

Zeitschrift: Kultur und Politik : Zeitschrift für ökologische, soziale und wirtschaftliche Zusammenhänge
Herausgeber: Bioforum Schweiz
Band: 68 (2013)
Heft: 4

Artikel: Neues vom Bodenleben
Autor: Pennwieser, Hermann
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-891255>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 04.05.2025

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

Neues vom Bodenleben

Ein Biobauer nimmt alte und neueste wissenschaftliche Erkenntnisse auf und fügt sie zu einem faszinierenden Bild des lebendigen Bodens.¹

Hermann Pennwieser. Die Welt im Kleinen ist echt wunderbar. Es geht mir ebenso wie anderen Bauern und Wissenschaftlern: Je mehr ich mich mit dem Boden beschäftige, desto mehr staune ich darüber. Meine eigene Erfahrung ist: **Der Schlüssel zu hoher Bodenfruchtbarkeit, und folglich zu hohen Erträgen, liegt im aktiven Innehalten. Sich selbst klein machen und in ein Humusteilchen versetzen oder in eine Wurzelspitze einfühlen.** – Die konkreten Überlegungen zur Pflanzenernährung und Düngung werden dann von diesem persönlichen «Boden-Spiegel» und seiner inneren Stimmigkeit geleitet.

Der biologische Landbau hat sich auch aus der Ehrfurcht heraus entwickelt, sich mit seiner Bewirtschaftung möglichst in die Kreisläufe der Natur einzufügen und aus der Einsicht, nicht alles selber steuern zu können. Dazu passt auch die Vorstellung, den Organismus Boden zu ernähren, damit sich die Pflanze darin wohlfühlt und selbst versorgt. Verbildlicht: Es ist sinnvoller und einfacher, die Speisekammer anzufüllen und einem Menschen selbst zu überlassen, wann er sich daraus etwas holt – anstatt ihn zu messen, zu wiegen, ihn in Form von Kalorientabellen zu definieren und ihm darauf aufbauend nach Plan Nahrung vorzulegen.

«Der Boden ist der Magen der Pflanze»

Dieses Sprichwort entstand wohl vor rund 2400 Jahren in der Schule des Hippokrates, auch Aristoteles sprach es aus, viele Landwirtschaftslehrbücher des 19. Jahrhunderts brachten es vor. Gegenwärtig ist es im Biolandbau heimisch. In diesem Kontext ist auch zu sehen, dass Justus von Liebig, der mit seiner Mineralstofftheorie den heutigen konventionellen

Landbau mitbegründete, andererseits auch sagte (1865): «Die Pflanze ist in ihrer Beziehung auf die Aufnahme von Nahrung nicht abhängig von einer äusseren, sondern von einer inneren Ursache. Es wird ihr im normalen Zustande nichts zugeführt, sondern sie führt sich selbst zu, was sie braucht»². Er, der trotz aller Chemie und Fassdaubenmetaphorik auch den Vitalismus nie ganz aufgab (K+P 1/2012, Patzel), kam also auf die Erkenntnis zurück: Pflanzen steuern ihre Nährstoffversorgung aktiv. Wir wissen heute, dass sie selbst je nach Bedarf zur Speisekammer hinwachsen, doch die grosse Betriebsmittelindustrie setzt stattdessen lieber auf Fastfood-Direktlieferungen.

Diese Aussagen zur Ernährung der Pflanzen sind nicht nur Wanderlegenden oder Polemiken der Biolandbau-Szene, sie werden fortlaufend wissenschaftlich weiter gefestigt. Neue Mikroskope und Analysemöglichkeiten sind hier ganz wesentlich und geben der Ahnung festeren Grund, wie genial die Natur Lebensprozesse, Nahrungsketten und Puffersysteme im Boden organisiert.

Die Wurzelsphäre als Übergangsbereich

Klar ist: Pflanzen kommunizieren mit Bodenorganismen über vielfältige Wurzelausscheidungen. Auch gibt es keine scharfe Grenze zwischen Boden und Wurzel, denn in der Rhizosphäre sind viele weiche Übergänge und gegenseitige Durchdringungen beweisbar vorhanden. **In diesem Geflecht können Pflanzen ihre Nährstoffaufnahme aktiv steuern: Sie versorgen die mit ihnen in der Grenzschicht zusammenlebenden Mikroorganismen mit nährhaften Wurzelausscheidungen. Also vermehren sich diese, werden aktiver und lösen Nährstoffe aus dem Humus heraus,**

