

Eiern entwickelten sich in etwa 14 Tagen eierlegende Wurzelläuse oder Nymphen bzw. Geflügelte. Das Stadium einer Larve läßt sich hier leicht und sicher an der Anzahl der neben ihr liegenden Exuvien bestimmen.

Als erstes war zu prüfen, ob die Determination in der Mutterlaus stattfindet, die abgelegten Eier also bereits bestimmt sind, sich zu Nymphen oder Wurzelläusen zu entwickeln. STELLWAAG-KITTLER⁴⁾ gibt hierzu an, daß die zuerst abgelegten Eier einer Laus stets wieder zu Wurzelläusen würden, die späteren — wenn überhaupt — dann ausschließlich zu Nymphen. Es wurden nun die in Petri-Schalenkulturen abgelegten, der Reihenfolge ihrer Ablage nach bekannten Eier einer Anzahl Läuse auf ihre Entwicklungsfähigkeiten hin geprüft. Da sich die Infektion eines Keimlings mit mehreren Eiern als ein Mittel erwies hatte, Nymphose auszulösen, Einzelzucht (im dunklen Thermostaten bei 23 ± 1°) aber immer zu Wurzelläusen führte, wurden die zuerst abgelegten Eier zu Gruppen von 5 bis 10 an neue Keimlinge gebracht, die später abgelegten auch einzeln. Im ersteren Fall traten in keinem Versuch nur Wurzelläuse auf, in einigen dagegen nur Nymphen, in anderen Nymphen und Läuse. Die später abgelegten Eier können sich auch dann zu Wurzelläusen entwickeln, wenn zuvor bereits Nymphen entstanden sind. Den typischen Verlauf eines solchen Versuches gibt die Tabelle 1 wieder. Aus

Tabelle 1

Ablage-nummern	Anzahl der zur Infektion verwendeten Eier	Anzahl Larven am Sämling	Nymphen	Wurzelläuse
1—7	7	5	4	1
15—22	7	3	—	3
23—29	6	4	3	1
40—46	7	3	2	1
60—68	2	1	—	1
69—81	2	1	—	1
69—81	2	1	—	1

diesen Versuchen ergibt sich, daß die Eier noch nicht in der Mutterlaus determiniert worden sind, sondern sich je nach Umweltbedingungen der Larven zu Nymphen oder Wurzelläusen entwickeln können.

Bei einzeln gehaltenen Larven läßt sich die Nymphose dadurch auslösen, daß man die Kulturen dem Tageslicht aussetzt. Durch Einsetzen der Kulturen in diese Bedingungen bei verschiedenem Alter der Larven kann man den Zeitpunkt der Nymphosedetermination weiter festlegen. Tabelle 2 gibt

Tabelle 2

Dem Licht ausgesetzt	Nymphen	Läuse	n
Als Ei unmittelbar vor dem Schlüpfen der Larve	16	20	36
Nach der ersten Häutung	1	13	14
Kontrolle im dunklen Thermostaten	1	37	38

das Ergebnis dieser Versuchsreihe wieder. Hiernach läßt sich mit großer Wahrscheinlichkeit sagen, daß die Determination zur Nymphenbildung in Larven des ersten Stadiums stattfindet, allenfalls noch zu Beginn des zweiten. Nach der Häutung zum dritten Larvenstadium sind bereits morphologische Unterschiede zwischen „Pränymphen“ und Wurzellauslarven erkennbar¹⁾. Mit diesen Entwicklungsgeschichtlichen Daten stehen die geschilderten Befunde also in gutem Einklang.

Die Möglichkeit, die Nymphose in Einzelzuchten auszulösen, zeigt noch, daß entgegen früheren Annahmen Mehrfachbefall keine Voraussetzung für das Entstehen von Nymphen ist. Bei der Nymphoseauslösung durch Mehrfachbefall ist eine Direktwirkung der nebeneinander sitzenden Läuse aufeinander als „Gruppeneffekt“ auszuschließen, da Larven an mehrfach besetzten Keimlingen auch dann zu Nymphen werden können, wenn sie völlig isoliert sitzen. Man muß annehmen, daß in diesem Fall die Nymphose durch eine allgemeine Schädigung der Pflanze ausgelöst wird.

