

(Aus dem Zoologischen Institut der Universität Wien.)

Beiträge zur Atmungsphysiologie und Biologie von *Calliophrys* und *Atherix* (Ins., Dipt.).

Zweiter Teil*).

Atmungsphysiologie und Ökologie der Untersuchungstiere.

Von

K. Russ.

Mit 11 Textabbildungen.

I. Einleitung.

Neben der Kenntnis des Baues und der Funktion der Atmungsorgane war es unerlässlich, die Atmungsphysiologie und Ökologie von *Calliophrys* und *Atherix* zu berücksichtigen.

Es gibt zwar sehr viele Arbeiten über die Atmungsphysiologie aquatischer Insektenlarven, doch fehlen fast zur Gänze Untersuchungen, die die Atmungsphysiologie für die Ökologie einer Tierart berücksichtigen. Diese Art von Untersuchung scheint mir aber gerade besonders wichtig, da die Atmungsphysiologie große Bedeutung für das Vorkommen einer aquatischen Tierart in bestimmten Biotopen haben kann.

Die folgende Arbeit soll sich nun mit diesen Fragen beschäftigen und Beiträge zu dieser Arbeitsrichtung bringen.

II. Eigene Untersuchungen.

1. Arbeitsmethoden.

a) Bestimmung des stündlichen Sauerstoffverbrauches der Untersuchungstiere.

Der stündliche absolute Sauerstoffverbrauch der Versuchstiere wurde mit Hilfe der Methode nach Winkler (Maucha 1932) bestimmt. Die Titration erfolgte mit einer 0,02 normalen Natriumthiosulfatlösung.

*) Erster Teil s. Österr. Zool. Z. IV, 146.

Die Bestimmung selbst geschah auf folgende Weise:

Die Larven und Puppen wurden in Winklerflaschen von ungefähr 30 ccm Volumen, die mit Leitungswasser gefüllt waren, bei gleichbleibender Wassertemperatur für eine Stunde lang in den festverschlossenen Flaschen untergebracht. Nach dieser Zeit wurde die Differenz des Sauerstoffgehaltes vom Wasserinhalt vor und nach dem Versuch bestimmt. Aus dieser Differenz ergibt sich der Sauerstoffverbrauch der Tiere für eine Stunde.

Wegen der geringen Körpergröße der *Calliophrys*-Larve und ihrer Puppe und der dadurch bedingten geringen Sauerstoffaufnahme mußten immer mehrere Tiere, von der größeren *Atherix*-Larve aber nur zwei bis drei Exemplare pro Flasche eingesetzt werden. Das Volumen der Flaschen wurde genau ermittelt und das Volumen der Tiere von diesem abgezogen.

b) Gasanalytische Bestimmung der Gaszusammensetzung innerhalb der Puppe von *Calliophrys*.

Die gasanalytische Bestimmung der Luftzusammensetzung innerhalb der Puppe von *Calliophrys* erfolgte nach der mikrogasanalytischen Absorptionsmethode nach Schwarz (1935), die Metzky (1950) verwendet hat.

Die Methode beruht auf der Absorption von Kohlendioxyd durch Kalilauge und von Sauerstoff durch Pyrogallol. Die Analyse erfolgt so: der Gasinhalt der Puppe wird am Objektträger in angesäuertem Glycerin aufgefangen. Darauf wird der Durchmesser D_1 einer Gasblase mit Meßokular bestimmt. Dann wird mit einer feinen Pipette durch Rosolsäure rotgefärbte Kalilauge zugesetzt und nach Absorption der Kohlensäure (schon nach wenigen Minuten) abermals der Durchmesser D_2 abgelesen. Zuletzt setzt man Pyrogallol zu und bestimmt wieder den Durchmesser D_3 . Nach Berechnung der einzelnen Kugelvolumina ergibt sich aus der Differenz zwischen den einzelnen Volumina der Prozentanteil der Gase.

c) Bestimmung des Gehaltes an Luftgasen in den Wohngewässern der Untersuchungstiere.

Der Gehalt an Luftgasen (Sauerstoff und Kohlensäure) in den Wohngewässern der Versuchstiere wurde nach den in der Limnologie üblichen Bestimmungsmethoden nach Winkler und Trillich (Maucha 1932) festgestellt.

2. Atmungsphysiologie von *Calliophrys* und *Atherix*.

a) Äußere Atmung der Larve von *Calliophrys*.

a) Sekundäre Stigmenatmung.

Es wurde im ersten Teil dieser Arbeit (K. Ruß, 1953 a) erwähnt, daß die Larve von *Calliophrys* mit ihren offenen Stigmen Luftbläschen unter Wasser aufnimmt. Diese Eigenschaft ist deshalb so wichtig, weil sie bis jetzt in dieser Art und Weise bei aquatischen *Dipteren*-Larven noch nicht beobachtet wurde.

Beim Sammeln von *Calliophrys* konnte ich aber in der Kaskade von Lunz am See zwei *Calliophrys* sehr ähnliche Larven finden, deren Stigmenhörner stark verkürzt, beziehungsweise ganz reduziert sind (Abb. 1 und 2). Eine Determinierung der Arten

war mir nicht möglich, doch dürfte es sich um nahe Verwandte, vermutlich ebenfalls *Anthomyiinae*, handeln. Im Versuch zeigte sich, daß beiden Larvenarten die für *Calliophrys* charakteristische sekundäre Stigmenatmung — so möchte ich diese Art der Atmung nennen — zukommt. Da diese Larven mit *Calliophrys* am gleichen Wohnort vorkommen und sie auch die sekundäre Stigmenatmung besitzen, wäre anzunehmen, daß diese Stigmenatmung eine Anpassung an das Leben in den Pflanzenbüscheln der Kaskaden darstellt.



Abb. 1. Dipteren-Larve aus der Kaskade in Lunz a. See.

Möglicherweise ist also die Atmung durch Aufnahme von Luftbläschen unter Wasser häufiger als bisher angenommen wurde.



Abb. 2. Dipteren-Larve aus der Kaskade in Lunz a. See.

Die hohe biologische Bedeutung der sekundären

Stigmenatmung geht aus den folgenden zwei Versuchen noch hervor:

1. Versuch. Einzelne Larven von *Calliophrys* wurden in Eprouvetten unter einer ungefähr zehn Zentimeter hohen Wasserschicht untergebracht. Um eine Sauerstoffzehrung innerhalb des Wassers zu verhindern, wurden *Fontinalis*büschel in die Eprouvetten eingelegt, und zwar so, daß sie mit den Larven nicht in Berührung kamen. Schon nach kurzer Zeit, spätestens nach einem Tag, wurden die Larven steif und starben ab.

Dieser Versuch zeigt, daß die Larven von *Calliophrys* ohne sekundäre Stigmenatmung nicht existieren können.

2. Versuch. Bei geringem Wasserstand unserer Wienerwaldbäche kommt es manchmal vor, daß die *Fontinalis*büschel der Kaskaden aus dem Wasser ragen. Unter solchen Umständen sind die Stigmen der Larven das Hauptatmungsorgan. Im Versuch gelang es, diese Verhältnisse auf folgende Weise zu klären:

Ich brachte mehrere Tiere in Petrischalen, die mit feuchtem Filtrierpapier ausgelegt waren, unter. Selbst nach einer Zeit von sechs Tagen lebten die Tiere, als ich sie in ihre eigentliche Zuchtsschale zurückgab, ohne Zeichen einer Schädigung weiter.

Aus den beiden Versuchen geht hervor, daß die Larven von *Calliophrys* nicht ohne die sekundäre Stigmenatmung, wohl aber ohne Hautatmung leben können.

Der Vorgang der Luftbläsenaufnahme von *Calliophrys*, so wie er von mir beobachtet wurde, ist ungefähr folgender:

Die Larven halten ihre Hinterstigmen in die stärkste Strömung. Dabei kommt es des öfteren zu einem Auftreffen von feinen Luftbläschen auf die Stigmen. Sie bleiben sofort am Stigma

haften und werden fast gleichzeitig von den Tracheen aufgenommen. Dabei wird aber nicht sofort das gesamte Gasvolumen, sondern vorerst ruckartig etwa ein Drittel des Bläschens, der Rest erst später langsam eingesogen.

