

## Boden und Klimawandel

Ein natürlich gewachsener, intakter Boden mit seinen essenziellen, ökologischen Funktionen ist von unschätzbarem Wert. Er sorgt für sauberes Trinkwasser, schützt vor Hochwasser, ist Lebensraum unzähliger Organismen und Produktionsgrundlage für unsere Ernährung.

Eine besonders wichtige Rolle spielt der Boden als Kohlenstoffspeicher. Wird seine Speicherleistung beeinträchtigt, trägt dies zum Klimawandel bei. Die Klimafolgen wiederum gefährden seine bedeutenden Funktionen. Im Kampf gegen den Klimawandel braucht es beim Bodenschutz sowohl Massnahmen zur Reduktion von Treibhausgasen wie auch Anpassungen an die bereits unvermeidbaren Folgen des Klimawandels.



MÄRZ | 2019

## FAKTENBLATT

# Boden und Klimawandel

### Inhalt

Der Boden unter Klimastress	2
Die Rolle des Bodens	2
Fit für den Klimawandel	4

## Der Boden unter Klimastress

In den vergangenen 135 Jahren ist die globale Temperatur um ein Grad Celsius angestiegen. In der Schweiz beträgt der Anstieg der Jahresmitteltemperatur vom Beginn der Industrialisierung (1864) bis



2012 rund zwei Grad Celsius **1**. Der Klimawandel ist bereits spürbar. Die Intensität und Häufigkeit der Starkniederschläge wie auch Sommer- und Hitzetage haben in der Schweiz zugenommen. Aktuelle Klimaszenarien **2** rechnen zukünftig mit trockeneren Sommern, schneearmen Wintern und einer weiteren Zunahme an extremen Wetterereignissen.

Diese Veränderungen beeinflussen auch den Boden und seine zukünftige Entwicklung. Denn die Mehrzahl der Prozesse im Boden sind sowohl temperatur- als auch

feuchtigkeitsabhängig: Ein wärmeres Klima begünstigt die biologische Aktivität im Boden, kann die Zersetzung von organischer Bodensubstanz (OBS) beschleunigen und zu verstärktem Humusabbau führen. Eine Abnahme der Bodenfruchtbarkeit und eine Verringerung des Kohlenstoffspeichers im Boden sind die Folgen. Im Gegensatz dazu verzögert eine zunehmende Trockenheit die Zersetzung von OBS und verlangsamt den Kohlenstoffabbau.

Zusätzlich führt die Zunahme der Wetterextreme wie Starkniederschläge zu vermehrter Erosion und damit zu einem Verlust des wertvollen Oberbodens. Mit der Beeinträchtigung seiner Qualität **3** ist der Boden folglich in seinen Funktionen als Lebensraum für Pflanzen und Tiere, als Speicher für Kohlenstoff und Nährstoffe, als Wasserspeicher und -filter sowie als Produktionsgrundlage für Nahrungsmittel gefährdet.

## Die Rolle des Bodens

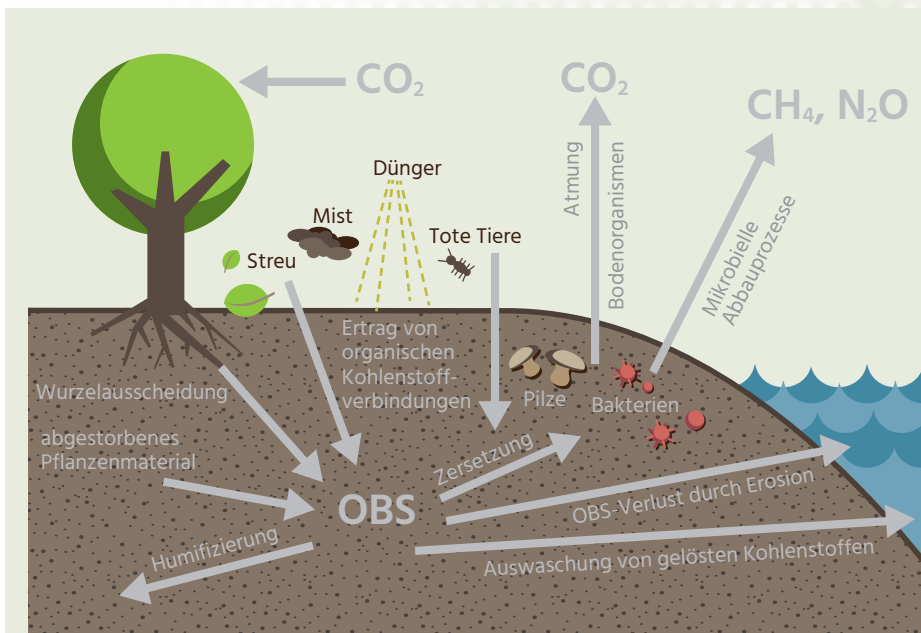
Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Böden sind das eine. Umgekehrt beeinflussen der Bodenzustand und die Bodennutzung auch das Klima. Dabei spielen die Kohlenstoffflüsse im Boden und der Boden als Kohlenstoffspeicher eine zentrale Rolle.