Bundesforschungsanstalt für Rebenzüchtung, Geilweilerhof, Post Siebeldingen über Landau i. d. Pfalz

ULRICH CLEVER

Eingegangen am 15. Oktober 1958

¹⁾ STELLWAAG, F.: Die Weinbauinsekten. Berlin: Parey 1928. — ²⁾ MAILLET, P.: Ann. Sci. natur., Zool. 11, 283 (1957). — ³⁾ CLEVER, U.: Vitis [Landau] (im Druck). — ⁴⁾ STELLWAAG-KITTLER, F.: Dtsch. Weinbau 9, 737 (1954).

Die Nahrung der Proturen

Beobachtungen an *Acerentomon doderoi* SILV. und *Eosentomon transitorium* BERL.

Über die Lebensweise der Proturen (blinde, fühllose Urinsekten) war seither fast nichts bekannt. Auch über ihre Ernährung gab es nur Vermutungen. Vielfach nahm man an, daß sie sich von kleinen Bodentieren ernährten¹⁾, doch glaubt z.B. EWING²⁾, daß sie auch Laubstreu in einem bestimmten Zersetzungsstadium wenigstens zeitweise fraßen.

Meine Tiere stammten aus den oberen Bodenschichten eines Eichen-Hainbuchen-Waldes bei Bingen am Rhein. Ich konnte sie bis zu 96 Tagen am Leben halten. *Acerentomon*, die größere und robustere Art, ernährt sich, wie in den Zuchtgefäßen häufig und eindeutig zu beobachten war (Fig. 1), durch Saugen an Baum- (Eichen- und Hainbuchen-) Mykorrhiza, was bemerkenswert ist, da diese spezialisierte Art der Ernährung im Tierreich einzig dastehen dürfte.

Der Saugakt konnte bei verschiedenen alten Tieren wiederholt beobachtet werden. Sie stechen in den äußeren Hyphenmantel der ektotrophen Mykorrhiza, meist in der Nähe der Wurzelspitze, so weit ein, daß das Rostrum etwa die Oberfläche berührt. Am Einstich sind nur die stilettartigen Mundwerkzeuge, nicht aber das Rostrum oder die Vorderbeine beteiligt. Das Saugen selbst gibt sich durch eine auffallende Belegung der Mitteldarmperistaltik zu erkennen. Bei dieser Peristaltik laufen Einschnürungen den langgestreckten Mitteldarm entlang, entweder von vorn nach hinten oder von hinten nach vorn. Im ersten Fall ist es immer nur eine Einschnürung, im zweiten Fall sind es fast immer mehrere, die kurz hintereinander nach vorn laufen und von denen fünf und mehr gleichzeitig zu sehen sein können. Wenn vor dem Saugen überhaupt eine Peristaltik stattfindet, kommt auf eine Rückwärtsbewegung im Durchschnitt nur etwa eine Vorwärtsperiode. Beim Saugen hingegen folgen die Perioden wesentlich schneller aufeinander, und die Rückwärtsperistaltik nimmt überhand, so daß z.B. pro Minute auf 37 Rückwärtswellen nur 6 Vorwärtsperioden kommen und der Darminhalt bevorzugt nach hinten bewegt wird. Die Mundteile können 1 Std und länger eingestochen bleiben. In dieser Zeit kann die Intensität der beschriebenen Bewegungen stark wechseln.

In selteneren Fällen saugte *Acerentomon* auch an einzelnen Pilzhyphen und Hyphensträngen. *Eosentomon* konnte ich ebenfalls beim Saugen an Mykorrhiza beobachten, doch stach diese Art auch oft Einzelhyphen an. Die Mitteldarmperistaltik ist hier bei weitem nicht so auffällig wie bei *Acerentomon*.

