

ÖSTERREICHISCHE ARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR GRÜNLAND UND VIEHWIRTSCHAFT



Foto: S. Kellinger

Grünlandböden – Bodenleben aktivieren und Qualität erhalten

Teil 1 Bodenorganismen



Bio Institut
raumberg-gumpenstein.at/bio-institut

HBLFA
Raumberg-Gumpenstein
Landwirtschaft

lk Landwirtschaftskammer
Österreich

ÖAG-Info:
2/2019



Die Bodenfruchtbarkeit ist umso höher,
je reichhaltiger, vielfältiger und aktiver
das Bodenleben ist.

S. Keiblinger

Bodenfruchtbarkeit

Die Bodenfruchtbarkeit wird maßgeblich von der biologischen Aktivität im Boden bestimmt. Die biologische Aktivität (Gesamtheit der im Boden ablaufenden biologischen Prozesse) ist umso größer, je reichhaltiger, vielfältiger und aktiver das Bodenleben (Gesamtheit der im Boden lebenden Organismen) ist. Um die Bodenfruchtbarkeit langfristig zu erhalten oder zu steigern, muss daher in erster Linie das Bodenleben aktiviert und gefördert werden. Dazu sind Kenntnisse über aktivitäts- und wachstumsfördernde Lebensbedingungen für Bodenorganismen notwendig. Diese dreiteilige ÖAG-Info enthält Empfehlungen und Tipps, wie Sie das Bodenleben auf Dauergrünlandflächen nachhaltig aktivieren und fördern können. Im ersten Teil werden die Leistungen von Bodenorganismen für das Grünlandökosystem beschrieben. Der zweite Teil beschäftigt sich mit dem Lebensraum von Bodenorganismen, listet Maßnahmen zur Aktivierung und Förderung von Bodenlebewesen auf und liefert Informationen zur Bodenbeurteilung im Dauergrünland. Der dritte Teil behandelt den Nährstoffaspekt.

Abb. 1: In einem gesunden, ertragreichen Boden müssen unterschiedliche Faktoren optimal zusammenspielen.

Von Andreas Bohner, Walter Starz, Wolfgang Angeringer, Veronika Edler, Andreas Steinwider

Der Boden ist Lebensraum für eine Vielzahl von Organismen. Das Gewicht der Bodenorganismen unter einem Hektar Wiese beträgt etwa 15–20 GVE. Die wichtigste Funktion der Bodenorganismen im Grünland-Ökosystem ist der Abbau von organischen Substanzen und die Rückführung der darin enthaltenen Nährelemente in die jeweiligen Stoffkreisläufe. Dazu ist ein intaktes Bodenleben notwendig. Durch Grünlandbewirtschaftung kann das Bodenleben gefördert oder beeinträchtigt werden. Daher ist es notwendig, die Zusammenhänge zwischen Boden, Bodenorganismen, Pflanzen und Grünlandbewirtschaftung zu erkennen und zu verstehen. Nur durch Aktivierung und Förderung der Bodenorganismen können die vorhandenen Ressourcen im Boden (Nährstoffe) effizient und nachhaltig für das Pflanzenwachstum genutzt werden. Der externe Ressourceneinsatz kann dadurch verringert werden.

