



Diese Veröffentlichung wurde von der GD Umwelt herausgegeben.

***Europe Direct soll Ihnen helfen, Antworten auf Ihre
Fragen zur Europäischen Union zu finden***

Gebührenfreie Telefonnummer (*):

00 800 6 7 8 9 10 11

(*) Einige Mobilfunkanbieter gewähren keinen Zugang zu 00 800-Nummern oder berechnen eine Gebühr.

Zahlreiche weitere Informationen zur Europäischen Union sind verfügbar über Internet,
Server Europa (<http://europa.eu>).

Katalogisierungsdaten befinden sich am Ende der Veröffentlichung.

Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, 2011

ISBN 978-92-79-19268-5

doi:10.2779/30430

© Europäische Union, 2011

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet.

Printed in Belgium

GEDRUCKT AUF MIT DEM EU-UMWELTZEICHEN VERSEHENEM RECYCLINGPAPIER

([HTTP://EC.EUROPA.EU/ECOLABEL](http://ec.europa.eu/ecolabel))

Inhalt



Vorwort 3



Boden: Der verborgene Teil des Klimazyklus 4



Kohlenstoffspeicher in europäischen Böden 8

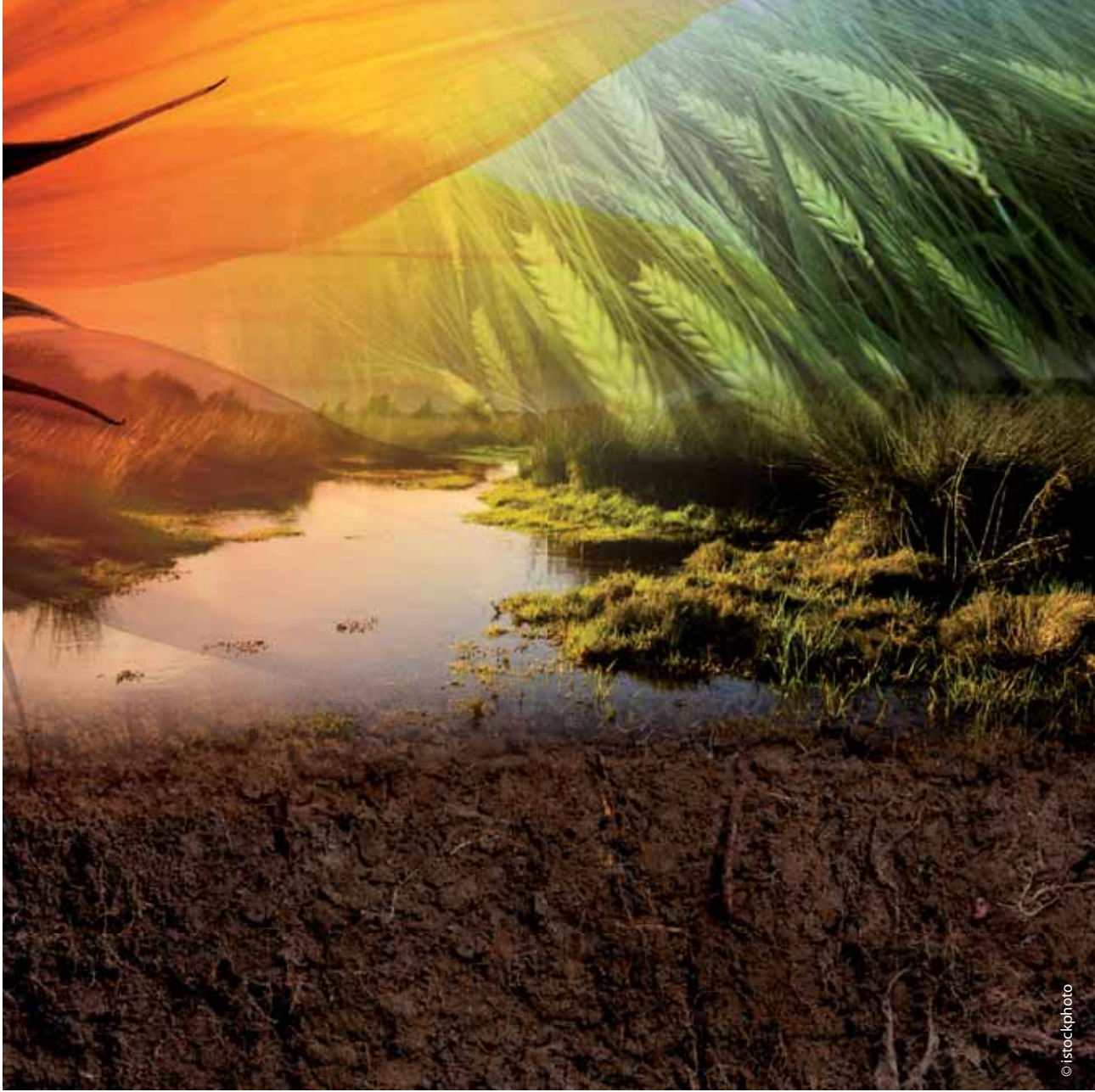


Wie der Klimawandel die Böden beeinflussen wird 12



Boden und Klima – der Weg zum Ziel 16

Weitere Informationen 20



Vorwort

Der Boden ist eine natürliche Ressource, die die meisten von uns entweder ignorieren oder für etwas Selbstverständliches halten. Aber die dünne Schicht Erde, die einen Großteil der Oberfläche unseres Planeten bedeckt, ist entscheidend für die Umwelt und von unschätzbarem Wert für unsere Gesellschaft.

Dennoch nimmt die Bodenqualität in vielen Gegenden ab, was bedeutet, dass der Boden seine wesentlichen Funktionen weniger gut erfüllen kann. Ein besonderer Punkt für Besorgnis sind die negativen Auswirkungen von Bodenzustandsverschlechterungen auf das Klima – und umgekehrt.

Der Boden ist nach den Ozeanen der zweitgrößte aktive Kohlenstoffspeicher des Planeten, aber seine Fähigkeit, große Mengen Kohlenstoff zu binden und zu speichern, hat sich in den letzten Jahrzehnten abgeschwächt, vor allem bedingt durch nicht nachhaltige Praktiken bei der Bewirtschaftung oder Änderungen der Landnutzung. Forscher sind der Meinung, dass Böden aufgrund dieser Veränderungen große Mengen Kohlenstoff an die Atmosphäre abgeben. Dies droht, die Emissionseinsparungen in anderen Bereichen, wie der Industrie und dem Verkehr, zunichte zu machen.

Außerdem trägt der Klimawandel selbst zu einer Verschlechterung der Bodenqualität bei. In Europa sind viele südliche Länder – anfällig für hohe Temperaturen und abnehmende Niederschlagsmengen – von Wüstenbildung bedroht. Die Probleme werden sich mit dem zunehmenden Klimawandel wahrscheinlich nach Norden hin ausweiten.

Im nördlichen Europa könnten die Jahresniederschläge ansteigen, wie auch die Häufigkeit von Starkregenereignissen. Die Fähigkeit der Böden, Wasser zu absorbieren und zu filtern, wird daher noch wichtiger werden. Darüber hinaus sind die empfindlichen Ökosysteme der borealen Region von schnellem Auftauen gefrorener Böden in Permafrostgebieten bedroht. Dadurch werden große Mengen an Kohlendioxid und Methan freigesetzt.

Obwohl die gegenwärtige Entwicklung besorgniserregend ist, kann der Boden ein Teil der Lösung im Kampf gegen den Klimawandel sein. Fast die Hälfte der Fläche Europas wird landwirtschaftlich genutzt, und etwa 40% der Fläche ist von Wäldern bedeckt. Nachhaltige Landwirtschafts- und Forstwirtschaftspraktiken und entsprechende Landnutzungsformen können dabei helfen, die Menge an Kohlenstoff, die im Boden gebunden ist, zu erhalten oder sogar zu erhöhen.

Die Lösungen sind kostengünstig und sofort anwendbar, aber gemeinsames und schnelles Handeln ist hierbei entscheidend. Bessere Bodenbewirtschaftung und effizientere Nutzung unserer Landressourcen sind in der ganzen EU erforderlich, um sicherzustellen, dass dies passiert.

