

<https://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF-Regenwurm-Manifest.pdf> WWF 2016 (translation by RJB 2022 modified from Google)

DAS REGENWURM-MANIFEST FÜR LEBENDIGE BÖDEN UND EINEN FUNKTIONIERENDEN WASSERHAUSHALT

AN EARTHWORM MANIFESTO FOR LIVING SOIL AND A FUNCTIONING WATER BALANCE

Der Regenwurm: Leittier des Bodens! Ein lebendiger, gesunder Boden ist die Grundlage aller Landökosysteme. Rund ein Drittel der Landfläche sind landwirtschaftlich genutzter Boden: von dessen weltweit bedrohter Fruchtbarkeit lebt die Menschheit. Die natürliche Bodenfruchtbarkeit wird vom Mikrokosmos des Bodenlebens geschaffen, welchem mehr Arten angehören, als auf der Erdoberfläche leben.¹ In den meisten Böden sind Regenwürmer die prägenden „Leittiere“. Doch ihr ökologisch äußerst wichtiges Wirken in Äckern, Wiesen und Wäldern wird gegenwärtig zu sehr beeinträchtigt. Der aktuelle Bericht zur „Roten Liste Regenwürmer“ betont ihre „herausragende Funktion für die Bodenstruktur und Streuabbau“; und er warnt für deutsche Ackerstandorte, „dass diese häufig von einer – hinsichtlich Artenzahl, Abundanz und Biomasse – verarmten Regenwurmgemeinschaft besiedelt werden.“² In den meisten heutigen Landbausystemen ist zu wenig der Wurm drin: denn zu viel und zu schwerer Maschineneinsatz, zu wenig Pflanzenrückstände als Regenwurmfutter und zu viele schädigende Stoffe schädigen unsere Bodengestalter. Eine Folge ist die verminderte Wasseraufnahme der Böden mangels Wurmröhren. Zunehmende Überschwemmungen auch nach normalem Starkregen, wobei die Gewässer, braun von abgeschwemmtem Boden, schlammig über ihre Ufer treten, sind deutliche Anzeichen dafür. Dieses „Regenwurm-Manifest“ zeigt auf, warum das würmische Leben für die Böden und für uns so wichtig ist und welche Folgen eine Wurmmarmut für die Landwirtschaft und den Wasserhaushalt hat. Übrigens ist die Masse der Regenwürmer im Boden schwerer als die allen übrigen Bodenlebens und auch der Landtiere: Ehrmann (2015)⁴ z.B. berechnete für Baden-Württemberg ein Gesamtgewicht der Regenwürmer von 2.300.000 Tonnen – das ist fast das Doppelte der Masse aller Menschen und ihrer Rinder und Schweine im Ländle zusammen.

The earthworm: the leader of the soil! A living, healthy soil is the foundation of all terrestrial ecosystems. Around a third of the land area is agricultural land: from it Mankind lives in a world of threatened fertility. Natural soil fertility is created by the microcosm of soil life, which belong to more species than live on the surface of the earth.¹ In most soils, earthworms are the formative “lead animals”. But extremely important

ecological work in fields, meadows and forests are badly affected at the moment. The current report on the "Red List Earthworms" emphasizes their "*outstanding function for the soil structure and litter degradation*"; and it warns for German arable sites, "*that these are frequently impoverished in terms of species number, abundance and biomass of earthworm communities.*"²

In most of today's farming systems, there isn't enough worm activity in it due to excessive heavy machine use, too little plant residues as earthworm food and too many harmful chemical substances causing damage to our natural soil designers. One consequence is the reduced water absorption of the soil due to the lack of burrows. Increasing flooding, even after normal heavy rain, with the waters brown from washed away soil or muddy overflows, are clear signs of this.

"Earthworm Manifesto" describes the worm life for the soils and why it is so important for us and what consequences a lack of worms has for agriculture and water management. Incidentally, the mass of Earthworms in the soil is heavier than all other soil life and also of land animals: Ehrmann (2015)⁴ e.g. calculated for Baden-Württemberg a total weight of earthworms of 2,300,000 tons - that's almost twice the mass of all people and their cattle and pigs in the country combined.

Der Lebensraum Boden

Jeder naturnahe Boden ist sehr komplex organisiert und die wichtigsten Strukturen darin werden von Regenwürmern geschaffen. In der Ökologie des heimischen Erdbodens sind die Regenwürmer die führende Artengruppe: als sehr sichtbare Formen schaffen sie dort ein Tunnelsystem und ein Krümelsystem. Das Tunnelsystem dient der Fortbewegung des Wurms, ermöglicht aber zugleich auch den schnellen Wasserabfluss durch den Boden, ist vorteilhaft für die Bodenbelüftung und ein bevorzugter Wurzelkanal für Pflanzen. Die Länge des

Tunnelsystems von Regenwürmern im naturnahen Ackerboden kann pro Quadratmeter etwa 450 Meter lang werden, unter Wiese bis zu einem Kilometer (Pfiffner¹⁸, Braun¹⁴ und regenwurm.ch). Das bedeutet: Schon ein durchschnittlicher Bauernhof mit 50 Hektar Boden, je zur Hälfte Acker- und Grünland, hat, wenn er seine Regenwürmer bestens pflegt, ein Tunnelsystem in ungefähr der Länge des zehnfachen Erdumfangs (also 400.000 km!) in seinem Erdreich. Und genau genommen sind hier nur die stabilen Röhren der Tiefgräber, der überwiegend „Tauwürmer“ genannten großen Regenwürmer, mitgezählt. Seine kleineren Verwandten, die nur die oberste Erdschicht durchwühlen, schaffen keine oder fragile und kaum zu messende Gänge, die aber ebenfalls ihre Wirkung für den Boden entfalten. Der bekannte Regenwurmforscher Otto Ehrmann schrieb (2015)⁴ über das Tunnelsystem des Unterbodens: „Diese für Durchwurzelung, Belüftung und Entwässerung sehr günstigen Strukturen sind im Laufe von Jahrzehnten/ Jahrhunderten durch Regenwürmer gebildet worden, durch Verdichtung und zu tiefe Bodenbearbeitung können sie aber in kurzer Zeit zerstört werden.“ Grundsätzlich gilt, dass sich die Regenwürmer durch einen lockeren Boden beim Tunnelbau einfach durchdrücken können, während sie sich bei einem verdichteten Boden mühsam Stück für Stück hindurchfressen müssen. Röhren im Unterboden können, wenn sie nicht durch das Gewicht der Landmaschinen zerstört werden, über Jahrtausende offen bleiben – Sogar über 100.000 Jahre alte noch offene Regenwurmröhren aus Böden der vorletzten Zwischeneiszeit konnten nachgewiesen werden (Ehrmann 2015)⁴.

The soil habitat

Every semi-natural soil is organized in a very complex way and the most important structures in it are created by earthworms. In the ecology of the native soil, the earthworms are the leading group of species: as very visible forms they create there a tunnel system and a crumb system.

The tunnel system serves the movement of the worm, but allows at the same time also the rapid drainage of water through the floor, is beneficial for soil aeration and a preferential root canal for plants. The length of the tunnel system of earthworms in near-natural arable soil can per square meter amount to about 450 meters long, under meadow up to one kilometer (Pfiffner¹⁸, Braun¹⁴ and regenwurm.ch). That means: Even an average farm with 50 hectares of land, half arable land and half grassland, if the farmer he takes good

care of his earthworms, a tunnel system length of ten times the earth's circumference (ie 400,000 km!) in the soil.