Bodenorganismen

Im Boden gibt es viele verschiedene Lebensräume (Habitate) für Bodenlebewesen. Daher ist die Artenvielfalt (Biodiversität) im Boden sehr hoch. Vor allem Mikroorganismen bilden im Boden eine individuen- und artenreiche Lebensgemeinschaft (Biozönose). In einem Gramm Boden leben Milliarden Mikroorganismen und die Artenzahl schwankt zwischen 5.000 und 10.000. In stark belebten Böden beträgt der Massenanteil der lebenden Bodenorganismen an der gesamten organischen Substanz 5–8 %. Die Individuenzahl, Vielfalt, Biomasse und Aktivität der Bodenorganismen ist in den Böden unter Dauergrünland deutlich höher als in vergleichbaren Ackerböden. Die wichtigsten Gründe hierfür sind das größere Nahrungsangebot bedingt durch einen höheren Humusgehalt und eine größere Wurzelmasse im Oberboden sowie die fehlende Bodenbearbeitung. Das Bodenleben wird im Dauergrünland von lokalen Umweltbedingungen (Klima, Boden, Vegetation), biotischen Faktoren (Konkurrenten, Symbionten, Feinde, Parasiten) und von der ehemaligen und derzeitigen Bewirtschaftungsintensität (Düngung, Kalkung, Über- und Untersaat, Schnitthäufigkeit, Viehbesatzdichte) bestimmt. Vor allem Bodeneigenschaften (Gründigkeit und Steingehalt, Struktur und Porenvolumen, Humus- und Nährstoffgehalt, pH-Wert, Bodentemperatur, Wasser- und Sauerstoffverfügbarkeit) und das Nahrungsangebot (Menge, Qualität, Vielfalt, Verfügbarkeit) entscheiden über eine günstige oder ungünstige Entwicklungsmöglichkeit und über Vorkommen oder Fehlen einer Organismenart im Lebensraum Boden. Durch Grünlandbewirtschaftung kann das Bodenleben über eine Veränderung des

Nahrungsangebotes und über die Veränderung von Bodeneigenschaften beeinflusst werden. Die Individuenzahl und Artenzusammensetzung der Bodenorganismen ist von der Konkurrenz um Ressourcen abhängig. Bodenorganismen konkurrieren um Nährstoffe, Sauerstoff und Lebensraum. Eine Konkurrenz um Nährstoffe und Sauerstoff besteht auch mit den Grünlandpflanzen. Jede Organismenart stellt spezifische Ansprüche an ihre Umwelt. Eine limitierende Wirkung kann von einem einzelnen Umweltfaktor ausgehen (z.B. Nahrungsangebot) oder durch Kombination von Einzelfaktoren (z.B. Bodentemperatur und Bodenfeuchte) hervorgerufen werden. Viele Mikroorganismen können in Form ruhender Cysten (z.B. Bakterien, Einzeller) oder Sporen (Pilze) ungünstige Bodenverhältnisse (z.B. Trockenheit, Nährstoffmangel) oft jahrelang überstehen. Sie werden aktiviert, sobald die Umweltbedingungen günstiger werden. Die biologische Aktivität im Boden ist wegen der Temperatur- und Feuchtigkeitsabhängigkeit der Bodenorganismen täglichen und jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Während der Vegetationszeit der Grünlandpflanzen haben auch die Bodenorganismen ihre Hauptaktivitätsperiode. Dies gewährleistet eine optimale Pflanzenernährung durch Synchronisation von Nährelementfreisetzung aus dem organischen Bodenspeicher durch Bodenorganismen und Nährelementaufnahme durch die Grünlandpflanzen (biologisches Gleichgewicht zwischen Nährelementangebot und -bedarf). Für die Bodenfruchtbarkeit sind nahezu alle Bodenorganismen wichtig. Einige bodenbiologische Prozesse werden allerdings nur von bestimmten Arten oder Organismengruppen (Spezialisten) angetrieben. Sie sind in ihrer Funktion nicht ersetzbar. Ihr Ausfall kann bodenbiologische Prozesse erheblich stören. Manche Tierarten (Generalisten) sind in ihrer Funktion im Boden leichter ersetzbar, sodass der Ausfall einer Art durch die verbleibenden Arten kompensiert werden kann. Bodenflora (Bakterien, Pilze, Algen) und Bodenfauna (Bodentiere) bilden die Gesamtheit der lebenden Bodenorganismen (Edaphon). In den Böden unter Dauergrünland wird das Bodenleben hinsichtlich Individuenzahl und Biomasse von der Mikroflora (Bakterien, Pilze) dominiert. Bodentiere, Bodenpilze und die meisten Bodenbakterien leben heterotroph, d.h. sie sind auf organische Substanzen als Kohlenstoff- und Energiequelle angewiesen. Die organische Substanz wird zur Energiegewinnung chemisch abgebaut (veratmet) oder zum Aufbau körpereigener Substanz verwendet. Heterotrophe Bodenorganismen haben ein artspezifisches Nahrungsspektrum. Sie ernähren sich von lebenden und abgestorbenen Pflanzenteilen, Wurzelabscheidungen, Humus, lebenden und abgestorbenen Bodenorganismen, organischen Düngern und tierischen Exkrementen. Autotrophe Bodenbakterien können ohne organische Substanz leben. Sie nutzen Kohlendioxid (CO₂) als

