

Postlarvale Entwicklungsstadien von *Lithobius mutabilis* L. Koch 1862 (Chilopoda: Lithobiidae) – mit einem Schlüssel zu ihrer Erkennung

Post-larval Developmental Stages of *Lithobius mutabilis* L. Koch 1862 (Chilopoda: Lithobiidae) – with a Key for their Identification

VON HEINZ-CHRISTIAN FRÜND

Institut für Zoologie III der Universität Würzburg

Mit 7 Abbildungen und 5 Tabellen

(Eingegangen am 12. Juli 1982)

Abstract

Post-larval developmental stages of *Lithobius mutabilis* L. Koch are described with respect to the following characters: head-width (KSB), distance between external teeth of forcipular coxosternite (PW), number of ocelli, number of antennal articles, number of coxal pores, number of setae on genital sternite, ventral spinulation of 15th leg, dorsal spinulation of 13th leg, number of setae on gonopods, spurs on female gonopods, male secondary sex-characters on tibiae 13–15. The variability of the dentation of the forcipular coxosternite is compared to that found in *L. tricuspis* and *L. melanops*. Differences between males and females as well as the occurrence of correlations of characters with head-width are noted. The total number of developmental stages and the distinction between juvenile and adult stages are discussed. The developmental stages of *L. mutabilis* as named by VERHOEFF (1905) are compared with those described in this study. A key for the distinction of the developmental stages of *L. mutabilis* and hints for the identification of juvenile *L. mutabilis* as compared with *L. curtipes*, *L. crassipes*, *L. aeruginosus*, *L. macilentus*, *L. dentatus*, and further sympatric *Lithobius* spec. are provided.

L. mutabilis in the Steigerwald has 9 postlarval developmental stages. Reproductive stages are PL 7–PL 9 and probably also PL 6.

Einleitung

Der Hundertfüßer *Lithobius mutabilis* ist in Mitteleuropa weit verbreitet und bildet einen wesentlichen Bestandteil der räuberischen Arthropodenfauna in der Laubstreu von Wäldern (ALBERT 1979, LOKSA 1968, 1979; SZEKELYHIDY und LOKSA 1978, WEIDEMANN 1972). Aufgrund der Lebensdauer von ungefähr 4 Jahren sowie der großen Variabilität in der Entwicklungsgeschwindigkeit zwischen verschiedenen Individuen (ALBERT, 1983) findet sich in einer Population von *Lithobius mutabilis* zu jedem Zeitpunkt eine große Zahl verschiedener Altersstufen.

Damit ergibt sich die Notwendigkeit einer Beschreibung der Entwicklungsstadien für die Analyse der Altersstruktur wie auch als Hilfe zur Bestimmung des Anteils juveniler Lithobiiden im Rahmen ökologischer Studien.

Die Entwicklung der Lithobiiden erfolgt in 5 larvalen Häutungsstadien die sich deutlich durch die Zahl der Beinpaare unterscheiden sowie in mehreren (6–9) postlarvalen Entwicklungsstufen, in denen die volle Anzahl von 15 Beinpaaren vorhanden ist. Auch nach Erreichen der Fortpflanzungsfähigkeit finden weitere Häutungen statt (ANDERSSON 1979).

Die bereits vorliegende Beschreibung der Entwicklungsstadien von *L. mutabilis* durch VERHOEFF (1905), die auch von ALBERT (1982) übernommen wurde, berücksichtigt nur wenige Merkmale und erfaßt nicht alle postlarvalen Stadien dieses Hundertfüßers.

U n t e r s u c h t e s M a t e r i a l

Die Grundlage der Untersuchung bilden 264 Exemplare von *Lithobius mutabilis* L. Koch 1862, die von Februar 1980 bis Februar 1981 in einem ca. 2 ha großen Teilstück eines ausgedehnten Rotbuchenwaldes bei Fabrikschleichach im nördlichen Steigerwald gesammelt wurden. Die aus der Laubstreu durch Sieben und Handauslese gewonnenen Tiere wurden in 70% Alkohol getötet und konserviert. Tab. 1 zeigt die genaue Aufteilung des untersuchten Materials auf die einzelnen Stadien und Geschlechter.

Tabelle 1. Übersicht über die Anzahl der aus verschiedenen Stadien untersuchten Tiere. Bei „Laborkontrolle“ ist das jeweils im Labor erreichte Stadium angegeben
Stadium

Stadium	Summe	F r e i l a n d		Labor- kontrolle
		♂	♀	
PL1	13			5
PL2	26			4
PL3	26	11	15	3
PL4	32	19	13	2
PL5	49	33	16	3
PL6	51	23	28	3
PL7	37	21	16	2
PL8	22	14	8	1
PL9	8	4	4	—
Summe	264	125	100	23

Zum Vergleich standen mir außerdem 56 Exemplare von *L. mutabilis* aus dem Solling zur Verfügung (leg. ALBERT). Als Kontrolle wurde die Merkmalsveränderung nach einer Häutung bei 23 Tieren aus dem genannten Gebiet in Laborzuchten verfolgt. Zu den Zuchtbedingungen siehe SCHEFFEL (1969).

E i n t e i l u n g d e r S t a d i e n

Bei jedem Tier wurde die Ausprägung der im Ergebnisteil einzeln aufgeführten Merkmale protokolliert. Messungen erfolgten mit einem Meßokular unter einem Mikroskop bei 200× Vergrößerung auf 5 µm genau (Prosternumweite) oder mit einem Meßokular unter einem Stereomikroskop bei 40× Vergrößerung auf 0,025 mm genau (Kopfschildbreite). Beine und Antennen, die offensichtlich regeneriert oder in Regeneration befindlich waren, wurden von der Untersuchung ausgeschlossen.

