

Genitalmorphometrische Untersuchungen an *Arianta arbustorum* (LINNÉ 1758), *A. chamaeleon* (L. PFEIFFER 1842) und *A. schmidtii* (ROSSMÄSSLER 1836) (Mollusca, Gastropoda, Helicidae)

Von HELMUT SATTMANN¹⁾ und
HANS LEO NEMESCHKAL²⁾

(Mit 2 Abbildungen und 1 Tabelle)

Manuskript eingelangt am 25. November 1992



**Arianta-
Workshop**

JOHNSBACH
SEPTEMBER 1992

S u m m a r y

133 specimens of 3 species of *Arianta* (*A. arbustorum*, *A. chamaeleon*, *A. schmidtii*) of 5 populations have been dissected and the length of 10 structures of genitalia have been measured. Principle component analysis (PCA) results in separation of populations mainly by the variables of female endways and epiphallus. But species are not distinguishable by genitalia length parameters. Further investigations should examine possible dependence of certain length variables on the shell size.

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

Aus fünf Populationen von drei verschiedenen Arten wurden insgesamt 133 Exemplare von *Arianta* seziiert und die Längen von 10 verschiedenen Strukturen der Geschlechtsorgane gemessen. Eine Hauptkomponentenanalyse ergab eine Unterscheidung der Populationen anhand der weiblichen Endwege und des Epiphallus. Eine Trennung der Arten anhand von Längenparametern der Geschlechtsorgane ist allerdings nicht möglich. Weitere Untersuchungen sollten eine mögliche Abhängigkeit bestimmter Längenmaße von der Schalengröße prüfen.

E i n l e i t u n g

Spätestens mit den Arbeiten von A. SCHMIDT wurde die Anatomie als wichtiges taxonomisches Kriterium von Schnecken anerkannt. Besonders hilfreich ist das qualitative Vorhandensein oder Nichtvorhandensein bestimmter Strukturen. Schwieriger gestaltet sich die Umsetzung rein metrischer Merkmale, wie etwa die

Anschrift der Verfasser:

¹⁾ Dr. HELMUT SATTMANN, Naturhistorisches Museum, 3. Zoologische Abteilung, Burgring 7, A-1014 Wien

²⁾ Dr. HANS LEO NEMESCHKAL, Institut f. Zoologie, Biozentrum d. Universität Wien, Althanstr. 14, A-1090 Wien

von Längenmaßen. Bei den nahe verwandten Arten *Arianta arbustorum* (LINNÉ 1758), *A. chamaeleon* (L. PFEIFFER 1842) und *A. schmidtii* (ROSSMAESSLER 1836) eignet sich nach EHRMANN (1910) die Anatomie der Genitalorgane nicht gut als Artunterscheidungsmerkmal. Trotzdem versucht EHRMANN, ebenso wie andere Autoren, eine Abgrenzung anhand anatomischen Merkmale zu geben. Wie bei den Heliciden üblich, werden dabei Merkmale und Merkmalskomplexe des Genitalapparates bevorzugt herangezogen. Häufig stößt man dabei auf Unterscheidungskriterien wie „etwas kürzer/länger/dicker/dünn“, die schwer nachvollziehbar sind. Meist ist auch bei Angabe realer Maße die scheinbare Präzision durch die geringe Zahl der untersuchten Tiere respektive Populationen relativiert.

In der vorliegenden Arbeit wurde der Versuch unternommen, die Längen von Strukturen des Genitalapparates einer größeren Anzahl von Tieren verschiedener Populationen zu vergleichen. Die Länge des Blasenstieldivertikels ist dabei aus statistischen Gründen nicht mitberücksichtigt, da bei mehreren Tieren die oberen Geschlechtswege beim Entfernen aus der Schale abrissen und daher die für die PCA notwendige Zahl der Meßstrecken zu gering war. Die Berechnung dieser Maße sowie anderer qualitativer und quantitativer Merkmale (Pigmentierung, Radula, Ausbildung der Harnwege, Innenstrukturen der Genitalendwege etc.) soll weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben, ebenso wie der Vergleich mit den Ergebnissen der Untersuchungen an den Schalen derselben Individuen (BISENBERGER im Druck, dieser Band).