von der Mikrofauna rasch abgebaut. Dabei wird ein erheblicher Anteil der gespeicherten Nährelemente freigesetzt und potenziell pflanzenverfügbar. Nährelemente, die in der mikrobiellen Biomasse gebunden sind, können aufgrund der hohen Umsetzungsraten beträchtlich zur Pflanzenernährung beitragen. Außerdem werden diese Nährelemente nicht mit dem Sickerwasser in tiefere Bodenschichten verlagert oder ausgewaschen.

Bodenmikroorganismen und Strukturbildung

Die Böden des Dauergrünlandes weisen im Oberboden eine hohe Aggregatstabilität auf. Die intensive Durchwurzelung mit Feinwurzeln und die hohe Aktivität der Bodenorganismen sind hierfür hauptverantwortlich. Die Struktur im Oberboden hat für das Bodenleben eine große Bedeutung. Günstig ist eine krümelige Struktur, weil Aufnahme, Speicherung und Versickerung von Wasser sowie Durchlüftung und Durchwurzelbarkeit optimal sind. Krümel sind rundliche Bodenaggregate, weisen einen Durchmesser von 1–10 mm auf und besitzen eine hohe Porosität. Die Krümelstruktur ist charakteristisch für den A-Horizont von locker gelagerten und nicht zu stark versauerten Grünlandböden. Voraussetzungen für die Krümelbildung sind eine hohe Feinwurzelmasse, ein intaktes Bodenleben, ausreichend Kalziumionen sowie reichlich Humus- und Tonsubstanz im Oberboden. Bodenbakterien, Bodenpilze, Regenwürmer und Pflanzenwurzeln (insbesondere Feinwurzeln der Gräser) haben für die Bildung und Stabilisierung von Bodenkrümeln eine große Bedeutung. Kleinere Bodenaggregate (Primäraggregate) werden vor allem durch Feinwurzeln (Durchmesser kleiner 2 mm), Pilzhyphen und Schleimstoffe zu größeren Aggregaten (Krümel) zusammengefügt und zusammengehalten (Lebendverbau). Schleimstoffe sind wichtige organische Kittsubstanzen für die Aggregatbildung im Boden. Sie werden insbesondere von Bodenbakterien und lebenden Pflanzenwurzeln produziert.

