

Versuche über den Einfluss des Lichtes auf die Farbe der Puppe vom Tagpfauenauge (*V. jo* L.).

Von Dr. phil. u. med. **Ludwig Kathariner**, Freiburg (Schweiz).

Eine Anzahl von Schmetterlingsarten zeichnet sich dadurch aus, dass ihre Raupen oder Puppen in zwei oder mehr verschieden gefärbten Formen vorkommen können. Allbekannte Beispiele bieten die Raupen des Weinschwärmers (*D. elpenor* L.), des Totenkopfes (*A. atropos* L.), die Puppen des Schwalbenschwanzes (*P. machaon*) verschiedener *Vanessa*-Arten u. a.

In einigen Fällen ist die Abhängigkeit des Auftretens der einen oder andern Farbe von äußeren Verhältnissen experimentell nachgewiesen. So können die Raupen des Spanners *Eupithecia oblongata* Thbg. je nach der Farbe der Blüten, auf denen sie leben, in reinweißem, grünem, gelbem, rötlichem, bräunlichem oder violetter Gewande auftreten. Dass die farbigen Strahlen der nächsten Umgebung, in der die Raupe lebt, nicht die mit der Nahrung aufgenommenen Pigmente es sind, welche die Farbe der Raupenhaut bedingen, ist durch Versuche von Chr. Schröder¹⁾ außer Zweifel gestellt.

Nach T. W. Wood²⁾ sind die Puppen von *P. rapae* L. fast weiß, bezw. sehr dunkel, je nachdem die Raupen in weißen oder schwarzen Kisten zur Verpuppung kamen.

Nach Standfuss³⁾ lieferten Raupen von *V. cardui* L., welche sich bei + 40° C und solche von *V. urticae* L., die sich bei + 37° C in einem beiderseits mit weißen Leinen bespannten, dem vollen Tageslicht ausgesetzten Holzrahmen verpuppten, Puppen von einer annähernd weißen Totalfärbung; bei + 18°—23° C dagegen ergaben sich Puppen vom natürlichen, graubraunen Colorit. St. schließt daraus, dass die Färbung variabler Puppen bei einer gewissen Temperatur von der Farbe des Untergrundes abhängt.

Poulton⁴⁾ erhielt von 6 erwachsenen Raupen von *V. jo* L., die in einem mit gelbgrünem Papier beklebten Glas gehalten wurden, 5 Stück der sonst seltenen hellgrünen Varietät der Puppe.

Die gewöhnliche Färbung der Puppe dieses Falters ist ein helleres oder dunkleres Graubraun mit einzelnen metallisch glänzenden Flecken. Die helle grünlich-gelbe Varietät kommt nur ausnahmsweise vor und

1) Chr. Schröder, Experimentale Untersuchungen bei den Schmetterlingen und deren Entwicklungszuständen. III. Zeitschr. f. Ent., Bd. I, 1896.

2) T. W. Wood, Remarks on the Coloration of Chrysalids. Proceed. Ent. Soc. London 1867.

3) M. Standfuss, Handbuch der paläarktischen Großschmetterlinge, 1896.

4) B. Poulton, Cause and extent of colour-relation between lepidopterous pupae and surrounding surfaces. Proceed. Roy. Soc. London 1887.

wird daher z. B. von Hofmann¹⁾ und Rühl²⁾ nicht einmal erwähnt.

Da mir im Juli d. J. mehrere Hunderte von Raupen des Tagpfauenauges zur Verfügung standen, so benutzte ich die Gelegenheit zu Versuchen über einen etwaigen Zusammenhang äußerer Verhältnisse mit dem Auftreten der Puppe in der einen oder andern Form.

Das Resultat war mir insofern ein überraschendes, als für die Puppen, die sich im vollen Tageslicht in hellgefärbter Umgebung entwickelten, das normale Verhältnis der Stammform zur Varietät sich umkehrte: die sonst seltene helle Spielart trat in überwiegender Mehrheit gegenüber der dunkeln typischen Form auf. In einem zur Hälfte weiß zur andern schwarz ausgestrichenen Zuchtkasten, gehörte etwa die Hälfte der Puppen zur Stammform, die Hälfte zur Varietät; aber auf schwarzem Grunde kam keine einzige ganz helle, auf weißem Grunde keine einzige ganz dunkle Puppe zur Entwicklung.

In der Dunkelkammer, unter Ausschluss des Tageslichtes gebildete Puppen gehörten in überwiegender Anzahl zur dunkeln Stammform.

Im folgenden sollen nun die betreffenden Versuche unter genauen Zahlenangaben näher erläutert werden.