And strictly speaking, this is measured only in the sturdy tubes of the deep diggers, the large earthworms, mostly called “dewworms”. The smaller relatives who only dig through the top layer of earth make smaller corridors that are fragile and hardly measurable, but they also have a substantial effect.

The well-known earthworm researcher Otto Ehrmann wrote (2015)⁴ about the Subsoil tunnel system: *“For root penetration, aeration and drainage these very favorable structures over decades/Centuries are formed by earthworms, However, by compaction and if the soil is worked too deep, they can be destroyed in a short time.”*

The basic rule is that the earthworms get through a loose soil by simply pushing through during tunnel construction while they have to laboriously eat through compacted soil bit by bit. By reducing the weight of agricultural machinery that can easily destroy them, they can remain open for thousands of years – even for 100,000 years still open earthworm burrows from soils of the penultimate interglacial period could be verified (Ehrmann 2015)⁴.

Die vom Regenwurm geschaffenen Bodenkrümel befestigen die Bodensubstanz gegen Erosion. An der Oberfläche legen die Tiere bei mittelmäßiger Aktivität pro Jahr etwa 0,5 cm, bei bester bis fünf cm Krümelboden ab (abgeleitet von Bauchhenß¹¹ und Braun¹⁴). Diese Krümel kommen mit einer Klebehülle („Mucopolysaccharide“) aus dem Regenwurm heraus. Da sie viele Nährstoffe enthalten, werden sie im intakten Boden sofort von einem Pilzfadengespinnst durchwachsen und damit weiter befestigt. Regenwurmkrümel wie auch die Auskleidungen ihrer Röhren enthalten fünf- bis zehnmals mehr von den wichtigsten Pflanzennährstoffen als der Durchschnittsboden (Pfiffner FiBL)¹⁸, deshalb sind sie bei den Pflanzenwurzeln und den mit diesen zusammenarbeiteten Pilznetzwerken besonders beliebt. Ein Oberboden von 20 cm Dicke und mittlerer Regenwurmpopulation wird innerhalb von 12 Jahren komplett durch die im Boden vorhandenen Regenwürmer „hindurchgegangen“ sein (Ehrmann 2015)⁴. Diese

wichtige Aktivität zum Aufbau einer stabilen Bodenstruktur und zur Erhaltung der natürlichen Bodenfruchtbarkeit wird von den Regenwürmern nach Glyphosat-Spritzung fast völlig eingestellt (GauppBerghausen et al. 2015)¹⁹.

The soil crumbs (casts) created by the earthworm strengthen the soil substance against erosion. On the surface, the animals lay at mediocre activity per year about 0.5 cm, with the best up to five cm crumbly soil (derived from Bauchhenß¹¹ and Braun¹⁴). These crumbs come with an adhesive coating (“mucopolysaccharides”) from the earthworm gut. Since they contain a lot of nutrients, they are immediately absorbed by an intact soil mycelium thread web growing through and thus further attached. Earthworm cast crumbs, like the linings of their burrows, contain five to ten times more of the most important plant nutrients than the average soil (Pfiffner FiBL)¹⁸, which is why they are particularly popular with plant roots and the fungal networks that work with them. A topsoil of 20 cm thick and medium earthworm population within 12 years completely "passed" through the earthworms present in the soil (Ehrmann 2015)⁴. This important activity to build a stable soil structure and to maintain the natural soil fertility almost completely stopped the earthworms after glyphosate spraying (GauppBerghausen et al. 2015)¹⁹.

Artenvielfalt der Regenwürmer Weltweit sind rund 7000 Arten von Regenwürmern (davon 1600 genauer) bekannt. Die gesamte Artenvielfalt der Regenwürmer wird auf 30.000 geschätzt.³ In Deutschland kommen insgesamt 46 Regenwurmart (Lumbriciden) vor, die Hälfte davon häufig. In Ackerböden schwankt die örtliche Vielfalt ja nach Bodenzustand etwa zwischen 0 und 10 Arten.⁵ Ca. vier Arten sind es im Mittel in Süddeutschland, ca. drei in Sachsen-Anhalt und Thüringen (LfL Bayern⁶ und Ehrmann 2015⁴ sowie dessen Quellen). Die Familie der Regenwürmer ist in Deutschland mit rund einem Dutzend Gattungen, das heißt Artengruppen, vertreten. Die bekannteste Gattung Lumbricus kommt mit neun Arten in Deutschland vor und keine anderen Würmer graben tiefer. Zu den seltenen Regenwürmern in Deutschland gehört der türkis-grüne Aporectodea smaragdina, ein Alpenbewohner. Der größte

Regenwurm in Deutschland ist der *Lumbricus badensis*, zu Deutsch „Badischer Riesenregenwurm“. Er ist bis zu 60 cm lang und kommt einzig im südlichen Hochschwarzwald vor; mit 2,5 Metern gräbt er auch besonders tief.

Biodiversity of earthworms:

Around 7,000 species of earthworms are known worldwide.

The total biodiversity of earthworms is estimated at 30,000.³

A total of 46 earthworm species (lumbricids) occur in Germany, half of them frequently. In arable land, the local diversity fluctuates in different soil condition approximately between 0 and 10 species.⁵

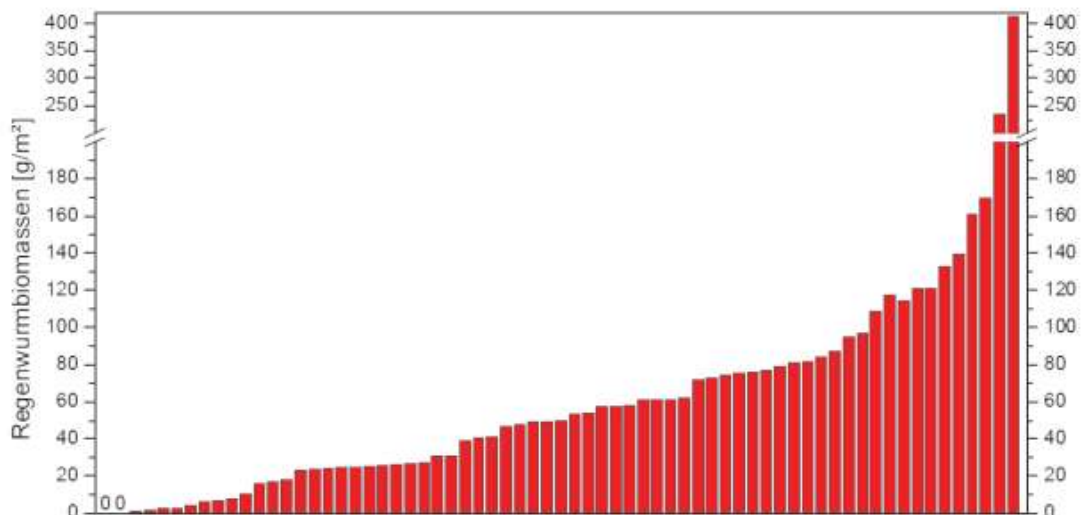
There are about four species on average in southern Germany, about three in Saxony-Anhalt and Thuringia (Lfl Bayern⁶ and Ehrmann 2015⁴ and its sources). The earthworm family in Germany is represented with around a dozen genera, i.e. species groups. The best-known genus *Lumbricus* comes in with nine species and no other worms dig deeper.

