

Ann. Naturhist. Mus. Wien	94/95	B	335–352	Wien, 1993
---------------------------	-------	---	---------	------------

Zur phänotypischen Charakterisierung verschiedener *Arianta*-Populationen (*A. arbustorum*, *A. chamaeleon*, *A. schmidtii*; Helicidae, Gastropoda)

On phenotypical characterization of *Arianta*-populations (*A. arbustorum*, *A. chamaeleon*, *A. schmidtii*; Helicidae, Gastropoda)

Von AGNES BISENBERGER¹⁾

(Mit 10 Abbildungen und 4 Tabellen)

Manuskript eingelangt am 22. September 1992

Zusammenfassung



Nicht nur bei *Arianta arbustorum*, sondern auch bei anderen Landschnecken ergeben sich bei rein typologischer individueller Zuordnung anhand der Schalen vielfach klassifikatorische Probleme. Alternativ dazu bietet sich die Bearbeitung von Populationen an. An den Schalen von sieben Populationen von *A. arbustorum*, drei Populationen von *Arianta chamaeleon* und einer Population von *Arianta schmidtii* wurden jeweils 10 Merkmale (Höhe, Breite, 'Form', Zahl der Umgänge, Nabelung, Nabelweite, Ausprägung des braunen Bandes, Verlauf des braunen Bandes, Gewicht, Volumen) erhoben.

Die phänotypische Charakterisierung der einzelnen Populationen brachte folgende Ergebnisse:

1) Bei *A. arbustorum* lassen sich deutlich zwei Gruppen unterscheiden: Populationen mit globulären, ungenabelten Schalen, die sich untereinander signifikant nur durch die Schalengröße unterscheiden und Populationen mit flachen, genabelten Schalen, die sich vor allem anhand der Schalenform und Nabelung unterscheiden lassen.

2) Die Populationen von *A. chamaeleon* sind in ihren Merkmalsausprägungen untereinander sehr ähnlich. Sie haben einheitlich flache, weit genabelte Schalen und unterscheiden sich nur durch die Größe signifikant.

3) Die Population von *A. schmidtii* ist charakterisiert durch sehr flache, weit genabelte Schalen.

4) Vergleicht man die einzelnen Populationen, lassen sich *A. arbustorum*, *A. chamaeleon* und *A. schmidtii* anhand der Ausprägung des braunen Bandes klar voneinander trennen: Das braune Band ist bei *A. arbustorum* deutlich sichtbar und nicht von der Naht verdeckt, während es bei *A. chamaeleon* prägnant ausgeprägt und von der Naht verdeckt ist. Bei der überwiegenden Anzahl der Schalen von *A. schmidtii* fehlt das braune Band. Ist es angedeutet sichtbar, so ist es von der Naht verdeckt. Zudem sind die Schalen von *A. chamaeleon* signifikant flacher und weiter genabelt als jene von *A. arbustorum*. *A. schmidtii* hat die vergleichsweise flachsten Schalen.

5) Die Ergebnisse zeigen deutlich, daß sich die einzelnen Populationen sehr gut anhand charakteristischer Schalenmerkmale unterscheiden lassen, manche sogar in unverwechselbarer Weise. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, weiterführenden Arbeiten zur Systematik, Ökologie, Tiergeographie, etc. ausreichend dokumentierte Fundorte und eine ausreichende Quantität von Individuen und Merkmalen zugrunde zu legen.

¹⁾ Anschrift der Verfasserin: AGNES BISENBERGER, Institut für Zoologie der Universität Wien, Althanstraße 14, A-1090 Wien. – Österreich.

S u m m a r y

Land snails are predominantly classified according to shell traits. Not only within *Arianta arbustorum* but also within other land snails individual determination based on a typological concept only is highly problematic. The investigation of populations is an alternative to a typological approach.

For this research seven populations of *A. arbustorum*, three populations of *Arianta chamaeleon* as well as one population of *Arianta schmidtii* were characterized by ten different shell traits which are: height, breadth, shell shape, number of whorls, degree of umbilication, umbilical width, intensity of the brown band, course of the brown band, shell weight and shell volume.

The results are:

1) Within *A. arbustorum* there are two groups of populations: populations with globular shells and a closed umbilicus, separable only by shell-size, and populations with flattened, umbilicated shells, separable by shell shape and the degree of umbilication.

2) The shells of the three populations of *A. chamaeleon* are very similar in their visible appearance being uniformly flat and provided with an open umbilicus. They are separable only by different shell sizes.

3) The only population of *A. schmidtii* is characterized by extremely flat shells provided with an open umbilicus.

4) *A. arbustorum*, *A. chamaeleon* and *A. schmidtii* are clearly separable by different banding-modes: in *A. arbustorum* the brown band is clearly visible and not covered by the suture. In *A. chamaeleon* the brown band stands out more distinctly and is covered by the suture. Most of the shells of *A. schmidtii* are unbanded. If a faint band is visible it is covered by the suture. Moreover the shells of *A. chamaeleon* are significantly flatter than those of *A. arbustorum* and the degree of umbilication is much more pronounced. The shells of *A. schmidtii* are the flattest of all.

5) The results show that the different *Arianta*-populations are clearly separable by shell characters. Alternatively to typological views work on systematics, ecology, zoogeography, etc. based on a sufficient number of individuals and/or characters is proposed.

E i n l e i t u n g

Arianta arbustorum (LINNAEUS, 1758) ist eine der variabelsten Landschneckenarten. Sie ist in Nordwest- und Mitteleuropa allgemein verbreitet und kommt in den Alpen bis in 2700 m Seehöhe vor (KERNEY, CAMERON & JUNGBLUTH 1983).

Anhand der Schalen wurde bei dieser Art eine Unzahl von Varietäten beschrieben (PFEIFFER 1848), die als Unterarten (KLEMM 1973) in die Literatur eingingen, vielfach aber nur die subjektive Interpretation der betreffenden Bearbeiter darstellen (vgl. dazu auch MILDNER 1981). Die Taxa *Arianta arbustorum alpicola* (FÉRUSAC 1821) und *Arianta arbustorum styriaca* (FRAUENFELD 1868) stellten sich, mit objektivierten biometrischen Verfahren überprüft, bereits als unhaltbar heraus (NEMESCHKAL & KOTHBAUER 1988, KOTHBAUER, NEMESCHKAL, SATTMANN & WAWRA 1991). Klar abgrenzbare Unterarten bei *A. arbustorum* sind daher nicht anzunehmen. Somit haben Aussagen zur Ökologie, Zoogeographie etc., die auf der vermeintlichen Existenz dieser Unterarten beruhen, nur sehr eingeschränkte Aussagekraft.

Vorliegende Arbeit stellt den Versuch dar, einzelne Populationen von *A. arbustorum*, *Arianta chamaeleon* (Südalpen) und *Arianta schmidtii* (Südalpen) an-

hand von Schalenmerkmalen phänotypisch zu charakterisieren um damit eine tragfähige Basis für Aussagen zur Ökologie und Verbreitung dieser Tiergruppe zu finden.

Nicht nur bei *A. arbustorum*, sondern auch bei anderen Landschnecken ergeben sich bei rein typologischer, individueller Zuordnung vielfach klassifikatorische Probleme (z.B. *Medora*, Clausiliidae, GIUSTI, GRAPPELLI, MANGANELLI, FONDI & BULLINI 1986). Alternativ dazu bietet sich die Bearbeitung von Populationen an („Populationsdenken“, MAYR 1989).

Populationen von *A. arbustorum* wurden vor allem in der Schweiz untersucht (BURLA & STAHEL 1983, BAUR 1984 a, b, BURLA 1984, REICHARDT, RABOUD, BURLA & BAUR 1985, BAUR 1986, BAUR & BAUR 1986, BAUR & GOSTELI 1986, BAUR & RABOUD 1988, BAUR 1988, BAUR 1990, ARTER 1990), wo aber Höhenformen mit flachen, genabelten Schalen sowie *A. chamaeleon* (L. PFEIFFER 1848) und *A. schmidtii* (ROSSMÄSSLER 1836) nicht vorkommen.

Material & Methode

Die bearbeiteten Schalen stammen aus dem Naturhistorischen Museum Wien. Jede Schale ist mit einer Bearbeitungsnummer versehen.

