

Mitt. dtsh. malakozool. Ges.	107	15 – 18	Frankfurt a. M., Dezember 2022
------------------------------	-----	---------	--------------------------------

Veränderung der Gehäusemorphometrie in Wiederholungsbeobachtungen von *Discus rotundatus* (O. F. MÜLLER 1774)

HEIKE KAPPES

Abstract: Gastropod shell morphometry is affected both by genetic and environmental factors. Here, changes in shell morphometry of three populations of *Discus rotundatus* (O. F. MÜLLER 1774) over fifteen years (1992/93 vs. 2007/08) are reported. Twenty-five shells were measured from each location (garden, hedge, forest) and year (n = 150). Many shell characteristics differed between the sites, but several shell characteristics, such as embryonal shell size and rib density, also showed differences between sampling years. Temporal changes were pronounced in a naturalized garden but did not occur in a large hedge and a forest habitat.

Keywords: protoconch, Pulmonata, shell morphometrics, shell variation, temporal change

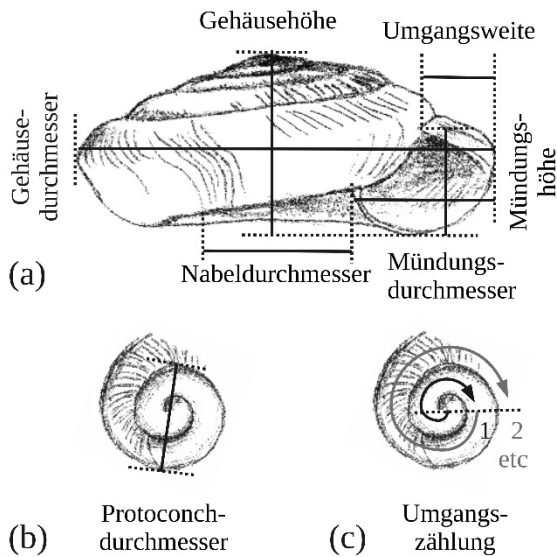
Zusammenfassung: Die Gehäusemorphometrie von Gastropoden wird durch genetische und Umweltfaktoren beeinflusst. Hier werden Veränderungen der Morphometrie von drei Populationen von *Discus rotundatus* (O. F. MÜLLER 1774) über 15 Jahre (1992/93 vs. 2007/08) vorgestellt. Fünfundzwanzig Gehäuse wurden aus jedem Ort (Garten, Hecke, Wald) und Jahr vermessen (n = 150). Viele Gehäusemerkmale differierten zwischen den Fundorten, aber einige Merkmale, wie die Größe der Embryonalschale und die Rippendichte, zeigten darüber hinaus Unterschiede zwischen den Jahren. Diese zeitlichen Veränderungen traten in dem Naturgarten deutlich auf, nicht aber in der Hecke oder dem Waldlebensraum.

Einleitung

Dies ist die Kurzfassung einer bislang unpublizierten Studie, die 2008 im Rahmen eines Visiting Postdoctoral Fellowships des Fonds Wetenschappelijk Onderzoek – Vlaanderen (FWO) an der Universität Antwerpen durchgeführt wurde. Es werden spatiotemporale Variationen der Gehäuse von *Discus rotundatus* (O. F. MÜLLER 1774) beschrieben, die innerhalb von 15 Jahren (1992/93 auf 2007/08) auftraten.

Material und Methoden

Es konnten drei Populationen untersucht werden, nämlich jeweils eine (1) aus einem Naturgarten bei Köln und (2) einer nahegelegenen verwilderten Hecke (50,903°N 7,035°E) (Jahresdurchschnitt ca. 10 °C bei 700-750 mm Niederschlag) sowie (3) eine aus einem Kalkbuchenwald (50,327°N 6,606°E, Jahresdurchschnitt 7,0-7,5 °C bei 850-900 mm Niederschlag; MURL 1989). Jeweils 25 Gehäuse pro Population und Jahr wurden mit einem Messschieber mit einer Genauigkeit von 0,01 mm vermessen (insgesamt 150 Gehäuse). Gemessen wurden in mm (Abb. 1): (1) Gehäusedurchmesser und (2) Gehäusehöhe, (3) Mündungsdurchmesser und (4) Mündungshöhe, (5) dorsale Weite der letzten Windung (Sutur-Kiel-Abstand von oben betrachtet) an der Mündung, (6) Nabeldurchmesser, (7) Protoconch(=Embryonalgehäuse-)durchmesser, (8) Rippenzahl pro mm (Rippendichte) auf dem letzten halben Umgang, (9) Anzahl der Protoconch- und (10) der Gesamt-Gehäuseumgänge. Die Intensität der rötlichen Fleckung wurde wie folgt klassifiziert: 0: kein erkennbares Farbmuster, 1: sehr schwacher Unterschied von Basisfärbung zu Fleckung, 2: Farbmuster schwach, 3: Farbmuster gut ausgeprägt, 4: Farbmuster sehr kontrastreich.