Zur Aufstellung der Entwicklungsstadien dienen 4 Prinzipien:

1. Die maximale Anzahl der Coxaldrüsen pro Coxa darf die Zahl der postlarvalen Häutungen nicht übersteigen (siehe ANDERSSON 1979).
2. Diskontinuitäten in der Merkmalsausprägung deuten auf zwischenliegende Häutung.
3. Sprunghafte Änderung mehrerer Merkmale deutet auf zwischenliegende Häutung.
4. Die Zuwachsrate von Stadium zu Stadium sollte sich nicht wesentlich ändern.

Ergebnisse

Tab. 2 gibt die mittlere Ausprägung verschiedener Merkmale zusammen mit den beobachteten Extremwerten in jedem Stadium an.

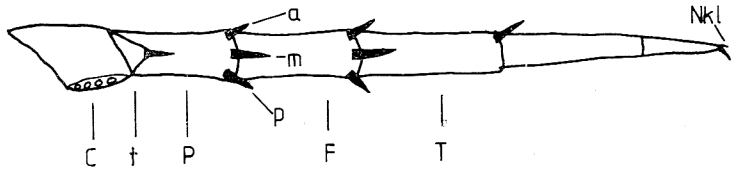


Abb. 1. Ventrale Ansicht eines 15. *Lithobius*-Beines (links) mit der für *L. mutabilis* typischen Bestachelung m, amp, amp, a an den Beingliedern Trochanter (t), Präfemur (P), Femur (F) und Tibia (T). Die Bezeichnung der Stacheln auf der Dorsalseite erfolgt entsprechend. Nkl = Nebenklau

Coxaldrüsen an den Beinen 12–15

Die Summe aller Coxaldrüsen an den Beinen 12–15 nimmt bei jeder Häutung zu. Die größten Zuwachsraten treten bei Weibchen beim Übergang von Stadium PL5 zu PL6 auf. Von PL6 bis PL8 ist die Coxaldrüsensumme bei Weibchen signifikant größer als bei Männchen (PL6: $t = 6,02 P < 0,001$; PL7: $t = 4,44 P < 0,001$;

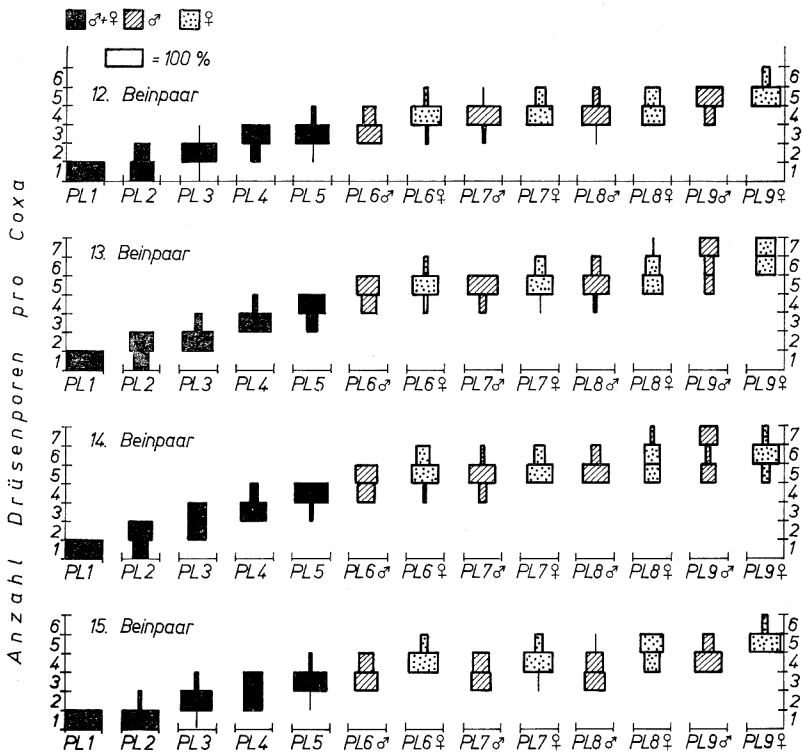


Abb. 2. Verteilung der Coxaldrüsen bei den postlarvalen Stadien von *L. mutabilis*. Die Darstellung gibt die Häufigkeit an, mit der sich bestimmte Porenzahlen in den verschiedenen Stadien finden

Tabelle 2. Ausprägung verschiedener Merkmale bei postlarvalen Stadien von

		Summe Cx-Drs.	Borsten Genitalsternit		Borsten Gonopoden		Bestachlung Bein 15 ventral		
			♂	♀	♂	♀ ¹	t	P	
PL1	Min								
	\bar{x}	8	—	—	—	—	—	m	
	Max								
PL2	Min	8	—	—	—	—	m	m	
	\bar{x}	11	—	—	—	—	m	amp	
	Max	16	—	—	—	—	m	amp	
PL3	Min	13	4	2	—	1	m	amp	
	\bar{x}	18	6	4	—	2,5	m	amp	
	Max	23	8	8	(1)	5	m	amp	
PL4	Min	19	10	8	—	4	m	amp	
	\bar{x}	23	12	14	1	6	m	amp	
	Max	28	18	18	2	12	m	amp	
PL5	Min	23	13	22	1	9	m	amp	
	\bar{x}	27	24	28	3	13	m	amp	
	Max	33	29	36	5	16	m	amp	
PL6		♂	♀						
	Min	28	33	32	38	2	15	m	amp
	\bar{x}	32	37	45	50	4	19	m	amp
	Max	36	44	55	64	6	24	m	amp
PL7	Min	28	35	46	41	3	15	m	amp
	\bar{x}	34	38	56	61	5	21	m	amp
	Max	39	43	66	72	6	26	m	amp
PL8	Min	32	36	50	50	4	21	m	amp
	\bar{x}	36	40	70	68	5,5	24	m	amp
	Max	42	43	87	92	7	29	m	amp
PL9	Min	37	45	72	54	4	23	m	amp
	\bar{x}	40	48	78	78	6	25	m	amp
	Max	47	49	88	80	7	28	m	amp

¹ Bei Weibchen nur die Borstenzahl auf dem 1. Gonopodenglied.

