

Das Zusammenspiel von Bodenleben, Lebensraum und Nährstoffkreisläufen im Grünland

Andreas Bohner^{1*}

Zusammenfassung

Die Bodenfruchtbarkeit wird maßgeblich von der biologischen Aktivität im Boden bestimmt. Die biologische Aktivität ist umso größer, je reichhaltiger, vielfältiger und aktiver das Bodenleben ist. Die wichtigste Funktion der Bodenorganismen im Grünlandökosystem ist der Abbau von organischen Substanzen und die Rückführung der darin enthaltenen Nährelemente in die jeweiligen Stoffkreisläufe. Dazu ist ein intaktes Bodenleben notwendig.

Schlagwörter: Bodenleben, Bodenfruchtbarkeit, Bodentiere, Bodenmikroorganismen, Regenwürmer, Grünland

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. Nur durch Aktivierung (dauerhafte Verbesserung der Umweltbedingungen) und Förderung (regelmäßige Zufuhr leicht abbaubarer organischer Substanzen) der Bodenorganismen können die vorhandenen Nährstoffe im Boden effizient und nachhaltig für das Pflanzenwachstum genutzt werden.

Bodenorganismen

Der Boden ist Lebensraum für eine Vielzahl von Organismen (Tabelle 1). Das Gewicht der Bodenorganismen unter einem Hektar Wiese beträgt etwa 15-20 GVE. 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. Vor allem Bodeneigenschaften 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 gefördert oder beeinträchtigt werden. Bodenflora (Bakteri-

en, 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 (Tabelle 1). 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, Wurzelausscheidungen, Humus, lebenden und abgestorbenen Bodenorganismen, organischen Düngern und tierischen Exkrementen. Autotrophe Bodenbakterien können ohne organische Substanz leben. Sie nutzen Kohlendioxid (CO₂) als Kohlenstoffquelle und gewinnen Energie durch Oxidationsprozesse (z.B. Nitrifikation).

Tabelle 1: Individuenzahl und Biomasse der Bodenorganismen auf einem Quadratmeter bzw. Hektar Wiesenboden bis in 80 cm Tiefe.

Organismen mit bloßem Auge nicht sichtbar:

Systematische Gruppe	Individuen/m ²	kg Biomasse/ha
Bakterien	10 000 000 000 000	1600
Pilze	12 000 000 000	3800
Algen	1 000 000 000	900
Einzellige Tiere	1 600 000 000	1150
Fadenwürmer	1 800 000	40

Organismen mit bloßem Auge sichtbar:

Systematische Gruppe	Individuen/m ²	kg Biomasse/ha
Springschwänze	26 000	110
Milben	18 000	100
Kl. Borstenwürmer	10 000	20
Käfer und Larven	800	80
Tausendfüßler	550	200
Ameisen	320	20
Asseln	300	40
Fliegenlarven	240	260
Spinnen	230	20
Regenwürmer	130	1450
Schnecken	50	250

Quelle: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, 2005

Aktivität und Leistungen von Bodentieren

Bodentiere beeinflussen die physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften von Grünlandböden. Grabende und wühlende Bodentiere (z.B. Regenwürmer, Maulwurf)

¹ HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Abteilung Umweltökologie, Raumberg 38, 8952 Irdning-Donnersbachtal

* Ansprechpartner: Dr. Andreas Bohner, andreas.bohner@raumberg-gumpenstein.at



haben für die Durchmischung und Lockerung des Bodens eine große Bedeutung. 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 Regenwurmlösung beispielsweise ist besonders bakterienreich und verlassene Regenwurmgänge werden insbesondere von Springschwänzen stark besiedelt.

Regenwürmer

Regenwürmer sind besonders nützliche Bodentiere. Sie sind ein guter Bioindikator für die Fruchtbarkeit von Grünlandböden. Ein hoher Regenwurmbesatz zeigt ein intaktes Bodenleben und einen fruchtbaren Boden an. Regenwürmer 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), Weideexkremte (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 Regenwurmgängen deutlich höher als im umgebenden Boden. Pflanzenwurzeln wachsen bevorzugt in verlassenen Regenwurmgängen und nutzen diese für ihr Eindringen in tiefere Bodenschichten. Der geringe Eindringwiderstand, die gute Bodendurchlüftung und die Nährstoffanreicherung in den Regenwurmgängen ist dafür verantwortlich. Regenwürmer beeinflussen die Artenzusammensetzung und Artenvielfalt der Grünlandvegetation durch selektiven Samenfraß und artspezifischen vertikalen Samentransport im Boden. Durch tiefes Vergraben wird die Keimung der Pflanzensamen verhindert und durch Transport in die oberste Bodenschicht gefördert. Menge, Qualität und Vielfalt des Nahrungsangebotes haben für die Größe, Vielfalt, Artenzusammensetzung und Aktivität der Regenwurmpopulation eine große Bedeutung. Regenwürmer ernähren sich hauptsächlich von toter organischer Substanz. Abgestorbene Feinwurzeln und Wurzelhaare, oberirdische pflanzliche Streustoffe, organische Dünger (Mist, Kompost) und Weideexkremte (Kot) sind im Dauergrünland eine wesentliche Nahrungsquelle. Regenwürmer bevorzugen eine stickstoffreiche Nahrung. Daher ist unter kleereichem Pflanzenbeständen infolge stick-