Die Verbindungen zwischen dem Boden und dem Klimawandel sind komplex. Diese Broschüre zielt darauf ab, die Beziehung zwischen Boden und Klima zu erläutern, die zugrundeliegenden Prozesse zu erklären und die dringende Notwendigkeit zu betonen, dass diese wertvolle Ressource verantwortungsbewusst genutzt wird.

Boden: Der verborgene Teil des Klimazyklus

Prozesse im Boden sind ein integraler Bestandteil des Lebens auf der Erde. Zwischen den Pflanzen, der Atmosphäre und dem Boden findet ein ständiger Kohlenstoffaustausch statt, und der Boden spielt eine entscheidende Rolle für das globale Klima.



Der Boden besteht aus Mineralien, Rückständen von Pflanzen und Tieren, Wasser, Luft und lebenden Organismen; unter unseren Füßen befindet sich ein komplexes und effizientes Ökosystem in einem winzigen Maßstab.

Die Prozesse, die unter der Erdoberfläche im Boden ablaufen, sind entscheidend für die Bereitstellung von vielen Rohstoffen, von denen wir abhängig sind – angefangen bei der Nahrung, die wir verzehren, über die Kleidung, die wir tragen, bis hin zu Materialien, die wir zum Bauen verwenden. Prozesse im Boden sind entscheidend für sauberes Wasser und die Gesundheit des Ökosystems; ohne dies wäre Leben, wie wir es kennen, nicht möglich.

Die Bodenfruchtbarkeit und die Fähigkeit des Bodens, seine entscheidenden Funktionen zu erfüllen, hängen zu einem Großteil von der enthaltenen Menge an organischer Substanz ab. Humus verleiht dem Boden seine bräunliche, dunkle Farbe und ist einer der komplexesten Bestandteile von Böden. Ohne diese Mischung unterschiedlicher organischer Komponenten, darunter sehr stabile und alte humifizierte Substanzen sowie stärker veränderliche pflanzliche und tierische Rückstände im Verfallsprozess, würden Böden nicht die große Vielfalt an in ihnen lebenden Organismen ermöglichen.

Diese Wesen – von Bakterien über Würmer bis hin zu Insekten – recyceln organische Substanz und stellen die Nährstoffe

zur Verfügung, die Pflanzen benötigen. Organische Substanz ist entscheidend für einen gesunden Boden. Sie erhält die Bodenstruktur, schützt Nährstoffe vor der Auswaschung, bindet Verunreinigungen und verbessert die Wasseraufnahmefähigkeit und -rückhaltefähigkeit.

Der Kohlenstoffkreislauf

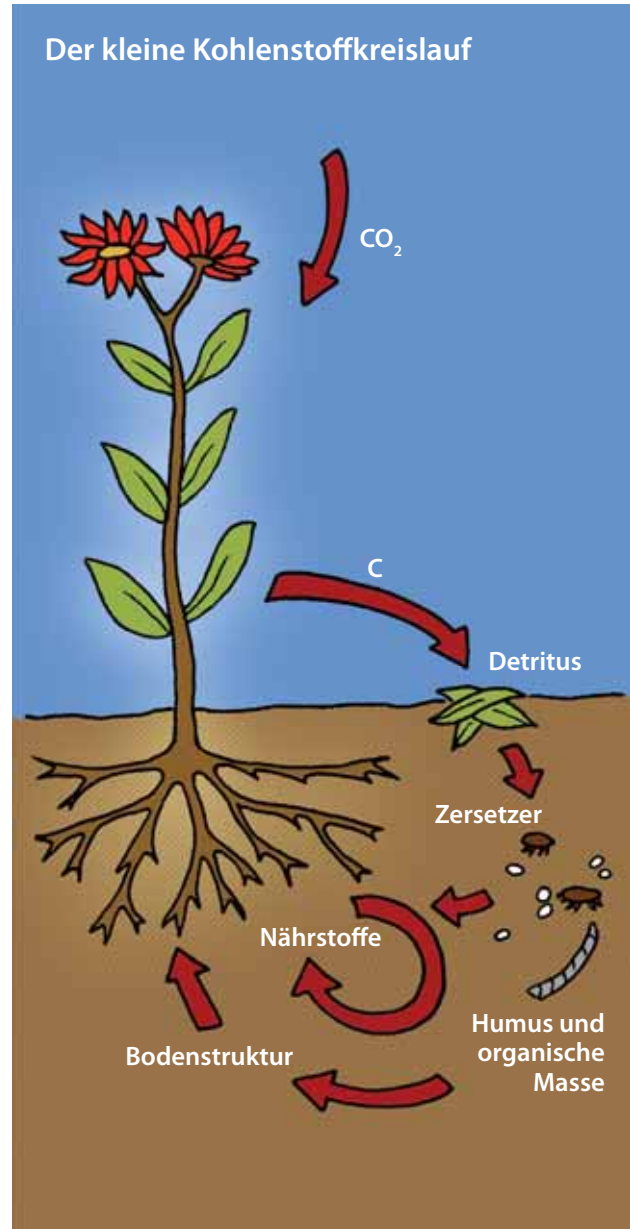
Weil organische Substanz im Boden etwa 60% Kohlenstoff enthält, ist sie der entscheidende Faktor für den Einfluss des Bodens auf den globalen Kohlenstoffkreislauf.

Mit etwa 1 500 Mrd. Tonnen Kohlenstoff, die in organischer Substanz in den Böden weltweit gebunden sind, sind Böden der zweitgrößte Kohlenstoffspeicher nach den Ozeanen (40 000 Mrd. Tonnen). Im Boden ist mehr Kohlenstoff gespeichert als in der Atmosphäre (760 Mrd. Tonnen) und in der Vegetation (560 Mrd. Tonnen) zusammen.

Aber wie bei anderen Kohlenstoffkreisläufen findet mithilfe von Pflanzen ein ständiger Kohlenstoffaustausch zwischen dem Boden und der Atmosphäre statt. In der Tat betragen die Emissionen von CO_2 (Kohlendioxid) aus Böden in die Atmosphäre etwa das Zehnfache der Emissionen fossiler Brennstoffe, aber unter natürlichen Bedingungen wird dies durch einen ähnlichen Fluss in die entgegengesetzte Richtung ausgeglichen.