Die Puppen in 3 verschiedenen Kästen wurden einer Sortierung und Zählung nach ihrer Zugehörigkeit zur typischen graubraunen Stammform oder zur gelbgrünen Varietät unterworfen.

Bei der Stammform ist die Grundfarbe rötlichgrau, durch eine dichte schwarze Rieselung und Fleckung mehr oder weniger verdeckt. Metallflecken fehlen entweder ganz, oder sie sind klein. Sind die Linien und Flecken breit angelegt, so lassen sie zwischen sich nur wenig von der Grundfarbe durchscheinen und das Gesamtkolorit der Puppe erscheint dunkelschwarzgrau. Im folgenden sind solche Stücke als „ganz dunkel“ bezeichnet. Wenn dagegen die Rieselung durch sehr feine Striche gebildet wird, herrscht die rötlichgraue Grundfarbe vor und die betreffenden Puppen erscheinen wesentlich lichter.

Die Varietät hat dagegen einen hell gelblichgrünen oder gelblichweißen Grundton. Bei den „ganz hellen“ Stücken findet sich von einer Zeichnung auf den Flügeldecken nur ein rotbrauner Streifen am Hinterrand, nahe dem Innenwinkel, ein kleiner Wisch in der Mitte des Außenrandes und ein feiner Schatten in der Gegend der Mittelzelle. Außerdem sind die verschiedenen spitzen Vorsprünge des Körpers und die Enden der Fühlerscheiden rotbraun. Goldglänzende Metallflecken auf der Rückenseite sind meist vorhanden.

1) E. Hofmann, Die Raupen der Großschmetterlinge Europas, 1893 (Taf. 6 Fig. 13 wird die helle Varietät abgebildet, im Text aber ist sie nicht angeführt).

2) E. Rühl, Die paläarktischen Großschmetterlinge, 1895.

Kommt nun zu den genannten Zeichnungselementen noch eine sehr feine dunkle Strichelung hinzu, so scheinen solche Stücke zwar weniger hell, aber, da die helle Grundfarbe nur sehr wenig verdeckt ist, doch viel lichter als die entsprechend gezeichneten Puppen der typischen Form mit rötlichgrauem Grund. Es sind deshalb in der Zusammenstellung die typischen Puppen kurzweg als dunkle, bezw. ganz dunkle, die zur Varietät gehörigen als helle bezw. ganz helle bezeichnet.

Mit dem Sortieren der Puppen wurde selbstverständlich einige Tage bis nach der Verwandlung der letzten Raupe gewartet, so dass mit Sicherheit alle ihre definitive Färbung angenommen hatten. Ein sehr großer Bruchteil aller Raupen ging durch Parasiten noch vor der Verpuppung zu Grunde, fiel damit also selbstverständlich für das Resultat weg.

1. Versuch. Etwa 100 Raupen wurden in einem Kasten aus hellem, ungestrichenem Tannenholz untergebracht, der, vorn und an den Seiten mit großen Drahtgazefenstern versehen, dem Tageslicht voll ausgesetzt wurde. Es ergaben sich 69 Puppen. Von diesen waren:

Dunkel	. 21 = 30%	(ganz dunkel 11).
Hell	. . 48 = 70%	(ganz hell 40).

Die helle Varietät übertraf an Anzahl bei weitem die dunkle Stammform und wies zugleich in $\frac{4}{5}$ die ganz helle Färbung auf, während unter den typischen Stücken nur die Hälfte ganz dunkel war.

2. Versuch. Ein horizontal liegender Kasten wurde innen halb schwarz (mit Spirituslack), halb weiß (mit Leimfarbe) angestrichen, jederseits also die Hälfte der Decke, des Bodens, der Vorder- und Rückwand und die ganze Seitenwand. Die Vorderwand allein, zugleich Thür, enthielt ein großes Drahtfenster; durch dieses fiel das Licht des genau parallel zum Fenster gestellten Kastens so in diesen, dass beide Hälften gleichstark belichtet waren. Die Decke, an der sich die Raupen zum Verpuppen aufhingen, konnte indess kein direktes, sondern, wie auch im 1. Versuch, nur von den Kastenwänden reflektiertes Tageslicht erhalten.

Der Kasten wurde mit etwa 150 Raupen besetzt und das Futter in annähernd gleichmäßiger Schicht auf den Boden gelegt, so dass es gleich hoch an den weißen und schwarzen Wänden hinaufragte.