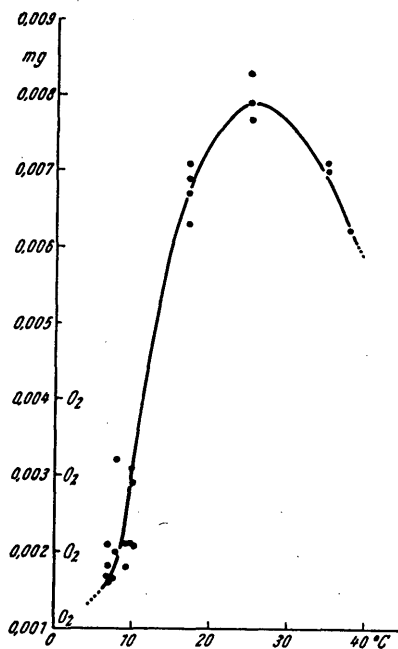


Abb. 3. *Calliophrys*-Larve: Absoluter stündlicher Sauerstoffverbrauch bei verschiedenen Temperaturen.

β) Die Hautatmung der Larve von *Calliophrys*.

Unter normalen Atembedingungen atmet *Calliophrys* fast ausschließlich durch die Hautoberfläche. Die höchste Intensität erfährt diese Atmung im Afterfeld (s. I. Teil der Arbeit¹⁾).

Die Hautatmung wird durch ein Diffusionsgefälle zwischen den Geweben des Tieres und dem umgebenden Medium herbeigeführt.

Die Ergebnisse der Bestimmung des absoluten stündlichen Sauerstoffverbrauchs sind in Tabelle 1 zusammengestellt und in Abb. 3 graphisch dargestellt.

Aus Tabelle 1 lassen sich die in Tabelle 2 zusammengestellten Durchschnittswerte errechnen:

Erhöhung der Temperatur um 10° C erzeugt in unserem Falle eine Verdreifachung der Atmungsintensität.

Wichtig ist auch die Feststellung, daß bei einer Wassertemperatur von 25° C das Maximum der Atmungsfähigkeit erreicht wird.

¹⁾ Österr. Zool. Z. IV, 146.

Diese Temperatur entspricht ungefähr den höchsten Wassertemperaturen der Bäche in unseren geographischen Breiten. Unsere Fließwassertiere brauchen sich kaum auf höhere Wassertemperaturen einzustellen. Die normalen Wassertemperaturen bedeuten für sie also auch die normalen Atmungsbedingungen.

b) Äußere Atmung der Puppe von Calliphrys.

Die Atemgase der Puppe müssen, wie schon im 1. Teil der

Tabelle 1. Die absoluten Sauerstoffverbrauchswerte bei bestimmten Temperaturen in Milligramm pro Stunde.

Temp.	Anzahl der Tiere	absoluter Sauerstoffverbr. pro Stunde u. Tier
7° C	10	0,0016 mg
7° C	5	0,0018 mg
7° C	5	0,0016 mg
7° C	10	0,001 mg
7° C	5	0,0016 mg
7° C	10	0,0021 mg
8° C	10	0,0020 mg
8° C	10	0,0020 mg
8° C	10	0,0032 mg
9,2° C	3	0,0021 mg
9,2° C	5	0,0018 mg
9,2° C	5	0,0020 mg
9,5° C	10	0,0021 mg
10° C	12	0,0021 mg
10° C	10	0,0029 mg
10° C	5	0,0031 mg
17° C	10	0,0071 mg
17° C	5	0,0069 mg
17° C	10	0,0063 mg
25° C	10	0,0079 mg
25° C	10	0,0077 mg
25° C	5	0,0033 mg
35° C	5	0,0070 mg
35° C	5	0,0071 mg
38° C	10	0,0062 mg

Arbeit beschrieben, vier Chitinhäutchen überwinden (s. Abb. 10, I. Teil): Die Hauptarbeit bei diesem äußeren Atmungsprozeß leistet, wie ich nachweisen konnte, die Gasansammlung zwischen der zweiten und dritten Chitinhaut. Dabei umgibt die Gasansammlung vollständig die entstehende Imago. Das Gasvolumen ist im abdominalen Teil der Puppe besonders groß, während im Kopfteil nur eine dünne Gas-schicht ausgebildet ist. Betrachten wir an Querschnitten durch die Puppe die äußere Puppenhülle, so sehen wir, daß die Felder der Wabenstruktur eine sehr

Tabelle 2.

Temp.	Sauerstoffverbr. pro Stunde u. Tier
7° C	0,0017 mg
8° C	0,0026 mg
9,2° C	0,0020 mg
9,5° C	0,0021 mg
10° C	0,0027 mg
17° C	0,0067 mg
25° C	0,0079 mg
35° C	0,0070 mg
38° C	0,0062 mg

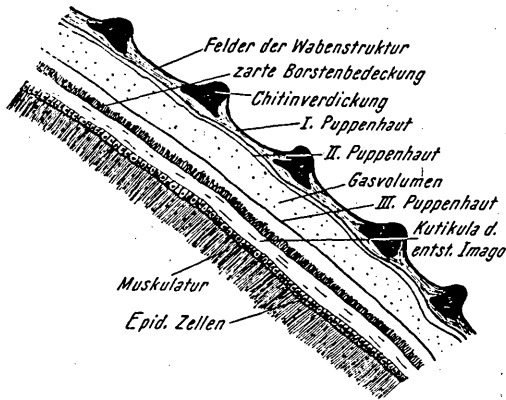


Abb. 4. *Calliophrys*-Puppe: Querschnitt durch die Puppe. Die starke Chitinisierung der ersten Puppenhaut gut sichtbar. Die Felder zwischen den stark chitinierten Teilen erleichtern den Austausch der Atemgase.

zarte Kutikula haben (Abb. 4). Das erleichtert den Durchtritt der Atemgase. Die anderen Chitinhäute sind viel dünner als die äußersten und leisten den Atemgasen sicherlich keinen besonderen Widerstand. Um den Atmungsvorgang aufzuklären, war es vor allem notwendig, die prozentmäßige Zusammensetzung der Gasansammlung innerhalb der Puppe festzustellen.

Diese Bestimmung wurde mit der Mikrogasanalyse nach Schwarz, die von Metzky (1950) erfolgreich angewendet wurde, durchgeführt.

Tabelle 3.

Temp.	CO ₂ %	O ₂ %	Restgase %
23,75° C	—	29,30	—
23,75° C	6,63	22,49	69,88
23,75° C	6,24	21,65	72,11
23,75° C	6,40	23,36	70,26
25,00° C	6,95	20,27	62,78
25,00° C	7,31	19,32	73,37
25,00° C	8,79	18,42	72,79
25,00° C	9,38	27,42	73,20
25,00° C	9,98	17,35	72,67
25,00° C	9,80	17,34	72,76
27,00° C	9,47	18,55	71,98
27,00° C	10,23	16,43	73,34
27,00° C	10,05	16,98	72,98
27,00° C	11,24	16,54	72,22
34,00° C	—	15,74	—
34,00° C	11,31	14,37	74,32
34,00° C	12,00	15,21	72,79
34,00° C	11,90	14,28	73,82
38,00° C	10,51	13,11	76,38
38,00° C	9,98	13,41	75,67
38,00° C	10,33	14,00	75,67

Dabei ergaben sich bei Temperaturen zwischen 23° C und 38° C die in nebenstehender Tabelle 3 angeführten Prozentanteile an Kohlendioxyd, Sauerstoff und Restgasen.

Aus Tabelle 3 lassen sich die in Tabelle 4 zusammengestellten Durchschnittswerte errechnen:

Die graphische Darstellung dieser Werte siehe Abb. 5.

