

Experimente und Beobachtungen an *Heterometrus longimanus petersii* (Thorell) (Scorpiones).

Von Harald Nemenz und Jürgen Gruber.

(Aus dem II. Zoologischen Institut der Universität Wien,
Wien I., Dr.-Karl-Lueger-Ring 1).

1. Einleitung.

Es gibt bisher nur wenige Arbeiten, die sich mit der Ökologie und Physiologie der Skorpione befassen. Es fehlt zwar nicht an Einzelbeobachtungen, die zum Teil in der systematischen Literatur verstreut sind, aber experimentelle Untersuchungen sind selten. Die meisten dieser Arbeiten befassen sich mit mediterranen oder mehr oder weniger xerophilen Arten (ALEXANDER & EWER, 1958; CLOUDSLEY-THOMPSON, 1956; DRESCODEROUET, 1961, 1964). Über einen der typischen tropischen Waldskorpione, wie *Heterometrus longimanus* einer ist, fehlen solche Untersuchungen völlig. Zwar hat SCHULTZE (1927) bei dieser Art die Geburt und Entwicklung der Jungen beschrieben und einige sehr interessante biologische Beobachtungen publiziert, doch gibt es auch über diese häufige Art keine experimentellen Untersuchungen über Atmung, Wasserbedarf, Transpiration, Temperaturpräferenzen o. Ä. Als wir durch Zufall eine Anzahl *Heterometrus* erhielten, wurden sie daraufhin untersucht.

Die Skorpione kamen über den Tierhandel Ende April 1965 aus Bangkok, Thailand, in unsere Hände. Es handelte sich um eine der auch im männlichen Geschlecht breithändigen Formen aus Hinterindien, und zwar um *Heterometrus longimanus petersii* (Thorell) (MEISE, 1932), die sich von dem sehr ähnlichen *H. l. spinifer* am auffallendsten durch die Glätte des Cephalothorax und die dunkle Färbung der Giftblase unterscheidet. Trotzdem es sich um die breithändige Form handelt, sind die Hände der Männchen etwas schmaler als die der Weibchen, doch ist es nicht sicher möglich, sie nach diesem Merkmal allein zu unterscheiden.

2. Material und Methode.

Im Labor wurden die Tiere gemeinsam in einem großen Terrarium (70 × 50 × 30 cm) auf Sand gehalten. Als Schlupfwinkel hatten die Tiere Rindenstücke und Steine, wobei die Rindenstücke deutlich bevorzugt wurden. Unter einem großen Rindenstück saßen sie dichtgedrängt, oft in mehreren Lagen übereinander, ohne sich gegenseitig zu stören. Eine Heizung des Beckens wurde erst im Herbst installiert (Glühbirne, 100 W), geheizt wurde nur bei Tag. Die Tiere vermieden die direkte Strahlungswärme. Gefüttert wurde mit Schaben (*Periplaneta orientalis*), Mehlwürmern und gelegentlich mit anderen Insekten wie Heuschrecken, Fliegen etc., sowie

(2mal) mit jungen Mäusen. Der Sand wurde regelmäßig mit Wasser begossen, zum Trinken stand ein Wassergefäß im Behälter.

Ein einzelnes Weibchen wurde in einem Vollglasaquarium ($23 \times 20 \times 23$ cm) gehalten, dessen Boden mit einer 3–4 cm hohen Schicht lehmi-ger Gartenerde bedeckt war. In einer Ecke befand sich ein Moospolster (Polytrichum) von etwa 10 cm Durchmesser, ferner war ein rinnenförmig gekrümmtes Zierkorkstück als Unterschlupf vorhanden. Der Behälter wurde von unten her beheizt, teils dauernd, teils nur tagsüber. Die Temperatur schwankte zwischen 20° und 29° C; Tagesschwankungen von 5° C und darüber kamen vor. Ab und zu wurde der Inhalt mit Wasser besprüht, eine aufgelegte Glasplatte sorgte für hohe Luftfeuchtigkeit. Im Zusammenhang mit den Temperaturschwankungen trat an den Scheiben Kondenswasser auf.

Die Transpiration wurde gravimetrisch bestimmt. Die Tiere kamen einzeln in Säckchen aus Nylongaze, die in Behältern mit verschiedener Luftfeuchtigkeit im Thermostaten eingehängt wurden. Die Luftfeuchtigkeit wurde durch konzentrierte Salzlösungen konstant gehalten (WINSTON & BATES, 1960). Verwendet wurden die folgenden Feuchtigkeiten:

100%	Wasser
93%	KNO_3
75%	NaCl
34%	$\text{MgCl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$

Zu den Feuchtigkeitswahlversuchen kamen die Tiere in einen Wahlkäfig, der aus einem Paar großer Petrischalen bestand. Der Deckel war durch einen eingekitteten Glasstreifen halbiert worden und mit Nylongaze bespannt. Die Gaze diente den Tieren als Lauffläche. Die beiden Abteilungen wurden mit den gleichen Salzlösungen beschickt wie bei den Transpirationsversuchen, so daß die Tiere jeweils zwischen zwei Feuchtigkeiten wählen konnten. Der Unterteil der Petrischale wurde als Deckel darübergesetzt. Nach jeder Beobachtung wurde die Schale um 180° gedreht und das Tier aus der Ruhe gestört. Gewertet wurden nur Beobachtungen, in denen das Tier eindeutig über einem Abteil zur Ruhe gekommen war. Die Temperatur betrug dabei etwa 25° C (erhöhte Zimmertemperatur), die Versuche wurden in einem dämmerigen Teil des Raumes durchgeführt.

Die Temperaturorgel war 60 cm lang. Sie konnte auf der einen Seite durch fließendes Wasser gekühlt werden, die Heizung erfolgte durch einen Mikrobrenner. An 4 Stellen, bei 7, 22, 37 und 52 cm, gestattete ein in die Platte eingelassenes Thermometer, die Temperatur abzulesen, die anderen Temperaturen wurden interpoliert. Die Temperaturorgel wurde auf den erwünschten Temperaturgradienten gebracht und die Tiere in der Mitte eingesetzt, ihr Verhalten wurde in regelmäßigen Abständen protokolliert. Gewertet wurde die Lage der Mitte des Körpers, etwa die Region der Pecten von ruhenden Tieren. Da sich infolge des großen Temperaturunterschiedes an den beiden Enden auch ein beträchtliches Feuchtigkeitsgefälle einstellte, wurde versucht, dieses durch Einhängen feuchter Filtrierpapierstreifen auszugleichen. Besser bewährte sich ein Bodenbelag aus feuchtem Filtrierpapier. Trotzdem war die Luftfeuchtigkeit am kalten Ende höher (etwa 100% und Kondenswasserbildung) als am warmen (etwa 80% r. F.).

Die Bestimmung des Sauerstoffverbrauches erfolgte bei 20°, 30° und 40° mit Mikrorespirometern nach Scholander. Alle Bestimmungen wurden am späten Vormittag oder frühen Nachmittag durchgeführt, so daß keine rhythmischen Änderungen des Sauerstoffverbrauches zur Beobachtung kamen (DRESCO-DEROUET, 1961).

Die Arbeit wurde so aufgeteilt, daß die physiologischen Untersuchungen von einem von uns (H. N.), die biologischen Beobachtungen zum großen Teil vom anderen (J. G.) stammen. Wir danken Herrn Prof. Dr. W. Kühnelt, Vorstand des II. Zoologischen Instituts der Universität Wien, für die Möglichkeit, die Arbeit ausführen zu können, ebenso danken wir Herrn Dr. H. Nopp für seine Hilfe bei den respirometrischen Messungen.

3. Feuchtigkeit.

a) T r a n s p i r a t i o n .

Die Transpirationsgröße läßt sich durch zwei Werte ausdrücken: die prozentuelle Gewichtsabnahme in der Zeiteinheit oder die Überlebensdauer. Diese beiden Werte sind verkehrt proportional zueinander: je größer der Gewichtsverlust, desto schneller tritt der Tod ein, vorausgesetzt, daß die Verlustrate während der Beobachtungszeit konstant bleibt, wie es für Heterometrus der Fall ist. Die Überlebensdauer gibt als zusätzliche Information den Gesamtwasserverlust, während die Transpirationsrate gültige Aussagen auch von kürzer dauernden Versuchen gestattet.

