Entomologisch-mathematische Aufgaben.

Von Professor P. Bachmetjew.

Die Entomologie macht in der letzten Zeit die gleiche Metamorphose, wie sie z. B. die Chemie zur Zeit von Lavoisier erlitten hat, durch, nämlich aus einer rein beschreibenden Wissenschaft fängt sie an, sich der exakten Wissenschaft zu nähern.

Die Versuche in dieser Richtung sind bereits von verschiedenen Forschern gemacht worden. Es seien einige Untersuchungen hier als Beispiel erwähnt:

Wilhelm Blasius veröffentlichte 1866 die Abhandlung: Über die Gesetzmäßigkeit der Gewichtsabnahme der Lepidopteren von dem Zustande der ausgewachsenen Raupe an, bis zu dem des entwickelten Schmetterlings [1]), die gleiche Frage behandelt später Friedrich Urech [2]) in Tübingen. Tichomirow [3]) in Moskau untersuchte in dieser Beziehung die Eier vom Bombyx mori. Auch Schmujdsinowitsch [4]) in Tiflis studierte die Abhängigkeit der Entwickelungsperiode beim Seidenspinner vom spezifischen Gewicht der Eier. Die Anzahl der Blutkörperchen in einem Insekt in verschiedenen Stadien seiner Entwicklung war bereits Hermann Landois [5]) bekannt.

Der großartige Aufschwung, welchen die experimentale Lepidopterologie in Bezug auf die künstliche Erzeugung von aberrativen Schmetterlingsformen seit den ersten Versuchen von Dorfmeister erhielt, zwang die Forscher, die Wärmemenge zu bestimmen,

---

[1]) W. Blasius. Zeitschr. für wissensch. Zool. XVI. p. 135—177. 1866.

[2]) F. Urech. Zool. Anzeig. Nr. 335. 336. 337. und 338. 1890.

[3]) A. Tichomirow. Arbeiten des Komitee der Seidenzucht. Moskau 1884—1886 (russisch).

[4]) W. Schmujdsinowitsch. Arbeiten der kaukasischen Station der Seidenzucht. Tiflis 1891. Jahrg. 1889. II p. 114–122 (russisch).

[5]) D. Hermann und Leonard Landois. Zeitschrift f. wissensch. Zoolog. XV. 1865.

welche der Puppe zu entziehen sei, um diese oder jene Falterform zu erhalten. Hier seien nur diesbezügliche Untersuchungen von Ruhmer [1]) in Berlin und Urech [2]) in Tübingen erwähnt.

Die seit langer Zeit bestehende Streitfrage über mechanische Farbenanpassung erhielt ihre Lösung in mathematischer Form bei Wiener [3]) in der Abhandlung: „Farbenphotographie durch Körperfarben und mechanische Farbenanpassung in der Natur."

Über Unterkältungserscheinungen bei Insekten und über den Säftekoeffizient veröffentlichte ich Abhandlungen in verschiedenen Zeitschriften. Es sei hier auch auf mein Werk: „Experimentelle biologische Studien an Insekten" hingewiesen, dessen erste drei Bände bereits unter der Presse sind.

Obwohl die nötigen Konstanten in allen diesen Untersuchungen noch nicht so zahlreich sind, um verschiedene entomologisch-mathematische Aufgaben lösen zu können, so möchte ich schon jetzt versuchen, eine Reihe solcher Aufgaben hier zu lösen, um einerseits die Entomologie teilweise ins mathematische Geleise zu bringen und andererseits den Herren Entomologen zu zeigen, welche Konstanten noch zu bestimmen resp. zu prüfen sind.[4])

Bei Auflösung dieser Aufgaben kommen folgende spezielle Formeln zur Anwendung:

1) $M - P = S$.

Wo **M** das Gewicht des lebenden Insekts, **P** das Gewicht in trockenem Zustande (bei 1 5°) und **S** das Gewicht der bei dieser Temperatur verdampfenden Insektensäfte bedeuten.

2) $S : M = K$,

wo **K** den Säftekoeffizient bedeutet.

3) $C_s = (C_m - C_p) : K + C_p$,

wo C_s spezifische Wärme der Insektensäfte, C_m spezifische Wärme

---

[1]) G. Ruhmer. Karsch's Entomol Nachr. XXIV. Nr. 3. p. 37—52. 1898.

[2]) F. Urech. Zool. Anz. XXII. Nr. 582. p. 121—133. 1899.

[3]) O. Wiener. Ann. der Phys. und Chemie von Wiedemann. LV. p. 225—281. 1895.

