelehrt haben, erfolgt auf die Raupen im wandernden Stadium noch keine Beeinflussung; sonst müßte es in den Versuchsergebnissen einen Unterschied machen, ob die Raupen vorher kürzere oder längere Zeit unter anderen Bedingungen gewandert sind, ehe sie dem Farbeinfluß ausgesetzt wurden. Das ist aber auch bei meinen Versuchen nicht der Fall.

Das kritische Stadium für die Farbenbeeinflussung ist das ruhige Stadium, und wenn die Raupen in diesem Stadium zu früher Tagesstunde in die Farbbedingungen gebracht werden, so daß das Licht gleich noch auf dieses Stadium einwirken kann, so erhält man die charakteristische Einwirkung, also in Gelb die für Gelb charakteristischen Puppen. Werden die Raupen aber zu späterer Tagesstunde eingebracht, so ist das Resultat nicht mehr so sicher. Die, welche wieder zu wandern begannen und sich dann noch fixierten, ergaben in Gelb zum Teil den typischen goldgrünen, zum Teil aber abweichende Typen. Vielleicht ist dieser Unterschied so zu erklären, daß die ersteren noch die ganze Nacht wanderten und sich erst am Morgen fixierten, so daß die Einwirkung im Morgenlichte noch stattfinden konnte, die letzteren sich gleich am Abend aufhingen und somit die Zeit der Farbenempfindlichkeit auf die Zeit der Dunkelheit fiel. Die nicht mehr wandern und sich fixieren konnten, zeigen überhaupt keine Beeinflussung mehr.

Was die Farbenempfindlichkeit während des hängenden Stadiums betrifft, so sind diese Versuche wohl zu ungenügend, um festzustellen, ob zu Beginn des hängenden Stadiums noch eine Einwirkung erfolgen kann. Vor allem müßte man es beim Übertragen der eben aufgehängten Raupen vermeiden, sie von der Unterlage, an der sie sich angeheftet haben, abzulösen, weil sie dann in der neuen Umgebung wieder zu wandern beginnen (und dadurch vielleicht eine Fälschung des normalen Ablaufs der Stadien erfolgt), und jedenfalls müßten eben aufgehängte zu genügend frühen Tagesstunden den Farben ausgesetzt werden.

Die vorliegenden Versuche reichen aber jedenfalls aus, um zu zeigen, daß einige Zeit nach dem Aufhängen sicher keine Beeinflussung mehr stattfindet, und daß aus diesem Grunde die vorhin erwähnten Versuche mit Einbringung hängender Raupen in entgegen-

gesetzt wirkenden Farben zur Ermittlung, ob die Farbenempfindung für die Puppenfärbung maßgebend sei, resultatlos verlaufen mußten, indem auf Raupen in diesem Stadium keine Beeinflussung mehr stattfinden konnte.

Und ebenso muß man Poultons »Conflicting colours experiments«, die er mit bereits hängenden Raupen anstellte, etwas skeptisch gegenüber stehen.

Es wären in Zukunft solche Versuche zur Ermittlung der Rolle der Farbenempfindung der Raupe für die resultierende Puppenfärbung am besten mit ruhigen oder in fortgeschrittenem wandernden Stadium befindlichen Raupen anzustellen.

#### IV. Ist die Ähnlichkeit der Puppenfarbe mit der Umgebung auf ein Wahlvermögen der verpuppungsreifen Raupen zurückzuführen?

##### Versuchsordnung.

Die von Doflein (1907) vertretene Ansicht, daß die Farbanpassung der Tiere an ihre Umgebung auf ein Wahlvermögen dieser Tiere beruhe, sich diejenige Umgebung zu ihrem Aufenthalte auszusuchen, die ihrer eigenen Färbung ähnlich wäre, hat seine Schülerin Hedwig Menzel (1913) auch für die Vanessenraupen zu bestätigen gesucht. Diese Arbeit gab Veranlassung zu den im folgenden beschriebenen Versuchen:

Es wurden hierfür die immer verwendeten großen, zweiteiligen, farbig ausgekleideten Holzkästen (Brecher 1917, S. 106) so adaptiert, daß die beiden Abteilungen eines Kastens mit zwei verschiedenen, auf die Puppenfärbung entgegengesetzt wirkenden Farben ausgekleidet wurden, und zwar wurde bei einem Kasten eine Abteilung mit Silberpapier, die andere mit Gelb, bei einem zweiten Kasten die eine Abteilung mit Schwarz, die andere mit Gelbgrün ausgekleidet. Die die beiden Abteilungen trennende Glaswand wurde entfernt, sodann eine größere Anzahl wandernder Raupen in jeden Doppelkasten gegeben und die Kästen im Tageslichte aufgestellt. Die Raupen wanderten im Kasten 1—2 Stunden auf den beiden Farben herum, um dann schließlich irgendwo in der einen oder andern Abteilung in Ruhe zu bleiben. Nun wurde die abteilende Glaswand wieder in die Mitte des Kastens eingeschoben und dadurch die zwei Abteilungen getrennt. Der Kasten wurde hierauf sofort in Finsternis gegeben, um die Raupen der Farbeinwirkung zu entziehen. Es mußte ja im Sinne der Dofleinschen Ansicht in den Raupen selbst die Tendenz zur Ausbildung entweder von grünen oder von dunklen Puppen liegen, die sie veranlaßt hatten, die ihnen zusagend gefärbte Umgebung aufzusuchen. Die Raupen, die in die gelbe oder grüne Abteilung gewandert sind, mußten also schon vorher zum grünen Puppentypus

prädestiniert sein, und es mußten folglich aus diesen Raupen grüne Puppen entstehen, selbst wenn die gelben Strahlen überhaupt nicht einwirken würden und das ganze empfindliche Stadium in der Dunkelheit ablaufen würde. Dagegen müßten unter den nach Schwarz oder Silbergrau gewanderten Raupen, die dann in die Finsternis kamen, keinerlei grüne Puppen zu finden sein.

#### Versuchsverlauf (s. Tabelle F).

Bei der Herausnahme der Puppen aus den im Finstern gehaltenen Kasten zeigte sich folgende Verteilung der Puppen nach Zahl und Farbe auf die Abteilungen:

Im Gelb-silber-Kasten waren von den 40 hineingegebenen Raupen 14 in die Silberabteilung und 26 in die gelbe Abteilung gegangen und hatten sich hier verpuppt. Unter all diesen Puppen ist nur eine einzige grüne und zwar gerade in der Silberabteilung entstanden. Alle anderen sowohl nach Gelb als auch nach Silber gewanderten Raupen haben dunkle, der Finsternis entsprechende Puppen ergeben.

Im schwarz-grünen Kasten sind von 40 Raupen 36, also die meisten, in die grüne Abteilung und nur 4 in die schwarze Abteilung gewandert. Bei diesem Versuch sind überhaupt keine grünen Puppen entstanden, sondern dunkle und mittlere, wie sie immer in der Finsternis entstehen. Es geht also auch aus diesen Versuchen, wie ja schon alle anderen Versuche gezeigt haben, hervor, daß die direkte Lichteinwirkung es ist, die für die Puppenfärbung maßgebend ist.

#### Dritter Teil: Chemismus der Farbanpassung.

Wir kommen nun zu der Frage, wie das Licht verschiedener Wellenlänge die verschiedenen Puppenfärbungen der Vanessen bedingt, d. h. wie sie den Ausbildungsgrad der verschiedenen, die Puppenfärbung zusammensetzenden Färbungselemente beeinflusst.

Was die Natur dieser Färbungselemente betrifft, so ist:

1. Das um die Porenkanälchen und mehr oder weniger stark im Netzwerk von Horizontalkanälen des Chitins abgelagerte schwarze Pigment Melanin, dessen Entstehung durch die Oxydation eines im Blute vorhandenen Chromogens, welches wahrscheinlich Tyrosin ist, unter dem Einflusse eines ebenfalls im Blute befindlichen Fermentes der Tyrosinase (v. Fürth und Schneider, 1912) auch für die Vanessen bestätigt werden konnte. Die oxydative Entstehung des Melanins kennzeichnet sich schon durch die Lokalisation dieses Pigments um die Porenkanälchen, also um Stellen mit offenbar stärkster Sauerstoffzufuhr.

2. Die rosa bis weiße in der Hülle der Vanessenspuppen eingelagerte Opazität ist ihrer Natur nach noch nicht bekannt und erst spätere Untersuchungen sollen sich damit beschäftigen.

3. Das Grün, welches bei durchsichtiger Hülle mehr oder weniger durchschimmern kann, ist ein gelbgrüner, äther- und alkohollöslicher Farbstoff, das bei Insekten verbreitete sogenannte »Tiergrün« (Przibram 1906), ein Lipochrom.

4. Der Goldglanz, welcher bei fehlender Einlagerung von Pigment in der Hülle auftritt, ist wahrscheinlich, was auch von Poulton, Biedermann (Wintersteins Handbuch: Farbe und Zeichnung der Insekten, 1914), Lord Raileigh (1920) angenommen wird, eine Strukturfarbe, welche auf einer durch eine bestimmte Struktur der Chitinhülle hervorgerufene Interferenzerscheinung beruht. (Der Goldglanz verschwindet beim Eintrocknen der Hülle und kommt beim Anfeuchten wieder zum Vorschein, er läßt sich durch Extraktionsmittel nicht ausziehen.) Es liegen bisher noch keine genaueren Untersuchungen über den Goldglanz der Vanessenspuppen vor, wie sie z. B. für die Schillerfarben bei anderen Insekten (Biedermann 1904, Kapzow 1911 usw.) gemacht worden sind. Untersuchungen hierüber sind von mir für später geplant.

Es ist klar, daß die verschiedene Ausbildung des dunklen Farbstoffes in erster Linie den Puppenfarbtypus bestimmt. Es war daher vor allem die Aufgabe (*Pieris*, Brecher 1917, 1921), den Zusammenhang zwischen der Ausbildung des schwarzen Farbstoffs in der Hülle und den verschiedenen Umgebungsfarben zu verfolgen. Es zeigte sich aus diesen Untersuchungen, und besonders auch noch gefördert durch Untersuchungen an Halimaschtyrosinase und tierischen Tyrosinase (Przibram-Brecher 1919, Przibram-Dembowski 1919), daß die Einwirkung der Farben auf die Ausbildung des Melanins in der Hülle zurückzuführen sei: 1. auf die Farbempfindlichkeit der Tyrosinase, 2. einer Reaktionsempfindlichkeit der Tyrosinase, 3. einer bestimmten Wirkungsweise der Farben verschiedener Wellenlänge auf den Reaktionszustand (Przibram, Theorie 1919) und 4. bestimmte Veränderungen des Chemismus während der Stadien vor der Verpuppung, mit welchen wahrscheinlich auch Änderungen des Reaktionszustandes einhergehen, und die Sensibilität für Licht gerade in diesem Stadium, ferner auch die adaptive Farbeneinwirkung erklären (*Pieris*, Brecher 1921).

Die ersten drei Faktoren sind allgemeiner Natur. Die Tyrosinase ist im Tier- und Pflanzenreiche stark verbreitet; trotzdem kommt es nicht überall zu einer Anpassung und auch die Schmetterlingspuppen der verschiedenen Arten verhalten sich darin verschieden. So ist es eigentlich für die Erklärung der adaptiven Wirkung des Lichtes auf die Puppenfärbung der Arten mit lichtvariablen Puppen, wie auch zur Gewinnung von Anhaltspunkten über die Entstehung dieser Anpassungsfähigkeit, notwendig möglichst zahlreiche Untersuchungen bei ver-

schiedenen Arten, sowohl lichtvariablen als auch solchen, die keine Lichtvariabilität zeigen, anzustellen. Diese müssen besondere Aufmerksamkeit dem vierten der genannten Faktoren widmen, dem Chemismus in den Stadien vor der Verpuppung. Ferner muß die Beeinflußbarkeit der Tyrosinase durch Licht in den verschiedenen Stadien verfolgt werden.

Vorerst ist es natürlich wichtig, solche vergleichende Untersuchungen an den Arten mit lichtvariablen Arten anzustellen.

Es wurden daher bei den Vanessen folgende Untersuchungen angestellt:

I. Prüfung des Reaktionszustandes der verschiedenen Stadien bis nach der Verpuppung.

II. Beeinflussung der Tyrosinase durch Licht verschiedener Wellenlänge während der Verwandlung von Raupe zur Puppe.

Diese Untersuchungen haben die Abhängigkeit der Melaninbildung vom Licht verschiedener Wellenlänge zum Gegenstand.

Was die Abhängigkeit der anderen drei Farbelemente vom Licht betrifft, so werden sie in vorliegender Arbeit nicht behandelt.

Bezüglich des Grün ist nach den Befunden an *Pieris* ein Zusammenhang mit den gelben Strahlen anzunehmen. Da die Vanessen gerade bezüglich des Grün so große Verschiedenheiten zwischen den einzelnen Arten zeigen, so wäre es auch interessant, Untersuchungen bezüglich der dieser Verschiedenheit zugrunde liegenden Ursachen anzustellen. Über den grünen Farbstoff sind Untersuchungen im Gange, die uns vielleicht über die Natur desselben und seiner Genese Aufschlüsse geben werden.

Was die opake Einlagerung in der Hülle betrifft, so besteht wohl ein direkter Zusammenhang mit dem Licht und zwar im Sinne einer Verhinderung durch die gelben Strahlen und Förderung durch die ultraroten, doch können über den Weg erst Untersuchungen angestellt werden, wenn die Natur dieses Farbelementes bekannt sein wird. (Auch darüber habe ich Untersuchungen im Gange.)

Schließlich handelt es sich bei dem Goldglanz um keine Körperfarbe, sondern um eine Strukturfarbe; Untersuchungen hierüber gehören also nicht in den Rahmen dieses den Chemismus der Farbanpassung behandelnden Teiles. Untersuchungen über denselben werden von mir erst später angestellt werden können.

Jedenfalls ist beim Auftreten des Goldglanzes unter bestimmten Bedingungen ein direkter Zusammenhang mit dem Lichte wenig wahrscheinlich, sondern die Verhinderung der Pigmente in der Hülle dürfte hierbei das Primäre sein.

## V. Chemismus der verschiedenen Stadien bei der Umwandlung von Raupe zur Puppe (in neutraler Umgebung).

### 1. Verhalten der Tyrosinase und der Melaninbildung.

#### a) Bei Bereitung von Tyrosinaseextrakten (nach Fürthscher Methode).

*Vanessa Io, V. urticae.*

Versuchstechnik.

Die nach der gewöhnlichen von Fürth (1902) angegebenen Methode (Halbsättigung mit Ammonsulfat und Lösung des Rückstandes in einer



der ursprünglichen Blutmenge adäquaten Menge  $n/80$  NaOH) bereitete Tyrosinase wurde aus dem Blute folgender äußerlich gut definierbaren Stadien gewonnen:

1. kleine fressende Raupen,
2. große fressende Raupen,
3. vom Futter wegwandernde, die einen grünen Tropfen aus dem Munde austreten lassen: Grünwandernde,
4. wandernde, die aus dem Munde einen roten Tropfen austreten lassen: Rotwandernde,
5. ruhige mit eingezogenen Segmenten noch nicht mit einem Seidengespinnst angeheftete,
6. ruhige mit eingezogenen Segmenten, bereits durch ein Seidengespinnst an der Unterlage fixiert,
7. hängende Raupen.

Von diesem am längsten dauernden Stadium wurden mehrere Partien zu verschiedenen Zeiten zwischen dem Aufhängen und dem Verpuppen zur Verarbeitung genommen.

8. Frische eben aus der Raupenhaut schlüpfende noch ganz grüne und weiche Puppen.

9. Puppen mit bereits ausgebildetem Melanin, aber noch nicht erhärteter Hülle.

10. Bereits erhärtete schon weiter fortgeschrittene Puppen.

(Über die Versuchsmethodik siehe entsprechenden Abschnitt im sechsten Teil der *Pieris*-Arbeit 1921.)

Mit diesen Tyrosinasen beschickte Tyrosinproben wurden in bezug auf Angeztheit, Anzehfarbe und Ausfallen oder Suspendiertbleiben des gebildeten Melanins miteinander verglichen. Außerdem wurde auch die Blutfarbe, Blutschwärzung, Stärke der Fällung mit Ammonsulfat, Löslichkeit des gebildeten Rückstandes in  $n/80$  NaOH notiert.

#### Versuchsverlauf.

##### *Vanessa Io.*

1. Kleine fressende Raupen nach der vorletzten Häutung: Blut gelbgrün, schwärzt sich rasch, gibt schwachen Niederschlag bei Zusatz von Ammonsulfat, daher ist es sehr schwer den tyrosinaseenthaltenden Rückstand vom Filter abzunehmen, um ihn in  $n/80$  NaOH zu lösen (Or.-Nr. 9, 10). Sehr schwache Tyrosinase, schwach rosa bis violett angehend und Tyrosin auch nach mehreren Tagen nicht viel weiter als bis zu einer hellvioletten Stufe ausfärbend.

2. Große fressende Raupen: Blut gelbgrün, schwärzt sich nicht so rasch wie das der kleinen, gibt sehr starken Niederschlag mit Ammonsulfat, der sich vollkommen in  $n/80$  NaOH löst. Tyrosinase gut wirksam, läßt das Tyrosin violett angehen. Melaninbildung reich-

lich nach einem Tage ausgefallen, und zwar in allen Proben die mit je 1 Tropfen Tyrosinase von der Stärke  $\frac{1}{1}$ <sup>1)</sup> bis zur Stärke  $\frac{1}{4}$  auf 1 cm<sup>3</sup> Tyrosin beschickt worden waren. Mit Tyrosinase von der Stärke  $\frac{1}{8}$  blieb das Melanin nach der gleichen Zeit in Suspension.

3. Vom Futter wegwandernde mit grünem Flüssigkeitstropfen aus dem Munde: Blut gelbgrün, gibt mit Ammonsulfat einen sehr starken Niederschlag, der sich in n/80 NaOH gut löst. Das Filter zeigt eine rötliche Färbung. Tyrosinase ebenso wirksam wie die des vorhergehenden Stadiums, ruft violette Anhefarbe des Tyrosins hervor. Das reichlich gebildete Melanin ist am nächsten Tage selbst bei der Stärke  $\frac{1}{8}$  der Tyrosinase ganz ausgefallen.

4. Wandernde mit rotem Tropfen aus dem Munde: Blut gelbgrün, schwärzt sich stärker als bei grünwandernden, gibt mit Ammonsulfat einen sehr starken Niederschlag, der sich in NaOH gut löst. Das Filter läßt nach Ablösung des Rückstandes eine rote Farbe erkennen. Die Tyrosinase geht noch rascher als die des vorhergehenden Stadiums an, und zwar erst ganz schwach rosa, dann rasch in violett übergehend. Die reichliche Melaninbildung ist am nächsten Tage bei der Stärke  $\frac{1}{1}$ — $\frac{1}{4}$  des Tyrosinasetropfens ausgefallen, bleibt bei der Stärke  $\frac{1}{8}$  in Suspension.

5.—6. Ruhige mit eingezogenen Segmenten an den Wänden des Terrariums verharrende Raupen, die beginnen sich an der Unterlage mit den Afterklauen durch ein Seidengespinnt zu befestigen: Blut gelbgrün, gibt starke Fällung mit Ammonsulfat, die sich in NaOH gut löst. Das Filter zeigt nach Ablösung des Rückstandes eine rote Färbung. Tyrosinase äußerst wirksam, Stärke ( $\frac{1}{1}$ ,  $\frac{1}{2}$ ), geht fast augenblicklich an. Die Wirksamkeit hat also im Vergleiche zum vorhergehenden Stadium weiter zugenommen. Die Anhefarbe ist violett. Das Ausfallen des reichlich gebildeten Melanins am nächsten Tage ist viel geringer als beim vorhergehenden Stadium. Es fallen nur mehr die mit  $\frac{1}{1}$  beschickten Proben etwas aus. Von den mit Tyrosinase  $\frac{1}{2}$  beschickten Proben sind 2 stark gefallen: 2 etwas gefallen: 4 gar nicht ausgefallen. Die mit  $\frac{1}{4}$  und  $\frac{1}{8}$  Tyrosinase beschickten sind gar nicht ausgefallen.

7. Hängende Raupen: Das Blut hat den gelblichen Stich verloren und ist intensiver grün. (Bei einigen offenbar erst kürzere Zeit hängenden Raupen tritt braungrünes, also etwas geschwärztes Blut aus.) Das Blut schwärzt sich sehr rasch, gibt mit Ammonsulfat eine geringe Fällung. Der Rückstand löst sich nicht ganz in NaOH, da infolge der raschen Schwärzung schon während der Verarbeitung reichlich

<sup>1)</sup> Stärke  $\frac{1}{1}$  ist die in einer der ursprünglichen Blutmenge gleichen Menge n/80 gelöste Tyrosinase. Zur Herstellung weiterer Verdünnungen wurde die  $\frac{1}{1}$  Tyrosinase 2, 4, 8fach mit n/80 NaOH verdünnt.

