

Böden – grosse Speicher, kleine Senken für CO₂

Böden speichern grosse Mengen an Kohlenstoff. Sind sie auch Senken für atmosphärisches CO₂? Wissenschaftler der WSL setzten junge Mischwälder vier Jahre lang erhöhtem CO₂ aus, das eine andere Isotopen-Zusammensetzung hatte als übliche Luft. So konnten sie den Weg des CO₂ von den Blättern über die Wurzeln bis in den Humus des Bodens verfolgen. Die Ergebnisse zeigen: die Senkenwirkung von Böden scheint begrenzt zu sein.

Die Konzentration des klimawirksamen CO₂ in der Atmosphäre hat in den letzten hundert Jahren um rund ein Drittel zugenommen. Bei den Verhandlungen rund um das Kyoto-Protokoll einigte man sich darauf, die Treibhausgase zu reduzieren, indem nicht nur die Emissionen vermindert, sondern auch atmosphärischer Kohlenstoff in Landökosystemen gebunden werden soll. Es ist allerdings sehr schwer abzuschätzen, welchen Beitrag Ökosysteme an CO₂-Senken leisten können.

Humus speichert viel mehr CO₂ als die Atmosphäre

Der Boden ist bei der C-Speicherung in Landökosystemen die grosse Unbekannte. Zum einen speichern Böden in Form von Kohlenstoff gewaltige Mengen an CO₂ in Humus – in der Schweiz enthalten sie rund achtmal mehr Kohlenstoff als das in der Luft enthaltene CO₂ (Abb. 1). Zum anderen weiss man nur wenig über die Eigenschaften und die Umsetzungsprozesse des Humus.

Ein Teil des Humus besteht aus mehrere tausend Jahre altem Kohlenstoff. Daher hofft man, dass sich dort langfristig CO₂ «versenken» liesse. Ein anderer Teil des Humus wird jedoch sehr schnell von den Mikroorganismen abgebaut und wieder als CO₂ an die Atmosphäre abgegeben. Bodenkundler gehen davon aus, dass der Kohlenstoff in unseren mehr als 10 000 Jahre alten Böden mit der Atmosphäre im Gleichgewicht steht und sich Gewinn und Verlust an Humus die Waage hält. Erhöht sich aber in Wäldern das Wachstum, wie z. B. durch Aufforstung oder durch die CO₂-Düngung aus der Luft, könnten Böden möglicherweise mehr Kohlenstoff aufnehmen als sie an die Luft abgeben. Dann könnten sie zu Senken für atmosphärisches CO₂ werden. Wissenschaftler der WSL untersuchen, wie Wälder und deren Böden auf eine erhöhte CO₂-Konzentration reagieren. Gemeinsam mit Forschern anderer Schweizer und internationaler Institute pflanzten sie in 16 nach oben offenen Kammern von je 6 m² Grösse junge «Mischwälder»

C-Pools in der Schweiz

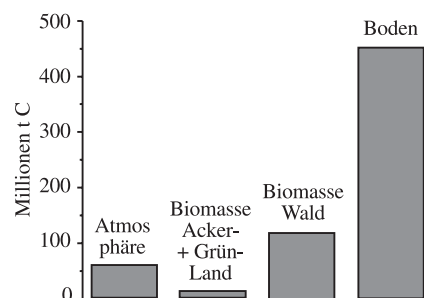


Abb. 1. Böden speichern achtmal mehr Kohlenstoff als die Atmosphäre in Form von CO₂ (Quelle: Paulsen, 1995).

aus Buchen und Fichten (Abb. 2). Die Bäume wurden vier Jahre lang einer erhöhten CO₂-Konzentration ausgesetzt. Der CO₂-Gehalt in den Kammern war so hoch, wie er zum Ende dieses Jahrhunderts erwartet wird: 570 ppm CO₂ anstatt der heutigen 370 ppm CO₂.

Die Modellökosysteme in diesem Versuch wurden bewusst komplex gehalten, in Anlehnung an die Wälder im Schweizer Mittelland. So wuchsen die Bäume auch in verschiedenen Waldböden, einem sauren, nährstoffarmen und einem kalkhaltigen, nährstoffreichen.

Mit Isotopen dem CO₂ auf der Spur

Der Bodentyp bestimmte, wie die jungen Wälder auf die gesteigerte CO₂-Konzentration reagierten. Auf dem nährstoffreichen Boden regte erhöhtes CO₂ das Wachstum an, während die Bäume auf dem nährstoffarmen Boden nicht von dem verbesserten CO₂-Angebot profitierten. Im Boden selber wirkte sich die CO₂-Konzentration nicht auf den Kohlenstoffgehalt aus, obwohl man bei dem nährstoffreichen Boden erwarten könnte, dass ein angeregtes Wachstum auch zu einer verstärkten Bildung von neuem Humus führt. Bedeutet dies, dass Bäume über ihre Wurzeln und ihre Streu nur wenig Kohlenstoff an den Boden weitergeben? Oder wird dieser sofort von den Mikroorganismen wieder zu CO₂ veratmet?

