

108. Thiele und Wolf, Über die Abtötung der Bakterien durch Licht Arch. f. Hyg. Bd. 57 1906.
109. Trabert, W., Lehrbuch der kosmischen Physik. Teubner, Leipzig 1911.
110. Tröndle, A., Der Einfluß des Lichtes auf die Permiabilität der Plasmahaut. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 48 1910.
111. Vöchting, H. v., Über den Einfluß des Lichtes auf die Gestaltung und die Anlage der Blüten. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 25 1893.
112. Voegelé, W., Untersuchungen über die Strahlungseigenschaften der neuen Glühlampen. Jahrb. Hamb. wiss. Anst. Bd. 21 1903.
113. — Über die Licht- und Wärmewirkung der künstlichen Lichtquellen. Journ. f. Gasb. 1911.
114. Vogt, E., Über den Einfluß des Lichtes auf das Wachstum der Koleoptile von *Avena sativa*. Zeitschr. f. Bot. Bd. 7 1915.
115. Vogt, I. G., Untersuchungen über die bakterizide Wirkung der ultravioletten Strahlen. Zeitschr. f. Hyg. Bd. 81 1916.
116. Vráněk, J., Spektrophotometrische Messungen an Metallfadenlampen. Zeitschr. f. wiss. Phot. Bd. 16 1917.
117. Warming und Gräbner, Eugen Warming's Lehrbuch der ökologischen Pflanzengeographie. 3. Aufl. Bornträger, Berlin 1914.
118. Weber, L., Mitteilungen über einen photometrischen Apparat. Wied. Ann. Bd. 20 1883.
119. — Die Beleuchtung. Weyl's Handb. d. Hyg. 1. Aufl. IV. Fischer, Jena 1896.
120. — Resultate der Tageslichtmessungen in Kiel in den Jahren 1890—1892, 1892—1895, 1898—1904, 1905—1908, 1909—1911, 1912—1915. Schrift. d. Nat. Ver. f. Schleswig-Holst. Bd. 10 1893, Bd. 12 1897, Bd. 13 1905, Bd. 14 1909, Bd. 15 1913, Bd. 16 1916.
121. Wiesner, J., Der Lichtgenuß der Pflanzen. Leipzig, Engelmann 1907.
122. Wilschke, A., Über die Verteilung der phototropischen Sensibilität in Gramineenkeimlingen und deren Empfindlichkeit gegen Kontaktreize. Sitzungsab. Ak. Wiss. Wien. Math.-nat. Kl. Bd. 122 1913.

Zur Biologie von *Tanymastix lacunae* Guerin.

(Vorläufige Mitteilung.)

Von Robert T. Müller.

(Aus der Zoologischen Anstalt der Universität Basel.)

I. Einleitung.

Die nachfolgenden Zeilen sollen kurz die Ergebnisse 3jähriger Beschäftigung mit dem Phyllopoden *Tanymastix lacunae* Guerin zusammenfassen.

Mein Material stammte aus dem Eichener See, einem periodisch wiederkehrenden Bergtümpel in der Nähe des Städtchens Schopfheim im Wiesental. Dort findet sich *T.* zusammen mit *Cyclops strenuus* Fischer, *Cypris virens* Jurine und einer großen Zahl gewöhnlicher Teich- und Moosbewohner. Der See liegt 436,8 m über Meer und füllt sich gewöhnlich im Frühjahr mit Sickerwasser, das Temperaturen von 0 bis über 20° C. aufweist. Die Wassertiefe kann 4 m erreichen.

Die systematische Stellung von *Tanymastix* wolle man in Daday's „Monographie systématique des Phyllopo des anostracées“ (Annales des sciences naturelles, Zoologie, Vol. 11/1910) nachschlagen. Bezüglich seines Baues gleicht *T.* sehr dem bekannten *Branchipus*; er findet sich beschrieben bei Daday l. c., Baird (Proc. Zool. Soc. 20/1852), Guerin-Meneville (Iconographie du règne animal, Londres 1839/44).

Die Möglichkeit, im Eichener See vorzukommen, verdankt *T.* dem Besitze von Dauereiern, die nicht nur eine weitgehende Austrocknung ertragen, sondern sogar ohne vorherige Trockenperiode sich nicht öffnen und so den Nauplius der Freiheit übergeben können.