PW = Prosternumweite KSB = Kopfschildbreite

Angegeben ist jeweils die schwächste Ausprägung, in der das Merkmal in dem Stadium angetroffen wurde, der arithmetische Mittelwert bzw. die Ausprägung, die bei über 50% der Tiere angetroffen wurde, sowie die stärkste Ausprägung je Stadium. 80%-Bereiche der Prosternumweite und der Kopfschildbreite sind im Schlüssel am Schluß der Arbeit angegeben. Die Meßwerte der Prosternumweite sind auf 5 µm gerundet. Summe Cx-Drs. ist die Gesamtzahl aller Drüsenporen an den Coxen 12–15 eines Tieres. Die Bedeutung der Formeln für die Beinbestachlung geht aus Abb. 1 hervor.

Lithobius mutabilis

Bestachlung Bein 15 ventral		Bestachlung Bein 13 dorsal			Antennen- glieder	Ocellen	PW (μm)	KSB (mm)
F	T	P	F	T				
					24		110	0,58
m	—	—	—	—	25	5	130	0,70
					26		150	0,74
m	—	m/p	p	p	26	5	135	0,78
am	—	mp	p	p	28	6	145	0,83
am	—	mp	p	p	30	7	160	0,89
am	—	mp	p	p	29	6	145	0,89
amp	—	(a)mp	p	p	31	8	170	0,94
amp	a	amp	ap	ap	36	10	185	1,03
amp	—	amp	p	p	35	9	165	0,92
amp	a	amp	p	ap	38	10	195	1,06
amp	a(m)	amp	ap	ap	43	12	215	1,16
amp	a	amp	p	ap	36	9	190	1,07
amp	a	amp	ap	ap	41	12	220	1,20
amp	a(m)	amp	ap	ap	45	15	250	1,32
amp	a	amp	p	ap	40	11	215	1,23
amp	a	amp	ap	ap	43	14	245	1,35
amp	a(m)	amp	ap	ap	48	17	285	1,47
amp	a	amp	p	ap	40	13	245	1,35
amp	a	amp	ap	ap	44	16	265	1,48
amp	a(m)	amp	ap	ap	48	20	290	1,57
amp	a	amp	p	ap	41	14	270	1,54
amp	a	amp	ap	ap	43	18	290	1,61
amp	a(m)	amp	ap	ap	46	21	325	1,74
amp	a	amp	p	ap	40	19	300	1,64
amp	a	amp	ap	ap	44	21	325	1,72
amp	a	amp	ap	ap	47	23	355	1,83

PL8: $t = 2,90$ $P < 0,01$; PL9: $t = 1,46$ $P > 0,05$). Die Verteilung der Coxaldrüsen auf den einzelnen Coxen ist in Abb. 2 dargestellt. Dabei zeigt sich, daß der Unterschied zwischen Männchen und Weibchen vor allem auf der geringeren Drüsenzahl der Männchen am 15. Beinpaar beruht.

Borsten auf dem Genitalsternit

In den Stadien PL1 und PL2 ist das Genitalsternit borstenlos. Mit dem Stadium PL6 verringert sich die Zuwachsrate der Borstenzahl. Im Stadium PL4 sind die

Borsten weitgehend auf den distalen Rand des Genitalsternits beschränkt, ab Stadium PL5 finden sich Borsten auf der ganzen Sternitfläche. Männchen und Weibchen zeigen keine deutlichen Unterschiede in der Zahl der Borsten auf dem Genitalsternit.

Borsten auf den Gonopoden

Auch bei diesem Merkmal zeigt sich eine Verringerung der Zuwachsrate ab Stadium PL6. Die männlichen Gonopoden sind ab PL6 deutlich zweigliedrig, im Stadium PL5 ein- und zweigliedrig. Bei weiblichen Tieren wurden nur die Borsten auf dem ersten Glied der Gonopoden gezählt.

Ventrale Bestachelung des 15. Beinpaares

Die typische Bestachelung ist mit dem Stadium PL4 erreicht (Abb. 1), findet sich aber bisweilen auch bei Tieren im 3. postlarvalen Stadium. Das Vorhandensein des Trochanterstachels am Bein 15 ist ein sicheres Merkmal für Tiere des Stadiums PL2 im Vergleich zu PL1. Allerdings ist dieser Stachel oft noch recht klein und nur bei mikroskopischer Vergrößerung (100×) deutlich. Ab Stadium PL4 tritt sehr selten noch ein zusätzlicher medianer Stachel ventral an der Tibia 15 auf. Dieser Befund war jedoch immer nur auf jeweils ein Bein eines Tieres beschränkt. Deutlich regenerierte Beine (die von der Untersuchung ausgeschlossen wurden) zeigten den Stachel 15 VmT häufiger.

Dorsale Bestachelung des 13. Beinpaares

Eine dorsale Bestachelung des 13. Beinpaares ist erst ab Stadium PL2 festzustellen. Die typische Bestachelung ist bei der Mehrzahl der Tiere mit dem Stadium PL5 erreicht.

Bei Tieren, deren Endbeine fehlen, ist das Vorhandensein des Stachels 13 DaF taxonomisch für die Unterscheidung zwischen *Lithobius mutabilis* und *Lithobius muticus* von Bedeutung. Allerdings ist dieser Stachel in der untersuchten Population von *L. mutabilis* auch bei adulten Tieren nicht immer vorhanden. Ab Stadium PL5 ist er bei 57% der Männchen und 79% der Weibchen anzutreffen. Der Unterschied zwischen den Geschlechtern ist mit $P < 0,001$ signifikant ($\chi^2 = 16,3$).

