

Die Regenwurmfauna (Oligochaeta: Lumbricidae) der Aue der Großen Kokel als Abhängige der Böden im Flusseinzugsgebiet und der Auengradienten

N. HÖSER¹

Abstract. In five floodplain transects along the course of the river Târnava Mare in Rumania, 17 earthworm species were counted. The species spectrum of the earthworm fauna of the studied floodplains is dependent on the provenance of the floodplain sediments. On the basis of this provenance, the fauna of three groups of soil localities on the floodplain are differentiated: in the upper reaches of the river, the fauna of the floodplain soils derived from brown forest soils and podzolic soils (near Sub Cetate); on the eastern side of the middle reaches, the fauna of the soils mainly derived from gray-brown podzolic soils (near Porumbeni Mari, Hoghilag); and on the western side of the middle reaches and the lower reaches, the fauna of the soils principally derived from planosols (near Alma, Valea Lungă). *Proctodrilus tuberculatus* occurs in the floodplain sediments predominantly derived from the gray-brown podzolic soils, and in those parts of the floodplain derived from planosols *P. opisthoductus* and *Aporrectodea georgii* are found. *Ap. georgii* and *Allolobophora leoni* are mostly mutually exclusive in the floodplain transect, were they are apparently indicator species of sediment deposition close to the river and/or the effect of high water on the soil chemistry. *P. tuberculatus* and *P. opisthoductus* occur as vicarious species in the soil profile of the area where their distribution overlaps. Three soil factors that are significant in determining earthworm distribution are emphasized: lessivage, or translocation of clay; the pervection of colloidal organic matter (humus) into the soil, and the texture of the soil layers resulting from sedimentation. An additional record of the new species *P. thaleri* is given.

Keywords. Earthworms, floodplain, Târnava Mare, Romania, indicator species.

EINLEITUNG

Das Auftreten einer Reihe von Regenwurmarten in der Aue, genauer im Anlandungsbereich der Aue, wird deutlich von der Wirkung der periodischen Überflutung und des Grundwassergangs bestimmt, die beide die Gradienten der Umweltfaktoren im Auenquerschnitt einstellen und Bodenprofile prägen. Derartiges ist in wenigen Arbeiten entlang von Transekten durch die Aue untersucht worden (z.B. Höser, 1994, 2008, 2009 *a, b*, 2010 *a*; Bauer *et al.*, 1998; Graefe *et al.*, 2002), obwohl die edaphischen Gradienten der Aue seit langem bekannt sind (Alechin, 1927; Obrejanu *et al.*, 1964). Darüber hinaus wird die Regenwurmfauna der Aue vom Charakter der Auensedimente und somit durch die Gesteins- und Bodeneigenschaften im hydrologischen Einzugsgebiet der betrachteten Aue beeinflusst. Das geht sowohl aus der Verteilung von Regenwürmern der Gattung *Proctodrilus* in Querschnitten mitteleuropäischer Auen unterschiedlicher Bodenregionen (Höser, 2010 *b*) als auch aus dem Vorkommen von *Ap. jassyensis* in tonreichen

Auenböden (Höser, 2009 *a*) hervor, deren Substrat aus dem siebenbürgischen Harbach-Hochland stammt. Im folgenden Beitrag soll am Beispiel der Kokel-Auen Südsiebenbürgens gezeigt werden, wie sich die Regenwurmfauna in den Auenquerschnitten entlang eines Flusslaufs, der durch mehrere Bodenregionen führt, mit dem Wechsel der vorherrschenden Bodentypen des hydrologischen Einzugsgebietes dieser Auenquerschnitte ändert. Die Untersuchungsergebnisse tragen auch zur Kenntnis der Autökologie einiger Regenwurmartens bei.

MATERIAL UND METHODEN

Untersuchungsgebiet

Die Untersuchungen fanden in Auenquerschnitten der Großen Kokel im Siebenbürgischen Hügelland (Rumänien) statt. Der Fluss gehört zum Donau-Theiss-System und entwässert Teile des Gurghiu- und des Harghita-Gebirges (Ostkarpaten), ihrer Vorberge und des Kokel-Hochlandes. Im hydrologischen Regime des Flusses,

¹Dr. Norbert Höser, Am Park 1, D-04603 Windischleuba, Germany. E-Mail: norbert.hoeser@arcor.de

einem ausgeprägten Mittelgebirgsregime, sind Frühjahrshochwässer mit Abflussgipfel im April charakteristisch (Schneider, 1998). Der Jahresniederschlag in der collinen Stufe des Gebietes beträgt 600 – 750 mm, die mittlere Jahrestemperatur 7 – 9 °C.

Vorherrschende Böden des Einzugsgebietes der Großen Kokel sind Gebirgsbraunerden sowie Parabraunerden und Planosole, zumeist Pseudogley-Lessivés (Chiriță *et al.*, 1967; Orleu *et al.*, 1973). Von diesen Bodengesellschaften stammen Auensedimente, auf denen sich im Auenquerschnitt vom Flussufer zum Auenrand hin Böden der Reihe Auenrohboden – Auenpararendzina – Auenbraunerde oder Auenparabraunerde bilden (Schirmer, 1991), grundwassernah auch Auen-gley.

Das Quellgebiet der Großen Kokel wird von Fichtenwäldern und Buchen-Fichtenwäldern bedeckt, das übrige Einzugsgebiet des Flusses gehört zumeist zu den Vegetationszonen der Buchenwälder (>600 m Höhe ü. NN, Coldea & Wagner, 1997) und Buchen-Traubeneichenwälder (Symphyto-Fagion, Lathyro-Carpinion). In den untersuchten Auen gibt es kaum Wälder, sondern nur noch galerieartige, flussbegleitende Weichholzgesellschaften (zumeist *Salix alba*, *S. fragilis*, *S. triandra*). Die Auenwiesen sind im Hügelland an tiefer liegenden Standorten Kriech-Straußgraswiesen (*Agrostion alba*), an höheren Standorten Glatthaferwiesen (Schneider, 1998), beides grobenteils zu verarmtem Dauergrünland gestaltet.

Methoden

Auf Untersuchungsflächen von 0,5 x 0,5 m wurden bis in 0,5 m Tiefe alle Regenwürmer ausgegraben und in zweimaliger Durchsicht des ausgegrabenen Bodens von Hand eingesammelt. Die konservierten adulten Individuen befinden sich in der Sammlung des Autors.