von denen die Pflanzen dann ihren Teil bekommen. Diese Umsetzungsprozesse laufen in der Rhizosphäre wesentlich schneller, verlustärmer und resilienter (besser fähig zur Selbstregulation bei Störungen) als im übrigen Boden ab.³ Die Fruchtbarkeit und Ertragsfähigkeit steigt dementsprechend – wenn der Boden ausreichend durchwurzelbar ist und die nötigen Mikroben durch vielfältige Fruchtfolgen, schonende Bearbeitung und harmonische Versorgung des Bodens mit organischer Substanz gefördert werden. Auch dass die unglaublichen Netzwerke der Mykorrhizapilze eine Hauptrolle im Phosphor- und Kaliumhaushalt, ja sogar bei der N-Versorgung der Pflanzen spielen, ist nachgewiesen.⁴ Die Pilzfäden vernetzen den Boden und bilden das «Internetz» zwischen den Einzelpflanzen. Dabei produzieren sie auch Glomalin – eine klebrige Eiweissverbindung, die neben der Regenwurmlosung das Wichtigste für die Bildung stabiler Bodenkrümel ist.⁵

Wurzeln machen Erfahrungen und geben sie weiter

Pflanzenwurzeln spüren Gravitation, Temperatur, Wasser, Hormone, Gifte, Licht, Ton und Schwingung (also auch, wenn der Bauer über seinen Boden geht). Sie haben hinter ihrer Spitze eine gehirnähnliche Region, die Informationen in neuronalen Strukturen verarbeitet.⁶ Charles Darwin – auch ein leidenschaftlicher Regenwurmforscher – sagte schon 1881: «Die Behauptung, dass die Enden der Wurzeln einer Pflanze wie das Gehirn eines niedrigen Tieres funktionieren, dürfte wohl kaum eine Übertreibung sein.»⁷ **Pflanzen können so auch Umwelterfahrungen speichern und dürften auch in der Lage sein, sie an kommende Generationen weiterzugeben.** Denn wir

¹ In K+P 3/2013 erzählte Hermann Pennwieser im Interview «Schwein gehabt – aber richtig!» von seinem Hof im oberösterreichischen Innviertel. Hier stellt er seine parallel zu seinen praktischen Erfahrungen erworbene wissenschaftliche Anschauung und Theorie des lebendigen Bodens dar; formuliert unter Mitarbeit von Nikola Patzel.

² Liebig, J. von (1994): *Naturgesetze im Landbau. Vorstellung der wegweisenden Einsichten und Gedanken Justus von Liebig (1803–1873)*. SÖL Sonderausgabe 23.

³ Gisi, U. (1990): *Bodenökologie*. Thieme.

⁴ Marschner, H. (1986): *Mineral Nutrition in Higher Plants*. Academic Press.

⁵ Mäder, P./Wiemken, A. (1996): *Stickstoffversorgung der Pflanzen durch Mykorrhizapilze*. In: *Ökologie und Landbau* 97, S. 36.

⁶ Rillig, M. C. et. al. (2004): *Arbuscular mycorrhizae, glomalin, and soil aggregation*. *Can. J. Soil Sci.* 84: 355–363.

⁷ Baluska F. et Mancuso, S. (2007): *Communicatin in Plants: Neuronal Aspects of Plant Life*, Springer.

⁸ Darwin, Ch. (1881): *Das Bewegungsvermögen der Pflanzen*, Archiv www.biolib.de.



Pilznetze ab Pflanzenwurzel in Pennwiesers Boden. Zwischenfrucht nach Getreide und Stroheinarbeitung (gehäckselt).

Foto: Hermann Pennwieser, Herbst 2011

wissen ja heute auch, dass die in den Genen gespeicherte Erbinformation keineswegs starr ist und wie bei einem mechanischen Räderwerk abläuft – die Epigenetik zeigt uns, dass der im Umweltkontakt stehende Gesamtorganismus diesen Speicher ständig verändert und an die jeweiligen Erfordernisse anpasst.