### Die Kohlenstoffflüsse im Boden

Kohlenstoff gelangt über abgestorbene Pflanzenreste und Bodenlebewesen als organische Substanz in den Boden, wo Pilze und Bakterien sie in teilweise anorganische Endprodukte ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ , P, S, Ca, Mg, Fe etc.) zerlegen. Beim Mineralisierungsprozess wird  $\text{CO}_2$  frei und gelangt in die Luft. Neben  $\text{CO}_2$  emittiert der Boden über mikrobielle Abbauprozesse auch Methan ( $\text{CH}_4$ ) und Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ), zwei weitere klimawirksame Treibhausgase.

Beim entgegengesetzten Prozess, der Humifizierung, werden aus organischer Substanz und ihren Abbauprodukten Huminstoffe aufgebaut. Damit wird Kohlenstoff im Boden gebunden. Je stabiler diese Huminstoffe sind, umso fester und länger bleibt der Kohlenstoff als organische Bodensubstanz (OBS) gebunden.

Wärmere Temperaturen können die Zersetzung von OBS durch die Mikroorganismen beschleunigen. Die erhöhte Bodenatmung setzt vermehrt  $\text{CO}_2$  frei, was den Treibhausgaseneffekt verstärkt. Die Bilanz zwischen  $\text{CO}_2$ -Aufnahme und  $\text{CO}_2$ -Abgabe entscheidet, wie viel Kohlenstoff der Boden dauerhaft speichert oder verliert.

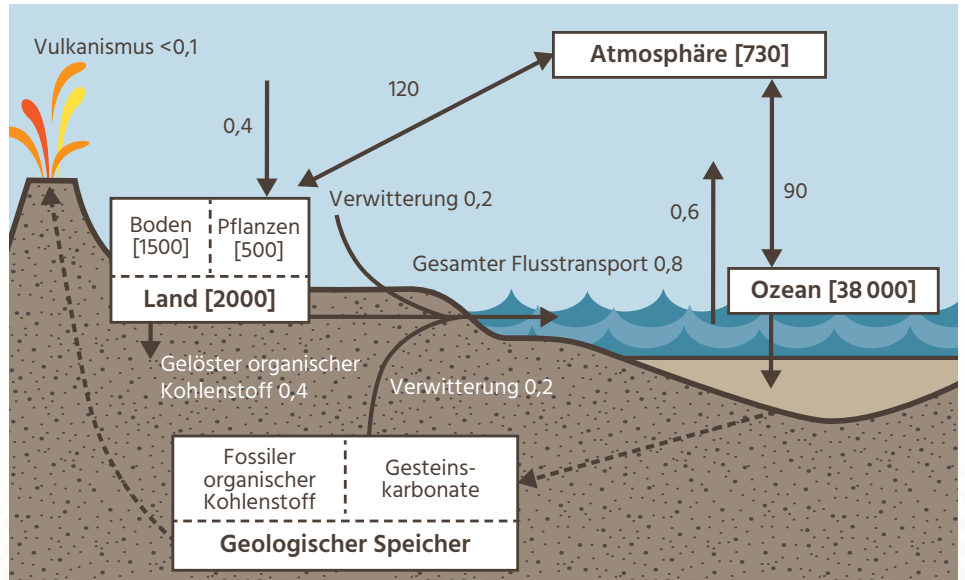


Wichtigste Kohlenstoffflüsse und Umsetzungen im Boden.

