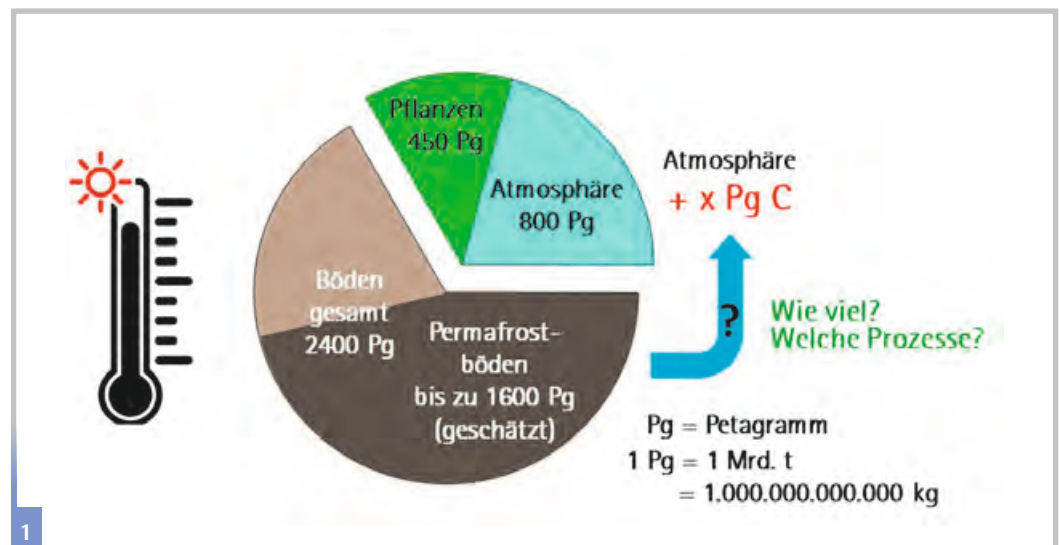


Organische Bodensubstanz

Nachhaltige Speicherung von Kohlenstoff und Stickstoff

Prof. Dr. Georg Guggenberger und Prof. Jürgen Böttcher vom Institut für Bodenkunde zeigen, dass Böden über ihre Teilnahme am globalen Kohlenstoffkreislauf ein bedeutendes Klimaregulativ sind. Während Permafrostböden ein großes Risiko hinsichtlich der Freisetzung von Treibhausgasen darstellen, besteht in landwirtschaftlichen Böden die Möglichkeit, über nachhaltiges Management mehr Kohlenstoff zu binden und Stickstoffausträge zu minimieren.



Im globalen Maßstab ist die organische Bodensubstanz, allgemein als Humus bekannt, auf den Festländern der größte Speicher für Kohlenstoff (Abbildung 1). Gleichzeitig gibt es einen ständigen Austausch von Kohlenstoffdioxid (CO₂) zwischen Atmosphäre, Pflanzen und Böden. Daher kommt den Böden eine zentrale Rolle für unser zukünftiges Klima zu. Die entscheidende Rolle von Böden als Klimaregulativ wird noch dadurch verstärkt, dass Böden potenzielle Quellen für die Treibhausgase Methan und Lachgas sind. Letzteres ist ein Produkt der mikrobiellen Stickstoffumsetzung im Boden. Zudem können Böden Stickstoff auch über Nitratauswaschung ins Grundwasser verlieren. Ein nachhaltiges Bodenmanagement hat zum Ziel, die Koh-

lenstoffspeicherung in Böden zu erhöhen, ohne dass es zu nennenswerten Austrägen von Methan, Lachgas und Nitrat kommt.

Ungenutzte Böden weisen höchste Kohlenstoffvorräte auf. Insbesondere Permafrostböden speichern aufgrund von dauerhafter Gefrorenis im Bereich des Permafrostes sowie aufgrund tiefer Temperaturen und oftmals hoher Wassergehalte in der darüber liegenden sommerlichen Auftauschicht (aktive Lage) sehr viel Kohlenstoff in Form organischer Substanz (Infokasten 1). Permafrostböden bedecken global 22 Mio km² und erstrecken sich in der Nordhemisphäre von den hochkontinentalen Gebieten Asiens und Nordamerikas bis weit in den Süden erstrecken.

Der Klimawandel ist in den hohen Breiten besonders ausgeprägt, was zu einem großflächigen Tauen des Permafrostes führt, insbesondere in Gebieten mit vergleichsweise warmem Permafrost mit Temperaturen zwischen -2°C und 0°C. Dies resultiert nicht nur im Kollaps von Permafrostlandschaften, sondern auch in einer verstärkten Freisetzung von CO₂ und Methan aus den degradierenden Permafrostböden (Infokasten 2).

