

DIE BEEINTRÄCHTIGUNG DER BODENFAUNA DURCH LANDWIRTSCHAFTLICHE KULTURMASSNAHMEN

Ulrich Babel

Einleitung

Ein Blick ins Mikroskop kann sehr leicht zeigen, daß Böden sehr differenzierte Lebensräume von Tieren sind (*Abb. 1*). Wenn man einen Bodenblock nämlich, ohne ihn in seiner natürlichen Lagerung zu stören, in Kunstharz eingießt, lassen sich von ihm sehr dünne Scheiben, Dünnschliffe, herstellen. Sie zeigen in Oberböden immer Spuren von Tiertätigkeit, nämlich Fraßspuren, Gänge und vor allem mehr oder weniger umgewandelte Exkremente. Jene letzteren werden Losungen genannt, weil man, ähnlich wie der Jäger beim Wild, aus ihrem Aussehen etwa auf die Tiergruppe schließen kann, von der sie stammen.

Die Zahl der Tierarten im Boden eines bestimmten Standortes ist unter naturähnlichen Bedingungen sehr groß, es sind gewöhnlich Hunderte von Arten. Sie gehören zu vielen Gruppen des Tierreichs, von den Einzellern bis zu den Wirbeltieren (*Tab. 1*). Die meisten sind Würmer und Gliederfüßer; viele von ihnen sind mit bloßem Auge nicht oder kaum zu sehen. Die Einzeller treten in enorm hohen Zahlen auf, auch Gliederfüßer oft in vielen Zehntausenden pro m².

Die *Einzeller* stehen Tieren, die im freien Wasser, in Moospolstern, im Heuaufguß auftreten, nahe oder sind sogar oft die gleichen Arten. Sie nähren sich gewöhnlich von Bakterien oder von kleinsten Stücken von Pflanzenresten. Die *Nematoden* sind meist Bakterienfresser, nur ein geringerer Teil der Arten sind als Wurzelparasiten die gefürchteten Schädlinge der Kulturpflanzen. Die *Enchytraeen* sind kleine, selten über 30 mm lange weißliche bis glasig erscheinende Verwandte der Regenwürmer, die ähnlich wie jene Stücke von toten Pflanzenresten oder loses Bodenmaterial fressen, aber wegen ihrer Kleinheit weit weniger leisten als die Regenwürmer. Zu den allgemein bekannten *Regenwürmern* ist zu betonen, daß es etwa 30 verbreitete Arten in Mitteleuropa gibt, die verschiedene Körpergrößen erreichen und verschiedene Lebensansprüche

Abbildung 1:

Die Mikrofotografie eines Dünnschliffes von einem Boden (Parabraunerde) unter Eichen-Hainbuchenwald soll eine Vorstellung vom Boden als Lebensraum für Bodentiere geben. Verschieden geformte, verschieden große Hohlräume (weiß); die mineralische Bodensubstanz (schluffiger Lehm) ist v.a. im oberen Bild-Drittel durch Enchytraeen zu sehr kleinen körnigen Losungen geformt, teilweise auch durch Regenwürmer zu größeren Aggregaten (etwas unterhalb Bildmittelpunkt und Mitte halboben). Die Pflanzenreste, von denen zelluläre Strukturen oft noch erkennbar sind (z.B. rechts halboben), wurden von Regenwürmern in den Boden eingemischt und dienen dort ihnen und anderen Bodentieren und Mikroorganismen zur Nahrung. – 3 cm unter Bodenoberfläche, natürliche Bildhöhe 15 mm.