Die Transpiration wurde in der Regel bis zum Tod des Tieres beobachtet. Der Tod tritt bei einem Wasserverlust von durchschnittlich 20% ein, nur bei schnellem Austrocknen (bei 34% r. F.) bereits etwas früher. Die Transpirationskurven verlaufen sehr gerade und liegen für jede Versuchsreihe (Kombination von rel. Feuchte und Temperatur) mehr oder weniger enge in einem Sektor beisammen. Die Werte einer Versuchsserie lassen sich also durch die Steigung der Kurven annähernd charakterisieren. Die Streuung der Werte ist gelegentlich auffallend und, ähnlich wie schon früher bei Spinnen beobachtet (NEMENZ, 1954), sind die Abweichungen nach oben, also nach stärkerer Wasserabgabe, häufiger und größer als nach der anderen Seite.

Die Transpiration von Heterometrus ist offensichtlich von keiner aktiven Regelung beeinflusst. Dafür spricht der praktisch völlig geradlinige Verlauf der Transpirationskurven. Falls eine aktive Regelung vorhanden wäre, wäre zu erwarten, daß die Transpiration anfangs größer (oder kleiner) wäre als in der folgenden Zeit. Dies ist nicht der Fall. Die Regulation der Transpiration erfolgt also nur physikalisch durch das Feuchtigkeitsgefälle und die Transpirationsbarriere der Kutikula. Dafür spricht auch, daß die einzelnen Versuchsserien gut zusammenpassende Werte ergeben. Die Abweichungen erfolgen nur in Richtung einer stärkeren Transpiration und es ist anzunehmen, daß das auf eine Beschädigung der wasserdampfundurchlässigen Lage der Kutikula zurückzuführen ist. Solche Beschädigungen können auch im normalen Leben der Tiere vorkommen und stellen vielleicht in manchen Situationen den limitierenden Faktor dar.

Die Wasserabgabe erfolgt im wesentlichen durch die Körperoberfläche. Die Stigmen sind normalerweise soweit geschlossen, daß kein nennenswerter Wasserverlust daraus resultieren dürfte (NEMENZ, 1954; JORDAN, 1927). Bei *Heterometrus* konnte nie beobachtet werden, daß die Stigmen geöffnet wurden. Versuche, die stigmatäre Transpiration von der kutikulären zu trennen, konnten wegen Materialmangels nicht durchgeführt werden. Nach EDNEY (1957, p. 7) fand CLOUDSLEY-THOMPSON, daß die Transpiration bei Skorpionen praktisch zur Gänze durch die Körperoberfläche erfolgt.

Ordnet man die einzelnen Versuchsserien nach steigenden Werten der Transpiration in 24 h, so ergibt sich daraus zugleich auch eine Anordnung nach den verwendeten Luftfeuchtigkeiten. Bei gleicher rel. Luftfeuchtigkeit, aber verschiedener Temperatur, ist auch die Transpiration bei der höheren Temperatur größer (Tab. 1), ungefähr in Übereinstimmung mit

Tab. 1. Transpiration von *Heterometrus longimanus petersii*

% r. F.	Temp. °C	Nr.	lebens- o. tot	Zeit h	Abnahme		Mittel der Abnahme		Mittel Zeit bis Tod (h)	Gewicht g	
					%	%/h	%/24 h	% bis Tod			
34	22	31	t	145	20,5	0,143	3,43	17,6	2,48	178	10,54
		32	t	145	18,8	0,130	3,12				10,80
		33	t	169	14,3	0,085	2,04				10,08
		34	t	193	15,9	0,082	1,97				9,31
		35	t	239	18,6	0,078	1,87				11,83
75	30	41	t	288	22,9	0,080	1,92	20,0	2,36	204	10,35
		42	t	144	22,3	0,155	3,72				11,58
		43	t	192	16,4	0,085	2,04				9,40
		44	l	48	3,6	0,075	1,80				10,79
		45	t	192	18,6	0,097	2,33				12,71
75	22	11	t	360	24,0	0,067	1,61	19,0	1,63	280	11,04
		12	t	360	19,9	0,055	1,32				5,91
		13	l	141	8,1	0,057	1,37				4,01
		14	l	190	9,7	0,051	1,22				6,27
		15	t	120	13,3	0,111	2,66				8,36
96	30	36	t	384	18,3	0,048	1,15	20,3	1,10	474	11,41
		37	t	239	15,1	0,063	1,51				11,89
		38	t	696	23,4	0,034	0,82				10,57
		39	t	646	26,7	0,041	0,98				15,45
		40	t	406	18,4	0,045	1,08				12,84
96	22	5	t	429	22,5	0,052	1,25	20,8	0,93	555	7,67
		6	l	477	9,4	0,020	0,48				11,00
		7	t	360	19,0	0,053	1,27				11,66
		9	t	1125	24,4	0,022	0,53				14,60
		16	l	429	17,3	0,040	0,96				4,70
		17	t	360	15,8	0,044	1,06				7,89
		18	l	429	15,3	0,036	0,86				6,00
		20	t	501	22,7	0,045	1,08				10,59
100	22	1	l	501	5,7	0,011	0,26	0,32			11,43
		2	l	501	4,9	0,010	0,24				10,00
		4	t	501	13,9	0,028	0,67				9,96
		10	l	501	9,7	0,019	0,46				12,28

dem Sättigungsdefizit. Nun ist aber auch bei 100% r. F. eine geringe Gewichtsabnahme zu verzeichnen. Zum Teil geht dies auf Stoffwechselverluste des hungernden Tieres zurück, z. T. mag dies auf geringe Transpirationsverluste während des Wägevorganges zurückzuführen sein, da die Wägung bei Zimmerfeuchtigkeit erfolgte, die stets geringer war als 100%. Die Summe dieser beiden Faktoren ergibt die beobachtete Gewichtsdivergenz.

Diese Differenz ist zugleich ein Beweis dafür, daß *Heterometrus* nicht imstande ist, dampfförmiges Wasser aufzunehmen, da sonst das Gewicht entweder zunehmen oder weitgehend gleichbleiben müßte, wie dies bei manchen anderen Arthropoden beobachtet wurde (z. B.: *Acarus siro*: KNÜLLE, 1965; *Echinolaelaps echidninus*: WHARTON & KANUNGO, 1962; Zecken: LEES, 1946; auch bei einzelnen Insekten beobachtet). Es scheint aber, daß größere aktive Tiere diese Fähigkeit nicht oder nur in sehr vereinzelt Fällen besitzen. Bei Skorpionen und Spinnen scheint sie nicht vorzukommen.

Vergleicht man die Werte mit den bisher aus der Literatur bekannten, so bemerkt man, daß *Heterometrus* bereits bei wesentlich geringerem Wasserverlust stirbt, als die meisten anderen Arten (CLOUDSLEY-THOMPSON, 1956). *Buthus occitanus* und *Androctonus australis* verlieren etwa 30—32% bis zum Tod, *Heterometrus* dagegen stirbt bereits bei etwa 20% Wasserverlust. Nur *Scorpio maurus* ist noch empfindlicher, bei ihm tritt der Tod schon bei 11% Wasserverlust ein. CLOUDSLEY-THOMPSONS Tiere wurden bei sehr geringer Feuchtigkeit gehalten, so daß die Austrocknung bei der empfindlichen Form sehr schnell erfolgte. Unter ähnlichen Bedingungen tritt der Tod auch bei *Heterometrus* früher ein (17,6%). Die Werte CLOUDSLEY-THOMPSONS gehen allerdings nur auf jeweils ein Tier zurück. Wie Tab. 1 zeigt, weichen die Einzelwerte aber oft recht stark vom Durchschnittswert ab, so daß in allen Fällen mehrere Tiere untersucht werden müßten.

Der prozentuelle Gewichtsverlust in 24 h ist etwa dem Sättigungsdefizit proportional (Abb. 1). Eine genaue Proportionalität ist auch gar nicht zu erwarten, wie RAMSAY (1935) nachgewiesen hat. Auffallend ist, daß die beiden Werte für die r. F. von 96% etwas näher beisammen liegen, als zu erwarten ist. Dafür sind andererseits die beiden Werte für die r. F. von 75% etwas weiter voneinander entfernt. Es ist möglich, daß es sich dabei nur um Abweichungen handelt, die auf die geringe Zahl der Versuchstiere zurückzuführen ist, andererseits ist gerade die r. F. von 96% ein Bereich, der von den Tieren bevorzugt wird. (Vgl. Feuchtigkeitwahlversuche.) Auf jeden Fall sind die Abweichungen nicht sehr groß und es darf gesagt werden, daß die Transpiration dem Sättigungsdefizit annähernd proportional ist.

b) Feuchtigkeitwahlversuche.