Die Messungen und die Anzahl der Umgänge wurden mittels Regression gegen den Gehäusedurchmesser korrigiert, um größenabhängige Effekte zu minimieren. Die Residuen und die Fleckungsintensität wurden dann einer Hauptkomponenten-Analyse (PCA) unterzogen. Um die Interpretation zu erleichtern, wurde eine Varimax-Rotation durchgeführt. Der Effekt von Ort (Garten, Hecke, Wald) und Jahr (1992/93 vs. 2007/08) auf die Residuen und die PCA-Werte wurden in einer two-way ANOVA mit post-hoc Tukey HSD Test analysiert. Die Berechnungen erfolgten in Statistica v.6 (Statsoft Inc., Tulsa, OK, USA).

Abb. 1: Skizzen zu den Messungen (a, b) und der Zählung der Windungsumgänge (c).

Ergebnisse

Die PCA extrahierte vier Hauptkomponenten mit einem Eigenwert ≥ 1 (Tab. 1), die zusammen 64 % der Gesamtvariabilität der Daten abdecken. PC 1 (Eigenwert = 2,30) wurde überwiegend durch die Protoconchgröße bestimmt (varimax-normalisierte Faktorladung für Protoconchdurchmesser: -0.8046; Anzahl der Embryonalumgänge: -0,8012). PC 2 (Eigenwert = 1,7) bezog sich überwiegend auf die Gehäusehöhe (Gehäusehöhe: -0,7318; Weite der Mündung: 0,7057, Windungszahl: -0,7675). PC 3 (Eigenwert = 1,3) spiegelt den Nabeldurchmesser (-0,9038) und PC 4 (Eigenwert = 1,1) die Rippendichte (0,7337) wider.

Der post-hoc Test der ANOVA zeigte, dass die meisten Gehäusecharakteristika zwischen den Fundorten differierten (Tab. 1). Allerdings differierten einige Merkmale (Mündungsdurchmesser, Weite des letzten Umgangs, Anzahl der Embryonalwindungen, PC 1, PC 4) zwischen den Jahren. Nur die Gehäuse aus dem Garten zeigten signifikante Unterschiede zwischen 1992/93 und 2007/08. Hier nahm die Anzahl der Protoconch-Umgänge ab, und die Rippendichte zu (Tab. 2). Die anderen beiden Probenstellen wiesen keine temporalen Effekte auf (Tab. 2).

Tab. 1: Ergebnis der two-way ANOVA bezüglich der Effekte von Ort und Jahr auf die Gehäusedurchmesser-korrigierten Residuen der morphometrischen Variablen, die Farbmusterintensität und die Hauptkomponenten. Pro Gruppe wurden 25 Gehäuse vermessen.

