





# DAS UNTER- SCHÄTZTE KAPITAL

Ohne ihn wären unsere Böden so unfruchtbar wie eine Wüste. Humus ist das Ergebnis eines Gleichgewichts zwischen Auf- und Abbauprozessen. Wenn chemischer Pflanzenschutz und Dünger immer weiter reduziert werden müssen, wird Humus zum kostbaren Kapital.



**K**ein Thema steht derzeit stärker im Fokus als der Klimawandel. Kein Thema versetzt die Gemüter so in Wallungen – und das weltweit. Mitten in den Sog der emotionalen Proteste von „Fridays for Future“ ist die heimische Landwirtschaft geraten. Denn ein Kernelement des Klimaschutzes ist der Bodenschutz.

Der Klimawandel verstärkt den schleichenden Verlust an Humus. Im schlimmsten Fall wird der Boden zur CO<sub>2</sub>-Quelle, wie auftauende Permafrostböden zeigen. Obendrein gefährden Wetterextreme die Fruchtbarkeit unserer Ackerböden.

„Unsere Landwirtschaft zeigt schon heute Wege auf, um diese Entwicklung umzudrehen“, sagt Dr. Jana Epperlein von der Gesellschaft für konservierende Bodenbearbeitung (GKB): „Damit wird der Boden von der Kohlenstoffquelle wieder zur Kohlenstoffsenke. Dabei hilft uns, dass wir in einer der fruchtbarsten Regionen der Welt wirtschaften.“

Einerseits leidet der Humus also unter den drohenden Veränderungen des Klimawandels, andererseits kann er aber auch der Schlüssel dafür sein, den Klimawandel abzumildern. „Humusreicher Boden ist ein riesiger Kohlenstoffspeicher, der gleichzeitig die Folgen des Klimawandels abfedert“, sagt Prof. Bernhard Göbel, Bodenexperte der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf.

Steigende Temperaturen lassen diesen Kohlenstoffspeicher zusammenschrumpfen. Gleichzeitig fehlt es oft an der Nachlieferung organischer Substanz. Was hat uns in dieses Dilemma geführt?

### WAS DIE GRIECHEN SCHON WUSSTEN

Schon im Altertum galt Humus als der wertbestimmende Bestandteil des Bodens. Aristoteles sagte um 350 v. Chr.: „Die Pflanze ernährt sich von Humusstoffen, die sie mit den Wurzeln aus dem Boden aufnimmt. Nach dem Absterben wird sie wieder zu Humus und Humusstoffe sind daher Dünger.“ Pflanzen ernähren sich von Humus. Die Humustheorie war geboren und verbreitete sich rasch. Zwar wurde sie im 19. Jahrhundert im Wesentlichen widerlegt, die Wertschätzung für den Humus aber blieb. Unter anderem weil die Ackerbauern zunehmend seine positive Wirkung auf Bodenbiologie, -physik und -chemie verstehen und schätzen lernten.

Ab Mitte des 20. Jahrhunderts rückten Technik, Energie und Chemie mit Nach-

### AUF DEN PUNKT

- Mit schwindenden Optionen bei der Chemie gewinnt der Boden wieder stark an Bedeutung.
- Humus stabilisiert den Boden, nimmt Wasser auf und macht mit seinen Mikroorganismen Nährstoffe pflanzenverfügbar.
- Zugleich ist er einer der wichtigsten Kohlenstoffspeicher.

druck in die Landwirtschaft vor. Die Wertschätzung dem Humus gegenüber begann zu schwinden, zunächst langsam, dann immer schneller. Mit dem Einsatz von Bodenbearbeitung, mineralischem Dünger und chemischem Pflanzenschutz schienen unbegrenzt steigende Erträge greifbar. Der Fokus wanderte weg vom Boden hin zur Technologie.

Damit geriet die Bedeutung des Humus in Vergessenheit. Intensiv wirtschaftende Betriebe erkannten nicht, dass diese Wirtschaftsweise den Humus tendenziell abbaute und damit die Abhängigkeit von Chemie und Energie noch verstärkte – ein Teufelskreis.

