

- Gößwald, K., 1938f. Über den Einfluß von verschiedener Temperatur und Luftfeuchtigkeit auf die Lebensäußerungen der Ameisen. I. Die Lebensdauer ökologisch verschiedener Ameisenarten unter dem Einfluß bestimmter Luftfeuchtigkeit und Temperatur. Zeitschr. wiss. Zool., 151, 337—381.
- Hölldobler, K. 1938. Weitere Beiträge zur Koloniegründung der Ameisen. Zool. Anz., 121, 66—72.

Über den Einfluß der Feuchtigkeit auf das Eistadium des Maikäfers (*Melolontha melolontha* L.).

Von K. Schuch,

Zweigstelle Kiel-Kitzeberg der Biologischen Reichsanstalt.

Die Eier des Maikäfers nehmen während der Embryonalentwicklung auffallend stark an Größe zu (Raspail n. Decoppet 1920, S. 59). Ganz ähnlich verhalten sich nach Ritterhaus (1927) die Eier von *Phyllopertha horticola* L. (S. 390) und *Anomala aenea* Geer. (S. 403), zwei Arten, die mit dem Maikäfer nahe verwandt sind. Die Erscheinung der Volumenzunahme der Eier ist aber keineswegs auf die Melolonthinen beschränkt, sie findet sich auch bei anderen Insekten, beispielsweise bei *Dytiscus marginalis* L., dessen Eistadium von Blunck (1914) eingehend untersucht wurde. Blunck (S. 89) nimmt als Erklärung für die Volumenzunahme der *Dytiscus*-Eier an, daß diese dem Pflanzengewebe, in das sie abgelegt werden, fortgesetzt Wasser entziehen und in sich aufnehmen. Ebenso hält Ritterhaus (S. 390) für die Eier von *Phyllopertha horticola* L. „eine Wasseraufnahme von außen durch die semipermeable Wandung des Eies“ für denkbar. Für diese Annahme spricht auch das große Feuchtigkeitsbedürfnis der Eier; sie sind gegen Austrocknen sehr empfindlich und müssen daher „immer von feuchter Erde umgeben sein“ (Ritterhaus 1927, S. 390). Das gleiche dürfte auch für die Eier von *Anomala* gelten, auf die Ritterhaus aber nicht näher eingeht. Die Größenzunahme der Maikäfereier während der Embryonalentwicklung läßt sich ebenfalls durch Wasseraufnahme erklären, und es ist deshalb anzunehmen, daß auch sie relativ hohe Ansprüche an die Feuchtigkeit der Umgebung stellen.

Über den Wasserhaushalt des Eistadiums von *Melolontha* sind bisher noch keine näheren Angaben veröffentlicht, ebensowenig über die Temperaturabhängigkeit.

Das zu den Untersuchungen verwandte Eimaterial wurde von paarweise eingezwängerten Käfern erhalten. Eine Schädigung der Keime infolge des eingeengten Lebensraumes der Elterntiere, wie es Schwerdtfeger (1937) beobachtete, war nicht zu erkennen.

Die Versuche liefen im Zimmer ($T=15,3-24,5^{\circ}$ C; im Mittel

19,9° C). Bei dieser Temperatur betrug die kürzeste Entwicklungszeit 27 Tage.

Über das Volumen frisch abgelegter Eier teilt Schwerdtfeger (1928) einige Zahlen mit. Er berechnete den Rauminhalt der Eier mit der Formel eines Ellipsoides $V = \frac{4}{3} \pi ab^2$, worin für a die halbe Eilänge und für b die halbe Dicke gesetzt wurde. Schwerdtfeger fand auf diese Weise ein Volumen von $9,023 \pm 2,325 \text{ mm}^3$.

Mit Hilfe derselben Formel wurde auch in den vorliegenden Untersuchungen das Eivolumen bestimmt. Die Eier befanden sich während der Versuchszeit in einer zugedeckten Petrischale auf nassem Filtrierpapier. Diese Feuchtigkeitsbedingungen erwiesen sich für die Keime, wie noch gezeigt wird, als günstig. Für 1—2 Tage alte Eier ergab sich im Mittel ein Rauminhalt von $7,82 \text{ mm}^3$, für 21 Tage alte dagegen ein Inhalt von $27,26 \text{ mm}^3$ (Zahlentafel 1). Bis zum 21. Entwicklungstage hatte sich das Eivolumen mithin schon um ein mehrfaches vergrößert. Es nahm bis zum Ende der Embryonalentwicklung noch weiter zu. Offensichtlich ist also das Feuchtigkeitsbedürfnis der Eier sehr groß, und es liegt die Frage nahe, unter welchen Feuchtigkeitsverhältnissen der Umgebung die Keime ihren Wasserbedarf decken können.