Die Nauplien sind etwa 24 Stunden nach dem Übergießen der Eier im Wasser zu finden. Sie sind in den ersten Tagen ausgesprochen positiv phototaktisch, so lange bis die Ruderbewegung des zweiten Beinpaares (2. Antennen) kontinuierlich geworden ist. Die Entwicklung geht nur unterhalb 16° C. richtig von statten. Unterhalb etwa 8° ist die Sterblichkeit erhöht. Bei 15° wird die Geschlechtsreife in etwa 14 Tagen, bei 4° in ca. 4 Wochen erreicht. Bei Temperaturen unterhalb 4° sind die Tiere nicht imstande, sich vom Boden zu erheben, da die tiefe Temperatur die Ruderbewegung der Beinpaare zu sehr verlangsamt. Die Tiere schwimmen auf dem Rücken, seltener wühlen sie bauchabwärts im Schlamm. Begattung mit nachfolgendem Eintritt der Eier in das Eisäckchen findet alle 2 Tage statt, immer wenn die fertigen Eier abgelegt sind. Die Eiproduktion beträgt pro Weibchen etwa 17000 Stück. Die Eier sind linsenförmig und müssen nach der Ablage mindestens 1 Monat im Wasser liegen bleiben, ehe sie die Austrocknung ertragen können. Ihre Dicke beträgt im trockenen Zustand im Mittel 244 μ , der Durchmesser 421 μ .

II. Schwimmbewegung.

Die Tatsache, daß alle ungepanzerten Kiefenfüße (*Phyllopoda anostraca*) meist mit abwärts gewandtem Rücken schwimmen, ist bisher als eine photopathische Erscheinung gedeutet worden. Um so mehr, da es leicht möglich ist darzutun, daß *Branchipus*, *Chirocephalus*, *Tanymastix* und andere Anostraca unter künstlichen Bedingungen die Tendenz zeigen, dem Lichte die Bauchseite zuzukehren und auf das Licht zuzuschwimmen.

Nun haben mich meine Beobachtungen gelehrt, daß unter normalen Bedingungen, im Freileben oder in geeigneten Aquarien, diese Phototaxis bei *T.* vollkommen fehlt. Demnach kann der Lichtreiz für die Lage des Tieres nicht verantwortlich gemacht werden. Sie ist vielmehr das Produkt der statischen und dyna-

mischen Faktoren, die aus der Verteilung der Materie im Innern des Körpers und aus der Form und Bewegung des Tieres resultieren.

Das spezifische Gewicht von *T.* konnte nicht direkt bestimmt werden. Ich erhielt aber einen angenäherten Wert, indem ich mit Formol getötete oder mit Chloral betäubte Tiere in Zuckerlösung zum Schweben brachte und das spezifische Gewicht der Zuckerlösung bestimmte. Danach beträgt das spezifische Gewicht von *T.* 1,037.

Ferner gelang es mir, die Lage des Schwerpunktes zu ermitteln. Eine große Zahl von Tieren wurde mit dem Rücken auf zwei (an einem andern Orts zu beschreibenden Apparat angebrachte) Glasnadeln gelegt, und die Nadeln einander immer mehr genähert, bis sie in paralleler Stellung nur durch einen äußerst kleinen Zwischenraum getrennt waren, der häufig weniger als eine halbe Segmentbreite betrug. Das betreffende Tier ruhte also zuletzt in horizontaler Stellung auf einer minimalen Unterstütsungsfläche. Der Schwerpunkt mußte sich senkrecht oberhalb derselben befinden.

Auf diese Weise wurde festgestellt, daß der Schwerpunkt der männlichen Tiere sich meist im 6. oder zwischen dem 6. und 7. fußtragenden Segment befindet. Der Schwerpunkt der Weibchen dagegen liegt weiter hinten zwischen dem 9. und 10. Segment, im 9. oder zwischen dem 8. und 9. dann, wenn das Eisäckchen leer ist.

In Zuckerlösung zum Schweben gebracht, nahmen alle Tiere Rückenlage ein. Dies beweist, daß der Schwerpunkt des Körpers nicht mit dem Schwerpunkt des verdrängten Wassers zusammenfällt, sondern (wohl dank dem zum Teil erdigen Inhalt des rückenständigen Darms und der stärkeren Chitinisierung der Rückenfläche) dorsalwärts von demselben liegt.