### Der Boden als Kohlenstoffspeicher

Mit etwa 1500 Milliarden Tonnen Kohlenstoff, die in der OBS als kohlenstoffhaltige Verbindungen weltweit gebunden sind, sind Böden, ungeachtet der Sedimentgesteine, der zweitgrösste Kohlenstoffspeicher nach den Ozeanen mit 38 000 Milliarden Tonnen. Im Boden ist mehr Kohlenstoff gespeichert als in der Atmosphäre und in der Vegetation zusammen **5**.

In der Schweiz enthalten Böden circa drei bis vier Mal so viel organischen Kohlenstoff (C) wie die ober- und die unterirdische Biomasse zusammen **4**.



Kohlenstoffspeicher und -flüsse im natürlichen globalen Kreislauf in Milliarden Tonnen. Quelle: **5**

### Bodenprozesse sind klimawirksam

Angesichts der enormen Kohlenstoffmengen im Boden hat eine erhöhte Freisetzung messbare Auswirkungen auf das Klima. Umgekehrt würde eine weltweite Erhöhung des C-Vorrats um nur 4 Promille pro Jahr (Ziel der Initiative «4 per 1000») ausreichen, um die gesamten vom Menschen verursachten  $\text{CO}_2$ -Emissionen zu binden **6**. Die beiden grössten Einflussfaktoren auf die Freisetzung beziehungsweise Bindung von Kohlenstoff sind die Landnutzung und die klimatischen Bedingungen wie Temperatur und Feuchte.

In der Schweiz hat in den letzten Jahrzehnten die Senkenleistung der Böden abgenommen. Änderungen der Landnutzung und eine nicht nachhaltige Bodenbewirtschaftung sind die Hauptursachen **7**. Durch ackerbauliche Nutzung und Entwässerung von Moorböden geht OBS

verloren. Bei Moorböden resultieren die meisten  $\text{CO}_2$ -Emissionen in der Schweizer Landwirtschaft **4**. Auch Ackerböden, die vormals als Grasland genutzt wurden, verlieren OBS und emittieren damit  $\text{CO}_2$ .

Zur Erreichung der Klimaschutzziele des Pariser Klimaabkommens müssen primär Massnahmen im Bereich der fossilen Energieversorgung getroffen werden. Biologische Kohlenstoffsinken in Böden können zusätzlich einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Nachhaltige Landwirtschafts- und Forstwirtschaftspraktiken sowie standortgerechte Landnutzungsformen helfen, den im Boden gebundenen Kohlenstoff zu erhalten oder dauerhaft zu erhöhen.

## Fit für den Klimawandel



Neben Bodenschutzmassnahmen zur Minderung der Treibhausgasemissionen sind auch Massnahmen zur Anpassung an den Klimawandel dringend notwendig. Angepasste Bodenbewirtschaftung stärkt die Widerstandsfähigkeit der Böden gegenüber höheren Temperaturen, zunehmender Trockenheit und den vermehrt auftretenden Extremereignissen. Nachhaltige Landnutzung schützt die Bodenqualität sowie die Bodenfunktionen, unter anderem jene als Kohlenstoff- und Wasserspeicher.

Intakte, strukturreiche und tiefgründige Böden müssen unbedingt erhalten werden. Die Bodenstruktur und die Bodenmächtigkeit beeinflussen die Wasserversickerung und -pufferung bei Niederschlägen. Sie entscheiden über die Verfügbarkeit von Wasser für die Bodenlebewesen und die Pflanzen bei Trockenheit. Die bedeutenden Funktionen des Bodens als Wasserspeicher und -puffer sind infolge fortschreitender Verdichtung

und Erosion bei unsachgemässer Bewirtschaftung und durch die Versiegelung stark gefährdet.

