

# Biologie und Ökologie von Regenwürmern

©Dr. Peter Sowig

## Einleitung und Systematik

Umgangssprachlich sind „Würmer“ längliche wirbellose Tiere ohne Gliedmaßen, die sich mit Hilfe ihrer Körpermuskulatur kriechend fortbewegen. Arten mit wurmförmigem Körper sind in vielen Tierklassen vertreten: Fadenwürmer, Plattwürmer oder etwa „Glühwürmchen“ gehören zu vollkommen verschiedenen Tiergruppen. Würmer sind somit keine „systematische Einheit“, sondern stellen einen sogenannten „Lebensformtyp“ dar.

**Regenwürmer** gehören zum Stamm der **Ringelwürmer** (Annelida). Wie viele andere landlebende Organismen stammen auch die Regenwürmer von meeresbewohnenden Vorfahren ab. Auch heute noch leben die meisten Arten der Ringelwürmer im Meer. Auf Wattwanderungen an der Nordsee zum Beispiel findet man häufig die Sandhäufchen des Wattwurmes (*Arenicola marina*).



Wattwurmhaufen im Sand

Diesen meeresbewohnenden **Vielborstern** (Polychaeta) stehen die überwiegend im Süßwasser und an Land vorkommenden **Gürtelwürmer** (Clitellata) gegenüber, letztere unterteilen sich in die **Wenigborster** (Oligochaeta) und die **Egel** (Hirudinea). **Regenwürmer** sind die bekannteste an Land lebende Gruppe unter den Wenigborstern.

Alle in Europa heimischen Regenwürmer gehören zur Familie der **Lumbricidae**. Etwa vierzig Arten sind aus Deutschland bekannt, weltweit sind etwa 220 Arten wissenschaftlich beschrieben [1]. Der größte in Deutschland vorkommende Regenwurm, ist der bis zu sechzig Zentimeter lang werdende **Badische Regenwurm** (*Lumbricus badensis*), der die Ausmaße einer ausgewachsenen Blindschleiche erreicht. Er ist nur sehr lokal im Südschwarzwald verbreitet und gilt als Eiszeitrelikt [2].

Schwerpunktmäßig in Südost-Asien, Australien und Neuseeland verbreitet sind Regenwürmer der artenreichen Familie **Megascolecidae**. Hierzu gehört der **Australische**

**Riesenregenwurm** (*Megascolides australis*), der einen Durchmesser von zwei Zentimetern und eine Länge von bis zu drei Metern erreicht. Die einzige in Mitteleuropa nachgewiesene bodenbewohnende Regenwurmart, die nicht zur Familie Lumbricidae gehört, ist der aus Ostasien stammende, weit verschleppte Megascolecide *Amyntas corticis*. Er kann sich in unseren Breiten nur in Gewächshäusern fortpflanzen. Ursprünglich waren die Lumbriciden nur auf der Nordhalbkugel verbreitet. Etwa fünfzehn Arten wurden vom Menschen in die gemäßigten Zonen auf der Südhalbkugel verschleppt. In landwirtschaftlich genutzten Böden Neuseelands dominieren heute aus Europa eingeschleppte Regenwurmarten und haben die einheimische, hauptsächlich aus Megascoleciden bestehende Regenwurmfauna verdrängt.

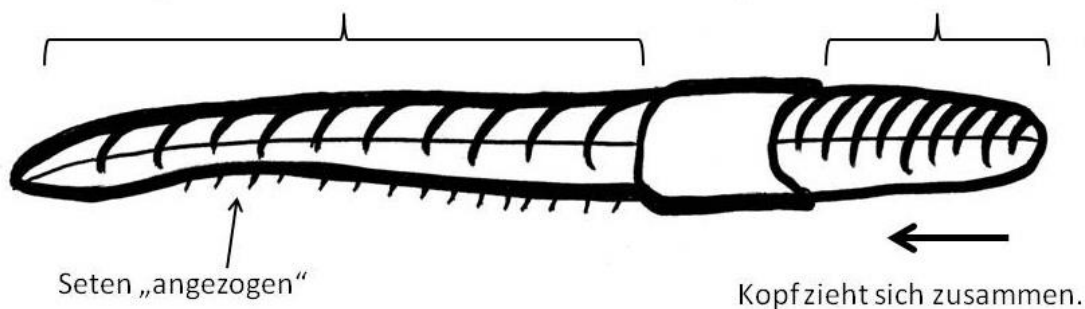
Zu den Wenigborstern gehören übrigens auch die **Enchyträen**, meist weiß gefärbte, bis drei Zentimeter lange und nur etwa einen Millimeter dicke Würmer, die sich in feuchter Erde von zersetzendem organischem Material ernähren. Bekannt sind die Arten *Enchytraeus albidus* sowie der etwas kleinere Grindalwurm (*Enchytraeus buchholzi*), die in feuchtem, organischem Substrat gezüchtet und an Zierfische verfüttert werden.

## Körperbau des Regenwurms

Der Regenwurmkörper ist **segmentiert** und ähnlich wie bei Krebsen und Insekten ist diese Segmentierung durch eine Querringelung auf der Körperoberfläche äußerlich erkennbar. Im Körperinneren liegt in jedem Segment eine flüssigkeitsgefüllte **Leibeshöhle** - das sog. **Coelom** - sowie jeweils ein Nervenknäuel. Der segmentierte Körperbau war in der Evolution der Gliedertiere extrem erfolgreich – wenn man die Artenzahl zu Grunde legt. Auch wenn die Segmente bei Regenwürmern äußerlich alle gleich aussehen, kommt vor allem manchen der vorderen Segmente eine besondere Funktion zu (siehe unten).