Außer der Lage des Schwerpunktes muß auch die Körperform während der Bewegung dazu beitragen, daß die Dorsalfläche ihre Lage nach unten beibehält. Bei der horizontalen Fortbewegung gleitet der Körper von *T.* in schräger Richtung nach vorn. Die Rückenfläche bildet gewissermaßen eine schiefe Ebene, auf der die Bewegung erfolgt. Der Körper müßte also eigentlich in die Höhe gleiten. Dieser Auftrieb wird aber kompensiert durch die Wirkung des Übergewichts. Der Körper sinkt ständig nach unten, und die Resultante des Gleitens und Sinkens ist eine horizontale Fortbewegung. Der Körper von *T.* hat die Form einer in der Richtung der Konkavität etwas gebogenen Rinne. Ein Körper von dieser Form wird in einer Flüssigkeit von geringerem spezifischen Gewicht, als er selbst besitzt, mit infolge des Widerstands nach oben gewendeter Konkavität nach unten sinken, in eine Flüssigkeit von größerem spezifischen Gewicht, untergetaucht, mit nach unten gewendeter Konkavität aufsteigen.

Betäubte und tote Exemplare von *T.* sinken in Wasser in Rückenlage auf den Boden des Gefäßes. In eine Flüssigkeit, deren spezifisches Gewicht größer als 1,037 ist (z. B. Zuckerlösung), gebracht, wenden sie sich um und steigen mit nach oben gewendetem Rücken an die Oberfläche. Dort wird wieder Rückenlage angenommen. Ein deutlicher Beweis dafür, daß auch die Körperform im Verein mit der Fortbewegung, die ja schräg dorsalwärts zur Längsrichtung des Körpers erfolgt, dazu beitragen muß, die Rückenlage zu befestigen. Werden tote oder betäubte Tiere in Zuckerlösung gebracht, deren spezifisches Gewicht nur wenig größer als 1,037 ist, so steigen sie äußerst langsam, diesmal in Rückenlage, an die Oberfläche. Bei der langsamen Bewegung ist der Widerstand (proportional dem Quadrat der Geschwindigkeit) nicht groß genug, um die Wirkung des dorsal gelegenen Schwerpunktes zu kompensieren.

Diese Überlegungen zeigen, daß die Rückenlage des schwimmenden *T.* (und wohl aller Anostraken) nichts anderes ist als die Folge statischer und dynamischer Momente.

Werden betäubte oder tote Exemplare von *T.* in Zuckerlösung zum Schweben gebracht, so dokumentiert sich die verschiedene Lage des Schwerpunktes bei Männchen und Weibchen in der verschiedenen Neigung, die ihre Längsachse zur Horizontalen bildet. Männchen und Weibchen schwebten mit abwärts gewendetem Hinterende, mit der Horizontalen Winkel von 11,7 und 48,5° bildend. Die Lage des Körpers wird bei der Bewegung eine weniger steile sein müssen. Horizontalisierend wirken die ventral gelegenen 22 Beinpaare. Ihre Arbeit ist mehr als genügend für die Horizontalisierung der Bewegung der Männchen. Dementsprechend tragen diese bei horizontaler Bewegung ihre Furca im Mittel um 4,0° von der Längsachse nach oben, die Weibchen dagegen, bei denen durch die Ruderbewegung der Körper nicht genügend horizontal gestellt wird, um 2,3° nach abwärts gewendet. Den Apparat, mit dem die Winkel gemessen wurden, werde ich andern Orts beschreiben.

III. Tropismen.

a) Scheinbarer Geotropismus der Nauplien.

Deckt man ein Gefäß, in dem sich frisch ausgeschlüpfte Nauplien von *T.* befinden, lichtdicht zu, so findet man kurze Zeit nachher alle Nauplien am Boden des Gefäßes angesammelt. Man könnte versucht sein, die Erscheinung als positiven Geotropismus zu deuten, der durch Verdunkelung ausgelöst werde. Bis zum 5. Lebenstag nimmt dieser „Geotropismus“ an Deutlichkeit ab und verschwindet. Daß es kein Geotropismus ist, geht aus folgenden Tatsachen hervor:

Die anfänglich inkontinuierliche Bewegung der Ruderantennen wird bis zum 5. Tage regelmäßig. Das Licht wirkt (s. unten) beschleunigend auf die Bewegungen von *T.* ein, dies um so mehr, je jünger die Tiere sind. Werden die Nauplien verdunkelt, so verlangsamen sich ihre Bewegungen, und sie sinken trotz fortwährendem Aufwärtstreben zu Boden. Sobald Licht Zutritt, sind sie imstande (von welcher Seite das Licht eintritt, ist gleichgültig), sich vom Boden zu erheben.

Die Erscheinung ist somit nicht tropistischer Natur, sondern eine Folge der erst allmählich sich entfaltenden Körperkraft und Ruderfähigkeit und der erregenden Wirkung des Lichtes.

b) Thermotropismus.