### SO VERÄNDERT SICH DER HUMUSGEHALT

Die Folgen sind unübersehbar. Viele Regionen der Welt verzeichnen eine Abnahme der Humusgehalte, vor allem intensiv landwirtschaftlich genutzte Gebiete. Prof. Bernhard Göbel: „In Bayern etwa wurde zwischen 1986 und 2007 ein Rückgang der mittleren Gehalte an organischem Kohlenstoff der Acker- und Grünlandböden von 3 Prozent nachgewiesen.“ Wie ist das passiert?

Die Ursachen für die Abnahme der Humusgehalte sind komplex und vielfältig. Ursache Nummer eins ist die Bewirtschaftung. Um tiefer einzutauchen, muss der Be-

griff Bewirtschaftung weiter gefasst werden, als wir es bislang tun. Denn zu den Hauptursachen für den schwindenden Humus gehören in unseren Breiten der abnehmende Getreide- und Futterleguminosenanteil und der zunehmende Anteil an Hackfrüchten und Mais. Zudem nimmt die Bedeutung des Stallmists zugunsten von Gülle ab. Ernteresten und Stroh verbleiben oft nicht mehr auf dem Feld. Auch eine intensive Bodenbearbeitung, unbedeckter Boden und ein nicht ausreichender Zwischenfruchtanbau haben ihren Anteil am Humusschwund.

Am Beispiel der Bodenbearbeitung zeigt sich der Teufelskreis des Humusschwunds besonders deutlich. Prof. Göbel: „Die tiefgreifende, intensive Bodenbearbeitung bringt viel Sauerstoff in den Boden und beschleunigt damit die Oxidation, also die Verbrennung der organischen Substanz.“

Der Bodeneingriff reiße außerdem die durch Huminstoffe gebildeten, elastischen Verbindungen zwischen den mineralischen Bodenbestandteilen auseinander. Damit vergrößere sich die Oberfläche, an der Mikroorganismen mit dem Humusabbau ansetzen können. „Das beschleunigt den Humusabbau weiter.“

Die elastischen Verbindungen durch Huminstoffe geben der Bodenstruktur gleichzeitig Stabilität und Elastizität. Das macht den Boden belastbarer und regenerationsfähiger. Er lässt sich leichter bearbeiten (siehe Kasten „Was ist eigentlich Humus?“).

Mit intensiver Bodenbearbeitung nimmt diese Strukturstabilität ab. Die Folgen sind für Prof. Göbel unausweichlich: „Der Boden setzt zunehmend dicht und der Bewirtschafteter hat den Eindruck, dass er immer öfter lockern und bearbeiten muss.“ Ein Mechanismus kommt in Gang, bei dem immer mehr Humus abgebaut wird. „Viele Böden in den bayerischen Lössgebieten mit intensivem Zuckerrübenanbau haben nur noch knapp über 1 Prozent Humus; manche liegen schon darunter.“

### BISLANG UNBEACHTET: HUMUSQUALITÄT

Die Humusmenge allein greift jedoch viel zu kurz. Es kommt auch auf die Qualität des Humus und dessen Funktionalität an. Die traditionelle Einteilung in Nähr- und Dauerhumus bildet diese Funktionalität zu wenig oder gar nicht ab. Sie berücksichtigt die boden- und mikrobiologischen Zusammenhänge im Boden nicht. Fast revolutionär ist Prof. Ingrid Kögel-Knabners im »

# 96 t

organisch gebundener  
Kohlenstoff liegen im  
Schnitt von 0 bis 1 m  
Tiefe unter 1 ha Acker.



Pflugverzicht und Zwischenfrüchte fördern die Bodenstruktur und den Humusaufbau. Der Boden kann mehr Wasser aufnehmen und ist vor Erosion geschützt.