[4]) Dr. Karl Manger hat sich folgende Bemerkung „erlaubt": „Bachmetjew meint (S. 124), „es steht den älteren Entomologen frei, da sie ja jedenfalls mehr Geduld haben, als die jüngeren . . . . .". Ich glaube, Geduld ist jedem Entomologen — wenn er anders diesen Namen verdient — ebenso notwendig als die Luft zum Atmen; wer sie eben nicht besitzt, ist eben kein Entomologe." (Societ. entom. XIV. Nr. 20. p 158. 1900). — Die Unrichtigkeit dieser Bemerkung springt sofort ins Auge, wenn man bedenkt, daß der Geduldskoeffizient sogar bei Entomologen verschieden ist, besonders bei solchen Untersuchungen, wie die Bestimmungen des Säfte-Koeffizients. Die Rede war ja von „mehr" oder „weniger" und nicht von „keiner" Geduld — Bei dieser Gelegenheit möchte ich die Leser ersuchen, in dem Dr O. Kranchers Entomol. Jahrb. IX. 1900 auf p. 123 folgende Stelle auszustreichen: „In der That haben wir nach dem Kapitel I: . . . . wo c=0,057 für alle Schmetterlingsarten ist." (p. 124), da in die Rechnung ein Fehler eingeschlichen ist, nämlich P ist P_1 nicht gleich.

des lebenden Insekts, C_p des trockenen (bei 115°) Insekts und K den Säftekoeffizient bedeuten.

4) $K \cdot K_1 = c$,

wo **K** den gewöhnlichen Säftekoeffizient, K_1 den Säftekoeffizient des Insekts in einer „Sammlung" und **c** eine Konstante bedeuten.

Die Ziffernwerthe sind meistens dem „Dr. O. Kranchers Entomol. Jahrbuch 1900, p. 14, entnommen, die übrigen befinden sich in der „Zeitschrift für wissensch. Zoologie," LXVI p. 521, 1899 und LXVII p. 529, 1900 und in „Societas entomol." XIV Nr. 4, 5, 6 und 7, 1899 (einige sind noch nicht veröffentlicht).

Die Temperatur ist überall in C° ausgedrückt.

I. Dimensionen der Insekten.

1) Eine Anzahl Epinephele janira ♀ befindet sich in zwei Schachteln. Eine Sendung ist aus Bulgarien, die andere aus Deutschland erhalten worden. Welche Schmetterlinge sind aus Deutschland und welche aus Bulgarien?

Auflösung: Man messe die Linie (D), welche die Wurzel des Oberflügels mit dem entferntesten Punkte des Flügels verbindet, bei allen Exemplaren in je einer Schachtel und nehme das arithmetische Mittel. Diejenige Schachtel mit Schmetterlingen, bei welcher dieses Mittel ca. 26,0 mm beträgt, ist aus Bulgarien, die anderen folglich aus Deutschland (da ist dieses Mittel ca. 23,3 mm). Dies wird nur dann der Fall sein, wenn alle Ep. janira in Bulgarien und alle in Deutschland dieses Verhältnis haben.

2) 10 Satyrus briseis ♀ sind in der Nähe von Sofia gefangen worden; verdienen sie irgend einen Zusatz zu ihrem Namen, angenommen, daß ihre Färbung mit „Hoffmann" übereinstimmt?

Auflösung: Man messe die oben erwähnte Linie **D** und nehme das arithmetische Mittel für alle 10 Exemplare. Ist dieses Mittel bedeutend größer als 28 mm, dann verdient Sat. briseis einen Zusatz „ex bulgarica". (Die bulgarischen ♀-Schmetterlinge dieser Art betragen wirklich ca. 33,4 mm. (Maximum 34,9 Minimum 32,1).

II. Insektensäfte.

3) In einer 20 g schweren Blechschachtel, welche am Deckel mit 2 kleinen Löchern versehen und sonst so verlötet ist, daß man sie nicht mehr aufmachen kann und darf, enthält 3 Schmetterlinge Vanessa cardui. Eine zweite ganz gleiche Schachtel

enthält 3 Aporia crataegi. In welcher Schachtel sind crataegi und in welcher cardui?

Auflösung: Man wiege eine der beiden Schachteln mit Schmetterlingen. Das Gewicht sei 20,510 g. Dann bringe man die Schachtel für 2 Stunden in ein Luftbad von ca 105° und wiege noch einmal; das Gewicht sei 20,306 g. Dann hat man:

$$20 + 3\,x = 20{,}510,$$

wo x das Gewicht jedes Schmetterlings bedeutet; daraus

$$x = 0{,}170 \text{ g}$$

Zieht man in Betracht, daß beim Trocknen im Luftbade die Insektensäfte verflüchtigt sind, so erhält man:

$$20 + 3\,x\,K = 20{,}306,$$

wo **K** den Säftekoeffizient bedeutet, oder da $x = 0{,}170$ ist,

$$K = 0{,}60$$

Da aber **K** für Aporia crataegi 0,60 und für Vanessa cardui 0,66 beträgt, so haben wir es hier offenbar mit Aporia crataegi zu thun. (Eine ähnliche Aufgabe ist schon in meinem Praktikum vorgekommen).

4) Wie groß ist das Gewicht von 1000 frisch gefangenen Aporia crataegi-Faltern?

Auflösung: Das Gewicht von 1 Aporia crataegi variiert zwischen 0,270 und 0,111 g, folglich ist das arithmetische Mittel 0,190 g; daraus $0{,}190 \cdot 1000 = 190$ g.