Bietet man *Heterometrus* die Wahl zwischen verschiedenen Luftfeuchtigkeiten, so ziehen die Tiere eindeutig die höhere Luftfeuchtigkeit vor. Nur bei den höchsten r. F. wird die Wahl unsicher (Tab. 2). So unter-

scheiden die Tiere nicht sicher zwischen 100% und 96% r. F. Andererseits ist die Entscheidung für die höhere Luftfeuchtigkeit nie absolut, auch bei den geringen Feuchtigkeiten (33% und 76% r. F.) wird gelegentlich die geringere vorgezogen, wenn auch selten. Das Unterscheidungsvermögen für Luftfeuchtigkeitsunterschiede ist offenbar nicht sehr ausgeprägt.

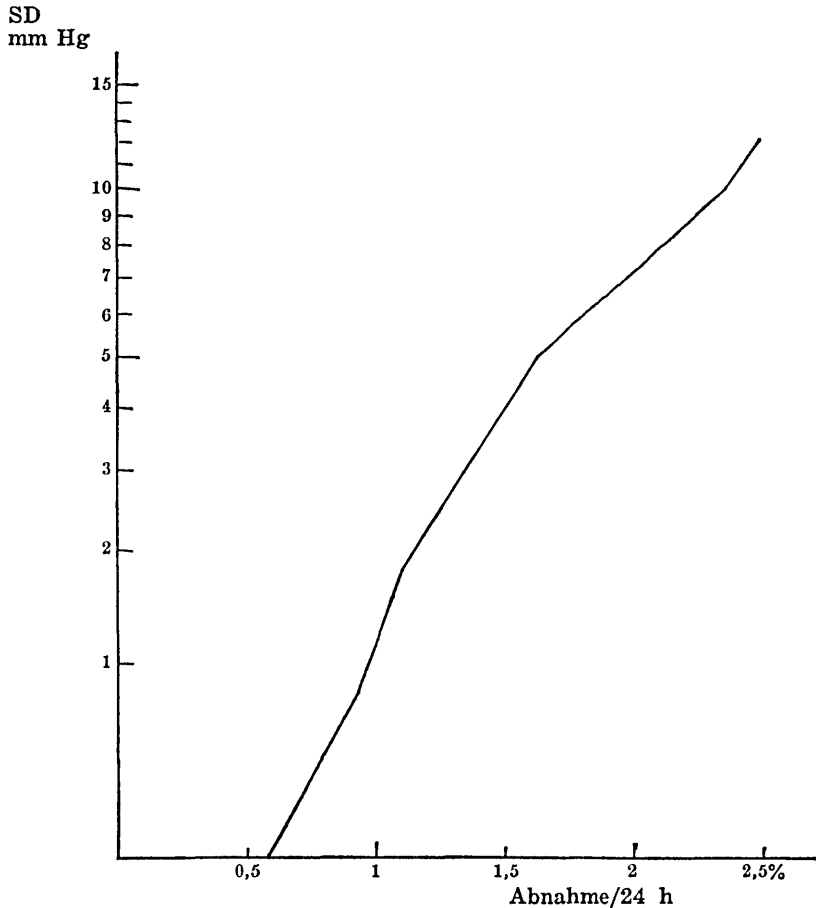


Abb. 1. Gewichtsabnahme von *Heterometrus* infolge Transpiration bei verschiedenen Sättigungsdefiziten.

Es ist nicht bekannt, durch welche Sinnesorgane die Skorpione Luftfeuchteunterschiede perzipieren. Ihre reiche Ausstattung mit kutikulären Sinnesorganen, bes. Sinneshaaren, macht es wahrscheinlich, daß diese zum Teil auch dazu dienen, ein Nachweis ist aber noch nicht erbracht. Die hohe Widerstandsfähigkeit gegen Austrocknung macht andererseits eine genaue Feuchtigkeitsperzeption nicht lebenswichtig, denn auch im ungünstigsten

Falle kann das Tier noch nach einiger Zeit einen günstigeren Ort aufsuchen, ohne daß bis dahin eine Schädigung eingetreten wäre.

Tab. 2. Feuchtigkeitswahlverhalten von *Heterometrus longimanus petersii* bei Zimmertemperatur (20–22° C).

rel. Feuchte Versuch Nr.	100%	96%	76%	33%	Anzahl der Versuche
2	55%	45%			18
4 + 5		81%	19%		37
3	78%		22%		18
1			91%	9%	22

c) Diskussion.

Die Beobachtungen über die Transpiration und Feuchtigkeitwahl stimmen gut überein. Die Transpirationsversuche zeigten, daß *Heterometrus* seine Wasserabgabe nicht zu regulieren vermag, aber mit dem vorhandenen Wasser sparsam umgeht. Geringe Luftfeuchtigkeit führt zu relativ hohen Wasserverlusten, die aber erst nach längerer Zeit (etwa 1 Woche) kritisch werden. Diesen geringen Luftfeuchtigkeiten weicht das Tier aber aus, da es, wie der Wahlversuch zeigt, höhere Luftfeuchtigkeiten zu erkennen vermag und sich diesen zuwendet. Daß die höchsten Luftfeuchtigkeiten nicht sicher unterschieden werden, spielt hier keine Rolle, denn die geringen Wasserverluste, die das Tier erleidet, können unter normalen Bedingungen durch Wasseraufnahme, teils aus der Nahrung, teils durch Trinken, leicht gedeckt werden. Im normalen Biotop steht dem Tier sicher fast täglich Wasser in Form von Tau oder Kondenswasser zur Verfügung. Dies erklärt auch die relative Empfindlichkeit von *Heterometrus* gegenüber starkem Wasserverlust: *Heterometrus* ist ein Tier feuchter Waldungen, wo er unter der Rinde und im Mulm moderner Urwaldstämme lebt, „mostly in rather humid and damp places“, wie SCHULTZE (1927) schreibt. Er hat also häufig Gelegenheit, zu trinken und tut es auch, wie wir die Beobachtungen SCHULTZES bestätigen können (s. u.).

Außerdem stehen dem Tier auch die Feuchtigkeitsreserven seiner Beutetiere zur Verfügung. Da Skorpione ja fast nie „auf die Jagd gehen“, sondern lauern, bis ihnen die Beute in die Pedipalpenschere läuft, ist das Nahrungsangebot des Urwaldtieres *Heterometrus* wohl viel größer als bei einem Wüstenskorpion. Zwar können Skorpione lange hungern (WERNER, 1934), verzehren aber bei reichlichem Angebot ganz beachtliche Mengen. So fraßen z. B. unsere *Heterometrus* bis zu 3 große Mehlwürmer auf einmal und nahmen am nächsten Tag noch mindestens einen Mehlwurm an. Bei hoher Luftfeuchtigkeit ist die in diesen Tieren enthaltene Wassermenge sicher ausreichend, um den Wasserverlust zu decken.

