

ERHARD HENNIG

DIE RHIZOSPHERE – Lebensraum für das Edaphon

200
auf
1 qm

REGENWÜRMER

WURZEL UND BODEN



Vom gleichen Verfasser erschienen:

"Die Bodenfruchtbarkeit im Kleingarten
und ihre Erhaltung - Kompostbereitung
und/oder Bodenbedeckung"

Verlag T. Marczell, München 1978

"Der Mutterboden - Sitz des Lebens"
- Leben aus der Mutter Erde -

Im Eigenverlag 1980
6072 Dreieich, Sudetenring 14

"Humus - Stickstoff - Urgesteinsmehl" -
- Beiträge zur Bodenfruchtbarkeit
in drei Vorträgen -

Verlag T. Marczell, München 1981

"Die Bedeutung und Funktion des Wurzelsystems
im Ökosystem Boden"

"Der Regenwurm - seine Bedeutung für
einen fruchtbaren Boden"

(zusammen in einer Broschüre)
Verlag T. Marczell, München 1981/82

ISBN 3-88015-072-9

München 1981

Verlag T. Marczell, Nederlinger Str. 93, 8000 München 19

Das Titelbild wurde mit freundlicher Genehmigung
der FAZ aus "Frankfurter Allgemeine Magazin"
(v.22.5.81) Heft 64 entnommen.

1. Teil

DIE BEDEUTUNG UND FUNKTION DES WURZELSYSTEMS

IM ÖKOSYSTEM BODEN

I N H A L T

Einleitung	3
Die verschiedenen Wurzelsysteme und Wurzelformen	4
Entwicklung einer Pflanze	5
Entwicklung und Aufgabe der Wurzel	6
Der Kreislauf in der Pflanze	7
Wie tief gehen die Wurzeln?	8
Die Turgor-Energie	9
Wurzelsystem und wirksame Oberfläche	10
Wurzelmassen durch Ernterückstände	11
Krumenverdichtungen - Luftmangel	12
Lebensraum der Pflanzenwurzel	12
Die Rhizosphäre	14
Wurzelausscheidungen	17
Die Symbiosen - Lebensgemeinschaften	18
Eine weitere Form der Symbiose, die Mykorrhizen	20
Wirkstoffe und das System der Wechselbeziehungen	22
Ausklang	24

Die verschiedenen Wurzelsysteme und Wurzelformen

Erinnern wir uns an den Biologie-Unterricht: Das Wurzelsystem entwickelt sich entweder "embryonal", das heißt aus der schon am Keimling vorhandenen Wurzel (Keimwurzel), oder es entsteht "adventiv", das bedeutet nachträglich aus dem Laubspöß von Rhizomen oder aus der Rinde von Stecklingen, die zur Vermehrung dienen (Adventivwurzel). Im ersteren Falle, welcher die Regel bildet, wird die Wurzel des Keimlings, die **K e i m w u r z e l** zur **H a u p t w u r z e l**, an welcher später seitlich die **S e i t e n w u r z e l n** entstehen. Diese durchbrechen den Boden nach verschiedenen Richtungen. An ihren Enden verzweigen sich die Seitenwurzeln oft in zahlreiche **F a s e r w u r z e l n**. Die Oberhautzellen (Epidermiszellen) an den Enden der Faserwurzeln sind sehr dünnwandig und vergrößern ihre Oberfläche durch Auswachsen zu den sogenannten **W u r z e l h a a r e n**, die ihrerseits den innigen Zusammenhang mit den einzelnen Bodenteilchen herstellen.

Weitere Wurzelformen, z.B. die **H a f t w u r z e l n** (Epheu) dienen nur zum Festhalten des oberirdischen Pflanzensproßes, die **L u f t w u r z e l** (Orchideen) der Ernährung, die **S a u g w u r z e l** der Schmarotzer (Mistel) dient in der Hauptsache dazu, aus der Wirtspflanze die Nahrung herauszusaugen.

GOETHE, der die Pflanzen forschend beobachtete, beschrieb, wie die Pflanze in entgegengesetzte Richtungen wachsen, teils in den Boden, wie von der Schwerkraft angezogen, teils in die Luft, als würden sie von einer Art "Leichtkraft" oder Gegenschwerkraft emporgezogen.

Über die Entstehung der Pflanzenwurzel - erdgeschichtlich gesehen - schreibt die bekannte Forscherin FRANCE' - HARRAR in ihrem Buch "H u m u s" folgendes:

"Die Erdkruste verdankt buchstäblich den Mikroben die Erlösung aus dem Stein (damit ist der Verwitterungsvorgang gemeint). Und das wirft auf die Periode der Erdgeschichte ein neues Licht. Lange, ehe es die Großtiere und Pflanzen des Festlandes geben konnte, wurde für sie durch Anhäufung von fruchtbarer Erde der Lebensraum vorbereitet. Zuerst waren die Einzeller als Lebewesen vorhanden, erst viel später traten die Vielzeller auf den Plan. Diese mußten sich an das im Humus schon vorhandene Leben anpassen. So erklärt sich zwanglos das Entstehen und die Funktion der Pflanzenwurzel."

Die Entwicklung einer Pflanze

Alle höheren Pflanzen beginnen ihr individuelles Leben als eine einzelne Zelle; dies ist die befruchtete Keimzelle. In ihrem Protoplasma müssen naturgemäß alle die Kräfte schlummern, welche die Keimzelle befähigen, einen von vorne herein ganz genau festgelegten Entwicklungsgang zu nehmen. Aus der Keimzelle entwickelt sich bei den Samenpflanzen durch fortgesetzte Zweiteilung der Embryo des Samens und aus diesem bei der Keimung die junge Pflanze.

Ohne die Wurzel und ihren Verlauf im Boden würden wir nur einen Teil der Pflanze erfassen, den oberirdischen, der andere, ebenso wichtige Teil aber bliebe uns verborgen.

Entwicklung und Aufgaben der Wurzel

Als erstes Anzeichen keimenden Lebens erscheint aus dem Samenkorn die Wurzel. Sie hat im Pflanzenleben eine dreifache Aufgabe:

- ..die notwendige Nahrung zum Aufbau des Pflanzenlebens zu schaffen,
- ..das Pflanzengerüst im Boden mechanisch fest zu verankern
- ..der wachsenden Pflanze als Vorratsspeicher für gewisse Nahrungsreserven zu dienen.

Eine Keimpflanze, kaum daß sie richtig festgewurzelt ist, ist schon mit dem Boden eine innige Verbindung eingegangen. An den feinsten Wurzelhärchen hängen mineralische Körnchen, die sich davon nicht mehr abwaschen lassen. Man findet oft, daß Würzelchen mit Steinen ganz verwachsen sind, daß sie diese umklammern und allmählich auflösen.

Die Pflanzenwurzeln sorgen für die Bereitstellung von art-eigenen Nährlösungen, die zum Aufbau, der Fortpflanzung und Erhaltung der Pflanze notwendig sind. Es sind die Millionen Haarwurzeln, die mit ihren Wurzelausscheidungen (organische Säuren und Enzyme) aus dem Boden die benötigten Nährstoffe lösen und diese durch arteigene Wasseraufnahme zu Nährlösungen vermischen.

Die Nährstoffversorgung der Pflanze erfolgt unter dem Einfluß der Osmose. Osmose tritt immer ein, wenn zwei Lösungen von verschiedener Konzentration durch eine Haut voneinander getrennt sind. Es wandern dann die konzentrierten Stoffe auf die andere Seite, bis der Ausgleich hergestellt ist. Aber nicht alle Mineralstoffe wandern so in die Pflanze ein, sondern nur ganz bestimmte, von den Pflanzen ausgewählte.

Wie tief gehen die Wurzeln?

Wenn das Erdreich trocken ist, suchen sich die Wurzeln feuchten Boden. Sie finden ihren Weg selbst in vergrabene Wasserrohre oder strecken sich, wie im Falle der Luzerne, bis zwölf Meter tief. Oftmals sind Dränagerohre, die der Entwässerung von Äckern und Wiesen dienen, so stark von Wurzeln durchwachsen, daß der Abfluß gehemmt, oft sogar unterbrochen wird. Kein Landwirt wird eine Sa-lweide in der Nähe einer Drainage dulden, denn die Weidenwurzeln suchen mit Vorliebe den Weg in diese Rohre, finden sie doch dort nicht nur Wasser, sondern auch reichlich darin gelöste Nährsalze.

Die Pflanze vermag je nach ihrer Art mit den Wurzeln tief in den Boden einzudringen, tiefer als man gewöhnlich annimmt. In Steinbrüchen sind noch in 5 bis 8 Meter Tiefe Wurzeln und Wurzelreste zu finden. Pappelwurzeln wurden sogar noch 12 Meter unter der Oberfläche gefunden. Baumwurzeln können eine Länge von 40 cm bis 14 Meter (wie bei der Eiche) haben.

Wie gewaltig aber muß der Wurzelstock und das gesamte Wurzelvolumen, sowie die erreichte Tiefe des größten Baumes der Welt, des 111 Meter hohen Riesen-Mammutbaumes im Nationalpark in Kalifornien sein?

Wurzeltiefgang einiger Gründüngungspflanzen:

bis 80 cm	Weißklee, Inkarnatklee, Zottelwicke
80 - 150 cm	Ackerbohne, Erbse, Senf, Raps, Gelbklee
120 - 200 cm	Lupine, Steinklee, Rotklee, Sonnenblume und mehr

Die Turgor-Energie

Die wachsende Pflanze vermag gegen eine hemmende Widerlage einen verhältnismäßig starken Druck auszuüben. Untersuchungen ergaben für die Turgor-Energie 4,3 bis 15 (!) atü Druck pro 1 cm^2 . Bei 6 Atmosphären kann durch ein 10 cm dickes und 100 cm langes Wurzel- und Stengelstück nach außen ein Gesamtdruck von 6.000 Kilo ausgeübt werden. Das gibt auch die Erklärung dafür, daß durch eingeklemmte Stamm- und Wurzelstücke schwere Steine abgeschoben und Felsstücke abgesprengt werden können. Pflanzenwurzeln entwickeln eine enorme Kraft und können sogar den Beton- und Asphalt-Teer-Belag einer Straße durchbrechen.

Anmerkung: Der Turgor ist der Innendruck von Zellen und organischen Geweben, bewirkt durch osmotischen Druck der Zellflüssigkeit, der die Zellen prall erhält.

Osmose: Das Hindurchtreten von Flüssigkeiten durch eine Membrane, die zwei Lösungen trennt.



Trotz aller
Hindernisse
zum

L i c h t !
(Schafgarbe)

Wurzelsystem und wirksame Oberfläche

Selbst wenn man eine Pflanze mit den Wurzeln behutsam aus dem Boden zieht, sind die feinen Haarwurzeln nicht festzustellen, denn diese reißen von den Nebenwurzeln ab und verbleiben im Boden. Mit freiem Auge wären die Wurzelhaare auch nicht erkennbar, denn nur unter dem Mikroskop offenbart sich das feine System der Nährwürzelchen.

Die wirksame Oberfläche der Wurzelhaare je qm in einer Krumentiefe von 30 cm ist auf 80 qm für die Hülsenfrüchte, auf sogar 100 qm für die Getreidearten geschätzt worden; je Hektar demnach eine Million Quadratmeter Oberfläche der Wurzelhaare. Bisher hat noch niemand die Wurzeln eines Baumes gezählt. Aber die Untersuchung einer einzigen Roggenpflanze hat eine Summe von über 13 Millionen Würzelchen ergeben mit einer Gesamtlänge von 600 km. An jedem Würzelchen dieser Roggenpflanze wachsen feine bis mikroskopisch kleine Wurzelhärchen, schätzungsweise etwa 14 Milliarden (!), was aneinander gereiht eine Länge von ungefähr 10.600 km entsprechen würde, also etwa der Entfernung von Pol zu Pol.

Das schnellwüchsige feine System der Wurzelhaare ist das Aufnahmeorgan der Pflanze, ist der "Mund" der Pflanze, vergleichbar mit den Darmzotten unseres Verdauungsapparates.