One of the rare earthworms in Germany is the turquoise-green *Aporrectodea smaragdina*, a resident of the Alps. The largest earthworm in Germany is *Lumbricus badensis*, in German "giant earthworm from Baden" that is up to 60 cm long and only occurs in the southern Black Forest; It also digs particularly deep burrows to about 2.5 meters.

Verbreitung der Regenwürmer in Acker-, Wiesen und Waldböden Die Zahl der Regenwürmer in Äckern ist je nach deren Bewirtschaftung sehr unterschiedlich: Monokulturböden mit extrem eintöniger Fruchtfolge und sehr starkem Maschinen- und Chemieeinsatz haben maximal 30 Tiere pro Quadratmeter. Ein durchschnittlicher Boden in der noch relativ kleinstrukturierten Landwirtschaft Süddeutschlands enthält rund 120. Und auf den Äckern von Sepp Braun, dem bekannten bayerischen „Regenwurm-Bauern“, wurden im Ackerboden 450 Würmer pro Quadratmeter gefunden (Spitzenwerte sogar bis 600), mit einem großen Anteil der tiefgrabenden Art „Tauwurm“.⁷ Die folgende Grafik zeigt, wie extrem unterschiedlich die Regenwurmpopulation in Ackerboden ausgeprägt ist, und dies liegt im Wesentlichen an der Bewirtschaftung (Ehrmann 2015 zu B.-W.)¹⁰:

Distribution of earthworms in field, meadow and forest soils. The number of earthworms in fields can be very high, depending on how they are managed different: monoculture soils with extremely monotonous crop rotation and very heavy use of machines and chemicals have a maximum of 30 animals per square meter. An average floor in the still relatively small-structured Agriculture of southern Germany contains around 120. And on the fields of Sepp Braun, the well-known Bavarian "earthworm farmer", his farmland supports 450 worms per square meter (peak values even up to 600), with a large proportion of the deep-burrowing species "dewworm".⁷

The graphic below shows how extremely diverse the earthworm population is in arable land, and this is mainly due to the management (Ehrmann 2015 on B.-W.)¹⁰:



Die Böden der Wiesen und Weiden sollten eigentlich mehr Regenwürmer als im Ackerland haben (Ausnahme: Magerwiese), denn das Grünland liefert stets Nachschub an frisch abgestorbenen Halmen und Blättern. Obwohl die ursprünglich fruchtbarsten Böden heute als Äcker und nicht als Grünland genutzt werden, ist die Regenwurm-Biomasse im Grünland tatsächlich doppelt so hoch wie in den Äckern (Ehrmann 2015 für B.-W.); auch in Bayern und in

der Schweiz werden im Grünland durchschnittlich 250 Würmer gefunden.⁸ Dennoch zeigt auch die Grünland-Bewirtschaftung erhebliche Risikofaktoren für die bislang stabilen Regenwurmbestände: Sehr hohe Achslasten der Güllefässer und Erntemaschinen zerdrücken Streubewohner und Flachgräber; die verbreitete Zurückdrängung der Leguminosen und Kräuter zugunsten fast reiner Grasbestände („Weidelgras-Steppe“) sowie die immer häufigeren Wiesenschnitte lassen die Ernährungsgrundlage vieler Wurmarten zurückgehen.

Auch in Waldböden hängt der Regenwurmbestand extrem davon an, wie ein (Wirtschafts-)Wald aussieht. In einer großen im August 2016 publizierten europäischen Querschnittsstudie⁹ fanden die Forscher in europäischen Waldböden 0–550 Regenwürmer pro Quadratmeter. Entscheidend dafür, dass Regenwürmer im Wald leben können, ist (eine ausreichende Feuchtigkeit vorausgesetzt), dass außer vielfältigem Laubfall von Bäumen auch Futter von einem krautigen Unterwuchs kommt. Und die Tiefgräber können sowieso nur dann leben, wenn der Boden nicht durch zu viel Fichtenwuchs oder andere Einflüsse versauert ist. In sauren Waldböden ist die Regenwurmpopulation deutlich reduziert: Tiefgräber fehlen in 60% aller Wälder ganz. In sehr sauren Waldböden (pH<3,8) können sich nur die kleinen Würmer der Streuauflage halten, in 33% aller Wälder enthält der Boden selber keine Regenwürmer (mehr).¹⁰

The soils of meadows and pastures should actually have more earthworms than in arable land (exception: poor meadows), because grassland provides always replenishment of freshly dead stalks and leaves. Although the originally most fertile soils today as fields and not as grassland are used, the earthworm biomass in grassland is actually double as high as in the fields (Ehrmann 2015 for B.-W.); also in Bavaria and in the On average, 250 worms are found in grassland in Switzerland.⁸ Nevertheless grassland management also shows significant risk factors for previously stable earthworm stocks: Very high axle loads of the liquid manure barrels and Harvesters crush stray dwellers and shallow diggers; the common one Suppression of legumes and herbs in favor of almost pure grass stocks ("ryegrass steppe") as well as the increasingly frequent cutting of meadows reduce the nutritional basis of many worm species.

In forest soils, too, the earthworm population depends extremely on how a (Economic) forest looks like. In a large European cross-sectional study published in August 2016⁹ found the researchers in European forest soils 0-550 earthworms per square meter. Crucial to that earthworms can live in the forest is (provided there is sufficient moisture), that besides diverse leaf fall from trees also forage from a herbaceous undergrowth comes. And the deep diggers can only live anyway if the soil is not acidified by too much spruce growth or other influences. In acidic forest soils, the earthworm population is significantly reduced: Deep diggers are completely absent in 60% of all forests. In very acidic forest soils (pH<3.8) only the small worms in the litter can survive, in 33% of all forests the soil itself does not contain earthworms (anymore).¹⁰

Futter für den Regenwurm

Regenwürmer benötigen große Mengen von Pflanzenresten, auch abgestorbenen Wurzeln. Zum Beispiel können sie bei einer mittleren Dichte von 120 Tieren pro m² im Laufe eines Winterhalbjahres von einer Fläche von 100×100 Metern (also einem Hektar) die gewaltige Menge von 6 Tonnen Stroh in den Boden ziehen und dort angerottet verspeisen.¹¹ Und in derselben Zeit bedecken sie den Boden einen Zentimeter dick mit frischen und stabilen Krümeln. Regenwürmer fressen sich aber nicht etwa wahllos durch den Boden, sie haben einen feinen Geschmackssinn. Neben abgestorbenen Pflanzen mögen sie auch bestimmte Bodenpilze sehr gern.¹² Und interessanterweise fressen die Würmer Pflanzenreste besonders gerne, auf denen sich gefährliche Schädlingpilze vermehren. Auf diese Art machen die Regenwürmer zahlreiche potenziell krankmachende Pilzarten unschädlich: *Rhizoctonia solani*, eine Pilzart, die Kartoffelpocken und Rübenfäule verursacht; alle Arten von *Fusaria*, welche sich gerne auf Getreidestoppeln vermehren, u. a. zu Weizen-Schrumpfkörnern oder Maiskolbenfäule führen und für Menschen giftig sind; auch eine Vielzahl von *Cladosporium*-Schimmelpilzen werden im Regenwurmdarm unschädlich gemacht. Auch Krankheiten der Obstbäume¹³ werden stark reduziert, wenn genug Regenwürmer da sind, um das Laub der Bäume im Herbst schnell in den Boden zu bringen. Das bedeutet: Regenwürmer hygienisieren den Boden und allgemein die Landwirtschaft. Ist die Kontrolle dieser Pilzkrankheiten durch die Regenwürmer zu schwach, besteht die Gefahr von mehr (und zum Teil humantoxischen)

Pilzkrankheiten an den Kulturpflanzen, wogegen vermehrt Fungizide auf die Äcker gespritzt werden, die dann aber auch die Pilze schädigen, die dem Boden und den Pflanzen guttun.