4. Temperaturwahlversuche.

Werden die Tiere in der Herter'schen Temperaturorgel einem Temperaturgradienten ausgesetzt, so zeigen sie eine deutliche Präferenz für die Temperatur etwas über 30° C. Auffallend ist, daß dieser Präferenz-

bereich nicht sehr eng ist. Wie Abb. 2 zeigt, ist ein deutliches Verteilungsmaximum vorhanden, einzelne Tiere gehen aber auch in sehr heiße Bereiche. Die beiden Tiere bei 70° und 64° C zeigten deutliche Schreckreaktionen, während das Tier bei 74° C eine Weile bei dieser Temperatur stehen blieb und erst dann in kühlere Bereiche wanderte. Das zweite Maximum am kühlen Ende der Temperaturorgel stellt das Ergebnis einer Art „Kältefalle“ dar. Bei Temperaturen unter 20° C verfallen die Tiere sehr schnell in Kältestarre. Beim Herumwandern in der Temperaturorgel geraten die Tiere gelegentlich in den kalten Bereich, vor dem sie, im Gegensatz zum heißen Ende, nicht zurückschrecken. Dort bleiben sie gelegentlich sitzen und verharren im Starrezustand. Außerdem stellt sich infolge des Temperaturgradienten auch ein Feuchtgradient ein, es kann sogar soweit kom-

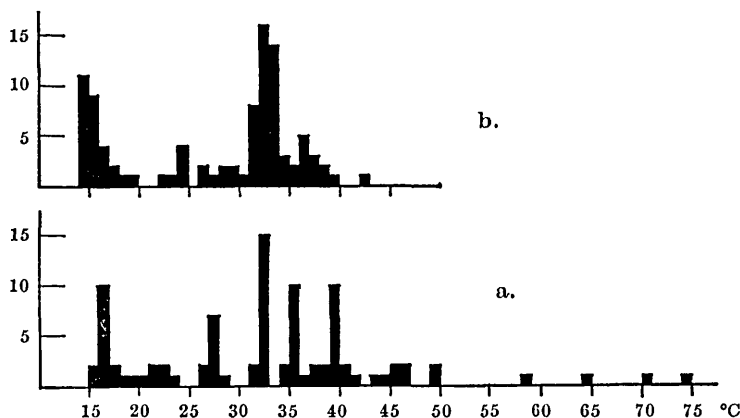


Abb. 2. Verteilung in der Temperaturorgel a) *Heterometrus*, b) *Euscorpius*.

men, daß am kalten Ende Wasser kondensiert. Da die Tiere dem Feuchtgradienten nachgehen, führt sie dies zum kalten Ende, wo nun die „Kältefalle“ wirksam werden kann. Bei der Berechnung der Vorzugstemperatur wurden die Beobachtungen unter 18° C ausgelassen. Als Vorzugstemperatur ergibt sich 35° C, die Streuung ist infolge des einen hohen Wertes sehr groß: $\sigma = 8,8^\circ \text{C}$. Läßt man diesen einen Wert weg, so kommt man zu einem Mittelwert von 34,7° C und einem $\sigma = 2,2^\circ \text{C}$, Werte, die wahrscheinlich richtiger sind.

Vergleicht man diese Werte mit gleichermaßen gewonnenen von *Euscorpius carpathicus* aus Mazedonien*), so unterscheiden sie sich in erster Linie durch den größeren Bereich, über den sich die Werte von *Heterometrus* erstrecken, und das weniger deutlich ausgeprägte Maximum. Im wesentlichen sind die beiden Kurven aber sehr ähnlich. Auch hier finden wir ein zweites Maximum im kalten Bereich, das auf die gleichen Verhältnisse zurückgeführt werden kann. Die Vorzugstemperatur von *Euscorpius* ist etwas niedriger, sie beträgt 32° C, $\sigma = 4,3^\circ \text{C}$. Die Zone der Schreck-

*) Für die Überlassung dieser Tiere danken wir Herrn H. MALICKY bestens.

reaktion liegt bei *Euscorpius* wesentlich tiefer, schon bei etwa 45° C zucken die meisten Tiere zusammen und wandern wieder nach der kälteren Seite.

Beide Vorzugstemperaturen liegen deutlich unter der Vorzugstemperatur des Wüstenskorpions *Buthus quinquelineatus*, für den (HERTER, 1962) 44° C angegeben werden. Dies läßt sich leicht aus den ökologischen Bedingungen erklären, unter denen die Tiere leben: Der Biotop von *Buthus* ist sehr starker Sonnenbestrahlung ausgesetzt, so daß die Bodentemperaturen sehr hoch werden können. In den Biotopen von *Euscorpius* und *Heterometrus* ist mit mehr oder weniger Beschattung zu rechnen, außerdem spielt das Großklima eine Rolle: Im Biotop von *Euscorpius* werden die Bodentemperaturen auch im Sommer nur sehr selten hoch ansteigen, bei *Heterometrus* ist mit einer zwar relativ hohen, aber recht gleichmäßigen Temperatur zu rechnen. Da alle Skorpione nachtaktiv sind, spielen die Temperaturen des Tages und die Besonnung nur insofern eine Rolle, als sie die Bodentemperaturen und die Temperaturen der Verstecke der Tiere beeinflussen. Nun werden bekanntlich auch die Extremtemperaturen besonnener Wüstenböden schon in geringer Tiefe einigermaßen ausgeglichen (vgl. z. B. CLOUDSLEY-THOMPSON, 1956), so daß die gefundenen Vorzugstemperaturen mit den im Biotop der einzelnen Arten zu erwartenden Temperaturen durchaus harmonisieren.

Dazu kommt noch, daß infolge der sehr gleichmäßigen Temperaturverteilung im Biotop von *Heterometrus* die Temperaturunterschiede gering sind. Die Tiere können also normalerweise gar nicht in solche „extreme“ Temperaturen geraten, wie sie im Versuch geboten wurden. Bei *Euscorpius* dagegen können solche schroffe Temperaturunterschiede sehr wohl auftreten. *Euscorpius* muß daher schärfer auf Temperaturunterschiede ansprechen können als *Heterometrus*, woraus sich zwanglos die deutlich spitzere Kurve erklären läßt.

5. Sauerstoffverbrauch.

Die Werte des Sauerstoffverbrauchs in mm³/g/h für *Heterometrus* gehen aus Tab. 3 hervor. Wie man sofort sieht, ist der Sauerstoffverbrauch sehr hoch und unterliegt keiner Regelung. Die individuelle Schwankung ist beträchtlich. Der Q_{10} für die beiden Temperaturspannen 20—30° C und 30—40° C ist recht verschieden (3,3 bzw. 2,0 vgl. Abb. 3) und liegt im Mittel etwa um 2,5. Er ist somit über den gesamten untersuchten Bereich nur unwesentlich höher als der von DRESCO-DEROUET (1964) gefundene Q_{10} für *Euscorpius*. Die Absolutwerte liegen allerdings beträchtlich tiefer als bei *Euscorpius*, was durch den absoluten Größenunterschied zu erklären ist. Bei der höchsten Temperatur ergaben sich Schwierigkeiten bei der Messung, da die Tiere bei dieser Temperatur oft recht aktiv waren, doch wurden nur Ruhewerte ausgewertet. Aus apparativen Gründen konnten nur relativ kleine Tiere zur Atmungsmessung herangezogen werden. Auffallend ist, daß sich kein gewichtsabhängiger Unterschied im Sauerstoffverbrauch zwischen den leichteren und den schwereren Tieren zeigt.

Die Messungen bei 40° C reichen schon an die Grenze des Bereichs der von *Heterometrus* auf längere Zeit vertragen wird. Sowohl bei den

Atmungsexperimenten als auch bei einem Transpirationsexperiment starben einzelne Tiere nach relativ kurzer Zeit, was bei niedrigen Temperaturen nicht beobachtet wurde. Es dürfte sich dabei um eine Art „Hitzschlag“ gehandelt haben. Zwar waren dies Einzelfälle und die anderen Tiere überlebten die Behandlung ohne Schädigung und lebten auch nachher noch einige Zeit, doch ist die individuelle Variation bei Skorpionen bei allen bisher untersuchten Faktoren so groß, daß die Annahme gerechtfertigt erscheint, daß es sich hierbei um besonders hitzeempfindliche Tiere gehandelt hat.

Tab. 3. Sauerstoffverbrauch ($\text{mm}^3 \text{g}^{-1} \text{h}^{-1}$) von *Heterometrus longimanus petersii* in Abhängigkeit von der Temperatur.

Temperatur		20° C	30° C	40° C
Tier Nr.	Gewicht g			
1 a	4,44	30,3	—	—
2 a	4,13	18,3	—	—
1 b	4,06	—	72,0	—
2 b	4,36	—	119,3	—
1 c	3,72	—	—	146,0
2 c	1,90	—	—	133,8
3 c	5,10	—	—	144,1
4 c	4,55	—	—	219,2
5 c	3,29	—	—	227,0
1 d	9,59	—	—	194,8
1	3,39	33,0	80,5	164,4
2	3,75	20,5	77,6	154,9
3	3,19	—	69,0	155,8
4	5,68	26,2	64,1	106,8
5	5,51	22,4	100,7	150,8
Mittel	4,44	25,1	83,3	163,4
Q_{10}			3,3	2,0

Tiefere Temperaturen wurden nicht untersucht, da solche im natürlichen Biotop der Tiere wohl nur kurzfristig auftreten und keine große Rolle im Leben von *Heterometrus* spielen dürften.