Aus den gefundenen Werten ist zu schließen, daß die

Tiere bis zu einer Temperatur von 34°C noch einigermaßen ihre Atmung aufrechterhalten können, daß aber bei höheren Temperaturen die Atmungsintensität

nachläßt, sodaß das Tier allmählich seine Lebenserscheinungen einstellt. Dem entspricht der Verlauf der Kurven in Abb. 5, wo bei einer Temperatur von 34°C ein Absinken von Kohlendioxyd und Sauerstoff zu verfolgen ist.

Wenn wir die prozentuellen Sauerstoffanteile der Gasansammlung des Tieres mit denen der im Wasser gelösten Luft vergleichen, dann sehen wir, daß der Sauerstoffgehalt der vom Wasser absorbierten Luft mit 36% weit höher liegt als der der Gasblase mit rund 26%. Das hat natürlich zur Folge, daß von dieser Gasansammlung sehr stark Sauerstoff aus dem Wasser angezogen wird.

Eine Diffusion ist bekanntlich nur zwischen zwei Orten mit verschiedenem Druck möglich. Die Puppe von *Calliophrys* bildet also ein solches Druckgefälle in ihrer Gasansammlung aus. Wird der Sauerstoff aus der

Gasansammlung veratmet, so strömt fast selbsttätig frischer Sauerstoff aus dem umgebenden Medium nach. Dies ist nur solange möglich, so lange das Druckgefälle sehr groß ist.

Um dieses Problem näher zu behandeln, ist es vorher notwendig, den absoluten stündlichen Sauerstoffverbrauch der Puppe festzustellen. Er wurde in Tabelle 5 zusammengefaßt.

Tabelle 4.

Temp.	CO ₂ %	O ₂ %	Restgase %
23,76° C	6,42	24,20	70,75
25° C	8,81	18,38	71,36
27° C	10,50	16,65	72,84
31° C	11,73	14,90	73,64
38° C	10,27	13,50	76,22

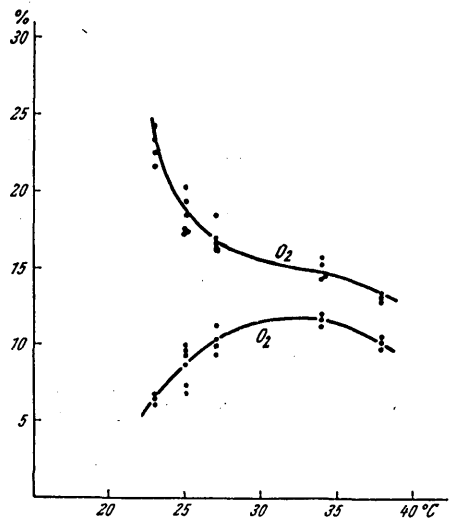


Abb. 5. *Calliophrys*-Puppe: Die prozentuelle Gaszusammensetzung innerhalb des Gasvolumens bei verschiedenen Temperaturen.

Aus Tabelle 5 lassen sich die in Tabelle 6 zusammengestellten Durchschnittswerte errechnen:

Die entsprechende Kurve siehe in Abbildung 6.

Tabelle 5.

Temp.	Anzahl der Puppen	O ₂ -Verbrauch pro Stunde u. Puppe
10° C	10	0,0022 mg
10° C	5	0,0031 mg
10° C	11	0,0028 mg
10° C	12	0,0021 mg
10° C	10	0,0023 mg
10° C	10	0,0032 mg
10° C	5	0,0027 mg
10° C	10	0,0028 mg
20° C	10	0,0054 mg
20° C	10	0,0049 mg
20° C	10	0,0043 mg
20° C	10	0,0052 mg
20° C	5	0,0048 mg
20, C	12	0,0051 mg
25° C	10	0,0069 mg
25° C	12	0,0071 mg
25° C	10	0,0072 mg
25° C	10	0,0075 mg
35° C	12	0,0051 mg
35° C	10	0,0062 mg
35° C	5	0,0048 mg

Tabelle 6.

Temp.	O ₂ -Verbrauch d. Puppe pro Stunde
10°	0,0026 mg
20°	0,0049 mg
25°	0,0072 mg
35°	0,0053 mg

Ein Vergleich zwischen Sauerstoffverbrauch der Puppe und Sauerstoffgehalt der Luft innerhalb der Puppe, beziehungsweise im umgebenden Medium ergibt folgendes (siehe Tab. 7):

Aus Tabelle 7 ersehen wir, daß die Puppe bei einem Absinken des Sauerstoffpartialdruckes der vom Wasser absorbierten Luft den Sauerstoffverbrauch steigert und

demgemäß mehr Sauerstoff der Gasansammlung entnimmt.

Damit kann der Abfall des Sauerstoffgehaltes innerhalb der Gasansammlung der Puppe erklärt werden.

Nach Überschreiten des Atmungsmaximums, das ist bei Temperaturen über 25° C, fällt der absolute Sauerstoffver-

brauch wieder ab, so daß bei einer Temperatur von 34° C nur mehr 0,0053 mg Sauerstoff pro Stunde und Tier veratmet werden. Bei höheren Temperaturen tritt der Tod der Puppe ein.

Tiere, die längere Zeit bei 38° C gehalten wurden, zeigten alsbald Verpilzungen, die als sicheres Todeszeichen gewertet werden können. Im allgemeinen ist es sonst schwer, äußerlich den Tod der Puppen festzustellen. Bei

Puppen, die schon längere Zeit tot waren, füllte sich der ehemalige Gasraum mit Wasser, so daß die toten Puppen stets am Grunde des Wassers lagen, während die noch lebenden an der Wasseroberfläche schwammen.

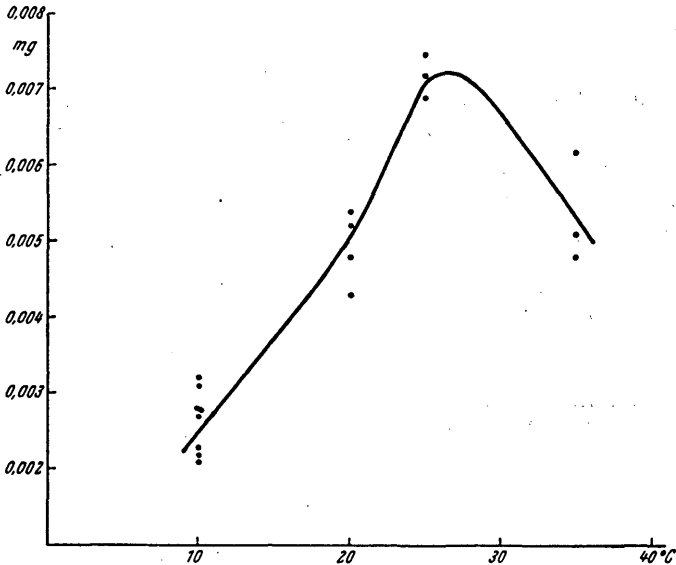


Abb. 6. *Calliophrys*-Puppe: Absoluter stündlicher Sauerstoffverbrauch bei verschiedenen Temperaturen.

Bei einer Temperatur über 25° C nimmt, wie schon erwähnt, auch der Sauerstoffprozentgehalt innerhalb der Gasansammlung allmählich ab. Er sinkt bei einer Temperatur von 38° C auf 13,50%.

Tabelle 7.

Temp.	O ₂ -Verbr. pro Std. und Puppe	Temp.	O ₂ % in Gasvol.	Temp.	O ₂ d. in H ₂ O gel. Luft
20° C	0,0049 mg	23° C	24,20	20° C	34,03
25° C	0,0072 mg	25° C	18,38	25° C	33,92
35° C	0,0053 mg	34° C	14,90	35° C	33,44

Aus den Tabellen 4 und 6 ersieht man auch, daß bei Temperaturen über 25° C neben dem Absinken des absoluten Sauerstoffverbrauches auch die Diffusion von Sauerstoff aus dem umgebenden Medium in die Gasansammlung abnimmt.