Tabelle 1: Die wichtigsten Gruppen von Bodentieren, Vergleich zwischen Waldböden und landwirtschaftlich genutzten Böden (Individuenzahlen/m², aus der Literatur zusammengestellt von LEBRUN, 1977)

	Eichenwald	Grünland und Acker
Einzeller	200 000 000	100 000 000
Nematoden	4 000 000 – –30 000 000	3 000 000
Enchytraeen	20 000 – –60 000	20 000 – –120 000
Regenwürmer	50 – –150	0 – –300
Bärtierchen	80 000	150 000
Asseln	200	0
Hornmilben	100 000 – –300 000	40 000 – –100 000
Tausendfüßer	100 –300	50
Hundertfüßer	100	30
Springschwänze	200 000	10 000 –100 000
Käfer (+ Larven)	200 – –1 000	300 – –800
Fliegen- und Mücken-Larven	300 – –1 200	100 – –300
Wirbeltiere	1 – –5	2 – –10

und Lebensgewohnheiten haben. Meist wird, wenn die positiven Wirkungen der Regenwürmer genannt werden, an den Großen Regenwurm (*Lumbricus terrestris*) gedacht. Er ist es, der die bekannten Röhren im Boden baut, aus denen er nachts an die Oberfläche kommt, um Pflanzenreste in den Boden hineinzuziehen, die dort von Bakterien besiedelt und danach erst von den Regenwürmern oder anderen Bodentieren gefressen werden. Andere Regenwurmarten kommen normalerweise nicht an die Oberfläche, manche bleiben sogar immer im Unterboden; sie fressen meist nur humoses Bodenmaterial. *Bärtierchen* sind eigenartige, den Würmern nahestehende Tiere, die kaum größer als 1/10 mm werden und in ihrem Aussehen an Gummibärchen erinnern. Sie ernähren sich

von Algenzellen u. ä. *Asseln* und *Tausendfüßer* sind allgemein bekannt; sie bewohnen fast immer nur die obersten Millimeter des Bodens und die mehr oder weniger umgewandelte Streudecke, von der sie sich ernähren. *Hornmilben* sind ebenfalls Erstzersetzer von Streu, aber in der Regel von weniger ins Auge fallendem Effekt, da die Tiere meist nicht größer als 1 mm sind. Sie sind in Tab. 1 als eine Gruppe der äußerst artenreichen Milben aufgeführt, von denen auch andere, z. B. auch räuberische Arten im Boden auftreten. Räuber sind auch die *Hundertfüßer*. *Springschwänze* sind Urinsekten, d. h. völlig flügellose Insekten. Es gibt von ihnen auf der Erde mehr als 2 000 Arten und an einem Standort manchmal mehr als 100. Sie

sind sehr formenreich und entsprechend auch auf die verschiedenen Kleinlebensräume im Boden und auf verschiedene Nahrung stark spezialisiert. Es gibt dunkle bis etwa 10 mm lange Oberflächen-Arten, die beim Abheben der Streudecke in vielen Wäldern dadurch auffallen, daß sie wie Flöhe davon-springen. Im Boden selbst lebende Arten sind kleiner und heller und haben ihr Sprungvermögen, das ihnen bei ihrem Leben in den kleinen Bodenhohlräumen nicht helfen würde, verloren. Springschwänze sind wichtige Zersetzer von Pflanzenresten, sie können aber auch humose Erde fressen. An Käfern gibt es nur wenige Arten, die in der Tiefe des Bodens wichtig sind, etwa Totengräber, Aas- und Dungkäfer, die organisches Material in den Boden eingraben; viele Arten, z. B. die Laufkäfer, leben aber in der Streu an der Bodenoberfläche, wo sie sich als Räuber von anderen Tieren ernähren. Von Fliegen- und Mückenlarven, die verbreitet als Wassertiere bekannt sind, lebt die Hälfte der Arten Mitteleuropas in der Streu und im Boden als Verzehrer von Pflanzenresten. (Eine sehr gute Darstellung der Bodentiere und ihrer Bedeutung findet sich bei DUNGER, 1964).