Zunächst war auffallend, dass die Raupen die weiße Hälfte des Kastens bevorzugten; hier fraßen sie fast ausschließlich und an der Decke derselben hatten sich schon viele zum Verpuppen aufgehängt, als die schwarze Hälfte noch ganz leer war. Von einem gewissen Zeitraum an begannen sich dann auch Raupen in größerer Anzahl in der schwarzen Abteilung zu verpuppen.

Schließlich verteilten sich 103 Puppen so:

Auf Schwarz	. 44 = 42,7%
Auf Weiß	. . 59 = 57,3%

Dass die Raupen dem Lichte zustrebten, äußerte sich auch darin, dass die mehr nach dem Fenster gelegene Partie der Decke zuerst und am dichtesten mit Puppen besetzt wurde. Der Kasten hatte 32 cm Tiefe. Auf Schwarz hingen nur 3 Puppen weiter als 12 cm vom Drahtfenster nach hinten, auf Weiß ging eine ganze Anzahl über diese Grenze hinaus. Was nun die Verteilung der 103 Puppen auf die beiden Formen angeht, so waren davon:

Dunkel . . 53 = 51,5 0/0.
 Hell . . . 50 = 48,5 0/0.

Auf die schwarze und weiße Hälfte des Kastens hinwieder verteilten sich die verschiedenen Puppen folgendermaßen:

Auf Schwarz insgesamt 44; davon:

Dunkel . . 43 = 98 0/0 (ganz dunkel 38).
 Hell . . . 1 = 2 0/0 (ganz hell 0).

Auf Weiß insgesamt 59; davon:

Dunkel . . 10 = 17 0/0 (ganz dunkel 0).
 Hell . . . 49 = 83 0/0 (ganz hell 34).

Auf Schwarz gehören also mit einer Ausnahme alle Puppen zur Stammform, davon sind weitaus die meisten ganz dunkel. Völlig fehlt die ganz helle Form der Varietät. Umgekehrt herrscht letztere auf Weiß vor, wogegen die ganz dunkle Form des Typus hier gar nicht vertreten ist.

3. Versuch. 23 Raupen wurden in einem absolut dunkeln Keller-raum bei + 18° C Temperatur bis zur Verpuppung erzogen, die alle erreichten. Von den 23 Puppen waren:

Dunkel . . 17 = 74 0/0 (ganz dunkel 16).
 Hell . . . 6 = 26 0/0 (ganz hell 5).

Bei Wegfall jeder Lichteinwirkung gehören also zur typischen Form $\frac{3}{4}$, zur Varietät nur $\frac{1}{4}$ der Summe; zugleich ist das Vorherrschen der extremen Färbung bei beiden Gruppen auffallend.

Es erscheint mir ziemlich sicher, dass in vorliegenden Versuchen das zahlenmäßige Verhältnis der Varietät zur Stammform durch Licht-einflüsse bestimmt wurde. Wenngleich nicht geleugnet werden soll, dass auch die hohe sommerliche Wärme, die während der kritischen Zeit auf die Tiere der beiden ersten Versuche einwirkte, das Entstehen lichter Färbung begünstigt haben kann¹⁾, so muss doch dem Licht die Hauptwirkung zugeschrieben werden. Denn im schwarzweißen Kasten fand sich die dunkle Form vorwiegend, in ihrem Extrem ausschließ-lich, in der schwarzen Hälfte und umgekehrt, bei gleicher Temperatur für beide. Wenn direkte Sonnenstrahlen den schwarzen Grund getroffen hätten, würde sogar die ihm nächste Luftschicht, welche die Puppen umgab, eine etwas höhere Temperatur als in der weißen Hälfte er-halten haben.

1) Vergl. die eingangs erwähnten, von Standfuss an *V. urticae* u. *cardui* gemachten Beobachtungen.

Da weiterhin das einfallende Tageslicht für beide Hälften gleich war, so muss die von den Kastenwänden reflektierte Lichtmenge den bestimmenden Einfluss geübt haben.

In den beiden ersten Versuchen sehen wir die Varietät, im Gegensatz zur Norm, die Stammform an Zahl bei weitem übertreffen oder ihr gleichkommen. Daraus können wir auf eine Umfärbung ursprünglich dunkel veranlagter Individuen unter dem Einflusse heller Beleuchtung schließen. Statt der rötlichgrauen, bildete sich bei einer Anzahl die gelbgrüne Grundfarbe aus. Auch die schwarze Zeichnungsfarbe scheint, wenigstens in ihrer Ausdehnung, beeinflusst zu werden, wie namentlich aus dem 2. Versuch hervorgeht, wo ganz dunkle Stücke auf Weiß gar nicht zur Ausbildung kamen; es fällt dies besonders auf, wenn wir berücksichtigen, dass auf schwarzem Grund 88% der Stammform ganz dunkel wurden, in der Dunkelkammer sogar 94%. Außerdem waren die betreffenden Stücke aus der Dunkelkammer und von denen auf schwarzem Grund die am weitesten nach hinten hängenden entschieden die dunkelsten überhaupt, fast schwarz.