Mit den ernährungsbiologischen Beobachtungen stimmt, besonders bei *Acerentomon*, der ökologische Befund gut überein. Ich erhielt diese Art besonders häufig aus gut durchwurzelten sauren Bodenproben (pH etwa 5,0)³⁾. Bekanntlich kommt es nur in sauren Böden zur Ausbildung von Baum-Mykorrhizen. Beim Ausschuchen von Bodenproben unter dem Binokular fand ich *Acerentomon* immer in der Nähe von Mykorrhiza.

Der Darminhalt von *Acerentomon* ist im Gegensatz zu dem meist bräunlichen von *Eosentomon* fast durchweg rein weiß und besteht aus kleinen ründlichen, meist unter einem µ großen Körperchen, deren chemische Natur noch ungeklärt ist, die jedoch wohl Stoffwechselprodukte darstellen, da sich ihre Zahl bei Hungertieren, die bis zu 7 Wochen am Leben blieben, oft deutlich vermehrte. Die Kotabgabe wurde mehrmals beobachtet. Einige Zeit vorher trat ein Teil des fast immer vorhandenen weißen Mitteldarminhaltes in den feinen Hinterdarm und wurde schließlich ruckartig als kleines Würstchen von etwa 0,1 mm Länge nach außen abgegeben. Auf diese Weise kann in Einzelportionen der ganze Darminhalt abgeschieden werden. Manchmal wird mit der weißen Substanz noch eine wasserklare Flüssigkeit oder überhaupt nur diese ausgestoßen. Letzteres beobachtete ich auch bei *Eosentomon*.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danke ich für ihre Unterstützung, Herrn S. L. TUXEN für die Bestimmung der Arten. Die Art *E. transitorium* BERL. ist identisch mit

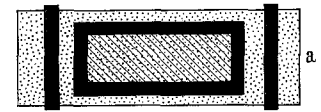


Fig. 1 a u. b. Beobachtungsgefäß für Proturen. a Von der Seite; b von oben. Schwarz = Gummi; punktiert = Objektträger; schraffiert = Zuchttraum. Außerhalb der Beobachtungszeit Aufbewahrung in einer feuchten Kammer

E. armatum STACH; vgl. dazu TUXEN, S.L.: Neues über *E. armatum* STACH. Acta Zool. Cracoviensia 2 (27), 621–636 (1958).

Zoologisches Institut der Universität, Mainz

HELMUT STURM

Eingegangen am 25. Oktober 1958

¹⁾ Vgl. HANDSCHIN, E.: Myrientomata in Biologie der Tiere Deutschlands, Bd. 1, Lfg. 25, S 1 (1926). — ²⁾ EWING, H.E.: Ann. Ent. Soc. Amer. 33, 3 (1940). — ³⁾ STRENZKE, K.: Zool. Jb., Abt. Syst. 75, 73 (1942).

Orientierungsrhythmik und tagesperiodische Aktivität beim Wasserläufer *Velia currens* F.

Nach unseren bisherigen Befunden^{1b), 2), 3)} steuert der Wasserläufer *Velia currens* F. beim Lauf auf dem Trockenen nach einer ruhenden Lichtquelle einen photomenotaktischen Kurs, dessen Winkelwert sich während 24 Std rhythmisch verändert; bei der Orientierung unter natürlichen Bedingungen

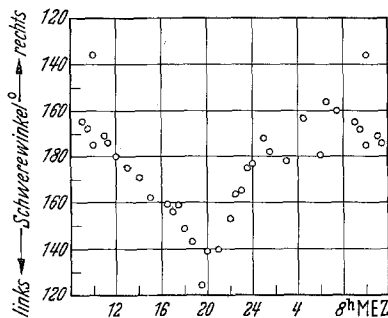


Fig. 1. Richtungswinkel zur Schwerkraft (Ordinate) während 24 Std (Abszisse). Mittelwerte von 15 Tieren in 30 Einzelläufen

nach der Sonne oder dem polarisierten Himmelslicht fliehen die Tiere kompaßtreu nach Süden. Weitere Aufschlüsse über den zentralnervösen Mechanismus dieser Orientierungsrhythmik erhoffen wir von der Untersuchung der tagesperiodischen

