

Klimawandel – Risiko für alpine Pflanzen?

Brigitta Erschbamer

Institut für Botanik, Leopold-Franzens Universität Innsbruck

Climate Change – A risk for Alpine Plants?

Climate is one of the major determinants for occurrence, growth and altitudinal range of plant species. Due to the temperature enhancement, ongoing for more than 100 years, growth processes and altitudinal ranges are expected to change. Especially in the alpine zone, i.e. above tree line, pronounced effects were suggested. Plant species from lower altitudes migrate higher and higher, out-competing alpine species which have to climb also higher and higher. Finally they may get extinct.

After a general introduction to this topic, two research projects are presented. One project deals with the reaction of glacier foreland species to experimentally enhanced temperatures. During 9 years, the growth of selected target species was studied in open top chambers (“mini growing chambers”). Winners and losers were found and scenarios for the future are outlined.

The second project is the meanwhile worldwide operating GLORIA project. The main aim is to install a global observation network in high mountain regions. In each region an altitudinal gradient with four summits from the zone above tree line up to the nival zone will be studied. The permanent plots will be monitored in intervals of 5 to 10 years. With the surveys a risk assessment for alpine species and environments will be provided. Two GLORIA regions in South Tyrol, one in the western Dolomites and one in the Central Alps (Nature Park Texelgruppe), are introduced.

Zusammenfassung

Das Klima ist einer der entscheidenden Faktoren für Vorkommen, Wachstum und Verbreitung von Pflanzenarten. Durch die Temperaturerhöhung, die nun schon über 100 Jahre andauert, ändern sich sowohl Wachstumsprozesse als auch Verbreitungsgrenzen. Gerade für die alpine Stufe, d.h. für den Bereich oberhalb der Waldgrenze, erwarten wir gravierende Auswirkungen. Pflanzenarten aus tieferen Lagen wandern immer weiter nach oben und drängen die alpinen Pflanzen immer höher hinauf bis diese letztendlich aussterben könnten. Nach einer allgemeinen Einführung zu dieser Thematik werden zwei Forschungsprojekte vorgestellt. Eines befasst sich mit der Reaktion von Gletschervorfeldpflanzen auf erhöhte Temperaturen. Im Verlauf von 9 Jahren wurde das Wachstum ausgewählter Arten in „Mini-Gewächshäusern“ im Gletschervorfeld untersucht. Gewinner und Verlierer wurden ermittelt und Prognosen für künftige Entwicklungen erstellt.

Das mittlerweile weltweit laufende Projekt GLORIA wird als zweites Projekt vorgestellt. Hier handelt es sich um die Einrichtung eines Dauerbeobachtungsnetzes in den Hochgebirgen der Erde, um eine Risikoabschätzung für alpine Lebensräume durchführen zu können. In jeder Gebirgsregion werden vier Gipfel entlang eines Höhengradienten ausgewählt, und zwar vom Bereich knapp oberhalb der Waldgrenze bis hinauf zur nivalen Stufe. Dauerflächen werden in jeder Haupthimmelsrichtung eingerichtet. Diese werden alle 5 – 10 Jahre aufgenommen. Zwei GLORIA-Regionen in Südtirol, eine in den westlichen Dolomiten und eine in den Zentralalpen (Naturpark Texelgruppe), werden vorgestellt.

Der Klimawandel in den letzten 100 Jahren

In den letzten 100 Jahren sind die Treibhausgase Kohlendioxid, Methan, Stickoxide, Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe, rasant angestiegen (IPCC 2001). Die Temperatur nahm seit 1850, von wenigen Ausnahmen abgesehen, weltweit um $0.6 + 0.2$ °C zu, im Alpenraum sogar um 1.6 bis 1.8 °C. Die Prognosen für das Jahr 2100 sehen einen weiteren Anstieg der Temperaturen um 1.4 °C bis 5.8 °C vor (IPCC 2001). In den gemäßigten Breiten äußert sich dies in einer deutlichen Verschiebung der Jahreszeiten. Parmesan & Yohe (2003) werteten Daten von mehr als 1700 Arten (Tiere: Vögel, Schmetterlinge, Amphibien; Pflanzen: Bäume, Sträucher, Kräuter) aus und belegten, dass die Frühjahrsereignisse um etwa 2.3 Tage pro Dekade früher eintreten und dass sich gleichzeitig die Verbreitungsgrenzen etwa 6.1 km pro Dekade Richtung Pole hin verschieben. Diese Tatsache wird als deutlicher klimatischer „fingerprint“ gewertet, der belegt, dass sich die Klimaänderung bereits bisher signifikant auf Pflanzen- und Tierarten ausgewirkt hat.

