

Wie reagieren Torfmoore auf die globalen Veränderungen? Klimawandel könnte Moorregenerationen erschweren

Von Alexandre Buttler, Laboratory of Ecological Systems, ETH-WSL Lausanne, alexandre.buttler@epfl.ch,
und Edward Mitchell, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Standort Lausanne, edward.mitchell@epfl.ch

Die Moore in der nördlichen Hemisphäre enthalten 40 bis 60% des in der Atmosphäre in Form von Kohlendioxid vorhandenen Kohlenstoffs. Damit Abbauflächen wieder Torf produzieren und somit Kohlenstoff akkumulieren können, müssen sie regeneriert werden. Wie solche Regenerationen auszusehen haben und wie sich Klimaerwärmung, Wasserstandsschwankungen und Nährstoffeinträge auf die Kohlenstoffspeicherkapazität der Torfmoore auswirken, wird im Rahmen mehrerer EU-Forschungsprojekte untersucht.

Fotos Alexandre Buttler, Lausanne



Torf bildet sich durch unvollständige Zersetzung der Vegetation in einem wassergesättigten Umfeld. Torfmoose eignen sich besonders gut für die Akkumulation von organischem Material.

Torfmoore sind «alte» Ökosysteme, deren Entstehung zum Teil bis in die Anfänge des Holozäns vor 10 000 Jahren zurückreicht. Angesichts der globalen Veränderungen wie Klimawandel, Luftverschmutzung und Biodiversitätsverlust sind Moore aber auch «moderne» Forschungsobjekte. Die Aufmerksamkeit der Wissenschaft richtet sich gegenwärtig auf zwei Aspekte: Zum einen auf die Prozesse im Zusammenhang mit dem Kohlenstoff, der im organischen Material des Torfkörpers gespeichert ist, zum anderen auf den Verlust von Tier- und Pflanzenarten (Chapman et al. 2003).

Wichtiger Kohlenstoffspeicher

In der Schweiz haben die Massnahmen zum Schutz der Moore die Erhaltung der wenigen noch existierenden Objekte und die Regeneration der durch den Torfabbau gestörten Flächen zum Ziel. Der Beitrag der Torfmoore zur Vielfalt der Landschaft ist mit Ausnahme der nördlichen Voralpen und einigen Gebieten im Jura allerdings bescheiden. Auch die Bedeutung der Torfmoose in Bezug auf die Prozesse des Kohlenstoffkreislaufs und der Treibhausgase ist minim. Ganz anders sieht dies aus, wenn man die gesamte nördliche Hemisphäre betrachtet.

Schätzungen gehen davon aus, dass die Torfmoore der Nordhalbkugel 20 bis 30% des organischen Kohlenstoffs enthalten, der in den Böden der Welt gespeichert ist – das entspricht 40 bis 60% des in der Atmosphäre eingelagerten Kohlenstoffs (Gorham 1991)! Dieser Kohlenstoffvorrat wird nach und nach durch den Menschen freigesetzt: Torf wird als Brennstoff verwendet, Böden werden entwäs-

Wettbewerb unter Pflanzen:

Die globalen Veränderungen beeinflussen auch die Dynamik der Vegetation

Bei der Regeneration von Torfmooren stellen sich zunächst Pionierpflanzen ein, die den Boden kolonisieren. Sobald sie einmal Fuss gefasst haben, fördern sie die Ansiedlung und das Wachstum von Torfmoosen (Grosvernier et al. 1995). Die globalen Veränderungen wie Klimawandel, Stickstoffeintrag und erhöhte CO₂-



Die Moose *Polytrichum strictum* und *Sphagnum rubellum* (rot)

Konzentration in der Atmosphäre können allerdings den Wettbewerb unter diesen Pionierpflanzen und den Torfmoosen beeinflussen.