Der Regenwurmkörper besteht zu 75 bis 85% aus Wasser und ist quasi ein elastischer, flüssigkeitsgefüllter Schlauch, der von **Längs- und Ringmuskeln** umgeben ist. Ziehen sich die Ringmuskeln zusammen, wird der Wurm dünn und lang. Beim Zusammenziehen der Längsmuskeln verkürzt sich der Wurm und sein Umfang nimmt zu. Durch das Wechselspiel von Längs- und Ringmuskulatur kann der Regenwurm vorwärts wie auch rückwärts kriechen. Mit verschmälertem Vorderende dringt der Regenwurm in enge Hohlräume im Boden vor und erweitert diese durch den Flüssigkeitsdruck in der Leibeshöhle. Die vier kurzen **Borstenpaare**, die an jedem Segment ansetzen, wirken im Boden wie Widerhaken und verhindern, dass der Wurm zurückschlüpft.

- Die Ringmuskeln entspannen sich
- Die Längsmuskeln ziehen sich zusammen
- Die Längsmuskeln ziehen sich zusammen
- Die Ringmuskeln entspannen sich



Der Muskelaufbau des Regenwurms

Die äußere, für die Körperbewegung zuständige Hautmuskulatur wird durch die dazwischen liegende, flüssigkeitsgefüllte Leibeshöhle funktional von der innen liegenden **Darmmuskulatur** getrennt. Die Darmperistaltik ist damit unabhängig von der Bewegung. Der **Darm** durchzieht den gesamten Wurm. Wie am Fließband nehmen Regenwürmer Erde und organische Biomasse über die an der Körperspitze liegende **Mundöffnung** auf. Da Regenwürmer über keine Beißwerkzeuge verfügen, können sie nur flüssiges oder stark zerkleinertes Material aufnehmen. In der Haut um die Mundöffnung befinden sich viele Nervenenden, die es dem Wurm ermöglichen, Nahrung im Substrat zu erkennen und selektiv aufzunehmen. Pflanzenmaterial muss sich durch Bakterien oder Pilze in einem fortgeschrittenen Zersetzungsstadium befinden, bevor es Regenwürmern als Nahrung dienen kann.

Durch ebenfalls aufgenommene Sandkörner werden die Bodenpartikel im Muskelmagen noch kleiner zermahlen. Über die Oberfläche des Mitteldarmes werden schließlich die verwertbaren Bestandteile aufgenommen und der Rest über den am Körperende liegenden After wieder ausgeschieden. Bei Regenwürmern, die in nährstoffarmen Böden leben, ist die Darmwand stark gefaltet, um über eine größere Oberfläche die wenigen Nährstoffe so effizient wie möglich aufzunehmen [3]. Durch Abscheidung von Kalk aus der stark mit Drüsen besetzten Wand des Mitteldarms neutralisieren die Würmer die mit dem Boden aufgenommenen Huminsäuren und sorgen so auf natürliche Weise für eine Bodenverbesserung durch die Bildung sogenannter [Ton-Humus-Komplexe](#). Eine Darmpassage dauert etwa sechs bis zwanzig Stunden [4]. Der für den Menschen geruchlose Regenwurm Kot besteht aus Bodenpartikeln überzogen mit Schleim und hat eine im Vergleich zum umgebenden Boden kompaktere Konsistenz.

Spezielle **Atmungsorgane** haben Regenwürmer nicht. Die Aufnahme von Sauerstoff erfolgt über die feuchte, gut durchblutete Haut – der rote Blutfarbstoff ist übrigens wie bei den Wirbeltieren Hämoglobin [5]. Der Wassergehalt des den Wurm umgebenden Substrates sollte mindestens 25% betragen [6]. Entscheidend ist dabei jedoch, welcher Wasseranteil im Boden frei verfügbar und nicht an Bodenpartikel gebunden ist. Der Prozentwert hängt daher vom Typ des Bodens ab. Bei Trockenheit verringern Regenwürmer ihre Oberfläche, indem sie ein Knäuel bilden. Zusätzlich können sie Schleim absondern, der oberflächlich austrocknet. Für Regenwürmer optimale Feuchtigkeitsbedingungen herrschen dann, wenn die feinen Bodenporen mit Wasser und die größeren Bodenlücken mit Luft gefüllt sind. Überflutungen können Regenwürmer über mehrere Tage hinweg überleben, vorausgesetzt, im Wasser ist genügend Sauerstoff gelöst und die Temperaturen sind niedrig.

Die meisten Vielborster geben ihre Ei- und Spermazellen einfach ins freie Meerwasser ab. Aus der befruchteten Eizelle schlüpft eine bewimperte, mikroskopisch kleine Larve, die ihren ersten Lebensabschnitt als Plankton im freien Wasser schwebend durchläuft und sich mit Hilfe von Wimpern fortbewegt [7]. Im Süßwasser und besonders an Land ist diese Fortpflanzungsweise schwer realisierbar.



Ein geschlechtsreifer *Dendrobaena veneta* mit einem jüngeren "Bruder" ohne Clitellum.

Dendros, adult und juvenil

Mit Erreichen der Geschlechtsreife – meist im Alter zwischen ein bis zwei Jahren. bilden Egel und Regenwürmer daher im vorderen Körperabschnitt eine gelbliche oder weißliche Verdickung mit zahlreichen Schleimdrüsen aus: das sogenannte **Clitellum**. Die genaue Lage irgendwo zwischen dem 23. und 35. Segment ist ein Merkmal, das zur Artbestimmung von Regenwürmern herangezogen wird. Das Clitellum spielt eine wichtige Rolle bei der Paarung und der Eiablage und ermöglicht die Fortpflanzung an Land oder im Süßwasser. Werden Kompostwürmer bei 25°C gehalten, bildet sich das Clitellum bereits im Alter von sechs Wochen aus [8, 11].