stoffreicher Bestandesabfälle die Regenwurmpopulation und -aktivität meist deutlich größer als unter grasreichen Pflanzenbeständen. Je artenreicher die Grünlandvegetation ist, umso abwechslungsreicher ist das Nahrungsangebot und umso höher ist die Artenvielfalt der Regenwürmer im Grünlandboden. Regenwürmer bevorzugen tiefgründige, lehmige, humusreiche, intensiv durchwurzelte, lockere, gut durchlüftete, karbonathaltige Böden und einen ausgeglichenen Bodenwasserhaushalt. In stark sauren Böden (pH unter 5,0) fehlen Regenwürmer weitgehend. Stark verdichtete Bodenschichten werden – falls eine Ausweichmöglichkeit besteht – gemieden. Grundwassergesättigte Bodenhorizonte werden nicht besiedelt.

Die Rolle von Bodenmikroorganismen für Stoffkreisläufe

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. Während der Vegetationszeit der Grünlandpflanzen haben auch die Bodenmikroorganismen ihre Hauptaktivitätsperiode. Dies gewährleistet eine optimale Pflanzenernährung durch Synchronisation von Nährelementefreisetzung aus dem organischen Bodenspeicher durch Bodenmikroorganismen und Nährelementaufnahme durch die Grünlandpflanzen (biologisches Gleichgewicht zwischen Nährelementangebot und -bedarf). Die mikrobielle Biomasse im Boden ist eine wichtige Quelle und Senke für Kohlenstoff und mineralische Nährelemente (insbesondere Stickstoff, Schwefel, Phosphor). In landwirtschaftlich genutzten Böden sind 2-4 % des gesamten organischen Kohlenstoffs und 2-5 % des gesamten Stickstoffs im Boden in der Mikroflora (Bakterien, Pilze) gebunden. In Ackerböden sind in der obersten Bodenschicht (0-12,5 cm Tiefe) im Durchschnitt 720 kg Kohlenstoff, 110 kg Stickstoff, 80 kg Phosphor, 70 kg Kalium und 10 kg Kalzium pro Hektar in der mikrobiellen Biomasse gespeichert. In den Böden unter Dauergrünland sind die entsprechenden Werte aufgrund der größeren mikrobiellen Biomasse weit aus höher. Die toten Zellen der Mikroorganismen werden im Boden 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 Umsetzungsrate beträchtlich zur Pflanzenernährung beitragen. Außerdem werden diese Nährelemente nicht mit dem Sickerwasser in tiefere Bodenschichten verlagert oder ausgewaschen. 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.

Maßnahmen zur Aktivierung und Förderung der Bodenlebewesen im Dauergrünland

Die wichtigsten Maßnahmen sind:

- regelmäßige Düngung in kleinen Gaben mit hofeigenen Wirtschaftsdüngern
- Anpassung der ausgebrachten Düngermenge an den zeitlichen und mengenmäßigen Nährstoffbedarf der Vegetation
- Düngung mit unterschiedlichen Düngerarten (Mist, Kompost, Gülle, Jauche)
- Düngung (Art, Menge) und Nutzungsintensität an den Standort (Ertragspotential) und aufeinander abstimmen
- Düngung nur in Zeiten erhöhter Aktivität der Bodenorganismen (etwa im Zeitraum April bis Oktober)
- Mist und Kompost fein verteilt ausbringen
- Mulchschnitt im Herbst
- Humusaufbau im Bedarfsfall (z.B. humusarme Planieböden)
- Anpassung der Stoppellänge (Schnitthöhe, Weideaufwuchshöhe) an die Witterungsverhältnisse
- Nutzungsformen kombinieren (Mähweidenutzung)
- Pflanzenarten- und Funktionstypenvielfalt fördern (im Bedarfsfall Übersaat)
- Bodenverdichtung soweit wie möglich vermeiden
- wassergesättigte Böden nicht befahren oder beweiden
- bodenschonendes Weidemanagement
- Drainagen erhalten
- Bewässerung auf halbtrockenen und trockenen Standorten
- Kalkung mit „Kohlensaurem Kalk“ im Bedarfsfall (pH unter 5,0 im Hauptwurzelraum).

Literatur

- 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.
- Bohner, A., W. Starz, W. Angeringer, V. Edler und A. Steinwider (2019): Grünlandböden – Bodenleben aktivieren und Qualität erhalten. Teil 2: Lebensraum. ÖAG-Info 3/2019. Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft (ÖAG) Irnding, 16 Seiten.
- Steinwider, A., W. Starz, A. Bohner, W. Angeringer und V. Edler, 2019: Grünlandböden – Bodenleben aktivieren und Qualität erhalten. Teil 3: Nährstoffkreisläufe. ÖAG-Info 4/2019. Österreichische Arbeitsgemeinschaft für Grünland und Viehwirtschaft (ÖAG) Irnding, 16 Seiten.