Jber. Biol. Stn Lunz 16: 131-143 (1999) ©Biologische Station Lunz, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

TEIL 2
Produktionsbiologische Untersuchungen an *Arianta arbustorum* (Gastropoda, Helicidae) in der Lunzer Seeau (Niederösterreich)

C.O. Dietrich, A. Grasböck, U. Gründlinger, B. Riedl

Einleitung

Ein wesentlicher Anteil bei der Beschreibung des Ökosystems „Lunzer Seeau" kommt der Charakterisierung der trophischen Stufe Konsumenten 1.Ordnung (= Produzenten 2.Ordnung, =Phytophage) zu. Da die Baumschicht methodisch schwer zugänglich ist, beschränkt sich die vorliegende Untersuchung auf die Krautschicht. Letztere wird bei weitem von *Petasites hybridus* (=*P. officinalis*), Asteraceae, dominiert. Eine bedeutende Herbivorengruppe stellen hier die Gastropoden dar. Daher wurde versucht, sowohl die Schneckenfauna qualitativ zu charakterisieren, als auch ihre produktionsbiologische Bedeutung am Beispiel von *Arianta arbustorum*, die durch ihre große Biomasse bedeutsam erscheint, zu erfassen.
Insgesamt muß die vorliegende Arbeit aber lediglich als Voruntersuchung verstanden werden.

Material und Methoden

1. Zusammensetzung der Gastropodengesellschaft

Die Erfassung der Gastropodengesellschaft erfolgte einerseits qualitativ im jungen Eschenwald, in der Au und am Seebachufer, andererseits quantitativ auf der Schotterbank und in der Au (siehe Teil 1, Abb.1). Die Besammlung der beiden letztgenannten Standorte geschah folgendermaßen: Abstecken von 2x2 m, Abernten der Vegetation und Besammeln der Pflanzen und der obersten Schicht des Erdreiches. Die qualitativen Aufnahmen wurden jeweils von einer Person zum gleichen Zeitpunkt durch Absuchen (ca. eine 3/4 Stunde lang) der oben genannten Standorte durchgeführt. Die Unterschiede in der Artzusammensetzung der verschiedenen Standorte wurden mit Hilfe des Jaccard-Index, der Turnover-Rate und des Sorenson-Index (quantitativ) berechnet (MAGURRAN 1988).

2. *Arianta arbustorum*

2.1 Morphometrie

Für die morphometrische Beschreibung der Population von *Arianta arbustorum* wurden der Au 111 Tiere entnommen, sie wurden gewogen (Gesamtgewicht = Schalengewicht + Weichkörperfrischgewicht[1]) [1] Aus Gründen der Konvention, wird „Gewicht" dem eigentlich treffenderen Begriff „Masse" der Vorzug gegeben.
und Gehäusebreite (b) und Gehäusehöhe (h) mit der Schublehre (Abb.1) vermessen. Um den Meßfehler (Breite: s=0,06 mm, Höhe: s=0,12 mm) gering zu halten, erfolgten die jeweiligen Messungen von ein und derselben Person. Die Gehäusemessungen wurden so durchgeführt, daß eine hohe Meßreproduzierbarkeit möglich war und daher die Gehäusehöhe nicht der tatsächlichen, sondern einer äquivalenten Höhe entspricht.

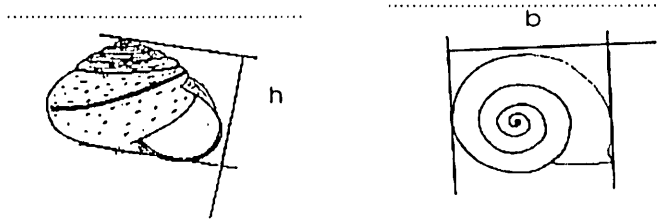

Abb.1: Ansatzstellen der Schublehre für die Gehäusemaße Höhe (h) und Breite (b) von *Arianta arbustorum*.

©Biologische Station Lunz, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

2.2 Aufenthaltshäufigkeiten am *Petasites*-Blatt

Diese wurden durch Auszählen großer und mittlerer (siehe Ergebnisse Morphometrie) *Arianta arbustorum* Exemplare auf der Blattoberseite bzw. -unterseite zu verschiedenen Tageszeiten und Witterungsbedingungen (10^{00}, 13^{30} Regen, 23^{30}) ermittelt.

2.3 Erfassung produktionsbiologischer Parameter

Die vorgenommenen Untersuchungen erfolgten im Zusammenhang mit der Grundgleichung (PETRUSEWICZ & MACFADYEN 1970):

Trophiestufe i — Trophiestufe i+1

entzogene Energie = unverbrauchte Nahrungsabfälle[1] + Exkremente + Respiration + Produktion

Respiration \ / Assimilation

Assimilation \ / Konsumation

2.3.1 Defäkation

10 ausgewachsene *Arianta arbustorum* wurden gefangen, gewogen und anschließend einzeln in einen mehr oder weniger lichtdurchlässigen Behälter mit einem *Petasites*-Blatt, gesetzt. Die Fraßstellen dieser Blätter wurden vor Versuchsbeginn planimetriert. Die Behälter standen zur Simulierung des tageszeitlichen Temperaturganges an einem charakteristischen Au-Standort, Ventilation erfolgte durch eine für die Schnecken unpassierbare Öffnung. Nach 2 Tagen erfolgte eine weitere Wägung der Tiere, sowie ihrer Faeces. Die frischen Exkremente wurden vereinigt, getrocknet, gewogen und kalorimetriert.

2.3.2 Konsumation und Produktion

Im Freiland erfolgte die Erfassung der Konsumation durch Umhüllen eines *Petasites*-Blattes mit einem Moskitonetz, in dem sich eine markierte, adulte *Arianta arbustorum* befand. Dieser Versuch wurde am Vormittag (VM) und am Nachmittag (NM) mit je 10 Tieren angesetzt. Zu Versuchsbeginn und nach 2x48 Stunden erfolgte, je nach Gruppenzugehörigkeit, eine Wägung der Schnecken am Vormittag bzw. Nachmittag. Die Erhebung der Gewichtsdifferenzen zwischen den Wägungen diente der Erfassung von Biomassenproduktion bzw. -verlust während der Versuchsdauer. Die in den 4 Tagen entstandenen Fraßlöcher wurden ebenfalls planimetriert.