Merkmal	Ort (df = 2)			Jahr (df = 1)			Ort*Jahr (df = 2)			Modell (df = 5)			
	SS	F	P	SS	F	P	SS	F	P	SS	F	P	R ²
Gehäusehöhe	0,5	13,9	<0,0001	0,0	0,7	0,3913	0,1	2,7	0,0714	0,6	6,8	<0,0001	0,191
Mündungsdurchmesser	0,2	14,1	<0,0001	0,0	6,5	0,0117	0,0	1,6	0,2002	0,2	7,6	<0,0001	0,208
Mündungshöhe	0,1	7,3	0,0009	0,0	3,2	0,0771	0,0	1,7	0,1943	0,1	4,2	0,0013	0,128
Umgangsweite	0,0	5,4	0,0053	0,1	12,6	0,0005	0,0	1,4	0,2623	0,1	5,2	0,0002	0,154
Nabeldurchmesser	0,0	1,7	0,1846	0,0	0,5	0,4686	0,0	0,0	0,9639	0,0	0,8	0,5485	0,027
Protoconch-Durchmesser	0,1	7,6	0,0007	0,0	1,2	0,2678	0,0	1,3	0,2789	0,1	3,8	0,0028	0,117
Protoconch-Umgänge	0,1	8,7	0,0003	0,0	7,2	0,0083	0,1	5,9	0,0036	0,2	7,3	<0,0001	0,202
Gehäuse-Umgänge	1,0	18,0	<0,0001	0,0	0,1	0,7114	0,0	0,7	0,4942	1,0	7,5	<0,0001	0,207
Rippen pro mm	5,0	5,3	0,0060	1,5	3,1	0,0817	4,5	4,7	0,0104	10,9	4,6	0,0006	0,138
Farbmusterintensität	13,1	11,8	<0,0001	0,0	0,0	0,9564	2,3	2,1	0,1254	15,5	5,6	0,0001	0,162
PC1	21,4	13,3	<0,0001	7,1	8,9	0,0034	4,2	2,6	0,0759	32,8	8,1	<0,0001	0,220
PC2	34,4	22,3	<0,0001	1,3	1,7	0,1910	2,4	1,5	0,2170	38,1	9,9	<0,0001	0,256
PC3	11,1	5,9	0,0035	0,8	0,8	0,3723	0,6	0,3	0,7222	12,5	2,6	0,0258	0,084
PC4	6,7	3,7	0,0265	3,6	4,0	0,0465	8,5	4,7	0,0107	18,8	4,2	0,0014	0,126

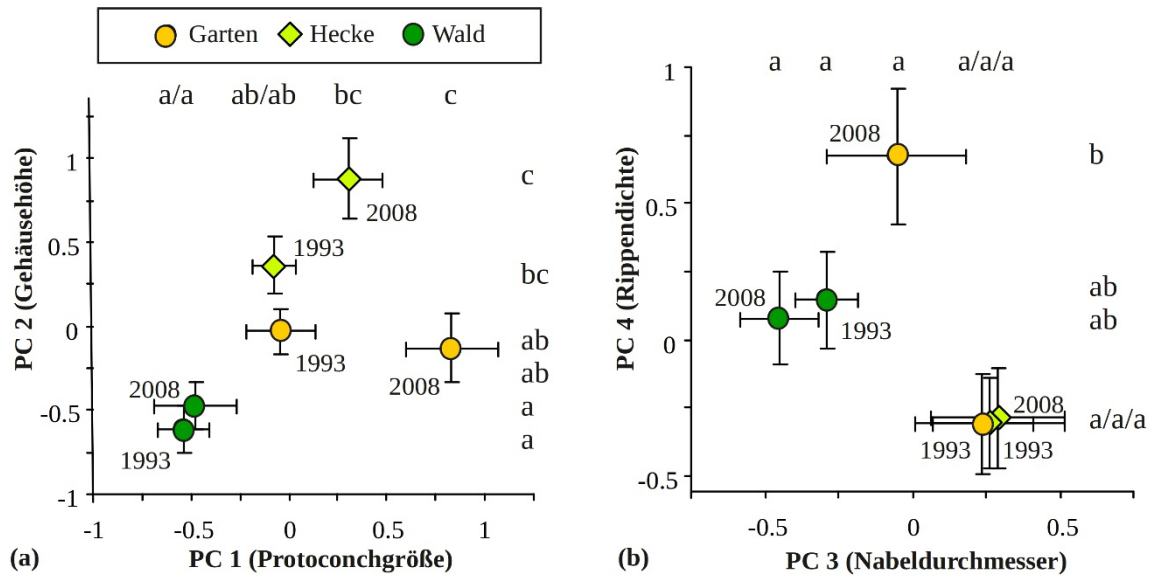


Abb. 2: Mittelwerte und Standardabweichungen der Hauptkomponenten (PCs) mit den Ergebnissen des Tukey HSD post-hoc Tests ($\alpha = 0,05$) bezüglich des simultanen Einflusses von Probenort und -jahr. Pro Gruppe wurden 25 Gehäuse vermessen. Die Buchstaben a, b, c repräsentieren homogene Untergruppen, d. h. gemeinsame Buchstaben bedeuten fehlende Signifikanz bezüglich der Unterschiede.