Viele Nährstoffe im Humus sind «Lebensstoffe»

Zum Bild des hochvernetzten Organismus Boden tragen auch neue Erkenntnisse zur Humusbildung bei: Es hängt nicht in erster Linie von der Zusammensetzung des Ausgangsmaterials und dessen chemischen Abbaubarkeit ab, ob ein Stoff als Humus gespeichert wird oder nicht. Denn – entgegen der bisherigen Theorie – wird ausgerechnet das chemisch stabile Lignin im Boden grossteils abgebaut, hingegen wird ein Grossteil der als relativ leicht abbaubar geltenden Aminosäuren und Polysaccharide (Mehrfachzucker wie z. B. Stärke und Zellulose) durch mikrobielle Stabilisierungsmechanismen in den feinen Tonfraktionen gespeichert.⁸ **Es stimmt also nicht, dass das Beste immer sofort gefressen wird.**

Stattdessen wird es in Form chemisch stabiler Huminstoffe konserviert, die gleichzeitig gut pflanzenverfügbar sind. Diese Lagerformen erscheinen in der Analyse als komplexe, eiweissähnliche Moleküle. Diese Stoffe sind für das Bodenleben, was für uns Menschen eine Speisekammer mit eingemachtem Obst, Lagergemüse und Hartwürsten wäre – und nicht etwa mit verrotteten Spelzen, Nusschalen und Knochen.

Zur Organisation des Humus: Zellen zerfallen in kleinere Bausteine, die mit Tonmineralen und Huminstoffen verkittet im Boden gespeichert, jedoch nicht vollständig in ihre chemischen Bestandteile zerlegt werden. Zu den Stoffgruppen im Humus gehören einfache Kohlehydrate, Fettsäuren oder Aminosäuren. Natürlich haben die alle eine ganz bestimmte, typische räumliche Struktur, die wie die Anordnung von Buchstaben in einem Wort erhalten bleibt und auch Wirkungen zeigen kann bis hin zur eigenen «Fortpflanzung». Gut erforscht ist dies beispielsweise bei den Prionen, einfachen Eiweissverbindungen, die sich durch identisches Falten kopieren können und so ihre Information an die sie umgebenden Proteine

weitergeben.⁹ Auch Viren sind ja keine lebendigen Zellen und sie haben keinen eigenen Stoffwechsel, sondern sind umhüllte DNA bzw. RNA (Nukleinsäuren) – sie verhalten sich jedoch erstaunlicherweise in der Wirtszelle wie Lebewesen und ausserhalb wie Kristalle.¹⁰ So zeigen Virusproteine, Proteinkristalle und Stoffgruppen im Humus, wie hochinteressant der fliessend verlaufende Grenzbereich zwischen Lebendigem und Aufgelöstem im Boden ist.

Die essende und verdauende Pflanze

Wenn nun komplex strukturierte organische Stoffe im Humus erhalten bleiben, wie können diese dann wieder in wachsendes Leben aufgenommen werden? Der aktuelle Stand der Molekularbiologie besagt, dass der Stofftransport durch Biomembranen auch bei Wurzeln nicht nur aufgrund von Diffusion gelöster Ionen stattfindet. Wurzeln können tatsächlich auch grosse Nahrungspartikel aufnehmen – und zwar in bedeutendem Umfang. Entweder scheidet die Wurzel ähnlich wie unsere Darmzotten Enzyme aus, die beispielsweise Proteine in der Wurzelumgebung zu Aminosäuren zerlegen, welche leichter aufgenommen werden können.¹¹ Oder die aktiv zum grösseren Nahrungsteilchen ziehende Feinwurzel wächst um dieses herum, stülpt ihre Membran samt diesem Partikel nach innen ein und schnürt das Teilchen als Nahrungsbläschen, ein sogenanntes Vesikel, ab. Das Vesikel, eingeschnürt nun Endosom genannt, wird dann verdaut, ganz ähnlich wie es die Einzeller auch mit ihrer eingestülpten Nahrung machen. Diesen Vorgang bezeichnet man als Endozytose. **So kann eine Wurzel Eiweissverbindungen und sogar lebende Zellen direkt aus dem Boden aufnehmen.**¹² Die anschliessende Verdauung läuft so ab, dass die Pflanze kleine Bläschen mit Enzymen (sogenannte Lysosomen) zu den Nahrungsbläschen schickt, beide verschmelzen miteinander und zerlegen die Nahrung in verwertbare Einheiten mittlerer Grösse. Verdauung heisst also Zerlegung in kleinere Einheiten: Biopolymere wie Proteine oder Polysaccharide werden in Monomere wie Aminosäuren oder Einfachzucker zerlegt. Diese werden dann zum Aufbau neuer Stoffe verwendet, und man geht auch hier davon aus, dass –

⁸ Kögel-Knabner, I. (2009): Humusqualität und Standorteigenschaften in Rundgespräche der Kommission für Ökologie.