2.3.3 Respiration

19 *Arianta arbustorum* wurden bei einer Außentemperatur von ca. 10°C der Seeau entnommen und ihr Frischgewicht bestimmt. Anschließend erfolgte die Messung des O_2-Verbrauchs in ml O_2/h*mg Frischgewicht bei konstanter Temperatur (Wasserbad) bei 10°C (n=9) bzw. 15°C (n=10) in Plexiglasrespirometern nach Scholander. Die Versuchsdauer betrug ca. 9 Stunden (10°C) bzw. 8 Stunden (15°C). Der energetische Aufwand wurde mit Hilfe des oxykalorischen Äquivalents von 20,188 J/ml O_2 (PENZLIN 1991) berechnet.

2.4 Statistik

Vor Anwendung eines t-Tests erfolgte die Prüfung auf Normalverteilung der betreffenden Stichproben durch den Kolmogoroff-Smirnow-Test. Als nicht parametrisches Testverfahren wurde der χ^2-Vierfeldertest angewendet. Weiters wurden eine nicht lineare Regressionsanalyse vorgenommen, sowie Produktmoment Korrelationskoeffizienten berechnet. Letzteren liegt ein lineares Modell zugrunde, sodaß z.T.

[1] Unverbrauchte Nahrungsabfälle wurden nicht erfaßt und als Null angenommen

©Biologische Station Lunz, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

eine logarithmische Linearisierung erfolgte.

3. Biomassenverhältnisse im Untersuchungsgebiet

Die Erfassung der Primärproduktion von *Petasites* erfolgte im Zeitraum von Frühling bis Frühsommer (siehe Teil 1).
Die in dieser Zeitspanne erzeugten Fraßflächen der Herbivoren wurden auf Papier übertragen und anschließend planimetriert. Um den Meßfehler gering zu halten, wurden die Flächen jeweils dreimal gemessen und daraus ein Mittelwert berechnet.
Zur Ermittlung des Energiegehalts von *Arianta arbustorum*, wurden 30 adulte Individuen mit kochendem Wasser getötet, ihre Weichkörper von der Schale getrennt, getrocknet und kalorimetriert (Typ „Calorimeter Automatic MK 200 Morat"). Um den organischen bzw. anorganischen Anteil der Schalen zu erhalten, wurden diese im Muffelofen verbrannt. Weiters erfolgte die Bestimmung des Energiegehalts von *Petasites* (siehe Teil 1) und der Faeces von *Arianta arbustorum* (siehe Defäkation).

Ergebnisse

1. Zusammensetzung der Gastropodengesellschaft im Untersuchungsgebiet

In der Au sind 7x mehr Individuen als auf der Schotterbank gefunden worden, die Artenzahl jedoch war nur 2x so groß (Tab.1). Nur die Arionidae und *Helix pomatia* überwiegen in ihren Abundanzen auf der Schotterbank bzw. wurden nur hier gefunden. Der Sorensen-Index quantitativ ist halb so groß wie der Jaccard-Index, der eine 43%ige Übereinstimmung aufweist (siehe Diskussionsteil). Die qualitative Aufsammlung ergab ebenfalls die größte Artendichte in der Au und ist im Vergleich zur quantitativen größer. Beim Vergleich der Standorte Eschenwald, Au und Ufer, ergab sich die höchste Übereinstimmung der Artenzusammensetzung zwischen Au und Eschenwald mit 56% und die geringste zwischen Au und Ufer mit 19%. Entsprechend ist die Turnover-Rate im letzteren Fall am größten mit 0,68 (Tab.1).

	quantitativ Individuen/4m²		qualitativ (ausgenommen Clausiliidae)		
	Au	Schotterbank	Eschenwald	Au	Ufer
Fam.Vertiginidae:					
Columella edentula				x	
Fam.Orculidae:					
Orcula dolium				x	
Fam.Enidae:					
Ena montana	8	0	x	x	
Fam.Endodontidae:					
Discus perspectivus	2	0		x	
Fam.Arionidae:					
Arion rufus	1	4	x	x	x
Arion subfuscus	1	2	x	x	
Fam.Zonitidae:					
Aegopis verticillus	7	2	x	x	
Aegopinella nitens				x	
Fam.Clausiliidae:					
Macrogastra lineolata	4	0			

©Biologische Station Lunz, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

	quantitativ Individuen/4m²		qualitativ (ausgenommen Clausiliidae)		
	Au	Schotterbank	Eschen-wald	Au	Ufer
Balea duplicata	1	0			
Fam.Helicidae:					
Monachoides incarnata	26	7		x	
Urticicola umbrosa	55	3		x	
Trichia hispida	9	0	x	x	
Trichia unidentata	6	0	x	x	x
Trichia edentula	2	0		x	
Euomphalia strigella			x	x	
Arianta arbustorum	31	5	x	x	x
Helix pomatia	0	1	x	x	
Σ	153	24			
Artenzahl	13	7	9	16	3
Sorenson-Index quant.	0,22				
Turnover-Rate	0,5		Eschen-wald	Au	0,28
			Eschen-wald	Ufer	0,55
			Au	Ufer	0,68
Jaccard-Index	0,43		Eschen-wald	Au	0,56
			Eschen-wald	Ufer	0,33
			Au	Ufer	0,19

Tab.1: Zusammensetzung der Gastropodengesellschaft im Untersuchungsgebiet, Erklärung der Standorte siehe Teil 1 Abb.1.

2. *Arianta arbustorum*

2.1 Morphometrische Beschreibung der untersuchten *Arianta arbustorum* - Population

Der aus Abb.2 ersichtliche Zusammenhang zwischen Schalenbreite (b) und Gesamtgewicht (Gehäusegewicht + Weichkörperfrischgewicht) (m) läßt sich durch das Modell

$m = 0{,}114 * b^{3{,}265}$ darstellen. Erwartungsgemäß zeigen auch die Gehäusehöhe (h) und das Produkt aus b*h (als Querschnittsflächenäquivalent zu verstehen) einen progressiven Anstieg. Um den Produktmoment-Korrelationskoeffizienten (r) bilden zu können, ist eine Linearisierung durch Logarithmieren notwendig. Daraus ergeben sich folgende Bestimmtheitsmaße (n=111): $\ln(m)/\ln(h) \rightarrow r^2=95{,}9\%$, $\ln(m)/\ln(b) \rightarrow r^2=97{,}0\%$, $\ln(m)/\ln(b*h) \rightarrow r^2=97{,}5\%$. Der höchste Erklärungsgrad wird durch das Querschnittsflächenäquivalent erreicht, d.h. das Produkt b*h bestimmt 97,5% der Gesamtgewichtsvariation.