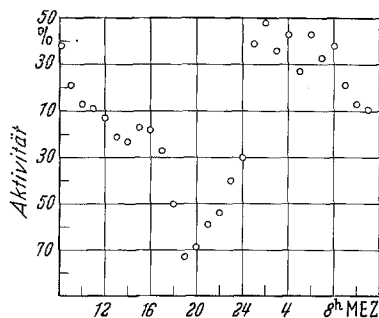


Fig. 2. Aktivitätsänderungen in Prozent der größtmöglichen Aktivität (Ordinate) während 24 Std (Abszisse). Mittelwerte von 16 Tieren

lokomotorischen Aktivität sowie der spontanen Orientierung im Schwerfeld der Erde.

Beim Lauf in diffusum Licht auf einer senkrechten Fläche hält der Wasserläufer am Tage und zur Nachtzeit relativ zur Lotrechten einen Winkel ein, dessen Gradwert sich ähnlich wie bei der Photomenotaxis rhythmisch verändert: vormittags weicht er meistens nach *rechts* von der Lotrechten ab, d. h. kehrt seine rechte Seite dem Erdmittelpunkt zu, mittags läuft er senkrecht nach oben und beginnt im Laufe des Nachmittags immer mehr nach *links* abzuweichen. Am Abend und in der Nacht kehrt sich der Drehsinn dieser Richtungsänderungen ebenso wie beim Lichtkompaß um (Fig. 1). Auch die geomenotaktische Orientierungsrhythmik ist weitgehend außenbedingt und läßt sich durch Phasenverschiebung bzw. Inversion des Hell-Dunkel-Wechsels in kurzer Zeit umstimmen; ihr Gesamtverlauf läßt sich mit dem der photomenotaktischen^{1b), 2)} gut vergleichen.

Die Rhythmik beider Orientierungsweisen ist anscheinend mit den tageszeitlichen Aktivitätsschwankungen synchronisiert. — Die Aktivität eines frei auf der Wasseroberfläche schwimmenden Tieres im normalen Tag-Nacht-Wechsel registrierten wir photographisch und berechneten ihre Stärke in Prozent der größtmöglichen. Am frühen Morgen sind die

Tiere recht lebhaft; gegen Mittag nimmt die Aktivität rasch ab, steigt allmählich wieder an und erreicht zur Zeit des Sonnenunterganges ein zweites, noch stärker ausgeprägtes Maximum; danach verringert sie sich wieder gegen Mitternacht. Die Aktivitätsmaxima liegen also am Morgen vor und während des Sonnenaufgangs, am Abend bei Sonnenuntergang, die Minima am Mittag und zur Mitternacht. Der Verlauf dieser Aktivitätsänderungen läßt sich mit dem der Winkeländerungen bei der Photo- bzw. Geomenotaxis unmittelbar vergleichen, wenn man die Aktivitätswerte von 12 bis 24 h mit umgekehrtem Vorzeichen in das Koordinatensystem einträgt, d. h. sie jeweils um die angenommene Achse spiegelt und so dem „diphasischen“ Verlauf der Orientierungskurven angleicht (Fig. 2).

Demnach ist der Wasserläufer zur Zeit seiner kleinsten Aktivität positiv phototaktisch bzw. negativ geotaktisch; je lebhafter er wird, umso mehr bevorzugt er die menotaktische Einstellung. Jedem Aktivitätszustand läßt sich so ein menotaktischer „Sollwert“ der tagesrhythmischen Orientierung zuordnen. Auch im Einzelnen läßt sich die Rhythmik in allen drei Abläufen gut miteinander vergleichen: so treten oft vor der Morgendämmerung stärkere Schwankungen im Rhythmusverlauf auf, und am späten Nachmittag ändern sich die Werte häufig sprunghaft. Das Ausmaß der Winkel- und ebenso der Aktivitätsänderungen hängt weiterhin vom Gesamtzustand des Einzeltieres ab; durch längere Gefangenschaft, Nahrungsmangel u. a. geschädigte Tiere verändern den Orientierungswinkel nur geringfügig; ebenso schwach sind dann auch die Aktivitätsschwankungen.