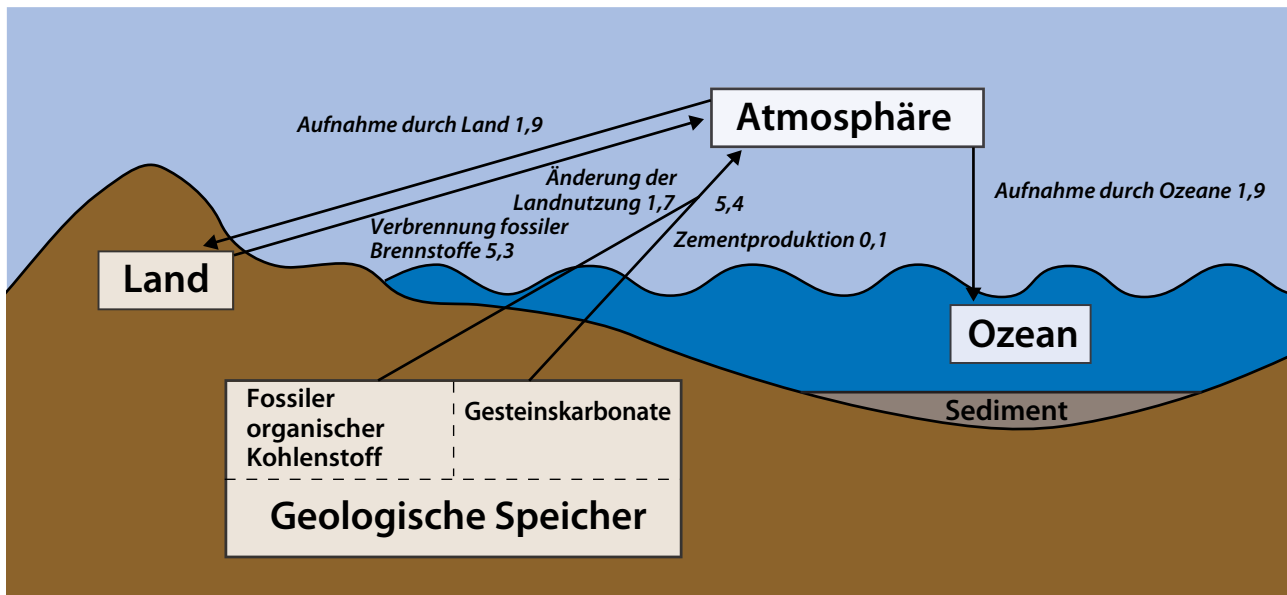
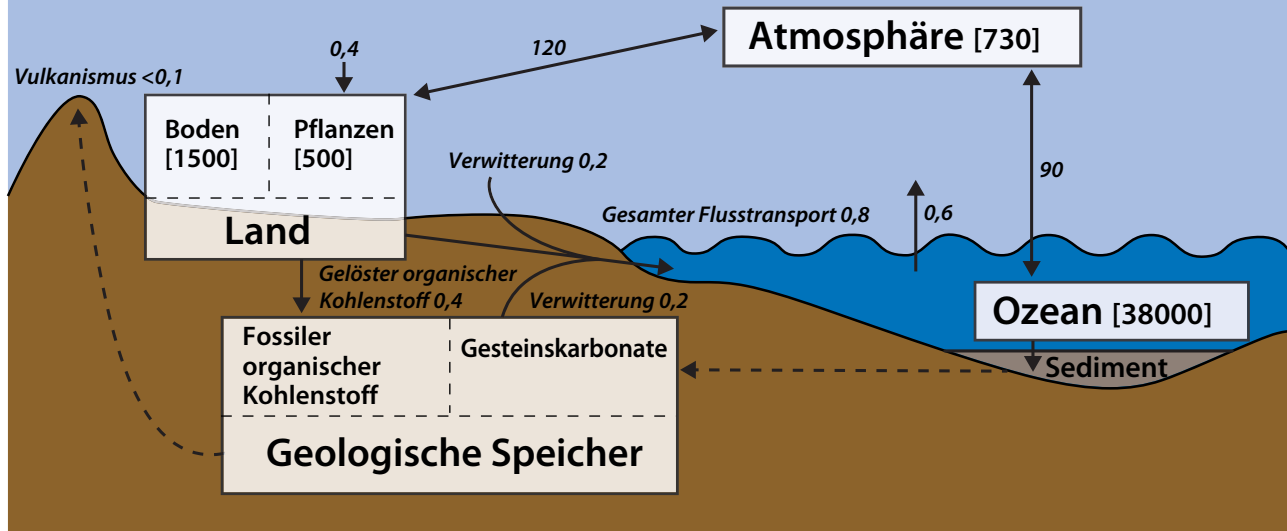
Pflanzen absorbieren CO_2 aus der Atmosphäre durch den Prozess der Photosynthese. Sie nutzen die Energie der Sonne, um ihre Wurzeln, Stämme oder Blätter zu bilden. Kohlenstoff gelangt in den Boden vor allem durch Ausscheidungen organischer Komponenten über Pflanzenwurzeln oder durch die Zersetzung von Pflanzenresten und abgestorbenen Bodenorganismen.

Mikrobieller Ausschluss der organischen Bodensubstanz setzt schließlich die für das Pflanzenwachstum benötigten Nährstoffe frei. Während des Zersetzungsprozesses wird etwas Kohlenstoff in Form von Kohlendioxid durch Bodenatmung freigesetzt, während anderer Kohlenstoff in stabile organische Bestandteile umgewandelt wird, die im Boden gebunden sind. Wie schnell dies passiert, hängt unter anderem von der Temperatur,



Quelle: Nach Abbildung 2-18 auf S. 76 von http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/biodiversity_report.pdf

Kohlenstoffspeicher und -flüsse (oben) sowie Auswirkungen von Aktivitäten des Menschen (unten) in Milliarden Tonnen



Quelle: Kohlenstoffkreislauf, aus CLIMSOIL (S. 24) http://ec.europa.eu/environment/soil/review_en.htm

dem Niederschlag, der Wasserbilanz des Bodens und der Zusammensetzung der organischen Substanz ab.

Unterschiedliche Quellen organischer Substanz zerfallen unterschiedlich schnell, und wenn weniger neues Material hinzukommt als zersetzt wird, nimmt die organische Substanz im Boden ab und – andersherum – wenn mehr organische Substanz hinzukommt als zersetzt wird, nimmt die organische Substanz im Boden zu. In der Regel laufen die Prozesse, bei denen der Boden Kohlenstoff verliert, schneller und einfacher ab, als diejenigen, die die Kohlenstoffspeicher wieder auffüllen.

Ob Böden Kohlenstoff verlieren oder aufnehmen – und damit, ob sie als Kohlenstoffsinken oder -quellen fungieren – hängt von einer Reihe von Faktoren ab, besonders von der Landnutzung und von klimatischen Bedingungen.

Außer beim CO_2 spielen Böden auch eine bedeutende Rolle für das Gleichgewicht anderer Treibhausgase. Emissionen von Distickoxid (N_2O), einem Treibhausgas mit einer fast 300 Mal stärkeren Wirkung als CO_2 , werden mit der Zersetzung von organischer Substanz und der Nutzung von Stickstoffdüngemitteln in Verbindung gebracht. Methan (CH_4) ist ein Treibhausgas, das etwas 20 Mal stärker wirkt als CO_2 und unter anaeroben Bedingungen produziert wird.

Organische Substanz – der Grundstoff des Lebens

Organische Substanz ist eine Mischung aus Rückständen von Pflanzen, Tieren und anderen Organismen, die in unterschiedlichen Zersetzungszuständen im Boden existieren.

Dieses Material zerfällt, verändert sich und wird durch Pflanzen, Bakterien, Würmer, Pilze und unzählige andere Wesen recycelt, die im Boden leben, sterben und sich gegenseitig fressen.

Die Endprodukte dieser Prozesse sind sehr komplexe Moleküle von Huminstoffen unterschiedlicher Größe und Stabilität. Wenn organische Bestandteile stabilisiert werden, werden sie als **Humus** bezeichnet und werden nicht mehr einfach weiter durch Organismen im Boden zersetzt. Der Zeitraum für diesen Vorgang kann zwischen einigen Jahrzehnten und einigen Jahrhunderten – sogar Jahrtausenden – liegen.

Diese Huminstoffe sind sehr groß – das jeweilige Gewicht entspricht dem 100 000-fachen bis 200 000-fachen des Gewichts eines Wasserstoffatoms, – und es gibt unendlich viele Formen und Größen.

Ein Hektar fruchtbarer Boden kann problemlos 250 Tonnen Humus enthalten. Der Reichtum an Humusformen ist entscheidend für alle biologischen Prozesse im Boden – es ist der Grundstoff der Fabrik des Lebens.

Kohlenstoffspeicher in europäischen Böden

Änderungen der Landnutzung bedrohen die Fähigkeit des Bodens, als Kohlenstoffspeicher zu fungieren. Breits geringe Veränderungen der organischen Kohlenstoffgehalte in Böden können dramatische Auswirkungen auf die Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre haben.

Allein die Mutterbodenschicht europäischer Böden enthält eine geschätzte Gesamtmenge von 75 Mrd. Tonnen Kohlenstoff – dies entspricht 275 Mrd. Tonnen CO_2 – und ist damit ein riesiger Kohlenstoffspeicher. Wenn man bedenkt, dass die gesamten jährlichen Emissionen von CO_2 in der EU knapp über 4 Mrd. Tonnen liegen, hätte ein Entweichen von nur einem Bruchteil des Kohlenstoffs im Boden in die Atmosphäre bedeutende Auswirkungen auf die Bemühungen, den Klimawandel zu

bekämpfen. Eine Freisetzung von nur 0,1 % des Kohlenstoffs, der jetzt in europäischen Böden enthalten ist, würde den jährlichen Emissionen von 100 Millionen Autos entsprechen.

Europas Bodenressourcen – und die Menge an organischer Substanz, die sie enthalten – sind sehr unterschiedlich und spiegeln Geologie, Klima, Topographie und Landnutzung wieder. Im Allgemeinen beinhalten nordeuropäische Böden einen



Organische Kohlenstoffgehalte europäischer Böden



Quelle: Gemeinsame Forschungsstelle, European Soil Data Centre

größeren Anteil organischer Substanz als südeuropäische Böden. In Südeuropa sind Böden mit sehr geringen Anteilen organischer Substanz sehr verbreitet.