Zahlentafel 1.

Volumenzunahme der Eier während der Embryonalentwicklung

Alter der Eier in Tagen	Länge in mm		Dicke in mm		Volumen in mm^3	
	extreme Werte	Mittelwert	extreme Werte	Mittelwert	extreme Werte	Mittelwert
1—2	2,9—3,3	3,1	2,1—2,3	2,2	6,70—9,14	7,82
21	4,4—4,9	4,5	3,3—3,5	3,4	25,10—29,67	27,26

Wurden frisch abgelegte Eier auf trockener Unterlage der Zimmerluft ausgesetzt, so platzten sie nach kurzer Zeit, und ihr Inhalt floß aus. Bei 17° C und 57% relativer Luftfeuchtigkeit erfolgte dieser Vorgang in ruhender Luft schon nach 11—14 Minuten. Hierin ist auch die Zeit noch einbegriffen, während der das außen an den Eiern haftende Wasser — die Eier lagen zuvor auf nassem Filtrierpapier — verdampfte.

Eier, die in einer zugedeckten Schale auf nassem Filtrierpapier lagen, nahmen keinen Schaden und entwickelten sich normal.

Das große Feuchtigkeitsbedürfnis des Eistadiums geht noch deutlicher aus dem folgenden Versuch hervor: Eine Glasschale (Neubauerschale) wurde allseitig, einschließlich des Deckels, mit nassem Filtrierpapier ausgekleidet, d. h. in eine feuchte Kammer verwandelt. 19 Eier kamen unmittelbar auf das nasse Papier am Boden der Schale, und gleich viele

wurden in einer in die Kammer hineingestellten trockenen Blockschale der wasserdampfgesättigten Luft ausgesetzt. Ferner wurden 19 Eier in einer zugedeckten Glasschale über nassem K_2SO_4 aufbewahrt. In diesem letzten Falle soll sich im Versuchsbehälter theoretisch eine Luftfeuchtigkeit von etwa 99% einstellen. Wahrscheinlich ist sie tatsächlich aber doch etwas niedriger, wie auch in einer mit nassem Filtrierpapier ausgekleideten Kammer die Luft vielleicht nur annähernd mit Wasserdampf gesättigt ist. Eine Bestimmung des Wasserdampfgehaltes der Luft in der Nähe des Sättigungspunktes stößt auf erhebliche Schwierigkeiten. Der Einfachheit halber wird daher im folgenden der theoretische Wert eingesetzt, wobei man sich aber der Wahrscheinlichkeit geringer Abweichungen bewußt sein muß.

Das verwendete Eimaterial war gleichartig, d. h. es wurden 3 frische Gelege gleichmäßig auf die Versuchsreihe verteilt.

Das Versuchsergebnis ist in der Zahlentafel 2 dargestellt. Die geringste Sterblichkeit von 5% zeigten die Eier, die auf nassem Filtrierpapier lagen. In wasserdampfgesättigter Luft ohne Berührung mit einer feuchten Unterlage starben 26% und bei 99% Luftfeuchtigkeit gingen alle Eier bereits nach kurzer Zeit zugrunde. Hinsichtlich der Größe und des Gewichts der frischgeschlüpften Larven zeigten sich gleichfalls Unterschiede. In dem Falle, wo den Keimen zur Deckung ihres Wasserbedarfs lediglich die wasserdampfgesättigte Luft zur Verfügung stand, waren die Junglarven stark geschrumpft und bedeutend leichter als normale Tiere (s. Zahlentafel 2). Entsprechend blieben auch schon die Eier während der Embryonalentwicklung an Größe zurück.

