



Am Bodenprofil kann man den Zustand des Bodens beurteilen. Bröckelt die Erde schön auseinander? Hat es viele Regenwürmer?
Quelle: Strickhof

Die Landwirtschaft braucht lebendige Böden

Fruchtbare Böden erfordern ein intaktes Bodenleben sowie einen guten Humusanteil. Doch was haben Bodenlebewesen mit einer guten Bodenstruktur zu tun, und wie kann die Bewirtschaftung diese beeinflussen?

Serge Braun
Bereich Biolandbau
Boden & Biodiversität
Strickhof
ALN
Baudirektion Kanton Zürich
Telefon 058 105 98 54
serge.braun@strickhof.ch
www.strickhof.ch

Das Bodenleben ist sehr schwer fassbar. Viele der Bodenlebewesen sind unsichtbar klein, kommen aber in unglaublich grosser Zahl vor. Eine aktuelle Studie zeigt, dass der Boden das artenreichste Ökosystem der Erde ist. Demzufolge leben rund zwei Drittel der weltweit bekannten Arten im Boden. Pilze machen mit rund 90 Prozent einen grossen Teil der Bodenlebewesen aus. Arten wie Regenwürmer, Asseln oder Tausendfüssler wirken neben von blossen Auge kaum erkennbaren Arten wie Bakterien, Viren und anderen Einzellern wie Giganten.

Ohne Bodenlebewesen keine Nährstoffkreisläufe

All diese Lebewesen sind für fruchtbare Böden unerlässlich und haben auch für die landwirtschaftliche Nahrungsmittelproduktion eine beträchtliche Bedeutung. Ohne die Bodenlebewesen würde die Welt anders aussehen. Denn zu den Hauptfunktionen der Bodenorganismen gehören der Ab- und Umbau organischer Substanz, die Mobilisierung von Nährstoffen und die Bildung von Huminstoffen. Einfach gesagt, die Bodenlebewesen spielen eine entscheidende Rolle für die Nährstoffkreisläufe.

Diese Tatsache konnte kürzlich von der Forschungsanstalt Agroscope in einem Experiment bestätigt werden. Ein sogenannter Lysimeterversuch hat gezeigt, dass die Bodenorganismen «enormes Potenzial besitzen, um die Nährstoffeffizi-

enz im Ackerbau zu erhöhen und Stickstoffverluste in die Umwelt zu reduzieren»

Was ist eine gute Bodenstruktur?

Was oft vergessen geht, ist, dass die biologischen Bodengemeinschaften für die Schaffung eines stabilen Bodengefüges (auch: Bodenstruktur) von sehr grosser Bedeutung sind. Ein gutes und stabiles Bodengefüge verbessert im Boden den Wasser- und Lufthaushalt. Dadurch erwärmen sich die Böden rasch und können Wasser wie ein Schwamm aufnehmen. Ausserdem sind Böden mit einer guten Struktur von den Pflanzen gut durchwurzelbar, aber trotzdem tragfähig, was das Erosions- und Verdichtungsrisiko mindert. Schliesslich erleichtern gut strukturierte Böden die Bearbeitung, was in der landwirtschaftlichen Nahrungsmittelproduktion sehr vorteilhaft ist.

Man spricht von gut strukturierten Böden, wenn die Verteilung der Korngrössen (Sand, Ton, Schluff) gleichmässig ist. Dadurch gibt es Poren in unterschiedlichen Grössen. Die Poren beeinflussen den Wasser-Lufthaushalt entscheidend. Durch die verschiedenen Korngrössen entstehen auch unterschiedlich grosse Hohlräume. In manchen versickert das Wasser schneller, in anderen bleibt es länger gespeichert. Schwere Böden mit einem Tonanteil von über 30 Prozent können aufgrund der vielen sehr feinen Poren das Wasser sehr gut speichern. Diese Böden haben jedoch den Nachteil, dass

sie schlecht durchlüftet sind und die Bearbeitbarkeit erschwert ist, da die Tonplättchen sehr dicht aneinanderlagern und bei Nässe untereinander verkleben. Weniger Probleme mit der Bodenbearbeitung hat man auf leichten, sandigen Böden (Tonanteil unter 15%), da darin die mineralischen Bodenbestandteile nur lose nebeneinander liegen und nur gering verklebt sind. Diese Böden können aufgrund der grossen Poren das Wasser jedoch kaum halten und trocknen schnell aus.

Boden quillt, schrumpft und wird zerrissen ...

