

BUND Region Hannover
Goebenstr. 3a / 30161 Hannover
bund.niedersachsen@bund.net
bund.hannover@bund.net

Bodenleben fördert Bodenfruchtbarkeit

Im Rahmen des internationalen Jahr des Bodens

30. Oktober 2015 in Hannover

Tagungsort: üstra-Remise - Goethestr. 19 - 30169 Hannover

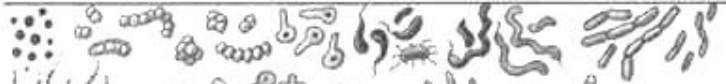





















Foto : „Bodenfruchtbarkeit“ mit freundlicher Genehmigung von Thomas Alföldi – FIBL Schweiz

Bund für
Umwelt und
Naturschutz
Deutschland



FRIENDS OF THE EARTH GERMANY

| | |
|---|--------------------------------------|
| Pflanzliche Mikroorganismen | |
|  | Bakterien 50 g 1 000 000 000 000 |
|  | Strahlenpilze 50 g 10 000 000 000 |
|  | Pilze 100 g 1 000 000 000 |
|  | Algen 1 g 1 000 000 |
| Tierische Mikroorganismen | |
|  | Geißeltierchen 500 000 000 000 |
|  | Wurzelfüßer 10 g 100 000 000 000 |
|  | Wimpertierchen 1 000 000 |
| Kleintiere | |
|  | Rädertiere 0,01 g 25 000 |
|  | Fadenwürmer 1 g 1 000 000 |
|  | Milben 1 g 100 000 |
|  | Springschwänze 0,6 g 50 000 |
| Größere Kleintiere | |
|  | Borstenwürmer 2 g 10 000 |
|  | Schnecken 1 g 50 |
|  | Spinnen 0,2 g 50 |
|  | Asseln 0,5 g 50 |
|  | Vielfüßler 4,5 g 300 |
|  | Käfer und Larven 1,5 g 100 |
|  | Zweiflüglerlarven 1 g 100 |
|  | übrige Kerbtiere 1 g 150 |
|  | Regenwürmer 40 g 80 |

„Bodenleben“ aus: Montgomery: Dreck (2010); mit freundlicher Genehmigung des Oekom-Verlags.

Inhaltsverzeichnis

Grußwort

Prof. Dr. Axel Priebis – Leiter Dezernat für Umwelt, Planung und Bauen – Region Hannover

Vorwort

Prof. Dr. Heike Bohne und Sibylle Maurer-Wohlatz

Kompensation der Treibhausgasemissionen der Tagung „Bodenleben fördert Bodenfruchtbarkeit“

Block 1 Die Bedeutung des Bodenlebens für die Bodenfruchtbarkeit

Dr. Ulrich Burkhardt – Senckenberg Museum für Naturkunde – Görlitz:

„Die Edaphobase – Datenbank Bodenzologie“

Prof. Dr. Michael Weiß – Steinbeis-Innovationszentrum Organismische Mykologie und Mikrobiologie:

„Die Bedeutung der Pilze für die Bodenfruchtbarkeit“

Prof. Dr. Volkmar Wolters – Justus Liebig Universität Gießen – Arbeitsgruppe Tierökologie:

„Die Bedeutung der Bodenfauna für die Bodenfruchtbarkeit“ (Beitrag als Handout)

Block 2 Die Bedeutung von Kompost und Pflanzenkohle für das Bodenleben

Dr. Holger Flaig – Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg:

„Bodenbearbeitung, Düngung und Kompost – wie das Bodenleben reagiert“

Prof. Dr. Bruno Glaser – Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg:

„Die Bodenbiologie der Terra Preta und was wir daraus für die moderne Pflanzenkohle-Forschung und – Anwendung lernen können“

Dr. Jörg Salamon – Tierärztliche Hochschule Hannover: „Mikrobielle Biomasse und Collembolen unter alten Holzkohlemeilern an einem Waldstandort im Nationalpark Kellerwald“

Kultur

Fräulein Brehms Tierleben „*Lumbricus terrestris* – Der Regenwurm, König von Edaphonien“ von und mit Barbara Geiger. Das einzige Theater weltweit, für gefährdete, heimische Tierarten. Artgerechte Unterhaltung nicht nur für Erwachsene.

Block 3 Praxisbeispiele: Bodenleben und Bodenbearbeitung

Sepp Braun, Landwirt – Freising: „ Bodenverdichtung vermeiden, Regenwürmer fördern, Symbiose von Landwirtschaft und Tierhaltung“

Daniel Fischer – Halle: „Mulch total – erfolgreiche Praxis für den Gartenbau“

Anhang: Fräulein Brehms Tierleben

Die Tagung und der Druck des Readers sind durch die freundlicher Unterstützung der Niedersächsischen BINGO Umweltstiftung und der Region Hannover ermöglicht worden!



Region Hannover

Grüßwort

**Prof. Dr. Axel Priebs – Leiter Dezernat für
Umwelt, Planung und Bauen – Region Hannover**



Sehr geehrte Damen und Herren,

mit der Ausrufung des Jahres 2015 als „Internationalem Jahr der Böden“ machen die Vereinten Nationen auf die Bedeutung der Böden aufmerksam. Der BUND greift dieses Anliegen mit der Tagung „Bodenleben fördert Bodenfruchtbarkeit“ auf, die sich einreicht in verschiedene Projekte und Maßnahmen, die durch die Region Hannover gefördert werden. Die faszinierende Welt der unzähligen Lebewesen im Boden soll dabei aus verschiedenen Blickwinkeln beleuchtet und Interessenten aus verschiedensten Gebieten zugänglich gemacht werden.

Böden sind als Lebensgrundlage von Flora und Fauna von erheblicher Bedeutung für das Ökosystem, für Land- und Forstwirtschaft, Ernährung aber auch für viele weitere Wirtschaftszweige. Sie dienen nicht nur zur Produktion von Nahrungsmitteln und nachwachsenden Rohstoffen, sondern binden auch Nährstoffe, sind unsere größte Filteranlage, speichern Wasser und sind einer der größten Kohlenstoffspeicher der Welt. Gleichzeitig gefährden z.B. Flächenversiegelung, unsachgemäße Düngung und Bewirtschaftung das Gleichgewicht der nicht-erneuerbaren Ressource.

Als Untere Bodenschutzbehörde ist die Region Hannover vor allem mit den schädlichen Verunreinigungen des Bodens durch industrielle Nutzung oder militärische Altlasten befasst. Der Boden wurde in der Vergangenheit nicht selten als „kostengünstige Deponie“ genutzt – mit allen Problemen die sich daraus für uns heute ergeben. Die Gefahren für Mensch und Umwelt so gering wie möglich zu halten und die Funktionen des Bodens bestmöglich wieder herzustellen, ist vordringliches Ziel unserer Arbeit.

Ich freue mich, dass die vielfältigen Aspekte, die mit dem Thema „Böden“ verbunden sind, im Rahmen der Tagung des BUND wissenschaftlich dargestellt und diskutiert werden können.

Auch der Klimaschutzbeitrag von Bodenfunktionen wird zunehmend wahrgenommen. Der BUND möchte deswegen mit der Tagungsorganisation auch einen Beitrag zum Klimaschutz leisten und beauftragt eine Kompensation der durch die Veranstaltungsaktivitäten ausgelösten Treibhausgas-Emissionen. Dieses aus dem Reisesektor bekannte Prinzip auf weitere Aktivitäten auszuweiten ist ein interessanter Ansatz, der ebenfalls im Rahmen der Tagung vorgestellt wird.

Ich lade Sie auch im Namen der Region Hannover herzlich zur Teilnahme ein und wünsche der Tagung einen erfolg- und vor allem erkenntnisreichen Verlauf.

Mit freundlichen Grüßen

Axel Priebs

Warum eine Tagung zu Bodenleben und Bodenfruchtbarkeit?

Unsere französischen Nachbarn kennen die alte Bauernweisheit „Der liebe Gott weiß, wie fruchtbare Erde gemacht wird und er hat sein Geheimnis den Regenwürmern anvertraut“¹. In Russland sprechen die Menschen liebevoll von „Mütterchen Erde“. Die Jahrtausende alten indigenen Kulturen der Neuen Welt verehren bis heute „Pacha Mama“ als fruchtbringende Mutter aller Geschöpfe. Heute ist Pacha Mama in Lateinamerika ein Symbol für eine bäuerliche Landwirtschaft, die respektvoll mit der nicht erneuerbaren Ressource Boden umgeht: ein lebendiges Geschöpf, dass es zu schützen und gegen alle „Angriffe“ wie Landgrabbing, industrielle Monokulturen und Zerstörung ihrer traditionellen, ertragreichen Landbaukulturen und Waldgärten zu verteidigen gilt.

Wie sieht es bei uns aus? Wir sprechen von der obersten Bodenschicht als „Mutter“-boden, der als besonders fruchtbar gilt. Wer in einem Neubaugebiet einen Garten anlegen will, versucht sich einen solchen Mutterboden zu beschaffen, so, als ob es sich um eine beliebig verfügbare Ware handelt, die an anderer Stelle abgekratzt, abgebaggert, zwischengelagert und aufgehäuft wurde und dessen komplexer Organismus bereits stark in Mitleidenschaft gezogen wurde.

Im internationalen Jahr des Bodens steht der fruchtbare Boden endlich im Fokus: Intakte Böden sind nach den Weltmeeren die zweitgrößten Kohlenstoffspeicher² und übertreffen damit noch die Speicherfunktion der Wälder³. Eine Handvoll Boden beherbergt mehr Lebewesen⁴ als auf ihm wachsen und wohnen. Fast vergessen schien in der öffentlichen Diskussion das grundlegende Werk des deutschen Bodenforschers Raul Francé, das erstmals 1911 erschienene „Edaphon“, in dem die Lebensgemeinschaft der Bodenlebewesen in ihrer Vielfalt und Bedeutung für die Bodenfruchtbarkeit beschrieben wurde. Auch das 2002 erschienene Werk von Erhard Hennig „Geheimnisse der fruchtbaren Böden“ folgt den „Spuren des Lebendigen“ und sieht die Humuswirtschaft als Bewahrerin unserer natürlichen Lebensgrundlagen an.

So stellt sich die Frage, ob jetzt die Zeit reif ist, den Boden nicht mehr als reine Art von Nährstoffbehälter anzusehen, der – je nach angebaute Kultur – mit mineralischem Dünger uns einen guten Ertrag und Ertragssteigerungen garantiert.

Und: Ist die Betonung der Bodenfunktionen, hohe Erträge zu ermöglichen, gerechtfertigt? Ist Bodenfruchtbarkeit, ausgedrückt in hohen Erträgen, die einzige oder wesentliche Funktion? Hat Boden mit seinen vielfältigen Lebensgemeinschaften einen Wert „an sich“ so wie es der Artenvielfalt oberirdisch lebenden Tier- und Pflanzenarten zugesprochen wird?⁵

¹ Dieu sait comment s'obtient la fertilité de la terre, il en a confié le secret aux vers de terre.

Quelle: <http://agriculture-de-conservation.com/L-importance-de-la-biodiversite-du.html>

² Quelle: Max-Planck-Institut für Biogeochemie: "Böden sind der größte terrestrische Speicher („Senke“) für

³ Quelle: <http://www.das-gold-der-erde.de> „Etwa 4/5 (81%) des weltweiten Kohlenstoffs, die am aktiven Kohlenstoffkreislauf in der Biosphäre beteiligt ist, werden in unseren Böden gebunden. Dazu stehen im Vergleich nur 19% im Pflanzenreich.

⁴ <http://hypersoil.uni-muenster.de/0/06/03.htm>

⁵ Der Eigenwert der biologischen Vielfalt wurde schon in der Präambel der Biodiversitäts-Konvention (1992) erwähnt.

Im Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG, §2(2)) ist zu lesen: „Der Boden erfüllt ... natürliche Funktion a) als Lebensgrundlage für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen, b) Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen, c) Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers...“.

Das klingt zunächst einmal sehr vielversprechend. Bei der Operationalisierung dieser Ziele bei der Lebensraumfunktion ist eine Konzentration auf den Begriff der natürlichen Bodenfruchtbarkeit festzustellen⁶. Natürliche Bodenfruchtbarkeit kennzeichnet die Fähigkeit eines Bodens, Pflanzen mit Nährstoffen und Wasser zu versorgen und damit Biomasse zu produzieren. Der Begriff der Bodenfruchtbarkeit orientiert sich damit im Wesentlichen am Ertrag und an chemisch-physikalischen Parametern. Anders ausgedrückt, lässt sich mit der entsprechenden Düngung - also auch mineralischer N-P-K - jeder „Mangel“ des Bodens ausgleichen.

Hier stellt sich die Frage, ob dies nicht letztendlich eine eingeschränkte Sichtweise ist und andere Lebensraumfunktionen damit in den Hintergrund gestellt oder sogar ausgeblendet werden.

Wo wird die Lebensraumfunktion für das Bodenleben operationalisiert? Ist nicht der Boden als Lebensraum für Mikroorganismen auch schützenswert? Welche Bedeutung hat die Artenvielfalt der Bodenorganismen sowie ihre Abundanz? Unter welchen Bedingungen entfalten Böden eine wichtige Funktion als Kohlenstoffspeicher und Kohlenstoffsenke und damit als Lebensraum für terrestrische Organismen?

Sicherlich ist die Naturnähe eines Bodens auch ein Kriterium (GeoBericht 26); aber reicht es aus, um Boden als Lebensraum für Bodenorganismen zu beschreiben. Es fehlen Hintergrunddaten zu Bodenlebewesen; zu wenig wissen wir noch über das komplexe Beziehungssystem der Organismen zueinander und zu viele Faktoren wirken sich auf das Bodenleben aus. Gibt es schon belastbare Indikatororganismen für einen gut belebten Boden (mit Ausnahme des Regenwurms, über den wir bereits seit Darwin viel wissen⁷) - was Abundanz und Artenzusammensetzung für bestimmte Bodentypen betrifft?

Diese Fragen sowie die These „Bodenleben fördert Bodenfruchtbar“ werden uns entlang der Tagung beschäftigen. Und wir wollen das Bodenleben würdigen: Nur dank der ungezählten Bakterien, Bodenpilze, Algen sowie Milben, Springschwänzen und Regenwürmern ist es möglich, abgestorbene Wurzeln, Laub und anderes organisches Material pflanzenverfügbar in den Kreislauf zurück zu führen und damit einen fruchtbaren Boden zu schaffen.

Das Leben im Verborgenen wird mit besonders fachkundigen Experten etwas ans Licht gebracht werden und wir hoffen, dass sich unsere Gäste von dieser komplexen Lebensgemeinschaft Boden faszinieren lassen.

⁶ GeoBericht 26, Bodenfunktionsbewertung auf regionaler und kommunaler Ebene, Leitfaden; Hrsg.: LBEG 2013

⁷ Neben den vielen Publikationen stellt die folgende einen gute, allgemein verständliche Zusammenfassung dar: Landinfo 1 / 2013; Dr. Otto Ehrmann, Büro für Bodenmikromorphologie und -biologie und Dr. Erich Unterseher, LTZ Augustenberg „Regenwürmer – wichtige Mitarbeiter im Betrieb“

Im ersten Block wird in das Thema eingeführt. Während das Bodenleben an Forschungsinstituten kaum noch thematisiert wurde, hat sich der Senckenberg-Forschungsverband kontinuierlich dem Thema gewidmet. Der Kompetenz des Senckenberg Museums für Naturkunde ist es zu verdanken, dass Senckenberg mit dem Aufbau der Datenbank über Bodenlebewesen beauftragt wurde: der Edaphobase.

Mit Prof. Michael Weiß haben wir einen Experten für das komplexe System von Bodenpilzen, die eine besondere Rolle für die Bodenfruchtbarkeit spielen, aber auch regulierend wirken und die Boden- und Pflanzengesundheit stark beeinflussen. Prof. Volkmar Wolters ist bundesweit bekannt für seine überzeugende wissenschaftliche Arbeit zum Bodenleben und seine Fähigkeit, die komplexen Systeme der Bodenfauna auch Laien zu vermitteln.

Im zweiten Block wird Dr. Holger Flaig den Schwerpunkt auf das Zusammenwirken von Bodenbearbeitung und organischer Düngung legen und insbesondere die Vorteile der Kompostwirtschaft erläutern. Prof. Bruno Glaser – Pionier der Terra Preta Forschung – wird vorstellen, welche Wirkung Pflanzkohlekompost auf die Verbesserung des Bodenlebens hat. Dr. Jörg Salamon, Bodenbiologe, wird einen Exkurs über die Bodenfauna anhand von Collembolen unter den besonderen Bedingungen eines alten Köhlereistandes halten.

Kultur tut gut: Für etwas ganz Besonderes ist Fräulein Brehms Tierleben aus Berlin zu Gast. Die Schauspielerin Barbara Geiger wird charmant, aber zugleich sehr tiefgründig und pointiert dem Publikum die Bedeutung des Regenwurms nahebringen.

Im dritten und letzten Block lernen wir dann aus der Praxis: Seit über 20 Jahren pflegt der Biobauer Sepp Braun seine „Herde unter der Erde“, indem er einen in sich geschlossenen organischen Kreislauf aufgebaut hat mit Agroforst, Milchkühen, Ackerbau und einer eigenen Kompostierungsanlage; eine Vision wurde noch dazu wirtschaftlich erfolgreich umgesetzt. Teil des Erfolgs des Betriebs ist eine bestimmte Art der Bodenbewirtschaftung. Abschließend wird der junge Wissenschaftler Daniel Fischer auf Grundlage des legendären Buches „Mulch total“ eine Alternative für den Gartenbau vorstellen: Dabei stellt die Förderung des Bodenlebens durch organischen Mulch das Geheimnis der besonderen Fruchtbarkeit von Gartenböden dar.

