

ANDREAS SCHINDLBACHER, BARBARA KITZLER

## Bodenerwärmung – Klimamanipulationsversuch Achenkirch

**Das Klimamanipulations-Experiment Mühleggerköpfl wird seit 2004 in einem Bergwald in der Nähe von Achenkirch/Tirol betrieben. Das Bodenerwärmungs-Experiment hat internationale Bekanntheit erlangt und ist einer der weltweit wenigen experimentellen Langzeitversuche.**

Die technische Ausstattung der Versuchsfläche und der Pilotversuch wurden vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) finanziert. Im Laufe der letzten zehn Jahre haben mehrere nationale (FWF: P23222, P19885; ACRP) und internationale (EU: FP5, FP6, FP7) Forschungsprojekte stattgefunden.

### Wozu den Boden erwärmen?

Waldboden speichert große Mengen an organischem Kohlenstoff in mehr (Laub-, Wurzelstreu) oder weniger (Humus) leicht abbaubarer Form (Abbildung 1). Der organische Bodenkohlenstoff bildet die Lebensgrundlage einer reichhaltigen Bodenfauna. Eine Vielzahl von Bodenlebewesen, vorwiegend Mikroorganismen, zersetzen die organische Substanz und produzieren dabei Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$  = Bodenatmung).

Die  $\text{CO}_2$ -Produktion im Boden ist ein natürlicher Prozess, welcher der pflanzlichen  $\text{CO}_2$ -Aufnahme durch die Photosynthese gegenübersteht. Die Aktivität der Boden-Mikroorganismen ist temperaturabhängig. Generell gilt, je wärmer der Boden, desto aktiver sind die Mikroorganismen und desto höher ist deren  $\text{CO}_2$ -Produktion. Die globale Erwärmung

birgt somit die Gefahr, dass vermehrt Bodenkohlenstoff in Form von  $\text{CO}_2$  in die Atmosphäre gelangt. Die Produktion anderer starker Treibhausgase wie Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) könnte ebenfalls anregt werden.

### Klimamanipulation im Wald

Der Waldboden ist ein vielseitiger Lebensraum. Baumwurzeln durchziehen den Boden und deren symbiotische Mykorrhizapilze breiten ihre Hyphen bis

▼  
Abbildung 1: Bodenprofil vom Versuchsstandort nahe Achenkirch. Der dunkel gefärbte Oberboden speichert ca. 120 Tonnen organischen Kohlenstoff pro Hektar. Das darunter liegende Ausgangsgestein ist Dolomit



▼  
 Abbildung 2:  
 (a) Erwärmte Versuchsfläche. Die orange färbigen Kammern dienen zur manuellen Treibhausgas-Messung.  
 (b) Dachkonstruktion zur Simulation einer Trockenphase. Die Dächer wurden im Juli/August 2008/09 für jeweils ca. drei Wochen installiert

in die kleinsten Boden-Zwischenräume aus. Wurzeln und Mykorrhiza nehmen Wasser und Nährstoffe auf. Im Gegenzug geben sie leicht abbaubaren Kohlenstoff in den Boden ab, wovon wiederum Bodenmikroorganismen profitieren.

Durch dieses Zusammenwirken von Pflanzen und Mikroorganismen ist der Kohlenstoff-Kreislauf im Waldboden hoch komplex. Will man die Auswirkung der Klimaänderung auf einzelne Prozesse näher untersuchen, sollte man vermeiden, das Kreislaufsystem im Bo-

den zu stören. Eine, wenn auch aufwendige, Möglichkeit ist es, den Waldboden vor Ort zu untersuchen. Damit ist sichergestellt, dass nur das Bodenklima (Temperatur, Feuchtigkeit) verändert wird, die Kohlenstoffflüsse im Boden aber aufrechterhalten bleiben.

Im Klimamanipulationsversuch Achenkirch wird die Bodentemperatur in mehreren Versuchsflächen (Abbildung 2a) konstant um 4°C über jener des Bodens in den benachbarten Kontrollflächen gehalten. Dies passiert mittels mehrerer hundert Meter direkt im Waldboden verlegter Heizkabel und einer voll automatischen Heizung. Um eine sommerliche Trockenphase zu simulieren, wurden 2008 und 2009 Dachkonstruktionen über einen Teil der Versuchsflächen errichtet (Abbildung 2b). Die CO<sub>2</sub>- und Spurengasemissionen werden automatisch und manuell in zweiwöchentlichen Abständen gemessen (Abbildung 3).