Bei der Gefügebildung sind verschiedene Prozesse beteiligt. Einerseits gibt es natürliche Prozesse, andererseits die von Menschen durch die mechanische Bodenbearbeitung beeinflussten Prozesse. Die natürlichen lassen sich in biotische und abiotische Prozesse unterteilen. Zuden abiotischen gehört neben der Frostsprengung das Quellen und Schrumpfen. Dieser Prozess findet vor allem in schweren, tonreichen Böden statt. Dabei werden Bodenteilchen durch Wasser vergrössert (quellen) und danach durch Abtrocknung wieder verkleinert (schrumpfen). Aufgrund dessen sondern sich Aggregate ab. Aggregate sind Bodenteilchen, die

sich deutlich von der Umgebung abgrenzen. Im Unterboden sind diese wegen geringerer Abtrocknung und Schrumpfung eher grob, im Oberboden fein. Durch die Bewegungen der Bodenteilchen entstehen Risse im Boden, in welche die Pflanzenwurzeln hineinwachsen können.

... Bodenlebewesen erzeugen lockeren, fruchtbaren Boden

Für die Regeneration der Bodenstruktur sind jedoch die biotischen Prozesse von grösserer Bedeutung als die abiotischen, weil die biotischen viel schneller ablaufen. Böden, die im Oberboden Strukturschäden wie Verdichtungen aufweisen, können durch Bodenlebewesen regeneriert werden.

Durch Regenwürmer wird der Boden durchmischt und gelockert, Mikroorganismen wie Bakterien und Pilze verkitten mit ihren Stoffwechsellauscheidungen Bodenteilchen und stabilisieren so die Bodenaggregate. Pflanzenwurzeln spielen in dieser Gefügebildung eine vielfältige Rolle. Zum einen siedeln sich Mikroorganismen im Boden gerne in Wurzelnähe an, da die Pflanzen die Mikroorganismen mit Zucker füttern. Dadurch aktivieren die Pflanzen durch Wurzellauscheidungen das Bodenleben. Zum anderen durch-

dringen die Pflanzenwurzeln die Erde, lockern diese auf und erschaffen nach dem Absterben ein neues Porensystem. Eine Voraussetzung für die Gefügebildung durch biotische Prozesse ist jedoch eine hohe biologische Aktivität im Boden. Weil Bodenlebewesen an dieser Aggregatsbildung beteiligt sind, spricht man auch von Lebendverbauung. Bei diesem Prozess entstehen besonders stabile Bodenaggregate, die gegenüber mechanischer Belastung sehr robust sind.

Wie ein Krümelgefüge entsteht

Diese biologisch entstandenen Bodenaggregate weisen in der Regel eine gerundete Form auf und sind sehr erwünscht. Das sogenannte Krümelgefüge entsteht vor allem in humosen Oberböden mit einer hohen biologischen Aktivität und intensiver Durchwurzelung.

Das Krümelgefüge ist sehr stabil und entsteht durch die Aggregation von mineralischen und organischen Bodenteilchen. Da diese Aggregate unterschiedliche Grössen und Formen aufweisen, entstehen dazwischen verschieden grosse Poren, was für den Wasser- und Lufthaushalt im Boden optimal ist. Durch Kalziumbrücken entstehen sogenannte Ton-Humus-Komplexe.



Wichtigster Mitarbeiter bei der Regeneration eines Bodens ist der Regenwurm.
Quelle: Den Boden regenerieren (bioaktuell.ch)



Gründüngung (links) kann maschinell in den Boden eingebracht werden, ernährt und belebt ihn und speichert Kohlenstoff. Als Untersaat im Winterweizen (rechts) schützt sie den Boden vor Erosion. Sie wird sowohl in der regenerativen als auch in der konventionellen Landwirtschaft eingesetzt.
Quelle: Strickhof

Mit schleimigen Stoffwechselprodukten von Bodenlebewesen sowie im Darmtrakt des Regenwurms werden die Ton-Humus-Komplexe zusammen mit Schluff und Feinsand zu Krümeln verklebt. Diese werden von einer schützenden Humushülle umschlossen. Durch diese Hülle verkleben sie weniger untereinander, und es entsteht eine lockere Bodenstruktur. So lässt sich der Boden gut bearbeiten. Ausserdem schützt das Krümelgefüge den Boden vor Erosion und Verschlammung.

Bewirtschaftungsintensität entscheidend für Fruchtbarkeit

Wie fruchtbar und ertragsfähig die Böden sind, hängt neben der Aktivität der Bodenlebewesen vom Standort und von der Bewirtschaftung ab. Zu den Standorteigenschaften gehören neben der Topografie und dem Klima auch die Zusammensetzung des Bodens.