Die Bedeutung der Bodentiere für die Böden liegt in mehreren Bereichen. Sie zerkleinern die Pflanzenabfälle, so daß sie von den Pilzen und Bakterien leichter zersetzt werden können. Sie vermischen die Pflanzenabfälle mit dem Bodenmaterial, wodurch zunächst der Abbau gefördert wird, aber andererseits auch stabile Humusstoffe gebildet werden können. Sie bauen durch ihre Fraß- und Grabtätigkeit eine mäßig lockere Bodenstruktur auf, wodurch die Luft- und Wasserversorgung der Pflanzenwurzeln verbessert und die Durchwurzelung des Bodens in Intensität und Tiefgang gefördert wird. Sie fördern die Ausbreitung von Pilz- und Bakterienkeimen im Boden durch ihre Bewegungen und ihre Ausscheidungen. – Die verschiedenen Gruppen von Bodentieren sind qualitativ und quantitativ verschieden leistungsfähig in diesen Bereichen. Die Hornmilben z. B. leisten nicht wesentlich mehr als eine Zerkleinerung der Pflanzenreste. Der Große Regenwurm ist in allen genannten Bereichen von größtem Einfluß.

Für ihre Lebenstätigkeit haben die Bodentiere von Art zu Art wechselnde, oft sehr spezifische Ansprüche. Die Grundan-

sprüche betreffen drei Dinge. Sie brauchen Nahrung; die meisten von ihnen fressen Mikroorganismen oder Pflanzenreste je verschiedener Herkunft und Vorzersetzung oder humose Erde. Sie brauchen Hohlräume; mit wenigen Ausnahmen v. a. des Großen Regenwurms können sie Hohlräume im Boden nicht völlig neu schaffen; die meisten Arten können aber durch Beiseitedrücken oder Zusammendrücken von Material im Bodeninneren oder durch Ablage von Losungen vorhandene Hohlräume in ihrer Größe, Zahl und Lage verändern. Die Bodentiere brauchen drittens alle eine hohe Luftfeuchtigkeit in den Bodenhohlräumen; bei starker Austrocknung des Bodens gehen sie entweder ein oder sie gehen in Ruhestadien über oder sie weichen in tiefere, feuchtere Bereiche des Bodens aus.

Einflüsse der landwirtschaftlichen Maßnahmen

Pauschale Vergleiche von Ackerböden mit Böden naturnaher Wälder zeigen, daß im Acker die meisten Bodentiere in geringerer Arten- und Individuenzahl auftreten (Tab. 1). Es ist also sicher, daß pauschal im Ackerboden Tiere geschädigt werden. Dies erklärt sich leicht daraus, daß ihre Grundansprüche an Nahrung, Hohlräumen, Feuchtigkeit dort im allgemeinen weniger gut erfüllt werden als im Waldboden. Einzelne Gruppen können jedoch im Acker sogar gefördert werden, darunter parasitische Nematoden infolge einseitiger oder fehlender Fruchtfolge. Grünlandböden sind oft im Vergleich zu Waldböden nicht ärmer an Tieren, manchmal reicher (Tab. 2).

Tabelle 2:

Einige Gruppen von Bodentieren im Vergleich zwischen Grünland und Acker (Individuenzahlen/m², arme Parabraunerden bei Moskau; GHILAROV, 1975)

	Grünland	Acker
Regenwürmer	60	5
Milben	3 400	600
Springschwänze	1 500	1 100

Einflüsse der Bodenbearbeitung sind oft negativ (Tab. 3). Das gilt mechanisch

direkt, indem Regenwürmer durch die Geräte zerstückelt und ihre Gänge verschmiert werden. Bei Tausendfüßern wurde manchmal ein tödliches Verschmieren der Mundwerkzeuge und Beine durch Bodenmaterial beobachtet. Die Lockerung durch Bodenbearbeitung ist dagegen positiv, vor allem für nicht selbst grabende Tiere wie Springschwänze. Eine Folge der Lockerung (und Vermischung) ist allerdings verstärkter Humusabbau durch Mikroorganismen und damit Reduktion der Nahrung für die Bodentiere. Das Befahren des Ackers, das oft zu einer Verdichtung der Oberböden führt, schädigt die meisten Bodentiere durch Rückgang an Hohlräumen und stellenweise sogar durch Auftreten von Bodenbereichen mit Sauerstoffmangel.

