

3.1 Die Regenwurmfauna (Oligochaeta: Lumbricidae) des Naturschutzgebietes „Ahrschleife bei Altenahr“

von JÜRGEN C. KÜHLE

Abstract

The earthworm fauna (Oligochaeta: Lumbricidae) of the nature reserve „Ahrschleife bei Altenahr“

In 1987 the earthworm coenosis of selected reference sites in the nature reserve „Ahrschleife bei Altenahr“ (F. R. G., Rhineland-Palatinate) was studied by a combined method (electro-extraction + handsorting of 50 x 50 x 50 cm soil cube + formalin-extraction) considering abundance and biomass of species as well as their dominance structure, diversity and evenness. Among the twelve species that have been found, *Dendrobaena pygmaea* is very rare (new for the Northern Rhineland) and *Aporrectodea limicola* is rare as well. Both are typical for floodplain sites. The highest values of abundance are found in floodplain sites with *Urtica dioica* (170 ind./m²) followed by succession sites of fallowed arable land on the upper terraces of Albig (140 ind./m²) and the last remains of hardwood floodplain forest (97 ind./m²). Biomass values of earthworms in the floodplain areas of the River Ahr vary between 26,1 - 42,9 g/m² (5 %-formalin weight) and indicate a middle degree of decomposition potential whereas the steep slopes of the valley, covered with Carpino-Fagetalia- and Quercetea robori-petraeae-forests on acid soils, are characterised by extremely low values (0 - 5 ind./m² and 0 - 1,8 g/m²). Seven different areas are distinguished in the study area considering the distribution of earthworms (geodrilotopes). They could be compared with geo-factors and the dominating humus forms. The mainly oligotrophic character of the nature reserve „Ahrschleife bei Altenahr“ is obviously indicated by lumbricid coenosis. This is confirmed by relatively high values of earthworm abundance and biomass in anthropogenically influenced (eutrophized) sites in the Albig (succession sites of arable land) and of a meadow near the summit of the Steinerberg, a site south of the nature reserve, which has been studied for comparison.

Inhalt

3.1.1	Einleitung	216
3.1.2	Material und Methoden	216
3.1.2.1	Erfassungsmethoden	216
3.1.2.2	Referenzstandorte	217
3.1.3	Ergebnisse	220
3.1.3.1	Artenspektrum	220
3.1.3.2	Ökologische Lebensformtypen	222
3.1.3.3	Abundanz, Biomasse, Dominanzverhältnisse, Biodiversität	222
3.1.4	Diskussion	225

3.1.5	Zusammenfassung	228
3.1.6	Literatur	228

3.1.1 Einleitung

Das Untersuchungsgebiet Naturschutzgebiet „Ahrschleife bei Altenahr“ (kurz: NSG „Ahrschleife“) liegt ca. 30 km südlich von Bonn in der Ahreifel, einem Teil des Rheinischen Schiefergebirges. Das Engtal der Ahr, das bei Kreuzberg beginnt, liegt im Regenschatten des Hohen Venns (550 - 650 mm Niederschlag/Jahr) im Bereich der + 9 °C Jahresisotherme, der + 1 °C Januarisotherme und der + 9 °C Oktoberisotherme mit ca. 1300 Stunden Sonnenscheindauer im Jahr.

Das NSG „Ahrschleife“ ist eine Art „Referenzstandort“ für den gesamten Naturraum „Mittleres Ahrtal“. Darüber hinaus bietet es eine einmalige Vielfalt verschiedenster Lebensräume mit z. T. gegensätzlichem Charakter auf engstem Raum. Neben limnischen Systemen finden wir Überschwemmungsgebiete mit Hochstaudenfluren und Nasswiesen, Weich- und Hartholzauenwaldreste, Schluchtwaldreste, montane Hochwälder und trockene Niederwälder mit Krüppelwuchs, teils bewirtschaftete, meist jedoch aufgelassene Weinberge, Obstgärten, Weide- und Heideflächen verschiedenster Sukzessionsstufen, Felsabstürze, Mauern und Höhlen (BÜCHS et al. 1989).

Der Vielfalt der Vegetationseinheiten steht eine Vielfalt an Bodeneinheiten gegenüber (FISANG 1993). Bei Zoozönoseuntersuchungen mit einem landschaftsökologischen Ansatz (LESER 1991) lässt sich die topische Dimension vor allem dann indikativ nutzen, wenn Tiergruppen berücksichtigt werden, die im Rahmen ihrer Erfassung flächenbezogene (pro m²) Abundanz- und Biomassewerte liefern. Dies gilt weitgehend für die euedaphische Fauna. Ursprünglich war im Rahmen des Naturschutzprojektes geplant, neben den Regenwürmern auch andere Bodentiergruppen, insbesondere des Mesoedaphons (Enchytraeiden, Collembolen, Milben), zu bearbeiten. Es zeigte sich jedoch, dass die Vielfalt der Standorteinheiten, der große Erfassungs- und Bestimmungsaufwand sowie die geringe Zahl von Spezialisten eine Bearbeitung auf ehrenamtlicher Basis nicht zuließen. Die Bearbeitung der Regenwürmer konnte leider aus Zeitmangel auch nur begrenzt durchgeführt werden. Für die Mithilfe bei den Feldarbeiten danke ich vor allem den damaligen Zivildienstleistenden der GNOR.

3.1.2 Material und Methoden

Bei der quantitativen Erfassung der Bodenfauna kommt ein breites Spektrum von Methoden zur Anwendung, das z. T. spezifisch für spezielle Tiergruppen, eventuell sogar Arten oder Altersstadien, eingesetzt wird. Eine Übersicht hierzu geben DUNGER & FIEDLER (1989) und SHINNER et al. (1993).

Bei den Methoden zur Erfassung der Lumbricidenfauna kann man generell sagen, dass es keine Einzelmethode gibt, mit der man überall und zu jeder Jahreszeit eine vollständige qualitative und quantitative Dichtermittlung der Regenwurmpopulationen erhalten kann. Dies ist vor allem auf die unterschiedlichen Lebensformtypen zurückzuführen sowie auf die von ihnen bevorzugten Mikrohabitate. Es ist daher notwendig, sich mit einer Kombination verschiedener Methoden ein nahezu vollständiges Bild zu verschaffen. Die Auswahl und Kombination der Methoden hängt nicht nur von der zu untersuchenden Fragestellung ab, sondern auch von Faktoren wie Bodenstruktur, Bodentyp, Bodenbedeckung, Bodenfeuchtigkeit, Jahreszeit, Klima etc. sowie auch rein technisch von vorhandenem Personal und Untersuchungszeit, Kosten etc.

3.1.2.1 Erfassungsmethoden

Zur qualitativen und quantitativen Erfassung der Regenwurmpopulationen wurde ein kombiniertes Verfahren ausgewählt, das aus einer Kombination der Handauslese mit einer chemischen Austreibungsmethode (0,3 %-Formalinlösung) bestand. Die Krautschicht der Probenstelle wurde gesondert abgesammelt sowie die dem Boden aufliegende Streuschicht separat nach Würmern durchsucht.

Ansonsten wurde ein Bodenblock mit einer Grundfläche von 50 x 50 cm und einer Tiefe von etwa 30 - 50 cm ausgeschachtet und portionsweise manuell nach Würmern durchsucht. In das ausgeschachtete Loch wurde eine stark verdünnte Formalinlösung (0,3 %ig, 10 - 15 l) eingegeben, die tiefersitzende anektische Arten veranlasste, nach oben zu wandern, wo sie dann auf der Grundfläche des ausgeschachteten Loches aufgesammelt werden konnten.

Zusätzlich wurde der Kombination aus Handauslese mit Formolaustreibung eine Elektroaustreibung nach Thielemann (Oktettmethode) vorgeschaltet. Über die Effizienz der Elektroaustreibung wird an anderer Stelle berichtet werden (KÜHLE in Vorb.).

