Zeitschrift: Kultur und Politik : Zeitschrift für ökologische, soziale und wirtschaftliche Zusammenhänge

Herausgeber: Bioforum Schweiz

Band: 78 (2023)

Heft: 1

Artikel: Biologie der Humusbildung

Autor: Fritz, Ines / Patzel, Nikola

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1044277

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Biologie der Humusbildung

Bericht vom Bodenleben und Anschauung durch das Mikroskop

Ines Fritz ist langjährige Assistenzprofessorin bei der Universität für Bodenkultur in Wien. Das liebste Berufshobby der Mikrobiologin ist die Boden-Mikroskopie. Dieser Artikel von **Nikola Patzel** entstand auf der erweiterten Basis eines Mikrospier-Anlasses und Vortrags, den Ines Fritz im Herbst 2019 bei Sepp Braun in Freising bei München hielt.

Wie wird der Fels lebendig?

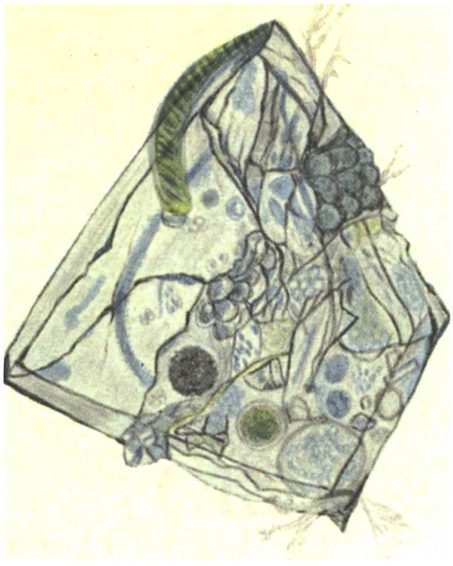
Bei der urgeschichtlichen Erstbesiedlung waren wir nicht dabei. Heute beginnt es jeweils mit dem «Anwehen von Lithobionten». **Die zukünftigen Felsbewohner kommen angeflogen.** Es sind kleine Zellen mit kleinem Wassergehalt, vor allem Cyanobakterien, früher Blaualgen genannt. Ihren ‹Tintenstrichen›, auch den Flechten, folgt eine Sekundärflora aus Algen, Pilzen und Organik fressenden Bakterien. Immer mehr Syntropien (zusammen am selben Ort sein), Kommensalismen (zusammen das gleiche fressen) und Symbiosen (sich eng zusammentun) entstehen. Bereits auf Bakterienebene entstehen im werdenden Boden **Kolonien, die wie Vielzeller aussehen,** durch feste Gallerte aus Kohlehydraten und Eiweissen zusammengehalten werden und auch grössere Einzeller, sogenannte Protisten, mit aufnehmen. Diese Lebewesen verändern ihren Lebensraum aktiv zu ihren Gunsten, das geschieht überall bei der Bodenbildung. Ines Fritz meint: «Ich habe keine Ahnung, welche Organismen es braucht, damit ein Boden fruchtbar wird. Aber es braucht für jede Funktion und von jeder Gruppe jemanden.» Heute wird das mikrobielle Bodenleben durch DNA-Analysen aufbereiteter Bodenproben bestimmt. Die Vielfalt ist in jeder Probe anders. Wird eine Gruppe des Bodenlebens schwer geschädigt, zum Beispiel die Pilze durch Fungizide, dann ist das für den ganzen Boden schädlich. Dann fehlen anderen Gruppen die Partner und die Unterstützung bei der Ressourcengewinnung und für ihren Stoffwechsel.

Durch die aktive Gestaltung des Bodens als Lebensraum für seine Bewohner wird das Wegspülen des Bodens stark gebremst. Fritz kommentiert: «Findet es trotzdem auf dem Acker statt, ist nicht der Regen schuld. Regen fiel schon immer und die Mikroben haben gelernt, durch aktive Gestaltung ihres Lebensraumes zu verhindern, dass der Boden vom Regen fortgeschwemmt wird.» Drum haben die Bäuerinnen und Bauern heute die Aufgabe, wieder zurückzugewinnen, was sie an Gestaltungskraft des Bodenlebens seit der Inkulturnahme der Böden verloren haben.

