© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Ueber die Gesetzmässigkeit in der Gewichtsabnahme der Lepidopteren von dem Zustande der ausgewachsenen Raupe an bis zu dem des entwickelten Schmetterlinges,

von

Wilhelm Blasius,
Stud. med. aus Braunschweig.

Dass ein Thier, welches in seinem Haushalte nur Ausgaben und keine Einnahmen zu machen hat, an Gewicht abnimmt, versteht sich von selbst. So ist es auch selbstverständlich, dass von dem Augenblicke an, wo die Raupe den höchsten Grad der Entwickelung erreicht hat, wo sie aufhört, Nahrung einzunehmen, um die ganze Lebensthätigkeit zum Zwecke der Umwandlung in eine Puppe verwenden zu können, eine Gewichtsabnahme stattfindet. Diese fundamentale Thatsache war den Naturforschern des vorigen Jahrhunderts vollständig unbekannt. Soviel ich weiss, kommen Malpighi [1]), Réaumur [2]), Rösel [3]), Swammerdam [4]), Martinet [5]), Lyonnet [6]) und Degeer [7]) in ihren classischen Arbeiten über die Insecten und die Umwandlung derselben nie auf diesen für die Entwickelung jener Thiere doch so wichtigen Umstand zu sprechen.

Allerdings hatte Réaumur schon durch Experimente nachgewiesen, dass die Respirationsthätigkeit der Insecten in keiner Umwandlungsperiode aufhörte [8]). Aber der Schluss, den man aus diesem Umstande

1) Malpighi, De Bombyce.

2) Réaumur, Mem. pour serv. à l'hist. d. ins. 1734—1736.

3) Rösel, Insectenbelustigungen, 1746—1761.

4) Swammerdam, Bibel der Natur, 1752.

5) Martinet, De respirat. ins. 1753.

6) Lyonnet, Traité anat. de la chenille, qui ronge le bois de saule, 1762.

7) Degeer, Abhandlungen zur Geschichte der Insecten, deutsch von Göze, 1778—1783. — Ferner vergl. Abhandlungen von Posselt, Hegetschweiler, Gäde, Suckow, Ramdohr etc.

8) Réaumur, T. I., Mém. 14. — Vergl. übrigens Herold, Entwickelungsgeschichte der Schmetterlinge.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

jetzt auf die Gewichtsabnahme des Schmetterlinges sofort würde ziehen können, war bei den damaligen Ansichten und Kenntnissen unmöglich. Selbst noch 1815 versichert Herold in seinem für die Entwickelungsgeschichte der Schmetterlinge bahnbrechenden Werke, in dem er zugleich neue Beweise für die Respirationsthätigkeit derselben in allen Entwickelungsperioden beibringt [1]), dass »der Schmetterling in der unausgebildeten Gestalt als Puppe an Masse seinem vollkommen entwickelten Zustande völlig gleich« sei [2]).

Rengger bewies im Jahre 1817 zuerst auf indirectem Wege eine Gewichtsabnahme der Schmetterlingspuppen, indem er durch verschiedene Experimente eine bedeutende Wasserverdunstung derselben constatirte [3]). Der directe Beweis durch Wägung ist, soviel ich weiss, zuerst von Newport im Jahre 1834 geliefert [4]). Bei einer sehr interessanten und mühsamen Arbeit über die Respiration und die Temperatur der Insecten [5]) führte er bei mehreren Versuchsreihen auch zusammenhängende Gewichtsbestimmungen aus [6]):

1. Eine Raupe von Sphinx ligustri wog, auf dem höchsten Puncte der Entwickelung angelangt,

$^{29}/_{8}$ 1834	. . . . .	141,4 Gran,

kurz vor der Verpuppung

$^{31}/_{8}$ 1834	. . . . .	110,4 Gran

und nach der Verpuppung mitsammt der abgestreiften Haut

$^{4}/_{9}$ 1834	. . . . .	83,2 Gran.

2. Eine zweite Raupe von derselben Species wog, in der Umwandlung begriffen,

$^{8}/_{8}$ 1834	. . . . .	3^{30} N.	92,1 Gran,
» »	. . . . .	6^{30} N.	91,7 »
» »	. . . . .	10^{30} N.	90,0 »
$^{9}/_{8}$ »	. . . . .	7^{30} V.	88,7 »
» »	. . . . .	11^{30} V.	80,3 »

3. Eine dritte Raupe derselben Species wog

$^{14}/_{8}$ 1835	. . . . .	118,2 Gran,
$^{15}/_{8}$ »	. . . . .	97,2 »

1) Herold, Entwickelungsgeschichte der Schmetterlinge.

2) Herold, Entwickelungsgeschichte der Schmetterlinge, pag. 52.

3) Rengger, Physiologische Untersuchungen über Insecten, pag. 38.

4) Newport, Philosophical Transactions, 1837, pag. 259—338.

5) Philosoph. Transact. 1836, pag. 529—570 und 1837, pag. 259—338.

6) Philosoph. Transact. 1837, pag. 275; pag. 313; pag. 315, 322, 323, 292; pag. 292.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

und die Puppe	$^{20}/_{8}$ 1835	. . . . .	71,1 Gran,
	$^{3}/_{4}$ 1836	. . . . .	67,4 »
und der Schmetterling	$^{24}/_{5}$ »	. . . . .	36,0 »
	$^{25}/_{5}$ »	. . . . .	34,0 »

4. Die Gewichtsabnahme des Schmetterlings von Cerula vinula wurde noch durch wenige $^{22}/_{4}$ 1836 ausgeführte Wägungen constatirt. Ausserdem stellte Newport an unausgewachsenen, hungernden Raupen eine Reihe von zusammenhängenden Beobachtungen über den Gewichtsverlust an [1]). Bei einer vergleichenden Betrachtung aller dieser Beobachtungen kam jener berühmte englische Naturforscher zu der Ueberzeugung, dass die Gewichtsabnahme des vollkommenen Insectes intensiver als die der ausgewachsenen Raupe und die der ausgewachsenen und sich verwandelnden Raupe intensiver als die der Puppe sei [2]). Schon dieser Umstand deutete darauf hin, dass die Intensität der Gewichtsabnahme proportional der Intensität der Lebensthätigkeit sei. Denn der Schmetterling ist offenbar im Allgemeinen thätiger als die Raupe und diese wieder beweglicher als die Puppe.

Die Richtigkeit dieser Ansicht hat aber Newport zu gleicher Zeit durch einen directen Beweis dargethan. Er beobachtete nämlich einerseits die Lebensthätigkeit des Thieres in kleineren Perioden, d. h. er bestimmte die Frequenz der Pulsschläge und der Respiration, bemerkte sich etwaige Ortsbewegung oder überhaupt etwaige der Beobachtung zugängliche Muskelbewegung, andererseits machte er genaue Bestimmungen des Gewichtsverlustes, welchen das Thier in diesen Zeitperioden erlitt [3]). Auf diese Weise constatirte er direct die Proportionalität zwischen der Intensität der Gewichtsabnahme und der Stärke der Lebensthätigkeit, soweit sich die letztere überhaupt auf eine gewisse Stärke zurückführen lässt. — Das auf diese Weise experimentell gefundene Gesetz war allenfalls schon a priori abzuleiten. Denn der Respirationsact, dessen Intensität mit derjenigen der ganzen Lebensthätigkeit offenbar nahezu parallel läuft, besteht ja darin, dass ein Theil des Sauerstoffes der Luft absorbirt wird, um aus dem Kohlenstoff des thierischen Gewebes Kohlensäure zu bereiten, welche ihrerseits wieder in die Atmosphäre ausgeathmet wird. Da nun das Aequivalentgewicht von

$$C = 6$$
$$2O = 16$$
$$CO_2 = 22$$

1) Philosoph. Transact. 1837, pag. 321, 322.
2) Philosoph. Transact. 1837, pag. 322—327.
3) Philosoph. Transact. 1837, pag. 275, 292, 293, 313, 315, 321, 322.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

ist, entstände auf jede 16 Gewichtstheile absorbirten Sauerstoffs ein Gewichtsverlust von 6 Gewichtstheilen an oxydirtem Kohlenstoff. So gross ist jedoch der factische Gewichtsverlust durch Oxydation nicht; denn es wird, wie Regnault und Reiset durch verschiedene Versuche an Raupen und Puppen bewiesen haben [1]), wie bei den übrigen so auch bei diesen Thieren, mehr Sauerstoff aus der Luft aufgenommen, als vermittelst der Kohlensäure wieder ausgeschieden wird. So fanden Regnault und Reiset z. B., dass

42,5 Grms. ausgewachsener Seidenraupen in $5^2/_3$ Stunden
0,202 Grms. Sauerstoff aufnahmen und
0,220 » Kohlensäure, mithin
0,160 » Sauerstoff ausschieden.

Die entsprechenden Zahlen waren bei einem anderen Experimente mit

39,0 Grms. ausgewachsener Seidenraupen in $7^5/_6$ Stunden
0,201
0,225
0,163.

Statt der 0,202, resp. 0,201 Grms. absorbirten Sauerstoffs wurden also nur 0,160, resp. 0,163 Grms. an Kohlenstoff gebundenen Sauerstoffs ausgeschieden, so dass 0,042, resp. 0,038 Grms. Sauerstoff im Körper bleiben. Diese Menge reicht jedoch noch nicht hin, um das Gewicht des ausgeschiedenen Kohlenstoffes von 0,060, resp. 0,062 zu ersetzen. So würde allein auf diesem Wege ein Gewichtsverlust von 0,018, resp. 0,024 Grms. entstehen. Dass dieser jedesmal mit der Intensität der Respiration direct proportional ist, versteht sich bei der Definition desselben von selbst, und die Respirationsthätigkeit ihrerseits ist wieder mit der Lebensthätigkeit im Ganzen proportional. Doch die Oxydation des Gewebes ist nicht die einzige Art und Weise, durch die ein Gewichtsverlust entsteht. Wie schon Rengger bewies, wird eine grosse Menge Wassers ausgedunstet. Dies geschieht zum grössten Theile ebenfalls durch die Respirationsorgane; denn Rengger beobachtete bei Puppen, die er bis auf die Stigmata mit Gummi bestrich, eine ungefähr gleich starke Wasserverdunstung als bei unberührten Puppen [2]). Dass aber, wenn die Wasserverdunstung durch die Respirationsorgane geschieht, die Menge des ausgeathmeten Wassers mit der Intensität des Luftwechsels in den Tracheen, also im letzten Gliede mit derjenigen der Lebensthätigkeit proportional sein muss, ist leicht ersichtlich.

1) Ann. de Chim. et de Phys. T. 26, 1849, pag. 483—489.
2) Rengger, Physiol. Unters. über Ins, pag. 38 f.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Nimmt man hiernach das obige Gesetz als festbegründet an, so wird erlaubt sein, aus der Stärke der Gewichtsabnahme einen Schluss zu ziehen auf die Stärke der Lebensthätigkeit des Thieres.

Auf diese Weise wird uns ein Mittel an die Hand gegeben, die Intensität der Entwickelung und der Umwandlung der Raupe zum Schmetterlinge allein an der Gewichtsabnahme zu beobachten. Denn wenn man von dem zu beobachtenden Insecte alle äusseren, zum Theil psychischen, Einflüsse fern hält, welche eine Muskel- oder gar Ortsbewegung bewirken oder den Pulsschlag oder die Respirationsthätigkeit vermehren könnten, so dass sich die ganze Lebensthätigkeit allein auf die Umwandlung der Organe bezieht, so wird sich aus der Gewichtsabnahme ein directer Schluss auf die Umwandlungsthätigkeit machen lassen. Auf diesem Wege kann man die durch nacheinander ausgeführte Sectionen gefundenen Entwickelungsgesetze bestätigen und ergänzen. Es wird hierbei gerade der Vortheil gewährt, dass man die Entwickelung an einem und demselben Individuum von Anfang bis zu Ende beobachten kann, wodurch etwaige Fehler, welche bei der Section verschiedener Individuen nie vermieden werden können, eliminirt sind.

Schon Newport benutzte das von ihm experimentell bewiesene Gesetz zu diesem Zwecke. Aus den Beobachtungen an Sphinx ligustri machte er den Schluss, dass, wenn die Umwandlung in der inneren Structur der Puppe nahezu vollendet und das vollkommene Insect im Begriff sei, auszuschlüpfen, die Respirations- und ganze Lebensthätigkeit der Puppe ihr Maximum erreichte [1]). Weiter verfolgte Newport diese Verhältnisse nicht. Auch Cornalia, der 1856 zunächst wieder eine grössere Arbeit über die Entwickelung der Seidenraupe veröffentlichte, geht gar nicht auf diese Beobachtungen ein [2]). Im Jahre 1862 machte zuerst Herr Professor Wilh. Wicke in Göttingen zu diesem Zwecke eine Reihe von Gewichtsbestimmungen an den Puppen von Vanessa Jo. Im folgenden Jahre liess er diese Gewichtsbeobachtungen durch seinen Bruder, den Stud. med. B. Wicke, in seinem Laboratorium weiter ausdehnen, und in diesem Jahre ward mir der Auftrag, die Untersuchungen über jenen Gegenstand fortzusetzen. Indem mir jetzt die sämmtlichen, theils vom Herrn Professor Wicke selbst, theils unter der Leitung desselben, im agriculturchemischen Laboratorium zu Göttingen ausgeführten Wägungen zur Bearbeitung und Veröffentlichung vorliegen, glaube ich auf eine gewisse Gesetzmässigkeit in der Ge-

1) Newport, Cyclopaedia of Anat. and Physiol. V. 2, 1839, pag. 879 und 880.
2) Cornalia, Memorie dell' J. R. Istituto lombardo, V. 6, 1856, pag. 231, 267.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

wichtsabnahme der ausgewachsenen Raupen, der Puppen und der Schmetterlinge aufmerksam machen zu können, eine Gesetzmässigkeit, die sich direct auf die Stärke der inneren Umwandlung übertragen lässt.

A. Gewichtsabnahme der ausgewachsenen und keine Nahrung mehr aufnehmenden Raupen bis zur Verpuppung.

Die hierauf bezüglichen Beobachtungen wurden von mir am 1. August 1865 angestellt, und zwar an den Raupen von Vanessa urticae. Ich wählte zu diesem Zwecke ungefähr 8 Uhr Morgens aus einer grossen Anzahl zur Verpuppung sich vorbereitender Raupen 10 Stück aus, die ungefähr zu gleicher Zeit und zwar vor Kurzem das Spinngeschäft beendigt zu haben schienen, vermittelst dessen sie sich an einer Gasedecke, zur Verpuppung bereit, aufgehängt hatten. Die Raupen verhielten sich bei dem nothwendigen Transporte nach dem Laboratorium im Ganzen ruhig. Zur Wägung wurden die 10 Raupen auf ein ziemlich umfangreiches Uhrglas gelegt, so dass sie sich gegenseitig nur wenig in ihrer Entwickelung beeinträchtigen konnten. In der That war während der ganzen Beobachtungszeit keine aussergewöhnliche Muskelbewegung zu beobachten und etwaige psychische Einflüsse auf die Puls- und Respirationsfrequenz waren dadurch möglichst ausgeschlossen, dass die Raupen in durchaus normalen Verhältnissen gehalten wurden. Denn dass die Raupen liegend und nicht hängend, wie gewöhnlich, sich verpuppen sollten, kann unmöglich von störendem Einfluss gewesen sein, da eine Verpuppung in liegender Stellung häufig auch bei ganz natürlichen Verhältnissen vorkommt. Im Laufe des Tages wurde folgende Reihe von Gewichtsbestimmungen angestellt.