Um auch einen Bezug vom Bodenleben zur besonderen Bedeutung des Bodens als Humusspeicher und damit für den Klimaschutz herzustellen, wurde die Tagung klimaneutral geplant. Wir haben deshalb das mit dem für Deutschland neuen Projekt „Himmels-Erde“ die CO₂-Emissionen kompensieren lassen, womit ein – in diesem Fall konventioneller – Landwirt beim Humusaufbau seiner Flächen unterstützt wird. Dies kommt dann dem Bodenleben und dem Klimaschutz gleichermaßen zugute!

Hannover, den 30. Oktober 2015

Prof. Dr. Heike Bohne und Sibylle Maurer-Wohlatz

Kompensation der Treibhausgasemissionen der Tagung „Bodenleben fördert Bodenfruchtbarkeit“

Die Treibhausgasemissionen aus der Veranstaltung der BUND – Tagung „Bodenleben fördert Bodenfruchtbarkeit“ werden durch Humusaufbau im Münchner Projekt HimmelsErde kompensiert. Die Kosten dafür werden vom BUND Region Hannover getragen.

Die Treibhausgaskompensation umfasst die Emissionen aus folgenden Veranstaltungsaktivitäten:

- An- und Abreise aller Teilnehmer und Referenten
- Unterkunft der Referenten
- Energieverbrauch der Veranstaltungsräume
- Verpflegung und Getränke

Der Tagungsreader und die Humusbroschüre wurden bereits klimaneutral gedruckt. Das Humusaufbauprojekt HimmelsErde bietet Privatleuten, Vereinen und Unternehmen die Möglichkeit, selbst verursachte Treibhausgasemissionen in einem regionalen Humusaufbauprojekt zu kompensieren.

Für diesen Zweck gewinnt die Wissenschaftliche Beratung Dr. Sebastian Meyer (www.wisber.eu) landwirtschaftliche Betriebe, die bereit sind, auf den eigenen landwirtschaftlichen Flächen Humusaufbau zu betreiben. Durch eine unabhängige, umfangreiche Bodenprobenahme und die nachfolgende Bodenanalyse in einem akkreditierten Analyselabor wird der Humusaufbau quantifiziert.

Der im Boden zusätzlich aufgebaute Humusvorrat enthält im Mittel 58 % reinen Kohlenstoff (chemisches Element „C“). Dieser im Humus enthaltene Kohlenstoff stammt aus abgestorbenen Pflanzenresten und Kleinstlebewesen. Die Pflanzen wiederum haben den für ihr Wachstum benötigten Kohlenstoff zuvor in Form von CO₂ aus der Luft entnommen.

Über den Humusaufbau wird also letztendlich CO₂ aus der Atmosphäre entnommen und dem vom Menschen verursachten Treibhauseffekt somit entgegengewirkt. Durch den Anstieg des Humusgehaltes wird zudem die Wasserspeicherkapazität der landwirtschaftlichen Böden erhöht, was sich sowohl bei Starkniederschlägen als auch in langen Trockenperioden positiv auf die Pflanzen auswirkt.

Wenn bei der zweiten Bodenuntersuchung (diese findet ca. 2 bis 3 Jahre nach den ersten Probenahmen statt) ein signifikant messbarer Humusaufbau festgestellt wird, erhält der teilnehmende Landwirt für seine Aufwendungen eine Aufwandserstattung. Sie bemisst sich nach der Höhe der nachgewiesenen CO₂-Speicherung in Form von Humus. Der Landwirt verpflichtet sich, 5 Jahre nach der zweiten Bodenprobenahme eine dritte unabhängige Bodenuntersuchung durchführen zu lassen. Sollte zwischen der zweiten und der dritten Bodenuntersuchung eine Abnahme des Bodenumusgehaltes stattgefunden haben, ist der Landwirt zu einer Rückzahlung der Aufwandserstattung in Höhe der CO₂ - Freisetzung verpflichtet.

Die Aufwandserstattungen für die Landwirte, die Kosten für die Organisation der Bodenprobenahme und Bodenprobeanalyse sowie der übrige Organisationsaufwand werden durch den Verkauf von Humuszertifikaten finanziert. Mit jedem Humuszertifikat wird die landwirtschaftliche Bindung von einer Tonne (1.000 kg) CO₂ ermöglicht.

Die Wissenschaftliche Beratung Dr. Sebastian Meyer garantiert für die ordnungsgemäße Durchführung des Humusaufbaus entsprechend der dargestellten Vorgehensweise.

Die Edaphobase – Datenbank Bodenzologie

Dr. Ulrich Burkhardt – Senckenberg Museum für Naturkunde – Görlitz

Der Boden unter unseren Füßen beherbergt eines der größten Reservoirs der Biodiversität weltweit. Hochdiverse Organismengemeinschaften in komplexen Nahrungsnetzen beeinflussen Bodenbildung, -entwicklung und die Aufrechterhaltung oder Regeneration der Bodenfunktionen. Die strukturelle und funktionelle Diversität dieser Bodenorganismen hat unmittelbare Auswirkungen auf die ökosystemaren Leistungen des Bodens. Die Zusammensetzung der Arten und Individuendichten im Boden ermöglicht, die biologische Qualität des Ökosystems „Boden“ zu evaluieren und Verluste an biologischer Vielfalt und Beeinträchtigungen ökosystemarer Leistungsfähigkeit zu erkennen. Hierzu entwickelt ein Projektverbund unter Koordination des Senckenberg Museums für Naturkunde Görlitz das Informationssystem Edaphobase. Edaphobase fasst Daten zur Boden-Biodiversität mit einer Vielzahl von Biotoptypen und -parametern zusammen und macht sie für verschiedene Auswertungsverfahren verfügbar.



Sammlung Edaphobase im Senckenberg-Museum für Naturkunde – Görlitz



Mitarbeiter Senckenberg-Museum bei Probenahme

Primärdaten aus Sammlungen, wissenschaftlicher Literatur und Berichten von vielen an diesem Thema forschenden Einrichtungen und Personen innerhalb Deutschlands und der Nachbarländer sind hier zusammengeführt und auf Artebene mit ökologischen Hintergrundinformationen der Fundorte (z. B. zu Geographie, Habitattyp, Klimadaten, bodenchemischen und -physikalischen Parametern) verknüpft.

Die Speicherung der Informationen im Originalzitat und nach standardisierten Thesauri ermöglicht die Zusammenführung unterschiedlicher Datensätze für überregionale Auswertungen, die Bündelung von taxonomischen und ökologischen Informationen umfassende Abfragen und Auswertungen zur Verbreitung und zu den ökologischen Ansprüchen einzelner Arten der Bodenfauna sowie zum Auftreten von Artengruppen und Gemeinschaften an spezifischen Standorten, etwa für Anwendungen des Biodiversitätsschutzes. Das Informationssystem steht unter <http://portal.edaphobase.org> allen bodenzoologisch Interessierten zur Verfügung. Sie können hier z. B. Fundortdaten zu einzelnen Arten oder Artengruppen abrufen, Verbreitungskarten erstellen, Veränderungen über Raum und Zeit verfolgen oder das ‚typische‘ Artinventar eines bestimmten Habitattyps ermitteln wollen.

Der Datenbestand fokussiert derzeit auf Springschwänze (Collembola), Hundertfüßer (Chilopoda), Doppelfüßer (Diplopoda), Asseln (Isopoda), Kleinringelwürmer (Enchytraeidae), Regenwürmer (Lumbricidae), Fadenwürmer (Nematoda), Raubmilben (Gamasina) und Hornmilben

(Oribatida). Weitere Bodentiergruppen werden derzeit für den Import vorbereitet, da die Datenbankstruktur so konzipiert ist, dass weitere Tiergruppen und weitere Begleitparameter unkompliziert in den Datenbestand aufgenommen werden können.

Modellierungswerkzeuge zur Verteilung von Bodenorganismen anhand ihrer Präferenzen für spezifische Habitatparameter erlauben die Erstellung von Erwartungswerten zur Biodiversität und von Prognosen zu Veränderungen durch veränderte Habitatbedingungen, etwa durch Landnutzung, Renaturierung oder Klimawandel, und können einen gewichtigen Beitrag leisten, langfristig die biologische Vielfalt des Bodens zu bewahren und eine weitere Degradation des Lebensraums Boden zu verhindern.

Das Portal kann von jedem internetfähigen Rechner mit Internetverbindung aus gestartet werden; lediglich ein aktueller Web-Browser ist für ein flüssiges Arbeiten notwendig. Es erscheinen ein Navigationsbereich, eine Kartendarstellung und ein Datenauswahlbereich. Über die Menüliste können Tiergruppen oder Fundortbereiche ausgewählt werden, die anschließend in der Karte als Fundpunkte dargestellt oder mit weiteren Parametern verknüpft werden können, z.B. welche Bodentierarten in einem gewählten Biotoptyp gefunden worden sind. Eine Schnellanleitung sowie detaillierte Informationen zu Auswertungs- und Darstellungsmöglichkeiten und dem Datenbestand und Quellen stehen über das Hilfemenü zur Verfügung.



Fotos:

Links oben: Springschwanz – *Hydroisotoma schaefferi*

Links mittig: *Dicyrtomina minuta*

Links unten: *Willowsia buski*

Rechts oben: Kellersassel – *Porcellio scaber*

Rechts mittig: *Gamasina*

Die Bedeutung der Pilze für die Bodenfruchtbarkeit

Prof. Dr. Michael Weiß – Steinbeis-Innovationszentrum Organismische Mykologie und Mikrobiologie

Was sind Pilze? Unter dem Begriff "Pilz" versteht man meist aus Zellfäden (*Hyphen*, in ihrer Gesamtheit *Mycelium*) bestehende Organismen, die organische Verbindungen nicht selber aufbauen können, sondern darauf angewiesen sind, organische Grundbausteine aus ihrer Umwelt aufzunehmen. Heute weiß man, dass Pilze nicht zu den Pflanzen gehören – die durch Fotosynthese Zucker selbst aufbauen können –, sondern die nächsten Verwandten der Tiere sind⁸. In *Fruchtkörpern* organisieren sich Pilzhyphen zu komplexen gewebeähnlichen Strukturen, um schließlich durch Sporenbildung ihren Lebenszyklus zu schließen. Bei vielen Pilzarten bleibt das Pilzmycel nach dem Absterben der Fruchtkörper am Leben. Neben den fädig wachsenden Arten gibt es auch viele Arten einzelliger Pilze (*Hefen*), die besonders in Böden in großer Zahl vorkommen. Manche Pilzarten wachsen auch in einem Teil ihres Lebenszyklusses fädig, in einem anderen einzellig als Hefen.

Pilze ernähren sich nach drei Hauptstrategien. *Saprotrophe* Pilze leben von toter organischer Substanz. Unter ihnen gibt es viele holzzeretzende Arten. Eine neuere Hypothese besagt, dass die "Erfindung" des Holzabbaus durch Pilze das Ende des Karbonzeitalters einleitete⁹, in dem die gewaltige Menge an holziger Biomasse herangewachsen war, die unzersetzt im Laufe von Jahrmillionen zu Steinkohle wurde (und deren Verbrennung durch den Menschen während der letzten 150 Jahre die Hauptursache der gegenwärtigen Erderwärmung ist).

Parasitische Pilze infizieren andere Organismen und ernähren sich von deren Biomasse. Solche Arten – wie etwa die Rost- oder die Brandpilze – sind meistens hoch spezialisiert auf ihre pflanzlichen, tierischen oder auch pilzlichen "Wirts"organismen.

Während Pilze allgemein als Zersetzer organischer Substanz oder als Parasiten wahrgenommen werden, sind sie in ihrer Rolle als *Symbionten* viel weniger bekannt. Symbiotische Pilze haben aber eine immense ökologische Bedeutung. Man geht heute sogar davon aus, dass Symbiosen zwischen Pilzen und Pflanzenwurzeln eine Grundvoraussetzung für die Evolution der Landpflanzen und somit auch für die Bodenbildung waren (und sind).

Die Natur solcher Symbiosen erkannte zuerst der Berliner Pflanzenphysiologe Albert Bernhard Frank (1839–1900). Er prägte dafür die Bezeichnung "Pilzwurzel" oder *Mykorrhiza*. Seine Annahme, "dass gewisse Baumarten [...] regelmäßig sich im Boden nicht selbständig ernähren, sondern überall in ihrem gesamten Wurzelsystem mit einem Pilzmycelium in Symbiose stehen, welches ihnen Ammendienste leistet und die ganze Ernährung des Baumes aus dem Boden über-

⁸ Landläufig rechnet man noch zwei kleinere Organismengruppen zu den Pilzen: die Falschen Mehltaupilze und Wasserschimmel, die mit den Braunalgen, und die Schleimpilze, die mit den Amöben verwandt sind.

⁹ Floudas D, Binder M, Riley R, Barry K, Blanchette RA, Henrissat B, Martinez AT, Otililar R, Spatafora JW, Yadav JS, et al. (2012): The paleozoic origin of enzymatic lignin decomposition reconstructed from 31 fungal genomes. *Science* 336: 1715-1719.

nimmt",¹⁰ gilt heute als gesichert. (Die Bedeutung der Mykorrhiza für die Pflanzenernährung wird allerdings selbst von vielen Agrar- und Biowissenschaftlern leider noch immer unterschätzt.)

Offenbar profitieren beide Partner von dieser Symbiose. Die Pilzpartner erhalten von den Pflanzen Zuckerverbindungen, die Pflanzen vergrößern ihre effektive Wurzeloberfläche durch die feinen Hyphen ihrer Pilzpartner um ein Vielfaches und erhalten über diese Wasser und Nährsalze.

Ein Beispiel für Mykorrhizaformen ist die von Frank beschriebene *Ektomykorrhiza*, die u.a. für alle Kiefern- und Buchengewächse typisch ist. Pilzpartner dieser Bäume sind Basidien- oder Schlauchpilze, wie z.B. Steinpilze, Pfifferlinge oder Trüffel (aber auch Fliegen- oder Knollenblätterpilze). Hier umwickeln die Pilzhyphen die feinsten Baumwurzeln und dringen auch zwischen die Zellen der Wurzelrinde vor, wo der Stoffaustausch zwischen Pilz und Pflanze stattfindet.

Ein anderes Beispiel ist die *arbuskuläre* Mykorrhiza, die als die älteste Mykorrhizaform gilt und für die meisten Landpflanzen typisch ist. Pilzpartner sind hier Knäuelpilze, die keine Fruchtkörper bilden. Bei dieser Mykorrhizaform dringen die Pilzhyphen auch in Zellen der Wurzelrinde ein, wo sie fein verzweigte bäumchenförmige Strukturen bilden, an denen der Stoffaustausch zwischen den Symbiosepartnern stattfindet.

Viele Pilzarten lassen sich nicht strikt einer der drei vorgestellten Ernährungsstrategien zuordnen. Es gibt etwa holzersetzende Pilze, die auch parasitisch aktiv werden können. Zu diesen gehört der Hallimasch, der sich von Baum zu Baum über den Wurzelraum weitläufig ausbreiten kann. Man hat in Nordamerika ein Hallimasch-Mycel gefunden, das offenbar im Laufe von Hunderten von Jahren eine Waldfläche von 80 Hektar besiedelt hatte.

In jüngerer Zeit wurde man auf fruchtkörperlose Pilze aufmerksam, die einerseits saprotroph im Boden leben, andererseits aber auch in Pflanzenwurzeln eindringen und dort einzelne Zellen besiedeln, die dann absterben¹¹. Auch hier scheint es sich aber um eine Symbiose zu handeln. Laborversuche haben gezeigt, dass die Pflanzen von dieser Art Infektion profitieren: Wachstum und Ertrag werden gesteigert, und die Pflanzen werden resistenter gegen Trocken- oder Salzstress und gegen den Befall mit parasitischen Pilzen. Solche *wurzelendophytischen* Pilze könnten in Zukunft im nachhaltigen Pflanzenbau eine wichtige Rolle spielen.

Die große Bedeutung von Pilzen für das Bodenleben ergibt sich bereits daraus, dass in Wäldern wie in Offenlandschaften von den Tropen bis zur Arktis die Pilze nach den Pflanzenwurzeln den

¹⁰ B. Frank (1885): Ueber die auf Wurzelsymbiose beruhende Ernährung gewisser Bäume durch unterirdische Pilze. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft* 3: 128-145.

¹¹ Weiß M, Sýkorová Z, Garnica S, Riess K, Martos F, Krause C, Oberwinkler F, Bauer R, Redecker D (2011) Sebaciniales everywhere: previously overlooked ubiquitous fungal endophytes. *PLoS ONE* 6: e16793.

größten Anteil der lebenden Biomasse in den Böden stellen. Sie speichern somit einen großen Teil des Kohlenstoffs im Boden, den sie durch Abbau toter organischer Substanz oder von Pflanzenwurzeln erhalten, und spielen zusammen mit den Bakterien eine Schlüsselrolle für den Kohlenstoff-Fluss im Boden.

Schwer abbaubare organische Verbindungen wie Zellulose (der Hauptbestandteil pflanzlicher Zellwände) oder Lignin (neben Zellulose der Hauptbestandteil von Holz) werden von Pilzen zersetzt, die einen großen Teil des darin enthaltenen Kohlenstoffs zum Aufbau ihrer eigenen Zellen verwenden. Viele Tiere können ihn erst in dieser Form nutzen, indem sie sich von Pilzfruchtkörpern oder von Sporen ernähren, die direkt vom Pilzmycel gebildet werden (und auf diese Weise helfen, die Pilze zu verbreiten).