Wenn bei warmem Wetter das Wasser am Ufer des Eichener Sees sich erwärmt hat, so sind vom Ufer her keine Phyllopoden mehr zu sehen, sie haben sich ins kältere Wasser zurückgezogen. Die Grenze zwischen der bevölkerten und unbevölkerten Region konnte ich 1914 genau verfolgen und feststellen, daß ihr entlang überall die Temperatur des Wassers 16° C. betrug. Andererseits sah ich in meinen Aquarien die Tiere sich immer am wärmeren Ende ansammeln, sobald die Temperatur unter 9° ging. Auch dann, wenn auf eine Strecke von 20 cm das Temperaturgefälle nur $0,25^{\circ}$ betrug, reagierten die Tiere deutlich thermotaktisch. In ein künstliches Temperaturgefälle gebracht, sammelten sich die Tiere im Wasser von 9° — 16° C. an. Oberhalb waren sie negativ, unterhalb positiv thermotropisch.

c) Phototropismus.

Nach meinen Erfahrungen treten bei *T.* (und auch bei andern Anostraca) zweierlei Arten von Phototropismus in Erscheinung.

1. Die frisch ausgeschlüpften Nauplien schwimmen, sobald sie die Embryonalhülle verlassen haben, in der Richtung, woher das Licht einfällt, und sammeln sich am vorderen (belichteten) Ende der Aquarien an. Dort tummeln sie sich, indem sie längs der Wand hin und her schwimmen, den Lichtstrahlen bald die Seite, bald Bauch oder Rücken zuwendend. Dieser Phototropismus tritt unter allen Umständen ein und hält bis zum 5. Tage an, nämlich so lange, bis die Ruderbewegungen kontinuierlich geworden sind. Er wird auch durch äußerst schwaches Licht, 1 MK und darunter, sogar schon durch das Licht des durch einen Wolkenschleier scheinenden Vollmondes ausgelöst und hat wohl die Bedeutung, die Bewegungen nach einer Richtung, der Richtung des freien Wassers zu dirigieren. Er ist so stark, daß man durch Beleuchtung von unten die Nauplien auf den Boden eines Gefäßes bannen kann, so daß sie zugrunde gehen.

2. Vom 5. Tage an ist unter normalen Bedingungen von Phototropismus nichts mehr zu konstatieren. In Aquarien, die ich im Dunkelraum nur von einer Seite her beleuchtete, oder mit Ausnahme einer Seite lichtdicht umhüllte, zeigte *T.* sich immer gleichmäßig verteilt. Traf ich aber in den Kulturen die Tiere an der Lichtseite angesammelt, so konnte ich mit Sicherheit darauf zählen, am andern Tage eine große Anzahl derselben tot vorzufinden. Als 1914 der Eichener See sich stark erwärmte, und Fäulnis einsetzte, sammelten sich die Phyllopoden am Südufer an, in allen übrigen Teilen des Sees waren keine mehr zu finden. Wenige Tage darauf waren alle zugrunde gegangen.

Künstlich konnte ich den Phototropismus der erwachsenen Tiere hervorrufen: Durch mechanische Reizung (Stoß an die Aquarien, Umrühren des Wassers), dabei hielt der Phototropismus nur wenig länger an als die Störung dauerte. Durch Lichtreiz (z. B. schroffen Wechsel der Intensität und Richtung des Lichtes), auch hier hält die Reaktion nicht an. Durch Wärmereiz (Erhöhung der Temperatur über 16° C.), hier bleibt die Reaktion bestehen, wenn die Temperaturerhöhung bereits zu einer irreparablen Schädigung geführt hat. Durch Einwirkung chemischer Agenzien (Sauerstoffmangel, CO₂, Säure, Alkali, Fäulnisstoffe). Auch hier verschwindet der Phototropismus wieder, wenn die Einwirkung aufhört, sofern die Tiere nicht schon geschädigt sind.

Der Phototropismus der älteren Tiere äußert sich auf zweierlei Arten:

Sind die störenden Reize nur schwach, so orientieren sich die Tiere so, daß ihre beiden Seitenaugen gleichmäßig beleuchtet sind, d. h. sie kehren dem Lichte die Ventralseite zu, ohne sich vorerst dem Lichte zu nähern. Bei Lichtreiz von unten z. B. kehren sie die Bauchseite nach abwärts, bei Lichtreiz von der Seite drehen sie den Körper um die Längsachse und die einzelnen Seitenaugen in der Richtung nach dem Licht. Bei größerer Intensität der Reize wird aber diese „Normallage“ (Radl) verlassen, und die Krebse schwimmen in der Richtung des Lichteinfalls (positive Phototaxis). Die Einstellung in der Lichtrichtung ist aber keine strenge und stimmt weder zur Loeb'schen noch zur Radl'schen Theorie des Phototropismus. (Übrigens läßt mich die Loeb'sche Theorie auch bei der Erklärung des Thermotropismus im Stich.)