## Fortpflanzung der Regenwürmer

Regenwürmer sind **Zwitter**, besitzen also sowohl männliche wie auch weibliche Geschlechtsorgane. Dennoch paaren sie sich, um sich gegenseitig zu befruchten und die Durchmischung des Erbgutes in der Population zu gewährleisten. Die Eierstöcke münden im 14., die Samenleiter im 15. Segment nach außen.

Regenwürmer pflanzen sich überwiegend bei feucht-warmer Witterung im Frühling und im Herbst fort. Dazu kommen bei manchen Arten die paarungsbereiten Würmer im Schutze der Dunkelheit an die Erdoberfläche. Bei der **Paarung** legen sich zwei Würmer mit ihren Vorderkörpern so aneinander, dass jeder mit dem Kopf in Richtung Hinterende des Partners zeigt. Die Ausgänge der Samenleiter liegen dabei im Bereich der Eingänge von **Samentaschen** im Bereich des 9. bis 12. Segmentes des Partners. Vom Clitellum beider Würmer wird ein klebriger Schleim abgesondert, der die Vorderkörper beider Würmer umhüllt. Im Schutz dieser Schleimschicht erfolgt die Samenübertragung. Bei der mehrere Stunden andauernden Paarung presst jeder Wurm seinen Samen in die Samentasche des anderen.

Die Befruchtung und Embryonalentwicklung von Egel und Wenigborstern vollzieht sich im Schutze eines **Kokons**. Dazu produziert das Clitellum einen Schleimring, durch den sich der Wurm selbst rückwärts herauszieht. Befindet sich das 14. Segment im Schleimring, werden

im Durchschnitt drei Eier abgegeben. Passiert der Schleimring die Ausgänge der Samentaschen im 9. bis 12. Segment, werden die Eier mit dem Samen des Paarungspartners befruchtet. Nachdem der Wurm den Schleimring mit den befruchteten Eiern abgestreift hat, schließen sich die Enden und der Schleim härtet zu einem Kokon aus. Im Vergleich zu juvenilen Regenwürmern sind die ausgehärteten Kokons resistenter gegen vorübergehende Temperaturschwankungen und Trockenheit. Aus dem Kokon schlüpfen je nach Art 2-8 kleine Würmer, die in ihrem Körperbau praktisch Miniaturformen der adulten Tiere darstellen.



Wurm Kokons

Die **Entwicklungsdauer** im Kokon ist art- und temperaturabhängig und kann bei 20°C etwa einen Monat betragen, bei 5°C dagegen über ein Jahr dauern. Die im warmen Kompost lebenden Rotwürmer setzen die meisten Kokons in den oberen zehn Zentimetern des Substrates ab, wo sie sich bei 25°C innerhalb von drei Wochen entwickeln. Im Frühjahr stimulieren die steigenden Bodentemperaturen den Schlupf aus vorjährig abgesetzten Kokons.

Unter Laborbedingungen sind Regenwürmer bereits bis zu 15 Jahren alt geworden [9]. Die **Lebenserwartung** eines Regenwurmes in der Natur beträgt durchschnittlich zwei Jahre, bei manchen Arten nur wenige Monate. In dieser Zeit kann jeder einzelne Wurm je nach Art zwanzig bis hundert Kokons, ein einziger Kompostwurm kann pro Woche bis zu drei Kokons erzeugen [10; 11]. Mit zunehmendem Alter bildet sich das Clitellum wieder zurück und die Reproduktionsleistung lässt nach.

## Boden als Lebensraum der Regenwürmer

Die Besonderheit des Lebensraumes „Boden“ besteht in der engen räumlichen Vernetzung von Feststoffen in Form von Bodenpartikeln, Flüssigkeit in Form von Porenwasser und den darin gelösten Substanzen sowie Gasen in Form von luftgefüllten Bodenlücken. Bodenorganismen vereinen Eigenschaften von wasserlebenden und landlebenden Organismen. Mit aquatischen Organismen gemeinsam haben sie die hohe Durchlässigkeit der Haut für Flüssigkeiten und Gase. Viele oberirdisch lebende Landtiere stammen von Bodenorganismen ab, viele Insekten verbringen ihr Larvenstadium grabend im Boden.



# Ökologie der Regenwürmer

Auf sich zersetzendem Pflanzenmaterial entwickeln sich Pilze, Einzeller, Algen und Bakterien, wodurch die Nährstoffe aus dem Pflanzengewebe für die Regenwürmer aufgeschlossen werden. Regenwürmer spielen in der Bodenökologie eine wichtige Rolle: durch ihre **Grab- und Fressaktivität** leisten Regenwürmer einen wichtigen Beitrag zur Erhöhung der Bodenqualität durch Auflockerung des Bodens oder Umschichtung von Nährstoffen. So verbessern die Gänge der Regenwürmer die **Durchlüftung** des Bodens. In den luftgefüllten Gängen können sich aerobe Bakterien vermehren, die abgestorbene Pflanzenreste rascher und vollständiger zersetzen als dies unter Sauerstoffabschluss möglich wäre [12]. Vor allem in lehmigen Böden sind Bodenporen fast ausschließlich auf die Aktivität von Regenwürmern zurückzuführen [13].

Während junge Regenwürmer enge Röhren mit einem Millimeter Durchmesser anlegen, können große Würmer acht bis zehn Millimeter dicke Gänge anlegen. In lockerem Boden werden die Wände der Gänge mit Schleim und Kot ausgekleidet und damit stabilisiert. Bei Regenfällen gelangt Oberflächenwasser vor allem über breite Regenwurmgänge schnell in tiefer gelegene Bodenschichten. Durch die Aktivität von Regenwürmern kann sich die gesamte biologisch aktive Bodenschicht nach unten hin erweitern [14].