Wurzelmassen durch Ernterückstände

Für die Humusanreicherung im Boden sind die nach einer Ernte verbleibenden Wurzelmassen höchst willkommen und bieten außerdem für die Kleinlebewesen im Boden ein reiches Futterangebot. Ein Klee-Grasgemisch erzeugt rasch große Wurzelmassen. Seine Wurzeln durchdringen stufenweise bis in große Tiefen das Erdreich, schließen es auf, lockern und durchlüften es. Rapswurzeln erreichen in 50 Tagen etwa 165 cm Tiefe, in 100 Tagen 250 cm. Bokharaklee (Steinklee) als eine Pionierpflanze für den Aufschluß tiefer Bodenschichten in 100 Tagen sogar 300 cm !

Folgende Ernterückstände können in etwa angenommen werden:

<u>in dz/ha</u>	
Getreide	14
Kartoffeln	8
3-jährige Luzerne	67
2-jährige Luzerne	56
1-jährige Luzerne	30

Zu der Frage, ob mehr Wurzelmasse durch Treibdünger (Kunstdünger) erzeugt werden kann, gibt uns RUSCH wie folgt Auskunft:

"Die berüchtigte Behauptung, der Kunstdünger schaffe "Humus", ist durch den biologischen Landbau längst widerlegt. Die Kulturen der Humuswirtschaft haben eine um das Mehrfache größere Wurzelmasse und sind deshalb deutlich wirksamer gegen Frost, Auswinterung und Trockenperioden geschützt.

Getrieben wird, wie sich auch experimentell nachweisen läßt, mittels der Kunstdüngung lediglich der oberirdische Teil der Pflanze, nicht das Wurzelsystem; dieses wird gegenteils inaktiviert; die Pflanze muß die künstlich vermehrten Ionenschwärme zwangsläufig mit dem Wasserstrom in ihr oberirdisches System aufnehmen. Die Ausbildung des Wurzelsystems wird vernachlässigt. Man hat also eher eine Minderung der Wurzelmassen zu erwarten als eine Vermehrung."

Krumenverdichtungen - Luftmangel

Bei Krumenverdichtungen, verursacht durch Strukturstörungen, wird der aktive Wurzelraum empfindlich beeinträchtigt. Die Pflanze ist durch die aufkommende Sperrschicht von den Wasservorräten im Untergrund abgeschnitten und der sommerlichen Dürre preisgegeben. Bei Regenwetter ist Wasserstauung über der Verdichtungszone die Folge, und das bedeutet Verwässerung der Krume. Die Pflanze steht bald zu naß, bald zu trocken, sie wird in ihrer natürlichen Abwehrkraft so geschwächt, daß sie gegen Krankheiten und Schädlingsbefall empfindlich wird.

Wie deutlich die Pflanze auf die Strukturstörung reagiert, kann man an ihrer Wurzel ablesen. Ihre Wurzel ist das Spiegelbild des Bodens. Insbesondere Pfahlwurzler, wie Zuckerrüben und Raps, reagieren stark auf den Strukturverfall des Bodens.

Lebensraum der Pflanzenwurzel

Die Pflanzenwurzel, wie auch die um die Wurzel lebenden Bodenorganismen sind von ihrem Lebensraum abhängig. Dieser Lebensraum ist ein Hohlraumsystem, das aus verschiedenen großen Poren besteht.

Funktionell wirken die Poren je nach Größe:

grobe Poren (größer als 0,03 mm) dienen der Durchlüftung des Bodens. Die Wurzeln und Bodenorganismen atmen und sind auf die Sauerstoffzufuhr angewiesen.

mittlere Poren (0,003 - 0,03 mm) bilden das Wasserleitungssystem des Bodens und dienen der Regenspeicherung. (Feuchtigkeitsreservoir)

feine Poren (unter 0,003 mm) speichern in Zeiten der Dürre die letzten Wasserreserven und dienen damit der Erhaltung des Bodenlebens.

Ebenso wie der Mensch durch die Poren der Haut atmet, findet auch im Boden ein Austausch von Luft und Kohlensäure statt. Dabei spielt das sogenannte Porenvolumen, das sind die Hohlräume im Boden, eine entscheidende Rolle, sie wirken als Lunge und Kiemen zugleich. Als optimal gilt, wenn der Boden 50 % Hohlräume aufweist, davon die eine Hälfte mit Luft, die andere mit Wasser (als Haftwasser an Bodenkrümel) gefüllt.

Oberirdisch unterstützt und schützt eine permanente Bodenbedeckung (Flächenkompostierung) die Stabilität der Bodenkrümel und das Hohlraumssystem.

Die verschlammende Wirkung des Wassers im Boden würde eine "Mikro-Erosion" auslösen. Ihr kann nur eine ausreichende Lebendverbauung der Bodenkrümel durch die Bodenorganismen entgegenwirken. Voraussetzung ist also ein belebter, humusreicher Boden.

Die Rhizosphäre

Im Wurzelbereich der Pflanze finden erhöhte biologische Umsetzungen statt. Für diesen örtlichen Bereich wird die Bezeichnung "Rhizosphäre" verwendet. Gegenüber dem undurchwurzelten Boden ist in der Umgebung der Wurzel die mikrobielle Aktivität besonders hoch. Hundert Milliarden Bakterien je Gramm Wurzeltrockensubstanz sind keine Seltenheit. Man schätzt die Besiedlungsdichte der Rhizosphäre 10 - 20 mal höher als im undurchwurzelten Boden. Die Mikroflora und -fauna der Rhizosphäre besteht vorwiegend aus Mikroben, die leicht zersetzliche organische Stoffe verwerten. Die laufend absterbenden feinen und zarten Wurzelhaare stellen ein unentbehrliches Kohlenstoff-Reservoir (C) für die Mikroben, insbesondere für die Luftstickstoff bindenden Azotobakter dar. Die Pflanzenwurzel ist somit der Lieferant solcher mikrobiell leicht verwertbarer Substanzen. Zahlreiche Rhizosphärenorganismen bilden Wirk- und Wachstumsstoffe. Für die Pflanze hat diese Mikroflora und Mikrofauna in vieler Hinsicht große Bedeutung.

Günstig wirken sich aus:

- ..Die Verbesserung der Stickstoffversorgung,
- ..die verstärkte Lösung mineralischer Stoffe, vor allem Phosphor,
- ..die Synthese von Wachstumsstoffen und Vitaminen, die das Pflanzenwachstum fördern,
- ..die Einwirkung von Antibiotika auf Krankheitserreger, dadurch werden die Pflanzen vor diesen geschützt.

Die Bedeutung der Rhizosphäre beurteilt FRANCE'-HARRAR wie folgt:

"Heute hält man den Wurzelstock für ein hochleistungsfähiges, wenn nicht überhaupt für d a s leistungsfähigste Organ. Seit langem spricht man von einem "Wurzelgehirn" an der Wurzelspitze. Man ist davon überzeugt, daß die Wurzel durch ihre Tätigkeit Schwergewichtsprobleme löst, daß sie die chemischen Werte des Bodens unterscheidet, daß sie mit Hilfe der Wurzelhaare im Boden umhertastet, daß sie un bekömmliche Salzlösungen in den Bodeninfusionen aussperrt, daß sie durch richtige Verankerung ein aufrechtes Wachstum sichert, daß sie durch ununterbrochene Pumparbeit die oberirdischen Stengel, Blätter, Blüten und Früchte mit Feuchtigkeit versorgt. Das ist für ein einziges pflanzliches Organ ein unwahrscheinlich großes Arbeitsprogramm."

Der bekannte englische Forscher CHARLES DARWIN (1809-1882) schrieb in seinem Buch "Das Bewegungsvermögen der Pflanzen":

"Die Behauptung, daß die Enden der Würzelchen einer Pflanze wie das Gehirn eines niederen Tieres funktionieren, dürfte wohl kaum eine Übertreibung sein; das Gehirn empfängt die Eindrücke der Sinnesorgane und steuert die zahlreichen Bewegungsabläufe."

Oft wächst eine Wurzel durch mehrere Zooglöen (siehe Tafel Erklärungen) hindurch. Die Wurzelbewegungen, ein "Suchen", das schon oft beobachtet wurde, erfolgen keineswegs ziellos, sondern stets nach Stellen hin, an denen sich mehr Edaphon oder bereits Zooglöen im Umkreis befinden. Denn die Zooglöe selber ist nicht beweglich.

Kurze Erläuterungen von Fachausdrücken:

Antagonismus.....	Gegenwirkung
Azotobakter.....	freilebende Luftstickstoff bindende Bakterien
Biotop.....	ein abgegrenzter, einheit- lich gestalteter Lebensraum
Biozönose.....	Pflanzen, Mikroflora, Mikrofauna bilden eine bio- logische Organisation, die Biozönose
Edaphon.....	das im Boden Lebende
Mykorrhiza.....	Pilzwurzelgeflecht
Osmose.....	Hindurchtreten von Flüssig- keit
Phytonzide.....	pflanzliche Wirkstoffe
Rhizom.....	verdickte Wurzel
Rhizosphäre.....	Wurzelzone
Symbiose.....	Lebensgemeinschaft
Turgor.....	Innendruck von Zellen
Zooglöen.....	Bakterien, Pilze, Algen bilden eine Lebensgemein- schaft, die Zooglöe

Zur ganzheitlichen Betrachtung der Rhizosphäre muß auch der Regenwurm mit einbezogen werden. Er hat nicht nur für den Boden, sondern auch für die Pflanzen und Wurzeln eine große Bedeutung.

Die Regenwürmer sind die "Bergleute unter Tag". Tief in die Erde (bis 5 Meter) wühlen sie sich ihre Gänge und hinterlassen unzählige Röhren, deren Wände durch Schleimabsonderungen verfestigt werden und daher sehr haltbar sind. Mit Vorliebe suchen die Pflanzenwurzeln verlassene Regenwurmröhren auf. Sie können darin ungehindert wachsen und finden dort in den von den Würmern abgesetzten Kotkrümeln vorverdaute und aufgeschlossene Nährstoffe, wie Stickstoff, Phosphor, Kali und Kalk. Auch die Regenwürmer gehören zum Ökosystem Boden.-

Wurzelausscheidungen

Die Pflanzenwurzeln üben durch die Ausscheidung organischer Säuren über die Wurzelhaare eine chemische Tätigkeit aus. Abgesondert wird hauptsächlich Zitronensäure, doch auch Salz-, Salpeter- und Fluorsäure. Letztere ist so scharf, daß man mit ihr Glas ätzen kann. Es ist nachgewiesen, daß die Pflanzenwurzeln Fluorsäure ausscheiden und damit Granit, Quarz und Feldspat-Kristalle auflösen können. Während Zitronensäure Phosphate löst, wird kohlen-saurer Kalk durch Salzsäure (richtig: Chlorsäure) gelöst.

In Wurzelausscheidungen fand man zahlreiche Aminosäuren. In denen von Weizen konnten 14 verschiedene Aminosäuren festgestellt werden. Bekannt ist, daß Hafer und Gerste, wenn sie mit Leguminosen im Gemenge wachsen, von den Stickstoffverbindungen, die durch Leguminosenwurzeln ausgeschieden werden, profitieren. In Wurzelausscheidungen wurden außer den Aminosäuren auch Glucose, Fructose, Gerbstoffe, Biotin, Alkaloide u.a. gefunden. Die wichtigste Wurzelausscheidung ist jedoch das Kohlendioxyd (CO_2), ein Abfallprodukt der Pflanze, von der Energie liefernden Atmung. Wird Kohlendioxyd in Wasser gelöst, entsteht eine schwache Säure, die Kohlensäure (H_2CO_3). Sie ist der wichtigste biochemische Faktor der Verwitterung in der Natur.

Schließlich kommen auf der Oberfläche der Wurzeln auch Enzyme/Fermente vor. Diese können den Abbau der organischen Substanz im benachbarten Boden beeinflussen.

Wie PAULI feststellte, "geht die Haupt-Enzym-Aktivität zum Beispiel unter einer dichten Vegetationsdecke wie Grünland von den W u r z e l n aus. Ungenügende Wurzelmasse verursacht auf die Dauer das Fehlen eines reichen Bodenlebens, damit auch das Fehlen von biochemischen "Signalstoffen" zwischen Boden und Pflanze. Die Gesamtzahl von Enzym-Molekülen einer typischen Zelle liegt bei etwa ein Tausend Millionen, die wiederum aus einigen Tausend verschiedener Arten von Enzym-Molekülen zusammengesetzt sind, von denen jedes Molekül befähigt ist, eine bestimmte chemische Reaktion auszuüben.