Das aufgesammelte Tiermaterial wurde in einer 5 %igen Formalinlösung fixiert. Die Biomassebestimmung erfolgte einzeln bei jedem Individuum mit einer elektronischen Sartorius-Waage auf Milligramm-Basis. Alle Gewichtsangaben beziehen sich auf fixiertes Tiermaterial. Das Lebendgewicht entspricht einem etwa 10 % höheren Wert, das Trockengewicht entspricht etwa 23 % des Gewichts der formolfixierten Tiere. Die Bestimmung erfolgte nach den Arbeiten von WILCKE (1967) und ZICSI (1965) sowie nach den originalen Typbeschreibungen, soweit dies notwendig war. Die Nomenklatur folgt der von EASTON (1983) durchgeführten Revision, die im Wesentlichen auf ZICSI (1982) zurückgeht. Die Juvenilen wurden soweit wie möglich den Arten jeweils zugeordnet. Bruchstücke von Regenwürmern wurden nur dann als Individuen gezählt, wenn das Vorderende einschließlich Clitellum eine eindeutige Zuordnung zuließ. Ansonsten gingen die Werte der Bruchstücke nur bei der Gesamtbiomasse der jeweiligen Art mit ein.

3.1.2.2 Referenzstandorte

Die Auswahl der Untersuchungsflächen erfolgte unter Berücksichtigung der wichtigsten bodenkundlichen und vegetationskundlichen Einheiten an repräsentativen Standorten, die als „Referenzstandorte“ im Untersuchungsgebiet gelten können. Die Nummern der Bodeneinheiten beziehen sich auf FISANG (1993). Es werden folgende Einheiten zusammengefasst dargestellt:

Weichholzaue (WHA): Im Ufer- und Überschwemmungsgebiet der Ahr finden sich vereinzelt Reste einer Weichholzaue, die als Salicetum ausgebildet sind, z. T. im Übergang zum Sternmieren-Schwarzerlen-Auenwald (Stellario-Alnetum glutinosae). Die Standorte sind im Frühjahr vernässt und unterliegen einer periodischen Überschwemmung. Die Böden sind Auengleye und Braune Auenböden vom Typ der Sandigen Vega. Sie sind relativ sauer mit pH-Werten von 4,81 und einem hohen Gehalt an organischem Material (43 ‰ C).

Brennnesselhochflur (BHF): In den Auenbereichen, die nicht regelmäßig überflutet werden und die aus bestimmten früheren Nutzungen her gehölzfrei geblieben sind, haben sich teilweise ausgedehnte Hochstaudenfluren nitrophiler Pflanzengesellschaften angesiedelt, in denen die Brennnessel (*Urtica dioica*) eindeutig dominiert. Die Böden sind Braune Auenböden, die als Typische Vega ausgebildet sind. Sie sind relativ tiefgründig und vom Grundwasser wenig beeinflusst, dabei sind sie als Typische Vega ungewöhnlich sauer.

Pestwurzhochflur (PHF): In Ufernähe sind z.T. ausgedehnte Hochstaudenfluren der Pestwurz (*Petasites hybridus*) ausgebildet. Die Böden sind häufig vergleht und werden periodisch überschwemmt (Bodeneinheit 3). Sie sind nicht ganz so stickstoffreich wie die beiden vorherigen Standorte, dagegen etwas saurer.

Glatthaferwiese (GHW): Die Standorte offener Brachen im Talbereich, die durch das Arrhenatheretum elatioris geprägt sind, haben tiefgründige, teilweise wechselfeuchte Böden, die meist nicht überschwemmt werden. Es sind Allocthone Braune Auenböden, die der Bodeneinheit 5 entsprechen. Die Fettwiesen wurden früher als Grünland landwirtschaftlich genutzt.

Uferböschung (UB): Im unmittelbaren Uferbereich wurden Proben am Fuße der Prallhänge genommen. Die Böden entsprechen der Bodeneinheit 1 und sind mehr oder weniger ständig einer Wasserzufuhr ausgesetzt.

Hartholzau (HHA): An wenigen Stellen zeigt der Sternmieren-Erlen-Auenwald durch das Vorkommen von Eiche und Ulme den Charakter eines Hartholzauenwaldes. Der Boden entspricht der Bodeneinheit 4.

Rotbuchenwald (RBW): Die an den Nordhängen vorkommenden Buchen- und Hainbuchenwälder sind forstlich genutzt und zeigen daher unterschiedlich alte Bestände, deren Ausprägung sehr stark von den geomorphologischen Verhältnissen abhängig ist. Die Böden sind Saure Braunerden und entsprechen Bodeneinheit 16 - 18.

„Schluchtwald“ (SW): Bei den naturnahen sommergrünen Laubwäldern gibt es außer den Rotbuchenwäldern einen Edellaubholzwald (Tilio-Acerion), der sich als „Schluchtwald“ von der Winterhardt hinunter bis zur Ahr streifenförmig durch das Luzulo-Fagetum und das darunter gelegene Carpinion hinzieht. Die Böden sind sehr tiefgründige Typische Fluviale Kolluvien (Bodeneinheit 12), im Bereich des Baches sind es Kolluvium-Gleye.

„Fichtenforst“ (FF): Neben den naturnahen Laubwäldern gibt es Fichtenmonokulturen unterschiedlicher Altersstufen. Sie sind überwiegend auf tiefgründigen Sauren Braunerden zu finden.

Traubeneichen-Hainbuchenwald (THW): In den unteren Hangbereichen des Ahrtales, im Bereich der Ahrschleife, dominieren meist auf Rankern und Sauren Braunerden (Bodeneinheit 15, 16) Traubeneichen-Hainbuchenwälder. Die Standorte variieren stark je nach Geländesituation (Exposition, Felsanteil). Das Carpinion tritt in den collinen Höhenstufen ebener Lagen als frischer, artenreicher Eichen-Hainbuchenwald auf.

Kulturbrache (Albig) (KB): Von den unterschiedlichen Kulturbrachen bzw. anthropogen beeinflusstem Kulturland des Untersuchungsgebietes wurden zwei Gebiete besonders untersucht. Kulturbracheflächen auf dem Albig, die z. T. als nicht verbuschte offene Brachen ehemaliger Ackerflächen existieren, z. T. als Weißdorn-Schlehen- bzw. als Besenginstergebüsch. Die Böden sind hier z. T. tiefgründige pseudovergleyte Saure Braunerden, z. T. Bodengesellschaften aus Rankern und Sauren Braunerden mit Felsanteil.

Mähwiese (Steinerberg) (K): Mit dem Steinerberg (südlich des NSG) wurde im montanen Bereich eine noch bewirtschaftete Mähwiese (Sonnenhang) in die Untersuchung mit einbezogen. Die Böden sind tiefgründige Saure Braunerden.

Xerothermvegetation (Sonnenhang/Schattenhang) (XSO): Die Xerothermvegetation der Sonnen- und Schattenhänge tritt nur in den collinen Höhenstufen auf. Neben mehr oder weniger ausgedehnten Beständen der bodensauren Traubeneichentrockenwälder finden wir in den Felsbereichen so genannte „Felsenheiden“, unterschiedliche Pflanzengesellschaften xerothermer Standorte (Diantho-Festucetum pallentis, Artemisio-Melicetum ciliatae, Biscutello-Asplenietum septentrionale, Cotoneastro-Amelanchieretum). Die Böden sind flachgründige bis mittelgründige Ranker und Typische Syroseme mit z. T. hohem Felsanteil.

Bei den untersuchten Referenzstandorten wurden auch bodenchemische Kennwerte bestimmt, die in der Tab. 3.1/1 dargestellt sind. Die bodenchemischen Untersuchungen erfolgten nach genormten Verfahren in einem staatlich anerkannten Umweltprüflabor (ITEC GmbH Düsseldorf/Bautzen). Die Metallgehalte wurden mit einem Atomabsorptionsspektrometer der Firma Perkin-Elmer (1100 B) bestimmt nach Königswasseraufschluss gemäß DIN 38414 Teil 7, die Gesamtstickstoffgehalte wurden nach DIN 19684 Teil 4 (Kjeldahlaufschluss) bestimmt, der Kohlenstoffgehalt wurde aus dem Glühverlust berechnet.