Nummer der Wägung.	Zeit.		Gewicht von 10 Raupen + Uhrglas.
1.	9^{54} V.	=	10,0246 Grms.
2.	10^{18} V.	=	10,0220 »
3.	10^{47} V.	=	10,0180 »
4.	11^{18} V.	=	10,0141 »
5.	11^{54} V.	=	10,0070 »
6.	2^{4} N.	=	9,9920 »
7.	4^{7} N.	=	9,9790 »
8.	6^{5} N.	=	9,9585 »

NB. Vor der achten Wägung war die Verpuppung schon bei einer Raupe vor sich gegangen, so dass die Gewichtsbestimmungen 1—7, von 9^{54} V. bis 4^{7} N., hier allein berücksichtigt werden können. Um die verschiedene Intensität der Gewichtsabnahme während des ganzen Zeitraumes beurtheilen zu können, ist es zunächst nöthig, die Zeitdauer

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

der einzelnen Beobachtungsintervalle und die indessen stattgefundene Gewichtsabnahme zu berechnen. Die Zeitdauer wird am bequemsten in Stunden und deren Decimalbrüchen, der Gewichtsverlust in Milligrammes und deren Decimalbrüchen ausgedrückt. Man erhält für beide Ausdrücke absolute Zahlen. Dividirt man die Zahl für Gewichtsverlust, durch die Zahl für Zeitdauer, so erhält man eine Zahl, welche im Verhältniss zu den übrigen auf dieselbe Weise gebildeten Zahlen die relative Grösse der Intensität der Gewichtsabnahme und, für sich betrachtet, die mittlere stündliche Gewichtsabnahme, in Milligrammes ausgedrückt, bedeutet. Diese Zahlen sind sehr bequem mit einander zu vergleichen. Sie sind zugleich der arithmetische Ausdruck für die jedesmalige Tangente desjenigen Winkels, welchen bei einer graphischen Darstellung der Gewichtsabnahme, zu welcher man die Zahl für die vom ersten Beobachtungspuncte aus verflossene Zeit auf der Abscissenachse und die Zahl für den vom ersten Beobachtungspuncte an stattgefundenen Gewichtsverlust auf der Ordinatenachse abträgt, die Curve mit der Abscissenachse bildet. Dem grössten Ausdruck für die Intensität der Gewichtsabnahme entspricht somit durchgängig ein Maximum in dem Ansteigen der oben beschriebenen Curve, und umgekehrt. Der Bequemlichkeit wegen und da man in der That an Uebersichtlichkeit wenig verliert, beschränken wir uns im Folgenden blos auf die Vergleichung der Zahlenausdrücke für die Intensität der Gewichtsabnahme oder vielmehr den mittleren stündlichen Gewichtsverlust in Milligrammes. Es lässt sich aus diesen ja auch leicht im Gedanken die entsprechende Curve construiren. Führt man nach obiger Vorschrift die Berechnung aus, so ergiebt sich für die 6 Intervalle zwischen den 7 Beobachtungen folgende Tabelle:

Nummer des Intervalls.	Grenzen des Intervalls in Nummern der Beobachtungen.	Zeitdauer in Stunden.	Gewichtsverlust in Milligrams.	Mittlere stündliche Gewichtsabnahme in Milligrams von	
				10 Raupen.	1 Raupe im Durchschnitt.
I.	1—2	0,40	2,6	6,50	0,650
II.	2—3	0,48	4,0	8,33	0,833
III.	3—4	0,52	3,9	7,50	0,750
IV.	4—5	0,60	7,1	11,83	1,183
V.	5—6	2,13	15,0	7,04	0,704
VI.	6—7	2,05	13,0	6,34	0,634

Auffallend ist das Maximum der Intensität im Intervall IV. und die allmähliche Abnahme derselben in den folgenden Intervallen. Die ersten 3 Intervalle zeigen eine Zunahme der Intensität, wobei jedoch während des Intervalles II. ein geringes Maximum stattzufinden scheint.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Es ist dies vielleicht nur Schein. Denn die Beobachtungsfehler, welche bei einer gleichzeitigen Beobachtung von Zeit und Gewicht nie zu vermeiden sind, erhalten bei so geringen Zeitintervallen, wie I, II, III und IV, einen grossen Einfluss. Fasst man, um den Fehler möglichst zu verringern, von den ersten 4 Intervallen je 2 zusammen, so erhält man für

Intervall		die Intensität der Gewichtabnahme von 10 Raupen
I + II	(9^{54}—10^{47})	7,50 Milligrms. pro Stunde
III + IV	(10^{47}—11^{54})	9,82 » » »
V	(11^{54}— 2^{4})	7,04 » » »
VI	(2^{4} — 4^{7})	6,34 » » »

Jetzt fällt das Maximum der Intensität in die Intervalle III und IV.

Wenn man nun berechtigt ist, aus dieser einzigen Reihe von Beobachtungen einen allgemeinen Schluss zu ziehen, so könnte man das hieraus abzuleitende Gesetz, auf die Intensität der Entwickelung des Thieres übertragen, folgendermassen aussprechen: Bei der Raupe von Vanessa urticae, die zur vollständigen Umwandlung aus dem ausgewachsenen Zustande in die Puppe ungefähr 10—12 Stunden nöthig hat, findet von dem Augenblicke an, wo sie das Spinngeschäft beendigte, in den ersten 3 Stunden eine schnelle Steigerung der Umwandlungsthätigkeit statt. In der 2. Hälfte der 4. Stunde erreicht die letztere ihr Maximum. Dann sinkt dieselbe wieder allmählich und zwar so, dass sie im Anfang der 8. Stunde so stark als in der 1. Hälfte der 3. Stunde ist. Auf ein solches Maximum in der Entwickelungsthätigkeit deuten, übereinstimmend mit obigen Beobachtungen, auch mehrere von Newport ausgeführte Beobachtungen über Temperatur, Respirations- und Pulsfrequenz hin [1]). Ob die Lebensthätigkeit der Raupe kurz vor dem Abstreifen der letzten Raupenhaut wieder steigt, darüber konnten keine Beobachtungen angestellt werden.

B. Gewichtsverlust bei der Verpuppung.

Zur richtigen Würdigung der hierauf bezüglichen Beobachtungen müssen wenige Bemerkungen über den Vorgang der Verpuppung selbst vorausgeschickt werden. Zunächst findet eine Reihe von peristaltischen Bewegungen statt, um die letzte Raupenhaut abzustreifen. Die Muskelthätigkeit des Thieres ist dabei aufs Höchste in Anspruch genommen, so dass hierdurch der Gewichtsverlust bedeutend vergrössert wird.

1) Philosophical Transact., 1837, pag. 259—338.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Nachdem die Haut abgestreift, ist sowohl die feuchte Puppenhülle als die abgestreifte Raupenhaut dem Vertrocknen ausgesetzt. So bewirkt eine sehr starke Wasserverdunstung, welche in keiner Weise der Lebensthätigkeit proportional ist, einen Gewichtsverlust, aus dem wir keinerlei Schlüsse zu ziehen im Stande sind.

Ein wie grosser Gewichtsverlust auf diese Weise bewirkt wird, sieht man aus folgenden 3 Beobachtungen an denselben 10 Raupen von Vanessa urticae, von denen bei A das Gewicht bestimmt wurde:

Nummer der Wägung.	Zeit.		Gewicht von 10 Raupen, resp. Puppen + Uhrglas.
7.	1/8 1865	4^{7} N.	= 9,9790 Grms.
8.	» »	6^{5} N.	= 9,9585 »
9.	2/8 »	10^{55} V.	= 9,8435 »

Bei der Gewichtsbestimmung 8 hatte sich eine Raupe schon verpuppt (die 9 unverpuppten Raupen wogen wenige Minuten nachher 6^{9}N. = 9,7170 Grms.) und bei der Wägung 9 waren alle Raupen verpuppt. Dabei konnte man mit ziemlicher Gewissheit aus dem Aussehen der Puppen schliessen, dass die Verpuppung allgemein bald nach der 8. Wägung, also noch am Abend des 1. Augustes vor sich gegangen war. Die Intensität der Gewichtsabnahme in den beiden Beobachtungsintervallen VII und VIII und in beiden zusammen zeigt folgende Tabelle:

Nummer des Intervalles.	Grenzen des Intervalles in Nummern der Beobachtung.	Zeitdauer in Stunden.	Gewichtsverlust in Milligrams.	Mittlere stündliche Gewichtsabnahme in Milligrams von	
				10 Individ.	1 Individ.
VII	7—8	1,97	20,5	10,41	1,041
VIII	8—9	16,83	115,0	6,83	0,683
VII+VIII	7—9	18,80	135,5	7,21	0,721

Die sehr starke Gewichtsabnahme im Intervall VII zeigt sehr deutlich, welchen Einfluss die Verpuppung übt. Denn die enorme Steigerung der Intensität der Gewichtsabnahme wird allein durch die Verpuppung einer Raupe bewirkt. Der folgende Intervall hat eine viel geringere Gewichtsabnahme hervorgebracht. Dies erklärt sich sehr einfach dadurch, dass der grösste Theil der verflossenen Zeit auf die Gewichtsabnahme der Puppen, und zwar der getrockneten Puppen, zu berechnen ist; die Gewichtsabnahme der Puppen ist aber, wie wir schon oben sahen, eine viel geringere, als die der Raupen. Auf diese Weise wird der grosse Gewichtsverlust bei der Verpuppung compensirt durch den sehr geringen Verlust nach der Verpuppung. Im Ganzen ist aber die mittlere Intensität der Gewichtsabnahme während der ganzen Periode, in welcher alle 10 Verpuppungen vor sich gegangen

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

sind, VII + VIII, trotz des späteren compensirenden Einflusses, noch grösser als in der vorhergehenden Periode (VI) der Entwickelung der Raupen.

C. Gewichtsabnahme der Puppen.

Hierüber liegt mir das grösste Material vor. Zunächst habe ich die Gewichtsbestimmungen an den 10 Puppen von Vanessa urticae noch 3 Tage und, nachdem dann 2 Exemplare zu einer anderweitigen Untersuchung davon genommen waren, noch fernere 3 Tage fortgesetzt. Ferner hat an einzelnen Puppen von Vanessa Jo der Herr Professor Wicke 2 und der Herr Stud. Wicke 3 vollständige Reihen von Gewichtsbestimmungen ausgeführt, nämlich vom ersten Tage nach der Verpuppung an bis wenige Stunden vor dem Ausschlüpfen des Schmetterlinges. Endlich sind von mir ebenfalls an einzelnen Puppen von Vanessa Jo, 4 Reihen von Wägungen ausgeführt, vom 3. Tage nach der Verpuppung an, und weitere 4 Reihen vom 6. Tage nach der Verpuppung an; dazu kommt noch die Bestimmung der Gewichtsabnahme von 5 Individuen derselben Species am letzten Tage vor dem Auskommen des Schmetterlinges. Ich will zunächst die angestellten Beobachtungen und daraus gemachten Berechnungen tabellarisch folgen lassen und jedesmal nur die nothwendigsten Bemerkungen hinzufügen, um das ganze Material nachher im Zusammenhang betrachten zu können.

a) 10 (resp. 8) Puppen von Vanessa urticae, bei der Beobachtung 9. circa 15 Stunden alt.

α. Beobachtungen:

Nummer der Wägung.	Zeit.				Gewicht von 10 Puppen + Uhrglas.
9.	2/8	1865	10^{55} V.	=	9,8435 Grms.
10.	»	»	7^{35} N.	=	9,8297 »
11.	3/8	»	8^{50} V.	=	9,8132 »
12.	»	»	4^{20} N.	=	9,8036 »
13.	4/8	»	9^{55} V.	=	9,7857 »
14.	»	»	4^{13} N.	=	9,7803 »
					8 Puppen + Uhrglas.
15.	»	»	4^{20} N.	=	9,2595 Grms.
16.	5/8	»	11^{20} V.	=	9,2457 »
17.	6/8	»	4^{5} N.	=	9,2272 »
18.	7/8	»	12 M.	=	9,2168 »
19.	8/8	»	10^{15} V.	=	9,2048 »

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

β. Berechnungen:

Nummer des Intervalles.	Grenzen des Intervalles in Nummern der Beobachtung.	Zeitdauer in Stunden.	Gewichtsverlust in Milligrams.	Mittlere stündliche Gewichtsabnahme in Milligrams von 10 Puppen.	1 Puppe.	Alter der Puppe in Tagen.
IX	9—10	8,67	13,8	1,59	0,159	1
X	10—11	13,25	16,5	1,25	0,125	»
XI	11—12	7,50	9,6	1,28	0,128	2
XII	12—13	17,58	17,9	1,02	0,102	»
XIII	13—14	6,30	5,4	0,86	0,086	3
				8 Puppen.		
XIV	15—16	19,00	13,8	0,73	0,091	»
XV	16—17	28,75	18,5	0,64	0,080	4
XVI	17—18	19,92	10,4	0,52	0,065	5
XVII	18—19	22,25	12,0	0,54	0,067	6

NB. Der Puppenzustand dauerte bei diesen Thieren im Ganzen ungefähr 11 Tage.

b) Eine einzelne Puppe von Vanessa Jo, alle 24 Stunden gewogen vom Herrn Professor Wicke im Juli 1862. Die erste Wägung wurde kurz nach der vollständigen Verpuppung, die letzte wenige Stunden vor dem Auskommen des Schmetterlinges ausgeführt. Das Uhrglas wog 4,7535 Grms.

α. Beobachtungen:

Nummer der Wägung.	Gewicht der Puppe + Uhrglas.	Gewicht der Puppe ohne Uhrglas.
1.	5,2490 Grms.	0,4955 Grms.
2.	5,2420 »	
3.	5,2330 »	
4.	5,2305 »	
5.	5,2280 »	
6.	5,2245 »	
7.	5,2235 »	
8.	5,2200 »	
9.	5,2185 »	
10.	5,2160 »	
11.	5,2135 »	
12.	5,2090 »	
13.	5,2080 »	
14.	5,2055 »	
15.	5,2015 »	
16.	5,1960 »	
17.	5,1920 »	0,4385 Grms.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

β. Berechnungen:

Nummer d. Tages.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
Gewichtsverlust in Milligrms.	7,0	9,0	2,5	2,5	3,5	1,0	3,5	1,5	2,5	2,5	4,5	1,0	2,5	4,0	5,5	4,0
	16		5		4,5		5		5		5,5		6,5		9,5	
	21				9,5				10,5				16			
Mittlere stündliche Gewichtsabnahme in Milligrms.	0,219				0,100				0,109				0,167			

c) Eine einzelne Puppe von Vanessa Jo, in derselben Weise wie b gewogen vom Herrn Professor Wicke im Juli 1862. Das Uhrglas wog 2,9480 Grms.