Auf Weiden wandern Regenwürmer aus dem Erdreich in Huftierexkrementen. Dies allerdings erst in einem späten Stadium, nachdem Fliegenmaden und manche Dungkäfer ihre Entwicklung bereits abgeschlossen haben. Manche Regenwurmarten verzehren auch Aas. Ökologisch spielen Regenwürmer eine wichtige Rolle beim Abbau organischer Substanzen. Gleichzeitig entsteht der sogenannte Wurmhumus bestehend aus wertvollen Ton-Humus-Komplexen mit vielen pflanzenverfügbaren Nährstoffen [15].

Erdpartikel, die den Wurmdarm passiert haben, haben eine krümelige Struktur. Im Laufe der Darmpassage werden auch die chemischen Eigenschaften des Bodens verändert. Durch die Verdauung organischen Materials, die Abscheidung von Schleim und schließlich auch durch die Verwesung toter Würmer wird dem Boden Stickstoff in einer Menge von zwanzig bis fünfzig Kilogramm pro Hektar zugeführt [16]. Ausgeschiedenes Ammonium sowie über Drüsen im Darm abgegebenes Kalzium erhöhen zudem den pH-Wert des Bodens. Diese Effekte sind aber häufig nur kleinräumig in unmittelbarer Umgebung der Regenwurmgänge messbar.

Erste Erkenntnisse über die **Bedeutung von Regenwürmern** gehen bereits auf Aristoteles sowie die alten Ägypter zurück. Praktisch jedes Buch über Regenwürmer weist an dieser Stelle darauf hin, dass bereits Darwin diese Bedeutung der Regenwürmer erkannt hat. Neben der Begründung seiner Evolutionstheorie beschäftigte sich Darwin über vier Jahrzehnte auch mit der Funktion der Regenwürmer im Boden und fasste schließlich ein halbes Jahr vor seinem Tod seine Erkenntnisse in seinem Buch „*Die Bildung der Ackererde durch die Tätigkeit der Würmer*“ zusammen.

## **Entsprechend ihrem Verhalten teilt man Regenwürmer in drei ökologischen Gruppen ein:**

Die **endogäischen Arten** leben unterirdisch bis zu einer Bodentiefe von zwanzig Zentimetern. An die Oberfläche kommen sie dabei nur selten. Daher sind sie überwiegend blass gefärbt. Aus der mit Wurzeln und organischem Material durchsetzten Bodenschicht

entziehen sie das organische Material und bilden in ihrem Darmtrakt Ton-Humus-Komplexe, mit denen die Wände der Gänge ausgekleidet werden. Die Gänge werden immer wieder neu angelegt. Feinwurzeln folgen im Wachstum bevorzugt diesen Gängen, um auf diese Weise ohne großen Widerstand in tiefere Bodenschichten zu gelangen. Auf landwirtschaftlich genutzten Flächen können endogäische Regenwürmer daher besonders ertragssteigernd wirken [17].

Die **epigäischen Arten** ernähren sich von zersetzenden Pflanzenresten an der Bodenoberfläche. Diese relativ kleinen Regenwürmer durchwühlen ihr Nahrungssubstrat ohne Gänge anzulegen. Ihre rote oder dunkle Pigmentierung schützt sie vor der Sonneneinstrahlung, mit der sie in den obersten Bodenschichten gelegentlich in Kontakt kommen können. Manche Arten können eine vorübergehende Dehydrierung bis auf 25% ihrer Körperflüssigkeit überleben. In ihrem Lebensraum sind epigäische Regenwürmer zahlreichen Fressfeinden ausgeliefert. Dies kompensieren sie mit einer schnellen Generationenfolge und einer hohen Nachkommenzahl. Zu dieser Gruppe gehören die **Kompostwürmer der Gattungen *Eisenia*** und ***Dendrobaena***, von denen im Folgenden die Rede sein wird.

Die **anektischen Arten** sind große Regenwürmer, wie der **Große Tauwurm (*Lumbricus terrestris*)**. Diese im Vergleich zu den anderen Arten sehr muskulösen Würmer sind in der Lage, bis zu zwei Meter tiefe, fast senkrechte Wohnröhren anzulegen, die sie über einen längeren Zeitraum nutzen. Ausgewachsene Exemplare des oben bereits erwähnten **Badischen Regenwurms (*Lumbricus badensis*)** legen verzweigte Gangsysteme bis in zweieinhalb Meter Tiefe an. Anektische Regenwürmer tragen zur vertikalen Durchmischung von Bodenmaterial bei, in dem sie überwiegend im Schutze der Dunkelheit Blätter, Keimlinge und Pflanzenreste von der Bodenoberfläche aufnehmen und frisches Pflanzenmaterial in die Wohnröhre ziehen und andererseits Kot mit unverdauten Erdpartikeln aus tieferen Schichten an der Oberfläche absetzen. Blätter können von den Regenwürmern festgehalten werden, indem sie einen über der Mundöffnung gelegenen Hautlappen aufblähen, so dass ihr Mund wie von einer Saugscheibe umgeben ist. Die jungen Würmer mancher anektischer Arten führen anfangs eine epigäische Lebensweise und beginnen mit den Tiefgrabungen erst mit zunehmendem Alter [18]. Man nimmt daher an, dass auch in der Evolution die anektischen Arten von den epigäischen Arten abstammen. Innerhalb der Gattung *Lumbricus* gibt es sowohl anektische Arten, z.B. *Lumbricus terrestris* als auch epigäische Arten, wie z.B. den kleinen *Lumbricus castaneus*.

Bei Niederschlag kann Wasser direkt durch diese Röhren in tiefere Bodenschichten gelangen, ohne langsam zu versickern. Die anektischen Arten sind meist grünlich oder graubraun pigmentiert. Manche überdauern den trockenen Sommer zusammen geknäuelt in Höhlenkammern in tieferen Bodenschichten. In der Regel sind anektische Regenwürmer weniger empfindlich gegen Sauerstoffmangel. Die fast senkrecht abfallenden Röhren erleichtern nach Regenfällen den Abfluss von Oberflächenwasser in tiefere Bodenschichten. Kalkungen der Bodenoberfläche erhöhen den pH-Wert des Unterbodens stärker bei Anwesenheit tiefgrabender Regenwürmer [19]. In einem Laborversuch mit Böden mit anektischen Regenwürmern hatten Getreidepflanzen mehr Tiefenwurzeln angelegt als in wurmfreien Böden [20].