3.1.3 Ergebnisse

3.1.3.1 Artenspektrum

Eine Lebensgemeinschaft (Biozönose) von Bodentieren ist durch ein bestimmtes Artenspektrum gekennzeichnet, dem vor allem ein qualitativer Wert zukommt. Dieser besteht darin, dass die Art durch ihr Vorhandensein anzeigt, dass die für sie notwendigen Nischenmerkmale am Standort gegeben sind. Es wurden im NSG „Ahrschleife bei Altenahr“ insgesamt zwölf Regenwurmartarten nachgewiesen.

Aporrectodea caliginosa (SAVIGNY, 1826)

Aporrectodea caliginosa tritt im Untersuchungsgebiet in ihrer typischen Form auf (*A. caliginosa typica* bzw. *A. caliginosa caliginosa*). Die Art, ursprünglich ein palaearktisches Element, ist peregrin verbreitet und tritt heute in vielen Ländern der Erde auf, weitgehend durch anthropogene Verschleppung. Als endogäischer Lebensformtyp (s. u.) dominiert sie in Mitteleuropa vor allem in landwirtschaftlich genutzten oder geprägten Böden (Äcker, Grünland) mit relativ niedrigem C/N-Verhältnis. Ihre Valenz gegenüber den verschiedensten Umweltfaktoren ist außerordentlich breit (euryök), gegenüber anthropogenen Einflüssen (Bodenbearbeitungsmaßnahmen, Pestizideinsatz, Nutzungsformen) oder natürlichen Extremsituationen (Trockenstandorte, Überschwemmungsgebiete) zeigt *A. caliginosa* eine große Anpassungsfähigkeit, die sich populationsdynamisch durch Strategieveränderungen im Kontinuum der r-k-Strategie erklären lässt (KÜHLE 1986).

Aporrectodea limicola (MICHAELSEN, 1890)

Diese endogäische Art ist in Westdeutschland, Belgien, Großbritannien, Schweden und der Schweiz gefunden worden und ist eine typische, wenn auch recht seltene Regenwurmart der (tiefgründigeren) Auenböden vom Vega-Typ und der semiterrestrischen Böden. Die Art ist sehr säuretolerant und wurde daher nicht nur in Auen- und Bruchwäldern, sondern auch in Nieder- und Zwischenmooren sowie in Nasswiesen gefunden. Da *A. limicola* der Art *A. caliginosa* auf den ersten Blick hin ähnlich sieht (die Juvenilen sind kaum zu unterscheiden), wird die Art vielleicht auch verwechselt, so dass ihr Vorkommen im Rheinland häufiger sein dürfte, als es uns bisher bekannt ist.

Aporrectodea rosea (SAVIGNY, 1826)

Aporrectodea rosea tritt in ihrer typischen Form (*A. rosea rosea*) auf und ist ursprünglich eine peregrin verbreitete Regenwurmart Eurasiens und Nordafrikas, die heute weltweit zu finden ist. Die Lebensansprüche und der Lebensformtyp sind weitgehend mit *A. caliginosa* identisch, so dass es zu interspezifischen Konkurrenzen kommen kann. Im Bereich der Optima verdrängt *A. caliginosa* die Art *A. rosea*. Hinsichtlich der Feuchtetoleranz zeigt die Art *A. rosea* eine größere Valenz, so dass sie hier oft an extremeren Standorten dominiert (Überschwemmungszonen, Trockenrasen, Heiden). *A. rosea* ist lediglich gegenüber der Bodenreaktion (pH) weniger säuretolerant als *A. caliginosa*.

Dendrobaena octaedra (SAVIGNY, 1826)

Dendrobaena octaedra hat eine west-holarktische Verbreitung und ist ein typisches Element der borealen und alpinen Wälder sowie der arktischen und alpinen Tundren. Im Rheinland findet man sie an kühlen, feuchten Standorten in z. T. stark sauren Böden unter Moospolstern, im Mulm von Baumstümpfen und unter der Rinde abgestorbener bzw. verrotteter Baumstämme sowie in Böden mit einem hohen Gehalt an organischem Material (Moorböden).

Dendrobaena pygmaea (SAVIGNY, 1826) Syn.: *D. cognettii* (MICHAELSEN, 1903)

Dendrobaena pygmaea ist die kleinste Lumbricidenart (13 - 15 mm). Sie wurde in Ungarn, Österreich, der Schweiz, Italien (auch Sardinien), Frankreich, Spanien und England nachgewiesen. VOLZ (1976) wies sie erstmals in Deutschland in der Pfalz (Appenhofen bei Landau) nach. Der Nachweis 1987 im NSG „Ahrschleife bei Altenahr“ gilt als Erstnachweis in der ehemaligen preußischen Rheinprovinz und als zweiter Nachweis in Deutschland. Die Art gilt nach GERARD & SIMS (1985) als

identisch mit *Dendrobaena cognettii* (MICHAELSEN, 1903). Aufgrund fehlender Holotypen von *Enterion pygmaeum* SAVIGNY, 1826 und unzulänglicher Originalbeschreibungen sind die ersten brauchbaren Angaben die Beschreibungen von MICHAELSEN (1900) und von COGNETTI (1901 a, b). GATES (1975) diskutiert die Identität von *Allolobophora minuscula* ROSA, 1906 mit *Enterion pygmaeum* SAVIGNY, 1826. BOUCHE (1972) unterscheidet die zwei Unterarten *D. p. pygmaea* und *D. p. cognettii*. ZICSI (1981) diskutiert die Unterschiede beider Arten zu *Dendrobaena cognettii*. Ob die Variabilität der Art ausschließlich auf eine parthenogenetische Phase der westeuropäischen Populationen und eine seltenere amphimiktische Phase zurückzuführen ist, muss weitergehenden genetischen Untersuchungen bzw. weiteren Funden vorbehalten bleiben. Die Art ist generell in Europa als sehr selten zu betrachten. Dabei wird sie wohl eher aufgrund ihrer Winzigkeit übersehen. BOUCHE (1972) fand sie in Frankreich nur an acht von 1526 untersuchten Standorten. KÜHLE (1998) wies die Art in einem Auenwald bei Grafenrheinfeld (Schweinfurth) nach, wobei hier über 60 Proben (50 x 50 x 50 cm) per Handauslese untersucht worden waren. Die Habitate in Deutschland sind überwiegend Auenbereiche.

***Dendrodrilus rubidus* (SAVIGNY, 1826)**

Dendrodrilus rubidus ist eine epigäische Form und kann als Leitart der Sauerhumusbuchenwälder gelten. Sie ist in ganz Europa besonders im montanen Bereich verbreitet und in andere Teile der Erde verschleppt worden. Als montane Waldart kommt sie unter Moos, loser Rinde an alten Bäumen (kortikol) und in verrottendem Holz vor, in feuchten Streuauflagen sowie unter Steinen in nass-feuchten Habitaten (z. B. auch in Höhlen). Auch in Gartenerde, Komposten oder Filtrationseinheiten von Abwasseranlagen wurde die Art nachgewiesen. Sie ist azidophil, aber auch säuretolerant, so dass sie auch in weniger sauren Böden mit pH 6,5 - 7,0 vorkommen kann.

***Eiseniella tetraedra* (SAVIGNY, 1826)**

Eiseniella tetraedra ist eine kosmopolitische Art, die in ganz Europa, im gesamten Mittelmeerraum und in der Türkei verbreitet ist. Sie lebt ausschließlich in der Nähe von Gewässern (Fließgewässern, aber auch Seen), in organisch reichen Schichten der subterrestrischen und semiterrestrischen Böden. Sie stellt einen eigenen Lebensformtypus dar („ripikol“ nach BOUCHE 1977), ist aber auch partiell dem epigäischen Typ zuzuordnen.

***Lumbricus castaneus* (SAVIGNY, 1826)**

Lumbricus castaneus ist eine weit verbreitete Art (Kosmopolit) und gilt als Charakterart des epigäischen Lebensformtyps in der Streuschicht unserer Wälder (straminikole Lebensweise). Sie ist neutrophil, aber gleichzeitig azidotolerant, so dass sie in pH-Bereichen bis unter pH 4,0 gefunden wurde. Die Art zeigt bei einem starken Konkurrenzdruck durch andere epigäische Arten Flexibilität in der zeitlichen Einnischung (Frühjahrs- und Herbstpopulationen) (KÜHLE 1983b).

