

2. Züchtung und Submersion von Culicidenlarven in Wasser von verschiedenartigem Salzgehalt¹.

Von Privatdozent Dr. A. Koch und cand. phil. M. Gofferje.

(Aus dem Zoologischen Institut der Universität Münster i. W.)

Eingeg. 22. Juli 1918.

1) Bei Submersionsversuchen mit Larven von *Culex pipiens* entledigen die Haupttracheenstämme sich in der Regel allmählich ihres Gasgehaltes und nehmen bandartiges Aussehen an (Babák). Es kann aber auch das umgekehrte Verhalten eintreten, indem die Tracheen sich immer mehr mit Gas füllen, bis es schließlich zu einem Hervordringen von Gasblasen aus dem Stigma kommt (A. Koch). Nachdem sich herausgestellt hat, daß die Art der Funktion des Tracheensystems nicht durch den O₂- und CO₂-Gehalt des Submersionsmediums beeinflußt werden kann, ist untersucht worden, ob der Salzgehalt des Wassers in bestimmender Weise auf die Mechanik des Gaswechsels einzuwirken vermag.

2) Ehe aber Submersionsversuche in Salzwasser möglich waren, mußte die Wirkung von Salzlösungen auf die Lebensdauer und die Entwicklungsvorgänge der *Culex*-Larven untersucht werden. Zunächst ergab sich für die Puppenzeit bei möglichst natürlichen Züchtungsbedingungen (im Freiwasserbecken) ein Wert von 3—5 Tagen, während im Laboratorium das Puppenstadium 2—4 Tage dauerte. Die Puppenzeit kann also zwischen 2 und 5 Tagen (2 und 4 Tagen nach Grünberg) schwanken, und zwar ist die Zeitdauer abhängig von der Temperatur während des Versuches und nicht von dem Ernährungszustand der Larven vor Versuchsbeginn.

3) Im Zusammenhang mit den Arbeiten über die Genese des natürlichen Todes und die physiologische Bedeutung der Stoffwechselendprodukte wurde dem die Larven enthaltenden Medium ein Brei aus zerriebenen Imagines zugesetzt: eine entwicklungshemmende Wirkung (cf. die Versuche von Zlataroff mit *Cicer arietinum*) konnte nicht festgestellt werden.

4) Es wurden zu allen Versuchen mit *C. pipiens* Larven aus demselben Tümpel benutzt, und zwar »große« Larven (Minimum: 6 mm Länge, gemessen vom Anfang des Kopfes bis zur Ansatzstelle der Kiemenblättchen), die auf dem letzten (IV.) Larvenstadium standen, oder »kleine« Larven (von etwa 4 mm bzw. 2,5 bis 3,5 mm Länge), die sich auf dem III. bzw. II. Larvenstadium befanden.

5) Als Züchtungsmedien, in die Larven »überführt« wurden, verwandten wir $\frac{n}{2}$ -, $\frac{n}{4}$ -, $\frac{n}{8}$ -, $\frac{n}{16}$ -, $\frac{n}{32}$ - und $\frac{n}{64}$ -Normallösungen der

¹ Eine ausführliche Darstellung der Versuche erscheint in den Zool. Jahrb.

Chloride, Sulfate und Nitrate von Na, K, Ca, Mg. Für die Beurteilung der Wirkungsweise dieser Salze wurden der Mittelwert der Lebensdauer der in den betreffenden Konzentrationen gezüchteten Tiere zugrunde gelegt und die Beobachtungen, die sich in den einzelnen Fällen über Häutungen, Verpuppung und Imagobildung machen ließen. Auf diese Weise konnte zwischen »tödlich« (innerhalb 24 Stunden), »indifferent« und »entwicklungshemmend« wirkenden Lösungen unterschieden werden (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1.

Salz	Tödliche Konzentration	Indifferente Konzentration	Entwicklungshemmende Konzentration
NaCl	$\frac{n}{2} = 2,95 \%$	$\frac{n}{16} = 0,37 \%$	$\frac{n}{32} = 0,19 \%$, $\frac{n}{64} = 0,09 \%$
KCl	$\frac{n}{4} = 1,88 \%$	$\frac{n}{64} = 0,12 \%$	$\frac{n}{32} = 0,24 \%$
CaCl ₂	$\frac{n}{2} = 2,72 \%$	$\frac{n}{32} = 0,17 \%$	—
MgCl ₂	$\frac{n}{4} = 1,20 \%$	$\frac{n}{64} = 0,07 \%$	—
Na ₂ SO ₄	$\frac{n}{2} = 3,52 \%$	$\frac{n}{32} = 0,22 \%$	$\frac{n}{64} = 0,11 \%$
K ₂ SO ₄	$\frac{n}{2} = 4,48 \%$	$\frac{n}{64} = 0,14 \%$	$\frac{n}{32} = 0,28 \%$
MgSO ₄	$\frac{n}{2} = 3,04 \%$	$\frac{n}{32} = 0,19 \%$	—
NaNO ₃	$\frac{n}{4} = 2,18 \%$	$\frac{n}{64} = 0,13 \%$	—
KNO ₃	$\frac{n}{4} = 2,56 \%$	—	—
Ca ₂ NO ₃)	$\frac{n}{4} = 2,18 \%$	$\frac{n}{64} = 0,13 \%$	—

»Tödlich« wirken also alle $\frac{n}{2}$ -Lösungen und die $\frac{n}{4}$ -Lösungen der Nitrate sowie des Kalium- und Magnesiumchlorids. »Indifferent« wirkende Lösungen lieferten sämtliche Salze (mit Ausnahme von KNO₃) in der $\frac{n}{32}$ - oder $\frac{n}{64}$ -Lösung, NaCl allerdings schon in der $\frac{n}{16}$ -Lösung. Der Salzgehalt dieser Lösungen schwankt zwischen 1 und 4 pro Mille. Lösungen, die »entwicklungshemmend« wirken, konnten nur bei Verwendung von NaCl, KCl, Na₂SO₄ und K₂SO₄ erhalten werden: Es wurde ein Larvenleben festgestellt von 70 bzw.