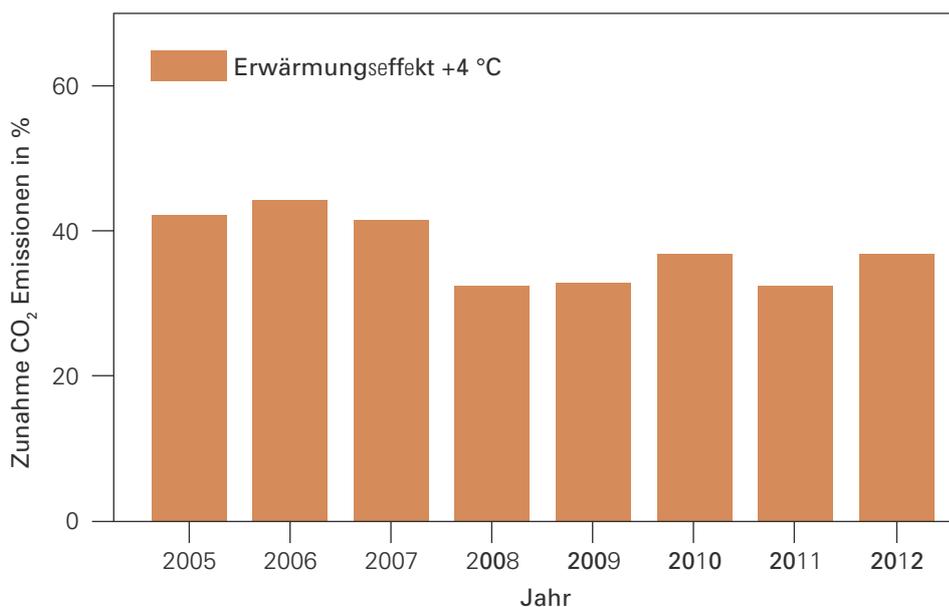
### CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Boden steigen

Wie erwartet, hat die künstliche Boden-erwärmung die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Waldboden um zirka 40 % ansteigen lassen (Abbildung 4). Etwas unerwarteter ist, dass der Erwärmungseffekt über nunmehr zehn Jahre hinweg konstant geblieben ist. Anderswo wurde beobachtet, dass sich die Erwärmung nur in den ersten drei bis sechs Jahren auf die CO<sub>2</sub>-Produktion im Boden auswirkt und die Wirkung danach abflaut. Dies wurde mit der nachlassenden Verfügbarkeit von leicht abbaubaren organischen Verbindungen erklärt. Wie es scheint, verhält sich der kalkhaltige, kohlenstoffreiche Waldboden, wie er für die Nördlichen Kalkalpen typisch ist, anders und die Klimaerwärmung könnte hier langfristig größere Mengen an CO<sub>2</sub> aus dem Boden freisetzen. Ähnlich wie CO<sub>2</sub> hat die Erwärmung auch die Produktion von Lachgas angekurbelt. Das stark treibhauswirksame Spurengas wird aber nur



in vergleichsweise geringen Mengen freigesetzt.

Interessant ist das Zusammenspiel von Erwärmung und Trockenheit. Unter den Dächern ist der Oberboden stark ausgetrocknet. Die künstliche Trockenheit hat die Treibhausgas-Emissionen aus dem Boden erheblich reduziert. Am stärksten ist der CO<sub>2</sub>-Ausstoß auf den erwärmten Flächen zurückgegangen. Der Trockenheitseffekt war so stark und anhaltend, dass die simulierte, dreiwöchige sommerliche Trockenheit den gesamten jährlichen Erwärmungseffekt kompensierte. Dazu passend zeigte sich auch, dass der Erwärmungseffekt in den Jahren mit niederschlagsarmen



Sommern generell niedriger war. Es scheint daher sehr wichtig, wie sich das Zusammenspiel von Temperatur und Niederschlag künftig entwickeln wird.

### Ausblick

Wir bemühen uns, den Versuch weiter am Laufen zu halten und werden dazu einen weiteren Projektantrag beim Österreichischen Forschungsfond (FWF) einreichen.



### Dank

Dank an die Grundbesitzer Anna Nothdurfter und Ofö. Ing. Florian Nothdurfter für die langjährige gute Zusammenarbeit und Unterstützung sowie an Klaus Teveli und Georg Be-reuter (ÖBf AG) für ihre spontane Hilfe bei diversen Projekten im Raum Achenkirch.

▲  
Abbildung 3: Ver-schiedene Behandlungen mit automatischen und manuellen Kammern

◀  
Abbildung 4: Effekt der Bodenerwärmung um 4 °C auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Boden in den Jahren 2005-2012

Literaturliste zu den detaillierten Ergebnissen aller Untersuchungen, die im Laufe des Klima-manipulationsversuchs durchgeführt wurden:

<http://bfw.ac.at/rz/bfwcms.web?dok=9716>

Mag. Dr. Andreas Schindlbacher,  
DI Dr. Kitzler Barbara,  
Institut für Waldökologie und Boden,  
Bundesforschungszentrum für Wald,  
Seckendorff-Gudent-Weg 8,  
1131 Wien,  
andreas.schindlbacher@bfw.gv.at