Um die Regenwurmfauna eines Auenquerschnitts zu erfassen, wurden 6-13 Untersuchungsflächen auf jeweils einem Transekt angelegt, das quer zur Flussrichtung durch den Talboden der Aue führt. Alle Untersuchungen fanden auf Grün-

land statt. Auf diese Weise konnte (auf acht Transekten) an fünf Orten entlang des Flusslaufs der Großen Kokel ein Überblick über die Regenwurmfauna im Talboden des Auenquerschnitts gewonnen werden, nämlich am Oberlauf des Flusses 2 km nördlich von Sub Cetate (630 m ü. NN), am Mittellauf des Flusses bei Porumbeni Mari (420 m ü. NN), östlich von Hoghilag (327 m ü. NN) und zwischen Dumbrăveni und Alma (320 m ü. NN) sowie am Unterlauf des Flusses zwischen Lunca und Valea Lungă / Kreis Alba (280 m ü. NN). Untersuchungen im Bereich des Flussbetts (an der Mittelwasserlinie, wo *Eis. tetraedra* und *A. chlorotica* nachgewiesen wurden) fanden nur bei Dumbrăveni statt und sind deshalb im folgenden Bericht nicht berücksichtigt.

Bei Alma konnten Bodenstandorte auf zwei Auenterrassen des Talbodens erfasst werden. Die verwendeten Begriffe der Auenmorphologie sind bei Schirmer (1983) definiert. Die Taxonomie folgt Csuzdi und Zicsi (2003).

ERGEBNISSE

Regenwurmfauna im Längsschnitt durch die Auen der Großen Kokel

An den fünf Untersuchungsorten entlang des Flusslaufs der Großen Kokel (Tab. 1) konnten insgesamt 17 Regenwurmart gefunden werden, davon 15 Arten in den Auenquerschnitten außerhalb des Flussbetts, also oberhalb der Mittelwasserlinie.

Die Arten *D. octaedra*, *L. rubellus*, *Ap. rosea* und *O. lacteum* wurden in allen untersuchten Auen angetroffen. *A. leoni*, *Ap. caliginosa* und tiefgrabende (anözische) Arten fehlten lediglich am Oberlauf bei Sub Cetate.

Es fällt auf, dass *L. terrestris* und *P. tuberculatus* nur in den Auen am Mittellauf des Flusses, so bei Porumbeni Mari und Hoghilag, festgestellt wurden, was deckungsgleich mit einer Lücke im Vorkommen von *Ap. georgii* ist. *P. opisthoductus* beschränkt sich auf die Auen des

Tabelle 1. Artenspektrum der Regenwurmfauna in den Auenböden (oberhalb der Mittelwasserlinie) am Oberlauf (Sub Cetate), Mittellauf (Porumbenii Mari, Hoghilag, Alma) und Unterlauf (Valea Lungă / Kreis Alba) der Großen Kokel. Aufgrund zusätzlicher Untersuchungen wurden bei Alma und Valea Lungă mehr Arten nachgewiesen als in den Tabellen 4 und 5 verzeichnet sind. Außerdem wurden bei Alma an der Mittelwasserlinie *Allolobophora chlorotica chlorotica* (Savigny, 1826) und *Eiseniella tetraedra* (Savigny, 1826) gefunden

	Nachweise (+) in den Auenböden				
	Sub Cetate	Porumbenii Mari	Hoghilag	Alma	Valea Lungă
<i>Allolobophora dacica</i> (Pop, 1938)			+	+	
<i>Allolobophora leoni</i> Michaelsen, 1891		+	+	+	+
<i>Aporrectodea caliginosa</i> (Savigny, 1826)		+	+	+	+
<i>Aporrectodea georgii</i> (Michaelsen, 1890)	+			+	+
<i>Aporrectodea rosea</i> (Savigny, 1826)	+	+	+	+	+
<i>Dendrobaena auriculata</i> (Rosa, 1897)				+	
<i>Dendrobaena octaedra</i> (Savigny, 1826)	+	+	+	+	+
<i>Fitzingeria platyura platyura</i> (Fitzinger, 1833)			+	+	+
<i>Lumbricus rubellus</i> Hoffmeister, 1843	+	+	+	+	+
<i>Lumbricus terrestris</i> Linnaeus, 1758		+	+		
<i>Octolasion lacteum</i> (Örley, 1881)	+	+	+	+	+
<i>Octodrilus transpadanus</i> (Rosa, 1884)				+	+
<i>Proctodrilus opisthoductus</i> Zicsi, 1985			+	+	+
<i>Proctodrilus tuberculatus</i> (Černosvitov, 1935)		+	+		
<i>Proctodrilus thaleri</i> Höser & Zicsi, 2009				+	

Tabelle 2. Regenwurmfauna im Querschnitt durch die Aue am Oberlauf der Großen Kokel bei Sub Cetate. Auensedimente überwiegend aus sauren Braunerden und tiefgründigen Braunerden, auf denen zumeist Buchen-Fichten- und Buchenwälder wachsen

Nummer des untersuchten Standorts im Transekt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Entfernung vom Flussufer (in m)	1	3	7	10	13	25	40	55	75	90	105
	Anzahl der adulten Individuen pro 0,25 m²										
<i>Aporrectodea georgii</i>	1				1						
<i>Aporrectodea rosea</i>	1	1			4			2	2	6	10
<i>Dendrobaena octaedra</i>	3	1	2	4		3		1		1	
<i>Lumbricus rubellus</i>	1							1			
<i>Octolasion lacteum</i>	4	2	1	2	4	2	5	3			
juvenile	19	5		7	3	6	2	3	2	47	15
Summe	29	9	3	13	12	11	7	10	4	54	25

Mittel- und Unterlaufs des Flusses, wo vereinzelt auch *A. dacica*, *F. p. platyura* und *O. transpadanus* auftreten. Die Verbreitung von *P. tuberculatus* und *P. opisthoductus* im Auenlängsschnitt zeigt also Vikarianz beider Arten.

O. lacteum und *P. opisthoductus* ändern am Rand der Planosol-Vorkommen ihre Verteilung im Auenquerschnitt. So tritt *O. lacteum* in den Auen am Mittellauf nur noch spärlich, unregelmäßig und geklumpt verteilt auf (Tab. 4) und ist aus der vom Planosol-Eintrag geprägten Aue am Unterlauf bei Valea Lungă nahezu verschwunden, während *P. opisthoductus* am Beginn seines Vorkommens entlang der Großen Kokel, nämlich bei Hoghilag, vorwiegend die flussnahen Teile des Auenquerschnitts besiedelt. Die neue Art *P. thaleri*, die nach bisherigen Befunden in Auenquerschnitten anstelle von *P. tuberculatus* auftritt, wurde zuerst am Unterlauf des Flusses bei Copșa Mică (Höser & Zicsi, 2009), später auch am Mittellauf bei Alma (Tab. 4) gefunden.