Bei der Analyse der Größenklassen (Abb.3) ließen sich 4 Morphen differenzieren. Dabei stellen die Morphen 1 und 2 juvenile Tiere dar, Morphe 3 subadulte und adulte, während Morphe 4 sehr großen adulten Individuen entspricht.

©Biologische Station Lunz, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

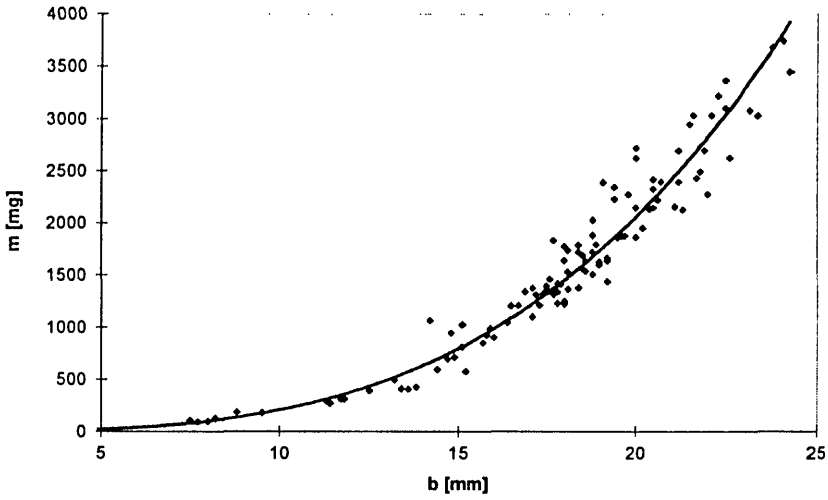

Abb.2: Abhängigkeit des Gesamtgewichts (m) von der Gehäusebreite (b) der untersuchten *Arianta arbustorum*-Population (n=111).

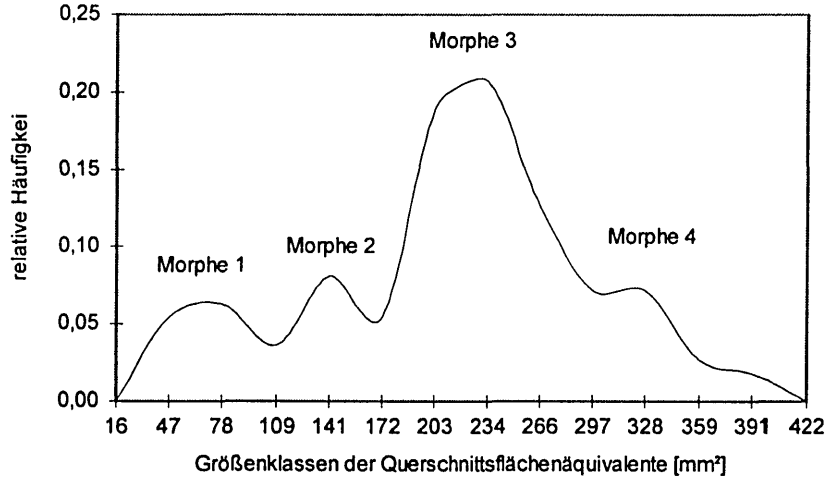

Abb.3: Größenverteilung der *Arianta arbustorum*-Population im Untersuchungsgebiet nach dem Querschnittsflächenäquivalent (b*h), n=111.

2.2 Aufenthaltshäufigkeiten am *Petasites* - Blatt

Weder Tageszeit, noch Witterung ließen einen signifikanten Unterschied (□²-Vierfelder-Test) in der Bevorzugung von Blattoberseite oder -unterseite zwischen großen (Morphen 3,4) und mittleren (Morphe 2) Individuen von *Arianta arbustorum* erkennen (Abb.3). Die Zuordnung zu einer Größenklasse wurde allerdings geschätzt, sodaß mit einem kleinen Zuordnungsfehler zu rechnen ist. Für weitere Berechnungen wurden die Häufigkeiten der großen und mittleren Schnecken vereinigt (Tab.2).Während des Regens befanden sich tendentiell mehr Schnecken auf der Blattunterseite (□²-Test, p=0,18, n=106). Hingegen saßen, in der Nacht signifikant mehr Schnecken auf der *Petasites*-Blattunterseite als während des Tages (p=0,01, n=107). In jedem Fall halten sich die Tiere deutlich häufiger auf der Blattoberseite auf (Tab.2).

	absolute Häufigkeit	
	oben	unten
10^{00}	54	5
Regen 13^{30}	39	8
23^{30}	35	13
Σ	128	26

Tab.2: Beobachtete Aufenthaltshäufigkeiten von *Arianta arbustorum* auf der Blattoberseite bzw. -unterseite.

©Biologische Station Lunz, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

2.3 Produktionsbiologische Parameter

2.3.1 Erfassung der Konsumation und Produktion im Freiland

Die Konsumations- und Produktionsbeobachtungen im Freiland sind in Tab.3 zusammengefaßt.

Obwohl die spezifischen Gewichte (Gesamtgewicht/Querschnittsflächenäquivalent [mg/mm²]) an allen drei Meßtagen in der Vormittagsgruppe signifikant höher als in der Nachmittagsgruppe (zweiseitiger t-Test, $p<0,003$) sind, erzeugten die Tiere beider Gruppen durchschnittlich gleich große Fraßflächen mit 3,5 cm²/Tag (t-Test, Tab.3). Das entspricht 1,175 cm²/gFG (Schnecke)*Tag {mittleres Schneckenfrischgewicht beträgt 2,978 g} bzw. 0,005 gTG (*Petasites*)/gFG*Tag {Blatttrockengewicht beträgt 0,00428 g/cm²} bzw. 568 J/g (Weichkörpertrockengewicht)*Tag. {Blattbrennwert beträgt 14219J/g}.

Vormittags- und Nachmittagsgruppe zeigen bezüglich der Gewichtsschwankungen zwischen den einzelnen Meßtagen (21.6./23.6., 23.6./25.6., 21.6./25.6.) keinen Unterschied (t-Test). Im Gegensatz zur Nachmittagsgruppe läßt sich aber bei der Vormittagsgruppe eine Tendenz zur Gewichtsreduktion feststellen, da alle zehn Endgewichte kleiner waren.