So beträgt der Sauerstoffverbrauch der Puppe bei einer Temperatur von 25° C 0,0072 mg/Std. und der Sauerstoffgehalt der

Luft innerhalb der Puppe 18,38%. Bei einer Temperatur von ungefähr 35° C ist der Sauerstoffverbrauch bereits auf 0,0053 mg, der Sauerstoffprozentgehalt der Luft in der Puppe auf 14,90% gesunken.

Aus der Untersuchung über die Funktion der Gasansammlung innerhalb der Puppe von *Calliophrys* ergibt sich also, daß diese Gasschicht eine Vermittlerrolle zwischen dem umgebenden Medium mit den von ihm absorbierten Luftgasen und der entstehenden Imago, in der Funktion eines Gasüberträgers, übernimmt, und daß die Atmungsintensität der Puppe von der Temperatur abhängig ist.

c) *Äußere Atmung der Larve von Atherix.*

a) Hautatmung und Tracheenkiemenatmung.

Als Kiemenorgane kommen bei *Atherix* die Tracheenkiemen, das Afterfeld und die Hautoberfläche in Betracht.

Tabelle 8.

Temp.	Anzahl der Tiere	Sauerstoffverbrauch pro Stunde u. Tier
7° C	4	0,0120 mg
7° C	5	0,0152 mg
7° C	6	0,011 mg
7° C	4	0,0125 mg
12° C	3	0,0168 mg
12° C	4	0,020 mg
12° C	3	0,019 mg
12° C	6	0,022 mg
12° C	4	0,018 mg
20° C	4	0,037 mg
20° C	4	0,041 mg
20° C	4	0,032 mg
20° C	4	0,040 mg
20° C	4	0,037 mg
20° C	4	0,039 mg
25° C	3	0,049 mg
25° C	4	0,042 mg
25° C	4	0,040 mg
25° C	5	0,046 mg
25° C	5	0,046 mg
35° C	5	0,039 mg
35° C	5	0,032 mg
35° C	4	0,034 mg

Eine sekundäre Stigmenatmung, wie wir sie bei der Larve von *Calliophrys* finden, gibt es hier nicht. Die Stigmen von *Atherix* sind geschlossen.

Die absoluten Sauerstoffverbrauchswerte stellen also die maximal mögliche Sauerstoffaufnahme der Larve dar.

Bei *Calliophrys* verhält sich dies nicht so; denn die Werte der Sauerstoffaufnahme durch die sekundäre Stigmenatmung lassen sich nicht messen.

dübere Stigmenatmung lassen sich nicht messen.

In Tabelle 8 sind die Bestimmungsergebnisse über den stündlichen absoluten Sauerstoffverbrauch der Larve von *Atherix* zusammengestellt.

Daraus lassen sich die in Tabelle 9 zusammengestellten Durchschnittswerte für die Sauerstoffaufnahme errechnen:

Die graphische Darstellung dieser Sauerstoffverbrauchswerte findet sich auf Abb. 7.

Wie man aus Tabelle 8 und 9 ersehen kann, findet so wie bei *Calliophrys* auch bei *Atherix* die Van't-Hoff'sche Regel eine gute Bestätigung. Bei einer Temperatur von 12° C veratmet das Tier im Durchschnitt 0,019 mg Sauerstoff, bei 25° C etwas mehr als das Doppelte, nämlich 0,043 mg Sauerstoff. Das Maximum der Atmungsintensität liegt bei *Atherix* ebenfalls bei 25° C. An Hand der Kurve sehen wir sehr deutlich das Absinken der Sauerstoffverbrauchswerte bei einer Temperatur über 25° C.

d) Atmungsphysiologischer Vergleich der Larven von *Calliophrys* und *Atherix*.

Um diesen Vergleich durchführen zu können, müssen vor allem die Oberflächengrößen beider Larven festgestellt werden. Der absolute stündliche Sauerstoffverbrauch würde keineswegs genügen, die Larven zu vergleichen. Wichtig ist der stündliche Sauerstoffverbrauch, bezogen auf einen Quadratmillimeter.

Denkt man sich die Larve in einen Kegel und einen Zylinder zerlegt und berechnet deren Oberfläche, so erhält man annähernd folgende Werte für die Körperoberflächen der Tiere:

Calliophrys: etwa 24 mm²,

Tabelle 9.

Temp.	absol. Sauerstoffverbr. pro Std. u. Tier
7°	0,012 mg
12°	0,019 mg
20°	0,036 mg
25°	0,043 mg
35°	0,035 mg

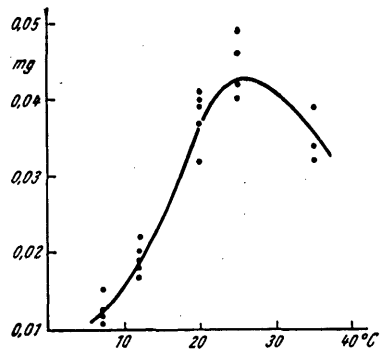


Abb. 7. *Atherix*-Larve: Absoluter stündlicher Sauerstoffverbrauch bei verschiedenen Temperaturen.

Atherix: etwa 80 mm².

Daraus ergeben sich folgende Sauerstoffverbrauchswerte in mg/Std., bezogen auf 1 mm² Oberfläche (für *Calliophrys* sind die gefundenen Werte in Tabelle 10, für *Atherix* in Tabelle 11 zusammen-

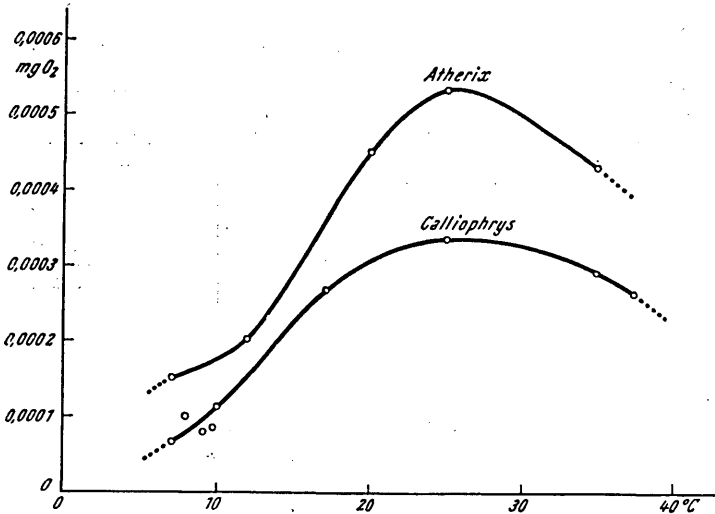


Abb. 8. *Calliophrys*-Larve und *Atherix*-Larve: Absoluter stündlicher Sauerstoffverbrauch, bezogen auf 1 mm² Körperoberfläche bei verschiedenen Temperaturen.

mengestellt. Die graphische Darstellung beider Tabellen erfolgt auf Abb. 8).

Tabelle 10. *Calliophrys*.

Temp.	O ₂ -Verbrauch in mg/Std. pro 1 mm ² Oberfläche
7° C	0,00007 mg
8° C	0,00010 mg
9,2° C	0,00008 mg
9,5° C	0,00008 mg
10° C	0,00011 mg
17° C	0,00027 mg
25° C	0,00033 mg
35° C	0,00029 mg
38° C	0,00026 mg

Wenn wir an Hand der beiden Tabellen (Tab. 10 und 11) die Larven von *Calliophrys* und *Atherix* vergleichen, so sehen wir, daß *Atherix* einen viel höheren Sauerstoffverbrauch, bezogen auf die Flächeneinheit, hat als *Calliophrys*. Was hat das zu bedeuten? Es scheint mir möglich, dafür eine Erklärung zu geben:

Atherix hat pro 1 mm² Körperoberfläche und bei einer

Temperatur von 7° C einen Sauerstoffverbrauch von 0,00015 mg/St., *Calliophrys* bei derselben Temperatur nur einen Verbrauch von 0,00007 mg/St. Die Atmung von *Atherix* erscheint also doppelt so groß wie die von *Calliophrys*. Diese Tatsache ist meiner Meinung nach vor allem auf die sekundäre Stigmenatmung der Larve von *Calliophrys* zurückzuführen, die quantitativ nicht erfaßt werden konnte. Es wäre leicht möglich, daß beide Larven die gleichen Atmungsgrößen besitzen oder vielleicht sogar *Atherix* eine geringere Atmung hat als *Calliophrys*. Völlige Übereinstimmung ergibt sich ja auch in den Kurven in Abb. 8, die den Verlauf der

Tabelle 11. *Atherix*.

