

Bäume im Trockenstress

Forschungs-Großgerät der Trierer Geobotanik liefert Daten für ein Projekt zum Klimawandel in der Schweiz

Wie wirken sich Temperaturerhöhung und daraus resultierende Trockenheit im Verlauf des aktuellen Klimawandels auf Wälder aus? Diese global bedeutende Frage beschäftigt auch Pflanzenphysiologen und Forstwissenschaftler der renommierten Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL). Im Rahmen einer Langzeit-Untersuchung an einem Kiefernwald im Kanton Wallis wurden in einem Markierungs-Experiment mit natürlich vorkommenden, stabilen Isotopen einzelne Bäume erhöhten Konzentrationen von Kohlenstoffdioxid (CO₂) und Wasserdampf ausgesetzt. Dabei kamen auch Analysegeräte des Fachs Geobotanik (Fachbereich VI) der Universität Trier zum Einsatz, die kürzlich durch Bewilligung eines Antrags auf Forschungsgröße beschafft werden konnten.

Wie für die Mehrzahl mitteleuropäischer Regionen, so werden auch für die Schweiz im Verlauf des 21. Jahrhunderts steigende Temperaturen prognostiziert. Besonders davon betroffen sind voraussichtlich die trockenen inneralpinen Täler, zu denen auch die Tieflagen des Wallis gehören. In den Beständen der Waldkiefer oder Waldföhre (*Pinus sylvestris*) des Pfywalds, eines zehn Quadratkilometer umfassenden Naturreservats im Walliser Rhonetal (615 m ü. NN), wird die klimatische Trockenheit noch verstärkt durch den extrem flachgründigen Boden, der dem verwitternden Kalkschutt des Gorwetschgrats in einer Stärke von teilweise nur etwa zehn Zentimetern aufliegt. Deshalb sind die ungefähr 100 Jahre alten Kiefern dort auch nur circa elf Meter hoch. Dennoch stellen ihre Bestände einen wichtigen Schutz vor Murgängen dar.

Um die Reaktionen der Waldkiefern auf zunehmende Trockenheit im Vergleich mit gut wasserversorgten Bäumen zu testen, startete die WSL im Pfywald im Jahr 2003 ein Projekt, das bis 2022 läuft. Während drei Bestandesteile unter Umgebungsbedingungen verbleiben, werden drei andere Bestandesteile jährlich von April bis Oktober über Sprinkler künstlich beregnet, um einen Vergleich mit gut wasserversorgten Bäumen zu

ermöglichen. Auf jeweils einer Teilfläche der beregneten Bestandesteile wurde die Beregnung im Oktober 2013 eingestellt, um die Reaktionen der Bäume auf die dann wieder zunehmende Trockenheit zu prüfen.

Im Rahmen dieses Projekts führte die WSL vom 29. August bis 19. September 2017 unter wissenschaftlicher Leitung von Dr. Arthur Gessler und wissenschaftlicher Koordination durch Dr. Jobin Joseph ein Experiment zur Aufnahme von CO₂ und Wasserdampf über die Nadeln durch, um Unterschiede zwischen trockenheitsgestressten und gut wasserversorgten Bäumen in der Umsetzung dieser Stoffe während des Stoffwechsels zu untersuchen. Dazu wurden nicht nur einzelne Äste, sondern auch die gesamten Kronen ausgewählter Kiefern in Plastikfolie eingehüllt und drei Stunden lang mit erhöhten Konzentrationen von CO₂ oder Wasserdampf begast bzw. benebelt.

Das dabei verwendete CO₂ enthielt als Kohlenstoff (C) - anstelle des in der Natur vorherrschenden C-Atoms mit der Masse 12 - fast ausschließlich das schwere, in der Natur aber mit einem Anteil von nur etwa einem Prozent vorkommende ¹³C. Der Wasserdampf (H₂O) war mit dem schweren Sauerstoff-Atom ¹⁸O markiert, dessen natürlicher Anteil an den Sauerstoffatomen aber nur knapp 0,2 Prozent beträgt. Auf diese Weise ist es möglich, den Weg des aufgenommenen Kohlen- und Sauerstoffs über die Stoffwechselprozesse im Baum und über eventuell vom Baum abgegebene Substanzen zu verfolgen: Das CO₂ wird in den Nadeln durch Fotosynthese zu Kohlenhydraten (Zucker) umgesetzt, die über mehrere Stoffwechsellvorgänge in den Speicherstoff Stärke oder in die Gerüstsubstanzen Cellulose und Lignin (den Grundstoff des Holzes) überführt werden. Ein Teil der Kohlenhydrate kann auch über die Wurzeln im Austausch gegen Mineralstoffe an Pilze abgegeben werden, mit denen die Bäume zu gegenseitigem Vorteil (mutualistisch) zusammenleben oder in den Wurzelraum ausgeschieden werden, wo sie die Nahrungsgrundlage für Bakterien bilden.

Durch die Benebelung mit markiertem Wasserdampf wiederum lässt sich nachverfolgen, zu welchen Anteilen der aus der Atmosphäre aufgenommene Sauerstoff und - im Umkehrschluss - zu welchen Anteilen Sauerstoff des aus dem Boden aufgenommenen Wassers in den Nadeln in organische Substanz überführt wird und schließlich in anderen Teilen des Baumes landet.

Nach dem Entfernen der Plastikfolie im Anschluss an die dreistündige Exposition der Baumkronen

Kohlenstoffisotopen-Analysator (links, hinter dem Monitor) mit Multiport-Eingangsventil (rechts) der Geobotanik Trier im Messeinsatz in einem Waldkiefernbestand des Pfywalds.