Sowohl in der Vormittags- als auch in der Nachmittagsgruppe korrelieren nur die Gewichte der einzelnen Meßtage (Tab.4) mit der Schneckengröße. Die Menge an konsumierter Nahrung (Fraßfläche) war in beiden Gruppen unabhängig von der Schneckengröße (Querschnittsflächenäquivalent, Gesamtgewicht) oder der Gewichtsdifferenz (Anfangsgewicht minus Endgewicht).

Legt man als Größenparameter die Schalenbreite (b) zugrunde, so ergibt sich bei 2-seitigem t-Test ein signifikanter Unterschied ($p<0,01$) zwischen Vormittags- und Nachmittagsgruppe, während unter Verwendung des Querschnittsflächenäquivalents kein Größenunterschied festzustellen ist ($p<0,1$).

Tab.4 gibt die Bestimmtheitsmaße für den Zusammenhang zwischen Schneckengröße und den jeweiligen Gewichten an. Dabei zeigt sich folgendes:

- die Korrelation von Gewicht und Größe ist bei Tieren der Vormittagsgruppe immer besser als bei jenen der Nachmittagsgruppe.
- die Korrelation sinkt mit zunehmender Versuchsdauer.
- das Gewicht korreliert mit dem Querschnittsflächenäquivalent in der Vormittagsgruppe deutlich besser als mit dem Gehäusedurchmesser, während es in der Nachmittagsgruppe umgekehrt ist.

		h [mm]	b [mm]	b*h [mm²]	21.6. [mg]	23.6. [mg]	25.6. [mg]	D 25.-21. [mg]	21.6.95 [mg/mm²]	23.6.95 [mg/mm²]	25.6.95 [mg/mm²]	Fraßfläche [cm²/Tag]
V	$\bar{x}$	14,4	23,5	339,5	3411	3191	3138	-273	10,019	9,353	9,204	3,274
M	s	1,1	1,1	38,6	510	580	555	163	0,615	0,859	0,842	1,335
N	$\bar{x}$	14,1	22,2	312,8	2545	2489	2516	-29	8,139	7,954	8,046	3,715
M	s	0,8	1,1	29,9	341	388	358	169	0,849	0,971	0,93	1,370

Tab.3: Mittelwerte und Standardabweichungen der Konsumations- und Produktionsbeobachtungen an adulten *Arianta arbustorum* im Freiland: Gehäusehöhe (h), Gehäusebreite (b), Querschnittsflächenäquivalent (b*h), Vormittagsgruppe (VM, n=10), Nachmittagsgruppe (NM, n=10). Die spezifischen Gewichte berechnen sich aus dem Quotienten Gesamtgewicht durch Querschnittsflächenäquivalent. Fraßfläche bezieht sich auf die von den Versuchstieren hinterlassenen Löcher im *Petasites*-Blatt.

©Biologische Station Lunz, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

	Meßtag	VM	NM
Querschnitts=	21.06.1995	87%	41%
flächen=	23.06.1995	81%	39%
äquivalent	25.06.1995	79%	38%
Gehäuse=	21.06.1995	70%	49%
durch=	23.06.1995	68%	61%
messer	25.06.1995	63%	53%

Tab.4: Bestimmtheitsmaße der Produktmoment-Korrelationen Gehäusegröße/Gewicht von *Arianta arbustorum* aus der Konsumationserfassung im Freiland (Vormittag (VM) $p<0,01$, Nachmittag (NM) $p<0,06$).

2.3.2 Erfassung der Exkremente und Konsumation im Behälter

Innerhalb der Versuchsdauer von zwei Tagen (Tab.5) erfolgte keine Produktion, sondern im Gegenteil, eine ±signifikante Biomassenreduktion (einseitiger t-Test (H_0: Mittlere Gewichtsdifferenz ≥0), $p<0,06$). Das Faecesfrischgewicht beträgt im Durchschnitt 119g/Tier*2 Tage (Faecestrockengewicht 0,725 mg/Tier*Tag) und korreliert lediglich mit dem Anfangsgewicht ($r^2=60\%$, $p<0,01$, n=10), nicht aber mit der Gewichtsdifferenz (□□□oder der Fraßfläche, welche 1,37 cm²/Tag beträgt. Wiederum konnte keine Korrelation zwischen Fraßfläche und Anfangsgewicht oder Gewichtsdifferenz festgestellt werden.

Die Konsumation der Schnecken aus den Behältern (n=10) war deutlich geringer als jene der Schnecken aus dem Freiland (n=20) (t-Test, $p<0,0002$).

n=10	FG - Anfang [mg]	FG - Ende [mg]	Δ	Faecesgewicht [mg]	Fraßfläche [cm²/Tag]
$\bar{x}$	2330	2279	-51	119	1,374
S	623	610	90	37	1,016

Tab.5: Mittelwerte und Standardabweichungen der Konsumationsbeobachtungen von *Arianta arbustorum* im Behälter: Frischgewicht (FG) zu Beginn des Versuchs und nach zwei Tagen, die sich daraus ergebende Gewichtsdifferenz □□, sowie das Frischgewicht der Faeces nach 2 Tagen und der am *Petasites*-Blatt verursachten Fraßfläche.

2.3.3 Erfassung der Respiration

Sowohl bei 10°C (entsprach der Außentemperatur), als auch bei 15°C veratmete *Arianta arbustorum* im Durchschnitt 0,1 mm³ O_2/h*mg(Schneckenfrischgewicht) (t-Test). Das entspricht 2018,8 J/g*h (oxykalorisches Äquivalent=20,188 J/ml) bzw. 385 J/g Weichkörpertrokkengewicht*Tag. Der Sauerstoffverbrauch korreliert mit dem Gesamtgewicht in der 10°C Gruppe ($r^2=67\%$, $p<0,01$) wesentlich besser als bei 15°C ($r^2=45\%$, $p<0,05$) (Abb.4).Es besteht zwischen den beiden Versuchsgruppen eine negative Korrelation.

		Gewicht [mg/Tier]	Sauerstoffverbrauch [mm³O_2/h*Tier]	[mm³O_2/h*mg]
n=9	$\bar{x}$	2643	259,65	0,10
10°C	s	344	26,97	0,02
n=10	$\bar{x}$	2610	249,48	0,10
15°C	s	538	50,92	0,02

Tab.6: Sauerstoffverbrauch von *Arianta arbustorum* bei 10°C und 15°C.