Temp.	O ₂ -Verbrauch in mg/Std. pro 1 mm ² Oberfläche
7° C	0,00015 mg
12° C	0,00020 mg
20° C	0,00045 mg
25° C	0,00053 mg
35° C	0,00043 mg

Hautatmung beider Larven vergleichend darstellt. Die Kurven verlaufen fast parallel. Das zeigt, daß die Hautatmung beider Larven, von der sekundären Stigmenatmung abgesehen, gleich abläuft.

Der Unterschied in den Atmungsgrößen ist meiner Meinung nach vor allem durch die Stigmenatmung bedingt. Die sekundäre Stigmenatmung kann als charakteristische Eigenschaft der Larve von *Calliophrys* angesehen werden.

Auffallend ist die Übereinstimmung im Atmungsmaximum beider Larven. Das Maximum der Atmung wird ungefähr bei einer Temperatur von 25° C erreicht. Das ist, wie schon gesagt, eine Ausnahmestemperatur unserer Bäche im Hochsommer.

Diese Temperatur ist es, der die Atmungsprozesse der Larven gerade noch entsprechen. Würde die Temperatur innerhalb unserer Wienerwaldbäche noch steigen, was mit einem Sauerstoffschwund im Wasser gleichbedeutend wäre, kämen die Tiere mit ihren Atmungseinrichtungen nicht nach. Der normale Atmungsablauf fällt indessen in den Temperaturbereich von 10° C bis 20° C. Diese Temperaturen sind die Durchschnittstemperaturen unserer Bäche im Sommer. Im Winter herrschen durch die tiefen Wassertemperaturen, die einen höheren Sauerstoffgehalt des Wassers gewährleisten, sehr günstige Atmungsbedingungen.

c) *Atmungsphysiologischer Vergleich der Larve und Puppe von Calliophrys.*

Atmungsbiologisch kommen der Puppe von *Calliophrys* die gleichen Eigenschaften zu wie den beweglichen Stadien. Dies soll nun in der folgenden Diskussion nachgewiesen werden:

Wie man aus der Kurve in Abb. 6 ersehen kann, liegt die Grenze des normalen Atmungsablaufes für die Puppe bei einer Temperatur von ungefähr 25° C. Damit ist ein Zusammenhang in bezug auf Atmung zwischen der Larve von *Atherix*, der Larve von *Calliophrys* und deren Puppe gegeben. In dieser Hinsicht stimmen die drei untersuchten Tierformen vollkommen überein. Als Tiere des gleichen Biotops haben sie selbst im Puppenstadium die gleichen atmungsphysiologischen Eigenschaften.

Tabelle 12. Puppe von *Calliophrys*

Temp.	O ₂ -Verbrauch pro 1 mm ² /Std.
10° C	0,00012 mg
20° C	0,00023 mg
25° C	0,00034 mg
30° C	0,00025 mg

Vergleichen wir nun die veratmete Sauerstoffmenge pro 1 mm² Körperoberfläche der Larve von *Calliophrys* mit der der Puppe. Die Oberflächenberechnung erfolgte so wie bei der Larve. Die Berechnung ergab eine Oberfläche von etwa 21 mm².

Das ist, verglichen mit der Larve, ein Unterschied von 3 mm². Diese Differenz bezüglich der Oberfläche entsteht durch das „Sich-einziehen“ der Larve während des Verpuppungsvorganges.

Die aus der Oberfläche und den stündlichen absoluten Sauerstoffverbrauchswerten errechneten Verbrauchswerte für die Larve und die Puppe sind aus Tabelle 10 (p. 542) und 12 zu ersehen.

Man sieht aus den Tabellen, daß die Übereinstimmung bezüglich der Atmungsgrößen sehr groß ist und daß die Unterschiede in den Werten verschwindend klein sind. Krawany (1935) konnte bei Trichopterenlarven und -puppen die gleichen Erscheinungen feststellen.

Bei der Puppe läßt sich ebenso wie bei der Larve die Van't-Hoff'sche Regel nachweisen. Bei einer Temperatur von 10° C beträgt die Atmung der Puppe, bezogen auf 1 mm² Oberfläche 0,00012 mgO₂/Std., bei 20° C steigt sie ca. auf das Doppelte, nämlich auf 0,00023 mgO₂/Std.

Alle diese Erscheinungen, nämlich der verschwindend kleine Unterschied zwischen den Sauerstoffverbrauchswerten von Larve und Puppe, die Übereinstimmung im Atmungsmaximum, das bei 25° C liegt, mit *Atherix* und der Larve von *Calliophrys*, sowie die Bestätigung der Van't-Hoff'schen Regel, lassen die Puppe von *Calliophrys* atmungsphysiologisch als ein den Larven gleichwertiges Stadium erscheinen.

3. Der Wohnort der Versuchstiere und seine chemisch-physikalische Beschaffenheit.

Die Larven und Puppen von *Calliophrys* und die Larve von *Atherix* lassen rein äußerlich keine oder nur wenige Atmungsorgane erkennen. Da es in den Kaskaden und Stromschnellen außerdem noch zahlreiche Insektenlarven gibt, die ähnliche Erscheinungen, wie zum Beispiel das Fehlen von äußeren Atmungsorganen zeigen, drängt sich die Frage auf, inwieweit stark strömendes Wasser gegenüber ruhendem Wasser die Atmungsbedingungen für die Organismen verbessert.

Nach Ruttner (1940) bedingt bewegtes Wasser an sich schon gegenüber ruhendem Wasser für die Organismen eine Verbesserung der Atmungsbedingungen. Er schreibt: „In ruhendem oder schwach bewegtem Wasser sind die Organismen von einer adhäsiv festgehaltenen Flüssigkeitsschicht umgeben, die alsbald einen an lebenswichtigen Stoffen verarmten Hof um das Tier oder die Pflanze bildet. Im raschen Strome wird aber die Entstehung solcher den Austausch hemmender Höfe verhindert und die aufnehmende Oberfläche immer wieder mit neuen noch unausgenützten Wasserteilchen in Berührung gebracht. Daher begünstigt bewegtes Wasser die Atmung und die Nahrungsaufnahme weit mehr als ruhendes vom gleichen Gehalt, es ist zwar nicht absolut aber physiologisch sauerstoff- und nährstoffreicher. Der Strömung kommt somit eine eutrophierende Wirkung zu.“

Jaernefelt (1948) berichtet zum selben Thema wörtlich folgendes: „Daß aber der Sauerstoffgehalt des Wassers durch einen Wasserfall, bzw. eine Stromschnelle erhöht werden kann, das zeigen meine schon früher (1928, 1936) veröffentlichten diesbezüglichen Beobachtungen . . .“

Jaernefelt (1948) beobachtete oft sehr starke Übersättigungen an Sauerstoff im Wasser und zwar in den Sommermonaten.

Tabelle 13.