6. Notizen zur Biologie.

a) Aktivitätsverteilung im Tagesrhythmus.

Heterometrus hat eine im wesentlichen nächtliche Lebensweise. Die Tiere kamen regelmäßig am Abend, gegen 18 h aus ihrem Versteck und wanderten im Behälter umher. Dabei war es gleichgültig, ob Licht brannte oder ob es dämmrig war. Fast immer waren jedoch auch während des Tages eine Anzahl Tiere außerhalb des Versteckes anzutreffen. Auch bei Nacht konnten immer einige im Versteck gefunden werden, so daß wahrscheinlich die Aktivitätsperioden nicht sehr scharf begrenzt sind. Die abendliche Aktivitätsspitze ist allerdings sehr ausgeprägt und war an allen Tagen gut zu beobachten.

Das alleingehaltene ♀ pflegte nach anfänglicher starker Aktivität nach

Geburt der Jungen (s. u.) meist ruhig im Versteck zu sitzen. Nach der ersten Häutung der Jungtiere begann das Tier eine Höhle zu graben: zuerst war es einige Tage lang seitlich an bzw. unter den beigegebenen Moospolster geschmiegt anzutreffen, im Verlauf von zwei Tagen wurde

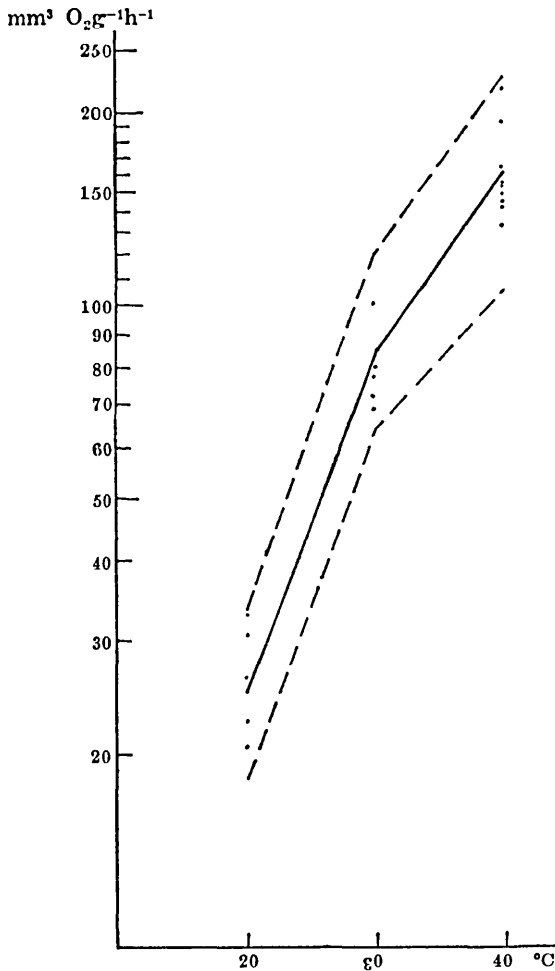


Abb. 3. Sauerstoffverbrauch von *Heterometrus* bei verschiedenen Temperaturen. Ausgezogene Linie: Mittelwert, strichliert: Extremwerte.

dann eine Höhlung ausgescharrt, die groß genug war, um das Tier zu verbergen. Während der folgenden Zeit grub das Tier weiter, bis nach etwa 5 Tagen der Behälterboden erreicht war. — Abends konnte das ♀ häufig im Eingang seines Verstecks beobachtet werden, wobei es in offensichtlicher „Lauerstellung“ mit etwas geöffneten Palpenscheren saß.

b) T r i n k e n.

Daß Skorpione trinken können, ist zwar öfters in Abrede gestellt worden (z. B. MILLOT & VACHON; 1949), doch gibt es mehrere unabhängig gewonnene Beobachtungen, daß viele Skorpione trinken, zumindest unter manchen Bedingungen. In vielen Fällen wird wohl die Feuchtigkeit der Beute ausreichend sein, vor allem bei den wenig transpirierenden Wüstenskorpionen, aber auch bei einem solchen [*Androctonus australis* (L.)] hat CLOUDSLEY-THOMPSON (1958) beobachtet, daß er trinkt.

Bei einem längere Zeit in Gefangenschaft gehaltenen *Euscorpius carpathicus*, der ohne Futter im warmen Zimmer nur mit trockener Erde und einigen Steinen gehalten wurde, konnte einer von uns ebenfalls beobachten, daß das Tier — als nach längerer Zeit wieder einmal Wasser gesprüht wurde — einige Tropfen aufsuchte und trank. Der Vorgang ist bei allen Arten gleich: die Mundöffnung wird mit dem Wassertropfen in Kontakt gebracht und das Wasser eingesogen. Bei *Heterometrus* und *Androctonus* wird auch beschrieben, daß Wassertröpfchen mit den Cheliceren aufgenommen werden. Im Gemeinschaftsbehälter tranken die Skorpione regelmäßig. Sie hatten meist Zugang zu einem flachen Wassergefäß. Fast täglich konnte einige Zeit nach dem Füllen des Gefäßes ein oder mehrere Skorpione beobachtet werden, wie sie zur Wasserstelle krochen und tranken. Das Trinken selbst dauerte mehrere Minuten, das Tier war dabei mit dem vordersten Teil des Körpers im Wasser, und zwar so, daß etwa die obere Hälfte der Cheliceren aus dem Wasser ragte. In dieser Stellung verharrten die Tiere regungslos mit seitlich abgespreizten Pedipalpenschere. Nach dem Trinken zog sich das Tier meist wieder in das Versteck, aus dem es gekommen war, zurück. Die Skorpione hatten offenbar sehr bald die Wasserstelle kennen gelernt und die Erfahrung gemacht, daß nach dem Spritzen die Wasserstelle gefüllt war. Kleinere Wassermengen wurden auch in Tröpfchenform von Steinen oder den Glaswänden des Behälters aufgenommen. — Bei einem Tier konnte einer von uns (J. G.) zweimal das von SCHULTZE beschriebene Trinken von den Palpenschere beobachten (nach Besprühen mit Wasser, s. Abb. 4).

c) N a h r u n g s a u f n a h m e.

Wie die meisten Skorpione erwarten *Heterometrus* die Beute, ohne nach ihr zu jagen. Berührte das Beutetier den Skorpion, so wurde blitzschnell mit den Pedipalpenschere zugegriffen und in vielen Fällen die Beute erfaßt — wenn nicht, dann wurde einige Male in die Richtung gegriffen, worauf das Tier wieder in seine abwartende Haltung versank. Die Beute wurde nicht verfolgt (einmal konnte allerdings einer von uns (J. G.) an dem einzelnen Tier beobachten, daß dieses aus seiner Lauerstellung bei Annäherung einer Schabe vorschnellte — ohne jedoch Erfolg zu haben, dann auch aus seiner Höhle hervorkam und offensichtlich „suchend“ mit den Schere umhergriff). —

War die Beute einmal erfaßt worden, so wurde sie einige Male mit den Pedipalpenschere durchgeknetet, zu den Cheliceren geführt und von diesen zerlegt. Nie wurde ein Beutetier von den Cheliceren gefangen, stets von den

Pedipalpen. Wurden mehrere Schaben oder Mehlwürmer gereicht, so konnte es vorkommen, daß ein Skorpion in jeder Palpenschere ein Beutetier hielt. Wurde ein drittes angeboten, so ließ das Tier entweder ein bereits ergriffenes fallen und nahm das neue, oder es reichte eines an die Cheliceren weiter und faßte mit der freigewordenen Schere nach dem dritten. Natürlich kam es auch vor, daß das dritte Beutetier überhaupt abgelehnt wurde und der Skorpion sich mit seiner Beute entfernte.