Food for the earthworm

Earthworms require large amounts of plant debris, including dead ones Root. For example, they can have an average density of 120 animals per m² in the course of a winter half-year of an area of 100×100 meters (i.e. one hectare) the enormous amount of 6 tons of straw into the ground go and eat rotted there.¹¹ And at the same time they cover it Soil one centimeter thick with fresh and stable crumbs. But earthworms don't eat their way through the soil at random, they have a fine sense of taste. In addition to dead plants, they also like very fond of certain soil fungi.¹² And interestingly, the worms eat Plant residues are particularly fond of, on which there are dangerous pest fungi multiply. In this way the earthworms make numerous potentially disease-causing types of fungi harmless: *Rhizoctonia solani*, a type of fungus that Potato pox and beet rot causes; all kinds of *Fusaria* which like to multiply on grain stubble, e.g. to shriveled grains of wheat or corn cob rot and are toxic to humans; also a variety of *Cladosporium* mold become harmless in the earthworm gut made. Diseases of fruit trees¹³ are also greatly reduced if there are enough earthworms to quickly destroy the leaves on the trees in autumn bring ground. That means: Earthworms sanitize the soil and agriculture in general. Is the control of these fungal diseases by the If earthworms are too weak, there is a risk of more (and sometimes human-toxic) fungal diseases on the crops, whereas fungicides are more common are sprayed on the fields, which then also damage the fungi that are beneficial for the soil and the plants.

Röhren für Luft und Wasser Eine besonders spektakuläre Leistung der Regenwürmer ist, dass sie die Luft und das Wasser in den Boden holen – und wenn viel Regen fällt, leiten sie den Niederschlag direkt ins Grundwasser weiter. Dies schafft der Wurm durch sein Röhrensystem, das unter einem sehr guten Ackerboden bis 450 Meter lang werden kann (unter jedem einzelnen Quadratmeter Boden!), unter einem sehr guten Wiesenboden bis ein km pro m², bestehend aus rund 1000 einzelnen Gängen.¹⁴ So ein Boden nimmt auch starken Regen in sich auf: Bei Sepp Braun (Freising) wurde durch den LfL-Mitarbeiter Johannes Bauchhenß eine enorme Infiltrationsrate von 150 Litern Wasser pro Stunde und Quadratmeter gemessen, das entspricht einer Aufnahmekapazität von 150 mm Niederschlag. Auch in Wiesenböden gibt es Faktoren, die ihre Wasseraufnahmefähigkeit beeinträchtigen. Durch Hochleistungsgräser mit ihren dichten oberflächennahen Wurzelgeflechten, den Mangel an tiefwurzelnden Leguminosen und Kräutern sowie auch hier starken Güllegaben und der Befahrung mit zu schweren Maschinen leidet die Bodenstruktur zusammen mit den Regenwürmern. In Mischwäldern kommt Oberflächenabfluss nach Starkregen praktisch nicht vor; in Fichtenbeständen kann je nach Situation 10–50% eines 100-mm-Wolkenbruchs innerhalb einer Stunde oberflächlich abrauschen, von Kahlschlagflächen bis zu 75%.¹⁵ In einer Fallstudie fand Nabulon¹⁶ in Laubmischwäldern etwa doppelt so viele Regenwurmartarten wie im Fichtenforst und 5-mal (bis zu 30-mal) mehr Regenwürmer. Wobei die bessere Wasseraufnahmefähigkeit der Laubmischwälder auch ein Gesamteffekt ist, der außer mit dem lockeren Humus auch mit der Durchwurzelungstiefe der Bäume zusammenhängt (frühere Wurzelkanäle als „Sickerrohre“). Wälder mit funktionierendem Wasserhaushalt reagieren auf Starkregen mit Pufferung, mit Durchleiten in den Grundwasserträger oder durch Anspringen vieler Quellen und zugehöriger Rinnsale – nicht aber mit einem bodenzerstörenden Oberflächenabfluss.

Conduits for air and water

A particularly spectacular feat of earthworms is that they breathe air and get the water into the ground - and when it rains a lot, they channel it precipitation directly into the groundwater. The worm creates this by its own Tube system running under a very good arable soil up to 450 meters long can be (under every single square meter of floor!), under a very good meadow soil up to one km per m², consisting of around 1000 individuals Ganges.¹⁴ Such a floor also absorbs heavy rain: at Sepp Braun (Freising) was an enormous thanks to the LfL employee Johannes Bauchhenß measured

infiltration rate of 150 liters of water per hour and square meter, this corresponds to a storage capacity of 150 mm of precipitation. Also in meadow soils there are factors affecting their water absorption capacity affect. Through high-performance grasses with their dense near-surface Root networks, the lack of deep-rooted legumes and herbs as well as heavy manure application and driving with heavy machines, the soil structure suffers together with the earthworms.

In mixed forests, there is practically no surface runoff after heavy rain in front; In spruce stands, depending on the situation, 10-50% of a 100 mm downpour can rush down on the surface within an hour, from clear-cut areas up to 75%.¹⁵ In one case study, Nabulon¹⁶ was found in mixed deciduous forests twice as many earthworm species as in the spruce forest and 5 times (up to 30 times) more earthworms. The better water absorption capacity of the mixed deciduous forests is also an overall effect, apart from the loose humus also related to the root penetration depth of the trees (earlier Root canals as "seepage pipes"). Forests with a functioning water balance react to heavy rain with buffering, by penetrating into the groundwater carrier or by bursting of many springs and associated rivulets – not but with a soil-destroying surface runoff.

Folgende Probleme dezimieren bei uns die Regenwürmer Erstens, das Ernährungsproblem des Bodenlebens: In Wäldern leben Regenwürmer von abgeworfenem Laub, toten Feinwurzeln und Kräutern, in Wiesen und Weiden von vergehenden Kräutern und Grashalmen. Im Acker leben sie von allem, was an Pflanzen dem Boden übrigbleibt und nicht frühzeitig vergiftet oder am Ende abgeräumt wird. Dieser Zusammenhang ist einfach: Weniger Regenwurmfutter = weniger Regenwürmer. Erntereste, abgeschnittener Spontanwuchs und Zwischenfrüchte sind gutes Regenwurmfutter. Eine Landwirtschaft, die dem Ideal eines „sauberen“, also nackten Bodens folgt und aufkommenden Spontanwuchs mit Glyphosat tötet, verringert die

Nahrungsgrundlage für die Regenwürmer. Auch wer sich aus kurzfristigen ökonomischen Überlegungen die Aussaat von Zwischenfrüchten (z.B. Klee oder Lein) spart, spart beim Essen für seine wichtigsten Mitarbeiter: die Regenwürmer. Jeder Regenwurm produziert pro Jahr Bodenkrümel und Gang-Auskleidungen mit etwa dem 200-fachen seines Körpergewichts; bei einem sehr guten Besatz von 3 Tonnen Regenwurm pro Hektar bedeutet das Erdbewegungen von 800 Tonnen alleine in einem Boden von 100×100 Metern! In einem im Winterhalbjahr unbedeckten Boden verhungerte in dieser Zeit die Hälfte der Tiere, zeigte ein Versuch von Bauhnenß an der Bayrischen LfL. Eine auf Mais-Monokulturen hin ausgerichtete Fruchtfolge ist für Regenwürmer das schlimmste Aushunger-Programm.