Anzahl der Antennenglieder

Die Anzahl der Antennenglieder pro Antenne steigt bei der postlarvalen Entwicklung von 24 bis auf 48 an. Das Wachstum der Antennen ist mit dem Stadium PL6 beendet.

Anzahl Ocellen

Die Anzahl der Ocellen pro Kopfseite wächst kontinuierlich von Häutung zu Häutung. Im Stadium PL1 sind konstant 5 Ocellen vorhanden, in den folgenden Stadien zeigt sich eine gewisse Variabilität der Ocellenzahl, die allerdings keinen Zusammenhang mit der Kopfschildbreite erkennen läßt (Tab. 4). Als Maximum wurden 22 bzw. 23 Ocellen bei einem Männchen des Stadiums PL9 gezählt.

Prosternumweite

Hierbei handelt es sich um den Abstand zwischen den Spitzen der beiden äußersten Zähne des Coxosternums der Kieferfüße. Aufgrund der beschränkten Meßgenauigkeit werden die Werte für die Prosternumweite (PW) auf 5 µm gerundet angegeben. Der postlarvale Zuwachs der PW verläuft weitgehend linear ($r =$

0,997). Es gibt einen breiten Überlappungsbereich in der Prosternumweite zwischen angrenzenden Stadien.

In der Ausformung und Anzahl der Coxosternalzähne, die für die Bestimmung wichtig ist (EASON 1982), zeigte sich eine gewisse Variabilität ab Stadium PL6 (siehe Tab. 3).

Tabelle 3. Variabilität in der Bezeichnung des Coxosternums der Kieferfüße bei adulten Tieren von 3 *Lithobius*-Arten. *L. mutabilis* wurde während eines Jahres aus einer 2 ha-Fläche des Steigerwaldes gesammelt, *L. tricuspis* und *L. melanops* wurden von TOBIAS während mehrerer Jahre am Mt. Canigou (Ost-Pyrenäen) in Höhen von 850 m bis 2600 m gesammelt (TOBIAS 1969). Der Unterschied zwischen *L. mutabilis* und *L. tricuspis* ist auf dem 5%-Niveau signifikant. Die drei *Lithobius*-Arten werden in der Bestimmungsliteratur mit 2+2 Coxosternalzähnen angegeben

	Bezeichnung des Coxosternums der Kieferfüße innere Z. sehr klein	Bezeichnung des Coxosternums der Kieferfüße				Stichproben- umfang
		2+1	2+2	2+3	3+3	
<i>L. mutabilis</i>	1 0,9%	3 2,6%	104 89,7%	7 6%	1 0,9%	116
<i>L. tricuspis</i>	—	1 0,3%	339 96,3%	10 2,8%	2 0,6%	352
<i>L. melanops</i>	—	—	62 98,4%	1 1,6%	—	63

Kopfschildbreite

Abb. 3 zeigt die postlarvale Wachstumskurve der Kopfschildbreite (KSB) mit den Streuungsmaßen Standardabweichung und Streubreite. Die Überlappung zwischen angrenzenden Stadien ist bei der Kopfschildbreite geringer als bei der Prosternumweite. Den Werten läßt sich sehr gut eine lineare Regressionsgerade nach der Formel $y = 0,555 + 0,131 x$ anpassen ($y = \text{KSB}$, $x = \text{Stadium mit PL1=1 und PL9=9}$). Der Korrelationskoeffizient für die Regressionsgerade beträgt $r = 0,9989$. Versuche, den Werten eine exponentielle Wachstumskurve anzupassen, brachten weniger gute Ergebnisse. Lineares Wachstum der Kopflänge wurde auch von ANDERSSON (1979) für die postlarvalen Stadien mehrerer anderer *Lithobius*-Arten festgestellt. Für Buschhorn-Blattwespen (Diprionidae) berichtet GHENT (1956) von linearem Wachstum der Kopfbreite.

Sporne auf den weiblichen Gonopoden

Siehe hierzu Abb. 4.

Sekundäre Geschlechtsmerkmale an den männlichen Tibien

Als sekundäre Geschlechtsmerkmale der Männchen entwickeln sich Furchen und Haarbüschel auf den Tibien 13 bis 15 (siehe Abb. 5, 6, 7). Mit PL7 ist das Wachstum dieser Merkmale praktisch abgeschlossen.

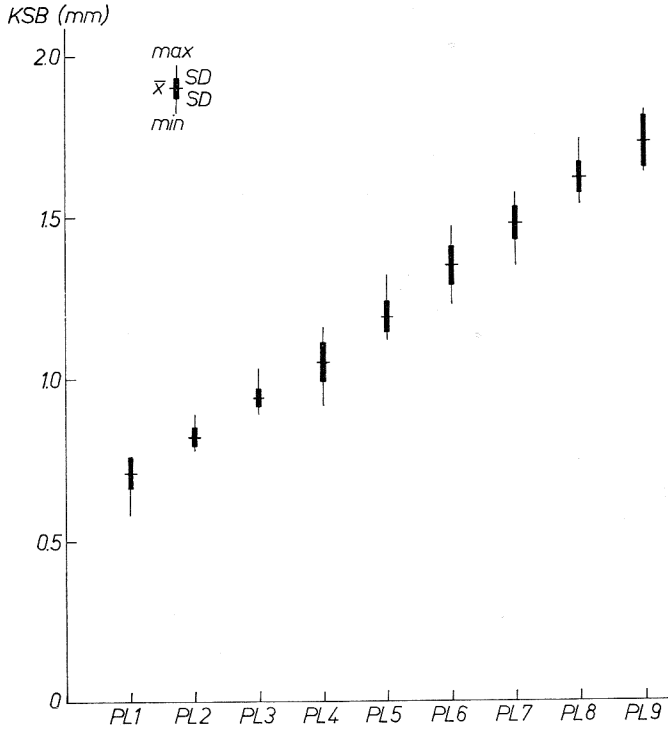


Abb. 3. Entwicklung der Kopfschildbreite (KSB) bei postlarvalen Stadien von *L. mutabilis*. \bar{x} ist das arithmetische Mittel