Unterschiedliche Arten der Landnutzung haben bedeutende Auswirkungen auf den Anteil an organischem Kohlenstoff im Boden und den Kohlenstoff, den er speichern kann. Die Landwirtschaft, welche auf mehr als 40% der Fläche der EU betrieben wird, hat einen besonders starken Einfluss. Böden, auf denen Ackerbau betrieben wird, speichern beispielsweise durchschnittlich 110 Tonnen Kohlenstoff je Hektar, während Weideland etwa 160 Tonnen je Hektar speichert; EU-weit kann es dabei große Abweichungen geben.

Das bedeutet, dass der Kohlenstoffgehalt sehr von der Landnutzung abhängig ist. Wenn z. B. Land von Weideland in Ackerland umgewandelt wird, kann Kohlenstoff entweichen, und in diesem Fall wird der Boden zu einer Quelle für Treibhausgase. Die Böden mit dem größten Emissionspotential sind naturgemäß diejenigen mit dem höchsten Humusgehalt.

Senke oder Quelle?

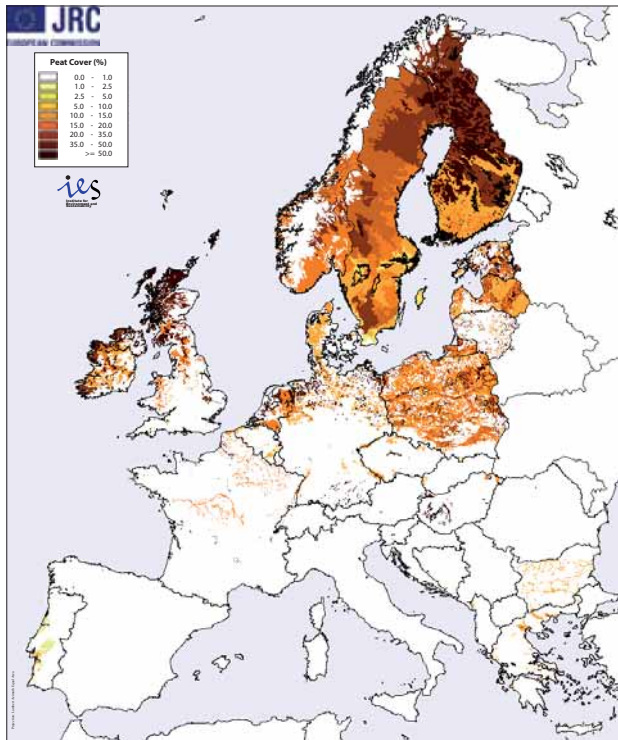
Viele Böden in Europa – vor allem die unter Grünflächen, Wäldern und natürlicher Vegetation – nehmen Kohlenstoff auf und sind daher Kohlenstoffspeicher oder „-senken“. Auf der anderen Seite geben Böden, die in Ackerland umgewandelt werden, Kohlenstoff an die Atmosphäre ab. Grund dafür sind die erhöhte Mineralisierungsgeschwindigkeit von gepflügtem Boden und die geringere Menge an organischer Substanz, die vor Ort bleibt oder in Form von Dung auf die Felder zurückgebracht wird.

Die Umwandlung von Ackerland in Wald oder Grünflächen kann große Mengen Kohlenstoff im Boden binden. Da Grünflächen Kohlenstoff effizienter im Boden speichern als Wälder, führt die Aufforstung von Grünflächen in der Regel zu einem Verlust an Kohlenstoff, obwohl dies langfristig durch die Akkumulation von pflanzlicher Biomasse ausgeglichen wird.

Trotz eines Mangels an EU-weiten Daten weisen mehrere Langzeitstudien darauf hin, dass die Gesamtmenge an organischem Kohlenstoff, die in den Böden Europas gespeichert wird, nach und nach abnimmt. Zahlen aus England und Wales zeigen einen durchschnittlichen jährlichen Verlust von 0,6% zwischen 1978 und 2003; ähnliche Trends wurden in Frankreich, Belgien und Schweden festgestellt.

Landnutzungsänderungen – inklusive der Umwandlung von Grünflächen in Ackerland, der Entwaldung zur Gewinnung von Platz für den Bau von Gebäuden und Infrastruktur sowie der Trockenlegung von Torfböden – sind eine entscheidende Ursache für sinkende Humusgehalte europäischer Böden. Auf globaler Ebene hingegen tragen Wüstenbildungen und großflächige Entwaldungen wesentlich zur Freisetzung von Kohlenstoff aus Böden bei – zusätzlich zu dem Kohlenstoff, der mit der Vegetation verloren geht.

Vorkommen von Torfflächen in der EU



Quelle: Gemeinsame Forschungsstelle, European Soil Data Centre

Die Bedeutung von Torf

Eine unbestritten bedeutende Quelle für CO₂-Emissionen aus Böden ist die Trockenlegung von Torfmooren (organischer Boden). Fast die Hälfte des gesamten Kohlenstoffs, der in den Böden der 27 EU-Staaten gespeichert ist, befindet sich in Schweden, Finnland und dem Vereinigten Königreich, denn in diesen Staaten befinden sich große Torfmoorgebiete. Andere Gebiete in nordeuropäischen Staaten mit Böden, die reich an organischer Substanz sind, umfassen Irland, Polen, Deutschland, Norwegen und die baltischen Staaten.

Neben negativen Auswirkungen auf den Wasserkreislauf und die biologische Vielfalt könnten sich Veränderungen der

Landnutzung in diesen Gebieten natürlich stark auf das Klima auswirken. Viele dieser Torfmoore sind durch nicht nachhaltige Bewirtschaftungsmethoden bedroht. Dazu gehören anhaltende Trockenlegung, Umwandlung in landwirtschaftliche Flächen oder Wald und - zu einem geringeren Grad - unmittelbarer Torfabbau für die Nutzung im Gartenbau und als Brennstoff sowie die Auswirkungen von Bränden und der Einfluss von Klimaveränderungen.

Jüngste Studien schätzen, dass bereits fast die Hälfte aller europäischen Torfmoore trockengelegt ist: 28% (90 000 km²) für Forstwirtschaft, 20% (65 000 km²) für Landwirtschaft, und 0,7% (2 273 km²) für direkten Torfabbau. Die Gesamtemissionen, die durch Trockenlegung von organischen Böden für Grünflächen und Ackerland entstanden sind, werden auf bis zu 100 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr geschätzt, obwohl offizielle Schätzungen von Mitgliedstaaten den Einfluss weit geringer einstufen.

Die Bedeutung des Schutzes von Böden, die reich an organischer Substanz sind, wird dadurch untermauert, dass Torfmoore, obwohl sie nur etwa 2% des Ackerlands in Europa ausmachen, für mehr als 50% der CO₂-Emissionen von Ackerland verantwortlich sind.

Weitere Bedrohungen

In südeuropäischen Staaten wie Portugal, Spanien und Italien sind die im Boden gespeicherten organischen Kohlenstoffvorräte stärker durch Wüstenbildung bedroht. Außerdem sind sie stärkerer Erosion und einer größeren Bedrohung durch Feuer ausgesetzt – alles Faktoren, die dazu beitragen, dass sie an organischer Substanz verarmen und steigende Mengen Kohlenstoff an die Atmosphäre abgeben.

Währenddessen sind intensiv bewirtschaftete Böden, vor allem in wichtigen landwirtschaftlich genutzten Gebieten, unter anderem in Frankreich, Deutschland, den Niederlanden und dem Vereinigten Königreich, anfällig für den Verlust von Bodenkohlenstoff. Das liegt an den gängigen landwirtschaftlichen Praktiken, wie dem Pflügen von Ackerböden, der Anwendung von Mineraldünger, der Trockenlegung von organischen Böden und Fruchtfolgen mit reduziertem Gräseranteil oder dem Fehlen von Fruchtfolgen.

