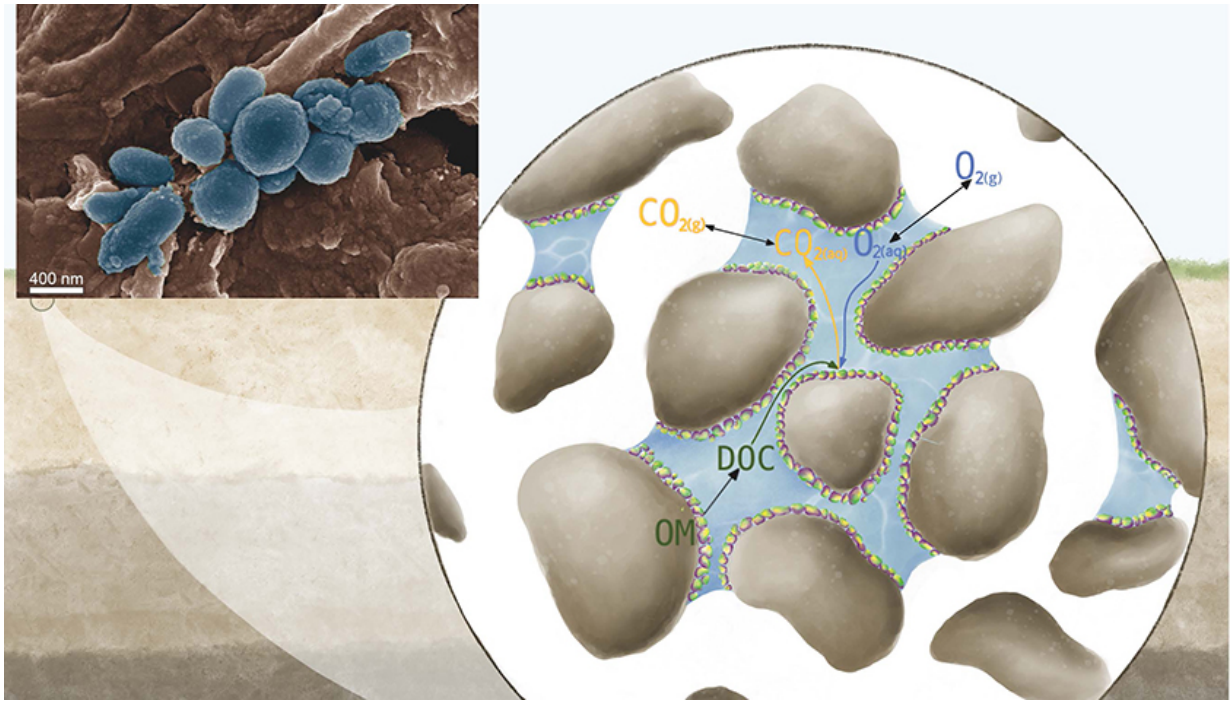

Erderwärmung beschleunigt den CO2-Ausstoss der Bodenmikroben

22. Juni 2023 | ETH Zürich, Vanessa Bleich, Florian Meyer
Themen: Trinkwasser | Ökosysteme | Schadstoffe | Klimawandel & Energie

Wenn Mikroorganismen organisches Material im Boden zersetzen, geben sie aktiv CO2 an die Atmosphäre ab. Dieser Prozess nennt sich heterotrophe Atmung. Ein neues Modell zeigt, dass diese Emissionen bis zum Ende des Jahrhunderts um bis zu 40 Prozent zunehmen könnten – am stärksten in den Polarregionen.

Der Anstieg der Kohlenstoffdioxid (CO_2)-Konzentration in der Atmosphäre ist ein Hauptauslöser der globalen Erderwärmung – zirka ein Fünftel des CO_2 in der Atmosphäre stammt aus Quellen im Boden. Dies ist zum Teil auf die Aktivität von Mikroorganismen wie Bakterien, Pilzen und weiteren Kleinstlebewesen zurückzuführen, die im Boden mithilfe von Sauerstoff organisches Material (z.B. abgestorbene Pflanzenteile) zersetzen. Während dieses Prozesses wird CO_2 in die Atmosphäre freigesetzt, was in der Wissenschaft als heterotrophe Bodenatmung bekannt ist.