Scheller, E. und J. Raupp (2004): Der Zusammenhang von Aminosäurenstoffwechsel im Boden und Humusniveau im Darmstädter Düngungsversuch, www.orgprints.org/3583/1/3583.pdf.

⁹ Prusiner, S. B. (1991): Molecular biology of prion diseases. In: Science 252, S. 1515–1522.

¹⁰ Stanley, W. (1955): Im Vorfeld des Lebens, Artikel im Spiegel 46/1955.

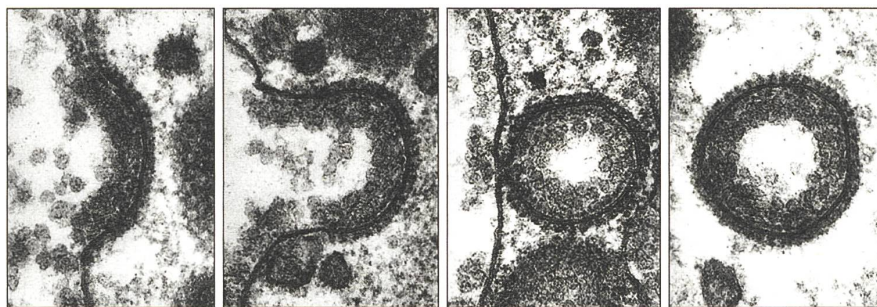
¹¹ Chanyarat Paungfoo-Lonhienne et al. (2008): Plants can use protein as a nitrogen source without assistance from other organisms. PNAS 105(11): 4524–4529.

¹² Paungfoo-Lonhienne et al. (2010): Turning the Table: Plants Consume Microbes as a Source of Nutrients. PLoS ONE 5(7): e11915. doi:10.1371/journal.pone.0011915.

wie oben bei der Organisation des Humus erwähnt – **die aufgenommenen organischen Stoffe nie bis auf die Ebene ihrer chemischen Bestandteile zerlegt werden und somit auch viel von ihrer Ordnungsstruktur behalten.** Darüber hinaus hat eine Zelle auch die Fähigkeit, aufgenommene Vesikel (eingestülpte Bläschen mit Nahrung) gar nicht zu verdauen, sondern beispielsweise an Nachbarzellen weiterzuleiten: das nennt man Transzytose. Ganz spannend wird es, wenn man heute aus der Medizin weiss, dass beim Menschen bei gestörter Endozytose Krankheiten entstehen können.¹³ Welche Auswirkungen könnte dann eine auf gelöste Ionen reduzierte Pflanzenernährung auf deren Gesundheit und in der Folge auch auf unseren Stoffwechsel haben?

Lebensstoffe wirken sich überall aus!

Im Lichte naturwissenschaftlicher Forschungsergebnisse sehen wir, dass der «Kreislauf der organischen Stoffe» mehr ist als eine Metapher: Er existiert real und gehört zu den wesentlichen Lebensprozessen. Auch die Lebensmitteluntersuchung mithilfe der Fluoreszenz-Anregungs-Spektroskopie (Wellenlängenmuster im angeregten Lichtspektrum) bzw. der Biophotonenkonzentration (spontane Lichtwellen-Emissionen) können als Mass für den inneren Ordnungszustand des lebendigen Lebensmittels, wie Gemüse es nunmal ist, verstanden werden. Dabei ergeben sich sogar je nach Art der Düngung der Herkunftspflanze signifikante Unterschiede.¹⁴ Für mich liegt die Erklärung hierfür sehr nahe: **Wenn durch Mineraldünger das Pflanzenwachstum und die Erträge gesteigert werden, so geschieht dies durch die Zufuhr gelöster anorganischer Nährstoffe, wodurch der relative oder auch absolute Anteil aus dem organischen Kreislauf stammender Stoffe in der Pflanze sinkt.** Das macht offenbar einen Unterschied aus. Eine gängige Polemik der Düngemittelindustrie sagt, es sei doch lächerlich, zwischen gutem und schlechtem Stickstoff usw. zu unterscheiden, allein die Summe der Nährelemente bzw. deren Mengenzusammensetzung und Verfügbarkeit zähle. Doch mit Blick auf die Wirkung verschiedener Düngelformen auf die Pflanze darf man demgegenüber beharren: Komplexe Verbindungen unterscheiden sich