Regenwurmfauna in Querschnitten durch die Auen der Großen Kokel

Zwischen Flussufer und Auenrand bestehen Gradienten der ökologischen Faktoren des Auenbodens. Daher bildet die Verteilung der Regenwurmarten im Querschnitt durch die Aue die Ansprüche dieser Arten an das Habitat ab.

Die epigäische *D. octaedra* wurde am Oberlauf des Flusses bei Sub Cetate in allen Teilen des Auenquerschnitts nachgewiesen, dessen Böden erdfeucht oder feuchter sind. In den übrigen untersuchten Auen beschränkte sich diese Art auf den feuchten Auenrand und einen Streifen am Uferwall (Tab. 2-5). Der epigäisch-endogäische *L. rubellus* konnte in der relativ humosen Aue bei Alma als weit verbreitete Art (Tab. 4), in den übrigen untersuchten Auen zumindest am Auenrand und/oder beim Uferwall angetroffen werden, wo sichtlich mehr Streureste liegen. Flussnahe Böden über niedrigem Grundwasserstand bevorzugt der tiefgrabende *L. terrestris* (Tab. 3: Nr. 2).

Unter den endogäischen Arten erreichen drei die Besiedlung des gesamten Auenquerschnitts, nämlich *Ap. rosea* in allen untersuchten Auen der

Großen Kokel, *O. lacteum* am Oberlauf des Flusses bei Sub Cetate und *P. opisthoductus* am Mittel- und Unterlauf, so zwischen Dumbrăveni und Alma und bei Valea Lungă (Tab. 4, 5). *Ap. caliginosa* erreicht ihren größten Bestand als subdominante Art in den Auen am Mittellauf, hier zumeist abseits des Flusslaufs (Tab. 3, 4).

Zwischen Dumbrăveni und Alma (Tab. 4) beherrscht *P. opisthoductus* nahezu den gesamten Auenquerschnitt, sowohl den tonigen Boden am Auenrand als auch den mehr feinsandigen in Flussnähe. Hier erreicht die Art am Fuße des Uferwalls im obersten Dezimeter des hellbraunen, tonig-feinsandigen Fluvisoliments ihre größte Individuendichte (Tab. 4: Nr. 3). In ihren Lebensraum einbezogen ist in ca. 70 bis 270 m Entfernung vom Fluss ein dunkler humoser, klebriger, vermutlich aus den Planosolen der Umgebung stammender Mineralboden (Tab. 4: Nr. 5-6, 2e-2g), der in einem stellenweise etwa 30 m breiten Streifen einen 23 bis >30 cm mächtigen schwarzen, fettig glänzenden Oberbodenhorizont („Klebsandschicht“) enthält. Der Boden dieses Streifens (Tab. 4: Nr. 2g) liegt maximal 1,5 m höher als der flussnahe Talboden, also auf einer höheren (älteren) als der flussnahen Auenterrasse.

Im Gegensatz dazu wurden *L. terrestris* und *P. tuberculatus* bei Porumbeni Mari und Hoghilag in humusarmen Oberböden gefunden, die aus gut wasserdurchlässigem, sichtlich tondurchschlammtem, mittelbraunem Auenlehm bestehen. *P. tuberculatus* lebt bei Hoghilag auch im ungeschichteten Bodenprofil der Vega einer mächtigen Auenlehmdecke (Tab. 3: Nr. 3). Er tritt im selben Bereich der Gradienten von Textur und Bodenalter auf, in dem *P. opisthoductus* vorkommt.

P. thaleri wurde bei Alma am Auenrand in einer ca. 1,8 m über dem flussnäheren Talbodenniveau liegenden Auenterrasse gefunden (Tab. 4: Nr. 7). Dort tritt er in ca. 40 cm Tiefe im etwas festeren, erdfeuchten Auenlehm auf, der verbraunt und tondurchschlammtem ist.

Ap. georgii beschränkt sich auf den internen (flussnäheren) Bereich der Auenterrassen, so bei Alma auch auf den Rand einer höheren, weniger

Tabelle 3. Regenwurmfauna im Querschnitt durch die Aue am Mittellauf der Großen Kokel bei Hoghilag. Auensedimente überwiegend aus Parabraunerden, teils aus Braunerden, auf denen zumeist Traubeneichen-Buchenwälder wachsen. „Klebsandschicht“ (15 cm) an Nr. 1

Nummer des untersuchten Standorts im Transekt	1	2	3	4	5	6
Entfernung vom Flusssufer (in m)	15	165	375	525	825	900
	Anzahl der adulten Individuen pro 0,25 m²					
<i>Allolobophora dacica</i>			1			
<i>Allolobophora leoni</i>			1		12	
<i>Aporrectodea caliginosa</i>		1	2			1
<i>Aporrectodea rosea</i>	4	9	5	18	14	10
<i>Dendrobaena octaedra</i>	2					
<i>Fitzingeria platyura platyura</i>					5	
<i>Lumbricus rubellus</i>						2
<i>Lumbricus terrestris</i>		2				
<i>Octolasion lacteum</i>		9				3
<i>Proctodrilus opisthoductus</i>	2	3		5		
<i>Proctodrilus tuberculatus</i>			5	5		
juvenile	13	14	16	49	81	27
Summe	21	38	30	77	112	43

Tabelle 4. Regenwurmfauna im Querschnitt durch die Aue am Mittellauf der Großen Kokel bei Alma. Zwei Transekte: Transekt am Gleitufer des Flusses mit den Standorten Nr. 1-7; Teil eines Transekts am Prallufer des Flusses mit den Standorten Nr. 2a-2g. Auensedimente überwiegend aus Planosolen, teils aus Parabraunerden und Braunerden, auf denen zumeist Eichen-Hainbuchenwälder mit Traubeneiche und Rotbuche wachsen. „Klebsandschicht“ an Nr. 5, 6 (ca. 30 cm) und Nr. 2e – 2g (23 bis >30 cm)