Melanin gebildet worden ist, das sich in NaOH nicht mehr löst. Die Tyrosinase der in neutralen Bedingungen aufgehängten ist sehr wirksam, verursacht violette Angefärbung, die sich dann über Violett-grauviolett zu Dunkelbraun vertieft, ohne jemals aus der Lösung auszufallen.

8. Frische eben schlüpfende noch grüne Puppen: grünes Blut ohne gelblichen Stich gibt geringe Fällung mit Ammonsulfat. Der Rückstand schwärzt sich am Filter sehr rasch. Von dem Rückstande löst sich daher sehr wenig in NaOH, während die gebildeten Melaninstückchen übrig bleiben. Die Tyrosinase ist sehr wirksam (die Proben mit  $\frac{1}{4}$  und  $\frac{1}{8}$  gehen erst später und sehr schwach an), ruft violette Angefärbung hervor, die sich später vertieft. Das Melanin fällt nicht aus.

9. Puppen einen Tag nach der Verpuppung, bereits ausgefärbt (dunkle Puppen Typus 2) noch weich: Blut grasgrün, bildet nach Zusatz von Ammonsulfat in dem den anderen Stadien analog gewählten Zeitraume von einer Stunde keinen Niederschlag. Es konnte daher keine Tyrosinase daraus gewonnen werden.

Erst bei längerem Stehen- und Absetzenlassen des ammoniumsulfatversetzten Blutes (s. Abschnitt VI, 2) war es möglich, auch aus diesem Stadium eine Tyrosinase zu gewinnen. Diese ist im Vergleiche zu der des vorhergehenden Stadiums äußerst schwach.

Später im fortgeschrittenen Puppenstadium (s. Abschnitt VI, 2, ebenda) erholt sich die Tyrosinase wieder.

Das aus Puppentyrosinase gebildete Melanin fällt nicht aus.

#### *Vanessa urticae.*

1. Kleine fressende Raupen: intensiv bouteillengrünes Blut gibt fast keine Fällung mit Ammonsulfat; es konnte daher keine Tyrosinase bereitet werden.

2. Große fressende Raupen: intensiv bouteillengrünes Blut, gibt eine sehr starke Fällung mit Ammonsulfat. Der Rückstand löst sich restlos in  $n/80$  NaOH. Die Tyrosinase ist ziemlich wirksam, die Proben gehen innerhalb einer Stunde mit blauvioletter Farbe an und fallen alle bis auf  $\frac{1}{8}$  stark aus.

5. Ruhige noch nicht angespinnene Raupen: tief bouteillengrünes Blut, gibt mit Ammonsulfat sehr starke Fällung, die sich restlos in  $n/80$  NaOH löst. Die Wirksamkeit ist sehr groß;  $\frac{1}{1}$ — $\frac{1}{4}$  gehen in 5 Minuten,  $\frac{1}{8}$  in 16 Minuten blauviolett an. Nach einem Tag ist  $\frac{1}{1}$ — $\frac{1}{4}$  gefallen,  $\frac{1}{8}$  nicht gefallen.

6. Ruhige bereits fixierte Raupen: tief bouteillengrünes Blut, sehr starke Fällung mit Ammonsulfat, die sich in NaOH ziemlich gut löst. Die Wirksamkeit der Tyrosinase hat zugenommen:  $\frac{1}{1}$ — $\frac{1}{4}$  gehen

in 1,  $\frac{1}{8}$  in 3 Minuten violett an. Nach 1 Tag ist  $\frac{1}{1} - \frac{1}{4}$  gefallen,  $\frac{1}{8}$  nicht gefallen.

#### 7. Hängende Raupen:

a) Kurze Zeit hängend (am Abend noch nicht hängend, früh hängend gefunden): Blut bei einigen bouteillengrün, bei anderen gelblicher grün, gibt einen starken Niederschlag mit Ammonsulfat, der sich in n/80 NaOH nicht ganz löst, da ein Teil sich während der Verarbeitung zu Melanin umgewandelt hat. Wirksamkeit der Tyrosinase etwas geringer als beim früheren Stadium ( $\frac{1}{1} - \frac{1}{4}$  3 Minuten,  $\frac{1}{8}$  in 9 Minuten angehend): violette Angehfarbe. Nach 1 Tag sind die Proben mit  $\frac{1}{1}$  und  $\frac{1}{2}$  Tyrosinase teils gefallen, teils nicht gefallen,  $\frac{1}{4}$  und  $\frac{1}{8}$  nicht gefallen.

b) Längere Zeit hängend (zum Mittag noch nicht, am nächsten Morgen aufgehängt aufgefunden). Blut tief bouteillengrün. Niederschlag mit Ammonsulfat noch stark, aber geringer als bei früheren Raupenstadien, löst sich wenig in NaOH, da während der Verarbeitung bereits Melanin am Filter gebildet worden ist. Die Wirksamkeit ist die gleiche wie beim vorigen Stadium. Die Proben sind nach 1 Tag nicht gefallen (nach 16 Tagen  $\frac{1}{1}$  gefallen,  $\frac{1}{2}$  zum Teil gefallen).

c) Hängend gerade im Verpuppen: Tief bouteillengrünes Blut gibt schwächeren Niederschlag mit Ammonsulfat, der sich infolge des während der Verarbeitung gebildeten Melanins nicht ganz in n/80 NaOH löst. Die zum Angehen erforderliche Zeit ist größer als beim vorigen Stadium (wahrscheinlich wegen reger Melaninbildung, während der Verarbeitung):  $\frac{1}{1} - \frac{1}{2}$  braucht 10 Minuten,  $\frac{1}{4}$  30 Minuten,  $\frac{1}{8}$  noch viel länger. Das Melanin fällt nach 2 und auch nach 20 Tagen und auch nach längerer Zeit nicht aus.

10. Bereits ausgefärbte und erhärtete Puppen: hellgelbgrünes Blut, gibt mit Ammonsulfat fast keine Fällung in der den anderen Stadien analogen Zeit des Stehens von 1 Stunde, daher keine Tyrosinase bereitet werden konnte.

#### Versuchsergebnisse. (Vgl. auch Tabellen G und H.)

Diese Untersuchungen ergeben ein verschiedenes Verhalten der verschiedenen Entwicklungsstadien bei der Umwandlung von Raupe zur Puppe sowohl bei *Io* als auch bei *urticae*.

Nach den früheren Untersuchungen (Przibram-Brecher 1919) zeigt das Ausfallen des Melanins einen stärker sauren Grad an. Nach diesem Kriterium deutet sowohl bei *Io* als auch bei *urticae* das Ausfallen des Melanins in den Proben mit der Tyrosinase von verpuppungsreifen Raupen der verschiedenen Stadien bis zur Aufhängung, das Suspendiertbleiben des Melanins mit der Tyrosinase der Stadien nach dem Aufhängen auf eine sauerere Reaktion der Tyrosinase der Raupe

von der Zeit, wo sie, nahe der Verpuppungsreife noch auf der Pflanze sitzt und noch frißt, bis zur Aufhängung und auf eine weniger saure Reaktion während des hängenden und des Puppenstadiums hin.

Dieser Reaktionsumschlag von einem saueren in einen weniger saueren Zustand, vollzieht sich um die Zeit zwischen Fixierung und Aufhängung, wie aus dem geteilten Verhalten der Melaninproben mit der Tyrosinase dieser Stadien hervorzugehen scheint. Bei *Io* sind von den mit Tyrosinase der »ruhigen bis fixierten Raupen« bereiteten Proben 2 stark, 2 sehr wenig und 4 überhaupt nicht ausgefallen. Bei *urticae* haben ein ähnliches geteiltes Resultat von zum Teil gefallenem, zum Teil suspendiertbleibenden Proben (nur 2 gefallen, die anderen nicht gefallen), die mit Tyrosinase frisch aufgehängter Raupen versetzten Proben ergeben, was ja ungefähr auf den gleichen Zeitpunkt des Umschlages hindeutet. Ich will hier noch in Erinnerung bringen, daß nach den Untersuchungen Poultons (1887) und den eigenen Erfahrungen das lichtempfindliche Stadium von der Zeit des Wanderns (nach meinen Erfahrungen des »Rot«wanderns) bis ganz kurze Zeit nach der Aufhängung andauert, und zwar besonders in die Zeit des ruhigen und fixierten Stadiums fällt und diese Zeit ist es gerade, in der, wie wir sehen, der Reaktionsumschlag erfolgt.

Diese Methode der Verarbeitung gibt uns jedoch keine Auskunft über den genaueren Reaktionsgang bis zum Umschlag und nach demselben, dafür müssen andere Untersuchungsmethoden angewendet werden.

Ein Unterschied bezüglich der Reaktionsänderung der Stadien zwischen Vanessen und *Pieris* (vgl. VI, 1921) besteht darin, daß bei *Pieris* die großen fressenden Raupen weniger sauer sind und kein Ausfallen des Melanins ergeben, und sogar die rot defazierenden wandernden *Pieris brassicae* (den rotwandernden der Vanessen entsprechend) eine Tyrosinase geben, die bei sofortiger Aufstellung der Proben kein Ausfallen des Melanins bewirkt und erst länger stehende Tyrosinase dieses Stadiums oder Tyrosinase von Raupen in weiter fortgeschrittenem Stadium vor der Fixierung ein rasches Ausfallen des Melanins bewirkt, wogegen bei den Vanessen die Raupen schon im fressenden Stadium stark ausfallendes Melanin ergeben. Bezüglich des Zeitpunktes des Umschlages von dem stark sauren in einen weniger sauren Zustand, welcher bei Vanessen um die Zeit des Aufhängens festgestellt wurde, können nach den bisherigen Untersuchungen an *Pieris* (VI, 1921) noch keine Vergleiche angestellt werden, weil die Pieriden sich nicht aufhängen, sondern an der Unterlage durch einen Gürtel befestigt bleiben, und bisher noch keine dem fixierten und dem hängenden Stadium der Vanessen entsprechende Unterscheidungen bei *Pieris* von mir gemacht worden waren. Jedenfalls stimmt es im allgemeinen mit dem

Verhalten der Vanessen zusammen, wenn bei *Pieris* die Tyrosinase der fixierten fallende, die Tyrosinase der Puppen eine suspendiertbleibende Melaninbildung ergaben. Nur die bei *Pieris* ganz evidente starke Ansäuerung während des rotwandernden, also zu Beginn des sensiblen Stadiums, ist bei den Vanessen nicht klar zu erkennen, da schon die noch auf der Pflanze befindlichen Raupen sauer sind und fallende Melaninbildung ergaben.

Ein anderer Unterschied zwischen Vanessen und *Pieris* betrifft die Angehfarbe. Bei *Pieris* veranlaßt die Tyrosinase der fressenden Raupen eine rosa Angehfarbe, die der rotwandernden eine rote bis tief kirschrote ganz ähnlich wie sie die Tyrosinase von Halimasch zeigt. Erst im späteren Stadium, nachdem die Tyrosinase im Körper selbst die Rotstufe durchlaufen hat, treten normalerweise nur mehr violette Töne als Angehfarben auf. Bei Vanessen wurden, obwohl fortwährend unter Beobachtung niemals oder nur äußerst schwach und vorübergehend rosa Töne als Angehfarbe der Proben bemerkt. Es traten gleich violette oder blauviolette Töne auf. Allerdings zeigt eine rötliche Färbung des Filters auf dem sich Rückstand von Ammonsulfat gefällttem Vanessenblut befunden hatte, und zwar gerade in den entsprechenden Stadien, wandernd grün, wandernd rot und ruhig fixiert, daß auch hier die Rotstufe, aber ganz vorübergehend während der Verarbeitung auftritt. Die Töne der Angehfarben hängen wie Przi Bram (in Przi Bram-Brecher 1919) gefunden hat mit dem Reaktionszustand zusammen: rote Farbtöne deuten alkalischere, blaue saurere Reaktion an, daher sei die Angehfarbe der Halimaschtyrosinase rot, die der tierischen Tyrosinasen im allgemeinen blauviolett. Die Entdeckung einer roten Angehfarbe bei *Pieris* (Brecher VI, 1921) im fressenden und rotwandernden Raupenstadium stand mit der Entdeckung, daß diese Stadien keine ausfallende Melaninbildung ergaben im Einklang und deuteten auf einen weniger sauren Zustand in diesen Stadien hin. Die Tatsache, daß bei Vanessen keine solche Rotstufe zu bemerken ist, sondern daß die Proben direkt violett angehen steht mit der anderen Erscheinung, daß schon die Proben mit Tyrosinase von fressenden großen Raupen eine fallende Melaninbildung ergeben, vollkommen im Einklang und spricht für einen stärker sauren Zustand bereits in diesem vorverpuppungsreifen Stadium.

Bezüglich der Wirksamkeitskurve der Tyrosinase im Verlaufe der Entwicklung von Raupe zur Puppe bei Vanessen zeigt es sich, daß die Wirksamkeit bei kleineren Raupen sehr schwach ist, dann bei erwachsenen sehr stark ist und stetig zunimmt; bei der Fixierung ihren Höhepunkt erreicht (1 Minute Angehzeit für die  $\frac{1}{4}$  Tyrosinase); während des hängenden Stadiums und bei den eben schlüpfenden noch grünen Puppen, bei denen noch keine Melaninbildung erfolgt ist, ebenfalls

sehr stark ist. Die geringe Abnahme der Wirksamkeit dieser beiden Stadien gegenüber dem fixierten, wie sie aus den registrierten Anzezeiten der Proben hervorgeht, dürfte nur eine scheinbare sein, indem gerade in diesem Stadium der hängenden und im Verpuppen begriffenen Raupen die Schwärzung des Blutes im Vergleiche zu dem früheren Raupenstadium eine so außerordentlich rege ist, daß schon während der Verarbeitung zu Tyrosinase ein großer Teil derselben durch Melaninbildung erschöpft ist, daher die gelöste Tyrosinase bereits weniger wirksame Teilchen enthält. Aber auch schon während des hängenden Stadiums vollziehen sich offenbar in der lebenden Raupe Schwärzungsprozesse, da es oft vorgekommen ist, daß Raupen dieses Stadiums bei Anschneiden des Beines zur Entblutung, gleich bräunlich grünes Blut austreten ließen. Andere hängende Raupen haben, wie die Raupen aus früheren Stadien gelbgrünes (bei *Io*), andere die weiter fortgeschritten sind reingrünes (*Io*) ohne gelblichen Stich. Diese Unterschiede, die nur zufällig bemerkt wurden und noch nicht weiter verfolgt werden konnten, lassen auf einen Schwärzungsprozeß im Blute während des hängenden Stadiums schließen. Am Schlusse desselben verschwindet die gelbbraune Komponente im Blute und dasselbe ist nunmehr rein grün.

Sobald das Melanin in der Puppenhülle ausgebildet ist, sinkt die Tyrosinasewirksamkeit auf ein Minimum herab, um sich dann später während des Puppenstadiums wieder zu erholen. Im allgemeinen stimmt diese Wirksamkeitskurve mit der bei *Pieris* gefundenen überein. (Vgl. auch Dewitz 1905.)

Es ist hierbei auch interessant, die Verschiedenheit bei der Ausfällung des Blutes durch Ammonsulfat bei den verschiedenen Stadien in Betracht zu ziehen, nicht bei allen Stadien jedoch ist die Wirksamkeit der Tyrosinase von der Menge des Rückstandes abhängig, in manchen Stadien aber doch: die kleineren Raupen geben äußerst wenig Niederschlag mit Ammonsulfat, ihre Tyrosinase ist sehr schwach; die großen fressenden, wandernden, fixierten bis nach dem Aufhängen geben eine starke Fällung mit Ammonsulfat, ihre Tyrosinase ist gut wirksam; im hängenden Stadium und bei den frischen Puppen ist die Fällung geringer und doch ist hier die Wirksamkeit der Tyrosinase eine sehr große. Bei den frisch ausgefärbten Puppen wieder steht es im Einklang mit der Erschöpfung der Tyrosinase, daß fast gar kein Niederschlag bei Zusatz von Ammonsulfat im Blute entsteht.

Gerade aus der verschiedenen Menge des Rückstandes bei den verschiedenen Stadien könnte aber ein sehr schwerwiegender Einwand gegen die Richtigkeit des vorhin über den Reaktionsgang der Stadien gesagten erhoben werden. Es wurden nämlich immer ohne Rücksicht

auf die Menge des gebildeten Rückstandes bei Fällung des Blutes mit Ammonsulfat dieselbe der ursprünglichen Blutmenge gleiche Menge  $n/80$  NaOH zur Lösung des Rückstandes verwendet. Es ist daher klar, daß die Tyrosinaselösungen, die mehr Rückstand in  $n/80$  NaOH enthielten, saurer waren, als die die in derselben Menge Alkali eine viel geringere Menge von dem tierischen etwas sauren Rückstand enthalten und es wäre daher der Unterschied im Verhalten der Melaninbildung unter dem Einflusse der Stadien vor und nach dem Aufhängen gar nicht auf einen Unterschied im Reaktionszustand der Stadien selbst zu suchen, sondern der verschiedene Säuregrad der Tyrosinasen eben auf der verschiedenen Menge des gelösten Rückstandes in derselben Menge und Konzentration Alkali zurückzuführen. Dies ist allerdings ein sehr schwerwiegender Umstand und es wurde daher in einem späteren Versuch dieser Versuchsfehler durch Verwendung von der Rückstandsmenge adäquaten Mengen des Lösungsmittels vermieden. Es wurden folgende drei Stadien von *Vanessa urticae* verwendet: eben ins ruhige Stadium getretene noch nicht angeheftete Raupen, hängende Raupen und frische, noch weiche, teilweise schon ausgefärbte Puppen. Von jedem dieser Stadien wurde die gleiche Menge Blut,  $1,5 \text{ cm}^3$  gewonnen, wofür von ruhigen 21, von hängenden 25 und Puppen 21 notwendig waren. Der durch Ammonsulfat gefällte Rückstand betrug für die ruhigen Raupen  $0,2795 \text{ g}$ , bei den hängenden  $0,177 \text{ g}$  und den Puppen  $0,053 \text{ g}$ . Diese Rückstände wurden gelöst in  $n/80$  NaOH und zwar entsprechend ihrem Gewichte der der ruhigen in  $2,8 \text{ cm}^3$ , der hängenden in  $1,7 \text{ cm}^3$  und der Puppen in  $0,5 \text{ cm}^3$  und von diesen Ausgangstyrosinasen  $1/1$  weitere Verdünnungen mit  $n/80$  NaOH bis zu achtfacher Verdünnung, also Stärke  $1/2$ ,  $1/4$ ,  $1/8$  hergestellt. Die Verarbeitung erfolgte gleichzeitig für die ruhigen und hängenden und für die Puppen einen Tag später; sonst war die Behandlung eine vollkommen analoge. Die mit den Tyrosinasen aufgestellten Proben ließen dieselben Unterschiede zwischen den Stadien wie bei den früheren Versuchen, wo keine Rücksicht auf das Gewicht genommen worden war, erkennen. So zeigen z. B., wenn wir die Serie der Proben mit Tyrosinase von der Stärke  $1/2$  betrachten, die der ruhigen wie gewöhnlich starke Fällung, die der hängenden sind undurchsichtig schwarz, nicht gefallen; ebenso sind auch die der Puppen nicht gefallen. Diese Unterschiede blieben auch später erhalten. Obwohl also die Lösungen der Hängenden und Puppen in der gleichen Konzentration wie die der ruhigen waren, so fielen die damit aufgestellten Proben doch nicht aus wie es bei den ruhigen der Fall ist. Die angedeutete Änderung im Reaktionszustand im sensiblen Stadium erfährt also durch diese letzteren Versuche eine Stütze. Es bleibt also unzweifelhaft die Tatsache bestehen, daß zwischen dem ruhigen



und hängenden Stadium eine Änderung im Chemismus erfolgt, gerade dieser Unterschied in der Niederschlagsmenge bei Fällung des Blutes mit Ammonsulfat, welche auf verschiedene Menge des Bluteiweißes zurückzuführen ist, stellt eine der Verschiedenheiten dar, ferner der Unterschied in der Wirksamkeit der Tyrosinase. Überhaupt haben auch Stadien, die viel Rückstand ergeben haben (s. Tabelle G, *Io* ruhig-fixiert, *urticae*: kurze Zeit hängend) zum größten Teil kein Ausfallen des Melanins ergeben, sich also darin ähnlicher den nachfolgenden Stadien mit viel weniger Blutniederschlag, als den vorhergehenden Stadien mit starker Fällung durch Ammonsulfat verhalten. Ferner hatten bei *Pieris* die fressenden vorverpuppungsreifen und die wandernden rotdefäzierenden Raupen sich in bezug auf die Stärke der Fällung bei Zusatz von Ammonsulfat gleich verhalten und doch besteht zwischen beiden Stadien ein großer Unterschied in der Melaninbildung, indem sie bei den Proben der ersteren nicht ausfiel, bei der letzten jedoch gleich mit starker Melaninbildung ausfielen (vgl. VI, 1921, Tabelle A, Or.-Nr. 12 und 16).