69 Tagen in $\frac{n}{32}$ bzw. $\frac{n}{64}$ NaCl, von 57 Tagen in $\frac{n}{32}$ KCl, von 37 Tagen in $\frac{n}{64}$ Na₂SO₄ und von 35, 37, 39, 40 Tagen in $\frac{n}{32}$ K₂SO₄. (Ähnliche Beobachtungen über Entwicklungshemmungen hat in neuester Zeit Wilhelmi beim Zusatz von gelöschtem Kalk zu dem Muscarienlarven enthaltenden Kot gemacht: Verpuppungsfähige Larven blieben — ganz entsprechend wie in unsern Befunden — wochenlang am Leben, ohne zur Verpuppung gelangen zu können. Inwiefern diese Erscheinungen »vielleicht für den noch problematischen Vorgang der Chitinbildung von Interesse« sind, müssen zukünftige Untersuchungen zeigen.)

6) »Große« und »kleine« Larven verhalten sich in den Salzlösungen verschieden. Die am schädlichsten wirkenden Salze NaNO₃ und KNO₃ üben auf »kleine« Larven eine noch stärker schädigende Wirkung aus als auf »große«; die Magnesiumsalze lassen keine Gesetzmäßigkeit in ihrem Verhalten »großen« und »kleinen« Tieren gegenüber erkennen. Die übrigen Salze verhalten sich in den starken Lösungen wie Natrium- und Kaliumnitrat; mit abnehmender Konzentration nimmt der Schädigungsgrad dieser Salze ab, und zwar können sich jetzt »kleine« Larven an den veränderten Salzgehalt wesentlich besser anpassen als »große« Tiere.

7) Wie aus Tabelle 2 und 3 zu ersehen ist, wurden im Anschluß an die erwähnten Züchtungsversuche unter dem Einfluß eines einzigen Salzes auch Züchtungen in Salzgemischen angestellt. Bei Mischung solcher Salzlösungen, in denen die mittlere Lebenszeit der Larven annähernd gleich war, trat niemals eine Herabsetzung, wohl aber in manchen Fällen (speziell bei Mischung von $\frac{n}{8}$ NaCl + $\frac{n}{16}$ KCl) eine deutliche Verlängerung der Lebensdauer ein.

Durch die infolge dieser Salzmischungen erzielte Lebensverlängerung der Larven (maximal um 33,6 Tage) wird die Puppen- und Imagobildung aber keineswegs in demselben Maße begünstigt (»entwicklungshemmende« Lösungen).

8) Bei einem Vergleich des Verhaltens der Culicidenlarven mit dem von *Chironomus*-Larven und Daphnien (vgl. Tabelle 4) den Salzlösungen gegenüber, ergibt sich, daß in allen Fällen die Chironomiden durchschnittlich 4 bis 5 mal so großen Salzgehalt als die Culiciden ertragen; Daphnien verhalten sich ähnlich wie Culiciden, eine Tatsache, die wahrscheinlich mit dem natürlichen Vorkommen der Chironomidenlarven (Polysaprobien) und dem der Culicidenlarven und Daphnien (Mesosaprobien) zusammenhängt.

Tabelle 2. Mischung von zwei Salzen.

Gemisch im Verhältnis 1:1	Mittlere Lebensdauer im			Es treten auf an Puppen und Imagines im		
	1. Salz	2. Salz	Salz.-Gem.	1. Salz	2. Salz	Salz-gemisch
$\frac{n}{4} \text{ NaCl} + \frac{n}{8} \text{ KCl}$	1,8	2	3	I I	—	1 P, 1 I
$\frac{n}{8} \text{ NaCl} + \frac{n}{4} \text{ KCl}$	3	0,3	.	1 P, 1 t I	—	—
$\frac{n}{8} \text{ NaCl} + \frac{n}{16} \text{ KCl}$	3	3	36,6	1 P, 1 t I	1 I	1 t P, 2 P, 1 I
$\frac{n}{4} \text{ CaCl}_2 + \frac{n}{16} \text{ KCl}$	3,6	3	6,8	—	1 I	—
$\frac{n}{4} \text{ CaCl}_2 + \frac{n}{8} \text{ MgCl}_2$	3,6	3,4	3,3	—	—	—
$\frac{n}{8} \text{ MgCl}_2 + \frac{n}{16} \text{ KCl}$	3,4	3	4,1	—	1 I	—
$\frac{n}{8} \text{ Na}_2\text{SO}_4 + \frac{n}{8} \text{ MgSO}_4$	3,8	3,6	7,8	—	—	4 I
$\frac{n}{32} \text{ Ca}(\text{NO}_3)_2 + \frac{n}{32} \text{ NaNO}_3$	6,0	3,2	4,5	1 I	1 t I	1 P
$\frac{n}{8} \text{ MgSO}_4 + \frac{n}{8} \text{ KCl}$	3,6	1,8	12,8	—	—	1 t P, 3 I
$\frac{n}{4} \text{ MgSO}_4 + \frac{n}{16} \text{ KCl}$	2,8	3	4,4	—	1 I	—

Tabelle 3. Mischung von drei Salzen.