Mykorrhizabildende Fadenpilze vernetzen Pflanzengemeinschaften auch physisch ganz direkt, indem sie mit ihren Hyphen die Wurzeln verschiedener Individuen (derselben Art oder unterschiedlicher Arten) verbinden. Stoffflüsse zwischen Pflanzen über solche Pilzverbindungen wurden bereits nachgewiesen. Inwiefern über diese Art von Netz – für Wald-Ökosysteme wurde dafür bereits der Begriff "wood-wide web" verwendet¹² – darüber hinaus kommuniziert wird, wird künftige Forschung zeigen.

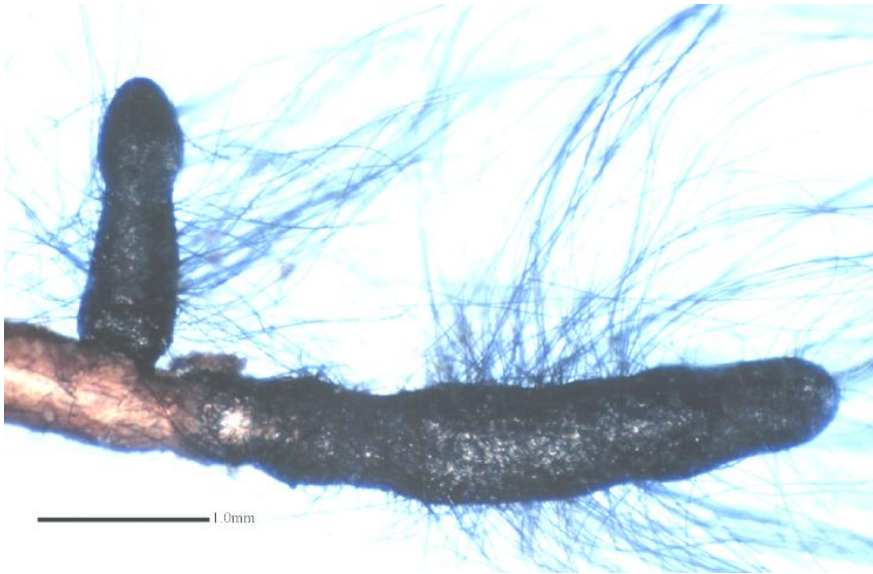
Die Erforschung der Biodiversität und der ökologischen Beziehungen der (Boden-)Pilze zu anderen Organismen hat in den letzten Jahren durch die rasante Entwicklung neuer DNA-Sequenzieretechniken zu Fortschritten geführt, deren Ausmaß noch vor 20 Jahren unvorstellbar gewesen wäre. In öffentlich zugänglichen Online-Sequenzdatenbanken steht eine ständig wachsende Menge an Referenzsequenzen von Pilzen (*Barcode*-Sequenzen) zur Verfügung, anhand derer aus Böden oder Pflanzenwurzeln ermittelte pilzliche DNA-Sequenzen bis zur Art bestimmt oder wenigstens einer bestimmten Pilzgruppe zugeordnet werden können.

Mithilfe solcher neuer DNA-basierter Techniken wurde kürzlich ein erster weltweiter Vergleich von Bodenpilz-Gemeinschaften durchgeführt¹³, der auch vor Augen führt, wie wenige dieser Pilze bisher bekannt sind. Die Zahl der Pilzarten übersteigt die der Pflanzenarten um ein Vielfaches. 95 Prozent dieser pilzlichen Biodiversität sind Arten, die bisher noch nicht beschrieben worden sind.

Es ist zu hoffen, dass die neuen Erkenntnisse über die Bedeutung der Pilze für die Stoffflüsse und Lebensgemeinschaften im Boden auch dazu beitragen, kritisch über landwirtschaftliche Praktiken nachzudenken, die wegen ihrer kurzfristigen Erfolge seit der Mitte des letzten Jahrhunderts auf der ganzen Welt propagiert wurden und letztlich zum Verlust riesiger Flächen ursprünglich fruchtbaren Ackerlandes geführt haben. Ein intelligenter Einsatz wurzelsymbiontischer Pilze sollte einem nachhaltigeren Pflanzenbau zum Durchbruch verhelfen, der das Bodenleben stärkt, um dadurch die Nutzpflanzen zu stärken und zu ernähren: Fungi statt Fungizide!

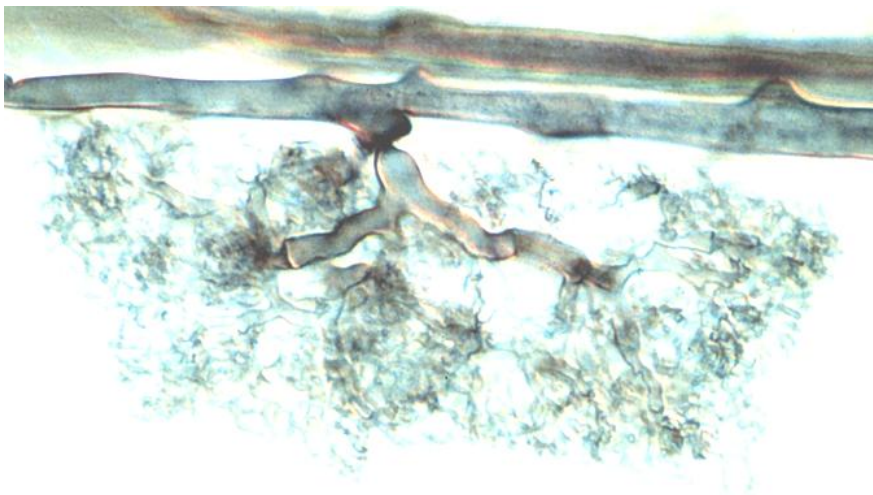
¹² Sen R (2000): Budgeting for the wood-wide web. *New Phytologist* 145: 161-163.

¹³ Tedersoo L, Bahram M, Pölme S, Kõljalg U, Yorou NS, Wijesundera R, Ruiz LV, Vasco-Palacios AM, Thu PQ, Suija A, et al. (2014) Global diversity and geography of soil fungi. *Science* 346: 1078.



Mit dem Schlauchpilz *Cenococcum geophilum* mykorrhizierte Wurzel einer Tanne. Die schwarzen Pilzhypen haben sich eng um die feinsten Wurzeln des Baumes geschlungen, die dadurch eine keulige Form annehmen, und strahlen von dort in den Bodenraum aus. Die Hyphen drängen sich auch im Wurzelinneren zwi-

schen den Rindenzellen, wo der Stoffaustausch zwischen Pilz und Pflanze stattfindet. Der Messbalken entspricht einer Länge von 1 mm.



Hyphe des Knäuelpilzes *Funneliformis mosseae* in einer Wurzelzelle von Gemüselauch (*Allium porrum*). Die Hyphe hat die Pflanzenzellwand durchdrungen und bildet nun im Inneren der Wurzelzelle eine feinst verzweigte bäumchenartige Struktur ("Arbuskel"), an deren Oberfläche der Stoff-

austausch zwischen Pilz und Pflanze stattfindet. Solche Strukturen sind typisch für die von der Gruppe der Knäuelpilze gebildete arbuskuläre Mykorrhiza.

Quelle für beide Fotos:

Peterson RL, Massicotte HB, Melville LH, Phillips F (2006): Mycorrhizas: Anatomy and Cell Biology Images. CNR: Ottawa.

Bodenbearbeitung, Düngung und Kompost – wie das Bodenleben reagiert

Dr. Holger Flaig, Landwirtschaftliches Technologiezentrum (LTZ) Augustenberg, Karlsruhe

Das Bodenleben ist ein zentrales Element der Bodenfruchtbarkeit. Weniger als 1 % des Bodens besteht aus dem so genannten Edaphon und dennoch ist dieser lebende Anteil des Bodens, hauptsächlich Bakterien und Pilze, verantwortlich für die Stoffumsätze im Boden. Auch die moderne Landwirtschaft ist darauf angewiesen, dass beispielsweise organisch gebundener Stickstoff und Phosphor in pflanzenverfügbare Formen mineralisiert und umgebaut oder die Pflanzenstreu in Humus verwandelt wird. Humus wiederum fördert und puffert die Verfügbarkeit von Bodenwasser und Nährstoffen.

Auf das Bodenleben wirkt im Ackerbau eine Vielzahl an Faktoren ein: Der Boden wird bearbeitet, er wird organisch und/oder mineralisch gedüngt, Pflanzenschutzmittel werden ausgebracht, Pflanzenwurzeln wachsen, geben verschiedene Substanzen an die Umgebung der Wurzeln, die Rhizosphäre, ab und sterben, Erntereste „kommen von oben“ und dienen als Futter für die Organismen. Der Vortrag illustriert anhand von Versuchsergebnissen des LTZ Augustenberg, wie manche dieser Einflussfaktoren auf die Bodenorganismen wirken.

Bodenbearbeitung

Auf verschiedenen Standorten in Baden-Württemberg führt das Landwirtschaftliche Technologiezentrum (LTZ) Augustenberg seit 20 Jahren zusammen mit Pflanzenbauberatern der Landwirtschaftsämter und Landwirten langjährige Versuche zur Bodenbearbeitung durch. Dabei werden die Verfahren Pflug, Mulch- und Direktsaat auf eng benachbarten Versuchspartzenellen hinsichtlich Ertrag und Qualität miteinander verglichen. Darüber hinaus wurden einige bodenphysikalische und bodenbiologische Untersuchungen durchgeführt. Bei der Pflugbearbeitung wird der Boden in der Regel 20-30 cm tief bearbeitet und dabei gewendet. Bei der Mulchsaat werden mittels Grubber oder Egge die oberen 10-15 cm des Bodens (manchmal auch tiefer) durchmischt, ohne den Boden zu wenden. Bei der Direktsaat wird der Boden fast nicht mehr bearbeitet. Zur Ablage des Saatguts wird lediglich in die Ernterückstände der Vorfrucht ein Schlitz in den Boden eingebracht. Infolge der unterschiedlichen Bodenbearbeitung stellt sich im Laufe der Jahre auch eine unterschiedliche Verteilung der organischen Substanz im Boden ein.

Wenn man die mikrobielle Biomasse in verschiedenen Horizonten der Böden bestimmt, so stellt sich heraus, dass sich die mikrobiellen Organismen bei den Flächen mit konservierender Bodenbearbeitung in den oberen Horizonten anreichern – bei Direktsaat in den oberen 5 cm – und beim Pflugeinsatz in der Bearbeitungstiefe einigermaßen homogen verteilt sind (Abb. 1). Vermutlich folgen sie dem Futterangebot an organischer Substanz. Auf den ersten Blick könnte man meinen, konservierende Bodenbearbeitung würde zu einem Mehr an mikrobieller Biomasse führen. Bezieht man jedoch die gesamte beprobte Tiefe von 50 cm mit ein und rechnet die Biomasse von ihrem Gewichtsanteil auf das Bodenvolumen um, so zeigt sich, dass in Pflug, Mulch- und Direktsaat gleich viel Biomasse enthalten ist (Tab. 1). Eine unterschiedliche Bodenbearbeitung

führt also nur zu einer unterschiedlichen Verteilung der mikrobiellen Biomasse (und ihrer Aktivität), aber nicht zu einer absoluten Änderung der Menge.

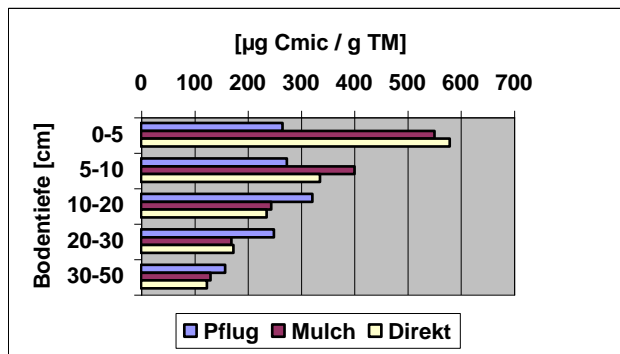


Abb. 1: Durchschnitt der mikrobiellen Biomasse von vier Standorten mit Beprobung im Frühjahr in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung (ausgedrückt in Mikrogramm mikrobieller Kohlenstoff (Cmic) pro Gramm trockener Boden; TM: Trockenmasse).

| Probenahme | Frühjahr | Nach Ernte |
|------------|----------|------------|
| Pflug | 152 | 127 |
| Mulchsaat | 148 | 126 |
| Direktsaat | 148 | 126 |

Tab. 1: Durchschnittliche Summe der mikrobiellen Biomasse im Solum von 7 Standorten in $[g \text{ Cmic} / m^2 * 0,5 \text{ m}]$.

Für andere Bodenorganismen gelten allerdings andere Regeln. Tiefgrabende Regenwürmer beispielsweise profitieren von einer konservierenden Bodenbearbeitung. In Direktsaatflächen können sowohl Biomasse als auch Individuendichte anözischer¹⁴ Regenwürmer den Werten von Referenz-Grünlandböden in der Nachbarschaft nahekommen.

Düngung

Bodenleben benötigt Futter und diese Nahrung kommt über Ernte- und Wurzelreste oder organische Dünger (Stallmist, Gülle, Gärreste, Gründüngung) in den Boden. Bei mineralischer Düngung beschränkt sich die Zufuhr an organischer Substanz im Wesentlichen auf Ernte- und Wurzelreste. Bei organischer Düngung kommt organische Substanz aus Mist, Gülle oder Kompost hinzu, daher sind die Gehalte an mikrobieller Biomasse in organisch gedüngten Böden in der Regel höher. Ein oft unterschätzter Faktor ist dabei der pH-Wert, der sich im Boden einstellt. Die Zufuhr von Wirtschaftsdüngern oder Kompost bedeutet in der Regel nicht nur die Zufuhr abbaubarer kohlenstoff- und stickstoffhaltiger Verbindungen, sondern auch eine Zufuhr basischer oder zunächst basisch wirksamer Substanzen, so dass der pH-Wert im Boden leicht steigt oder zumindest nicht sinkt.

Eindrücklich zeigte ein langjähriger Düngungsversuch auf Grünland, welche Rolle der pH-Wert für die mikrobielle Biomasse spielen kann. Zumindest auf dem untersuchten Standort im württembergischen Alpenvorland war es nicht so wichtig, ob mit kompostiertem Stallmist, Gülle oder Mineraldünger gedüngt wurde – die mikrobielle Biomasse reagierte am sensitivsten auf den pH-Wert des Bodens (Abb. 2 und 3).

¹⁴ Anözisch = tiefgrabend

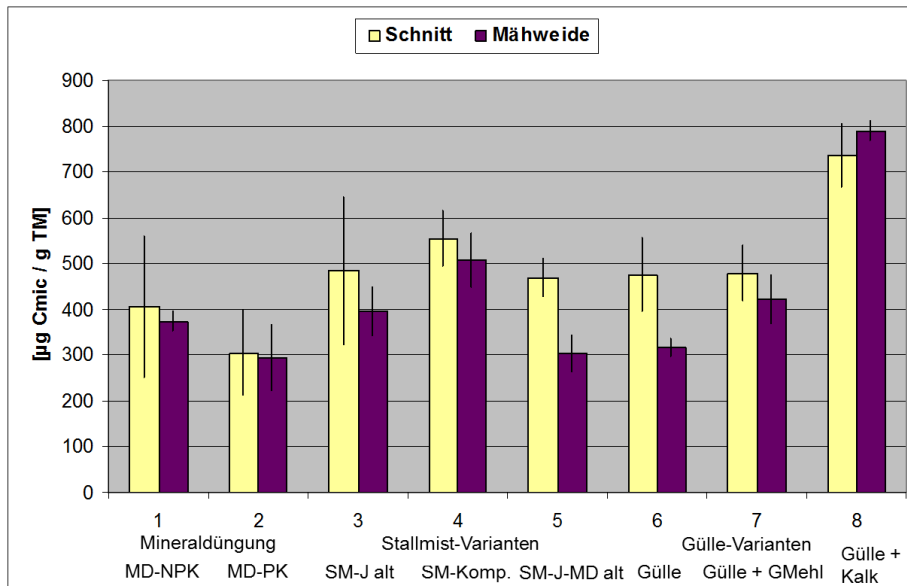


Abb. 2: Wirkungen von Düngergaben auf die Entwicklung der mikrobiellen Biomasse in 0–10 cm Bodentiefe bei Schnitt- und Mähweide-Nutzung in Mikrogramm mikrobieller Kohlenstoff (Cmic) pro Gramm trockener Boden. Mittelwerte der Wiederholungen der Varianten \pm Standardabweichung. MD: Mineraldüngung, SM: Stallmist, J: Jauche, GMehl: Gesteinsmehl, alt: alternierend, N: Stickstoff, P: Phosphor, K: Kalium

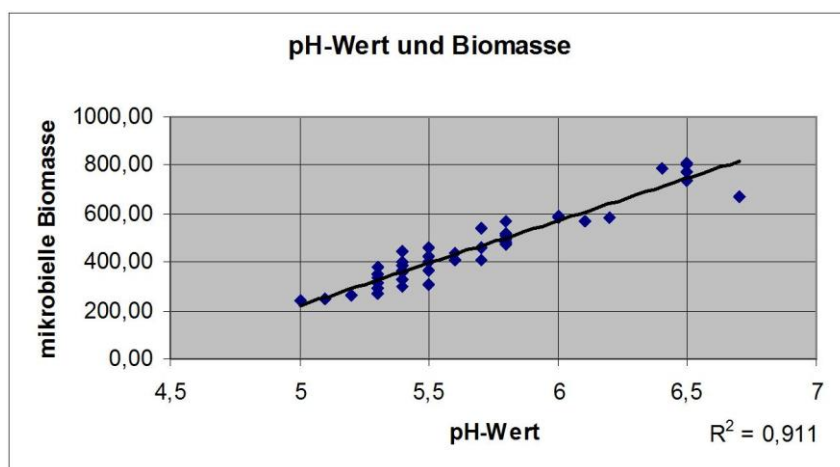


Abb. 3: Abhängigkeit der mikrobiellen Biomasse vom pH-Wert des Bodens. pH-Werte und Biomasse-Daten aller Wiederholungen und Düngevarianten von Schnitt und Mähweide (0–10 cm) gepoolt. R^2 : Bestimmtheitsmaß der Regressionsgeraden.