Tabelle 3:

Einflüsse der Bodenbearbeitung auf einige Gruppen von Bodentieren (Verhältnisse der Individuenzahlen bei Minimalbodenbearbeitung und Pflug; nach EDWARDS und LOFTY, 1977)

	Minimalbodenbearbeitung / Pflug
Milben	1,5 / 1
Springschwänze	1,3 / 1
Großer Regenwurm	2,5 - 6 / 1
andere Regenwurmarten	1,5 - 2 / 1

Mineralische Düngung wirkt praktisch immer positiv auf die Bodentiere, indem sie das Pflanzenwachstum fördert und dadurch mehr Nahrung für die Tiere bildet. (Lediglich sauer wirkende Düngemittel können bei manchen Tiergruppen, besonders bei Regenwürmern, zu Reduktionen führen). Direkte Effekte von Mineraldüngern auf Tiere werden so gut wie nie beobachtet; ZYROMSKA-RUDSKA (1979) fand in einer sehr stark gedüngten Wiese einen Ausnahmefall: die Zahl von Schildmilben wurde in den oberen 2 cm des Bodens von 60 000 auf 400 pro m² verringert, die Zahl ihrer Arten von 9 auf 3. Diese Reduktion war zu einem Teil durch Abwandern der Tiere in etwas größere Tiefe bedingt und konnte durch Rückwandern innerhalb weniger Monate wieder weitgehend ausgeglichen werden.

Organische Düngung fördert die Bodentiere, indem sie eine Nahrungszufuhr für sie bedeutet (Tab. 4). Auch Gülle fördert, wenn sie nicht extrem gegeben wird.

Tabelle 4:

Einfluß der Bodenpflege im Obstbau auf Regenwürmer (Individuenzahlen/m², nach NIKLAS, 1980)

	Gesamt-Individuenzahl	davon der Große Regenwurm
Grasmulch	93	21
Grasmulch u. Stallmist	84	20
Grasernte	61	8
Strohmulch	67	10
offener Boden	9	4

Pestizide zeigen in ihrer Wirkung auf Bodentiere ein sehr uneinheitliches Bild (BICK und BROCKSIEPER, 1979). In ca. 3/4 der untersuchten Fälle wurde keine oder keine deutliche Schädigung der jeweils betrachteten Tiergruppen gefunden. In einigen Fällen wurde dagegen Abtötung der Tiere, z. B. von Regenwürmern, innerhalb weniger Tage beobachtet. Dazwischen liegen häufige Beobachtungen von statistisch gesichertem Rückgang der Individuen- und Artenzahlen im Laufe von Monaten nach der Pestizid-Ausbringung. Diese Reduktionen sind, falls die Pestizid-Behandlung nicht wiederholt wird, meist nach wenigen weiteren Monaten wieder ausgeglichen. Es gibt Fälle, in denen durch Insektizide Nutzinsekten stärker geschädigt werden als die Schadinsekten, die eigentlich bekämpft werden sollten. Aufgrund von normalen Individuenzahl-Schwankungen im Jahresgang oder mit der Witterung erhält man interpretierbare Untersuchungsergebnisse nur bei sehr exakter Versuchsanstellung und meist mindestens zweijähriger Untersuchung. Auch durch jeweils verschiedenes Verhalten der Pestizide einerseits und der Tiere andererseits werden die uneinheitlichen, von Boden zu Boden, Pestizid zu Pestizid, Tierart zu Tierart schwankenden Ergebnisse erhalten (Tab. 5). Aufgrund von eingehenden Untersuchungen im Freiland und in praxisentsprechenden Laborversuchen mit Regenwürmern schreiben belgische Bodenzöologen: "Die Situation ist beunruhigend. Die

Regenwurmpopulationen sind auf dem Wege, langsam aber sicher ausgelöscht zu werden. Die tödlichen Konzentrationen, die wir durch

Eintauchen bestimmt haben, sind in den Kulturen realisierbar und werden jährlich angewandt". (LEBRUN u. a., 1981).