Es wäre nötig, meint PAULI, einige Tausend Biologen und Biochemiker um eine einzige Zelle zu versammeln, damit jeder einzelne dieser Wissenschaftler eine oder mehrere Reaktionen überwachen kann, die diese einzige Zelle durchführen kann".

Die Symbiose - Lebensgemeinschaften

Am sinnfälligsten wird das Zusammenleben der Pflanze mit den Bodenorganismen in der nächsten Umgebung der Wurzel, in der oben beschriebenen Rhizosphäre. Hier kommt es zu einer dichten Ansiedlung von Pilzen und Bakterien. Die Wurzel hüllt sich förmlich in einen Organismenmantel ein. Dieses Zusammenleben von Pflanze und Bodenorganismen beruht auf Gegenseitigkeit, also auf einer Symbiose. Während die Wurzel ständig organische Stoffe ausscheidet und Zellen abstößt und damit den Mikroorganismen Futter liefert, helfen umgekehrt die Organismen der Pflanze durch Aufschließung der Nährstoffe.

Abschließend zu diesem Thema sollen die mahnenden Worte von Prof. Dr. TRENTEPOHL Anlaß zum Nachdenken geben:

"Mit zunehmender Intensivierung der Landwirtschaft, der Schwerpunktverlagerung im Pflanzenbau von der Humusdüngung zur Mineraldüngung, vermehrter Anwendung von Maschinen, verstärkter chemischen Schädlings- und Unkrautbekämpfung werden die natürlichen Lebensgemeinschaften (Symbiosen) unserer Äcker zunehmend gestört und schließlich völlig vernichtet. Den Nahrungsmittelkonsumenten ist es nicht gleichgültig, ob und inwieweit sich biochemische Veränderungen innerhalb der Ackerbiozöten ergeben, die mit hoher Wahrscheinlichkeit die stoffliche Zusammensetzung und damit die biologische Qualität der Nahrung beeinflussen. Wir müssen zugeben, daß die Konsumenten der Nahrung (die Bevölkerung) den Gefahren von Fehlernährung ausgesetzt sind. Wir werden also nicht umhin können, dem Stoffwechsel der Pflanzenwurzeln, das heißt dem Austausch zwischen Wurzeln und Mikroorganismen in Zukunft größere Beachtung beizumessen, als dies im bisherigen jetzt zuende gehenden Zeitalter der einseitigen Mineralstoff-Pflanzenernährungslehre der Fall war."

Eine weitere Form der Symbiose - die Mykorrhizen

Die Wurzeln der meisten Bäume, Sträucher und vieler krautartiger Pflanzen gehen besonders im Keimstadium eine Symbiose mit Bodenpilzen ein. Diese Erscheinung heißt Mykorrhiza, auf deutsch Pilzwurzel.

Im Bodenumus lebenden Pilzen (Mykorrhizen) gelingt es, in die lebenden Zellen der Wurzeln einzudringen und ein inniges Zusammenleben mit der Pflanze zu errichten. Das in die Wurzel eindringende Pilzmycel wird von der Pflanze regelrecht verdaut.

Bei Beendigung des gemeinsamen Zusammenlebens zerstört die Wurzel den Pilz und vermag auf diese Weise die Kohlehydrate und Eiweißstoffe aufzunehmen, die der Pilz zum Teil aus dem Humus des Bodens gelöst hat.

Die Mykorrhizen bilden mithin die lebende Brücke, die einen fruchtbaren humusreichen Boden und die darauf wachsende Pflanze unmittelbar verbindet. Fertige Nahrungsstoffe werden auf diese Weise vom Boden in die Pflanze überführt. Man nimmt heute an, daß diese Abbauprodukte der Ausgangspunkt für Krankheitswiderstandsfähigkeit und Qualität sind. Von der Beschaffenheit des Bodens und seinem Verhältnis zu den Wurzeln der Pflanze ist die Arbeit der grünen Blätter abhängig.

(Auf der Leistungsfähigkeit des grünen Blattes (Photosynthese) beruht letztenendes die Nahrungsmittelversorgung dieses Planeten. Es gibt keine andere Quelle der Nahrung!)

Pilze vermögen außerdem durch Ausscheidung organischer Säuren schwerlösliche Phosphate und Feldspäte anzugreifen, wodurch sie die Phosphor- und Kaliumversorgung der Wirtspflanze verbessern.

Zu den Mykorrhizapilzen gehören zahlreiche bekannte Hutpilze des Waldes, wie Röhrlinge, Täublinge, Milchlinge und Wulstlinge. Manche sind streng auf einen Wirt spezialisiert, z.B. der Goldröhrling auf die Lärche.

Die Mykorrhizapilze unterscheiden sich von den echten krankheitserregenden Pilzen dadurch, daß sie ihren Wirt nicht schädigen, sondern mittels verschiedener Leistungen sein Wachstum sogar noch fördern. Bestimmte Gewächse können ohne den Wurzelpilz Mykorrhiza überhaupt nicht gedeihen. Er gilt als lebenswichtiger Symbiont.

Wirkstoffe und das System der Wechselbeziehungen

Wie im Kapitel "Rhizosphäre" berichtet, konzentriert sich die Hauptmasse der mikrobiellen Lebewesen um die Wurzeln der Pflanze und bildet auf diese Weise eine mächtige biologisch wirksame Schicht. Es ist erwiesen, daß fruchtbare Böden beträchtliche Mengen verschiedener Wirkstoffe wie Aminosäuren, Hormone und Antibiotika enthalten, die das Wachstum der Pflanze beschleunigen. Auch die Vitamine B₂ und B₁₂ finden sich in großen Mengen in der wurzelnahen Zone der Pflanze, der Rhizosphäre. Je reicher an Humus und demzufolge auch an Mikroorganismen die Böden sind, desto reichlicher werden diese Stoffe gefunden. In der Wurzelzone ist der Vitamingehalt stets größer als im gleichen Boden außerhalb des Wurzelbereiches.

Die alten Anschauungen der Agrikulturchemie von der Theorie der "mineralischen" Ernährung sind in neuerer Zeit erschüttert. Die Forschungen zeigen, daß die Pflanzen über die Wurzeln gemeinsam mit den Mineral-Ionen auch organische Stoffe, z.B. Alkaloide und Antibiotika, bis zu einem Molekulargewicht von ca. 1.000 ohne Schwierigkeit aufnehmen können.

Wenn also antibiotische Stoffe durch die Wurzeln eindringen können, so gibt es auch keine Gründe, ein gleiches Verhalten der Vitamine, Aminosäuren und anderen organischen Verbindungen zu bestreiten, die nach ihrer Zusammensetzung und ihrem Molekulargewicht nicht komplizierter sind als die Antibiotika. Alle diese Verbindungen werden von den Pflanzen ebenso leicht und schnell aufgenommen wie mineralische Nährstoffe. (KRASSILNIKOW)

Penicilline, mit einem Molekulargewicht von etwas über 320, werden aus einem gesunden Boden - auch aus reifem Kompost - ziemlich leicht von Wurzeln aufgenommen und in der Pflanze gespeichert. Sie erhält dadurch einen gewissen "Verteidigungsmechanismus" gegen die Angriffe von Schadinsekten.

Falls vom Boden her Krankheitserreger in die Pflanzen eindringen, die gegen ein derartiges Antibiotikum (Penicillin) empfindlich sind, ist die Widerstandsfähigkeit der Pflanze gegen die Erreger ganz erheblich gesteigert.

In neuerer Zeit wurde das System der "Wechselbeziehungen" der höheren Pflanzen aufgedeckt. Von den Pflanzen werden über die Wurzeln Substanzen ausgeschieden, die als *Phytonzide*, das sind bestimmte neu entdeckte pflanzliche Wirkstoffe, bezeichnet werden. Den Phytonziden wird eine antibiotische Wirksamkeit nachgesagt, sie bilden einen wichtigen Faktor der natürlichen Immunität im gesamten Pflanzenreich (immunbiologische Abwehrkräfte).

Als besonders wirksam haben sich die Phytonzide von Knoblauch, Zwiebel, Senf, Meerrettich und Brennessel erwiesen. Im Gartenbau wurde beobachtet, daß bestimmte Pflanzen in bestimmten Nachbarschaftsverbänden sich nicht vertragen, andere dagegen sich gegenseitig fördern. Man erkannte, den Vorteil der Mischkultur im Land- und Gartenbau. Aus dieser Erkenntnis entwickelte Gertrud FRANCK, Oberlompurg in jahrelangen Versuchen den "Mischkulturengarten" zu einem *vollbiologischen* Garten.

Ausklang

Dem Leser dieser Abhandlung sollte mit dem Einblick in die "Unterwelt" der Pflanzen einiges Wissenswertes, wenn auch nur ein Bruchteil dessen, was wir heute von dem Wurzelraum wissen, vermittelt werden.

Alle beschriebenen Vorgänge, Symbiosen und Funktionen sind stets nur vom **G a n z e n** her zu betrachten und zu verstehen, geht es doch, wie überall in der Natur, um lebende Abläufe, die so komplex und ineinander verzahnt sind, daß sie niemals als Teilstücke funktionieren könnten.

Wir Menschen der neuesten Zeit sehen alle Dinge allzu leicht nur im Lichte einer Wissenschaft, die unser Dasein technisiert hat und Macht über die Materie hat.

Das Lebendige aber ist nicht nur **b e l e b t e** Materie, es ist immer Stück oder Teil eines **G a n z e n**, Teil von Lebensgemeinschaften.

Hier sollte der Worte gedacht werden, die MAX PLANCK auf einem Physikerkongreß in Florenz aussprach:

"Und so sage ich nach meinen Erforschungen des Atoms folgendes: Es gibt keine Materie an sich! Alle Materie entsteht und besteht nur durch eine Kraft, welche die Atomteilchen in Schwingung bringt und sie zum winzigsten Sonnensystem des Atoms zusammenhält. Da es im ganzen Weltall weder eine intelligente, noch eine ewige Kraft gibt, so müssen wir hinter der Kraft einen bewußten intelligenten **G e i s t** annehmen. Dieser **G E I S T** ist der Grund aller Materie."

Schon NOVALIS (Dichtername des Freiherrn von Hardenberg, 1772-1801) schrieb zu seiner Zeit:

"Die Natur wäre nicht die Natur, wenn sie keinen Geist hätte."

Literatur

- FRANCE'-HARRAR, Annie "Humus", BLV Verlag München, 1957
- FRANCK, Gertrud "Gesunder Garten durch Mischkultur", Südwest-Verlag, München, 1980
- v.HALLER, Albert "Die Wurzeln der gesunden Welt" Teil I, Verlag BODEN und GESUNDHEIT 1976
- v.HALLER, Wolfgang "Die Wurzeln der gesunden Welt" Teil II, Verlag BODEN und GESUNDHEIT 1978
- HENNIG, Erhard "Bodenleben kennen und pflegen" Sonderdruck: BODEN und GESUNDHEIT
"Die Bodenfruchtbarkeit im Kleingarten und ihre Erhaltung", Verlag T.Marczell, München 1978
- PAULI, Fritz "Biodynamik organischer Reste im System Boden und Pflanze", Deutscher Rat für Landespflege Heft 31/1978
"Leben und Stoffwechsel in der Wurzelzone höherer Pflanzen" 1980
- RUSCH, Peter "Bodenfruchtbarkeit", Haug-Verlag München 1974
- SEKERA, Franz "Gesunder und kranker Boden", Leopold Stocker Verlag, Graz 1950
- TOMPKINS/BIRD "Das geheime Leben der Pflanze", Scherz-Verlag München 1974

2. Teil

DER R E G E N W U R M

SEINE BEDEUTUNG FÜR EINEN FRUCHTBAREN BODEN

I N H A L T

Der Regenwurm in früherer Zeit	29
Regenwurmarten und die Stellung im System	31
Einige Angaben über den Körperbau des Regenwurms	32
Die Lebensweise der Regenwürmer	34
Feinde der Regenwürmer	38
Regenwurm-Vermehrungsbetriebe	38
Dünger und Regenwurm	40
Aufschluß von Nährstoffen durch die Regenwürmer	41
Die Bedeutung der Regenwürmer für die Bodenbildung	42
Regenwürmer und Kompost	48
Die Preisendüngung mit Regenwurmkompost	52
Regenwürmer und Bodengare	54
Der Regenwurm hilft Energie sparen	55
Die Chance für den Land- und Gartenbau	56
Die Nutzbarmachung von Wurmkulturen	58
Nachtrag	61

Bildnachweis:

Bild 1, 3: Füller "Die Regenwürmer"

Bild 2, 4 - 9 : Hennig

Der Regenwurm in früheren Zeiten

Von vielen Völkern aller Zeitepochen wurde den Regenwürmern eine Vielzahl volkstümlicher Namen gegeben. Das zeigt, wie vertraut diese Tiergruppe dem Menschen von jeher war. In der Kulturgeschichte der Welt hat man dem Regenwurm stets großes Interesse entgegengebracht.