Folgende, nach zunehmender Höhenlage gereichte, Fundorte scheinen in vorliegender Arbeit auf: Kurzbezeichnung, Fundort (in Klammern jeweils: Fundortnummer nach den Beschriftungszetteln/Zahl der Schalen/Bearbeitungsnummern):

Arianta arbustorum (A):

- A.KB – Kummerbrücke, ca. 570 m, Gesäuse, Stmk. (6/50/270–319)
- A.KÖ – Garten Gasthof Kölbl, ca. 850 m, Gesäuse, Johnsbach, Stmk. (5/50/220–269)
- A.WAU – Wasserfallweg „unten“, ca. 860 m, Gesäuse, Stmk. (8/50/320–369)
- A.WAO – Wasserfallweg „oben“, ca. 1460 m, Gesäuse, Stmk. (9/42/370–411)
- A.HE – Heßhütte, nähere Umgebung, ca. 1680 m, Gesäuse, Stmk. (10/50/170–219)
- A.WO – Wolayer See, 200 m vor Pichl-Hütte, ca. 1950 m, Kärnten (21/50/670–717, 768, 769)
- A.P – Südhang unter Peterscharte, Gesäuse, 1960–2000 m, Stmk. (10/50/412–461)

Arianta chamaeleon (C):

- C.B – Bärental, Halde bei Johannsen Ruhe, Karawanken, ca. 1200 m, Kärnten (18/51/603–652)
- C.CK – Steiner Alpen, Umgebung Česka Koča, ca. 1500 m, Slowenien (15/50/481–529)
- C.WO – Wolayer See, 200 m vor Pichl-Hütte, ca. 1950 m, Kärnten (12/50/718–767)

Arianta schmidtii (S):

- S.CK – Steiner Alpen, Weg Česka Koča – Grintovec, ca. 1600–1800 m, Slowenien (16/50/546–595)

An den Schalen wurden folgende Merkmale erhoben: Höhe (H) und Breite (B) der Schalen wurde mit einer Schiebelehre gemessen (bei üblicher Orientierung der Schale, vgl. KERNEY, CAMERON & JUNGBLUTH 1983). Die Nabelung (N) wurde geschätzt. Dazu wurde eine Schätzskala verwendet (vgl. KOTHBAUER et al. 1991). 0 = „Nabel bedeckt“, 1 = „Nabel 10% offen“, 2 = „Nabel 20% offen“ etc. bis 10 = „Nabel 100% offen“. Zur Beurteilung der Nabelweite (NW) wurde die maximale sichtbare Breite des Nabels in Einheiten von je 0,5 mm mit einem an den Nabel angelegten Lineal geschätzt.

Die Zahl der Umgänge (U) wurde, wie üblich, gezählt (KERNEY, CAMERON & JUNGBLUTH 1983).

Die Ausprägung des braunen Bandes (BA) wurde wie folgt beurteilt: 0 = „braunes Band nicht vorhanden“, 1 = „braunes Band am letzten Umgang angedeutet sichtbar“, 2 = „braunes Band am letzten Umgang deutlich sichtbar“, 3 = „braunes Band am letzten Umgang prägnant ausgeprägt“. Falls ein braunes Band vorhanden war, wurde der Verlauf des braunen Bandes folgendermaßen kategorisiert (BAN): 1 = „Band nicht von der Naht verdeckt“, 2 = „Band teilweise von der Naht verdeckt“, 3 = „Band von der Naht verdeckt“ (vgl. KERNEY et al. 1983). Zur Ermittlung des Schalengewichtes (G) wurden die Schalen auf einer Analysenwaage gewogen. Da alle Schalen bei der Präparation gleich behandelt worden waren, sind die Gewichte, trotz eventuell vorhandener trockener (!) Weichkörperreste, durchaus vergleichbar.

Das Volumen (V) der Schalen wurde mittels Wasserverdrängung gemessen. Die Mündungen der Schalen wurden mit Plastilin eben verschlossen, bei genabelten Schalen wurden die Luftblasen im Nabel mit Hilfe einer Nadel entfernt. Das verdrängte Wasser wurde mit einer 5 ml-Injektionsspritze (Meßskala 0,2 ml) aufgenommen.

Für die Berechnung der an den Schalen erhobenen Daten stand ein Programmpaket der Universität Wien zur Verfügung (Statgraphics, Vers. 4.0, Lizenznummer 4511410). Für die Merkmale H, B, H/B, G und V wurden jeweils der Mittelwert ($\bar{x}$) und der Konfidenzbereich für $\bar{x}$ (Irrtumswahrscheinlichkeit $p = 5\%$) berechnet, für die Merkmale U, N, NW, BA, BAN jeweils der Median und das untere und obere Quartil (ZÖFEL 1988) als ein Äquivalent zum Konfidenzbereich für den Median.

Die Ergebnisse sind in Form von Sterndiagrammen, Grundgerüst in Abb. 1, wiedergegeben. Anfangs- und Endpunkt einer Merkmalsachse stellen den niedrigsten und höchsten Wert aller bearbeiteten Schalen dar (Anfangspunkt der Merkmalsachse BAN = nc, no comparison: „keine Aussage möglich, ob das braune Band von der Naht verdeckt ist“).

Zur Abschätzung der Meß- und „Schätzfehler“ wurden jeweils nach Bearbeitung eines Fundortes ca. 10% der Schalen zufällig ausgewählt und nochmals allen Bearbeitungsschritten unterzogen. Die Mittelwerte aller so erhobenen Meß- bzw. Schätzdifferenzen sind in den Abb. 2–10 nicht wiedergegeben. Sie sind in Tab. 1 zusammengefaßt. Konfidenzbereich für $\bar{x}$ (Irrtumswahrscheinlichkeit $p = 5\%$): $\bar{x}_H$ zwischen 0,080 und 0,460; $\bar{x}_B$ zwischen 0,093 und 0,186; $\bar{x}_U$ zwischen 0,023 und

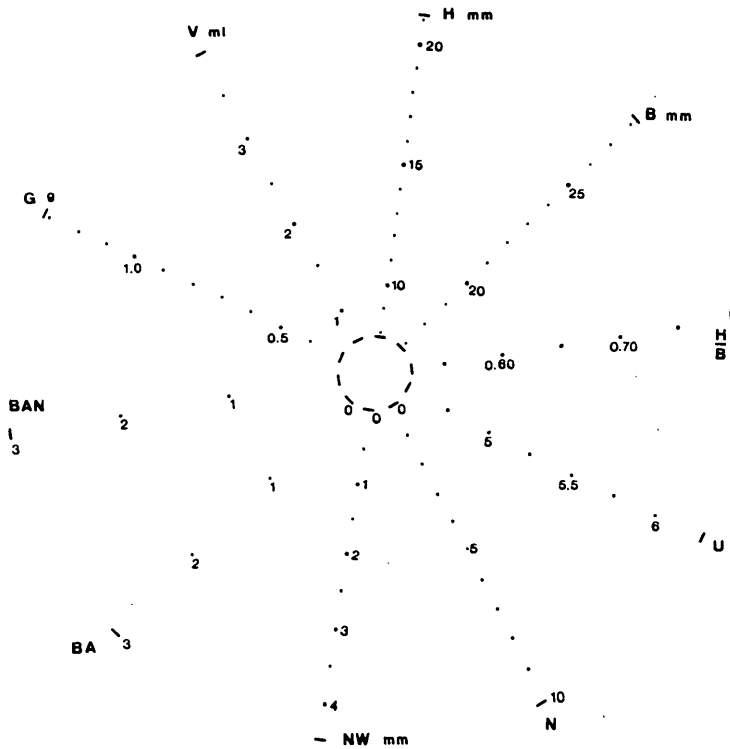


Abb. 1: Grundgerüst aller Sterndiagramme (vgl. Material & Methode). H = Höhe (mm), B = Breite (mm), H/B = Verhältnis von Höhe zu Breite, Merkmal 'Form', U = Zahl der Umgänge, N = Nabelung, NW = Nabelweite (mm), BA = Band, BAN = Verlauf des braunen Bandes, G = Gewicht (g), V = Volumen (ml). Anfangs- und Endpunkt der Merkmalsachsen sind die jeweils kleinsten und größten gemessenen bzw. geschätzten Werte aller bearbeiteten Schalen (in Klammern jeweils: Anfangspunkt – Endpunkt): H (7,9–21,1 mm), B (16,7–28,3 mm), H/B (0,52–0,80), U (4,5–6,25), N (0–10), NW (0–4,5), BA (0–3), BAN (1–3), G (0,30–1,32 g), V (0,6–4,0 ml).