Ein Team von Forschenden der ETH Zürich, des Wasserforschungsinstituts Eawag, der Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL und der Universität Lausanne ist in der Wissenschaftszeitschrift Nature Communications zu einem weitreichenden Schluss gekommen. Ihre Studie zeigt, dass die CO_2-Emissionen, die Bodenmikroben in die Erdatmosphäre abgeben, bis zum Ende dieses Jahrhunderts nicht nur zunehmen, sondern sich auch weltweit beschleunigen werden. Anhand einer Modellrechnung kommen sie zu dem Ergebnis, dass die CO_2-Emissionen von Bodenmikroben bis zum Jahr 2100 drastisch ansteigen werden. Beim ungünstigsten Klimaszenario könnten sie weltweit einen Anstieg von bis zu rund vierzig Prozent erreichen – im Vergleich zu den heutigen Werten. «Der prognostizierte Anstieg der mikrobiellen CO_2-Emissionen wird also weiter zur Verschärfung der globalen Erwärmung beitragen. Das unterstreicht die dringende Notwendigkeit, genauere Hochrechnungen der heterotrophen Atmungsintensität zu erhalten», sagt Alon Nissan,

Überlandstrasse 133
CH-8600 Dübendorf
T +41 58 765 55 11
F +41 58 765 50 28
info@eawag.ch
www.eawag.ch
eawag aquatic research

Hauptautor der Studie und ETH-Fellow am ETH-Institut für Umweltingenieurwissenschaften.

Bodenfeuchtigkeit und Temperatur als Schlüsselfaktoren

Die Ergebnisse bestätigen nicht nur frühere Studien, sondern sie liefern auch genauere Erkenntnisse über die Mechanismen und das Ausmass der heterotrophen Bodenatmung in den verschiedenen Klimazonen. Im Gegensatz zu anderen Modellen, die sich auf zahlreiche Parameter stützen, vereinfacht das neuartige mathematische Modell die Hochrechnungen, indem es bloss zwei entscheidende Umweltfaktoren verwendet: Bodenfeuchtigkeit und Bodentemperatur.

Der Fortschritt des Modells besteht zudem darin, dass es alle biophysikalisch relevanten Ebenen umfasst, von der Mikroebene der Bodenbeschaffenheit und der Wasserverteilung im Boden bis hin zu Pflanzengemeinschaften wie Wäldern, ganzen Ökosystemen, Klimazonen und sogar der globalen Skala. Peter Molnar, Professor am ETH-Institut für Umweltingenieurwissenschaften, unterstreicht die Bedeutung des theoretischen Modells, das die grossen Erdsystemmodelle ergänzt, wie folgt: «Von der Bodenfeuchte und Bodentemperatur ausgehend erlaubt das Modell, dass wir die mikrobielle Atmungsintensität viel einfacher abschätzen können. Ausserdem verbessert es unser Verständnis dafür, wie die heterotrophe Atmung in verschiedenen Klimaregionen zur globalen Erwärmung beiträgt.»

Polarer CO2-Ausstoss dürfte sich mehr als verdoppeln

Ein Hauptergebnis der von Peter Molnar und Alon Nissan geleiteten Forschungszusammenarbeit ist, dass der Anstieg der mikrobiellen CO2-Emissionen in den verschiedenen Klimazonen unterschiedlich ausfällt. In den kalten Polarregionen trägt vor allem der Rückgang der Bodenfeuchtigkeit zum Anstieg bei und weniger ein deutlicher Temperaturanstieg. Das ist anders in den warmen und gemässigten Zonen. Alon Nissan verweist auf die Empfindlichkeit der Kältezonen: «Schon eine geringe Änderung des Wassergehalts kann in den Polarregionen zu einer erheblichen Veränderung der Atmungsintensität führen.»

Ihren Berechnungen zufolge werden die mikrobiellen CO?-Emissionen in den Polarregionen unter dem ungünstigsten Klimaszenario bis zum Jahr 2100 voraussichtlich um zehn Prozent pro Jahrzehnt ansteigen, also doppelt so schnell wie im Rest der Welt. Diese Diskrepanz lässt sich auf die optimalen Bedingungen für die heterotrophe Atmung zurückführen, die dann auftreten, wenn sich die Böden in einem «halbgesättigten» Zustand befinden, also weder zu trocken noch zu nass sind. Diese Bedingungen herrschen in den Polarregionen vor, wenn die Böden auftauen.

