

So kommt mehr Humus in den Boden

Humus aufbauen ist nicht so einfach. **Wiebke Niether** und **Lucas Kohl** beschreiben, welche Maßnahmen wie viel organischen Kohlenstoff in den Boden bringen – und was davon bleibt.

Ein gesunder Boden gehört zu den Prinzipien der ökologischen Landwirtschaft und hierbei spielt der Humus eine grundlegende Rolle. Ein humusreicher Boden ist ein Boden mit diversen organischen Kohlenstoffverbindungen, die vor allem aus Pflanzenresten wie Ernterückständen und Wurzelmasse, Gründüngung, Kompost oder Wirtschaftsdünger hervorgehen. Diese werden von Makrofauna wie Regenwürmern und Mikroorganismen, also Bakterien und Pilzen, abgebaut und im Boden stabilisiert. Auch lebendige Wurzeln tragen zum Humusaufbau bei, indem sie kohlenstoffhaltige Moleküle, sogenannte sekundäre Pflanzenstoffe oder Exsudate, an Mikroorganismen im Boden abgeben, die wiederum den Pflanzen die Nährstoffaufnahme erleichtern.

Humusaufbau und Ökolandwirtschaft

Mit dem Humusaufbau im Boden sind drei Ziele der ökologischen Landwirtschaft eng gekoppelt. Erstens: die Bodengesundheit, also Nährstoffversorgung, Nährstoffgleichgewichte, stabile Bodenaggregate und aktive, vielfältige und funktionelle mikrobielle Gemeinschaften. Zweitens: Klimaanpassung durch eine stabilere Wasserversorgung, auch während längerer Trockenperioden, sowie eine gute Infiltration bei Starkregenereignissen. Diese beiden Ziele dienen vor allem der landwirtschaftlichen Produktion. Durch die Aufnahme von atmosphärischem CO₂ durch die Pflanzen und langfristige Speicherung von Kohlenstoff im Boden hat Humusaufbau, drittens, auch eine Funktion im Klimaschutz und kann anderen Treibhausgasemissionen bilanziell entgegenwirken.

Landwirtschaftliche Praktiken tragen vielfältig zum Humusaufbau im Boden bei. Dabei sind vor allem Bodenbearbeitungspro-

zesse zu nennen, aber auch der vermehrte Einsatz humuszehrender Kulturen wie Mais. Die erhöhte Mechanisierung und Industrialisierung der Landwirtschaft haben diese Entwicklung verstärkt. Andere Ackerbaustrategien hingegen können den Humusaufbau im Boden fördern und viele von ihnen sind bereits verbreitete Praktiken in der ökologischen Landwirtschaft. Landnutzungsänderungen, wie die Umwandlung von Acker- in Grünland oder die Wiedervernässung von organischen Böden, bieten großes Potenzial, den Humusaufbau der Böden zu erhöhen und die Kohlenstoffspeicherung zu sichern. Der Fokus dieses Beitrags liegt jedoch auf den landwirtschaftlichen Praktiken.

Verschiedene Maßnahmen, verschiedene Effekte

Schon durch die Wahl der angepflanzten Kulturen kann der Humusaufbau gefördert werden. Dabei spielt der Einsatz von Leguminosen eine entscheidende Rolle: Futterleguminosen können etwa 0,5 bis 0,7 Tonnen (t) Kohlenstoff pro Hektar (C pro ha) und Jahr speichern.¹ Zwischenfrüchte können 0,1 bis 0,3 t C pro ha und Jahr zum Boden beisteuern. Ausschlaggebend ist dabei die gute und tiefe Durchwurzelung des Bodens. Durch Ernterückstände der Kulturen und Gründünger können etwa 0,7 t C pro ha und Jahr in den Boden eingebaut werden. Insgesamt kann durch eine gute ökologische Fruchtfolge mit verschiedenen Maßnahmen über die Jahre und trotz Einbindung von humuszehrenden Kulturen der Humusgehalt etwa um 0,07 t C pro ha und Jahr zunehmen. Dauergrünland kann 0,1 bis 0,3 t C pro ha und Jahr im Boden aufbauen. Das liegt vor allem an den dichten und dauerhaften Wurzeln der Gräser und daran, dass keine Bodenbearbeitung stattfindet. Optimiertes Weidemanagement kann diese Werte durch Vertritt und kurz-

Mit reduzierter Bodenbearbeitung, Zwischenfruchtanbau, Kompost und Mulch entsteht ein gutes, humusreiches Bodengefüge.

zeitige Belastungen vermutlich noch erhöhen, wobei dazu noch wenig bekannt ist.