0,076; $\bar{x}_N$ zwischen 0,091 und 0,388; $\bar{x}_{NW}$ zwischen 0,025 und 0,122; $\bar{x}_{BA}$ zwischen 0,009 und 0,170; $\bar{x}_{BAN}$ zwischen 0,012 und 0,0314; $\bar{x}_V$ zwischen 0,039 und 0,080.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 2–10 wiedergegeben. Untere und obere Grenze der Konfidenzintervalle für den Mittelwert bzw. die Äquivalente für die Konfidenzintervalle des Medians (vgl. Material & Methode) sind in Richtung der Merkmalsachsen eingetragen. Unterscheiden sich zwei Werte signifikant, dann berühren oder überlappen sich die Intervallgrenzen nicht (z.B. Abb. 3, Merkmal H). Berühren oder überlappen sich hingegen die Intervallgrenzen, so sind die Unterschiede nicht signifikant (z.B. Abb. 3, Merkmal U).

Wie Abb. 2 zeigt, lassen sich bei *A. arbustorum* deutlich zwei Gruppen unterscheiden: Populationen mit globulären, ungenabelten Schalen, die „klassische“ A.

	$\bar{x}$	SE		$\bar{x}$	SE
H	0,30	0,040	BA	0,09	0,040
B	0,14	0,023	BAN	0,05	0,031
U	0,11	0,013	G	0,00	0,000
N	0,24	0,074	V	0,06	0,010
NW	0,07	0,024			

Tab. 1: Mittelwerte ($\bar{x}$) aller Meß- bzw. Schätzdifferenzen (vgl. Material & Methode) für die Merkmale H (= Höhe), B (= Breite), U (= Zahl der Umgänge), N (= Nabelung), NW (= Nabelweite), BA (= Band), BAN (= Verlauf des braunen Bandes), G (= Gewicht), V (= Volumen); SE (= Standardfehler).

arbustorum (Abb. 2, linke Kolonne) und Populationen mit flachen, genabelten Schalen, vormals „*A. arbustorum styriaca*“ (Abb. 2, rechte Kolonne).

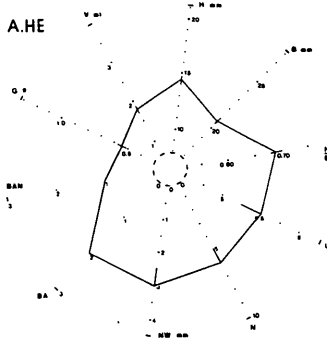
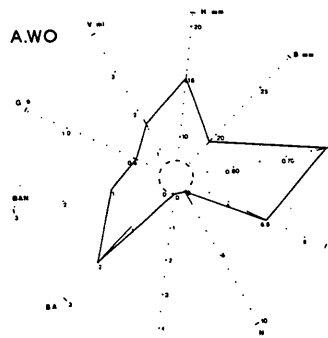
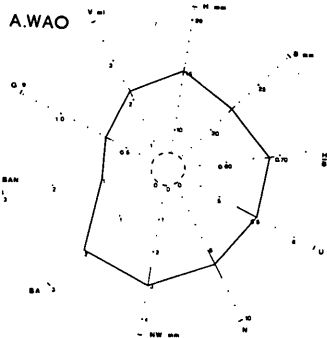
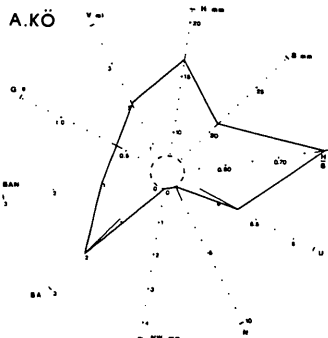
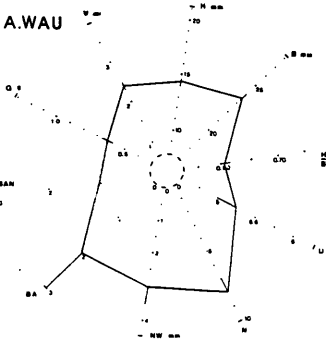
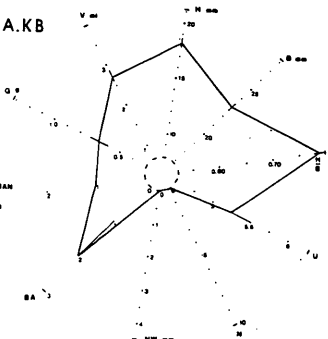
In Abb. 3 sind die Populationen der ersten Gruppe zusammengefaßt und vergrößert dargestellt. Die Tiere der Fundorte Kummerbrücke (A.KB, 570 m NN), Kölblwirt (A.KÖ, 850 m NN) und Wolayer See (A.WO, 1950 m NN) sind, im Gegensatz zu jenen aus Gruppe 2 (Abb. 4), in ihren Merkmalsausprägungen sehr ähnlich, signifikant unterscheiden sie sich nur durch die „Größe“ (B, H, V, G) der Schalen (vgl. dazu BURLA & STAHEL 1983, BAUR 1984, BAUR & RABOUD 1988 und, zur Problematik des Begriffes „Schalengröße“, NEMESCHKAL 1991).

Gemeinsam ist den Populationen von Gruppe 1 die Form der Schalen (in vorliegender Arbeit als Verhältnis von Höhe zu Breite H/B verstanden) und die Ausprägung des braunen Bandes, das deutlich zu sehen (BA) und, im Gegensatz zu *A. chamaeleon*, nicht von der Naht verdeckt ist (BAN, vgl. *A. chamaeleon*, Abb. 7, Band prägnant ausgeprägt und von der Naht verdeckt).

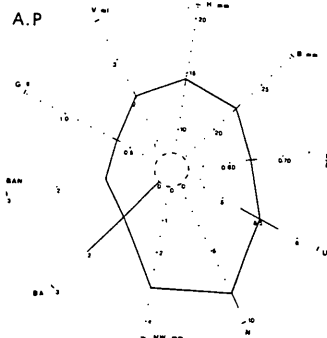
In Abb. 4 sind die Populationen der zweiten Gruppe zusammengefaßt und vergrößert dargestellt. Auf den ersten Blick fällt auf, daß sich die Erscheinungsbilder dieser Gruppe, im Vergleich zu jenen von Gruppe 1 (Abb. 3), sehr stark unterscheiden.

Die Tiere vom unteren Wasserfallweg (A.WAU, 860 m NN) sind charakterisiert durch die, im Vergleich zu den anderen Populationen, sehr flachen (H/B) und weit genabelten Schalen (N). Zusätzlich kann das braune Band auch prägnant aus-

Abb. 2: Merkmalsausprägungen der Schalen von *Arianta arbustorum* verschiedener Fundorte (vgl. Material & Methode). Linke Kolonne, Gruppe 1, die „klassische“ *A. arbustorum*, rechte Kolonne, Gruppe 2, „*A. arbustorum styriaca*“. A.KB = Fundort Kummerbrücke (n = 50/n für BAN = 43), A.KÖ = Fundort Kölblwirt (n = 50/n BAN 40), A.WO = Fundort Wolayer See (n = 50/n BAN 48), A.WAU = Fundort Wasserfallweg „unten“ (n = 50/n BAN 49), A.WAO = Fundort Wasserfallweg „oben“ (n = 50/n BAN 37), A.HE = Fundort Heßhütte (n = 50/n BAN 48), A.P = Fundort Peterscharte (n = 50/n BAN 23). Auf den Merkmalsachsen H (= Höhe), B (= Breite), H/B (= Verhältnis von Höhe zu Breite, 'Form'), NW (= Nabelweite), G (= Gewicht) und V (= Volumen) sind jeweils der Mittelwert ($\bar{x}$) und der Konfidenzbereich für $\bar{x}$ eingetragen, auf den Merkmalsachsen U (= Zahl der Umgänge), N (= Nabelung), BA (= Band), BAN (= Verlauf des braunen Bandes) jeweils der Median und das entsprechende Äquivalent zum Konfidenzbereich (s. Material & Methode). Mittelwerte, bzw. Mediane, sind jeweils miteinander verbunden und ergeben so „charakterisierende Erscheinungsbilder“. Für eine erste Übersicht sind die einzelnen Diagramme stark verkleinert dargestellt. Beschriftung vgl. Abb. 3–10.



