

Das Projekt KLIMAGRAD zieht Bilanz Klimawandel und menschliche Einflüsse in Bergökosystemen

Die Ökosysteme der Alpen sind besonders vom Klimawandel betroffen. Zum einen hat sich die Jahresmitteltemperatur in den Alpen um etwa das Doppelte (1,5 °C) gegenüber dem globalen Durchschnitt (0,7 °C) erhöht. Zum anderen ist das Leben in den Hochlagen durch Kälte, Wind und extremer Topografie geprägt, worauf alpine Tier- und Pflanzenarten angepasst und spezialisiert sind. Das macht sie besonders verletzlich gegenüber Störungen und Veränderungen in ihrem Lebensraum. Das Projekt KLIMAGRAD, finanziert vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit, hat die Auswirkungen von Umweltveränderungen auf das Ökosystem der Alpen im Detail untersucht.

Verlängerung der Vegetationszeit

In einem Teilprojekt beobachteten Mitarbeiter des [Fachgebiets für Ökoklimatologie](#) der Technischen Universität München (TUM) die Phänologie von Bäumen im Bergmischwald, das heißt die Eintrittszeitpunkte von Entwicklungsphasen wie etwa Blühbeginn oder Blattentfaltung. Wann im Jahresverlauf diese Stadien eintreten, wird hauptsächlich von der Temperatur gesteuert. Darum gelten Veränderungen in der Phänologie als besonders gute Indikatoren des Klimawandels.

Durch den natürlichen Temperaturrückgang mit steigender Höhe konnte Dipl.-Geoökologin Christina Schuster den Einfluss der Temperatur auf die Eintrittstermine von sieben Baumarten bestimmen. Das Ergebnis: Bei einer Erwärmung von einem Grad tritt der Knospenaufbruch der Bäume früher ein – bei der Tanne um drei Tage, bei der Rotbuche sogar um zehn Tage. Der Blattfall der untersuchten Laubbäume hingegen verspätet sich um acht bis neun Tage. Konkret heißt das: Pro Grad Erwärmung verlängert sich die Vegetationszeit deutlich – und zwar um etwa zwei Wochen.

Milde Winter wirken der Verfrühung entgegen

Ergrünen und blühen Bäume nun in einem wärmeren Klima immer früher und früher? „Nein“, beantwortet Projektkoordinatorin [Prof. Dr. Annette Menzel](#) von Fachgebiet für Ökoklimatologie. „Die meisten Pflanzen brauchen im Winter eine Ruhezeit mit entsprechend niedrigen Temperaturen. Ist die Witterung mild, sind höhere Temperatursummen im Frühling nötig, damit Bäume austreiben und blühen.“ Wie die Wissenschaftler nun wissen, spielt dieser Effekt vor allem bei Laubbäumen eine große Rolle. Ob es eine bestimmte Grenze gibt, einen frühesten Termin, der auch bei noch höheren Temperaturen nicht unterschritten werden kann, ist noch Gegenstand der Forschung.

Laubbäume: Gewinner beim Stammwachstum

Christina Schuster hat auch das Stammwachstum von Rotbuche und Fichte anhand kleiner Holzkern-Proben, sogenannter Microcores, untersucht. Diese Proben wurden zu dünnen Schnitten verarbeitet und digitalisiert. Anhand der Vermessung dieser Dünnschnitte konnte die Doktorandin den Zuwachsverlauf eines Jahrringes ableiten. Wie erwartet nimmt der Stammzuwachs der Bäume mit der Höhe ab. Eine für die Forstwirtschaft weitere wichtige Erkenntnis: Bei den Laubbäumen beein-

flusst die Verlängerung der Vegetationsperiode auch die Dauer des Stammwachstums. Dadurch profitieren sie mehr von steigenden Temperaturen als Nadelbäume.

Arktisch-alpine botanische Gärten: ein neues Netzwerk

Im Tiefland stellen die langzeitlichen Beobachtungen der Internationalen Phänologischen Gärten (IPG) bereits eine wichtige Datengrundlage dar, um die Auswirkungen des Klimawandels auf die Vegetation zu untersuchen. In arktischen und alpinen Gebieten, die besonders von der globalen Erwärmung betroffen sind, fehlen jedoch vergleichbare und vor allem längerfristige Erhebungen.

Daher initiierte Dr. Andreas Gröger vom Botanischen Garten München-Nymphenburg in Zusammenarbeit mit dem [Lehrstuhl für Systematische Botanik \(LMU\)](#) ein europäisches Netzwerk arktisch-alpiner botanischer Gärten. Neben dem [Alpengarten auf dem Schachen](#) nehmen bislang sieben Gärten in Italien, Frankreich und Norwegen an dem neuen Beobachtungsprogramm teil.

Mensch und Tier beeinträchtigen Ökosysteme

Den Einfluss von Mensch und Tier auf die Vegetation des Zugspitzplatts untersuchten die Wissenschaftler der Universität Augsburg. Wichtige Grundlage der [Arbeitsgruppe Biogeographie](#) war, eine detaillierte Vegetationskarte des Untersuchungsgebiets zu erstellen.

Der Einfluss des Menschen war vor allem an den Flächen rund um die größeren Gebäude wie Knorrhütte oder Sonn-Alpin massiv: Großteils waren diese Flächen durch das ständige Begehen sogar vegetationslos. Die Vegetation entlang der Skipisten und Wanderwege war ebenfalls durch Tritt und mechanischen Druck deutlich beeinflusst. Zusätzlich veränderten weidende Schafe die Pflanzendecke deutlich.