©Biologische Station Lunz, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

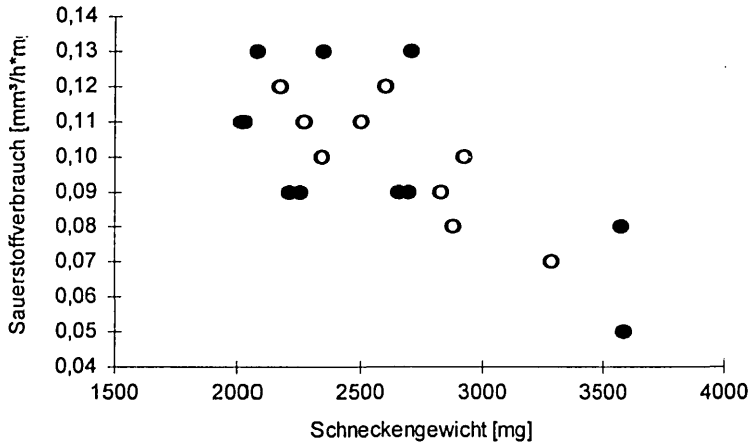

Abb.4: Abhängigkeit des Sauerstoffverbrauchs vom Frischgewicht bei 10°C (leere Kreise) und 15°C (volle Kreise) von *Arianta arbustorum*.

2.3.4 Kalorimetrie

Das durchschnittliche Frischgewicht von 30 der Au entnommen *Arianta arbustorum* Exemplaren beträgt $\bar{x}$=2107mg (s=465mg).
Da in den Schalen - auch bei Veraschung im Muffelofen - keine kohlenstoffgebundene Energie meßbar war, ist nur der Brennwert (n=9 Pillen, $\bar{x}$=21,516 kJ/g, s=0,157 kJ/g) der getrockneten Weichkörper ($\bar{x}$=228mg, s=67 mg) relevant.
Der Brennwert der Faeces (Tab.5) beträgt 16609 J/g (n=2 Pillen), das entspricht 45 J/g Weichkörpertrockengewicht*Tag.

	Masse [mg] n=30 Schnecken			Brennwert [kJ/g]			
	m_g	m_w	m_s	Weichkörper n=9Pi	Schale	Faeces n=2 Pi	Petasites n=5 Pi
$\bar{x}$	2107	228	312	21,516	-	16,609	14,219
s	465	67	77	0,157	-	0,057	-

Tab.7: Mittelwert und Standardabweichung einer Stichprobe adulter und subadulter *Arianta arbustorum* Exemplare von Gesamtfrischgewicht (mg), getrockneten Weichkörpern (mw) und Schale (ms), sowie der Brennwerte der homogenisierten und für die Kalorimetrie zu Pillen gepreßten Weichkörper, Faeces und *Petasites*-Blätter.

3. Biomassenverhältnisse im Untersuchungsgebiet

Die Biomassenverhältnisse (Tab.9) lassen sich aus den Ergebnissen der Tabellen 1und 8, dem *Petasites*-Brennwert (14,2 kJ/g), dem Blatttrokkengewicht (0,00428 g/cm²), dem Weichkörperbrennwert von *Arianta arbustorum* (21,5 kJ/g, Erg.3.3.4) und dem durchschnittlichen Gewicht von *Arianta arbustorum* (1,6g, n=111) berechnen. Die *Petasites*-Produktion (in Bezug auf die Blattspreite) ist auf der Schotterbank doppelt so groß wie in der Au. Die absolut konsumierte Blattfläche scheint offenbar eng mit der vorhandenen Blattfläche korreliert zu sein (Tab.8). Entlang des Autransekts (siehe Teil 1, Abb.1) läßt sich hinsichtlich der relativen Konsumationsmenge der Herbivoren kein Unterschied feststellen. Im Vergleich dazu beträgt dieser Prozentsatz auf der Schotterbank lediglich 1/3 von jenem der Au.
Die Biomasse von *Arianta arbustorum* (Tab. 9) beträgt 1/5 des *Petasites*-Bestandes in der Au und ist ca. 6x so groß wie auf der Schotterbank.

©Biologische Station Lunz, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Quadrat	Blattfläche [cm²]	abs. Fraßfl. [cm²]	rel. Fraßfl. [%]	Primärprod. [g/m²]
Au (5)	55754	944	1,69	119
Au (6)	53142	946	1,78	138
Au (7)	12480	205	1,64	20
Schotterbank (8)	89541	503	0,56	206

Tab.8: Primärproduktion des *Petasites*-Bestandes als Blattflächen im Zeitraum von Frühling bis Frühsommer in den Transekt-Quadraten 5 (nahe Weg), 6 (Mitte), 7 (nahe Jungeschenwald) und dem Schotterbank-Quadrat 8 mit je 4m² bzw. das Trockengewicht (Stengel & Blätter) in g/m². Die relative Fraßfläche berechnet sich aus dem Quotienten von absoluter Fraßfläche und Primärproduktion x 100.

	Petasites [kJ/m²]	Fraßfl. Herbivorer [kJ/m²]	*A. arbustorum* [kJ/m²]	*Arianta/Petasites*
Au	1308	10,7	267	0,20
Schotterbank	2926	7,7	43	0,01

Tab.9: Biomassen (in kJ/m²) des untersuchten Gebietes des *Petasites*-Bestandes (Blätter & Stengel), der konsumierten Blattmenge und der *Arianta arbustorum*-Population in der Au bzw. auf der Schotterbank, sowie das Biomasseverhältnis von *Arianta* zu *Petasites*.

Diskussion

1. Zusammensetzung der Gastropodengesellschaft im Untersuchungsgebiet

1.1 Allgemeines

Sowie bei vielen anderen Tierfamilien auch, zeigt sich hier die Überschneidung der verschiedenen europäischen Verbreitungsgebiete (Ost-, Süd-, West- und Nordeuropa). Sie beeinflußen die mitteleuropäische Fauna sehr stark. Eine eher osteuropäische Verbreitung (ostalpin, karpatisch, dinarisch, balkanisch) weisen *Orcula dolium, Ena montana, Discus perspectivus, Aegopis verticillus, Monachoides incarnata, Urticicola umbrosa, Trichia unidentata* und *Euomphalia strigella* auf. Typische westeuropäische Arten sind: *Arion rufus, Macrogastra lineolata* und *Trichia edentula.* Richtung Südeuropa verbreitet sind *Helix pomatia* und wiederum *Monachoides incarnata.* Einige Arten sind vor allem in Mitteleuropa vorzufinden (*Aegopinella nitens, Macrogastra ventricosa* und *Balea biplicata*). Außerdem wurden Arten mit holarktischem (*Columella edentula*) bzw. mit europäischem Verbreitungsgebiet (*Trichia hispida, Arion subfuscus*) gefunden (KERNEY et al. 1983, RESSL 1983).