Auf die Bodenart kann man keinen Einfluss nehmen. Was jedoch einen grossen Einfluss auf die Bodenfruchtbarkeit landwirtschaftlich geprägter Böden hat, sind die Art und die Intensität der Bewirtschaftung. Die Bodenstruktur wird durch einen menschlichen Eingriff verändert. Bei landwirtschaftlich genutzten Böden hat das Grünland (Klee gras-Dauerwiesen) ohne Weidegänge normalerweise den höchsten Anteil an Krümeln. Bei dieser Bewirtschaftung ist der Eingriff in den Boden relativ gering. Im Acker- oder vor allem im Gemüsebau ist der Eingriff meist gross, und die Bodenstruktur wird dadurch künstlich verändert. Mit der Bodenbearbeitung entsteht ein Mischgefüge, welches idealerweise aus Krümeln und Bröckeln besteht. Das Bröckelgefüge entsteht in Böden mittleren Tongehalts durch eine Bodenbearbeitung bei optimaler Bodenfeuchte.

Auch der Boden hat Hunger ...

Es gibt verschiedene Massnahmen, um das Bodenleben in landwirtschaftlich geprägten Böden zu begünstigen. Das Augenmerk dabei liegt auf dem Erhalt der organischen Substanz im Boden. Diese fördert Prozesse, die eine hohe biologische Aktivität benötigen: Neben der Strukturierung des Bodens, wandeln die Mikroorganismen im Boden die Nährstoffe aus organischen Verbindungen in eine für die Pflanzen aufnehmbare Form um. Dieser Prozess wird Mineralisierung genannt. Es wird nicht die ganze organische Substanz in pflanzenverfügbare Nährstoffe umgewandelt, sondern ein Teil wird zu wertvollem Humus, der als Speicher für Nährstoffe dient.

Damit die Bodenlebewesen eine Nahrungsgrundlage haben und Nährstoffe umwandeln können, muss zuerst organische Substanz in den Boden gebracht werden. Dies kann durch das Einarbeiten von Mist, Kompost oder Ernterückständen geschehen. Es ist wichtig, dass die organische Substanz oberflächlich in den Boden eingearbeitet wird, damit die Mikroorganismen damit in Kontakt kommen. Dies steigert die Umsatzrate, und die Nährstoffe stehen somit den Pflanzen schneller zur Verfügung.

... Zwischenbegrünungen helfen, ihn zu «füttern»

Auch Zwischenbegrünungen aktivieren das Bodenleben. Sie bringen ebenfalls organische Substanz und damit CO₂ in den Boden, sei es mit der Wurzelbiomasse oder wenn die Pflanzen in den Boden eingearbeitet werden. Auf keinen Fall sollte die organische Substanz untergepflügt werden, da es in den tieferen Bodenschichten weniger Sauerstoff für den Abbau durch die Mikroorganismen hat.

Eine Begrünung bietet noch einen weiteren Vorteil: Durch die Wurzelausscheidungen der Pflanzen werden die Mikroorganismen mit Photosyntheseprodukten (Zucker) gefüttert und aktiviert. Ausserdem schützt ein durchwurzelter Boden besser vor Erosion und Verdichtung.

Weniger ist mehr

Für den Aufbau eines lebendigen Bodens mit einem stabilem Krümelgefüge ist eine schonende und reduzierte Bodenbearbeitung von Vorteil: möglichst flach und nicht wendend. Dadurch bleibt die Bodenstruktur erhalten, und die Bodenlebewesen werden kaum gestört. Vor allem der Regenwurm, der wichtigste Mitarbeiter im Boden, mag ungestörte Böden. Eine intensive Bodenbearbeitung schädigt die Bodenstruktur, indem die von den Bodenlebewesen gebildeten Aggregate aufgebrochen und zerstört werden. In den Aggregaten befindet sich geschützter Humus, der dann durch die Mikroorganismen zu Nährstoffen umgewandelt wird. Ein Indiz dafür ist ein Mineralisationsschub nach der Bodenbearbeitung. Dabei wird organisch gebundener Stickstoff in eine für Pflanzen aufnehmbare Form überführt. Als Folge kann es zum Abbau des Humusvorrates kommen.

Nicht nur der mechanische Eingriff in die Bodenstruktur sollte möglichst minimiert werden, sondern auch der Einsatz bei nicht geeigneten Witterungsverhältnissen. Der Boden sollte gut abgetrocknet sein, damit das Befahren mit den schweren Maschinen keine Schadverdichtungen zur Folge hat (oberes Foto Seite 38). Treten Verdichtungen auf, fehlt danach oft der nötige Sauerstoff für die Bodenlebewesen. Dadurch ist die biologische Aktivität verringert und eine natürliche Regeneration erschwert.