Kompost

Gütesicherte Komposte können den hohen Bedarf der acker- und gartenbaulich genutzten Böden an organischer Substanz decken helfen, vor allem in Betrieben, in denen andere organische Dünger fehlen. Die Wirkung der Kompostgaben entfaltet sich – im Unterschied zur Wirkung der Mineraldünger – in der Regel langsamer und ist meist erst nach mehreren Jahren messbar. Deshalb sind regelmäßige Kompostgaben über längere Zeiträume (3 – 10 Jahre) notwendig, wenn sie ihre Wirkung voll entfalten sollen.

Die Wirkungen einer regelmäßigen Kompostanwendung sind zweifach: Zum einen beeinflussen sie durch die beträchtliche Zufuhr an organischer Substanz die Humusgehalte und das Bodenleben positiv, zum anderen haben sie durch erhebliche Zufuhren an Nährstoffen und Kalk(äquivalenten) eine Düngewirkung.

In langjährigen Kompostversuchen des LTZ Augustenberg (9 bzw. 12 Jahre auf 5 Standorten) konnte nachgewiesen werden, dass die Kompostanwendung Parameter der Bodenstruktur und des Bodenwasserhaushalts verbessert, wie Lagerungsdichte und Porenvolumen, Wasserkapazität und nutzbare Feldkapazität (nFK) als Maß für den pflanzenverfügbaren Wassergehalt.

Mit steigender Kompostmenge stieg auch der Gehalt an mikrobieller Biomasse im Boden, allerdings nicht linear mit der Höhe der Kompostgabe. Die N-Mineralisation und die Phosphatase-Aktivität wurden im Versuchsverlauf signifikant erhöht (Abb. 4 und 5). Von praktischer Bedeutung ist der Befund, dass die N-Mineralisation des Bodens nach Kompostanwendung stärker stieg, als es die leicht zunehmenden N-Gesamtgehalte erwarten ließen.

Das N-Mineralisierungsgleichgewicht im Boden wird offenkundig nach mehrjähriger Kompostanwendung - wie auch die dann höheren N-Ausnutzungsraten der Kulturpflanzen belegen - durch die Aktivierung des Bodenlebens in Richtung löslicher und damit düngewirksamer N-Anteile verschoben. Vorteilhaft ist auch die gesicherte Zunahme der Phosphatase-Aktivität des Bodens. Dadurch wird die Mineralisierung organisch gebundener Phosphoranteile im Kompost gefördert - ein weiterer Beleg für die vergleichsweise hohe Düngewirksamkeit der P-Gesamtzufuhren mit Kompostgaben.

Nicht zuletzt kann auch das phytosanitäre Potenzial des Bodens, seine Widerstandsfähigkeit gegen Schadorganismen, verbessert werden. Das kann sich, wie in den Versuchen beobachtet wurde, z.B. positiv auf die Unterdrückung von Fusarien bei Winterweizen auswirken, indem infektiöse Erntereste zügiger abgebaut werden oder durch andere, geförderte Organismen phytopathogene Keime unterdrückt werden. Die Erfahrungen aus den langjährigen Kompost-Anwendungsversuchen erhärten damit den Gesamteindruck, dass der Förderung der Bodenbiologie ein wesentlicher Anteil an der allmählichen Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit als Folge regelmäßiger Kompostgaben zukommt.

Allerdings muss die nicht unerhebliche Nährstofffracht von Kompost bei der Düngeberechnung berücksichtigt werden. P, K und Mg sind im Ausbringungsjahr zu 100 %, Stickstoff mindestens zu 10% bei Grüngutkompost und zu 5 % bei Bioabfallkompost im ersten Jahr anzurechnen. Wird das nicht beachtet, sind Überdüngungen und mittelfristig die Auswaschung von Nitrat ins Grundwasser vorprogrammiert. Maßgebend für die Höhe der Kompostgabe ist nach Düngeverordnung die Gewährleistung ausgeglichener Nährstoffsalden im Rahmen von Fruchtfolgerotationen. Dabei dürfen die Obergrenzen laut Bioabfall-Verordnung von 20 bzw. 30 t/ha TM im 3-jährigen Turnus nicht überschritten werden. Entsprechend den „Regeln guter fachlicher Praxis“ bewegen sich optimale Gaben, bei denen Positivsalden an Phosphor und Kalium kaum auftreten, um 20 t/ha TM.

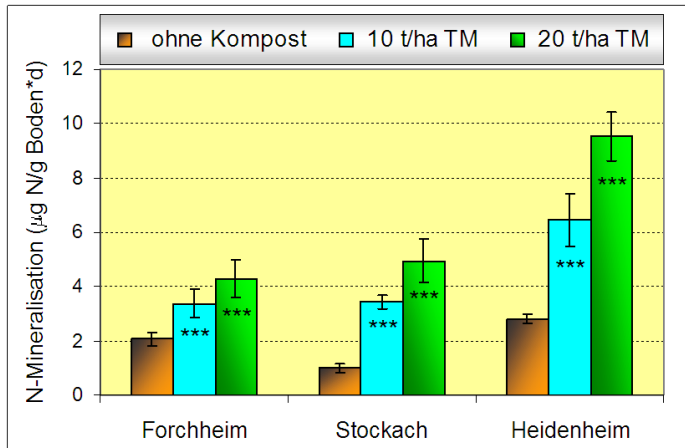


Abb. 4: N-Mineralisierung bei verschiedenen Kompostgaben auf drei Standorten in Baden-Württemberg. Balken: Mittelwerte der Varianten \pm Standardabweichung.

*** $p < 0,01$ (t-Test) Kompostwirkungen im Vergleich zu Variante ohne Kompost.

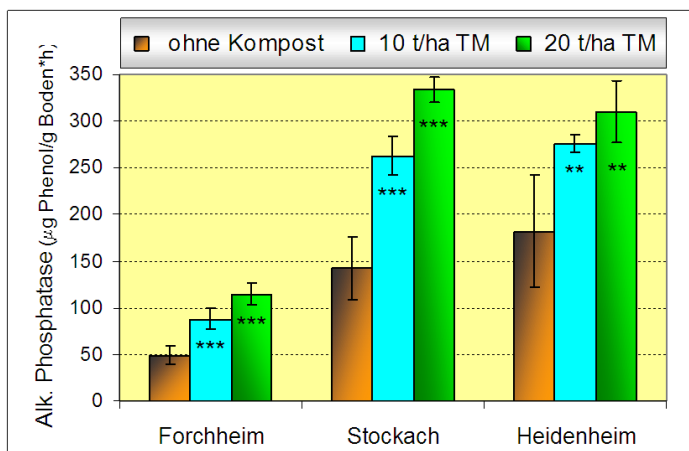


Abb. 5: Aktivität der alkalischen Phosphatase bei verschiedenen Kompostgaben auf drei Standorten in Baden-Württemberg. Legende vgl. Abb. 4.

** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$ (t-Test)

Die Ausbringung von Biokohle auf Ackerböden ist hinsichtlich des Bodenlebens mit Kompost nicht vergleichbar, denn man will hier in der Regel gerade schwerer abbaubare Kohlenstoffverbindungen in den Boden einbringen. Hier kommt es auf die Art der Biokohle an. Bei Versuchen des LTZ konnte so genannte HTC-Kohle mit leicht abbaubaren C- und N-haltigen Verbindungen die Biomasse und die Stoffwechselaktivität der Mikroben sogar kurzfristig fördern. Die in ökotoxikologischen Tests oft als Bioindikator eingesetzte Deydrogenaseaktivität wurde nicht gehemmt, sondern erhöht, wenn auch nur im ersten Jahr, und lieferte damit keine Hinweise auf Störungen des mikrobiellen Stoffwechsels. Schwer abbaubare Pyrolysekohle wirkte hingegen hauptsächlich auf dem Versuchsfeld mit dem saureren Boden leicht fördernd – vermutlich über die Anhebung des pH-Werts.

Ausblick

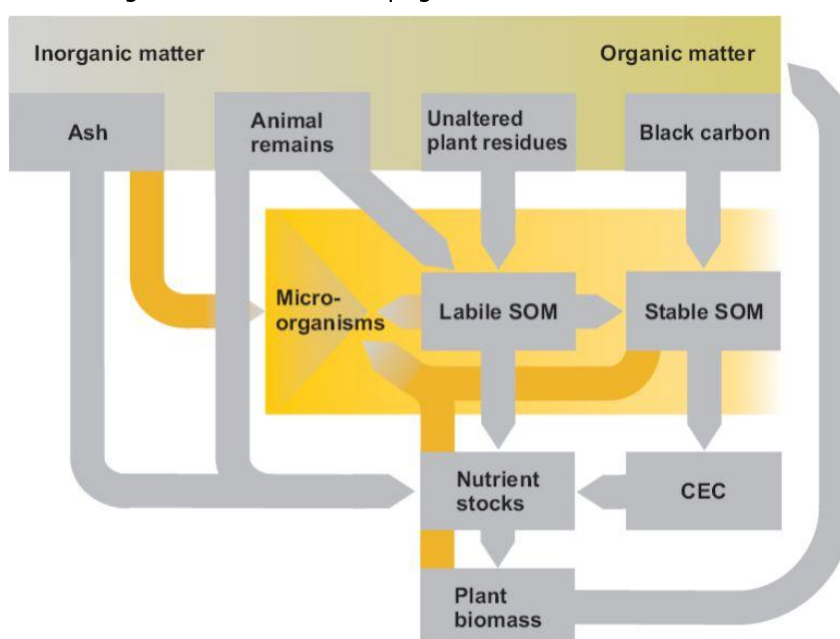
Um die Bodenorganismen zu fördern sind folgende Punkte in der Landbewirtschaftung zu beachten: Futter zuführen (Erntereste, organische Düngung, Zwischenfrüchte), Humusbilanz mindestens ausgeglichen gestalten, einseitige Fruchtfolgen vermeiden und vielfältige anstreben, Bodenverdichtung vermeiden, wenn möglich Boden konservierend bearbeiten, mit Pflanzenschutzmitteln umsichtig umgehen, Überdüngung vermeiden, Versauerung vermeiden (Kalkversorgung). Weitere zukunftsweisende Aspekte sind die Förderung von Mykorrhiza oder von wachstumsfördernden Bakterien und Pilzen.

Die Bodenbiologie der Terra Preta und was wir daraus für die moderne Pflanzenkohle-Forschung und -Anwendung lernen können

Prof. Dr. Bruno Glaser, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Bodenbiogeochemie, von-Seckendorff-Platz 3, 06120 Halle

Was sind die interessantesten Aspekte bei der Erforschung von Anthrosolen und Biokohlesubstraten? Erstens fasziniert die Tatsache, dass präkolumbische Amazonas-Indianer unfruchtbare Böden (v.a. Sogenannte Ferralsole) zu humusreichen nachhaltig fruchtbaren Böden umgewandelt haben, die auch tausend Jahre nach ihrer Entstehung noch nachhaltig fruchtbar sind. Zweitens ist für Wissenschaftler natürlich interessant, wie dies gemacht wurde. Drittens fasziniert die Tatsache, dass Pflanzenkohle nicht nur ein Schlüssel für die Terra Preta-Genese ist, sondern auch in der modernen Gesellschaft eine Rolle spielen kann z.B. zur Bekämpfung der steigenden atmosphärischen Kohlendioxid-Konzentrationen. Und last but not least gibt es immer neue Ideen, wofür man Pflanzenkohle sinnvoll einsetzen kann.

Terra Preta entstand durch die naturnahe Lebensweise präkolumbischer Amazonas-Indianer über sehr lange Zeiträume. Aber auch in Europa entstanden anthropogene Böden mit ähnlichen Eigenschaften auf vergleichbare Weise. Zu dieser Zeit hatten die Menschen keine Maschinen, keinen Mineraldünger und keine Streichhölzer. Daher waren sie auf die natürlichen Ressourcen der Umgebung angewiesen. Küchenabfälle, Fäkalien und sonstige Biomassereste wurden nahe der menschlichen Siedlungen deponiert, kompostiert oder oberflächlich in den Boden eingearbeitet. Zusammen mit Verkohlungsrückständen durch Schwelbrände und Küchenfeuer wurden diese Rückstände durch Bodenorganismen zu stabilem nährstoffreichem Humus umgebaut und führten so nach Jahrhunderte langer Besiedlung zu den uns heute bekannten humusreichen und nachhaltig fruchtbaren anthropogenen Schwarzerden (Abb. 1, Glaser et al. 2001; Glaser und Birk



2012). Eine besondere Rolle spielen dabei die Verkohlungsrückstände, die heute durch Pflanzenkohle ersetzt werden. Diese ermöglicht den Aufbau von stabilem Humus auch in den feuchten Tropen, wo unter natürlichen Bedingungen nur wenig Humus aufgebaut wird.

Abb. 1: Schematische Darstellung der Terra Preta-Entstehung (Glaser und Birk 2012).

Terra Preta dient als Modell für moderne nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen bzw. für ein Revival von Kreislaufwirtschaft. Aber Kohle auf die Äcker schütten alleine reicht nicht, um fruchtbare Böden nach dem Modell der Terra Preta zu erzeugen, es bedarf auch noch der Nährstoffe und der Bodenorganismen.

Da sich Terra Preta-Humus wesentlich von Humuseigenschaften anderer Böden unterscheidet, ist die Frage berechtigt, ob Terra Preta besondere (Mikro-)Organismen beherbergt. Bisherige wissenschaftliche Ergebnisse zeigen eindeutig, dass ein Großteil der aus dem Boden extrahierbaren Mikroorganismen noch gar nicht identifiziert ist und dass unterschiedliche Böden unterschiedliche Mikroorganismen-populationen beinhalten. Auch unterschiedliche Terra Preta-Böden unterscheiden sich einerseits untereinander und andererseits auch zu den jeweiligen Referenzböden einer Region (Glaser 2014). Aus diesem Grund kann es weder „Terra Preta-Superorganismen“ noch einen „Terra Preta-Code“ geben. Vielmehr wurde auch Terra Preta durch „ganz normale“ Bodenbewohner geschaffen. Allerdings werden (Pflanzen)-Kohle-haltige Böden wie z.B. Terra Preta von Bodenpilzen bevorzugt, was auch logisch erscheint, da komplexe Substrate wie z.B. Lignin oder Kohle nur von Pilzen gut abgebaut werden können. Eine Dominanz von Pilzen wird neuerdings auch mit fruchtbaren Böden in Verbindung gebracht (Glaser 2014).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass in Terra Preta ähnliche mikrobielle Prozesse ablaufen wie in „normalen“ Böden auch. Dies sind vorwiegend aerobe Prozesse, die auch z.B. bei der Kompostierung ablaufen. Der Vorteil zur klassischen Kompostierung ist das Vorhandensein der stabilen Pflanzenkohle, was für längere Stabilität des Pflanzenkohle-Kompostes spricht. Es gibt keinerlei wissenschaftliche Hinweise auf anaerobe Prozesse wie z.B. Fermentation („Effektive Mikroorganismen“) und auf eine bewusste Terra Preta-Produktion z.B. in den zahlreich gefundenen Tongefäßen. Um eine 20 Hektar große Terra Preta mit ein Meter Bodentiefe zu erzeugen, müssten 200.000 m³ Erde zweimal bewegt werden (hin und zurück), entsprechend 2 Millionen Gefäßen à 100 Liter Inhalt.

Zitierte Literatur:

Glaser, B. (2014): Soil biogeochemistry. From molecular to ecosystem level using terra preta and biochar as example. In: Nouredine Benkeblia (Hg.): Agroecology within Global Environmental Change: Concepts and Applications. Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group, S. 1–39.

Glaser, Bruno; Birk, Jago Jonathan (2012): State of the scientific knowledge on properties and genesis of Anthropogenic Dark Earths in Central Amazonia (terra preta de Indio). In: *Geochimica et Cosmochimica acta* 82, S. 39–51. DOI: 10.1016/j.gca.2010.11.029.

Glaser, B.; Haumaier, L.; Guggenberger, G.; Zech, W. (2001): The Terra Preta phenomenon. A model for sustainable agriculture in the humid tropics. In: *Naturwissenschaften* 88, S. 37–41.

Mikrobielle Biomasse und Collembolen unter alten Holzkohlemeilern an einem Waldstandort im Nationalpark Kellerwald

Dr. Jörg-Alfred Salamon, ITZ der TiHo Hannover, Ökologische Forschungsstätte "Bahnhof Schapen", Ecology & Evolution, Bünteweg 17d, 30559 Hannover

Tanja Strecker, J. F. Blumenbach Institut für Zoologie und Anthropologie, Universität Göttingen, Berliner Str. 28, 37073 Göttingen

Einleitung, Fragestellung und Untersuchungsgebiet

Die aktuell vorliegende Untersuchung (November 2014) der Collembolenfauna von 5 Habitattypen innerhalb des Nationalparks Kellerwald-Edersee stellt eine Erweiterung der Analyse der Collembolengemeinschaft des Nationalparks aus dem Jahr 2013 dar. Im Fokus stand die Frage, ob historische Holzkohlemeilerstandorte ein attraktives Mikrohabitat für Collembolen sind.