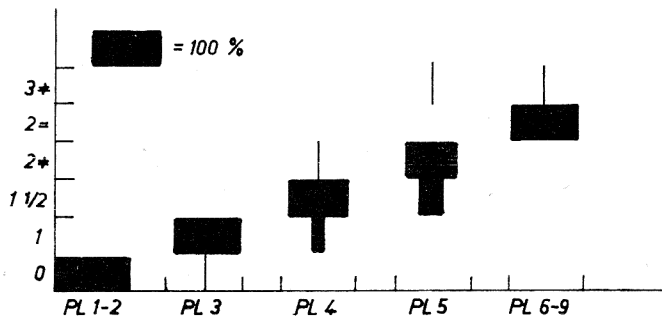


Abb. 4. Entwicklung der Sporne auf den weiblichen Gonopoden bei *L. mutabilis*. 0 = keine Sporne; 1 = ein Sporn; $1\frac{1}{2}$ = innerer Sporn höchstens halb so groß wie äußerer; $2\neq$ = innerer Sporn hat ca. $\frac{2}{3}$ der Größe des äußeren; $2=$ = innerer und äußerer Sporn gleich groß; $3\neq$ = 3 Sporne mit von außen nach innen abnehmender Größe. Angaben jeweils für eine Körperseite

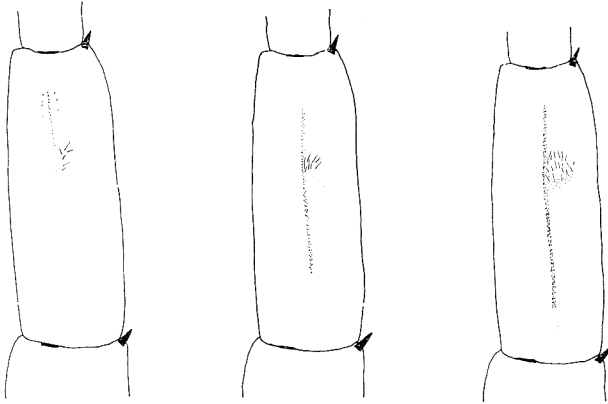


Abb. 5 und 6. Typische Entwicklungsstufen der Furchen und Haarbüschel auf den Tibien 13–15 der Männchen von *L. mutabilis*

Abb. 5. Bein 14 rechts. (Die Auszeichnungen auf Bein 13 entsprechen grundsätzlich denen auf Bein 14.)

- a) Furche und Haarbüschel „Spur“ (PL5)
- b) Furche und Haarbüschel „deutlich“ (PL6)
- c) Furche „deutlich“, Haarbüschel „voll ausgeprägt“. Das Haarbüschel befindet sich auf einer höckerartigen Erhebung. (PL8)

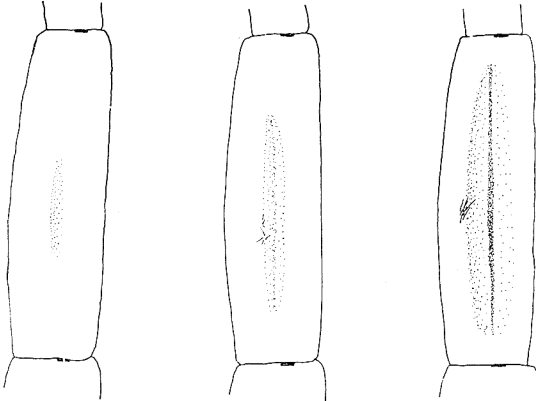


Abb. 6. Bein 15 links.

- a) Furche „Spur“, Haarbüschel „nicht entwickelt“ (PL5)
- b) Furche „deutlich“, Haarbüschel „Spur“ (PL6)
- c) Furche „voll ausgeprägt“, Haarbüschel „Spur“ (PL8)

Korrelationen zwischen verschiedenen Merkmalsgrößen und der Kopfschildbreite

Das eindeutig lineare Wachstum der Kopfschildbreite und die geringe Überlapung dieses Merkmals zwischen aufeinanderfolgenden Stadien machen diesen Parameter zu einem Leitmerkmal für die Entwicklung von *L. mutabilis*. Um zu prüfen, ob die in dieser Studie betrachteten Merkmale nicht nur von Häutung zu

Häutung, sondern auch innerhalb eines Stadiums mit der Kopfschildbreite korreliert sind, wurden die in Tab. 4 aufgeführten Korrelationskoeffizienten berechnet. Während sich für die Ocellenzahl eine deutliche Unabhängigkeit von der Kopfschildbreite zeigt, ergibt sich für die übrigen Merkmale ein uneinheitliches Bild. Das Vorkommen signifikanter Korrelationen ist auf die Stadien PL1–PL7 beschränkt.

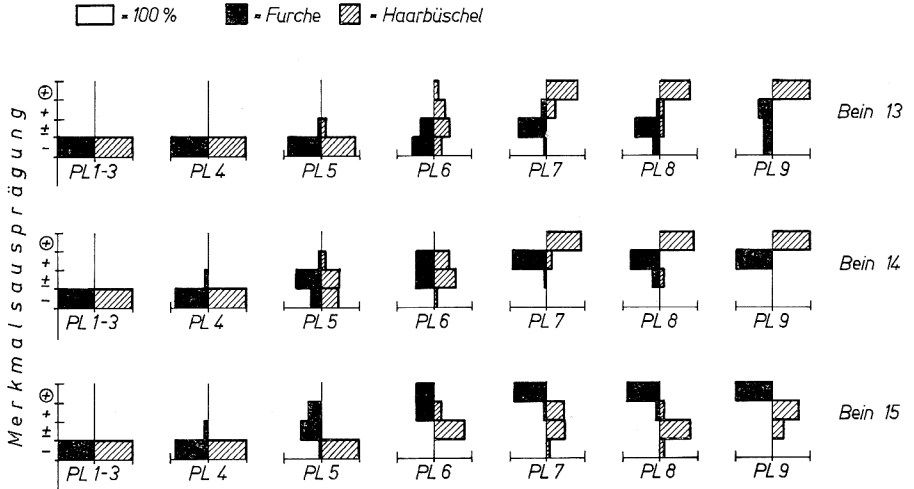


Abb. 7. Entwicklung der Furchen und Haarbüschel auf den Tibien 13–15 der Männchen von *L. mutabilis*.
Die Zeichen an der Ordinate bedeuten: – = nicht entwickelt; ± = Spur; + = deutlich; ⊕ = voll ausgeprägt