Im 16. Jahrhundert nannte man den Regenwurm noch: "reger Wurm". Der Volksmund machte später diesen regen Wurm zum Regenwurm, eine sinnlose Bezeichnung, da doch der Wurm durch den Regen an das für ihn tödliche Tageslicht getrieben wird, das seine roten Blutzellen zersetzt.

Aus einer alten Schrift aus dem Jahre 1687 (Georgica) geht hervor, daß schon im Mittelalter Regenwürmer gezüchtet wurden. In dem Bericht wird beschrieben, wie man für die Hühner, um Futterkorn zu sparen, Regenwurmkulturen anlegt: "In eine flache Grube legt man vier Finger lang geschnittenes Roggenstroh und darauf einen frischen Roß- oder Rindermist, den deckt man mit Erde ab, darauf gießt man Rinder- oder Geisblut, Weintreber, Hafer, Weizenkleie und mengt alles zusammen. In dieser Vertiefung werden in kurzer Zeit eine unglaubliche Anzahl Würmer erwachsen. Die muß man den Hühnern nicht auf einmal preisgeben, sondern mit Ordnung zu ihrem besseren Nutzen."

Erst viel später begannen die Menschen, den Regenwurm wissenschaftlich zu erforschen. Einer der ersten Regenwurmforscher war CHARLES DARWIN (1809 - 1882), der bereits 1837 vor der Geologischen Gesellschaft in London auf die große Bedeutung der Regenwürmer für die Bildung der Ackererde hinwies.

DARWIN veröffentlichte 1881 sein berühmtes Buch: "Bildung von Humus durch die Tätigkeit von Würmern". Er schreibt darin: "Es ist zweifelhaft, ob es noch andere Tiere gibt, die in der Geschichte der Erde eine so große Rolle gespielt haben wie die niedrigen organischen Geschöpfe."

Bereits vorher, im 16. Jahrhundert schrieb der britische Naturforscher GILBERT WHITE: "Ohne die Regenwürmer würde die Erde bald kalt, hart und fast ohne jede Gare und folglich steril werden." (vergl. auch Kapitel: "Regenwurm und Bodengare")

Regenwürmer gibt es überall in der Welt, sie bevölkern sogar entlegenste Inselgruppen. Wie das Regenwurmleben auf so entlegene Inseln gelangt ist, bleibt noch ein Rätsel.

Das Auftreten von Regenwürmern in nicht kultiviertem Boden ist damit zu erklären, daß Vögel, die mit einem Wurm auch Eikapseln mitaufnehmen, diese unversehrt mit dem Kot ausscheiden.

In neuerer Zeit wird von vielen Forschern aller Länder den Regenwürmern besondere Aufmerksamkeit geschenkt und in naturwissenschaftlichen Arbeiten über den Regenwurm berichtet. Die gefundenen überraschenden Ergebnisse interessieren nicht nur Landwirte und Gärtner, sondern auch Biologen, Geologen und Umweltschützer. Landwirte und Gärtner warten aber vergebens darauf, daß diese intensive wissenschaftliche Forschungsarbeit für die Praxis ausgewertet wird. Die heute im Landbau vorherrschenden chemischen Methoden (Düngesalze, Biozide) wirken sich für die Regenwürmer vernichtend aus. Es gibt bereits "Kulturböden", in denen die Regenwürmer schon völlig ausgestorben sind.

Regenwurmarten und ihre Stellung im System

Die deutschen Regenwurmarten gehören ausnahmslos zur Familie der Lumbriciden, sie sind Vertreter der Ringelwürmer.

Der Zoologe unterscheidet drei Klassen der Ringelwürmer:

1. Urringelwürmer
2. Vielborster
3. Gürtelwürmer

Die ersten beiden dieser Gruppen leben ausschließlich im Meere. Zu den Vertretern der dritten Ringelwürmer-Klasse gehören die Gürtelwürmer oder Clitellaten. Der Name ist von dem Vorhandensein eines Gürtels oder Clitellums abgeleitet. Unsere Regenwürmer sind echte Landtiere. Sie sind als hochentwickelte Formen zu betrachten.

Die bekanntesten Regenwurmarten in Deutschland sind:

..Eisenia foetida, er wird auch als Mist-Kompost-Wurm bezeichnet. Er lebt vorwiegend in Dung- und Komposthaufen.

..Allolobophora (longa) und Unterarten

..Lumbricus (terrestris) und Unterarten.

In Deutschland gibt es etwa 33 Arten von Regenwürmern.

(GRAFF) Die Größe heimischer Regenwürmer schwankt zwischen 2 und 30 cm. In den Tropen kommen Riesenformen von 70 cm, auch von 1 - 2 Meter Länge vor, die dabei mehr als Daumenstärke erreichen.

Einige Angaben über den Körperbau des Regenwurms

Der Regenwurm frißt vorwiegend Erde mit den darin enthaltenen Mikroorganismen (Bakterien, Pilze) und gelegentlich verrottende organische Stoffe. Er kann jedoch nicht beißen, da er in seinem kleinen zahnlosen Mund keine Vorrichtung dazu besitzt. Er kann nur schlucken. Ohne Augen und Ohren haben die Regenwürmer einen feinen Tastsinn.

Der Regenwurmkörper ist in eine Anzahl hintereinander gelegener Ringe eingeteilt, den "Segmenten". Sie dienen mit ihren Borsten der Fortbewegung. Am vordersten Ring ist die Mundöffnung zu erkennen, am letzten das Darmende, der After. Die Mundöffnung geht in den Schlund über. An diesen schließt sich die Speiseröhre an. In ihrem hinteren Abschnitt münden Drüsen, die als Kalkdrüsen ausgebildet sind. Ihre Aufgabe ist in der Abgabe von Kalk zu sehen. Die mit der Nahrung (Erde) aufgenommenen Humussäuren werden dadurch neutralisiert. Der Kalk dient zur Erhaltung des Basen-Säure-Gleichgewichts.

Die Speiseröhre geht in den erweiterten Kropf über. An diesen wiederum schließt sich ein besonderer Darmabschnitt an, der sogenannte Muskelmagen. In diesem ist die Darmmuskulatur im Gegensatz zu allen anderen Abschnitten des Verdauungskanals sehr stark ausgebildet.

Erst hinter dem Muskelmagen beginnt der eigentlich verdauende Teil des Darmes. Hier erfolgt die Aufarbeit der mit Erde gefressenen, in Zersetzung befindlichen tierischen und pflanzlichen Stoffe. Die unverdauliche Erde wird von den Würmern durch den genau am Körperende liegenden After in Form der bekannten Kothäufchen wieder abgegeben.

FRANCE bezeichnete die Ausscheidungen als "koprogene Humusablagerung". Der Regenwurmhumus ist die beste Humusform, die es auf unserem Planeten Erde gibt.

Der Blutkreislauf wird durch ein herzähnliches Organ in Gang gehalten. An jungen Regenwürmern kann man ihn ohne weiteres beobachten.

Das Nervensystem der Regenwürmer setzt sich aus dem Gehirn und einem Paar Nervenstränge zusammen. Tastorgane sind über den ganzen Körper verbreitet. Obwohl die Tiere keine Augen besitzen, können sie auf Lichtreize reagieren.

Die Regenwürmer sind stets Zwitter. Es finden sich also im selben Tier sowohl männliche Keimdrüsen als auch Eierstöcke. Die Fortpflanzung erfolgt in komplizierter Weise durch eine wechselseitige Übertragung der Samenzellen, bei der also beide Tiere zugleich als Männchen und Weibchen in Aktion treten.



Eisenia foetida:
in Paarung befindliche Tiere (1)

Bei den meisten Arten erfolgt die Begattung unter der Erde. Nur bei *Lumbricus terrestris* konnte die Paarung auch an der Erdoberfläche beobachtet werden.

Die Entwicklung der Regenwürmer vollzieht sich im sogenannten Kokon, einer ringförmigen Verdickung, in denen die Regenwurmembryonen ihre Entwicklung durchmachen. Die Kokons mit den Eiern werden in der oberen Bodenzone, aber nur dort, wo Bodenfeuchtigkeit vorhanden ist, abgelegt. Besonders häufig sind Regenwurmeier in Komposthaufen zu finden.

Die winzigen 1 - 2 mm großen Eier sind bräunlich oder gelblich-grüne Gebilde und sind mit freiem Auge gut zu erkennen. Erwachsene Würmer bringen nach 3 Monaten alle Wochen eine Kapsel hervor. Zuchtstätten rechnen mit 600 Nachkommen im Jahr.



Eisenia foetida:
Regenwürmer mit
Koknhüllen (2)

Im allgemeinen schlüpfen die Jungtiere aus dem Kokon nach etwa 3 - 4 Wochen.

Die Lebensweise der Regenwürmer

Die Regenwürmer sind pausenlos fressende Geschöpfe.

Die Ansprüche des Regenwurms sind gering.

..Sie lieben Feuchtigkeit, die nie zur Nässe werden darf.

..Ihr Leben spielt sich in der Dunkelheit ab, sie sterben den Lichttod, wenn sie ungeschützt dem Licht ausgesetzt sind.

..Außentemperaturen von 18 bis 30 Grad C sind den Wurmern am dienlichsten.

..Genügend organische Abfälle sind lebensnotwendig.

Die Regenwürmer ernähren sich nicht, wie früher angenommen wurde, von den Mineralstoffen der gefressenen Erde, sondern von den darin enthaltenen o r g a n i s c h e n Stoffen. Kein Regenwurm nährt sich von lebenden Pflanzen oder Wurzeln. Er nimmt nur Verrottendes zu sich. Abfälle von faulenden Zwiebeln, Zitrusfrüchten, Porree, Obstresten und auch Kaffeesatz sind ihm besonders willkommen.

Die Regenwürmer ernähren sich nicht allein von den zerfallenden organischen Substanzen, die in der Erde vorhanden sind, sie können ebenso als Allesfresser betrachtet werden. Mit Erde nehmen die Würmer außer den organischen Stoffen ständig zahlreiche pflanzliche und tierische Organismen in lebendem Zustand auf. Es handelt sich dabei vorwiegend um Bakterien, Algen, Pilzmycel und Pilzsporen.

Um sich eine Vorstellung zu machen:

Zur Erhaltung seines Lebens und seiner Leistungsfähigkeit benötigt der Regenwurm in 24 Stunden d i e Nahrungsmenge, die gewichtsmäßig seinem eigenen Körpergewicht entspricht. In einem Hektar Ackerland, in dem beispielsweise eine Million Regenwürmer mit einem Gewicht von 2.000 kg leben (*Lumbricus terrestris* mit 2 Gramm angenommen), müßten täglich rund 2.000 kg Nahrung, zu der auch die aufgenommene Erde zählt, aufnehmen. Fürwahr eine ansehnliche Leistung!

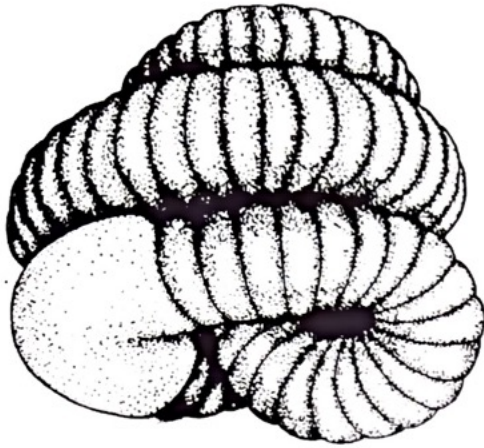
Während also u n t e r der Erde z.B. eine Biomasse von 2.000 kg zu ernähren ist, lassen sich oberirdisch auf einem Hektar Ackerland nur 1 - 2 Kühe mit einem Gewicht von 800 bis 1.000 kg ernähren. Das heißt, daß unterirdisch in einem fruchtbaren Boden fast doppelt soviel Lebewesen zu ernähren sind, wie über der Erde.