Eine Studie im Rahmen des europäischen Projekts «BERI» hat gezeigt, dass der Eintrag von Stickstoff eine negative Wirkung auf die Torfmoose hat: Während die Regeneration der Torfmoore behindert wird, fördert der Stickstoff die Entwicklung der anderen Pflanzen. Die erhöhten CO₂-Konzentrationen der Atmosphäre hemmen ebenfalls das Wachstum von Moosen der Gattungen *Polytrichum* und *Sphagnum*; allerdings betrifft dieser negative Effekt die *Polytricha* stärker und unterstützt so die Torfmoose in ihrem Kampf um Lebensraum (Mitchell et al. 2002).

sert und in land- und forstwirtschaftlich nutzbares Land umgewandelt, was eine rasche Zersetzung des Torfs zur Folge hat. Dadurch geht Lebensraum für zahlreiche hochspezialisierte Tier- und Pflanzenarten verloren. Zudem gerät das ganze Ökosystem aus dem Gleichgewicht. Das kann dazu führen, dass die ökologischen Dienstleistungen, von denen der Mensch abhängig ist, ausser Kraft gesetzt werden. Wichtige Dienstleistungen sind die Regulation des Wasserhaushaltes in der Landschaft und die Speicherung grosser Mengen an Kohlenstoff.

Der Werdegang des von den Pflanzen produzierten organischen Materials entscheidet sich in den obersten Zentimetern des Moorbodens, und zwar in einer Art «Umwandlungsfabrik» mit zwei Abteilungen, dem Akrotelm und dem Katotelm. Das Akrotelm (griech. *akros*, höchst; *telma*, Sumpf) ist der obere Bereich des Moorbodens. Hier finden die biologischen Vorgänge aerob statt. Durch Wachstum und Absterben von Pflanzenteilen entsteht Torf. Das Katotelm (griech. *kato*, unten) ist der darunter liegende wassergesättigte Bereich mit deutlich geringerer biologischer Aktivität. In diesem Torferhaltungshorizont verlaufen die biologischen Vorgänge anaerob. Eine Veränderung dieser Schnittstelle, vor allem durch Entwässerung, stellt die Fähigkeit dieses Lebensraums in Frage, Kohlenstoff der Primärproduzenten aufzunehmen – sie hat sogar das Gegenteil zur Folge. Es entsteht ein Ungleichgewicht, das zur Mineralisation tendiert und deshalb nicht nur jungen, von den Pflanzen in einem Jahr gespeicherten Kohlenstoff freisetzt, sondern auch Kohlenstoff aus bereits fossilisiertem Torf.

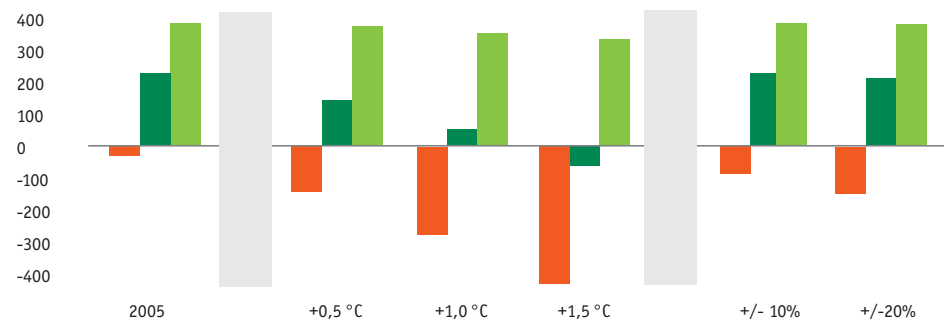
Neue Chance für Moore

Angesichts des radikalen Torfschwunds in Europa, wo bereits 52% der Torfmoore verschwunden sind – in Holland und der Schweiz liegt dieser Anteil sogar bei 90% (Joosten und Clarke 2002) – und in Anbetracht der Schädigung dieser Ökosysteme vor allem in den Ländern Nordeuropas und Nordamerikas, wo Torf eine wirtschaftlich bedeutende Ressource ist, darf es bei den Schutzanstrengungen nicht nur darum gehen, die noch verbliebenen Gebiete zu bewahren; die Abbauflächen müssen

Speichert das Torfmoor Kohlenstoff oder setzt es ihn frei?