Auswirkungen der Klimaänderung im Alpenraum

Hochgebirge sind als besonders temperaturbegrenzte Lebensräume einzustufen und daher werden gerade hier entscheidende Veränderungen durch den Klimawandel, sprich durch die Temperaturerhöhung, erwartet. Ozenda & Borel (1995) gehen davon aus, dass sich in den Westalpen die Höhenstufen nach oben verschieben: die mediterrane Vegetation dürfte sich demnach in der kollinen Stufe ausbreiten, die montanen Pflanzenarten verdrängen die alpinen und diese wandern entweder in die nivale Stufe oder sterben aus. Dass dies keine Spekulation ist, kann anhand der immergrünen Pflanzen nachgewiesen werden. In den Südalpen wandert die Hanfpalme (*Trachycarpus fortunei*) in zunehmendem Maße in die sommergrünen Laubwälder ein (Walther et al. 2002). Ihr Wuchsraum waren bisher die Parkanlagen und Gärten der Tessiner Städte.

Im Gebirge sind wohl im Bereich der Waldgrenze die deutlichsten Signale des Klimawandels zu erwarten. Allerdings ist es hier schwierig, die wahre Ursache für die Veränderung zu benennen: einerseits sind es sicher die Folgen der Klimaänderung, die zu einem Höherücken der aktuellen Waldgrenze führen, andererseits können aber auch die Folgen der Landnutzungsänderung, des Stickstoffeintrags, des Kohlendioxidanstiegs ins Spiel gebracht werden. Auch natürliche Fluktuationen sind durchaus nicht auszuschließen. Weltweite Trends lassen sich erkennen und ein Vordringen des Waldes um 10 – 500 m wurde bereits festgestellt (Walther 2003).

Auswirkungen der Temperaturerhöhung auf die alpine Vegetation

In der alpinen Stufe, d.h. in Bereichen oberhalb der Waldgrenze, wirft die anhaltende Temperaturerhöhung eine ganze Reihe von Fragen auf: Wie bewältigt die alpine Vegetation das Höherücken der Arten aus den unteren Lagen? Wie rasch wandern Arten nach oben? Was passiert mit den alpinen Arten: sind sie konkurrenzkräftig oder werden sie immer weiter nach oben gedrängt und sterben dann letztendlich aus?

Grabherr et al. (1994) haben in einer 12 Berggipfel umfassenden Studie die heutige Verbreitung von Pflanzenarten mit jener von vor 100 bzw. 50 Jahren verglichen. Die daraus berechnete Wandergeschwindigkeit der alpinen Arten nach oben blieb eher bescheiden: das maximale Höherwandern wurde mit 4 m in 10 Jahren beziffert, so z.B. für den Roten Steinbrech (*Saxifraga oppositifolia*). Mehrere Arten hatten bereits vor 50 Jahren ihren höchsten „Punkt“ erreicht und sind nicht mehr weitergewandert (Pauli et al. 2001).

Auswirkungen der erhöhten Temperatur auf das Wachstum einzelner Pflanzen

In einem Experiment, das 1996 begonnen wurde, habe ich die Auswirkungen einer Temperaturerhöhung auf das Wachstum von Gletschervorfeldpflanzen untersucht. In Anlehnung an das International Tundra Experiment (ITEX) wurden auf 2400 m Meereshöhe im Gletschervorfeld des Rotmoosferners (Obergurgl, Ötztal) Mini-Gewächshäuser (oben und unten offene, durchsichtige Kammern aus Polykarbonat, sog. open top chambers) aufgestellt, die die Temperatur ganzjährig um + 1.0 bis 1.5 °C erhöhten (Abb. 1). Als Versuchspflanzen dienten der Moränenklee (*Trifolium pallescens*), der Alpen-Wundklee (*Anthyllis vulneraria* ssp. *alpestris*), die Edelraute (*Artemisia genipi*) und das Lebendgebärende Alpen-Rispengras (*Poa alpina* ssp. *vivipara*). Der Moränenklee (Abb. 2) bildete unter höheren Temperaturen signifikant schwerere Samen aus und deren Keimraten waren ebenfalls signifikant höher. Außerdem war die Biomasse doppelt so groß wie in den Kontrollflächen,