Nummer des untersuchten Standorts im Transekt	1	2	3	4	5	6	7
Entfernung vom Flusssufer (in m)	9	12	25	70	150	255	405
	Anzahl der adulten Individuen pro 0,25 m²						
<i>Allolobophora leoni</i>				5	4		
<i>Aporrectodea caliginosa</i>					3	2	1
<i>Aporrectodea georgii</i>	2	4	2				4
<i>Aporrectodea rosea</i>		6	8	7	8	6	2
<i>Dendrobaena octaedra</i>		2					
<i>Lumbricus rubellus</i>			1	1	2	3	
<i>Proctodrilus opisthoductus</i>	1	2	8		1	2	
<i>Proctodrilus thaleri</i>							1
juvenile	6	54	82	15	53	44	11
Summe	9	68	101	28	71	57	19
	Anzahl der adulten Individuen pro 0,25 m²						
Nummer des untersuchten Standorts im Transekt	2a	2b	2c	2d	2e	2f	2g
Entfernung vom Flusssufer (in m)	12	40	50	65	71	82	125
	Anzahl der adulten Individuen pro 0,25 m²						
<i>Allolobophora dacica</i>			1	3	5		
<i>Allolobophora leoni</i>	5						
<i>Aporrectodea georgii</i>		2		1		1	4
<i>Aporrectodea rosea</i>	4	4		5	2	7	5
<i>Lumbricus rubellus</i>			1				1
<i>Octolasion lacteum</i>			1				
<i>Octodrilus transpadanus</i>		2					
<i>Proctodrilus opisthoductus</i>	3	5	2	2	2		1
juvenile	12	15	12	14	21	6	30
Summe	24	28	17	25	30	14	41

Tabelle 5. Regenwurmfauna im Querschnitt durch die Aue am Unterlauf der Großen Kokel bei Valea Lungă / Kreis Alba. Auensedimente überwiegend aus Planosolen, auf denen zumeist Eichen-Hainbuchenwälder und Stieleichenwälder wachsen

Nummer des untersuchten Standorts im Transekt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Entfernung vom Flusssufer (in m)	15	30	60	82	105	123	200	206	215	220	223
	Anzahl der adulten Individuen pro 0,25 m²										
<i>Allolobophora leoni</i>								1	6		
<i>Aporrectodea caliginosa</i>						1					
<i>Aporrectodea georgii</i>		3	15	9	17	11					
<i>Aporrectodea rosea</i>		2		2		2		2	1	2	2
<i>Dendrobaena octaedra</i>	4										
<i>Fitzingeria platyura platyura</i>										2	1
<i>Octodrilus transpadanus</i>						1					
<i>Proctodrilus opisthoductus</i>				1		1	4	3	4	2	2
juvenile	8	20	12	9	23	40	21	20	34	31	16
Summe	12	25	27	21	40	56	25	26	45	37	21

oft überfluteten (Tab. 4: Nr. 2f, 2g, 7). Folglich sind die von ihr bewohnten Bodenstandorte von deutlich unterschiedlichem Entwicklungsstand.

Die Arten *Ap. georgii* und *A. leoni* schließen einander in den untersuchten Auenquerschnitten aus (Tab. 4, 5). Bei Alma kommen beide auf der flussnahen Auenterrasse vor. Dort lebt *Ap. georgii* im zumeist auffällig humosen Fluvisoliment der flussnächsten, am häufigsten überfluteten Bereiche, deren Bodenbildung durch Sedimentaufwuchs gestört wird (Tab. 4: Nr. 1-3, 2b, 2d). Demgegenüber tritt *A. leoni* außerhalb dieses Streifens starker, sichtbarer Sedimentzufuhr auf, also in den flussferneren, mehr Ton enthaltenden Mineralböden oder am Prallufer, wo im Stromstrich der Hochflut der Sedimentaufwuchs nicht stattfindet (Tab. 4: Nr. 4, 5 bzw. 2a). So erreicht *A. leoni* auch die am Auenrand liegenden Bodenstandorte (Tab. 3: Nr. 5; Tab. 5: Nr. 8,9), meidet jedoch die sichtlich vom Kolluvium beeinflussten (Tab. 3: Nr. 6; Tab. 5: Nr. 10, 11).

Bemerkenswert ist, dass sich *A. dacica* bei Alma auf die im Relief erkennbare Sedimentablage beschränkt, die am Fuße der um >1 m höheren (älteren), die Klebsandschicht tragenden Auenterrasse liegt (Tab. 4: Nr. 2c-2e).

Regenwurmart in geschichteten Auenbodenprofilen

In den Auen bei Porumbenii Mari und Hoghilag (Tab. 3) wurden *L. terrestris* und *P. tuberculatus* in geschichteten flussnahen Bodenprofilen über sehr niedrigem Grundwasserstand gefunden, *P. tuberculatus* in der feinkörnigen Schicht, die über einer gröberen, manchmal über einer kieshaltigen lagert. Bei einer Überlappung der Vorkommen von *P. opisthoductus* und *P. tuberculatus* in der Aue bei Hoghilag unter Dauergrünland (Tab. 3: Nr. 4) leben beide Arten separat im Bodenprofil. Die erstgenannte Art konzentriert sich am unteren Ende des 3 cm mächtigen, von Wurzeln durchsetzten Teils des Ah-Horizonts, so also oberhalb des Lebensraums der anderen Art. Dieser Standort liegt im Wege einer Nebenströmung der Hochflut, die sich an einem Mäander einstellt.

DISKUSSION

Einfluss der Bodentypen des Flusseinzugsgebietes auf die Regenwurmfauna der Aue

Aufgrund Chiriță *et al.* (1967), einer Bodenkarte von Conea *et al.* (1973) und eigener Beobachtungen sind längs der Großen Kokel drei Bereiche anhand der Herkunft der Auensedimente

zu unterscheiden: Am Oberlauf (Tab. 2) stammen die Auensedimente überwiegend von Braunerden, auch von sauren und podsoligen Braunerden. Im zweiten Bereich, am östlichen Teil des Mittellaufs und zugleich am östlichen Rand der siebenbürgischen Parabraunerde-Planosol-Region (Tab. 3), resultieren sie anscheinend zumeist aus Parabraunerden, teils aus Pseudogley-Parabraunerde. Im dritten Bereich, an der anschließenden übrigen Flusslaufstrecke (Tab. 4, 5), herrschen Auensedimente aus Planosolen und Parabraunerden vor, wobei im westlichen Teil des Mittellaufs überwiegend Planosole in die Aue eingetragen werden. Vom Ober- zum Mittellauf des Flusses hin verstärken sich also kräftig die Staunässemerkmale der Böden des hydrologischen Einzugsgebietes der Auenstandorte. Die verdichteten, staunassen Planosole, auch als pseudoverleyte Parabraunerden oder Pseudogleye beschrieben (Conea *et al.*, 1973; Păunescu & Chiriță, 1970), summierte und kartierte Stefanovits (1971 *a, b*) seinerzeit noch als Gruppe der Mitteleuropäischen Braunerden. Vergleicht man die Herkunft der Auensedimente mit der Regenwurmfauna der Auenstandorte, so fallen Bindungen von *O. lacteum* an die erste, von *L. terrestris* und *P. tuberculatus* an die zweite und von *P. opisthoductus*, der offensichtlich mit *P. tuberculatus* ökologisch (edaphisch) vikariiert, an die dritte Art der Sedimentherkunft auf. Das führt uns zu der Annahme, dass die Auensedimente aus ihren Herkunftsgebieten dauerhafte Valenzen der Umweltbedingungen (Müller, 1984) für Regenwürmer mitbringen.