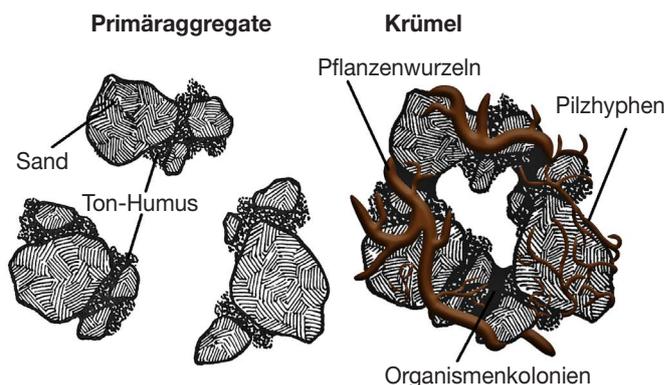
Vor allem Gräserwurzeln geben wegen ihrer hohen Zahl an Wurzelspitzen reichlich Schleimstoffe ab. Entscheidend für die Krümelbildung sind Regenwürmer. Sie fressen neben organischer Substanz auch Mineralteilchen. In ihrem Darm wird die nicht verdaute organische Substanz mit Tonmineralen zu Ton-Humus-Komplexen verbunden. Dabei spielen Kalziumionen als „Brückenbildner“ eine wichtige Rolle. Ton-Humus-Komplexe sind die Basis für die Krümelstruktur. Durch Kotabgabe der Regenwürmer entstehen besonders stabile Primäraggregate (Kotkrümel). Organische Kittsubstanzen werden von den Bodenmikroorganismen rasch abgebaut, sodass sie ständig nachgeliefert werden müssen. Dazu ist ein intensives Wurzelwachstum, ein hohes und kontinuierliches Angebot an leicht verfügbarer und abbaubarer organischer Substanz sowie ein aktives Bodenleben erforderlich.

Praxistipp

Durch eine falsche (nicht standortangepasste) Bewirtschaftung kann die Struktur im Oberboden rasch und deutlich verschlechtert werden. Strukturschäden sind im Dauergrünland nicht vollständig reversibel und haben daher langfristig eine negative Auswirkung auf das Bodenleben. Besonders gefährdet sind Böden mit Grund- oder Stauwassereinfluss (Auboden, Pseudogley, Gley, Anmoor, Niedermoore). Wassergesättigte Böden verformen sich bei Druckbelastung leicht plastisch. Daher sollten nasse Böden weder befahren noch beweidet werden, weil durch Zerkneten des Bodens Grobporen zerstört, Bodentiere getötet, Flucht- und Wanderwege für mobile Tiere unterbrochen werden.

Abb. 2: Krümelbildung im Boden

(verändert nach: Sekera, M. 1984: *Gesunder und kranker Boden*. 5. Auflage. Graz: Leopold Stocker Verlag, S. 6.)



Maulwürfe leben ausschließlich von tierischer Nahrung, insbesondere von Regenwürmern und Insekten sowie deren Larven (z.B. Engerlinge). Maulwürfe lockern den Boden durch Grabetätigkeit, erhöhen aber auch das Futterverschmutzungsrisiko.

Foto: A. Bohner



Maulwürfe und Wühlmäuse können im Grünlandboden ausgedehnte Gangsysteme anlegen. Wühlmäuse sind Pflanzenfresser.

Foto: Bio-Institut



Engerlinge ernähren sich von Humus und lebenden Pflanzenwurzeln.

Foto: A. Bohner

Aktivität und Leistungen von Bodentieren

Bodentiere beeinflussen die physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften von Grünlandböden. Grabende Bodentiere haben für die Durchmischung des Bodens eine große Bedeutung. Teile des humusarmen Unterbodens werden vor allem durch Regenwürmer in den humusreichen Oberboden verfrachtet. Organische Substanzen hingegen werden von der Bodenoberfläche und vom A-Horizont in den Unterboden verlagert. Die Folgen von diesem vertikalen Materialtransport sind eine größere Mächtigkeit des A-Horizontes bei gleichzeitiger Abnahme des Humusgehaltes in diesem Horizont. Das von Bodentieren nach oben verfrachtete Bodenmaterial (Gesteinsbruchstücke, Mineralpartikel) kann als Säurepuffer wirken und somit eine stärkere Bodenversauerung im Hauptwurzelraum verhindern. In diesem Zusammenhang muss aber auch erwähnt werden, dass Bodenwühler (Maulwurf, Wühlmäuse) durch ihre Wühlätigkeit eine Verschmutzung des Erntegutes mit Bodenmaterial verursachen können. Außerdem fördern sie die Etablierung von kurzlebigen Pflanzenarten (meist unerwünschte Lückenfüller), indem sie durch Wühlätigkeit vegetationsfreie Bodenstellen schaffen und dadurch die Samenbank im Boden aktivieren. Grabende und wühlende Bodentiere lockern den Boden. An der Zersetzung, Humifizierung und Mineralisierung von organischen Substanzen im Boden sind viele Tierarten beteiligt. Größere Bodentiere (z.B. Regenwürmer) beschleunigen den Streuabbau, indem sie pflanzliche Streustoffe zerkleinern, in den Boden einmischen und somit in Kontakt zu Bodenmikroorganismen bringen. Die Zerkleinerung und Einmischung durch Bodentiere verhindert, dass die Bodenoberfläche mit einer Streuschicht bedeckt wird. Im Darm der Bodentiere