Auf der rechten Seite des Monitorbildes ist der Anstieg der CO₂-Konzentration (obere Grafik) und des Anteils des schweren Kohlenstoff-Isotops ¹³C am CO₂ (untere Grafik) nach Beginn der Begasung zu erkennen. Die Geräte sind zum Schutz vor Witterungseinflüssen in einer mit Plastikfolie abgedichteten Holzbox untergebracht. Fotos: Frank Thomas

wurde die Luft im unteren Bereich des Baumbestandes mit tragbaren Gebläsen verwirbelt, um eine lokale Anreicherung der Markierungssubstanzen und eine dadurch mögliche Beeinflussung der Untersuchungsergebnisse zu vermeiden. Zur Nachverfolgung dieser Stoffwechselwege werden nach Ende des Experiments Proben verschiedener Pflanzenteile (Nadeln, Transportgewebe, Holz, Wurzeln) sowie von Pilzen, Boden und auch von neben den Altbäumen wachsenden Kiefern sämlingen gewonnen.

Mit entsprechenden Berechnungen lassen sich auch die Mengen der jeweils transportierten organischen Substanzen kalkulieren. Auf diese Weise wird deutlich, welche Auswirkungen Trockenheit auf das Stoffwechselverhalten der Waldbäume und damit auch auf die Stabilität und gegebenenfalls Erholungsfähigkeit der Wälder hat.

Mit seiner Dauer und der Vielfalt seiner Forschungsansätze ist das Pfywald-Projekt zumindest in Europa einzigartig auf dem Gebiet von Studien zu den Auswirkungen von Trockenstress auf Wälder. Derartig komplexe Untersuchungen von der Ebene einzelner Baumorgane bis zur Bestandesebene sind nur durch Zusammenarbeit mehrerer Arbeitsgruppen mit jeweils spezifischen Aufgabenstellungen möglich - eine für aktuelle Projekte im Bereich der Umweltforschung typische Voraussetzung. Dementsprechend sind auch am aktuellen Experiment verschiedene Arbeitsgruppen nicht nur aus der Schweiz (WSL, Universität Basel), sondern auch aus Deutschland beteiligt (Max-Planck-Institut für Biogeochemie in Jena, Universität Hohenheim, Universität Trier).

Zur Durchführung des Nebelbelungs-Experiments und zur Erweiterung der Messkapazitäten für den ¹³C-Markierungsversuch wurde die Geobotanik der Universität Trier gebeten, an dem aktuellen Experiment teilzunehmen. Dabei kamen ein Kohlendioxid- und ein Wasserdampfisotopen-Analy-



sator der Geobotanik mit angeschlossener Wasserdampf-Isotopenstandardquelle zum Einsatz. Diese Geräte waren von der Geobotanik im Sommer 2016 nach Bewilligung eines DFG-Antrags auf Beschaffung von Forschungs Großgeräten erworben worden und konnten nach Testläufen im Labor nun erstmals im Freiland genutzt werden - für derartige Zwecke sind sie auch konzipiert und entsprechend beantragt worden.

Die Autoren dieses Beitrags übernehmen den Transport dieser Geräte und deren Auf- und Abbau im Gelände. Die Analysegeräte liefen während der dreiwöchigen Dauer des Experiments fehlerfrei und lieferten umfangreiche Datensätze, die nun von den Projektverantwortlichen ausgewertet werden. Nach einer Zusammenschau der Resultate sollen die wesentlichen Befunde in hochrangigen Fachzeitschriften publiziert werden. Es ist zu hoffen, dass - im Gegensatz zu derzeit gängiger populärwissenschaftlicher Literatur über Bäume und Wälder, in der für Außenstehende nur schwer differenzierbar Fakten mit Mythen vermischt werden - Erkenntnisse aus derartigen Projekten auch in der breiteren Öffentlichkeit zu einem tieferen und naturwissenschaftlich fundierten Verständnis der spannenden Zusammenhänge in Waldökosystemen führen werden.

Prof. Dr. Frank Thomas, Bernhard Backes, Prof. Dr. Willy Werner/Geobotanik der Universität Trier

Weitere Informationen:

Zum Projekt in der Schweiz:

www.wsl.ch/fe/walddynamik/projekte/irrigationpfywald/index_EN

Zur Kritik an populärwissenschaftlicher Literatur über Bäume und Wälder:

<http://blogs.faz.net/blogseminar/die-wahrheit-ueber-den-deutschen-wald/comment-page-2/>

Kontakt:

Prof. Dr. Frank Thomas
Geobotanik

☎ 0651/201-2393

✉ thomasf@uni-trier.de

Umhüllung eines Baumes im Waldkiefernbestand des Pfywalds. Innerhalb der Plastikhülle sind Messgeräte und Zuleitungen zur Erfassung des Kleinklimas in der Hülle und des Gaswechsels der Nadeln angebracht. Während der Begasung ist die Hülle um den Stamm herum geschlossen. Am unteren Bildrand ist der obere Teil des Gerüsts zu erkennen, über das ein Teil der Baumkronen zugänglich ist Foto: Frank Thomas

Foto im Hintergrund: Blick auf den Pfywald mit dem Bereich des Untersuchungsstandorts (orangefarbene Markierung). Im Vordergrund: Flussbett der Rhone; im Hintergrund: Gorwetschgrat. Foto: Frank Thomas