Gemisch im Verhältnis von 1:1:1	Mittlere Lebensdauer im				Es treten auf an Puppen u. Imagines im			
	1. Salz	2. Salz	3. Salz	Salzgemisch	1. Salz	2. Salz	3. Salz	Salzgemisch
$\frac{n}{4} \text{ CaCl}_2 + \frac{n}{8} \text{ MgCl}_2 + \frac{n}{16} \text{ KCl}$	3,6	3,4	3	3,8	—	—	1 I	—
$\frac{n}{8} \text{ NaCl} + \frac{n}{8} \text{ MgCl}_2 + \frac{n}{16} \text{ KCl}$	3	3,4	3	13,8	1 P, 1 t I	—	1 I	—

(In Tabelle 2 und 3 bedeuten: P = Puppe, I = Imago, t P = tote Puppe, t I = tote Imago.)

9) Es sind dann Versuche angestellt worden, bei denen Larven, die entweder in Salzlösungen »vorbereitet« waren oder in Aquariumwasser gelebt hatten, in Salzlösungen oder in Leitungswasser submergiert worden sind, um dabei die Funktion ihres Tracheensystems zu prüfen.

10) In Tabelle 5 sind für die Submersionsversuche die rechnerisch ermittelten Werte für die »mittlere passive Geschwindigkeit«, die »mittlere tatsächliche Geschwindigkeit«, die »mittlere Geschwindigkeitsänderung« und für das Produkt aus »Versuchsdauer« und »mittlerer Geschwindigkeitsänderung« als Vergleichszahlen für die Gesamtenergieproduktion zusammengestellt. Bei einem Vergleich dieser Zahlen mit denen eines Normalversuches in Leitungswasser von mittlerem

Tabelle 4. Indifferente Konzentrationen.

Salz	Daphnien (Hirsch)	Daphnien (Hofer)	Chironomus (Hirsch)	Cloe diptera (Hofer)	Cyclops (Hofer)	Culex pipiens
NaCl	$\frac{n}{16} = 0,37\%$	0,4%	$\frac{n}{6} = 0,98\%$	0,4—0,5%	0,4%	$\frac{n}{16} = 0,37\%$
KCl	$\frac{n}{100} = 0,07\%$	—	$\frac{n}{16} = 0,47\%$	—	—	$\frac{n}{64} = 0,12\%$
CaCl ₂	$\frac{n}{32} = 0,17\%$	—	$\frac{n}{8} = 0,69\%$	0,4—1,5%	0,9—1,5%	$\frac{n}{32} = 0,17\%$
MgCl ₂	$\frac{n}{32} = 0,15\%$	0,35—0,5%	$\frac{n}{6} = 0,79\%$	1,0—1,5%	0,35—0,5%	$\frac{n}{64} = 0,07\%$
Na ₂ SO ₄	$\frac{n}{16} = 0,44\%$	—	$\frac{n}{6} = 1,19\%$	—	—	$\frac{n}{32} = 0,22\%$
K ₂ SO ₄	$\frac{n}{100} = 0,09\%$	—	$\frac{n}{16} = 0,55\%$	—	—	$\frac{n}{64} = 0,14\%$
MgSO ₄	$\frac{n}{64} = 0,09\%$	—	$\frac{n}{6} = 1,00\%$	—	—	$\frac{n}{32} = 0,19\%$
NaNO ₃	$\frac{n}{32} = 0,27\%$	—	$\frac{n}{16} = 0,53\%$	—	—	$\frac{n}{64} = 0,13\%$
KNO ₃	$\frac{n}{100} = 0,10\%$	—	$\frac{n}{32} = 0,32\%$	—	—	$\frac{n}{64} = 0,16\%$
Ca(NO ₃) ₂	$\frac{n}{64} = 0,13\%$	—	$\frac{n}{16} = 0,51\%$	—	—	$\frac{n}{46} = 0,13\%$

Gasgehalt (mittlere Geschwindigkeitsänderung: 0,35 cm/sec, Versuchsdauer: 150 Min., Produkt aus beiden Größen: 52,5) zeigt sich zunächst, daß auch bei der Submersion die Anwesenheit bestimmter Salz mengen die Lebensenergie der Tiere herabsetzt. Am deutlichsten tritt dieser Einfluß bei den Sublimatversuchen in Erscheinung; denn $\frac{n}{20}$ HgCl₂ wirkt doppelt so schädlich auf die Energieproduktion der

Larven als $\frac{n}{40}$ HgCl₂. Bei einer Vorbereitung in demselben Medium, in dem auch die Submersion ausgeführt wird, kann dann eine Anpassung an die veränderten Milieubedingungen stattfinden, wenn diese Lösung keinen »tödlichen« Charakter hat (Versuch 42 im Gegensatz zu 43).

Als Hauptergebnis zeigt Tab. 5 (S. 98—101), daß Vorbereitung in Salzwasser mit darauffolgender Submersion in Leitungswasser keine geeigneten Bedingungen für die Gasblasenabgabe darstellen; ebenso ergebnislos verlaufen die Versuche, in denen die Larven aus dem Aquarium sofort in schwachen Salzlösungen submergiert werden.

Erst bei Benutzung von starken Salzlösungen ($\frac{n}{4}$ KCl, $\frac{n}{1}$ NaCl,

$\frac{n}{40}$ und $\frac{n}{20}$ HgCl₂) kommt es zum Aufblitzen bzw. zur Abgabe von Gasblasen. Es sind das alles Salzkonzentrationen, die, als Züchtungsmedien angewandt, »tödlich« wirken. Der Erfolg bleibt derselbe, wenn derartige Salzlösungen als Vorbereitungs- und Versuchsmedien benutzt werden. Es kann also nur eine anormale Funktion des Tracheensystems beobachtet werden, wenn ein Salz in »tödlich« wirkender Konzentration während der Submersion verwandt wird. Ob in diesem Falle das Tier vor der Submersion in derselben Lösung oder im Aquarium gelebt hat, ist gleichgültig.

