

2

MODUL 2

Boden und Klimawandel

Das weltweite Klima verändert sich ständig. In den vergangenen 135 Jahren ist die globale Durchschnittstemperatur um 0,85 Grad Celsius gestiegen. In Österreich betrug der Anstieg sogar nahezu 2 Grad Celsius. Allein seit 1980 beträgt der Anstieg 0,5°C global und in Österreich 1°C.¹⁶ Das mag auf den ersten Blick nicht viel erscheinen, es ist aber der schnellste Temperaturanstieg aller bisher bekannten Erwärmungen der Erdgeschichte. Besonders ist auch, dass der Mensch zum Großteil dafür verantwortlich ist. Denn die Hauptursachen dieser Erwärmung sind der Ausstoß von Treibhausgasen durch Industrie, Energieerzeugung, Verkehr, Ackerbau und Viehzucht. Eine Reduktion des Treibhausgasausstoßes ist dringend notwendig, um die Auswirkungen des Klimawandels zu begrenzen. Der Boden spielt hier eine wichtige Rolle. Denn einerseits wirken sich das Klima und Veränderungen im Klima stark auf den Boden aus, andererseits hat er selbst einen großen Einfluss auf das Klima.

► Welchen Einfluss hat der Boden auf das Klima?

Böden sind gigantische CO₂-Speicher. Sie beeinflussen die Kohlenstoffbilanz wesentlich und sind somit direkt klimawirksam. Warum und wie, sehen Sie in der folgenden Infobox:

KOMPAKT:

Der Boden als gigantischer CO₂-Speicher

Böden enthalten eine enorme Menge organisch gebundenen Kohlenstoff und bilden somit den größten Anteil der Kohlenstoffvorräte terrestrischer Ökosysteme. Boden hat dadurch eine große Bedeutung in Hinblick auf das weltweite Klima. Warum, sehen Sie hier:

Kohlenstoff wird über Photosynthese in Form von CO₂ von den Pflanzen aufgenommen. Abgestorbene Pflanzenreste gelangen als organische Substanz (Streu, Ernterückstände, Wurzelreste und Wurzelexsudate [Ausscheidungen von Wurzeln]) in den Boden. Nun finden **zwei wichtige**, in Bezug auf den **Kohlenstoffkreislauf** einander entgegengesetzte **Prozesse** statt, bei denen die Bodenorganismen eine wesentliche Rolle spielen.

- Bei der **Mineralisierung** wird die organische Substanz in ihre anorganischen Endprodukte (CO₂, H₂O, NH₄, NO₃, P, S, Ca, Mg, Fe etc.) zerlegt. Bei diesem Prozess wird **CO₂ frei** und kommt wieder in die Atmosphäre.
- Bei der **Humifizierung** werden aus organischer Substanz und ihren Abbauprodukten Huminstoffe aufgebaut und der **Kohlenstoff somit im Boden gebunden**. Je stabiler diese Huminstoffe sind, umso fester und länger bleibt der Kohlenstoff als organische Bodensubstanz gebunden.

Es ist besonders wichtig, dass das Gleichgewicht der CO₂-Abgabe und CO₂-Aufnahme erhalten bleibt und zu fördern, dass der Boden möglichst mehr CO₂ aufnimmt als abgibt, um dem Klimawandel entgegenzuwirken. Die Erhaltung des ökologischen Gleichgewichts der Böden ist somit ein wichtiger Aspekt des Klimaschutzes.

¹⁶ Kromp-Kolb, H. et al. (2014): Synthese. In: Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14). Austrian Panel on Climate Change (APCC), Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, Österreich, S. 29.



► **Wie wirken sich das Klima und Veränderungen im Klima auf den Boden aus?**

Das Klima ist neben anderen Faktoren wie dem Ausgangsmaterial (aus welchem Gestein der Boden gebildet wird), dem Relief und dem Einfluss von Wasser, Pflanzen, Tieren und Menschen entscheidend dafür, wie sich ein Boden ausbildet. Daher ist es verständlich, dass Änderungen im Klima auch Auswirkungen auf den Boden haben. Da Boden ein sehr komplexes System ist, bei dem die Einflüsse der vielen unterschiedlichen Faktoren einander entweder verstärken oder aufheben können, ist eine Abschätzung des Einflusses einer Klimaänderung nur sehr schwer möglich.