Bezüglich der theoretischen Würdigung der Tropismen verweise ich auf meine ausführliche Veröffentlichung. Hier möchte ich nur darauf hinweisen, welche Bedeutung die Tropismen für den Branchiopoden haben. Durch sie wird er bewahrt vor dem Untergang im warmen Uferwasser und in den sauerstoffarmen Schichten am Grunde des Tümpels und hinausgeführt in sein eigentliches Element, das freie Wasser.

IV. Abhängigkeit der Ruderbewegungen von äußeren Bedingungen.

Die Bewegungen der Ruderfüße von *Tanymastix* sind in hohem Grad hinsichtlich ihrer Geschwindigkeit von äußeren Bedingungen abhängig. Ihre Frequenz (d. i. die Zahl der Schläge pro Minute) wird vermehrt durch erhöhte Temperatur, Abnahme der Zähigkeit des Mediums und erhöhte Beleuchtungsintensität. Andererseits variiert die Frequenz aber auch mit den Änderungen, die im Innern des Organismus vor sich gehen. Sie nimmt immer mehr ab, je älter die Tiere werden. So fand ich für ein Tier in den verschiedenen Altersstadien folgende Frequenzwerte:

Alter:	11	15	18	22	38	42	45	Tage
S/M:	440	400	326	188	206	156	147	Schläge pro Minute.

Die größte Frequenz, die ich gemessen, betrug 515, die kleinste 137 Schläge pro Minute (bei 12,5° C.). Während der Kopulation, bei der Eiablage etc. ist die Frequenz oft stark erhöht.

Die Wirkung des Lichts auf die Bewegung der Ruderfüße konnte ich nur an nicht geschlechtsreifen Tieren beobachten. Sie ist in den ersten Tagen am größten und nimmt von Anfang an ab, um mit dem Eintritt der Geschlechtsreife ihren Nullwert zu erreichen. Die Frequenz der Ruderbewegungen wird also um so mehr durch das Licht erhöht, je jünger die Tiere sind. Die Wirkung des Lichts nimmt ferner mit steigender Temperatur zu. Bei 5° C. z. B. kann keine auch noch so starke Beleuchtung eine Vermehrung der Frequenz hervorrufen. Die bewegungsbeschleunigende Wirkung fängt erst bei etwa 8° C. an, sich bemerkbar zu machen. Je höher die Temperatur und je jünger die Tiere, eine um so größere Frequenzsteigerung kann durch Beleuchtung erzielt werden, eine um so größere Lichtintensität ist aber auch für die Erreichung der maximalen unter den betreffenden Bedingungen möglichen Frequenzsteigerung nötig. Diejenige Intensität, welche gerade die maximale mögliche Beschleunigung hervorruft, habe ich „Kritische Intensität“, die Wirkung des Lichtes auf die Bewegung „Photokinetischen Effekt“ genannt. Wird die Lichtstärke über die kritische Intensität hinaus vermehrt, so findet keine Frequenzsteigerung mehr statt. Wie Temperatur und Alter die mögliche Beschleunigung und damit die kritische Intensität beherrschen, geht aus den folgenden Tabellen hervor:

Intensität:	0	1	2	3	4	5	7	8	15
Alter: 11 Tage	—	214	232	246	248	248	—	—	250
Alter: 15 „	198	220	245	266	263	—	—	263	262
Alter: 18 „	220	230	250	250	—	—	250	—	248
Alter: 22 „	164	164	164	—	—	—	164	—	164

S/M

(Die Intensitäten sind in Meterkerzen angegeben, die Temperatur betrug 10,2—11,1° C.)

Intensität:	0	1	2	3	5	10	15	
Temperatur: 0	—	82	—	82	81	81	80	} S/M
4,5—4,9	82	—	—	83	82	82	82	
8,0—8,4	89	97	100	100	99	99	—	
11,3—11,9	156	167	170	170	169	170	170	
15,4—15,5	138	167	173	181	180	180	181	
17,7—17,8	—	—	222	240	264	320	320	

Zunehmendes Alter und abnehmende Temperatur üben, wie aus den Tabellen deutlich hervorgeht, dieselbe Wirkung auf den photokinetischen Effekt aus. Ferner ist aus den Tabellen die frequenzsteigernde Wirkung der Temperaturerhöhung leicht zu ersehen.