11) Während das Hervordringen von Gasblasen als Beweis dafür gelten kann, daß eine völlig anormale Funktion des Tracheensystems vorliegt, können die an den Tieren beim passiven Schwimmen während der Submersion beobachteten Lageänderungen, die als sichtbarer Ausdruck des jeweiligen Füllungszustandes der Tracheen mit Gas zu gelten haben, einen Einblick in die physiologische Einwirkung der Salze auf die Funktion des Tracheensystem auch schon in den Fällen gewähren, in denen nur der Anfang einer anormalen Tracheenfunktion vorliegt, in denen es also noch nicht zu einer Gasblasenabgabe kommt. So wirkt in den Versuchen 38, 42 und 48 das VersuchsmEDIUM schon insofern schädigend auf den Atemmechanismus ein, als keine Entleerung der Haupttracheenstämme stattfindet, eine Tatsache,

Tabelle 5.
(G.-Bl. = Gasblasen.)

	Vorbereitungsmedium	Versuchsmedium	Mittlere passive Geschwindigkeit in cm/sec	Mittlere tatsächliche Geschwindigkeit in cm/sec	Mittlere Geschwindig- keitsänderung in cm/sec	Versuchs- dauer in Minuten	Produkt aus mittl. Geschwin- digkeits- änderung und Versuchs- dauer	Bemerkungen
26	46 Stunden in $\frac{n}{64}$ Na ₂ SO ₄	Leitungswasser	— 0,46	— 0,33	0,13	167	21,71	
27	29 Stunden in $\frac{n}{32}$ Na ₂ SO ₄	„	— 0,51	— 0,28	0,23	109	25,07	
28	84 Stunden in $\frac{n}{16}$ Na ₂ SO ₄	„	— 0,37	— 0,19	0,18	62	11,16	
29	23 Stunden in $\frac{n}{8}$ Na ₂ SO ₄	„	— 0,36	— 0,21	0,15	80	12,00	
30	4 Stunden in $\frac{n}{4}$ Na ₂ SO ₄	„	— 0,62	— 0,43	0,19	120	22,80	
32	15 Stunden in $\frac{n}{64}$ KCl	„	— 0,48	— 0,30	0,18	179	32,22	
33	102 Stunden in $\frac{n}{32}$ KCl	„	— 0,58	— 0,10	0,48	81	38,88	
34	96 Stunden in $\frac{n}{32}$ KCl	„	— 0,51	— 0,09	0,42	51	21,42	
35	7 Stunden in $\frac{n}{16}$ KCl	„	— 0,55	— 0,20	0,35	153	53,55	

36	30 Stunden in $\frac{n}{8}$ KCl	Leitungswasser	-0,72	-0,41	0,31	86	26,66	
37	3 $\frac{1}{2}$ Stunden in $\frac{n}{4}$ KCl	„	-0,58	-0,51	0,07	26	1,82	
38	Aquariumswasser	$\frac{n}{8}$ KCl	-0,36	-0,14	0,22	147	32,34	
39	„	$\frac{n}{4}$ KCl	-0,31	-0,48	0,17	94	15,98	
40	„	$\frac{n}{4}$ KCl	-0,17	-0,54	0,37	125	46,25	{ Aufblitzen von G.-Bl.
41	„	$\frac{n}{4}$ KCl	-0,48	-0,21	0,27	85	22,95	{ Hervordringen von G.-Bl.
42	7 Stunden in $\frac{n}{8}$ KCl	$\frac{n}{8}$ KCl	-0,48	-0,09	0,39	192	74,88	{ Abgabe von G.-Bl.
43	3 Stunden in $\frac{n}{4}$ KCl	$\frac{n}{4}$ KCl	+1,14	+1,03	0,11	66	7,26	
44	Aquariumswasser	$\frac{n}{2}$ NaCl	-0,33	-0,02	0,31	85	26,35	{ Abgabe und Aufblitzen von G.-Bl.
45	„	$\frac{n}{1}$ NaCl	-0,24	-0,09	0,15	113	16,95	
46	75 Min. in $\frac{n}{2}$ NaCl	$\frac{n}{2}$ NaCl	+0,85	+0,86	0,01	121	1,22	{ Abgabe von G.-Bl.
47	75 Min. in $\frac{n}{1}$ NaCl	$\frac{n}{1}$ NaCl	-0,22	-0,15	0,07	86,5	6,06	{ Abgabe und Aufblitzen von G.-Bl.
48	Aquariumswasser	$\frac{n}{2}$ Na ₂ SO ₄	-0,67	-0,20	0,47	111	52,71	

Tabelle 5 (Fortsetzung).