Material und Methode

Die artliche Zuordnung der Individuen erfolgte nach der gängigen Bestimmungsliteratur und wurde durch Rücksprache mit qualifizierten Kollegen abgesichert. Die Auswahl der beiden *A. arbustorum*-Stichproben aus dem Gesäuse/Steiermark ergab sich aus dem Umstand, daß diese beiden Populationen sich gehäusemorphologisch am deutlichsten unterscheiden. Insgesamt wurden 150 Tiere seziiert, gezeichnet und vermessen. Davon wurden 133 für die statistische Analyse verwendet.

Arianta arbustorum: Österreich, Steiermark, Gesäuse, Kummerbrücke, ca. 570 m (= Nr. 1 (FO 6) in KOTHBAUER et al. 1991); n = 20; 10. 6. 1988.

Arianta arbustorum (styriaca): Österreich, Steiermark, Gesäuse, Wasserfallweg, ca. 860 m (= Nr. 3 (FO 8) in KOTHBAUER et al. 1991); n = 28; 20. 6. 1988; 10. 8. 1988.

Arianta chamaeleon: Österreich, Kärnten, Bärenthal, Johannsenruh, ca. 1200 m. (FO 18); n = 29, leg. MILDNER, WAWRA, SATTMANN, KOTHBAUER, 4. 7. 1990.

Arianta chamaeleon: Slowenien, Steiner Alpen, ober Ceska Koca, ca. 1500 m (FO 15); n = 28, leg. WAWRA, SATTMANN, KOTHBAUER, 1./2. 7. 1990.

Arianta schmidtii: Slowenien, Steiner Alpen, Weg Ceska Koca-Grintovec 1600–1800 m (FO 16); n = 28, leg. WAWRA, SATTMANN, KOTHBAUER, 2. 7. 1990.

Besondere Schwierigkeiten im Unterschied zur Morphometrie von Hartteilen stellt die muskulöse, bindegewebige oder drüsige Beschaffenheit der Organe dar, die nach dem jeweiligen physiologischen oder mechanischen Zustand in den

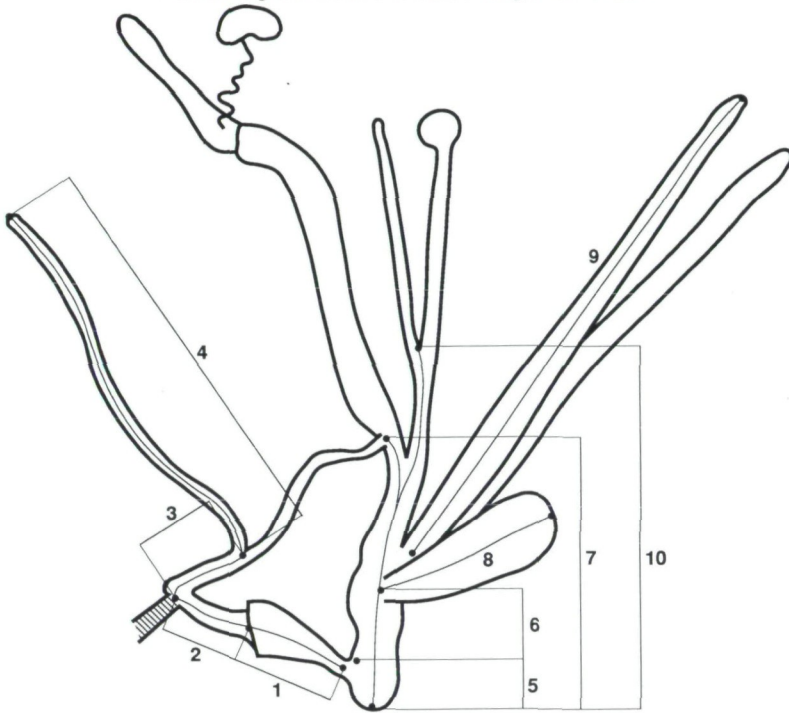


Abb. 1: Meßstrecken an den Genitalorganen, halbschematisch.

Die Nummern entsprechen den Nummern in () bei den Abkürzungen in Tab. 1.