Ferner dient als Stütze dafür, daß die Änderung des Reaktionszustandes der Stadien in der angegebenen Richtung richtig ist, die damit übereinstimmenden Resultate über den Reaktionsgang der Stadien bei den im folgenden beschriebenen Methoden.

Was die Blutfarbe betrifft, so sind die Wandlungen derselben mit dem Ablauf der Stadien bei *Io* und *urticae* verschieden. Bei *Io* hat die erwachsene Raupe bis nach dem Aufhängen gelbgrünes, gegen Ende des hängenden und im Puppenstadium reingrünes bis grasgrünes Blut ohne gelblichen Stich. Bei *urticae* hingegen haben die Raupen eine tiefbouteillengrüne an Chlorophyll erinnernde Blutfarbe, die Puppen aber hellgelbgrünes Blut. Die sehr schwache Grünkomponeute des Blutes bei *urticae*-Puppen steht vielleicht mit dem Fehlen des grünen Puppentypus im Einklang.

b) Nach direktem Eintropfen von Blut bestimmter Stadien in verschiedene Säure- und Alkaligrade.

(Verschiebung der Fällungsgrenze des Melanins aus Lösungen verschiedenen Alkaligrades im Laufe der Umwandlung von Raupe zur Puppe.)

Versuchstechnik.

Um genauer den Reaktionsgang bei der Umwandlung von Raupe zur Puppe verfolgen zu können, mußte nach anderen Methoden gesucht werden, die erstens überhaupt die bei der im vorhergehenden Abschnitt beschriebenen Methode gemachten Schlußfolgerungen bezüglich eines saueren Zustandes vor der Aufhängung, einer Abnahme des Säuregrades zur Zeit des Aufhängens bestätigen, zweitens weitere Differenzierungen bezüglich des Reaktionszustandes gestatten würden,

und zwar die Feststellung, ob im Laufe der Stadien von dem Wandern bis zur Fixierung noch eine weitere Ansäuerung stattfindet, ob der Umschlag in den weniger sauren Zustand bei der Aufhängung ein plötzlicher oder allmählicher sei, wie groß die Differenz des Reaktionszustandes sei; ferner ob bei der Verpuppung eine weitere Abnahme des Säuregrades oder ein Stationärbleiben oder wieder eine Zunahme stattfände. Alle diese Fragen scheinen für das Verständnis des Farbeinflusses auf die Puppenfarbe sehr wichtig und schließlich wäre es auch interessant, Unterschiede im Reaktionszustand unter dem Einflusse der Farben feststellen zu können.

Außerdem ist es, um möglichst Veränderungen des Zustandes während der Verarbeitung zu vermeiden, notwendig, eine Methode zu finden, die eine kürzere Manipulation und eine geringere Anzahl Raupen erfordert.

Die im nächstfolgenden Abschnitt mitgeteilten direkten Titrierungen des Blutes der verschiedenen Stadien wurden später wieder aufgegeben, da auch sie der gewünschten Genauigkeit entbehren. Herr Prof. Pauli hatte die Freundlichkeit, mich auf eine Arbeit Sörrensens (1912) und die darin enthaltene Indikatorenmethode aufmerksam zu machen. Nach dieser Methode könnten direkte Aziditätsbestimmungen des Blutes (Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration) vorgenommen werden mittels Zusatz einiger Tropfen aus Lösungen bestimmter Stoffe — den Indikatoren —, welche die Eigenschaft haben, bei einem bestimmten Aziditäts- oder Alkalitätsgrad — Wasserstoffionenkonzentration —, einen scharfen Farbumschlag zu zeigen. Die Wasserstoffionenkonzentration der zu untersuchenden Flüssigkeit wird dadurch bestimmt, daß der Ton des Farbumschlages, den diese Flüssigkeit bei Zusatz des Indikators angenommen hat, mit einer Skala von Vergleichslösungen, deren Wasserstoffionenkonzentration bekannt ist und denen ebenfalls die gleiche Menge Indikator zugesetzt wurde, verglichen wird. Leider war aber auch diese Methode für die Aziditätsbestimmung des Raupenblutes wegen der gelbgrünen Eigenfarbe und der raschen Schwärzung desselben vorläufig nicht zu gebrauchen, wozu noch der Umstand hinzukommt, daß der für den Aziditätsgrad dieses Blutes (schwach sauer: rötet blaues Lackmuspapier) in Betracht kommende Indikator das Paranitrophenol selbst eine gelbgrüne Umschlagsfarbe besitzt.

Ich habe jedoch die dort angegebene Methode in ganz anderer Weise zur Beurteilung des Reaktionsganges des Raupenblutes bei der Verwandlung verwenden können:

Es hatten schon frühere Versuche durch Eintropfen des Blutes in verschiedene Konzentrationen Natronlauge (s. *Pieris*, VI 1921) gezeigt, daß entsprechend der Reaktionsempfindlichkeit der Tyrosinase, die aus

diesen Lösungen entnommenen Tropfen sich bei Zusatz zu Tyrosin nicht gleich verhalten, sondern ein Optimum der Wirksamkeit (nach Algulhon 1907 liegt dies auf der schwach alkalischen Seite der Phenolphthaleinneutralität), zwei Grenzen der Angefähigkeit, eine auf der alkalischen und eine auf der sauren Seite, ferner ein früheres Ausfallen des gebildeten Melanins bei sauren Graden zeigen.

Es könnte aus der Verschiebung der Fällungsgrenze für das Melanin sowie des Optimums der Wirksamkeit der Reaktionsgang der Stadien ermittelt werden.

Da mir jedoch seitens der Herren Prof. Fürth und Pauli von der Verwendung von Natronlauge zur Bestimmung des Aziditätsgrades eiweißhaltiger Lösungen abgeraten wurde, verwendete ich die Methode mit anderen Lösungen, welche eine Mischung von Natronlauge oder Salzsäure mit einer anderen Lösung darstellen — sogenannte Pufferlösungen —, welche nicht die Nachteile haben sollen, die die Verwendung der Natronlauge allein als unzumutbar erscheinen ließen.

Hierzu wurden die von Sörrensens für die Indikatorenmethode angegebenen Standard- oder Vergleichslösungen, deren Wasserstoffionenkonzentration in einer Tabelle der Sörrensenschen Arbeit angegeben ist, nach dem Rezept Sörrensens und den dort vorgeschriebenen Mischungsverhältnissen bereitet. Ich verwendete zuerst Phosphatmischungen (primäres Kaliumphosphat + sekundäres Natriumphosphat). Doch da sich diese für unsere Zwecke als zu sauer erwiesen, indem alle Ausfällen des Melanins ergaben, verwendete ich in der Folge nur noch Boratmischungen, bestehend aus einer alkalischen Borsäurelösung (hergestellt durch Lösung von 0,2 g Mol Borsäure (12,404 g) in 100 cm<sup>3</sup> normal Natronlauge und Verdünnung mit Wasser bis zu 1 Liter), welche mit 0,1 normal Natronlauge bzw. 0,1 normal Salzsäure in verschiedenen in der Tabelle angegebenen Mengenverhältnissen gemischt wurden (vgl. Sörrensens, 1912, S. 438).

Ich muß bemerken, daß ich, da es sich zunächst um Vorversuche handelte, die von mir verwendeten Lösungen nicht »gestellt« habe, ihre Wasserstoffionenkonzentration also gewiß nicht mit den von Sörrensens für dieselben Mischungsverhältnisse identisch ist. Ich habe die von mir verwendeten Lösungen auf ihre Reaktion nur mittels Phenolphthalein geprüft und den Umschlagspunkt von farblos in rosa, welcher nach Sörrensens Tabellen zwischen  $p_H = 8$  und  $p_H = 9$  liegen soll, in meinen Lösungen ebenfalls in derselben Gegend feststellen können. Ich verweise für alle diese Details auf die beigefügten Tabellen I und J.

Es wurden von diesen Mischungen verschiedenen Alkaligrades je 1 cm<sup>3</sup> in eine Epruvette gegeben und so eine im Alkaligrad auf-

steigende Reihe von Lösungen aufgestellt, in die je 2 Tropfen Blut des zu untersuchenden Raupenstadiums (aus mehreren Raupen gleichen Stadiums zusammengemischt) hineingetropfert wurden. Nach Durchschütteln wurden aus diesen Blutlösungen je 4 Tropfen in je 1 cm<sup>3</sup> Tyrosin einfallen gelassen — und zwar wurden von jeder Konzentration zwei Proben aufgestellt —, sodann Angezzeit, Angefärbte, Wirksamkeit der Tyrosinase und das Ausfallen oder Suspendiertbleiben des Melanins nach einer bestimmten Zeit, bei den verschiedenen Alkaligraden notiert, wie es in den beigegebenen Tabellen ersichtlich ist.

Es wurden in dieser Art die äußerlich unterschiedenen Stadien vor, während und nach der Verpuppung sowohl bei *urticae* als auch bei *Io* geprüft und für jedes Stadium der Grad, bis zu welchem das Melanin nach einer analogen Zeit noch ausfällt, festgestellt.

#### Versuchsverlauf.

Hierfür sei auf die beigegebenen Tabellen I und J verwiesen.

#### Versuchsergebnisse.

Es hat sich gezeigt, daß in einer gleichen Zeit von der Aufstellung bei den Raupenstadien vor dem Hängen das Melanin in den Tyrosinproben bei einem alkalischeren Grade der Blutlösung noch ausfällt, bei dem es mit dem Blut der hängenden Raupen in Suspension bleibt. Nach dieser Verschiebung der Fällungsgrenze des Melanins bei den verschiedenen in wiederholten Versuchen geprüften Stadien sowohl bei *Io* als auch bei *urticae* zeigt es sich in Übereinstimmung mit der im vorhergehenden Abschnitt beschriebenen Methode mit Tyrosinaseextrakten, daß die Raupen vor dem Aufhängen einen saureren Reaktionszustand haben als nach dem Aufhängen. Der nach dieser Methode ermittelte Reaktionsgang wäre folgender: Stark saurer Zustand bei den großen fressenden, ruhig-fixierten Raupen (wobei es nach den Ergebnissen nicht deutlich ist, ob während dieser Stadien noch eine Ansäuerung stattfindet), sodann eine Abnahme des Säuregrades bei den hängenden und schließlich wieder eine geringe Zunahme des Säuregrades bei der Verpuppung.

Ich muß noch bemerken, daß es sich hierbei um sehr geringe Unterschiede handelt, die aber in mehrfach wiederholten Versuchen nach derselben Richtung hinwiesen, indem immer von den gleichzeitig verarbeiteten Stadien die Raupen vor dem Hängen sich gegenüber den hängenden als die saureren erwiesen. Ebenso bei genügender Interpolation von Graden zeigten die Puppen ziemlich konstant eine schwache Ansäuerung gegenüber den hängenden Raupen.

## 2. Direkte Aziditätsbestimmung an dem Blute der verschiedenen Stadien durch Titrierung.

Verwendet wurde hierzu rotes Phenolphthalein (gesättigte Lösung von Phenolphthalein in 1 cm<sup>3</sup> n/NaOH 1000 mal mit Wasser verdünnt). Zu einer bestimmten Menge derselben wurde tropfenweise Blut bis zum Verschwinden der rosa Farbe hinzugefügt und die Anzahl der zur Entfärbung notwendigen Blutropfen bei den verschiedenen Stadien miteinander verglichen.

5 cm<sup>3</sup> rotes Phenolphthalein wurden von      Tropfen Blut entfärbt,

### *Vanessa urticae*

1. kleine fressende Raupen . . . . .	5	»	»	»
2. ältere Raupen . . . . .	3	»	»	»
ruhige, noch nicht angespinnene . . . . .	2	fast, 3	vollständig	entf.
hängende im Verpuppen . . . . .	4	Tropfen	Blut	entfärbt
weiche Puppen . . . . .	5	»	nicht ganz	entf.

### Wiederholung des Versuches:

kleine fressende . . . . .	3—4 <sup>1)</sup>	Tropfen
große      » . . . . .	2—3	»
vom Futter wegwandernde . . . . .	2—3	»
ruhige, noch nicht angeheftete . . . . .	2	»
fixierte (schon angeheftete, noch nicht hängende) . . . . .	2	»
hängende . . . . .	2—3	»
geschwärzte, noch weiche Puppen . . . . .	3—4	»

Die Resultate der Titrierung stimmen im allgemeinen mit den nach anderen Methoden gewonnenen Resultaten überein, indem bei kleinen Raupen mehr Tropfen zur Entfärbung des Phenolphthaleins notwendig sind, sie also weniger sauer sind als die großen fressenden Raupen. In den folgenden Stadien nimmt die zur Entfärbung notwendige Anzahl Tropfen ab, also der Säuregrad zu. Sodann folgt wieder eine Zunahme der zur Entfärbung notwendigen Tropfenzahl nach dem Aufhängen, was mit einer Abnahme des Säuregrades bei diesem Stadium zusammenhängt.

Die Unterschiede sind wohl sehr geringe, da aber die Ergebnisse in allen hier angeführten Methoden in derselben Richtung sind, so ist es wohl schon nach diesen orientierenden Untersuchungen anzunehmen, daß mit der Umwandlung der Raupe zur Puppe eine Änderung des Reaktionszustandes Hand in Hand geht, indem die erwachsenen Raupen, die noch vor der Verpuppungsreife sind, bei Vanessen eine Ansäuerung erfahren, der stärker saure Zustand um die Zeit des Auf-

<sup>1)</sup> Bei 3 noch nicht ganz, bei 4 vollständig entfärbt.

hängens in einen weniger sauren übergeht. Möglicherweise erfolgt dann bei der Verpuppung wieder eine schwache Ansäuerung.

Dieser hier skizzierte Reaktionsgang müßte aber jedenfalls erst durch später durchzuführende, ganz genaue Bestimmungen, die infolge verschiedener Schwierigkeiten bis jetzt noch nicht ausgeführt werden konnten, quantitativ nach absoluten Säuregraden bestätigt werden.

## VI. Beeinflussung der Tyrosinase durch Licht verschiedener Wellenlänge während der Verwandlung von Raupe zur Puppe.

### 1. Durch Vorbestrahlung der Tyrosinase verschiedener Stadien in vitro.

#### Versuchstechnik.

Die Tyrosinasen (Stärke  $\frac{1}{8}$ ) wurden in farbig ausgekleidete Kästchen (Weiß, Schwarz, Gelb, Finsternis; Rot, Blau, Grau, Grün) in Eprovetten sowohl offen, nur mit Wattepfropf verschlossen, als auch luftfrei zugeschmolzen (vgl. Przibram und Brecher 1919, Przibram-Dembowski 1919 und Brecher 1921) zur Vorbestrahlung aufgestellt. Nach bestimmten Zeitintervallen wurden diesen Tyrosinasen Tropfen entnommen und in neutralen Bedingungen aufgestellte Tyrosinproben damit beschickt, sodann die Verschiedenheiten in der Angefähigkeit registriert.

Es wurden die Tyrosinasen von fressenden, wandernden, hängenden Raupen, sowie frischen Puppen der Vorbestrahlung ausgesetzt und ihre Farbempfindlichkeit geprüft. (Über Versuchsmethodik s. entsprechenden Abschnitt bei Brecher *Pieris*, VI 1921.)

#### Versuchsverlauf (vgl. Tabelle K).

##### Tyrosinase von fressenden Raupen.

Von den offen in den Farben aufgestellten Tyrosinasen ging nach 2 Tagen die aus Gelb zuerst an, sodann die aus Finsternis und Schwarz und zuletzt die aus Weiß; bei der zweiten Herausnahme nach 4 Tagen der Vorbestrahlung ging nichts mehr an.

Die luftfrei zugeschmolzene ergab bei der ersten Herausnahme nach 2 Tagen keine Unterschiede; nach neuerlicher Einschmelzung und weiterer 2-tägiger Vorbestrahlung gingen bei der zweiten Herausnahme von Tropfen und Aufstellung von Proben die Proben, welche mit Tyrosinase aus Weiß, Gelb und Finsternis beschickt worden waren, zuerst, die aus Schwarz später an. Bei einer dritten Herausnahme nach 7 Tagen der Vorbestrahlung gingen keine Proben mehr an.

##### Tyrosinase von wandernden Raupen.

Offen vorbestrahlte: Nach 2 Tagen der Vorbestrahlung ließ Gelb- und Finsternis-Tyrosinase die Proben zuerst angehen, sodann die aus

Schwarz, und zuletzt die aus Weiß. Nach 4 Tagen ging ebenfalls die aus Gelb zuerst an, sodann die aus Finsternis, zuletzt die aus Weiß und Schwarz.

Die zugeschmolzene zeigt nach 2 Tagen noch keine Unterschiede; nach 4 Tagen geht Gelb zuerst, sodann Weiß und Finsternis, zuletzt Schwarz an. Die gleiche Reihenfolge zeigt sich auch bei der dritten Herausnahme von Tyrosinasetropfen nach 7 Tagen der Vorbestrahlung.

#### Tyrosinase von hängenden Raupen.

1. Versuch. Von den offen vorbestrahlten gingen nach 2 Tagen der Vorbestrahlung die aus Gelb und Finsternis zuerst an, sodann Weiß, zuletzt Schwarz. Nach 4 Tagen der Vorbestrahlung zeigt sich ein umgekehrtes Verhalten: Es gehen die mit den Tyrosinasen aus Weiß und aus Schwarz beschickten Proben zuerst, und die mit Tyrosinase aus Gelb sowie die aus Finsternis später an.

Bei den luftfrei zugeschmolzenen sind nach 2 Tagen keine Unterschiede aufgetreten, nach 4 Tagen ging die aus Gelb zuerst, sodann die aus Weiß und Finsternis, zuletzt die aus Schwarz an.

2. Versuch. Offen vorbestrahlte haben nach 2 Tagen keine Unterschiede gezeigt, nach 4 Tagen ist jedoch nichts mehr angegangen. Die luftfrei zugeschmolzenen haben nach 2 und 4 Tagen der Vorbestrahlung noch keine Unterschiede gezeigt.

3. Versuch. Die offen vorbestrahlte zeigte nach 4 Tagen keine Unterschiede, nach 10 Tagen ging Gelb, Grün, Blau zuerst an, sodann Finsternis und Rot, später Schwarz, zuletzt Grau und Weiß. Nach 12 Tagen Gelb, Grün=Blau=Schwarz=Finsternis, Rot, Grau=Weiß. Die luftfrei zugeschmolzenen wurden erst am 11. Tag der Vorbestrahlung zum erstenmal geöffnet. Von den damit beschickten Proben gingen die mit der Tyrosinase aus Rot zuerst, sodann Gelb und Finsternis, Weiß und Grün, Grau, Blau, zuletzt Schwarz an. Nach nochmaligem Einschließen und Öffnen am nächsten Tage, also am 12. Tage der Vorbestrahlung, ging Gelb zuerst an, sodann Rot, Weiß, Finsternis und Grau, Blau, Grün, zuletzt Schwarz. Nach nochmaligem Einschließen und 24 tägiger Vorbestrahlung im ganzen, ging Gelb zuerst an, später gehen Blau und Weiß eine Spur an; die Tyrosinasen aus den anderen Farben sind unwirksam geworden. Bei einer noch späteren Herausnahme nach 38 Tagen ging nur noch die aus Gelb an. Alle anderen waren unwirksam geworden. Die offen aufgestellte Tyrosinase war schon viel früher unwirksam geworden.

#### Tyrosinase von frischen Puppen.

Von den offen aufgestellten gingen nach 2 Tagen der Vorbestrahlung die aus Finsternis, sodann die aus Schwarz an, während die aus Weiß

und Gelb unwirksam sind. Nach 4 Tagen der Vorbestrahlung ist keine angegangen.

Von den luftfrei zugeschmolzenen gingen nach 2 Tagen der Vorbestrahlung die aus Gelb zuerst an, sodann folgen Finsternis und Weiß, und zuletzt ging die aus Schwarz an. Nach 4 Tagen der Vorbestrahlung ist nichts mehr angegangen.