Im Verhältnis zu seiner Größe darf man den Regenwurm zu den stärksten Tieren des Erdballs zählen, denn er vermag das 50 bis 60-fache seines Eigengewichtes in Bewegung zu setzen. Diese Muskelkraft auf einen 100 kg schweren Athleten übertragen würde bedeuten, daß dieser 5.000 kg, das sind 5 t bewegen müßte.

Tast- und Drucksinn der Tiere sind gut entwickelt, das merkt man bei der leichtesten Berührung der Würmer. Sehr stark reagieren sie auf schwache Lichtreize. Am empfindlichsten sind sie gegen blaues Licht, während sie gegen rotes Licht völlig unempfindlich sind. Vor hellem Tageslicht fliehen die Regenwürmer, dagegen lockt das schwache Licht des Mondes oder einer Laterne die Tiere eher hervor.

Nach langem Regenfall verlassen die Regenwürmer fluchtartig ihre Röhren und kommen an die Erdoberfläche. Das in den Gängen sich ansammelnde Wasser schadet den Tieren nicht, vielmehr ist der schwindende Sauerstoffgehalt im Erdreich Schuld an der Flucht vor dem Erstickungstod. Landwirte machen immer wieder die Beobachtung, daß auf Äcker und Wiesen, die mit unverrotteter Gülle oder Jauche gedüngt werden, die Regenwürmer in Massen aus dem Boden flüchten. Am Tageslicht aber gehen die Kreaturen dann doch zugrunde.

Die Regenwürmer als ungeschützte Organismen sind naturgemäß in ihrer Lebenstätigkeit stark von den Umwelteinflüssen abhängig. Zu niedrige Temperaturen, große Hitze und Trockenheit machen ihnen das Leben schwer. In für die Tiere ungünstigen Zeiten ziehen sie sich in tiefere Bodenschichten bis zu einem Meter zurück, größere Lumbriciden sogar bis auf zwei Meter Tiefe. Bei extremen Lebensbedingungen verfallen die Regenwürmer in einen Starrezustand und rollen sich spiralförmig ein.



Regenwurm während der
Sommer- oder Winter-
ruhe (3)

Eisenia foetida, als kleiner rötlicher Mistwurm bekannt, fühlt sich in dem Milieu eines Kompost- oder Düngerhaufens mit seinem hohen Futterangebot besonders wohl und ist dort sehr stark vertreten.

Wenig bekannt ist die Fähigkeit der Regenwürmer, Laute zu erzeugen. Es handelt sich um schmatzende Geräusche verschiedener Tonhöhe, die bis in eine Entfernung von vier Meter hörbar sein können. (FÜLLER) In großen Komposthaufen läßt sich so ein "Hör-Spiel", wie WILLMANN berichtet, demonstrieren. Das Schmatzen, Kraspeln und Knistern tausender äsender Regenwürmer läßt sich deutlich vernehmen, etwa so wie das Ohr das Summen und Brummen der Bienen in einem Bienenstock vernimmt. Der Vorgang der Tonerzeugung ist bis heute wissenschaftlich noch nicht völlig geklärt.

Vielfach wird die Meinung vertreten, ein zerstückelter Wurm könne getrennt selbständig weiterleben oder die getrennten Teile könnten wieder zusammenwachsen. Das Regenerationsvermögen der Regenwürmer ist zwar außerordentlich groß, es ist aber nicht erwiesen, daß zwei getrennte Regenwurmstücke von selbst wieder zusammenwachsen.

Feinde der Regenwürmer

Die Zahl der Feinde unserer Regenwürmer ist groß, was bei diesen wehrlosen und langsamen Tieren nicht verwundert. Für zahlreiche Vogelarten sind Regenwürmer Leckerbissen. Amselein kann man frühmorgens beobachten, wie sie nach einem Regen die wehrlosen Geschöpfe förmlich aus der Erde herausziehen und verzehren. Aber auch Salamander, Wühlmäuse und Kröten stellen den Regenwürmern nach. Als einen der gefährlichsten Feinde ist der Maulwurf anzusehen. Er sammelt für den Winter große Mengen an Regenwürmern als lebenden Vorrat. Durch Einbeißen in den Kopf raubt er dem Wurm das Grabvermögen und verhindert ihn am Entweichen.

Aber auch der Mensch stellt dem Regenwurm nach. Angler und Fischer benötigen riesige Mengen von Regenwürmern als Köder oder Futter für Fische. Durch Innenparasiten werden die Regenwürmer ebenfalls stark dezimiert.

Regenwurm-Vermehrungsbetriebe

In den USA gibt es Regenwurm-"Farmen", die täglich bis zu 10 Millionen Regenwürmer als Angelköder versenden. Andere gewerbemäßige Regenwurmzüchter betreiben einen blühenden Handel mit Regenwurmbrut zur Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit. Auf Großfarmen in den USA produzieren Regenwürmer bis zu 75 t Humus pro Woche.

In einem Experiment in Kalifornien setzten die Würmer innerhalb von zwei Monaten rund 8 t Abfall zu fruchtbarem Gartenboden um.

Nicht nur ihre Ausscheidungen sind gefragt, vielfach werden die nützlichen Tiere auch als Viehfutter verwendet. Getrocknete Würmer bestehen zu 72 % aus wertvollem Eiweiß mit seltenen Aminosäuren.

Auch in der Bundesrepublik existieren einige Regenwurmzüchter. Die Anlagen sind aber weniger als echte Zuchtstätten, sondern mehr als Regenwurmvermehrungsanlagen anzusehen. Als ein leistungsstarker Regenwurm wird der "Tennessy-Wiggler" gepriesen. Der Name dürfte eine Handelsbezeichnung sein, aber nicht einer Regenwurmart oder Gattung entstammen.

Der Rotteprozeß in einem Komposthaufen kann durch zugesetzte Regenwürmer auf jeden Fall beschleunigt werden, nur müssen etwa auftretende hohe Temperaturen erst auf unter 30 Grad Celsius absinken, weil sonst die Würmer bei großer Hitze eingehen.

Was aber in einem Komposthaufen gelingt, weil dort für die Regenwürmer ein optimales Futterangebot vorliegt, läßt sich nicht ohne weiteres auf einen Acker übertragen. Das würde allein den Gesetzen der harmonischen Bodenbesiedlung keinesfalls entsprechen. Das Gelingen, Regenwürmer im Ackerboden "einzubürgern" ist abhängig vom

- ..pH-Wert des Bodens (Kalkzustand)
- ..Humusgehalt
- ..Garezustand
- ..Wasserhaltevermögen

Durch den alljährlichen Ernteentzug und der damit verbundenen Armut an Humusstoffen, ist ein Acker für die Würmer ein recht ungünstiger Lebensraum. Besser ist es, den einfachsten (biologischen) und sichersten Weg zu gehen und die natürlichen Voraussetzungen für die Entwicklung der Regenwürmer zu schaffen. Dazu zählen: geeignete Fruchtfolge, Bodenbedeckung (Flächenkompostierung), eine ordentliche Humuswirtschaft, Anwendung von Urgesteinsmehl, Vermeidung von wasserlöslichen Düngesalzen und Unterbindung von Fäulnis im Boden, das heißt, Stallmist, Gülle und Jauche der Rotte zu unterziehen.



Prof. Dr. Ehrenfried Pfeiffer (USA) im Gespräch mit dem Verfasser über Kompost und Regenwürmer an der Regenwurm-Zuchtanlage (1960) im Frankfurter Stadtwald (4)

Dünger und Regenwürmer

Unter dieser Überschrift brachte das Bayerische Landwirtschaftliche Wochenblatt vom August 1968 folgende aufschlußreiche Mitteilung:

"Neuere Untersuchungen auf dem Universitätsgut Dikopshof bei Bonn bestätigen den stärkeren Regenwurmbesatz auf Stallmistparzellen, auf denen der Regenwurm-Kotanteil je qm 1,5 bis 3,4 kg pro Jahr betrug und auf stallmistfreien Parzellen auf 0,7 bis 2 kg abfiel.

Verschiedentlich lagen nach Düngung mit Kalkammonsalpeter und Ammonsulfatsalpeter tote Regenwürmer an der Oberfläche. Ammoniakbildung oder Bildung von Schwefelwasserstoff können das Absterben verursachen. Fest steht, daß reiche Handelsdüngergaben durch eine Stoßwirkung die im Boden bestehenden Lebensgemeinschaften schädigen und zur Verarmung beitragen. Das gilt auch für sehr hohe Kalkgaben.

Das stärkste Absterben der Regenwürmer trat nach Düngung mit unverrotteter Jauche und frischer Gülle auf. Die Mengen an toten Regenwürmern waren auf dem belebten Grünland besonders hoch. Schließlich lassen sich auch die Erkrankungen und Vernichtung wertvoller Bodentiere durch schädliche Abwässer und chemische Pflanzenschutzmittel nicht übersehen."

Anderen Berichten zufolge wurden nach einer Engerlingsbekämpfung eines Wiesenbodens der Regenwurmbesatz um 75 % reduziert.

Aufschluß von Nährstoffen durch die Regenwürmer

Im Darm der Regenwürmer erfährt die aufgenommene Erde eine Umwandlung. Wiederholt wurde Regenwurmkot untersucht und dabei eine bedeutende Anreicherung von Nährstoffen gegenüber dem dazugehörigen Boden wie folgt festgestellt:

- 5 mal mehr Nitrat
- 7 mal mehr Phosphor
- 11 mal mehr Kalium
- 2,5 mal mehr Magnesium
- 2 mal mehr Kalzium.

Der Regenwurm produziert aber nicht selbst Nährstoffe, sondern die festgebundenen Mineralstoffe, die der Wurm mit der Erde ständig aufnimmt, werden im Darmkanal umgeformt und aufgeschlossen, so daß sie später von den Pflanzen leicht aufnehmbar sind. Die wasserlösliche Form der Exkremente und ihre ausgewogene Mineralmischung fördern das Pflanzenwachstum viel stärker als andere Erde.

Die Bedeutung der Regenwürmer für die Bodenbildung

Der Einfluß der Regenwürmer auf die Bodenbildung ist nicht hoch genug einzuschätzen und ist für die Landwirtschaft von überragender Bedeutung.

Schon im 15. Jahrhundert wurden die Vorzüge der Regenwurm-tätigkeit im Boden erkannt und zur Verbesserung des Ackerlandes gezielt ausgenutzt.

Das damalige Kloster Schussenried machte sich mit der Züchtung von Regenwürmern einen Namen. Welchen Wert man damals den Regenwürmern zuerkannte läßt sich daran erkennen, daß Zuchtstämme nur an katholische Herrschaftsgebiete abgegeben werden durften. Die Ackererde soll in diesen Gebieten auffallend fruchtbarer gewesen sein und gab Veranlassung zu dem Ausspruch: "Katholisch ist man überall dort, wo der Humus tiefer als zwanzig Zentimeter ist." Zu erklären wäre dies damit, daß es an der Arbeit des Regenwurms liegt, der fähig ist, jährlich mehr als 25 Tonnen Humus zu schaffen.

Die Aktivität der Regenwürmer ist am besten an den produzierten Kotkrümeln zu messen. DARWIN stellte Exkreme-nte im Gewicht von 45 t je ha und Jahr, die aus dem Boden-innern auf die Bodenoberfläche gefördert werden, fest. Allerdings liegen die Forschungen DARWIN's v o r dem Auftreten der LIEBIG'schen Doktrin und so hat er natür-lich nur biologisch, d.h. naturgemäß gedüngtes Garten-und Ackerland untersucht.

Die Regenwürmer bringen Unterboden aus verschiedener Tiefe um vieles verbessert, in die Oberbodenschicht. Man könnte nach DARWIN H u m u s definieren als die durch den Verdauungskanal der Würmer hindurchgegangene und um-gewandelte Erde.