Die zentrale Hypothese besteht darin, dass in Holzkohlemeilerplatten aufgrund des Inputs von Pflanzenkohle in den Boden die mikrobielle Biomasse im Vergleich zu anderen Untersuchungsstandorten (s. u.) erhöht ist, da Bakterien und Pilze von der vergrößerten „inneren Oberfläche“ der Pflanzenkohle profitieren sollten. Die mikrobielle Biomasse, speziell die pilzliche Biomasse, stellt eine wesentliche Nahrungsressource für Collembolen dar (Broady 1979, McMillan 1976, Sabatini & Innocenti 2000). Daher sollten wiederum die Collembolen von der erhöhten mikrobiellen Biomasse in der Streu und im Boden der Holzkohlemeilerplatte profitieren und höhere Dichten als in den Vergleichsstandorten (Wald- und Offenlandhabitats, s. u.) erreichen.

Über die Struktur der Collembolengemeinschaften von historischen Holzkohlemeilerstandorten ist bisher wenig bekannt. Der Zusammenhang „Historischer Eintrag von Pflanzenkohle in den Boden – Reaktion der Bodenfauna“ könnte für aktuelle Terra Preta-Studien mit dem Fokus Nährstoffverbesserung und Steigerung des Pflanzenwachstums durchaus von Bedeutung sein und aufzeigen, dass es sich lohnt innerhalb dieser Studien den Aspekt „Reaktion der mikrobiellen Biomasse und der Bodentiere“ nicht zu vernachlässigen.

In der vorliegenden Untersuchung wurden insgesamt folgende Habitattypen (Standorte) untersucht:

- 1) „Kirmesbach“ (eine Kohlenmeilerplatte innerhalb eines Buchenwaldes),
- 2) „Keßbach“ (eine Feuchtwiese),
- 3) „Bloßenberg“ (Felsflur an den Hängen zum Edersee),
- 4) „Ringelsberg“ („Urwald“),
- 5) „Koppe“ (Wacholderheide, zeitweise von Schafen beweidet).

Neben dem Fokus auf den Holzkohlemeilerstandort hatte diese Untersuchung das Ziel, möglichst typische und unterschiedliche Habitate des Nationalparks zu untersuchen, um einen erweiterten Einblick in das Artenspektrum der Collembolen zu bekommen.

Material und Methoden

Am 17.11.2014 wurden auf den 5 Untersuchungsflächen im Nationalpark Kellerwald/Edersee („Kirmeshardt“ (Ki), „Keßbach“ (Ke), „Bloßenberg“ (Bl), „Ringelsberg“ (Ri), „Koppe“ (Ko)) an jeweils fünf Probestellen mit einem Stechzylinder (5 cm Durchmesser) **Bohrkerne** bis ca. 15 cm Tiefe **entnommen** und in drei Schichten (Streuschicht, Boden 0–5 cm, Boden 5–10 cm; gilt für die Standorte Ke, Ko Ki) bzw. zwei Schichten (Streuschicht, Boden 0–5 cm, gilt für die „flachgründigen“ Standorte Bl und Ri) unterteilt. Aus diesen Proben wurden die **Collembolen** nach dem von Schauerermann (1982) modifizierten Verfahren von Macfadyen (1961) **extrahiert** und anschliessend auf **Artniveau bestimmt**. Parallel zu den Tierproben wurden an den Probestellen 1–4 jedes Standorts in der Nähe des ersten Einstichs ein weiterer Bodenkern entnommen, der ebenfalls in die oben genannten 2 Schichten (Standorte Ri, Bl) bzw. 3 Schichten (Standorte Ko, Ke, Ki) getrennt wurde. Diese Proben wurden für die Bestimmung der **mikrobiellen Parameter** (mikrobielle Biomasse, Basalatmung, Spezifische Respiration) und des **Wassergehalts** genutzt. Innerhalb der mikrobiellen Parameter wird hier nur kurz auf die Ergebnisse für die mikrobielle Biomasse eingegangen.

Für die **statistische Analyse** der Collembolendaten wurde in dem Statistikprogramm SAS (Statistical Analysis System, SAS Institute Inc. 1994) die Prozedur ANOVA (Analysis of Variance) verwendet (Faktor: Standort). Die gefundenen Collembolenarten wurden für die statistische Auswertung in drei verschiedene ökologische/morphologische Gruppen zusammengefasst. Dies waren die **euedaphischen, hemiedaphischen und epedaphischen Collembolen**.

Die Reaktionsmuster des Wassergehalt und der mikrobielle Biomasse wurden mit Hilfe von General linear models (GLM) analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die **Gesamtabundanz der Collembolen** und die **Abundanz der epedaphischen Collembolen** waren auf dem Standort **Bl (Felsflur)** am höchsten (Abb. 1c, d), was überrascht, da dieser Standort sehr flachgründig ist und somit der potentielle Besiedlungsraum für die Collembolen geringer ist als auf den Standorten Ki, Ke und Ko. Auch die Dichte der hemiedaphischen Collembolen war in der Tendenz auf dem Standort Bl am höchsten (Abb. 1 b) . Ein Grund für die hohen Dichten der Collembolen an diesem Standort könnte in der hohen Anzahl an attraktiven Mikrohabitaten liegen, wie z.B. Moospolster. Zudem hatte der Mineralboden dieses Standortes die **höchste Bodenfeuchte**. Speziell das günstige Feuchtigkeitsregime in den Moospolstern und im Mineralboden dieses Standortes (Felsflur) könnte sich auf hygrophile Collembolenarten wie *Folsomia quadrioculata* (Doppelreiter 1979) positiv ausgewirkt haben, die z.T. Dichten von über 40000 Ind./m² auf dem Standort Bl erreichte. Lebendes Pflanzenmaterial wie Moospolster ist zudem eine wichtige Nahrungsressource speziell für viele epedaphische Collembolenarten (Wolters 1987).

Im Gegensatz zur Ausgangshypothese („Höchste Dichten der Collembolen auf der Kohlenmeilerplatte“) war die Abundanz der Collembolen auf der Untersuchungsfläche Kirmesbach (Ki) nicht deutlich erhöht, was vor allem daran liegen könnte, dass ihre potentielle Nahrungsressource, die mikrobielle Biomasse, ebenfalls nicht deutlich auf den Input an Pflanzenkohle an diesem Standort reagierte.

Verschiedene Studien zeigen zwar, dass eine direkte Konsumierung von „carbonized materials“ (Hydrochar/Biochar) durch Collembolen möglich ist (Salem et al. 2013, Marks et al. 2014), diese scheint aber in der vorliegenden Untersuchung bei der „historisch erzeugten“ Holzkohle keine Rolle zu spielen. Eventuell überlagert aber auch die eventuell hohe Dichte von Regenwürmern auf der untersuchten Kohlemeilerplatte einen potentiellen positiven Effekt auf die Collembolen, da Regenwürmer durchaus als Nahrungskonkurrenten der Collembolen gelten. Diese Fragestellung wird in einem aktuell laufenden Projekt untersucht.

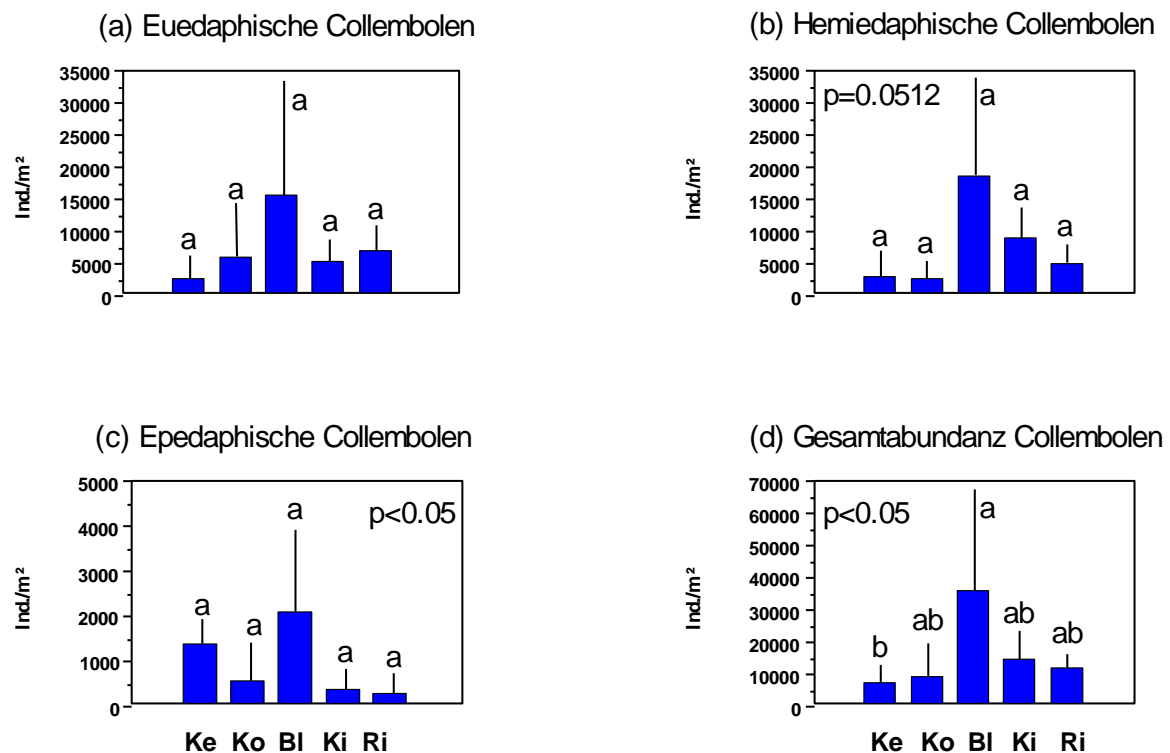


Abbildung 1: Abundanz der euedaphischen (a), hemiedaphischen (b), euedaphischen Collembolen (c), sowie Gesamtabundanz der Collembolen (d) auf den 5 Untersuchungsflächen im Nationalpark Kellerwald/Edersee (Ke, Ko, BI, Ki, Ri). Balken mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant voneinander.

Literaturverzeichnis

Broady, P. A. 1979. Feeding studies of the collembolan *Cryptopygus antarcticus* Willem at Signy Island, South Orkney Islands. - British Antarctic Survey Bulletin 48: 37-48

- Doppelreiter, H. 1979. Untersuchungen über Artenspektrum, Verteilung und Biozidempfindlichkeit von Collembolen im Fichtenwaldboden. – Zeitschrift für angewandte Entomologie 88: 113-124.
- MacFadyen, A. 1961. Improved funnel-type extractors for soil arthropods. – J. Anim. Ecol. 30: 171-184.
- Marks, E.A.N., Mattana, S., Alcaniz, J.M., Domene, X. 2014. Biochars provoke diverse soil mesofauna reproductive responses in laboratory bioassays. – European Journal of Soil Biology 60: 104-111.
- McMillan, J. H. 1976. Laboratory observations on the food preference of *Onychiurus armatus* (Tullberg) Gisin (Collembola, Family Onychiuridae). – Revue d Ecologie et Biologie du Sol 13: 353-364.
- Sabatini, M. G., Innocenti, G. 2000. Functional relationships between Collembola and plant pathogenetic fungi of agricultural soils. – Pedobiologia 44: 467-475.
- Salem, M, Kohler, J, Rillig, M.C. 2013. Palatability of carbonized materials to Collembola. – Applied Soil Ecology 64: 63-69.
- Schauermann, J. 1982. Verbesserte Extraktion der terrestrischen Bodenfauna im Vielfachgerät, modifiziert nach Kempson und MacFadyen. – Kurzmitteilungen aus dem SFB135: Ökosysteme auf Kalkstein, 1: 47-50.
- Wolters, V., 1987. Die Bedeutung der Krautschicht für Springschwänze (Insecta, Collembola) eines Buchenwaldes. Mitteil. Deutsch. Gesells. Allgem. Ang. Entomol. 5, 40-43.

Grundlagen der Bodenfruchtbarkeit und ihre Umsetzung in die Praxis

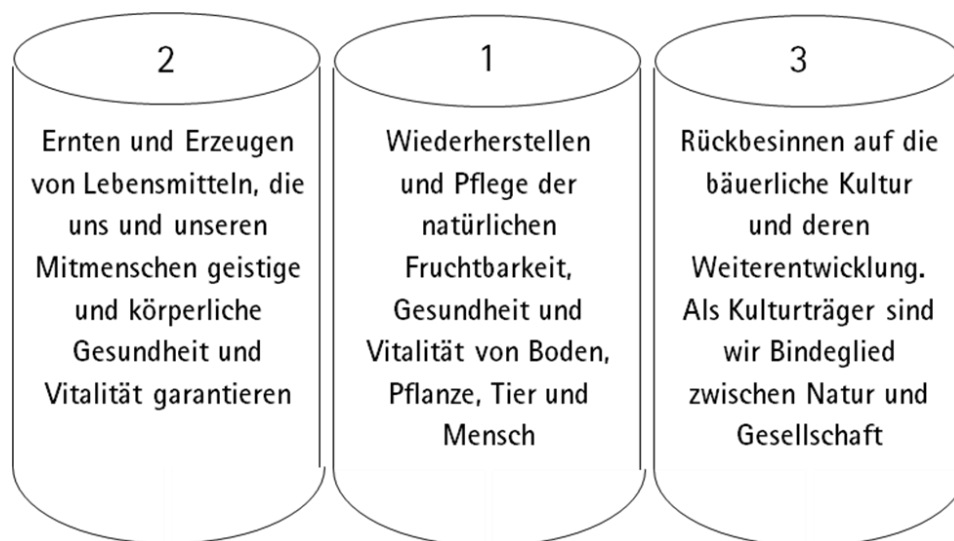
Sepp Braun – Biolandbauer – Freising

Für die Begründer des organisch-biologischen Landbau Dr. Hans Müller, Biologe, Dr. Hans Peter Rusch, Arzt und Mikrobiologe und eine Reihe weiterer Wissenschaftler war und ist die Wiederherstellung der Fruchtbarkeit des Bodens das Fundament des organischen biologischen Landbaus.

Biolandleitbild – Unsere Leitsätze

Ausgehend vom großen Vertrauen, der Ehrfurcht vor dem Leben und dem Glauben in die Schöpfung, sucht der organisch-biologische Landbau nach Wegen, die natürliche Fruchtbarkeit, Gesundheit und Vitalität von Boden, Pflanze, Tier und Mensch wieder herzustellen und zu erhalten. Für die Bäuerin und den Bauern ist Ökologischer Landbau die Möglichkeit zu selbstbestimmter und erfüllter Arbeit, die sie/er gegenüber den Mitmenschen, der Gesellschaft und nachkommenden Generationen verantworten kann. Grundlage sind die Naturgesetze an denen wir Menschen uns als Teil der Schöpfung orientieren.

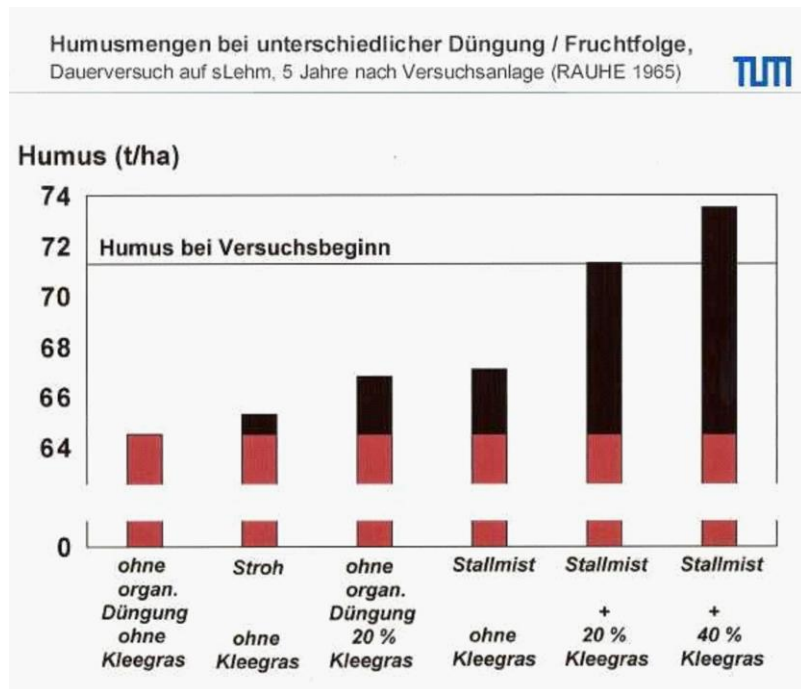
Das Fundament des Bioland-Leitbildes basiert auf drei Säulen:



Organismus Boden aus der Sicht des organisch biologischen Landbaus:

Der Boden ist ein biologischer Organismus von Pflanzen, Mikroorganismen und niederen Tieren. Wie bei jedem Organismus greifen die einzelnen biologischen, physikalischen und chemischen Vorgänge ineinander und sind untrennbar miteinander verbunden. Eine Hand voll Muttererde enthält Milliarden verschiedener Bakterien. Die Unzahl von Kleinstlebewesen im Mutterboden leben in einer, im Gleichgewicht haltenden, Gemeinschaft. Sie stellen für Pflanzen, Tieren und Menschen z. B. Enzyme, Fermente, Huminstoffe, natürliche Antibiotika zur Verfügung, um die natürliche Gesundheit und Vitalität wiederherzustellen. Im Gegenzug ernähren Pflanzen, Tiere und Menschen mit ihren Ausscheidungen den Boden.