Stickstoff belastet Bergwälder

Eine weitere Bedrohung der Bergwälder entsteht durch übermäßigen Stickstoffeintrag. Einerseits steigert Stickstoff zwar das Wachstum der Bäume, andererseits führt ein Überschuss zu einer geringeren Biodiversität, veränderten Vegetationszusammensetzung und Versauerung des Bodens. Weitere Folgen sind, dass Lachgas verstärkt emittiert wird und die Nitratbelastung des Grundwassers steigt.

Die Kooperationsgruppe „[Comprehensive Molecular Analytics](#)“ des Helmholtz Zentrums München hat den Einfluss der komplexen Geländeform und meteorologischen Bedingungen auf die Stickstoffdeposition in Fichtenwälder untersucht. Die Feststellung der Forscher: Durch Emissionen aus Verkehr, Hausbrand und landwirtschaftlichen Praktiken ergibt sich auch in den Bergwäldern eine hohe Gesamtstickstoffdeposition von bis zu 30 Kilogramm pro Hektar und Jahr – eine Menge, die bereits über dem kritischen Wert für Waldschäden liegt.

Der Ozonentstehung auf der Spur

[Dr. Michael Leuchner](#) vom Fachgebiet für Ökologiklimatologie erfasste entlang von Höhengradienten und an der [Umweltforschungsstation Schneefernerhaus \(UFS\)](#) Luftschadstoffe. Da die Luft auf Deutsch-

Technische Universität München Corporate Communications Center 80290 München www.tum.de

Dr. Ulrich Marsch
Klaus Becker

Sprecher des Präsidenten
Pressereferent

+49.89.289.22779
+49.89.289.22798

marsch@zv.tum.de
becker@zv.tum.de

lands höchst gelegener Forschungseinrichtung (2650 Meter) nicht durch lokale Schadstoffemissionen belastet ist, können umfassendere Aussagen über den Zustand der Atmosphäre getroffen werden.

Fokus der Forschung waren flüchtige organische Verbindungen (VOC). Dies sind Kohlenwasserstoffverbindungen, welche unter Strahlungseinfluss bei der Entstehung von troposphärischem Ozon beteiligt sind. Troposphärisches Ozon wirkt nicht nur als Reizgas und ist schädlich für Mensch und Tier, sondern trägt als klimaaktives Gas auch zum anthropogenen Treibhauseffekt bei.

Die wichtigste anthropogene VOC-Quelle ist die unvollständige Verbrennung von organischen Substanzen. Erste Messungen zeigten: Die höchsten VOC-Konzentrationen wurden im Tal und somit nahe den anthropogenen Quellgebieten gemessen. Mit zunehmender Höhe sanken die Werte, stiegen aber am höher gelegenen Kreuzeck durch den Seilbahnbetrieb wieder an.

Eine natürliche Quelle stellt die Vegetation dar: Sie emittiert während der Photosynthese oder als Stressreaktion biogene VOCs (BVOCs). „Durch den fortschreitenden Klimawandel sind Pflanzen erhöhtem Temperaturstress ausgesetzt, wodurch die Emissionen von BVOCs künftig noch weiter steigen könnten“, erläutert Dr. Michael Leuchner.

Klimadaten als Grundlage

Basis des KLIMAGRAD-Projekts war ein groß angelegtes Messnetz entlang von vier Höhengradienten im Werdenfeller Land, die sich von 700 bis auf 1800 Metern erstreckten. An jeweils einem Gradienten installierten die Wissenschaftler des Fachgebiets für Ökoklimatologie eine Klimastation zur Messung sämtlicher wichtiger Wetterelemente (z.B. Luft-, Oberflächen- und Bodentemperatur, Niederschlag und Sonneneinstrahlung). Zusätzlich erfassten 42 Datenlogger Lufttemperatur und -feuchtigkeit. Auch die vom Deutschen Wetterdienst betriebenen Stationen in Garmisch und auf der Zugspitze sowie die Messungen der UFS trugen zu der umfangreichen Datenbasis des Projekts bei.

Nach dem Ende der Laufzeit

Obwohl die Laufzeit des Projekts nach mehr als drei Jahren im Januar 2013 endete, ist nun der Grundstein für weitere Forschung gelegt. Die vier Klimastationen sind für den Dauerbetrieb vorgesehen. Auch die Emissionsmessungen werden fortgesetzt: Ein Gaschromatograph misst VOCs, ein CO₂-Isotopengerät sowie ein Formaldehyd-Messgerät dienen dazu, den biogenen und anthropogenen Anteil der Luftmassen aufzuschlüsseln. Um die Vegetationsdynamik auf dem Zugspitzplatt langfristig zu untersuchen, errichteten die Forscher der Universität Augsburg Dauerbeobachtungsflächen. Ferner ist mit dem neuen arktisch-alpinen botanischen Beobachtungsnetzwerk nicht nur die Brücke zur Zusammenarbeit mit Institutionen in ganz Europa geschlagen. Durch die fortführenden phänologischen Beobachtungen ist künftig auch eine breite Datenbasis der Vegetationsentwicklung in den Alpen sichergestellt.



Technische Universität München

Mehr Informationen:

Aktuelle Messwerte der Klimastationen

<http://www.oekoklimatologie.wzw.tum.de/index.php?id=150>

Kontakt:

Prof. Dr. Annette Menzel (Projektkoordination)

Technische Universität München

Fachgebiet für Ökoklimatologie

T: +49.8161.71.4740

E: amenzel@wzw.tum.de

W: <http://www.oekoklimatologie.wzw.tum.de>

Redaktion:

Dr. Susanne Jochner

Technische Universität München

T: +49.8161.71.4746

E: jochner@wzw.tum.de

Technische Universität München Corporate Communications Center 80290 München www.tum.de

Dr. Ulrich Marsch
Klaus Becker

Sprecher des Präsidenten
Pressereferent

+49.89.289.22779
+49.89.289.22798

marsch@zv.tum.de
becker@zv.tum.de