α. Beobachtungen:

Nummer der Wägung.	Gewicht der Puppe + Uhrglas.	Gewicht der Puppe ohne Uhrglas.
1.	3,4345 Grms.	0,4865 Grms.
2.	3,4280 »	
3.	3,4190 »	
4.	3,4155 »	
5.	3,4125 »	
6.	3,4100 »	
7.	3,4085 »	
8.	3,4060 »	
9.	3,4045 »	
10.	3,4020 »	
11.	3,4000 »	
12.	3,3955 »	
13.	3,3950 »	
14.	3,3930 »	
15.	3,3895 »	
16.	3,3835 »	
17.	3,3755 »	0,4275 Grms.

β. Berechnungen:

Nummer d. Tages.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
Gewichtsverlust in Milligrms.	6,5	9,0	4,5	3,0	2,5	1,5	2,5	1,5	2,5	2,0	4,5	0,5	2,0	2,5	6,0	8,0
	15,5		7,5		4		4		4,5		5		4,5		14	

d), e), f) Drei einzelne Puppen von Vanessa Jo, in derselben Weise wie a und b gewogen von Herrn Stud. Wicke in der Zeit vom 3. bis zum 21. resp. 20. Juli 1863.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Das Uhrglas von d) wog 4,6175 Grms.
e) » 3,8930 »
f) » 3,7230 »

α. Beobachtungen:

Nummer der Wägung.	Gewicht von d + Uhrglas.	Gewicht von e + Uhrglas.	Gewicht von f + Uhrglas.
1.	5,1110 Grms.	4,3120 Grms.	4,1590 Grms.
2.	5,1070 »	4,3090 »	4,1570 »
3.	5,1040 »	4,3070 »	4,1540 »
4.	5,1000 »	4,3055 »	4,1520 »
5.	5,0990 »	4,3030 »	4,1495 »
6.	5,0980 »	4,3015 »	4,1485 »
7.	5,0965 »	4,3005 »	4,1470 »
8.	5,0950 »	4,2975 »	4,1450 »
9.	5,0945 »	4,2975 »	4,1440 »
10.	5,0910 »	4,2960 »	4,1420 »
11.	5,0895 »	4,2950 »	4,1380 »
12.	5,0875 »	4,2935 »	4,1380 »
13.	5,0855 »	4,2925 »	4,1365 »
14.	5,0830 »	4,2895 »	4,1340 »
15.	5,0805 »	4,2880 »	4,1310 »
16.	5,0775 »	4,2855 »	4,1290 »
17.	5,0755 »	4,2825 »	4,1255 »
18.	5,0705 »	4,2765 »	4,1195 »
19.	5,0600 »	4,2705 »	

β. Berechnungen:

Nummer des Tages.	Gewichtsverlust in Milligrams von d.		e.		f.	
I	4,0	7,0	3,0	5,0	2,0	5,0
II	3,0		2,0		3,0	
III	4,0	5,0	1,5	4,0	2,0	4,5
IV	1,0		2,5		2,5	
V	1,0	2,5	1,5	2,5	1,0	2,5
VI	1,5		1,0		1,5	
VII	1,5	2,0	3,0	3,0	2,0	3,0
VIII	0,5		0,0		1,0	
IX	3,5	5,0	1,5	2,5	2,0	6,0
X	1,5		1,0		4,0	
XI	2,0	4,0	1,5	2,5	0,0	1,5
XII	2,0		1,0		1,5	
XIII	2,5	5,0	3,0	4,5	2,5	5,5
XIV	2,5		1,5		3,0	
XV	3,0	5,0	2,5	5,5	2,0	5,5
XVI	2,0		3,0		3,5	
XVII	5,0	15,5	6,0	12	6,0	
XVIII	10,5		6,0			
Summa	51,0		41,5		39,5	

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Dabei wog	anfangs	zuletzt
d.	493,5 Milligrms.	442,5 Milligrms.
e.	419,0 »	377,5 »
f.	436,0 »	396,5 »

g) Eine einzelne Puppe von Vanessa Jo, die ich in dem Zeitraume vom 27. Juni bis zum 7. Juli 1865 zu verschiedenen Tageszeiten 14 Mal gewogen habe. Die erste Wägung geschah am 3. Tage nach der Verpuppung und die letzte ungefähr 18 Stunden vor dem Auskommen des Schmetterlinges.

α. Beobachtungen:

Nummer der Wägung.	Zeit.				Gewicht der Puppe.
1.	27/6	1865	11^{10} V.	=	0,47810 Grms.
2.	28/6	»	11^{30} V.	=	0,47540 »
3.	29/6	»	11^{33} V.	=	0,47340 »
4.	30/6	»	9^{35} V.	=	0,47100 »
5.	»	»	11^{27} V.	=	0,47060 »
6.	1/7	»	10^{32} V.	=	0,46750 »
7.	»	»	4^{45} N.	=	0,46670 »
8.	2/7	»	12^{1} N.	=	0,46410 »
9.	3/7	»	4^{49} N.	=	0,46060 »
10.	4/7	»	11^{24} V.	=	0,45850 »
11.	5/7	»	10^{32} V.	=	0,45500 »
12.	»	»	4^{31} N.	=	0,45380 »
13.	6/7	»	4^{20} N.	=	0,44860 »
14.	7/7	»	2^{46} N.	=	0,44060 »

β. Berechnungen:

Nummer des Intervalles.	Grenzen des Intervalles in Nummern der Beobachtung.	Zeitdauer in Stunden.	Gewichtsverlust in Milligrams.	Mittlere stündliche Gewichtsabnahme in Milligrams.	Alter der Puppe in Tagen.
I	1—2	24,33	2,7	0,111	4
IIa	2—3	24,05	2,0	0,083	5
b	3—4	22,43	2,4	0,107	6
c	4—5	1,47	0,4	0,272	»
IIIa	5—6	23,09	3,1	0,135	7
b	6—7	6,22	0,8	0,129	»
IVa	7—8	19,26	2,6	0,135	8
b	8—9	28,80	3,5	0,122	9
Va	9—10	18,58	2,1	0,113	10
b	10—11	23,14	3,5	0,151	11
c	11—12	5,98	1,2	0,201	»
VIa	12—13	23,82	5,2	0,218	12
b	13—14	22,43	8,0	0,357	13

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Fasst man die kleineren Intervalle zu grösseren zusammen, so erhält man:

I	1—2	24,33	2,7	0,111	4
II	2—5	47,59	4,8	0,101	5 u. 6
III	5—7	29,31	3,9	0,133	7
IV	7—9	48,06	6,1	0,127	8 u. 9
V	9—12	47,70	6,8	0,143	10 u. 11
VI	12—14	46,25	13,2	0,283	12 u. 13
III–VI	5—14	171,32	30,0	0,175	7—13

h) Eine einzelne Puppe von Vanessa Jo, von der ganz dasselbe als von g zu sagen ist.

α. Beobachtungen.

Nummer der Wägung.	Zeit.				Gewicht der Puppe.
1.	27/6	1865	11^{20} V.	=	0,49840 Grms.
2.	28/6	»	11^{34} V.	=	0,49480 »
3.	29/6	»	11^{39} V.	=	0,49170 »
4.	30/6	»	9^{40} V.	=	0,48835 »
5.	»	»	11^{32} V.	=	0,48823 »
6.	1/7	»	10^{36} V.	=	0,48440 »
7.	»	»	4^{52} N.	=	0,48390 »
8.	2/7	»	12^{8} N.	=	0,48045 »
9.	3/7	»	4^{56} N.	=	0,47650 »
10.	4/7	»	11^{28} V.	=	0,47360 »
11.	5/7	»	10^{38} V.	=	0,46890 »
12.	»	»	4^{38} N.	=	0,46790 »
13.	6/7	»	4^{27} N.	=	0,46250 »
14.	7/7	»	2^{54} N.	=	0,45400 »

β. Berechnungen:

Nummer des Intervalles.	Grenzen des Intervalles in Nummern der Beobachtung.	Zeitdauer in Stunden.	Gewichtsverlust in Milligrams.	Mittlere stündliche Gewichtsabnahme in Milligrams.	Alter der Puppe in Tagen.
I	1—2	24,27	3,60	0,148	4
IIa	2—3	24,04	3,10	0,129	5
b	3—4	22,02	3,25	0,148	6
c	4—5	1,87	0,12	0,064	»
IIIa	5—6	23,07	3,83	0,166	7
b	6—7	6,26	0,50	0,080	»
IVa	7—8	19,27	3,45	0,174	8
b	8—9	28,80	3,95	0,137	9
Va	9—10	18,53	2,90	0,157	10
b	10—11	23,17	4,70	0,203	11
c	11—12	6,00	1,00	0,167	»
IVa	12—13	23,82	5,40	0,227	12
b	13—14	22,45	8,50	0,379	13

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Fasst man wieder die kleineren Intervalle zu grösseren zusammen, so erhält man:

I	1—2	24,27	3,60	0,148	4
II	2—5	47,93	6,47	0,135	5 u. 6
III	5—7	29,33	4,33	0,148	7
IV	7—9	48,07	7,40	0,154	8 u. 9
V	9—12	47,70	8,60	0,180	10 u. 11
VI	12—14	46,27	13,90	0,300	12 u. 13
III–VI	5—14	171,37	34,23	0,200	7—13

i) Eine einzelne Puppe von Vanessa Jo, von der ganz dasselbe wie von g zu sagen ist.

α. Beobachtungen:

Nummer der Wägung.	Zeit.				Gewicht der Puppe.	
1.	$^{27}/_{6}$	1865	11^{35} V.	=	0,47125	Grms.
2.	$^{28}/_{6}$	»	11^{39} V.	=	0,46805	»
3.	$^{29}/_{6}$	»	11^{42} V.	=	0,46485	»
4.	$^{30}/_{6}$	»	9^{45} V.	=	0,46125	»
5.	»	»	11^{40} V.	=	0,46105	»
6.	$^{1}/_{7}$	»	10^{44} V.	=	0,45705	»
7.	»	»	4^{55} N.	=	0,45585	»
8.	$^{2}/_{7}$	»	12^{5} N.	=	0,45335	»
9.	$^{3}/_{7}$	»	4^{52} N.	=	0,44945	»
10.	$^{4}/_{7}$	»	11^{32} V.	=	0,44595	»
11.	$^{5}/_{7}$	»	10^{35} V.	=	0,44175	»
12.	»	»	4^{35} N.	=	0,44085	»
13.	$^{6}/_{7}$	»	4^{34} N.	=	0,43575	»
14.	$^{7}/_{7}$	»	2^{49} N.	=	0,42865	»

β. Berechnungen:

Nummer der Intervalles.	Grenzen des Intervalles in Nummern der Beobachtung.	Zeitdauer in Stunden.	Gewichtsverlust in Milligrams.	Mittlere stündliche Gewichtsabnahme in Milligrams.	Alter der Puppe in Tagen.
I	1—2	24,07	3,2	0,133	4
II a	2—3	24,04	3,2	0,133	5
b	3—4	22,06	3,6	0,168	6
c	4—5	1,91	0,2	0,104	»
III a	5—6	23,07	4,0	0,203	7
b	6—7	6,18	1,2	0,159	»
IV a	7—8	19,17	2,5	0,140	8
b	8—9	28,79	3,9	0,170	9
V a	9—10	18,66	3,5	0,172	10
b	10—11	23,05	4,2	0,203	11
c	11—12	6,00	0,9	0,218	»
VI a	12—13	24,00	5,1	0,252	12
b	13—14	22,23	7,1	0,353	13

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

oder, wenn man, wie bei g und h, die kleineren Zeilräume zusammenfasst:

I	1—2	24,07	3,2	0,133	4
II	2—5	48,01	7,0	0,146	5 u. 6
III	5—7	29,25	5,2	0,178	7
IV	7—9	47,96	6,4	0,133	8 u. 9
V	9—12	47,71	8,6	0,180	10 u. 11
VI	12—14	46,23	12,2	0,264	12 u. 13
III—VI	5—14	171,15	32,4	0,189	7—13

k) Eine einzelne Puppe von Vanessa Jo, von der ganz dasselbe wie von g zu sagen ist.

α. Beobachtungen:

Nummer der Wägung.	Zeit.			Gewicht der Puppe.
1.	27/6 1865	11^{45} V.	=	0,51990 Grms.
2.	28/6 »	11^{45} V.	=	0,51590 »
3.	29/6 »	11^{45} V.	=	0,51240 »
4.	30/6 »	9^{50} V.	=	0,50870 »
5.	» »	11^{45} V.	=	0,50850 »
6.	1/7 »	10^{39} V.	=	0,50385 »
7.	» »	4^{58} N.	=	0,50285 »
8.	2/7 »	12^{12} N.	=	0,50015 »
9.	3/7 »	5 N.	=	0,49525 »
10.	4/7 »	11^{37} V.	=	0,49205 »
11.	5/7 »	10^{23} V.	=	0,48735 »
12.	« »	4^{41} N.	=	0,48605 »
13.	6/7 »	4^{31} N.	=	0,48005 »
14.	7/7 »	2^{56} N.	=	0,47215 »

β. Berechnungen:

Nummer des Intervalles.	Grenzen des Intervalles in Nummern der Beobachtung.	Zeitdauer in Stunden.	Gewichtsverlust in Milligrams.	Mittlere stündliche Gewichtsabnahme in Milligrams.	Alter der Puppe in Tagen.
I	1—2	24,00	4,0	0,167	4
IIa	2—3	24,00	3,5	0,146	5
b	3—4	22,08	3,7	0,168	6
c	4—5	1,92	0,2	0,104	»
IIIa	5—6	22,90	4,65	0,203	7
b	6—7	6,31	1,0	0,159	»
IVa	7—8	19,24	2,7	0,140	8
b	8—9	28,80	4,9	0,170	9
Va	9—10	18,62	3,2	0,172	10
b	10—11	23,10	4,7	0,203	11
c	11—12	5,96	1,3	0,218	»
VIa	12—13	23,84	6,0	0,252	12
b	13—14	22,41	7,9	0,353	13

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

oder, wenn man, wie oben, die kleineren Zeiträume zu grösseren zusammenfasst:

I	1—2	24,00	4,0	0,167	4
II	2—5	48,00	7,4	0,152	5 u. 6
III	5—7	29,21	5,65	0,193	7
IV	7—9	48,04	7,6	0,158	8 u. 9
V	9—12	47,68	9,2	0,193	10 u. 11
VI	12—14	46,25	13,9	0,301	12 u. 13
III—VI	5—14	171,18	36,35	0,212	7—13

l) Eine einzelne Puppe von Vanessa Jo, die ich in dem Zeitraume vom 30. Juni bis zum 7. Juli 1865 zu verschiedenen Tageszeiten 10mal gewogen habe. Die erste Wägung geschah am 6. Tage nach der Verpuppung und die letzte ungefähr 18 Stunden vor dem Auskommen des Schmetterlinges. Die Puppe l (sowie die 3 erst später zu besprechenden Puppen m, n und o) datirt ihre Verpuppung von demselben Tage, als die im Vorhergehenden besprochenen Puppen g, h, i und k. Ferner fand das Ausschlüpfen des Schmetterlinges bei allen 8 Puppen zu nahezu derselben Zeit statt. Die Gewichtsbestimmungen wurden an allen 8 Puppen vom 6. Tage nach der Verpuppung an meistens dicht hintereinander, also zu ungefähr derselben Zeit, ausgeführt. Um nun später eine leichtere Vergleichung der Gewichtsabnahme der 8 Puppen anstellen zu können, sei es mir erlaubt, die thatsächlich erste Gewichtsbestimmung von l mit der Ziffer 5 und den von dieser Beobachtung an beginnenden Zeitraum mit der Ziffer III zu bezeichnen.