Die Planosole und die davon stammenden Auenböden treten durch die Funde des anscheinend endemischen *P. thaleri* als edaphische Besonderheit hervor (Tab. 4; Höser & Zicsi, 2009). Dieses gehört wohl zur besonderen evolutionären Situation im Karpatenbogen, in der orographische Bedingungen endemische Artenvielfalt und beschleunigte Artbildung bei der Gattung *Octodrilus* verursachten (Pop 1994; Pop *et al.*, 2010; Csuzdi *et al.*, 2011). Von den übrigen 16 Arten aus den Kokel-Auen (Tab. 1) sind acht peregrin, daneben drei Arten transägäisch (*A. leoni*, *O. transpadanus*, *P. tuberculatus*), zwei zentraleuropäisch (*F. p. platyura*, *P. opisthoduc-*

tus) und je eine Art atlantisch-mediterran (*Ap. georgii*), ost-alpin (*D. auriculata*) und dakisch endemisch (*A. dacica*) verbreitet (Csuzdi & Zicsi, 2003; Csuzdi *et al.*, 2011).

Übernahme von Bodeneigenschaften aus dem hydrologischen Einzugsgebiet in den Bodenstandort der Aue

Der genannte Import ökologischer Valenzen in die Aue betrifft die nach Ehwald (1982) konservativen Bodeneigenschaften, sowohl vom Ausgangssubstrat ererbte als auch während der Entwicklung der gegenwärtigen Biogeozönose gebildete. Dazu gehört z.B. der Bestand an schwer verwitterbaren Mineralen, daneben unseren Beobachtungen zufolge wohl auch ein Anteil an Ton und humosen Substanzen, der aus dem stromauf liegenden Flusseinzugsgebiet stammt. Die vermutlich lange „Löschzeit“ dieser Eigenschaften, ihre Übernahme in die Auenböden und in diesem Falle ihre Beibehaltung durch gleichartige und gleichsinnig fortwirkende Prozesse (z.B. Durchschlammung und Bodenschichtung) in der Bodenbildung, Hang- und Auendynamik ergeben, dass einige Regenwurmartentypen in den Gradienten des Auenbodens dieselbe oder eine ähnliche ökologische Existenz finden wie an entsprechenden Standorten auf Hängen und im Kolluvium.

Die Habitate der *Proctodrilus*-Arten entstehen wohl bei der Durchschlammung, die aus dem natürlichen Verbund (Bridges, 1978) von Tonverlagerung (= Tondurchschlammung) und Einwaschung der Huminstoffe besteht. Tonverlagerungen, so die syngenetische, die im Kolluvium und durch versickernde Hochwässer im Auenlehm (Kopp, 1964) stattfindet, oder die aus der Parabraunerde-Dynamik bekannte, schaffen (Höser, 1986) ökologische Valenzen für *P. tuberculatus*. Als sedimentationseigener Prozess gewährleistet die Durchschlammung faktisch Kontinuität dieser Valenzen beim Übergang des Sediments vom Hang in die Aue, so dass *P. tuberculatus* in lessivierten Hangböden (Höser, 1998 *b*) und schon in rohbodennahen geschichteten Auenbodenprofilen am Fluss gefunden wird (Tab. 3 in Höser, 2003), so gemäß seiner anscheinend größeren ökologischen Potenz

(Zicsi, 1959). Offensichtlich werden diese Valenzen durch entsprechende für *P. opisthoductus* ersetzt, wo große Mengen wanderfähiger kolloidaler Humusstoffe auftreten, z.B. in der Aue bei Alma (Tab. 4). Damit ergibt sich edaphische Vikarianz beider Arten. Andererseits bringt Tonanreicherung in hydromorphen Böden ökologische Valenzen für *P. antipai* hervor, z.B. am Sd-Horizont (Höser, 2008).

Zur Autökologie der Regenwurmart in der Aue

D. octaedra besiedelt den Auenquerschnitt offenbar fast lückenlos, wenn dort im Jahresdurchschnitt höhere Bodenfeuchtigkeit herrscht. Das ist in der Aue bei Sub Cetate der Fall (Niederschlagssumme > 700 mm) und aufgrund der bekannten Bindung der Art an feuchte Wiesen (Frenzel, 1936) zu erwarten. Feuchtigkeit und Streu (Nahrung) sind begrenzende ökologische Faktoren in der Aue, wo sich die beiden häufigsten Laubstreubewohner der Region (Zicsi, 1968), die eurytopen epigäischen Arten *D. octaedra* und *L. rubellus*, auf Auenrand bzw. Uferwall beschränken.

Ap. rosea hat in den untersuchten Auen, in denen sie ubiquitär ist, eine offensichtlich breite ökologische Valenz (Graff, 1953). Sie ist noch aktiv bei sehr geringer Bodenfeuchtigkeit (Volz, 1976; Edwards & Bohlen, 1996), ist der häufigste Mineralbodenbewohner der Region (Zicsi, 1968), einer der häufigsten in vielen ostmitteleuropäischen Auen (Bauer *et al.*, 1998; Pižl, 1998, 1999), und als geophage Art (Lee, 1985) eurytop. Die in deutschen Auen (Emmerling, 1995; Höser, 1994, 2009 b) dominante *Ap. caliginosa* tritt in den Kokel-Auen deutlich zurück. *O. lacteum* bevorzugt die feuchteren Böden (Volz, 1976; Bauer *et al.*, 1998), so auch in der Aue bei Sub Cetate. Ihr Rückgang mit dem Eintritt ins Planosol-Gebiet deutet auf eine Bindung an ökologische Faktoren, die aus den bewaldeten Gebirgsbraunerden oder wenigstens aus bestocktem Gelände in die Aue des Oberlaufs eingetragen wurden und in den überwiegend aus Planosolen stammenden Auenböden anscheinend nicht entwickelt sind. Dieses kann erklären, weshalb die Art weitgehend in den

Auen am Mittel- und Unterlauf der Großen Kokel fehlt (Tab. 3-5), wie auch im flussfernen Streifen der Alt-Aue (Höser, 2009 a), der an die Vorkommen der Planosole des südlichen Kokel-Hochlandes grenzt (Conea *et al.*, 1973).