	Vorbereitungsmedium	Versuchsmedium	Mittlere passive Geschwindigkeit in cm/sec	Mittlere tatsächliche Geschwindigkeit in cm/sec	Mittlere Geschwindig- keitsänderung in cm/sec	Versuchs- dauer in Minuten	Produkt aus mittl. Geschwin- digkeits- änderung und Versuchs- dauer	Bemerkungen
49	Aquariumswasser	$\frac{n}{40}$ HgCl ₂	— 0,95	— 0,23	0,72	56	49,32	{ Aufblitzen von G.-Bl.
50	„	„	— 0,62	— 0,09	0,53	56	29,68	{ Abgabe und Aufblitzen von G.-Bl.
51	„	„	— 0,78	— 0,23	0,55	79	43,45	{ Aufblitzen von G.-Bl.
52	„	„	— 0,03	+ 0,16	0,19	60	11,40	{ Abgabe von G.-Bl.
53	„	„	— 0,86	— 0,30	0,56	94	52,64	{ Abgabe von G.-Bl.
54	Aquariumswasser	Zuerst $\frac{1}{2}$ Stunde Leitungswasser dann $\frac{n}{40}$ HgCl ₂	— 1,19	— 0,18	1,01	76	76,76	{ Abgabe einer G.-Bl. im Lei- tungswasser
55	„	„	— 0,86	— 0,25	0,61	79	48,19	
56	Aquariumswasser	$\frac{n}{20}$ HgCl ₂	— 0,48	— 0,12	0,36	62	22,32	{ Abgabe und Auf- blitzen von G.-Bl.
57	„	„	— 0,58	— 0,22	0,36	52	18,72	{ Hervordringen von G.-Bl.
58	„	„	— 0,41	— 0,09	0,32	46	14,72	{ Aufblitzen von G.-Bl.
59	„	„	— 0,58	— 0,29	0,29	54	15,66	{ Abgabe und Auf- blitzen von G.-Bl.

die daraus hervorgeht, daß die Tiere während der ganzen Versuchsdauer — abgesehen von labilen Schwankungen — passiv in Vertikallage schwimmen, während sie normalerweise bei der Submersion allmählich zur Horizontallage übergehen (Versuche 26—30, 32—36, 44, 45).

12) Nach den bisher vorliegenden Untersuchungen kommen wir zu folgender Anschauung über die Atmung der Culicidenlarven: Die Sauerstoffaufnahme findet wahrscheinlich sowohl durch das Stigma des Atemsiphos als auch durch die Körperoberfläche statt, und zwar in der Hauptsache und in eventuell allein ausreichendem Maße durch die Atemröhre. Auch für die Kohlensäureabscheidung bestehen zwei Möglichkeiten; nur liegen die Verhältnisse insofern umgekehrt, als der größte Teil oder gar die ganze Menge der produzierten Kohlensäure durch die Körperoberfläche ausgeschieden wird, wie sich das in normalen Submersionsversuchen zeigt, in denen keine Gasblasen durch das Stigma abgegeben werden. Es besteht aber auch die Möglichkeit einer Kohlensäureexcretion durch das Tracheensystem, die große Bedeutung erlangt, wenn körperfremde, »tödlisch« wirkende Ionen in den Organismus eingedrungen sind, und wahrscheinlich auch dann, wenn die Larve unmittelbar vor einer Häutung steht. In diesen Fällen wird die Gesamtmenge oder der weitaus größte Teil der Kohlensäure durch das Stigma nach außen befördert; denn die durch das Stigma abgeschiedenen Gasblasen können ja der Natur der Sache nach nichts anderes als Kohlensäure sein.

Dieses Resultat läßt sich mit keiner der heute herrschenden Theorien über die Tracheenatmung (vgl. A. Koch l. c.) vollständig in Einklang bringen. Eine Erklärungsmöglichkeit aller Atmungserscheinungen der Culicidenlarven ist nur durch die Annahme möglich, daß sich Tracheensystem und Körperoberfläche prinzipiell gleichartig verhalten, d. h. daß beide Organe sowohl Sauerstoffaufnahme als Kohlensäureabscheidung übernehmen können².

13) Die bisher besprochenen Ergebnisse sind auf Grund von Versuchen mit Larven von *Culex pipiens* erzielt worden. Es lag natürlich nahe, die so erhaltenen Resultate auch auf ihre Gültigkeit für andre Culicidenlarven zu prüfen. Als Material erschienen vor allem *Mochlonyx*-Larven geeignet. Die Larven der Culicidengat-

² Weitere Arbeiten mit Larven und Puppen verschiedener Culiciden haben dieses Resultat vollauf bestätigt und vor allem ergeben, daß es einzig und allein von der chemischen Beschaffenheit des Blutes und des Protoplasmas der Gewebszellen in bezug auf den Ionengehalt (qualitativer und quantitativer Art) abhängig ist, ob die durch den zellularen Stoffwechselchemismus erzeugte Kohlensäure durch die Körperoberfläche (unter Vermittlung des Blutes) oder durch das Tracheensystem entfernt wird.

tungen *Culex* L., *Mochlonyx* Lw. und *Corethra* Aut. bilden ja bekanntlich eine äußerst interessante Reihe von Wasserinsekten in bezug auf die Verhältnisse des Tracheensystems. Während die *Culex*-Larven normalerweise in kleinen Intervallen den Wasserspiegel zur Atmung atmosphärischer Luft aufsuchen müssen, führen die *Corethra*-Larven mit ihrem im wesentlichen auf 4 Tracheenblasen reduzierten Tracheensystem ausschließlich ein pelagisches, von der atmosphärischen Luft unabhängig gewordenes Leben. Zwischen diesen beiden Extremen stehen die *Mochlonyx*-Larven als Verbindungsglied: Ihr Tracheensystem, das noch keinerlei Rückbildungen erkennen läßt, zeigt im abdominalen Teile zwei große Anschwellungen, und im Thorax liegen zwei große Tracheenblasen. Ein solches Atmungsorgan macht die Larven zwar noch nicht unabhängig von der atmosphärischen Luft, es gestattet ihnen aber, ein vorwiegend pelagisches Leben zu führen.