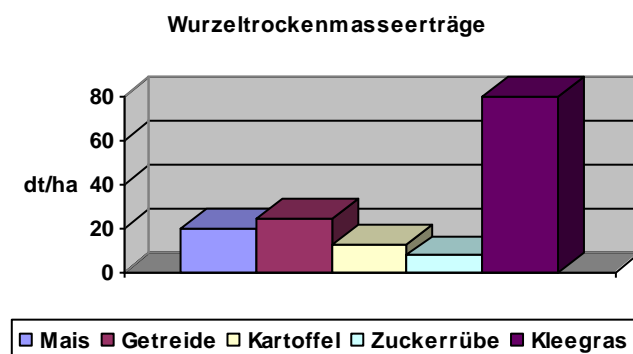
Der Regenwurm als anerkannter Indikator für die natürliche Bodenfruchtbarkeit kann stellvertretend für die anderen Bodentiere Perspektiven aufzeigen. In einem lebendigen Organismus Boden sind bis zu 600 Regenwürmer pro m². Diese erzeugen pro ha 80t Regenwurmkot in welchem 280 kg N pro ha enthalten sind. Das bedeutet, dass die natürliche Bodenfruchtbarkeit am Beispiel der Regenwürmer betrachtet, die doppelte Ertragsfähigkeit der durchschnittlichen Erträge in der konventionellen Landwirtschaft hat. An diesem Beispiel wird deutlich, dass sich die Frage, ob der Ökolandbau die Welt ernähren kann, aus der Sicht eines natürlich fruchtbaren Bodens sicher nicht stellen wird.



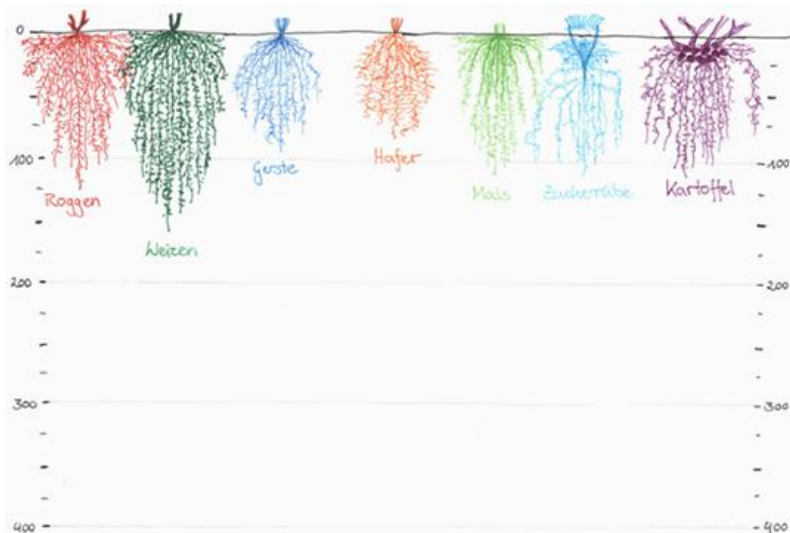
Anhand dieser Grafik wird deutlich, dass der Humusgehalt unserer Böden nur in Kombination mit Stallmist und Klee gras im Ackerbau erhalten werden kann. Dies bedeutet, dass in unseren modernen Ackerbaufruchtfolgen ohne Klee gras und Stallmist Humus im großen Stil abgereichert wurde und damit CO₂ in großen Mengen in die Atmosphäre emittiert wird.

Boden als CO₂-Speicher

Mit unseren klassischen Landnutzungssystemen wird über Monate während der Vegetationszeit die Photosynthese durch Brachen unterbrochen und damit ein großes Potenzial an CO₂-Speicherung über Wurzel und Spross nicht genutzt.



Der Anteil der Wurzeltrockenmasse im Boden hat einen direkten Einfluss auf das CO₂-Reduktionspotential im Boden. Also kann mit einer Mischung aus Flachwurzlern, Mitteltief- und Tiefwurzlern der ganze Bodenraum optimal durchwurzelt werden. Durch den Ackerbau mit nökulturen wird der Boden nur zu max. 40 % durchwurzelt. (siehe Diagramm und Wurzelbilder)



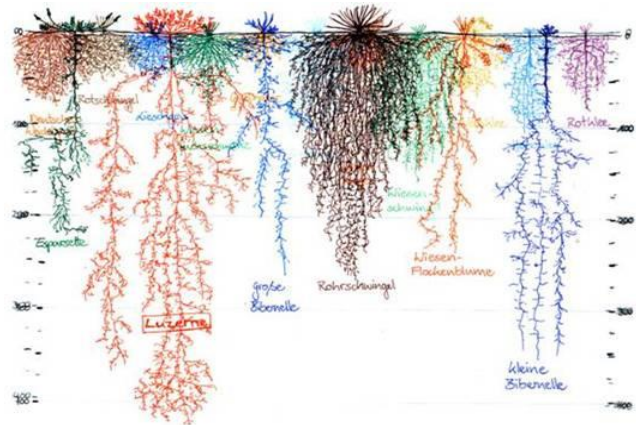
Links:

Wurzelbild der Kulturpflanzen des Ackerlandes mit Wurzel-trockenmasseerträgen von zwischen 8 und 30 dt/ha

Unten:

Wurzelbild einer Kleeegrasmischung aus Flach-, Mitteltief- und Tiefwurzlern mit Wurzel-trockenmasseerträgen von 80 dt/ha.

Anhand der Wurzelmasseerträge der Ackerkulturen im Vergleich zu Klee-gras (siehe Diagramm) wird deutlich, dass mit verschieden tief wurzelnden Pflanzenarten 4-10 fache Wurzelmasseerträge möglich sind. Die Pflanzenwurzeln sind geeignet, das CO₂, das über die Photosynthese in den Blättern gebunden wurde, im Boden zu speichern.



Prof. Dr. Gustav Raggam hat errechnet, dass bei einem weltweiten Humusaufbau von 4 Prozent auf den Ackerflächen das ganze CO₂, das seit 1900 in die Atmosphäre emittiert wurde, im Boden rückgebunden werden kann und damit der Klimawandel aufgehalten und umgekehrt werden kann.

Regenwurm

600 Regenwürmer pro m²:

-> wandeln bis zu 80 dt Ernterückstände

Von Herbst bis Frühjahr

(aber nur von der Bodenoberfläche!)

In Wurmhumus um

-> 80 t Regenwurmhumus = 280 kg N pro ha/Jahr.

-> graben 440 m Röhren
mit einem Volumen von 13 000 cm³ pro m²

-> Sommerschlaf: Anf. Juli – Ende August

-> aktiv von September bis Juli

-> verträgt -5°C

Der durchschnittliche Regenwurmbesatz in Bayern:

16 Regenwürmer pro m²



In lebendigen Böden binden die Regenwürmer große Mengen Kohlenstoff in Form von Regenwurmkot (bis zu 80t ha/Jahr), der dann im Boden in Form von Humus gespeichert wird. Mit höheren Humusgehalten im Boden steigt die Bodentemperatur, was gleichzeitig das Pflanzenwachstum verbessert und damit über die Photosynthese mehr CO₂ in Form von Wurzel und Spross gebunden wird.

Durch die Steigerung des Humusgehaltes im Boden entsteht außerdem ein riesiges Potenzial, die Erdatmosphäre abzukühlen und damit die Temperaturerhöhung aufzuhalten:

- der Boden kann durch die dunkle Farbe mehr Sonnenenergie speichern
- die Wasserspeicherkapazität steigt und mehr Wasser kann auf der Fläche verdunsten -> Verdunstungskühlung

➔ Abkühlung der Erdatmosphäre



Humus und seine Bedeutung für den Klimaschutz

- CO₂-Speicher
- Wärmespeicher
- Wasserspeicher
- Sonnenkollektor

Boden als Wasserspeicher und Hochwasserschutz

Die forstwirtschaftlich, landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Flächen haben eine hervorragende Wasserspeicherkapazität, wenn die natürliche Bodenfruchtbarkeit wieder hergestellt wird. In solchen Böden befinden sich bis zu 600 Regenwürmer pro m². Sie graben

Röhren mit einer Länge von 440 m und einem Volumen von 13 000 cm³ pro m², sodass dieser Boden nach Aussagen von Dr. Johannes Bauchhenß, Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, in der Lage ist, 150 l Wasser in 1 Std. pro m² aufzunehmen.

Laut Untersuchungen der Landesanstalt für Forstwirtschaft nimmt der Boden in Fichtenmonokulturen 10 l Wasser in h/m² auf; in Mischwäldern hingegen liegt die Wasseraufnahmekapazität bei 110 l Wasser in h/m². Unsere land- und forstwirtschaftlichen Böden, die 85 Prozent der Gesamtfläche einnehmen, wären in der Lage die inzwischen regelmäßigen Jahrhunderthochwasser in Europa durch ihre hohe Wasserspeicherkapazität zu verhindern.



Regenwurmrohren

Möglichkeiten der Verringerung von Treibhausgasen aus der Tierhaltung



Durch die Verlängerung der Nutzungsdauer bei den Milchkühen um ein Jahr geht nach Untersuchungen der Universität für Bodenkunde Wien der Methan-ausstoß um 19 Prozent zurück.

Durch die Fütterung mit Tanin-haltigen Futtermitteln wie Luzerne oder andere Leguminosen und Kräuter lässt sich die Methanbildung im Rinderma-gen laut der Untersuchung der ETH Zürich signifi-kant senken. Bei einer weltweiten Umstellung von Silomais auf Klee gras könnten 50 Mio. Hektar Silomais und 25 Mio. Hektar Soja durch Klee gras ersetzt werden, was zur Folge hätte, dass durch die hohen Wurzel trockenmasseerträge beim Klee gras zusätzlich rund 1,8 Mrd. Tonnen CO₂ im Boden gespeichert werden könnten.

Umsetzung der Bodenfruchtbarkeit in die Praxis

Der Milchviehbetrieb mit 23 Milchkühen und 54 ha landwirt-schaftlicher Nutzfläche liegt nördlich von München auf einer Höhe von 450 m über N.N. Der durchschnittliche Jahresnie-derschlag beträgt 800 mm bei einer mittleren Jahrestempera-tur von 7,7°C. Von der Fläche sind 17 ha Dauergrünland und 37 ha Ackerland. Die Ackerzahl der ackerbaulichen genutzten Böden liegt zwischen 28 – 59 Punkten. Die Bodenarten rei-chen vom lehmigen Sand bis anmooriger, toniger Lehm. Die Fruchtfolge besteht aus: zweijähriger Klee gras Mischung – Ha-fer – Winterweizen – Klee gras Mischung – Hafer– Winterrog-gen.



Ausgangslage

Ab 1984 wurde die Bodenbearbeitung auf pfluglose Bodenbearbeitung mit Schichtengrubber und Zinkenrotor umgestellt. In dieser Zeit wurde versucht, mit hohem technischem Einsatz die Bodenfruchtbarkeit zu verbessern.

Die Konsequenz aus der Auseinandersetzung mit den Ansprüchen von Boden, Bodenleben und Pflanzen war eine weitere Reduzierung der Bodenbearbeitung zur Minimalbodenbearbeitung, die seit 1994 durchgeführt wird. Die Technik muss einen schonenden Umgang mit Boden, Bodentie-ren und Pflanzen gewährleisten. Das bedeutet den Erhalt der natürlichen Bodenschichten und das Reduzieren der Eingriffe in den Boden.

Der normale Ackerbau erreicht mit dem Anbau einer Kulturpflanze nur eine 40prozentige Durchwurzelung des Bodenraums. Auf dem Betrieb wird versucht mit einer Mischung aus Flach-, Mitteltief- und Tiefwurzlern in der gesamten Fruchtfolge eine möglichst 100prozentige Durch-wurzelung zu erreichen.

Diese Mischkultur hat folgende Konsequenzen:

- Stabilisierung des Bodens
- geringere Gefahr von Bodenverdichtung
- keine Notwendigkeit zur Bodenlockerung
- Herstellung eines Gleichgewichts Nützlinge-Schädlinge-Krankheiten
- Vollwerternährung für das Bodenleben

Bodenbearbeitungssystem

Der Umbruch der Klee-graskräutermischung erfolgt im Winter, wenn möglich bei gefrorenem Boden mit der Fräse oder dem Stoppelhobel auf ca. 6 cm Tiefe. Die Gründe dafür sind:

- kein schädlicher Bodendruck
- die Regenwürmer gehen durch den Frost in tiefere Schichten und sind durch die Bodenbearbeitung auf max. 6 cm nicht erreichbar
- Ausnutzen des Wurzelwachstums im Herbst bis zum Vegetationsende
- durch den späten Umbruch ist die Gefahr der Stickstoffmineralisierung und damit die Auswaschung von Nitrat sehr gering

Etwa vier Wochen nach dem Umbruch erfolgt die Saatbeetvorbereitung mit dem Kreiselgrubber; Arbeitstiefe ebenfalls ca. 6 cm, um Klee-graskräuterreste, die durch die erste Bearbeitung nicht erfroren sind, noch abzutöten. Ab Ende Februar erfolgt die Aussaat des Hafers mit einer Kombination aus Exaktstriegel im Frontanbau und Stempelpackersämaschine mit 6 cm Reihenabstand der Firma HEKO am Heck. Mit der Reduzierung des Reihenabstandes auf 6 cm erfolgt eine gleichmäßige Standraumverteilung



und damit eine wesentlich bessere Bodenbedeckung, was zur Folge hat, dass wesentlich weniger Unkräuter auflaufen. Durch die exakte Tiefenablage und punktuelle Rückverfestigung des Saatbeetes bekommen die Kulturpflanzen gegenüber den Unkräutern einen Entwicklungsvorsprung.

Die Aussaat erfolgt, wenn möglich, in gefrorenen Boden. Dies hat folgende Vorteile:

- kein schädlicher Bodendruck
- das Bodenleben findet noch in tieferen Schichten statt und kann bei der Bearbeitung nicht gestört werden



Der Hafer ist bei Beginn der Erwärmung des Bodens bereits ausgesät, die Nährstoffaufnahme des Hafers und die Umsetzung der Grasnarbe erfolgen parallel. Mit dem Hafer werden noch eine Reihe von Leguminosen mit gesät; es handelt sich um diese: Gelbklees, einjährige Luzerne, Boxhornklees, Hornschotenklees. Zusätzlich zu den Leguminosen wird zur Unkrautunterdrückung und zur Gewinnung von Pflanzenöl 5 kg/ha Leindotter gesät. Der Leindottersamen

kann wegen seiner geringeren Korngröße gleichzeitig mit dem Hafer geerntet und anschließend getrennt werden. Der Leindotterertrag bewegt sich zwischen 100 und 300 kg pro ha, was bedeutet, dass mit dem sich daraus ergebenden Ölertrag von 30 - 100 l Pflanzenöl 1 - 2 ha mit dem Schlepper bearbeitet werden können. Ziel dieser Mischung ist es, den Boden ähnlich wie bei der Kleekräutermischung optimal zu durchwurzeln und bei Assimilationsende des Hafers zusätzlich Biomasse durch die Untersaatleguminosen und durch ihre Knöllchenbakterien zusätzlich Stickstoff zu gewinnen.

Bei der Ernte des Hafers ist die Untersaat aus den verschiedenen Leguminosen ca. 40 cm hoch, der Leindotter ca. 60 - 70 cm. Dieses Gemisch aus Hafer und Untersaat wird mit einem handelsüblichen Mähdrescher auf ca. 10 cm Stoppelhöhe geerntet, die Stroh-Kleekräutermischung breit gestreut und nach dem Abtrocknen mit der Rundballenpresse als Einstreu für die Rinder abgefahren. Die Stoppeln und die Untersaat werden mit dem Stoppelhobel ca. 6 cm tief umgebrochen. Anschließend erfolgt eine zweite Bearbeitung mit dem Kreiselgrubber zum Einebnen der Furchen und damit Unkrautsamen und Ausfallhafer besser auflaufen. Um die auflaufenden Unkrautsamen und Ausfallhafer zu bekämpfen wird eine Woche später eine zweite Bearbeitung mit dem Kreiselgrubber durchgeführt.

Mit einem dritten Arbeitsgang, einer Kombination aus Exaktstriegel in Front- und der Stempel-packer-Sämaschine im Heckanbau, erfolgt bereits um den 20. August die Winterweizenaussaat. Der Winterweizen wird in einen Arbeitsgang mit einer Zwischenfruchtmischung aus Kresse, Perserklee, Boxhornklees, Phacelia, einjähriger Luzerne und der Kleekräutermischung ausgesät. Die Gründe für die frühe Winterweizensaat sind:

- Der Weizen würde auch natürlicherweise um diese Zeit auflaufen.
- Der Boden ist nach kurzer Zeit komplett mit einer Pflanzendecke vor Sonne, Regen und Wind geschützt.
- Es soll erreicht werden, dass die Zwischenfrüchte schnell auflaufen, den Boden bedecken und so die Aufgabe der Unkräuter übernehmen, den Boden gut zu durchwurzeln und den Stickstoff, den die abfrierenden Zwischenfrüchte im Herbst binden (ca. 40 - 80 kg N/ha), dem Weizen im Frühjahr bei Vegetationsbeginn zur Verfügung zu stellen.