Bei niedrigen Temperaturen sind Aktivität und Hunger gering. So kam es oft vor, daß sich Schaben mehrere Tage lang lebend im Behälter aufhalten konnten, ohne gefressen zu werden. Dies war vor allem dann der Fall, wenn nicht geheizt wurde, oder wenn die Schaben sich auf der Ober-

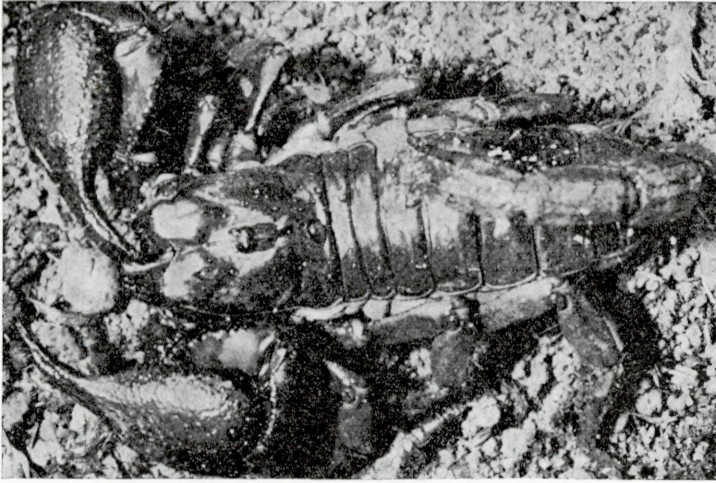


Abb. 4. Trinken von der Pedipalpschere.

seite der Steine und Rindenstücke aufhielten, unter denen die Skorpione saßen.

Das Zupacken ist offenbar stark vom Hunger beeinflusst. Träge und kalte Tiere reagieren auf die Beutetiere so gut wie gar nicht und es kommt oft vor, daß die von einem Skorpion aufgescheuchten Schaben über ein anderes Tier klettern oder sich gar auf diesem zur Ruhe niederlassen, ohne daß sich dieses überhaupt bewegt. Sind die Tiere aber gut aufgewärmt und nur nicht hungrig, so reagieren sie auf die Berührung des Beutetieres mit einer Drohhaltung (s. u.). Die dem Beutetier gegenüber gezeigten Reaktionen sind von der Größe der Beute unabhängig. Einem mittelgroßen Mehlwurm gegenüber wird das gleiche Verhalten an den Tag gelegt, wie bei einer kleinen Maus. Stets wird die Beute erfaßt und mit den Palpenscheren durchgeknetet, ein Stechen der Beute wurde nur einmal bei einer Schabe beobachtet (der Skorpion hatte schon zwei Beutetiere in den Mundvorraum gestopft und fraß daran, fing dann ein drittes Tier, das in der Palpenschere heftig zappelte — dieses wurde dann gestochen). Durch das

Durchkneten wird die Beute sehr schnell getötet bzw. wehrlos gemacht. Der Griff der Palpenscheren ist sehr kräftig; dies konnte auch einer von uns (J. G.) am eigenen Leibe erfahren, als er ein großes Exemplar am letzten Metasomasegment erfaßte: das Tier kniff so kräftig in die haltenden Finger, daß auf einem Fingernagel ein deutlicher Abdruck hinterblieb.

Beim Durchkneten der Maus konnte man die Knochen krachen hören, die Maus war nach dem zweiten bis dritten Zupacken tot. Die Cheliceren rissen ein Loch in das Fell und das Tier begann zu fressen. Am nächsten Morgen konnte beobachtet werden, daß insgesamt drei Skorpione gemeinsam an der Maus fraßen. Im Laufe des Tages ließ einer von der gemeinsamen Beute ab, der erste blieb auch noch die nächste Nacht an den Resten der Maus. Am nächsten Morgen (etwa nach 36 h) waren von der Maus nur einige Fell- und Knochenreste übrig, die in einem Winkel lagen und entfernt wurden. Die zweite Maus wurde von einem Skorpion allein etwa zur Hälfte aufgefressen. Gelegentlich konnte auch bei anderen Beutetieren beobachtet werden, daß mehr als ein Skorpion sich am Fraße beteiligte. Meist war der zweite ein wesentlich kleineres Tier als der Fänger, die Tiere konnten jedoch auch gleich groß sein. Besonders bei Jungtieren (s. u.) wurde dieses Verhalten öfters beobachtet, einmal fand sich z. B. ein wahrer Knäuel von 5 Jungen an einer Schabe fressend.

Das alleingehaltene ♀ mit Jungen nahm auch gerne zerquetschte, also reglose Beutestücke vom Boden an, desgleichen wurden die Jungtiere vorwiegend mit toten Mehlwürmern gefüttert. Die Jungen fraßen auch, während sie auf dem Rücken der Mutter saßen, holten sich offenbar auf dem Boden ausgelegtes Futter und kletterten dann wieder auf den Rücken des ♀ zurück. Ob das Muttertier eine Rolle beim Fang oder Zerkleinerung der Beute für die Jungen spielt, konnte nicht durch eigene Beobachtung festgestellt werden.

Vom 5. 5. (Geburt der Jungen) bis 23. 5. nahm das Muttertier keine Nahrung zu sich, obwohl einige lebende Schaben im Behälter waren.

Kannibalismus wurde einigemal beobachtet: einmal fraß ein Jungtier am Mesosoma eines anderen, toten Jungen, zweimal wurden Jungtiere angefressen aufgefunden. Einmal fand sich ein halb aufgefressenes ♀ im Behälter.

Im Herbst wurde der Gemeinschaftsbehälter regelmäßig beheizt und daher auch mehr Futter angeboten. Dabei zeigte es sich, daß die bisher gezeigte Toleranz der Tiere gegeneinander aufgehoben wurde. Während der abendlichen Hauptaktivitätsperiode konnte man öfters zwei Skorpione sehen, die einander gegenüberstanden, die Pedipalpenscheren leicht erhoben und vorgestreckt. Plötzlich begannen die Tiere, insbesondere mit den Scheren, zu zittern und sie stürzten aufeinander los, worauf regelmäßig einer abdrehte und sich langsam entfernte. Der übrigbleibende — meist der größere — Skorpion versank wieder in die Ruhestellung. Obwohl bei diesen Angriffen das Metasoma erhoben wurde, konnte nie ein Stich beobachtet werden. Trotzdem fanden sich in dieser Zeit (am nächsten Morgen) fast stets ein bis zwei tote Tiere, die völlig gestreckt und ohne sichtbare Verletzung auf dem Sande lagen.

Vielleicht waren sie doch bei einem anderen Kampf gestochen worden und an den Folgen eingegangen. Allerdings stünde dies in Widerspruch zu BOURNE (nach WERNER 1935), nach dem Skorpione gegen das Gift der eigenen Art immun seien. Waren sie allerdings nicht an einem Stich verendet, so bleibt die Frage der Todesursache offen.

d) Abwehrverhalten.

Auf verschiedene Störungen, besonders mechanische Reize, hin, nehmen die Skorpione eine charakteristische Abwehr- oder Drohhaltung ein: das Prosoma wird etwas angehoben, die Pedipalpen — mit geöffneten Scheren — weit gespreizt und gehoben, das Metasoma im Bogen über den Körper gehalten. Dabei — besonders bei stärkerer Erregung — stridulieren die Tiere leise, aber (wenigstens für einen von uns, J. G.) deutlich hörbar.

Abheben der Deckung genügt meist nicht zur Auslösung. Kräftiges Anblasen, Berühren des Metasoma wirkt dagegen immer, das Tier dreht sich daraufhin blitzschnell um und nimmt frontale Stellung zum Gegner ein. Bei tieferen Temperaturen reagieren die Tiere langsamer.

Heftig reagieren die Tiere auch, wenn man sie mit einer Pinzette am Metasoma faßt und vom Substrat hochhebt: lebhaft stridulierend krümmt sich der Skorpion dorsal ein und versucht mit den Palpscheren in die Pinzette zu kneifen.

Ein Skorpion, der mit einem Stück Korkrinde berührt und schließlich in eine Ecke gedrängt wurde, versuchte zuerst, den „Störefried“ durch kräftiges Kneifen, bzw. Wegschieben mit den Palpen zu verjagen, stach dann aber in den mit den Scheren festgehaltenen Kork, wobei an der Stichstelle ein milchiges Tröpfchen Giftes sichtbar wurde.

e) Spermatophoren.