unter normalen Temperaturverhältnissen. Ähnliches gilt für den Alpen-Wundklee. Das Lebendgebärende Alpen-Rispengras (Abb. 2) erwies sich als klarer Verlierer: bei höheren Temperaturen bildete es um die Hälfte weniger Biomasse aus im Vergleich zu den Kontrollflächen. Sehr schlecht erging es auch der Edelraute: unter höheren Temperaturen blieb ihr Wachstum wesentlich geringer. Diese Ergebnisse zeigen sehr deutlich, dass alpine Pflanzen sehr unterschiedlich auf höhere Temperaturen reagieren: Pionierpflanzen und das Lebendgebärende Alpenrispengras können offensichtlich höhere Temperaturen nicht gewinnbringend ausnutzen, während Schmetterlingsblütler massiv profitieren. Stetig ansteigende Temperaturen könnten die Besiedlungsabfolge im Gletschervorfeld völlig ändern. Auf den Flächen, die bereits am längsten eisfrei sind, dürften sich die Konkurrenzverhältnisse zugunsten der Schmetterlingsblütler verschieben. Auswirkungen auf die Stabilität der Flächen sind nicht absehbar, zumal gerade die Erstsiedler, die sog. Pioniere, zu den Verlierern des Klimawandels zu zählen scheinen (Erschbamer 2001, 2006).

Das Projekt GLORIA – ein Beobachtungsnetz für den Klimawandel in den Hochgebirgen

Im Jahre 2001 wurde im Rahmen des EU-Projektes GLORIA (www.gloria.ac.at) eine Gipfelstudie begonnen, bei der Dauerflächen in ausgewählten Hochgebirgen angelegt wurden. Ziel des Projektes ist es, das Höherwandern der Arten in diesen Dauerflächen zu beobachten, wobei die Aufnahmen alle 5 - 10 Jahre wiederholt werden sollen. Die Ergebnisse sollen zu einer Risikoabschätzung für alpine Pflanzenarten dienen. Mittlerweile haben sich weltweit zahlreiche ForscherInnengruppen dem Projekt GLORIA angeschlossen, sodass von einem weltweiten Beobachtungsnetz gesprochen werden kann (Abb. 3). Die Methodik ist sehr einfach. In jeder Gebirgsregion werden 4 Gipfel ausgewählt, die den Höhengradienten von knapp oberhalb der Waldgrenze bis in die nivale Stufe repräsentieren (Abb. 4). Die Einrichtung der 3 x 3 m Dauerflächen geschieht 5 Höhenmeter unterhalb des höchsten Gipfelpunktes in jeder der vier Haupthimmelsrichtungen. In den Eckflächen dieser 3 x 3 m Dauerflächen wird eine Frequenzanalyse durchgeführt, d.h. mit Hilfe eines Rahmens, der in 100 Teilflächen untergliedert ist, werden alle Pflanzenarten erhoben. Eine weitere Aufnahme umfasst die Gipfelsektoren in jede Haupthimmelsrichtung bis zur 5m-Höhenlinie bzw. bis zur 10m-Höhenlinie (Abb. 4).

Meine Arbeitsgruppe betreut zwei GLORIA-Stationen in Südtirol, eine im Bereich der Südalpen, und zwar in den westlichen Dolomiten und eine in den Zentralalpen: im Naturpark Texelgruppe. Besonders auf den niederen Gipfeln, knapp oberhalb der Waldgrenze gelegen, erwarten wir ein verstärktes Aufkommen von Waldbäumen (Zirbe, Lärche, Fichte)



Abb. 1: „Mini-Gewächshäuser“ (open top chambers) – oben und unten offen – bewirken eine 1,0 bis 1,5 °C höhere Bodenoberflächentemperatur und simulieren damit ein Minimum-Szenario der Temperaturerhöhung im Alpenraum (Gletschervorfeld des Rotmoosferners, Obergurgl, Ötztal).