14) Zunächst konnte die Fähigkeit der *Mochlonyx*-Larven, bedeutend längere Zeit als die Larven von *Culex pipiens* ohne atmosphärischen Sauerstoff zu leben, durch Submersionsversuche bestätigt werden. Es wurden Larven im Submersionsapparat und in großen Bechergläsern unter Ölabschluß bzw. unter Planktongaze bis zum Eintritt der Lethargie submergiert. Dabei ergab sich (als Mittel der bis jetzt vorliegenden Versuche) in Leitungswasser von mittlerem Gasgehalt eine Versuchsdauer von rund 24 Stunden, während bei Larven von *Culex pipiens* bereits nach $2\frac{1}{2}$ Stunden völlige Lethargie eintritt.

15) Von einer im Laufe der Submersion eintretenden Entleerung der Haupttracheen, wie sie ursprünglich Babák bei *Culex*-Larven beobachtet hat, konnte bei *Mochlonyx* bis jetzt in keinem Falle etwas festgestellt werden. Bei fünf, infolge 24stündiger Submersion in Leitungswasser gestorbenen Tieren war nach Versuchsschluß eine deutliche Gasfüllung des Tracheensystems, speziell der Tracheenblasen, zu bemerken, und es konnten in jedem dieser Fälle auch Gasblasen aus den Tracheen herausgepreßt werden.

16) In Sublimatlösungen $\left(\frac{n}{40}$ und $\frac{n}{20}\right)$ war durchweg eine Abgabe von Gasblasen zu beobachten, und zwar in ganz ähnlicher Weise wie in den Versuchen 49—52 und 56—59 mit *Culex*-Larven.

17) Um die Bedeutung der Häutungs- und Verpuppungsvorgänge für die Mechanik des Gaswechsels zu studieren, wurden 105 *Mochlonyx*-Larven annähernd gleichen Alters und derselben Herkunft in Einzelzuchten gehalten (um Kannibalismus zu verhindern). Nachdem

Tabelle 6. *Mochlonyx*-Larve bei der Submersion.
Versuchsdauer: 5^h 30' bis 7^h 20'.

Zahl der Gasblasen	Die Gasblase erscheint am Stigma der Atemröhre	Die Gasblase wird in das Medium abgegeben	Bemerkungen
1.	5 ^h 33'	5 ^h 35'	
2.	5 ^h 37'	5 ^h 38'	R! ¹
3.	5 ^h 40'	5 ^h 40'	
4.	5 ^h 41'	5 ^h 41'	
5.	5 ^h 43'	5 ^h 43'	
6.	5 ^h 44'	5 ^h 44'	
7.	5 ^h 45'	5 ^h 45'	R!
8.	5 ^h 46'	5 ^h 46'	R!
9.	5 ^h 48'	5 ^h 50'	R!
10.	5 ^h 52'	5 ^h 53'	
11.	5 ^h 54'	5 ^h 55'	R!
12.	5 ^h 56'	5 ^h 57'	
13.	5 ^h 58'	5 ^h 59'	
14.	6 ^h 0'	6 ^h 1'	
15.	6 ^h 2'	6 ^h 4'	
16.	6 ^h 7'	6 ^h 7'	
17.	6 ^h 10'	6 ^h 12'	
18.	6 ^h 13'	6 ^h 20'	R!
19.	6 ^h 22'	6 ^h 23'	R!
20.	6 ^h 23'	6 ^h 24'	R!
21.	6 ^h 25'	6 ^h 29'	R!
22.	6 ^h 31'	6 ^h 34'	R!
23.	6 ^h 34'	6 ^h 42'	R!
24.	6 ^h 45'	6 ^h 48'	
25.	6 ^h 49'	6 ^h 50'	R!
26.	6 ^h 52'	6 ^h 53'	R! $\left\{ \begin{array}{l} 6\text{ h } 50' \text{ bis } 7\text{ h } 3'; \\ \text{Submersionsmedium} \\ \frac{n}{30} \text{ HgCl}_2. \end{array} \right.$
27.	6 ^h 54'	6 ^h 54'	
28.	6 ^h 55'	6 ^h 55'	
29.	7 ^h 10'	7 ^h 11'	R!
30.	7 ^h 12'	7 ^h 13'	R!
31.	7 ^h 14'	7 ^h 15'	R!
32.	7 ^h 17'	7 ^h 17'	R!
33.	7 ^h 18'	7 ^h 18'	R!
34.	7 ^h 20'	7 ^h 20'	

sich 44 dieser Tiere verpuppt und zu Imagines entwickelt hatten und weitere 43 Larven eingegangen waren, wurden mit fünf von den noch auf dem Larvenstadium stehenden, aber aller Voraussicht nach kurz

¹ R! bedeutet, daß die Gasblase auf einen Reiz hin (durch Anlassen der Strömung, Erschütterung der Röhre bedingt) abgegeben worden ist.

vor der Verpuppung befindlichen Tieren Submersionsversuche in Leitungswasser angestellt. In allen fünf Fällen konnte eine Gasabgabe, und zwar in ganz unerwartetem Maße beobachtet werden. In folgender Tabelle 6 ist das Protokoll eines dieser Versuche wiedergegeben, und Tabelle 7 enthält zum Vergleich den Submersionsversuch mit einer Larve von *Culex pipiens*, bei dem die bisher beobachtete Maximalzahl von Gasblasen festgestellt worden ist; denn im allgemeinen werden von *Culex*-Larven nicht mehr als zwei Gasblasen während eines Versuches abgegeben, höchstens kommt es außerdem verschiedentlich zum Aufblitzen von solchen.