5) Wie groß ist das Gewicht von 1000 Saturnia pyri-Puppen (ohne Cocon) am Anfang April, angenommen, daß dieselben bis dahin im Keller waren?

Auflösung: Das Gewicht einzelner Puppen von dieser Art variiert im April zwischen 6,45 g und 4,508 g, also beträgt das mittlere Gewicht $\frac{6{,}45 + 4{,}508}{2} = 5{,}48$ g. Folglich beträgt das Gewicht von 1000 Puppen ca. $5\frac{1}{2}$ kg.

6) Das Gewicht von 10 Saturnia pyri-Puppen (ohne Gespinst) beträgt im April 54,8 g. Wieviel werden diese Puppen wiegen, wenn sie im Luftbad bei 115° getrocknet würden?

Auflösung: Der Säftekoeffizient beträgt bei diesen Puppen im April im Durchschnitt $K = 0{,}69$ (zwischen 0,74 und 0,63). Nach der Formel $S : M = K$ ist $S = 0{,}69 \,.\, M$ oder, weil $M = 54{,}8$ ist, $S = 0{,}69 \,.\, 54{,}8 = 37{,}81$ g. Daraus ergiebt sich, aus der Formel $S = M - P$, oder $P = M - S = 54{,}80 - 37{,}81 = 16{,}99$, d. h. 10 Puppen wiegen im trockenen Zustande ca. 17 gr.

7) 10 Männchen von Oxythyrea cinctella wogen nach 2tägigem Hungern 1,19 g. Nach 16tägigem Hungern wurden

diese Exemplare im Luftbade bei 115° getrocknet. Wieviel g beträgt jetzt ihr Gewicht?

Auflösung: Es ist bekannt, daß das Gewicht dieses Käfers nach 16 tägigem Hungern um ca. 40% leichter wird, als dasselbe nach 2 tägigem Hungern betrug; folglich würden 10 Käfer vor dem Trocknen $1{,}190 - \frac{1{,}19 \cdot 40}{100} = 0{,}714$ wiegen. Da aber der Säftekoeffizient nach 16 tägigem Hungern bei ihnen nur 0,55 beträgt, so verlieren 10 Käfer beim Trocknen $0{,}714 \cdot 0{,}55 = 0{,}393$ g an ihrem Saft und würden nach dem Trocknen nur $0{,}714 - 0{,}393 = 0{,}321$ g wiegen.

8) 10 Falter von Papilio podalirius, 3 von Aporia crataegi und 8 von Pieris ergane wiegen, frisch gefangen, zusammen 3,222 g. Wieviel g wird ihr Gewicht betragen, wenn sie sich schön gespannt in der Sammlung befinden?

Auflösung: Es ist bekannt, daß der Säftekoeffizient K bei diesen Arten folgende Werte hat:

podalirius	0,65	für	10	Exemplare	6,50
crataegi	0,60	„	3	„	1,80
ergane (resp. rapae) . .	0,68	„	8	„	5,44
		für	21	Exemplare	13,74

folglich ist der Säftekoeffizient bei diesen Arten im Durchschnitt $K = 13{,}74 : 21 = 0{,}65$. Bei Schmetterlingen, welche nach allen Regeln präpariert und in der Sammlung aufbewahrt sind, beträgt der Säftekoeffizient K_1:

podalirius	0,11	für	10	Exemplare	1,10
crataegi	0,07	„	3	„	0,21
ergane (resp. rapae) . .	0,155	„	8	„	1,24
		für	21	Exemplare	2,55

folglich beträgt K_1 im Durchschnitt für diese Arten $2{,}55 : 21 = 0{,}12$.

Sind die Schmetterlinge bei 115° getrocknet, so ist $K = 0{,}65$; haben sie aber in der gewöhnlichen Temperatur bereits längere Zeit gelegen, so ist $K_1 = 0{,}12$, folglich $K - K_1 = 0{,}53$, d. h. so viel g Säfte verliert jede Gewichtseinheit des lebenden Schmetterlings. Der Verlust an Säften bei allen 21 Faltern beträgt somit $2{,}55 \cdot 0{,}53 = 1{,}352$ g und das Gewicht aller erwähnten Schmetterlinge in der Sammlung (ohne Nadeln) würde $3{,}222 - 1{,}352 = 1{,}870$ g betragen.

9) In einer Sammlung befindet sich Crateronyx balcanica; sein Gewicht mit der Nadel (Nr. 8) beträgt 0,263 g. Wie schwer war das Exemplar bei Lebzeiten?