***Lumbricus rubellus* (HOFFMEISTER, 1843)**

Lumbricus rubellus, ebenfalls ein Ubiquist, tritt im Untersuchungsgebiet als Form *typicus* auf. Als epigäische Art ist sie typisch in den Streuauflagen und in den A_n-Horizonten unserer Waldböden. Dabei zeigt sie eine breite Säuretoleranz, wobei sie saure Böden bevorzugt. *L. rubellus* zeigt eine stärkere Tendenz als *L. castaneus*, in tiefere Bodenschichten vorzudringen, falls sie reich an organischem Material sind. Sie kommt sowohl als epigäische Form als auch dominant in Grünland, in Kulturbrache und in bewirtschafteten und aufgelaassenen Weingärten vor, wo sie teilweise die anektische Form *L. terrestris* ersetzen kann.

***Lumbricus terrestris* (LINNAEUS, 1758)**

Lumbricus terrestris ist ubiquitär verbreitet und bevorzugt tiefgründige, neutrale, lehmige Böden. Die Art gehört zum anektischen Lebensformtyp, zeigt jedoch Übergänge zum epigäischen Typ (epi-anektischer Typ). So führen die Juvenilen nach dem Schlüpfen aus den Kokons eine überwiegend epigäische Lebensweise. *Lumbricus terrestris* dominiert deutlich die Biomassewerte, z. T. nur durch

wenige adulte Exemplare. Die Art ist auch in landwirtschaftlich genutzten Böden (Äcker, Weinberge, Obstgärten, Grünland) dominant bzw. eudominant (Biomasse) vertreten und durch ihre Lebensweise für die Prozesse des Streuabbaus und der chemischen und physikalischen Beeinflussung der Humus- und Mineralbodenschicht von großer bodenökologischer Bedeutung.

Octolasion cyaneum (SAVIGNY, 1826)

Octolasion cyaneum ist endogäisch und tritt mit *O. lacteum* in Konkurrenz (s. u.). Die Art bevorzugt frische bis nasse Standorte und lehmige, kalkreiche Böden.

Octolasion lacteum (SAVIGNY, 1826) Syn.: *O. tyrtaeum tyrtaeum* GATES, 1973

Octolasion lacteum ist eine endogäische Art, die neutrophile, karbonatreiche Böden bevorzugt, in denen sie dann meist nur subdominant vertreten ist. Die Art zeigt eine breite Valenz hinsichtlich ihrer Feuchteansprüche und große Variabilität in der populationsökologischen Strategie. Bei gleichzeitigem Vorkommen von *O. cyaneum* kommt es zu Konkurrenzausschluss durch eine deutliche zeitliche Einnischung (Frühjahrs- und Herbstpopulation).

3.1.3.2 Ökologische Lebensformtypen

Die Regenwurmarten können unterschiedlichen Lebensformtypen zugeordnet werden. Hierzu wurden in den 70er Jahren von verschiedenen Autoren Konzepte entwickelt, „ökologische Kategorien“ zu definieren, die es erlauben, die Arten zuzuordnen. Eine deutschsprachige Zusammenfassung zur Entwicklung dieser Konzepte gibt KÜHLE (1986). Besondere Bedeutung erhielt die Konzeption von BOUCHE (1977). Er unterschied aufgrund morphologisch-ökologischer Anpassung drei „Idealtypen“, denen man später auch physiologische und populationsökologische Merkmale zuordnen konnte. BOUCHE (1977) konnte auch zeigen, welche Arten den Idealtypen entsprechen oder wie man Übergangsformen zuordnet.

Es lassen sich danach folgende Kategorien unterscheiden:

epigäisch („epiges“): Bewohner der Bodenoberfläche oder der Streuschicht, die sich von gering zersetztem pflanzlichem Material des Bestandesabfalls ernähren. Sie zeigen morphologische Anpassungsmechanismen, die auf die oberirdische Lebensweise eingestellt sind, einen intensiven Metabolismus und eine hohe Reproduktionsrate. Es sind relativ kleine, stark pigmentierte Arten, deren Grabmuskulatur nur gering entwickelt ist. Bezüglich stofflicher Transformation und Translokation spielen sie als Primärzersetzer bei der Umsetzung oberflächlich aufliegender Streu, aber auch innerhalb der Grasnarbe eine große Rolle. Bei Bioturbationsvorgängen im Mineralbodenhorizont kann man sie vernachlässigen. Von den nachgewiesenen Arten gehören *Dendrodrilus rubidus*, *Dendrobaena octaedra*, *Dendrobaena pygmaea*, *Lumbricus castaneus* und *Lumbricus rubellus* zu diesem Lebensformtyp.

endogäisch („endoges“): Bewohner der mittleren Mineralbodenschicht, die sich von zersetztem pflanzlichem Material ernähren, das in der Mineralbodenschicht fein dispergiert vorliegt. Diese Arten sind mittelgroß, pigmentlos und durch eine gut entwickelte Grabmuskulatur, einen hohen Nahrungsdurchfluss und niedrige Respirationsraten gekennzeichnet. Von den nachgewiesenen Arten gehören *Aporrectodea caliginosa*, *A. rosea* und *Aporrectodea limicola* sowie *O. cyaneum* und *O. lacteum* zu diesem Lebensformtyp.

anektisch („aneciques“): Tiefgrabende Arten, die sich von nur gering zersetztem Bestandsabfall (z.B. Blattstreu) ernähren und sich durch eine intensive Grabtätigkeit auszeichnen, wobei ausgeprägte, vertikal verlaufende Gangsysteme entstehen, die über mehrere Bodenhorizonte verlaufen und hier sogar über mehrere Meter bis zum Grundwasserhorizont reichen können. Zu diesem Lebensformtyp gehört die im Untersuchungsgebiet nachgewiesene Art *Lumbricus terrestris*, die in Norddeutschland größte Regenwurmart. Juvenile Stadien (Jungtiere) führen zunächst eine mehr epigäische Lebensweise, so dass man *L. terrestris* auch als Übergangsform zwischen den rein anektischen Formen und den epigäisch-anektischen Formen bezeichnen kann. Die anektischen Arten tragen durch ihre Aktivitäten in tieferen Bodenschichten nicht nur dazu bei, dass in ihren Gangsystemen Stofftransporte von der Bodenoberfläche nach unten stattfinden, sondern auch aktiv dazu bei, dass sie Material aus tieferen Schichten an die Oberfläche bringen, vornehmlich durch die Ablage von Faeces in Form kleiner Kothäufchen. Das ausgebildete Gangsystem mit dem ihm eigenen Stoffaustausch und Milieu („Drilosphäre“) gilt als Ort hoher bodenbiologischer Aktivität in den Mineralbodenhorizonten. Es ist der Lebensraum zahlreicher mesoedaphischer Tiergruppen (Nematoden, Enchytraeiden, Collembolen und Milben), von denen einzelne Arten hier ihre optimalen Lebensbedingungen finden.

3.1.3.3 Abundanz, Biomasse, Dominanzverhältnisse, Biodiversität

Die quantitative synökologische Analyse der Struktur und Zusammensetzung der einzelnen Lumbricidensynusien geht von zwei verschiedenen Qualitätsmerkmalen aus, nämlich der Abundanz und der Biomasse. Diese flächen-

bezogenen Strukturparameter sollten für quantitative Aussagen zur Regenwurmzönose immer zusammen erfasst werden, da allein die artspezifischen Unterschiede der Körpergröße recht groß sind. Ausgehend von diesen flächenbezogenen Parametern (Abundanz: Anzahl der Individuen einer Art pro m², Biomasse: Masse (in Gramm) an (formolfixiertem) Tiermaterial einer Art pro m²) werden auch relative Vergleichsgrößen herangezogen, um die Struktur der Lumbricidenpopulationen zu vergleichen. Die Dominanz wird hier im doppelten Sinne verstanden:

- Als Vergleichsgröße der Arten-Individuen-Relation ist sie ein Ausdruck der relativen Häufigkeit der Arten innerhalb einer Tiergemeinschaft (Individuendominanz).
- Als Vergleichsgröße der Arten-Biomasse-Relation gibt sie Auskunft über den relativen Gewichtsanteil der einzelnen Art an der Gesamtbiomasse (Biomasse- oder Gewichtsdominanz).