Die negative Entwicklung von organischer Bodensubstanz könnte sich durch die wachsende Nachfrage nach der Produktion von Bioenergie verschärfen, wenn entweder die gesamte Ernte (z. B. Mais) oder die Ernterückstände (z. B. Stroh) abgeführt werden, ohne dass ein Teil der Biomasse zurückgebracht wird, die andernfalls von den Bodenorganismen zur Humusneubildung genutzt würde.

Die Schädigungen der Böden und der Abbau des darin enthaltenen organischen Kohlenstoffs können nicht kurzfristig rückgängig gemacht werden. Die Nutzung von Europas Böden muss nachhaltiger sein, um sicherzustellen, dass sie ihre grundlegenden Funktionen ausführen und weiterhin Kohlenstoff speichern können. Besonders die Trockenlegung von Torfmooren sollte gestoppt und weitestgehend umgekehrt werden, und nicht nachhaltige Landbewirtschaftungssysteme oder -praktiken sollten geändert werden, wenn Böden ihre organische Substanz halten sollen und wenn die Gefahr weiterer Wüstenbildung reduziert werden soll.

Änderungen wie diese – unterstützt durch eine entsprechende Landwirtschaftspolitik – könnten eine positive Rolle der Böden im Klimawandel sicherstellen und verhindern, dass sie das Problem zusätzlich verschärfen.

Was ist Torf?

Unter normalen Umständen werden alle Pflanzenreste von Mikroorganismen zersetzt. Aber sehr feuchte und anaerobe Bedingungen in Böden behindern diese Zersetzung, was zu einer starken Ansammlung von teilweise zersetztem Pflanzenmaterial und der Bildung von Torfböden führt.

Verglichen mit mineralischen Böden enthalten Torfböden riesige Mengen organischer Substanz – und damit riesige Mengen Kohlenstoff. Während durchschnittliches Grünland etwa 100 Tonnen Kohlenstoff pro Hektar in den oberen 30 cm enthält, kann diese Zahl bei Torfböden viel höher sein, und das bis zu einer Tiefe von mehreren Metern und nicht Zentimetern. Wird der Torfboden jedoch Sauerstoff ausgesetzt, entweicht der Kohlenstoff durch die Mineralisierung schnell in die Atmosphäre.

Die meisten Torfmoore entstehen in Tieflandgebieten durch das Anstauen von Wasser. Regelmäßige große Niederschlagsmengen in feuchten Gebieten begünstigen die Bildung von Mooren auf Hügeln und an Abhängen.

Torfböden weisen unter allen Böden die höchsten Konzentrationen organischer Substanz auf. Gegenwärtig gibt es in der EU mehr als 318 000 km² Torfmoor, vor allem in den nördlichen Gebieten.

Weltweit speichern Torfmoore mindestens ein Fünftel des gesamten Bodenkohlenstoffs, was etwa der Hälfte der Menge an CO₂ in der Atmosphäre entspricht.



Wie der Klimawandel die Böden beeinflussen wird

Änderungen der Temperaturen und der Wettermuster werden Bodenprozesse beeinflussen und in vielen Gebieten Europas zur Bodenverschlechterung beitragen.

Die Belastung von Böden ist in den letzten Jahrzehnten in der ganzen EU gestiegen. Sie sind durch Wind- und Wassererosion bedroht, durch Verdichtung durch schweres Gerät, durch Versiegelung infolge von Bautätigkeit und Urbanisierung, durch Versalzung infolge von Bewässerungspraktiken, durch Versauerung infolge unangemessener Verwendung von Düngemitteln und durch Kontamination infolge bestimmter industrieller und landwirtschaftlicher Tätigkeiten.

Der Klimawandel verschlimmert vor allem durch die mit ihm verbundenen extremen Wetterlagen diese negative Entwicklung. Er hat Auswirkungen auf Temperaturen, Niederschlagsmuster und die Konzentrationen von Gasen in der Atmosphäre. Es gibt Belege dafür, dass die Durchschnittstemperaturen in den letzten Jahrzehnten gestiegen sind und dass dieser Anstieg sich in der Zukunft wahrscheinlich beschleunigen wird.

Die jüngsten, von Klimatologen entwickelten Szenarien belegen im allgemeinen höhere Temperaturen in ganz Europa, kombiniert mit trockeneren Sommern und feuchteren Wintern. Für Nordeuropa werden mehr Niederschläge und wärmere Winter erwartet, während für südliche Regionen noch wärmere und trockenere Bedingungen erwartet werden. Ein Temperaturanstieg im Boden erhöht die biologische Aktivität und verstärkt die Mineralisierung organischer Substanz und damit den Kohlenstoffverlust. Aber das Ausmaß dieses Effekts könnte durch einen Mangel an Wasser in sommerlichen Dürreperioden verringert werden.



Die Auswirkungen auf den Kohlenstoffgehalt des Bodens sind bedeutend. Studien zeigen, dass die Hitzewelle in Europa im Jahre 2003 – während der die Temperaturen bis zu 6°C höher waren als übliche Durchschnittstemperaturen – bis zu zweimal so viel Kohlenstoff freigesetzt hat, wie jährlich durch Verbrennung fossiler Brennstoffe produziert wird.

Was die Situation verschärft

In einigen Fällen könnten diese Veränderungen positiv sein. Wärmere Temperaturen in Nordeuropa könnten z. B. die Produktivität erhöhen und die Möglichkeit eröffnen, neue Pflanzen anzubauen. Auch könnten sich die Wachstumsperioden verlängern. Steigende Produktivität wird wahrscheinlich auch die Zufuhr organischer Substanz in den Boden erhöhen, obwohl dieser Effekt wiederum durch verstärkte Mineralisierung verringert wird. Für viele Gegenden wird erwartet, dass die klimatischen Veränderungen zu einer stärkeren Belastung der Bodenressourcen führen werden und die Bodenqualität weiter abnimmt. Am Ende dieses Prozesses steht schließlich die Wüstenbildung.

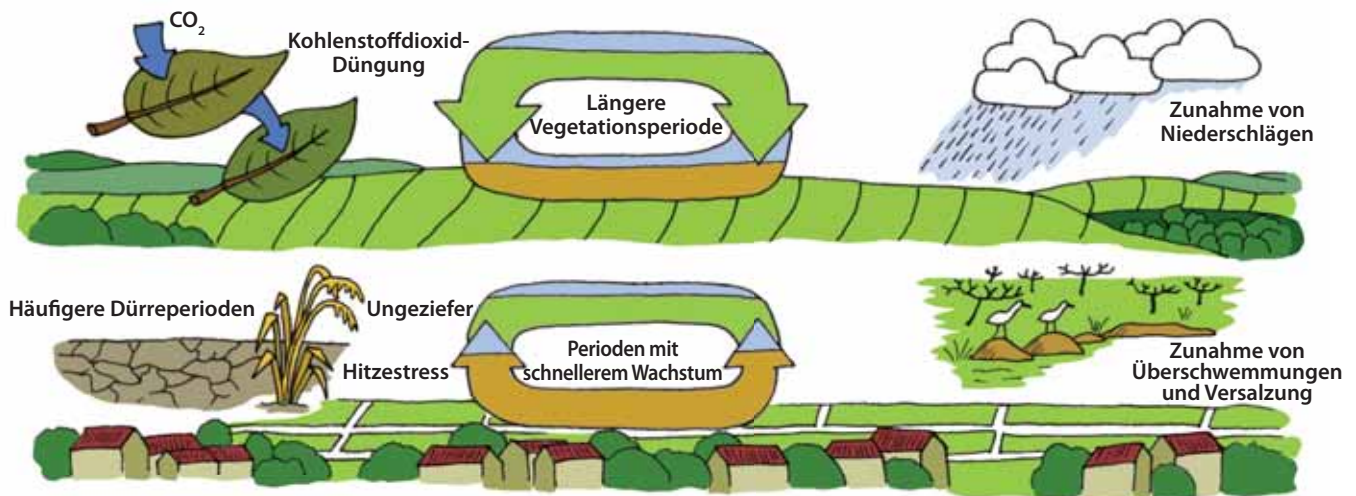
Der Klimawandel erhöht das Risiko der Erosion – das Abtragen der Bodenkruke durch Wasser und Wind – insbesondere aufgrund von Änderungen der Niederschlagsmuster und der Niederschlagsintensität. Während Dürreperioden die schützende Pflanzenschicht zerstören oder schwächen und damit Böden stärkerer Erosion aussetzen, kann Starkregen die oberen Bodenschichten direkt fortspülen.