The following problems decimate our earthworms

First, the problem of nutrition for soil life: in forests, earthworms live on fallen leaves, dead fine roots and herbs, in meadows and pastures from dying herbs and blades of grass. In the field they live on everything that is planted then left on the ground and not poisoned early or cleared at harvest. The connection is simple: Less earthworm food = less Worms. Harvest residues, cut weeds and cover crops are good earthworm food. An agriculture that lives up to the ideal of a "Clean" system, i.e., bare soil followed by killing any spontaneous plant (weed?) growth being killing with glyphosate thus reduces the food base for the earthworms.

Even those who decide to sow for short-term economic considerations reducing on cover or catch crops (e.g. clover or flax), also reduced food supply for his most important employees: the earthworms. Each earthworm produces per year soil surface cast crumbs and burrow linings at about 200 times its body weight; with a very good stock of 3 tons of earthworms per Hectare equates to moving 600 tons of earth in this one piece of soil alone of 100×100 meters! Half of these essential soil animals starved to death in soil that was uncovered during the winter months, according to an

experiment by Bauhennß of the Bavarian LfL. A crop rotation geared towards maize monocultures is the worst starvation program for earthworms.

Zweitens, das Gülleproblem: Die sogenannte „Tierproduktion“, also Massentierhaltung in Deutschland, ernährt sich großteils von Importfutter, zum Beispiel Soja aus Brasilien. Dies bringt den Nährstoffkreislauf durcheinander, denn es gibt rund um solche Betriebe viel zu viel Gülle pro verfügbarer Bodenfläche. Wenn der Kot aus dieser Tierhaltung als Gülle statt Festmist ausgebracht wird, kann dies in der Praxis für die Regenwürmer schädlich sein: Gülleschlamm produziert sehr viel ätzenden Ammoniak. Der Ammoniak ätzt Wunden in die Regenwurmhaut, sodass die Tiere verletzt oder getötet werden. Durch ein Gülle-Übermaß (wenn den Regenwürmern ihre Röhren volllaufen) aus dem Boden ausgetriebene Tiere verbrennen an der Sonne – oder die Vögel fallen über sie her.¹⁷ Allgemein trägt der Ammoniak aus Großställen und Gülleausbringung – auch dort, wo er über die Luft transportiert wird und anderswo niedergeht, rund die Hälfte zu den versauernden Einträgen in den Boden bei (der Rest kommt v. a. aus Straßenverkehr und Kunstdüngern). Viele Regenwurmarten können in sauren Böden schlechter oder gar nicht mehr leben. Andersherum gilt: Maßvoll (bis etwa 25 m³/ha)¹⁸ im richtigen Anbaumoment und bei trockenen Boden ausgebrachte Gülle ist ein organischer Dünger, der letztlich meist auch den Regenwürmern nützt. Ähnliches gilt auch für die Ausbringung von Gärresten, wobei dort die verschiedenen Wirkmöglichkeiten auf Regenwürmer geringer sind. Die wichtigste Maßnahme gegen die Risiken speziell der Gülle wäre die flächengebundene Tierhaltung: Es dürfen nur so viele Tiere in einem Betrieb (oder einer Betriebskooperation) gehalten werden, wie der zugehörige Boden ernähren und den Kot wieder gut aufnehmen kann. Und es hilft dem Boden insgesamt bei der Erhaltung seines ökofunktionalen Gleichgewichts aus Pilzen, Mikroben und anderen Lebewesen, wenn nicht nur organische Flüssignahrung (Gülle oder Gärreste), sondern auch „etwas zu beißen“ (Gründüngung, angerotteter Mist, Kompost ...) vorhanden ist.

Second, the manure problem: The so-called "animal production", i.e., factory farming in Germany, feeds mainly on imported feed, for example GMO soya from Brazil. This messes up the nutrient cycle, because upon such a Farm far too much manure is produced per available floor space. When this applied as liquid manure instead of solid manure, this can be harmful for the earthworms as manure sludge produces very much caustic ammonia. The ammonia etches wounds in

the earthworm skin, causing the animals to be injured or killed. An excess of liquid manure further fills their burrows and expelled earthworm dry out in the sun - or the birds attack them.¹⁷

Generally, ammonia from such large barns and manure spreading – too where it is transported by air and falls elsewhere, round half contributes to the acidifying inputs into the soil (the rest comes from fossil fuels, from road traffic and artificial fertilizers). Many earthworm species can only just survive or not live at all in acidic soils.

Conversely, moderate (up to about 25 m³/ha)¹⁸ at the right moment of cultivation and manure applied to dry soil is an organic fertilizer that is ultimately mostly useful for the earthworms. The same applies to the application of fermentation residues (composts), whereby the various possible bad effects on earthworms are lowered. The most important measure against the risks especially of liquid manure would be the area-bound animal husbandry (free ranging or perhaps cell grazing?) so the associated soil can nourish and absorb the droppings again. And it helps the soil as a whole in maintaining its eco-functionality balance of fungi, microbes and other microbes, if not only organic liquid food (slurry or fermentation residues), but also “something too chew” (green manure, rotted manure, compost ...) is available.

Drittens, das Giftproblem: Eine in den Scientific Reports der „Nature“-Gruppe im Jahr 2015 publizierte Studie zeigte die erschreckende Wirkung von Glyphosat auf Regenwürmer:¹⁹ Die Streusammelaktivität der vertikal grabenden Würmer (*Lumbricus terrestris*) endete innerhalb von drei Wochen nach der Herbizidausbringung fast völlig, gleiches gilt für die Krümelproduktion. In der Folge sank die Reproduktionsrate dieser Würmer um 85%. Bei anderen Regenwurmarten sank die Reproduktionsrate um die Hälfte. Zugleich stieg durch die

schlagartige Bewuchsabtötung durch Glyphosat die Nährstofffreisetzung mehr, als wie das Bodenleben und die Pflanzen aufnehmen konnten: Der Nitratgehalt im Boden stieg um 1600 % (!), der Phosphatgehalt um 125 %, mit entsprechenden Folgen für die Auswaschung in Grundwasser und Flüsse. Auch Fungizide können die Regenwurmpopulation schädigen (Lehmitz et al. 2016); und das mögliche schädliche Zusammenwirken verschiedener Gifte auf die Wurmpopulation wird bei deren je separaten Zulassungsverfahren auch nicht berücksichtigt (Ehrmann 2015)⁴. Viertens, das Maschinenproblem verursacht „Zerschneiden“ und „Zerdrücken“: Zerschnitten werden Regenwürmer bei jeder Bodenbearbeitung: Je intensiver und häufiger, desto mehr wertvolle Würmer werden zerstückelt. Einmal pflügen im falschen Moment = 25% aller Tauwürmer tot (in besseren Momenten sind es 5 %); einmal Intensivbearbeitung mit der Kreiselegge oder ähnlichem Gerät im falschen Moment = 70% aller Tauwürmer tot. Und das bei einer Art, die ein Jahr bis zur Geschlechtsreife braucht und ungestört etwa 4–8 Jahre lebt^{14, 18}. Das müsste nicht sein: Zumindest die wichtigste der 5–10 in Äckern vorkommenden Regenwurmart, der Tauwurm, macht regelmäßig Winter- und Hochsommerschlaf in der Tiefe, wo kein Pflug hinkommt. (Wobei der Winterschlaf in den milderen Gegenden Deutschland zunehmend ausfällt.) Zu anderen Zeiten sind sie am Fressen und dann haben sie keine Chance, den Messern der Bodengeräte auszuweichen. Dauerbeobachtungsflächen in Bayern zeigten, dass sich bei geringerer Pflughäufigkeit der Regenwurmbesatz wieder deutlich erholte.²⁰