Beinahe alle Arten bevorzugen submontane bis montane Höhenlagen. Die meisten kommen auch noch in der alpinen Stufe (bis 2500m) vor, so z.B. *Arion subfuscus* und *Aegopinella nitens* (KERNEY et al. 1983, RESSL 1983). Auch in ihren Habitatansprüchen sind die angetroffenen Arten einander ähnlich. Sie bewohnen vor allem feuchte Standorte, so wie Bergwälder und Krautbestände. Zu finden sind sie unter Steinen, unter Laubstreu und an moosbewachsenen Felsen, einige Arten kriechen auf Kräuter und Bäume. Arten wie *Columella edentula, Discus perspectivus* und *Trichia unidentata* bevorzugen besonders kalkhaltige Standorte (KERNEY et al. 1983, RESSL 1983).

1.2 Angetroffene Schneckengesellschaft

Die unterschiedliche Artenzahl in der Au bei der qualitativen bzw. quantitativen Sammelmethode läßt sich durch verschieden große Sammelareale erklären (siehe Teil 1, Abb.1). Allgemein sind große Unterschiede der Indices mit Vorsicht zu betrachten, da die Aufnahmedauer relativ kurz war bzw. keine Parallelbeobachtungen vorgenom-

©Biologische Station Lunz, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

men wurden. Außerdem erfolgte die Besammlung des Schotterbank-Quadrats aus Zeitgründen einen Tag nach Hochwasser, sodaß die angetroffenen Abundanzen tendentiell zu niedrig sein könnten.
Sorensen-Index und Jaccard-Index beschreiben die Artidentität von zwei Standorten und können Werte zwischen 0 und 1 annehmen, wobei 1 absolute Übereinstimmung der verglichenen Standorte bedeutet. Die geringere Artidentität des Sorensen-Index (0,22) im Vergleich zum Jaccard-Index (0,43) liegt in der Einbeziehung der Abundanzen beim Sorensen-Index begründet.
Die Turnover-Rate beschreibt den Wechsel der Artenzusammensetzung entlang eines Umweltgradienten, indem berücksichtigt wird, wieviele Arten hinzukommen oder verschwinden (Wertebereich 0-1). Je größer die Turnover-Rate, umso stärker verändert sich die Artenzusammensetzung (Tab.1). Als Beispiel hierfür läßt sich der Wert der Turnover-Rate des Au- und des Uferstandortes anführen, der mit 0,68 somit die geringste Artidentität aufzeigt.

2. *Arianta arbustorum*

2.1 Ökologie von *Arianta arbustorum*

Arianta arbustorum, in Mittel- und Nordeuropa allgemein verbreitet, bevorzugt feuchte Standorte in Wäldern, Wiesen und an Ufern (FRÖMMING 1954, KLEMM 1973, PFLEGER 1984). Sie tritt aber ebenso als Kulturfolger auf und findet sich in höheren Lagen auch auf trockeneren Hängen (KLEMM 1973). *Arianta arbustorum* bevorzugt Bodennähe, wo sich die Tiere an sonnigen Tagen unter großblättrigen Pflanzen sammeln (FRÖMMING 1954). Ihr Aktivitätsmaximum liegt üblicherweise nachts. Im Untersuchungsgebiet bedingt das luftfeuchte Klima im gewässernahen Auwald solche tageszeitlichen Aktivitätsdifferenzen dagegen kaum.

Die große ökologische Amplitude von *Arianta arbustorum* manifestiert sich in der Beschreibung zahlreicher Subspezies: *A.a.arbustorum, A.a.alpicola, A.a.styriaca, A.a.stenzii, A.a.picea, A.a.alzonae, A.a.rudis*, die sich in erster Linie auf Schalenmerkmale beziehen. Morphometrische Untersuchungen zeigten jedoch, daß diese Taxa weder hinsichtlich der Schalenform (NEMESCHKAL 1990) noch der Schalengröße (NEMESCHKAL 1991) real existent sind. Außerdem besteht zum Teil syntope Verteilung (KLEMM 1973), diese ist mit dem Konzept der Subspezies nicht vereinbar. Vielmehr dürfte hier ein Polymorphismus bzw. Polyphänismus vorliegen.
Unter den gleichgroßen Schnirkelschnecken (Helicidae) ist *Arianta* sowohl in qualitativer als auch in quantitativer Hinsicht am gefräßigsten (FRÖMMING 1954). Sie ist in erster Linie eine polyphytophage Art, wurde aber auch schon an Aas angetroffen.
Als Feinde werden unter den Vögeln Möwen, Fasane und Rabenvögel genannt (FRÖMMING 1954), vor allem aber die Drossel, die die Gehäuse meist am gleichen Stein („Drosselschmiede") zertrümmert (PFLEGER 1984) und deren Auslese oft zu mosaikförmiger Verteilung verschiedener *Arianta*-Morphen führt. Unter den Säugern stellen ihnen Mäuse und Igel nach, bei den Insekten sind Leuchtkäferlarven, Kurzflügler, Laufkäfer und parasitische Fliegen ihre Feinde (PFLEGER 1984). Gefahr droht aber auch von anderen Schnecken, so gehören Jungtiere von *Arianta arbustorum* zum Beutespektrum von *Oxychilus alliarus* (Zonitidae) (FRÖMMING 1954).

2.2 Morphometrie

Der progressive Anstieg des Gewichtes mit zunehmender Gehäusebreite (Abb.2) erklärt sich vor allem dadurch, daß das Gewicht (entsprechend dem Volumen [mm³]) bei gleicher Vervielfachung der „Körperlänge [mm]" mit der 3.Potenz ansteigt. Tatsächlich erhält man bei dem zugrunde liegenden Mo-