#### Versuchsergebnisse.

Diese Versuche zeigen deutlich die Farbenempfindlichkeit der Vanessentyrosinase, indem schon eine kurze Vorbestrahlung genügt, um je nach den einwirkenden Lichtarten Unterschiede in der Wirksamkeit der Tyrosinase hervorzurufen. Im allgemeinen zeigte sich bei der Vorbestrahlung von Tyrosinasen in Röhrchen, die dem Sauerstoffzutritt zugänglich waren, schon nach kurzer Vorbestrahlung (2 Tage) die Beschleunigung oder Förderung der Wirksamkeit durch die gelbe Bestrahlung, die Hemmung durch die schwarze Umgebung. Das Ergebnis entspricht also dem, was wir bei Halimasch (Przibram-Brecher, 1919) und anderen Schmetterlingsarten wie *Pieris* (Brecher 1921) als erste Phase der Gelbwirkung, welche der kürzeren Vorbestrahlung entspricht, als direkte Farbwirkung bezeichnet haben. Die »Umkehr«, wie sie so schön bei *Pieris* mit der Tyrosinase des rotwandernden Stadiums erhalten worden war, mit stärkstem Angehen von schwarz- und schwächstem Angehen von gelbbestrahlter Tyrosinase, welche dem Bildungsgrad des Melanins der Puppen in diesen Farben entspricht, wurde in den Vanessenversuchen einmal mit Tyrosinase der hängenden Raupen erhalten. Es gingen von den offen vorbestrahlten nach 2 Tagen Gelb und Finsternis zuerst, Schwarz zuletzt an, nach 4 Tagen der Vorbestrahlung kehrte sich das Verhältnis um, indem Weiß und Schwarz zuerst, Gelb und Finsternis später angingen. Ferner ist bei der Tyrosinase der frischen Puppen schon nach 2 Tagen von den offen vorbestrahlten Schwarz vor Gelb angegangen. Mit der Tyrosinase der wandernden konnte in den Vanessenversuchen leider keine Umkehr erzielt werden, vielleicht deshalb, weil bei den Vanessenversuchen gerade das kritische Stadium, wie es dem rot defazierenden Stadium bei *Pieris* entsprechen würde, fehlt. Infolge der dunklen Haut bei den Raupen von *Io* schimmert der Darminhalt nicht durch, und ich hatte zur Zeit dieser Versuche noch nicht das Kriterium gefunden, nach welchem ich auch die *Io*-Raupen dieses Stadiums unterscheiden konnte, nämlich die Farbe des Darminhaltes durch den Mund festzustellen. Ich habe jedoch diese Versuche dann nicht mehr fortgesetzt, weil ich die Beeinflussung der Tyrosinase der verschiedenen Stadien durch die Farben auf eine andere Art, nämlich durch Bestrahlung *in vitro*, verfolgt habe.



Jedenfalls haben aber schon diese Versuche die Farbenempfindlichkeit auch für die Tyrosinase von *Io* beweisen können, wenn auch durch die Unvollkommenheiten der Versuchsaufstellung (Fehlen des kritischen Stadiums in der Versuchsserie, und nicht genügend lange Vorbestrahlung oder im Gegenteil Versäumen des richtigen Momentes zur Herausnahme von Tropfen) wohl sehr häufig nur die direkte Wirkung der Strahlen, also Beschleunigung durch Gelb, Verzögerung durch Schwarz, und nur in einigen Fällen auch die der Farbanpassung entsprechenden »Umkehr« mit stärkster Wirksamkeit der Tyrosinase aus Schwarz und schwächster Wirksamkeit der Tyrosinase aus Gelb zutage getreten ist.

Was die luftfrei eingeschlossenen Tyrosinasen betrifft, so hatte ihre Aufstellung in den Farben zunächst nach erster Herausnahme nach 2-tägiger Vorbestrahlung keine Unterschiede in der Wirksamkeit zur Folge. Erst nach dem neuerlichen Kontakt mit Sauerstoff und nochmaligem Einschließen zeigten sich bei der zweiten Herausnahme Unterschiede und zwar das raschere Angehen der Proben mit der gelbbestrahlten Tyrosinase und das schwächste Angehen der Proben mit der Tyrosinase aus Schwarz, was der direkten Farbenwirkung entspricht. Diese Unterschiede blieben auch später, nach wiederholter Herausnahme und wieder Einschließen und weiterer Vorbestrahlung der Tyrosinasen erhalten.

Ferner zeigen diese Versuche in Bestätigung der Versuche an Halimasch von Przi Bram und Dembowski (1919), daß Abschluß des Sauerstoffs die Tyrosinase schützt und ihre längere Aufbewahrung gestattet. Während die offen aufbewahrten schon nach 4 Tagen unwirksam sind, bewahren die luftfrei eingeschmolzenen in manchen Fällen (hängende, besonders in Gelb) sogar nach einem Monat oder noch etwas länger ihre Angehfähigkeit. Diese Konservierung der Schmetterlingstyrosinase durch Luftabschluß ist aber jedenfalls entsprechend dem saureren Zustand dieser Tyrosinase keine so unbegrenzte wie beim Halimasch (vgl. Przi Bram-Dembowski), wo nach 3 Monaten die zugeschmolzene Tyrosinase noch die ungeschwächte Wirksamkeit zeigte.

Auch ist daher im Gegensatze zu Halimaschtyrosinase, die bei Luftabschluß keine Farbenempfindlichkeit zeigt, bei den Schmetterlingstyrosinasen gerade der Luftabschluß eine Methode, um längere Zeit die durch die Farben hervorgerufenen Unterschiede in der Tyrosinasewirksamkeit verfolgen zu können, da die offen aufgestellten viel zu rasch zerstört werden, bei den zugeschmolzenen Schmetterlingstyrosinasen aber der mit eingeschlossene Sauerstoff schon genügt, um Unterschiede der Farbeneinwirkung an die Tyrosinase zu übermitteln. Für die Umkehr war doch wohl nicht genügend Sauerstoff vorhanden,

und die stärkere Wirksamkeit der gelbbestrahlten wurde nach längerer Vorbestrahlung beibehalten, so daß nach einem Monat der Vorbestrahlung schließlich nur noch Gelb anging.

## 2. Durch Bestrahlung der Tyrosinase in vivo.

### *Vanessa Io.*

#### Versuchstechnik.

Die im rotwandernden Stadium in farbige Kästen eingebrachte Raupen wurden in bestimmten Stadien herausgenommen und zur Gewinnung von Tyrosinase entblutet. Es wurden folgende Stadien geprüft: hängende Raupen, ganz frische noch grüne Puppen, bereits ausgefärbte noch weiche Puppen, und weiter fortgeschrittene Puppen mit erhärteter Hülle, und zwar in den verschiedenen Farbbedingungen immer gleichzeitig und in demselben Stadium befindliche Raupen oder Puppen.

#### Versuchsverlauf.

##### Hängende Raupen. (Vgl. Tabelle L.)

Bei einem Versuch sind keine Unterschiede zwischen der Wirksamkeit der Tyrosinase aus Gelb und aus Schwarz aufgetreten, in zwei Versuchen ist die Tyrosinase der Raupen aus Gelb am stärksten, die der Raupen aus Schwarz am schwächsten; in zwei Versuchen ist die der Raupen aus Gelb am schwächsten, die aus Schwarz am stärksten.

Was die Tyrosinase der Raupen aus Weiß, Neutral und Finsternis betrifft, so ist bei einem Versuch, wo Gelb am stärksten, Schwarz am schwächsten ist, Finsternis = Gelb am stärksten, Weiß schwächer. Bei den Versuchen mit Gelb am schwächsten, Schwarz am stärksten, ist einmal Finsternis = Neutral zwischen beiden, und Weiß hatte so wenig Tyrosinaserückstand, daß es überhaupt nicht zur Aufstellung von Proben kam. Beim zweiten Versuch ist Finsternis ebenfalls zwischen Gelb und Schwarz, und zwar etwas stärker als Gelb.

Schließlich ist in einem Versuch, in dem gleichzeitig nur Raupen aus Weiß und Finsternis verarbeitet wurden, »Weiß« etwas stärker als »Finsternis«.

Es sind also in den meisten Versuchen deutliche Unterschiede aufgetreten.

##### Puppen. (Vgl. Tabelle M.)

Von eben aus ihrer Raupenhaut schlüpfenden, noch ganz grünen, weichen Puppen haben die aus Gelb eine viel schwächere Tyrosinase als die aus Schwarz. Aber beide haben jedenfalls eine gut wirksame Tyrosinase.

Bei ebenfalls noch frischen 1 Tag alten Puppen, bei welchen der Ausfärbungsprozeß schon stattgefunden hat, die also in Gelb goldgrün,

in Schwarz dunkel sind, zeigt sich derselbe Unterschied, nämlich eine viel schwächere Tyrosinase bei den Puppen aus Gelb.

Die Tyrosinase solcher Puppen nach der stattgefundenen Ausfärbung ist erschöpft, sie ist sehr wenig wirksam. Bei Fällung des Blutes mit Ammonsulfat entsteht eine so schwache Trübung, die erst nach längerem Stehen sich zu einem verwendbaren Niederschlag absetzt.

Bei bereits erhärteten, weiter fortgeschrittenen Puppen ist ebenfalls die der grünen Puppen aus Gelb schwächer als die der dunklen aus Schwarz. Bei diesem Stadium ist wieder eine Zunahme der Tyrosinasewirksamkeit, also eine Erholung, zu konstatieren.

Auch sind die Unterschiede zwischen den Typen, die im Färbungsgrad der Tyrosinproben bei Zusatz von Tyrosinase zum Ausdrucke kommen, bei diesem Stadium nicht mehr bleibend, die Unterschiede der Färbungsintensität der Proben heben sich nach längerem Stehen auf.

#### Versuchsergebnisse.

Im Einklang mit der Melaninausbildung der goldgrünen Puppen ohne schwarze Zeichnung in Gelb und der dunklen Puppen mit viel schwarzer Zeichnung in Schwarz ist auch ein Unterschied in der Tyrosinasewirksamkeit zu bemerken, indem die in Schwarz entstandenen Puppen eine wirksamere Tyrosinase besitzen.

Als Beweis dafür, daß die Unterschiede in der Färbung (Ausbildungsgrad des Melanins) der Puppen unter dem Einflusse der verschiedenen Umgebungsfarben tatsächlich auf der Beeinflussung der Wirksamkeit der Tyrosinase durch das Licht verschiedener Wellenlänge und nicht auf anderen Ursachen beruht, zeigt sich schon — wie zu erwarten war — bei den noch ganz frischen in beiden Umgebungen Gelb wie auch Schwarz, noch grünen Puppen, die also äußerlich ihre Herkunft aus Gelb oder Schwarz noch gar nicht erkennen lassen, derselbe Unterschied der Tyrosinasewirksamkeit, also ihrer Provenienz gemäß eine sehr schwache Tyrosinase bei den Puppen aus Gelb und eine viel wirksamere bei den Puppen aus Schwarz.

Diesen Unterschied in der Tyrosinasewirksamkeit unter dem Einflusse der verschiedenen Umgebungsfarben treffen wir sogar in noch früheren Stadien bei den hängenden an. Nicht immer ist jedoch bei den hängenden Raupen derselbe Unterschied wie bei den Puppen, also eine schwächer wirksame Tyrosinase bei den hängenden aus Gelb, eine stärker wirksame Tyrosinase bei den hängenden aus Schwarz, anzutreffen. In zwei Versuchen ist gerade das Gegenteil, nämlich eine stärker wirksame Tyrosinase bei den hängenden aus Gelb, gefunden worden und in einem Versuche, bei welchem die Raupen ganz kurz nach ihrer Aufhängung verarbeitet worden waren, sind über-

haupt keine Unterschiede zutage getreten. Offenbar hängt der verschiedene Ausfall der Versuche damit zusammen, daß verschiedene äußerlich nicht unterscheidbare Stadien während des Hängens in den verschiedenen Versuchsserien zur Verarbeitung gelangt sind. Das geht deutlich aus dem Versuch hervor, wo die Raupen kurze Zeit nach dem beobachteten Aufhängen zur Verarbeitung gelangt waren und die keine Unterschiede in der Wirksamkeit erkennen ließen. Es ist möglich, daß in diesem Falle die Unterschiede der Farbbeeinflussung in der Tyrosinasewirksamkeit noch nicht zum Ausdruck gekommen waren.

Für die bei den anderen Versuchen verwendeten hängenden Raupen ist der Zeitpunkt der Aufhängung und somit das Stadium, in dem sie sich bei der Verarbeitung befanden, nicht bekannt, da sie am Abend noch wandernd, in der Frühe aber bereits aufgehängt waren. Es ergäbe aber eine wunderschöne Parallele zum Verhalten der Tyrosinase bei Bestrahlung *in vitro* (s. die entspr. Arbeiten), wenn es sich bei weiteren Versuchen mit genauer Kenntnis des Stadiums, in dem sich die Hängenden befinden, ergeben würde, daß die Raupen mit stärker wirksamer Tyrosinase in Gelb und schwächer wirksamer aus Schwarz einem früheren Stadium des Hängens entsprechen, als die, welche ähnlich den frischen Puppen die schwächere Wirksamkeit der Tyrosinase aus Gelb zeigen. Bei Bestrahlung *in vitro* hatte es sich ja gezeigt, daß die gelben Strahlen zuerst fördernd auf die Tyrosinasewirksamkeit wirken, während die blauen, ultravioletten sie zuerst hemmen; bei längerer Einwirkungsweise der Farben kehrt sich dieses Verhältnis um (Przibram und Brecher 1919, *Pieris*, Brecher 1921). In der Puppenfärbung aber kommt immer diese zweite der längeren Einwirkungsdauer entsprechende Wirkung der Strahlen zum Ausdruck. Vielleicht läßt sich ein Stadium in der Raupe auffinden, bei dem gerade die I. Phase der Einwirkung in der starken wirksamen Tyrosinase aus Gelb zum Ausdruck kommt.

Mit der Feststellung der Farbenempfindlichkeit der Tyrosinase auch an Vanessen, mit der, soweit hierbei die verwendeten Methoden eine Genauigkeit gewährleisten, Feststellung des Reaktionsganges der Raupen bis zur Verpuppung einerseits und mit der aus der Literatur bekannten Annahme (s. Przibram, *Theorie* 1919), daß die Wirkung der Strahlen verschiedener Wellenlänge die eines bestimmt gerichteten Einflusses auf den Reaktionszustand sei, wobei den gelben Strahlen eine ansäuernde, den ultravioletten eine alkalieszierende Wirkung zugeschrieben wird (siehe auch *Pieris* VI, 1921), andererseits, ergibt sich folgendes Schema für die Einwirkung der Farben auf die Puppenfärbung der Vanessen:

Raupen bis zum Fixieren (empfindliches Stadium): sauer.	Beim Aufhängen (gegen Ende des empfindlichen Stadiums):	Bei Verpuppung: Zunahme des Säuregrades, also Richtung auf Ansäuerung
Wirkung von gelben Strahlen (gelbe u. grüne Umgebung): ansäuernd $\approx$ - >	Umschlag in weniger sauer, also Richtung nach Alkaleszenz	
	+ Ansäuerung	+ Ansäuerung
	=	=
	Neutralisierung (Optimum der Wirksamkeit)	Erschöpfung der Tyrosinase (Puppen ohne Melanin)
ultravioletten Strahlen (schwarze Umgebung): alkaleszierend $\approx$ - >	Phase: I.	Phase: II.
	Akaleszierung + Alkaleszenz	Ansäuerung + Alkaleszierung
	=	=
	Hemmung der Tyrosinasewirksamkeit	Neutralisierung — Optimum der Tyrosinasewirksamkeit (dunkle Puppen)
	Phase: I.	Phase: II.

Es wäre also hiernach der Vorgang so, daß auf die im sensiblen Stadium befindlichen Raupen einwirkende gelbe Umgebung zuerst eine Erhöhung der Wirksamkeit der Tyrosinase, schwarze Umgebung eine Hemmung der Tyrosinasewirksamkeit zur Folge hat. Diese Phase kommt in der Puppenfarbe nicht zum Ausdruck, und geht dann über in die zweite Phase, bei der Gelb die Tyrosinase sehr geschwächt hat und Schwarz ihre Wirksamkeit erhöht hat. Dieser Zustand, der gerade bei der Verpuppung besteht, hat die Farbanpassung der Puppen an ihre Umgebung zur Folge.

Eine Unstimmigkeit ergibt sich bei dieser Erklärung der Farbeinwirkung auf die Puppenfärbung, wenn wir uns die schon nach den in dieser wie auch in der *Pieris*-Arbeit erwähnten Versuchen unzweifelhaft feststehenden Tatsache vor Augen halten, daß den Augen der Raupen für die Farbanpassung der Puppen eine Rolle zukommt. Da die Versuche zur Aufklärung, welcher Art diese Rolle des Auges sei, noch nicht zu einem Abschlusse gelangt sind, muß die Entscheidung dieser Frage einem späteren Zeitpunkt überlassen bleiben. Wir dürfen uns jedoch schon nach den in dieser Abhandlung, sowie in der *Pieris*-Arbeit (IV, 1919) erwähnten Versuchen der Tatsache nicht verschließen, daß die Einwirkung der Farben auf die Puppenfärbung, also die Entstehung grüner Puppen in Gelb, dunkler in Schwarz usw. nur bei Anwesenheit der Augen statthat, daß hingegen die der Augen beraubten Raupen in allen Umgebungen die gleichen mittleren Puppen ähnlich den Puppen aus Finsternis ergeben, also die charakteristische Wirkung der gelben Strahlen auf die Grünfärbung der Puppen nicht mehr erkennen lassen.

Es erscheint mir wichtig, schon jetzt, ohne hierdurch den weiteren Untersuchungen über die Rolle des Auges auf die Puppenfärbung vorzugreifen zu wollen, nur um die weiter oben sowie in der *Pieris*-Arbeit gegebene chemische Erklärung der Farbeneinwirkung auf die Puppenfärbung, die sich auf so viele Beobachtungstatsachen stützt, zu rechtfertigen und mit der Rolle des Auges in Einklang zu bringen, einige Überlegungen hierüber anzustellen, die zunächst nur den Wert einer Arbeitshypothese haben können.

Zu diesem Zwecke möchte ich folgende Tatsachen gegenüberstellen:

Die verpuppungsreifen Raupen werden unter Mitwirkung der Augen in der charakteristischen Weise von den Umgebungsfarben beeinflusst.

Dieser Einfluß besteht, wie wir gesehen haben, in einem Einfluß der Farben auf die Wirksamkeit der Tyrosinase.

Die verpuppungsreifen Raupen ohne Augen lassen keine Beeinflussung der Farben auf ihre Puppenfärbung erkennen, es entstehen überall ähnliche Puppen wie in Finsternis.

Wir haben also bei Bestrahlung lebender Raupen in verschiedenen Farben eine Farbenempfindlichkeit der Tyrosinase nur unter Mitwirkung der Augen. Ohne Augen dagegen zeigt sich keine Farbenempfindlichkeit der Tyrosinase im lebenden Tier.

Dagegen sehen wir bei Vorbestrahlung von Tyrosinase in der Epruvette eine analoge Beeinflussung der Wirksamkeit der Tyrosinase unter dem Einflusse verschiedener Farben, wie bei den Raupen mit Augen, aber die Lösung hat keine Augen! Und daß es sich im lebenden Tier doch um denselben Vorgang der Farbbeeinflussung auf die Tyrosinasewirksamkeit wie in der Epruvette und nicht um andere durch das Auge regulierte Vorgänge beim Ausfärbungsprozeß selbst handeln kann, zeigen uns die in diesem Abschnitte beschriebenen Untersuchungen, die eine verschiedene Wirksamkeit der Tyrosinase schon im hängenden Stadium und bei den noch grünen Puppen aus schwarzer und gelber Bedingung entnommenen Tiere ergeben haben.

Wir haben jedoch auch bei Bestrahlung *in vitro* einen analogen Fall der Farbenunempfindlichkeit der Tyrosinase wie bei den Raupen ohne Augen, nämlich wenn die Tyrosinasen vollkommen vom Sauerstoffzutritt abgeschlossen in den Farben aufgestellt waren (und der mit eingeschlossene Sauerstoff nicht mehr genügte, um Unterschiede hervorzurufen) (s. Przibram und Dembowski 1919, Versuche mit Halimasch-Tyrosinase). Przibram leitete daraus die Erklärung ab, daß bei der Einwirkung der Farben auf die Tyrosinasewirksamkeit, welche eine Parallele in dem Photobromierungsvorgange des Toluols habe (Brunner in Przibram-Dembowski 1919), es sich um eine verschiedene Vermittlung von Sauerstoffatomen durch die verschiedenen Farben handle.