Während diese Praktiken Humus durch Kohlenstoffeintrag auf der Fläche selbst aufbauen, kann auch ein Eintrag von organischem Material von außerhalb den Humusgehalt des Bodens beeinflussen. Dies geschieht einerseits indirekt, indem die Düngewirkung das Pflanzenwachstum und dadurch die Durchwurzelung fördert und die Menge der Ernterückstände erhöht, aber auch direkt durch das organische Material selbst, das auf oder in den Boden eingetragen wird. Zu diesem organischen Material zählen Wirtschaftsdünger und Kompost, aber auch Pflanzenkohle. Der durchschnittliche Beitrag von organischem Material aus Wirtschaftsdünger und Kompost zum Humusaufbau kann bei 0,4 t C pro ha und Jahr liegen. Für Komposteinsatz alleine wird sogar ein Humusaufbau von 1,3 t C pro ha und Jahr beschrieben, jedoch nur mit sehr hohen Kompostgaben von 3 t C pro ha und Jahr, entsprechend etwa der Düngewirkung von 2,4 Großvieheinheiten (GVE; Aguilera et al., 2013). Ein etwas geringerer Eintrag von 1,8 t C durch Kompost pro ha und Jahr (1,4 GVE) kann immerhin noch zu einem Humusgewinn von 0,1 t C pro ha und Jahr führen. Wenn allerdings davon nur noch die halbe Kompostmenge (0,7 GVE) eingesetzt wird, kann es zu einem Humusabbau führen, wie in einem Langzeitversuch über 35 Jahre gezeigt wurde (Krause et al., 2023). Die hohen Kompostmengen wie in den Beispielen können innerbetrieblich wahrscheinlich nicht bereitgestellt werden und ein Zukauf würde lediglich eine Kohlenstoffverlagerung bedeuten.

Auch eine reduzierte Bodenbearbeitung im Ökolandbau kann einen Anstieg im Humusgehalt sowie erhöhte mikrobielle Aktivität und Biomasse bewirken (Krauss et al., 2020). Ein laufendes Projekt in Hessen soll den Humusaufbau durch eine Kombination der verschiedenen regenerativen Anbaumaßnahmen (reduzierte Bodenbearbeitung, Kompost- und Mulchanwendung) zeigen, um mögliche positive Interaktionen zu ermitteln.² Ein besonderer Fokus liegt auf der Bewertung von Tiefenlockerung sowie auf der Anwendung von Komposttees und Fermenten als Biotstimulanzen. Die ersten Ergebnisse zeigen eine Verbesserung der physikalischen Bodenbedingungen durch regenerativen Anbau, die wiederum mit dem Humusaufbau positiv gekoppelt sind (Bilibio et al., 2023). In einem weiteren Projekt wird zusätzlich der Einsatz von Pflanzenkohle getestet, die einen Anstieg des organischen Bodenkohlenstoffgehalts erwarten lässt.³ Allerdings ist die direkte Anwendung der Pflanzenkohle als Bodendünger in Deutschland noch nicht zulässig und unabhängig davon aufgrund der hohen Gesteungskosten meist nicht wirtschaftlich umsetzbar. Die Agroforstwirtschaft, also die Einbindung von Baumkulturen, vorzugsweise in Form von Baumstreifen auf Ackerflächen oder auf Grünland, bietet



ein großes Potenzial zur Humuszunahme auf landwirtschaftlichen Flächen. Grünland mit Baumbeständen kann bis zu 7,4 t C pro ha und Jahr anreichern (Frelüh-Larsen et al., 2022). Auf Ackerland wird immerhin noch eine Humuszunahme von bis zu 2 t C pro ha und Jahr erwartet. Diese sehr hohen Werte kommen durch die Baumwurzelmasse und Wurzelexsudate zustande sowie die fehlende Bodenbearbeitung zumindest dort, wo die Bäume stehen. Sie variieren außerdem stark mit der Anzahl und Art der Bäume auf der Fläche. Der größte Humusgewinn wird demnach unter den Baumstreifen erreicht, aber durch die Ausdehnung der Baumwurzeln wird auch der Ackerboden mit angereichert (Frelüh-Larsen et al., 2022).

Kombinieren ist der beste Weg

Humusaufbau im Boden ist in vielerlei Hinsicht sinnvoll und notwendig. Kompost kann einen Beitrag dazu leisten, aber weitere Anbaumaßnahmen innerhalb der Fruchtfolge sollten auf jeden Fall berücksichtigt und bestmöglich kombiniert werden. Dazu zählen insbesondere solche, die das Wurzelwachstum, seien es die Wurzeln der Hauptkulturen, Leguminosen, Zwischenfrüchte oder Bäume, fördern. Gerade die vielfältigen Fruchtfolgen im Ökolandbau bieten hierfür gute Möglichkeiten. □

▷ Liste der zitierten Literatur: oekologie-landbau.de/materialien



Dr. Wiebke Niether und Dipl.-Ing. Lucas Kohl, beide Universität Gießen, wiebke.niether@agr.uni-giessen.de

1 Der Kohlenstoffaufbau wurde nach den Angaben der CO₂-Äquivalente aus Frelüh-Larsen et al. (2022) für die jeweiligen Maßnahmen mit dem Faktor 0,27 berechnet.

2 Projekt AKHWA – Anpassung an den Klimawandel in Hessen – Erhöhung der Wasserretention des Bodens durch regenerative Ackerbaustrategien, siehe akhwa.de

3 Projekt Humuvation, siehe humuvation.de