Gruppe 1 ^



Gruppe 2 >

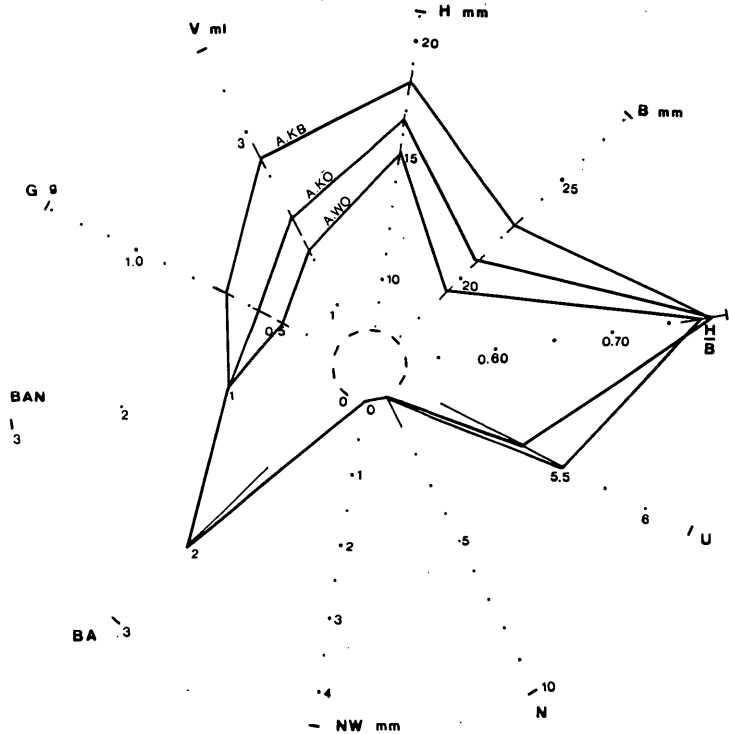


Abb. 3: Merkmalsausprägungen der Schalen von *Arianta arbustorum* aus Gruppe 1 (Populationen mit globulären, ungenabelten Schalen). A.KB = Fundort Kummerbrücke, A.KÖ = Fundort Köblwirt, A.WO = Fundort Wolayer See. Beschriftung vgl. Abb. 1 und Abb. 2.

geprägt sein (BA). Diese Tiere erinnern an *A. chamaeleon* (flache, weit genabelte Schalen, Band prägnant ausgeprägt, vgl. dazu FRAUENFELD 1868, KLEMM 1973). Auffallend ist, daß diese Population mit den flachsten Schalen diejenige vom niedrigst gelegenen Fundort ist, während die Tiere aus der Gipfelregion (A.P, 2000 m NN) signifikant weniger flache Schalen haben (vgl. dazu Diskussion bei GITTENBERGER 1991). Im Merkmal 'Nabelung' unterscheiden sich A.WAU und A.P nicht. Das braune Band ist bei A.P im allgemeinen nur angedeutet sichtbar, kann aber auch vollständig fehlen.

Die Tiere von der Heßhütte (A.HE, 1460 m NN) und vom oberen Wasserfallweg (A.WAO, 1680 m NN) sind charakterisiert durch eher globuläre und weniger weit genabelte Schalen, wodurch sie sich signifikant von A.WAU und A.P unterscheiden. Anhand der Schalenform (H/B) und Merkmal 'Nabelung' (N) lassen sich A.WAO und A.HE nicht unterscheiden, A.HE hat aber signifikant kleinere Schalen als A.WAO. Die Schalengröße (V) trennt die Populationen vom Wasserfallweg (A.WAU und A.WAO) und jene von der Peterscharte (A.P) nicht.

Gemeinsam ist allen Populationen der zweiten Gruppe die einheitliche Nabelweite (NW), trotz unterschiedlich weit bedeckten Nabels (N). Ist ein braunes

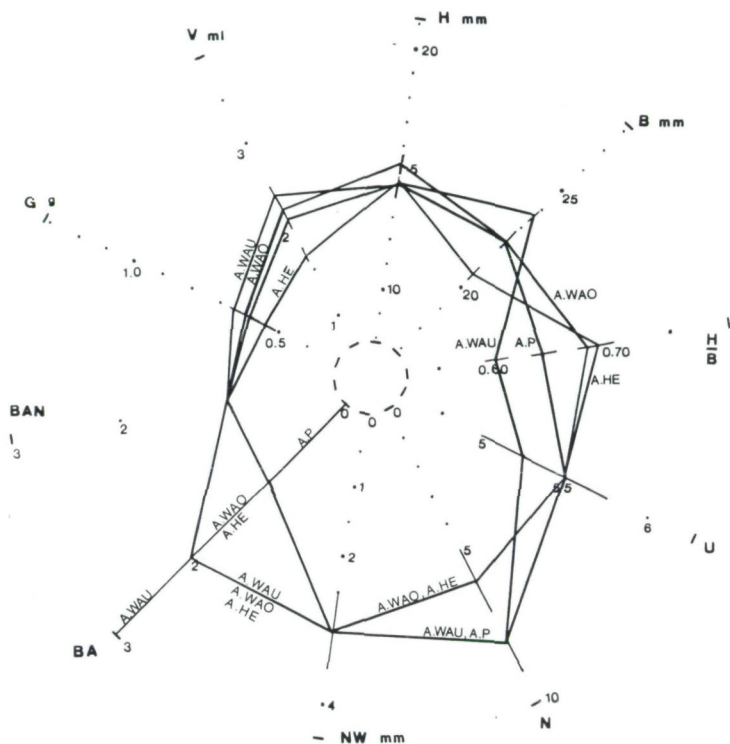


Abb 4: Merkmalsausprägungen der Schalen von *Arianta arbustorum* aus Gruppe 2 (Populationen mit flachen, genabelten Schalen), A.WAU = Fundort Wasserfallweg unten, A.WAO = Fundort Wasserfallweg oben, A.HE = Fundort Heßhütte, A.P = Fundort Peterscharte. Beschriftung vgl. Abb. 1 und Abb. 2.

Band vorhanden (BA), so ist es, wie bei den Populationen der ersten Gruppe (Abb. 3), nicht von der Naht verdeckt (BAN, vgl. *A. chamaeleon*, Band von der Naht verdeckt, Abb. 7).

Bemerkenswert ist, daß flachere Schalen nicht unbedingt auch weiter genabelt sind als weniger flache (vgl. z.B. H/B – A.WAU, A.P und N – A.WAU, A.P). Trotzdem besteht sichtlich ein Zusammenhang von Form (H/B) und Nabelung (N): globuläre Schalen sind praktisch nicht genabelt (Abb. 3, H/B, N), flachere Schalen sind etwas weiter genabelt (Abb. 4, H/B, N – A.HE, A.WAO) und flache Schalen sind deutlich genabelt (Abb. 4, H/B, N – A.WAU, A.P).

Abb. 5 macht die Unterschiede zwischen den beiden Gruppen von *A. arbustorum* anhand je einer Population (A.KB, A.WAU) – Entfernung der Fundorte nur ca. 1 km Luftlinie – deutlich: Angesichts der signifikanten Unterschiede bezüglich Schalenform (H/B) und Nabelung (N) wird verständlich, daß frühere Autoren darin verschiedene Taxa sahen, nämlich *A. arbustorum arbustorum* (LINNAEUS 1758), nach KLEMM (1973) „die Normalform der *arbustorum*“ und *A. arbustorum styriaca* (FRAUENFELD 1868).