Wenn der tageszeitliche Ablauf von zweierlei Taxien mit dem der Aktivität übereinstimmt, dann liegt es nahe, einen gemeinsamen, vom Tag-Nacht-Wechsel als Zeitgeber gesteuerten Grundrhythmus anzunehmen, der im ZNS der Velien abläuft und seinen Erregungsspiegel moduliert. Auch der Richtmechanismus wird von ihm entscheidend beeinflusst. Einen ähnlichen Zusammenhang zwischen dem Erregungszustand des ZNS und der Größe des photomenotaktischen Orientierungswinkels hatte schon früher BRUKOW^{1a)} bei Narkoseversuchen am Mistkäfer wahrscheinlich gemacht; die vorliegenden Befunde lassen weitere Einblicke in den Funktionsmechanismus der Menotaxis und der inneren Uhr bei Insekten erhoffen: Nach der „Kompensationstheorie“ der Menotaxis^{1a), 4)} läßt sich jedem Richtungswinkel zur Reizquelle ein zentralnervöses Gleichgewicht zwischen afferenten und efferenten Dreherregungen („Drehkommandos“) zuordnen; gerade die letzteren dürften aber in erster Linie vom Aktivitätsspiegel des ZNS abhängen. Den dazu passenden afferenten Erregungswert kann der Wasserläufer auch ohne Rücksicht auf die Seitenbeziehungen einstellen³⁾, doch wird die Winkelgröße immer von der Tageszeit bestimmt. Offen bleibt jedoch nach wie vor die Frage nach den Ursachen solcher spontanen photo- bzw. geomenotaktischen Orientierungstendenzen, die als Verhaltensweisen offenbar angeboren und artspezifisch sind.

Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

Zoologisches Institut der Universität, Freiburg i. Br., und Zoologisches Institut der Universität, Göttingen

LUDGER RENSING, HANNA OBERDORFER und GEORG BIRUKOW

Eingegangen am 13. November 1958

¹⁾ BIRUKOW, G.: a) Z. vergl. Physiol. 36, 176 (1954). — b) Z. Tierpsych. 13, 358 (1956). — ²⁾ BIRUKOW, G., u. E. BUSCH: Z. Zierpsych. 14, 184 (1957). — ³⁾ BIRUKOW, G., u. D. EMEIS: Naturwiss. 44, 474 (1957). — ⁴⁾ JANDER, R.: Z. vergl. Physiol. 40, 162 (1957).

Zur Physiologie einiger Bockkäfersymbionten

Die symbiotischen Hefen einiger Bockkäfer (*Rhagium inquisitor* L., *Rhagium mordax* DEG., *Leptura rubra* L.) wurden isoliert und *in vitro* auf Eigenschaften geprüft, die Hinweise auf ihre Funktion im symbiotischen System geben konnten. Die isolierten Stämme¹⁾ erwiesen sich als zur Gattung *Candida* gehörig. Dieser Befund steht im Einklang mit den Feststellungen GRAEBNERS²⁾, jedoch im Gegensatz zu den Befunden von SCHANDLER³⁾, der den Symbionten von *Rhagium inquisitor* als *Mycoderma bispora* BALATU bezeichnete. Alle drei Hefen zeigen einen ausgeprägten Vitaminbedarf. Während der Symbiont von *Rhagium inquisitor* zwar ohne Biotin auskommt, bei Anwesenheit dieses Vitamins jedoch viel rascher wächst, erwies sich die Hefe aus *Rhagium mordax* als biotin-, die aus *Leptura rubra* als biotin- und pyrimidin-heterotroph.