Andererseits haben nach den Untersuchungen von Moleschott und Fubini (1879) die verschiedenen Farben einen Einfluß auf den Gaswechsel bei der Atmung der Tiere. Geblendete Tiere zeigen hierbei keine Unterschiede in den verschiedenen Farben.

Es wäre daher denkbar, daß den Augen eine Rolle bei der Atmung zukommt, und die verschiedenen Farben durch die Augen den Gasaustausch bestimmen, und daß bei dem Einfluß der Farben auf die Tyrosinase, welcher unter Vermittlung des Sauerstoffs geschieht, die Augen diese verschiedene Vermittlung des Sauerstoffs in den verschiedenen Farben an die Tyrosinase bewirken. Die Abwesenheit der Augen würde die Verschiedenheit des Gasaustausches in den verschiedenen Farben aufheben und würde dasselbe wie das luftfreie Zuschmelzen der Tyrosinase *in vitro*, also ein Aufheben der Farbenempfindlichkeit der Tyrosinase, zur Folge haben.

Diese Rolle des Auges, die ich nur als Hilfspothese in das Schema über den Chemismus der Farbanpassung einzuführen mir erlaube, ist jedenfalls dem Experimente zugänglich, da der Gasaustausch in den verschiedenen Farben sowohl bei sehenden als auch bei geblendeten Raupen gemessen werden könnte.

### VII. Zur Frage der Farbanpassung der Vanessenspuppen an ihre Umgebung.

Am Schlusse möchte ich noch mit einigen Worten die Frage der Farbanpassung der Vanessen an ihre Umgebung berühren.

Wir können im allgemeinen sagen, daß die Beeinflussung der Puppenfarbe durch die Umgebungsfarbe zu einer gewissen Übereinstimmung der Färbung mit der natürlichen Umgebung führt, die man auch im anderen Sinne als im selektionistischen als Farbanpassung bezeichnen möchte. Es entstehen ja auf schwarzen Flächen infolge Vermehrung des Melanins durch die von Schwarz reflektierten ultravioletten Strahlen schwärzliche Puppen, auf weißen Flächen infolge Hemmung des Melanins und Förderung des Weiß durch die von Weiß reflektierten ultraroten Strahlen weißliche Puppen, auf grauen Flächen durch gleichmäßige Reflexion aller Strahlen bewirkte mittlere Ausbildung des Melanins Puppen von mehr graubrauner mittlerer Färbung. Was nun den vierten Typus, den der Goldpuppen betrifft, so entstehen sie auf den grünen Blättern der Futterpflanze, wo die Reflexion der gelben Strahlen die Ausbildung des Pigments in der Hülle verhindert und den Goldglanz zum Vorschein kommen läßt. Nun wäre ja der Goldglanz an sich eher als etwas für das Wirbeltierauge Auffallendes zu betrachten, und es kann da weniger von einer Übereinstimmung zwischen diesem Typus und der ihn bewirkenden natürlichen Unter-

lage, den grünen Blättern, gesprochen werden. Tatsächlich sehen wir aber, daß auch bei diesem Typus bei *Io* das Grün der unteren Gewebe vollkommen durchschimmert, es sind grüne goldglänzende Puppen, die auf den Blättern entstehen, also doch eine Übereinstimmung mit der Farbe der Unterlage ebenso wie bei *Pieris* und den anderen Typen bei Vanessen zeigen. Und auch die Goldpuppen von *urticae*, die ja kein ausgesprochenes Grün haben, sind mit ihren grünlichen Reflexen immerhin besser den grünen Blättern angepaßt, als es einer der anderen drei Typen wäre. Auf goldglänzenden Flächen, wie wir es in den Experimenten gesehen haben, ist die Anpassung der Goldpuppen an die Unterlage eine eklatante.

Seitens der Anhänger der Selektionstheorie wird einerseits (Poulton 1890) der Goldpuppe die Bedeutung als Schutzfarbe zugeschrieben. Poulton hat sich hierfür folgende Hypothese konstruiert: Er nimmt für die Vanessen eine frühere Heimat an mit trockenem Klima und spärlicher Vegetation in einer Gegend glimmerreicher Felsen. In dieser glänzenden Umgebung wäre bei den Vanessen auf selektionistischem Wege die Fähigkeit, Goldpuppen zu ergeben, entstanden. Als später die Vegetation reicher wurde, und die Raupen sich auch auf der Pflanze zu verpuppen begannen, wäre dann eine sekundäre Anpassung an die geänderten Bedingungen erfolgt, und zwar bei den verschiedenen Vanessenarten in ganz verschiedener Weise: bei *Io* durch die Erwerbung der grünen Form, bei *urticae* und *cardui*, die kein Grün haben und sich daher die Goldpuppen von der Blattunterlage abheben würden, dadurch, daß fast alle nahe der Verpuppungsreife von der Pflanze wegwandern (die auf der Pflanze angetroffenen Goldpuppen sind von Schlupfwespen angestochene), bei *atalanta* durch die Erwerbung eines merkwürdigen Instinktes: die Raupe versteckt sich entweder zur Verpuppung zwischen zwei Blättern, die sie zusammenspinnt, oder sie beißt den Stengel des Blattes, an dem sie aufgehängt ist, etwas durch, so daß das Blatt vertrocknet und durch sein Aussehen nunmehr der darauf entstandenen Puppe ähnlich wird.

Die Frage, ob die mit der Umgebung in der Färbung übereinstimmenden Puppen tatsächlich bei der Verfolgung durch Feinde einen Schutz genießen, was ja die Voraussetzung für die selektionistische Entstehung der Anpassung ist, wurde von Poulton und Saunders (1898) geprüft, indem Puppen auf verschiedenfarbigen Unterlagen im Freien ausgesetzt wurden. Es verschwanden diejenigen Puppen, die in ihrer Färbung mit der Farbe der Unterlage nicht übereinstimmten.

Eine entgegengesetzte Auffassung von seiten anderer Selektionstheoretiker will den Goldglanz von Puppen als Warnfarbe betrachtet wissen, welche schlechten Geschmack andeuten soll (Fritz Müller, zit. nach Poulton). Auch Bateson (1892) ist der Ansicht, daß man



die Goldpuppe von *urticae* eher als Warnfärbung denn als Schutzfärbung betrachten könnte und wendet sich hierbei gegen die Ansicht Poultons. Poulton hat in Erwiderung darauf Versuche an gestellt, um zu sehen, ob die Goldpuppen von Tieren als Nahrung verschmäht würden. Er gibt an, daß die Goldpuppen mit großer Lust eine nach der anderen von Seidenäffchen verzehrt wurden.

Piepers (1903, S. 188) meint, es könnte die Entstehung der metallglänzenden Puppen im ursächlichem Zusammenhange mit der in den Tropen sehr starken Reflexion des starken Sonnenlichtes von der Blattoberfläche, in den gemäßigten Zonen mit der Widerspiegelung von Tau oder Regentropfen auf von der Sonne beschienenen Blättern sein. Er nimmt aber überhaupt für die Entstehung der Anpassung eine höhere Nerventätigkeit, eine bewußte Imitation, an.

Aus den vorliegenden Untersuchungen konnte gezeigt werden, wie das Licht verschiedener Wellenlänge mit der resultierenden Puppenfärbung im Zusammenhang steht. Sie ist das Resultat der äußeren Lichtwirkung und einer ganzen Kette von Faktoren in der Raupe, die zusammen die Sensibilität für Licht darstellen: eine farb- und reaktionsempfindliche Tyrosinase und eine bestimmte Änderung des Reaktionszustandes bei der Verwandlung von Raupe zur Puppe, ferner eine bestimmte Funktion des Auges. Die Wirkung des Lichts ist eine chemische und beruht auf Änderungen des Reaktionszustandes. Von den die Sensibilität der Raupe zusammensetzenden Faktoren ist der erste, die farb- und reaktionsempfindliche Tyrosinase, weit im Tier- und Pflanzenreich verbreitet. Wechsel im Reaktionszustande können auf das Auftreten von Nukleinsäure in solchen Stadien beruhen, die durch gleichzeitige Zellteilungen ausgezeichnet sind. Es muß also noch ein Faktor, eine spezielle Sensibilisierung hinzukommen, die die Lichtvariabilität der Puppen und ihre mit der Umgebungsfarbe gleichsinnige Anpassung bewirkt. Sie muß mit dem Auge zusammenhängen und einen ganz bestimmten Ablauf des Reaktionszustandes bewirken, wie ist noch unklar. Über die phylogenetische Entstehung der Sensibilität bei den lichtvariablen Puppen könnten vielleicht genaue Untersuchungen und Experimente an Arten, die normalerweise keine Lichtvariabilität zeigen und näheres Eindringen in die Frage nach der Vererbung Auskunft geben.

Was die Bedeutung der Farbanpassung der Puppe betrifft, so habe ich in der Arbeit über *Pieris* (VI, 1921) sie als Lichtschutz bezeichnet. Diese Annahme könnte ja auch in bezug auf ihre Gültigkeit geprüft werden.

Wie ich nachträglich erfahren habe, gibt es bei Algen (Gaidukow 1903) eine solche »chromatische Adaption«, aber im positiven Sinne: die einwirkende Farbe ruft in den Algen die Komplementärfarbe her-

vor (komplementäre chromatische Adaption), um gerade die Lichtstrahlen eindringen zu lassen, welche die Pflanze benötigt. Zu dieser bei Pflanzen bekannten Erscheinung würde meine Auffassung über die Bedeutung der Puppenanpassung als Schutz gegen das Licht ein sehr plausibles Gegenstück bilden und diese Vermutung stützen. Bei den Puppen bringt ja die einwirkende Farbe die gleiche Färbung hervor, wodurch diese Strahlen auch wieder von der Puppenoberfläche reflektiert werden. Es würde also dies eine negative chromatische Adaption darstellen.

### VIII. Zusammenfassung.

Die Puppen mancher Vanessen zeigen wie die von *Pieris* eine verschiedene Färbung je nach der Umgebung, auf der sie sich verpuppen. Man kann sie nach vier Hauptfarbtypen einteilen: dunkle, mittlere, helle und Goldpuppen, die durch die verschiedene Ausbildung folgender Färbungselemente charakterisiert sind: eines schwarzen (Melanin) und grünen Farbstoffs, einer rosa bis weißen Opazität und eines Goldglanzes der Hülle. Die Typen entsprechen in der Ausbildung des Pigmentes den vier Hauptfarbtypen von *Pieris brassicae*, wobei der Goldtypus, der bei *Io* grünen Grundton hat, dem grünen *Pieris*-Typus entspricht, von dem er sich nur durch den Goldglanz unterscheidet.

Experimentell entstehen die dunkelsten Puppen von *Vanessa Io*, *V. urticae*, *Pyrameis cardui*, *P. atalanta* auf schwarzen, die hellsten auf weißen, die Goldpuppen auf gelb reflektierenden, die mittleren auf neutral wirkenden Flächen und in Finsternis.

Auch metallglänzende Flächen wirken nur durch die von ihnen reflektierten Farbqualitäten (nicht durch den Polarisationszustand des Lichtes) auf die Puppenfärbung ein; nur gelb reflektierende unter ihnen (gold, goldgrün) lassen daher die Goldpuppen entstehen.

Die Wirkung schwarzer Flächen beruht wie bei *Pieris brassicae* auf den von Schwarz reflektierten ultravioletten, die weißer Flächen auf den ultraroten Strahlen.

Nicht nur das von farbigen Flächen reflektierte, sondern auch durch farbige Filter durchgelassenes Licht hat dieselbe spezifische Wirksamkeit auf die Puppenfärbung. Jedoch entstehen auf roten Flächen dunkle, unter Rotfiltern die Goldpuppen. Dieser Unterschied findet seine Erklärung in der Absorption der ultravioletten Strahlen durch die verwendeten Filter. Ein ähnlicher Unterschied betrifft das Blaugrün.

Die Puppenfärbungen der Vanessen lassen sich daher analog jener der Pieriden auf spezifische Wirkungen der Lichtstrahlen zurückführen: Ultrarot hemmt die Ausbildung des schwarzen Pigments und fördert das Weiß, Rot (?), Orange, Gelb, Gelbgrün verhindert die Bildung des

schwarzen Pigments und der weißen Opazität und läßt dadurch den Goldglanz hervortreten; Blaugrün (?), Blau, Violett, Ultraviolett fördern das schwarze Pigment.

Für die Wirkung der Farben auf die Puppenfärbung ist das Auge erforderlich. Entfernung der Augen hebt die Farbanpassung ganz auf, Überstreichen der Augen mit schwarzer Farbe läßt sie zwar zu, es erlischt aber die spezifische Strahlenwirkung schon bei einer Intensität des Lichtes, welche bei nicht überstrichenen Augen Anpassung hervorbringt.

Wurde Tyrosinase aus den aufeinander folgenden Stadien in neutralen Lichtverhältnissen gehaltener Raupen und Puppen gewonnen, in Tyrosin eingetropt und der Reaktionszustand nach der größeren oder geringeren Fällbarkeit des Melanins geprüft, so zeigte sich eine Zunahme des Säuregrades beim Erreichen des verpuppungsreifen Stadiums, darauf eine Abnahme des Säuregrades bei den aufgehängten Raupen, also am Ende des farbenempfindlichen Stadiums. Auch andere Methoden gaben übereinstimmende Resultate: Wurde Hämolymphe in Lösungen verschiedenen Alkaligrades eingetropt und nachher Tyrosin mit Tropfen dieser Lösungen beschickt, so nahm die Fällbarkeit des Melanins mit steigendem Alkaligrade der Lösungen ab. Der Grad, bei dem das Melanin noch ausfiel, war bei den Stadien vor dem Aufhängen von höherer Alkalinität als bei den hängenden Raupen. Die schwer einwandfrei durchführbaren Titrierungen weisen ebenfalls in dieselbe Richtung hin.

Die Prüfung der Tyrosinase von hängenden Raupen oder Puppen aus gelber Umgebung zeigte entsprechend der definitiven Puppenfärbung eine schwächere Wirksamkeit als die aus schwarzer Umgebung.

Wurde Tyrosinase in Röhrchen eingeschlossen und verschiedenen Farben ausgesetzt, so schwärzte die in Gelb gehaltene Tyrosinase Tyrosin stärker als die in Schwarz gehaltene. Diese Unterschiede der Wirksamkeit ändern sich nach verschieden langer Vorbestrahlungszeit nicht mehr, während bei offener Tyrosinase die früher auch bei *Pieris* beschriebene Umkehr stattfindet.

Der Zustand der Tyrosinase bleibt also bei Luftabschluß dauernd erhalten, was eine Analogie zum Erlöschen der Farbanpassung lebender Raupen nach Entfernung der Augen bilden mag; denn alte Versuche von Moleschott und Fubini haben schon die Abhängigkeit der Sauerstoffaufnahme vom Lichte bei sehenden Tieren zum Gegenstande gehabt.

Wird Raupen von *Vanessa Io* die Wahl zwischen verschiedenfarbigem Untergrunde gelassen und werden sie nach ihrer Entscheidung zur Verpuppung ins Finstere gebracht, so besteht keinerlei Unterschied zwischen den Färbungen der Puppen, je nach der Unter-

grundfarbe, an der die Raupen zur Ruhe gekommen waren. Die Farbanpassung bei Vanessenpuppen beruht also nicht auf Raupenrassen, deren Instinkt in Übereinstimmung mit der ihnen zukommenden Puppenfarbe sie zum Aufsuchen mit dieser ähnlich gefärbten Umgebung zwingen würde.

### IX. Literaturverzeichnis.

- Algulhon, H., Influence de la reaction du milieu sur la formation des mélanines par oxydation diastatique. Annales de l'institut Pasteur, XXIV, 668, 1910. — Bateson, William, On Variation in the Colour of Cocoons, Pupae and Larvae: further experiments. Transactions of the Entomological Society of London, 205, 1892. — Biedermann, W., Die Schillerfarben bei Insekten und Vögeln. Festschr. zum 70. Geburtstag Haeckels, Jena, Fischer, 215, 1904. — Ders., Physiologie der Stütz- und Skelettsubstanzen. Wintersteins Handb. der vergleich. Physiol. III, 814 (Chitinstrukturen), 1913. — Ders., Farbe und Zeichnung der Insekten. Wintersteins Handb. d. vergleich. Physiol. III (Energie und Formenwechsel), 1914. — Brecher, Leonore, Die Puppenfärbungen des Kohlweißlings, *Pieris brassicae*. Erster bis dritter Teil. Akad. Anzeiger Wien, Nr. 16, 1916. — Dies., Die Puppenfärbungen des Kohlweißlings, *Pieris brassicae* L. Erster Teil: Beschreibung des Polymorphismus. Zweiter Teil: Prüfung des Lichteinflusses. Dritter Teil: Chemie der Farbtypen. Arch. f. Entw.-Mech. XLIII, 88, 1917. — Dies., Die Puppenfärbungen des Kohlweißlings, *Pieris brassicae* L. Vierter Teil: Wirkung unsichtbarer und sichtbarer Strahlen. Akad. Anzeiger Wien, Nr. 17, 1918. — Dies., Die Puppenfärbungen des Kohlweißlings, *Pieris brassicae* L. Vierter Teil: Wirkung sichtbarer und unsichtbarer Strahlen. Arch. f. Entw.-Mech., XLV, 273, 1919. — Dies., Die Puppenfärbungen des Kohlweißlings, *Pieris brassicae* L. Fünfter Teil: Kontrollversuche zur spezifischen Wirkung der Spektralbezirke mit anderen Faktoren. Akad. Anzeiger Wien, Nr. 18, 1919. — Dies., Die Puppenfärbungen des Kohlweißlings, *Pieris brassicae* L. Fünfter Teil: Kontrollversuche zur spezifischen Wirkung der Spektralbezirke mit anderen Faktoren. Arch. f. Entw.-Mech., XLVIII, 1, 1921. — Dies., Die Puppenfärbungen des Kohlweißlings, *Pieris brassicae* L. Sechster Teil: Chemismus der Farbanpassung. Akad. Anzeiger Wien, Nr. 18, 1919. — Dies., Die Puppenfärbungen des Kohlweißlings, *Pieris brassicae* L. Sechster Teil: Chemismus der Farbanpassung. Arch. f. Entw.-Mech., XLIII, 46, 1921. — Dies., Die Puppenfärbungen des Kohlweißlings, *Pieris brassicae* L. Siebenter Teil: Wirksamkeit reflektierten und durchgehenden Lichtes. Akad. Anzeiger Wien, Nr. 14, 1920. — Dies., Die Puppenfärbungen des Kohlweißlings, *Pieris brassicae* L. Siebenter Teil: Wirksamkeit reflektierten und durchgehenden Lichtes. Arch. f. Entw.-Mech., L, 41, 1922. — Dewitz, I., Untersuchungen über die Verwandlung der Insektenlarven, II. Arch. Anat. u. Physiol., Physiol. Abt. Suppl. 389, 1905. — Doflein, Franz, Über Schutzanpassung durch Ähnlichkeit. Biolog. Zentralbl., XXVIII, 243, 1908. — Dürken, Bernhard, Über die Wirkung farbigen Lichtes auf Puppen und Falter von *Pieris brassicae* und die Beschaffenheit der unbeeinflussten Nachkommen. Vorläufige Mitteilung. Nachr. d. kgl. Ges. d. Wiss. Göttingen, math.-phys. Kl., 1918. — Ders., Die Wirkung des Lichtes auf die Schmetterlingspuppe. Die Naturwissenschaften, 7. Jahrg., Heft 24, 421, 1919. — Fischel, Alfred, Beiträge zur Biologie der Pigmentzelle, Anatomische Hefte Merkel Bonnet LVIII, 1919. — Frisch, Karl v., Der Farbensinn und Formensinn der Biene. Zoolog. Jahrbücher, Abt. f. allgem. Zool. u. Physiol. d. Tiere, XXXV, 1, 1914. — Fürth, O. v., u. Schneider, Über tierische Tyro-