Magazin *Nature* veröffentlichte Formulierung vom „Humus als Ökosystemgemeinschaft“. Die Bodenkundlerin der Technischen Universität München in Weihenstephan ist Trägerin des Deutschen Umweltpreises 2019. Sie konnte belegen, dass der stabilste Humus an den Mineraloberflächen aus mikrobiellen Ausscheidungen oder toten Mikroorganismenresten stammt.

Wurzeln leisten demnach einen höheren Beitrag zur Humusbildung als die oberirdischen Rückstände. Fast die Hälfte des Wurzelinputs bleibt stabiler Humus, aber nur 8 Prozent der Sprossrückstände. Hier besteht noch ein erheblicher Forschungsbedarf, um zwei Ziele zu erreichen: einerseits einheitlich verwendete Parameter für Humusqualität und -funktionalität und andererseits neue Bewirtschaftungsformen, um die Humusqualität gezielt zu fördern.

#### GESELLSCHAFTLICHER DRUCK NIMMT ZU

Die Praxis muss sich mit dem Humus jetzt beschäftigen, notgedrungen, aber die meisten Ackerbauern wollen das auch. Mulchsaat und Zwischenfruchtanbau sind in vielen Betrieben längst Standard. „Seit einigen Jahren findet ein Umdenken in der breiten Landwirtschaft statt“, sagt Bodenexpertin Dr. Jana Epperlein.

Befeuert wird das durch strengere Auflagen. „Die Bauern müssen mit gesellschaftlichem Druck, mit steigenden Energiekosten und mit immer engeren gesetzlichen Leitplanken bei Düngung und Pflanzenschutz umgehen.“ Die Möglichkeiten schwinden, das instabile Gleichgewicht im Boden-Ökosystem von außen zu regulieren.

Damit erfährt die Wertschätzung für den Humusaufbau derzeit neuen Aufschwung. Das öffnet neue Wege, beispielsweise die Umkehr des Bodens von der CO<sub>2</sub>-Quelle zurück zur größten Kohlenstoffsенке überhaupt. Kohlenstoff ist die wichtigste Komponente im Humus.

Böden sind der größte terrestrische Speicher für organischen Kohlenstoff (C<sub>org</sub>). Sie speichern rund viermal so viel Kohlenstoff wie die oberirdische Vegetation und mehr als doppelt so viel wie die Atmosphäre. 2,4 Mrd. t C<sub>org</sub> sind hierzulande bis in 90 cm Tiefe in landwirtschaftlich genutzten Böden gebunden. Das ist mehr als doppelt so viel Kohlenstoff wie alle Bäume in den Wäldern Deutschlands binden.

Die Böden sind in ihrem Speicher- und Verlustpotenzial unterschiedlich zu be-

werten. Entwässerte und landwirtschaftlich genutzte Moorböden verlieren große Mengen an organisch gebundenem Kohlenstoff. Moorschutz ist damit unstrittig Klimaschutz.

Bei den mineralischen Böden ist die Situation in Deutschland längst nicht so klar. Experten seien sich uneins, ob sich die Humusvorräte künftig im Gleichgewicht befänden oder sich veränderten, heißt es in der aktuellen Bodenzustandserhebung des Bundeslandwirtschaftsministeriums. Grünlandböden werden Prognosemodellen zufolge bei gleichbleibenden Klimabedingungen ihre aktuell vorhandenen Kohlenstoffvorräte halten können.

Dagegen könnten Ackerböden den Berechnungen zufolge in den kommenden zehn Jahren jährlich rund 0,19 t/ha organischen Kohlenstoff verlieren. Im Schnitt sind unter Acker auf 90 cm Tiefe rund 95 t/ha C<sub>org</sub> gebunden. Allerdings sind die Prognosen recht unsicher, denn die Modelle sagen auch, dass sich 90 Prozent der Standorte nicht signifikant im Kohlenstoffgehalt ändern werden. Für 9 Prozent ist ein Verlust vorhergesagt.