Tabelle 4. Produktmoment-Korrelationskoeffizienten (r) für den Zusammenhang verschiedener Merkmale von *L. mutabilis* mit der Kopfschildbreite in den postlarvalen Häutungsstadien. Auf dem 5%Niveau signifikante Korrelationen sind durch Fettdruck hervorgehoben

	PL1	PL2	PL3	PL4	PL5	PL6	PL7	PL8	PL9	PL8–9
Summe	– ¹	0,46	0,29	♂ 0,38	0,12	0,32	–0,37	0,24	–0,47	0,46
Coxaldrüsen				♀ 0,41	0,37	0,18	–0,12	–0,07		
Borsten	– ¹	– ¹	♂ 0,13	0,49	–0,15	0,84	0,43	–0,02	0,18	0,02
Genitalsternit			♀ –0,42	0,53	0,19	0,53	0,22	–0,68		
Anzahl Antennenglieder	0,61	–0,01	0,37	–0,23	0,05	–0,30	0,16	0,14	–0,76	–0,09
Anzahl Ocellen	– ¹	–0,11	–0,40	–0,03	0,19	0,04	0,04	–0,04	–0,15	0,38
Prosternumweite	–0,16	0,37	0,44	0,80	0,63	0,16	0,37	0,09	0,12	0,52

¹ Keine Variabilität des Merkmals in diesem Stadium.

Faßt man die Stadien PL8 und PL9 zusammen, ergeben sich signifikante Korrelationen der Kopfschildbreite mit der Prosternumweite, der Ocellenzahl und der Coxaldrüsen-summe. Es handelt sich hierbei um die Merkmale, deren Wachstum auch bei adulten Tieren anhält.

D i s k u s s i o n

Anzahl der Stadien

In der vorliegenden Studie werden 9 postlarvale Häutungsstadien von *L. mutabilis* unterschieden. Obwohl aus dem Stadium PL9 leider nur 8 Tiere untersucht werden konnten, und das Stadium auch in den Laborzuchten nicht erreicht wurde, spricht der Verlauf der Wachstumskurve der Kopfschildbreite für die Existenz eines Stadiums PL9. Einen weiteren Hinweis bietet das Auftreten signifikanter Korrelationen zwischen der Kopfschildbreite und den Merkmalen Coxaldrüsen-summe, Ocellenzahl und Prosternumweite bei Zusammenfassung der Stadien PL8 und PL9. Unter der Annahme, die Unterschiede in der Merkmalsausprägung zwischen den Stadien PL8 und PL9 seien nur ein Produkt der zufälligen Variabilität innerhalb eines Stadiums, dürften Korrelationen mit der Kopfschildbreite ebenso wenig auftreten wie in den Stadien PL1–PL7 (siehe Abschnitt Korrelationen). Das Vorhandensein von Korrelationen legt hingegen nahe, daß zwischen PL8 und PL9 eine Häutung erfolgt, in der die vier Merkmale einen Wachstumsschub erfahren.

ALBERT (1982) postuliert aufgrund theoretischer Überlegungen 9 postlarvale Stadien für *L. mutabilis* im Solling. Sie hat allerdings das Stadium PL2 übersehen, so daß *L. mutabilis* im Solling 10 postlarvale Entwicklungsstadien haben müßte. Ich hatte die Gelegenheit, 56 Tiere aus dem Solling zu überprüfen und konnte keine Unterschiede zu *Lithobius mutabilis* im Steigerwald feststellen. ANDERSSON (1979) untersuchte die Entwicklung von 8 *Lithobius*-Arten in Schweden und gibt für *L. forficatus* 9, für *L. tenebrosus fennoscandicus* und *L. melanops* vielleicht 9 und für *L. erythrocephalus* 8 postlarvale Stadien an. Diese Befunde sprechen eher für 9 als für 10 postlarvale Häutungsstadien von *L. mutabilis*.

Beginn der Fortpflanzungsfähigkeit

Eine anatomische Untersuchung der Genitaldrüsenentwicklung wie von VERHOEFF (1905) und ANDERSSON (1976) für *L. forficatus* wurde bei *L. mutabilis* nicht durchgeführt. Die Festlegung der Grenze zwischen juvenilen und adulten Stadien erfolgt hier aufgrund des Entwicklungsstandes der sekundären Geschlechtsmerkmale. Danach ist das Stadium PL5 sicher noch nicht adult, die Stadien PL7 bis PL9 andererseits sicher fortpflanzungsfähig. Im Stadium PL6 scheint der Übergang zur Fortpflanzungsfähigkeit zu erfolgen. Dafür spricht erstens das Vorhandensein signifikanter Korrelationen zwischen der Kopfschildbreite und der Borstenzahl auf dem Genitalsternit bei Männchen und Weibchen, zweitens die Tatsache, daß die Differenzierung der Furchen und Haarbüschel auf den männlichen Tibien von PL6 zu PL7 noch fortschreitet.