sinasen und ihre Beziehungen zur Pigmentbildung. Hofmeisters Beiträge zur chem. Physiol. u. Pathol., I, 229, 1902. — Gaidukov, N., Die Farbe der Algen und des Wassers. »Hedwigia«, Organ f. Kryptogamenkunde u. Phytopathol., XLIII, 96, 1903. — Kapzov, S., Untersuchungen über den feineren Bau der Cuticula bei Insekten. Zeitschr. f. wiss. Zool., XCVIII, 297, 1911. — Kathariner, L., Versuche über den Einfluß der verschiedenen Strahlen des Spektrums auf Puppe und Falter von *Van. urticae* und *io*. Illustr. Zeitschr. f. Entom., V, 361, 1900. VI, 7, 1901. — Knoll, Fritz, Insekten und Blumen. Heft I. Abhandl. d. zool.-bot. Ges. Wien. 1921. — Leydig, Franz, Zum feineren Bau der Arthropoden. Müllers Arch. f. Anat. u. Physiol., S. 376, 1855. — Linden, M. v., Physiologische Untersuchungen an Schmetterlingen. Zeitschr. f. wiss. Zool., LXXXII, 411, 1905. — Menzel, Hedwig, Einfluß der äußeren Umgebung auf die Färbung der Schmetterlingspuppen (*Vanessa urticae*). Zoolog. Jahrbücher, Abt. f. allgem. Zool. u. Physiol., XXXIII, 235, 1913. — Moleschott, Jacob, u. Fubini, S., Über den Einfluß gemischten und farbigen Lichtes auf die Ausscheidung der Kohlensäure bei Tieren. Moleschotts Untersuchungen zur Naturlehre, XII, Nr. 2, 1879. — Petersen, W., Zur Frage der Chromophotographie bei Schmetterlingspuppen. Sitzungsber. d. Naturforschergesellsch. Dorpat, IX, 232, 1891. — Piepers, M. C., Mimicry, Selektion, Darwinismus. Brill, Leyden, 1903. — Poulton, Edward B., An enquiry into the cause and extent of a special colour-relation between certain exposed Lepidopterous pupae and the surfaces which immediately surround them. Philosophical Transaction, CLXXVIII, B, 311, 1887. — Ders., The colours of animals. London, 1890. — Ders., Further experiments upon the colour-relation between certain Lepidopterous larvae, pupae, cocoons and imagines and their surroundings. Transact. entom. Soc. London, 293, 1892. — Poulton, E. B., and Saunders, C. B., An experimental inquiry into the struggle for Existence in certain common insects, Report Brit. Assoc. Bristol, 906, 1898. — Przibram, Hans, Grüne tierische Farbstoffe. Arch. f. d. ges. Physiol., CLIII, 385, 1913. — Ders., Ursachen tierischer Farbkleidung. II. Theorie. Akadem. Sitzungsanz., Nr. 17, 1918. — Ders., Ursachen tierischer Farbkleidung. II. Theorie. Arch. f. Entw.-Mech., XLV, 199, 1919. — Ders., Verpuppung kopflloser Raupen. Akadem. Sitzungsanz., Nr. 7 u. 8, 1921. — Ders., Verpuppung kopflloser Raupen. Arch. f. Entw.-Mech., dieses Heft, 1922. — Przibram, Hans, u. Brecher, Leonore, Ursachen tierischer Farbkleidung. I. Vorversuche an Extrakten. Akadem. Sitzungsanz., Nr. 17, 1918. — Dies., Ursachen tierischer Farbkleidung. I. Vorversuche an Extrakten. Arch. f. Entw.-Mech., XLV, 83, 1919. — Dies., Die Farbmodifikationen der Stabheuschrecke, *Dixippus morosus* Br. et Redt. (zugleich: Ursachen tierischer Farbkleidung, VI). Akadem. Anz., Nr. 14, 1920. — Dies., Die Farbmodifikationen der Stabheuschrecke, *Dixippus morosus* Br. et Redt. (zugleich: Ursachen tierischer Farbkleidung, VI). Arch. f. Entw.-Mech., L, 147, 1922. — Przibram, Hans, u. Dembowski, J., Konservierung der Tyrosinase durch Luftabschluß (zugleich: Ursachen tierischer Farbkleidung, III). Akadem. Sitzungsanz., Nr. 17, 1918. — Dies., Konservierung der Tyrosinase durch Luftabschluß (zugleich: Ursachen tierischer Farbkleidung, III). Arch. f. Entw.-Mech., XLV, 260, 1919. — Rayleigh, Lord, On the optical Character of some brilliant Animal Colours. Phil. Mag. (6), 37, 93, 1919. — Semper, C., Beobachtungen über die Bildung der Flügel, Schuppen und Haare bei den Lepidopteren, Zeitschr. f. wiss. Zoologie VIII, 326, 1857. — Sörrensen, S. P. L., Über die Messung und Bedeutung der Wasserstoffionenkonzentration bei biologischen Prozessen. Ergebn. d. Physiol., XII, 393, 1912. — Standfuss, M., Handbuch der paläarktischen Großschmetterlinge. 2. Aufl., Jena 1896. — Wood, T. W., Remarks on the coloration of chrysalids. Entomologic. Soc. Proceedings, 49, 1867.

## X. Tabellen A-M.

Tabelle A.

Bezeichnung des Abschnittes im Text	Ordnungszahl des Versuches	Art	Protokoll, Heft und Seite	Datum der Versuchsaufstellung bis zur Herausnahme aus den Bedingungen	Art des verwendeten Versuchsbehälters	Versuchsbedingungen					Bezeichnung der verwendeten Raupenzucht	Anzahl der hineingegebenen Raupen	Anzahl der vor oder nach Verpuppung Toten	Anzahl der Puppen	Puppenfarbtypen																		
						einseitiger (oberseitiger) oder zweiseitiger Lichtzutritt	Vorschaltung	Lichtintensität nach Schwärzung phot. Papiers	Temp. peratur	Umgebungs-farbe					2 s.	W <sub>1</sub>	0	18	3	8	7	4	5	6	7	8							
Zw.T. L. A.	1	<i>Vanessa</i> <i>Io</i>	I 6-7	8.VI. 1918	große Kästen mit geeignetem Aufsatz	Grau	2 s. /			N Zimmer- temp.	W <sub>1</sub>	18	0	18	3	8	7	4	5	6	7	8	sehr dunkle	dunkle	dunkelgrüne	mittlere	hellere	helle	grüne mit schwacher Pigmentierung	grüne mit starkem Goldglanz			
						Grün	/			>	>	>	3R. +	14	3	8	7	4	5	6	7	1	2	11									
						Gelb	/			>	>	>	3R. vor V +	15	3	8	7	4	5	6	7	1	14										
						Schwarz	/			>	>	>	1 + 1 + 2 + 1 v. V. +	17	3	8	7	4	5	6	7	2	11										
						Weiß	/			>	>	>	1R. +	15	3	8	7	4	5	6	7	1	14										
						Finsternis Gold (Kupfer)	/			>	>	>	1R. +	17	3	8	6	7	4	5	6	7	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
						Silber	/			>	>	>	+	17	3	8	2	7	4	5	6	7	9	5	9								

Zw. T. I. A.	1	I, 10	VI. 1918	kleine Holz- kästen	Rot- metall- glanz Goldgrün Blaugrün- metall- glanz Violett- metall- glanz	1 s.	,		6,2 <sup>1)</sup>	2,2 <sup>1)</sup>	4
									6 4,1 <sup>1)</sup>	2 1,1 <sup>1)</sup>	1
									6	2 (4a) ganz ohne Gold	
	2	I, 16	23. VI. 1918	große Kästen	Weiß	2 s.	,	Prz. 15	2 P + 1 R +	4	4
					Gelb				1 P +	2	1 2
					Schwarz				0	12 3	
					Finsteris				1 P + 1 R +	8 4	1
	3 <sup>4)</sup>	III, 16	11. VII. 1919	große Kästen	Schwarz	2 s.	,	H 40	/	1 13	
					Gelb				/	14 <sup>3)</sup>	
					Grau				10 1 R +	8 1	1 10,3 <sup>1)</sup>
				zylindr. Müller- gaskäfig	Finsteris Dunkel- kammer				20 3 +	3 10 2	2

1) In der Raupenhaut stecken geblieben.

2) Von Schlupfwespe angestochen.

3) Es konnten bei diesen Versuchen nur je 14 Puppen registriert werden, da die anderen für bestimmte Vererbungsversuche in den Bedingungen hängen gelassen wurden; es waren jedoch durchweg typische.

4) Diese Versuche von einem späteren Jahr nicht streng mit den früheren vergleichbar, da sie beide mit den gemalten Typen aber nicht untereinander verglichen wurden.

Tabelle A (Fortsetzung).

Bezeichnung des Abschnittes (im Text)	Ordnungszahl des Versuches	Art	Protokoll, Heft und Seite	Datum der Versuchsaufstellung bis zur Herausnahme aus der Bedingung	Versuchsbedingungen				Bezeichnung der verwendeten Raupenzucht	Anzahl der hineingegebenen Raupen	Anzahl der vor oder nach Verpuppung Toten	Anzahl der guten Puppen	Verpuppungsort	Puppenfarbtönen											
					Art des ver- wendeten Versuchs- behälters	Um- gebungs- farbe	einseitiger (oberseitiger) oder zweiseitiger Lichtzutritt	Vor- schaltung						Lichtintensität nach Papier- schwärzung	Temperatur	dunkle	mittlere	helle	Gold	Gold					
																				sehr dunkle	dunkle	dunkle mit Gold	sehr helle mit weiß- schimmerndem Goldglanz	Pigment wie Ferimulter	Goldglänzende mit sehr wenig Pigment
Zw. T. 1 I. A.	1	<i>Vanessa urticae</i>	I, 1	28. V.— 7. VI. 1918	große Kästen. mit zweit- seitigem Lichtzu- tritt und geneigtem Aufsatz	Grün (schlechtes Licht) Grün Gelb Schwarz Weiß Finsternis Gold (Kupfer) Silber	2 s.	ohne	/	N	W <sub>1</sub>	2 P. + T. <sub>2</sub>	11	Verpuppungsort	1 2 3 4 5 6 7 8	sehr dunkle	dunkle	dunkle mit Gold	mittlere	helle	Gold extr	7 8	(W) 2 7		
>	2	>	I, 2/1	11. VI. 1918		Grün Gelb	> >	> >	/	> >	> >	> >	5 1 Musselin		1 2	1 2	9 ohne Gold 6 etwas Glanz	1 1	1 1	1 1	1 1	1 2	1 1	1 2	1 1
Zw. T. 1 I. B. "	1 "	>	III 6-8	11.—14. VIII. 1918	kleine Käst- chen mit zweiseitig. Licht- und von vorne nach rück- wärts ge- neigtem Aufsatz	Schwarz > >	> >	2seitig Chininsulf. Herabs. Intensität oberseit. Paus- papier	d <sup>1)</sup> a <sup>1)</sup> a <sup>1)</sup>	> > >	W <sub>2</sub> > >	12 12 12	12 12 12	11 12 12	1, 2, 8 (F) 1(1) 1	1 1 3	1 1 8	1 1 8	1 1 8	1 1 8	1 1 8	1 1 8	1 1 8	1 1 8	1 1 8

1) Schwärzungsgrade des photographischen Papiers, das im Kästchen auf der rückwärtigen Wand oben angebracht war und zwar vor Einbringung der Raupen: a viel schwächer geschwärzt als d.

2) Mit Lachine.



Tabelle A (Fortsetzung).

Bezeichnung des Abschnittes im Text	Ordnungszahl des Versuches	Art	Protokoll, Heft und Seite	Datum der Versuchsaufstellung	Art des verwendeten Versuchsbehälters	Versuchsbedingungen				Bezeichnung der Verwendeten Raupenzucht	Anzahl der hineingegebenen Raupen	Anzahl der vor oder nach Verpuppung Toten	Anzahl der Puppen	Verpuppungsort	Puppenfarbtypen			
						Umgebungs-farbe	einseitiger (oberseitiger) oder zweiseitiger Lichtzutritt	Vorshaltung	Lichtintensität nach Papier-schätzung						Tem-peratur	dunkle	mittlere	helle
Zw. T. I. A.	1	<i>Vanessa cardui</i>	II, 10	2. VII. 1918	große Kästen mit geneigtem Aufsatz	Weiß	2 s.	/	/	Norm.	9	2 <sup>1)</sup>	5		2	2	1	2 <sup>1)</sup>
				1. VII. 1918	„	Gelb	„	/	/	„	„	4 <sup>1)</sup> 1 P. + 1 R. +	1		2	1 nicht so hell wie aus Weiß	4 <sup>1)</sup>	
				„	„	Schwarz	„	/	/	„	„	5 <sup>1)</sup> 1 P. +	2		2		5 <sup>1)</sup>	
				„	„	Gold	„	/	/	„	„	5 <sup>1)</sup>	2		2	1	1, 5 <sup>1)</sup> 8 <sup>1)</sup>	
				„	„	in unkontroll. Beding fixiert in Finsternis gegeben	„	/	/	„	„	8 <sup>1)</sup>						
		<i>Vanessa atalanta</i>		VIII. 1918	große Kästen	Schwarz					3		3		3			hellste mit stärkstem Goldglanz
						Grau					3		3		3			3
						Weiß					3		3					3
						Gelb					3		3					1
						grünes Blatt					3		3					1

1) Puppen, die sich normal verpuppt haben, bald aber durch ein Rötlichwerden der Abdominalsegmente von der Spitze beginnend, sich von den normalen Puppen unterscheiden. Bald schlüpft an Stelle eines Schmetterlings eine große Ichneumone aus. Hierbei wird die vordere Spitze wie ein Deckel aufgebrochen und die Ichneumone tritt aus, während bei den normalen Puppen die Hülle in der vorderen Medianlinie aufspringt und der Schmetterling ausschlüpft.

Tabelle B.

Bezeichnung des Abschnittes im Text	Ordnungszahl des Versuches	Art	Protokoll, Heft und Seite	Datum der Versuchsaufstellung bis zur Herausnahme aus den Bedingungen	Art des verwendeten Versuchsbehälters	Versuchsbedingungen				Bezeichnung der verwendeten Raupenzucht	Anzahl der hineingegebenen Raupen	Anzahl der vor oder nach Verpuppung Toten	Anzahl der guten Puppen	Puppenfarbtypen							
						Umgebungs-farbe	einseitiger (oberseitiger) oder zweiseitiger Lichtzutritt	Vorschaltung	Lichtintensität nach Schwärzung phot. Papiere					Tem-peratur	dunkle	mittlere	helle	grüne m. Gold-glanz			
	1	<i>Vanessa Io</i>		13.21.-24. VI. 1918	kleine Holzkästchen	Weiß	1 s.	Glasplatte (ohne Vorschaltung)	norm.	W <sub>2</sub>	7	2 noch nicht verp.	5	1	2	3	4	5	6	7	8
	2	"	"	"	"	"	"	Chininsulfat 3 cm hoch	"	"	"	"	7	1	1	1	1	1	1	3	2
	3	"	"	"	"	"	"	Eisenvitriol Rhodk. 3 cm	"	"	"	"	7	"	4	2	1				1
	4	"	"	"	"	Rot	"	Glasplatte (ohne Vorschaltung)	"	"	"	"	7	2	3	1	1	1	1	1	1
	5	"	"	"	"	"	"	Chininsulfat	"	"	"	"	6	1	2	1	1	1	1	1	1
	6	"	"	"	"	Schwarz	"	Eisenvitriol Rhodank.	"	"	"	"	5	1	3	1	1	1	1	1	1
	7	"	"	"	"	"	"	Glasplatte (ohne Vorschaltung)	"	"	"	"	7	5	2	2	2	2	2	2	2
	8	"	"	"	"	"	"	Chininsulfat	"	"	"	"	7	6	1	1	1	1	1	1	1
	9	"	"	"	"	"	"	Eisenvitriol Rhodank.	"	"	"	"	7	7	1	1	1	1	1	1	1
	10	"	"	"	"	"	"	Eisenvitriol Rhodank.	"	"	"	"	5	3	1	1	1	1	1	1	1

2	1, 17 26. VI. 6. VII. 1918	Weiß			S	7	19)	5	1	3	1
>	>	>	Glasplatte (ohne Vor- schaltung)	>	>	>	P. +		1	3	1
>	>	>	Chininsulfat	>	>	>	1 P. + 2 R. +	3		3 grünlich	
>	>	>	Eisenvitriol Rhodank.	>	>	>	2 R. + 4	4		3	
>	>	Rot	Glasplatte (ohne Vor- schaltung)	>	>	>	1 P. + 4	4	1	1	1
>	>	>	Chininsulfat	>	>	>	2 R. + 6	6	2	1	
>	>	>	Eisenvitriol Rhodank.	>	>	>	2 P. + 5	5	2	1	
>	>	Schwarz	Glasplatte (ohne Vor- schaltung)	>	>	>	1 R. + 4	4	1	1	
>	>	>	Chininsulfat	>	>	>	1 P. + 4	4	4		
>	>	>	Eisenvitriol Rhodank.	>	>	>	1 P. + 4	4	4		
>	>	>		>	>	>	2 R. +				
34)	III, 12. VII. 16	Rot	Violett-Gela- tine 2 Lagen	>	H	10			6	1	1
>	>	Weiß	ohne Vorschaltung	>	>	5			4 <sup>4a)</sup> ganz ohne Gold	1	
>	>	>	Glaswanne	>	erhöhte Temp. 35°	10	8 R. + 2	2		2	
1	I, 18 26. VI.- 6. VII. 1918	durchgehend farb. Licht (Bodenwei)	Senebier Glocken	>	norm.	S je 4 W <sub>3</sub> 2					
>	>	Weiß	einf. Glassturz	>	>	>	2 R. + 4	4	1	3	7
>	>	Orange	Kalium- bichromat	>	>	>	7	7			
>	>	Gelb	Pikrinsäure	>	>	>	6	6		1	6
>	>	Grün	Kaliumbichr. u. Kupferox- Amon.	>	>	>	6	6		1 sehr grünlich	5
>	>	Blauviolett	Kupferoxyd- Amon.	>	>	>	1 R. + 6	6	1	1	

Zw.T.  
I. C.



2	2	2	2	2		herabges. Intensität (Pauspap.)		1 R. nicht verp.	6	Mußlin- decke Rand unten	3	3	2
2	2	2	2	2	herabges. Temp.(Eis) unten 4° oben 9½°	normal (leere Glas- wanne)	herabges. Temp.(Eis) unten 4° oben 9½°	1 R. nicht verp.	2 1 3	Mußlin- decke Rand unten	1 2 1	1	2
2	2	2	2	2	erhöhte Temperat. 34°	herabges. Intensität (Pauspap.)	erhöhte Temperat. 34°	2 R. nicht verp. 1 P. +	2 4 10	Mußlin- decke Rand unten Rand	1 2 3 5	2 2 1	2 5
2	2	2	2	2	normal	normal (leere Glas- wanne)	normal	1 P. + 2 R. n. nicht verp.	3 6	Mußlin- decke Rand unten Rand	1 1 1 1 1	1	2, 1)
2	2	2	2	2	herabges. Intensität (Pauspap.)	herabges. Intensität (Pauspap.)	normal	W <sub>2</sub> 12 2 R. + 3, 1)	1 3 5 2	Mußlin- decke Rand unten	1 3 5 2 2, 1)	ohneGold	3 1 <sup>2)</sup>
2	2	2	2	2	herabges. Intensität (Pauspap.)	herabges. Intensität (Pauspap.)	herabges. Intensität (Pauspap.)	3)	6 3	Mußlin- decke Rand unten	1 1 1 1 1	1 1 1 1 1	3 1 1

1) In der Raupenhaut stecken geblieben.

2) Von Schlupfwespe angestochen, gut verpuppt, wird aber nach der Verpuppung an dem Abdominalsegment rot und nach einiger Zeit tritt an einer Flügelscheide eine weiße Made aus, die dann zu einem braunroten Töchen erhärtet. Solche Puppen konnten aber vorher noch registriert werden, sie sind nur am Ende rot.

Tabelle C. Ergänzungstabelle für *Urticae*  
Durchgehendes farbiges Licht (Glocken und Gelatine),

Bezeichnung des Abschnittes im Text	Ordnungszahl des Versuches	Art	Protokoll, Heft und Seite	Datum der Versuchsaufstellung bis zur Herausnahme aus den Bedingungen	Art des verwendeten Versuchsbehälters	Versuchsbedingungen							
						Umgebungs- farbe	einseitiger (oberseitiger), zweiseitiger oder allseitiger Lichtzutritt	Vor- schaltung von	Lichtintensität und Paperschwärzung	Temperatur	Bezeichnung der verwendeten Raupenzucht	Anzahl der hineingegebenen Raupen	Anzahl der vor Verpuppung Toten
Zw. T. I. C.	2	<i>Vanessa Io</i>	V	Anf. Juni 1920 gleichzeitig aufgestellt	zylindr. Müller- gazekäfig	durchgehend farb. Licht	allseit. (Boden- grau)	Sene- biersche Glocken	oben normal		12		
				>		Rot Orange Gelb Blau		Lith.-Karm. Kal.-Bich. Pikrins. Kupferox.- Amon.				1 + 3 R. + 1 +	11
	Kont.			>	kl. Kasten prism.	reflektierende Flächen	ober- seitig	farblose Glasplatte					
				>		Rot Blau					12 12		
				>	gr. Kasten	Gelb Schwarz Weiß Finsternis							
				Ende Aug. 1920	kl. weiße Karton- schachteln Dimens. 16 cm l., 8 cm br., 4 cm h.	durchgehend farbiges Licht  Finsternis Rot Orange  Gelbgrün  Grün Blau	ober- seitig	Edergelat. u. farblose Glasplatte  Edergelat. Glas  Nitrosogel. lat. u. ge- wöhnl. Gl. Nitroso u. dünn. Glas Edergelat. >	unten >			je 7	

und *Io* vom Mai bis September 1920.  
metallglänzende Flächen und Kontrollen.