**Nach starken Regenfällen** wird deutlich, warum Regenwürmer „Regenwürmer“ heißen. Sie verlassen ihre Wohnröhren und sind auf der Erdoberfläche aktiv. Dies ist oft die einzige Gelegenheit, endogäische Arten an der Oberfläche wahrzunehmen. Umstritten ist jedoch, ob die Regenwürmer hierdurch dem drohenden Ertrinkungstod entgehen. Das trommelnde Geräusch der Regentropfen ist kaum für die Flucht der Würmer aus dem Boden



verantwortlich, denn dieses Tropfgeräusch ist auf trockener Bodenoberfläche stärker als auf durchnässtem Untergrund. Ferner können Regenwürmer eine vorübergehende Staunässe im Boden überleben. Möglicherweise nutzen Regenwürmer einfach nur die feuchte Witterung, um sich auszubreiten und neue Lebensräume zu besiedeln. Kriechen auf der Bodenoberfläche ist für Regenwürmer einfacher als unterirdisches Graben. Aus mittelalterlichen Schriften ist die Bezeichnung „reger Wurm“ überliefert, was auf die ständige Aktivität dieses Bodenbewohners anspielt. Danach leitet sich der Begriff „Regenwurm“ wahrscheinlich gar nicht von „Regen“ ab. (Siehe auch "[Warum kommen die Würmer bei regen aus dem Boden](#)")

## Natürliche Feinde der Regenwürmer

Ein Regenwurm ist für viele Tiere ein begehrtes Beutetier. Er ist nicht wehrhaft, hat keine harten, unverdaulichen Körperteile und produziert Schleim nur in begrenzter Menge. Lediglich Kompostwürmer der Art *Eisenia foetida* [P1] produzieren einen gelblichen, stinkenden Schleim, der auf viele Tiere abstoßend wirkt (foetida = stinkend). Auf Grund der unten erwähnten enormen Biomassen, wie sie in manchen Böden gemessen wurden, ist der Regenwurm ein wichtiges Glied in der Nahrungskette. Regenwürmer bilden die Nahrungsgrundlage für zahlreiche Vögel. Manche Vogelarten wie Amseln, Stare, Drosseln oder Krähen orten zielsicher Regenwürmer in der Erde.

Unter den Säugern sind es vor allem die Insektenfresser, wie Maulwürfe, Spitzmäuse und Igel, die den Regenwürmern nachstellen. Dabei gilt der **Maulwurf** als der wichtigste Fressfeind des Regenwurms. Er kann pro Tag eine Regenwurmmenge, die dem eigenen Körpergewicht entspricht verzehren. Ferner sind Maulwürfe in der Lage, sich einen Vorrat lebender Regenwürmer anzulegen. Dazu beißen sie ins Vorderende der Regenwürmer und machen sie damit bewegungsunfähig. In der kühlen Jahreszeit hält der Maulwurf ganze Knäuel von derart verstümmelten Würmern über Monate hinweg in Vorratskammern am Leben. Auch Füchse und Dachse ernähren sich gern von Regenwürmern. [

Es ist bekannt, dass Regenwürmer auf Geräusche mit Fluchtverhalten reagieren, um so bodengrabenden Fressfeinden, wie dem Maulwurf oder der Blindschleiche, zu entgehen. Auf der Bodenoberfläche sind sie jedoch den Nachstellungen anderer Tiere, zum Beispiel Vögeln, ausgesetzt. Manche oberirdisch lebenden Tiere erzeugen gezielt Vibrationen, um Regenwürmer aus der Erde zu treiben. Diesen Effekt machen sich in Nordamerika die sogenannten „**Wurmgrünzer**“ zu Nutze, indem sie einen in die Erde gerammten Holzpflöck in Schwingungen versetzen, wobei sie mit einem Metallstab über die Oberkante des Holzpflöcks reiben. Die Frequenzen der dabei erzeugten Vibrationen entsprechen den Grabgeräuschen des Hauptfeindes der Regenwürmer – dem Maulwurf. Auf diese Weise werden Regenwürmer als Angelköder kommerziell gesammelt. In einigen Gegenden Kanadas und den USA finden dazu regelrechte Wettbewerbe statt.

Die ebenfalls weitgehend unterirdisch lebende Blindschleiche ernährt sich ebenfalls größtenteils von Regenwürmern [21]. Nachts und bei feuchtem Wetter an der Oberfläche aktiven Regenwürmer fallen den unter gleichen Bedingungen aktiven Amphibien zum Opfer. Auch vor wirbellosen Tieren ist der Regenwurm nicht sicher. Größere Laufkäfer und Hundertfüßer verbeißen sich mit ihren Mandibeln im Körper von Regenwürmern und saugen vorverdautes, verflüssigtes Gewebe ein. Gerät ein Regenwurm in die Nähe eines Ameisennestes, wird er von einer ganzen Ameisenarmee angegriffen und in das Nestinnere verschleppt.

## Regenwürmer in Zahlen

Quantitative Untersuchungen über die Aktivität von Regenwürmern sind in vielen geographischen Regionen und Lebensräumen vorgenommen worden. Einige der hier dargelegten Zahlen gehen auf Darwin zurück.