Etwa 16% der Fläche Europas – etwa 105 Millionen Hektar – sind von Wassererosion bedroht. Die Mittelmeerregion ist besonders anfällig, denn hier gibt es lange trockene Perioden, auf die plötzliche, starke Regengüsse folgen. In vielen dieser südlichen Gebiete ist die Bodenerosion bereits nicht mehr rückgängig zu machen. In den am schlimmsten betroffenen Gebieten ist sie zum Stillstand gekommen, denn es gibt dort einfach keinen Boden mehr.

In Nordeuropa ist Wassererosion weniger sichtbar, denn normalerweise ist die Vegetationsdecke dichter. Dennoch ist die Erosion eine große Bedrohung für die Fruchtbarkeit der Böden, besonders in Gebieten mit Ackerland bzw. Flächen mit geringem Bewuchs.

Gleichzeitig ist Winderosion ein ernstes Problem in vielen Teilen Europas, besonders in Gebieten in Norddeutschland, im Osten der Niederlande, in Ostengland und auf der iberischen Halbinsel. Der Verlust an Boden kann in diesen Gegenden leicht 10 Tonnen je Hektar im Jahr überschreiten.

Die Auswirkungen auf die Landwirtschaft sind komplex



Quelle: Internationales Institut für Angewandte Systemanalyse (IIASA), 2007

Wüstenbildung ist der Prozess, bei dem das Land so verarmt, dass die Bodenfunktionen vollkommen zusammenbrechen. Mit höheren Temperaturen und immer längeren Trockenperioden ist der Klimawandel ein wichtiger Faktor im Prozess der Wüstenbildung in Europa, und dieser Effekt wird in der Zukunft vermutlich zunehmen.

Neueste Forschung lässt vermuten, dass 8% der Gebiete in Süd-, Zentral- und Osteuropa stark von Wüstenbildung bedroht sind.

Betroffen sind etwa 14 Millionen Hektar Land in einigen der ärmsten und empfindlichsten Gegenden der EU.

Die Auswirkungen des Auftauens

Auf globaler Ebene können der Temperaturanstieg und seine Auswirkungen dazu führen, dass Böden sich verstärkt auf das Klima selbst auswirken. Dauerhaft gefrorene Böden in den zirkumpolaren Regionen, bekannt als Permafrostböden, speichern derzeit etwa 500 Mrd. Tonnen Kohlenstoff. Ein Auftauen dieser

Wie Landwirtschaft zur Erhaltung von Böden beitragen kann – das SoCo-Projekt

Was ist der Status der Bodenverödung in der EU? Was sind effektive Praktiken zum Erhalt von Böden? Und welche Maßnahmen ermutigen Landwirte, Systeme einzuführen, die Bodenressourcen schützen? Das Bodenschutzprojekt SoCo (Sustainable Agriculture and Soil Conservation - Nachhaltige Landwirtschaft und Bodenschutz), das von 2007 bis 2009 lief und vom Europäischen Parlament initiiert wurde, hatte zum Ziel, diese Fragen zu beantworten und herauszufinden, welche Schritte auf europäischer Ebene effektiv und erfolgreich sein würden.

Die erste Phase war die Bewertung der gegenwärtigen Situation in den unterschiedlichen Staaten. Die Auswirkungen der gegenwärtigen landwirtschaftlichen Praktiken auf die wichtigsten Bodenverödungsprozesse wurden betrachtet und dann der Unterschied, den alternative Bewirtschaftungspraktiken machen würden. Zehn Fallstudien von Betrieben in unterschiedlichen EU-Regionen untersuchten, wie Bodenschutz in der Praxis funktioniert.

SoCo konzentrierte sich auf zwei spezielle landwirtschaftliche Systeme: bodenschonende Landwirtschaft – wobei weniger oder gar nicht gepflügt wird, der Boden möglichst immer bedeckt ist und Fruchtwechsel zur Anwendung kommt – und ökologische Landwirtschaft – welche den Eintrag von Chemikalien streng limitiert und sich auf nachhaltige Produktionsweisen konzentriert.

Es hat sich gezeigt, dass beide Systeme die Menge des gespeicherten Kohlenstoffs steigern und dabei helfen, die Bodenfunktionen, die biologische Vielfalt, die Wasserrückhaltefähigkeit und die Wasserqualität zu verbessern, während Erosion und Nährstoffverluste reduziert werden.

Aber das Projekt zeigt, dass Landwirte zusätzliche Ausbildung benötigen und zusätzliche Investitionen erforderlich sind und dass diese an die örtlichen Gegebenheiten angepasst werden müssen.

Empfohlen wurde eine verstärkte Auswertung der Akzeptanz freiwilliger Anreize für Landwirte, um die Einführung geeigneter Maßnahmen zu fördern. Weiterhin wurde die Bedeutung besserer Informationen und Beratung für Landwirte bezüglich des Bodenschutzes herausgestellt. Viele von ihnen erkennen im Moment nicht dessen volle Bedeutung und die Vorteile.

Weitere Informationen: <http://soco.jrc.ec.europa.eu/>

Böden wird riesige Mengen Treibhausgase freisetzen und die Auswirkungen des Klimawandels verstärken.

Die Folgen des Klimawandels werden in ganz Europa spürbar sein. Der Verlust an Bodenfruchtbarkeit aufgrund von Abbau organischer Substanz, Erosion und Wüstenbildung wird die Ernährungssicherheit gefährden. Genauso wird der steigende Gebrauch von verfügbarem Süßwasser eine erweiterte Nutzung von Entsalzungstechnologien erforderlich machen. Deshalb wird der Bedarf an Bewässerung vermutlich steigen und damit auch die Kosten für die landwirtschaftliche Produktion.

Gleichzeitig werden verarmte Böden weniger in der Lage sein, die Wasserversorgung zu regulieren, was zu einem erhöhten Überschwemmungsrisiko führt. Die durch solche Naturkatastrophen verursachten Schäden für die Wirtschaft und privates Eigentum, für Gemeinschaften und einzelne Bürgerinnen und Bürger, können beträchtlich sein, wie zahlreiche Gebiete in der EU in den letzten Jahren erfahren mussten.

Acht Staaten in Zentraleuropa litten im Sommer 2010 unter schweren Überschwemmungen, wobei Polen am schlimmsten betroffen war. 23 000 Menschen mussten evakuiert werden, und die Kosten für die Wirtschaft beliefen sich auf etwa 2,5 Mrd. EUR. Ein Bericht britischer Versicherer schätzt, dass die Kosten von Überschwemmungen auf über 100 Mrd. EUR im Jahr anwachsen können.

Die jüngsten Trockenphasen in Europa, wie die in den Jahren 2003 und 2008, haben die Auswirkungen von Wüstenbildung aufgezeigt und die hohen wirtschaftlichen Kosten, die damit entstehen. Eine neue EU-Studie schätzt, dass die Kosten von Dürren in Europa in den letzten 30 Jahren mindestens 100 Mrd. EUR erreicht haben. Alleine die anhaltende Trockenheit von 2003 in Zentral- und Westeuropa hat einen geschätzten wirtschaftlichen Schaden von über 12 Mrd. EUR verursacht.

Auswirkungen des Klimawandels auf Bodensysteme

Obwohl die Auswirkungen des Klimawandels auf unterschiedliche und komplexe Bodensysteme sehr schwer genau vorherzusagen sind, haben jüngste Studien unterschiedliche Szenarien durchgespielt, um die wesentlichen Auswirkungen abschätzen zu können.

Höhere Temperaturen fördern die schnellere Zersetzung von organischer Substanz im Boden aufgrund einer thermischen Steigerung der Aktivität von Mikroorganismen. Das beschleunigt durch verstärkte Bodenatmung die Freisetzung von Kohlendioxid oder – unter anaeroben Bedingungen – Methan in die Atmosphäre, obwohl so auch schnelleres Pflanzenwachstum mit gesteigerten Einträgen von Kohlenstoff in den Boden angeregt werden kann. Eine Steigerung der Emissionen kann dagegen zu weiterer Erwärmung beitragen.