entsteht Humus. Er wird mit dem Tierkot im Boden oder an der Bodenoberfläche ausgeschieden. Einige Bodentiere schaffen durch Kotabgabe oder Bildung von Bodenhohlräumen Lebensräume für andere Bodenorganismen. Die Regenwurmlosung beispielsweise ist besonders bakterienreich und verlassene Regenwurmgänge werden insbesondere von Springschwänzen stark besiedelt. Einige Bodentiere beeinflussen die Individuenzahl, Artenzusammensetzung und räumliche Verteilung der Mikroorganismen im Boden durch ihre räuberische Ernährungsweise oder durch Transport von Bakterien und Pilzsporen im Boden.



Grabende Bodentiere (Maulwurf, Wühlmaus) können Schäden an der Grasnarbe verursachen. An vegetationsfreien Bodenstellen können sich unerwünschte Pflanzenarten, wie beispielsweise Hirtentäschel (*Capsella bursa-pastoris*), etablieren.

Foto: S. Keiblinger



Scharfe und deutliche Grenze zwischen A- und C-Horizont einer Pararendzina. Deutliche Horizontgrenzen sind in Böden unter Dauergrünland ein Anzeichen für geringe Tiertätigkeit infolge ungünstiger Lebensbedingungen.

Foto: A. Bohner

Die Aktivität von grabenden Bodentieren kann im Dauergrünland anhand der Horizontübergänge im Boden beurteilt werden. Erfolgt der Übergang zwischen zwei Horizonten sehr scharf und deutlich, ist dies ein Hinweis für mangelnde Vermischung (Bioturbation) durch Bodentiere infolge ungünstiger Lebensbedingungen. Optimal und ein Zeichen starker Tiertätigkeit ist ein allmählicher, undeutlicher Übergang zwischen den Bodenhorizonten.

Regenwürmer

Regenwürmer sind besonders nützliche Bodentiere. Sie sorgen für eine intensive und tiefreichende Durchmischung und Lockerung des Bodens. Außerdem sind sie an der Bildung von Mullhumus und Bodenkrümeln maßgeblich beteiligt. Regenwürmer sind bedeutende Streuzersetzer. Durch ihre Tätigkeit werden pflanzliche Streustoffe (Bestandesabfälle), organische Dünger (Mist, Kompost), Weideexkrement (Kot) und Mulchmaterial in den Boden eingemischt und rasch abgebaut. Mit dem Regenwurmkot gelangt organische Substanz in den Unterboden. Diese zusätzliche Nahrungsquelle fördert die biologische Aktivität in tieferen Bodenschichten. Regenwürmer erhöhen durch Grabetätigkeit das Porenvolumen und den Grobporenanteil im Boden. Regenwurmgänge sind besonders wertvolle Grobporen, weil sie eine hohe Stabilität und Kontinuität besitzen. Vertikal verlaufende Regenwurmgänge können eine Tiefe bis über 1 m erreichen. Sie verbessern die Durchlüftung und Versickerung von Wasser im Boden. Der Gehalt an Stickstoff, Phosphor und Kalzium ist in den Regenwurmängen deutlich höher als im umgebenden Bo-



Regenwürmer sind ein guter Bioindikator für die Fruchtbarkeit von Grünlandböden. Ein hoher Regenwurmbesatz zeigt ein intaktes Bodenleben und einen fruchtbaren Boden an.