#### WIE VIEL IN DIE ATMOSPHERE GELANGT

Welche Verantwortung im gebundenen Humus steckt, zeigt der Vergleich mit den Emissionen. „Unsere Wald- und Agrar-Ökosysteme speichern zusammen so viel organischen Kohlenstoff wie Deutschland bei derzeitigem Emissionsniveau in 23 Jahren als CO<sub>2</sub> freisetzt“, ist ein Fazit der Bodenzustandserhebung. „Seit Beginn der Ackernutzung sind von weltweit 2.400 Mrd. t in Böden gebundenem Kohlenstoff rund 116 Mrd. t an die Luft verloren gegangen und haben dort den CO<sub>2</sub>-Anstieg beschleunigt“, sagt Dr. Gernot Bodner von der Universität für Bodenkultur (BOKU) Wien. Die Emissionen erhitzen die Atmosphäre und die globale Erderwärmung beschleunigt sich. Die höheren Temperaturen wiederum befeuern in einigen Regionen den Humusabbau, etwa in Skandinavien oder weiten Teilen Russlands.

Es ist also höchste Zeit, dem Humus wieder mehr Beachtung zu schenken. Es gilt, die Vorräte an organischem Kohlenstoff zu sichern und, wo es möglich ist, zu mehr. Dann sind unsere Böden auch in der Lage, durch Klimawandel verursachten Stress ab-zupuffern. **[ks]**

„  
Jährlich verlieren unsere Ackerböden im Schnitt 190 kg/ha organischen Kohlenstoff.“

Prognose der Bodenzustandserhebung für die kommenden zehn Jahre



**Klaus Strotmann**  
Redakteur Pflanze + Technik  
[klaus.strotmann@agrarteheute.com](mailto:klaus.strotmann@agrarteheute.com)



## WAS IST EIGENTLICH HUMUS?

**Humus ist abgestorbene organische Bodensubstanz.** Sie entsteht durch Zersetzung von Pflanzenresten und Bodenorganismen. Der überwiegende Teil ist stabiler Dauerhumus; leicht abbaubarer Nährhumus macht nur 5 bis 25 Prozent aus. Stabilisierungsprozesse im Boden schützen die organische Substanz gegen fortschreitenden Abbau durch Mikroorganismen. Tonminerale spielen hier eine wichtige Rolle: An sie binden sich die Huminstoffe. Tonreiche Böden können rund doppelt so viel Humus speichern wie sehr sandige Böden.

Humus besteht zu rund 58 Prozent aus Kohlenstoff (C). Pflanzen brauchen den Humuskohlenstoff nicht, weil sie mithilfe der Fotosynthese selbst Kohlenstoff aus dem CO<sub>2</sub> der Luft binden und daraus Zucker produzieren. Mit der Ernte wird daher kein Kohlenstoff aus dem Humusvorrat entzogen.

Im Gegenteil, die Pflanzen geben sogar bis zu 30 Prozent ihres produzierten Zuckers über die Wurzeln ab. Damit versorgen sie Pilze und Bakterien im Boden. Die wiederum bauen Humus ab, gewinnen daraus Nährstoffe wie Stickstoff, Phosphor und Kalium und machen sie pflanzenverfügbar. Andere Bodenorganismen