Die Diversität nach SHANNON (1948) stellt einen struktur-ökologischen Index dar, der auf den Dominanzwerten beruht und bei dem das Gleichmaß der Verteilung der Arten in der Zönose (Evenness oder Äquität) sowie die Artenzahl die Bewertungsgrundlage darstellen. Die Werte, die daher folgerichtig als Abundanz-Arten-Diversität $H_{s(A)}$ und Biomasse-Arten-Diversität $H_{s(B)}$ angegeben werden müssen, sind der Tab. 3.1/3 zu entnehmen. Der theoretische maximale Diversitätswert (H_{max}) entspricht dem natürlichen Logarithmus der Artenzahl. Das Gleichmaß der Verteilung, die Äquität oder Evenness, liegt zwischen 0 und 1 und erreicht bei völlig gleichmäßiger Verteilung der Arten den Wert 1.

KÜHLE (1983a) führte einen Index ein, mit dem man ein Verhältnismaß der Evennesswerte auf Biomassebasis zu denen auf Abundanzbasis erhält, den Q_s (Diversitäten-Quotienten-Index). Ein ausgewogenes Verhältnis der unterschiedlichen Diversitäts- bzw. Evennesswerte liegt vor, wenn der Wert um 1,0 oder gar darüber liegt. Stabile Populationen mit einer juvenil geprägten Altersstruktur und dem Vorhandensein von r-Strategen (meist epigäische Arten) zeigen Werte über 1.

Die Werte der Gesamtabundanzen und der Gesamtbiomasse der Regenwurmzönosen in den ausgewählten Referenzstandorten sind in Tab. 3.1/2 zusammen mit den Dominanzverhältnissen dargestellt. In den Talauen der Ahrschleife zeigen sich artenreiche Regenwurmzönosen mit z.T. hohen Abundanz- und Biomassewerten. Dabei ist die Biodiversität (auf Abundanzbasis) in der Weichholzaue am höchsten (1,631), was nicht nur durch die Artenanzahl (sieben) erklärbar ist, sondern auch durch einen hohen Äquitätswert. Die Brennesselhochfluren sind durch die höchsten Abundanzwerte (170,8 Ind./m²) gekennzeichnet, bei einer Gesamtbiomasse von 42,8 g/m². Die Artendiversität (auf Biomassebasis) erreicht einen Wert von 1,307 bei einer Äquität von 0,73. Die Zönosen der Pestwurzhochflur und der Glatthaferwiesen sind durch hohe Diversitätswerte (auf Abundanzbasis) gekennzeichnet, zeigen jedoch deutlich niedrigere Abundanz- und Biomassewerte. Die Hartholzaue zeigt die zweithöchsten Werte bei Abundanz und Biomasse, dagegen niedrige Äquitätswerte. Hohe Abundanz- und Biomassewerte im Auenbereich sind hier meistens durch die eudominante Art *Aporrectodea caliginosa* bedingt.

Tab. 3.1/3: Artendiversität, Evenness (Äquität) und Diversitätenquotienten-Index

	$H_{s(B)}$	$I_{s(B)}$	H_{max}	$H_{s(A)}$	$I_{s(A)}$	Q_s
Weichholzaue	1,066	0,55	1,947	1,631	0,84	0,650
Brennesselhochflur	1,307	0,73	1,792	1,110	0,62	1,177
Pestwurzhochflur	0,842	0,47	1,792	1,577	0,86	0,547
Glatthaferwiese	1,111	0,69	1,609	1,462	0,91	0,770
Uferböschung	0,401	0,37	1,099	0,274	0,25	1,460
Hartholzaue	0,872	0,49	1,792	0,971	0,54	0,900
Rotbuchenwald	0	0	0	0	0	0
Schluchtwald	0,825	0,75	1,099	0,831	0,75	0,993
Traubeneichen-Hainbuchenwald	0,295	0,43	0,693	0,627	0,90	0,470
Kulturbrache	1,129	0,70	1,609	0,649	0,40	1,750
Mähwiese	0,941	0,68	1,386	0,787	0,59	1,200

$H_{s(B)}$ Artendiversität auf Biomassebasis
 $I_{s(B)}$ Evenness auf Biomassebasis
 H_{max} maximal mögliche Diversität
 $H_{s(A)}$ Artendiversität auf Abundanzbasis
 $I_{s(A)}$ Evenness auf Abundanzbasis
 Q_s Diversitäten-Quotienten-Index nach KÜHLE (1986)

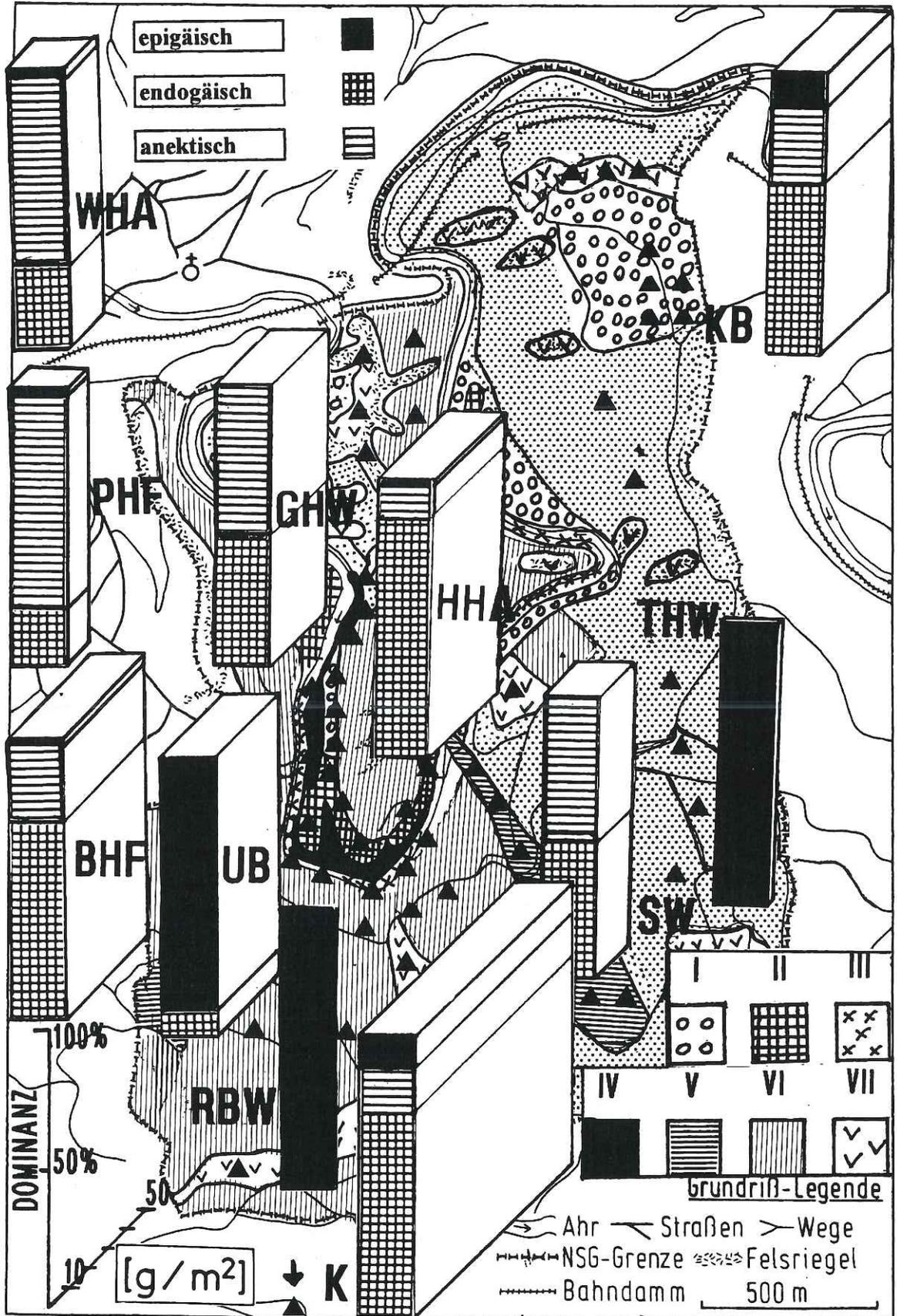


Abb. 3.1/1: Verteilung der Areale I - VII zum Dekompositionspotential im Untersuchungsgebiet NSG „Ahrschleife bei Altenahr“ sowie Probeabnahmestellen (schwarze Dreiecke) zur Erfassung der Regenwürmer. Dominanz der ökologischen Lebensformtypen und Biomasserelationen der Lumbriciden.