Maßen stark variieren können (vgl. EMBERTON 1989). Obwohl versucht wurde, nur adulte Tiere zu etwa gleicher Jahreszeit zu sammeln und unter vergleichbaren Bedingungen möglichst gestreckt abzutöten und mit standardisierten Methoden zu vermessen, führen die genannten Umstände zu großer Variationsbreite der Meßstrecken. Die mit Chloralhydrat betäubten und in abgekochtem Wasser getöteten Tiere wurden in 75% Alkohol fixiert und konserviert. Die Sektion der Weichkörper erfolgte nach der gängigen Praxis. Die Genitalorgane wurden den Tieren entnommen und in einer Petrischale unter dem Auflichtmikroskop mit Hilfe eines Zeichenspiegels abgebildet. Verschiedene Längenmaße wurden von den Zeichnungen über ein Digitalisierbrett abgenommen und in mm umgerechnet. Gemessen wurden die Längen von:

1. Penis;
2. Epiphallus bis Retraktormuskel;
3. Epiphallus vom Retraktor bis Flagellum;
4. Flagellum;
5. Atrium genitale;
6. Vagina 1 (vom Atrium bis Einmündung des Liebespfeilsackes);
7. Vagina 2 (von der Abspaltung d. Vas deferens bis zur Geschlechtsöffnung);
8. Liebespfeilsack;
9. Glandulae mucosae (arithmetisches Mittel aus den beiden Maßen);
10. Abzweigung des Divertikels von der Geschlechtsöffnung aus gemessen.

Die Meßstrecken sind in Abb. 1 dargestellt. Die Datenmatrizen liegen in der Molluskensammlung des NHM Wien auf.

Die Daten wurden auf einen Personal Computer zur statistischen Bearbeitung übertragen (Commodore – Amiga – 1000). Aus Gründen allometrischer Verschiebungen wurden die Rohdaten für die statistische Bearbeitung logarithmisch (\log_{10}) transformiert. Für sämtliche Berechnungen stand ein Programmpaket mit multivariaten Statistikroutinen zur Verfügung, das von H. L. NEMESCHKAL in Amiga-Basic erstellt wurde. Erläuterungen und Literaturangaben zu den statistischen Methoden finden sich bei NEMESCHKAL & KOTHBAUER (1989).

Normalitätsprüfung: Jede Variable wurde einzeln auf Normalität geprüft. Zusätzlich wurden χ^2 -plots zur Multinormalitätsprüfung durchgeführt. Multinormale Verteilung liegt vor. Die Hauptkomponentenanalyse (PCA) ersetzt die ursprünglichen Variablen durch neue, unkorrelierte Variable (FLURY & RIEDWYL 1983). Varianz-Kovarianzmatrizen wurden der PCA zugrundegelegt, da alle Variablen im selben Maßsystem (Längenmaße in mm) vorliegen. Die Berechnungen erfolgten einerseits nach dem Verfahren von KRYLOW, andererseits nach dem Iterationsverfahren von HOTELLING. Beide Verfahren brachten weitgehend übereinstimmende Ergebnisse.

Eine Diskriminanzanalyse kam nicht in Betracht, weil die Varianz-Kovarianzmatrizen der einzelnen Populationen nicht homogen waren (verallgemeinerter BARTLETT-Test; $\chi^2 = 75,1$; df 45; $p < 0,01$).

Für die graphische Ausfertigung der Abbildungen danken wir Frau K. REPP, NHM Wien.

Ergebnisse

Die höchsten Anteile an der gesamten Merkmalsvarianz haben die Meßstrecken Vagina 1 (32,7%), Atrium genitale (14,5%) und Epiphallus (distal 11,5%; proximal 11,2%). Die ersten drei Hauptachsen erklären insgesamt 73,5% der Varianz. Die erste Hauptachse (PC1; 47,3% der gesamten Merkmalsvarianz) wird vor allem durch die Merkmale „Länge der Vagina“ und „Länge des Atrium genitale“ charakterisiert. Die merkmalseigene Varianz der Variablen „Länge der Vagina 1“ ist zu 88% in der ersten Hauptachse ausgeschöpft, die der Variablen „Länge der Vagina 2“ zu 71%, die der Variablen „Länge des Atrium genitale“ zu 45%. Die zweite und dritte Hauptachse sind durch die beiden Meßstrecken am Epiphallus charakterisiert. Die merkmalseigene Varianz der „Länge des distalen Teiles des Epiphallus“ wird zu 87% in der zweiten Hauptachse (PC2), die der „Länge des proximalen Teiles“ zu 61% in der dritten Hauptachse ausgeschöpft (PC3).