Zahlentafel 2.
Einfluß der Feuchtigkeit auf die Sterblichkeit der Eier
und auf das Gewicht der Junglarven

Anzahl Eier	Die Eier lagen	Anzahl der geschlüpften Larven	Sterblichkeit der Eier in %	Gewicht der Junglarven in $\frac{g}{10000}$	
				extreme Werte	Mittelwert
19	auf nassem Filtrierpapier	18	5	258—338	301
19	in wasserdampfgesättigter Luft	14	26	153—184	167
19	in 99%iger Luftfeuchtigkeit	0	100	—	—

Ebenso gut wie bei Berührung mit nassem Filtrierpapier entwickelten sich die Eier, wenn sie in Wasser eintauchten. Dagegen erwies sich völliges Untertauchen für die Keime als schädlich. Das zeigt der folgende Versuch: 22 Eier wurden in einer Glasschale unter einer etwa 2 cm

hohen Wasserschicht gehalten. Zum Vergleich lagen 21 Eier auf dem mit etwas Wasser bedeckten Boden einer Petrischale. Das Versuchsergebnis ist auf Zahlentafel 3 verzeichnet. Von den 21 eingetauchten Eiern starb nur ein einziges, aus allen übrigen schlüpfen Larven. Dagegen waren schon 8 Tage nach Versuchsbeginn 9 Stück von den untergetauchten Eiern geplatzt, und auch die übrigen gingen mit der Zeit zugrunde. Die letzten wurden 49 Tage nach Versuchsbeginn untersucht. Sie enthielten tote Embryonen mit entwickelten Mandibeln. Das Wasser in den Schalen wurde nur dann erneuert, wenn Eier geplatzt waren und infolgedessen entfernt werden mußten.

Zahlentafel 3.

Sterblichkeit der Eier bei allseitiger Umgebung mit Wasser und bei nur einseitiger Benetzung.

Tage nach Versuchs- beginn	22 Eier unter Wasser liegend		21 Eier in Wasser eintauchend	
	tote Eier entfernt	Larven geschlüpft	tote Eier entfernt	Larven geschlüpft
6	4	—	—	—
8	5	—	—	—
15	1	—	—	—
18	1	—	—	—
27	—	—	—	14
28	1	—	—	5
31	—	—	—	1
39	1	—	1	—
49	9	—	—	—

In einem anderen Versuch wurden von 21 Eiern eines Geleges 18 untergetaucht und 3 auf nasses Filtrierpapier übertragen. Diese ergaben 3 Engerlinge. Der erste schlüpfte am 29. Versuchstage. Am 7. Versuchstage wurden 3 von den unter Wasser befindlichen Eiern, bei denen bis dahin eine Sterblichkeit noch nicht festzustellen war, gleichfalls auf nasses Filtrierpapier gelegt. Auch sie ergaben noch 3 Engerlinge, deren Embryonalentwicklung aber schon einige Tage länger dauerte. Am 11. Versuchstage waren von den restlichen untergetauchten 15 Eiern 7 Stück geplatzt. Von den augenscheinlich noch lebenden wurden 3 Tage später nochmals 3 auf nasses Filtrierpapier gebracht. Nur 2 von ihnen lieferten Engerlinge, von denen der erste am 35. Versuchstage, also mit einer etwa sechstägigen Verzögerung schlüpfte. Das dritte Ei war tot, desgleichen alle noch unter Wasser liegenden Keime.

Die beiden letzten Versuchsreihen zeigen, daß von Wasser völlig umgebene Maikäfererier unter bestimmten Bedingungen stark gefährdet sind und auf die Dauer alle zugrunde gehen. Andererseits ist deutlich zu erkennen, daß die Eier verschieden stark empfindlich sind, und daß ein Teil das Untertauchen längere Zeit ohne merklichen Schaden verträgt.

Um noch zu prüfen, wie sich das Untertauchen auf die Keime auswirkt, nachdem sie schon einen Teil ihrer Entwicklung unter günstigen Bedingungen durchlaufen haben, wurde folgender Versuch angesetzt: 38 Eier lagen zunächst auf nassem Filtrierpapier. In Abständen von 7 Tagen wurden je 5 entnommen und untergetaucht. Von den Eiern, deren Übertragung in Wasser am 21. Tage nach Versuchsbeginn stattfand, lieferten 2 nach weiteren 14 Tagen Engerlinge. Die übrigen 3 Eier enthielten tote Embryonen. Desgleichen starben alle früher in das Wasser übertragenen Keime. Der schädliche Einfluß des Untertauchens ist also unverkennbar.

Auffälligerweise sind die Eier der Landinsekten bei Haltung unter Wasser im allgemeinen recht widerstandsfähig. So werden beispielsweise nach Riggert (1935, S. 106) untergetauchte Fritfliegenlarven in ihrer Entwicklung in keiner Weise gestört. Auch den Eiern der Kohlschabe schadet das Untertauchen nichts (Wellmer 1937, S. 46).