Meiner Meinung nach handelt es sich bei dem Vorgang um einen chemisch-physikalischen Prozess, ähnlich der Erscheinung, welche Wiener¹⁾ als „mechanische Farbenanpassung“ bezeichnet; „sie entsteht durch Auslese der Farbstoffe, welche der zerstörenden Einwirkung der Beleuchtungsfarbe am besten widerstehen; das sind die gleichfarbigen“. Dass aber diese, unter Umständen freilich nützliche, Farbenempfindlichkeit der Raupen- bzw. Puppenhaut nicht durch Zuchtwahl im vorliegenden Fall erworben ist, oder eine Zielstrebigkeit einschließt, scheint mir aus Nachstehendem hervorzugehen.

Das gefährdetste Stadium für *V. jo* ist offenbar das der Raupe, die, zudem gesellig lebend, schon auf viele Schritte weit wegen ihres schwarzen Kleides auffällt; die vereinzelt in den Nesselstauden hängenden Puppen sind viel schwerer auffindbar, gleichviel ob sie hell oder dunkel gefärbt sind. Warum behielt die Raupe ihre schwarze Farbe?

Dass sie in ihrem „unzweckmäßigen“ Gewand von ihren Feinden thatsächlich leicht gefunden wird, beweist der Umstand, dass fast $\frac{1}{3}$ der von mir eingetragenen von Tachinenlarven bewohnt war, und zu Grunde ging. Gegen größere Feinde wenigstens scheinen die Raupen durch ihre spitzen Dornen geschützt zu sein. Eidechsen indess, denen ich solche vorwarf, fraßen sie trotzdem, indem sie die Raupe quer fassten, sie mehrmals von vorn nach hinten durchkauten, dadurch die Stacheln umlegten und dann schluckten.

Außerdem bietet eine andre Art, *V. urticae* das Beispiel eines Puppen-dimorphismus, in dem die Farbe der Varietät unter Umständen direkt schäd-

1) O. Wiener, Farbenphotographie durch Körperfarben und mechanische Farbenanpassung in der Natur. Annalen der Physik u. Chemie, Bd. 55, 1895.

lich wirken kann; nichtsdestoweniger wird sie auch dann unter gegebenen Einflüssen entstehen. Vor mir liegt eine im Freien gefundene, an einem grünen Nesselblatt hängende Puppe der Art, deren ganzer Körper in herrlichem Goldglanze erstrahlt. Nach C. Ed. Venus¹⁾ ist intensive Sonnenstrahlung eine Bedingung zum Entstehen dieser Form. Andererseits ergaben *Urticae*-Raupen, die ich auf ganz weißem Grunde sich verpuppen ließ, die typische, dunkelbraungrau gefärbte Form.

Niemand wird die goldglänzende Varietät der *Urticae*-Puppe als durch Naturzüchtung entstanden ansehen, zumal ein goldglänzender Untergrund in der freien Natur für die Puppe nicht in Betracht kommt.

Eimer²⁾ führt, um eine Anpassung durch Auslese abzuweisen, ein nach ihm dann auch von Wiener³⁾ citiertes Beispiel an, dass Puppen „die rote Farbe eines sie umhüllenden Tuches angenommen haben, welche Farbe in der freien Natur kaum maßgebend für sie sein konnte“.

Eine nähere Angabe darüber, von wem diese Beobachtung herührt, und an welcher Puppenart sie gemacht wurde, vermisst man aber, um so unlieber, als das, was Barber⁴⁾ an den Puppen des *Papilio nireus* beobachtete, damit in direktem Gegensatz steht. Während dieselben nämlich die verschiedensten Farben von Naturgegenständen annahmen, die ihnen zum Anheften dienten, änderte eine mit einem Stück Scharlachtuch umhüllte Raupe beim Verpuppen ihre Farbe nicht in Rot, sondern behielt die gewöhnliche grüne Farbe; die kleinen roten Flecke allerdings, mit denen sie gezeichnet war, erschienen glänzender als gewöhnlich. Man wird also bis auf weiteres gut thun, das von Eimer angeführte Beispiel nicht zur Grundlage theoretischer Ableitungen zu machen.