Der hohen Stetigkeit zufolge, in der *P. opisthoductus* in den Auen bei Alma und Valea Lungă auftritt, bevorzugt er offensichtlich allochthones Bodensubstrat aus den umgebenden Planosolen, die über einem tonigen „tiefsitzenden Staukörper mit darauf sitzender Staunässe“ (Ganssen & Gračanin, 1972) Humus akkumulieren. Diese Beziehung weist auf Bindung an feine und kolloidale Humusstoffe hin. Allerdings scheint die mittels kolloidalem, quellfähigem Humus entstandene „Klebsandschicht“ (Franz, 1960) in der Aue bei Alma, wie auch der kolluviale Mineralboden der Hangschulter des Alt-Tales (Höser, 2009 a), lediglich suboptimal für die Art zu sein, die im feinsandigen Mull einer Auflandung von flussnahe Fluvisoliment am Mieresch (Höser, 2003) ihr Optimum hat.

Die grundwasserfernen, von *L. terrestris* und *P. tuberculatus* besiedelten Auenböden (Tab. 1, 3) gewährleisten vermutlich der erstgenannten Art den ihr angemessenen tiefgründigen Lebensraum bei großem Grundwasserflurabstand (Graff, 1953; Graefe *et al.*, 2002). Sie bieten dem *P. tuberculatus* die von ihm in der flussnahen Aue bevorzugte syngenetisch lessivierte Texturwechsellagerung (Höser, 2003), die sedimentationseigen ist.

Ap. georgii ist anscheinend an Böden auf umgelagertem Substrat gebunden, ungeachtet des aktuellen Entwicklungsstandes dieser Böden. Daher kommt sie auch auf weniger oft überfluteten, internen und daher eher texturrell geschichteten Rändern von höheren (älteren) Auenterrassen vor (Tab. 4: Nr. 7). Somit kann diese Art wie *Ap. caliginosa* zu den Leitformen für die mehr durch Umlagerung als durch Perkolation geprägten Böden (Höser, 1993) gestellt werden.

Die ökologischen Valenzen für *A. leoni* entstehen offenbar infolge der terrestrischen Bodenbildung in der Talbodenfazies der Aue. Dafür spricht, dass die Nachweise der Art im Auenquerschnitt flusswärts ungefähr beim Übergang zur sichtbaren, die Bodenentwicklung hemmen-

den Sedimentzufuhr enden, wo nach Schirmer (1991) der Übergang zu C-M-Horizonten stattfindet (in Tab. 4: von Nr. 4 zu Nr. 3). Diese Valenzen für *A. leoni* basieren möglicherweise auf dem Bodenchemismus, der in Bereichen ohne wesentliche Sedimentzufuhr von der Hochflut in Gang gesetzt wird. Die betreffenden Bodenstandorte liegen in der Weichholzaue und Unteren Hartholzaue (Höser, 2003, 2010 a).

Bedeutung geschichteter Bodenprofile für Regenwürmer

Auch die Bodenschichtung als sedimentationseigener Prozess gewährt den Regenwürmern ökologische Valenzen. Sie ist in den hier untersuchten Auenböden Voraussetzung für das hängende Kapillarwasser der Texturwechsellagerungen (Mückenhausen, 1993), das *P. tuberculatus* (Tab. 3) und *P. thaleri* ermöglicht, Pessima der Bodenfeuchtigkeit an Schichtgrenzen zu überleben (Höser, 2000, 2003; Höser & Zicsi, 2009).

Bodenschichtung ist die Ursache festgestellter Überlappung der Vorkommen von *P. tuberculatus* und *P. opisthoductus* am selben Bodenstandort. Sie ergibt ökologische Vikarianz im geschichteten Bodenprofil, so dass jede Art in einer anderen Schicht desselben Profils lebt. Diese Schichtung und die mit ihr mögliche Vikarianz gründen sich möglicherweise auf eine lokale Änderung der Überflutungsdynamik (Höser, 2003) oder auf Unterschiede in der Herkunft des Fluvisoliments, bedingt durch stark wirksame lokale Niederschläge im hydrologischen Einzugsgebiet des Auenstandorts. Wahrscheinlich treten sie zumeist an den Grenzen der Verbreitung von Planosolen auf, wo in den Auen neben humusarmem Auenlehm auch Feinsandmull sedimentiert wird. Dafür sprechen aufgrund der Bodenkarte von Conea *et al.* (1973) die Nachweise von Überlappungen an der Großen Kokel bei Hoghilag (Tab. 3: Nr. 4 und Höser, 1998 a) und am Unterlauf des Mieresch, dort am Übergang zu den Löss-Vorkommen des Alfölds (Abb. 2 in Bronger, 1976) bei Şoimoş / Lipova (Höser, 2003). Diese ökologische Separation der beiden Arten ist bemerkenswert, da beide dieselben Bereiche der Gradienten von

Textur und Bodenalter des Auenquerschnitts bewohnen (Höser, 1997).

Als ähnlicher Fall ökologischer Vikarianz wurde in ausreichend mit Bodenfeuchtigkeit versorgten Bereichen mitteldeutscher Auen gefunden, dass in einem texturell zweigeteilten Bodenprofil fossiler Auen *P. antipai* den feinkörnigen und *P. tuberculatus* den wenig gröber körnigen Teil bewohnt (Höser, 2008).

Bindungsrelevante Faktoren der Böden für Regenwürmer

Mit der hier angewandten zoologischen Feldmethode, das Vorkommen der Regenwurmart im Auenquerschnitt quantitativ zu erfassen und mit beobachteten auffälligen Standortfaktoren in Beziehung zu setzen, können aufgrund von Ergebnissen aus mehreren Flussauen in erster Annäherung und im Sinne von Dunger (1998) drei für Regenwürmer wahrscheinlich bindungsrelevante Faktoren der Böden herausgestellt werden: die Tonverlagerung (Höser, 1986; relevant für *P. tuberculatus*), das damit verbundene Einwaschen kolloidaler Humusstoffe in den Boden (relevant für *P. opisthoductus*) und die sedimentationseigene texturale Bodenschichtung (Höser, 2003; Höser & Zicsi, 2009; relevant für *P. tuberculatus* und *P. thaleri*). Naheliegender ist, unseren Ergebnissen zufolge der Bodenschichtung aufgrund ihrer doppelten Funktion als einem Requisit der ökologischen Isolation und der Bindung an das Habitat eine besondere grundlegende Bedeutung zuzuerkennen, die z.B. in Hinsicht auf die Gattung *Proctodrilus*, so auch *P. thaleri*, artliche Differenzierungen bestätigt.