Tabelle 7. *Culex*-Larve bei der Submersion.Versuchsdauer: 10^h 9' bis 1^h 8'.

Zahl der Gasblasen	Die Gasblase erscheint am Stigma der Atemröhre	Die Gasblase wird in das Medium abgegeben
1.	11 ^h 19'	11 ^h 27'
2.	11 ^h 33'	11 ^h 56'
3.	11 ^h 58'	12 ^h 18'
4.	12 ^h 28'	12 ^h 39'
5.	12 ^h 53'	1 ^h 5'

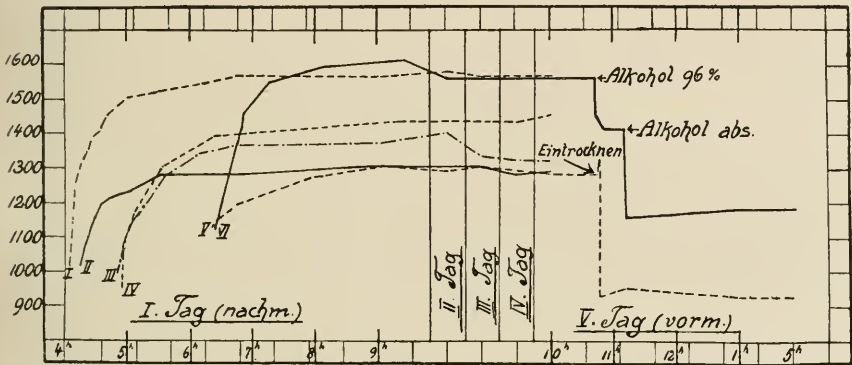
Wenn man bedenkt, daß bei der Submersion der *Mochlonyx*-Larve die normale Versuchsdauer in Leitungswasser durch die vorübergehende Sublimateinwirkung sehr stark (auf etwa $\frac{1}{12}$) abgekürzt worden ist, so fällt der Unterschied im Verhalten der beiden Versuchstiere in bezug auf die Menge der abgegebenen Gasblasen noch mehr auf.

18) Um den in Punkt 15 erwähnten Füllungsgrad der Tracheen mit Gas während der Submersion einwandfrei verfolgen zu können, wurden Messungen der thoracalen Tracheenblasen vor und nach dem Submersionsversuch vorgenommen.

Die Größe dieser Blasen (gemessen in der Längsachse) schwankt normalerweise bei den einzelnen Tieren in relativ weiten Grenzen (bei 10 daraufhin untersuchten Tieren zwischen 950 und 1215 μ). Die durchschnittliche Größe beträgt 1060 μ . Bei einem Tier, das nach Abgabe von 2 Gasblasen untersucht wurde, hatten die Tracheenblasen einen Längsdurchmesser von 1425 μ . Es findet also während der Submersion infolge der Gasansammlung in den Tracheen eine schon makroskopisch auffallende Dehnung der thoracalen Tracheenblasen statt, ein Beweis, daß zu dieser Zeit im Innern des Tracheensystems ein Gasüberdruck vorhanden sein muß.

19) Um den Einfluß festzustellen, den die in den Körper eindringenden Ionen auf die Tracheen als Kolloidsubstanz auszuüben vermögen, wurden (im Anschluß an die Untersuchungen v. Frankenberg an den Schwimmblasen von *Corethra*) die thoracalen Tracheenblasen von *Mochlonyx* in verschiedenen der zur Aufzucht und Submersion der Larven benutzten Salzlösungen auf ihr Verhalten geprüft.

20) Wie es v. Frankenberg für Experimente mit *Corethra*-Blasen angibt, wird auch bei entsprechenden Versuchen mit Tracheenblasen von *Mochlonyx* die Arbeit »durch das quantitativ höchst verschiedenartige Verhalten der Individuen«, ja selbst zweier aus demselben Tier unter denselben Bedingungen herauspräparierten Blasen außerordentlich erschwert (vgl. Figur).



Das Verhalten von sechs verschiedenen thoracalen Tracheenblasen von *Mochlonyx*-Larven in $\frac{n}{2}$ NaNO₃.

Folgendes Versuchsprotokoll soll einen Einblick in das weitgehende Quellungs- und Entquellungsvermögen der thoracalen Tracheenblasen geben:

Größe der Blase im lebenden Tier: 994 μ .

Quellung in der Körperflüssigkeit (nach dem Tode des Tieres) auf: 1437 μ .

Schrumpfung beim Eintrocknen auf: 751 μ .

Quellung nach Wasserzusatz auf 1414 μ .

Entquellung nach Zusatz von Alc. abs. auf: 950 μ .

Quellung nach erneutem Wasserzusatz auf: 1282 μ .

Schrumpfung nach gänzlichem Eintrocknen auf: 641 μ .

21) Bei der Quellung und Entquellung behalten die Blasen die typische Form bei, die sie im lebenden Tier erkennen lassen: Der

Querdurchmesser (die Dicke) der Blasen bleibt im wesentlichen unverändert (durchschnittlich etwa 450μ), nur der Längsdurchmesser ändert seine Größe.