Der Vergleich der Populationen erbrachte, daß die Stichprobe von *A. chamaeleon* aus dem Bärenthal/Kärnten sich durch deutlich kürzere weibliche Endwege (Vagina, Atrium genitale) von den anderen Stichproben unterscheidet (Abb. 1 & 2). Ein χ^2 -Test der Mahalanobis-Distanzen zwischen den beiden *A. chamaeleon*-Populationen erbrachte einen hoch signifikanten Unterschied. Diese Längenmaße trennen also Populationen der gleichen Art. Die Stichprobe der *A. schmidti* ist durch besonders lange weibliche Endwege und relativ kurze Epiphallus-Maße von

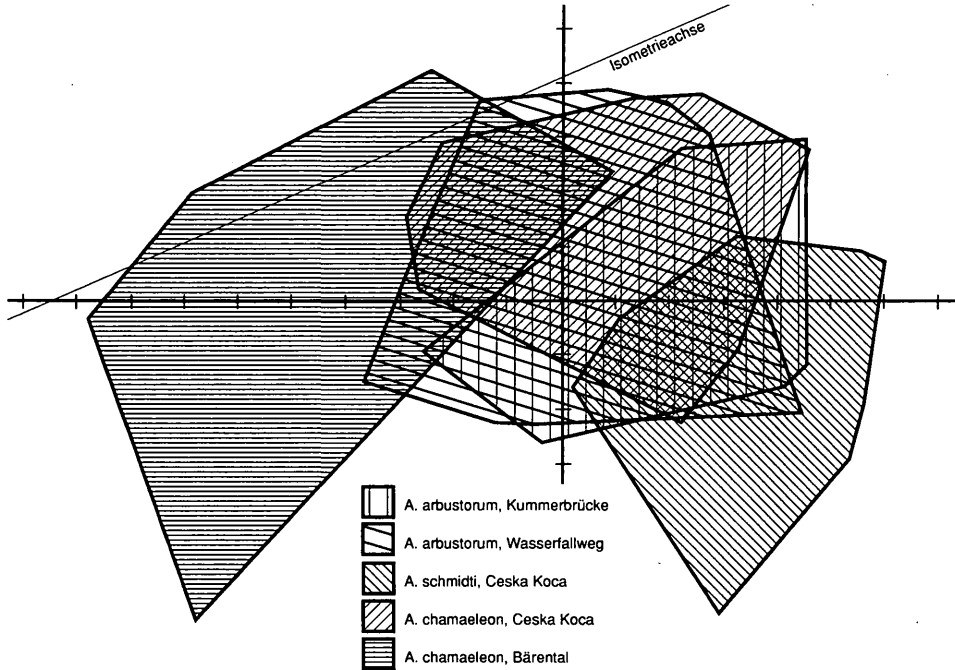


Abb. 2: Hauptkomponentenanalyse (PCA). X-Achse PC 1, Y-Achse PC 2.

den anderen Populationen abgegrenzt. Maxima, Minima und Mittelwerte der einzelnen Meßstrecken der Stichproben sind in Tabelle 1 dargestellt.

D i s k u s s i o n

EHRMANN (1910) und HESSE (1931) geben Beschreibungen der Anatomie von *A. chamaeleon* und *A. schmidti*. EHRMANN (1910, p. 362) schreibt: „Zur Unterscheidung nah verwandter („*Campylaea*“) Arten läßt uns die Anatomie völlig im Stich...“. Trotzdem grenzt er *Campylaea phalerata* (ZIEGLER 1835) (= *Arianta chamaeleon*) gegen *A. arbustorum* durch einige anatomische Merkmale ab, während der „...Geschlechtsapparat von *Camp. schmidti* ZGL. ...dem der *C. phalerata* ZGL. vollkommen gleicht.“ (EHRMANN 1910, p. 363). Diese beiden Arten unterscheiden sich nach seiner Ansicht vor allem durch die verkürzten weiblichen Endwege von *A. arbustorum*. Die PCA brachte das Ergebnis, daß Vagina und Atrium die größte Varianz besitzen und die erste Hauptachse bestimmen. Die Unterschiede der beiden *A. chamaeleon*-Populationen sind aber gleich groß oder größer als die Unterschiede zu den Stichproben von *A. arbustorum*. *A. schmidti* weist in der vorliegenden Untersuchung überhaupt besonders lange weibliche Endwege auf. Die Differenzen auf der zweiten Hauptachse deuten auf eine Verkürzung des Epiphallus bei *A. schmidti* gegenüber *A. chamaeleon* und *A. arbustorum*. In den beiden Hauptkomponenten PC1 und PC2 sind die Stichproben von *A. chamaeleon* vom Bärental und *A. schmidti* von der Ceska Koca am deutlichsten getrennt, während die slo-