Demgegenüber weisen Böden in anderen Klimazonen, die bereits vergleichsweise trocken sind und zu weiterer Austrocknung tendieren, einen vergleichsweise geringeren Anstieg der mikrobiellen CO?-Emissionen auf. Unabhängig von der Klimazone bleibt der Einfluss der Temperatur jedoch der gleiche: Mit steigender Bodentemperatur steigt auch die Emission des mikrobiellen CO?.

Wie sehr der CO?-Ausstoss je nach Klimazone ansteigt

Im Jahr 2021 stammten die meisten CO2-Emissionen von Bodenmikroben hauptsächlich aus den warmen Regionen der Erde. Im Einzelnen entfielen 67 Prozent dieser Emissionen auf die Tropen, 23 Prozent auf die Subtropen, 10 Prozent auf die gemässigten Zonen und nur 0,1 Prozent auf die arktischen oder polaren Regionen.

Die Forscher rechnen mit einem erheblichen Anstieg der mikrobiellen CO?-Emissionen in allen Regionen im Vergleich zu den im Jahr 2021 beobachteten Werten. Bis zum Jahr 2100 prognostizieren sie einen Anstieg von 119 Prozent in den Polarregionen, 38 Prozent in den Tropen, 40 Prozent in den Subtropen und 48 Prozent in den gemässigten Zonen.

Werden Böden eine CO2-Senke oder eine CO2-Quelle der Atmosphäre sein?

Die Kohlenstoffbilanz in Böden, die den Ausschlag gibt, ob Böden eine Kohlenstoffquelle oder -senke darstellen, hängt vom Zusammenspiel zweier entscheidender Prozesse ab: der Photosynthese, bei der Pflanzen CO2 aufnehmen, und der Atmung, die CO? freisetzt. Daher ist die Untersuchung der mikrobiellen CO2-Emissionen von entscheidender Bedeutung, um zu verstehen, ob die Böden in Zukunft CO2 speichern oder freisetzen werden.

«Aufgrund des Klimawandels ist das Ausmass dieser Kohlenstoffflüsse – sowohl des Zuflusses durch die Photosynthese als auch des Abflusses durch Atmung – ungewiss. Ihr Ausmass wird sich jedoch auf die Rolle der Böden auswirken, die heute noch eine Kohlenstoffsenke sind», erklärt Alon Nissan.

In ihrer laufenden Studie haben sich die Forscher in erster Linie auf die heterotrophe Atmung konzentriert. Die CO2-Emissionen, die Pflanzen durch autotrophe Atmung abgeben, haben sie noch nicht untersucht. Die weitere Erforschung dieser Faktoren wird ein umfassenderes Verständnis der Kohlenstoffdynamik in Bodenökosystemen ermöglichen.

Titelbild: Das Rasterelektronenmikroskop-Bild zeigt eine Bakterien-Kolonie (bläulich gefärbt) um eine wenige Mikrometer kleine Wurzel (braun) im Boden. Das Bild stellt dar, wie Bakterien und Mikroben-Gemeinschaften den CO2-Ausstoss aus dem Boden durch heterotrophische Atmung beeinflussen: Im Boden befinden sich Bodenkörner, denen Mikroben-Gemeinschaften anhaften, die gelösten Sauerstoff O2 und organischen Kohlenstoff DOC aus organischer Substanz (OM) verarbeiten. Grafik: Springer Nature / Institut für Umweltingenieurwissenschaften

Literaturnachweis

Nissan, A.; Alcolombri, U.; Peleg, N.; Galili, N.; Jimenez-Martinez, J.; Molnar, P.; Holzner, M. (2023) Global warming accelerates soil heterotrophic respiration, *Nature Communications*, 14(1), 3452 (10 pp.), doi:10.1038/s41467-023-38981-w, Institutional Repository

Kontakt

Überlandstrasse 133
CH-8600 Dübendorf
T +41 58 765 55 11
F +41 58 765 50 28
info@eawag.ch
www.eawag.ch
eawag aquatic research

Joaquin Jimenez-Martinez
Tel. +41 58 765 5475
joaquin.jimenez@eawag.ch

Simone Kral
Leiterin Kommunikation
Tel. +41 58 765 6882
simone.kral@eawag.ch

Kontakt extern

Vanessa Bleich
ETH Hochschulkommunikation
vanessa.bleich@hk.ethz.ch

https://www.eawag.ch/de/info/portal/aktuelles/newsarchiv/archiv-detail/erderwaermung-beschleunigt-den-co2-ausstoss-der-bodenmikroben