Über 90% der Biomasse der Makrofauna im Boden kann aus Regenwürmern bestehen. Unter Makrofauna versteht man Organismen, die auf Grund ihrer Größe in der Lage sind, strukturelle Änderungen im Boden zu bewirken, z.B. durch die Anlage von Gängen. **Die Zahl der Würmer pro Quadratmeter** kann je nach Bodentyp, Standort und Bewirtschaftung stark variieren. Maximalzahlen von über zweihundert Würmern pro Quadratmeter mit einer Biomasse von über einhundertfünfzig Gramm pro Quadratmeter wurden vereinzelt gemessen. Derart hohe Individuendichten und Artenzahlen findet man nur im **Grünland**. Hier bietet ein dichtes Wurzelwerk die Nahrungsgrundlage für die Regenwürmer. Handelt es sich um Weideland, dienen die Exkremente von Huftieren als zusätzliche Nahrungsquelle.

Auf **Ackerböden** liegen die durchschnittlichen Individuendichten bei 50 Würmern pro Quadratmeter, entsprechend zwanzig bis dreißig Gramm Biomasse pro Quadratmeter. In der Regel findet man dort nur drei bis fünf Arten, meist tiefgrabende anektische Arten, häufig aber auch einzelne endogäische Arten wie *Allolobophora caliginosa* [22].

In **Waldböden** dominieren epigäische Arten in der Laubstreu. Der saure Boden unter Nadelwäldern ist für Regenwürmer lebensfeindlich. Hier liegt die Regenwurmdichte oft bei unter einem Individuum pro Quadratmeter. Auf niedrigen Boden-pH reagieren Regenwürmer mit erhöhter Schleimproduktion und Hyperaktivität.

Täglich können Regenwürmer eine Substratmenge aufnehmen, die der Hälfte des eigenen Körpergewichtes entspricht. Pro Hektar und Jahr durchlaufen fünf bis zweihundertfünfzig Tonnen Erde den Darm von Regenwürmern. Die extrem hohen Umsatzraten werden allerdings nur in den Tropen und Subtropen erreicht. In den gemäßigten Breiten durchläuft rein statistisch alle fünfzig bis hundert Jahre jeder Partikel aus den oberen Bodenschichten einmal einen Regenwurmdarm. Die Gesamtlänge aller Regenwurmgänge pro Hektar und Jahr kann über hundert Kilometer betragen.

Das **Temperaturoptimum** bei europäischen Arten liegt zwischen 10 und 18 °C. Im Frühling und Herbst sind Regenwürmer deshalb am aktivsten. Unterhalb 5°C geht die Aktivität deutlich zurück. Epigäische Arten vertragen auch kurzzeitigen Frost. Den **Winter** verbringen Regenwürmer in frostfreien Bodenschichten. Manche Arten verlieren über den Winter drei Viertel ihres Gewichtes. In frostfreien Winternächten können Regenwürmer aktiv in Oberflächennähe Nahrung aufnehmen. Kompostwürmer – deren Temperaturoptimum zwischen 15 und 25 °C liegt - nutzen die Eigenwärme ihres Substrates und können ganzjährig aktiv sein. Im Winter finden sich hier auch Regenwurmartarten ein, die eigentlich keine typischen Kompostwürmer sind. Problematisch ist bei Frost nicht nur die Kälte selbst, sondern auch die geringe Bodenfeuchtigkeit auf Grund des gefrorenen Bodenwassers.

Regenwürmer lieben feuchte und lockere **Böden**. Endogäische und anektische Regenwürmer bevorzugen lehmige Böden mit einem [Lehm](#)gehalt von maximal 25% gegenüber Sandböden. Dies hängt mit der rauen Struktur der Sandkörnchen zusammen, aber auch mit der geringen Wasserhaltekapazität sandiger Böden. Für die epigäischen Arten ist die Beschaffenheit der Laubschicht wichtiger als der darunter liegende Mutterboden.

Das im Boden verteilte **Wasser** ist kein reines H<sub>2</sub>O, sondern eine Lösung aus anorganischen und organischen Bestandteilen. Die feuchte Haut der Regenwürmer steht in direktem Kontakt zum Bodenwasser. Ähnlich wie bei wasserlebenden Organismen bestimmt die Chemie des umgebenden Wassers die Lebensgrundlage von Regenwürmern. So kann sich eine hohe Stickstoffkonzentration in der Bodenlösung in Form von Ammonium oder Nitrat auf Regenwürmer tödlich auswirken. Der **pH-Wert** des Bodens darf nicht unter 3.5 liegen. Saure Bodenlösungen können die Schleimschicht auf der Hautoberfläche zerstören. Die pH-Toleranz ist jedoch artspezifisch. Während Kompostwürmer als säuretolerant gelten, bevorzugen tief im Mineralboden grabende Arten basische pH-Werte oberhalb von 7.

## **Einfluss von Regenwürmern auf den Boden und dessen Bewohner**

Im Freiland sind die positiven Einflüsse von Regenwürmern nicht so ohne Weiteres messbar, da man sie von den anderen Umwelteinflüssen nicht trennen kann. Unter standardisierten Laborbedingungen dagegen sind die Einflüsse der Aktivitäten von Regenwürmern auf den Boden klar belegbar [23]. Regenwürmer können das **Abschwemmen** von Boden vermindern, indem Niederschlagswasser in den aufgelockerten Oberboden oder direkt in die Regenwurmgänge eindringt, anstatt oberflächlich abzufließen.

Die **Kalkung von Waldböden** hat meist die Wachstumsrate der Nadelbäume nicht wie erwartet erhöht. Dies liegt daran, dass der an Detritus gebundene Stickstoff nur durch Bodenorganismen freigesetzt werden kann. Zwar ist bekannt, dass Regenwürmer gekalkte Böden gegenüber ungekalkten, sauren Böden bevorzugen. Inwieweit ihre Aktivität den Baumwuchs signifikant steigert, ist dagegen noch Gegenstand der Forschung. In den Niederlanden hat man in den 1960er Jahren auf neu gewonnenem Land die Böden in den Poldern gezielt mit Regenwürmern „beimpft“ und die Bodenbildung dadurch beschleunigt.