Abb. 2: Linkes Bild: der Moränenklee (*Trifolium pallescens*) – ein Gewinner der Temperaturerhöhung im Gletschervorfeld.
Rechtes Bild: das Lebendgebärende Alpen-Rispengras (*Poa alpina* ssp. *vivipara*) – ein Verlierer.

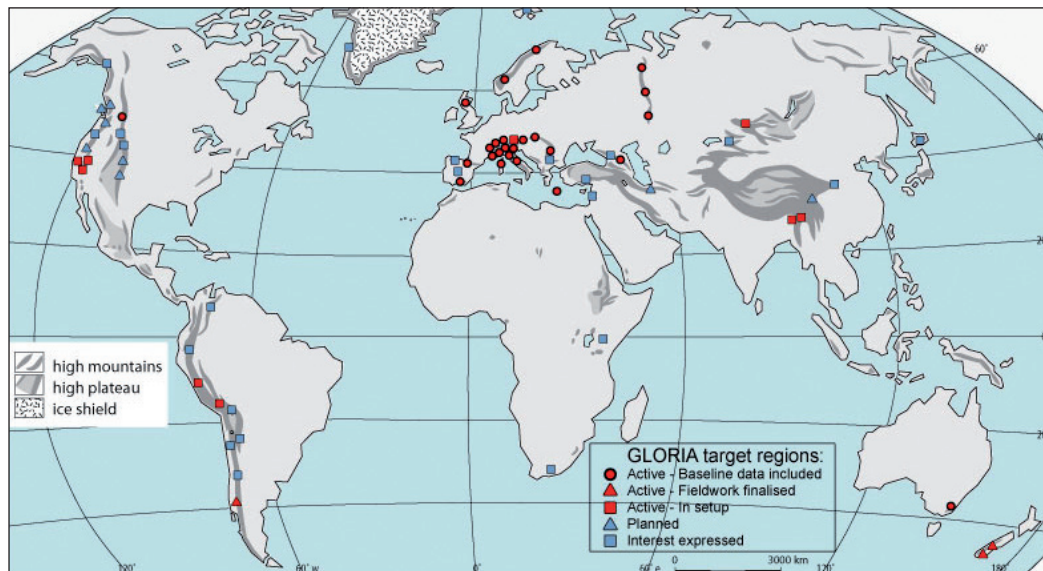


Abb. 3: Das Projekt GLORIA – ein Dauerbeobachtungsnetz in Hochgebirgen - läuft weltweit (Stand: Sommer 2005, www.gloria.ac.at). Es begann im Sommer 2001 mit dem EU-Projekt GLORIA unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr. Georg Grabherr (Universität Wien).