Tabelle 5:

Gründe für verschieden starke Effekte von verschiedenen Pestiziden auf verschiedene Regenwurmart in verschiedenen Böden (nach P. EDWARDS, 1981)

<u>Verhalten der Pestizide</u>	<u>Verhalten der Regenwürmer</u>
Sorption im Boden	Bewegungen an der Bodenoberfläche
Beweglichkeit im Boden	Art der Nahrung
Persistenz im Boden	Ort der Nahrungsaufnahme
	Ruheperioden

Einige *Schwermetalle*, z. B. Cadmium, werden ebenso wie viele Pestizide, z. B. DDT, in Regenwürmern angereichert. Ob sie schädigen, kann oft nicht entschieden werden. Wo sie im Klärschlamm ausgebracht werden, ist eine eventuelle Schädigung durch die positive Wirkung des Klärschlammes als Nahrung möglicherweise überdeckt; kompliziert wird das Bild zusätzlich durch verschiedene Reaktion verschiedener Regenwurmart auf die Klärschlamm-Nahrung und daraus resultierende Konkurrenz-Situationen (Tab. 6 und Abb. 2).

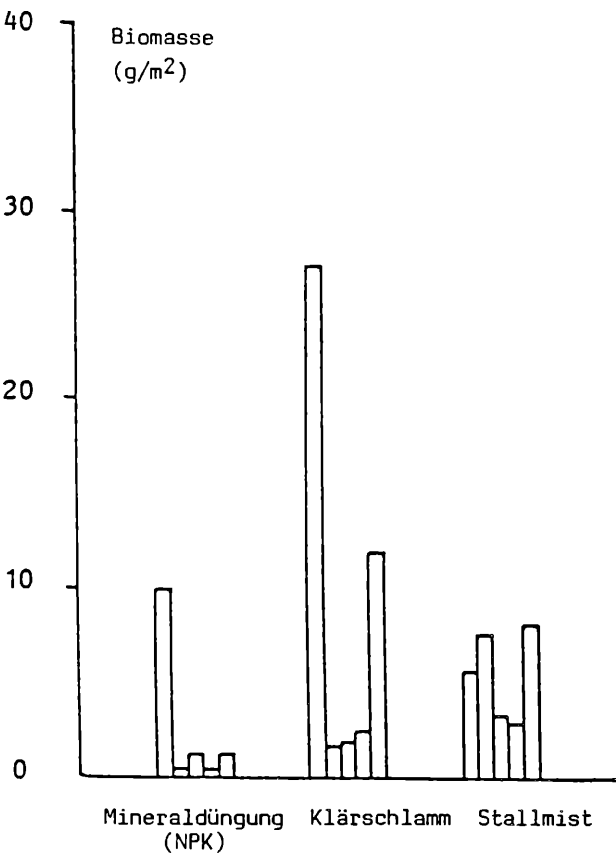
Tabelle 6:

Schwermetallgehalte von 5 Regenwurm-Arten in einem Feldversuch mit 30 t/ha Klärschlamm (vgl. Regenwurm-Biomassen in Abb. 2) (aus ANDERSEN, 1979)

	Blei (ppm)	Cadmium (ppm)
Allolobophora longa	6	9
A. caligionosa	9	11
A. rosea	6	20
A. chlorotica	6	16
Lumbricus terrestris (Großer Regenwurm)	5	9
Boden	39	1
Klärschlamm	1850	34

Abbildung 2:

Biomassen (g/m²) von 5 Regenwurm-Arten in Feldversuch mit schwermetallhaltigem Klärschlamm, bzw. mit mineralischer und organischer Düngung (vgl. Tab. 6) (ANDERSEN, 1979)



Die Säulen stellen je von links nach rechts die Biomassen von Allolobophora longa, A. caliginosa, A. rosea, A. chlorotica, Lumbris terrestris dar.