Vergleicht man die Frequenzwerte eines Tieres bei verschiedenen Temperaturen, so lassen sich leicht die Temperaturkoeffizienten der Ruderbewegung für die verschiedenen Temperaturgebiete berechnen (s. A. Kanitz: Temperatur und Lebensvorgänge, Berlin 1915). Diese Temperaturkoeffizienten (d. s. die Zahlen, welche angeben, in welchem Maße ein chemischer oder physiologischer Vorgang durch eine Temperaturerhöhung von 10° beschleunigt wird)

werden berechnet nach der Formel: $Q_{10} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\frac{10}{T_2 - T_1}}$, worin Q_{10} den Temperaturkoeffizienten, T_2 und T_1 die Temperaturen und V_2 und V_1 die zugehörigen Geschwindigkeiten darstellen. (Unter der Voraussetzung, daß die Geschwindigkeit des Vorganges ungefähr eine Exponentialfunktion der Temperatur sei.)

Ändern wir aber die Temperatur des Wassers, in dem sich die Tiere befinden, so ändern wir auch den Sauerstoffgehalt und die Zähigkeit des Mediums. Von diesen beiden ist die Änderung des Sauerstoffgehalts, in dem Maße, wie sie bei den Versuchen in Betracht kam, fast ohne Einfluß auf die Bewegungen der Tiere. Anders die Änderung der Viskosität. Ihr Einfluß wurde in folgender Weise berechnet. Ich brachte die Tiere in Wasser von 20° C., dessen Viskosität durch Zusatz von Zucker so gesteigert wurde, daß sie derjenigen von Wasser von z. B. 10° entsprach. Aus der Änderung der Bewegung bei der Übertragung der Tiere von Wasser in die betreffende Lösung konnte ein „Zähigkeitsfaktor“ berechnet werden, d. h. eine Zahl, die angibt, um wie viel die Geschwindigkeit der Ruderbewegung erhöht wird durch die Abnahme der Viskosität, die einer Temperaturzunahme des Wassers von 10° entspricht. Dieser Zähigkeitsfaktor beträgt 1,23. Das will sagen:

Würde durch Erhöhung der Temperatur des Wassers nur die Viskosität des Mediums, nicht auch die Geschwindigkeit der Vorgänge (z. B. Kraftproduktion) im Innern des Organismus verändert, so müßte pro 10° Temperaturerhöhung die Geschwindigkeit der Ruderbewegung von *T.* auf das 1,23fache anwachsen. Dieser Zähigkeitsfaktor kann zur Korrektur der Brutto-Temperaturkoeffizienten verwendet werden.

Die Ruderbewegungen von *T.* zeigen eine besondere Abhängigkeit von der Temperatur. Bisher waren wir gewohnt zu sehen, daß physiologische Prozesse mit steigender Temperatur zunehmen, ein Maximum aufweisen und bei weiter erhöhter Temperatur wieder abfallen. Ferner war bekannt, daß das Maximum erst bei einer Temperatur erreicht wird, die für den betreffenden Organismus bereits supraoptimal ist. Hier existiert ein Maximum nicht, wenigstens nicht innerhalb des Intervalls von $0-31^{\circ}$ C.

Das Gebiet von $0-9^{\circ}$ bezeichne ich entsprechend der Kanitz'schen Auffassung als **Auslösungsphase**. In ihr findet eine stetige Zunahme des Temperaturkoeffizienten statt. Die betreffenden korrigierten, d. h. durch den Zähigkeitsfaktor dividierten Werte bewegen sich zwischen 1 und 3,7. Das Zutreffen des Namens Auslösungsphase erhellt deutlich aus dem oben beschriebenen Einsetzen des photokinetischen Effektes. Bei $9-10^{\circ}$ (Fig. 1) weist die Temperaturkurve einen Knick auf und geht über in einen weniger steil