Der Landwirt SCHULTZ-LUPITZ, bekannt durch die Einführung der Gründüngung mit Lupinen (Stickstoff-Versorgung!) auf leichten Sandböden, erkannte die Bedeutung der Regenwürmer für die Gesunderhaltung der Ackerböden. Er schlug 1891 die Bildung eines "Sonderausschusses für Regenwürmer" in der Ackerbauabteilung der "Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft" (DLG) vor.

Doch bald darauf begann der "Siegesszug" der von LIEBIG eingeführten Mineraldüngung. Von dem Zeitpunkt an wurde die Humuswirtschaft vernachlässigt und wer sich mit Regenwürmern beschäftigte, wurde nur mitleidig belächelt. Auch bis heute noch!

In Ackerböden Norddeutschlands wurden bis zu 30 t je ha und Jahr Regenwurmexkremete ermittelt. (FINCK) Das bedeutet, daß in etwa 10 Jahren die gesamte Krumenschicht von 15 cm des betreffenden Bodens den Muskelmagen der Regenwürmer durchwandert.

In unserer Klimazone erreichen die abgesetzten Kothäufchen kaum einige Zentimeter, während die tropischen Regenwürmer turmartige Kothaufen von 8 - 10 cm Höhe absetzen. Aus dem Sudan wird berichtet, daß im Tal des Weißen Nil in einer Nacht pro Hektar 5,5 Tonnen Erde ausgeworfen wurden.

Die Wurmgänge dienen den Pflanzen als Wachstumswege. Besonders die senkrechten Röhren sind bevorzugte Leitbahnen für das Eindringen von Pflanzenwurzeln in Tiefen von 2 bis 3 Meter, oft bis zum Grundwasser. Aus den Steppenländern des südlichen Ural sollen Regenwurmgänge bis zu 8 Meter Tiefe anzutreffen sein, die den Grundwasserspiegel erreichen.

Allgemein lassen sich zwei Sorten von Wurmgingen unterscheiden. Solche die die obere Region des Bodens durchziehen und vielfach horizontal verlaufen und kräftigere Gänge, die senkrecht in tiefe Schichten vorstoßen.



Regenwurmrohre bis in tiefe Bodenschichten (5)



Pflanzenwurzeln suchen mit Vorliebe die Regenwurmginge auf (6)

ARISTOTELES, der weise Grieche, nannte die Regenwürmer die "Eingeweide der Erde". Unsere Landwirte, die die Arbeit der Regenwürmer zu schätzen wissen, bezeichnen sie als "Bergleute unter Tag", als "Erdwühler" oder "Erdboden-Verdauer". Man spricht auch von der "Kuh im Acker", weil die tätige Regenwurm-Masse dem Gewicht einer oberirdisch zu ernährenden Kuh gleichkommt, ja sogar noch übertrifft.

Der Regenwurm wird auch als das wohltätigste Tier bezeichnet, weil er das Kultivieren des Bodens und das Einarbeiten des Düngers besorgt. Er ist der beste Helfer im Garten- und Landbau, er arbeitet unablässig und gratis. Als unentbehrliches "Bodenhaustier" wird er von Kleingärtnern geschätzt.

Regenwurmreiche Böden widerstehen der Erosionsgefahr in hohem Maße. Durch die Wühlarbeit und Auflockerung erfährt der Boden eine beachtliche Volumenzunahme, so daß eine bessere Verteilung von Luft und Wasser in ihm erfolgt.

Versuche ergaben, daß durch Einsetzen von Regenwürmern in einen "Testboden" die Wasserabsorption in einem Monat um 350 Prozent anstieg. Dadurch bilden Pflanzen und Bäume stärkere Wurzeln.

In einem anderen Versuch wurde festgestellt, daß Eichen in Waldboden mit starkem Regenwurmbesatz fast 30 Prozent schneller wachsen.

Außerdem fördert die bodenlockernde Tätigkeit der Regenwürmer das Gedeihen der a e r o b e n Bakterien. Dies hat zur Folge, daß die Zersetzung organischer Stoffe im Boden begünstigt, die Anhäufung von Säuren verhindert und der Fäulnis entgegengewirkt wird.

Durch die intensive Vermischung von organischen Substanzen mit anorganischen Partikeln im Darm der Würmer werden wertvolle Ton-Humus-Komplexe gebildet, so daß die Kotaggregate eine hohe Stabilität aufweisen.

Nach KUBIENA bestehen 50 % der organischen Exkremente der Würmer aus Huminstoffen. Das C : N-Verhältnis der Tierlosung von 10 : 1 spricht dafür, daß die Tätigkeit der Bodenfauna zur Bildung e c h t e r Humusstoffe führt.

Die Bodenstruktur wird in den von Regenwürmern bevölkerten Böden günstig beeinflusst. Durch die dauerhaften Gänge und Röhren, die als luftführende Poren wirken, gewinnt die Wasserführung an Wirksamkeit. Eine künstliche Drainage wird überflüssig; im Frühjahr trocknen diese Böden schneller als andere ab. Für die norddeutschen schweren Marschböden sind eine Vielzahl von Regenwurmgängen als Drainage zwecks Wasserführung eine zwingende Notwendigkeit. Oft fallen in dem Gebiet innerhalb von drei Tagen bis zu 100 mm Regen.

Aber nicht nur im Leben sind die Regenwürmer bedeutungsvoll für den Boden. Sie beeinflussen die Bodenbeschaffenheit sogar noch nach dem Tode. Bei der Zersetzung der im Erdreich abgestorbenen Würmer werden beachtliche Mengen Stickstoff-Verbindungen frei. Man rechnet mit einem jährlichen Stickstoffzuwachs von 90 kg bis 100 kg je ha. Ein regenwurmreicher Boden wird einen höheren Stickstoffgehalt aufweisen als einer mit schwacher Regenwurmbevölkerung. Das konnte durch Bodenuntersuchungen immer wieder bestätigt werden.

An Regenwurm-Biomasse wurden nach O.GRAFF auf einen Quadratmeter 100 bis 200 Gramm, in humusreichen Böden auch 400 Gramm festgestellt. Das entspricht einer Biomasse von 2 bis 4 t/ha und Jahr. (Gewicht eines Regenwurms: 2,5 g bei *Lumbricus terrestris*).

Auszählungen von Regenwurmröhren in guten Humusböden ergaben das erstaunliche Resultat von 600 Röhren je qm. (Röhren pro qm in 20 cm Tiefe). Vorsichtig angenommen, daß nur jede 10. Röhre mit einem Wurm besetzt ist, läßt sich der Regenwurmbesatz je Hektar mit 600.000 Stück errechnen, entsprechend einem Gewicht von 1,5 t/ha. Die doppelte, ja sogar dreifache Menge ist durchaus keine Seltenheit. Der Regenwurmbesatz, d.h. die Anzahl der Würmer je Quadratmeter schwankt natürlich je nach Bodenpflege und Humusgehalt außerordentlich.

Ein Boden in bester Gare sollte eine Regenwurm-Population von etwa 200 Tieren je Quadratmeter aufweisen. In unseren heutigen "Kulturböden" sind aber kaum noch Regenwürmer zu finden, vielleicht noch 2 bis 3 Würmer im Acker, meist aber gar keine.

Nicht allein der Regenwurm ist für die Fruchtbarkeit des Bodens verantwortlich; er lebt in einer sehr wirkungsvollen Symbiose, einer Lebensgemeinschaft mit einem Heer von anderen Bodenklein- und Kleinstlebewesen. Das gilt insbesondere für die Borstenwürmer, die zu der Familie der Enchytraeidae gehören.



Enchyträe stark vergrößert (7)

Es sind kleine weißliche bis gelbliche Würmchen von 2 bis 30 Millimeter Länge. Sie leben in der Laubstreu und in der obersten Bodenschicht. Im lehmigen Sand- und Humusboden kann die Individuenzahl je Quadratmeter auf 150.000 ansteigen. Die Enchyträen ernähren sich von den aus Bakterien und Protozoen gebildeten Schleimüberzügen älterer Blätter, auch von Staub, Pollen und Kotresten anderer Bodentiere. Sie können sich nützlich durch den Verzehr von pflanzenparasitären Nematoden erweisen. Die Kotkrümchen der Borstenwürmer tragen ebenfalls zur Humusbildung bei.

In einem Bericht aus dem Jahre 1937 über die bei der Überschwemmungskatastrophe im Gebiet des unteren Mississippi entstandenen Schäden heißt es:

"Das größte Unheil, das durch eine tiefe und langandauernde Überschwemmung von fruchtbarem Land hervorgerufen werden kann, ist die Vernichtung der Regenwürmer, denn dadurch wird auf lange Zeit die Fruchtbarkeit aufgehoben."

Nach der Überflutung weiter Gebiete der Niederlande durch Deichbrüche horchte damals die Welt auf, als die USA zwecks Rekultivierung der geschädigten Ländereien tonnenweise Regenwürmer als Spende zur Verfügung stellte.

Regenwürmer und Kompost

Während im Ackerboden unserer Klimazone nach O.GRAFF im Mittel nur vier Regenwurmarten vorkommen (Grünland 26, Wald 30), ist im Komposthaufen neben dem allgegenwärtigen *Eisenia foetida* selten noch eine andere Art anzutreffen. Die Anzahl der sich vermehrenden Würmer ist naturgemäß von der Zusammensetzung und Beschaffenheit des Kompostgutes abhängig.

In organischen Abfällen, vermischt mit Rindermist unter Zugabe von Urgesteinsmehl, Algenkalk und Bentonitmehl, vermehrten sich *Eisenia foetida* geradezu explosionsartig. Wer schon einmal ein solches kleines "Naturwunder" gesehen hat, wird das Bild kaum wieder vergessen.

Schon kurze Zeit nach dem Ansetzen eines Komposthaufens nehmen die aus der Umgebung eingewanderten Regenwürmer ihre Arbeit auf. Sie verlassen ihn wieder, wenn sämtliche organischen Stoffe aufgearbeitet sind. Ein Umsetzen des Kompostes ist dann nicht mehr nötig.

Von einem landwirtschaftlichen Betrieb, der 1950 auf Kompostwirtschaft umgestellt wurde, ist folgendes zu berichten:

Unter Kontrolle wurden im fertigen Stallmist-Kompost 6 bis 8 % lebende Regenwurm-Masse errechnet, in 1 cbm Mistkompost 48 - 64 kg Würmer. (Raumgewicht des Kompostes: 1 cbm = 800 kg)

Von diesem mit *Eisenia foetida* angereichertem Kompost gab der Bauer seinen Jungschweinen, die stark unter "Pechräude" an den Ohren litten (schwarzer schorfartiger Belag), täglich einen Eimer voll als Beifutter. Die Tiere nahmen es gierig bis auf die letzten Krümel auf. Die Hautkrankheit heilte in kurzer Zeit aus.

In Versuchen über "Regenwürmer und Pflanzengesundheit" konnte SPANNAGEL zeigen, "wie in Verbindung mit den übrigen Bodenkleintieren durch die Regenwürmer und vor allem durch die in den Kottauswürfen sich vermehrenden Mikroorganismen in einem solchen Maße antibiotische Stoffe im Boden aktiviert werden können, daß die vorher von Schädlingen geschädigten Pflanzen wieder voll zu gesunden vermögen."

In der Fachwelt berühmt geworden sind die zuverlässigen Angaben eines prominenten Landwirtes in den USA (SHEFFIELD-OLLIVER), der ein 70 ha großes Gut auf flachgründigem Boden bewirtschaftete. In dem Bericht wird angeführt, daß das Herzstück des Betriebes der Komposthaufen war und die Kompostwirtschaft mit Hilfe des Regenwurmes betrieben wurde. Unter günstigen Umweltbedingungen und bei reichlichem Angebot von Nahrungsmaterial wurden bei gewissen Stämmen von Regenwürmern eine Zahl von über 60.000 Stück je Kubikmeter Kompost festgestellt. Regenwürmer in so hoher Zahl verarbeiten einen Kubikmeter Kompostmasse vollständig im Verlauf eines Monats.

Zur Düngung der Äcker und Wiesen wurde niemals roher Stalldung, sondern stets nur fertiger Kompost verwendet. In mehr als 60 Jahren gab es auf dem Gutsbetrieb keine Mißernte.