Flurbereinigung wirkt auf Laufkäfer ungünstig, wenn eine Parzellengröße von ca. 5 ha erreicht oder überschritten wird (Zitat in BICK und BROCKSIEPER). In Monokulturen nimmt die Anzahl von Regenwürmern ab.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß

Monokulturen, Unterlassen von organischer Düngung, Stroh-Verbrennen, Bodenbearbeitung und Befahren, Pestizide, Schwermetalle und ungünstige Formen der Flurbereinigung auf viele Bodentiere schädigend wirken. Dem ist gegenüberzustellen, daß organische und mineralische Düngung, Zwischenfrüchte und Mulchung günstig wirken (Tab. 7).

Tabelle 7: Einflüsse landwirtschaftlicher Maßnahmen auf verschiedene Bodentiergruppen (aus der Literatur zusammengestellt von BICK und BROCKSIEPER, 1979)

	Bodenbearbeitung	Mineraldüngung	Pestizide
Nematoden		+	-
Regenwürmer	-	+	--
Milben	+, 0	+	+, --
Tausendfüßer	-	+, -	-
Springschwänze	-	+, -	-
Käfer	-, 0	(-)	--
Mücken- und Fliegenlarven	0		-

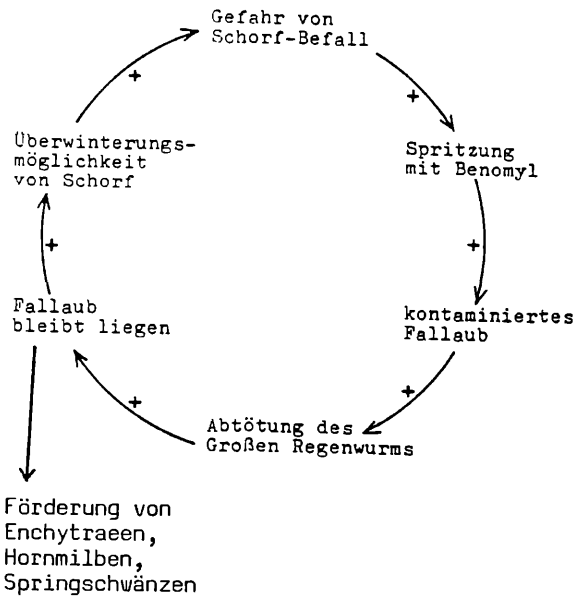
Schlüsse:

Grundsätzlich muß deutlich gesagt werden, daß alle landwirtschaftlichen Maßnahmen natürlich erhebliche Eingriffe in Ökosysteme sind und sein müssen. Ein einfaches, gut untersuchtes Beispiel für unerwünschte Nebenwirkungen ist der Aufschaukelungsprozeß, der durch ungeeignete, wenn auch gegen den Schadpilz gut wirksame Fungizide im Obstbau erhalten worden ist (Abb. 3). Dieses Beispiel möge vor Augen führen, daß man damit zu rechnen hat, daß sämtliche landwirtschaftlichen Maßnahmen nicht nur Effekte in der jeweils gewünschten Richtung bedeuten.

Was Bodentiere angeht, kann festgestellt werden, daß die Schädigung einiger Arten leichter, die anderer Arten schwerer in Kauf genommen werden kann. Das Zurückgehen von Hornmilben im Ackerboden dürfte, da z. B. Regenwürmer und Springschwänze ihre Funktionen wahrscheinlich voll übernehmen können, unerheblich sein. Das Fehlen der großen Regenwurmart Lumbricus polyphemus, der ähnlich wie der Große Regenwurm Lumbricus terrestris vielseitig günstig auf den Boden einwirkt, ist schwerer zu verschmerzen, ist aber schon Folge der klassischen Landwirtschaft und wohl kaum irgendwie wieder zu beheben.