Auflösung: 10 Nadeln Nr. 8 wiegen 1,430 g, folglich eine Nadel 0,143 gr; das Gewicht des Schmetterlings allein beträgt somit $0{,}263 - 0{,}143 = 0{,}120$. Die am nächsten den Crateronyx balcanica liegende Gattung ist Lasiocampa. Lasiocampa quercifolia hat $K = 0{,}69$ und $K_1 = 0{,}07$ oder $K - K_1 = 0{,}62$, d. h. jede Gewichtseinheit (1 g) des lebenden Schmetterlings verlor 0,62 g; wog der Schmetterling bei Lebzeiten x g, so erhält man die folgende Gleichung:

$$x - x \cdot 0{,}62 = 0{,}120$$

daraus $$x = 0{,}316 \text{ g}$$

10) Der Schmetterling Phalera bucephala in einer Sammlung wiegt sammt der Nadel (Nr. 8) 0,322 g; nachdem er bei 115° getrocknet wurde, wog er nur 0,380 g. Wie groß ist sein Säftekoeffizient im lebenden Zustande?

Auflösung: Die Nadel Nr. 8 wiegt 0,143 g, folglich wiegt der Schmetterling allein $0{,}322 - 0{,}143 = 0{,}179$ g und nach dem Trocknen in 115° beträgt sein Gewicht $0{,}308 - 0{,}143 = 0{,}165$ g. Daraus folgt, daß seine Säfte $S_1 = 0{,}179 - 0{,}165 = 0{,}014$ g wiegen; somit beträgt $K_1 = \frac{S}{M} = 0{,}014 : 0{,}179 = 0{,}08$. Nun aber ist bekannt, daß $K \,.\, K_1 = C$, wo C eine Konstante ist und beträgt für alle Schmetterlinge 0,057. Dann haben wir $0{,}08 \,.\, K = 0{,}057$ und $K = \mathbf{0{,}71}$.

11) Schmetterling Saturnia pyri wiegt lebend 1,450 g. Sein Säftekoeffizient beträgt 0,43. Wieviel wiegt der trockene (bei 115° getrocknete) Schmetterling und wieviel Säfte hat er?

Auflösung: Aus der Formel: $M - P = S$ erhalten wir durch Division mit M: $1 - \frac{P}{M} = \frac{S}{M}$; da aber $\frac{S}{M} = K$ ist, so erhalten wir $1 - \frac{P}{M} = 0{,}43$ oder, da $M = 1{,}450$ g beträgt, $1 - \frac{P}{1{,}450} = 0{,}43$, daraus $P = \mathbf{0{,}826\ g}$ und $S = M - P = 1{,}450 - 0{,}826 = 0{,}624$ g.

III. Kalorimetrie.

12) 100 Puppen von Deilephila euphorbiae wurden im April aus der Zimmertemperatur (15°) in den Eisschrank auf eine Eisplatte gelegt. Wieviel Eis wird dabei schmelzen?

Auflösung: Es ist bekannt, daß die Puppen von dieser Art am Anfang April im Durchschnitte 2,136 g wiegen (zwischen 2,953 und 1,570 g), folglich wiegen 100 Puppen 213,6 g. Die spezifische Wärme der Puppen beträgt zu dieser Zeit 0,818; die Abkühlung findet statt von 15° – 0°, folglich verlieren die 100 Puppen 213,6 15 0,818 Kalorien. Die Schmelzwärme des Eises beträgt 80 Kalorien, und wenn x die dabei geschmolzene Eismenge bedeutet, erhalten wir 80 . x = 213,6 15 . 0,818, woraus x = **32,76 g**. Würde dabei mehr Eis schmelzen, so ist die Verbrennungswärme durch Stoffwechsel der Puppen schuld daran.

13) Die spezifische Wärme einer bei 115° getrockneten Puppe von Deilephila euphorbiae beträgt 0,43 und die spezifische Wärme einer nicht getrockneten Puppe beträgt 0,818. Wie groß ist die spezifische Wärme ihrer Säfte in flüssigem Zustande?

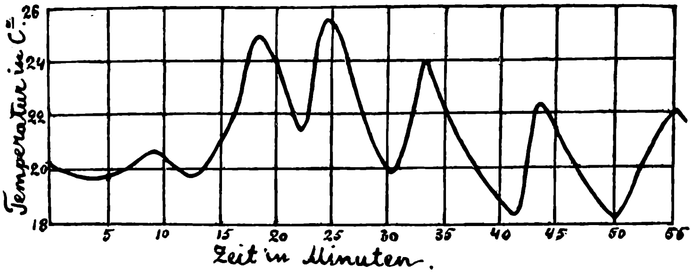
Auflösung: Von dem Satze ausgehend, daß die spezifische Wärme der einzelnen Theile der spezifischen Wärme der Mischung gleich ist, erhalten wir: $P C_p t + S x t = M C_m t$, wo **M** das totale Gewicht der Puppe, **P** das Gewicht der nach dem Trocknen (115°), **S** das Gewicht des Saftes, C_p die spezifische Wärme der trockenen Puppe, C_m die spezifische Wärme der lebenden Puppe und t die Temperatur einzelner Theile bedeutet. Daraus ist $x = \frac{M C_m - P C_p}{S} = \frac{M}{S} C_m - \frac{P}{S} C_p$. Aus der Beziehung: $M - P = S$ ist $-P = S - M$ oder, indem man die ganze Gleichung durch **S** dividiert, $-\frac{P}{S} = 1 - \frac{M}{S}$; da nach der Definition $\frac{S}{M} = K$, so ist $\frac{M}{S} = \frac{1}{K}$ und $-\frac{P}{S} = 1 - \frac{1}{K}$. Dann ist $X = \frac{C_m}{K} + (1 - \frac{1}{K}) C_p = \frac{C_m - C_p}{K} + C_p$.