Allgemein kann gesagt werden, dass höhere Temperaturen die Mineralisation verstärken und daher zu einer **Abnahme der organischen Substanz im Boden** (und somit auch des im Boden gespeicherten Kohlenstoffs) führen können – allerdings nur, wenn die Feuchtigkeitsverhältnisse gleich bleiben. Im Zuge des Klimawandels ist allerdings auch je nach Region vermehrt mit Trockenperioden zu rechnen, welche den Humusabbau verzögern. Gleiches gilt, wenn bei geringer Schneelage Böden durchfrieren. Das bedeutet, dass in diesen speziellen Fällen trotz einer Temperaturerhöhung weniger CO₂ freigesetzt wird.

Konkret sagen ExpertInnen die im folgenden Kapitel beschriebenen Veränderungen mit großer Wahrscheinlichkeit voraus.

Welche Veränderungen für die Böden ergeben sich durch den Klimawandel?

Österreichische KlimaexpertInnen trafen im APCC 2014 (Austrian Panel on Climate Change)¹⁷ folgende Aussagen:

1. Die deutlichsten Klimaeffekte sind auf das Bodenleben und den dadurch beeinflussten Humushaushalt zu erwarten.

Viele Prozesse im Boden sind sowohl temperatur- als auch feuchtigkeitsabhängig. Wie die Böden sich in Zukunft entwickeln werden, hängt somit von den lokalen Änderungen in Temperatur und Niederschlag ab. Besonders betroffen sind dabei das Bodenleben und die Prozesse des Humusabbaus, der Nährstoffnachlieferung sowie eine mögliche Veränderungen der Bodenstruktur. In eher feuchten, gut sauerstoffversorgten Böden ist das Bodenleben vielfältiger als in trockenen Böden und es ist daher auch robuster und kommt mit Klimaveränderungen besser zurecht.

Böden reagieren, je nachdem, wo sie liegen, sehr unterschiedlich.

Es kommt dabei u.a. auf die geographische Lage (die landwirtschaftlichen Produktionsgebiete, z.B. Alpenvorland, oder die forstlichen Wuchsgebiete, z.B. Wald- und Mühlviertel), auf die Exposition (z.B. Nord- oder Südhang), auf die geomorphologische Lage (z.B. Kuppe, Oberhang, Mulde) sowie auf die Bodenwasserverhältnisse (z.B. Stauwasser, Hangzugwasser, Trockenstandort) an. Für einen staunassen Boden an einem Unterhang im Salzkammergut kann eine Temperaturerhöhung eine Verbesserung der Ertragsbedingungen für die Landwirtschaft bedeuten, während dieselbe Temperaturerhöhung im Weinviertel dazu führen könnte, dass ein Standort nicht mehr für Ackerbau oder bestimmte Feldfrüchte genützt werden kann.

¹⁷ ebenda, S. 602ff.

2

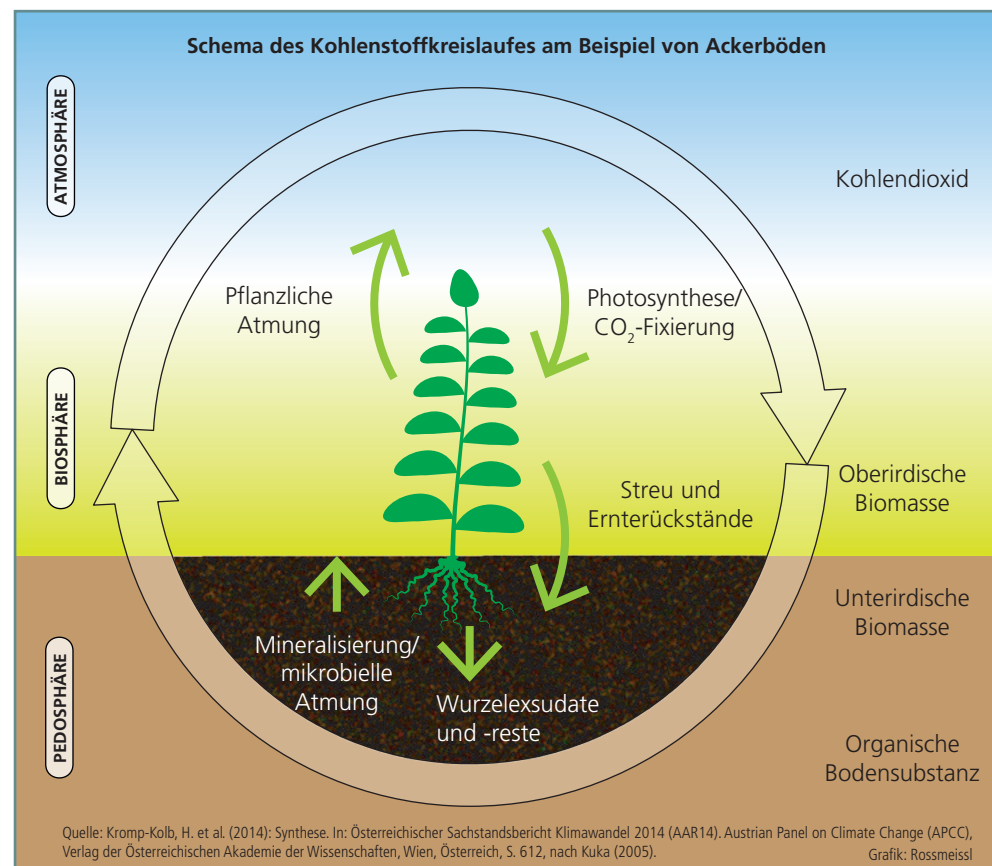
Wenn die Feuchtigkeitsverhältnisse gleich bleiben und die Temperatur steigt, werden Mineralisierungsprozesse im Boden beschleunigt. **Das führt zum verstärkten Abbau organischer Bodensubstanz.** Dies hat neben den Folgen der dadurch **gesteigerten Treibhausgasemissionen** (Kohlenstoffdioxid [CO₂], Methan [CH₄] und Lachgas [N₂O]) auch **negative Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit und andere Bodenfunktionen.** Es kann noch kaum abgeschätzt werden, ob und inwieweit diese Humusverluste durch eine erhöhte Biomasseproduktion der Vegetation (z. B. durch erhöhtes CO₂-Angebot und längere Vegetationszeiten) ausgeglichen werden. Dies ist davon abhängig, wo der Boden liegt und wie er genützt und bewirtschaftet wird.