Abbildung 3:

Die Abtötung des Großen Regenwurms durch Spritzung gegen Apfelschorf mit Benomyl verstärkt die Gefahr von Schorfbefall (nach NIKLAS, 1980).



Natürlich kann man sich auf den Standpunkt stellen, daß Schädigungen von Bodentieren, auch von so nützlichen wie dem Großen Regenwurm, sich nicht auszuwirken brauchen, da ihre günstigen Effekte ja ersetzt werden können durch die technischen Möglichkeiten der Landwirtschaft, welche bedeutend sind und noch gesteigert werden können. Aber sie sind auch teuer. Außerdem sind einige von ihnen in ihrer Auswirkung auf weitere Bereiche, etwa Gewässer oder menschliche Nahrung, bedenklich.

Umgekehrt sollte man sich auch klar machen, daß Böden natürlicherweise ganz ohne Zutun des Menschen Pflanzen produzieren und zwar sogar höhere Mengen als in der Landwirtschaft (Tab. 8).

Tabelle 8:

Oberirdische Gesamtproduktion (t/ha · Jahr) der Pflanzenbestände in Wald und verschiedenen landwirtschaftlichen Kulturen in North Carolina/USA (nach LIETH, 1978)

Wald	4 - 22
Baumwolle	1 - 2
Erdnüsse	2 - 5
Tabak	3 - 7
Weizen	8 - 11
Mais	6 - 16

Sie tun dies u. a. durch die günstigen Einwirkungen, die die Bodentiere auf die Umsetzungen und die Struktur der Böden haben. In vielen, nicht in allen Fällen werden in organisch-biologisch bewirtschafteten Flächen durch Bodentiere gebildete Bodengefüge gefunden, die auf die Kulturpflanzen nach allem, was man über die Auswirkung der Bodengefüge auf das Pflanzenwachstum weiß, mit Sicherheit wachstumssteigernd wirken – wobei diese Wachstumssteigerung freilich im Einzelfall durch andere Maßnahmen in der "konventionellen" Landwirtschaft oft überkompensiert sein wird (BABEL, unveröffentlichte Untersuchungen).

Das zweite entspricht mehr einem ökologischen Denken, das erste folgt wohl u. a. aus einer gewissen Einseitigkeit in der Betrachtung der Böden, die in der Nachfolge von LIEBIG sich entwickelt hat: Man betrachtet sie bis heute im wesentlichen als Vermittler von Wasser und Nährstoffen für

die Pflanzen. So wichtig diese Funktion ist, sollte man ein anderes nicht vergessen: Sie sind auch Lebensräume für Bodentiere und Bodenmikroorganismen und damit komplexe, sich selbst regenerierende, ökologische Systeme.

Die Möglichkeiten, Bodentiere zu schonen oder sogar sie zu fördern und damit natürliche statt technische Kräfte der Pflanzenproduktion nutzbar zu machen, sind zahlreich. Das erste und einfachste ist natürlich die Verminderung von eindeutig schädlichen Einflüssen. Der Weg wird mit einer strengen Handhabung der Zulassung bzw. mit einem Rückzug erwiesenermaßen schädlicher Pestizide in einigen Fällen schon beschritten. Man sollte aber versuchen, weiterzugehen und auch die Anwendung nur verdächtiger Mittel schrittweise zurückzunehmen. Und verdächtig sind im Grunde alle oder fast alle Pestizide, denn aus allen Untersuchungen geht hervor, daß es eine hohe Dunkelziffer von Schadeinflüssen der Pestizide auf Bodentiere gibt.