Verpuppungsort	Puppenfarbtypen							
	dunkle		mittlere		helle		goldgrüne	
	sehr dunkle	dunkle	dunkle mit Gold bzw. dunkelgrüne	mittlere	helle	sehr helle weißliche	Gold bzw. goldglänz. grüne mit geringer schwarzer Pigmentierung	ganz goldglänzend bzw. grüne ohne Schwarz u. ohne Weiß
1	2	3	4	5	6	7	8	
				1 6 ohne Gold		1 ohne Gold 5	1 4	9 9 2
				1				
	7 4							
		4						5
	7 dunkle							7
							(1 3 1	2) 4 5
		1 6		1			1 2 1	6 3

Tabelle C

Bezeichnung des Abschnittes im Text	Ordnungszahl des Versuches	Art	Protokoll, Heft und Seite	Datum der Versuchsaufstellung bis zur Herausnahme aus den Bedingungen	Art des verwendeten Versuchsbehälters	Versuchsbedingungen							
						Umgebungs- farbe	einseitiger (oberseitiger), zweiseitiger oder allseitiger Lichtzutritt	Vor- schaltung von	Lichtintensität und Papierschwärzung	Temperatur	Bezeichnung der verwendeten Raupenzucht	Anzahl der hineingegebenen Raupen	Anzahl der vor Verpuppung Toten
Zw. T. I. C.	1	<i>Vanessa urticae</i>	V, 14	6. V.—20. V. 1920	zylindr. Müller- gazekäfig	durchgehend farbiges Licht  Rot Orange Gelb  Blau  Finsternis	allseit.	S.-Glocke m. grauem Boden L.-Karm. Kal. Bich. Pikrin- säure Kupferox. Amon.	oben normal		8	4 R. + 2 R. +	
'	Utr.	'	V, 14	'	kleine Kästchen	reflektierende Flächen Weiß  Rot  Gelb  Blau Schwarz	ober- seitig	Glasplatte farblos	oben			3 R. + 5 R. + 2 R. +	
			V, 15	'	große Kasten	Weiß  Grau Schwarz Gelb	2seitig		unten				
Zw. T. I. A.	1	'	V, 14	'	kl. prism. Kästchen	Metallrot  Metallgold  Metallgold- grün Metallblau- grün  Metallviolett	ober- seitig	Glasplatte	oben	'	8	4 R. +     5 R. +	
Zw. T. I. C.	2	'		18.—21. IX. 1920	kl. Papp- schachtel	Rot	ober- seitig	Eder- gelatine	unten	'	4		



(Fortsetzung).

Verpuppungsort	Puppenfarbtypen							
	dunkle		mittlere		helle		goldgrüne	
	sehr dunkle	dunkle	dunkle mit Gold bzw. dunkelgrüne	mittlere	helle	sehr helle weißliche	Gold bzw. goldglänz. grüne mit geringer schwarzer Pigmentierung	ganz goldglänzend bzw. grüne ohne Schwarz u. ohne Weiß
1	2	3	4	5	6	7	8	
		3 1 2			1 2		4 1	2 3 hellgold weißlich
	1 Wand 2 Wand 2 unten		1 Wand	3 Glas 2 Wand 1 Glas 1 unten	1 Glas	1 Wand	2 Glas 2 Wand	1 Wand Winkel
	2 4 Glas	1 2 Glas		3 mit Gold 2 ohne Gold 6 3 4	3	3	6	10
	1 Glas 1 unten	1 unten		1 2 Glas 2 Wand	2 Glas 1 unten 1 Wand			1 Wand 1 Wand 1 unten
	2 Glas 2 Wand	1 Glas 1 Wand m. Gold 1 Wand		1 Glas 1 Wand ohne Gold				4

Tabelle D.

Bezeichnung des Abschnittes im Text	Ordnungszahl des Versuches	Art	Protokoll, Heft und Seite	Datum der Versuchsaufstellung bis zur Herausnahme aus den Bedingungen	Art des verwendeten Versuchsbehälters	Versuchsbedingungen			
						Umgebungs- farbe	einseitiger (oben oder vorn) oder zweiseitiger Lichtzutritt	Operationsart	Stadium der Raupen
Zw. T. II. A.	1	<i>Vanessa Io</i>	I, 9	9. VI. 1918	große Kästen	Gelb	2seitig	Augen lackiert	wandernd verpup- pungsreif
>	>	>	>	>	>	Schwarz	>	>	>
>	>	>	>	>	>	Finsternis	×	>	>
B.	1	>	I, 8	10. VI. 1918	>	Gelb	2seitig	total geblendet	>
>	>	>	>	>	>	Schwarz	>	>	>
>	>	>	>	>	>	Finsternis	×	>	>
C.	1	>	II, 18	9. VII. 1918	kleine Karton- schachtel	Gelb	1seitig	Augen norm. Bein abgeschnitten entblutet	fressend
>	>	>	>	>	>	Schwarz	>	>	>
>	>	>	>	>	>	Finsternis	×	>	>
>	2	>	>	2. VII. 1918	>	>	×	>	>

1) In der Raupenhaut stecken geblieben.

Weg des Lichteinflusses.

Bezeichnung der verwendeten Raupenzucht	Anzahl der hineingegebenen Raupen	Anzahl der vor oder nach Verpuppung Toten	Anzahl der guten Puppen	Verpuppungsort	Puppenfarbtypen												
					dunkle		mittlere	helle	grüne mit Goldglanz								
					sehr dunkle	dunkle	dunkelgrüne	mittlere	hellste nicht grüne (zitronengelbe opake ganz ohne schwarze Pigmentierung)	helle	grüne mit schwacher Pigmentierung	typisch grüne mit starkem Goldglanz					
					1	2	3	4	5	6	7	8					
W <sub>1</sub>	18	1 P. + 1 R. +	16														16
>	>	1 P. + 1 R. +	16	4	10		2										
>	>	2 P. +	16	4	6					1	2						3
>	18	14 R. +	4				2				1						1 ohne Gold
>	>	14 +	4				3										1 ohne Gold
>	>	15 +	3				2										1 typische mit Gold
P <sub>1</sub>	10	9 R. +	1														1 <sup>1)</sup> gelb
>	>	9 R. +	1		1 mit hellen Flügelsch.												
>	>	1 R. +	0														
>	16	14 R. +	2		2 mit hellen Flügelsch.												



Die Puppenfärbungen der Vanessiden.

2d	>	>	>	>	eben fixierte (ab 2. VII. früh wandern dernd im Dunkeln gehalten)	>	>	>	1.	2	2	1 <sup>1)</sup>
>	>	>	>	>	Schwarz	>	>	>	3	2	2	>
2e	>	>	>	>	Gelb	>	6	6	3	3	3	>
>	>	>	>	>	Schwarz	>	6	6	4	2	2	>
2f	>	>	>	>	Gelb	>	6	6		1	2	3
>	>	>	>	>	Schwarz	>	6	6		1	2	>
2g	>	>	>	>	Gelb	>	6	6	2, 2 <sup>2)</sup>	2	2	3
>	>	>	>	>	Schwarz	>	6	1 R. +	1	1	1	>
>	>	>	>	>	Schwarz	>	6	6	1	2	2	>
>	>	>	>	>	Finsternis	>	6	6	1	1	5	>
2h	>	>	>	>	Gelb	>	6	6	3	3	3	>
>	>	>	>	>	Schwarz	>	>	>	2	4	4	>
>	>	>	>	>	Finsternis	>	>	>	2	4	4	>
2i	>	II, 6	5. VII. 18 10 <sup>h</sup> 30 a.m.	>	Gelb	>	4	4	2	1	1	2
>	>	>	>	>	Schwarz	>	1 R. +	3	1	2	2	>
2f	>	>	4. VII. 4 <sup>h</sup> 30	>	Finsternis	>	6	6	3	3	3	>
>	>	>	>	>	Alle Raupen d. Vers. am 9. VII. früh vom Futter wegwandern, seither in Musselkäfig im Lichte bis Einbringen in die Bedingungen	>	7	2	1	Mussel.	1	1
3a	>	>	9. VII. 18 3 <sup>h</sup> 45	großer Kasten	Gelb	>	7	5	2	2	3	1
>	>	>	>	>	in Ruhe (fixiert, noch nicht hängend)	>	7	5	1	1	1	4
3b	>	>	9. VII. 3 <sup>h</sup> 45	>	>	>	1 P. +	1	1	1	1	>

1) Noch weggewandert.

2) Mit unausgefärbten Stellen.



Tabelle F. Wahl der Umgebungsfarbe durch die Raupen.

Bezeichnung des Abschnittes im Text	Ordnungszahl des Versuches	Art	Protokoll, Heft und Seite	Datum der Versuchsaufstellung bis zur Herausnahme aus den Bedingungen	Art des verwendeten Versuchsbehälters	Versuchsbedingungen			Bezeichnung der verwendeten Raupenzucht	Anzahl der hineingegebenen Raupen	Anzahl der vor oder nach Verpuppung Toten	Anzahl der guten Puppen	Verpuppungs-ort	Puppenfarbtypen											
						freie Auswahl im Tageslicht	Zeit von der Hineingebung der Raupen bis zur Sonderung in die zwei Umgebungsfarben	darauffolgende Trennung der Ab- und Haltung in Finsternis						Zeitdauer von der Einbringung der Raupen in Finsternis bis zur Herausnahme der Puppen	sehr dunkle	dunkle	dunkelgrüne	mittlere	helle ohne grün	helle (grünliche)	grüne mit schwacher Pigmentierung (Halbgrüne)	typisch grüne mit starkem Goldglanz			
Zweiter Teil IV	1	<i>Vanessa Io</i>	II, 4	24. VI. bis 1. VII. 1918	große zweiteilige Kästen mit verschied. Auskleid. jeder Abteilung und einschiebarer Glaswand ohne geneigten Aufsatz	Silber Gelb	24. VI. 10 <sup>a</sup> 10 <sup>b</sup> 30	Silber Gelb	in Finsternis , in Finsternis	24. VI. 10 <sup>a</sup> 30 bis I. VII.	P.	40	2 P. + 2 R. + 2 P. + 1 R. + 2 nicht verp.	10	Silber-Abteilung Gelb-Abteilung	3	6	11	6	3	1	1	6	7	8
	2		,	25. VI. 4 <sup>h</sup> 30 p. m. dann in Finst. 6 <sup>h</sup> bis 4. VII. 1918	Grün Schwarz	4 <sup>h</sup> 30 bis 6 <sup>h</sup> p. m.	Grün Schwarz	in Finsternis , in Finsternis	25. VI. 6 <sup>h</sup> S. bis 4. VII. 1918	S. S.	40 19R. + 1 R. +	15 3	7 1	7 1	Grün-Abteilung Schwarz-Abteilung	3	6	1	1	3	1	1	1	1	1

Tabelle G. Zum Chemismus der verschiedenen Stadien nach dem Verhalten der Tyrosinase und der Melaninbildung bei Bereitung von Tyrosinaseextrakten nach der Fürthschen Methode.

*Vanessa Io.*

Stadium	Ord.-Nr. des Versuches im Protokoll	Blutfarbe	Niederschlag nach Fällung mit Ammoniumsulfat	Löslichkeit des Rückstandes in n/80 NaOH	1/4 bis 1/8 Tyrosinase		
					Wirksamkeit der Tyrosinase	Angefärbte	Fallen oder Suspendierbleiben des Melanins nach 1 Tag
kleine fressende Raupen	10	Gelbgrün	sehr schwach	keinen Rückstand erhalten			
große fressende Raupen	11	„	sehr stark	restlos	Angebzeit: 1/4, 1/2 in 8 Min. 1/4 in 10 Min. 1/8 in 14 Min.	Violett	1/4, 1/2, 1/4 gefallen 1/8 nicht gefallen
wandernde Raupen mit grünem Darminhalt	12	„	„	(Filterrötlich)	1/4, 1/2 in 9 Min. 1/4 in 11 Min. 1/8 in 15 Min.	„	alle gefallen, bei 1/8 obere Flüssigkeit noch etwas gefärbt
wandernde Raupen mit rotem Darminhalt	13	„	„	restlos (Filter rot)	1/4, 1/2 in 5 Min. 1/4 in 10 Min. 1/8 in 15 Min.	erst schwach rosa, dann in Violett übergehend	1/4 bis 1/4 gefallen 1/8 nicht gefallen
ruhig-fixierte Raupen	14	„	stark	restlos (Filter rot)	1/4, 1/2 in 2 Min. 1/4 in 2 1/2 Min. 1/8 in 7 1/2 Min.	Violett	1/4 gefallen noch violett gefärbt, 1/2: von 8 Proben 2 stark, 2 schwach gefallen, 4 nicht gefallen, dunkel violett, 1/4, 1/8 nicht gefallen
hängende Raupen (fehlt in dieser Serie)	siehe in d. Farbenserie						
frische noch grüne Puppen	16	Grün	sehr gering	löst sich wenig, es bleiben Melaninsuspensionen	1/4 in 5 Min.	„	nicht gefallen (auch später nicht)
1 Tag alte ausgefärbte noch weiche Puppen	17	Grasgrün	kein Niederschlag	daher keine Tyrosinase bereitet			



kleine fressende Raupen	1	intensiv grün, gelblicher als bei größeren Raupen	fast kein Niederschlag	daher konnte keine Tyrosinase bereitet werden
große fressende Raupen	2	intensiv bouteillen- grün	sehr stark	restlos  $\frac{1}{4}$ , $\frac{1}{2}$ , $\frac{1}{4}$ in 1 Stunde, $\frac{1}{8}$ in $1\frac{1}{4}$ Stde.  Blauviolett  nach 2 Tagen registriert, doch bereits am Tag der Aufstellung $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{4}$ fallend, nach 2 Tagen: $\frac{1}{4}$ , $\frac{1}{8}$ ganz gefallen, $\frac{1}{4}$ gefallen obere Flüssigkeit noch gefärbt, $\frac{1}{8}$ etwas gefallen  nach 1 Tag: $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{4}$ gefallen, $\frac{1}{8}$ nicht gefallen
rubige Raupen, noch nicht angesponnen	4	tief bou- teillengrün	>	>
fixierte Raupen, noch nicht hängend	5	>	>	Violett  nach 1 Tag: $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{4}$ gefallen, $\frac{1}{8}$ nicht gefallen
hängend (am Abend noch nicht hängend, früh hängend gefunden)	6	einzelne etwas gelblicher grün	stark	>  ziemlich gut, einzelne Melanin- suspensionen  löst sich wenig, viele suspendierte Melanin- teilchen  nach 1 Tag: $\frac{1}{4}$ , 1 gefall., 2 nicht gefall., $\frac{1}{2}$ , 1 gefall., 1 nicht gefall., $\frac{1}{4}$ , $\frac{1}{8}$ nicht gefallen
hängend (aufgehängt in der Zeit zwischen Mittag bis Früh)	7	tief bouteillen- grün	stark (geringer als bei fressen- den Raupen)	>  teilweise gelöst, suspendierte Melanin- teilchen  nach 1 Tag nicht gefallen (nach 16 Tagen registriert: $\frac{1}{4}$ gefallen, $\frac{1}{2}$ einige fal- lend, einige nicht gefallen)
hängend im Verpuppen	8	>	schwacher Niederschlag	>  nicht gut gelöst, Melanin- suspensionen  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ in 10 Min. $\frac{1}{4}$ in 30 Min. $\frac{1}{8}$ noch länger
mittlere Puppen bereits ausgefärbt und erhärtet	9	Hellgelbgrün	fast kein Niederschlag	daher konnte keine Tyrosinase bereitet werden  nach 2 Tagen nicht ge- fallen (nach 20 Tagen nicht gefallen)

Tabelle H. Kleine Übersichtstabelle über das Verhalten der Tyrosinase in den verschiedenen Stadien bei *Vanessa Io*.

Stadium	AngEIFarbe der Tyrosinase	Wirksamkeit der Tyrosinase	Fällung oder Suspensionsbleiben des Melanins	schwächerer oder stärkerer Säuregrad
fressende, noch nicht verpuppungsreife Raupen große fressende Raupen	Violett »	sehr schwach  gut wirksam (Angezeit 9 Min.) Wirksamkeit ebenso	in Suspension  Melanin fällt aus ( $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{4}$ ) Melanin fällt noch mehr aus ( $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{8}$ )	schwach sauer  sauer  Säuregrad zunehmend
wandernd grün	Violett (mit Andeutung der rosa Vorstufe während der Verarbeitung)	Wirksamkeit zunehmend	Ausfallen geringer als beim vorhergehenden Stadium, und zwar gleich den großen fressenden einige fallen aus, einige bleiben in Suspension, und zwar $\frac{1}{4}$ und $\frac{1}{2}$ im Verhältnis 1:1	Säuregrad etwas abnehmend
wandernd rot	Violett (mit Andeutung der rosa Vorstufe während der Verarbeitung)	»		an der Schneide zum Übergang in einen weniger sauren Zustand
ruhig fixiert	Violett	sehr gut wirksam (abnehmend?)	in Suspension	weniger sauer
hängend	»	»	»	identisch mit voriger? oder mehr oder weniger sauer?
frische noch grüne Puppen	»	sehr schwach: erschöpft	»	wenig sauer (im Vergleich zum vorigen?)
1 Tag alte ausgefärbte Puppen	»			

Stadium	Aufstellungsdatum	Datum der Registrierung	Boratmischungen	Wasserstoffionenkonzentrationen der analogen Mischungen Sörensens:	$pH_{neutr.} = \frac{7,07}{pH}$	7,939	8,137	8,239	8,503	8,578
große fressende Raupen	1920	20. VII. 12 <sup>h</sup> 30	nach 1 Tag	verwendete Mischungen: Borat bereitet mit 0,1 n NaOH (keine frischen Lösungen) + 0,1 n HCl	10 cm <sup>3</sup> Mischung: cm <sup>3</sup> Bo.: cm <sup>3</sup> HCl:	5,25 cm <sup>3</sup> Bo. + 4,75 cm <sup>3</sup> HCl	5,75 Bo. + 4,25 HCl	6 Bo. + 4 HCl	6,5 Bo. + 9,5 HCl	7 Bo. + 3 HCl
wandernde Raupen		17. VII. 12 <sup>h</sup> 50	„	Prüfung des Reaktionszustandes der verwendeten Gemische mit Phenolphthalein	3 Tr. Borat auf 1 cm <sup>3</sup> Borat	weiß mitschwach rosa Säch wie Opal	schwach rosa	etwas deutlicher rosa	sehr deutlich rosa	×
ruhige noch nicht angespinnene Raupen		18. VII. 12 <sup>h</sup> 15	„	je 2 Tyrosinproben mit je 4 Tropfen von Blutlösungen aus den obengegebenen Boratgemischen (2 Tr. Blut auf 1 cm <sup>3</sup> Mischung)						
angespinnene noch nicht hängend		20. VII. 1 <sup>h</sup>	„	ganz gefallen	fast ganz gefallen Flüssigkeitsgefärbt	ganz gefallen	ganz gefallen	dunkel violett nicht gefallen	nicht gefallen	heller violett nicht gefallen
hängende		17. VII. 12 <sup>h</sup> 30	nach 2 Tagen nach 1 Tag	ganz gefallen	ganz gefallen	ganz gefallen	ganz gefallen	dunkel violett deutlich im Fallen	nicht fall. dunkel violett, am Grunde farblos	nicht fall. dunkel violett, am Grunde farblos
hängende (Wiederholung)		18. VII. 12 <sup>h</sup> 42	„	ganz gefallen	ganz gefallen	ganz gefallen	ganz gefallen	nicht gef. dunkel violett, am Grunde farblos	nicht gefallen	×