- Unter Sommertrockenheit sind die Regenwürmer bis Ende August noch in tieferen Bodenschichten im Sommerschlaf, nehmen damit auch keine Nahrung auf und können somit während der Bearbeitung nicht verletzt werden.
- Durch die frühe Saat kann sich die Klee Kräutermischung vor Vegetationsende optimal entwickeln.
- Durch die frühe Aussaat ist die Wurzelentwicklung vor Vegetationsschluss noch so gut, dass die Pflanzen mit ihren Wurzeln vor dem Winter in den frostfreien Bereich wachsen können, die Auswinterungsgefahr sich verringert und damit im Winter das Wurzelwachstum weitergeht.
- Damit das Weizen-Zwischenfrucht-Klee Kräutergemisch nicht zu weit entwickelt in den Winter geht, wird es ab einer Höhe von 30 - 40 cm auf 6 cm gemulcht. Dieses Mulchmaterial dient den Regenwürmern als Winterfutter.
- Der Weizen hat durch die Frühsaat eine sechs Wochen längere Vegetationszeit.
- Damit die Untersaat keine Konkurrenz zum Weizen darstellt, wird eine möglichst langstrohige, standfeste und mit einer guten Jugendentwicklung ausgestattete Weizensorte gewählt. Als Luzerne wird die wesentlich kürzere aber feinstängelige Weideluzerne „Luzelle“ gesät. Die Ernte der Mischkultur erfolgt mit einem handelsüblichen Mähdreher mit einer Stoppelhöhe von ca. 10 cm. Das Strohkleekräutergemisch wird breit gestreut, zu Rundballen gepresst und als Einstreu im Stall verwendet.
- Etwa vier Wochen nach der Ernte kann von dieser Fläche noch einen Klee Kräuterschnitt geerntet werden und ein zweiter Schnitt Anfang Oktober wird gemulcht. Die Klee Kräutermischung wird im nächsten Jahr viermal gemäht und als Heu geerntet und im Winter mit der Fräse bei gefrorenem Boden umgebrochen, anschließend wird im Frühjahr wieder Hafer gesät. Danach wird Winterroggen angebaut.
- Klee Kräutrumbruch, Hafer- und Winterroggenaussaat erfolgen genauso wie vorher beschrieben d. h. der Winterroggen wird zum gleichen Zeitpunkt und der gleichen Mischung ausgesät.
- Um die Bodentiere und Kulturpflanzen möglichst wenig zu beeinträchtigen werden nur Maschinen und Geräte auf den Acker eingesetzt, deren Achslast 5 t und deren Reifeninnendruck 0,8 bar nicht überschreiten.

Erfahrungen

Durch den Versuch der Abstimmung der Fruchtfolge und der Bodenbearbeitung auf die Bedürfnisse des Bodenlebens und der Pflanzen ergeben sich folgende Vorteile:

- Durch die intensive Durchwurzelung des Bodens, den steigenden Regenwurmbesatz und den geringen Bodendruck ist keine technische Bodenlockerung mehr notwendig. Jährlich wird die Bodenstruktur mit der Spatendiagnose geprüft.
- Da durch die Mischkultur der Boden über die gesamte Fruchtfolge ähnlich wie in der Klee Kräutermischung durchwurzelt und der Boden bedeckt ist, treten keine Disteln auf.
- Durch den Wechsel Sommergetreide - Wintergetreide - Klee-Graskräutermischung kann inzwischen selbst bei Saatgutvermehrung auf eine Unkrautbekämpfung verzichtet werden.
- In der siebenjährigen Fruchtfolge ist aufgrund der Untersaaten der Klee-Gräutermischung nur in zwei von sieben Jahren eine Bodenbearbeitung notwendig.
- Der Energie- und Maschineneinsatz ist stark zurückgegangen. Der 70 kW-Traktor konnte durch einen 53 kW-Traktor ersetzt werden. Damit hat sich auch der Bodendruck weiter reduziert und der Energieaufwand ist um 20 % zurückgegangen. Der Schlepper wird mit Pflanzenöl angetrieben.
- Der Regenwurmbesatz steigt kontinuierlich an, da keine Bodenlockerung mehr notwendig ist; inzwischen liegt er bei rund 300 Regenwürmern/m².
- Der Gesamttrockenmasse-Ertrag steigt mit der Mischkultur - z. B. Roggen 5 t Körnerertrag, 7 t
- Stroh und 8 t Wurzel-trockenmasse - auf Werte, die nahe an die einer guten Wiese oder von Klee-gras kommen.
- Die Gesamttrockenmasse-Erträge entsprechen denen des konventionellen Silomais- oder intensiven Getreidebaus.
- Mit der Mischkultur sind zum einen die Ziele der Artenvielfalt erreichbar, zum anderen lösen sich dadurch die Probleme mit Krankheiten (Steinbrand, Fusarien) und Schädlingen, da sich auf dem Acker ein natürliches Gleichgewicht einstellt.

Visionen

Aufgrund der riesigen Herausforderung durch Klimaschutz, Artenschutz und Welternährung ist die Zeit reif für eine konsequente Neuausrichtung der Landnutzungssysteme. Ich bin überzeugt, dass wir die künstliche Trennung von Forstwirtschaft, Landwirtschaft und Gartenbau überwinden müssen und es für Mensch und Natur notwendig ist, neue Systeme zu entwickeln, die sich an den Gesetzmäßigkeiten der Natur orientieren.

Aus wissenschaftlichen Untersuchungen ist bekannt, dass die doppelte Photosyntheseleistung haben, als Monokulturen wie z.B. die C₄-Pflanze Mais. Damit wird deutlich, dass wir Systeme entwickeln müssen, die ähnlich wie der Mischwald mehrstufig aufgebaut sind, um über einen hohen Blattflächenindex möglichst viel Sonnenenergie zu speichern. Solche Agroforst-, Permakultur- oder Mischkultursysteme schaffen die Voraussetzung für natürliche Gleichgewichte, so



dass beispielsweise Bäume als Sitzplatz für Raubvögel dienen, Nützlinge sich in Sträuchern vermehren können oder unterschiedliche Pflanzenarten vielfältige Mineral – und Wirkstoffe erschließen. Aus der Agroforstwirtschaft ist bekannt, dass beim richtigen Anteil von Bäumen auf der Fläche der Ertrag der Ackerkulturen bei 100% bleibt und man zusätzlich Energie von der Fläche durch Holz gewinnen kann. Damit wird deutlich, dass Lebensmittel und Energieerzeugung nicht in Konkurrenz zueinander stehen müssen.

Durch Bäume und Sträucher auf Acker- und Grünlandflächen wird der Wind gebremst und somit die Wasserverdunstung verringert und die Bodentemperatur um bis zu 2°C gesteigert. Anhand von Computersimulationsmodellen wurde ermittelt, dass der Sturm „Wiebke“ 1990 bei einem Anteil von Bäumen und Sträuchern wie es 1900 auf den Flächen der Fall war kaum Schäden verursacht hätte.

Auch wird durch den stufigen Aufbau nach oben und nach unten der Boden wesentlich besser durchwurzelt und Nährstoffe, die von Acker- und Grünlandpflanzen nicht erreicht werden können, durch den Laubfall auf die Flächen verteilt. Außerdem wird über die gesteigerte Photosyntheseleistung wesentlich mehr Sonnenenergie gespeichert als bei Monokulturen. Dies bedeutet, dass sich durch Humusaufbau (CO₂-Rückspeicherung) die Ertragsfähigkeit des Organismus Boden – Pflanze – Tier kontinuierlich verbessert. Das geht soweit, dass in solchen hochaktiven Systemen nach Forschungen von Prof. C. Lewis Kervran biologische Transmutation (d.h. biologisch – atomare Umwandlung von fehlenden Stoffen aus anderen Elementen) möglich ist.

Vital- und Wirkstoffe aus solchen Böden sind durch die Aufnahme über die Lebensmittel in der Lage bei uns Menschen und unseren Mitgeschöpfen in unseren Organismus bis hin zur Erbsubstanz einzugreifen und alle Krankheiten zu heilen. Durch eine vollwertige Ernährung beispielsweise unserer Rinder mit Gras, Heu und Wasser würde der Omega 3 – Gehalt in Milch und Milchprodukten bis zum Faktor 3 steigen, was bedeutet, dass die Herz-Kreislauf-Erkrankungen des Menschen signifikant verringert würden.

„Mulch total“ – Eine erfolgreiche Praxis für den Gartenbau

Daniel Fischer – Dipl.-Ing. für Landschaftsnutzung und Naturschutz – Halle

Unter natürlichen Vegetationsverhältnissen gibt es keinen nackten, unbedeckten Boden. Er ist jederzeit durch die lebendige Vegetation oder durch abgestorbene Pflanzenreste bedeckt. Besonders deutlich wird dieses Naturprinzip im Wald: Hier wird der Boden durch eine permanente Laub- und Nadelstreu bedeckt, die ihn vor äußeren Wettereinflüssen weitestgehend schützt. Die Streuauflage dient außerdem zahlreichen Bodenorganismen als Nahrung und Lebensraum. Durch die Zersetzungs- und Humifizierungstätigkeit des Bodenlebens wird das abgestorbene organische Material allmählich in eine wertvolle Humusschicht umgewandelt. Aufgrund der regelmäßigen Zufuhr von organischer Substanz weisen daher besonders Waldökosysteme im Vergleich zu anderen Landnutzungstypen wie dem Ackerbau sehr hohe Humusgehalte auf.

Nach dem Prinzip "die Natur als Vorbild" können wir von diesem grundlegenden, natürlichen Kreislaufprozess lernen und wichtige Schlussfolgerungen ableiten, um eine naturgemäße, boden- sowie ressourcenschonende Form der Bewirtschaftung zu realisieren. Im Gartenbau wird eine Bodenbedeckung mit organischen Abfällen und Pflanzenresten bereits vielfach praktiziert und ist auch unter dem Begriff "Mulchen" bekannt. Da die organischen Abfälle beim Mulchen nicht wie bei der üblichen Kompostierung zentral in Form einer Miete oder eines Haufens gesammelt und verarbeitet werden, sondern über den bewirtschafteten Boden flächig verteilt werden, spricht man z.T. auch von einer sogenannten Flächenkompostierung. Oberstes Ziel ist es hierbei, eine gesunde und lebendige Bodenentwicklung zu unterstützen, indem das Bodeneben durch die gezielte Versorgung des Bodens mit organischer Substanz nachhaltig gefördert wird. Ein humusreicher, fruchtbarer und gesunder Boden ist wiederum eine essentielle Grundlage für ein gesundes Pflanzenwachstum, gesunde Nahrungsmittel und einen gesunden Menschen.

Langjährige Experimente und Praxisversuche der beiden Mulchgartenexperten, Kurt Kretschmann und Rudolf Behm, belegen durch umfangreiche Bodenuntersuchungen, dass unter der Mulchdecke ein überaus tätiger und gesunder Boden von ausgezeichneter Struktur mit sehr günstigen Nährstoffverhältnissen entsteht bei vollständigem Verzicht auf mineralische und anderweitige Handelsdünger sowie auf jegliche Art von Pestiziden. Über nähere Details und Empfehlungen für die Praxis berichten die beiden Mulchgartenpioniere auch in ihrem legendären Buch "Mulch total – Der Garten der Zukunft", welches bald in der 5. Auflage beim Organischen Landbau Verlag erscheinen wird.

Mulchen mit Methode

Nutzen und Vorteile dieser naturgemäßen Bewirtschaftungsform für die Praxis

Ähnlich wie die Streuauflage im Wald erfüllt eine Mulchschicht im Acker- und Gartenbau vielseitige Funktionen. Die sich hieraus ergebenden Vorteile lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Förderung eines aktiven Bodenlebens
- Schutz vor Austrocknung und Erosion
- eine effizientere Wassernutzung
- ein effektiver Humusaufbau durch die Zufuhr von organischer Substanz
- Förderung der Bodenfruchtbarkeit aufgrund der Rückfuhr und langfristigen Freisetzung von Nährstoffen
- Verbesserung der Bodenstruktur und Bodenqualität
- eine beachtliche Arbeitserleichterung
- Erzeugung von gesunden und wohlschmeckenden Ernteprodukten

Viele typische Arbeitsschritte aus der konventionellen Gartenpraxis lassen sich mit Hilfe einer Mulchbewirtschaftung vermeiden oder werden durch diese Methode ganz und gar überflüssig. Beispielsweise erfolgt durch die Bodenbedeckung eine Regulierung von unerwünschten Wildkräutern oder Gräsern, indem Unkrautsamen wenige Chancen erhalten, in der Mulchschicht zu keimen beziehungsweise vom Mineralboden aus durch die Mulchschicht hindurch zu wachsen (BEHM 2001). Der Mulchgärtner kann sich somit das mühsame Unkraut-Jäten weitestgehend ersparen. Falls Wildkräuter oder Gräser die Mulchschicht dennoch mal durchdringen sollten, sind diese außerdem wesentlich leichter zu entfernen.

Auch auf eine wendende Bodenbearbeitung mittels Spaten oder Pflug kann bei einer konsequenten Mulchbewirtschaftung grundsätzlich verzichtet werden, da sie zahlreiche Bodentiere in ihrer Entwicklung und Vermehrung fördert, welche durch ihre biologische Aktivität zu einer lockeren und feinkrümmeligen Bodenstruktur beitragen. Zudem wird durch einen weitestgehenden Verzicht auf tiefes Umgraben die natürliche Schichtung des Bodens nicht durcheinandergebracht. Diese ist wiederum durch eine jeweils spezifische Zusammensetzung an unterschiedlichen Bodenorganismen geprägt, welche sich an unterschiedliche Lebensbedingungen und Lebensräume angepasst haben. Im Mulchgarten bleiben die natürlichen Bodenverhältnisse weitestgehend ungestört, so dass sowohl die aerob als auch anaerob lebende Bodenfauna weiterhin ihre vielseitigen Funktionen für die Bodenentwicklung erfüllen kann.

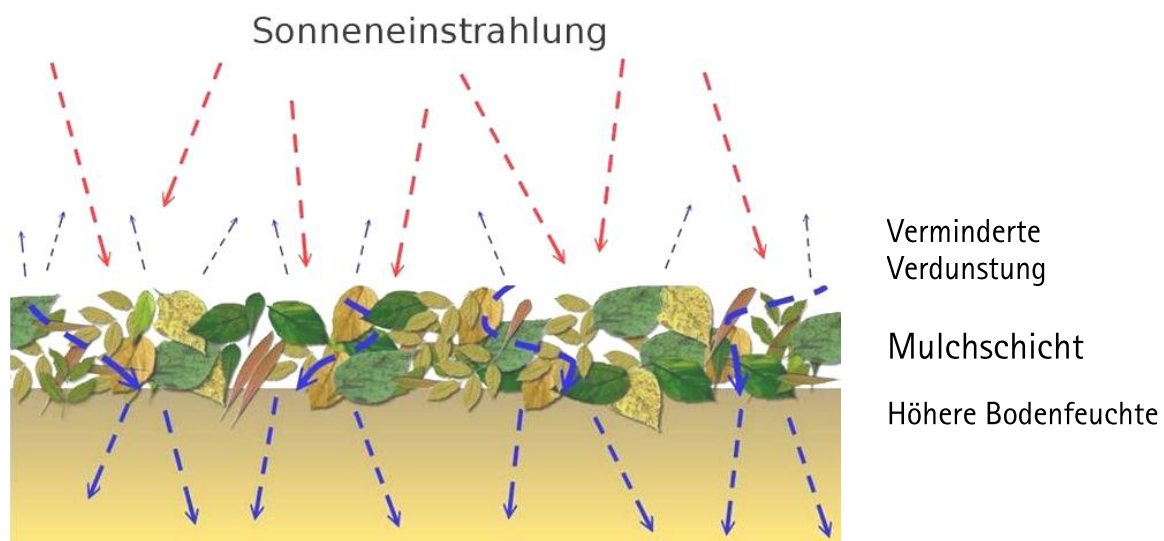
Obwohl die Kompostierung im naturgemäßen Gartenbau einen festen Stellenwert hat und die Verwendung von Kompost sehr viele positive Eigenschaften für den Humusaufbau und die Bodenverbesserung besitzt, ergeben sich durch das Mulchen auch in diesem Zusammenhang einige interessante Vorteile. Im Vergleich zur üblichen Mietenkompostierung entfällt beim Mulchen laut KRETSCHMANN & BEHM (2001):

- das Antransportieren und Sammeln des organischen Materials auf einem zentralen Platz
- das Aufstapeln zu einer Miete
- das regelmäßige Bewässern der Kompostmiete
- die Wildkrautbeseitigung auf der Mietenoberfläche
- das mehrfache Umsetzen der Miete zwecks Belüftung
- das Ausbringen und Einarbeiten des fertigen Kompostes

Des Weiteren erfolgt der Verrottungsprozess bei einer Flächenkompostierung oftmals wesentlich schneller und verlustärmer, da weniger Kohlenstoff in Form von CO_2 als Emission verloren geht.

Die wichtigsten Funktionen einer Mulchschicht kurz erläutert

Durch eine systematische Bodenbedeckung mit organischem Material wird die Erdoberfläche vor Austrocknung durch Wind und Sonneneinstrahlung geschützt, während hingegen das Niederschlagswasser nach einem Regenguss die Mulchauflage langsam durchdringen kann und von der Humusschicht anschließend aufgenommen wird. Somit wird die Oberflächenverdunstung (Evaporation) erheblich verringert und Temperaturextreme im Tagesverlauf deutlich abgemildert, was sich äußerst günstig auf das Pflanzenwachstum und das Bodenleben auswirkt.



In seinem Eberswalder Mulch-Experimentiergarten konnte der Mulchgartenexperte und Diplom-Chemiker, Rudolf Behm, diese Tatsache in einem Praxisversuch durch eindrucksvolles Zahlen- und Datenmaterial nachweisen: An einem sehr warmen Tag mit 35°C im Schatten konnten auf einem mulchfreiem Kontrollbeet, das nach dem üblichen konventionellen Verfahren umgegraben wird, Temperaturen von 15°C (am Morgen) bis 56°C (während der Mittagshitze) gemessen werden. Im Tagesverlauf ergibt sich somit eine Temperaturdifferenz von 40°C . Die Bodentemperatur der gemulchten Fläche mit einer Schichthöhe bis 8 cm reichte dagegen nur von $19\text{--}27^\circ\text{C}$ (Temperaturdifferenz 8°C). Vergleichbare Ergebnisse konnten auf einer anderen Versuchsfläche ermittelt werden (FISCHER 2006).

Aufgrund des effektiven Austrocknungsschutzes durch die Mulchschicht liegen selbst in Trockenperioden wesentlich höhere Bodenfeuchtigkeitswerte im Vergleich zu konventionell bewirtschafteten Gartenflächen vor: In einer Messreihe mit acht Wiederholungen konnte BEHM (2001) nachweisen, dass der Wassergehalt des Bodens im gemulchten Beet rund 6–8 % höher lag als im ungemulchten Kontrollbeet.