©Biologische Station Lunz, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

dell $m=a*b^c$ einen Exponenten von c=3,265. Der Umstand, daß der Exponent etwas größer als 3 ist, deutet auf eine leicht allometrische Beziehung zwischen Gehäuse und Gesamtgewicht hin.
Mit zunehmender Größe erhöht sich offensichtlich auch die Varianz (Abb.2). Vermutlich hängt dies in erster Linie mit dem Füllungsgrad des Darmtraktes (Nahrung, Faeces) der Schnecke zusammen, der sich bei größeren Tieren stärker auswirkt als bei kleineren, da der Füllungsgrad eines größeren Darms auch mehr absoluten Schwankungen unterworfen ist. Schnecken können im allgemeinen hohe Gewichtsschwankungen infolge unterschiedlichen Wassergehaltes aufweisen (Allerdings kann aufgrund der guten Feuchtigkeitsbedingungen während des Untersuchungszeitraumes dieser Faktor ausgeschlossen werden.).
Obgleich das Querschnittsflächenäquivalent den größten Erklärungsgrad (97,5%) für die unter den gegebenen Bedingungen vorliegende Gewichtsvarianz aufweist, ist der Unterschied zu jenem der Gehäusebreite (97%) und Gehäusehöhe (96%) vernachlässigbar. Bei großen Stichprobenumfängen dürfte die leichter zu bestimmende Gehäusebreite alleine zur Größencharakterisierung genügen. Bei kleinem n, wie in den Freilandversuchen, scheint aber die Bestimmung des Querschnittsflächenäquivalents unumgänglich. In der Vormittagsgruppe (Tab.4) korrelieren die Gewichte mit dem Querschnittsflächenäquivalent deutlich besser als mit der Gehäusebreite (in der Nachmittagsgruppe verhält es sich umgekehrt, doch ist dem aufgrund der insgesamt geringeren Korrelationen und kleinen Stichprobenumfänge kein allzu großer Wert beizumessen). Laut Gehäusebreite wäre nämlich der Größenunterschied zwischen Vormittags- und Nachmittagsgruppe signifikant, während er nach dem Querschnittsflächenäuqivalent nicht besteht. Aufschlußreich ist in diesem Zusammenhang auch Tab.4, wonach sich der Gehäusedurchmesser schlechter zur Korrelation eignet.

2.3 Aktivität

Die „Aktivitätsmessung" geht von der Hypothese aus, daß sich *Arianta arbustorum* bei Inaktivität mit höherer Wahrscheinlichkeit auf der Blattunterseite befindet. Spricht die Blattaufenthaltswahrscheinlichkeit tatsächlich für den Aktivitätszustand der Population, dann ergibt sich nach den Schneckenzählungen ein Aktivitätsmaximum tagsüber und ein Minimum nachts. Dies steht im Widerspruch zu den Literaturangaben (NOPP 1974).
Im Lichte dieser Annahme lassen sich vielleicht die unterschiedlichen Ergebnisse der Vormittags- und Nachmittagsgruppen im Freilandversuch wie folgt erklären: Die Nahrungsaufnahme und etwas verzögert die Faecesabgabe beginnen prinzipiell am „Morgen". Es gibt allerdings individuelle Variation, d.h. der maximale Füllungsgrad der jeweiligen Schnecken wird zu unterschiedlichen Tageszeiten erreicht. Letzlich sollte der Darmtrakt aber „abends" von allen Tieren ±gleichermaßen gefüllt sein.
Das signifikant höhere Gewicht der Vormittagsgruppe würde sich dann daraus erklären, daß sie neben den Faeces z.T. schon neue Nahrung aufgenommen haben, während in der Nachmittagsgruppe der Füllungsgrad infolge Darmentleerung und z.T. unzureichender Nahrungsaufnahme geringer ist und somit weniger Gewicht hat. Durch den ±maximalen Füllungsgrad am Vormittag korreliert die Körpergröße (b*h) mit dem Gewicht besser als am Nachmittag, da zu dieser Zeit der Füllungsgrad größeren Schwankungen unterworfen ist. Ein Gruppenunterschied hinsichtlich Gesamtnahrungsaufnahme konnte anhand der Fraßflächen nicht ausgemacht werden. Hier wirkt sich auch die relativ langsame und intervallartige Darm- bzw. Mitteldarmdrüsen-Passage der Nahrung aus, weshalb die Versuchstiere im Meßzeit-

©Biologische Station Lunz, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

raum keineswegs nur Faeces aus der Petasites-Konsumation abgeben. Verdauungsreste aus tagelang zurückliegender Nahrungsaufnahme können sich solcherart „einschleichen" und die Meßergebnisse der Faeces-Kaloriemetrie beeinflussen (NOPP mdl. Mitt.).
Wie bereits erwähnt sind Gewichtsschwankungen infolge unterschiedlichen Wassergehalts auszuschließen.
Es wäre auch möglich, daß die Schnecken bei Beginn der Sonnenbestrahlung aus Energieersparnisgründen nicht mehr auf die Blattunterseite wechseln, und daher inaktiv auf der Blattoberseite sitzen. Da am Tag der Beobachtung allerdings Schlechtwetter war, ist diese Annahme hinfällig.

2.4 Methodenvergleich der Konsumationserfassung

Quantitative Konsumationsbeobachtungen sind im Behälter nicht möglich, da die Fraßflächen im Vergleich zu den Freilandbeobachtungen deutlich geringer sind, wodurch sogar innerhalb von 2 Tagen eine ⇧signifikante Gewichtsreduktion die Folge ist.
Störungen (Gewichtsmessung) am Nachmittag oder Vormittag drücken sich im Freiland nicht durch unterschiedliche Fraßflächen aus. Hingegen ist aufgrund der besseren Korrelation von Gewicht und Schalengröße einer Meßung am Vormittag der Vorzug zu geben. Obgleich in beiden Gruppen kein signifikanter Gewichtsunterschied zwischen Versuchsbeginn und -ende festzustellen war, zeigte die Vormittagsgruppe eine Reduktionstendenz. Die Ursache hierfür ist wohl der durch das Hantieren mit den Versuchstieren entstandene Streß.

2.5 Respiration

Entsprechend der Reaktionsgeschwindigkeit-Temperatur-Regel nach VAN'T HOFF, wonach sich bei einer Temperaturerhöhung um 10°C die Reaktionsgeschwindigkeit verdoppelt bis vervierfacht, hätte bei 15°C ein höherer O_2-Verbrauch als bei 10°C stattfinden müssen. Außerdem ist die 15°C-Gruppe einer deutlich höheren Varianz unterworfen. Diese Ergebnisse weisen darauf hin, daß selbst annähernd gleich große, adulte Schnecken mit steigender Temperatur einen individuell stärker streuenden O_2-Verbrauch aufweisen. Als Ursache kann z.B. die unterschiedliche Darmfüllung und die somit differente Stoffwechselrate angenommen werden (NOPP mdl. Mitt.).
Da die 10°C-Gruppe aus dem selben Temperaturmilieu entnommen wurden, hatte die „fehlende" Temperaturanpassungszeit offenbar keine Bedeutung. Allerdings dürfte der Sauerstoffverbrauch zu hoch sein (siehe 2.6).