Tab. 2: Mittelwerte und Standardabweichungen der Rohdaten (Längen/Durchmesser in mm), mit den Ergebnissen des Tukey HSD post-hoc Tests ($\alpha = 0,05$) bezüglich des simultanen Einflusses von Probenort und -jahr. Pro Gruppe wurden 25 Gehäuse vermessen. Die Buchstaben a, b, c repräsentieren homogene Untergruppen, d. h. gemeinsame Buchstaben bedeuten fehlende Signifikanz bezüglich der Unterschiede.

Merkmal	Garten		Hecke		Wald	
	1992/93	2007/08	1992/93	2007/08	1992/93	2007/08
Gehäusedurchmesser	5,27±0,54 ab	5,53±0,29 b	5,28±0,63 ab	5,09±0,52 a	4,99±0,35 a	5,05±0,30 a
Gehäusehöhe	2,14±0,21 a	2,33±0,24 b	2,06±0,29 a	1,99±0,24 a	2,09±0,18 a	2,08±0,16 a
Mündungsdurchmesser	1,84±0,13 bc	1,92±0,10 c	1,85±0,18 bc	1,87±0,16 c	1,72±0,09 a	1,75±0,09 ab
Mündungshöhe	1,61±0,09 b	1,69±0,09 c	1,64±0,12 b	1,64±0,12 b	1,56±0,07 a	1,56±0,07 a
Umgangsweite	0,82±0,09 ab	0,90±0,06 c	0,83±0,10 ab	0,86±0,09 bc	0,78±0,06 a	0,80±0,06 a
Nabeldurchmesser	1,82±0,26 ab	1,94±0,19 b	1,82±0,25 ab	1,74±0,29 a	1,73±0,16 a	1,78±0,15 ab
Protoconch-Durchmesser	0,88±0,04 ab	0,85±0,08 a	0,89±0,04 ab	0,90±0,07 ab	0,91±0,05 b	0,90±0,06 ab
Protoconch-Umgänge	1,27±0,07 b	1,18±0,09 a	1,26±0,05 b	1,24±0,04 b	1,28±0,07 b	1,29±0,11 b
Gehäuse-Umgänge	5,30±0,35 ab	5,50±0,24 b	5,28±0,39 ab	5,14±0,38 a	5,29±0,21 ab	5,33±0,22 ab
Rippen pro mm	6,97±0,57 a	7,66±0,77 b	6,95±0,65 a	6,74±0,71 a	6,90±0,68 a	7,03±0,69 a
Farbmusterintensität	2,06±0,87 ab	1,72±0,84 ab	2,06±0,63 b	2,30±0,84 bc	1,40±0,65 a	1,52±0,59 a

Diskussion

Fundortspezifische Unterschiede in der Gehäusemorphologie waren zu erwarten (z. B. GOODFRIEND 1986, KUŹNIK-KOWALSKA 2008). Die vorliegende Studie bestätigt die neuere Studie von KRAMARENKO (2016), dass signifikante Unterschiede auf geringer Distanz (hier: 300 m, Garten – Hecke) auftreten und zudem zeitliche Veränderungen erfolgen können.

Die zeitlichen Veränderungen waren am deutlichsten in der Gartenpopulation. Die Studie war nicht darauf ausgelegt, die Ursachen der Veränderungen zu klären. Die Schalenform wird beispielsweise durch das Mikroklima beeinflusst (BOETTGER 1929, UMIŃSKI 1962, KUŹNIK-KOWALSKA 2008). So wird die Gehäusehöhe, also die Umgangsversetzungsrate T nach RAUP (1966), bei *Discus rotundatus* in dauerfeuchten Bedingungen bereits in der ersten Generation modifiziert und die Gehäuse höher (BOETTGER 1929). Die Färbungsintensität ist in gestörten Lebensräumen etwas höher als im geschlossenen Wald (vgl. KAPPES & al. 2009).