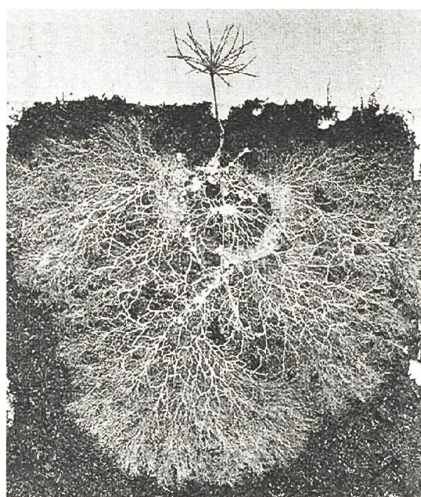


Endozytose ist die gesamthafte Hineinnahme von Nahrung in eine Zelle, umgeben durch eine feine Haut.
Quelle: Pastan & Willingham (1985): Endocytosis.

offenkundig von einfachen in ihren biologischen und chemischen Eigenschaften und damit auch in ihren energetischen Eigenschaften und Ordnungsstrukturen; und diese Unterschiede wirken sich aus! Die «Energie» in den hochwertigen Nahrungsgrundlagen kann physikalisch verstanden werden, sie kann aber durchaus auch als «Lebensenergie» angesehen werden: also als eine dem Leben förderliche Wirkpotenz komplex strukturierter Nährstoffe, die gewissermassen selbst (noch) die «Gestaltformen und Informationen des Lebens» in sich tragen.

Von «Energie» und «Information» zu sprechen macht Sinn

Hans Peter Rusch (1968), neben Hans Müller der geistige Vater des organisch-biologischen Landbaus in Kontinentaleuropa, brachte es



Ein «Mykorrhiza-Baum» im Boden.
Quelle: Eupoean Atlas of Soil Biodiversity (2010): 96.

schon damals auf den Punkt: **«Das wirksame Prinzip des Lebendigen ist nicht der mineralische, leblose, chemisch nachweisbare Stoff, sondern die Organisation dieser Stoffe, die Ordnung des Ungeordneten, das sinnvolle und doch verwirrend vielgestaltige und wandelbare Prinzip.** Im Bereich des Lebendigen kommen wir offenbar mit Begriffen, wie sie die klassische Physik und Chemie entwickelt haben, nicht aus. Wenden wir sie an, so führt sie uns zu Täuschung und Irrtum.»¹⁵

Der renommierte Quantenphysiker Hans Peter Dürr verbildlichte 2010 die Zusammenhänge sehr anschaulich, indem er auf einer Buch-Doppelseite links ein Gedicht als Ganzes und rechts daneben als Buchstabenanalyse, gereiht nach der Anzahl an As, Bs usw. darstellte.¹⁶ Die Analyse entspricht einem reinen Massebilanzansatz in der Düngerlehre, ist auch korrekt – aber greift eben viel zu kurz. Entscheidend ist vielmehr, dass sich erst aufgrund der Anordnung zueinander ein Sinn ergibt bzw. ein Bild entsteht, welches eine völlig andere Wirkung entfaltet als die Häufigkeit einzelner Laute in einer Buchstabensuppe. **Es geht daher nicht nur um stoffliche Mengen, sondern auch um deren informationstragende Anordnung, die, zusammen mit ihren spezifischen Anordnungen von Energiepotenzialen, um sich herum Wirkungen, auch im Sinne von Resonanzen («Mit-Schwingungen»), zeitigen:** Sei dies im Boden-Humus, in den einzelnen Bodenorganismen, in der Pflanze oder im Menschen. Somit spiegelt sich die Fruchtbarkeit eines Bodens in den von ihm hervorgebrachten Lebensmitteln und letztendlich in uns. ●

¹³ Mitteilung der Max-Planck-Gesellschaft: Ein Fingerabdruck für Gene. Nature, 28. Februar 2010, online vorab veröffentlicht: http://www.mpg.de/604438/pressemitteilung20100226?filter_order=L

¹⁴ Popp, F.A. (1988): Biophotonen-Analyse der Lebensmittelqualität. Ganzheitliche Methoden und Konzepte. C. F. Müller.

¹⁵ Rusch, H. P. (1968): Bodenfruchtbarkeit. Eine Studie biologischen Denkens, 7. Auflage 2004, OLV.

¹⁶ Dürr, H. P. (2010): Geist, Kosmos und Physik, Crotona.