	BA			BAN
<i>A. arbustorum</i>				
A.KB	(1)	2	(-)	1
A.KÖ	(1)	2	(-)	1
A.WO	(1)	2	(-)	1
A.WAU	(-)	2	(3)	1
A.WAO	(-)	2	(-)	1
A.HE	(-)	2	(-)	1
A.P	(0)	1	(2)	1
<i>A. chamaeleon</i>				
C.CK	(-)	3	(-)	3
C.B	(-)	3	(-)	3
C.WO	(-)	3	(-)	3
<i>A.schmidtii</i>				
S.CK	(-)	0	(1)	3

Tab. 2: Vergleich von *Arianta arbustorum*, *Arianta chamaeleon* und *Arianta schmidtii* verschiedener Fundorte anhand von Merkmal 'Band' (BA) und 'Verlauf des braunen Bandes' (BAN). In Klammern jeweils unteres und oberes Quartil als ein Äquivalent zum Konfidenzbereich für den Median (vgl. Material & Methode). BA: 0 = „braunes Band nicht vorhanden“, 1 = „braunes Band am letzten Umgang angedeutet sichtbar“, 2 = „braunes Band am letzten Umgang deutlich sichtbar“, 3 = „braunes Band prägnant ausgeprägt“. BAN: 1 = „Band nicht von der Naht verdeckt“, 3 = „Band von der Naht verdeckt“ (vgl. Material & Methode). Abkürzungen vgl. Abb. 2 und 6.

Abb. 6 zeigt die Merkmalsausprägungen dreier Populationen von *A. chamaeleon* (C.CK aus den Steiner Alpen, Umgebung Česka Koča, 1500 m NN, C.B aus dem Bärenthal, 1200 m NN, C.WO vom Wolayer See, 1950 m NN) und von *A. schmidtii* (S.CK, ebenfalls aus den Steiner Alpen, Weg Česka Koča – Grintovec, 1600–1800 m NN).

In Abb. 7 sind die Populationen von *A. chamaeleon* zusammengefaßt und vergrößert dargestellt. Die Tiere der einzelnen Fundorte, besonders jene von der Česka Koča (C.CK) und aus dem Bärenthal (C.B), sind sich in ihren Merkmalsausprägungen sehr ähnlich, sie unterscheiden sich signifikant nur durch die „Größe“ der Schalen, erinnernd an Abb. 3. Die Population vom Wolayer See (C.WO) fällt auf durch die, im Vergleich zu C.CK und C.B, besonders kleinen Schalen. Bemerkenswert ist, daß bei diesen Populationen die Zahl der Umgänge sichtlich mit der „Größe“ der Schalen einhergeht (vgl. Merkmale V, H, B und U). Außerdem fällt auf, daß größere Schalen mit mehr Umgängen weiter genabelt sein dürften als kleinere Schalen mit weniger Umgängen (vgl. Merkmal U und NW, Abb. 7).

Allen Populationen gemeinsam sind die einheitlich flachen Schalen (H/B), der unbedeckte Nabel (N) und das braune Band, das, im Gegensatz zu *A. arbustorum* (vgl. Abb. 3, 4), prägnant ausgeprägt (BA) und von der Naht verdeckt (BAN) ist.

Von *A. schmidtii* liegt nur eine Population vor (S.CK, Abb. 6, 8). Sie ist charakterisiert durch sehr flache (H/B $\bar{x}$ = 0,53), weit genabelte Schalen (N, NW). Ein braunes Band kann angedeutet sichtbar sein und ist dann, wie bei *A. chamaeleon*

<i>A. arbustorum</i>	H/B			N		
Gruppe 1						
A.KB	(0,77)	0,79	(0,80)	(0)	0	(1)
A.KÖ	(0,78)	0,79	(0,80)	(-)	0	(1)
A.WO	(0,76)	0,78	(0,79)	(-)	0	(1)
Gruppe 2						
A.WAU	(0,59)	0,60	(0,61)	(7)	8	(-)
A.WAO	(0,67)	0,68	(0,69)	(5)	6	(7)
A.HE	(0,68)	0,69	(0,70)	(5)	6	(-)
A.P	(0,63)	0,64	(0,65)	(-)	8	(9)
<i>A. chamaeleon</i>						
C.CK	(0,56)	0,57	(0,58)	(-)	10	(-)
C.B	(0,55)	0,56	(0,57)	(-)	10	(-)
C.WO	(0,55)	0,56	(0,57)	(-)	10	(-)
<i>A. schmidtii</i>						
S.CK	(0,52)	0,53	(0,54)	(-)	10	(-)

Tab. 3: Vergleich von *Arianta arbustorum*, *Arianta chamaeleon* und *Arianta schmidtii* verschiedener Fundorte anhand von Merkmal 'Form' (H/B, Mittelwerte; in Klammern jeweils untere und obere Intervallgrenze für den Konfidenzbereich), und Nabelung (N, Median; in Klammern jeweils unteres und oberes Quartil als ein Äquivalent zum Konfidenzbereich für den Median). Abkürzungen s. Abb. 2 und 6.

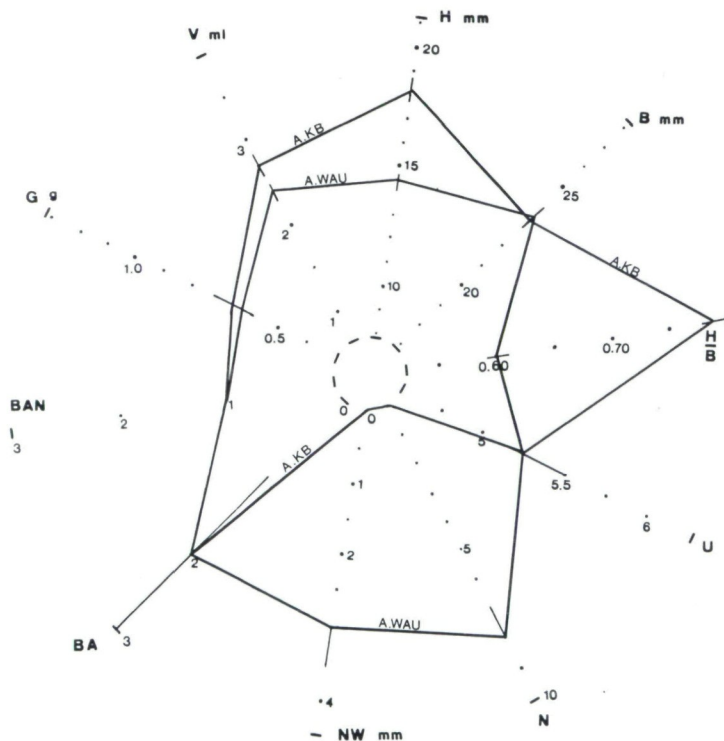


Abb. 5: *Arianta arbustorum*. Vergleich je einer Population aus Gruppe 1 (A.KB) und Gruppe 2 (A.WAU). Beschriftung vgl. Abb. 1 und Abb. 2.

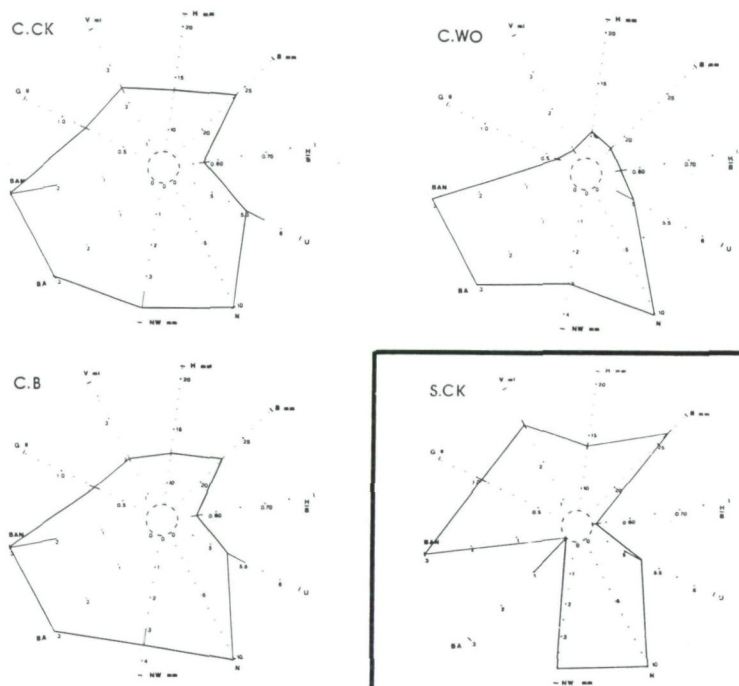


Abb. 6: Merkmalsausprägungen der Schalen von *Arianta chamaeleon* (C.CK, C.B, C.WO) und *Arianta schmidtii* (S.CK) (vgl. Material & Methode). *A. chamaeleon*: C.CK = Fundort Steiner Alpen, Umgebung Česka Koča (n = 50, n für Merkmal BAN = 50), C.B = Fundort Bärenal (n = 50/n BAN 50), C.WO = Fundort Wolayer See (n = 50/n BAN 50). *A. schmidtii*: S.CK = Fundort Steiner Alpen, Weg Česka Koča – Grintovec (n = 50/n BAN 11). Auf den Merkmalsachsen H (= Höhe), B (= Breite), H/B (= Verhältnis von Höhe zu Breite, 'Form'), NW (= Nabelweite), G (= Gewicht) und V (= Volumen) sind jeweils der Mittelwert ($\bar{x}$) und der Konfidenzbereich für $\bar{x}$ eingetragen, auf den Merkmalsachsen U (= Zahl der Umgänge), N (= Nabelung), BA (= Band), BAN (= Verlauf des braunen Bandes) jeweils der Median und das untere und obere Quartil als ein Äquivalent zum Konfidenzbereich für den Median. Mittelwerte, bzw. Mediane, sind jeweils miteinander verbunden und ergeben so „charakterisierende Erscheinungsbilder“.