In den ersten Tagen konnten wir morgens öfters Spermatophoren finden. Die Paarungsversuche hatten stets in der Nacht stattgefunden und wurden nie beobachtet. Die Spermatophoren waren stets an einen Stein oder ein Rindenstück angeheftet und nur einmal wurde eine Spermatophore auf dem Sand liegend aufgefunden. Sie ließen sich leicht vom Untergrund ablösen. Ihre Form (Abb. 5) ist sehr ähnlich der Spermatophore von Eucorpius, die SCHALLER (1962) abbildet.

Während der „Paarungszeit“ (Frühjahr) wurden meist einige Spermatophoren pro Nacht abgesetzt, doch verschwand das Paarungsverhalten nach etwa zwei Wochen.

f) Fortpflanzung und Entwicklung der Jungen.

Unter dem vorhandenen Material fanden sich mehrere trächtige ♀♀, wie deren Leibesfülle und die Sektion eingegangener Tiere erkennen ließ. Nur das eine, am 3. 5. isolierte ♀ gebar allerdings (es handelte sich um eines der größten Exemplare).

Die Geburt der Jungen erfolgte am 5.5., die Beobachtung war durch die dicken und verschmutzten Scheiben des Behälters erschwert, überdies

saß das Tier unter einem Zierkorkstück, das mit Rücksicht auf evtl. Störung nicht entfernt wurde. — Um 7 h morgens war ventral (in der Region der Genitalöffnung) eine weißliche Masse zu sehen. Das ♀ saß ruhig, den Vorderkörper etwas angehoben (also dorsal konkav), mit gesenkten Cheliceren Händen. Eine halbe Stunde später saß ein Jungtier auf den Cheliceren, offenbar gerade auf den Carapax der Mutter aufkriechend. Ein zweites Jungtier befand sich ventral-seitlich am Mesosoma, ein drittes war als weißliche Masse vor der Genitalöffnung zu erkennen. Um 7,50 h war das erste Jungtier auf dem Carapax der Mutter über den Augen angelangt, das zweite hatte die Rückenseite erreicht, das dritte hing — deutlich zu erkennen — am Bauch der Mutter, vor den ventral abstehenden Pectines. — Um 8,15 h saß das erste Junge auf dem Carapax der Mutter (auf Anleuch-

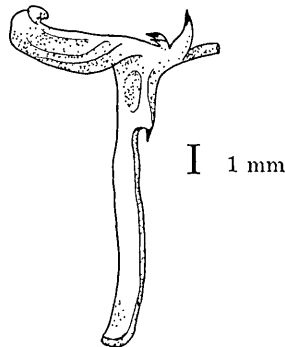


Abb. 5. Spermatophore von *Heterometrus*.

ten bewegte es langsam die Cauda), das zweite quer auf dem Mesosomarrücken, das dritte erfaßte gerade das 2. rechte Bein des ♀, dessen Pectines noch immer senkrecht abgespreizt waren.

Weitere Beobachtungen waren erst 6 Stunden später möglich: nun saßen schon 9 Jungtiere auf der Dorsalseite (Prosoma vor den Augen und letztes Mesosomatergit waren noch frei), mindestens 2 hafteten an den Beinen oder am Bauch der Mutter. Am Abend waren schon 17 Jungtiere zu zählen, diese Zahl erhöhte sich auch weiterhin nicht mehr.

Die Neugeborenen sind weiß, glänzend und haarlos, mit dicken Mesosomata (anfangs dorsal mit segmentalen, laterodorsalen Höckern), die relativ dünnen Caudae werden meist eingeringelt gehalten. Ihre Aktivität ist gering, sie krabbeln nur langsam und unbeholfen auf dem Alttier umher. Nach etwa einer Woche dunkeln sie etwas nach und sehen dann leicht „angerautcht“ aus.

Am 15. 5. waren kurze Zeit zwei Junge vor der Mutter auf dem Boden sitzend zu sehen, manchmal auch etwas krabbelnd, später fand sich eines unter ihrem Bauche umherkriechend.

Am 16. 5. häuteten sich 3 Junge zum ersten Mal auf der Mutter. Die Häutung verläuft ähnlich den späteren, die sehr dünne Exuvie wird dabei nach hinten über den Körper zusammengeschoben, bleibt jedoch mit den

Tarsen der Beine an der Oberfläche des ♀ haften, s. Abb. 6. — Das Muttertier trägt noch längere Zeit die Exuvien auf sich herum. — Innerhalb von 3 Tagen (bis 18./19.) häuteten sich alle Jungtiere (bis auf zwei, die am 22. und 23. tot aufgefunden wurden). — Die Frischgehäuteten sind deutlich schlanker und lebhafter, mit matter Oberfläche und deutlicher Behaarung, zuerst weißlich, dunkeln aber nach einigen Tagen nach.

Am 23. 5. saßen schon einige Jungtiere auf dem Boden neben der Mutter, eines fraß an einem toten Geschwister (s. o.). — Auch zerquetschte Mehlwürmer wurden schon angenommen.

Im Folgenden waren die Jungtiere teils auf der Mutter, teils in ihrer



Abb. 6. Erste Häutung des Jungtieres auf dem Rücken der Mutter.

Nähe unter dem Korkstück, bzw. in der selbstgegrabenen Höhle — auch an deren Decke hängend — anzutreffen, manchmal sah man sie auch abends in „Lauerstellung“ im Eingang der Höhle sitzen. Später (im Juni) waren sie nur selten noch auf der Mutter, sondern zum Teil auch unter einem abseits liegenden, feuchteren Moospolster zu finden. Sie fraßen reichlich Mehlwürmer und machten einen wohlgenährten und lebhaften Eindruck.

Am 27. 6. häutete sich ein Tier zum 2. Mal, während des Juli folgten die meisten anderen (Abb. 7), das letzte Tier am 9. 8., das aber bei der Häutung starb, ein anderes war am 13. 7. eingegangen. Die Jungtiere hielten sich jetzt nur mehr selten auf der Mutter auf, zweimal waren kleine, offenbar von ihnen selbst gegrabene Höhlen im feuchten Erdreich zu sehen. Am 27. 8. wurde das Muttertier entfernt.

Bis Anfang Februar 1966 war bei den Jungtieren keine Weiterentwicklung zu beobachten. Gegenüber den Daten SCHULTZES zeigt sich bei diesem Wurf also eine beträchtliche Verzögerung der Entwicklung.

g) Gebrauch der Pecten und Stelzverhalten.

Über die Funktion der Pecten ist bereits viel geschrieben worden, jeder Autor führt Argumente und Beobachtungen ins Feld, die die Funktion der Pecten „eindeutig“ in dem einen oder anderen Sinne erklären soll. Jüngst hat HOFFMANN (1964) den elektrophysiologischen Nachweis erbracht, daß die Sensillen der Sinnesfelder mechanisch erregbar sind. In gleichem Sinne sind auch die Beobachtungen CLOUDSLEY-THOMPSONS (1955) auszulegen, wenn er außer dem Tastsinn noch einen Sinn zur Wahrnehmung von Bodenschwingungen festgestellt haben will. Das ist kein Widerspruch, da es sich dabei je auch um einen mechanischen Sinn handelt. Eine Empfind-



Abb. 7. Zweite Häutung.

lichkeit für chemische Reize und Feuchtigkeitsunterschiede konnte HOFFMANN eindeutig ausschließen.

Bei den Untersuchungen in der Temperaturorgel konnte beobachtet werden, daß die Tiere beim Umherwandern in regelmäßigen, kürzeren Abständen den Untergrund mit den Pecten berührten. Im Bereich höherer Temperaturen wurde diese Untersuchung des Bodens nicht durchgeführt. Hier zeigten die Tiere gelegentlich auch das typische Stelzverhalten, wie es ALEXANDER & EWER (1958) beobachtet und als temperaturadaptives Verhalten zum Schutz vor zu großer Erhitzung gedeutet haben. Interessanterweise fanden die Autoren dieses Verhalten bei *Opisthophthalmus latimanus* schon bei etwa 18° C und regelmäßig bei Temperaturen über 28° C. *Heterometrus* dagegen liegt noch bei höheren Temperaturen voll dem Untergrund auf (bis etwa 40° C) und erst bei noch höheren Temperaturen legt sich das Tiere in der Ruhe nicht mehr auf den Untergrund, sondern bleibt mit leicht erhobenem *Opisthosoma* stehen, prüft aber den Untergrund noch mit den Pecten. Erst bei Temperaturen gegen 50° C werden die Pecten nicht mehr mit dem Boden in Kontakt gebracht.