	Pe.	E.d.	E.p.	Fla.	A.g.	V.d.	V.g.	Li.	G.m.	As.
<i>A. arb.</i>										
Kummerbr										
n = 20										
Maximum	6,7	5,1	5,3	23,0	3,7	7,0	18,2	8,0	31,4	23,7
Minimum	2,9	2,0	3,1	13,0	1,7	1,9	11,2	6,1	16,3	13,2
Mittelw.	5,1	2,9	4,0	18,8	2,6	3,6	15,5	7,1	24,5	17,4
Stdabw.	1,1	0,7	0,6	2,9	0,5	1,3	1,8	0,6	3,6	2,5
<i>A. arb.</i>										
Wfweg										
n = 28										
Maximum	6,9	5,3	6,7	25,9	3,9	5,6	15,9	8,2	29,4	19,8
Minimum	3,1	2,0	2,2	14,3	1,2	1,4	10,0	5,3	17,8	12,0
Mittelw.	5,0	3,3	4,1	19,6	2,3	3,1	13,2	6,9	22,6	16,6
Stdabw.	1,0	1,0	1,1	3,2	0,6	1,1	1,6	0,6	3,1	2,1
<i>A. schmi.</i>										
Cesk.Koc										
n = 28										
Maximum	7,4	3,8	6,3	21,4	4,9	7,2	16,9	7,1	30,6	18,5
Minimum	3,5	1,4	2,4	13,6	2,3	2,7	10,7	5,3	20,9	11,9
Mittelw.	5,1	2,8	4,1	16,9	3,5	4,6	14,4	6,2	24,6	15,9
Stdabw.	0,9	0,6	0,8	1,8	0,6	1,1	1,4	0,5	2,3	1,5
<i>A. cham.</i>										
Cesk.Koc										
n = 28										
Maximum	8,0	5,6	6,3	24,6	3,5	6,1	16,9	8,8	32,3	18,0
Minimum	3,9	1,8	2,6	14,0	1,6	2,0	9,6	5,0	17,1	10,2
Mittelw.	4,0	3,1	3,1	16,9	1,9	1,9	8,9	7,3	23,5	12,0
Stdabw.	0,6	0,8	0,9	1,9	0,5	0,9	1,4	0,8	2,8	2,0
<i>A. cham.</i>										
Bärental										
n = 29										
Maximum	5,3	4,9	5,1	19,5	2,9	4,4	12,4	8,8	28,6	16,3
Minimum	2,6	1,4	1,5	11,7	1,1	1,1	6,6	5,4	16,8	7,9
Mittelw.	4,0	3,1	3,1	16,9	1,9	1,9	8,9	7,3	23,5	12,0
Stdabw.	0,6	0,8	0,9	1,9	0,5	0,9	1,4	0,8	2,8	2,0

Tabelle 1: Maxima, Minima, Mittelwerte und Standardabweichung der Meßstrecken der 5 Populationen. Abkürzungen: Pe: Penis (1); E.d.: Epiphallus distal (2); E.p.: Epiphallus proximal (3); Fla.: Flagellum (4); A.g.: Atrium genitale (5); V.d.: Vagina distal (6); V.g.: Weiblicher Endweg von der Abzweigung d. Vas deferens bis zur Geschlechtsöffnung (7); Li.: Liebespfeilsack (8); G.m.: Glandes mucosae (9); As.: Geschlechtsöffnung bis Aufspaltung von Divertikel und Blasenstiel (10). Die Nummern in Klammern bezeichnen die entsprechenden Meßstrecken in Abb. 1.