Wenn nun auch zugegeben wurde, dass die Farbenempfindlichkeit der *Jo*-Puppe eine gewisse Aehnlichkeit mit Vorgängen bei der Farbenphotographie hat, so muss doch eine völlige Analogie damit abgelehnt werden. Denn in absoluter Dunkelheit trat die gelblichgrüne Varietät auch auf, das betreffende Pigment kann sich also auch ohne den Einfluss hellen Lichtes bilden. Wenn wir dies bedenken, muss es auch sehr sonderbar erscheinen, dass auf dem schwarzen Grund im 2. Versuch gar keine ganz helle Puppe auftrat. Nach dem 3. Versuch musste man doch mindestens eine oder die andere erwarten. Ob hier eine Zufälligkeit vorliegt, werden weitere Versuche aufklären müssen.

1) C. Ed. Venus, Ueber Varietäten-Zucht. Korresp.-Bl. d. entom. Ver., Iris zu Dresden, I. Bd, 1888.

2) Th. Eimer, Die Entstehung der Arten, 1888, S. 155.

3) l. c. S. 105.

4) M. E. Barber, Notes on the peculiar habits and changes which take place in the larva and pupa of *Papilio Nireus*. Transact. Ent. Soc., 1874.

Nachtrag.

Wider Erwarten hatte ich nochmals im September d. J. eine größere Anzahl von Raupen der zweiten Generation zur Verfügung, um den oben beschriebenen Versuch 2 zu wiederholen. Das in dem ersten Versuch gewonnene Resultat fand auch diesmal insoweit seine Bestätigung, als ganz helle Puppen nur in der weißen Hälfte des Kastens auftraten, dagegen zeigten sich folgende zwei Abweichungen.

Während im ersten Versuch nahezu die Hälfte aller Puppen zur hellen Varietät zählte, standen im zweiten Versuch 7 hellen Puppen 61 dunkelgefärbte gegenüber. Und weiter, während früher die Raupen in ganz auffallender Weise die helle Hälfte des Kastens bevorzugten, trat diesmal das Umgekehrte ein, trotzdem das Streben der Tiere nach dem Licht dasselbe insofern war, als auch hier die Puppen dichtgedrängt die dem Fenster nächstgelegene Zone der Decke besetzten. Für beide Thatsachen glaube ich, für den ersten mit großer, für den zweiten mit einiger Wahrscheinlichkeit die Temperaturverhältnisse zur Erklärung heranziehen zu dürfen.

Der frühere Versuch, welcher eine so hohe Prozentzahl hellgefärbter Puppen ergab, fand im Juli statt, zu einer Zeit, wo die Temperatur zwischen 20—30° C schwankte. Auch anfangs September hielt sich dieselbe noch auf 22—23° C und um diese Zeit kamen die wenigen hellen Puppen des vorliegenden Versuchs zur Entwicklung. Gegen den 10. September sank das Thermometer plötzlich auf 15° C und hielt sich seitdem auf dieser Höhe; alle Raupen ohne Ausnahme, die sich während dieser Zeit verpuppten, ergaben die dunkle Form. Daraus geht mit ziemlicher Sicherheit hervor, dass außer dem Licht auch eine gewisse Wärme die Entstehung der hellen Varietät beeinflusst, wie dies Standfuss bereits für *V. cardui* und *urticae* nachgewiesen hat.

Es bleibt noch die merkwürdige Thatsache zu erklären, warum vom selben Zeitpunkte ab die Raupen die weiße Kastenhälfte mieden und die schwarze bevorzugten. Ich denke dabei an die Möglichkeit, dass infolge der intensiveren Absorption von Wärmestrahlen durch die schwarzen Kastenwände in der betreffenden Hälfte eine, wenn auch nur minimale Temperaturerhöhung statthatte, hinreichend, um die ja auch dem Licht gegenüber äußerst sensiblen Raupen anzuziehen; zumal die herrschende Temperatur schon nahe an dem für das Gedeihen dieser Tiere nötigen Minimum liegt; die Entwicklung nimmt das mehrfache an Zeit in Anspruch, gegenüber der, welche bei sommerlicher Wärme gebraucht wurde. Gleichwohl möchte ich diese Erklärung nur mit allem Vorbehalt wiedergeben.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1899

Band/Volume: [19](#)

Autor(en)/Author(s): Kathariner Ludwig

Artikel/Article: [Versuche u^uber den Einfluss des Lichtes auf die Farbe der Puppe vom Tagpfauenauge \(V. jo L.\). 712-718](#)