Third, the poison problem:

A paper in the Scientific Reports of the Nature in an 2015 study showed glyphosate damaging effect on earthworms:¹⁹ The litter-gathering activity of the vertical burrowing worms (*Lumbricus terrestris*) almost completely ended within three weeks of herbicide application, the same applies to their cast production. As a result, the reproduction rate of these worms fell by 85%. For other earthworm species, the reproduction rate fell by half. At the same time, the abrupt killing of vegetation increased by glyphosate released more nutrients than the soil life and the plants could absorb: the nitrate content in the soil increased by 1,600% (!), the phosphate content by 125%, with corresponding consequences for leaching in groundwater and rivers. Fungicides can also reduce the earthworm populations (Lehmitz et al. 2016); and

the possible harmful interaction different toxins on the worm population is also not taken into account in their separate approval procedures (Ehrmann 2015)⁴

.
Fourth, the machine problem causes "cutting up" and "crushing": Earthworms are cut up every time soil is tilled: the more intensive and frequent, the more valuable worms are dismembered. Plow once at the wrong time = 25% of all dewworms are killed (with better timing, it's 5%); once intensive cultivation with a rotary harrow or similar device in the wrong place or time = 70% of all dewworms are killed. And this is a species that, if left undisturbed, requires a year for sexual maturity and can live for about 4–8 years^{14, 18}. This destruction need not happen: As perhaps the most important of the 5-10 earthworm species found in fields, the dewworm, regularly hibernates in winter and midsummer deep where no plow can reach. (However, hibernation in the milder areas of Germany is increasingly failing.) At other times while they are active they may have less chance to avoid damaging ground equipment. Long-term observation areas in Bavaria showed that with less frequency of ploughing, the earthworm population recovered significantly.²⁰

Außerdem zerstören schwere Ackergeräte die Regenwurmgänge und verdichten den Boden dabei so, dass Regenwürmer immer schwerer und durch den Unterboden oft gar nicht mehr durchkommen, trotz ihrer genialen Fress- und Pumptechnik beim Graben. Lehmitz et al. (2016)² betonen: „Bodenverdichtung reduziert nachweislich die Grabaktivität von Regenwürmern.“ Und Ehrmann (2015)⁴ schreibt: „Ein stark verdichteter Unterboden wird daher selbst bei einer hohen Regenwurmpopulation sehr lange (vermutlich >100 Jahre) in den meisten Bereichen verdichtet bleiben“, weil die Würmer nur sehr spärlich wieder darein eindringen. In Baden-Württemberg zeigen 1/3 aller untersuchten Unterböden (nicht nur Ackerböden) keinerlei Spuren von Regenwurmaktivität (mehr), ein weiteres Drittel nur (noch) sehr geringe.

In addition, heavy farming equipment destroys earthworm burrows, compacting the soil so that it becomes heavier and harder for earthworms to penetrate, despite their prestigious abilities. 19 Lehmitz *et al.* (2016)² emphasize: “*Soil compaction demonstrably reduces the digging activity of earthworms.*” And Ehrmann (2015)⁴ writes: “*A heavily compacted subsoil will therefore (be devoid of) a high earthworm population for a very long time (probably >100 years). (So) most areas remain compacted*” because the worms are very sparse and are unable to recolonize. In Baden-Württemberg 1/3 of all examined subsoils (not just arable fields) show no signs of earthworm activity, another third had very little.

Folgen einer niedrigen Regenwurmbesiedlung für die Landwirtschaft

Stoppeln und andere Erntereste werden zu langsam abgebaut, die Pflanzen erhalten zu wenig natürliche Nährstoffrückführung. 2. Schädliche Pilzkeime werden zu wenig zusammen mit Pflanzenresten im Regenwurmdarm abgebaut, dies führt zu erhöhtem Krankheitsaufkommen. 3. Bestimmten Nützlingen (z.B. dem Fadenwurm *Steinernema* sp. und dem Pilz *Beauveria bassiana*) fehlt Regenwurmlösung als „Kinderstube“, was die ökologische Selbstregulation von Schädlingen behindert. 4. Es fehlt an mineralstoffreicher Erde aus der Tiefe, wie sie von Regenwürmern auf ihren Wegen nach oben gebracht wird; dies macht die Pflanzen anfälliger für Mangelernährung an Mikronährstoffen. 5. Bereits normaler Starkregen staut sich auf dem Boden zu Pfützen und Gerinnen. Die Folge sind gefährlicher Bodenabtrag (Erosion) sowie Bodenfäulnis durch Sauerstoffmangel, erkennbar z.B. an vergilbendem oder kaum wachsendem Mais bereits in leichten Bodensenken; auch Kartoffeln sind hier sehr empfindlich. 6. Kann der Boden mangels Öffnungen weniger Regen aufnehmen, trocknet er hinterher schneller wieder aus. 7. Regenwürmer bahnen vielen Wurzeln den Weg in die Tiefe und damit vergrößern sie den Wurzelraum. Ohne Würmer wurzeln viele Pflanzen flacher. 8. Ist der Boden mangels Regenwurmröhren schlecht durchlüftet, wird er auch viel schwächer durchwurzelt, weil die Pflanzen die fauligen (und Gifte produzierenden) Bereiche meiden. Dies bedeutet, dass sich die Kulturpflanzen weniger Wasser und natürlich auch weniger Nährstoffe aus dem Boden holen können. In der Folge können bereits kurze Trockenzeiten zu spürbaren Ertragsverminderungen führen.

Consequences of low earthworm colonization for agriculture:

1. Stubble and other crop residues are broken down too slowly, the plants receive too little natural nutrient feedback.
2. Harmful fungal germs are too little together with plant residues in the Earthworm gut broken down, this leads to increased disease incidence.
3. Certain beneficial insects (e.g. the nematode *Steinernema* sp. and the Fungus *Beauveria bassinana*) lacks earthworm solution as a "nursery" thing hindering the ecological self-regulation of pests.
4. There is a lack of mineral-rich soil from below, such as that brought up by earthworms on their way; this makes the plants more susceptible to micronutrient malnutrition.
5. Even normal rain forms puddles on the ground and collects. The consequences are dangerous soil removal (erosion) and soil rot due to lack of oxygen, recognizable e.g. by yellowing or hardly at all growing of corn already in slight soil depressions; potatoes too are very sensitive.
6. If the soil cannot absorb as much rain due to a lack of openings, it dries out afterwards off faster.
7. Earthworms pave the way for many roots and thus enlarge the root space. Without worms, many plants have shallower roots.
8. If the soil is poorly aerated due to a lack of earthworm burrows, it will result in much weaker root penetration because the plants avoid the rotten (and toxin-producing) areas. This means that the crops take up less water and of

course less nutrients from the soil. As a result, even short drying times result in noticeably reduced yields.