Dank – Ich danke Herrn Prof. Dr. András Zicsi (Budapest) für Nachbestimmungen, Herrn Michael Höser für technische Assistenz im Freiland und Herrn Brian Hillcoat (Berlin) für die Übersetzung ins Englische. Herrn Dr. Peter Weber (†) und Frau Dr. Anikó Mitruly (Medias) bin ich für landeskundliche Informationen dankbar.

SCHRIFTTUM

ALECHIN, W. (1927): Die Alluvionen der Flußtäler in Rußland. *Repertorium specierum novarum regni vegetabilis, Beihefte*, 47: 1–79.

- BAUER, R., KÜPPER, K. & MÜLLER, H. W. (1998): Characterization of the lumbricid fauna in alluvial soils in the Danube River floodplain area east of Vienna. *Linzer biologische Beiträge*, 30: 11–20.
- BRIDGES, E.M. (1978): *World soils*. Second edition. Cambridge University Press, Cambridge, New York, Melbourne, pp. 128.
- BRONGER, A. (1976): Zur quartären Klima- und Landschaftsentwicklung des Karpatenbeckens auf (päläo-)pedologischer und bodengeographischer Grundlage. *Kieler Geographische Schriften*, 45: 1–268.
- CHIRIȚĂ, C. D., PĂUNESCU, C. & TEACI, D. (1967): *Solurile României cu un determinant în culori*. Editura Agro-Silvică, București, pp. 179.
- COLDEA, G. & WAGNER, I. (1997): Pflanzensoziologische Untersuchungen im Gurghiu-Gebirge (Ostkarpaten). *Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Österreich*, 134: 357–371.
- CONEA, A., OANCEA, C., POPOVĂȚ, A., RAPAPORT, C. & VINTILĂ, I. (1973): *Comparative study of Planosols in Romania*. In: Schlichting, E. & Schwertmann, U. (eds.): *Pseudogley & Gley*. Verlag Chemie, Weinheim, pp. 323–331.
- CSUZDI, Cs. & ZICSI, A. (2003): *Earthworms of Hungary (Annelida: Oligochaeta, Lumbricidae)*. In: Csuzdi, Cs. & Mahunka, S. (eds.): *Pedozoologica Hungarica* No. 1, Budapest, pp.271.
- CSUZDI, Cs., POP, V.V. & POP, A.A. (2011): The earthworm fauna of the Carpathian Basin with new records and description of three new species (Oligochaeta: Lumbricidae). *Zoologischer Anzeiger*, 250: 2–18.
- DUNGER, W. (1998): Die Bindung zwischen Bodenorganismen und Böden und die biologische Beurteilung von Böden. *Bodenschutz*, 3: 62–68.
- EDWARDS, C.A. & BOHLEN, P.J. (1996): *Biology and ecology of earthworms*. Third edition. Chapman & Hall, London, pp. 426.
- EHWALD, E. (1982): Bemerkungen zur Veränderlichkeit der natürlichen Umweltkomponenten unter dem Einfluß von Naturfaktoren sowie der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung. *Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften der DDR*, 6 N/1982: 4–21.
- EMMERLING, C. (1995): Long-term effects of inundation dynamics and agricultural land-use on the distribution of soil macrofauna in fluvisols. *Biology and Fertility of Soils*, 20: 130–136.
- FRANZ, H. (1960): *Feldbodenkunde als Grundlage der Standort Beurteilung und Bodenwirtschaft mit besonderer Berücksichtigung der Arbeit im Gelände*. Verlag Georg Fromme & Co., Wien, München, pp. 583.
- FRENZEL, G. (1936): *Untersuchungen über die Tierwelt des Wiesenbodens*. Verlag Gustav Fischer, Jena, pp. 130.
- GANSSEN, R. & GRAČANIN, Z. (1972): *Bodengeographie mit besonderer Berücksichtigung der Böden Mitteleuropas*. K. F. Koehler Verlag, Stuttgart, pp. 325 und Anhang.
- GRAFF, O. (1953): Die Regenwürmer Deutschlands. *Schriftenreihe der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode*, 7: 1–81.
- GRAEFE, U., BEYLICH, A., BUSCH, W., EGBERTS, B. & FRÜND, H.-C. (2002): *Teilprojekt 5: Zoologie: Folgenabschätzung von Auenwaldbegründung und Deichrückverlegung auf Biozönosen der Lenze Elbtalaue mit Hilfe faunistischer Indikatoren. Endbericht Teil IV: Bodenbiozönose*. In: Neuschulz, F., Purps, J. & Hape, M. (eds.): *Möglichkeiten und Grenzen der Auenwaldentwicklung und Auenregeneration am Beispiel von Naturschutzgroßprojekten an der Unteren Mittelelbe (Brandenburg)*. Abschlussbericht des BMBF-Forschungsvorhabens FKZ 0339517. Landesanstalt für Großschutzgebiete, Rühstädt, pp. 42.
- HÖSER, N. (1986): Die Bindung zweier Unterarten von *Allolobophora antipai* (Lumbricidae) an Lößböden unterschiedlicher Genese. *Pedobiologia*, 29: 319–326.
- HÖSER, N. (1993): Regenwürmer als Leitformen von Perkolation und Umlagerung des Bodens. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*, 69: 175–178.
- HÖSER, N. (1994): Verteilung der Regenwürmer am Hang und in der Aue: Abhängigkeit von Bodenschichtungsvorgängen. *Zoologische Jahrbücher, Abteilung für Systematik, Ökologie und Geographie der Tiere*, 121: 345–357.
- HÖSER, N. (1997): Standörtliche Bindung als Kriterium der Artentrennung bei der Regenwurm-Gattung *Proctodrilus* Zicsi, 1985. *Abhandlungen und Berichte des Naturkundemuseums Görlitz*, 69 (2): 151–156.