(vgl. Abb. 7) von der Naht verdeckt (BAN). Bei der überwiegenden Zahl der Schalen fehlt es jedoch vollständig.

Im Vergleich zu *A. chamaeleon* vom benachbarten Fundort (C.CK, Abb. 8) hat *A. schmidtii* (S.CK) signifikant „größere“ (V) und flachere (H/B) Schalen mit signifikant weniger Umgängen. Das Merkmal Band (BA) trennt die beiden Arten hier klar.

Abb. 9 stellt die Unterschiede zwischen *A. arbustorum*, *A. chamaeleon* und *A. schmidtii* anhand „charakteristischer“ Populationen zusammenfassend dar (A.WAU, C.CK und S.CK). Die Kombination der Merkmale 'Band' (BA) und 'Band von Naht verdeckt' (BAN) trennt die Arten klar. Bei *A. arbustorum* ist das braune Band bei der überwiegenden Zahl der Individuen deutlich sichtbar und

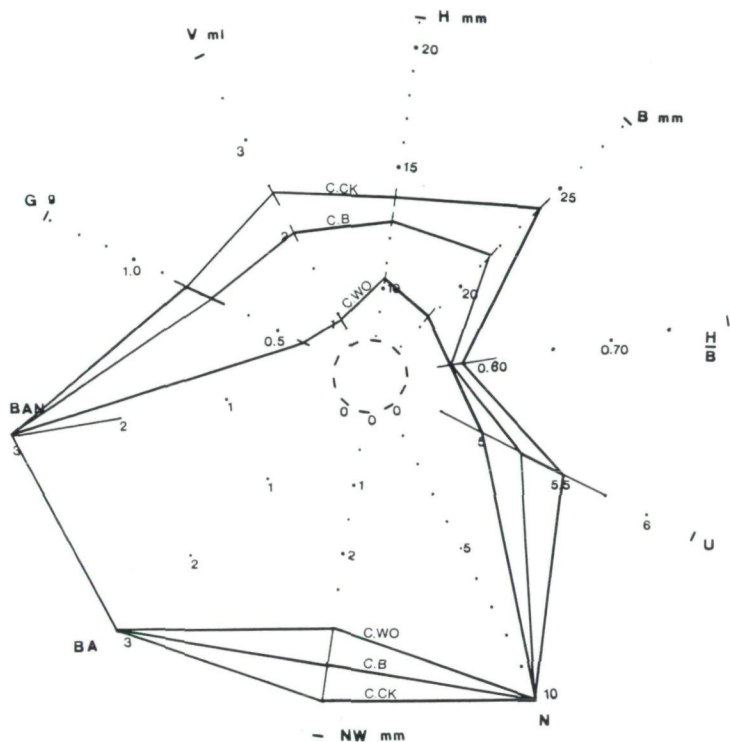


Abb. 7: Merkmalsausprägungen der Schalen von *Arianta chamaeleon* verschiedener Fundorte. (C.CK = Česka Koča, C.B = Bärenthal, C.WO = Wolayer See). Beschriftung vgl. Abb. 6.

nicht von der Naht verdeckt (vgl. auch Abb. 3, 4, 5 und Tab. 2), während es bei *A. chamaeleon* prägnant ausgeprägt und von der Naht verdeckt ist (vgl. auch Abb. 7, 8 und Tab. 2). Bei *A. schmidtii* fehlt das braune Band zumeist. Ist es angedeutet sichtbar, so ist es von der Naht verdeckt (vgl. auch Abb. 8 und Tab. 2).

Aus Abb. 9 und Tab. 3 geht hervor, daß die Schalen der bearbeiteten Populationen von *A. chamaeleon* signifikant flacher (H/B) und weiter genabelt (N) sind, als jene von *A. arbustorum* aus Gruppe 2 (vgl. Abb. 4). *A. schmidtii* (S.CK) hat die insgesamt flachsten Schalen (vgl. auch H/B, Abb. 8).

Vor allem die Schalen„größe“ (V) und -form (H/B), sowie die Nabelung (N) und die Ausprägung des braunen Bandes (BA, BAN) können als Unterscheidungsmerkmale herangezogen werden.

KOTHBAUER et al. (1991) zweifeln den Artstatus von *A. chamaeleon* an, da die eindeutige Zuordnung von Individuen höchst problematisch ist. Vergleicht man jedoch die Mittelwerte (bzw. Mediane) der einzelnen Populationen, läßt sich *A. chamaeleon*, trotz z.T. sehr ähnlicher Merkmalsausprägungen (z.B. V, H, B, H/B, NW, BA bei A.WAU und C.CK, H/B, N, NW bei S.CK und C.CK), klar von *A. arbustorum* und von *A. schmidtii* unterscheiden (Abb. 9, Tab. 2, Tab. 3). Das gemeinsame Vorkommen von *A. arbustorum* und *A. chamaeleon* am Wolayer See zeigt be-

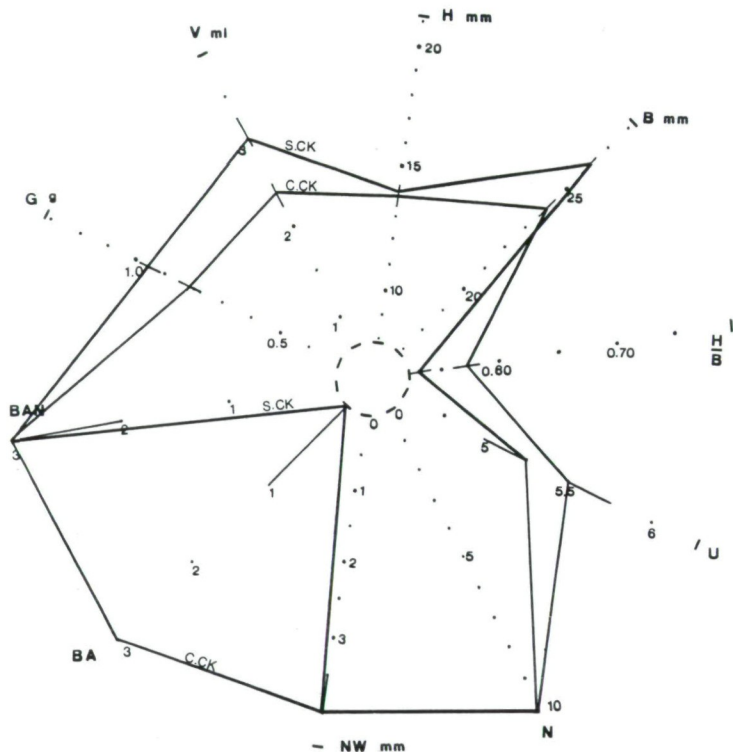


Abb. 8: Merkmalsausprägungen der Schalen von *Arianta schmidtii* (S.CK) und *Arianta chamaeleon* (C.CK) von benachbarten Fundorten. Beschriftung vgl. Abb. 6.

sonders deutlich, daß es sich um „gute“ Arten handelt (Abb. 10): die Tiere wurden dort in großer Zahl nebeneinander gefunden.