Die Kompostierung von pflanzlichem Abfall vollzieht sich mit Würmern vier mal schneller als ohne Würmer [24]. Vergleicht man die **Bakterienfauna** in vom Regenwurm ausgeschiedener Erde mit der Erde vor der Aufnahme, ist die bakterielle Aktivität gemessen im Stickstoff- und Kohlenstoffumsatz im Regenwurmkot deutlich erhöht. Die Denitrifikation im Regenwurmkot ist dreimal so hoch wie im entsprechenden Boden [25].

Parasitische Fadenwürmer (Nematoden), die wirtschaftlichen Schäden an Kulturpflanzen anrichten können, sind in Böden mit hoher Regenwurmdichte weniger stark vertreten. Durch die Fraßaktivität an der Oberfläche werden Sporen von Schadpilzen reduziert. Umgekehrt können Regenwürmer aber mit dem Kot infektiöse Dauerstadien von vergrabenen Kadavern, zum Beispiel Viren der Maul- und Klauen-Seuche, an der Erdoberfläche abscheiden. Ferner können Regenwürmer Eier und Dauerstadien von Band- und Fadenwürmern auf Vögel und Säugetiere übertragen [26].

Generell halten sich jedoch die Beispiele für **negative Einflüsse von Regenwürmern** in Grenzen. So gibt es Fälle, wo Regenwürmer die Wurzeln von Tabak- und Reispflanzen abfraßen [27]. Besonders Golfspieler und Fußballspieler sind schlecht auf Regenwürmer zu sprechen, wenn die Kothäufchen den schönen Golfgrünern verunstalten.

## **Einfluss des Menschen auf Regenwürmer**

Ein direkter Einfluss von **Umweltfaktoren** auf Artenzahl, Diversität und Individuendichte von Regenwürmern im Boden ist nicht immer einfach nachzuweisen. Da Regenwürmer im Vergleich zu anderen Wirbellosen sehr langlebig sind, ist davon auszugehen, dass sich Umwelteinflüsse nur zeitverzögert auf die Populationen von Regenwürmern auswirken.

Durch ihre große Biomasse im Boden können Regenwürmer in größeren Mengen für chemische Analysen gesammelt werden. Im Fettgewebe akkumulieren schwer wasserlösliche, lipophile Substanzen und Schwermetalle, so kann der Bleigehalt im Gewebe von Regenwürmern gegenüber dem Boden siebenfach erhöht sein [28]. Dadurch sind Regenwürmer gut als **Bioindikatoren** geeignet, um Umweltbelastungen im Boden festzustellen.

**Pflügen** führt neben der mechanischen Störung zu stärkerer Austrocknung des Oberbodens und damit verbunden zu stärkeren Temperaturschwankungen. Vor allem eine im Herbst durchgeführte mechanische Bodenbearbeitung kann Regenwurmpopulationen um 90% dezimieren. Dazu tragen auch Vögel bei, die in Scharen dem Pflug folgen und leichte Beute machen. Vor allem die epigäisch lebenden Arten werden durch Bodenbearbeitung stark dezimiert und können auf offenen, vegetationslosen Böden komplett fehlen.

Auch intensive **Mineraldüngung** sowie der Einsatz bestimmter **Pestizide** können sich negativ auswirken. Andererseits können Regenwürmer vom Einsatz von Herbiziden profitieren, wenn die chemische Unkrautbekämpfung als Alternative zur Bodenbearbeitung erfolgt. Auch der im ökologischen Weinbau weit verbreitete Einsatz von Kupferlösungen dezimiert die Regenwurmfauna [29].



Durch den unter den Rädern schwerer Landmaschinen **verdichteten Ackerboden** müssen sich Regenwürmer praktisch „durchfressen“, während in lockerem Substrat einzelne Partikel durch Muskelkraft beiseite geschoben werden können. Durch ihre Grabaktivität sind Regenwürmer in der Lage, mechanisch verdichteten Boden wieder aufzulockern und zu regenerieren.

Förderlich für Regenwürmer sind reduzierte Bodenbearbeitung einschließlich einer Bodenruhe durch Zwischenfruchtanbau, der Verbleib von Ernterückständen sowie die Zuführung von organischem Material. Der Einfluss der Zugabe von Rinderdung auf den Pflanzenwuchs wird durch die Anwesenheit von Regenwürmern gesteigert, weil die Nährstoffe aus dem Dung schneller für die Pflanzen verfügbar werden. Einer Untersuchung auf Wintergetreidefeldern in Bayern in den 1980er Jahren zu Folge ist die Anzahl der Regenwürmer auf alternativ bewirtschafteten Flächen höher als auf konventionellen Vergleichsflächen [30].

Gefiel Ihnen der Artikel von Dr. Sowig? In unserem Newsletter bringen wir Ihnen regelmäßige Informationen rund um Regenwürmer, Kompostwürmer und Komposter. [Tragen Sie sich jetzt](#) ein um das eBook "Besser Kompostieren" gratis zu erhalten.