wenischen *A. chamaeleon* sich kaum von *A. arbustorum* unterschieden. Die Gehäuse von *A. chamaeleon* von der Ceska Koca sind laut BISENBERGER (im Druck, dieser Band) erheblich größer als die vom Bärental. Auch die Gehäuse der *A. schmidti* von diesem Fundort scheinen relativ groß im Vergleich zu Schalen von Populationen aus größeren Höhen. EHRMANNs *schmidti*-Exemplare stammten vom Grintovec (Steiner Alpen) aus 1800–2000 m Höhe, während die hier untersuchten Tiere aus 1600–1800 m stammen. Häufig nimmt die Größe von Schnecken mit zu-

nehmender Meereshöhe ab. Es ist also denkbar, daß EHRMANN Tiere aus Populationen mit kleineren Gehäusen vorlagen, und daß das Merkmal kürzerer weiblicher Endwege mit geringerer Gehäusegröße gekoppelt ist. Die zweite Hauptachse (PCII) (Länge des Epiphallus distal) zeigt ebenfalls keine deutliche Trennung der Arten. Am deutlichsten unterscheiden sich *A. chamaeleon* von der Ceska Koca und *A. schmidti* vom selben Fundort. EHRMANNs metrische Unterscheidungskriterien bezüglich der Länge der Vagina können also nicht bestätigt werden.

HESSE (1931) schreibt, daß die Glandulae mucosae bei *A. schmidti* (aus Krain) „... für eine *Arianta* ziehmlich kurz...“ seien. Im vorliegenden Datenmaterial findet sich kein Hinweis darauf, daß diesem Merkmal irgend eine Bedeutung in der inter- oder intraspezifischen Unterscheidung zukommt. Betont sei, daß sich gerade diese Drüsenschläuche recht präzise messen lassen.

Auch die Aussage, daß das Flagellum von *A. schmidti* „... kaum länger als Penis und Epiphallus...“ sei (HESSE 1931), im Gegensatz zu einem längerem Flagellum bei *A. phalerata* (= *chamaeleon*) (EHRMANN 1910), kann nicht bestätigt werden. Nach den bisherigen Ergebnissen ist eine Unterscheidung der drei untersuchten Arten nach genitalmorphometrischen Kriterien nicht möglich. Anatomische Untersuchungen an weiteren *A. chamaeleon*-Populationen und der Vergleich mit den Daten der Schalen sind geplant.

Literatur:

- BISENBERGER, A. (im Druck): Zur phänotypischen Charakterisierung verschiedener *Arianta*-Populationen (*A. arbustorum*, *A. chamaeleon*; *A. schmidti*; Helicidae; Gastropoda). – Ann. Naturhist. Mus. Wien, **94/95**(B): dieser Band.
- EMBERTON, K.C. (1989): Retraction/extension and measurement error in a land snail: effect on systematic characters. – Malacologia, **31** (1): 157–173.
- EHRMANN P. (1910): Zur Naturgeschichte der *Campylaea phalerata* ZGL. – Abh. Senckenb. Naturf. Ges., **32**: 358–386, 2 Taf.
- FLURY B. & RIEDWYL H. (1983): Angewandte multivariate Statistik; Computergestützte Analyse mehrdimensionaler Daten. – 187 p., 91 Abb., 31 Tab. – Stuttgart, New York (G. Fischer).
- HESSE P. (1931): Zur Anatomie und Systematik palaearktischer Stylommatophoren. – Zoologica, **81**: 1–118, 16 Taf.
- KOTHBAUER H., NEMESCHKAL H.L., SATTMANN H. & WAWRA E. (1990): Über den Aussagewert von Typen und qualitativen Aufsammlungen: Eine kritische Sicht am Beispiel von *Arianta arbustorum styriaca* (FRAUENFELD, 1868) (Pulmonata: Helicidae). – Ann. Naturhist. Mus. Wien, **92**(B): 229–240, 5 Taf.
- NEMESCHKAL H. L. & KOTHBAUER H. (1989): Zur Spirale der Schneckenschale: Eine Varianz-Kovarianzuntersuchung bei *Arianta* (Gastropoda, Helicidae). – Zool. Jb. Syst., **116**: 391–409.