Die unterschiedlichen Merkmalsausprägungen der Schalen können viele Gründe haben. Zum Beispiel Umwelteinflüsse wie Temperatur, Feuchte, Exposition, (RENSCH 1932, GEBHARDT-DUNKEL 1953, BURLA & STAHEL 1983, ABDELREHIM 1984, BAUR 1984 a, b, BURLA 1984, BAUR & RABOUD 1988, ARTER 1990), Nahrungsangebot und Kalkuntergrund (OLDHAM 1928, FRÖMMING 1953), Anpassung an die Biotopstruktur (CAMERON 1977, CAIN & COWIE 1978, CAMERON 1981 a, b, COOK & JAFFAR 1984), sowie Populationsdichte (ANDREASSEN 1981, BAUR 1988), unterschiedlicher Feinddruck und Parasitismus (BOETTGER 1952, CAMERON 1969, PARKIN 1973, Überblick bei REICHARDT, RABOUD, BURLA, BAUR 1985).

Die Charakterisierung von Populationen anhand von Schalenmerkmalen bietet sich in diesem Zusammenhang vor allem auch als Freilandmethode an, da sich alle Parameter bis auf Volumen und Gewicht im Feld erheben lassen.

Zur Berechnung des Schalenvolumens wird von BAUR (1984) eine Formel von RENSCH (1932) verwendet, die dieser zur Ermittlung des relativen Schalengewichtes als „Raummaß“ an schematisierten Schalenmodellen erstellte ($R = D^2 \cdot H/2$, vgl. RENSCH 1932, S.779). Anhand zweier unabhängig voneinander und von verschiedenen Bearbeitern durchgeführten Volumensmessungen und -berechnungen

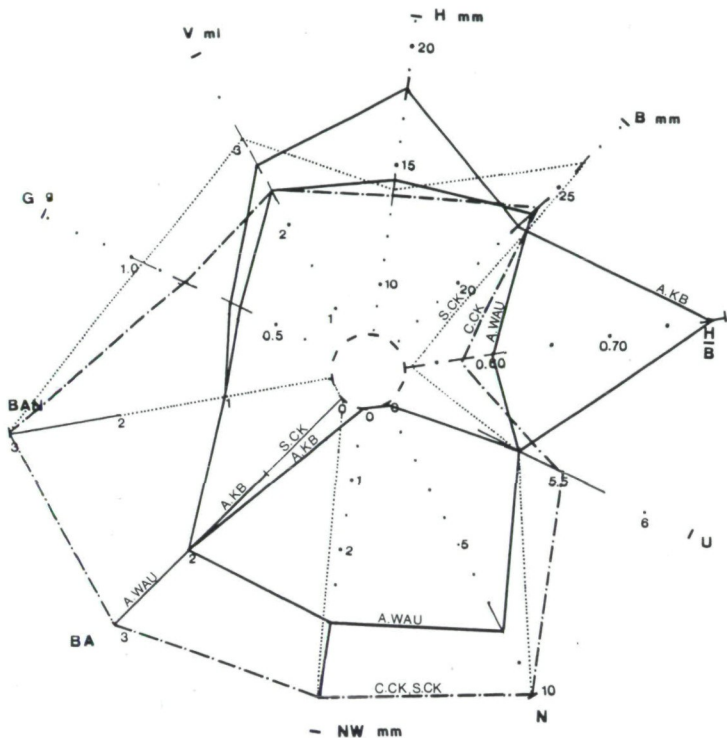


Abb. 9: Vergleich von *Arianta arbustorum*, *Arianta chamaeleon* und *Arianta schmidtii* anhand „charakteristischer“ Populationen. Durchgehende Linie = *A. arbustorum* (A.KB aus Gruppe 1, A.WAU aus Gruppe 2), Strich-Punkt-Strich – Linie = *A. chamaeleon* (C.CK), punktierte Linie = *A. schmidtii* (S.CK). Beschriftung vgl. Abb. 6.

– an ein und denselben Schalen (n = 50) – konnte jedoch festgestellt werden, daß sich, bei üblicher Orientierung der Schalen (nach KERNEY, CAMERON & JUNG-BLUTH 1983), gemessene und berechnete Volumina signifikant unterscheiden (t-Test, Irrtumswahrscheinlichkeit p = 5%, Tab. 4). Somit erweist sich die Anwendung dieser Formel zur Berechnung des Volumens als höchst problematisch.

Fundort A.P	V		V	
	gemessen		berechnet	
	$\bar{x}$	SE	$\bar{x}$	SE
Bearbeiter 1	2,1	0,053	3,6	0,058
Bearbeiter 2	2,4	0,056	3,8	0,086

Tab. 4: Vergleich von gemessenen und berechneten Volumina der Schalen von Fundort Peterschar- te (A.P, n = 50). V gemessen = mittels Wasserverdrängung gemessenes Volumen, V berechnet = nach einer Formel von RENSCH (1932), $R = D^2 \cdot H/2$, berechnetes Volumen (R = „Raummaß“, D = Durchmesser der Schalen, entspricht B in Material & Methode, H = Höhe der Schalen, entspricht H in Material & Methode). $\bar{x}$ = Mittelwert, SE = Standardfehler. Die Volumina der Schalen wurden, unabhängig voneinander, von zwei verschiedenen Bearbeitern (Bearbeiter 1: BISENBERGER, Bearbeiter 2: KOTHBAUER) gemessen bzw. berechnet. Konfidenzbereich für $\bar{x}$ (Irrtumswahrscheinlichkeit p = 5%): $\bar{x}_1$ (gemessen) zwischen 1,99 und 2,20; $\bar{x}_2$ (gemessen) zwischen 2,28 und 2,51; $\bar{x}_1$ (berechnet) zwischen 3,48 und 3,71; $\bar{x}_2$ (berechnet) zwischen 3,63 und 3,97.

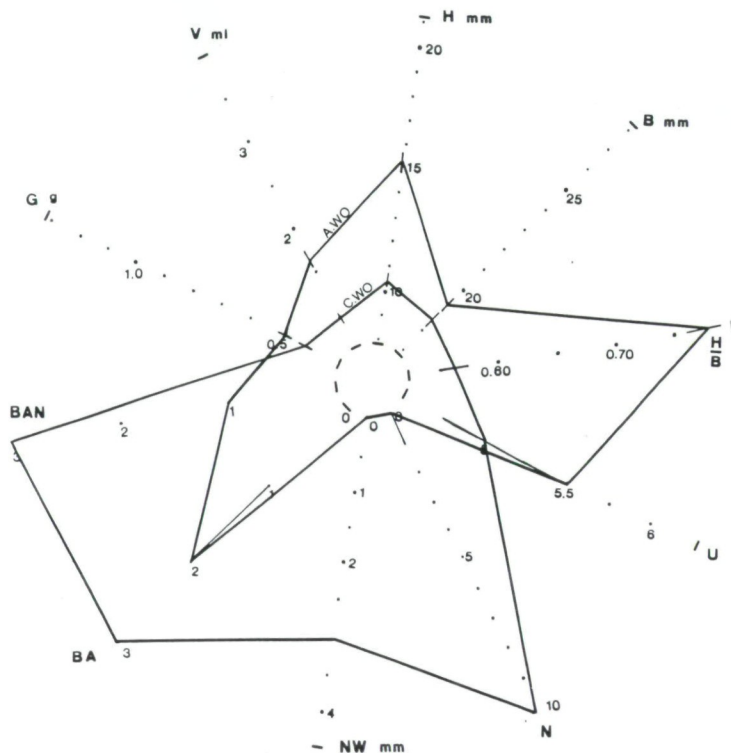


Abb. 10: Merkmalsausprägungen der Schalen von *Arianta arbustorum* (A.WO) und *Arianta chamaeleon* (C.WO) vom Wolayer See. Beschriftung vgl. Abb. 6.

Die Ergebnisse zeigen deutlich, daß sich die einzelnen Populationen sehr gut anhand charakteristischer Schalenmerkmale unterscheiden lassen, manche sogar in unverwechselbarer Weise (vgl. Abb. 1–7). Daraus ergibt sich die Möglichkeit, weiterführenden Arbeiten zur Systematik, Ökologie, Tiergeographie, etc. ausreichend dokumentierte Fundorte und eine ausreichende Quantität von Individuen und Merkmalen zugrunde zu legen.