- HÖSER, N. (1998 a): Zur Regenwurmfaua (Oligochaeta: Lumbricidae) im Flußgebiet der Großen Kokel / Târnava Mare: Erste Mitteilung. *Muzeul Brukenthal, Studii și Comunicări, Științe naturale*, 27: 347–352.
- HÖSER, N. (1998 b): Die Gattung *Proctodrilus* und andere Regenwurmartarten der Auenböden und Hangsedimente: Bemerkungen über ihre Verteilung im Flußgebiet von Kokel und Mieresch (Siebenbürgen, Banat). *Mauritiana*, 16: 505–513.
- HÖSER, N. (2000): Die Verteilung der azonalen Elemente der Regenwurmfaua in Auenquerschnitten von Kokel und Mieresch. *Siebenbürgisches Archiv*, 36: 219–232.
- HÖSER, N. (2003): Die Verteilung der Regenwürmer in der Aue des Mieresch (Siebenbürgen, Banat, Rumänien). *Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Österreich*, 140: 99–116.
- HÖSER, N. (2008): Die Regenwürmer *Proctodrilus tuberculatus* (ČERNOSVITOV, 1935) und *Proctodrilus antipai* (MICHAELSEN, 1891) als Indikatoren der fossilen Oberflächengliederung der Flussaue (Oligochaeta: Lumbricidae). *Hercynia*, N.F. 41: 263–272.
- HÖSER, N. (2009 a): Zur Habitatbindung der Regenwürmer (Oligochaeta: Lumbricidae) in der Aue und am Hang des Alt. *Brukenthal Acta Musei*, IV.3: 603–610.
- HÖSER, N. (2009 b): Die Regenwurmfaua (Oligochaeta: Lumbricidae) in zwei Querschnitten durch die Aue der Pleiße bei Windischleuba. *Mauritiana*, 20: 579–586.
- HÖSER, N. (2010 a): Zur Regenwurmfaua (Oligochaeta: Lumbricidae) eines Hartholzauenwaldes an der Ialomița (Rumänische Tiefebene). *Brukenthal Acta Musei*, V.3: 515–524.
- HÖSER, N. (2010 b): Zur Ökologie der Regenwürmer *Proctodrilus antipai* (Michaelson, 1891) und *P. tuberculatus* (Černosvitov, 1935) in den Auen des mitteleuropäischen Mittelgebirgsgürtels. *Acta Musei Moraviae, Scientiae biologicae*, 95 (2): 1–9.
- HÖSER, N. & ZICSI, A. (2009): Eine neue *Proctodrilus*-Art (Oligochaeta: Lumbricidae) und ihr spezifischer Ökotyp. *Contributions to Natural History*, 12: 651–658.
- KOPP, E. (1964): Zur Genese der Böden aus Hochflutlehm auf der Niederterrasse im Raume Bonn – Köln – Krefeld. *Eiszeitalter und Gegenwart*, 15: 81–91.
- LEE, K.E. (1985): *Earthworms, their ecology and relationships with soils and land use*. Academic Press Australia, Sydney etc., pp. 411.
- MÜCKENHAUSEN, E. (1993): *Die Bodenkunde und ihre geologischen, geomorphologischen, mineralogischen und petrologischen Grundlagen*. 4., ergänzte Auflage. DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 24 Tafeln, pp. 579.
- MÜLLER, H. J. (1984): *Ökologie*. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, pp. 395.
- OBREJANU, G., MĂIANU, A. & AXENOVA, I. (1964): Die Böden des Überschwemmungsgebiets der Donau. *Știința Solului*, 2 (3-4): 12–27.
- ORLENU, C., PAPADOPOL, C., CICOTTI, M., POPESCU, F., DULVARA, E. & VASILESCU, P. (1973): *Les Sols Lessivés à Pseudogley des Terrasses de la Tîrnava Mare (Plateau de Transylvanie)*. In: Schlichting, E. & Schwertmann, U. (eds.): *Pseudogley & Gley*. Verlag Chemie, Weinheim, pp. 319–322.
- PĂUNESCU, C. & CHIRIȚĂ, C. (1970): Beiträge zur Kenntnis und Systematik der Pseudogleye und pseudovergleyten Böden Rumäniens. *Studii tehnice și economice, seria C, Pedologie*, 18: 343–355.
- PIŽL, V. (1998): *Earthworm communities in Pálava Biosphere Reserve (Southern Moravia) with special reference to the impact of floods*. In: Pižl, V. & Tajovský, K. (eds.): *Soil zoological problems in Central Europe*. Proceedings of the 4th Central European Workshop on Soil Zoology, České Budějovice, pp. 157–166.
- PIŽL, V. (1999): Earthworm communities in hardwood floodplain forests of the Morava and Dyje rivers as influenced by different inundation regimes. *Ekológia (Bratislava)*, 18, Supplement 1: 197–204.
- POP, V.V. (1994): On speciation in the Genus *Octodrilus* Omodeo, 1956 (Oligochaeta, Lumbricidae). *Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut*, 89, Ergänzungsband 2: 37–46.
- POP, A.A., POP, V.V. & CSUZDI, CS. (2010): Significance of the Apuseni Mountains (the Carpathians) in the origin and distribution of Central European earthworm fauna (Oligochaeta: Lumbricidae). *Zoology in the Middle East, Supplementum* 2: 89–110.
- SCHIRMER, W. (1983): Die Talentwicklung an Main und Regnitz seit dem Hochwürm. *Geologisches Jahrbuch*, A 71: 11–43.

- SCHIRMER, W. (1991): Zur Nomenklatur der Auenböden mitteleuropäischer Flußauen. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*, 66: 839-842.
- SCHNEIDER, E. (1998): Die Auen im Hügelland Siebenbürgens aus ökologisch-vegetationskundlicher Sicht. *Mauritiana*, 16: 481-497.
- STEFANOVITS, P. (1971 a): *Brown forest soils of Hungary*. Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 261.
- STEFANOVITS, P. (1971 b): Bodengeographische Regelmäßigkeiten im Donaueinzugsgebiet. *Geoforum*, 2(2): 41-46.
- VOLZ, P. (1976): Die Regenwurm-Populationen im Naturschutzgebiet „Hördter Rheinaue“ und ihre Abhängigkeit vom Feuchtigkeitsregime des Standorts. *Mitteilungen der Pollichia*, 64: 110-120.
- ZICSI, A. (1959): Beitrag zur geographischen Verbreitung und Ökologie von *Allolobophora antipai* (Michaelsen) 1891 (Oligochaeta). *Annales Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eötvös nominatae, Sectio Biologica*, 2: 283-292.
- ZICSI, A. (1968): Ein zusammenfassendes Verbreitungsbild der Regenwürmer auf Grund der Boden- und Vegetationsverhältnisse Ungarns. *Opuscula Zoologica Budapest*, 8: 99-164.