Foto: Bio-Institut



Die Rolle von Bodenmikroorganismen für Nährstoffkreisläufe

Bodenflora (Bakterien, Pilze, Algen) und Mikrofauna bilden die Gemeinschaft der Mikroorganismen im Boden. Mikroorganismen sind großteils verantwortlich für Nährstoffkreisläufe und Energieflüsse im Grünlandökosystem. Mikroorganismen bauen organische Substanzen im Boden ab und setzen dabei mineralische Nährelemente frei. Die Nachlieferungsgeschwindigkeit der überwiegend organisch gebundenen Nährelemente Stickstoff, Phosphor und Schwefel wird maßgeblich von der Mineralisationsaktivität der Bodenmikroorganismen bestimmt. Bodenmikroorganismen scheiden Enzyme und organische Säuren aus. Sie können dadurch Mikronährelemente (z.B. Mangan, Eisen) und Makronährelemente (z.B. Phosphor) aus Mineralen (z.B. Eisen- und Manganoxide, Apatit) und organischen Substanzen (Humus) lösen und den Pflanzen zur Verfügung stellen. Arten der Mikrofauna (insbesondere Einzeller) fressen Bodenbakterien und -pilze. Dadurch wird der Stickstoffumsatz im Boden beschleunigt, weil der in Bakterien und Pilzen gespeicherte Stickstoff rascher freigesetzt wird.

Bodenmikroorganismen sind hauptverantwortlich für Nährstoffkreisläufe im Grünlandökosystem.

Foto: F. Solar

Leistungen von Bodenmikroorganismen (in alphabetischer Reihenfolge):

- Biologische Stickstofffixierung
- Bodenatmung (Kohlendioxidproduktion)
- Freisetzung von mineralischen Nährelementen aus Boden, Gestein, abgestorbenem Pflanzenmaterial und Bodenorganismen, Düngemitteln und Tierexkrementen
- Schutz von Pflanzenwurzeln gegen Krankheitserreger und Parasiten
- Stabilisierung von Bodenkrümeln
- Temporäre Speicherung von Energie, Kohlenstoff und mineralischen Nährelementen
- Umwandlung von Stickstoff, Schwefel und Kohlenstoff im Boden
- Zersetzung, Humifizierung und Mineralisierung organischer Substanzen



Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft

Raumberg 38, 8952 Irnding-Donnersbachtal, Telefon: +43/(0)3682/22 451-346

E-Mail: office@gruenland-viehwirtschaft.at, www.gruenland-viehwirtschaft.at

ÖAG-Info:
2/2019

Impressum: Für den Inhalt verantwortliche **Autoren:** Andreas Bohner (HBLFA Raumberg-Gumpenstein), Walter Starz (Bio-Institut der HBLFA Raumberg-Gumpenstein), Wolfgang Angeringer (LK-Steiermark), Veronika Edler (Bio-Austria), Andreas Steinwider (Bio-Institut der HBLFA Raumberg-Gumpenstein); **Fachgruppe:** Biologische Landwirtschaft; **Vorsitzender:** Priv.-Doz. Dr. Andreas Steinwider; **Geschäftsführer:** Dr. Wilhelm Graiss, HBLFA Raumberg-Gumpenstein.

Fotos: Wenn nicht gesondert angegeben, dann von den Bio-ÖAG Fachgruppenmitgliedern bzw. den Autoren zur Verfügung gestellt.

Zitervorschlag: Bohner, A., W. Starz, W. Angeringer, V. Edler und A. Steinwider (2019): Grünlandböden – Bodenleben aktivieren und Qualität erhalten. Teil 1: Bodenorganismen. ÖAG-Info 2/2019. Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft (ÖAG) Irnding, 12 Seiten.