Ergebnisse anderer Autoren zur Entwicklung von *L. mutabilis*

Die Tab. 5 stellt die hier beschriebenen Stadien den von VERHOEFF (1905) aufgestellten Kategorien gegenüber. Das Stadium PL2 wurde von VERHOEFF (1905) bereits erkannt (S. 227 f., Abb. 12), unglücklicherweise aber nicht in der Beschreibung der Entwicklungsstufen von *L. mutabilis* erwähnt.

Tabelle 5. Gegenüberstellung der Stadienbezeichnung bei VERHOEFF (1905) und in dieser Arbeit für *L. mutabilis*

Stadienbezeichnung bei VERHOEFF (1905)	Diese Untersuchung
status agenitalis	PL1 und PL2
status immaturus	PL3
status praematurus	PL4
status pseudomaturus	PL5 und PL6, PL7 teilweise
status maturus (nicht erfaßt)	PL7 teilweise und PL8 PL9

Das Stadium PL9 wird von der VERHOEFFSchen Beschreibung nicht mehr erfaßt. Das trifft auch auf die Bestimmungswerke von MATIC (1966) und BRÖLEMANN (1930) zu, nach deren Angaben die Ocellenzahl bei *L. mutabilis* bis ungefähr 16 geht.

Die von VERHOEFF im brandenburgischen Land gesammelten Exemplare von *L. mutabilis* haben eine geringere Anzahl Genitalborsten im Vergleich zur Ocellenzahl als die aus dem Steigerwald stammenden Tiere. Außerdem scheint die Anzahl der Coxaldrüsen im brandenburgischen Land geringer zu sein, was auch ALBERT (1982) schon im Vergleich zu *L. mutabilis* aus dem Solling festgestellt hat.

Schlüssel zur Unterscheidung der Entwicklungsstadien von *Lithobius mutabilis*

Abgrenzung von anderen Arten

Eine sichere Artbestimmung juveniler Lithobiiden ist sehr schwer. Häufig lassen sich jedoch die Jugendstadien sympatrischer Arten voneinander unterscheiden. Für *L. mutabilis* sind dabei folgende Merkmale besonders hilfreich:

1. Prosternumweite: Die Arten der Untergattung *Monotarsobius* (*L. curtipes*, *L. crassipes*, *L. aeruginosus*) haben alle kleinere Prosternumweiten. An der Form der Coxosternalbezahnung läßt sich auch in anamorphen Larvenstadien *L. mutabilis* sicher von *L. macilentus* unterscheiden.
2. Vorhandensein der Nebenklaue an den Endbeinen: Dieses Merkmal findet sich bei *L. mutabilis* sehr konstant ab Stadium PL1. Auch bei Regeneration der Endbeine wird die Nebenklaue sofort wieder gebildet.
3. Vorhandensein von Fortsätzen an den Tergiten 9, 11, 13: Arten mit ausgeprägten Fortsätzen am Hinterrand dieser Tergite (*L. macilentus*, *L. dentatus*) zeigen dieses Merkmal schon im L4-Stadium und lassen sich damit leicht von *L. mutabilis* unterscheiden.

Unterscheidung der Stadien von *L. mutabilis*

(PW = Prosternumweite, KSB = Kopfschildbreite)

I. Tiere mit weniger als 15 Beinpaaren: Larvalstadien

– 7 Beinpaare: **L0**

– 7 Beinpaare und ein halbentwickeltes 8. Beinpaar: **L1**

– 8 Beinpaare und 2 Beinpaarknospen am Hinterleibsende: **L2** PW = 90 µm, KSB = 0,53 mm

– 10 Beinpaare und 2 Beinpaarknospen: **L3** PW = 105 µm, KSB = 0,58 mm

– 12 Beinpaare und 3 Beinpaarknospen: **L4** PW = 120 µm, KSB = 0,65 mm

II. Tiere mit 15 Beinpaaren: postlarvale Stadien

(Die Coxaldrüsenformel gibt die Anzahl Drüsenporen jeder Coxa einer Körperseite von Bein 12 bis 15 an. Weisen die Körperseiten häufig unterschiedliche Porenzahlen auf, finden sich die entsprechenden Zahlen übereinander. Im Bereich der PW bzw. KSB liegen 80% der untersuchten Tiere.)

1. Genitalsternit borstenlos

- kein Trochanterstachel ventral auf Bein 15, keine dorsale Bestachelung auf Bein 13:

PL1 PW = 125–145 μ m, KSB = 0,65–0,74 mm

- Trochanterstachel auf Bein 15 vorhanden, Bein 13 mit 3–4 dorsalen Stacheln:

PL2 PW = 140–155 μ m, KSB = 0,80–0,87 mm

1' Genitalsternit mit Borsten

2. Weibliche Gonopodensporne ungleich lang, Furchen und Haarbüschel auf männlichen Tibien 13–15 höchstens in Spuren entwickelt.

- Genitalsternit mit weniger als 9 Borsten, Coxaldrüsenformel 22₃2

PL3 PW = 160–180 μ m, KSB = 0,92–0,96 mm

- Weibchen: Innerer Gonopodensporn höchstens halb so lang wie äußerer, zwischen 10 und 18 Borsten auf dem Genitalsternit.

Männchen: weniger als 17 Borsten auf dem Genitalsternit (in der Regel 10–14), keine Haarbüschel auf Tibien 13–15 zu erkennen.

PL4 PW = 175–210 μ m, KSB = 0,96–1,11 mm

- Weibchen: über 20 Borsten auf dem Genitalsternit, innerer Sporn der Gonopoden ca. $\frac{2}{3}$ der Länge des äußeren. 10–15 Borsten auf dem 1. Gonopodenglied, Coxaldrüsenformel meistens 3443.

Männchen: zwischen 17 und 29 Borsten auf dem Genitalsternit, Furche auf Tibien 14 und 15, Haarbüschel auf Tibia 14 angedeutet.