Da **K** für Puppen von Deilephila euphorbiae im April 0,70 beträgt, $c_m = 0{,}818$ und $c_p = 0{,}43$ M ist, so ist $X =$ **0,984**, d. h. die spezifische Wärme der flüssigen Säfte der Puppen ist um 1½ % kleiner als diejenige des Wassers. Daraus geht auch hervor, daß die spezifische Wärme der Säfte umso größer wird, je kleiner **K** (der Säftekoeffizient) ist, nud umgekehrt — sie wird mit der Zunahme von **K** kleiner.

14) Welche Arbeit entwickelt der Falter Saturnia pyri, wenn seine eigene Temperatur bei der Bewegung von t^0 auf $t_1{}^0$ steigt?

Auflösung: Zur richtigen Lösung dieser Aufgabe muß man zuerst den zeitigen Verlauf der Temperaturzunahme des Schmetterlings kennen. Zu diesem Zwecke werde ich mir erlauben, hier die bei solchen Messungen mit thermoelektrischer Nadel erhaltenen Resultate graphisch darzustellen.

Aus der Darstellung ist ersichtlich, daß der Schmetterling zu verschiedenen Zeiten Maxima und Minima der eigenen Temperatur zeigt. Die Minima fallen mit der Zeit zusammen, wenn der Schmetterling zu flattern anfängt, und die Temperatur-Maxima entsprechen der vollständigen Ruhe des Schmetterlings [„Ohnmacht"



nach Lecoq [1])]. Daraus folgt, daß, angefangen von einem Minimum bis zum Maximum, der Schmetterling die Arbeit leistet, und von einem Maximum bis zum Minimum die entwickelte Wärme ausgestrahlt wird. Somit dürfen wir nur die aufsteigenden Kurvenäste in Betracht ziehen. Wir erhalten der Reihe nach folgende Temperaturerhöhungen (Temperatur-Differenz zwischen einem Minimum und dem darauf stattfindenden Maximum.

Nr.	Die Temperaturerhöhung dauerte von bis	Dabei betrug die Temperaturerhöhung
1	4′45″ — 9′10″ = 265″	19,7 — 20,9 = 1,2°
2	12′20″ — 17′30″ = 310″	19,7 — 25,0 = 5,3°
3	21′30″ — 24′10″ = 160″	21,4 — 25,6 = 4,2°
4	30′30″ — 33′05″ = 155″	19,8 — 24,1 = 4,3°
5	40′50″ — 43′10″ = 140″	18,5 — 22,6 = 4,1°
6	51′40″ — 55′00″ = 200″	18,3 — 22,4 = 4,1°

Weiter muß man die spezifische Wärme des lebenden Schmetterlings kennen. Da dieselbe noch nicht bekannt ist, kann man sie annähernd berechnen, wenn man annimmt, daß die spezifische Wärme des trocknen (115°) Schmetterlings 0,43 und diejenige

[1]) H. Lecoq. Compt. rend. Paris. LV. p. 191, 1862.

des Saftes 0,984 beträgt (wie bei der Puppe von Deilephila euphorbiae). Der bei diesem Versuche verwendete Schmetterling Sat. pyri wog lebend 1,450 g, trocken 0,826 g. Daraus folgt (vide die Aufgabe 13): $0{,}826 \cdot 0{,}43 + 0{,}624 \cdot 0{,}984 = 1{,}450\ x$, oder $x = 0{,}67$. Hätten wir die Formel $0{,}984 = \frac{C_1 - C}{K} + C$ aus 13. Aufgabe genommen, wobei $K = \frac{0{,}624}{1{,}450} = 0{,}43$ zu setzen ist, so würde sich für $c_1 = x$ der gleiche Werth (0,67) ergeben.

Um die in der Tabelle angeführten Temperaturerhöhungen in Kalorien umzuwandeln, muß man sie mit dem absoluten Gewicht des Schmetterlings (1,450 g) und mit seiner spezifischen Wärme (0,67) multiplizieren. Wir erhalten auf diese Art:

Nr.	Dauer in Sekunden	Temperaturerhöhung	Kalorien total	Kalorien per Sekunde
1	265	1,2°	1,16	0,0044
2	310	5,3°	5,14	0,0166
3	160	4,2°	4,07	0,0255
4	155	4,3°	4,17	0,0270
5	140	4,1°	3,98	0,0284
6	200	4,1°	3,98	0,0199
	Zs. 20½ Min.		22,5 Kal.	