Aufgrund der hohen Kohlenstoffvorräte in diesen Böden stellen diese eine große Gefahr einer weiteren Klimaerwärmung im Rahmen einer positiven Rückkopplungsreaktion zwischen steigender Temperatur und beschleunigter Permafrostdegradation dar.

Abbildung 1
Kohlenstoffvorräte in Böden als organische Substanz im Vergleich mit jenen in Pflanzen und der Atmosphäre.

Was sind Permafrostböden?



Permafrostböden sind ab einer gewissen Tiefe dauerhaft gefroren. Die Mächtigkeit des Permafrostes beträgt zwischen wenigen Metern und bis zu 800 m. In diesen gefrorenen Bereichen ist organische Substanz gegenüber mikrobiellem Abbau konserviert. Im Sommer taut die oberste Schicht des Permafrostes zwischen ca. 30 und 300 cm tief auf. In dieser sogenannten aktiven Lage kommt es aufgrund von Frost-Tau-Zyklen zur Einarbeitung von organischem Material in den Unterboden, wo das organische Material aufgrund von tiefen Temperaturen und hoher Wassersättigung gegenüber Abbau stabilisiert wird. Auch dies trägt zur hohen Kohlenstoffspeicherung von Permafrostböden bei.

Infokasten 1
*Permafrostboden der
 Grastundra Nordostsibiriens.*
 Foto: Robert Mikutta

Folgen der Permafrostdegradation

In eisreichen Permafrostböden kann es durch das Tauen des Eises zum Kollaps ganzer Landschaften kommen. Global bedeutend ist jedoch die Permafrostdegradation aufgrund der Mobilisierung der ehemals durch Gefrorenis stabilisierten organischen Substanz. In Eis armen Permafrostböden führt dies zu einer verstärkten CO₂-Freisetzung aufgrund aerober mikrobieller Atmung. In eisreichen Permafrostböden können sogenannte Thermokarstseen entstehen, die eine starke Methanquelle sind.



Weltweit gibt es Anstrengungen, über Modellierungsansätze zu projizieren, wieviel CO₂ und Methan in Abhängigkeit verschiedener Klimaszenarien freigesetzt wird (Abbildung 1). Dabei fehlt uns allerdings grundlegendes Verständnis der Abbau- und Stabilisierungsprozesse der organischen Substanz in degradierenden Permafrostböden, was jedoch Voraussetzung zur sicheren Vorhersage der CO₂- und Methan-Freisetzung ist. Daher studieren wir am Institut für Bodenkunde in Kooperation mit deutschen und internationalen Partnern den Einfluss verschiedener Umweltvariablen (unter anderem Temperatur, Bodenwassergehalt, Vegetation, Mineralzusammensetzung der Böden) auf mikrobielle Abbauprozesse und insbesondere auf alter-

native Stabilisierungsprozesse des Bodens zur Gefrorenis. Diese Studien führen wir an unterschiedlichsten Permafrostböden Sibiriens, Tibets, der maritimen Antarktis und zukünftig auch Alaskas durch.

Im Gegensatz zu Permafrostböden haben wir auf unseren Ackerböden sehr wohl die Möglichkeit, Gehalte an organischem Kohlenstoff stabil zu halten oder sogar zu erhöhen. Hier kommt dem C-Eintrag eine zentrale Rolle zu. Dieser C-Eintrag ist hauptsächlich an Ernterückstände (zum Beispiel Stroh, Kartoffelkraut etc.) und die unterirdische Wurzelmasse der Kulturpflanzen geknüpft. Diese Mengen korrelieren direkt mit dem Ertrag. Der Ertrag der Kulturpflanzen ist stark von der angemessenen

Nährstoffzufuhr durch Düngung abhängig. Die Stickstoffdüngung ist dabei besonders wichtig. Einerseits ist Stickstoff (N) der Pflanzennährstoff, der sich in der Regel besonders stark auf den Ertrag auswirkt, andererseits gehen mit der N-Düngung auch Risiken für die Umwelt einher. Für eine nachhaltige ackerbauliche Bodennutzung kommt es also darauf an, durch verbessertes Management die N-Austräge in Hydrosphäre und Atmosphäre zu reduzieren.

In Ackerböden sind, je nach Boden- und Standortverhältnissen, 4000 bis 8000 kg N pro ha in der organischen Bodensubstanz gespeichert, etwa das 25 bis 50-fache einer normalen N-Düngung. Wenn Mikroorganismen wie Bakterien und Pilze Anteile des organi-

Infokasten 2
Kollaps einer Landschaft aufgrund von Permafrostdegradation in Nordostsibirien.
 Foto: Jiri Bárta