Durch das verstärkte **Auftauen von Permafrostböden** bzw. den Rückzug des Permafrostes im Hochgebirge kann im Permafrost konservierte organische Substanz von Bodenmikroorganismen abgebaut werden, was zu einer zusätzlichen **Freisetzung von Methan (CH₄) und CO₂** führt.

KOMPAKT:**Welche Folgen hat die Abnahme von organischer Substanz in Böden:**

- Verlust von gespeichertem Kohlenstoff und Nährstoffen
- Verringerung der Bodenfruchtbarkeit
- Geringere mikrobielle Aktivität und Biodiversität
- Höhere Erosionsanfälligkeit
- Geringere Wasserhaltefähigkeit

Quelle: Gerzabek M. (2014): Basis-Vorlesung: Bodenkunde, LVAs: 911.100, 911.101, 911.102. Universität für Bodenkultur, Wien.





2. **Temperaturextreme und Trockenphasen haben größere Auswirkungen auf Bodenprozesse als allmähliche klimatische Änderungen.**

Phasen mit besonders **hohen oder niedrigen** Temperaturen beeinflussen z. B. Bodenlebewesen stärker als graduelle/allmähliche Veränderungen der durchschnittlichen Temperatur. Weiters beeinflussen Temperaturextreme und Trockenphasen die Umsatzraten von Kohlenstoff und Stickstoff im Boden stark. Besonders hohe Treibhausgasemissionen entstehen, wenn nach langem Austrocknen des Bodens Starkniederschlagsereignisse stattfinden, da dann Kohlenstoff und Stickstoff besonders rasch umgesetzt werden.

Klimatische Änderungen können auch die natürliche Dynamik von Au- und Moorböden beeinträchtigen. Insbesondere Moorböden (siehe KOMPAKT spezial: Moore und Klimawandel), die einen bedeutenden Kohlenstoffspeicher darstellen, reagieren empfindlich auf steigende Temperaturen und Austrocknung.

3. **Das Erosionsrisiko wird durch Klimawandel erhöht.**

Durch die Zunahme von Witterungsextremereignissen (Niederschlag, Wind) kann die Erosion durch Wasser und Wind zunehmen, v. a. wenn Böden vollkommen oder teilweise unbedeckt sind – also wenn sie brach liegen und/oder keine Pflanzen auf ihnen wachsen. Durch höhere Temperaturen können Böden auch häufiger austrocknen und sind für Abtrag durch Wind anfälliger.