Der Regenwurmbesatz im Ackerboden wurde mit weit mehr als eine Million je 40 ar errechnet. Das entspricht 250 Regenwürmern auf dem Quadratmeter (d.s. 2,5 Millionen je ha!). Allerdings wurde auch der Fruchtfolge mit einem Klee-Gras-Schlag große Beachtung geschenkt. Der erste Schnitt wurde als Heu eingebracht, anschließend der Schlag beweidet und der letzte Austrieb als Gründüngung untergepflügt. Auf diese Weise wurde jenes Ackerland mehrere Monate während der Vegetationszeit als Grünland vollkommen in Ruhe gelassen, so daß sich die Regenwürmer in dieser Zeit ganz ungestört vermehren und ihrer Arbeit am Aufbau des Bodens nachgehen konnten.

Der Berichterstatter ist fest davon überzeugt, daß der Einsatz des Regenwurms zu den wichtigsten Aufgaben zählt, wenn unsere Böden noch gerettet werden sollen.

In der Zeitschrift "BODEN und GESUNDHEIT" berichtete Verfasser 1964 in dem Artikel "Bodenbiologie und Wasserhaushalt" u.a. auch über "Kompost und Regenwürmer". Dort heißt es:

"Zwei benachbarte Rübenschläge - sagen wir A und B - mit gleichen Bodenverhältnissen grenzten aneinander. Das Rübenfeld A war, wie sich später mit Hilfe der Spatendiagnose herausstellte, pflugsohlenverdichtet und bis zur Krume strukturgeschädigt. Das Feld machte oberflächlich einen guten Eindruck, die Saat war aufgegangen.

Rübenfeld B wies keine Pflugsohlenverdichtung auf, dort wurde mit einem "Schälwühlpflug" nach der Methode "flach wenden, tief lockern" gearbeitet. Es gab keinen Stallmist einzupflügen, dafür aber wurde erstklassiger, krümeliger Mistkompost nur leicht eingearbeitet. Der Boden war intensiv belebt und hatte die gewünschte Krümelstruktur. Die aufgegangene Saat zeigte ein wesentlich dunkleres Grün (ohne Stickstoff-Peitsche) als die nachbarliche Rübensaat.

Eines Tages, einer Sintflut gleich, ergoß sich ein Gewitter-Regen auf beide Rübenäcker.

Auf Schlag B konnte nach einem halben Tag Pause wieder gearbeitet werden. Das Regenwasser war von dem humusreichen, mit Regenwurmgingen durchzogenen Boden wie von einem Schwamm aufgesaugt worden. Unglaublich, welche Wassermengen so ein gesunder Boden zu fassen vermag.

Der Bauer des Feldes A traute seinen Augen nicht, als er am nächsten Morgen anrückte, um ebenfalls Pflegearbeiten auszuführen. Aber es war unmöglich, auch nur ein paar Schritte auf den Rübenacker zu setzen. Erst nach drei Tagen konnte das Feld einigermaßen betreten werden. Das kostbare Wasser mußte erst durch Wind und Sonne verdunsten, die Bodenoberfläche verkrustete, die Pflanzen litten unter Sauerstoffmangel, der Arbeitsaufwand für Pflegearbeiten stieg beträchtlich, die Ernte befriedigte keinesfalls. Das Wasser war unwiederbringlich verloren, eine nachfolgende Trockenperiode brachte keinen Ersatz.

Zu allem Mißgeschick wurde der prächtig stehende Roggen und Weizen kurz vor der Ernte durch starke Niederschläge so "zusammengewalzt", daß kaum noch ein Halm aufrecht stand. Dieser "wassergeschädigte" Bauer zog noch im selben Jahr die Konsequenz und stellte - wie viele andere Bauern der Gegend - seine bisherige Mineraldüngerwirtschaft auf H u m u s -Wirtschaft um und wurde somit ebenfalls zum "Humusbauer".

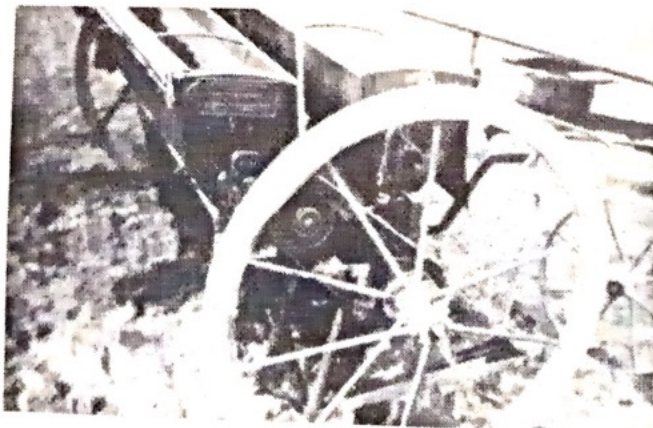
Die Preisendüngung mit Regenwurm-Kompost

Von einem interessanten Versuch Anfang der fünfziger Jahre ist zu berichten: Aus einem vorzüglich gepflegten, von unzähligen Regenwürmern aufgearbeiteten Mistkompost wurde je nach Bedarf ein Teil abgesiebt. (im Bild links oben)

An einer Drillmaschine wurde ein zweiter Kasten zur Aufnahme von Kompost angebracht. Aus diesem fielen bei der Aussaat von Getreide und Raps gleichzeitig geringe Mengen des Kompost-Konzentrates - als Preisendünger - in die Saatrillen. Den jungen Pflanzenwurzeln standen dadurch für ihre Entwicklung sofort hochwertige, schnell aufnehmbare Nährstoffe zur Verfügung. Die oft üblichen Auswinterungsschäden bei Wintergetreide und Raps konnten durch die Kompost-Preisendüngung völlig ausgeschaltet werden. Eine beachtliche Steigerung der Widerstandskraft der Pflanzen und Ertragssteigerung wurde festgestellt.



gepflegte Stall-
mistkompostmieten
(1954) (8)



umgebaute Drill-
maschine für die
Preisendüngung mit
Regenwurm-Kompost
(9)

Abschließend sei noch des Altmeisters der Bodenbiologie gedacht, des damals sehr geschätzten Landwirtes KARL STELLWAG (1873 - 1963), dem Verfasser von "Kraut und Rüben". Er ist noch heute das große Vorbild für die Verfechter der Kompostierung.

Hier einige seiner bemerkenswerten Äußerungen:

"Das innere Leben des Bodens hat seine eigenen Gesetze! Und mit der Chemie gerät man immer wieder in Widerspruch. Die stark chemisch behandelten Felder verlieren ihren Humusgehalt, neigen zum Fließen und nehmen zu wenig Niederschlag auf, der oft in viel zu großen Mengen oberirdisch abfließt. Das wird natürlich bestritten, ist aber doch so!"

"Man hat mich jahrzehntelang als Regenwurmverehrer belächelt, aber meine Felder mit ihrem reichen Regenwurmbestand haben Trockenzeiten stets besser überstanden als die ganze Umgebung. Heute bin ich, durch lange Beobachtungen felsenfest überzeugt, daß zuviel Wasser oberirdisch abläuft, bei gleichzeitigem Absinken des Grundwassers."

"Wir wissen, daß der Regenwurm vor den chemischen Triebmitteln flüchtet. Es ist daher bestimmt nicht gleichgültig, ob die 2 bis 4 Millionen Regenwürmer, die in der Ackerkrume eines Hektars sich aufhalten, sich wohl fühlen und gedeihen, oder ob sie krank werden und abnehmen. Nach P.MÜLLER erzeugen Regenwürmer in einem Hektar humosen Erdboden eine Million (und mehr) Regenwurmröhren. Daß sich diese Feindränage beim Schlucken des Regens wie ein Schwamm verhält, ist selbstverständlich; aber Regenwürmer treten nur in biologisch bewirtschafteten Böden in solchen Mengen auf."

"Nach der mineralischen Zusammensetzung des Bodens habe ich nie gefragt, das macht nur irrt, die Wurmlöcher haben mir den Weg gewiesen."

"Wie oft habe ich die Fruchtfolge nach Regenwurmhäufchen bestimmt, da ist kein Irrtum möglich. Sind im Boden viele Regenwurmlöcher und ist der Boden von dem Auswurf dieser Feindränagemeister bedeckt, dann wächst alles! Ob die Mineralstoffbilanz stimmt oder nicht, entscheidend für die Fruchtbarkeit des Ackers ist das innere Leben des Bodens."

In einem Gespräch mit dem Verfasser (1944) erklärte KARL STELLWAG s e i n e Bodenanalyse: "Ich zähle hinter dem Pflug hergehend die Regenwürmer. Bei 70 bis 80 Würmern auf 10 Schritte wächst alles, ob Getreide oder Hackfrucht, das ist die beste Bodenanalyse."

Regenwurm und Bodengare

Erst wenn wir wissen, was e c h t e Gare eigentlich ist, wie sie zustande kommt und welche Funktion sie hat, werden wir verstehen, daß der Regenwurm am Aufbau und der Erhaltung der Gare maßgeblich beteiligt ist. Wie überall im Naturgeschehen, so müssen auch hier die Vorgänge im Boden vom GANZEN betrachtet und beurteilt werden.

Die Bodengare ist ein Organ im Bodengefüge und hat im Substanzkreislauf hochwichtige Aufgaben zu erfüllen.

Rein äußerlich betrachtet ist ein garer Boden locker, elastisch und krümelig. Stabile Krümel, die der verschlammenden Einwirkung des Wassers widerstehen, können aber nur in einem b e l e b t e n Boden entstehen, in dem die Bodenkleintiere und Mikroorganismen mit ihren Schleimmassen, Mycelen und Hyphen die einzelnen Bodenteilchen zu lebenden Brücken und Organismenketten verbinden und somit dem ganzen Gefüge Festigkeit und Elastizität verleihen.

Diesen Vorgang bezeichnete einst SEKERA als "Lebendverbauung der Krümelstruktur." Mangelt es den Regenwürmern und anderen Bodenkleintieren an Nahrung (Nährdecke!), so hört die Lebendverbauung auf, die Krümelbeständigkeit schwindet wieder. Die durch die Wühlarbeit der Regenwürmer entstandenen Spalten und Poren dienen der Luftzufuhr und dem Gasstoffwechsel in der Garezone. Schließlich sorgt das Leitungssystem (Röhren, Gänge) der Regenwürmer dafür, daß starke Niederschläge abgeleitet und wie von einem Schwamm aufgesaugt werden. Die Regenwurmkremente tragen ihrerseits als Stützaggregate zur Erhaltung einer stabilen Bodengare bei.

Dagegen werden bei einer durch Bodenbearbeitungsgeräte hergestellten künstlichen Gare (Scheingare) die Hohlräume schon nach einigem Regen zusammenbrechen, der Boden fließt zusammen und verkrustet, die Bodengare wird zerstört.

Clevere Geschäftsleute bieten klebfähige Kunststoffe (Krilium) an und glauben, damit eine natürliche Gare herstellen zu können. Die Bodengare ist aber weit mehr als nur ein mechanisch-physikalisches Hohlräumssystem.

Der Regenwurm hilft Energie sparen

Strukturgeschädigte Böden sind meist humusarm, ohne natürliche Bodengare und arm an Bodenleben. Die Erträge müssen mit hohem Mineraldüngeraufwand erkaufte werden. Durch den großen Anteil von Ballaststoffen, meist Schwefelsäure- und Chlorreste der Düngemittel, werden die wichtigen Bodenfeinstteilchen, die Kolloide, stark beeinträchtigt. In solchen Böden ist das Gleichgewicht gestört, sie haben ein mangelhaftes Porenvolumen, sind der Verhärtung ausgesetzt und trocknen sehr schnell aus.

Man muß selbst erlebt haben, wie schwer und mit welchem hohen Geräteinsatz und Energieverbrauch diese garelösen Böden zu bearbeiten sind. Vollkommen andere Verhältnisse herrschen auf den Äckern, die biologisch-naturgemäß bewirtschaftet werden. Da, wo Humusgehalt, Bodenleben, Garezustand und Wasserhaushalt in Ordnung sind und eine reiche Regenwurm-Population für gute Drainagearbeit und Bodenlüftung sorgt, wird für die maschinelle Bodenbearbeitung weniger Zugkraft und somit weniger fossiler Kraftstoff benötigt, als in den strukturgeschädigten Ackerböden.

Unsere besten Helfer im Acker, die Regenwürmer, tragen also auch zur Energie-Einsparung bei.