*Vanessa urticae.*

## Tabelle J.

Stadium	Aufstellungsdatum	Datum der Registrierung	Borarmischungen	Wasserstoffionenkonzentration der analogen Mischungen Sörrensens:	$[pH \text{ neutr.} = 7,07]$ $pH =$	7,939
				verwendete Mischungen: Borat in 0,1 n NaOH + 0,1 n HCl frische Lösung Titer = 1 cm <sup>3</sup> 0,003528 g HCl	cm <sup>3</sup> Bo.: + cm <sup>3</sup> HCl:	5,25 Bo. + 4,75 HCl
				Prüfung der verwendeten Mischung mit Phenolphthalein (0,05 g auf 50 cm <sup>3</sup> Wasser + 50 cm <sup>3</sup> Alk.)	10 Tr. Phenol. auf 5 cm <sup>3</sup> Gemisch	farblos je 2 Tyro-
wandernde Raupen	18. VIII. 1 <sup>h</sup> 5	19. VIII. 12 <sup>h</sup> 45	Registrierung nach 1 Tag			sehr stark gefallen
ruhig, nicht angeheftet	17. VIII. 12 <sup>h</sup>	18. VIII. 1 <sup>h</sup>				stark gefallen
hängend	17. VIII. 12 <sup>h</sup> 30	18. VIII. 1 <sup>h</sup>				fallend?
ganz frische Puppen	21. VIII. 3 <sup>h</sup> 45	22. VIII. 3 <sup>h</sup> 20				gefallen Flüssigkeit noch gefärbt
hängend, aus Gelb	18. VIII. 12 <sup>h</sup> 15	19. VIII. 12 <sup>h</sup> 45				etwas gefallen
hängend, aus Schwarz	18. VIII. 12 <sup>h</sup> 30	19. VIII. 12 <sup>h</sup> 45				>
hängend, aus Finsternis	18. VIII. 12 <sup>h</sup> 45	19. VIII. 12 <sup>h</sup> 45				>



## Vanessa Io.

## Tabelle J.

Bezeichnung der Versuchsserie	Stadium	Aufstellungsdatum	Datum der Registrierung	Boratmischungen	Wasserstoffionenkonzentration der analogen Mischungen Sörrensens:	$[pH \text{ neutr.} = 7,07]$ $pH =$
					verwendete Mischungen: Borat in 0,1 n NaOH + 0,1 n HCl frische Lösung Titer = 1 cm <sup>3</sup> 0,003528 g HCl	cm <sup>3</sup> Bo.: + cm <sup>3</sup> HCl:
					Prüfung der verwendeten Mischung mit Phenolphthalein (0,05 g auf 50 cm <sup>3</sup> Wasser + 50 cm <sup>3</sup> Alk.)	10 Tr. Phenol. auf 5 cm <sup>3</sup> Gemisch
		1920	1920			
A	große fressende Raupen	12. VIII. 5 <sup>h</sup> 55	13. VIII. 12 <sup>h</sup> 10	nach 18 Stunden		
C	rot wandernd	20. VIII. 6 <sup>h</sup> 30 p. m.	21. VIII. 6 <sup>h</sup> 30 p. m.	nach 24 Stunden		
B	ruhig, nicht angeheftet			(s. unten nach 42 Stunden)		
A	ruhig fixiert	12. VIII. 5 <sup>h</sup> 25 p. m.	13. VIII. 11 <sup>h</sup> 30	nach 18 Stunden		
A	hängend	12. VIII. 6 <sup>h</sup> 25	13. VIII. 12 <sup>h</sup> 30	nach 18 Stunden		
B	hängend			(s. unten nach 42 Stunden)		
A	frische, noch grüne Puppen	12. VIII. 6 <sup>h</sup> 55	13. VIII. 1 <sup>h</sup>	nach 18 Stunden		
B	frische, teilw. schon ausgefärbte Puppen			(siehe unten)		

Dieselben Versuchsserien bei

A	große fressende	12. VIII. 5 <sup>h</sup> 55	14. VIII. 9 <sup>h</sup> 45 a. m.	nach 40 Stunden		
C	rotwandernde	20. VIII. 6 <sup>h</sup> 30 p. m.	21. VIII. 6 <sup>h</sup> 30	nach 24 Stunden		
B	ruhig, nicht angeheftet	14. VIII. 5 <sup>h</sup> 30	16. VIII. 12 <sup>h</sup> 20	nach 42 Stunden		
A	ruhig fixiert	12. VIII. 5 <sup>h</sup> 25	14. VIII. 9 <sup>h</sup> 45 a. m.	nach 40 Stunden		
A	hängend	12. VIII. 6 <sup>h</sup> 25 p. m.	14. VIII. 9 <sup>h</sup> 45 a. m.	nach 40 Stunden		
B	hängend	14. VIII. 6 <sup>h</sup>	16. VIII. 12 <sup>h</sup> 20	nach 42 Stunden		
A	frische, noch grüne Puppen	12. VIII. 6 <sup>h</sup> 55	14. VIII. 9 <sup>h</sup> 45 a. m.			
B	frische, teilw. schon ausgefärbte Puppen	14. VIII. 6 <sup>h</sup> 15	16. VIII. 12 <sup>h</sup> 20			

Boratmischungen II.

7,931				8,137			8,289	8,506	8,678
5,25 Bo. + 4,75 HCl	5,5 Bo. + 4,5 HCl	5,6 Bo. + 4,3 HCl	5,7 Bo. + 4,3 HCl	5,75 Bo. + 4,25 HCl	5,8 Bo. + 4,2 HCl	5,9 Bo. + 4,1 HCl	6 Bo. + 4 HCl	6,5 Bo. + 3,5 HCl	7 Bo. + 3 HCl
farblos	farblos	farblos	farblos	farblos	farblos eine Spur rosa	fast farblos eine Spur rosa	ebenso	eine Spur rosa	deutlich rosa

je 2 Tyrosinproben mit je 4 Tropfen von Blutlösungen aus den obenangegebenen Boratgemischen (2 Tropfen Blut auf 1 cm<sup>3</sup> Mischung)

ganz gefallen	gefallen, Flüssig- keit grau	fallend	fallend	nicht gefallen				
stark gefallen	gefallen	1 Probe fallend	nicht gefallen					
ganz gefallen	gefallen, Flüssig- keit noch gefärbt	nicht gefallen	1 Probe etwas gefallen	nicht gefallen				
etwas gef., Flüssigk. stark gef.	nicht gefallen							
gefallen, Flüssig- keit grau	1 Probe fallend	1 Probe fallend	nicht gefallen					

einer späteren Registrierung

ganz gefallen	gefallen, Flüssig- keit grau, 1 ganz gef.	gefallen, Flüssigkeit noch grau	1 Probe gefallen	nicht gefallen				
stark gefallen	gefallen	1 Probe fallend	nicht gefallen					
ganz gefallen	ganz gefallen	gefallen, Flüssigk. noch grau	1 gefallen	nicht gefallen				
gefallen, Flüssigk. gefärbt fallend	fallend	nicht gefallen						
gefallen, Flüssigkeit grau fallend	nicht gefallen							
gefallen, Flüssigkeit grau fallend	fallend	1 Probe gefallen	1 Probe fallend	nicht gefallen				
	fallend	nicht gefallen						

*Vanessa Io.* Tabelle J.  
Mit 2 Zwischengraden zwischen 5,25 und 5,5.

Stadium	Auf- stellungs- datum 1920	Datum der Be- gisterung 1920	Borat- mischungen	5,25 Bo.	5,3 Bo.	5,4 Bo.	5,5 Bo.	5,6 Bo.	5,7 Bo.	5,75 Bo.
fixiert, noch nichthängend	23. VIII. 2 <sup>h</sup> p. m.	24. VIII. 3 <sup>h</sup> 30	1 Tag	stark gefallen	stark gefallen	stark gefallen	1 Pr. etwas fallend	nicht gefallen	nicht gefallen	nicht gefallen
eben aufgehängt	23. VIII. 2 <sup>h</sup> 20	24. VIII. 3 <sup>h</sup> 30	»	»	»	»	»	»	»	»
hängend vor Verpuppung	»	»	»	gefallen	gefallen	gefallen	nicht gefallen	nicht gefallen	nicht gefallen	nicht gefallen
hängend unter gelber Glocke	24. VIII. 3 <sup>h</sup>	25. VIII. 4 <sup>h</sup>	»	»	»	»	»	»	»	»
hängend unter blauer Glocke	24. VIII. 3 <sup>h</sup> 15	25. VIII. 4 <sup>h</sup>	»	»	»	1 Pr. ge- fallen, 1 Pr. stark gefärbt	nicht gefallen	nicht gefallen	nicht gefallen	nicht gefallen
frisch ver- puppt unter gelber Glocke	25. VIII. 2 <sup>h</sup> 15	26. VIII. 1 <sup>h</sup> 30	»	»	»	gefallen	gefallen	»	»	»
frisch ver- puppt unter blauer Glocke	25. VIII. 2 <sup>h</sup> 30	26. VIII. 1 <sup>h</sup> 30	»	»	»	»	»	»	»	»
hängend in Gelb	27. VIII. 3 <sup>h</sup> 30	28. VIII. 1 <sup>h</sup>	»	»	»	nicht gefallen	nicht gefallen	»	»	»
hängend in schwarz	27. VIII. 3 <sup>h</sup> 45	28. VIII. 1 <sup>h</sup>	»	»	»	gefallen	»	»	»	»



Übersichtstabelle K. Auszug aus den Protokollen: VI. 1. Farbenempfindlichkeit der Tyrosinase von *Vanessa Io* verschiedener Entwicklungsstadien bei Vorbestrahlung der Tyrosinase in »vitro«.

Stadium	Datum der Tyrosinase-bereitung	Sauerstoff-zutritt	Aufstellung von Proben Tyrosin u. Tyrosinase nach d. Vorbestrahlung	zuerst angegangene Proben mit der Tyrosinase aus:	Reihenfolge des Angehens der Proben mit Tyrosinasen aus den übrigen Farben:	zuletzt angegangene Proben mit Tyrosinase aus:
fressende Raupen	12. VII. 1919	0	nach 2 Tagen	Gelb	Finsternis, Schwarz	Weiß
		0	» 4 »		nichts angegangen	
		Z	» 2 »	Weiß=Gelb=Finsternis	keine Unterschiede	Schwarz
wandernde Raupen	14. VII. 1919	Z	» 4 »		nichts angegangen	
		Z	» 7 »			
		0	» 2 »	Gelb=Finsternis	Schwarz	Weiß
hängende Raupen	14. VII. 1919	0	» 4 »	Gelb	Finsternis	Weiß=Schwarz
		Z	» 2 »	Gelb	keine Unterschiede	Schwarz
		Z	» 4 »	Gelb	Weiß, Finsternis	Schwarz
hängende Raupen	30. VII. 1919	0	» 2 »	Gelb=Finsternis	Weiß	Schwarz
		0	» 4 »	Weiß=Schwarz	keine Unterschiede	Gelb=Finsternis.
		Z	» 2 »	Gelb	Weiß=Finsternis	Schwarz
hängende Raupen	30. VII. 1919	Z	» 4 »		keine Unterschiede	
		0	» 2 »		keine Unterschiede	
		0	» 4 »		nichts angegangen	
hängende Raupen	30. VII. 1919	Z	» 2 »		keine Unterschiede	
		Z	» 4 »		keine Unterschiede	
		0	» 4 »	Gelb=Grün=Blau	keine Unterschiede	
hängende Raupen	21. VI. 1918	0	» 10 »	Gelb	Finsternis=Rot, Schwarz	Grau=Weiß
		0	» 12 »	Rot	Grün=Blau=Schwarz=Finsternis, Rot	Grau=Weiß
		Z	» 11 »	Gelb	Gelb=Finsternis, Weiß=Grün, Grau, Blau	Schwarz
hängende Raupen	21. VI. 1918	Z	» 12 »	Gelb	Rot, Weiß, Finsternis=Gräu, Blau, Grün	Schwarz
		Z	» 24 »	Gelb	Blau, Weiß, eine Spur angegangen	alle anderen ø
		Z	» 38 »	Gelb		alle anderen ø
frische Puppen	16. VII. 1919	0	» 2 »	Finsternis	Schwarz	Weiß=Gelb ø
		0	» 4 »		nichts angegangen	
		Z	» 2 »	Gelb	Finsternis=Weiß	Schwarz
frische Puppen	16. VII. 1919	Z	» 4 »		nichts angegangen	

Tabelle L.

Übersichtstabelle, Auszug aus dem Protokoll. Prüfung der verschiedenen Stadien bezüglich der Beeinflussung der Tyrosinasewirksamkeit bei Haltung der Raupen (*Vanessa Io*) in den Farben.

Stadium und Datum der Einbringung der Raupen in die Farbenkästen	Stadium und Datum der Verarbeitung	Farbe der Umgebung	Ord.-Nr. des Versuches	Angehzeiten	Farbe der mit den Tyrosinasen beschickten Proben	notierte Unterschiede zwischen der Wirksamkeit der Tyrosinase aus den in verschiedenen Farben gehaltenen Raupen	Unterschiede bei einer viel späteren Registrierung der Proben
wandernd, 5. VI. 1920 mittags	hängend, 6. VI. 1920 <sup>14</sup>	Finsternis	92	$\frac{1}{4}$ 5 Min., $\frac{1}{8}$ 1 St., 10 Min.	nach 12 Stunden: $\frac{1}{2}$ Violett	Gelb=Finsternis	nach 1 Monat dieselben
		Gelb	93	$\frac{1}{4}$ 15 Min., $\frac{1}{8}$ 35 Min.	$\frac{1}{2}$ Violett wie aus Finsternis	am stärksten Weiß schwächer	Unterschiede: Gelb=Finstern. (Dunkel- braun) (Gelb gefallen), Weiß (Dunkelbraun) fast wie Gelb und Finsternis Schwarz (Hellbraun)
		Schwarz	94	länger als 1 Tag	$\frac{1}{2}$ ganz ungefärbt	Schwarz am aller- schwächsten	
		Weiß	95	$\frac{1}{4}$ 10 Min., $\frac{1}{8}$ ?	$\frac{1}{2}$ eine Spur violett gefärbt		
wandernd, 21. VI. 1920 mittags	hängend, 22. VI. früh	neutral (Terrarium)	96	$\frac{1}{4}$ 5 Min., $\frac{1}{8}$ 40 Min.	nach 18 Stunden: $\frac{1}{2}$ Grauviolett	Gelb	nach 2 Wochen:
		Gelb	97	$\frac{1}{4}$ 15 Min., $\frac{1}{8}$ 1 Tag ganz schwach	$\frac{1}{2}$ fast ungefärbt	am schwächsten Schwarz	Unterschiede beibehalten:
		Schwarz	98	$\frac{1}{4}$ augenblicklich, $\frac{1}{8}$ mehr als 40 Min.	$\frac{1}{2}$ Violett, am stärksten von allen Farben	am stärksten Finsternis=neutral.	Schwarz (ganz Schwarz), neutral=Finsternis (Dunkelbraun), Gelb (Hellbraun)
		Finsternis	99	$\frac{1}{4}$ 4 Min., $\frac{1}{8}$ länger als 45 Min.	Violett, heller als Schwarz, dunkl. als Gelb	zwischen Gelb und Schwarz Weiß $\phi$	
		Weiß	100	zu wenig Rückstand	—		

wandernd, 27. VI. abends	hängend, 28. VI. 9 <sup>h</sup> a. m.	Gelb  Schwarz	101  102	$\frac{1}{4}$ 2 Min., $\frac{1}{8}$ 7 Min.  $\frac{1}{4}$ 6 Min., $\frac{1}{8}$ länger als 40 Min.	nach 24 Stunden: $\frac{1}{2}$ Dunkelviolett von 8 Proben 2 gefallen $\frac{1}{2}$ Violett, viel heller als die aus Gelb	Gelb sehr stark Schwarz schwächer	nach 10 Tagen: dieselben Unterschiede: Gelb (undurchsichtig Schwarz, 2 Pr. gefallen) Schwarz (heller, Braun)
wandernd, 28. VI. 10 <sup>h</sup> a. m.	kurze Zeit hängend: zwischen 1 <sup>h</sup> und 4 <sup>h</sup> 15 auf- gehängt, 5 <sup>h</sup> verarbeitet	Gelb  Schwarz	103  104	$\frac{1}{4}$ 2 Min., $\frac{1}{8}$ 20 Min.  $\frac{1}{4}$ bis 5 Min., $\frac{1}{8}$ 20 Min angegangen	nach 1 Tag: $\frac{1}{2}$ Dunkelviolett, $\frac{1}{2}$ Dunkelviolett	keine Unterschiede	nach 10 Tagen: keine Unterschiede: Gelb (Schwarz undurch- sichtig, 1 gefallen) Schwarz (Schwarz undurchsichtig)
wandernd, 28. VI. früh	hängend, 29. VI. mittags	Finsternis  Weiß	105  106	$\frac{1}{4}$ 7 Min., $\frac{1}{8}$ länger als 2 Stunden  $\frac{1}{4}$ 7 Min., $\frac{1}{8}$ 1 Stunde 27 Min.	nach 1 Tag: $\frac{1}{2}$ Hellviolett = $\frac{1}{8}$ Weiß $\frac{1}{2}$ Dunkelviolett = $\frac{1}{4}$ Finsternis	Weiß etwas stärker als Finsternis	nach 10 Tagen: Unterschiede beibehalten: Weiß (Dunkelbraun) Finsternis (heller, Braun)
wandernd, 18. VIII. mittags	hängend, 19. VIII. 10 <sup>h</sup> 45 (Bereitung der Tyrosinase etwas anders als gewöhnlich)	Gelb  Schwarz Finsternis	107  108 109	$\frac{1}{4}$ 55 Min., $\frac{1}{8}$ länger als 1 Stunde 20 Min.  $\frac{1}{4}$ sofort, $\frac{1}{8}$ 50 Min. $\frac{1}{4}$ 25 Min.		Schwarz, viel stärker als Gelb und Finsternis	

Tabelle M. Übersichtstabelle, Auszug aus den Protokollen.  
Beeinflussung der Tyrosinasewirksamkeit bei Haltung der Raupen (*Vanessa Io*) in den Farben.  
Prüfung der Tyrosinase bei Puppen verschiedenen Alters.

Stadium und Datum der Einbringung in die farbigen Kästen	Stadium und Datum der Verarbeitung	Farbe der Umgebung; Färbung der Puppe	Or.-Nr. des Versuchs	Angehzeiten	Farbe der mit den Tyrosinasen beschickten Proben	Notierte Unterschiede zwischen der Wirksamkeit der Tyrosinase	Unterschiede bei einer späteren Registrierung
wandernd	eben aus d. Raupenhaut schlüpfende, also noch grüne, weiche Puppen 29. VI. 20 10 <sup>h</sup> 25 a. m.	Gelb	110	$\frac{1}{4}$ länger als 1 Std.	nach 1 Tag: $\frac{1}{2}$ ungefärbt $\frac{1}{4}$ hellviolett = $\frac{1}{8}$ aus Schwarz	Gelb viel schwächer als Schwarz	nach 10 Tagen: Unterschiede erhalten: schwarz (hellbraun) gelb (hellbräunlich violettlich, kaum gefärbt)
		Schwarz	111	$\frac{1}{4}$ 40 Min.	$\frac{1}{2}$ ziemlich intensiv violett $\frac{1}{4}$ dunkelviolett		
wandernd	Puppen 1 Tag alt, schon ausgefärbt, noch weich 30. VI. 20 10 <sup>h</sup> 10 a. m.	Gelb (goldgrüne Puppen)	112	$\frac{1}{4}$ länger als 30 Min.	nach 17 Std.: kaum etwas angegangen	Gelb viel weniger wirksam als Schwarz (beide Tyrosinase sehr schwach)	nach 10 Tagen: Unterschiede erhalten: schwarz (dunkelbr., 1 Pr. gefallen), gelb (hellbraun = $\frac{1}{8}$ schwarz)
		Schwarz (dunkle Puppen)	113	$\frac{1}{4}$ länger als 30 Min.	hellviolett		nach 1 Monat:
wandernd	Puppen erhärtet, ziemlich fortgeschritten 12. VI. 20	Finsternis (dunkle Typ. 2)	114	$\frac{1}{4}$ 4 Min., $\frac{1}{8}$ 25 Min.		Finsternis am stärksten	keine Unterschiede mehr zu erkennen (alle dunkelbraun)
		Gelb (goldgrüne Typ. 8)	115	$\frac{1}{4}$ 5 Min. $\frac{1}{8}$ nicht notiert, jedenfalls länger als 20 Min.		Gelb am schwächsten	
		Schwarz (dunkle Typ. 2)	116	$\frac{1}{4}$ 5 Min. $\frac{1}{8}$ 15 Min.		Schwarz fast wie Finsternis	