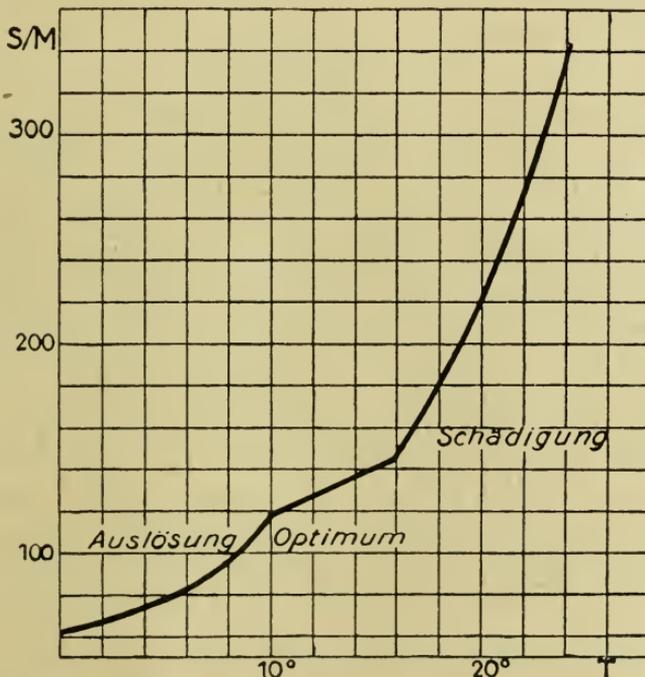


Fig. 1. Temperaturkurve der Ruderbewegungen von *Tanymastix*.

verlaufenden Teil, der die **optimale Phase** darstellt. Die optimale Phase liegt zwischen 9° und 16°. Sie ist dadurch gekennzeichnet, daß in ihr der Temperaturkoeffizient den Wert 1,23 dauernd beibehält. Es ist also anzunehmen, daß innerhalb dieses Gebietes die physiologischen Vorgänge unter verhältnismäßig konstanten Bedingungen verlaufen. Die geringe Größe des Koeffizienten spricht dafür, daß die Zunahme der Frequenz auf physikalische Ursachen (etwa abnehmende innere Reibung) zurückzuführen sein dürfte. Den Namen optimale Phase verdient dieser Kurventeil deshalb, weil er dem Temperaturgebiet entspricht, das für *T.* als optimales bezeichnet werden muß. Unterhalb 9° sind die Lebensbedingungen ungünstiger, dort ist das Gebiet der Auslösung, oberhalb 16° ist das Leben für *T.* auf die Dauer unmöglich. Interessanterweise fällt die optimale Phase gerade mit dem Temperaturgebiet zusammen, in dem *T.* keine thermotaktische Reaktion zeigt. Bei 16° weist die Temperaturkurve wieder einen Knick auf. Sie wendet sich jetzt, in der **Schädigungsphase**, steil nach oben. Die Koeffizienten zeigen keinen regelmäßigen Gang. Sie schwanken zwischen 2,5 und 1,1. Die Frequenz nimmt hier immer mehr zu, bis schließlich die Bewegungsorgane den immer rascher aufeinander folgenden Impulsen nicht mehr zu folgen vermögen und Tetanus und Wärmestarre eintreten. Die van t'Hoff'sche Regel, wonach der Temperaturkoeffizient sich zwischen 2 und 3 bewegen soll, trifft für keinen Teil der Temperaturkurve zu, nicht einmal innerhalb der Behaglichkeitsgrenzen (Kanitz, l. c.).

V. Fortpflanzung.

Wie bei *Branchipus* gilt auch bei *Tanymastix* das Gesetz, daß die Eier nur nach erfolgter Kopulation aus den Eileitern in das Eisäckchen übertreten. Einige Minuten nach der Paarung öffnen sich gleichzeitig die Sphinkteren auf beiden Seiten, und die Eier gleiten in den Brutraum. Dort werden sie befruchtet und erhalten eine doppelte Eischale. Nach 48 Stunden werden sie abgelegt. Sie haben im fertigen Zustand linsenförmige Gestalt mit abgeflachtem Rand. Diese Form erhalten sie im Eisäckchen durch eine Kompression, als deren Ursache der osmotische Druck des Schalendrüsensekrets betrachtet werden kann. Die Kompression beginnt etwa 12 Stunden nach dem Eintritt der Eier in das Eisäckchen, nachdem bereits eine dünne Schicht von Schalensubstanz sich gebildet hat. Erzeugt man durch Entzug der Nahrung kleine Eier, so werden diese nicht abgeplattet, sondern bleiben rund entsprechend dem Gesetz, daß die Festigkeit eines Gewölbes bei gleicher Wandstärke dem Radius umgekehrt proportional ist, nach der Formel $s = \frac{1}{2} \cdot \frac{r \cdot p}{k}$, worin s = Wandstärke, r = äußerer Radius, p = Außendruck und

k = zulässige Spannung (Festigkeit). Solch runde Eier sind auch zu 1,3 ‰ im Material vom Eichener See zu finden. Eier mit nur auf einer Seite ausgebildetem Rand stellen eine Zwischenstufe zwischen den normalen und runden dar. Sie lieferten ohne Ausnahme, wie auch viele der runden, normale Tiere. Die innere Eischale, die dank ihrer hornigen Beschaffenheit für die Form der Eier maßgebend ist, wird vor der Ablage mit einer zweiten (Gallert-) Schale überzogen.