Düngen ja, aber gewusst wie!

Ein ausgewogenes Nährstoffangebot im Boden fördert das Bodenleben und das Wachstum der Kulturpflanzen. Hofdünger bringt, im Gegensatz zu Mineraldünger, organische Substanz in den Boden und stillt damit den Hunger der Bodenlebewesen. Ist jedoch der Entzug von Nährstoffen durch Ernteabfuhr, Erosion oder Auswaschung grösser als die Nährstoffzufuhr durch Hofdünger, macht der Einsatz von Mineraldünger durchaus Sinn. So kann gewährleistet werden, dass nicht der Humusvorrat im Boden abgebaut wird. Eine flexible Kombination aus mineralischem und organischem Dünger, angepasst an Standort und Betriebsausrichtung, ist für eine nachhaltige Produktion optimal.

Der Einsatz einer Kalkdüngung hat aus zweierlei Gründen einen positiven Effekt auf den Boden. Einerseits mögen die meisten Bodenlebewesen ein schwach saures bis neutrales Milieu. Sinkt der pH zu stark aufgrund einseitiger Düngung, der Auswaschung von Kalziumionen oder durch die natürliche Versauerung aufgrund der Bodenatmung, bewirkt die Kalkdüngung eine pH-Erhöhung und kann dadurch die biologische Aktivität fördern (unteres Foto). Andererseits bildet das Kalziumion eine Brücke zwischen den negativ geladenen Tonteilchen und dem Humus. Dadurch entstehen die oben genannten sehr stabilen Ton-Humus-Komplexe, die eine Voraussetzung für einen krümeligen Boden sind.

Die regenerative Landwirtschaft fördert das Bodenleben

Um für die Bodenlebewesen optimale Bedingungen zu schaffen, heisst es so schön: «Nicht die Pflanzen ernähren, sondern den Boden». Hier setzt unter anderem die regenerative Landwirtschaft an. Der Boden und das Bodenleben stehen ganz im Fokus. Der Begriff «regenerative Landwirtschaft» wurde in den 70er Jahren geprägt. Die regenerative Landwirtschaft macht keine Unterteilung in biologische oder konventionelle Landwirtschaft und es gibt auch keine Richtlinien. So sind Pflanzenschutzmittel oder auch mineralischer Dünger zwar nicht vorgesehen, doch deren Einsatz ist auch nicht verboten. Schliesslich werden auch in der regenerativen Landwirtschaft hohe Erträge angestrebt.

Egal ob in der regenerativen, konventionellen oder biologischen Landwirtschaft, eines ist klar: Je mehr das Bodenleben gefördert wird, desto besser. Denn nur ein belebter Boden ist ein fruchtbarer Boden.



Wird die Struktur eines Bodens zerstört – zum Beispiel durch das Befahren nassen Bodens mit schwerem Gerät – wird der Boden verdichtet und verliert die Fähigkeit zu einem guten Wasser- und Sauerstoffaustausch.

Quelle: Strickhof



Eine Kalkdüngung erhöht den pH-Wert, kann dadurch die biologische Aktivität fördern und den erwünschten krümeligen Boden verursachen.

Quelle: Bodenverdichtung | Blühendes Österreich (bluehendesoesterreich.at)

Regenerative Landwirtschaft

Als Aufbauende Landwirtschaft, Regenerative Landwirtschaft oder Regenerativer Ackerbau wird eine Landwirtschaft bezeichnet, die die Regeneration des Bodens, besonders des Bodenlebens (Mutterboden) und der Biodiversität, in den Mittelpunkt ihrer Bemühungen stellt. Damit wird zum Beispiel die Krümelstruktur und die Fähigkeit des Bodens zur Aufnahme und Speicherung von Wasser verbessert.

Regenerative Landwirtschaft integriert Ideen aus konventioneller Landwirtschaft, ökologischer Landwirtschaft, Permakultur, Agrarökologie, Agroforstwirtschaft und Renaturierungsökologie. Sie stellt neben weiteren Zielen eine Form des Humus-Managements dar. Die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) empfiehlt diese Form der Landwirtschaft, die die Menschheit nachhaltig ernähren und dabei die unersetzliche Ressource Boden auch für die Zukunft erhalten kann.

Der wissenschaftliche und praktisch landwirtschaftliche Ansatz wird in USA mit dem Slogan «Put the carbon back to soil!» umschrieben («Bring den Kohlenstoff zurück in den Boden!»).