Die Chance für den Land- und Gartenbau

Namhafte Wissenschaftler geben mit erstaunlicher Offenheit zu, daß durch die zunehmende Intensivierung der Landwirtschaft in den letzten Jahrzehnten die natürlichen Lebensgemeinschaften unserer Äcker weitgehend gestört und schließlich völlig vernichtet werden. Die Vernachlässigung der Humuswirtschaft zugunsten der Mineraldüngung, die vermehrte Anwendung schwerer Maschinen, der verstärkte Einsatz von chemischen Schädlings- und Unkrautbekämpfungsmitteln werden dabei ins Feld geführt. Die Folgen sind bereits erkennbar:

Biochemische Veränderungen innerhalb der Ackerbiozöten zeigen, daß die stoffliche Zusammensetzung und damit die biologische Qualität der Nahrung ungünstig beeinflusst wird.

Die hervorragenden Leistungen der Regenwürmer für das gesamte Ökosystem Boden sind Anlaß genug, alles daran zu setzen, diese nützlichen Bodentiere zu fördern.

Der biologische Landbau (biol.-dyn. und org+biol.Richtung) erfüllt die Voraussetzungen für eine starke Regenwurm-population gegenüber dem konventionellen Landbau am ehesten. Während Letzterer in verstärktem Maße wasserlösliche Düngesalze neben Schädlings- und Unkrautbekämpfungsmittel einsetzt, welche die Regenwürmer stark dezimieren, in vielen Fällen ausrotten, verwendet der biologische Landbau weder wasserlösliche Düngesalze und Chemikalien, noch unverrottete Gülle oder Jauche und unbehandelten Stalldünger. Damit sind schon die wesentlichsten Forderungen für ein gesundes Gedeihen der Bodenlebewesen erfüllt.

Die besten Lebensbedingungen für die Bodenfauna und Mikroorganismen - das sei noch einmal zusammengefaßt - sind von folgenden Maßnahmen abhängig:

- ..von einer gesunden Fruchtfolge,
- ..von einer Bodenschichten schonenden Bearbeitung,
- ..vom Kalkzustand (pH-Milieu) des Bodens,
- ..vom Einsatz der Urgesteinsmehle (Spurenelemente),
- ..von einem "immergrünen" Acker,
- ..vom verstärkten Zwischenfruchtbau (Gründüngung),
- ..von einem mehrjährigen Klee-Gras-Schlag, sofern die Verhältnisse es erlauben,
- ..von aerober Stallmist-Rotte oder Flächenkompostierung,
- ..und schließlich von der Erhaltung einer echten Bodengare.

Erst wenn der "Futtertisch" für die Regenwürmer als leistungsstärkste Gruppe der Bodentiere gut vorbereitet ist, sind die wichtigsten Voraussetzungen für einen hohen Regenwurmbesatz und für die Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit erfüllt.

Eine viehlose Wirtschaftsweise, ohne Stallmistproduktion und ohne Futterbau, aber getreidereicher Fruchtfolge, ist in besonders hohem Maße von einem aktiven Bodenleben abhängig. Viehlose Betriebe sind in sich unökologisch. Sie können nur dann mit Erfolg biologisch arbeiten, wenn die Fruchtfolge gut ist!

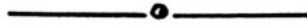
Fruchtfolge u n d Gründüngung (mit möglichst viel Weißklee) sind die F u n d a m e n t e im biologischen, wie auch viehlosen Landbau. Sie sind aber auch die Grundlage für das Leben und den Bestand der "regen Würmer".

Die Nutzbarmachung von Wurmkulturen

Erfreulicherweise ist erst vor kurzem hier zu Lande ein entscheidender Schritt zur Erforschung und Nutzanwendung von Regenwürmern getan worden. Zum Jahresanfang (1981) wurde in Wiesbaden der "Förderverband zur Nutzbarmachung von Wurmkulturen e.V." mit Prof. Dr. OTTO GRAFF als Präsident an der Spitze, gegründet. Der Zweck des Verbandes ist die Förderung aller Forschungen und Erprobungen auf dem Gebiete der Wurmkulturen. Ein bedeutsamer Vorgang zur rechten Zeit.

In vielen Ländern der Erde, insbesondere in USA, Japan und UdSSR, werden große Anstrengungen zur Nutzbarmachung von Wurmkulturen bei der Beseitigung organischer Abfälle, zur Stabilisierung und Verwertung von Klärschlämmen und sogar zur Herstellung von proteinreichem Tierfutter, unternommen. Der Verband will dazu beitragen, anstehende Umweltprobleme lösen zu helfen durch Sammlung aller bisher erzielten Erkenntnisse der Forschung, durch Verbreitung von Systemen und Anwendungsmöglichkeiten auf diesem Spezialgebiet und durch Förderung internationaler Zusammenarbeit.

Möge diese Arbeit sich auch für den deutschen Land- und Gartenbau segensreich auswirken !



Literatur

- F.CASPARI "Fruchtbarer Garten", Hanns
Georg Müller-Verlag, Krailling
1960
- H.FÜLLER "Die Regenwürmer", Ziemsen-Verlag,
Wittenberg 1954
- O.GRAFF "Die Regenwürmer Deutschlands",
Verlag Schaper, Hannover
- G.TROLLENIER "Bodenbiologie", Franck'sche Ver-
lagsbuchhandlung, Stuttgart 1971
- K.STELLWAG "Kraut und Rüben", Hanns Georg
Müller Verlag, Krailling bei
München 1953

N A C H T R A G

In der Bundesrepublik blüht gegenwärtig das Geschäft mit der Anzucht und dem Vertrieb von Regenwürmern. Bedauerlicherweise werden in Werbeschriften oftmals unsachgemäße und irreführende Angaben über die Verwendung von Regenwurmkulturen gemacht, so daß mancher Gartenfreund verunsichert wird.

Dieser Nachtrag soll dazu beitragen, grundlegende Fragen zu klären.

Wie im Kapitel "Regenwürmer und Kompost" erläutert wurde, ist in einem Komposthaufen stets nur der rote Kompostwurm "*Eisenia foetida*" anzutreffen, selten noch eine andere Regenwurmart. Im Acker- und Gartenboden wiederum kommen in unserer Klimazone andere, etwa 2 bis 4 Regenwurmartarten vor.

Genauer gesagt: Im Kompost- oder Dunghaufen (nicht mehr erhitzt) arbeiten ausschließlich die oben genannten *Eisenia foetida*.

Im Acker/Gartenboden dagegen ist der bläulich-graue "*Lumbricus terrestris*", ein typischer Erdwurm, größer als der rote Kompostwurm, heimisch. Dort können am selben Standort Unterschiede in der Besiedlung auftreten und "*Allolobophora longa*" (rauch-grau) noch hinzutreten.

Diese gravierenden Unterschiede:

Die roten Kompost-Mist-Würmer (*Eisenia foetida*) im Kompost- und Dunghaufen arbeitend und die längeren bläulich-grauen Erdwürmer (*Lumbricus terrestris*), im Erdreich lebend, sind den praktischen Gärtnern und Landwirten seit jeher bekannt. Die Lebensweise der *Eisenia foetida* (Kompost/Mistwurm) und der Lumbriciden sind grundsätzlich voneinander verschieden!

Die roten Kompostwürmer vermehren sich viel schneller als die Acker/Gartenwürmer, sie haben auch durch das reiche Futterangebot im Komposthaufen weit bessere Lebensbedingungen als der Erdwurm im freien Feld.

In Amerika wurde anfangs der rote Kompostwurm - dort als "Tennessee-Wiggler" bezeichnet - in Aufzuchtkästen vermehrt, um den Angelköderbedarf der Sportangler zu befriedigen. Als "Abfallprodukt" fällt aus dem ursprünglichen Regenwurm-Futter durch Umwandlung der organischen Substanz im Darmtraktus der Tiere ein Regenwurm-Kompost-Konzentrat an, welches als wertvoller Humus im Gartenbau und in der Landwirtschaft Verwendung findet. Aus diesen Anfängen heraus entwickelte man in den USA auf kommerzieller Basis ein Verfahren zur Umwandlung organischer Haus- und Industrieabfälle in Humus mit Hilfe der Regenwürmer.

Wie sieht es hierzulande aus?

Die deutschen Wurmhändler vermehren (zum Unterschied von züchten) fast ausschließlich den roten Kompostwurm (*Eisenia foetida*) unter dem Namen "Tennessee-Wiggler" oder "Rotwurm" und sorgen für einen guten Absatz ihrer Produkte.

Unsicherheit unter den Gartenliebhabern entsteht aber, wenn zum Beispiel in einer Tennessee-Wiggler-Anpreisung zu lesen ist, daß dieser "Spezialwurm" die Wurzeln schont, während unsere einheimischen Regenwürmer die jungen Pflanzenwurzeln anfressen würden. Damit ist aber auch gesagt, daß unsere einheimischen Regenwürmer, wie die Lumbriciden, zu Schädlingen würden. Oder wenn es in einer Veröffentlichung heißt: "Den Tennessee-Wiggler kann man direkt auf die Beete bringen".

Zunächst: Seit DARWIN's Forschungen über den Regenwurm, also seit 100 Jahren steht fest, daß die Regenwürmer **k e i n e** Pflanzenwurzeln anfressen oder schädigen (s.a. Kapitel:"Lebensweise der Regenwürmer", Seite 7).

Die Empfehlung und Aussage, Kompostwürmer, also auch die Tennessee-Wiggler direkt auf die Gartenbeete zu bringen, ist unrichtig und unvollständig. Die lichtempfindlichen Geschöpfe würden sofort den Lichttod erleiden, ehe sie sich in das schützende Erdreich verkriechen könnten. Tragen die Beete dagegen eine Bedeckung (Flächenkompostierung), so können Kompostwürmer **a u f** den Flächenkompost gebracht werden. Sie werden sich eiligst in das Bedeckungsmaterial zurückziehen und dort ihre Arbeit fortsetzen.

Die Käufer von Regenwürmern sind schlecht beraten, wenn ihnen nur gesagt wird, man könne Würmer samt Brut und Eikapseln **a u f** den Erdbogen bringen, um ihn fruchtbarer zu machen. Von Natur aus ist der rote Kompost/Mistwurm (*Eisenia foetida*) dazu befähigt, organische Abfälle unter aeroben Bedingungen (Rotte) in eine stabile Humusform (Kompost) umzuwandeln, nicht aber den Erdboden zu besiedeln wie dies durch die Lumbriciden geschieht.

Leider hört bei den meisten Händlern mit dem Verkauf der Regenwürmer das Interesse an weiteren Lebensabläufen im Boden auf.

Kleingärtner, die oft ohne Dung auskommen müssen, vielleicht auch keinen Kompost zur Verfügung haben (was selten vorkommen wird), können jedoch mit Hilfe der Erdwürmer (Lumbriciden) ihren Gartenboden verbessern und die Fruchtbarkeit mehren. Zu diesem Zweck wird gelegentlich im Handel der "Große Garten-Regenwurm" angeboten. Es ist anzunehmen, daß dieser mit dem *Lumbricus terrestris* identisch ist. Er vermehrt sich wesentlich langsamer als der *Eisenia foetida*.

Man kann aber auch selbst eine Anzahl Erdwürmer einsammeln und in geeigneten Kästen die Vermehrung vornehmen. Das etwas mühsame Einsammeln der Erdwürmer geht am besten so vor sich:

In einem passenden Gelände legt man angefeuchtete alte Säcke oder Pappe aus. Bei Regenwetter sammeln sich unter dem Abdeckmaterial viele der Erdwürmer an. Sie können den Grundstock für eine bescheidene Anzucht bilden. Die Würmer dürfen beim Ausbringen aber nur bei bedecktem Himmel ins gut gelockerte Erdreich eingebracht werden, sie würden sonst unter dem tödlichen Einfluß des Tageslichtes zugrunde gehen.

Wir können festhalten:

„Hast du ein kleines rotes Würmli in der Hand -
dann ist's ein Kompostwurm, auch *Eisenia foetida* genannt.
Er bringt es fertig, als Vertreter seiner Rasse,
Humus zu schaffen aus organischer Masse.

Sein dicker langer Vetter, der arbeitet unter Tage als
Feindrainage-Meister.

Als Erdwurm ist er Ortsbekannt, *Lumbricus terrestris*
heißt er.

Er verrichtet seine Arbeit in Garten und Feld,
weil's ihm im Komposthaufen nicht gefällt!“