Änderungen beim Niederschlag sowie extremere hydrologische Kreisläufe werden für viele Gegenden Europas vorhergesagt, was bedeutet, dass sie entweder von stärkeren Regen- oder Schneefällen betroffen sein werden oder von längeren Perioden mit geringeren Niederschlagsmengen.

Die Geschwindigkeit der Zersetzung nimmt in Böden mit weniger Feuchtigkeit ab, erhöht sich aber, wenn mehr Wasser zu Verfügung steht. Gemeinsam mit Temperaturschwankungen haben Veränderungen von Niederschlägen Einfluss auf die Bodenstruktur, den Säuregehalt und damit auf seine Fähigkeit, Wasser zu speichern und die vielen Organismen zu erhalten, die in ihm leben.

Sowohl Trockenperioden als auch stärkere Regenfälle erhöhen die Gefahr der Erosion, wodurch es zur Freisetzung von zusätzlichem Kohlenstoff in die Atmosphäre kommen kann – zusätzlich zu den klimabedingten Veränderungen.



Boden und Klima – der Weg zum Ziel

Die bessere Nutzung von Böden kann sicherstellen, dass diese eine positive Rolle bei den Bemühungen für eine Begrenzung des Klimawandels spielen. Aber angesichts der Internationalität des Problems ist – gemeinsam mit besserer Information und Beobachtung – koordiniertes Handeln erforderlich, um den Zustand der Böden in der ganzen EU umfassend zu bewerten.

Ambitionierte Klimaschutzziele können nicht erreicht werden, wenn das Verhalten terrestrischer Kohlenstoffspeicher, wie Böden, nicht berücksichtigt wird, denn sie sind ein entscheidender Bestandteil des Kohlenstoffkreislaufs. Wenn die gegenwärtige Entwicklung fortschreitet, werden Böden wahrscheinlich weiterhin große Mengen CO_2 an die Atmosphäre abgeben und zum fortschreitenden Klimawandel beitragen,

was möglicherweise die Emissionssenkungen in anderen Bereichen wie Energie und Verkehr wieder zunichtemacht.

Verbesserte Bodenbewirtschaftung in der EU ist erforderlich, um in der Lage zu sein, das beträchtliche Potential von Böden beim Klimaschutz nutzbar zu machen und um den Auswirkungen des Klimawandels auf Böden entgegenzuwirken, indem



ihre Widerstandsfähigkeit gegen höhere Temperaturen und extremere Wetterereignisse gestärkt wird.

Solche Maßnahmen sollen helfen, Bodenverschlechterungen rückgängig zu machen und sicherstellen, dass Böden in der Lage sind, Ökosysteme zu erhalten und auch in einem sich ändernden Klima ihre grundlegenden Funktionen ausführen können.

Maßnahmen zur Verbesserung der Bodenqualität können in der Tat dabei helfen, das Klima zu schützen, indem der Atmosphäre mehr Kohlenstoff entzogen wird und in Böden gespeichert wird. Schließlich ist der Boden unter den unterschiedlichen Faktoren im Klimasystem – Atmosphäre, Ozeane, Gestein, Vegetation – ein Kohlenstoffspeicher, den wir relativ kurzfristig aktiv beeinflussen können.

Da der Klimawandel keine nationalen Grenzen beachtet, muss das Problem mit einem gemeinsamen Ansatz bewältigt werden. Eine Priorität sollte der Schutz der Böden mit dem höchsten Kohlenstoffgehalt sein – nämlich Torfböden und kohlenstoffreiche Weiden und Wälder. Das ist die realistischste Option, um die Kohlenstoffspeicher in der EU zu erhalten und zu verbessern.

Nachhaltige Maßnahmen

Verbesserungen bei der Bodenbewirtschaftung können sich erheblich auf Kohlenstoffspeicher auswirken. Veränderungen landwirtschaftlicher Techniken helfen dabei, Kohlenstoffverluste bei der Ernte und den Ernterückständen zu minimieren, und sie können sicherstellen, dass Böden durch eine dichtere Vegetationsdecke, weniger tiefes und selteneres Pflügen und eine reduzierte Nutzung schwerer Maschinen gegen Erosion geschützt sind.

Die weitverbreitete Umsetzung solcher Praktiken könnte nicht nur das Entweichen von Kohlenstoff aus europäischen Böden verhindern, sondern kann auch bei der Speicherung von 50 bis 100 Millionen Tonnen Kohlenstoff im Jahr helfen (Schätzung des maximalen wirtschaftlichen Potentials ohne Berücksichtigung der nicht wirtschaftlichen Hindernisse). Aber die Maßnahmen müssen in der ganzen EU gleichmäßig ergriffen werden,

Praktiken der Bodenbewirtschaftung

Angemessene Strategien zur Maximierung des im Boden gespeicherten Kohlenstoffs bei unterschiedlicher Landnutzung:

Bei **Ackerland** kann die Speicherung von Kohlenstoff erhöht werden durch:

- Rückführung von Biomasse in den Boden;
- Bodenbearbeitung und Verwertung von Ernterückständen;
- Wasserwirtschaft;
- Agroforstwirtschaft.

Bei **Grünflächen** wird der im Boden gespeicherte Kohlenstoff beeinflusst durch:

- Beweidungsintensität;
- Grünflächenproduktivität;
- Artenmanagement.

Bei **Wäldern** kann der Kohlenstoffspeicher im Boden erhöht werden durch:

- Artenauswahl;
- Bestandsbewirtschaftung (z. B. Vermeidung von Flächenabholzungen, schonende Abholzung);
- angemessene Vorbereitung der Fläche;
- Pflege und Unkrautbekämpfung;
- Feuermanagement;
- Schutz vor Störungen;
- Belassen von Ernterückständen auf der Fläche.

Bei **kultivierten Torfböden** kann der Kohlenstoffvorrat im Boden beeinflusst werden durch:

- höhere Grundwasserspiegel.

Bei **nicht bewirtschaftetem Heideland und Torfmooren** wird der Kohlenstoffspeicher im Boden beeinflusst durch:

- Grundwasserspiegel (Trockenlegung);
- Abbrennen;
- Beweidung.



besonders im Hinblick auf die Tatsache, dass der Klimawandel und seine Auswirkungen global sind.

Neben dem Klimaaspekt unterstreichen die engen Verbindungen zwischen Bodenqualität und anderen ökologischen Aspekten, wie biologische Vielfalt, Wasserwirtschaft und Verödung von Verunreinigungen, weiter die Notwendigkeit ausgedehnter Maßnahmen zum Erhalt dieser empfindlichen, komplexen und wichtigen Ressource.

Bessere Kenntnisse

In der Debatte über den Klimawandel wurde die Rolle des Bodens bisher wenig beachtet, obwohl die Auswirkungen von Veränderungen der Landnutzung auf Böden eine entscheidende Ursache von Treibhausgasemissionen darstellen.

Die globale Bodenpartnerschaft

Im Zusammenhang mit den Millenniumsentwicklungszielen hat die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) im Jahr 2010 mit vorbereitenden Maßnahmen für eine globale Bodenpartnerschaft für Ernährungssicherheit und zur Anpassung an den Klimawandel und den Klimaschutz begonnen. Die Partnerschaft hat die Entwicklung einer weltweiten Initiative für nachhaltige Bewirtschaftung von Bodenressourcen zum Ziel.

Böden sind eine begrenzt verfügbare natürliche Ressource und können für den Zeitrahmen menschlicher Aktivitäten als nicht erneuerbar angesehen werden. Fruchtbare Böden stehen begrenzt zur Verfügung und sind durch miteinander konkurrierende Flächennutzung für Energieerzeugung, Infrastruktur und Wohngebiete und die Rohstoffgewinnung bedroht. Eine Mindestmenge an Böden zu erhalten, die zur Ernährung der wachsenden Weltbevölkerung gebraucht wird, sollte einer der Leitsätze der globalen Bodenpartnerschaft sein.

Gegenwärtig mangelt es an verlässlichen Vergleichsdaten über die Bodenzustandsveränderungen in den Staaten der EU, einschließlich der Kohlenstoffgehalte. Nationale Bodenbeobachtungsstellen liefern, wo es sie denn gibt, wenig Vergleichbares für länderübergreifende Schlussfolgerungen. Darum ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt die EU-weite Bewertung der Änderungen von Bodeneigenschaften und -funktionen so schwierig.