Dat.	Bezeichnung d. Probenstelle	Temp.	O ₂ mg/l	CO ₂ mg/l	O ₂ -Sättigung
3. 12. 50	Mauerbach normalf. Bach	3 ^o C	12,84	1,82	95 %
11. 12. 50	— „ —	1,4 ^o C	12,87	1,62	91,83 %
11. 12. 50	— „ —	1,0 ^o C	12,87	1,30	91,27 %
11. 12. 50	Mauerbach Kaskade	2 ^o C	14,99	1,12	108,21 %
11. 12. 50	Mauerbach kl. Kaskade	2 ^o C	14,68	1,22	108,00 %
12. 1. 51	Mauerbach sehr raschfl. Bach	1,4 ^o C	15,20	1,04	110,83 %
26. 1. 51	Mauerbach Kaskade	1,4 ^o C	14,82	1,50	108,36 %
26. 1. 51	Mauerbach Kaskade	1,2 ^o C	15,37	1,36	110,90 %
11. 12. 50	Mauerbach normalf. Bach	2,3 ^o C	13,80	1,20	99,98 %
1. 2. 51	Rotgrabenbach Kaskade	4,5 ^o C	13,20	2,66	110,12 %
1. 2. 21	Rotgrabenbach Quellkaskade	6,7 ^o C	13,45	3,34	113,37 %
16. 12. 50	Dürre Liesing normfl. Bach	1,2 ^o C	12,80	3,04	92 %
18. 12. 50	Dürre Liesing normfl. Bach	2,5 ^o C	12,99	2,92	96 %
18. 12. 50	Dürre Liesing sehr raschfl. Bach	2,2 ^o C	14,01	2,60	104,90 %
17. 3. 51	Liesing kl. Kaskade	7,9 ^o C	12,08	—	108,17 %
5. 5. 51	Liesing Kaskade	11,2 ^o C	12,87	1,86	121 %
28. 5. 51	Schwechat Kaskade	9,6 ^o C	12,44	2,9	108,73 %
28. 5. 51	Schwechat Kaskade	9,6 ^o C	12,48	2,9	109,48 %

Die Reihenfolge der Probenentnahmestellen entspricht dem Bachverlauf.

Es ist auffällig, daß in der wärmeren Jahreszeit das Wasser in Stromschnellen mit Sauerstoff übersättigt ist.

Bei meinen Untersuchungen der Mittelgebirgsbäche, vor allem des Mauerbaches und der Liesing, konnte ich im stark strömenden Wasser der Kaskaden auch solche Übersättigungen feststellen (Russ, 1953 b).

Meine Bestimmungen stammen aus den Wintermonaten von November 1950 bis Februar 1951 und zum Teil von März 1951 bis Mai 1951. Die Tabelle 13 soll die Sauerstoff- und Kohlensäure-

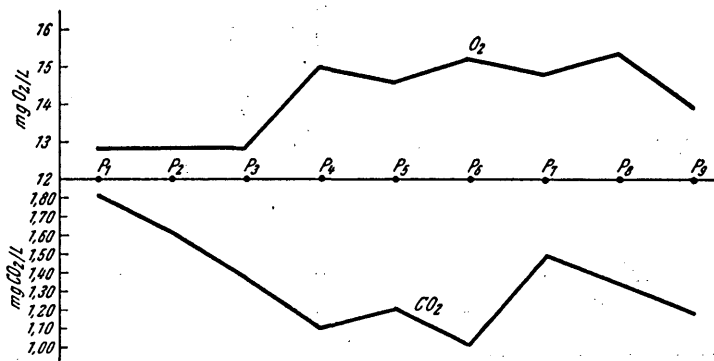


Abb. 9. Kohlensäure und Sauerstoff im Wasser des Mauerbaches. Die Kurven verlaufen fast spiegelbildlich zueinander.

verhältnisse in den Wienerwaldbächen, wie sie zur Zeit meiner Untersuchungen herrschten, veranschaulichen.

Wie man aus Tabelle 13 ersehen kann, steigt gegenüber dem übrigen Bachverlauf der Sauerstoffgehalt in den Kaskaden, wobei interessanterweise gleichzeitig der Kohlensäuregehalt sinkt.

An einer Bachstelle im Mauerbach, an der das Wasser ruhig dahinfließt, beträgt die Sättigung an Sauerstoff 91,27%. Dagegen steigt dieselbe in der folgenden Kaskade auf 108,21%. Das entspricht also einer „Übersättigung“ von 8,21%. In einer Kaskade der Liesing fand ich eine „Übersättigung“ von 121%²⁾.

Gleichzeitig mit dem Sauerstoffanstieg sinkt der Kohlensäuregehalt innerhalb der Kaskaden. Diese Tatsache geht vor allem aus

²⁾ Innerhalb stehender Gewässer kommt es nach Ruttner (1940) sehr häufig zu echten Übersättigungen mit Sauerstoff durch die Assimilation der

der graphischen Darstellung der Bestimmungswerte in Abb. 9 hervor. Die beiden Kurven verhalten sich zueinander spiegelbildlich.

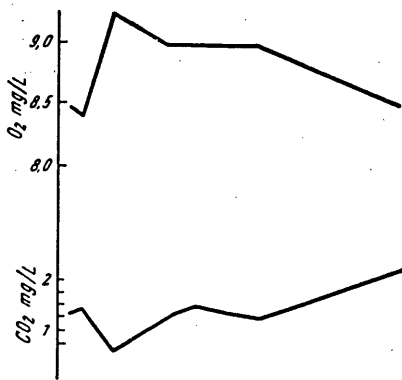


Abb. 10. Sauerstoff- und Kohlensäurekurven nach Jaernefelt (1948).

Jaernefelt (1948) konnte an finnischen Flüssen dieselben Feststellungen machen, seine graphische Darstellung der von ihm gefundenen Sauerstoff- und Kohlendioxydwerte ist in Abb. 10 wiedergegeben. Meine diesbezüglichen Kurven stimmen mit seinen weitgehend überein.

Wie es chemisch-physikalisch zu diesem Vorgang kommt, gibt auch Jaernefelt (1948) nicht an.

4. Die Abhängigkeit der Untersuchungstiere von den chemisch-physikalischen Bedingungen im Biotop.

Wie im vorigen Kapitel gezeigt werden konnte, herrschen in den Kaskaden durch den hohen Sauerstoffgehalt und den geringen Kohlensäuregehalt für die Untersuchungstiere sehr günstige Atmungsbedingungen.

Calliophrys lebt nur in den Kaskaden. Die starke Turbulenz des Wassers läßt feinste Luftbläschen entstehen, die für die Atmung der *Calliophrys*-Larve unbedingt notwendig sind. Die Larve nimmt mit ihren Stigmen diese Luftbläschen auf.

Damit ist das Tier mit seiner Atmung an die Kaskade gebunden.

Pflanzen bei starker Sonnenbestrahlung. Zu einer solchen Übersättigung kann es in den Kaskaden nicht kommen, da die Strömung des Wassers sie ausschließt.

Da wir die „Übersättigung“ in den Kaskaden mit der durch Pflanzenassimilation hervorgerufenen nicht vergleichen können, so sei dieser Ausdruck vorläufig nur mit Vorbehalt verwendet.

Daß aber eine Zunahme des Sauerstoffgehaltes existiert, das zeigen Jaernefelts Ausführungen und meine diesbezüglichen Untersuchungen. Hinsichtlich der Atmungsphysiologie unserer Bachtiere sind sowohl der Sauerstoffanstieg, als auch die Kohlensäureabnahme zweifellos von großer Bedeutung.

Die sekundäre Stigmenatmung wird also zum ökologischen Begrenzungsfaktor.

Dem gegenüber steht *Atherix* mit ihrer größeren Beweglichkeit und ihren Tracheenkiemen; ihre Stigmen sind jedoch geschlossen. Durch diese Eigenschaften ist es *Atherix* möglich, ihre Verbreitung wesentlich zu erweitern. Man findet die Larve im ganzen Bachverlauf, in den Kaskaden und sogar unter Steinen in Ufernähe.

Die Atmung der Puppe von *Calliophrys* wird durch die hohen Sauerstoffwerte wesentlich erleichtert, denn das Diffusionsgefälle ist hier sehr groß.

5. Sonstige biologische Beobachtungen.

a) Ernährungsweise der Larve von *Calliophrys* und *Atherix*.

Über die Ernährungsweise der Larven war bis jetzt nichts bekannt. Beobachtungen und Darminhaltuntersuchungen lassen folgende Ernährung vermuten:

Es scheint, daß beide Larven, *Calliophrys* und *Atherix*, Detritus fressen. Allerdings bohrt *Calliophrys* oft mit ihren Mundhaken Algenfäden an und saugt sie aus.