Die Regenwurmgesellschaft der anthropogen geprägten Standorte der diluvialen Hochterrasse der Ahr (Albig) ist durch hohe Abundanz- und Biomassewerte gekennzeichnet. Die hier vorkommende Kulturbrache liegt in unterschiedlichen Sukzessionsstadien vor. Zum Vergleich wurde eine noch bewirtschaftete Mähwiese auf dem südlich gelegenen Steinerberg untersucht. Die Gesellschaften zeigen große Ähnlichkeit, wobei die Mähwiese auf dem Steinerberg eine doppelt so hohe Produktion aufweist. Die Wälder der Hanglagen (mit Ausnahme des Schluchtwaldes) zeigen nur sehr geringe Abundanz- und Biomassewerte. Sie sind ausschließlich durch epigäische Arten geprägt. Das Vorkommen beschränkt sich auf die Bereiche, die eine hinreichende Bodenbildung aufweisen, sowie auf „Sonderstandorte“ (Moospolster, Baumstubben, Totholz). In den offenen Bereichen der „Felsheiden“ sinkt die Abundanz teilweise unter 1 Ind./m². Die trockenen Bedingungen dieser Standorte im Sommer und die fehlende Möglichkeit, tiefere Bodenschichten aufzusuchen, sind die Hauptursachen für das Fehlen von Regenwürmern.

3.1.4 Diskussion

In den Landökosystemen der gemäßigten Klimazone der Erde nehmen die terrikolen Oligochaeten, zu denen auch die Regenwürmer gehören, eine dominierende Rolle innerhalb der Gesamtfäuna ein. Diese besteht nicht nur in einer relativ hohen Produktion, sondern vor allem in ihrer zentralen Rolle bei den Dekompositionsvorgängen im Ökosystem.

Der Abbau des Bestandsabfalls bis zur Mineralisation des organischen Materials ist ein äußerst komplizierter Prozess, an dem ein mehrschichtiges Organismengefüge beteiligt ist. Dabei ist eine Vielzahl von „Rückgewinnungsprozessen“ (Rekuperationen) eingeschaltet, über welche tote organische Substanz immer weiter transformiert wird (Humustransformation nach DUNGER 1968), wobei die hierbei frei werdende Energie von einer Vielzahl von Organismen genutzt werden kann, was zur Ausbildung vielfältiger ökologischer Nischen führt.

Die Leistungen der Regenwürmer für die Bodenbildungsprozesse können von derart prägendem Charakter sein, dass es zu ganz spezifischen Bodenmerkmalen kommt, insbesondere bei der Ausprägung des Humustyps, den man in der Bodentaxonomie unter dem Sammelbegriff „Wurmmull“ zusammenfasst.

Im Folgenden seien die Funktionen und Leistungen der Regenwürmer kurz aufgelistet, wobei hier die Darstellung von KÜHLE (1986) zugrunde liegt.

Mechanische Durchmischung des Erdreichs

- Horizontalverlagerungen auf der Bodenoberfläche (Streuschicht), in der Humusschicht und im Oberboden durch horizontal wandernde (überwiegend epigäische) Arten
- Horizontal- und Vertikalverlagerungen in den Mineralbodenschichten durch endogäische Arten
- Vertikalverlagerungen über alle Bodenhorizonte bis in Tiefen von über 3 m durch blatt(streu)fressende, anektische Arten, die meist die Streu in ihre Röhren hineinziehen und dort sogar Vorratskammern anlegen können
- sekundäre Vertikalverlagerungen durch Einwaschung von organischem Oberflächenmaterial und Bodenfeinpartikeln durch Niederschlagswasser in die Regenwurmgänge
- Ablagerung von Bodenmaterial aus tieferliegenden Schichten an der Bodenoberfläche durch Regenwurmkremente (2 bis 250 t/ha/Jahr = Bodenschicht von 0,1 bis 5 cm Dicke)

Ausbildung eines Gangsystems („Drilosphäre“)

- Verbindungssystem zwischen der Bodenoberfläche und den einzelnen Schichten des Bodenprofils bis in Tiefen von über 3 m bzw. bis zum anstehenden Gestein oder Grundwasser und somit Schaffung eines Vertikalaustauschsystems für flüssige und feste Stoffe mit einer Ganglänge von 4000-9000 km/ha und einer Oberfläche bis zu 50000 m²/ha
- Einfluss auf die Bodenbelüftung durch Erhöhung des Boden-Luft-Volumens bis 67% des gesamten Bodenluft-raumes, je nach Bodentyp und Bewirtschaftungsform und etwa bis zu 5% des gesamten Bodenvolumens
- Schaffung eines Drainagesystems mit einer Erhöhung der Drainageschwindigkeit um das Vier- bis Zehnfache
- Erhöhung der Wasserkapazität durch erhöhte Kapillarität der Aggregatbildungen bei den Wandauskleidungen der Regenwurmgänge (auf bis zu 17% Feldkapazität in neuseeländischen Böden)
- Ausbildung eines speziellen Besiedlungshabitats für eine Reihe von Bodentieren, die hier als Folgeresetzer

tätig sind (euedaphische Collembolen, Enchytraeiden u.a.) oder diesen Raum in ungünstigen Jahreszeiten (bei Frost oder Trockenheit) zum Überleben aufsuchen oder zur Eiablage ausnutzen

- Erhöhung der mikrobiologischen Aktivität, insbesondere aerober Vorgänge, durch verbesserte Luftzufuhr, vergrößerte Besiedlungsoberfläche, erhöhte Zufuhr organischen Materials und mineralischer Nährstoffe
- Nutzung der Gangsysteme durch Pflanzenwurzeln, um in tiefere Schichten vorzudringen, sowie Ausbildung von Feinwurzelnetzen auf den nährstoffreichen Wandauskleidungen (Erhöhung der Pflanzenproduktion)

Mechanische Zerkleinerung des Bestandsabfalls

- Aufschluss des organischen Materials für Folgeersetzer und vor allem für Mikroorganismen

Vertikale Verlagerung des Bestandsabfalls

- Vertikaltranslokation des organischen Materials in das Gangsystem („Drilosphäre“), in dem für eine mikrobiologische Zersetzung optimale Bedingungen herrschen (100% Rel. Luftfeuchte, gleichmäßige Temperaturen)

Chemische Veränderungen des Bestandsabfalls

- Erhöhung des Stickstoffangebots in Faeces und Gangauskleidung und Steigerung der Stickstoffmineralisation
 - a) Abgabe von Mucoproteinen durch Drüsenzellen in der Epidermis
 - b) Abgabe von Ammoniak durch die Nephridioporen
 - c) Abgabe von Mucoproteinen und Aminosäuren im Faeces
 - d) Bildung günstiger Besiedlungsbedingungen für Nitrifikanten durch Vervielfachung der Faeces-Oberflächen
 - e) Zerfall bzw. Zersetzung von Wurmkadavern und -amputaten
- Herabsetzung des C/N-Verhältnisses
- Erhöhung der Basenaustauschkapazität
- Erhöhung der Pflanzenverfügbarkeit von Ca, Mg, K und P
- Erhöhung des pH-Wertes