Folgen einer niedrigen Regenwurmbesiedlung für das Hochwasserrisiko

Ein an Regenwürmern verarmter Boden reagiert auf Regen wie ein verstopftes Sieb: Es kommt nicht mehr viel durch. Unzählige kleine Abflussrinnen an der Bodenoberfläche – selbst in Wiesen und Wäldern – vereinigen sich zu reißenden Bächen und zu überbordenden Strömen. Dies führt zu den bekannten Hochwassern und deren Schlammfracht, die nichts anderes ist als erodierter Boden aus dem Wassereinzugsgebiet. Funktioniert hingegen die Wasseraufnahme der Böden, gibt es volle Wasserspeicher für die Pflanzen und das Überschüssige strömt ins Grundwasser und in die Quellen und Brunnen, sodass es zeitlich gepuffert und ohne Schlammfracht in die Fließgewässer gelangt. Dies bedeutet eine Entlastung gegenüber dem ungepufferten Hochwasserpeak nach Oberflächenabfluss. Christine Fischer und Kollegen zeigten 2014:21 „Die räumliche und zeitliche Variabilität der Wasseraufnahmekapazität von Böden kann durch Lebensprozesse erklärt werden, besonders durch die Gegenwart den Regenwurm fördernder funktioneller Pflanzengruppen“; Besonders in schweren Böden sorgen Regenwürmer dafür, dass ihre Wasseraufnahmefähigkeit sichergestellt wird. Regenwürmer zu fördern, ist machbar: Biobauer Sepp Braun berichtete von einem bayerischen LfL-Versuch:22 „Auf einer LfL-Fläche wurde eine fünfjährige Dauerbrache mit Mulch angelegt. Ausgangsbestand waren 50 Regenwürmer pro Quadratmeter. Nach fünf Jahren waren es 500.“

Consequences of low earthworm colonization for flood risk

A soil depleted of earthworms reacts to rain like a clogged sieve: Not much comes through anymore. Countless small drainage channels on the surface of the ground - even in meadows and forests - unite to form raging streams and overflowing torrents. This leads to the well-known floods and their mud load, which is nothing other than eroded soil from the watershed. If, on the other hand, the water absorption of the soil works, there are full water reservoirs for the plants and the excess flows into the groundwater and into the springs and wells, so that it is buffered in time and reaches the watercourses without a sludge load. This means a relief compared to the unbuffered high water peak after surface

runoff. Christine Fischer and colleagues showed in 2014:21 *“The spatial and temporal variability in soil water holding capacity can be explained by life processes, particularly the presence of earthworm-promoting plant functional groups”*; Especially in heavy soils earthworms to ensure their ability to absorb water.

Promoting earthworms is feasible: Organic farmer Sepp Braun reported on a Bavarian LFL trial:22 *“A five-year-old Set aside (ley) permanently mulched. The starting stock was 50 earthworms per square meters. After five years it was 500.”*

Forderungen des WWF Deutschland

Regenwürmer sind Leittiere des lebenswichtigen Ökosystems „Boden“. Sie prägen den Lebensraum Boden in besonderer Weise und sind auf eine nachhaltige Landwirtschaft angewiesen, die ihren Lebensraum erhält und ihnen auch durch Humusaufbau und organische Düngung genügend Futter bereitstellt. Darum fordert der WWF eine stärkere politische und gesellschaftliche Unterstützung und Förderung einer humusaufbauenden und bodenschonenden Landwirtschaft. Es muss ein vorrangiges Ziel der Agrarpolitik sein, die eigenen Grundlagen zu erhalten (oder wieder zu verbessern) und alle dafür dienlichen Leistungen der Landwirte strukturell zu fördern und angemessen zu honorieren. Dafür muss ...

1. die Bodenverdichtung gestoppt werden. Mit Zulassungsvorschriften für Landmaschinen, die sich an der physischen und ökologischen Tragfähigkeit der Böden orientieren. Eine mittelfristige Absenkung auf maximal 3000 kg Radlast und 0,8 Bar Reifeninnendruck ist notwendig, um dauerhafte Schäden der landwirtschaftlichen Böden in Zukunft eher zu verhindern.
2. das Grünland erhalten werden. Mit Veränderung der gesetzlichen Regelungen, um den Netto-Grünlandverlust zu stoppen. Dabei sollten veränderte strukturelle Rahmenbedingungen und Anreize Vorrang vor direkten Eingriffen in die Wirtschaftsweise der Landwirte haben. Ökologisch intaktes Grünland stellt nicht nur Biodiversitätsreserven für die Regeneration geschädigten Ackerlandes dar (Regenwürmer z.B. wandern nur langsam!), sondern ist auch ein besserer Hochwasserschutz.
3. der Ökolandbau auf mindestens 20 % der Fläche ausgeweitet werden. Mit einem verbindlichen Umsetzungsplan auf europäischer und nationaler Ebene (stufenweise, ähnlich wie z.B. bei Abgasvorschriften).
4. eine flächengebundene Tierhaltung und dem Bodenleben dienliche Fruchtfolgen verpflichtend eingeführt werden. Dies hilft, einer ökologische Verarmung oder krankhaften Einseitigkeit des Bodenlebens vorzubeugen.
5. eine neue Initiative für eine europäische Bodenrahmenrichtlinie gestartet und unterstützt werden. Nur wenn der Bodenschutz ein höherwertiges Rechtsgut wird als bisher, kann er ausreichend umgesetzt werden.
6. eine Gemeinsame Agrarpolitik (ab

2021) der EU erarbeitet und verabschiedet werden, die ihre Zahlungen u.a. an die Einhaltung von standortangepassten Fruchtfolgen bindet. Die jetzigen Steuerungsimpulse fördern die Konzentration auf wenige Marktfrüchte oder Energiepflanzen.

Demands of the WWF Germany

Earthworms are leaders of the vital "soil" ecosystem. A need is to shape this soil habitat soil in a special way with sustainable agriculture that preserves their living space and also through them humus build-up and organic fertilization provides sufficient feed for earthworms. Therefore the WWF calls for stronger political and social support and promotion of humus-building and soil-friendly agriculture. It must be a priority goal of agricultural policy to maintain (or to improve again) its own foundations and to structurally promote and appropriately reward all the farmer's services that serve this purpose.

For that, we have to ensure...

1. Soil compaction to be stopped. With approval regulations for agricultural machinery based on the physical and ecological sustainability of the soils. A medium-term reduction to a maximum of 3,000 kg wheel load and 0.8 bar tire pressure is necessary to avoid permanent damage of agricultural soils in the future.
2. the grassland is preserved. With changes in the legal regulations, to stop the net loss of grassland. Changed structural framework conditions and incentives should take precedence over direct intervention in the farming methods of farmers. Ecologically intact grassland not only provides biodiversity reserves for regeneration damaged farmland (e.g.

earthworms only migrate slowly!), but is better flood protection.

3. Organic farming is expanded to cover at least 20% of the area. With a binding implementation plan at European and national level (gradually, similar to e.g. with exhaust gas regulations).

4. area-bound animal husbandry (cell grazing?) and crop rotation beneficial to soil life be introduced as mandatory. This helps prevent ecological impoverishment or prevent pathological one-sidedness of soil life.

5. A new initiative for a European Soil Framework Directive should be started and supported. Only if soil protection becomes a higher legal interest than before, it can be sufficiently implemented.