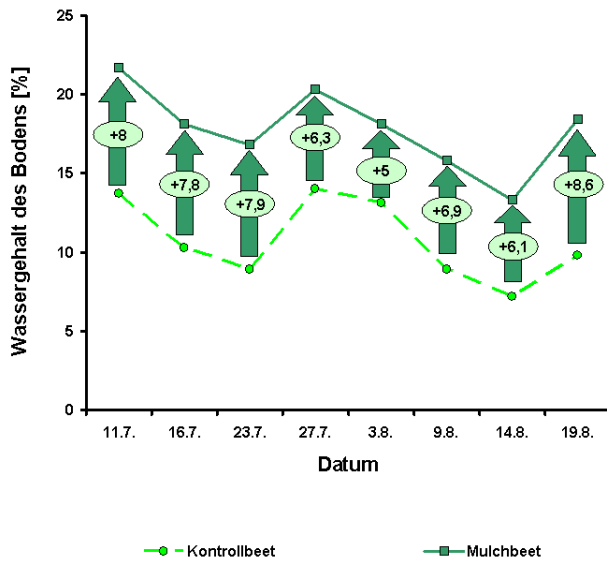


Abbildung 2: Vergleich des Wassergehalts des Bodens im Mulch- und konventionell bewirtschafteten Kontrollbeet

(Quelle: BEHM 2001, leicht modifiziert)

Auf diese Weise kann zum einen viel kostbares Wasser eingespart werden. Zum anderen finden die Bodenorganismen aufgrund der ausgeglichenen Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse wesentlich bessere und ungestörtere Lebensbedingungen vor.

Neben dem Austrocknungsschutz verhindert das Mulchen auch Erosionsprozesse. Insbesondere in der konventionellen Landwirtschaft und dort, wo riesige Monokulturen vorliegen, stellt die Erosion ein erhebliches Problem dar, so dass immer wieder fruchtbare Erdschichten weg geweht oder weg gespült werden. Zunehmende Klima- und Wetterextreme können diese schädlichen Auswirkungen sogar noch verstärken. In einem natürlichen Wald treten dagegen solche negativen Erosionseffekte jedoch kaum auf, weil der Boden immer durch eine Streuschicht, die



Vegetation und eine permanente Durchwurzelung des Bodens sehr wirksam vor äußeren Einflüssen geschützt ist. Dieses natürliche Prinzip wird durch die Mulchmethode bewusst nachempfunden und verhindert somit auch im Garten die schädlichen Einflüsse der Erosion.

Mulchen fördert das Bodenleben und ernährt die Herde unter der Erde

Die Mulchauflage wird durch eine große Vielfalt an Bodenlebewesen und Mikroorganismen besiedelt und als reichhaltige Nahrungsquelle genutzt. Die Förderung des Bodenlebens wird hierbei von KRETSCHMANN (1995) auch als wichtigstes Ziel einer Mulchwirtschaft hervorgehoben, da viele Bodenprozesse und Bodeneigenschaften sehr eng an ein intaktes Bodenleben gekoppelt sind. Durch ihre Aktivitäten beeinflussen Bodenorganismen maßgeblich die Bodenentwicklung und tragen sowohl zum Humusaufbau als auch zur Verfügbarmachung von Pflanzennährstoffen bei.

Umfangreiche Untersuchungen von Daniel Fischer und Kurt Kretschmann belegen hierbei, dass die Bodenfauna mittels Mulchbewirtschaftung sowohl quantitativ im Hinblick auf die Gesamtindividuenzahl als auch qualitativ in Bezug auf ihre Diversität im Vergleich zur konventionellen Wirtschaftsform auf signifikante Weise gefördert werden kann: Durch eine von Kurt Kretschmann entwickelte Methode (vgl. KRETSCHMANN & BEHM 2001) wurde der Bestand an Bodenorganismen erfasst, soweit er mit dem bloße Auge zu erkennen war. Die Untersuchung bezieht sich somit nur auf die Meso- und Makrofauna des Bodens und erstreckt sich vom Regenwurm bis hin zu den Springschwänzen. Sie ermöglicht interessante und spannende Einblicke in das lebendige Bodenuniversum und kann von jedem interessierten Garten- oder Naturfreunden leicht reproduziert werden.

Zu den Ergebnissen: Nach wiederholten Untersuchungen konnten im Boden und der organischen Auflage einer gemulchten Fläche insgesamt bis zu 75.025 Bodentiere ermittelt werden (FISCHER 2006). Diese beachtliche Gesamtindividuenzahl bezieht sich auf eine Fläche von 1 m² und der obersten Bodenschicht von 20 cm. Auf einer konventionell bewirtschafteten Nachbarfläche mit ähnlichen Boden- und Klimaverhältnissen wurden im gleichen Zeitraum hingegen nur insgesamt 1.525 Bodentiere gezählt. Unter der Gesamtindividuenzahl befanden sich im gemulchten Beet 2.325 Regenwürmer während auf der konventionellen Fläche kein einziger Regenwurm nachgewiesen werden konnte. Auf anderen konventionell bewirtschafteten Flächen war die Anzahl der Regenwürmer mit 50 bis 75 Individuen zwar höher. Dennoch ergaben sich durch das Mulchen immer wieder beachtliche Unterschiede mit einem nachgewiesenen Maximum von bis zu 2.900 einzelnen Regenwürmer pro m² innerhalb der obersten Bodenschicht von 20 cm. Zahlen, die zum Nachdenken anregen sollten!

Aber auch bezüglich der Diversität des Bodenlebens ergaben sich erhebliche Gegensätze: Auf dem untersuchten Mulchbeet konnten insgesamt 14 verschiedene Ordnungen der Bodenfauna in dem betreffenden Untersuchungszeitraum nachgewiesen werden, während im gleichen Zeitraum auf der konventionellen Kontrollfläche nur lediglich drei Ordnungen präsent waren.



Die konkreten Ergebnisse unterliegen je nach Jahreszeit und Witterungsbedingungen zwar natürlichen Schwankungen. Aber auch bei einer wiederholten Untersuchung zeichnete sich immer wieder der gleiche Trend ab, dass sowohl die ermittelte Gesamtindividuenzahl als auch die Diversität der Bodenorganismen bei einer Mulchbewirtschaftung wesentlich höher lag als unter ähnlichen Verhältnissen ohne Anwendung von Mulch.

Warum enthält der Boden im Mulchgarten ein so unvorstellbares Leben?

Die physikalischen, biochemischen und biologischen Eigenschaften des Bodens werden durch die aufliegende organische Bedeckung in vielfältiger Weise positiv beeinflusst. Ein großes und reichhaltiges Nahrungsangebot, der Schutz vor extremen Witterungsverhältnissen, ungestörte Lebensbedingungen sowie ausgeglichene Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse zählen gewiss zu den wichtigsten Faktoren.

Humusaufbau durch Mulchen

Der Humusgehalt spielt in der ökologischen Landwirtschaft und im Bio-Gartenbau eine zentrale Rolle. Ohne Humus wäre hier ein nachhaltiges Wirtschaften undenkbar. Daher sollte jeder Gärtner oder Landwirt darum bemüht sein, den Humusgehalt zu erhalten und nach Möglichkeit zu steigern, zumal die Humusschicht Wasser und Nährstoffe sehr gut speichern kann und hierbei die physikalischen, chemischen sowie biologischen Bodeneigenschaften langfristig verbessert.

In Folge regelmäßiger Beprobungen hat Behm umfangreiche Erkenntnisse über die Entwicklung der unterschiedlichen Humusgehalte in diversen Mulchgärten erhalten. Besonders erfolgreich verlief der Anstieg des Humusgehalts in seinem eigenen Mulch-Experimentier-Garten (BEHM 2001): Der ursprüngliche Humus-Ausgangswert betrug für ein Versuchsbeetpaar jeweils 4,76 %. Während der Humusgehalt in dem konventionell bewirtschafteten Kontrollbeet nach 10 Jahren auf 3,62 % herab sank, stieg er auf dem gemulchten Beet auf fast 7 % an. Es ergibt sich unter ansonsten vergleichbaren Ausgangsbedingungen somit eine Humusdifferenz von über 3 % innerhalb von nur 10 Jahren.

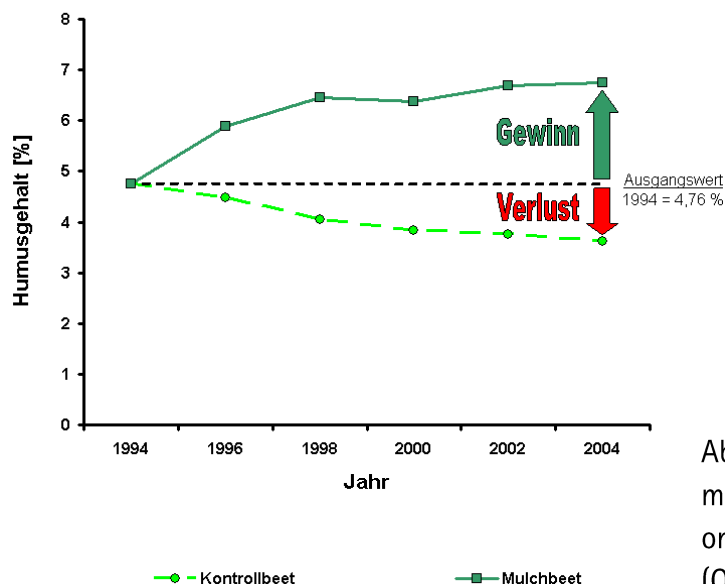


Abbildung 5: Veränderung des Humusgehalts im Mulch- und konventionell bewirtschafteten Kontrollbeet (Quelle: BEHM 2001, leicht modifiziert)

Ausblick

Das Mulchen stellt im naturnahen Gartenbau eine wichtige Bewirtschaftungsmethode dar, die sich an den ökologischen Gesetzmäßigkeiten und Prinzipien der Natur orientiert. Tausende Gärtner wenden bereits die Mulchmethode mit Erfolg an. Aber auch in der Landwirtschaft oder dem großflächigen Gartenbau finden bodenschonende Anbauverfahren zunehmende Beachtung. Teilweise kommen hierbei bereits Mulch- und Direktsaatverfahren zur Anwendung.

Durch die bewusste Einbeziehung weiterer naturnaher Verfahren und Bewirtschaftungspraktiken wie die Terra Preta Technologie könnten in Kombination mit einer konsequenten Mulchwirtschaft zukünftig noch weitere Synergieeffekte entstehen, die eine nachhaltige und zukunftsweisende Form der Landnutzung befördern und einen effektiven Humusaufbau sowie eine wirksame Bodenverbesserung auf nachhaltige Weise ermöglichen und hierbei beschleunigen. Ein interessantes Praxisbeispiel stellt hierbei der Terra Preta Mulchgarten in Blumenau (Halle a. d. Saale) dar, der vom Autor im Jahr 2011 angelegt wurde. Aufgrund beachtlicher gärtnerischer Erfolge in relativ kurzen Zeiträumen dank eines beschleunigten Humusaufbaus und der Steigerung der Bodenfruchtbarkeit mittels Terra Preta – Anwendung und konsequenter Mulchbewirtschaftung könnte dieses Beispiel ein nachhaltiges Modell für den urbanen Gartenbau der Zukunft darstellen.

Literatur

BEHM, R. (Verf.), Bundesverband Deutscher Gartenfreunde e.V. (Hrsg.), 2001: „Mulchen mit Methode: Naturnah zu fruchtbarem Boden und hohen Erträgen“. in: „Der Fachberater“. 51. Jahrg., Nr. 3, Verlag W. Wächter GmbH: Bremen, S. 28–33

FISCHER, D., 2006: „Entwicklung eines Leitfadens für den Permakulturgarten Eberswalde auf Grundlage wissenschaftlicher Untersuchungen“. Diplomarbeit. Fachhochschule Eberswalde, Fachbereich II – Landschaftsnutzung und Naturschutz, 84 S.

KRETSCHMANN, K. (Verf.), Bundesverband Deutscher Gartenfreunde e.V. (Hrsg.), 1995: „Die Geschichte des Gartens der Zukunft. Konsequenter naturnah bewirtschaftet – der Total-Mulch-Garten“. in „Der Fachberater“. 45. Jahrg., Nr. 3, Verlag W. Wächter GmbH: Bremen, S. 161–163

KRETSCHMANN, K. & R. BEHM, 2001: „Mulch total. Der Garten der Zukunft“. 2.Aufl., Organischer Landbau Verlag: Xanten, 174 S.



Fräulein Brehms Tierleben

Text und Regie: Barbara Geiger

*Das einzige Theater weltweit für gefährdete, heimische Tierarten.
Artgerechte Unterhaltung, nicht nur für Erwachsene ...*

Gefährdete Tierarten inszeniert mit den Wissenschaften an Fräuleins Seite.

Die Zeiten, in denen Forschungsergebnisse in universitären Bibliotheken verstauben, sind vorbei!

Das sinnliche Bühnenabenteuer verflucht handfeste Wissenschaft, praktische Feldforschung und tiefe Einblicke in tierische Zusammenhänge zu einem theatralischen Ganzen und weckt Neugierde für die wilde Tierwelt Europas.

Barbara Geiger, Autorin und Regisseurin der Theaterstücke, hat hierfür in enger Kooperation mit den Wissenschaften Erstaunliches und Wissenswertes über Europas Fauna zusammen getragen und in der reizenden Protagonistin Fräulein Brehm eine Figur erfunden, die es versteht, tierische Einblicke der besonderen Art zu ermöglichen – mit dem Segen der Wissenschaft versteht sich!

Fräulein Brehms Tierleben: *Lumbricus terrestris* – Der Regenwurm, König der Tiere

Ein altes Sprichwort lautet: Der liebe Gott weiß, wie man fruchtbare Erde macht und hat das Geheimnis den Regenwürmern anvertraut. Was König Regenwurm und sein Hofstaat alles anstellt, damit es überhaupt Leben auf dem Blauen Planeten gibt, das wissen Eingeweihte recht gut. In einem Gramm fruchtbarer Erde stecken mehr Lebewesen, als es Menschen auf der Welt gibt. Fräulein Brehm macht den Bewohnern des Edaphons den Hof, weiß das Unsichtbare Leben unter der Erdoberfläche sichtbar zu machen, wie es Homo sapiens so noch nicht kennt!

Infotelefon: 030-120 91 785 www.brehms-tierleben.com

SENCKENBERG world of biodiversity

SENCKENBERG FORSCHUNG

INSTITUTE STANDORTE FORSCHUNGSBEREICHE GROSSPROJEKTE EVOLUTIONÄRE FORSCHUNG BIBLIOTHEKEN
WISSENSCHAFTLICHER NACHWUCHS PREISE UND EHRUNGEN TAGUNGEN UND KONFERENZEN EXTERNE GREMIEN
GEOPARKS

[Senckenberg Forschung](#) > [Großprojekte](#) > [Größere Forschungsprojekte](#) > [Edaphobase - GBIF-Datenbank](#) >



GBIF Datenbank Bodenzöologie

Informationssystem für Taxonomie, Literatur und Ökologie



edaphobase - GBIF-Datenbank

Bodenzöologie

▼ Partner

▼ Projekt-Team

▼ Tiergruppen

Lumbricoidea

Enchytraeidae

Nematoda

Oribatei

Gamasina

Collembola

Chilopoda

Diplopoda

Isopoda

▼ Länderstudien

Willkommen bei edaphobase

– der Datenbank zu Verbreitung und Ökologie von Bodentieren –

Das bodenzöologische Informationssystem **edaphobase** ist ein taxonomisch-ökologisches Datenbanksystem, das vorhandene taxonomische Primärdaten zu Bodenorganismen aus Sammlungen, wissenschaftlicher Literatur und Berichten etc. vieler an diesem Thema forschenden Einrichtungen und Personen zusammenführt. Diese Daten sind auf Artebene mit ökologischen Hintergrundinformationen der Fundorte der Bodentiere (z. B. zu Geographie, Boden, Habitat, Klima) verknüpft. Die Daten sind in einer **Webapplikation** abrufbar, die der Öffentlichkeit zur Verfügung steht. Hierbei erlaubt ein umfassendes Rechneronssystem Aus- und Bewertungen der Daten für komplexe ökologische Fragestellungen der bodenzöologischen Forschung und des Monitoring und macht diese Daten für die bodenzöologische Biodiversitätsforschung nutzbar – ein bisher in Deutschland einmaliges Vorhaben.

Das Informationssystem ist Teil der bestehenden GBIF-Datenstruktur

In einer zweiten Projektphase (2013-2017) stehen naturschutzfachliche Anwendungen der Datenbank im Vordergrund, in denen die ökologischen Ansprüche von Bodentierarten sowie die Abhängigkeit der Bodenbiodiversität von Landnutzungsformen in mehreren Bundesländern untersucht werden. Für wissenschaftliche Fragestellungen wie Untersuchungen zu Auswirkungen von Landschaftsveränderungen oder des Klimawandels auf die Bodentiergesellschaften und deren Leistungsfähigkeit oder Monitoringprogramme durch Behörden und Gutachterbüros werden spezielle Ausgabe- und Auswertungsprogramme entwickelt bzw. weiterentwickelt und an die Anforderungen der Forscher angepasst.

Übersicht der „edaphobase“- der Datenbank zu Verbreitung und Ökologie von Bodentieren.

Impressum

BUND Region Hannover – Goebenstr. 3a – 30161 Hannover
bund.hannover@bund.net www.bund-hannover.de

Redaktion und Layout Tagungsreader

Sibylle Maurer-Wohlatz, Jakob Klucken

Druck

dieUmweltDruckerei.de

Bund für
Umwelt und
Naturschutz
Deutschland



FRIENDS OF THE EARTH GERMANY