Wir verfolgten die Spuren des CO₂ im Boden, da das zugeführte CO₂-Gas ein besonderes Signal besass. Es wies eine andere Zusammensetzung der beiden Kohlenstoffisotope ¹³C und ¹²C auf als die Umgebungsluft. Diese einzigartige Markierung ermöglicht es, das durch die Photosynthese aufgenommene CO₂ von den Blättern zu den Wurzeln und letztlich bis in den Humus des Bodens zu verfolgen.



Abb. 2. Junge Modellwälder wurden vier Jahre lang erhöhtem CO₂-Gehalt ausgesetzt (Bild: Ph. Egli).

CO₂-Senke in Böden ist begrenzt

Das Isotopen-Signal zeigte, dass die Bäume grosse Mengen an Kohlenstoff über die Streu und durch die Wurzeln in den Boden «pumpen» (Abb. 3). Bis zu einem Drittel des von den Bäumen gebundenen CO₂ wurde auf diesem Weg in neuem Humus fixiert.

Für die Senkenwirkung des Bodens ist entscheidend, wie lange Humus im Boden verbleibt. Aus diesem Grund entnahmen wir Bodenproben und bestimmten mit Hilfe der Isotopen, wie viel Humus durch Mikroorganismen wieder zu CO₂ veratmet wurde. Innerhalb des ersten Monats setzten die Mikroben etwa 10 bis 15 Prozent des neuen Humus als CO₂ frei. Ein beträchtlicher Teil des von den Bäumen in den Boden gepumpten Kohlenstoffs wird also nicht festgelegt, sondern entweicht schnell wieder als CO₂ in die Atmosphäre. Wir folgern daraus, dass das Potenzial von Böden als Senken für CO₂ begrenzt ist. Böden können die ansteigenden CO₂-Konzentrationen in der Luft wahrscheinlich nicht oder nur schwach abpuffern.

Durch Störungen werden Böden schnell zu CO₂-Quellen

Im Verlaufe der vier Versuchsjahre nahm der Kohlenstoffgehalt der Böden stark ab. Die Abnahme des Humusgehalts entsprach der von den Bäumen aufgenommenen CO₂-Menge (Abb. 2). Dieser grosse Verlust an Kohlenstoff war auf die Störung des natürlichen Systems Boden beim Einfüllen in die Wuchskammern zurückzuführen. Ehemals geschützter Humus wurde durch die Umwälzung des Bodens für die Mikroorganismen zugänglich. Die angeregte Aktivität der Mikroorganismen führte dann zu einem starken Abbau des Humus. Übertragen auf die Natur lässt sich daraus folgern, dass Störungen, wie Windwurf, Rodungen oder Strassenbau, Böden schnell in CO₂-Quellen verwandeln.

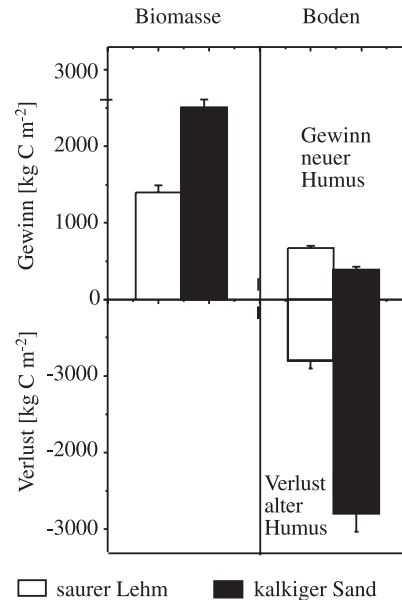


Abb. 3. Kohlenstoff-Bilanz nach 4 Jahren mit erhöhter CO₂-Konzentration. Dem Gewinn in Form von gewachsener Biomasse und neu gebildetem Humus steht der Verlust durch Abbau von altem Humus gegenüber.

In dem Versuch verwendeten wir zwei verschiedene Böden. Damit wollten wir den Einfluss verschiedener Bodentypen auf die Kohlenstoffdynamik untersuchen. Kohlenstoff-Modelle lassen erwarten, dass sich auf nährstoffreichen Böden mehr neuer Humus bildet, da die dort besser wachsenden Bäume mehr Kohlenstoff an den Boden weitergeben. Interessanterweise zeigte der WSL-Versuch genau das Gegenteil. Die Menge an neuem Humus war auf dem armen Boden um 75 Prozent höher als auf dem reichen. Wir führen das unerwartete Ergebnis auf eine höhere mikrobielle Aktivität im Boden zurück. Diese finden in einem nährstoffreichen Boden mit einem basischen Milieu günstigere Bedingungen vor und setzen aus dem Humus rasch wieder CO₂ frei.