α. Beobachtungen:

Nummer.	Zeit.		Gewicht der Puppe.
5.	30/6 1865	11^{10} V.	= 0,48160 Grms.
6.	1/7 »	10^{10} V.	= 0,47400 »
7.	» »	4^{23} N.	= 0,47300 »
8.	2/7 »	11^{45} V.	= 0,46880 »
9.	3/7 »	4^{37} N.	= 0,46310 »
10	4/7 »	11^{13} V.	= 0,45900 »
11.	5/7 »	10^{20} V.	= 0,45330 »
12.	» »	4^{58} N.	= 0,45100 »
13.	6/7 »	4^{49} N.	= 0,44230 »
14.	7/7 »	2^{59} N.	= 0,43200 »

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

β Berechnungen:

Nummer des Intervalles.	Grenzen des Intervalles in Nummern der Beobachtung.	Zeitdauer in Stunden.	Gewichtsverlust in Milligrams.	Mittlere stündliche Gewichtsabnahme in Milligrams.	Alter der Puppe in Tagen.
IIIa	5—6	23,00	7,6	0,33	7
b	6—7	5,22	1,0	0,19	»
IVa	7—8	20,37	4,2	0,20	8
b	8—9	28,87	5,7	0,20	9
Va	9—10	18,60	4,1	0,22	10
b	10—11	23,12	5,7	0,25	11
c	11—12	6,63	2,3	0,35	»
VIa	12—13	23,85	8,7	0,37	12
b	13—14	22,17	10,3	0,47	13

In vereinfachter Form lautet die Tabelle:

III	5—7	29,21	8,6	0,294	7
IV	7—9	48,24	9,9	0,205	8 u. 9
V	9—12	48,35	12,1	0,250	10 u. 11
VI	12—14	46,02	19,0	0,413	12 u. 13
III—VI	5—14	171,82	49,6	0,289	7—13

m) Eine Puppe von Vanessa Jo. (Die näheren Verhältnisse siehe bei l.)

α. Beobachtungen:

Nummer.	Zeit.		Gewicht der Puppe.
5.	$^{30}/_{6}$ 1865 11^{5} V.	=	0,48415 Grms.
6.	$^{1}/_{7}$ » 10^{21} V.	=	0,47620 »
7.	» » 4^{33} N.	=	0,47530 »
8.	$^{2}/_{7}$ » 10^{53} V.	=	0,47100 »
9.	$^{3}/_{7}$ » 4^{45} N.	=	0,46440 »
10.	$^{4}/_{7}$ » 11^{10} V.	=	0,45990 »
11.	$^{5}/_{7}$ » 10^{17} V.	=	0,45390 »
12.	» » 4^{56} N.	=	0,45110 »
13.	$^{6}/_{7}$ » 4^{46} N.	=	0,44190 »
14.	$^{7}/_{7}$ » 3 N.	=	0,43040 »

β. Berechnungen:

Nummer des Intervalles.	Grenzen des Intervalles in Nummern der Beobachtung.	Zeitdauer in Stunden.	Gewichtsverlust in Milligrams.	Mittlere stündliche Gewichtsabnahme in Milligrams.	Alter der Puppe in Tagen.
IIIa	5—6	23,27	7,95	0,342	7
b	6—7	6,20	0,9	0,145	»
IVa	7—8	18,33	4,3	0,235	8
b	8—9	29,87	6,6	0,221	9

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Nummer des Intervalles.	Grenzen des Intervalles in Nummern der Beobachtung.	Zeitdauer in Stunden.	Gewichtsverlust in Milligrams.	Mittlere stündliche Gewichtsabnahme in Milligrams.	Alter der Puppe in Tagen.
Va	9—10	18,41	4,5	0,244	10
b	10—11	23,12	6,0	0,259	11
c	11—12	6,65	2,8	0,421	»
VIa	12—13	23,83	9,2	0,386	12
b	13—14	22,24	11,5	0,502	13

oder vereinfacht:

III	5—7	29,47	8,85	0,300	7
IV	7—9	48,20	10,9	0,226	8 u. 9
V	9—12	48,18	13,3	0,276	10 u. 11
VI	12—14	46,07	20,7	0,449	12 u. 13
III—VI	5—14	171,92	53,75	0,313	7—13

n) Eine Puppe von Vanessa Jo. (Die näheren Verhältnisse siehe bei l.)

α. Beobachtungen.

Nummer.	Zeit.		Gewicht der Puppe.
5.	$^{30}/_{6}$ 1865 $11^{}$ V.	=	0,45000 Grms.
6.	$^{1}/_{7}$ » 10^{14} V.	=	0,43745 »
7.	» » 4^{30} N.	=	0,43500 »
8.	$^{2}/_{7}$ » 10^{50} V.	=	0,42810 »
9.	$^{3}/_{7}$ » 4^{28} N.	=	0,41820 »
10.	$^{4}/_{7}$ » 11^{19} V.	=	9,41070 »
11.	$^{5}/_{7}$ » 10^{26} V.	=	0,40200 »
12.	» » 4^{53} N.	=	0,39900 »
13.	$^{6}/_{7}$ » 4^{42} N.	=	0,38680 »
14.	$^{7}/_{7}$ » 3^{4} N.	=	0,32280 »

β. Berechnungen:

Nummer des Intervalles.	Grenzen des Intervalles in Nummern der Beobachtung.	Zeitdauer in Stunden.	Gewichtsverlust in Milligrams.	Mittlere stündliche Gewichtsabnahme in Milligrams.	Alter der Puppe in Tagen.
IIIa	5—6	23,23	12,55	0,540	7
b	6—7	6,27	2,45	0,391	»
IVa	7—8	18,33	6,9	0,376	8
b	8—9	29,64	9,9	0,334	9
Va	9—10	18,84	7,5	0,398	10
b	10—11	23,12	8,7	0,376	11
c	11—12	6,45	3,0	0,465	»
VIa	12—13	23,82	12,2	0,512	12
b	13—14	22,37	64,0	2,861	13

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

oder vereinfacht:

III	5—7	29,5	15	0,508	7
IV	7—9	47,97	16,8	0,350	8 u. 9
V	9—12	48,41	19,2	0,397	10 u. 11
VI	12—14	46,19	76,2	1,650	12 u. 13
III—VI	5—14	172,07	127,2	0,739	7—13

o) Eine Puppe von Vanessa Jo. (Die näheren Verhältnisse siehe bei l.)

α. Beobachtungen:

Nummer.	Zeit.		Gewicht der Puppe.
5.	$^{30}/_{6}$ 1865 10^{55} V.	=	0,43290 Grms.
6.	$^{1}/_{7}$ » 10^{17} V.	=	0,42320 »
7.	» » 4^{37} N.	=	0,42160 »
8.	$^{2}/_{7}$ » 11^{57} V.	=	0,41690 »
9.	$^{3}/_{7}$ » 4^{41} N.	=	0,40990 »
10.	$^{4}/_{7}$ » 11^{21} V.	=	0,40610 »
11.	$^{5}/_{7}$ » 10^{23} V.	=	0,40010 »
12.	» » 4^{50} N.	=	0,39550 »
13.	$^{6}/_{7}$ » 4^{40} N.	=	0,37990 »
14.	$^{7}/_{7}$ » 4^{6} N.	=	0,36260 »

β. Berechnungen:

Nummer des Intervalles.	Grenzen des Intervalles in Nummern der Beobachtung.	Zeitdauer in Stunden.	Gewichtsverlust in Milligrams.	Mittlere stündliche Gewichtsabnahme in Milligrams.	Alter der Puppe in Tagen.
III a	5—6	23,37	9,7	0,406	7
b	6—7	6,33	1,6	0,253	»
IV a	7—8	19,33	4,7	0,243	8
b	8—9	28,72	7,0	0,244	9
V a	9—10	18,68	3,8	0,203	10
b	10—11	23,04	6,0	0,260	11
c	11—12	6,44	4,6	0,714	»
VI a	12—13	23,84	15,6	0,654	12
b	13—14	23,43	17,3	0,738	12

oder vereinfacht:

III	5—7	29,7	11,3	0,380	7
IV	7—9	48,05	11,7	0,243	8 u. 9
V	9—12	48,16	14,4	0,299	10 u. 11
VI	12—14	47,27	32,9	0,696	12 u. 13
III—VI	5—14	173,18	70,3	0,406	7—13

Um die Gewichtsabnahme der im Vorhergehenden besprochenen 8 Puppen g, h, i, k, l, m, n, o, deren Entwickelung und Verwandlung

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

zu einer und derselben Zeit stattfand, die also dabei einerlei meteorologischen Verhältnissen ausgesetzt waren, anschaulicher vergleichen zu können, soll jetzt eine Tabelle der mittleren stündlichen Gewichtsabnahme in den 6 grösseren Beobachtungsintervallen für sämmtliche 8 Puppen zusammengestellt werden:

Nummer des Intervalles.	Ungefähre Zeitdauer des Intervalles.	Alter der Puppe in Tagen.	Mittlere stündliche Gewichtsabnahme in Milligrms. von							
			g.	h.	i.	k.	l.	m.	n.	o.
I	$^{27}/_{6}$ 11^{30}–$^{28}/_{6}$ 11^{30}	4	0,111	0,148	0,133	0,167				
II	$^{28}/_{6}$ 11^{30}–$^{30}/_{6}$ 11^{30}	5 u. 6	0,101	0,135	0,146	0,152				
III	$^{30}/_{6}$ 11^{30}– $^{1}/_{7}$ 4^{30}	7	0,133	0,148	0,178	0,193	0,294	0,300	0,508	0,380
IV	$^{1}/_{7}$ 4^{30}– $^{3}/_{7}$ 4^{30}	8 u. 9	0,127	0,154	0,133	0,158	0,205	0,226	0,350	0,243
V	$^{3}/_{7}$ 4^{30}– $^{5}/_{7}$ 4^{30}	10 u. 11	0,143	0,180	0,180	0,193	0,250	0,276	0,397	0,299
VI	$^{5}/_{7}$ 4^{30}– $^{7}/_{7}$ 2^{30}	12 u. 13	0,285	0,300	0,264	0,301	0,413	0,449	1,650	0,696
III-VI	$^{30}/_{6}$ 11^{30}– $^{7}/_{7}$ 2^{30}	7—13	0,175	0,200	0,189	0,212	0,289	0,313	0,739	0,406

Dabei muss bemerkt werden, dass das Wetter im I. Intervall zumeist feucht und kühl, im II. warm und freundlich, im III. regnerisch, im IV. feucht und kühl, im V. freundlich und im VI. warm war.

Sämmtliche 8 Puppen befanden sich in dem Zeitraum von der Verpuppung bis zur ersten Wägung in einer kleinen verschlossenen Pappschachtel; g, h, i und k im Intervall I und II unter verschiedenen, auf einem Holzbrett ruhenden, Glasglocken; im Intervall III und IV jedoch unter einer gemeinsamen grossen Glasglocke, welche auf einem mit Löschpapier bedeckten Brette stand. Es lässt sich annehmen, dass auf diese Weise der Luftwechsel unter der Glocke nur sehr schwierig vor sich gehen konnte. Im Intervall V wurde das Papier, welches vorher die gemeinsame Glocke über g, h, i und k von dem Holzbrett schied, fortgelassen. Während dieser ganzen Zeit, also während der Intervalle III, IV und V befanden sich die Puppen l, m, n und o noch immer in der oben erwähnten kleinen Pappschachtel, in der aber, da jetzt der Deckel etwas geöffnet gehalten wurde, ein reger Luftwechsel stattfinden konnte. In dem letzten VI. Intervall befanden sich alle 8 Puppen unter frei schwebenden Digerirgläsern, sodass die frische Luft von allen Seiten frei zutreten konnte. Im Allgemeinen wurden die Puppen in einem Raume aufbewahrt, der keine grossen Temperaturschwankungen erlitt.

p) Puppe von Vanessa Jo, von mir am 12. und 13. Juli 1865 2mal gewogen. Die letzte Wägung geschah 13 Minuten vor dem Auskommen des Schmetterlinges.

Nummer.	Zeit.		Gewicht der Puppe.
1.	$^{12}/_{7}$ 1865 12^{55} N.	=	0,2879 Grms.
2.	$^{13}/_{7}$ » 8^{17} V.	=	0,2812 »

Zeit.	Verlust.	Mittlere stündliche Gewichtsabnahme.
19,36 St.	6,7 Milligrms.	0,35 Milligrms.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

q) Eine Puppe von Vanessa Jo, ebenso wie p gewogen; die letzte Wägung geschah $6\frac{1}{2}$ Stunde vor dem Auskommen des Schmetterlinges.

1.	$^{12}/_{7}$ 1865. 1^{3} N.	=	0,3424 Grms.	
2.	$^{13}/_{7}$ » 8^{21} V.	=	0,3351 »	
	19,30 . . .	7,3 . . .	0,38	

r) Eine Puppe von Vanessa Jo, ebenso wie p gewogen; die letzte Wägung geschah $6\frac{2}{3}$ Stunden vor dem Auskommen des Schmetterlinges.

1.	$^{12}/_{7}$ 1865. 1^{5} N.	=	0,3345 Grms.	
2.	$^{13}/_{7}$ » 8^{24} V.	=	0,3297 »	
	19,31 . . .	4,8 . . .	0,25	

s) Eine Puppe von Vanessa Jo, ebenso wie p gewogen; die letzte Wägung geschah 3 Stunden vor dem Auskommen des Schmetterlinges.

1.	$^{12}/_{7}$ 1865. 1^{13} N.	=	0,3902 Grms.	
2.	$^{13}/_{7}$ » 8^{38} V.	=	0,3829 »	
	19,41 . . .	7,3 . . .	0,38	

t) Eine Puppe von Vanessa Jo, ebenso wie p gewogen; die letzte Wägung geschah $1\frac{1}{4}$ Stunde vor dem Auskommen des Schmetterlinges.