Nach der Ablage müssen die Eier noch mindestens einen Monat im Wasser liegen bleiben, bis sie durch Austrocknung zur Weiterentwicklung angeregt werden können. In meinen Versuchen erhielt ich nach einer Wässerungsdauer von 30 Tagen 3,4 ‰, nach 36 Tagen 5,9 ‰, nach 40 Tagen 59,6 ‰ und nach 48 Tagen 70,8 ‰ entwicklungsfähige Eier.

Beim Verweilen im Wasser geht die äußere Gallertschale verloren. Ihre Reste sind nach dem Trocknen als firnisartiger Überzug auf der braunen Hornschale zu finden.

Zur Einleitung des Ausschlüpfens genügt schon eine Trockenzeit von 4 Tagen. Durch den Austrocknungsprozeß wird die Form der Eier abermals verändert. Ihre Gestalt wird flacher. Der Durchmesser verringert sich um 2, die Dicke um etwa 30 ‰. Der Rand wird noch mehr abgeflacht und dadurch die Hornsubstanz an der Kante gelockert. Der Inhalt des Eis zieht sich noch weiter zusammen. Schließlich liegt er einer Schalenhälfte an, auf der andern Seite von einem Luftraum umgeben. Nur durch die Austrocknung können die Eier zur Entwicklung gebracht werden. Dieser Austrocknungszwang stellt meines Erachtens die höchste Anpassung an die Periodizität des Mediums dar.

Nach dem Übergießen mit Wasser nehmen die Eier die Form wieder an, die sie vor der Ablage besaßen, und öffnen sich durch einen äquatorialen Riß. Der Nauplius tritt langsam, umhüllt von der eiförmigen Embryonalhülle, zwischen den Schalenhälften hervor, während im Innern der Eischale eine weitere Hülle, das Chorion, zerrissen zurückbleibt. Die Embryonalhülle vergrößert sich dank dem in ihrem Innern herrschenden osmotischen Druck, der schon die Eischale gesprengt hat und sich auf 22 bis 31 Atmosphären beläuft. Durch einen Riß am Scheitelende wird endlich der Nauplius ausgestoßen.

Eier, die auf der Fläche des Wassers schwimmen, entwickeln sich nicht, sondern gehen zugrunde. Sie entwickeln sich aber, wenn über dem Wasser ein sauerstoffreies, indifferentes Gas sich befindet, z. B. in einer Atmosphäre von CO_2 , N_2 oder H_2 . Die abtötende Wirkung der Luft ist somit auf ihren Sauerstoffgehalt zurückzuführen. Durch vollständige Abwesenheit von Sauerstoff

wird die Entwicklung ebenfalls verhindert, aber die Eier gehen dadurch nicht zugrunde.

In vollkommen reinem Wasser entwickeln sich die Eier nicht. Nur durch Zugabe von erdigen Stoffen, Aquarien- oder Teichwasser kann destilliertes oder Leitungswasser für die Aufnahme von Eiern geeignet gemacht werden.

In Salzwasser (NaCl) von höherer Konzentration als 0,2% entwickeln sich die Eier nicht. Sie sterben in Salzwasser von mehr als 1% Gehalt bald ab.

Die Eier von *T.* lassen sich im Gegensatz zu denjenigen von *Branchipus* weder durch Behandlung mit Salzwasser noch durch Einfrierenlassen unter Umgehung der Austrocknung zur Entwicklung bringen. Nur in äußerst seltenen Ausnahmefällen setzt die Entwicklung unter den angedeuteten Verhältnissen doch ein. Der Grund für dieses Verhalten ist wahrscheinlich darin zu suchen, daß Einfrierenlassen und Behandlung mit Salzwasser wohl durch Wasserentzug eine Ruheperiode hervorrufen, nicht aber dazu beitragen, die Eischale für die Sprengung vorzubereiten.

Eine ausführliche Veröffentlichung meiner Experimente und deren Ergebnisse wird an anderer Stelle (Ztschr. f. Biologie) erfolgen. Mögen diese kurzen Mitteilungen anregen zu weiterem Ausbau der experimentellen Biologie.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Biologisches Zentralblatt](#)

Jahr/Year: 1918

Band/Volume: [38](#)

Autor(en)/Author(s): Müller Robert T.

Artikel/Article: [Zur Biologie von Tanymastix lacunae Guerin. 257-268](#)