Mechanische Zerkleinerung von mineralischen Bodenpartikeln

- Beeinflussung der Korngrößenfraktionsgradienten
- Vertikalverlagerung von mineralischen Bodenpartikeln

Bildung von organo-mineralischen Komplexen

- Ausbildung wasserstabiler, organo-mineralischer Aggregate durch eine innige Vermischung des organischen Materials (Humuspartikel, Bestandesabfall, Kotpartikel, totes Wurzelmaterial) mit mineralischen Bestandteilen (Mineralbodenpartikel) im Magen-Darmtrakt („Ton-Humus-Komplexe“)
- Bildung stabiler Ca-Humate durch Ausscheidung von „amorphem“ Calcium aus den Kalkdrüsen (Morrensche Drüsen)
- Ausscheidung stabiler Kalkkonkremente durch die Morrenschen Drüsen

Beeinflussung anderer Bodenorganismen

- Einfluss der Regenwürmer auf die mikrobielle Aktivität („drilomikrobieller Einfluß“) durch die günstigen Bedingungen der „Drilosphäre“ (Gesamtheit der Wurmgänge) sowie das spezielle Mikrohabitat des Magen-Darm-Traktes der Regenwürmer
- Einfluss koprophager Bodentiere, die den Regenwurmfeces als Folgeersetzer weiterverarbeiten oder sich von dem hierauf siedelnden Myzel und Algenrasen ernähren
- Einfluss auf die Bodentierwelt durch die Schaffung neuer Mikrohabitate in dem unterirdischen Netz von Regenwurmgehängen

Beeinflussung von Konsumenten zweiter und höherer Ordnung (Prädatoren)

- als direkte Nahrungsquelle und damit als wichtiges Glied kürzerer oder längerer Nahrungsketten
- indirekt durch Schaffung der „Drilosphäre“ mit ihren Folgebesiedlern, zu denen auch bestimmte Prädatorengruppen gehören (z.B. Milben der Gamasidae und Bdellinae)

Tab. 3.1/4: Bewertungsmatrix der Geodrilotope

Bewertung	Dekompositionspotential (g/m ²)	Abundanz (Ind./m ²)	potentielle Biodiversität (H _{smax})	Äquität (I _{s(B)})	QS(I _{s(B)})
sehr hoch	> 200	> 200	> 1,75	0,8 - 1,0	> 1,25
hoch	75 - 200	100 - 200	1,5 - 1,75	0,6 - 0,8	0,8 - 1,25
mittel	25 - 75	50 - 100	1,0 - 1,5	0,4 - 0,6	0,6 - 0,8
niedrig	2,5 - 25	10 - 50	0,5 - 1,0	0,2 - 0,4	0,4 - 0,6
sehr niedrig	0 - 2,5	0 - 10	< 0,5	0 - 0,2	0 - 0,4

Beeinflussung von Parasiten

- Als Vektor und Pool diverser Krankheitserreger und Parasiten spielen Regenwürmer aus epidemiologischer Sicht eine zentrale Rolle

Beeinflussung von Schadorganismen

- Vernichtung und Reduktion von Schadorganismen, insbesondere Schadpilzen, im Magen-Darmtrakt der Regenwürmer nach Aufnahme befallener Laub- und Holz(Rinden)teile

Beeinflussung der Keimfähigkeit von Samen

- Veränderung der Keimfähigkeit von Samen höherer Pflanzen nach der Passage des Magen-Darm-Traktes von Regenwürmern, was nachweisbar zur Selektion der Pflanzenarten im Grünland und in der Krautschicht von Wäldern führt

Die Übersicht zeigt die enge Bindung der Regenwürmer an spezielle Ökosystemfunktionen sowie Beziehungen zu Bodenfunktionen. In dieser Hinsicht teilen die Regenwürmer ihre Leistung mit den anderen Tiergruppen der Zersetzergesellschaft. Ihre Dominanz oder ihre Abwesenheit am Standort lässt sie als wichtige Steuergröße der Zersetzung des Bestandesabfalls erkennen. Das Verteilungsverhalten der Arten in räumlicher wie zeitlicher Dimension, die Zuordnung zu ökologischen Lebensformtypen mit ähnlichem Habitus sowie die Anpassung der Populationsdynamik an umweltbedingte bzw. umweltbeeinflusste Effekte machen es möglich, dass sie den Zustand, die Belastbarkeit oder Veränderungen im Ökosystem anzeigen. Den Regenwürmern kommt somit neben ihrer funktionellen Schlüsselrolle eine Bedeutung als Bioindikatoren zu (KÜHLE 1983a). Bei der Charakterisierung eines Landschaftsausschnittes wie hier des NSG „Ahrschleife bei Altenahr“ wird bei den meisten Tiergruppen ein faunistischer Ansatz gewählt und somit auf rein deskriptiver Ebene die Inventarisierung des Gebietes bzw. bestimmter Teilgebiete vorgenommen. Dies geschieht oft ohne Beziehung zu den abiotischen Faktoren und ihren topischen Wirkungsgefügen. Die Integration quantitativer und flächenbezogener Daten bestimmter Zoonosen in der räumlichen Dimension verlangt einen integrativen ökologischen Ansatz, der die geoökologischen Grundlagen mit berücksichtigt. In der Breite ist dies bei einem Projekt, das auf ehrenamtlicher Basis durchgeführt wird und von einer naturschutzorientierten Zielsetzung geprägt ist, nicht zu leisten. In diesem Beitrag soll nur der Ansatz angedeutet werden, dass es mit bestimmten Tiergruppen möglich ist, eine Integration zöologischer Daten mit den geoökologischen Grundlagen durchzuführen. Bei einem faunistischen Ansatz gibt die Tiergruppe nicht viel her, einmal bedingt durch die begrenzte Artenanzahl, zum andern auch durch die „Normalität“, die sie im Basisgeschehen der Ökosystemfunktionen besitzt. Bei einem tiersociologischen Ansatz, wie ihn GRAEFE (1993) am Beispiel der terrikolen Oligochaeten (Lumbriciden und Enchytraeiden) darstellt, ist die Bezugsbasis ausschließlich faunistisch ausgerichtet und ermöglicht daher nur eine grobe, qualitativ orientierte Klassifikation. Diese lässt sich mit dem Zustand der Böden korrelieren, ist aber kaum quantifizierbar. GLASSTETTER (1991) korreliert Gesamtabundanz, Gesamtbiomasse und Faecesproduktion der anektischen Lumbricidenarten mit ermittelten Standortmesswerten (z. B. Makronährstoffe) auf statistischer Grundlage in Geosystemen des Schweizer Jura. Sinnvoll ist es meines Erachtens, vom Dekompositionspotential der Bodenfauna auszugehen, das weitgehend durch die Biomasseproduktion der Lumbriciden charakterisiert wird.

Neben dieser quantifizierbaren Bezugsgröße kann die Biodiversität über strukturökologische Indices auf Dominanzbasis quantifiziert werden. Eine Extrapolation dieser Bezugsgrößen in die räumliche Dimension führt zu folgenden Lumbriciden-bezogenen Arealen (Geodrilotope nach GLASSTETER 1991) (siehe Tab. 3.1/4).

Die Areale sind in Abb. 3.1/1 kartographisch festgehalten. Darüber hinaus zeigt die Abbildung die Biomasserelation und die Dominanzverhältnisse der ökologischen Lebensformtypen auf der Biomassebasis der verschiedenen Referenzstandorte. Es lässt sich erkennen, dass die primären Faktoren, die auf die Regenwürmer Einfluss haben, die Reliefparameter darstellen, die indirekt über die Bodeneigenschaften und das Mikroklima wirken. Die Geodrilotope geben den insgesamt oligotrophen Charakter des Untersuchungsgebietes deutlich wieder. Vergleicht man die Areale mit den vorherrschenden Humusformen, so finden wir in den Arealen I, II und IV typischen Mull, im Areal V Modernull, im Areal VI feinhumusreichen typischen Moder und im Areal VII rohhumusartigen Moder, der bei warmer Exposition Übergänge bis zum Arthropoden-Mull zeigen kann.