1.	$^{12}/_{7}$ 1865. 1^{15} N.	=	0,31850 Grms.	
2.	$^{13}/_{7}$ » 8^{43} V.	=	0,31789 »	
	19,46 . . .	6,1 . . .	0,31	

Vergleicht man nun alle diese Beobachtungsreihen mit einander, so sieht man ein Gesetz deutlich in ihnen ausgesprochen. In der ersten Zeit des Puppenzustandes nimmt die Intensität der Gewichtsabnahme ziemlich schnell, aber nicht plötzlich, ab, während sie in der letzten Zeit desselben schnell und bisweilen sehr plötzlich zuzunehmen scheint. Das Erstere sieht man deutlich an den Puppen a bis f; das Letztere an g bis o. Durch diese plötzliche Zunahme des mittleren stündlichen Gewichtsverlustes erreicht derselbe bei d, e und f am Ende des Puppenzustandes einen mindestens doppelt so hohen Betrag, als im Anfang desselben. Bei b und c bleibt die Endabnahme dagegen ein Wenig hinter der Anfangsabnahme zurück. Doch scheinen die allerdings nicht vollständigen Beobachtungen an n und o darauf hinzudeuten, dass die Endabnahme die Anfangsabnahme zuweilen um ein sehr Bedeutendes

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

zu übersteigen vermag. In der mittleren Zeit des Puppenzustandes findet die geringste Gewichtsabnahme statt. Es scheint während dieser Zeit die Temperatur des umgebenden Mediums, sowie die Stärke des Gaswechsels in demselben von häufig bestimmendem Einfluss zu sein. So finden wir bei allen Beobachtungen in dieser Periode sehr viele Schwankungen. Sucht man sich von geringeren Schwankungen durch Zusammenfassen von mehreren Beobachtungsintervallen unabhängig zu machen, so kann man in der Mehrzahl der Fälle beobachten, dass das Hauptminimum der Gewichtsabnahme in das zweite Viertel der Entwickelungszeit der Puppe fällt: So während des 11tägigen Puppenzustandes bei a auf den 5. Tag; während des 16tägigen Puppenzustandes von b und c bei b auf den 5. und 6. und bei c auf den 6. Tag; während des 18tägigen Puppenzustandes von d und e bei d auf den 7. und 8., bei e auf den 8. und 9. Tag; während des 17tägigen Puppenzustandes von f auf den 5. und 6. Tag und endlich während des 14tägigen Puppenzustandes von g bis k bei g, h und k auf den 5. und bei i auf den 4. und 5. Tag. — Minima von geringerem Betrage und offenbar geringerer Bedeutung fallen bei fast allen beobachteten Puppen in das 3. Viertel der Entwickelungszeit. Bei den 8 Puppen g bis o lässt sich ein solches geringeres Minimum durch mangelhaften Gaswechsel und ungünstiges Wetter erklären. Dabei ist jedoch schwer einzusehen, weshalb bei ganz denselben äusseren Umständen das Minimum bei 2 Puppen (i und k) auf den 8., bei 3 Puppen (h, m und n) auf den 9., bei einer (l) auf den 8. und 9. und bei 2 erst auf den 10. Tag der 14tägigen Entwickelungszeit fällt. —

Man wird so dazu geführt, eine grosse individuelle auf die innere Organisation gegründete Verschiedenheit in dem Einflusse, den äussere Umstände auf die Gewichtsabnahme der Puppen ausüben können, anzunehmen. Zu dieser Annahme einer bedeutenden individuellen Verschiedenheit leitet uns aber auch noch die Thatsache hin, dass bei den Puppen von derselben Species, von demselben Alter, von derselben Entwickelungszeit, unter ganz ähnlichen Verhältnissen eine so ungleich grosse Gewichtsabnahme stattfindet. So ist die mittlere stündliche Gewichtsabnahme der 8 zu gleicher Zeit gewogenen Puppen g—o vom 7. bis zum 13. Tage der 14tägigen Entwickelung für:

g	=	0,175	Milligrms.
h	=	0,200	»
i	=	0,189	»
k	=	0,212	»
l	=	0,289	»
m	=	0,313	»

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

n	=	0,739	Milligrms.
o	=	0,406	»

Die Gewichtsabnahme von n ist mithin über viermal so stark, als die von g und noch weit über doppelt so stark, als die von l, das sich mit n bis auf die kleinsten Umstände unter gleichen Verhältnissen befand. — Man könnte geneigt sein, anzunehmen, mit dieser so enorm verschiedenen Gewichtsabnahme stehe das anfängliche Gewicht der Puppe in einem constanten Verhältnisse. Dies ist jedoch offenbar nicht der Fall; denn g wog zu Anfang des obigen Beobachtungsintervalles 470,6; l, das fast doppelt so viel als g abnimmt, 481,6, und n, das über doppelt so viel als l an Gewicht verliert, 450 Milligrams. — Auch die Vergleichung des Endgewichtes:

g	=	441	Milligrms.
h	=	454	»
i	=	429	»
k	=	418	»
l	=	432	»
m	=	430	»
n	=	323	»
o	=	365	»

lässt uns keine Erklärung jener auffallenden Thatsache finden. — Männchen und Weibchen unterscheiden sich bekanntlich im Zustande des Schmetterlinges sehr bedeutend im Gewichte; nichts liegt also näher, als einen Unterschied des Geschlechtes in der verschieden starken Gewichtsabnahme zu vermuthen. Leider wurde von mir versäumt, bei den einzelnen Individuen das Geschlecht zu bestimmen. Wir würden jedoch dadurch für diesen Zweck keinen Schritt weiter kommen; denn innerhalb der beiden Gruppen, in die man danach die sämmtlichen Beobachtungsreihen würde vertheilen müssen, liesse sich eine bedeutende individuelle Verschiedenheit wieder nicht leugnen.

Um sich von dieser individuellen Verschiedenheit bei den allgemeinen Schlussfolgerungen unabhängig zu machen, wäre es nöthig, genauere und vor Allem mehr Beobachtungen anzustellen, als es mir zu machen möglich war. Indem man ferner den Einfluss der äusseren Umstände auf das Individuum genau quantitativ durch Versuche feststellte, so wie es von Newport schon begonnen ist [1]), würde man werthvollere Tabellen erhalten, als es die obigen zu sein beanspruchen. — Für jenes handgreifliche Gesetz jedoch, welches oben, kurz auseinandergesetzt, an die Spitze dieser Betrachtung gestellt wurde, genügen solche Tabellen vollständig.

1) Philosophical Transact., 1837, pag. 329—338.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Ueberhaupt liefern die obigen Tabellen eine Reihe von Thatsachen, die, im Einzelnen recht interessant, im Allgemeinen aber bis jetzt von wenig Bedeutung sind, da man das Verhältniss derselben zu den physiologischen Vorgängen während des Puppenzustandes noch nicht recht verstehen kann. — Da die genaue Erörterung der Tabellen sehr weit führen und verhältnissmässig wenig nützen würde, unterlasse ich jetzt jede weitere Auseinandersetzung. Ein aufmerksamer Blick auf die Tabellen selbst leistet mehr, als noch so viele Worte.

Auf 2 Verhältnisse muss jedoch noch besonders aufmerksam gemacht werden, nämlich 1) den Einfluss der Nacht und 2) den Einfluss der Schmetterlingsentwickelung in den letzten Stunden oder Minuten vor dem Ausschlüpfen des vollendeten Thieres.

Um einen Einfluss der Nacht aus obigen Tabellen ableiten zu können, ist es nur möglich, wenige Beobachtungen zu benutzen. Zunächst für die ersten Tage des Puppenzustandes geben die Beobachtungen 9—13 an a Aufschluss. Es wechselt eine Beobachtung vom Morgen mit einer vom Nachmittage ab. In den Intervallen tritt also abwechselnd der Einfluss des Tages und der Nacht auf. Wenn man nun die mittlere stündliche Gewichtsabnahme findet im Intervall:

IX	bei Tageseinfluss	=	0,159	Milligrms.
X	bei Nachteinfluss	=	0,125	»
XI	bei Tageseinfluss	=	0,128	»
XII	bei Nachteinfluss	=	0,102	»

so ist leicht ersichtlich, wie, bei einem gewissen Sinken der Gewichtsabnahme, der Einfluss der Nacht dieselbe jedesmal unter das mittlere Niveau hinunterdrückt. Ueber den Einfluss der Nacht in den späteren Tagen des Puppenzustandes fehlt es an präcisen Beobachtungen, da keine derselben ursprünglich zu diesem Zwecke angestellt wurde. Man würde bei den Puppen g bis o in den Intervallen IIb, IVa, Va einen Einfluss der Nacht, IIc, IIIb, IVb, Vc einen Einfluss des Tages vermuthen können. Die Beobachtungen widersprechen sich jedoch bisweilen infolge der Fehler, denen sie bei den kleineren Zeitintervallen ausgesetzt sind.

Befriedigender sind die Beobachtungen über die Gewichtsabnahme in den letzten Stunden oder Minuten vor dem Auskommen des Schmetterlinges. Schon die Tabellen von b bis f deuten darauf hin, dass die Gewichtsabnahme an dem letzten Tage allerdings eine bedeutende Höhe erreicht, gegen die Gewichtsabnahme dagegen, welche bald darauf am Schmetterlinge zu beobachten ist, immerhin noch eine geringe genannt werden kann. Die Beobachtungen an den 8 folgenden Puppen konnten nur bis 18 Stunden vor dem Aus-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

kommen des Schmetterlinges fortgesetzt werden, kommen also hier nicht in Betracht. Erst die Wägungen von p, q, r, s und t geben gründliche Aufklärung über diese Verhältnisse. Denn sie geben die mittlere stündliche Gewichtsabnahme in einem Zeitraume an, der, ungefähr 19 Stunden betragend, erst wenige Stunden, einmal sogar wenige Minuten vor dem Ausschlüpfen des vollendeten Thieres, beendigt wird. Wir sehen daraus, dass die mittlere stündliche Gewichtsabnahme in den letzten Stunden und Minuten vor Beendigung des Puppenzustandes nicht unverhältnissmässig gesteigert wird. Denn r, welches $6\frac{2}{3}$ Stunden vor dem Ausschlüpfen zuletzt gewogen wurde, zeigt eine mittlere stündliche Gewichtsabnahme von 0,25 Milligrams und

q	$6\frac{1}{2}$ Stunde	0,38	Milligrms.
s	3 »	0,38	»
t	$1\frac{1}{4}$ »	0,31	»
p	13 Minuten	0,35	»

Die Schlüsse, die man aus der Gewichtsabnahme während des Puppenzustandes auf die innere Entwickelung der Puppen von Vanessa urticae und Vanessa Jo ziehen kann, in so fern dieselbe ununterbrochen und durch eine im Ganzen gleichmässig warme Witterung begünstigt vor sich geht, lassen sich nun mit wenigen Worten allgemein aussprechen:

Die Umwandlungsthätigkeit ist während des ersten Viertels des Puppenzustandes eine verhältnissmässig bedeutende. Sie ist jedoch vom ersten Augenblick an im Sinken begriffen und sinkt schnell, aber nicht plötzlich. Sie erreicht im zweiten Viertel des Puppenzustandes ihr Minimum; von da an nimmt sie während des dritten Viertels allmählich wieder zu, wobei jedoch durch die Verhältnisse ein deutliches Schwanken leicht bewirkt werden kann. Im letzten Viertel findet eine schnelle und in den letzten Tagen eine bisweilen plötzliche Zunahme der Entwickelungsthätigkeit statt. Dieselbe gelangt in den letzten Stunden vor dem Auskommen des Schmetterlinges allerdings auf die höchste Höhe, wobei sie jedoch für gewöhnlich keine unverhältnissmässig verschiedene Dimensionen annimmt, als in den letzten Tagen des Puppenzustandes überhaupt.

Die Nacht scheint nach den Beobachtungen an a in den ersten Tagen des Puppenzustandes entschieden herabzustimmen. Ob dies später ebenfalls geschieht, lassen die Beobachtungen an den Puppen g bis o zweifelhaft. Jedenfalls wird man von einem hindernden Einflusse eines etwaigen Schlafes in der Nacht nicht reden können, wenngleich

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

auf der anderen Seite ein Einfluss der nächtlichen Abkühlung der Luft sehr wahrscheinlich ist.

Die Entwickelung des Schmetterlinges, soweit sie in der Bildung und Umwandlung des Gewebes besteht, ist vollendet, sobald die Hülle von dem Schmetterlinge durchbrochen wird. Hier sind wir jetzt angelangt. Es wird an dieser Stelle nicht überflüssig sein, die Entwickelung des Schmetterlinges auf Grundlage der Gewichtsabnahme der erwachsenen Raupe und der Puppe noch einmal im Zusammenhange zu überblicken.

Die Umwandlungsthätigkeit beginnt bei der Raupe von Vanessa urticae, sobald dieselbe das Spinngeschäft, durch welches sie sich, mit dem Kopf nach unten, freischwebend aufzuhängen pflegt, beendigt hat. Die Stärke derselben ist in der dritten Stunde nach diesem Acte im Durchschnitt durch die Zahl 0,750 repräsentirt (ich erlaube mir, das Maass für die Intensität der Gewichtsabnahme der einzelnen Raupe für das Maass der Lebensthätigkeit zu gebrauchen). Die Umwandlungsthätigkeit nimmt von da an zu, wie sie wahrscheinlich schon vorher im Steigen begriffen war, und zwar so, dass sie in der zweiten Hälfte der 4. Stunde das Maximum = 1,183 erreicht hat. Von hier an nimmt dieselbe allmählich ab, sodass sie in der 7. und 8. Stunde durchschnittlich = 0,634 ist. Ungefähr nach der 11. Stunde verpuppen sich die Raupen. Mit diesem Acte sinkt die innere Umwandlungsthätigkeit plötzlich bedeutend herab, sodass sie in der 16. bis 24. Stunde nach der Verpuppung durchschnittlich nur = 0,195. Von da an findet ein allmähliches Sinken der Entwickelungsthätigkeit statt, sowie es wahrscheinlich ist, dass in den ersten 15 Stunden nach der Verpuppung die Abnahme derselben ebenfalls eine allmähliche war. Am zweiten Tage ist dieselbe = 0,102, am vierten = 0,080, am fünften = 0,065. Zunächst, von hier an, scheint dann wieder ein allmähliches Steigen der Entwickelungsthätigkeit stattzufinden, bis nach etwa 11 Tagen der Schmetterling von Vanessa urticae auskommt. Das Steigen der Umwandlungsthätigkeit wollen wir an der Puppe h von Vanessa Jo verfolgen, die, 14 Tage zur Verwandlung gebrauchend, offenbar als Norm für diese Species aufgestellt werden kann. Das Minimum liegt hier nicht so tief, als bei Vanessa urticae und tritt verhältnissmässig früher, d. h. ebenfalls am fünften Tage, ein. Es beträgt für den ganzen fünften Tag im Durchschnitt = 0,129. Am siebenten Tage ist die Umwandlungsthätigkeit im Durchschnitt = 0,148; am achten und neunten für beide Tage durchschnittlich = 0,154 und am zehnten und elften in derselben Weise = 0,180. Am Ende dieser letzten Periode hat schon ein etwas stärkeres Steigen begonnen. Dies setzt sich fort, sodass für den zwölften Tag die durchschnittliche Umwandlungsthätigkeit = 0,227

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

und für den dreizehnten = 0,379 ist. In dieser Weise steigt dieselbe noch 18 Stunden lang, bis das Ausschlüpfen erfolgt. Man sieht aus diesen Beispielen, wie weit die Umwandlungsthätigkeit der Puppe im Ganzen hinter der der erwachsenen Raupe zurückbleibt. — Mit diesen Resultaten stimmen im Allgemeinen diejenigen vollständig überein, die sich aus Newport's ausgedehnten Beobachtungsreihen über Puls- und Respirationsfrequenz herleiten lassen[1]).