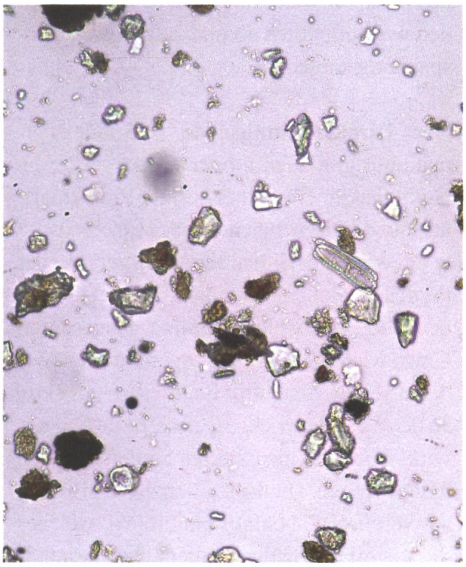
So ganz ‹tot›, wie man in der Praxis sagt, ist ein Boden nie. Sind die Bedingungen schlecht, dann versteckt sich das mikrobielle Leben, es ist nicht mehr sichtbar und nicht mehr wirksam. Mit einer DNA findet man dann vielleicht 15 Millionen verschiedene Lebensstrukturen, vielleicht 10 % davon sind im Boden gerade aktiv. Und selbst die kennen wir nicht. Die Bodenforscherin Ines Fritz sagt: **«Wir kennen weniger als 0,1 % der Mikroorganismen im Boden.** Es wie ein 10'000-Teile-Puzzle, wo wir jubeln, wenn wir das zweite Stück Himmel gefunden haben.» Im Mikroskop ist da nicht viel bestimmbar. Rund 400 Millionen Bakterienspezies haben nur drei verschiedene Grundformen ihres Aussehens, deswegen können wir sie nicht so gut mit blossem Auge unterscheiden. Man kann nur ein Gefühl dafür bekommen, auch wie stark und welche Grossformen bildend die Bakterien (oder Archaeen) in einem Boden aktiv sind.

Der biochemische Abbau als Basis der Humusbildung

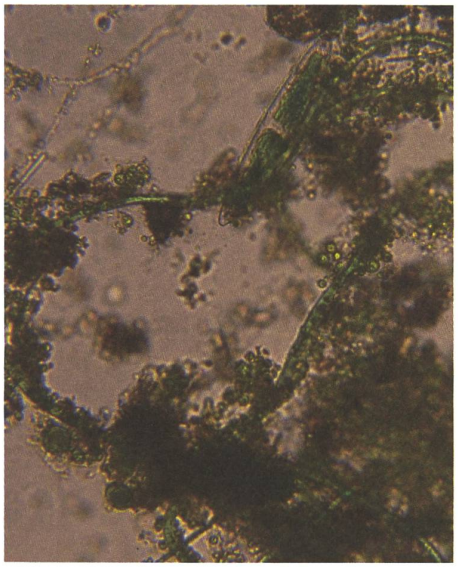
Damit Humus entsteht, muss etwas Vorangehendes abgebaut und umgebaut werden. Mikroben scheiden jede Menge Enzyme aus, welche eine extrazelluläre Verdauung machen. Peptidasen zerlegen Eiweissketten, Amylasen die Stärke, Cellulasen die Zellulose, Lipasen die Fette. Langkettige Kohlenwasserstoffe und Ringstrukturen (polyzyklische Aromate usw.) werden geknackt durch Oxygenasen, die Sauerstoff in ein Substrat



Besiedeltes Mineralkorn Zeichnung: Francé-Harrar



Gelöster Boden



Bodenleben Fotos: Ines Fritz

Humusbildung im Auenboden. Foto: Nikola Patzel durchs Mikroskop von Ines Fritz

einbauen. (Das ist übrigens entscheidend zur Entgiftung vieler organischer Schadstoffe.) Hydrolasen spalten organische Verbindungen, indem sie diese mithilfe aufgetrennten Wassers auseinanderreissen, also Wasserstoff und reaktiven Sauerstoff dort einbringen. Isomerasen schaffen Spiegel-Moleküle, indem sie organische Verbindungen durch ihr Spiegelbild ergänzen (Bildung von Isomeren). Genug der Fachbegriffe! Die Botschaft ist: **Bodenbiologie ist auch Boden-Biochemie. Die Verwandlung hin zum Humusaufbau geschieht vor allem durch Stoffe aus Mikroben.** Natürlich nehmen sie dabei auch etwas für sich heraus, in ihren Stoffwechsel hinein, davon leben sie.