Aus der Tabelle ist ersichtlich, daß die maximale Wärme, welche der Schmetterling im Intervalle Nr. 5 per Sekunde entwickelte, 0,0284 Kalorien beträgt, d. h. sie ist imstande, ⅓ mg Eis per Sekunde zu zerschmelzen. Da unsere Kalorien Gramm-Kalorien sind, so würden es 0,0000284 kg Kalorien sein. Zwischen Arbeit und Wärme existirt folgende Beziehung. 424 kg-meter = 1 Kalorie. Daraus 0,0000284 Kalorien = 0,01204 kg-meter oder, da 75 kg-met. = HP = Pferdekraft, 0,01204 kg-met. = 0,00016 HP, d. h. ein Falter Saturnia pyri kann die Arbeit verrichten, welcher 0,00016 Pferdekraft äquivalent sind Angenommen, daß **X** solche Schmetterlinge eine Pferdekraft repräsentieren, erhalten wir: $0{,}00016 \cdot X = 1$ HP oder $X = 6250$, d. h. 6250 Saturnia pyri sind nach ihrer Arbeit einer Pferdekraft äquivalent.

Während ca. 50 Minuten (Dauer des Versuches) bewegte der Schmetterling seine Flügel 20½ Min. und entwickelte 22,5 Kalorien, was imstande ist, 0,27 g Eis zu zerschmelzen, oder was dasselbe ist, 1 g Wasser von 0° auf 22,5° zu erwärmen.

15) G. Ruhmer hielt frische Puppen von Vanessa levana in der Temperatur von + 2° resp. 0°. Aus den ersten Puppen schlüpften porima-, aus den zweiten levana Falter aus. Um wieviel Kalorien differierten beide Puppenserien?

Auflösung: Das Gewicht der Puppe dieser Art beträgt durchschnittlich 0,059 g. Setzt man die spezifische Wärme der lebenden Puppen gleich 0,818 (wie es für Puppen von Deilephila euphorbiae der Fall ist), so erhält man x = 0,059 . 2 . 0,818 = **0,096 Kalorien**.

16) Wieviel Gramm Saft sind beim Unterkälten in der Puppe von Deilephila euphorbiae, welche 2,3 g wiegt, im Moment des „Sprunges" [1]) erstarrt, angenommen, da das tiefste Unterkälten bis — 10° stattfand und der normale Erstarrungspunkt eines Teiles der Säfte 1° beträgt?

Auflösung: Die Puppe unterkühlte sich bis — 10°, worauf infolge Festwerdens eines Teiles der Säfte die Temperatur der Puppe auf einmal bis auf — 1° stieg; folglich erwärmte sich die Puppe von — 10° bis — 1°, d. h. um 9°, oder wenn man die spezifische Wärme der Puppe zu 0,818 annimmt, um 2,3 . 0,818 . 9 = 16,93 Kalorien. Diese Wärme gab auf die latente Erstarrungswärme eines Teiles der Säfte höchstwahrscheinlich des Wassers. Das Gewicht des Eises im Moment des Erstarrens sei x g, seine latente Erstarrungswärme beträgt 80 Kalorien und die spezifische Wärme des Eises ist 0,5. Folglich giebt das Eis im Moment des Entstehens 80 x Kalorien, worauf es für sein Erwärmen von — 10° auf — 1° 9 · 0,5 . x braucht. Somit hätten wir die Gleichung: (2,3 — x) . 0,818 . 9 + 9 . 0,5 . x = 80 x, daraus x = **0,24 g**.

Da der Säftekoeffizient dieser Puppe 0,77 beträgt, so wiegt ihr Saft 2,3 . 0,77 = 1,771 g. Folglich erstarrt im Moment des „Sprunges" ca. $^1/_7$ Teil des ganzen Saftes.

17) In einem zugeschmolzenen Reagenzglas befindet sich die Puppe von Sphinx pinastri, welche der Temperatur von — 5° während 2 Stunden ausgesetzt wurde. Ist diese Puppe erstarrt (wenn auch nur teilweise) oder sind ihre Säfte noch flüssig? Das Reagenzglas wiegt mit der Puppe 4,858 g und allein 3,00 g.

Auflösung: Zu diesem Zwecke benützen wir ein aus Kupferblech hergestelltes Gefäß, welches groß genug ist, um das erwähnte Reagenzglas aufzunehmen; wir füllen es zu $^2/_3$ mit Wasser und bringen es in eine Kiste mit Baumwolle. Ein Thermometer, welches zu gleicher Zeit als Rührer benützt wird,

---

[1]) Vide Dr. Krancher's Entom. Jahrb. VIII. (1899). p. 121—131, 1898.

giebt die Temperatur des Wassers an. Man notiert zuerst die Temperatur des Wassers vor dem Versuch, dann bringt man die Puppe sammt dem Reagenzglas aus der Temperatur von — 5° direkt ins Kupfergefäß mit Wasser, rührt es 3—5 Minuten, bis die Temperatur des Wassers, welche jetzt durch Abkühlung sinkt, konstant wird. Es seien:

6,00 gr das Gewicht des leeren Kupfergefäßes,
24,00 „ „ „ „ Wassers darin,
3,00 „ „ „ „ Reagenzglases,
1,858 „ „ „ der Puppe,
0,2 die spezifische Wärme des Reagenzglases,
16,0 die Temperatur des Wassers vor dem Versuch.
14,6 „ „ „ „ nach „ „ .