D. Gewichtsabnahme des Schmetterlinges von dem Augenblicke an, wo er seine Hülle durchbricht.

Wenn wir zunächst die Gewichtsabnahme, die möglicherweise stattfinden kann, im Gedanken qualitativ analysiren, müssen wir für die ersten Minuten oder Stunden der nicht durch Respiration vermittelten Wasserverdunstung den ersten Platz einräumen. Denn sowohl Puppenhülle als Schmetterling erscheinen kurz nach dem Auskommen, die erstere auf der Innenfläche, der letztere auf der äusseren Oberfläche, mit einer Feuchtigkeit übergossen, die der Verdunstung ausgesetzt ist. Hand in Hand mit dieser Verdunstung geht das Festwerden des Körpers und der Flügel, die durch eine besonders starke Respirationsthätigkeit aufgebläht und getrocknet werden, vor sich. Gerade diese starke Respirationsthätigkeit bedingt zweitens eine sehr bedeutende Gewichtsabnahme, und zwar, sobald die Wasserverdunstung aufgehört hat, die einzige, welche stetig ohne Pause stattfindet. Dazu kommt drittens noch diejenige Gewichtsabnahme, welche durch die in einzelnen Tropfen vor sich gehende Aussonderung der harnartigen Substanz bewirkt wird, die während des Larvenzustandes infolge von nur theilweiser Oxydation des Gewebes im Körper sich aufhäuft. — So ist der Gewichtsverlust am ersten Tage des Schmetterlinges aus jenen 3 Factoren zusammengesetzt und es erscheint auf diese Weise kaum auffallend, wenn z. B. der um 3^5 N. ausgekommene Schmetterling der Puppe r, welche 8^{24} V. desselben Tages 0,3297 Grms. wog, um 11^{15} V. des folgenden Tages nur noch 0,2164 Grms. wiegt. In ähnlicher Weise sind die folgenden Beobachtungstabellen an den schon oben besprochenen Puppen b, c, k, l, m, n, o, q, s, t und zwei neu hinzukommenden, von Herrn Professor Wicke beobachteten, Puppen u und v zu erklären:

b)	Puppe kurz vor	8^{45} V.	=	0,4385 Grms.
		8^{45} V. ausgekommen.		
	Schmetterling	1 N.	=	0,2365 »

1) Philosophical Transact., 1837, pag. 275, 292, 313, 315, 317, 318, 328.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

c)	Puppe kurz vor . . .	9 V.	=	0,4275	Grms.
		9 V. ausgekommen.			
	Schmetterling	1 N.	=	0,2395	»
k)	Puppe	$^{7}/_{7}$ 2^{56} N.	=	0,47215	»
		$^{8}/_{7}$ 9^{45} V. (?) ausgekommen.			
	Schmetterling . . .	$^{8}/_{7}$ 11^{30} V.	=	0,25815	»
l)	Puppe	$^{7}/_{7}$ 2^{59} N.	=	0,4320	»
		$^{8}/_{7}$ 10^{15} V. ausgekommen.			
	Schmetterling . . .	$^{8}/_{7}$ 2^{35} N.	=	0,2281	»
m)	Puppe	$^{7}/_{7}$ 3 N.	=	0,4304	»
		$^{8}/_{7}$ 9^{30} V. ausgekommen.			
	Schmetterling . . .	$^{8}/_{7}$ 11^{28} V.	=	0,19805	»
n)	Puppe	$^{7}/_{7}$ 3^{4} N.	=	0,3228	»
		$^{8}/_{7}$ 9^{30} V. ausgekommen.			
	Schmetterling . . .	$^{8}/_{7}$ 11^{34} V.	=	0,22305	»
o)	Puppe	$^{7}/_{7}$ 4^{6} N.	=	0,3626	»
		$^{8}/_{7}$ 9^{30} V. ausgekommen.			
	Schmetterling . . .	$^{8}/_{7}$ 11^{25} V.	=	0,23225	»
q)	Puppe	$^{13}/_{7}$ 8^{21} V.	=	0,3351	»
		$^{13}/_{7}$ 2^{53} N. ausgekommen.			
	Schmetterling . . .	$^{14}/_{7}$ 11^{20} V.	=	0,1683	»
s)	Puppe	$^{13}/_{7}$ 8^{38} V.	=	0,3829	»
		$^{13}/_{7}$ 11^{40} V. ausgekommen.			
	Schmetterling . . .	$^{14}/_{7}$ 3^{58} N.	=	0,2169	»
t)	Puppe	$^{13}/_{7}$ 8^{43} V.	=	0,3124	»
		$^{13}/_{7}$ 10 V. ausgekommen.			
	Schmetterling . . .	$^{13}/_{7}$ 4^{16} N.	=	0,1705	»
u)	Puppe		=	0,3170	»
	Schmetterling (nach d. Harnentleerung)		=	0,1552	»
v)	Puppe		=	0,3850	»
	Schmetterling (nach d. Harnentleerung)		=	0,2300	»

Diese sehr bedeutende Gewichtsabnahme durch das Experiment quantitativ zu analysiren, war unsere nächste Aufgabe. Den Betrag der äusseren Wasserverdunstung von dem der Respirationsausathmung zu trennen, erschien auf dem Wege der Gewichtsbestimmung unmöglich. Aber den Einfluss der Wasserverdunstung und Respirationsthätigkeit zusammen und gesondert von der Harnaussonderung zu beobachten, gelang mir an 2 Schmetterlingen, 1) an dem aus der Puppe r und 2) an dem aus der Puppe l hervorgegangenen Thiere. Bei letzterem war sogar auch der Einfluss der Wasserverdunstung auf ein Minimum beschränkt.

1) Schmetterling der Puppe r.

Die Geburt dieses Schmetterlinges war eine abnorme. Mit dem Leibe wurde er an der Hülle so befestigt gehalten, dass er dieselbe nicht abzustreifen vermochte. Auf diese Weise wurde die Aussonderung des Harns sehr lange verzögert, und während dieser Zeit war es

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

natürlich möglich, die allein durch Respirationsthätigkeit, welche allerdings abnorm gesteigert war, und durch Wasserverdunstung bewirkte Gewichtsabnahme in mehreren Beobachtungen zu constatiren. — Zur Wägung des Schmetterlinges setzt man diesen am Besten an einen schräg in ein Korkstück von breiter Grundlage gebohrten Stock. Der Schmetterling hängt in den ersten Stunden vollkommen ruhig an diesem Stocke, den Leib nach unten gekehrt. Seine ganze Lebensthätigkeit ist auf Ausbildung seiner Flügel und Entleerung der angesammelten Excremente gerichtet. Erst nach vielen Stunden, meistens durch eine Störung veranlasst, verlässt er diesen Platz, um die Tragkraft seiner Flügel zu erproben. Der Stock muss deshalb eine möglichst schräge Lage haben, weil man dadurch in den Stand gesetzt wird, auf einem untergeschobenen Uhrglase die einzelnen ausgesonderten Harntropfen aufzufangen. — Die Beobachtungsreihe an dem Schmetterlinge r ist folgende:

Nummer der Beobachtung.	Zeit.					Gewicht des Schmetterlinges.	Mittlere stündliche Gewichtsabnahme in Milligrams während des vorhergehenden Zeitraums.
1.	13/7	1865	3^{5}	N.	ausgekrochen.		
2.	»	»	3^{11}	N.	=	0,3152 Grms.	—
3.	»	»	3^{15}	N.	=	0,3132 »	30,00
4.	»	»	3^{24}	N.	=	0,3072 »	40,00
5.	»	»	$3^{27,5}$	N.	=	0,3057 »	25,71
6.	»	»	3^{29}	N.	=	0,3052 »	20,00
7.	»	»	$3^{32,5}$	N.	=	0,3042 »	17,14
8.	»	»	3^{36}	N.	=	0,3032 »	17,14
9.	»	»	4^{11}	N.	=	0,2937 »	16,28
10.	14/7	»	10^{20}	V.	=	0,2187 »	—
11.	»	»	11^{15}	V.	=	0,2164 »	2,51

Die mittlere stündliche Gewichtsabnahme ist, wie schon oben bemerkt wurde, künstlich gesteigert. Wir sehen in der Tabelle deutlich den steigernden Einfluss, den die grosse Kraftanstrengung im zweiten Intervalle herbeigeführt hat. Später, als der Schmetterling sich in sein Schicksal ergeben hatte, findet eine allmähliche Abnahme derselben statt. Sie fällt von 40 in 12 Minuten auf 17,14 und darauf so bedeutend, dass sie am nächsten Tage, wo der Schmetterling von der Hülle und einem Theil seines Harns glücklich befreit war, nur noch 2,51 beträgt.

2) Schmetterling der Puppe l.

Dieser kam ganz normal aus, entwickelte die Flügel vollständig und entleerte schon sehr bald nach dem Ausschlüpfen eine grosse Menge

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Harn, sodass die Harnaussonderung zu der Zeit, wo die folgende Wägungsreihe beginnt, als beendigt angesehen werden konnte. In der That wurde während der ganzen Zeit, in der die Wägungen ausgeführt wurden, der Schmetterling, auf der Waage sowohl, als auch während der Beobachtungsintervalle, möglichst genau beobachtet, und es konnte während dieser Zeit niemals die Entleerung auch nur eines Tropfens constatirt werden. Wenngleich diese Thatsache im Vergleich mit anderen Beobachtungen, welche noch 19 Stunden nach dem Ausschlüpfen eine Harnsecretion darthun konnten, auffallend erscheint, müssen wir dennoch annehmen, dass die folgenden Beobachtungen über Gewichtsabnahme sich fast allein auf die durch Respirationsthätigkeit bewirkte beziehen (diejenige durch äussere Wasserverdunstung konnte bei der ersten Wägung schon als nahezu beendigt angenommen werden):

Nummer der Beobachtung.	Zeit.				Gewicht des Schmetterlinges.	Mittlere stündliche Gewichtsabnahme in Milligrams während des vorhergehenden Zeitraums.
1.	$^{8}/_{7}$ 1865	10^{15} V.	ausgekrochen.			
2.	» »	2^{35} N.	=	0,2281 Grms.		—
3.	» »	2^{55} N.	=	0,2271	»	3,00
4.	$^{9}/_{7}$ »	9 V.	=	0,2116	»	0,86
5.	$^{10}/_{7}$ »	10^{6} V.	=	0,1831	»	1,14
6.	» »	4^{20} N.	=	0,1761	»	1,12
7.	$^{12}/_{7}$ »	10^{45} V.	=	0,1592	»	0,40

Diese Tabelle ergänzt die an dem Schmetterlinge der Puppe r gefundene Beobachtungstabelle vollständig. Bei einer normalen Entwickelung, sehen wir daraus, fällt die mittlere stündliche Gewichtsabnahme $4\frac{1}{2}$ Stunde nach dem Ausschlüpfen des vollendeten Thieres schon auf 3, und nach 2 Tagen ist dieselbe schon auf ungefähr 1 gesunken. Nach diesen Daten ist es möglich, die bei r beobachtete, abnorm gesteigerte, mittlere stündliche Gewichtsabnahme auf ein geringeres Maass zu reduciren. Eine Bestätigung der Richtigkeit einer solchen Reduction liefern ferner noch die wenigen an k, m und q ausgeführten Beobachtungen:

k)	1.	$^{8}/_{7}$ 1865	9^{45} V.	ausgekrochen.			
	2.	» »	11^{5} V.	=	0,25955 Grms.		—
	3.	» »	11^{30} V.	=	0,25815	»	3,33
m)	1.	$^{8}/_{7}$ 1865	9^{30} V.	ausgekrochen.			
	2.	» »	10^{51} V.	=	0,20015 Grms.		—
	3.	» »	11^{28} V.	=	0,19805	»	3,39
q)	1.	$^{13}/_{7}$ 1865	2^{53} N.	ausgekrochen.			
	2.	$^{14}/_{7}$ »	10^{25} V.	=	0,1686	»	—
	3.	» »	11^{20} V.	=	0,1683	»	0,30

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Die anfänglich doch mindestens eine zweiziffrige Zahl betragende mittlere stündliche Gewichtsabnahme ist nach wenigen Stunden bei k auf 3,33, bei m auf 3,39 und nach 19½ Stunde bei q auf 0,30 gefallen.

Die obige an l ausgeführte Beobachtungsreihe zeigt einen deutlichen, die Gewichtsabnahme vermindernden, Einfluss der Nacht. Denn in den Intervallen, welche den morgens ausgeführten Beobachtungen 4 und 7 voraufgehen und überhaupt nur wenige Stunden betragen, sodass der Einfluss der Nacht deutlich hervortreten kann, sinkt jedesmal die Gewichtsabnahme auf ein Minimum.

Wie man auf diese Weise den Gewichtsverlust durch Respiration und Verdunstung von dem durch Harnlassen bewirkten getrennt beobachten kann, steht es uns frei, auf der anderen Seite den durch Harnentleerung bewirkten Gewichtsverlust gesondert zu beobachten, indem man die Menge des entleerten Harns bestimmt. Dieser Weg scheint auf den ersten Blick viel für sich zu haben, ist jedoch sehr schwer oder fast unmöglich ohne Fehler auszuführen. Der Harn wird nicht auf einmal, er wird in vielen kleinen Tropfen entleert. Wenn man nun im Stande wäre, von einem jeden Tropfen unendlich kurze Zeit nach der Entleerung das Gewicht zu bestimmen, so würde der Fehler unendlich klein werden. Jeder Verzug in der Gewichtsbestimmung bewirkt durch die sofort eintretende Wasserverdunstung einen Fehler, der sich bei der Summirung des Gewichtes der einzelnen Tropfen zu einem bedeutenden Betrage steigert. Es wurde zu den verschiedensten Malen sowohl vom Herrn Professor Wicke, als auch vom Herrn Stud. Wicke und mir versucht, zu einem Resultat auf diesem Wege zu gelangen. Bei den vielen Wägungen, welche zu dem Zwecke angestellt sind, entstand jedoch regelmässig ein so grosser Fehler, dass dieselben zunächst nicht zu verwerthen sind. Nur einmal gelang es mir, den Fehler in möglichst geringe Dimensionen einzuschränken. Der Harn des Schmetterlinges von der Puppe k wurde zum grössten Theile ziemlich schnell nach dem Ausschlüpfen entleert. Günstiges Wetter und ausserdem noch besondere Verhältnisse, durch die der Harn vom Zutritt der Luft abgehalten wurde, bewirkten, dass die Verdunstung möglichst langsam vor sich gehen konnte. So war es möglich, die Harnmenge der 18 Stunden vor dem Auskommen 0,47215 Grms. wiegenden Puppe auf ungefähr oder wenigstens im Minimum 0,11885 Grms. zu bestimmen, sodass nach dieser Beobachtung, wenn man die Gewichtsabnahme des Schmetterlinges mit in Anschlag bringt, der Schmetterling nahezu ⅓ seines Gewichtes verliert [1]).