22) Bei dem (in Punkt 20 erwähnten) quantitativ verschiedenartigen Verhalten der einzelnen Blasen spielt (neben dem physiologischen Zustand des Tieres) der Füllungsgrad der Blasen mit Gas während des Versuches eine hervorragende Rolle, und zwar wird das Quellungsvermögen der Blasen um so stärker herabgesetzt, je mehr Gas im Innern der Blasen vorhanden ist. Von den beiden Blasen, die in der Figur die geringste Quellung zeigen, war Blase V ganz, Blase II mehr als $\frac{3}{4}$ mit Gas gefüllt, während bei den übrigen Blasen kaum die Hälfte des Volumens Gas enthielt. Eine maximale Quellung kann also nur zustande kommen, wenn auch die Innenseiten der Blasen möglichst vollständig mit der die Quellung verursachenden Flüssigkeit in direkte Berührung kommen. Es kann dies als Beweis dafür gelten, daß die Quellung nicht etwa auf einer passiven Dehnung der Blase durch die eingeschlossene Gasmenge, sondern auf den kolloidchemischen Eigenschaften der Blasenwandung beruht.

23) Bei Wasserentziehung kann die Blase auf die Hälfte (bei *Corethra* nach v. Frankenberg nur auf fast $\frac{2}{3}$) ihrer Länge zusammenschrumpfen, um dann bei erneutem Wasserzusatz wieder zur ursprünglichen Größe aufzuquellen.

24) Eine Herabsetzung des Quellvermögens in Leitungswasser (wie es v. Frankenberg in ausgesprochenem Maße für die *Corethra*-Blasen nachgewiesen hat) konnte für *Mochlonyx* nicht bestätigt werden:

Tracheenblasen im lebenden Tier: 1215μ .

Unmittelbar nach dem Tode, herauspräpariert: 1215μ .

Nach Überführung in Leitungswasser: 1392μ .

25) In Salzlösungen (vgl. Figur) konnte stets eine Quellung, aber in den bisher vorliegenden Versuchen kein darauffolgender Rückgang derselben (entsprechend den Beobachtungen an *Corethra*-Blasen in Körperflüssigkeit) beobachtet werden. Daß nach einem etwa 90 stündigen Aufenthalt in $\frac{n}{2} \text{NaNO}_3$ die Blasenwandung noch kolloidale Eigenschaften besitzt, beweisen die Versuche mit den Blasen V und VI, die nach Alkoholzusatz bzw. Erwärmung eine deutliche Entquellung erkennen lassen.

26) In der Körperflüssigkeit der Larven findet ebenfalls eine starke Quellung statt (vgl. Versuch in Abschnitt 20): Eine Bestätigung der v. Frankenberg'schen Behauptung, daß im lebenden Tier das

Blut offenbar nie, wenigstens nie unbeschränkt, in Berührung mit der Blasenwand kommen darf, weil ja sonst eine Quellung derselben eintreten müßte.

Zitierte Literatur.

- Babák, E., Zur Physiologie der Atmung bei *Culex*. Int. Rev. d. ges. Hydrob. u. Hydrogr. Bd. V. 1912.
 Frankenberg, G. v., Die Schwimmblasen von *Corethra*. Zool. Jahrb. (Allg. Zool. u. Physiol.) Bd. 35. Jena 1915.
 Grünberg, K., Diptera. Brauers Süßwasserfauna Deutschlands. Jena 1910.
 Koch, A., Studien an Larven von *Culex pipiens* bei der Submersion. Zool. Anzeiger Bd. 50. 1918.
 Wilhelmi, J., Die hygienische Bedeutung der angewandten Entomologie. Flug-schriften d. Deutsch. Ges. f. angew. Entom. Nr. 7. Berlin 1918.
 Zlataroff, A., Über das Altern der Pflanzen. Ztschr. f. allg. Physiol. Bd. 17. 1916.

3. Notiz zum Gehirn einiger Nager mit Bezug auf die Tierpsychologie.

Von Ludwig Reisinger.

(Mit 4 Figuren.)

Eingeg. 5. Januar 1919.

Vor mir liegen die Gehirne von Kaninchen, Eichhörnchen, Bisamratte, Meerschweinchen und weißer Ratte, deren Vergleich keine wesentlichen Unterschiede ergibt (Fig. 1). Die Basis der Gehirne dieser Nager zeigt keine artspezifischen Besonderheiten, so weisen zum Beispiel Pyramiden und Trapezkörper überall gleiche Bildung auf. Die Oberfläche des Großhirns entbehrt der ausgesprochenen Windungen, nur schwache Einkerbungen sind zu bemerken, die beim Kaninchen am besten zu sehen sind, während das Großhirn des Eichhörnchens glatt ist. Das Vierhügelgebiet ist bei Kaninchen und Eichhörnchen stark entwickelt, welche Bemerkung insofern von Interesse ist, als nach Mayser¹ Tiedemann darauf hingewiesen hat, daß die Corpora quadrig. um so größer sind, je weniger der ganze Hirnbau entwickelt ist.

Erwähnt mag noch werden, daß das Eichhörnchengehirn etwas schlanker erscheint als die mehr gedungen gebauten Gehirne des Kaninchens oder der Bisamratte.

Vergleicht man die Biologie der erwähnten Tiere, so ergibt sich, daß diese trotz der Ähnlichkeit der Gehirne sehr verschieden ist und auf verschiedenen Intelligenzgrad schließen läßt. Während das Eichhörnchen kunstvolle Nester baut, Wintervorräte anlegt und seine Vorderpfoten als Hände benutzt, und die Bisamratte Bauten aufführt,

¹ Mayser, Vgl. anat. Studien über das Gehirn der Knochenfische, mit besonderer Berücksichtigung der Cyprinaceen. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zool. 1882.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zoologischer Anzeiger](#)

Jahr/Year: 1920

Band/Volume: [51](#)

Autor(en)/Author(s): Koch A.

Artikel/Article: [Züchtung und Submersion von Culicidenlarven in Wasser von verschiedenartigem Salzgehalt. 92-107](#)