## Anhang

- [1] Edwards, C.A. & Lofty, J.R. (1977): *Biology of Earthworms*; Chapman and Hall Ltd; 333 Seiten; ISBN 0 412 14940 0
- [2] Kutschera, U. & Elliott, J.M. (2010): Charles Darwin's Observations on the Behaviour of Earthworms and the Evolutionary History of a Giant Endemic Species from Germany, *Lumbricus badensis* (Oligochaeta: Lumbricidae). - *Applied and Environmental Soil Science* doi:10.1155/2010/823047: 11 pages
- [3] Pearce, T.G. (1978): Gut contents of some lumbricid earthworms. - *Pedobiologia* 18: 153-157
- [4] McLean, M.A., Migge-Kleian, S. & Parkinson, D. (2006): Earthworm invasions of ecosystems devoid of earthworms: effects on soil microbes. – *Biological Invasions* 8:1257-1273
- [5] Storch, V. & Welsch, U. (2009): *Kükenthal – Zoologisches Praktikum*; Verlag Berlin Heidelberg 532 Seiten; ISBN 978-3-8274-1998-9
- [6] Edwards, C.A. & Bohlen, P.J. (1972): *Biology and Ecology of Earthworms*, Band 3; Chapman & Hall ISBN: 0 412 56160 3; 440 Seiten
- [7] Lecointre, G. & Le Guyader, H. (2005): [Biosystematik: Alle Organismen im Überblick](#); Springer Verlag Berlin Heidelberg 696 Seiten; ISBN 978-3-540-24037-2
- [8] *Earthworm Ecology*, Second Edition von Clive A. Edwards, 2004
- [9] *Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management* von Clive A. Edwards, 2010
- [10] Graff, O. (1974): Gewinnung von Biomasse aus Abfallstoffen durch Kultur des Kompostregenwurms *Eisenia foetida* (Savigny 1826). *Landbauforsch., Volk.* 2, 137-142.
- [11] Hartenstein, R., Neuhauser, E.F. & Kaplan, D.L. (1979): Reproductive Potential of the Earthworm *Eisenia foetida*. - *Oecologia* 43: 329-340
- [12] Ottow, J.C.G. (2011): *Mikrobiologie von Böden: Biodiversität, Ökophysiologie und Metagenomik* ISBN 978 3 642 00823 8; Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 485 Seiten
- [13] Lamande, M., Hallaire, V., Curmi, P., Pérès, G. & Cluzeau, D. (2003) : Changes of pore morphology, infiltration and earthworm community in a loamy soil under different agricultural managements. – *Catena* 54:637-649
- [14] Tate, R.L. (2000): *Soil microbiology*; John Wiley & Sons; 2. Auflage ISBN: 978 0 47131791 3; 536 Seiten

- [15] Willmann, I. & Egli-Broz, H. (2010): Ökologie: Einführung in die Wechselwirkungen zwischen Mensch und Natur; Lerntext, Aufgaben mit Lösungen und Kurztheorie; compendio Bildungsmedien; 2. Auflage; ISBN 978 3 7155 9446 0; 174 Seiten
- [16] Lee, K.E. (1983): The influence of earthworms and termites on soil nitrogen cycling. In: Lebrun, P. et al. (eds): New trends in soil biology. Dieu-Brichart, Louvain-la-Neuve.
- [17] MacKay, A.D. & Kladvko, E.J. (1985): Earthworms and rate of breakdown of soybean and maize residues in soil. – Soil Biology & Biochemistry 17: 851-857
- [18] Lamparski, F. (1985): Der Einfluß der Regenwurmart *Lumbricus badensis* auf Waldböden im Südschwarzwald. - Freiburger Bodenkundliche Abhandlungen Heft 15
- [19] Springett, J.A. (1985): Effect of introducing *Allolobophora longa* Ude on root distribution and some soil properties in New Zealand pastures. In: Fitter, A.H. et al. Ecological interactions in soil: plants, microbes, and animals. Blackwell Scientific Publications, Oxford
- [20] Edwards, C.A. & Lofty, J.R. (1980): Effects of earthworm inoculation upon the root growth of direct drilled cereals. – Journal of Applied Ecology 17: 533-543
- [21] Wolsbeck, H. & Fritz, K. (2007): Blindschleiche *Anguis fragilis* Linnaeus, 1758 in: Laufer, H., Fritz, K. & Sowig, P. (Hrsg): Die Amphibien und Reptilien Baden-Württembergs; Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart; ISBN 978-3-8001-4385-6
- [22] Römke, J. et al. (2002): Entwicklung von bodenbiologischen Bodengüteklassen für Acker- und Grünlandstandorte; Umwelt Bundesamt Bericht UBA-FB 000268; 275 Seiten
- [23] Logsdon, S.D. & Linden, D.R. (1992): Interactions of earthworms with soil physical conditions influencing plant growth. - Soil Science 154 (4): 330-337
- [24] Daniel, O. & Anderson, J.M. (1992): Microbial biomass and activity in contrasting soil materials after passage through the gut of the earthworm *Lumbricus rubellus* Hoffmeister. - Soil Biology and Biochemistry 24 (5): 465-470
- [25] Elliott, P.W., Knight, D. & Anderson, J.M. (1991): Variables controlling denitrification from earthworm casts and soil in permanent pastures. - Biology and Fertility of Soils 11: 24-29
- [26] Makeschin, F. (1997): Earthworms (Lumbricidae: Oligochaeta): Important promoters of soil development and soil fertility in: Benckiser, G. (ed): Fauna in soil ecosystems – recycling processes, nutrient fluxes, and agricultural production; Dekker Verlag New York; ISBN: 0-8247-9786-8
- [27] Barrion, A.T. & Litsinger, J.A. (1997): *Dichogaster* nr. *Curgensis* Michaelsen (Annelida: Octochaetidae): an earthworm pest of terraced rice in the Philippine Cordilleras. – Crop Protection 16: 89-93
- [28] Back, H., Dao-Trong, T.-T. & Kreimes, K. (1995): Regenwürmer als Akkumulationsindikatoren. - UWSF - Zeitschrift für Umweltchemie und Ökotoxikologie 7 (6): 374-376

[29] Klok, C. & de Roos, A.M. (1998): Impact of toxicants on earthworm populations: a modeling approach in: Sheppard, S. et al. (eds): Advances in earthworm ecotoxicology; SETAC Press; ISBN 1-880611-25-2

[30] Bauchhenß, J. & Herr, S. (1986): Vergleichende Untersuchungen der Individuendichte, Biomasse, artendichte und Diversität von Regenwurmpopulationen auf konventionell und alternativ bewirtschafteten Flächen. - Bayer. Landw. Jahrbuch 63: 1002-1012