1) Erst bei der Correctur dieser Arbeit bin ich durch Schmidt's Jahrb. der ges. Med. (B. 128, Jahrg. 1865, p. 274 ff.) auf eine Mittheilung von Donders (Nederl.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Sichere Resultate könnte man erhalten, wenn man den Harn des Schmetterlinges in einem durchaus cylindrischen, mit Wasser gefüllten Gefässe auffinge. Da die Wasseroberfläche immer constant gross und der Einfluss, den die Mischung mit den im Harn enthaltenen und sich im Wasser lösenden Salzen auf die Diffusion des Wassers in die Luft ausübt, bei den kleinen Harnmengen, um die es sich überhaupt handelt, verschwindend klein bleibt, so würde der Betrag der Wasserverdunstung bei constanten Verhältnissen als nahezu constant angesehen werden können. Diese constante Gewichtsabnahme des Gefässes durch Wasserverdunstung kann also ein für alle Mal für bestimmte äussere Verhältnisse bestimmt werden. Diese Bestimmung müsste bei jeder Untersuchung zu der Gewichtsdifferenz des Gefässes im Anfang und am Ende des Versuches addirt werden, um das volle Gewicht des entleerten Harns zu finden.

Wenn man einen solchen Apparat wirklich zur Harnbestimmung anwendet, kann man noch einen Schritt weiter gehen, um zu gleicher Zeit durch verschiedene Beobachtungen das Gesetz festzustellen, nach welchem diejenige Gewichtsabnahme des Schmetterlinges vor sich geht, die allein durch Respiration und äussere Wasserverdunstung bewirkt wird. Man braucht nur den ganzen Apparat, d. h. das Gefäss, das Korkgestell und den an diesem über dem Gefässe hängenden Schmetterling, auf die eine Waagschale und ein ähnliches Gefäss, dessen Wasserverdunstung in ganz derselben Weise vor sich geht, als die des ersteren, mit sammt einer Anzahl von Gewichtstücken, welche das Gewicht beider Waagschalen vollständig genau aequilibriren, auf die andere Waagschale zu setzen. Nach einiger Zeit wird sich dann eine Gewichtsdifferenz zeigen, welche, wenn die Wasserverdunstung beider Gefässe in der That zu gleicher Zeit gleich stark ist, allein auf Respirationsverlust und anfangs noch auf äussere Wasserverdunstung des Schmetterlinges und der Puppenhülle zu berechnen ist. Durch eine Reihe von Gewichtsbestimmungen kann man auf diese Weise während der Harnentleerungen selbst die abgesehen von letzteren vor sich gehende Gewichtsabnahme auf ein gewisses Gesetz zurückführen, während man am Schlusse des Versuches durch eine Wägung des auffangenden Gefässes die Harnmenge allein bestimmen kann.

Mir fehlte es leider an Material, um auf diese Weise zusammenhängende Versuche anzustellen. Aber schon vorher hatte ich eine

Arch. voor. Gen. Natuurkunde I. 2. pag. 248—254. 1864) über ähnliche, aber zu anderen Zwecken angestellte, Untersuchungen von M. C. Verloren aufmerksam geworden, welche ich mir leider noch nicht im Original habe verschaffen können.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

andere Methode angewandt, bei der die Fehler nicht vollständig, aber doch vollständiger als bei den früheren Untersuchungen ausgeschlossen sind. Ich brachte den Schmetterling, an dem oben beschriebenen Gestelle hängend, mit diesem auf der Waagschale ruhend, an und bestimmte das Gewicht dieses ganzen Apparates. Um die Tropfen, welche entleert wurden, auf einem untergeschobenen Uhrglase, das aber nicht zugleich auf der Waagschale ruhte, aufzufangen, wurde ein einfaches Gestell construirt. Aus einem Korkstücke mit sehr breiter Grundfläche erhob sich ein verticaler Stab, an welchem ein horizontaler Arm sowohl von oben nach unten verschoben, als auch gedreht werden konnte. Auf dem horizontalen Arme, welcher in horizontaler Ebene flächenartig ausgebreitet war, ruhte das Uhrglas. Wenn man nun das Gestell dicht neben der Waagschale aufstellte, konnte vermittelst des beweglichen Armes das Uhrglas, ohne auf der Waagschale zu ruhen oder dieselbe zu berühren, dem Schmetterlinge derart untergeschoben werden, dass jeder Tropfen aufgefangen werden musste. Waren nun alle diese Vorbereitungen getroffen, so wurde die Waage genau aequilibrirt und im nicht arretirten Zustande aufmerksam beobachtet. Alle 2—3 Minuten wurde der allmählich und stetig vor sich gehende Gewichtsverlust durch Respiration von Neuem ausgeglichen, wobei die Zeit und Gewichtsbestimmung jedesmal so genau als möglich notirt wurde. Fand während eines Beobachtungsintervalles eine Harnentleerung statt, so war es nöthig, die stark ausschlagende Waage zu arretiren, sodass bis zur abermaligen Aequilibrirung und Gewichts- und Zeit-Notirung mehr Zeit verfliessen musste, als zu den anderen Gewichtsbestimmungen nöthig gewesen war. Auf diese Weise entsteht eine Ungenauigkeit dieser Beobachtungsmethode. Denn um in den Beobachtungsintervallen, in denen eine Harnentleerung eintrat, das Gewicht des Harntropfens von dem Gewichte, welches der Schmetterling durch Respiration während dieser Zeit verloren hatte, zu trennen, war es nöthig, hinsichtlich des Respirationsverlustes von kleineren Beobachtungsintervallen auf grössere Schlüsse zu ziehen, wobei ein Fehler nicht zu vermeiden ist. Im Allgemeinen gelang es mir jedoch an dem Schmetterlinge der Puppe s, zu einem befriedigenden Resultate zu kommen. Es wurde folgende Reihe von Beobachtungen angestellt, sämmtlich $^{13}/_{7}$ 1865:

1.	11^{40} V.	ausgekrochen.		
2.	12 M.	=	1,9186 Grms.	
3.	12^{4} N.	=	1,9179 »	
4.	12^{10} N.	=	1,9160 »	
5.	12^{14} N.	=	1,9150 »	
6.	$12^{18,5}$ N.	=	1,9140 »	} 12^{23}: 1. Tropfen.
7.	12^{25} N.	=	1,9050 »	

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

8.	12^{31} N.	=	1,9040 Grms.	12^{31}:	2. Tropfen.
9.	12^{33} N.	=	1,8981 »		
10.	12^{37} N.	=	1,8931 »		3. »
11.	12^{38} N.	=	1,8930 »	12^{40}:	4. »
12.	12^{43} N.	=	1,8880 »		
13.	$12^{48,5}$ N.	=	1,8870 »	$12^{48,5}$:	5. »
14.	12^{51} N.	=	1,8813 »		
15.	$12^{52,5}$ N.	=	1,8810 »	$12^{52,5}$:	6. »
16.	12^{54} N.	=	1,8760 »		
17.	12^{58} N.	=	1,8755 »	12^{58}:	7. »
18.	12^{59} N.	=	1,8710 »		
19.	$1^{2,5}$ N.	=	1,8705 »	$1^{2,5}$:	8. »
20.	$1^{3,5}$ N.	=	1,8667 »		
21.	1^{6} N.	=	1,8665 »	1^{7}:	9. »
22.	1^{8} N.	=	1,8612 »		
23.	$1^{11,5}$ N.	=	1,8580 »	1^{11}:	10. »
24.	1^{15} N.	=	1,8575 »		mehrere »
25.	1^{39} N.	=	1,8349 »		
26.	$1^{41,25}$ N.	=	1,8345 »	$1^{41,5}$	ein »
27.	$1^{42,75}$ N.	=	1,8295 »		
28.	$1^{45,5}$ N.	=	1,8291 »	$1^{45,5}$	ein »
29.	1^{47} N.	=	1,8242 »		
30.	2^{6} N.	=	1,8106 »		viele »
31.	2^{10} N.	=	1,8056 »		
32.	2^{16} N.	=	1,8015 »		
33.	3^{40} N.	=	1,7706 »		
34.	3^{48} N.	=	1,7700 »		

Fasst man die Beobachtungen zusammen, zwischen denen keine Harnentleerung zu beobachten war, so erhält man folgende Tabelle:

Beobachtungs-intervall.	Zeitdauer in Minuten.	Gewichts-verlust in Zehntel-Milligrms.	Die beiden vorigen Columnen, auf grössere Intervalle reducirt.		Mittlere stündliche Gewichtsabnahme in Milligrms.
12 — 12^{4}	4	7	10	26	15,60
12^{4} — 12^{10}	6	19			
12^{10} — 12^{14}	4	10	4	10	15,00
12^{14} — $12^{18,5}$	4,5	10	4,5	10	13,33
12^{25} — 12^{31}	6	10	6	10	10,00
12^{37} — 12^{38}	1	1	6,5	11	10,15
12^{43} — $12^{48,5}$	5,5	10			
12^{51} — $21^{52,5}$	1,5	3	5,5	8	8,73
12^{54} — 12^{58}	4	5			
12^{59} — $1^{2,5}$	3,5	5	6	7	7,00
$1^{3,5}$ — 1^{6}	2,5	2			
$1^{11,5}$ — 1^{15}	3,5	5	5,75	9	9,39
1^{39} — $1^{41,25}$	2,25	4			
$1^{42,75}$ — $1^{45,5}$	2,75	4	2,75	4	8,73

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Diese Tabelle stimmt im Allgemeinen vollständig mit den an r und l beobachteten Tabellen überein. In den 10 letzten Minuten der ersten halben Stunde nach dem Auskommen des Schmetterlinges ist die mittlere stündliche Gewichtsabnahme = 15,60 Milligrms., und $^5/_4$ Stunden später ist dieselbe auf ungefähr 7 gefallen. — Man wird bei diesen von den früheren wenig abweichenden Resultaten keinen grossen Fehler machen, wenn man die Gewichtsabnahme durch Respirationsverlust in den der Beobachtung nicht zugänglichen Intervallen derart berechnet, dass man den Durchschnitt aus dem in den angrenzenden Perioden stattfindenden mittleren Gewichtsverluste für den Betrag des letzteren in dem nicht beobachteten Intervalle nimmt: So erhält man durch Rechnung für den ganzen Zeitraum von $12^{18,5}$ bis 3^{48}, in welchem allein Harnentleerungen beobachtet werden konnten, folgende Tabelle des durch Respiration bewirkten Gewichtsverlustes (3. Columne), woraus sich durch Subtraction von der Totalabnahme (4.) die Harnmenge (5.) berechnen lässt:

Beobachtungs-Intervalle.	Mittlere stündliche Gewichtsabnahme durch Respiration in Milligrms.	Beobachtete u. berechnete Gewichtsabnahme durch Respiration in Milligrms.	Beobachtete totale Gewichtsabnahme in Milligrms.	Berechnete Gewichtsabnahme durch Harnentleerung in Milligrms.
$12^{18,5}$ — 12^{25}	11,66	1,26	9,00	7,74
12^{25} — 12^{31}	10,00	1,00	1,00	0,00
12^{31} — 12^{37}	10,07	1,01	10,90	9,89
12^{37} — $12^{48,5}$	10,15	1,95	6,10	4,15
$12^{48,5}$ — 12^{51}	9,44	0,39	5,70	5,31
12^{51} — 12^{58}	8,73	1,01	5,80	4,79
12^{58} — 12^{59}	7,86	0,13	4,50	4,37
12^{59} — 1^{6}	7,00	0,82	4,50	3,68
1^{6} — $1^{11,5}$	8,19	0,75	8,50	7,75
$1^{11,5}$ — $1^{41,25}$	9,39	4,65	23,50	18,85
$1^{41,25}$ — $1^{42,75}$	9,06	0,22	5,00	4,78
$1^{42,75}$ — $1^{45,5}$	8,73	0,40	0,40	0,00
$1^{45,5}$ — 3^{48}	7,00	14,30	59,10	44,80
	Summa	27,89	144,00	116,11

Der Gewichtsverlust durch Respiration, welcher für den Zeitraum von $12^{18,5}$ bis 3^{48} auf 27,89 Milligrms. berechnet ist, wird wohl als noch geringer angenommen werden können, da für den Beobachtungsintervall von $1^{45,5}$ bis 3^{48} ein möglichst hoher Betrag desselben in Rechnung gebracht wurde. Auf diese Weise würde man die gesammte Harnmenge, die auf 116,11 Milligrms. berechnet ist, als zu gering angegeben betrachten können. Der Schmetterling, welcher bei der Entleerung des ersten Tropfens 367,3 Milligrms. wiegt, würde also

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

mindestens 116,11 Milligrms., mithin ungefähr $\frac{1}{3}$ seines Gewichtes an Harn verlieren.

Dieses auf complicirtem und den Rechnungsfehlern in gewissen Grenzen ausgesetztem Rechnungswege gefundene Resultat stimmt vollständig mit dem einen durch directe Wägung erlangten Resultate überein. Wenn man auf zwei so verschiedenen Wegen zu einem und demselben Resultate gelangt, so kann man dieses trotz der grossen Möglichkeit der Fehler als ein richtiges ansehen. Nachdem die Menge des flüssigen Harns auf mindestens 116,11 Milligrms. berechnet ist, gewährt es ein gewisses Interesse, zu sehen, wie viel dieselbe Harnmenge im trockenen Zustande wiegt. Sie wog 4,6 Milligrms., sodass auf 1 Theil feste Substanz 25,24 Theile des flüssigen Harns zu rechnen sind. Bringt man dies Verhältniss in Anschlag, so ist es möglich, diejenigen Wägungen zu verwerthen, welche sich auf vollständig trockenen Schmetterlingsharn beziehen. So fand ich z. B. bei dem Schmetterlinge aus der Puppe g, welche zuletzt 441 Milligrms. wog, die trockene Harnmenge = 6,9 Milligrms.; bei demjenigen aus der Puppe n, die zuletzt 323 Milligrms. wog, = 5,35 Milligrms., bei demjenigen aus der Puppe o, zuletzt 363 Milligrms., = 5,45 Milligrms., und bei demjenigen aus der Puppe t, zuletzt 312,4 Milligrms., = 4,5 Milligrms. So stimmen die Beobachtungen des Herrn Professor Wicke, welcher bei dem um 8^{45} V. ausgekrochenen Schmetterlinge aus der Puppe b um 1 N. eine Harnmenge von 74,5 Milligrms. und bei dem um 9 V. ausgekrochenen Schmetterlinge aus der Puppe c um 1 N. eine gleich grosse Harnmenge fand, wenn man die bis dahin stattgehabte Verdunstung mit in Anschlag bringt, vollständig mit der Norm überein. Ebenso die Beobachtungen des Herrn Stud. Wicke, welcher bei dem Schmetterlinge aus der Puppe e wenige Stunden nach dem Auskommen eine Harnmenge von 91,5 Milligrms. entdeckte.