Im Vergleich dazu sind also die Maikäfereier sehr empfindlich, weil vermutlich ihr Gasstoffwechsel in Wasser ungünstig beeinflußt wird. Das Sauerstoffbedürfnis der Keime scheint besonders groß zu sein.

Welche ökologische Bedeutung diesem Verhalten der Melolontha-Eier zukommt, wissen wir noch nicht. Zur Beurteilung dieser Frage müssen weitere Erfahrungen gesammelt werden. Insbesondere würde interessieren, ob auch starke, längere Zeit anhaltende Niederschläge den Gelegen zu schaden vermögen. Am ehesten dürfte das bei schwereren Böden zu erwarten sein.

Zahlentafel 4.
Tiefe der Eiablage.
(n. Schuch 1935, S. 171.)

Feldfrucht	Bodenart	Tiefenlage der Eier
Weide	sandig-lehmig	12—20 cm
Weizen	"	19—25 "
Kartoffeln, Rüben, Sommergetreide	"	26—30 "
Brache	lehmig-sandig, tiefgründig und locker	30—40 "

Der Gefahr des Austrocknens sind die Gelege infolge ihrer Tiefenlage (s. Zahlentafel 4) weitgehend entzogen. Obwohl die Feuchtigkeitsansprüche der Eier relativ hoch sind und noch nicht einmal eine mit Wasserdampf gesättigte Luft als Feuchtigkeitsquelle ausreicht, vermögen nämlich die Eier anscheinend doch schon einem „frischen“ Boden das zur normalen Entwicklung erforderliche Wasser zu entziehen. Eine ge-

wisse „Bodenfrische“ besteht aber in Tiefe der Eiablage auch noch bei trockener Witterung. Sogar durch die ungewöhnliche Trockenheit des Jahres 1934, das für die Provinz Schleswig-Holstein einen Maikäfermassenflug brachte, haben nach der Ansicht von Blunck (1937, S. 268/269) die Gelege nicht ernstlich gelitten.

Zusammenfassung.

Die Maikäfereier nehmen während der Embryonalentwicklung stark an Größe zu. Sie stellen dabei an die Feuchtigkeit der Umgebung hohe Ansprüche. Ungehemmt verläuft die Entwicklung nur bei direkter Berührung der Eier mit einem feuchten Substrat, sofern auch die Luft genügend Zutritt hat.

Sind die Eier zur Deckung ihres Wasserbedarfes ausschließlich auf feuchtigkeitsgesättigte Luft angewiesen, so ist die Eisterblichkeit schon erhöht, und die frischgeschlüpften Larven sind stark geschrumpft und bedeutend leichter als normale.

Andererseits sind die Eier aber auch bei dauernder allseitiger Umgebung mit Wasser stark gefährdet, vermutlich weil dann ihr Gasstoffwechsel gestört ist.

Schrifttum.

- Blunck, H., Die Entwicklung des *Dytiscus marginalis* L. vom Ei bis zur Imago. I. Teil. Das Embryonalleben. Zeitschr. f. wiss. Zoologie, 111, 76—151, 1914.
- Der Stand der Maikäferfrage. Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten, 47, 257—277, 1937.
- Decoppet, M., Le Hanneton. Biologie, Apparition, Destruction. Un siècle de lutte organisée dans le canton de Zurich, Expériences récentes. Lausanne et Genève 1920.
- Riggert, E., Zur Kenntnis der Lebensgewohnheiten von *Oscinella frit* L. und ihrer Jugendstadien. Arbeiten über phys. und angew. Entomologie aus Berlin-Dahlem, 2, 101—156, 1935.
- Ritterhaus, K., Studien zur Morphologie und Biologie von *Phyllopertha horticola* L. und *Anomala aenea* Geer. (Coleopt.). Zeitschr. für Morphologie und Ökologie d. Tiere, 8, 271—408, 1927.
- Schuch, K., Beobachtungen über die Biologie des Maikäfers. Arbeiten über phys. und angew. Entomologie aus Berlin-Dahlem, 2, 157—174, 1935.
- Schwerdtfeger, F., Untersuchungen über die Entwicklung des weiblichen Geschlechtsorgans von *Melolontha melolontha* L. während der Schwärmzeit. Zeitschr. f. angew. Entomologie, 13, 267—300, 1928.
- Über den Einfluß des Lebensraumes auf den Maikäfer. Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten, 47, 603—612, 1937.
- Wellmer, W., Beitrag zur Kenntnis der Kohlschabe *Plutella maculipennis* (Curtis). Dissert. Bonn 1937.