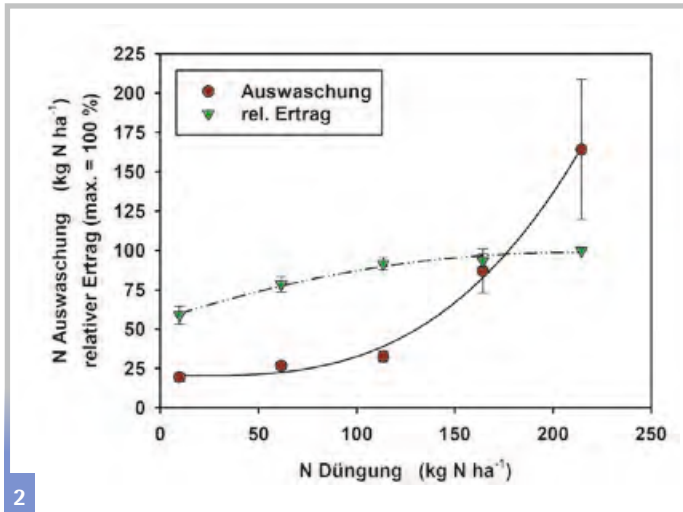


Abbildung 2
Modellierte Nitratauswaschung und Maiserträge (Höchstertag = 100 %) in Abhängigkeit von der N-Düngung (mineralisch) für einen Sandboden.

Quelle: Heumann et al. 2013,
DOI 10.1007/s10705-013-9572-y

schon N in die mineralische Formen NH_4^+ und NO_3^- umgesetzt haben, können die Pflanzen davon zehren.

Die jährliche mikrobielle N-Freisetzung aus der organischen Bodensubstanz kann bei Ackerböden weit über 100 kg N pro ha betragen. Diese Mengen können von Pflanzen aufgenommen werden, aber auch in die Umwelt gelangen. Das, was dem Boden verloren geht, muss durch Zufuhr, nämlich Düngung, ausgeglichen werden. Düngung ist also für nachhaltige Bodennutzung unverzichtbar. Sie muss aber das Ziel verfolgen, N-Verluste in die Umwelt zu minimieren.

Von großer Bedeutung für dieses Ziel ist die möglichst

genaue Kenntnis der N-Freisetzung (meist als N-Mineralisation bezeichnet) aus der organischen Bodensubstanz. Nur wenn dieser Prozess quantitativ und auch im Zeitverlauf bekannt ist, kann eine unerwünschte Akkumulation von Nitrat im Boden vermieden werden. Unerwünscht deshalb, weil überschüssiges Nitrat leicht der Auswaschung ins Grundwasser unterliegt und auch den Ausgangspunkt für klimaschädigende Lachgasemissionen bildet.

Am Institut für Bodenkunde wurden zur Modellierung der N-Mineralisation Algorithmen entwickelt und zugehörige Steuergrößen in aufwändigen Labor- und Feldstudien parametrisiert. Die Modellierung ist mittlerweile für unterschiedliche Boden- und Standortverhältnisse mit hoher Zuverlässigkeit möglich. Damit sind auch Berechnungen der N-Mineralisation zur Düngungsoptimierung machbar. Das reduziert den N-Düngeraufwand und mineralisierter N wird von Pflanzen aufgenommen und – zusammen mit dem in den Pflanzenteilen gespeicherten Kohlenstoff – dem Boden über Wurzel- und Ernterückstände wieder zugeführt. Das verringert die Nitratauswaschung erheblich. In *Abbildung 2* ist das zusammen mit modellierten Maiserträgen zu sehen. Die modellgestützte N-Düngungsemp-

fehlung von rund 120 kg N ha^{-1} bringt praktisch den Höchstertag, ohne die Nitratauswaschung über das Niveau ohne N-Düngung zu heben.

Das zeigt zwei Dinge: Eine nachhaltige, die Bodenfruchtbarkeit erhaltende Bodennutzung ist ohne gesteigerte Nitratauswaschung möglich. Und auch ohne N-Düngung gibt es Nitratauswaschung, da die N-Mineralisation auch in Jahreszeiten ohne pflanzlichen N-Bedarf (Herbst, Winter) stattfindet.

Insgesamt lässt sich folgern, dass nachhaltige ackerbauliche Bodennutzung und Erhalt der Bodenfruchtbarkeit ohne Düngung nicht möglich sind. Wird die N-Düngung unter Einsatz moderner, computergestützter Modelle optimiert, dann ist Nachhaltigkeit bei minimierten N-Verlusten in die Umwelt möglich. Somit lässt sich auch der Gehalt der Böden an organischer Substanz und damit die, für das Klima so wichtige C-Speicherung in Ackerböden stabilisieren oder sogar erhöhen, ohne der Umwelt zusätzliche Belastungen zuzufügen.

Prof. Dr. Georg Guggenberger und Prof. Dr. Jürgen Böttcher

→ Infos und Kontaktdaten ab Seite 78



Institut für Sprachen und Kommunikation

Jetzt auch online!

Deutschkurse für Studium und Beruf

Lützowstraße 7 | 30159 Hannover | 05 11-12 35 63 60 | www.isk-hannover.de