Wie bekannt, beträgt die spezifische Wärme der lebenden Puppe dieser Art 0,818 und diejenige der trocknen 0,43; die spezifische Wärme der Säfte ca. 1,00.

Bevor man zur Rechnung schreitet, muß man zuerst die Konstante (y) des „Kalorimeters“ bestimmen, d. h. diejenige Zahl, mit welcher das „Kalorimeter“ multipliziert sein muß, damit es richtige Werte ergiebt. Das Thermometer, die umgebende Baumwolle und die Luft nehmen Teil an der Erwärmung auch findet die Wärmestrahlung, resp. Wärmeabsorption statt 2c. Dies alles schließt in sich die Konstante des Kalorimeters ein.

Zu diesem Zwecke merke man die Temperatur des Wassers im Kupfergefäße (t_0), dann bringe man ca. so viel schmelzendes reines Eis hinein, als die zu untersuchende Puppe wiegt und merke die Temperatur des Wassers im Moment, wo das Eis bei fortwährendem Rühren zerschmolzen sein wird (t_1). Das Gewicht des leeren Kupfergefäßes sei **P**, mit Wasser bis $^2/_3$ gefüllt — $\mathbf{P_1}$ und noch mit zerschmelzendem Eis — P_2. Die Schmelzwärme des Eises beträgt 80 Kalorien. Wir haben dann nach der bekannten Regel der Kolorimetrie:

$$\underbrace{(P_1 - P)(t_0 - t_1)}_{H_2O} + \underbrace{P\,y\,(t_0 - t_1)}_{Cu} = \underbrace{[P_2 - (P + P_1)]\,80}_{\text{Eis}} + \underbrace{[P_2 - (P + P_1)]\,t_1.}_{\text{Eiswasser.}}$$

Es sei daraus y = 1,15 ermittelt worden. (Diese Zahl ersetzt sozusagen die spezifische Wärmei des Kalorimeters).

Jetzt können wir die eigentliche Rechnung ausführen.

Es seien **x** g Säfte erstarrt; dabei nehmen wir an, daß der Säftecoefficient der Puppe K = 0,73 ist, dann erhalten wir aus der Formel $\frac{S}{M} = K : S = 0{,}73 \,.\, 1{,}858 = 1358\,g$ und aus der Formel $M - P = S : P = 1{,}858 - 1{,}358 = 0{,}500\ g$.

Die Gleichung wird aus folgenden Gliedern bestehen:

I. Kalorien, welche das Wasser im Kupfergefäße verlor,
II. „ „ „ Kupfergefäß verlor,
III. „ „ „ Reagenzglas erhielt.
IV. „ „ die Puppe minus Saft erhielt.
V. „ „ der Saft minus x erhielt.
VI. „ „ x g Säfte im Momente des Erstarrens frei machten (1 g Säfte macht im Moment des Erstarrens ca. 60 Kalorien frei).
VII. „ „ x g Säfte nach dem Erstarren zu ihrer Erwärmung von -5^0 bis 0^0 brauchen (spezifische Wärme wie beim Eis = 0,5).
VIII. „ „ x g Säfte brauchen, um sich von 0^0 bis auf $14{,}6^0$ zu erwärmen,

und zwar:

$$\underbrace{24 \,.\, (16 - 14{,}6)}_{\text{I.}} + 6 \,.\, \underbrace{1{,}15 \,.\, (16 - 14{,}6)}_{\text{II.}} = \underbrace{3 \,.\, 0{,}2\ (14{,}6 + 5)}_{\text{III.}}$$

$$+ \underbrace{0{,}5 \,.\, 0{,}43\ (14{,}6 + 5)}_{\text{IV.}} + \underbrace{(1{,}358 - x)\ 19{,}6}_{\text{V.}} + \underbrace{60\,x}_{\text{VI.}}$$

$$+ \underbrace{0{,}5 \,.\, 5 \,.\, x}_{\text{VII.}} + \underbrace{14{,}6 \,.\, x}_{\text{VIII.}}$$

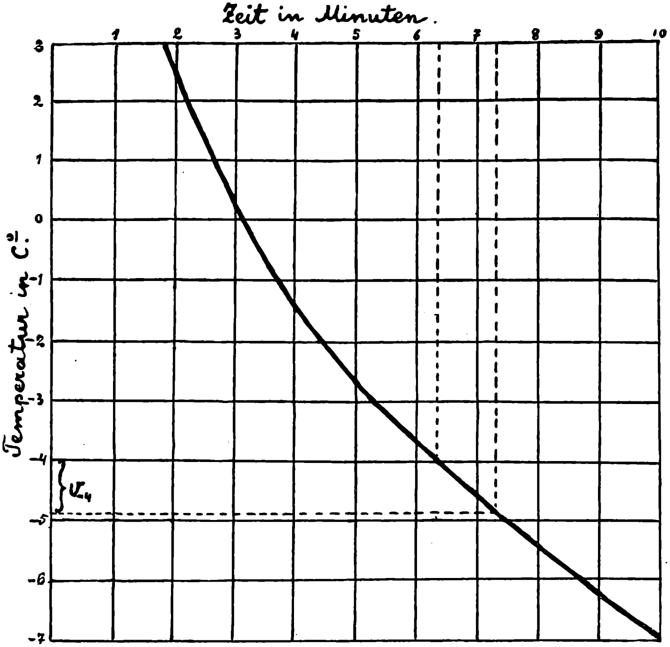
Daraus $x = 0{,}01\ g$,
d. h. viel weniger, als die minimale Quantität der Säfte, welche bei großen Unterkältungen in Insekten im Moment des „Sprunges“ erstarrt (vide Aufgabe 16). Somit ist unsere Puppe gar nicht erstarrt worden.