Das zweite, was sich dem Bodenbiologen aus allen Untersuchungen aufdrängt, ist, daß eine Annäherung an organisch-biologische Methoden des Landbaus eine Förderung der Bodenfauna bedeuten wird. Es sollte darauf hingearbeitet werden, daß Erfahrungen aus klassischen und modernen "alternativen" Formen der Landbewirtschaftung und moderne ökologische Einsichten in allgemeine Zusammenhänge sowie die steigenden Kenntnisse ökologischer Details gemeinsam genutzt werden, um zu versuchen, die Natur nachahmende Systeme in der Landwirtschaft nachzubauen. Dazu mögen etwa Formen der Mischkulturen (multiple cropping, auch gebietsweise agroforestry) gehören und andere Möglichkeiten, Raum und Zeit auf dem Acker besser zu nutzen. Zur verbesserten Nutzung des Bodenraums können Bodentiere durch ihre strukturverbessernden Effekte und z. B. durch die Vertiefung des Wurzelraums bei hoher Regenwurmtätigkeit zweifellos beitragen.

Hier werden der Forschung wichtigere Aufgaben gestellt, als die nur relativ wichtigen Arbeiten über Pestizid- und Schwermetall-Effekte, die in den letzten Jahren so stark gefördert worden sind.

Literatur

ANDERSEN, C. (1979):

Cadmium, lead and calcium content, number and biomass, in earthworms (Lumbricidae) from sewage sludge treated soil. *Pedobiologia* 19, 309–319

BICK, H. und J. BROCKSIEPER (1979):

Auswirkungen der Landbewirtschaftung auf die Invertebratenfauna der terrestrischen Ökosysteme der Bundesrepublik Deutschland. 66 p., Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup

DUNGER, W. (1964):

Tiere im Boden. 265 p., Verlag Ziemsen, Wittenberg

EDWARDS, C. A. und J. R. LOFTY (1977):

The influence of invertebrates on root growth of crops with minimal or zero cultivation. p. 348–356 in U. Lohm and T. Persson (eds.): *Soil Organisms as Components of Ecosystems. Proc. 6th Int. Soil Zool. Coll. Uppsala 1976. Ecol. Bull.* 25, NFR, Stockholm

EDWARDS, P. (1981):

Effect of pesticides on earthworms in grassland soils. *Darwin Cent. Symp. on Earthworm Ecology. Grange-o-Sands, England, Sept.*

GHILAROV, M. (1975):

General trends of changes in soil animal population of arable land. p. 31–39 in J. Vanek (ed.): *Progress in Soil Zoology. Proc. 5th Int. Coll. Soil Zool. Prague 1973, Czech. Acad. Sci., Prague*

LEBRUN, P. (1977):

Incidences écologiques des pesticides sur la faune du sol. *Pedologie (Gent)* 27, 67–91

LEBRUN, P. u. a. (1981):

Eco-toxicologie comparée et bioactivité de trois insecticides Carbamates sur une population expérimentale de vers de terre, *Lumbricus herculeus*. *Pedobiologia* 21, 225–235

LIETH, H. (1978):

Standorte als Potentiale landwirtschaftlicher Pflanzenproduktion. p. 23–39 in: *Aufgaben und Grenzen der Pflanzenproduktion in der Landwirtschaft. Hohenheimer Arbeiten* 97, Ulmer, Stuttgart

NIKLAS, J. (1980):

Zur Wirkung von Pestiziden, insbesondere von Benzimidazolen, auf Regenwürmer und andere Bodentiere in Obstanlagen. 104 p., Dissertation Universität Hohenheim

ZYROMSKA-RUDSKA, H. (1979):

Disappearance of Scutacaridae (Acarina) due to high concentrations of mineral nutrients in a meadow. *Pedobiologia* 19, 9–17

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Ulrich Babel

Institut für Bodenkunde und Standortslehre der Universität Hohenheim

Emil-Wolff-Str. 27

7000 Stuttgart 70

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Laufener Spezialbeiträge und Laufener Seminarbeiträge \(LSB\)](#)

Jahr/Year: 1982

Band/Volume: [3_1982](#)

Autor(en)/Author(s): Babel Ulrich

Artikel/Article: [DIE BEEINTRÄCHTIGUNG DER BODENFAUNA DURCH LANDWIRTSCHAFTLICHE KULTURMASSNAHMEN 29-36](#)