6. a Common Agricultural Policy (from 2021) of the EU to be developed and adopted, which ties its payments, among other things, to compliance with site-specific crop rotations. The current control impulses promote concentration to only a few cash crops or energy crops.

Referenzen und Hinweise

References and Notes

1 European Commission DV ENG (2010): Soil Biodiversity: functions, threads and tools for policy makers. EU Technical Report 2010-049. Seite 33

2 Ricarda Lehmitz et al. (2016, in Druck): Rote Liste und Gesamtartenliste der Regenwürmer Deutschlands. Hg. SenckenbergMuseum für Naturkunde, Görlitz.

3 Alberto Orgiazzi und 27 Mitherausgeber (2016): Global Soil Biodiversity Atlas, S. 9. Herausgegeben von der Europäischen Union (<http://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/global-soil-biodiversity-atlas>).

4 Otto Ehrmann (2015): Regenwürmer in den Böden Baden-Württembergs – Vorkommen, Gefährdung und Bedeutung für die Bodenfruchtbarkeit. In: Berichte der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i. Br., Band 105, S. 125-176.

5 <http://hypersoil.uni-muenster.de/0/07/04/05.htm> und andere hier zitierte Quellen.

6 Roswitha Walter (Lfl Bayern) mündlich und per E-Mail und Unterlagen der Lfl Bayern.

7 Bestandserhebungen der Lfl Bayern, Angaben aus Ehrmann (2015) und mündlich von Sepp Braun (Freising).

8 Auskünfte von Roswitha Walter (mündlich Lfl Bayern) und von Lukas Pfiffner (FiBL Schweiz, Merkblatt Regenwurm).

9 Hans de Wandeler et al. (2016): Drivers of earthworm incidence and abundance across European forests. *Soil Biology and Biochemistry* 99: 167-178.

10 Ehrmann 2015 a.a.O. für Baden-Württemberg.

11 Johannes Bauchhenß (2014): Bodenfruchtbarkeit erhalten – das Bodenleben schonen. Herausgegeben von der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (Lfl).

12 Bonkowski et al. (2000): Food preferences of earthworms for soil fungi. *Pedobiologia* 44, 666–676.

13 Niklas, J. (1980): Zur Wirkung von Pestiziden, insbesondere von Benzimidazolen auf Regenwürmer und andere Bodentiere in Obstanlagen. Dissertation, Institut für Phytomedizin, Universität Hohenheim.

14 Josef Braun, Biolandhof Braun in Dürneck (Freising).

15 Martin Kennel, Bayrische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (2004): Vorbeugender Hochwasserschutz durch Wald und Forstwirtschaft in Bayern. Ergebnisse eines Demonstrationsvorhabens. – Vgl. auch Brosinger, F., Rothe, A. (2003): Intakter Bergwald – unverzichtbar für den Hochwasserschutz in Bayern. *Berichte aus der LWF* 40, S. 34-38

16 Thomas Nabulon (1998): Wo kann der Dachs (*Meles meles* L.) im Sihlwald Regenwürmer (Lumbricidae) finden? Diplomarbeit am zoologischen Institut der Universität Zürich, http://www.parc.ch/wpz/mmd_fullentry.php?docu_id=9191.

17 Universität Innsbruck, Internetschule der Landwirtschaft, Lehrbrief 3.2.4: Anforderungen an eine gute Gülle. (https://www.uibk.ac.at/berglandwirtschaft/idl/lehrbriefe/lb3/lehrbrief_3.2.4.pdf). Ebenfalls Ehrmann 2015.

18 Lukas Pfiffner, FiBL Schweiz: Merkblatt „Regenwürmer: Baumeister fruchtbarer Böden.“

19 Gaupp-Berghausen et al. (2015): Glyphosate-based herbicides reduce the activity and reproduction of earthworms and lead to increased soil nutrient concentrations. Nature Group, Scientific Reports 5, Article number: 12886 (2015) doi:10.1038/srep12886.

20 Roswitha Walter, Johannes Burmeister, Robert Brandhuber (2015): Regenwürmer – aktuelle Gefahren und positive Entwicklungen in landwirtschaftlich genutzten Böden. In: Tagungsband „Jahr des Bodens“: Schwere Maschinen, enge Fruchtfolgen, Gärreste – eine Gefahr für die Bodenfruchtbarkeit?

21 Fischer C, Roscher C, Jensen B, Baade J, et al. (2014): How Do Earthworms, Soil Texture and Plant Composition Affect Infiltration along an Experimental Plant Diversity Gradient in Grassland? PLoS ONE 9(6): e98987. doi:10.1371/journal.pone.0098987)

22 Aus „Vollwertkost fürs Bodenleben dlz-Sonderheft 19 „Perspektive Bio“.

23 Bei Hochwasserereignissen wird oft mit „bereits wassergesättigten“ Böden argumentiert, die auch mit mehr Regenwürmern kein Wasser mehr aufnehmen können. Hier wird jedoch allzu oft die echte Wassersättigung des Untergrunds (hoher Grundwasserspiegel oder eine oberflächennahe Stauschicht im Untergrund) mit einer scheinbaren Sättigung durch „Bodenverstopfung“ verwechselt. Somit wird fälschlicherweise oft auch dann von Wassersättigung gesprochen, wenn das Ökosystem Boden einfach nur geschädigt ist: wenn zu wenig Regenwurmröhren für eine normale Wasserdurchleitung vorhanden sind oder wenn die Oberfläche mangels stabiler Krümelstruktur durch Regenfall verschlämmt und damit praktisch für die nachfolgenden Regengüsse „versiegelt“ wird. – Zwar kann Starkregen auch bei sehr gutem Regenwurmbesatz zu einer oberflächlichen Verschlämmung führen. Doch bleibt hier die biogene Drainage weitgehend intakt. Sofort beginnen die Regenwürmer mit der Reparatur von Schäden und nachfolgende Niederschläge können wieder aufgenommen werden. Dies ist sehr verschieden von der wasserabweisenden Verkrustung („angetrockneter Betondeckel“), die viele zu wenig belebte Böden nach solchen Ereignissen typischerweise zeigen. 14

23 In the case of flood events, it is often argued that the soil is “already saturated with water” and cannot absorb any more water, even with more earthworms. Here, however, the real water saturation of the subsoil (high groundwater level or a near-surface storage layer in the subsoil) is all too often confused with an apparent saturation due to "soil plugging". This means that water saturation is often incorrectly spoken of when the soil ecosystem is simply damaged: when there are too few earthworm tubes for normal water passage or when the surface is silted up by rainfall due to a lack of a stable

crumb structure and is thus practically "sealed" for the subsequent downpours . – It is true that heavy rain can lead to superficial siltation even with very good earthworm population. However, the biogenic drainage remains largely intact here. Immediately, earthworms begin repairing damage and subsequent rainfall can resume. This is very different from the water-repellent crusting (“dried-on concrete cover”) that many under-reinhabited soils typically exhibit after such events.

Herausgeber: WWF Deutschland, Berlin

Autor: Nikola Patzel

Redaktion/Koordination: Birgit Wilhelm/WWF

Gestaltung: Thomas Schlembach/WWF

Kontakt: birgit.wilhelm@wwf.de

Bildnachweis: Thinkstock/Ryan McVay, Martin Primbs (2), Hermann Pennwieser, Ulfert Graefe/dpa, Torsten Bätge.