Danksagung

Herrn Univ. Doz. Dr. H. KOTHBAUER, Wien, möchte ich für die ausführliche Diskussion der Thematik und die kritische Durchsicht des Manuskriptes besonders herzlich danken. Herrn Dr. H. L. NEMESCHKAL, Wien, sei für seine Hilfe bei der statistischen Auswertung recht herzlich gedankt. Herrn Dr. E. WAWRA und Herrn Dr. H. SATTMANN (beide Naturhistorisches Museum Wien) danke ich für ihr freundliches Entgegenkommen bei der Beschaffung von Literatur.

Literatur

- ABDEL-REHIM, A. H. (1984): Metabolic adaptation in the polymorphic land snail *Arianta arbustorum*. – J. Moll. Stud., **50**: 96–103.
- ANDREASSEN, E. M. (1981): Population dynamics of *Arianta arbustorum* and *Cepaea hortensis* in western Norway. – Fauna norv. Ser. A2, 1–13.

- ARTER, H. E. (1990): Spatial relationship and gene flow paths between populations of the alpine snail *Arianta arbustorum* (Pulmonata: Helicidae). – *Evolution*, **44**(4): 966–980.
- BAUR, B. (1984a): Dispersion, Bestandesdichte und Diffusion bei *Arianta arbustorum* (L.) (Mollusca, Pulmonata) in Abhängigkeit von der Umwelt. – PhD Thesis, Zürich Univ.
- (1984b): Shell size and growth rate differences for alpine populations of *Arianta arbustorum* (L.) (Pulmonata Helicidae). – *Rev. suisse Zool.*, **91**: 37–46.
- (1986): Geographic variation of resting behaviour in the land snail *Arianta arbustorum* (L.): Does gene flow prevent local adaptation? – *Genetica*, **70**: 3–8.
- (1988): Population regulation in the land snail *Arianta arbustorum*: density effects on adult size, clutch size and incidence of egg cannibalism. – *Oecologia*, **77**: 390–394.
- (1990): Seasonal changes in clutch size, egg size and mode of oviposition in *Arianta arbustorum* L. (Gastropoda) from alpine populations. – *Zool. Anz.*, **225**: 253–264.
- (1992): Random mating by size in the simultaneously hermaphroditic land snail *Arianta arbustorum*: experiments and an explanation. – *Anim. Behav.*, **43**: 511–518.
- & BAUR, A. (1986): Proximate factors influencing egg cannibalism in the land snail *Arianta arbustorum* (Pulmonata, Helicidae). – *Oecologia*, **70**: 283–287.
- & GOSTELI, M. (1986): Between and within population differences in geotactic response in the land snail *Arianta arbustorum* (L.) (Helicidae). – *Behaviour*, **97**: 1–2.
- & RABOUD, C. (1988): Life history of the land snail *Arianta arbustorum* along an altitudinal gradient. – *J. Animal. Ecol.*, **57**: 71–87.
- BOETTGER, C. R. (1952): Größenwachstum und Geschlechtsreife bei Schnecken und pathologischer Riesenwuchs als Folge einer gestörten Wechselwirkung beider Faktoren. – *Zool. Anz.*, **17**: 468–487.
- BURLA, H. (1984): Induced environmental variation in *Arianta arbustorum* (L.). – *Genetica*, **64**: 65–67.
- & STAHEL, W. (1983): Altitudinal variation in *Arianta arbustorum* (Mollusca, Pulmonata) in the Swiss Alps. – *Genetica*, **62**: 95–108.
- CAIN, A. J. & COWIE, R. H. (1978): Activity of different species of land-snail on surfaces of different inclinations. – *J. Conch.*, **29**: 267–272.
- CAMERON, R. A. D. (1969): Predation by song thrushes *Turdus ericetorum* (TURTON) on the snails *Cepaea hortensis* (MÜLL.) and *Arianta arbustorum* (L.) near Rickmannsworth. – *J. Anim. Ecol.*, **38**(3): 547–553.
- (1977): Differences in the sites of activity of coexisting species of land molluscs. – *J. Conch.*, **29**: 273–278.
- (1981): Functional aspects of shell geometry in some British land snails. – *Biol. J. Linn. Soc.*, **16**: 157–167.
- COOK, L. M. & JAFFAR, W. N. (1984): Spire index and preferred surface orientation in some land snails. – *Biol. J. Linn. Soc.*, **21**: 307–313.
- FRAUENFELD, G. v. (1868): Zoologische Miscellen, XIV.2. *Campylaea styriaca* n. sp. – *Verh. zool. bot. Ges. Wien*, **18**: 149–150.
- FRÖMMING, E. (1953): Biologie der mitteleuropäischen Landgastropoden. – Duncker & Humblot, Berlin.
- GEBHARDT-DUNKEL, E. (1953): Die Trockenresistenz bei Gehäuseschnecken. – *Zool. Jb. Abt. Allg. Zool.*, **64**: 235–266.
- GITTENBERGER, E. (1991): Altitudinal variation and adaptive zones in *Arianta arbustorum*: a new look at a widespread species. – *J. Moll. Stud.*, **57**: 99–100.
- GIUSTI, F., GRAPPELLI, C., MANGANELLI, G., FONDI, R. & BULLINI, L. (1986): An attempt of natural classification of the genus *Medora* in Italy and Yugoslavia, on the basis of conchological, anatomical and allozymic characters (Pulmonata: Clausiliidae). – *Atti Congr. Palermo 1984, Lavori S.I.M.*, **22**: 259–362.
- KERNEY, M. P., CAMERON, R. A. D. & JUNGBLUTH, J. H. (1983): Die Landschnecken Nord- und Mitteleuropas. Ein Bestimmungsbuch für Biologen und Naturfreunde. Paul Parey, Hamburg und Berlin.

- KLEMM, W. (1973): Die Verbreitung der rezenten Land-Gehäuse-Schnecken in Österreich. – Denkschr. Österr. Akad. Wiss. Math. nat. Kl., **117**: 1–503.
- KOTHBAUER, H., NEMESCHKAL, H. L., SATTMANN, H. & WAWRA, E. (1991): Über den Aussagewert von Typen und qualitativen Aufsammlungen: Eine kritische Sicht am Beispiel von *Arianta arbustorum styriaca*. – Ann. Naturhist. Mus. Wien, **92**(B): 229–240.
- MAYR, E. (1989): Die Darwinsche Revolution und die Widerstände gegen die Selektionstheorie. – Naturwiss. Rdsch., **42**/7: 255–265.
- MILDNER, P. (1981): Zur Ökologie Kärntner Landgastropoden. – Carinthia II, 38. Sonderheft: 1–93.
- NEMESCHKAL, H. L. (1991): Die Schalengröße der Landschnecken (*Arianta*, Helicidae) als ein sogenannt einfaches Merkmalssystem. – Eine Systemanalyse anhand von Klassifikation und morphologischer Integration. – Zool. Jb. Syst., **118**: 149–192.
- & KOTHBAUER, H. (1988): *Arianta arbustorum alpicola* (FÉRUSAC, 1819) (Pulmonata, Helicidae): Über Interpretation und Realität eines Taxon. – Zool. Anz., **221**: 343–354.
- OLDHAM, C. (1928): The influence of lime on the shell of *Arianta arbustorum*. – Proc. Malac. Soc. London, **18**: 143–144.
- PARKIN, D. T. (1973): A further example of natural selection on phenotypes of the land snail *Arianta arbustorum*. – Biol. J. Linn. Soc., **5**: 221–233.
- PFEIFFER, L. (1848): 891. *H. arbustorum* LINN. – In: Monographia Heliceorum Viventium...1. – F. A. Brockhaus, Lipsiae.
- REICHARDT, A., RABOUD, C., BURLA, H. & BAUR, B. (1985): Causes of death and possible regulatory processes in *Arianta arbustorum* (L., 1758)(Pulmonata, Helicidae). – Basteria, **49**: 37–46.
- RENSCH, B. (1932): Ueber die Abhängigkeit der Größe, des relativen Gewichtes und der Oberflächenstruktur der Landschneckenschalen von den Umweltfaktoren. – Ztschr. Morph. Ökol. Tiere, **25**: 575–807.
- ZÖFEL, P. (1988): Statistik in der Praxis. 2. Auflage. – UTB, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.