Der Versuch mit den jungen Modellwäldern zeigte uns, dass Kohlenstoff in grossen Mengen schnell durch den Boden zirkuliert. Bäume «pumpen» zunächst grosse Mengen an Kohlenstoff in den Boden; Mikroorganismen jedoch zersetzen diesen neuen Humus schnell wieder und geben ihn als CO₂ an die Atmosphäre ab. Das Potenzial von Böden als Senken für atmosphärisches CO₂ erscheint daher begrenzt, da langfristig nur wenig neuer Humus entsteht. Der Versuch zeigte auch, dass Bodeneigenschaften, wie der pH-Wert und die Gehalte an Mineralien und Nährstoffen, bei der Bindung von Kohlenstoff in Wäldern eine wichtigere Rolle spielen als bisher angenommen.

Literatur

BRUNOLD, C., BALSIGER, P., BUCHER, J.B. & KÖRNER, C. (Hrsg.), 2001. Wald und CO₂: Ergebnisse eines ökologischen Modellversuchs. Birmensdorf, WSL, Bern/Stuttgart/Wien, Haupt.

HAGEDORN, F., SPINNLER, D., BUNDT, M., BLASER, P. & SIEGWOLF R., 2003. The input and fate of new C in two forest soils under elevated CO₂. Glob. Change Biol. 9, 862–872.

PAULSEN, J., 1995. Der biologische Kohlenstoffvorrat der Schweiz. Chur/ Zürich, Rüegger.

Dr. Frank Hagedorn, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf, frank.hagedorn@wsl.ch

Der Artikel wurde im Informationsblatt Forschungsbereich Wald 15/2003 veröffentlicht. Trotz der Jahreszahl 2003 ist der Beitrag zeitlos und von höchster Aktualität.

Nichts wert und doch so wertvoll: Wie rechnet sich die Walderholung?

Ein Waldspaziergang, eine Runde auf dem Vita Parcours oder ein Picknick am Waldrand: Der Mensch nutzt den Wald intensiv als Erholungsraum. Insbesondere in Ballungszentren ist die stadtnahe Walderholung wertvoll. Doch was heisst das konkret? Ein umwelt- und sozioökonomisches Forschungsprojekt geht dieser Frage nach. Menschen, die in einem Ballungsraum zu Hause sind, haben ein grosses Bedürfnis, sich in nahe gelegenen Wäldern zu erholen. Dies zeigte in den 1980er Jahren eine Pilotstudie, die dem Zürcher Wald einen hohen individuellen und gesellschaftlichen Erholungswert bescheinigte (SCHELBERT-SYFRIG, H. et al. 1988). Doch wie hoch ist der ökonomische Wert dieses Waldes als Erholungsraum heute? Wie und warum hat er sich in den vergangenen zwei Jahrzehnten verändert? Welche Erholungsleistungen werden heute im Zürcher Wald nachgefragt und wie lassen sich diese optimal bereitstellen? Und wie gut können wir den Erholungswert eines bestimmten Waldes auf andere Wälder übertragen? Oder stellen die Menschen in Zürich vielleicht andere Ansprüche an die Walderholung als jene in Basel oder Hamburg?

Mit unserem Forschungsprojekt, das in die WSL-Programme «Landschaft im Ballungsraum» und «Walddynamik» eingebunden ist, wollen wir Antworten auf diese Fragen finden. Dabei verfolgen wir drei übergeordnete Ziele. Erstens wollen wir den Erholungswert ermitteln. Um diesen Wert für den einzelnen Menschen wie für die Gesellschaft genauer erfassen zu können, führen wir mündliche und schriftliche Befragungen im Wald und in der Stadt Zürich durch. Dadurch wollen wir herausfinden, was die Walderholung für die Menschen wertvoll macht. Zweitens untersuchen wir, wie sich die monetären Bewertungsergebnisse auf andere stadtnahe Wälder übertragen lassen. Dieser so genannte Benefit-Transfer ist eine zeit- und kostengünstige Alternative, wenn man aufwändige



Abb. 1. Ein Picknick im Wald – ökonomisch bewertet. (Bild: R. Lässig)

Befragungen und Bewertungen an anderen Orten vermeiden will oder nicht durchführen kann. Wir werden daher die Ergebnisse unserer Wiederholungsstudie mit denen der Pilotstudie von 1988 (temporaler Vergleich) sowie mit denen anderer, aktueller Waldbewertungs-Untersuchungen (regionaler Vergleich) vergleichen. Die Ergebnisse des Vergleichs erlauben uns, die Möglichkeiten und Grenzen des Benefit-Transfers zu bestimmen. Schliesslich sollen die Ergebnisse der Studie in die Planung von konkreten Massnahmen im Wald einfließen. Denn unsere Kooperationspartnerin Grün Stadt Zürich will ihre zukünftigen Entscheide zur Gestaltung und Nutzung des Zürcher Waldes auf die Ergebnisse der Untersuchung des Besucherverhaltens und der Ansprüche der WaldbesucherInnen abstützen.

Dr. Anna Roschewitz, Kathrin Bernath, Eidg. Forschungsanstalt WSL, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf, anna.roschewitz@wsl.ch, kathrin.bernath@wsl.ch

Der Artikel wurde im Informationsblatt Forschungsbereich Wald 17/2004 veröffentlicht. Trotz der Jahreszahl 2004 ist der Beitrag zeitlos und von höchster Aktualität.