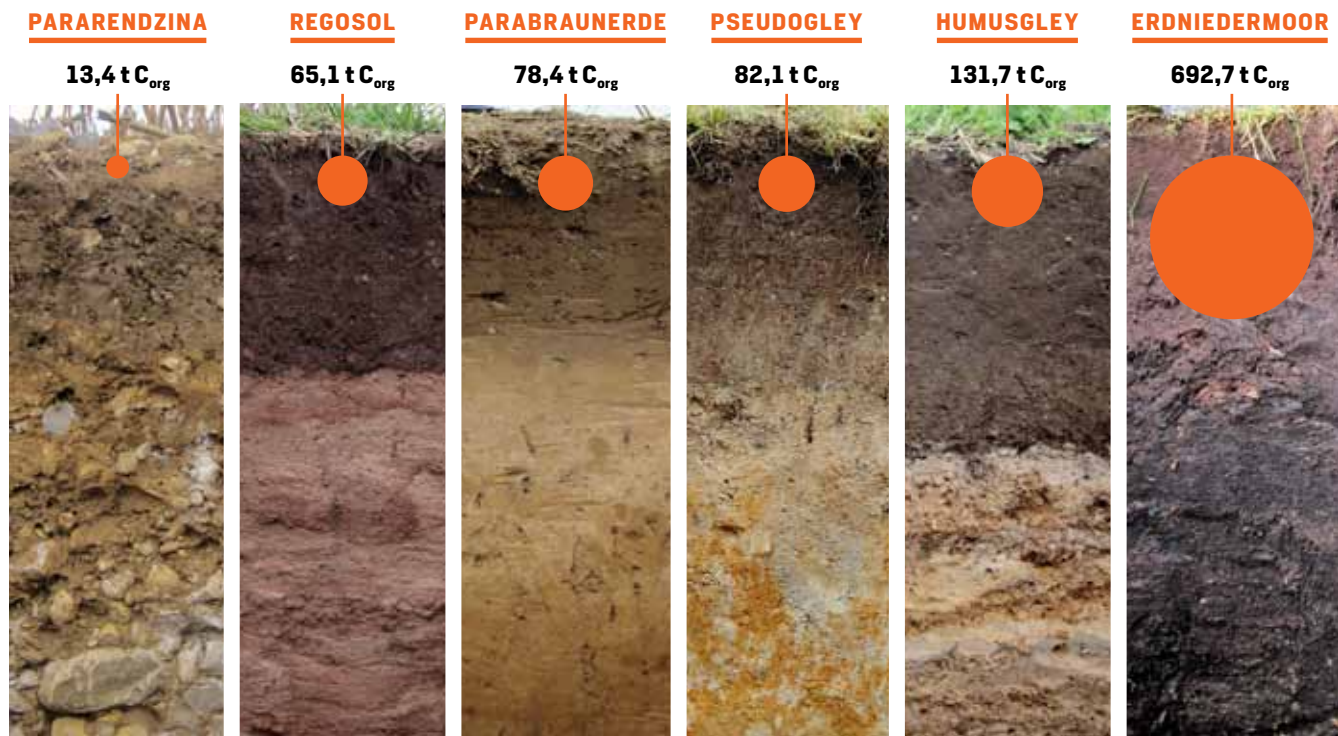
zersetzen Pflanzenreste und bilden daraus neuen Humus. Der Kohlenstoffkreislauf schließt sich.

Der Humusgehalt in Masseprozent berechnet sich aus dem Gehalt an organischem Kohlenstoff (C<sub>org</sub>), multipliziert mit dem Faktor 1,72. Über die Hälfte der hiesigen Ackerböden liegt in einer mittleren Gehaltsklasse von 2 bis 4 Prozent Humus, Grünlandböden überwiegend zwischen 4 und 8 Prozent. Moor- und Torfböden haben den höchsten Humusanteil von über 30 Prozent.

**Der überwiegende Teil des organischen Kohlenstoffs** ist im stark durchwurzelten Oberboden (0 bis 30 cm) gebunden, im Schnitt zwei Drittel der Gesamtmenge. Dort liegen in Mineralböden unter Ackerland 61 t/ha organischer Kohlenstoff, unter Grünland sogar 88 t/ha. Das zeigt die aktuelle Bodenzustandserhebung des Bundeslandwirtschaftsministeriums.

Die Studie unterstreicht aber auch die Bedeutung der Unterböden als Kohlenstoffspeicher. Er wird dort sehr viel langsamer umgesetzt. Kohlenstoffeinträge über Tiefwurzler und grabende Bodenorganismen sind damit besonders wichtig für eine langfristige Speicherung von klimawirksamem CO<sub>2</sub>. **(ks)**

## SO VIEL ORGANISCHER KOHLENSTOFF STECKT IN UNSEREN BÖDEN



Vorräte an organischem Kohlenstoff (C<sub>org</sub>) pro Hektar in 0 bis 100 cm Tiefe. Quelle: BMEL/Bodenzustandserhebung