Eine die Böden und das Klima schützende Bodenbewirtschaftung heisst, den Bodenwasserhaushalt und die Düngung zu regulieren sowie den Humusaufbau zu fördern. Diese Faktoren können die Aufnahme und die Emissionen von Treibhausgasen wesentlich beeinflussen **4**.

Die stärkste Beeinflussung des Bodenkohlenstoffhaushalts ist jedoch durch Landnutzungsänderungen zu erwarten. Intensiv bearbeitetes Ackerland, insbesondere entwässerte Moorböden, weisen eine negative C-Bilanz auf, Weide- und Waldböden hingegen gelten als C-Senken **4**. Eine Umwandlung von Grünland zu Ackerland soll vermieden werden, um eine Zunahme der Treibhausgasemissionen zu verhindern. Die Umwandlung von Ackerland zu Wald oder Grünflächen hingegen erhöht die Senkenleistung der Böden.

### Massnahmen in der Landwirtschaft

Intensive Landwirtschaft mit hohem Verlust an OBS beeinträchtigt die Bodenfunktionen. Hohe Düngung und saure Böden führen zusätzlich zu starken Emissionen des klimawirksamen Lachgases ( $N_2O$ ). Massnahmen, die die OBS stabilisieren, Treibhausgasemissionen vermindern und das Erosionsrisiko minimieren, sind:



- Rückführung von Biomasse in den Boden
- Schonende Bodenbearbeitung und Befahrung, siehe Merkblatt **8**
- Permanente Bodenbedeckung, besonders bei Obst- und Rebbau
- Schützende Pflanzendecke während der Wintersaison
- Vielfältige Fruchtfolge mit Zwischenfrüchten und Leguminosen
- Nachhaltige Produktionsweise, möglichst biologisch
- Reduktion von Stickstoffdüngung
- Kalkung versauerter Flächen

### Massnahmen in der Waldwirtschaft



Schweizer Waldböden speichern im Durchschnitt 143 Tonnen Kohlenstoff (C) pro Hektare, etwa 20 Prozent mehr als in der lebenden Biomasse von Wäldern enthalten ist, und vermögen hohe Stickstoffeinträge (N) aus der Luft zu binden **4**. Doch auch Waldböden geraten zunehmend unter Druck. Immer schwerere Forstmaschinen verdichten den Boden. Anaerobe Bedingungen nehmen zu und damit die N<sub>2</sub>O- und CH<sub>4</sub>-Emissionen. Mit der Verdichtung verliert der Waldboden auch seine Wasserspeicherfähigkeit. Um den Waldboden als wichtigen C- und N-Speicher zu sichern und die Verdichtung zu verhindern, braucht es griffige Massnahmen:

- Schonende Befahrung von Waldböden, siehe Merkblatt **9**
- Feinerschliessung der Bestände mit Rückegassen
- Permanente Bodenbedeckung
- Nachhaltige Waldbewirtschaftung
- Erhaltung wenig gestörter, «natürlicher» Waldböden
- Weitere Informationen zum Physikalischen Bodenschutz im Wald unter **11**

### Massnahmen im Siedlungsgebiet

Versiegelte Flächen und fehlende Grünflächen bewirken in Städten und Agglomerationen zusammen mit den Folgen des Klimawandels eine zunehmende Hitzebelastung. Ebenso sind versiegelte Flächen in Stadtzentren eine der Hauptursachen für die Überflutung bei Starkregen **10**.