PL5 PW = 205–230 μ m, KSB = 1,13–1,25 mm

2' Sekundäre Geschlechtsmerkmale entwickelt.

- 14 Ocellen: **PL6** PW = 225–260 μ m, KSB = 1,28–1,42 mm

- 16 Ocellen: **PL7** PW = 250–275 μ m, KSB = 1,42–1,54 mm

- 18 Ocellen: **PL8** PW = 270–305 μ m, KSB = 1,57–1,66 mm

- 20 oder mehr Ocellen: **PL9** PW 295 μ m, KSB 1,61 mm

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

Anhand von 264 Tieren aus dem Freiland (nördlicher Steigerwald) werden neun postlarvale Entwicklungsstadien von *Lithobius mutabilis* in 11 morphologischen Merkmalen beschrieben. Ein Ende oder eine deutliche Verlangsamung des Wachstums mit Erreichen des Stadiums PL6 ist bei der Zahl der Antennenglieder, der Anzahl Borsten auf dem Genitalsternit und der Borstenzahl auf dem 1. Glied der weiblichen Gonopoden feststellbar. Unveränderte Wachstumsraten auch im adulten Zustand zeigen die Kopfschildbreite, die Prosternumweite, die Coxaldrüsensumme und die Ocellenzahl.

Die Fortpflanzungsfähigkeit von *L. mutabilis* beginnt wahrscheinlich mit dem Stadium PL6 und ist ab PL7 sicher erreicht. Signifikante Unterschiede zwischen Männchen und Weibchen zeigen sich ab Stadium PL6 in der Coxaldrüsensumme und ab Stadium PL5 in der Häufigkeit des dorsalen vorderen Stachels auf dem Femur des 13. Beinpaars (Stachel 13 DaF).

Die Variabilität der Coxosternalbezeichnung ist größer als bei *Lithobius tricuspis* und *L. melanops*: ca. 10% der adulten *L. mutabilis* weichen von der Norm 2+2 Zähne ab.

Ein Vergleich mit *L. mutabilis* aus dem Solling zeigte keine wesentlichen morphologischen Unterschiede. Zwischen brandenburger Land und Steigerwald existiert möglicherweise eine geographische Variabilität.

Danksagung

Mein herzlicher Dank gilt Frau Dr. ANKE M. ALBERT für das Ausleihen der Lithobiiden aus dem Solling und das Überlassen noch unveröffentlichter Manuskripte sowie Herrn Prof. Dr. M. MÜHLENBERG für die kritische Durchsicht des Manuskripts.

Literatur

- ALBERT, A. M.: Chilopoda as part of the predatory macroarthropod fauna in forests: abundance, life cycle, biomass and metabolism. In: CAMATINI, M. (ed.): Myriapod Biology. New York-London 1979, 215–231.
- : Deviations from Dyar's rule in Lithobiidae. Zool. Anz. **208** (1982) 192–207.
- : Life cycle of Lithobiidae – with a discussion of the r- and K-selection theory. Oecologia (Berl.) **56** (1983) 272–279.
- ANDERSSON, G.: Post-embryonic development of *Lithobius forficatus* (L.), (Chilopoda: Lithobiomorpha). Ent. scand. **7** (1976) 161–168.
- : Taxonomical studies on the post-embryonic development in *Lithobius* with a brief comparison with *Lamyctes* (Chilopoda: Lithobiomorpha). Dissertation Department of Zoology, Göteborg (Sweden) 1979.
- BRÖLEMANN, H. W.: Elements d'une faune des Myriapodes de France. Chilopodes. Faune de France **25**. Toulouse 1930, reprint 1970.
- EASON, E. H.: A review of the north-west European species of Lithobiomorpha with a revised key to their identification. Zool. J. Linn. Soc. **74** (1982) 9–33.
- GHEENT, A. W.: Linear increment in width of the head capsule of two species of sawflies. Can. Entomol. **88** (1956) 17–23.
- LOKSA, I.: Quantitative Makrofauna-Untersuchungen in den Waldböden des Bükkgebirges (Ungarn). Ann. Univ. Sci. Budapest **9–10** (1968) 265–289.
- : Quantitative Untersuchungen über die Makrofauna der Laubstreu in Zerreichen und Hainsimsen-Eichen-Beständen des Bükk-Gebirges. Opusc. Zool. Budapest **16** (1979) 87–96.
- MATIC, Z.: Chilopoda: Anamorpha. In: Fauna Republicii Socialiste România. **6**. Bukarest 1966.
- SCHEFFEL, H.: Untersuchungen über die hormonale Regulation von Häutung und Anamorphose von *Lithobius forficatus* L. (Myriapoda Chilopoda). Zool. Jahrb. Physiol. **74** (1969) 436–505.
- SZEKELYHIDY, E., and I. LOKSA: Oniscoiden, Diplopoden- und Chilopoden-Gemeinschaften im Untersuchungsgebiet „Sikfökut-Projekt“ (Ungarn). Opusc. Zool., Budapest **15** (1978) 151–174.
- TOBIAS, D.: Grundsätzliche Studien zur Art-Systematik der Lithobiidae (Chilopoda: Lithobiomorpha). Abh. senckenberg. naturforsch. Ges. **523** (1969) 1–51.
- VERHOEFF, K. W.: Über die Entwicklungsstufen der Steinläufer, Lithobiiden und Beiträge zur Kenntnis der Chilopoden. Zool. Jahrb. Suppl. VIII (Festschrift Möbius) (1905) 195–298.
- WEIDEMANN, G.: Die Stellung epigäischer Raubarthropoden im Ökosystem Buchenwald. Verh. Dtsch. Zool. Ges. 65. Jahresvers. 1971. Stuttgart: G. Fischer 1972, 106–116.

HEINZ-CHRISTIAN FRÜND, Ökologische Außenstation Steigerwald, D-8729 Neuschleichach (BRD)