Neueste Studien im Rahmen des europäischen Forschungsprogramms «RECIPE» haben gezeigt, welche Regenerationsstadien wie viel Kohlenstoff speichern können (Samaritani et al., in prep.). Die Grafik zeigt drei Stadien in einem Torfmoor im Jura: ein junges Stadium (22 Jahre nach dem Torfabbau, orange), ein mittleres Stadium (31 Jahre, grün) und ein altes Stadium (44 Jahre, hellgrün). Der Nettoaustausch des Ökosystems an Kohlenstoff wurde mit einer Glocke gemessen, die den Boden und seine Bepflanzung abdeckt und mit einem Infrarotanalysator für den Nachweis der Veränderungen in der Konzentration von Kohlendioxid verbunden ist. Die Gesamtmessung resultiert aus der Differenz zwischen dem durch die Photosynthese fixierten Kohlenstoff und demjenigen, der durch die Pflanzen und Organismen – auch diejenigen im Boden – freigesetzt wird. Der Einfluss des Methans ist hier

vernachlässigbar. Die Bilanz wurde für das Jahr 2005 anhand von biologischen Variablen sowie von Umweltvariablen (Blattoberfläche, Licht, Boden- und Lufttemperatur, Wasserstand) modelliert. Es wurden Temperaturerhöhungen um 0.5/1/1.5 °C sowie eine erhöhte Schwankung des Wasserstands im Boden um 10 und 20% simuliert. Über dem Wert 0 speichert das System Kohlenstoff, darunter wird er freigesetzt. Die Simulationsergebnisse zeigen, dass Umweltveränderungen in differenzierter Weise die Regenerationsstadien beeinflussen. Bei den hier simulierten globalen Änderungen erfüllt nur das älteste Stadium die Funktion als Speicher. Diese Simulation lässt zudem den Schluss zu, dass die Regeneration in einem Klima mit höheren Temperaturen oder bei stärker schwankenden Regenerationsmengen schwieriger sein wird.



Torfmoore unter veränderten Umweltbedingungen

Vertikale Achse: Nettoaustausch der Moore an Kohlenstoff in Gramm Kohlenstoff (aus CO₂) pro m² und Jahr | Horizontale Achse: Stand 2005; Klimaerwärmung um +0.5, +1.0 und +1.5 °Celsius; Wasserstandsschwankungen im Torfkörper in Prozent | Farbige Balken: Moorregenerationsstadien:

■ = 22 Jahre nach Torfabbau ■ = 31 Jahre nach Torfabbau ■ = 44 Jahre nach Torfabbau

auch regeneriert werden. Es gibt zahlreiche Regenerationsversuche, die zum Ziel haben, eine Pflanzendecke aus Torfmoosen der Gattung *Sphagnum* anzusiedeln. Diese Torfmoose sind die in diesem extremen Milieu effizienten Primärproduzenten. Es reicht allerdings nicht, auf den kahlen Flächen, auf denen Oberflächentemperaturen von bis zu 70 °C herrschen, einfach wieder Pflanzen anzusiedeln; das System Torfmoor muss vielmehr wieder in die Lage versetzt werden, Kohlenstoff zu speichern. Man schätzt, dass die Speicherkapazität der nordischen Torfmoore rund 70 Millionen Tonnen Kohlenstoff pro Jahr beträgt, das heisst rund 1% der anthropogenen Emissionen (Gorham 1991,

Clymo et al. 1998). Wie sich die Abbauflächen regenerieren lassen und wann die Moore wieder zu «leben» beginnen, untersuchen Wissenschaftler aus der Schweiz, Grossbritannien, Frankreich, Deutschland und Finnland seit mehreren Jahren im Rahmen von internationalen EU-Forschungsprojekten. Das Ziel des EU-Forschungsprogramms «RECIPE» (www.macaulay.ac.uk/RECIPE) ist es, Richtlinien für den Torfabbau zu erstellen. Vor allem soll der Zeitpunkt bestimmt werden, an dem der Torfabbau gestoppt werden muss, bevor das Ökosystem irreparable Schäden erleidet. ■

Literaturliste:

www.biodiversity.ch/publications/hotspot/