Bei *Atherix* konnte dergleichen nicht beobachtet werden.

Calliophrys kann man im Strömungsrohr gut beobachten, wie sie sich selbst in der stärksten Strömung mit Hilfe der feinen Bedornung der Bauchwülste an den Fontinalisbüscheln festhält und in den Blattachseln der Pflanzen nach Nahrung sucht. Durch dauerndes „Sichwinden“ um die Pflanzenstengel gelingt es dem Tier auch verhältnismäßig gut, sich in der Strömung fortzubewegen.

Atherix setzt sich nie so wie *Calliophrys* unmittelbar der starken Strömung aus, sondern sucht, am Grunde der Pflanzenbüschel herumkriechend, nach Nahrung.

Gegen eine räuberische Lebensweise beider Tiere spricht die Tatsache, daß die Larven gleicher Art, die in größerer Zahl nebeneinander gehalten wurden, niemals Kannibalismus zeigen. Auch wenn *Calliophrys* und *Atherix* im gleichen Behälter untergebracht sind, kommt es nie zu gegenseitigen Verletzungen.

Alle diese Tatsachen sprechen für eine Ernährung mit Detritus, beziehungsweise mit frischen pflanzlichen Stoffen.

b) *Das Putzorgan der Larve von Atherix.*

Die beiden Anhänge des letzten Segmentes (s. Abb. 14, I. Teil) waren in ihrer Funktion bisher noch unbekannt. Bei KARNY (1934) findet man darüber die Ansicht vertreten, daß es sich um Kiemenorgane handeln soll. Diese Angabe stimmt mit den Ergebnissen meiner Untersuchung nicht überein.

An Hand von Querschnitten durch die Anhänge kann man eindeutig den rein kutikulären Aufbau der Haare nachweisen, die diese Kiemenfunktion haben sollen: sie sind durchaus als chitinige Substanz aufzufassen, die mit einer Atmung nicht das geringste zu tun haben.

Besonders wertvoll zur Klärung ihrer Funktion war eine Beobachtung, die an den in der Zuchtschale gehaltenen Tieren gemacht werden konnte. Die Tiere scheiden am ganzen Körper eine feine schleimige Substanz ab, die vermutlich zum Schutz gegen Verpilzung dient. An dieser Schleimschichte bleiben selbstverständlich allerlei Schmutzteile haften.

Es konnte nun beobachtet werden, daß die Larven ihre Körper mit einer leichten Drehung und gleichzeitiger ventraler Krümmung des ganzen Körpers nach rückwärts durch die Borstengabel zogen. Dabei reinigten sie sich von den anhaftenden Schmutzteilen.

Damit scheint mir die Frage nach der Funktion dieses Organes geklärt zu sein. Die Anhänge des letzten Segmentes der Larve von *Atherix* dienen als Putzorgan.

c) *Verpuppungszeiten von Calliophrys pulchripes.*

Die Larven, die den Winter überdauern, gelangen ungefähr Ende April zur Verpuppung. Dieser Zeitpunkt wird von der Temperatur des Wohngewässers der Larven bestimmt. Experimentell ließ sich feststellen, daß sich die Larven, die schon Ende Februar und Anfang März im Laboratorium einer Temperatur von 13° C bis 15° C ausgesetzt werden, sofort verpuppten.

Solche Temperaturen stellen wir auch Ende April in den Wienerwaldbächen fest. Die folgende Tabelle veranschaulicht den Temperaturgang in den Wintermonaten und den Temperatursprung Ende April:

Temperaturen im Mauerbach vom 11. 12. 50 bis 27. 4. 1951.

11. 12. 50 1,85° C 10. 4. 51 6,85° C
12. 1. 51 1,80° C 27. 4. 51 14,25° C

Der Temperatursprung trat im Jahre 1951 also ca. am 27. 4. ein. Da die Verpuppung nur einen Tag in Anspruch nimmt, konnten am 28. 4. 1951 die ersten Puppen gefunden werden. Sie sitzen am Grunde der *Fontinalis*-Büschel, wo sie mit Hilfe ihrer abdominalen Widerhaken gut verankert sind. Man kann bis zu dreißig und vierzig Exemplare innerhalb eines *Fontinalis*-Büschels dicht nebeneinander finden. Hält die Temperatur von 14°

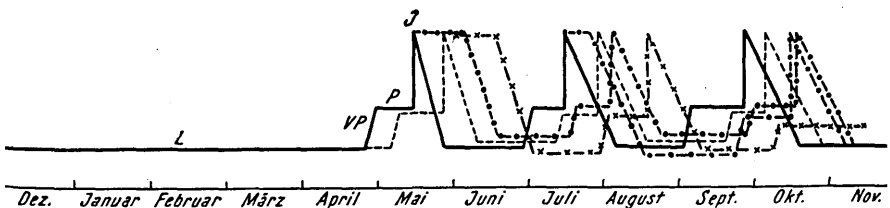


Abb. 11. *Calliophrys*. Graphische Darstellung des Generationswechsels im Laufe eines Jahres.

Zeichenerklärung: ——— Theoretischer Ablauf von Larven, Puppen- und Imagostadien, - - - - - Nachzügler I, - · - · - Nachzügler II, - x - x - x - Nachzügler III, von Nachzügler I abzuleiten. L = Larve, VP = Vorpuppe, P = Puppe, I = Imago.

bis 15° C einige Tage an, so verpuppen sich fast alle Larven und nur einige „Nachzügler“ führen ihr Larvenleben weiter, bis auch sie schließlich zur Verpuppung gelangen.

Pleskot (1951) weist besonders auf die Temperatur im Medium Wasser und auf ihren Einfluß auf Wachstum und Entwicklung der Organismen hin. So sagt sie auch, daß die Temperatur die Zahl der Generationen im Jahr und den Jahreslauf der Zusammensetzung der Biocoenosen reguliert.

Auch Weber (1938) stellt die Wassertemperatur als sehr wichtig für die Entwicklung der Insekten hin. Er schreibt, daß die Geschwindigkeit des Ablaufes auch der postembryonalen Entwicklung als Ganzes durch Außenfaktoren, wie Temperatur und Ernährung verändert zu werden pflegt.

Für die Bedeutung der Temperatur als Faktor der Entwicklungsgeschwindigkeit bei Organismen konnte durch *Calliophrys* ein konkretes Beispiel erbracht werden.

Die Kurve in Abb. 11 zeigt uns den Verlauf der einzelnen Verpuppungszeiten, Schlüpfzeiten und Larvenstadien an. Bei Betrachtung der Kurve fällt vor allem die ausgedehnte Larvenperiode während der Wintermonate auf. Auch dafür ist die niedrige Wassertemperatur die Ursache. Dagegen finden wir in den Sommermonaten bei den hohen Wassertemperaturen eine besonders rasche Entwicklung der Tiere, die kaum länger als einen Monat dauert. Während der Wintermonate haben die Larven von *Calliophrys* Zeit, sich für die Verpuppung vorzubereiten. Dabei kann es auf Grund verschiedener Ernährungsbedingungen oder anderer Faktoren vorkommen, daß manche Larven schon längere Zeit vor Eintritt des Temperatursprunges zur Verpuppung reif wären, aber durch die niedrigen Wassertemperaturen daran gehindert werden. Das beweist eindeutig das Experiment, bei dem von Larven, die im Februar dem kalten Bachwasser entnommen wurden, einige im Laboratorium bei Anstieg der Temperatur auf 14° C sofort mit der Verpuppung begannen, während ein Teil der Larven weiterhin beweglich blieb.

Die Generationenfolge von *Calliophrys* läuft nun folgendermaßen ab:

Ende April beginnt die erste Hauptverpuppungszeit und drei Wochen später — solange dauert die Metamorphose — die erste Hauptflugzeit. Schon bei dieser ersten Verpuppung treten einzelne Nachzügler auf, die sich nicht gleichzeitig mit den übrigen Larven verpuppen.