Ziel einiger Maßnahmen ist deshalb die Entwicklung nachhaltiger Indikatoren zur Verbesserung der Situation. Das Envasso-Projekt (Environmental Assessment of Soil for Monitoring – Bodenmonitoring- und Bodeninformationssystem) beschäftigte sich mit der Entwicklung von 27 Indikatoren für die gravierendsten Bodenbedrohungen, mit dem Ziel der Bewertung des aktuellen und künftigen Bodenzustandes. Aber es hat sich gezeigt, dass ein Mangel an Daten in vielen Mitgliedstaaten, eine brauchbare Bewertung verhindert; inklusive verlässlicher Schätzungen über den in Torfmooren gespeicherten Kohlenstoff.

Währenddessen hat das Ramsoil-Projekt (Risk assessment methodologies for soil threats – Risikobewertungsmethoden zu Bodengefährdungen) erforscht, wie EU-weit allgemeine Methoden für die Risikobewertung von Bodenverdichtung, Erosion, Erdbeben, Abnahme organischer Substanz und Versalzung entwickelt werden können. Es bestätigte auch das Fehlen einheitlicher Erhebungs- und Bewertungsstandards von Bodendaten.

Andere EU-finanzierte Projekte, darunter das Projekt SoCo (siehe Kasten Seite 14) haben bewertet, wie Landwirtschaft nachhaltiger gemacht werden kann und wie ländliche Entwicklungspolitik sicherstellen kann, dass der Boden und seine Rolle beim Klimawandel mehr Beachtung finden.

Die Überwachung von Kohlenstoffspeichern im Boden muss verbessert werden – mit dem Ziel eines EU-weiten Monitorings. Dies dient dem besseren Verständnis des Zusammenhangs zwischen Böden und Klimawandel und darauf aufbauend der Umsetzung von Strategien, die die Stärkung der Funktion des Bodens – als eine natürliche Lösung – sicherstellen.

Strategische Ansätze

In dem Wissen, dass Böden mindestens genauso viel Aufmerksamkeit erfordern wie Luft und Wasser, hat die Europäische Kommission einen gemeinsamen Ansatz für den Bodenschutz und die nachhaltige Nutzung von Böden vorgeschlagen. Dieser hat zum Ziel, die grundlegenden Bodenfunktionen zu erhalten und die Erhebung gemeinsamer Daten über den Zustand der Bodenressourcen in den EU-Mitgliedstaaten zu optimieren (siehe Kasten).

Laufende Reformen der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) fördern bessere landwirtschaftliche Praktiken, die dabei helfen, die Bodenfruchtbarkeit und den Gehalt an organischer Substanz zu erhalten. Das beinhaltet ökologische Landwirtschaft oder bodenschonende Landbewirtschaftungsformen, wobei weniger oder gar nicht gepflügt wird, angepasste Fruchtwechsel und bodenbedeckende Kulturen. Gleichzeitig ist sicherzustellen, dass Mindestanforderungen an gute landwirtschaftliche und ökologische Bedingungen mit dem Ziel des Bodenschutzes erfüllt werden. Landwirte sollten zur Durchführung von Agrarumweltmaßnahmen ermutigt werden, mit denen die Kohlenstoffbindung erhöht wird – und die gleichzeitig weitere ökologische Vorteile bieten.

Außerdem muss bei internationalen Verhandlungen zum Klimawandel der Rolle des Bodens mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden – beim Klimaschutz und bei der Anpassung an den Klimawandel. Eine kürzlich ins Leben gerufene Initiative der FAO (Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen) für eine globale Bodenpartnerschaft für Ernährungssicherheit und Klimawandel hat dieselben Ziele und sollte weiterentwickelt werden (siehe Kasten Seite 18). Diese globalen Aspekte unterstreichen, warum die EU „zu Hause“ einen soliden gemeinsamen Ansatz benötigt, wenn sie versucht, erfolgreich mit anderen Partnern über angemessene Maßnahmen im Zusammenhang mit dem Klimawandel zu verhandeln. Die Kommission bewertet gegenwärtig, wie Veränderungen der biosphärischen Kohlenstoffspeicher – wie denen in Böden – in die Verpflichtungen der Union zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen mit eingebunden werden könnten.

Ein gemeinsamer europäischer Ansatz für den Boden

Der Vorschlag der Europäischen Kommission für eine Rahmenrichtlinie für den Bodenschutz, welche vom Europäischen Parlament im Jahr 2007 unterstützt wurde, aber der die EU-Mitgliedstaaten noch zustimmen müssen, schlägt drei Arten von Aktionen vor, um nachhaltige Nutzung des Bodens zu fördern und seine grundlegenden Funktionen zu erhalten:

Vorbeugende Maßnahmen: Bewertung der Auswirkungen der gegenwärtigen Strategien in Bereichen wie Landwirtschaft, Abfall, Urbanisierung oder Industrie auf die Bodenqualität sowie Sicherstellung der nachhaltigen Nutzung des Bodens und seiner Funktionen.

Bewertung von Bedrohungen: Nationale Behörden sollten Gebiete identifizieren, die dem Risiko der Erosion, des Rückgangs der organischen Substanz, der Versalzung, der Versauerung, der Verdichtung oder dem Risiko von Erdbeben ausgesetzt sind. Sie sollten kontaminierte Gebiete auflisten.

Geplante Maßnahmen: Die Mitgliedstaaten sollten Programme zum Umgang mit Risiken entwickeln sowie Sanierungsstrategien für kontaminiertes Land und Maßnahmen zur Begrenzung von Bodenversiegelung.

Die Strategie der Kommission stellt auch Anforderungen an harmonisierte Informationen über EU-weiten Bodenschutz. Die Gemeinsame Forschungsstelle der Europäischen Kommission hat daraufhin auch das European Soil Data Centre (ESDAC) eingerichtet, mit dem Ziel, die Bewertung zu verbessern und umfassendere Datenbanken zu entwickeln – u. a. zur Unterstützung der Entwicklung notwendiger Bodenschutzmaßnahmen.



Weitere Informationen

Weitere Informationen über Boden und Klimawandel finden Sie

auf den folgenden Seiten über die Politik der Europäischen Kommission:

<http://ec.europa.eu/environment/soil/>

<http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/>

http://ec.europa.eu/clima/news/index_en.htm

http://ec.europa.eu/agriculture/climate_change/index_de.htm

auf den Seiten der Europäischen Umweltagentur über Boden:

<http://www.eea.europa.eu/soer/europe/soil>

im Bericht über die Studie „Aktueller Bericht über die Wechselwirkungen zwischen Boden und Klimawandel“ (CLIMSOIL):

http://ec.europa.eu/environment/soil/review_en.htm

im Soco-Projekt (Sustainable Agriculture and Soil Conservation):

<http://soco.jrc.ec.europa.eu/>

in Projekten zu Boden, Landnutzung und Landwirtschaft, die durch das Programm LIFE der EU finanziert werden:

<http://ec.europa.eu/environment/life/themes/soil/index.htm>

in Konferenzen über Boden und Klimawandel, die von der Europäischen Kommission organisiert werden:

http://ec.europa.eu/environment/soil/biodiversity_conference.htm

http://ec.europa.eu/environment/soil/conf_de.htm

im Bodenatlas der zirkumpolaren Gebiete „Soil Atlas of the Northern Circumpolar Region“ der Gemeinsamen Forschungsstelle der Europäischen Kommission:

<http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/library/maps/Circumpolar/index.html>

Europäische Kommission

Boden: Der verborgene Teil des Klimazyklus

Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union

2011 – 20 S. – 21 x 21 cm

ISBN 978-92-79-19268-5

doi:10.2779/30430

Sie können die Veröffentlichung so lange der Vorrat reicht auf folgender Website kostenlos bestellen:

Für eine einzige Ausgabe:

über den EU Bookshop, den Online-Zugang zu den Veröffentlichungen der Europäischen Union:

<http://bookshop.europa.eu>

Für mehrere Ausgaben:

über die nächstgelegenen nationalen Europe Direct Informationsnetzwerke:

http://europa.eu/europedirect/meet_us/index_de.htm



Amt für Veröffentlichungen

ISBN 978-92-79-19268-5



9 789279 192685