Die Harnentleerung ist meistens schon nach einigen Stunden beendigt. Bei einigen Schmetterlingen konnte jedoch noch nach vielen Stunden eine Entleerung beobachtet werden, z. B. bei r 19 Stunden und bei q mehr als 19 Stunden nach dem Auskommen. Ueber spätere Harnentleerungen konnten keine Beobachtungen gemacht werden. Wahrscheinlich hören dieselben bei denjenigen Schmetterlingen, welche gar keine Nahrung mehr einnehmen, um diese Zeit fast gänzlich auf. Der Gewichtsverlust ist in diesem Falle der thierischen Thätigkeit nahezu proportional und wird allein durch die Respiration vermittelt. Wenn ein solcher Schmetterling natürlichen Todes stirbt, ist sein Gewicht auf ein Minimum reducirt. Genaue Wägungen habe ich über diese letzte Gewichtsabnahme nicht ausgeführt. Ich beschränke mich

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

darauf, eine Reihe von Gewichtsbestimmungen anzuführen, welche von Cornalia an der Raupe, der Puppe und dem Schmetterlinge des Seidenwurms angestellt sind und deutlich vor Augen führen, wieviel die Gewichtsabnahme überhaupt beträgt[1]:

Ausgewachsene Raupe	=	4,80	Grms.
Puppe	=	2,25	»
Weiblicher Schmetterling	=	1,69	»
Männlicher Schmetterling	=	0,95	»
Schmetterling, nach dem Eierlegen	=	0,56	»
Schmetterling, nach dem Tode	=	0,25	»

Anhang.

Mehrere quantitative Bestimmungen des Wassergehaltes der Raupe und Puppe von Vanessa urticae.

Bei der Frage, wieviel die Wasserverdunstung in den einzelnen Perioden der Entwickelung zu der Gewichtsabnahme beitrüge, glaubte ich anfangs, ein Mittel der Beantwortung zu finden in einer successiven Bestimmung des Wassergehaltes der Puppen, indem ich bei der so enormen Wasserverdunstung als selbstverständlich annahm, dass die Puppen kurz vor dem Ausschlüpfen einen viel geringeren procentigen Wassergehalt aufweisen würden, als im Anfang der Entwickelung. Zu diesem Zwecke machte ich 3 Wassergehaltsbestimmungen an Vanessa urticae.

1) Eine Raupe, welche in der Umwandlung begriffen war und 362,1 Milligrms. wog, enthielt 81 Milligrms. feste Theile, woraus sich ein Procentgehalt an Wasser von 77,63 ergiebt.

2) Eine Puppe, mehrere Tage nach der Verpuppung 265,5 Milligrms. wiegend, enthielt 59 Milligrms. feste Theile, mithin 77,778 Proc. Wasser.

3) Eine Puppe, mehrere Tage nach der Verpuppung 252,5 Milligrms. wiegend, enthielt 56,5 Milligrms. feste Theile, mithin 77,624 Proc. Wasser.

Dies Resultat musste nach den Voraussetzungen, mit denen ich die Untersuchung begonnen hatte, sehr überraschen. Denn danach hatte die Puppe nur einen wenig geringeren oder gar einen grösseren Wassergehalt, als die Raupe, was bei einer beständigen Wasserverdunstung sehr unwahrscheinlich schien. Wenn man wirklich die

1) Cornalia, Memorie dell' J. R. Istituto lombardo, V. 5, 1856, pag. 267.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

obigen, an verschiedenen Individuen ausgeführten Bestimmungen derart vergleichen durfte, als wenn sie den nach einander statthabenden Wassergehalt an einer einzigen Raupe und Puppe angäben, so konnte man nur den Schluss ziehen, dass bei der mehrtägigen Entwickelung von der Raupe bis zur einige Tage alten Puppe die relative Gewichtsabnahme der circa 22,4 Theile fester Substanz bei der Gesammtabnahme in ganz demselben oder gar etwas stärkerem Maasse vor sich ginge, als die der circa 77,6 Theile Wasser. Nur in diesem Falle war der bei den Puppen gefundene gleiche oder gar etwas grössere Wassergehalt zu erklären. Um dieses auffallende Resultat einer genaueren Prüfung zu unterziehen, machte ich fernere 4 Wassergehaltsbestimmungen an den Puppen von Vanessa urticae.

1) Eine Puppe, circa ½ Stunde nach der Verpuppung 294 Milligrms. wiegend, enthielt 70 Milligrms. feste Theile, mithin 76,190 Proc. Wasser.

2) Zwei Puppen, diejenigen beiden, welche mit den übrigen 8 Puppen von a drei Tage lang der Gewichtsbestimmung unterzogen waren, bis sie zu dieser Untersuchung entfernt wurden, mehr als 2¾ Tage alt 520,5 Milligrms. wiegend, enthielten 121,3 Milligrms. feste Theile, mithin 76,695 Proc. Wasser.

3) Zwei Puppen, welche am Ende der Beobachtungsreihe an den 8 Puppen von a unter diesen ausgewählt wurden, circa 6½ Tage nach der Verpuppung 481,5 Milligrms. wiegend, enthielten 108,8 Milligrms. feste Theile, mithin 77,404 Proc. Wasser.

4) Eine Puppe, welche von den 6 noch übrig gebliebenen Puppen unter a genommen wurde, dicht vor dem Ausschlüpfen des Schmetterlinges (ich hatte anfangs 2 Puppen gewählt; beide schienen gleich nahe vor dem Ausschlüpfen angelangt zu sein; die eine von diesen kam während der Vorbereitungen zur Untersuchung in der That aus) ungefähr 11 Tage alt 212,5 Milligrms. wiegend, enthielt 46,5 Milligrms. feste Theile, mithin 78,118 Proc. Wasser.

Wenn man nun die Berechtigung hat, diese an verschiedenen Individuen gefundenen Resultate in der Entwickelung eines einzigen Individuums einzuschalten, sodass die einzelne Puppe als

½ Stunde alt	76,190	Proc.	Wasser
3¾ Tage alt	76,695	»	»
6½ Tage alt	77,404	»	»
11 Tage alt, kurz vor dem Ausschlüpfen	78,118	»	»

enthaltend angenommen werden kann, was ich bis auf nähere Untersuchungen dahin gestellt sein lassen muss, so kann man die Schluss-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

folgerung unmöglich abweisen, dass das Wasser, welches im Körper der Puppe sich befindet, offenbar viel weniger intensiv abnimmt als die festen Theile, solange die Ausdünstung auf Respirationsthätigkeit beschränkt bleibt. Etwas Anderes ist es mit der nicht durch Respiration vermittelten äusseren Wasserverdunstung. Diese muss natürlich viel intensiver sein. Hält man dies fest, so lassen sich die 3 ersten Wasserbestimmungen ebenfalls, mit den 4 späteren zusammen, ohne Zwang auf ein Individuum übertragen. Die beiden Bestimmungen an Puppen lassen sich zwischen der letzten und vorletzten Bestimmung der letzten Untersuchungsreihe einschalten, und dass der Wassergehalt der Raupe ein so grosser ist und so viel mehr beträgt, als der vor Kurzem entstandenen Puppe, erklärt sich durch die nicht durch Respiration vermittelte äussere Wasserverdunstung, welche bei der Verpuppung plötzlich stattfindet und den Procentgehalt an Wasser plötzlich sehr vermindern muss.

Nimmt man an, dass der Wassergehalt in der That kurz nach der Verpuppung constant = circa 76 Proc. und kurz vor dem Ausschlüpfen = circa 78 Proc. ist, was durch eine Reihe von Bestimmungen constatirt werden kann, so hat man damit die Möglichkeit gewonnen, zu berechnen, einen wie grossen Antheil die Oxydation und einen wie grossen die Wasserverdunstung an dem gesammten Gewichtsverluste während des Puppenzustandes hat. Es gewährt ein Interesse, diese Rechnung beispielsweise an einer Puppe von Vanessa Jo, auf die sich eine ähnliche Wassergehaltsdifferenz, wie sie die nahverwandte Vanessa urticae zeigt, aller Wahrscheinlichkeit übertragen lässt, auszuführen:

Die Puppe b wog nach der Verpuppung 495,5 und kurz vor dem Auskommen 438,5 Milligrms., sodass sie im Ganzen 57 Milligrms. an Gewicht verliert. Im Anfange enthält sie 76 Proc., also nach der Gleichung:

$$100 : 76 = 495,5 : x$$

376,58 Milligrms. Wasser und am Ende 78 Proc., also nach der Gleichung:

$$100 : 78 = 438,5 : x$$

342,03 Milligrms. Wasser. Die 57 Milligrms. totalen Gewichtsverlustes kommen also zu 34,55 auf Wasserverdunstung und zu 22,45 auf Verlust durch Oxydation. Nach derselben Berechnung vertheilt sich die gesammte Gewichtsabnahme der Puppe c, welche bei einem anfänglichen Gewichte von 488,5 Milligrms. 59 Milligrms. an Gewicht verlor, zu 36,29 auf Wasserverdunstung und 22,71 auf Verlust durch Oxydation. — Bei der Puppe c hat danach die Wasserverdunstung

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

offenbar etwas mehr Antheil, als bei b. Um deutlich zu sehen, durch welche Umstände ein relativ grösserer Beitrag der Wasserverdunstung bei der Totalabnahme bewirkt wird, kann man das Verhältniss zwischen der Abnahme durch Wasserverdunstung und der Totalabnahme durch eine Formel ausdrücken, in welcher a das Anfangsgewicht der Puppe und d die Totalabnahme bedeutet:

$$\frac{\frac{76\,a}{100} - \frac{78\,(a-d)}{100}}{d} \quad \text{oder entwickelt:} \quad \frac{39}{50} - \frac{a}{50\,d}$$

Der Ausdruck, mithin der relative Beitrag der Wasserverdunstung, wird um so grösser, je kleiner das Anfangsgewicht und je grösser die Totalabnahme ist und umgekehrt, und zwar trägt eine Verkleinerung der Totalabnahme 50mal mehr zur Verkleinerung des relativen Beitrages der Wasserverdunstung bei, als eine Vergrösserung des Anfangsgewichtes. Doch vielleicht ändert sich mit diesen Verhältnissen zugleich der procentige Wassergehalt und dann steht unser ganzes Raisonnement in der Luft.

Bei den sehr wenig extremen Verhältnissen von b werden wir allerdings bei der Annahme, dass der gesammte Gewichtsverlust von 57 Milligrms sich zu.

34,5 Milligrms. auf Wasserverlust und
22,5 Milligrms. auf Oxydationsverlust

vertheilt, keinen groben Fehler begehen. Wir können auf dieser allerdings nicht ganz sicheren Grundlage weiter bauen, um an der Hand der Regnault und Reiset'schen Respirationsversuche an ausgewachsenen Seidenwürmern[1]) (der eine Versuch über die Puppe selbst, der in den Schlussfolgerungen allerdings etwas mehr Sicherheit bieten würde, ist unbrauchbar) die Menge des zu diesem Oxydationsverluste nöthigen Sauerstoffes bestimmen. Nach 3 Regnault'schen Versuchen ist im Mittel auf 54 Milligrms. Oxydationsgewichtsverlust eine Sauerstoffaufnahme von 600 Milligrms. nöthig. Diese 600 Milligrms. vertheilen sich zu 475 Milligrms. auf Kohlensäurebildung und zu 125 Milligrms. auf Gewebe- und Harnbereitung. Findet nun in unserem Falle dasselbe Verhältniss statt, so werden von 250 Milligrms. im Ganzen absorbirten Sauerstoffes 198 Milligrms. zur Kohlensäurebildung verwandt. Diesen entspricht eine Kohlensäuremenge von 272 Milligrms., sodass bei der nicht ganz 14tägigen Entwickelungszeit der Puppe die durchschnittlich in einem Tage ausgeathmete Kohlensäuremenge 20 Milligrms. betragen würde. Dieses durch die verschiedenartigsten Schlussfolgerungen abgeleitete Factum lässt sich durch die Beobach-

[1]) Ann. de Chim. et de Phys. T. 26, 1849, pag. 483—489.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

tung prüfen. Die von Newport in dieser Hinsicht angestellten Versuche[1]), welche nur zum Theil das theoretisch abgeleitete Resultat bestätigen, sind noch nicht sicher beweisend. — Eine Prüfung der obigen Schlussfolgerungen kann man auch vermittelst genauer Temperaturbeobachtungen anstellen. Denn die Temperatur des Insectes ist bei einer constanten Temperatur des umgebenden Mediums sowohl von der Oxydation, als von der Wasserverdunstung abhängig. Die Oxydation erhöht die Temperatur in constanten Verhältnissen, während die Wasserverdunstung ebenfalls in constanten Verhältnissen herabstimmend wirkt. So lässt sich aus einer zusammenhängenden Reihe von genau ausgeführten Temperaturbeobachtungen genau der jedesmalige Antheil der Oxydation und der Wasserverdunstung an der Gewichtsabnahme berechnen. Die von Newport ausgeführten Temperaturbeobachtungen liefern wieder mehrfache Bestätigungen der obigen Ableitung[2]), was jedoch einer genaueren Prüfung unterzogen werden muss.

Es ist anzunehmen, dass das Verhältniss zwischen ausgeathmeter Kohlensäuremenge und Wassermenge in den einzelnen Perioden der Entwickelung einer Puppe nicht constant bleibt. Man wird das obige Gesetz über die Veränderlichkeit dieses Verhältnisses, das für die ganze Entwickelungszeit der Puppe abgeleitet wurde, auch auf die einzelnen Theile dieses Zeitraums übertragen können. Wenn dies wirklich der Fall ist, so muss in dem Zeitraume, wo die Puppe am Wenigsten intensiv an Gewicht abnimmt, also im Allgemeinen während des zweiten Viertels der Entwickelungszeit, das Wasser den relativ geringsten Beitrag zur Gewichtsabnahme liefern. In der That sehen wir diese Vermuthung durch die Beobachtungen an den 8 Puppen unter a bestätigt. Denn berechnet man aus dem Wassergehalt und dem Gewichte dieser 8 Puppen am dritten und sechsten Tage des Puppenzustandes den Antheil, den die Wasserverdunstung an der Gewichtsabnahme während der Periode vom dritten bis sechsten Tage hat, so sehen wir, dass nur die Hälfte des Gewichtsverlustes durch eine Wasserverdunstung bewirkt wird.

Indem ich diese Erstlingsarbeit der Oeffentlichkeit übergebe, bleibt mir noch die angenehme Pflicht, für die vielseitige gütige Unterstützung, welche mir dabei von den Herren Professoren Wicke, Keferstein und Helferich in Göttingen zu Theil ward, meinen aufrichtigsten Dank zu sagen.

1) Philosophical Transact., 1836, pag. 552.
2) Philosophical Transact , 1837, pag. 259—338.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie

Jahr/Year: 1866

Band/Volume: 16

Autor(en)/Author(s): Blasius Wilhelm

Artikel/Article: Ueber die Gesetzmässigkeit in der Gewichtsabnahme der Lepidopteren von dem Zustande der ausgewachsenen Raupe an bis zu dem des entwickelten Schmetterlinges 135-177