18) Die Puppe von Thais cerisyi befindet sich, an einer thermoelektrischen Nadel angespießt, im kalten Luftbade. Ihre eigene Temperatur wird jede Minute beobachtet und ist in folgender Tabelle enthalten:

Minuten:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Grade:	5,0	2,4	0,2	—1,5	—2,5	—3,7	–4,6	—5,5	—6,3	—7,0

Wie groß ist die Abkühlungsgeschwindigkeit der Puppe bei -4^0 pro Minute?

Auflösung: Zu diesem Zwecke stellen wir diese Tabelle graphisch dar.



Aus dieser Figur ist ersichtlich, daß die Kurve die Temperatur von — 4° um 6,3 Minuten schneidet; *eine* Minute später, d. h. um 7,3 Minuten schneidet sie die Temperatur — 4,85°. Daraus berechnet sich die Abkühlungsgeschwindigkeit zu V_{-4} = 4,85 — 4,00 = 0,85°.

19) Bei welcher eigenen Temperatur beginnt die Puppe von *Vanessa io* zu erstarren, wenn die Abkühlungsgeschwindigkeit der Puppe V_{-4} = 2,0° ist?

Auflösung: In der Zeitschrift für wissensch. Zoologie, Bd. LXVII, p. 541, 1900, befindet sich eine Fig. 3, welche die Abhängigkeit der Größe K—N von V_{-4} darstellt. Man suche auf der Achse für V_{-4} die Zahl 2,0, ziehe durch diesen Punkt eine der Achse für K—N parallele Linie; der Schnittpunkt dieser Linie mit der Kurve für Puppen von Vanessa io, nämlich 7,3, ergiebt die Größe K—N, wo **N** der normale Erstarrungspunkt der Säfte (gewöhnlich — 1,5°) und **K** der kritische Punkt bedeuten; also

	K—N = — 7,3
da aber	N = — 1,5
folglich	K = — 7,3 — 1,5 = — 8,8.

D. h. bei — 8,8° zeigt der Insektensaft einen „Sprung" im Verlaufe seiner Temperatur, wobei die Säfte zu erstarren beginnen.

20) Anfang April werden die Puppen von Saturnia pyri in ein kaltes Luftbad gebracht.

Bei welcher Temperatur beginnen sie zu erstarren, wenn die Abkühlungsgeschwindigkeit (V_{-4}) ihres Körpers bei —4° 0,47° beträgt und der normale Erstarrungspunkt der Säfte (N) bei ca. — 1,1° liegt?

Auflösung: Ist die Temperatur, bei welcher die Säfte dieser Puppen zu erstarren beginnen, K_1, so haben wir folgende Tabelle, welche meine Versuche ergeben:

V_{-4} :	0,91	0,9	0,8	0,6	0,5	0,45
K_1 — N:	— 7,3	— 7,2	— 5,0	— **3,8**	— 5,3	— 6,8

Somit wäre K_1 — N zwischen — 5,3 und — 6,8, oder genauer (nach graphischer Darstellung) = — 6,0°.

Da	K_1 — N = — 6,0,
so ist	K_1 — (— 1,1) = — 6,0; K_1 = — 7,1°.

Der kleinste Unterkältungsgrad (K_1 — N) wird, wie die Tabelle zeigt, bei V_{-4} = 0,6 erreicht (— 3,8).

Sofia (Bulgarien).

Desinfektion der Zuchtkästen.

Unbedingt notwendig ist es, daß auch die Zuchtkästen von Zeit zu Zeit nicht nur gründlich gereinigt, sondern auch desinfiziert werden. Dr. Fischer empfiehlt hierzu 4prozentige Formaldehydlösung, die man sich nach folgendem Rezept selbst darstellen kann:

40 ccm gewöhnliches Wasser,
50 ccm 90 - 96grädigen Alkohol,
10 ccm 40prozentiges Formalin, wie im Handel erhältlich.

Mit dieser Lösung wird der Kasten allüberall innen und außen mittels eines Zerstäubers oder Refraichisseurs so lange besprüht, bis alle Stellen, selbst die äußersten Ecken, vollständig feucht erscheinen. Hierauf läßt man den Kasten am besten in Zugluft solange trocknen, bis der Formalingeruch vollständig verschwunden ist. —