4. **Ackerböden sind stärker von der Zunahme klimatischer Extreme betroffen als Grünlandböden.**

Vom soeben beschriebenen Erosionsrisiko sind vor allem Ackerböden betroffen. Denn bei Ackerböden kann besonders zu den Zeiten, wenn der Boden nicht oder nur mit zarten, kleinen Pflanzen nach der Saat bedeckt ist, Erosion durch Wasser und Wind zunehmen. In Zukunft wird es daher immer wichtiger werden, den Anbau von Feldfrüchten und den Umgang mit Böden gut zu managen, um mögliche klimabedingte Probleme durch eine angepasste Bewirtschaftung auszugleichen. Grünlandböden als Wiesen- und Weideböden sind gegenüber Klimawandel in der Regel stabiler als Ackerböden, wobei auch hier eine klimabedingte Reduktion des Humusgehaltes möglich ist.

5. **Steigende Temperaturen führen zu erhöhten CO₂-Emissionen aus Waldböden.**

Bei einer Temperaturerhöhung um 1°C wird ca. zehn Prozent mehr CO₂ durch Bodenatmung freigesetzt.¹⁸ Vermehrte Stürme können dazu führen, dass Bäume auf großen Flächen entwurzelt werden. Dies führt zu Humus- bzw. Bodenverlusten durch Erosion, zu einer erhöhten Freisetzung von CO₂ aus dem Boden sowie zu einer Verringerung des Wasserrückhaltevermögens der Böden.

6. **Durch die Einflüsse des Menschen auf den Boden, insbesondere durch Versiegelung, Erosion, Verdichtung und Humusabbau, werden die Böden in ihren Funktionen stark eingeschränkt. Die Fähigkeit der Böden, sich an den Klimawandel anzupassen, wird somit verringert. Sie haben daher eine geringere Resilienz.**

¹⁸ ebenda



7. **Naturnahe Böden werden ihre Funktionen und Leistungen auch unter veränderten klimatischen Bedingungen besser erfüllen als stark menschlich beeinträchtigte Böden.**

KOMPAKT spezial:

Moore und Klimawandel

Moore sind Weltmeister im Klimaschutz. Sie entnehmen der Atmosphäre CO₂ und wandeln dieses in langlebigen Torf um. Damit kühlen sie die Atmosphäre.

Ein durchschnittliches Moor in Österreich speichert in den oberen 0–50 cm Boden rund vier LKW-Ladungen (150 Tonnen) Kohlenstoff pro Hektar und damit mehr als jedes andere Ökosystem. Würde man den gesamten Torfvorrat berücksichtigen, der in Österreich häufig bis zu 5 m mächtig ist, so wäre dieser Wert noch deutlich höher. Der Grund für diesen Spitzenplatz liegt darin, dass abgestorbenes Pflanzenmaterial in Mooren aufgrund von Dauernässe und Sauerstoffmangel nicht abgebaut, sondern konserviert wird. Rund zehn Prozent des in den lebenden Pflanzen gespeicherten Kohlenstoffs bleiben so langfristig als Torf erhalten. Obwohl Moore nur sehr langsam wachsen (0,5–2 mm pro Jahr), haben sie in den letzten 10.000 Jahren weltweit gigantische Mengen an CO₂ aus der Atmosphäre in kohlenstoffreichen Torf umgewandelt. Durch die Speicherung von CO₂ als Torf wirken Moore langfristig dem Klimawandel entgegen.¹

Moore speichern also große Mengen an Kohlenstoff, dieser entweicht aber durch den Klimawandel, aber auch durch die nach wie vor fortschreitende Entwässerung von Mooren.

In Österreich gingen 90 Prozent der ursprünglichen Moorfläche bereits verloren, zwei Drittel der noch bestehenden Mooregebiete sind gestört. Das bedeutet, dass sie nicht mehr den natürlichen Aufbau, Pflanzenbestand oder Wasserhaushalt haben. Meist verfügen sie wegen Trockenlegungsmaßnahmen nicht mehr über die ursprüngliche Wasserversorgung. Durch ausbleibende Niederschläge, wie sie mit der Klimaerwärmung prognostiziert sind, könnten in Zukunft vor allem die Hochmoore zusätzlich in Bedrängnis kommen. Modellrechnungen zeigen, dass 85 Prozent der Hochmoore in der Mitte des 21. Jahrhunderts bei einem Anstieg der Jahresmitteltemperatur um etwa 2,3°C einem hohen klimatischen Risiko ausgesetzt sein werden. Um den Kohlenstoffvorrat der Moore Österreichs zu schützen und die Moore klimafit zu machen, müssen intakte Moore unbedingt erhalten und gestörte Moorflächen renaturiert, also ihr natürlicher Zustand wiederhergestellt werden.²

¹ Moore im Klimawandel, ÖBF, Umweltbundesamt & WWF, 2010.

² www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/naturschutz/natur_und_landschaft/klimawandel_nsch/