3.1.5 Zusammenfassung

Im Jahr 1987 wurden an ausgewählten Referenzstandorten im NSG „Ahrschleife bei Altenahr“ die Regenwurmzönosen mit einer kombinierten Methode (Elektroaustreibung/Oktettmethode + Handauslese 50 x 50 x 50 cm + Formalinaustreibung) erfasst und die Abundanz und Biomasse der Arten sowie die Dominanzverhältnisse, die Diversität und Äquität auf Abundanz- und Biomassebasis bestimmt. Insgesamt wurden zwölf Regenwurmart nachgewiesen, von denen eine Art, *Dendrobaena pygmaea*, als sehr selten zu bezeichnen ist (Neufund für die ehem. preußische Rheinprovinz) und eine weitere, typische Art der Auenbereiche, *Aporrectodea limicola*, als selten gelten kann. Die Gesamtabundanz (Ind./m²) erreicht in der Brennesselhochflur die höchsten Werte (170 Ind./m²), gefolgt von den Sukzessionsflächen der Kulturbrache auf dem Albig (140 Ind./m²) und den Resten eines Hartholzauenwaldes (97 Ind./m²). Die Biomassewerte in der Talaue liegen mit 26,1 - 42,9 g/m² im mittleren Bereich, dagegen sind sie in den Hangbereichen der Sauerhumusbuchenwälder und der Traubeneichen-Hainbuchenwälder - mit Ausnahme eines Schluchtwaldes (Tilio-Acerion) - (32 Ind./m² und 15,8 g/m²) äußerst niedrig (0 - 5 Ind./m² bei 0 - 1,8 g/m²). Es lassen sich sieben verschiedene Lumbriciden-bezogene Areale (Geodrilotope) im Untersuchungsgebiet unterscheiden, die sich mit den Geofaktoren und den Humusformen vergleichen lassen. Raumbezogen geben die Lumbricidenzönosen den überwiegend oligotrophen Charakter des Untersuchungsgebietes deutlich wieder. Die relativ hohen Werte in den anthropogen geprägten (eutrophierten) Ökotopten (Kulturbrache auf dem Albig/Mähwiese am Steinerberg) bestätigen dies.

3.1.6 Literatur

- BOUCHE, M. B. (1972): Lombriciens de France. Écologie et Systématique. - 671 pp., Paris, I.N.R.A.
- BOUCHE, M. B. (1977): Stratégies lombriciennes - In: LOHM, U. & T. PERSSON, (F.): eds. Soil organisms as components of Ecosystems. - Ecol. Bull. **25**, 122-132.
- BÜCHS, W., KÜHLE, J. C., NEUMANN, C. & W. WENDLING (1989): Untersuchungen zur Fauna und Flora im Großraum Altenahr - ein Beitrag zur Charakterisierung eines Naturraumes. - Jber. naturwiss. Ver. Wuppertal **42**, 225-237.
- COGNETTI DE MARTIIS, L. (1901a): *Octolasion hemiandrum* nov. sp. ed. altri Lumbridi raccolti dal doot. E. Festa nei dintorni della Spezia. - Boll. Mus. Zool. Anat. Comp. Torino **16** (383), 1-8.
- COGNETTI DE MARTIIS, L. (1901b): Gli Oligocheti della Sardegna. - Boll. Mus. Zool. Anat. Comp. Torino **16** (404), 1-26.
- DUNGER, W. & J. FIEDLER (1989): Methoden der Bodenbiologie. - 2. Aufl., Jena, G. Fischer.
- EASTON, E. G. (1983): A guide to the valid names of Lumbricidae (Oligochaeta) - In: SATCHELL, J. E. (ed.): Earthworm Ecology from Darwin to Vermiculture. - London, Chapman and Hall, 475-487.
- FISANG, R. (1993): 2.2 Das Georelief und die Böden im Naturschutzgebiet „Ahrschleife bei Altenahr“. - In: BÜCHS, W. et al. (1993): Das Naturschutzgebiet „Ahrschleife bei Altenahr“ (einschließlich angrenzender schutzwürdiger Bereiche) - Fauna, Flora, Geologie und Landespflegeaspekte. Teil I. - Beiträge Landespflege Rheinland-Pfalz **16**, 85-118, 562, 563, 566.

- GATES, G. E. (1975): Contributions to a revision of the earthworm family Lumbricidae. XVII. *Allolobophora minuscula* ROSA, 1906 and *Enterion pygmaeum* SAVIGNY, 1826. - *Megadrilogica* 2 (6), 7 - 8.
- GERARD, B. M. & R. W. SIMS (1985): Earthworms. - Synopses of the British Fauna (New Series) 31, Linnean Society of London and the Estuarine and Brackish-Water Sciences Association, 171 pp.
- GLASSTETTER, M. (1991): Die Bodenfauna und ihre Beziehungen zum Nährstoffhaushalt in Geoökosystemen des Tafel- und Faltenjura (Nordwestschweiz). - Basler Beiträge zur Physiogeographie: Physiogeographica 15, zugel.: Diss., Univ., Basel, 1-224.
- GRAEFE, U. (1993): Die Gliederung der Zersetzergesellschaften für die standortsökologische Ansprache. - Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges. 69, 95-98.
- KÜHLE, J. C. (1983a): Die Bedeutung der Regenwürmer als Bioindikatoren - am Beispiel deutscher Weinbergsböden. - Verh. d. Ges. f. Ökologie (Mainz 1981) 10, 115-126.
- KÜHLE, J. C. (1983b): Adaption of earthworm populations in different soil treatments in apple orchards. - In: LEBRUN, P. (ed.): New Trends in Soil Biology. - Proc. VIIIth Intern. Soil Zool. Coll. Louvain-la-Neuve (1982), Ottignies-Louvain-la-Neuve, Dieu-Brichard, 487-501.
- KÜHLE, J. C. (1986): Modelluntersuchungen zur strukturellen und ökotoxikologischen Belastung von Regenwürmern in Weinbergen Mitteleuropas. - Diss., Univ., Bonn., 390 pp.
- KÜHLE, J. C. (1998): Spatial pattern of distribution of earthworms in a hardwood floodplain forest. - In: PIZL, U. & K. TAYOKÝ (eds.): Soil Zoological Problems in Central Europe, 125-134, České Budejovice.
- LESER, H. (1991): Landschaftsökologie. - Stuttgart, Ulmer, UTB, Bd. 521.
- MICHAELSEN, W. (1900): Oligochaeta. - Das Tierreich 10, Berlin, pp. 575.
- SCHINNER, F., ÖHLINGER, R., KANDELER, E. & R. MARGESIN (1993): Bodenbiologische Arbeitsmethoden. - 2.ed., New York, Springer, 350 pp.
- SHANNON, C. E. (1948): the mathematical theory of communication. - In: SHANNON, C. E. and W. WEAVER: The mathematical theory of communication. - Urbana, 3-91, 1948.
- VOLZ, Peter (1976): Die Regenwurm-Population im Naturschutzgebiet „Hördter Rheinaue“ und ihre Abhängigkeit vom Feuchtigkeitsregime des Standorts. Mitt. Pollichia 64 (1976): 110-120.
- WILCKE, D. E. (1967): Oligochaeta. - In: DAHL, F.: Die Tierwelt Mitteleuropas, Leipzig, Quelle und Meyer.
- ZICSI, A. (1965): Die Lumbriciden Oberösterreichs unter Zugrundelegung der Sammlung von Karl Wessely mit besonderer Berücksichtigung des Linzer Raumes. - Naturk. Jb. Linz 1965, 125-201.
- ZICSI, A. (1981): Weitere Angaben zur Lumbricidenfauna Italiens (Oligochaeta: Lumbricidae). - Opusc. Zool. Budapest XVII - XVIII, 157-180.
- ZICSI, A. (1982): Verzeichnis der bis 1971 beschriebenen und revidierten Taxa der Familie Lumbricidae. - Acta Zool. Hung. 28, 421-454.

Anschrift des Verfassers :

Dr. Jürgen C. Kühle
Pappelweg 3
D- 02627 Kubschütz