Zur Vermeidung und Reduktion von Hitzeinseln empfiehlt das BAFU eine klimaangepasste Siedlungsentwicklung mit diversen Massnahmen **10**. Wichtige Massnahmen betreffend Boden sind:

- Vermeidung von wasserundurchlässigen Belägen
- Entsiegelung von bestehenden Flächen
- Teilentsiegelung bei Parkplätzen und öffentlichen Räumen
- Begrünung von Strassenräumen, Plätzen, Dächern und Fassaden

### Klimafreundliche Moornutzung

Wassergesättigte Moore speichern im Torfkörper viel Kohlenstoff. Doch in Europa wird etwa die Hälfte der Moorgebiete intensiv genutzt. Dazu werden die Moorböden entwässert. Aus dem trockengelegten organischen Material entweichen grosse Mengen an CO<sub>2</sub> und N<sub>2</sub>O in die Atmosphäre. In der Schweiz beträgt die jährliche Emissionsrate aus Torfböden 766 000 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente. Gemäss Schweizer Treibhausgasinventar entspricht dies rund 14 Prozent der jährlichen Treibhausgasemission aus dem Landwirtschaftssektor **4**. Moorböden intensiv landwirtschaftlich zu nutzen und gleichzeitig deren Kapazität als C-Speicher zu bewahren, ist derzeit nicht möglich. Ein alternativer



Ansatz ist, den Wasserstand zu erhöhen, Moorgebiete wieder zu vernässen oder nachhaltigere Produktionssysteme wie Spezialkulturen und extensives Grasland zu fördern. Über Klimaschutz durch Hochmoorschutz informiert auch die WSL **12**.

### Quellen

- 1 Klimawandel:** [www.bafu.admin.ch](http://www.bafu.admin.ch)
- 2 Klimaszenarien CH2018:** [www.nccs.admin.ch](http://www.nccs.admin.ch)
- 3 Anpassung an den Klimawandel in der Schweiz,** Aktionsplan 2014–2019
- 4 NFP 68 Thematische Synthese 2 Boden und Umwelt oder** [www.nfp68.ch](http://www.nfp68.ch)
- 5 Climsoil Technical Report 2008**
- 6 Internationale Initiative «4 per 1000»:** [www.4p1000.org](http://www.4p1000.org)
- 7 BAFU 2017:** Boden in der Schweiz. Zustand und Entwicklung
- 8 Agridea, Merkblatt 2014:** Bodenverdichtung vermeiden – so funktioniert's!
- 9 WSL, Merkblatt Nr. 45:** Physikalischer Bodenschutz im Wald
- 10 BAFU 2018:**  
Hitze in Städten. Grundlage für eine klimaangepasste Siedlungsentwicklung
- 11 BAFU 2016:** Physikalischer Bodenschutz im Wald
- 12 WSL, Klimaschutz durch Hochmoorschutz:** [www.wsl.ch](http://www.wsl.ch)

### Bessere Datengrundlage schaffen

Die langfristige Erhaltung der verschiedenen Bodenfunktionen und der nicht erneuerbaren Ressource Boden ist elementar – nicht zuletzt für den Klimaschutz und die Klimaanpassung. Für eine standort- und klimaangepasste Nutzung des Bodens braucht es Strategien, die auf einer umfassenden Datengrundlage aufbauen. Diese ist in der Schweiz noch lückenhaft. Hilfreich ist eine umfassendere Bodenaufnahme, welche auch den Gehalt und die Vorratsänderung von OBS in Böden erfasst.

### Ansprechstellen

- > Fachstellen Bodenschutz der Kantone
- > Geschäftsstelle Cercle Sol  
[info@cerclesol.ch](mailto:info@cerclesol.ch)

### Cercle Sol

Der Cercle Sol ist die Vereinigung der Bodenschutzfachleute der Kantone, des Bundes und des Fürstentums Lichtenstein. Die Vereinigung führt eine Koordinations- und Anlaufstelle für Fragen des Bodenschutzvollzugs. Sie pflegt den Erfahrungs- und Informationsaustausch und erarbeitet Musterstellungnahmen. Der Cercle Sol bringt die Anliegen des kantonalen Vollzugs bei Bundesstellen und der KVV ein und unterstützt bei der Erarbeitung von Vollzugshilfen.

### Koordination Faktenblatt

Cercle Sol, Harry Ilg, AfU Kanton Uri

### Erstellung

**Text und Redaktion:**

ecoviva Umweltagentur

**Grafik und Gestaltung:**

neuweiss–visuelle kommunikation

**Bilder:** Adobe Stock, 123rf.com