Ines Fritz sagt, keiner wisse, aus wie viel organischer Substanz welcher Zusammensetzung wie viel Humus? Dazu gebe es kaum Forschung. Es gibt nur Erfahrungswerte, was für Humusaufbau unter welchen Umständen gut ist. Immer braucht es die Lebewesen, die Photosynthese treiben (phototrophe Organismen), die Lebewesen, die organische Substanz ab- und umbauen (heterotrophe) und die, welche Steine aufzulösen und die Mineralien herauszulösen vermögen (lithotrophe). Fast aller Organismen Lebensdichte hängt dabei von den Energie- und Kohlenstoffquellen im Boden ab. Also vor allem vom Neuzugang organischer Substanz in den Boden.

Pflanzen für Humus

Pflanzenwurzeln sind nicht nur Aufnahme-, sondern auch Ausscheidungsorgane. Der Stoffwechsel mit dem Boden geht in beide Richtungen. Pflanzen scheiden über ihre Wurzeln organische Stoffe aus, um für sich Symbionten und zu möglichen Schädlingen Jäger (Antagonisten) herzuziehen. Man weiss es nicht genau, aber so 10-40 % ihrer durch Photosynthese gewonnenen Energie stecken die meisten Pflanzen direkt in den Boden, vielleicht auch mehr. Fritz: «Die initiale Humusbildung startet entlang der Wurzel und setzt sich dort nach Absterben der Wurzel fort, die zusätzlich den Wurzelkanal hinterlässt. Die nächsten Wurzeln wachsen dann auch wieder in diesem Kanal oder dicht dran, weil da am meisten Humus und viele Mikroben sind. Wenn wir nun alles durchschneiden und umdrehen, dann setzen wir diese Dynamik jeweils auf null zurück.» Das von den Pflanzen ernährte Bodenleben schafft Nahrungsmittel, Phytohormone und mehr, was der Pflanze hilft.

Beispiele, wie es aussieht

Hier folgen keine Fotos, sondern Bildbeschreibungen fürs innere Auge der Lesenden …

In einem **sandigen Waldboden** sind bei 200-facher Vergrösserung die Fadennetze zweier Pilzarten erkennbar, dazu ein Grünalgenstrang. Eine Pilzzelle hat etwa die zehnfache Grösse und das 1000-fache Volumen einer Bakterienzelle. Ansammlungen von Mikroben haben sich mit Ton-Humus verklebt, das sind die dunklen Klumpen zwischen den Sandkörnern, sie machen etwa 10 % der Probe aus. Alles Mineralische ist bei dieser Vergrösserung durchsichtig.

Ein **Ackerboden aus dem Hochrheintal:** Das Mikroskop zeigt überall Ton in vielen kleinen Tonpartikeln. Dazwischen sind relativ helle, junge, also diesjährige Ton-Humus-Komplexe, auch einige mittelalte gibt es zu sehen. Wenn bei jungen Tonmineral-Humuskomplexen Mikroorganismen weiterhin Nahrung finden, dann bauen sie daraus grössere und stabilere Komplexe. Aber sind die Bedingungen schlecht dafür, dann verschwinden sie wieder. Hier sind keine Pilze zu sehen. Die Bakterien haben gewonnen. Wenig Vielfalt. Wenig Humus. Einzelne Aktinomyceten sind da, das sind fadenbildende Bakterien, die man früher Strahlenpilze nannte. Sie bilden Abschnürungen (Konidien), um sich vom Wind forttragen zu lassen. Sieht aus wie ein Maisfeld auf Lehm.

Aus einem Grünland-Maulwurfshügel, was also die Tiere von unten hochholten: Stark mineraldominiert, viereckige Doppelspate, Calciumsulfat, geschätzt 5-10 Jahre alte Kristalle. Einige Mineralkörner sind dicht besiedelt. Dazu kleine junge und einige ältere Tonmineral-Humus-Komplexe. Ein grösserer Klumpen ist drin: das Bruchstück eines Insekts, stark besiedelt, es war eine gute Futterquelle, Pilze wachsen heraus.

Eine Regenwurmlosung vom gleichen Ort wie der Maulwurfshügel: Ein nadelförmiger Plastiksplitter, gleich daneben ein Pilzbruchstück. Viele Bakterien und viele Kieselalgen sind zu sehen. Viele frische kleine Ton-Humus-Komplexe, die vielleicht gerade im Regenwurm entstanden sind, und auch einige ältere. Viele Pilzsporen. Pflanzenkohle, die Holzstruktur darin ist noch erkennbar. Viele einzelne Bakterien sowie vom Wurm verdaute oder auch nur zusammengeknüllte Pilzfäden. Eine Grünalge (Photosynthese-fähiger Einzeller) mit gut sichtbaren Chlorophyll-Körnchen. Eine abgerissene Pflanzenfaser, bereits kolonisiert, also frisch besiedelt, so geht's los. Was für eine Vielfalt! •