Die Deutung dieses Verhaltens ist nicht ganz einfach. Einerseits ist deutlich ersichtlich, daß das Tier mit den Pecten den Untergrund betastet. Bei höheren Temperaturen ist die thermische Reizung in dem stark mit Nerven durchsetzten Gewebe wohl zu stark, weshalb das Tier es vermeidet, die Pecten mit dem Untergrund in Kontakt zu bringen. Andererseits ist es auch möglich, daß die Pecten bei der Prüfung des Bodens nebst anderen Funktionen auch als Thermorezeptoren dienen, wenn auch sicher nur in untergeordnetem Maße. ALEXANDER & EWER konnten nachweisen, daß das Stelzverhalten auch nach Ausschaltung der Pecten auftritt und die Thermorezeption an anderen Stellen des Körpers erfolgt. Dennoch wäre es sicher wert, diesen Gesichtspunkt elektrophysiologisch zu prüfen.

Die Bewegung der Pecten erfolgt stets so, daß sie entweder zur Gänze vom Untergrund abgehoben und dem Körper angelegt werden, oder sie werden dem Boden fest angedrückt. Es ist also nicht nur eine rhythmische Änderung des Druckes, der von den Pecten auf den Untergrund ausgeübt wird, wie ALEXANDER (1958) bei *Opisthophthalmus latimanus* gefunden hat. *Heterometrus* läuft so hochbeinig, daß das Abheben der Pecten gut zu beobachten ist. Die meiste Zeit werden die Pecten erhoben getragen und sie berühren den Boden stets nur kurzfristig, etwa während eines Viertels der gesamten Zeit. Da die Pectenbewegung bei *Parabuthus planicauda* auch etwas anders verläuft (ALEXANDER, 1958), erscheint es wahrscheinlich, daß verschiedene Arten ein sehr spezifisches Verhaltensrepertoire bezüglich der Pectenbewegung besitzen.

Z u s a m m e n f a s s u n g.

Es wurden eine Anzahl ökologischer Parameter des Waldskorpions *Heterometrus longimanus petersii* experimentell untersucht.

Die Transpiration ist von keiner aktiven Regelung beeinflusst, sondern ist etwa dem Sättigungsdefizit proportional. Sie ist größer als bei den bisher untersuchten Wüstenskorpionen. *Heterometrus* ist gegenüber Wasserverlust empfindlicher als die Wüstenskorpione und stirbt schon bei einem Wasserverlust von etwa 20%. Im Wahlversuch entscheidet sich *Heterometrus* stets für die höhere Luftfeuchtigkeit. Das Unterscheidungsvermögen für Luftfeuchtigkeitsunterschiede ist nicht sehr gut entwickelt. Zwischen 100% und 96% r. F. können die Tiere nur sehr schlecht unterscheiden.

Die Vorzugstemperatur liegt bei etwa 35° C, ähnlich wie die Vorzugstemperatur von *Euscorpius carpathicus* (bei 32° C) und damit deutlich unter der Vorzugstemperatur des Wüstenskorpions *Buthus quinquelineatus*. Temperaturen über 40° C werden nicht in allen Fällen auf längere Zeit ertragen.

Der Sauerstoffverbrauch ist sehr hoch und unterliegt keiner Regelung. Der Q_{10} beträgt für 20—30° C 3,3, für 30—40° C 2,0 und ist damit nicht viel höher als der Q_{10} von *Euscorpius*.

Die über die Beobachtungen von SCHULTZE (1927) hinausgehenden biologischen Beobachtungen betreffen in erster Linie den Geburtsakt, das Fangverhalten und die Nahrungsaufnahme, sowie das Abwehrverhalten.

Die Paarung selbst wurde nicht beobachtet, doch wird eine Spermatophore abgebildet.

Die ermittelten Temperatur- und Feuchtigkeitsansprüche stehen in bestem Einklang mit den im Biotop der Art vorliegenden Verhältnissen.

Literaturverzeichnis.

- ALEXANDER, A. J., 1958: On the stridulation of scorpions. *Behaviour* 12: 393—352.
- ALEXANDER, A. J. & EWER, D. W., 1958: Temperature adaptive behaviour in the scorpion *Opisthophthalmus latimanus* Koch. *J. exp. Biol.* 35: 349—359.
- CLOUDSLEY-THOMPSON, J. L., 1955: On the function of the pectines of the scorpion. *Ann. Mag. Nat. Hist.* (12) 8: 556—560.
- 1956: Studies in diurnal rhythms, VI. Bioclimatic observations in Tunisia and their significance in relation to the physiology of the fauna, especially woodlice, centipeds, scorpions and beetles. *Ann. Mag. Nat. Hist.* (12) 9: 305—329.
- 1958: Notes on Arachnida. 29. Drinking by scorpions. *Ent. Month. Mag.* 94: 229.
- DRESCO-DEROUET, L., 1961: Le métabolisme respiratoire des scorpions. I. Existence d'un rythme nyctémeral de la consommation d'oxygène. *Bull. Mus. Natl. Hist. Nat.* (2) 32: 553—557.
- 1964: Le métabolisme respiratoire des scorpions. II. Mesure de l'intensité respiratoire chez quelques espèces à différentes températures. *Bull. Mus. Natl. Hist. Nat.* (2) 36: 97—99.
- EDNEY, E. B., 1957: The water relations of terrestrial arthropods. Cambridge Monogr. exper. Biol. 5, Cambridge Univ. Press, 109 S.
- HERTER, K., 1962: Der Temperatursinn der Tiere. Neue Brehm Bücherei, H. 295, 80 S.
- HOFFMANN, C., 1964: Zur Funktion der kammförmigen Organe von Skorpionen. *Naturwiss.* 51: 172.
- JORDAN, H., 1927: Die Regulierung der Atmung bei Insekten und Spinnen. *Z. vgl. Physiol.* 5: 179—190.
- KNÜLLE, W., 1965: Die Sorption und Transpiration des Wasserdampfes bei der Mehlmilbe (*Acarus siro* L.) *Z. vergl. Physiol.* 49: 586—604.
- LEES, A. D., 1946: Water balance in *Ixodes ricinus* L. and in certain other species of ticks. *Parasitology* 37: 1—20.
- MEISE, W., 1932: Fehlender und extrem entwickelter Sexualdimorphismus im Formenkreis *Heterometrus longimanus* (Scorpion). *Arch. Nat. Gesch.*, N. F. 1: 660—671.
- MILLOT, J. & VACHON, M., 1949: Ordre des Scorpions, in: *Traité de Zoologie*, ed.: P.-P. GRASSÉ, Bd. 6: 386—436.
- NEMENZ, H., 1954: Über den Wasserhaushalt einiger Spinnen, mit besonderer Berücksichtigung der Transpiration. *Öst. Zool. Z.* 5: 123—158.
- RAMSAY, J. A., 1935: Methods of measuring the evaporation of water from animals. *J. exp. Biol.* 12: 355—372.
- SCHALLER, F., 1962: Die Unterwelt des Tierreiches. *Verständl. Wissensch.* Bd. 78.
- SCHULTZE, W., 1927: Biology of the Large Philippine Forest Scorpion. *Philip. J. Sci.* 32: 375—390.
- WERNER, F., 1935: Scorpiones, Pedipalpi, in: BRONNS Klassen und Ordnungen des Tierreichs, 5. Bd., IV. Abt., 8. Buch, 490 S.
- WHARTON, G. W. & KANUNGO, K., 1962: Some effects of temperature and relative humidity on water-balance in females of the Spiny Rat Mite, *Echinelaelaps echidninus* (Acarina: Laelaptidae). *Ann. Ent. Soc. Amer.* 55: 483—492.
- WINSTON, P. W. & BATES, D. H., 1960: Saturated solutions for the control of humidity in biological research. *Ecology* 41: 232—237.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien. Früher: Verh. des Zoologisch-Botanischen Vereins in Wien. seit 2014 "Acta ZooBot Austria"](#)

Jahr/Year: 1967

Band/Volume: [107](#)

Autor(en)/Author(s): Nemenz Harald, Gruber Jürgen

Artikel/Article: [Experimente und Beobachtungen an Heterometrus longimanus petersii \(Thorell\) \(Scorpiones\) 5-24](#)