Diese Nachzügler stören von Anfang an einen exakten Generationszyklus, wie er theoretisch stattfinden sollte. Außerdem gelangen einige Weibchen während der ersten Flugzeit wahrscheinlich nicht sofort zu einer Befruchtung und Eiablage, so daß dadurch die gesetzmäßige Folge von Larven-, Puppen- und Imagostadien stark verwischt wird.

Trotzdem kann man aber ziemlich genau die drei Hauptverpuppungszeiten von *Calliophrys* erkennen. Zwischen der ständigen Folge von Verpuppung, Imago und Larve läßt sich im Hochsommer eine zweite Verpuppungszeit feststellen. Sie erfolgt Ende Juni. Die dritte Verpuppungszeit wird aber durch die im Laufe des Sommers entstandenen zahlreichen Nachzügler sehr stark verschoben und ausgedehnt, das heißt, man findet im Monat September neben Puppen auch noch viele Larven. In den letzten Tagen des

September überwiegen aber die Puppen, sodaß wir zu diesem Zeitpunkt die dritte Verpuppungszeit feststellen können.

Ob die Tiere, die im Oktober noch zur Verpuppung schreiten, auch noch zu einer Fortpflanzung kommen, konnte nicht beobachtet werden. Fest steht allerdings, daß man in den ersten Wintermonaten die verschiedensten Larvenformen von *Calliophrys* finden kann. Gegen das Frühjahr gleichen sich aber die Unterschiede in bezug auf Körpergröße der Tiere aus, und so kann es bei günstigen Temperaturen schon sehr bald zu Verpuppungen kommen, die meist spontan erfolgen.

d) Der Verpuppungsvorgang bei *Calliophrys pulchripes*.

Eingeleitet wird die Verpuppung durch ein Vorpuppenstadium, in dem sich die Larve stark zusammenzieht, den Kopfteil retrahiert und den Vorderteil mäßig verdickt. Die fast völlige Durchsichtigkeit der Larvenhaut macht einer trüben, milchigen Farbe Platz und das Tier bewegt sich schließlich nicht mehr. Man sieht noch kurze Zeit das Rückengefäß arbeiten, doch wird auch dieses mit zunehmender Trübung des Körpers alsbald unsichtbar. Das Vorpuppenstadium in der geschilderten Erscheinung dauert etwa zwölf Stunden. Darauf beginnt sich die Puppenhaut zu verfärben.

Bei der Verfärbung der Puppenhaut scheint das Licht eine besondere Rolle zu spielen. Vorerst färben sich nämlich nur die dem Licht zugewandten Körperstellen braun, während die vom Licht abgewandten Teile noch immer ihre milchige Farbe beibehalten.

Zu starke Feuchtigkeit scheint der Verfärbung nicht günstig zu sein, da die aus dem Wasser ragenden Körperstellen viel früher braun werden als solche, die im Wasser liegen.

Zusammenfassung.

Aus den Ergebnissen dieser Arbeit kann Folgendes zusammengefaßt werden:

1. An Hand von Sauerstoffbestimmungen konnten die Atmungsgrößen der Larve und Puppe von *Calliophrys* und der Larve von *Atherix* festgestellt werden. Dabei konnte die Van't-Hoff'sche Regel erneut bestätigt werden.

2. Die Zusammensetzung der Gasansammlung innerhalb der Puppe von *Calliophrys* wurde analysiert und die Funktion dieses Gasvolumens als physikalische Kieme erkannt.

3. Der atmungsphysiologische Vergleich der Larven von *Calliophrys* und *Atherix* zeigt die große Übereinstimmung im Ablauf der Hautatmung. Der absolute stündliche Sauerstoffverbrauch pro 1 mm² Körperoberfläche ist bei *Atherix* doppelt so groß wie bei *Calliophrys*. Diese Erscheinung wurde auf die sekundäre Stigmenatmung von *Calliophrys* zurückgeführt, die quantitativ nicht erfaßt werden konnte. Wahrscheinlich sind die wirklichen Atmungsgrößen beider Larvenarten gleich.

4. Wie der atmungsphysiologische Vergleich zwischen Larve und Puppe von *Calliophrys* zeigte, ist die Puppe in atmungsphysiologischer Hinsicht den Larven gleichwertig.

5. Die günstigen Atmungsbedingungen am Wohnort der Untersuchungstiere konnten nachgewiesen werden. Innerhalb der Kaskaden wurden beträchtliche sogenannte „Übersättigungen“ an Sauerstoff festgestellt. Gleichzeitig mit dem Sauerstoffanstieg in den Kaskaden läßt sich dort auch ein Absinken der Kohlensäure erkennen. Diese Erscheinungen sind für den Atmungsablauf der Tiere von großer Bedeutung.

6. Die Abhängigkeit der Versuchstiere von den chemisch-physikalischen Bedingungen im Biotop konnte aufgezeigt und die sekundäre Stigmenatmung der Larve von *Calliophrys* als ökologischer Begrenzungsfaktor erkannt werden.

7. Die Nahrung der Larven von *Calliophrys* und *Atherix* besteht in der Hauptsache aus Detritus.

8. Die beiden Anhänge des letzten Segmentes bei *Atherix* konnten als Putzorgan erkannt werden.

9. Die drei Hauptverpuppungszeiten von *Calliophrys* und die Abhängigkeit der Frühjahrsverpuppung von der Wassertemperatur wurde nachgewiesen. Gleichzeitig wurde der Verpuppungsvorgang beobachtet.

Literatur.

- Buddenbrock v. u. Rohr, 1922: Die Atmung von *Dixippus morosus*. Ztschr. f. allg. Physiol. Bd. 20. 1922. — Ders., 1922: Einige Beobachtungen über den Einfluß der Temperatur auf den Gasstoffwechsel der Insekten. Pflüg. Arch. 194, 1922. — Jaernefelt, H., 1949: Der Einfluß d. Stromschnellen auf den Sauerstoff- und Kohlensäuregehalt u. d. p_H d. Wassers im Flusse Vuoksi. Intern. Verein. f. theor. u. angew. Limnol. Verhandlg. Vol. X. 1949. Stuttgart. — Karny, H., 1934: Biologie der Wasserinsekten. Wien 1934. — Krawany, H., 1935: Die Atmungsorgane der Trichopterenlarven. Int. Rev. 32.

1935. — D e r s., 1937: Die Atmungsorgane der Trichopterenpuppen. Inter. Rev. 35. 1937. — M a u c h a, R., 1932: Hydrochemische Methoden in der Limnologie. Die Binnengewässer, Bd. XII. Stuttgart. — P l e s k o t, G., 1951: Wassertemperaturen und Leben im Bach. Wetter u. Leben. Jhg. 3, 1951. — R u s s, K., 1953: a) Beiträge zur Atmungsphysiologie und Biologie von *Calliphrys* u. *Atherix* (Insecta, Diptera). I. Teil: Bau und Funktion der Atmungsorgane. Österr. Zool. Zeitschrift, Bd. IV, Heft 1/2, 1953. — b) Voruntersuchungen zum Chemismus der Wienerwaldbäche in den Monaten November 1950 bis Juni 1951 (in G. P l e s k o t, Beiträge zur Limnologie der Wienerwaldbäche, Wetter und Leben, 1953, Sonderheft II). — R u t t n e r, F., 1943: Grundriß der Limnologie. Berlin 1934. — W e b e r, H., 1938: Grundriß der Insektenkunde. Jena 1938. — W e s e n b e r g - L u n d, 1949: Biologie der Süßwasserinsekten. Berlin-Wien 1943.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Österreichische Zoologische Zeitschrift](#)

Jahr/Year: 1954

Band/Volume: [04](#)

Autor(en)/Author(s): Russ Kurt

Artikel/Article: [Beiträge zur Atmungsphysiologie und Biologie von Calliophrys und Atherix \(Ins., Dipt.\). Zweiter Teil. Atmungsphysiologie und Ökologie der Untersuchungstiere. 531-555](#)