Abb. 3: Spiralfraß an *Discus rotundatus*, hier aus dem Jahr 2015 (Foto: H. KAPPES).

Gehäuserippen werden mit einem Prädationsschutz in Verbindung gebracht (z. B. MILLAR & WAITE 2004). Die Zunahme der Rippungsdichte könnte durch Änderungen im Prädationsdruck bedingt sein. Bis etwa 2015 fielen regelmäßig Gehäuse mit Spiralfraß auf (Abb. 3).

Der Protoconch von *D. rotundatus* ist in Altwäldern größer als in Neupflanzungen (KAPPES & al. 2009). Die Größe des Protoconchs kann ein Hinweis auf den Reproduktionsmodus sein. Ist er groß, sollten auch die Eier größer gewesen sein. In diesem Falle wäre entweder die Reproduktion spät erfolgt und das Tier größer und/oder die Eigröße gestiegen, dafür möglicherweise die Anzahl der Eier reduziert. Für die Gartenpopulation könnte dies bedeuten, dass es zu einer früheren Reproduktion beziehungsweise einer höheren Produktion (dann) kleinerer Eier gekommen war. Die Gartenpopulation war 2008 zudem genetisch isoliert (KAPPES & al. 2009), so dass Drift ebenfalls eine Rolle gespielt haben kann.

Die Ergebnisse deuten an, dass die Gehäusevariabilität in solchen Thanatozöosen und (sub-)fossilen Depositionen, bei denen wiederholte Umlagerungen oder Einwaschungen von Gehäusen zu erwarten sind, kaum interpretierbar ist. Zudem bleibt zu prüfen, wie stark geografische Muster von Gehäusemerkmalen durch Aufsammlungen aus unterschiedlichen Jahrzehnten gestört werden könnten.

Danksagung

THIERRY BACKELJAU (Antwerpen/Brüssel) und KURT JORDAENS (Tervuren) sei für anregende Diskussionen gedankt. NORBERT BISCHOF (Forstbetrieb Jünkerath) erlaubte die Beprobung des Kalkbuchenwaldes.

Literatur

- BOETTGER, C. R. (1929): Beeinflussung des Schalenbaus der Landschnecke *Goniodiscus rotundatus* MÜLLER. — Biologisches Zentralblatt, **49**: 559-568, Leipzig.
- GOODFRIEND, G. A. (1986): Variation in land-snail shell form and size and its causes: a review. — Systematic Zoology, **35**: 204-223, Baltimore.
- KAPPES, H., JORDAENS, K., VAN HOUTTE, N., HENDRICKX, F., MAELFAIT, J.-P., LENS, L. & BACKELJAU, T. (2009): A land snail's view of a fragmented landscape. — Biological Journal of the Linnean Society, **98**: 839-850, London.
- KRAMARENKO, S. S. (2016): Patterns of spatio-temporal variation in land snails: a multi-scale approach. — Folia Malacologica, **24**: 111-177, Poznań.
- KUŹNIK-KOWALSKA, E. (2008): Shell variation in the genus *Discus* FITZINGER, 1833 (Gastropoda: Pulmonata: Endodontidae). — Folia Malacologica, **16**: 1-16, Poznań.
- MILLAR, A. J. & WAITE, S. (2004): Patterns of shell damage among snails from a coppice woodland in Sussex, England. — Journal of Conchology, **38**: 421-440, London.
- MURL (Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen, Hrsg., 1989): Klima atlas Nordrhein-Westfalen. — 65 S., 50 Karten, Düsseldorf (Deutscher Wetterdienst).
- RAUP, D. M. (1966): Geometric analysis of shell coiling: general problems. — Journal of Paleontology, **40**: 1178-1190, Cambridge, Mass.
- UMIŃSKI, T. (1962): Revision of the Palearctic forms of the genus *Discus* FITZINGER, 1833 (Gastropoda, Endodontidae). — Annales Zoologici, **20**: 299-333, Warszawa.

Adresse der Autorin:

Dr. HEIKE KAPPES, Department of Ecology, Cologne Biocenter, University of Cologne, Zùlpicher Str. 47b, 50674 Köln, Germany, h.kappes@hausdernatur.de