2.6 Energiefluß

Die Gleichung nach PETRUSEWICZ & MACFADYEN (1970) in J/g (Weichkörpertrockenge- wicht)*Tag lautet wie folgt:

Konsumation	=	Defäkation	+	Respiration	+	Produktion
568 (Erg.3.3.1)		45 (Erg.3.3.4)		385 (Erg.3.3.3)		0 (Erg. 3.3.1, 3.3.2)

Obgleich die Konsumation im Freiland deutlich besser ausfiel als im Behälter, war offenbar nach wie vor durch das Hantieren eine Streßbelastung während der 4-tägigen Versuchsdauer vorhanden, wie die tendentielle Gewichtsabnahme der Vormittagsgruppe zeigt.

Vor allem die Hochrechnung des Verbrauches im Versuchszeitraum auf einen Tag ist fragwürdig, da mit zirkadianen Rhythmen zu rechnen ist. Das heißt die Meßdauer sollte mindestens 24 Stunden betragen oder es sollten mehrere kürzere Messungen über Tag und Nacht verstreut vorgenommen werden (FUNKE & WEIDEMANN 1971).

©Biologische Station Lunz, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Im Falle der vorliegenden Untersuchungen dienen die ermittelten Werte allerdings nur zur Charakterisierung produktionsbiologischer Aspekte einer *Arianta*-Population eines Auwaldes und können so für ein Modellbeispiel Verwendung finden. Bei einer langzeitigen Bearbeitung müßten natürlich diverse Versuchskriterien neu bewertet werden.
Die fehlende Produktion dürfte realistisch sein, da adulte Tiere verwendet wurden, sowie der Beobachtungszeitraum kurz und keine Anzeichen von Eiproduktion erkennbar waren.
Im adulten Zustand verläuft die Konsumation wohl auch hauptsächlich in Richtung eines Erhaltungsstoffwechsels und zur zusätzlichen Deckung des Wasserhaushaltes. Die ermittelten relativ niedrigen Konsumations- bzw. Energieraten von *Petasites* weisen darauf hin. Nicht zuletzt wird die Konsumation auch durch die Relation von Gewicht zu Weichkörperoberfläche bestimmt, welche bei den untersuchten adulten Schnecken weitaus ungünstiger ist als bei juvenilen oder subadulten, und direkt in die Stoffwechselrate einfließt.

3. Biomassenverhältnisse im Untersuchungsgebiet

Die, trotz Hochwasserbelastung höhere *Petasites*-Produktion auf der Schotterbank, ist vermutlich auf bessere Belichtungsverhältnisse zurückzuführen, während die Feuchtigkeitsbedingungen mit dem Auwald nahezu gleich sind. Der Lichtfaktor zeigt sich auch beim Produktionsvergleich im Au-Transekt, wo nahe des Jungeschenwaldes eine deutlich geringere *Petasites*-Produktion stattfand. Weiters ist auf der Schotterbank ein geringerer Fraßdruck zu verzeichnen, der vermutlich darauf zurückzuführen ist, daß die Herbivoren (vornehmlich Schnecken) einer permanenten Hochwassergefahr ausgesetzt sind und die Besiedlung immer wieder neu erfolgen muß.
Unter der Annahme, daß *Petasites*-Blätter die primäre Nahrungsquelle von *Arianta arbustorum* im Untersuchungsgebiet darstellen, läßt sich die Faustregel, wonach die höhere Trophiestufe 1/10 der niedrigeren beträgt, mit 1/5 ungefähr bestätigen, wobei die anderen Herbivoren nicht quantitativ erfaßt wurden. Diese relativ hohe Schneckenbiomasse könnte neben Meßfehlern auch darauf zurückzuführen sein, daß die *Arianta arbustorum*-Population im Beobachtungszeitraum neben *Petasites* auch noch energiereichere Ressourcen in der faulenden Phytomasse auf der Bodenoberfläche nutzt (evt. Mycetophagie). Bestätigt wird diese Annahme durch die kalorimetrischen Untersuchungen, wonach die Faeces von *Arianta arbustorum* mit 16,6 kJ/g energiereicher sind als die *Petasites*-Blätter mit 14,2 kJ/g.

Literatur

FRÖMMING, E., 1954: Biologie der mitteleuropäischen Landgastropoden. Duncker & Humblot: Berlin.

FUNKE, W., WEIDEMANN, G., 1971: Food and Energy Turnover of Phytophagous and Predatory Arthropods in Ecological Studies. Analysis and Synthesis 2:100-109 (ed. H. Ellenberg). Springer-Verlag: Berlin, Heidelberg, New York.

KERNEY, M.P., CAMERON, R.A.D., JUNGBLUTH, J.H., 1983: Die Landschnecken Nord- und Mitteleuropas. Parey: Hamburg, Berlin.

KLEMM, W., 1973: Die Verbreitung der rezenten Land-Gehäuse-Schnecken in Österreich. Denkschr. Österr. Akad. Wiss. Math.nat.Kl. 117:1-503.

MAGURRAN, A.E., 1988: Ecological Diversity and Its Measurements. Goom Helm lim.: London.

NEMESCHKAL, H.L., 1990: Über die Form der Schneckenschale: Morphometrische Grundlagen und Vorbereitungen für ein statistisches Taxonmodell. Zool. Jb. Syst. 117:491-534.

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.

NOPP, H., 1974: Physiologische Aspekte des Trokkenschlafes bei Landschnecken. Sber. Öst. Akad. Wiss., Math.-Nat. Kl. Abt. I, 182, 1-75.

PENZLIN, H., 1991: Lehrbuch der Tierphysiologie. 5.Auflage G.Fischer: Jena.

PETRUSEWICZ, K., MACFADYEN, A., 1970: Productivity of Terrestrial Animals. IBP Handbook 13.

PFLEGER, V., 1984: Schnecken und Muscheln Europas. Kosmos: Stuttgart.

RESSL, F., 1983: Die Naturkunde des Bezirkes Scheibbs. Tierwelt(2). R.&F. Radinger: Scheibbs.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahresbericht der Biologischen Station Lunz

Jahr/Year: 1999

Band/Volume: 1995-98_016

Autor(en)/Author(s): Dietrich Christian O., Grasböck Albrich, Gründlinger U., Riedl B.

Artikel/Article: Teil 2 Produktionsbiologische Untersuchungen an Arianta arbustorum (Gastropoda, Helicidae) in der Lunzer Seeau (Niederösterreich). 131-143