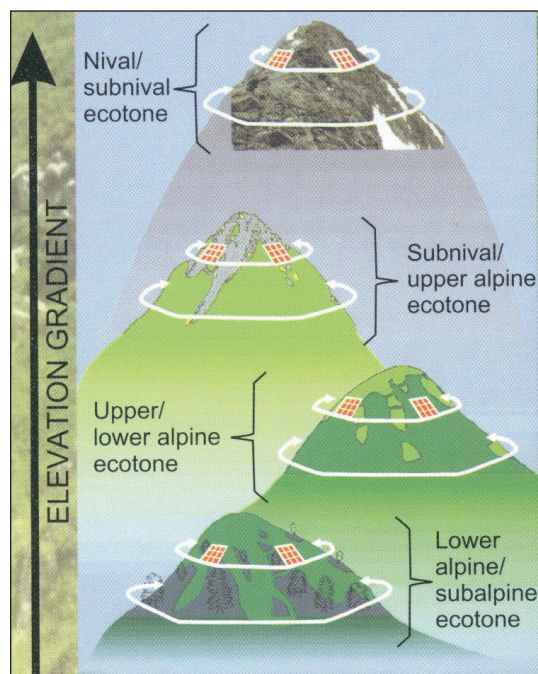


Abb. 4: Jede GLORIA-Gebirgsregion besteht aus vier Gipfeln entlang des Höhengradienten: der unterste Gipfel liegt knapp oberhalb der Waldgrenze, der nächst höhere im Übergangsbereich untere-obere alpine Stufe, der dritte im Bereich obere alpine-subnivale Stufe und der höchste im Übergangsbereich von der subnivalen zur nivalen Stufe. 5 Höhenmeter unterhalb des höchsten Gipfelpunktes werden in jede Haupthimmelsrichtung 3 x 3 m Dauerflächen eingerichtet. In den Eckflächen werden Frequenzanalysen durchgeführt, in der Mitte jeder Dauerfläche wird ein Datenlogger in 10 cm Bodentiefe ausgebracht. Aufnahmen der Artenvielfalt erfolgen auch in den Flächen bis zur 5 m- bzw. bis zur 10 m Höhenlinie. Weitere Details im GLORIA-Manual unter: www.gloria.ac.at

und Waldunterwuchsarten (Alpenrose, Hochstauden). Bereits jetzt sind 32 % der Arten am untersten Gipfel in den Dolomiten Wald- bzw. Waldunterwuchsarten, in der Texelgruppe sind es 40 % (Erschbamer et al. 2006). Auf den höheren Gipfeln ist derzeit noch kaum eine Beeinflussung aus tieferen Lagen zu verzeichnen. Nur vereinzelt dringen Waldgrenzarten höher hinauf. So konnte z.B. die Alpenrose in der Texelgruppe noch auf 3.074 m Meereshöhe gefunden werden.

Bei anhaltendem Temperaturanstieg dürften vor allem die seltenen Arten auf den höheren Gipfeln in Bedrängnis geraten, da gerade sie höchstspezialisiert sind auf Nischen in der alpinen und subnivale Stufe und durch das Höherwandern der Arten aus tieferen Lagen immer weiter nach oben verdrängt werden könnten bis sie letztendlich keine geeigneten Wuchsmöglichkeiten mehr finden. So wird vor allem für die Nordöstlichen Kalkalpen (Hochschwab-Gebiet) angenommen, dass mehrere nur dort vorkommende Arten (Endemiten der Nordöstlichen Kalkalpen) im Zuge der Klimaänderung aussterben könnten. Gebirge, die eine hohe floristische Eigenständigkeit aufweisen, dürften am stärksten betroffen sein und für sie wird für die nächsten Jahrzehnte ein starker Artenschwund berechnet (Michael Gottfried, Univ. Wien, unpubl. Daten).

Schlussfolgerungen

Der Klimawandel zeitigt bereits jetzt Folgen im Alpenraum:

- ein Höherwandern der Arten ist im Gange
- die Waldgrenze verschiebt sich nach oben

Längerfristige Prognosen sprechen dafür, dass

- seltene alpine und nivale Pflanzen aussterben werden
- sich Konkurrenzverhältnisse verschieben.

Auswirkungen auf die Stabilität der Lebensräume oberhalb der Waldgrenze sind derzeit nicht absehbar, daher ist ein Langzeit-Monitoring gerade in diesen Höhenlagen notwendig.

Dank

Das GLORIA-Projekt wurde in den Dolomiten von der EU (Projekt Nr. EVK2-CT-2000-00056), jenes im Naturpark Texelgruppe vom Amt für Naturparke der Autonomen Provinz Bozen finanziert. Mein besonderer Dank gilt dem Koordinator des GLORIA-Projektes, Univ.-Prof. Dr. Georg Grabherr, Wien und meinen Mitarbeitern, Mag. Martin Mallaun und Mag. Peter Unterluggauer. Außerdem danke ich zahlreichen MitarbeiterInnen, die beim Aufbau der ITEX-Anlage im Gletschervorfeld mitgeholfen haben, insbesondere Herrn Mag. Erich Schwienbacher und Herrn Mag. Roland Mayer, die gemeinsam mit mir die Ernte der Versuchspflanzen durchgeführt haben.

Literatur

- Erschbamer, B. (2001): Responses of some Austrian glacier foreland plants to experimentally changed microclimatic conditions. In: Walther, G.-R., Burga, C.A. & Edwards, P.J. (eds.) "Fingerprints" of climate change. Kluwer Acad./Plenum Publ., New York: 263-280.
- Erschbamer, B. (2006): Winners and losers of climate change in a central alpine glacier foreland. Arctic, Antarctic, and Alpine Research – zum Druck angenommen.
- Erschbamer, B., Mallaun, M. & Unterluggauer, P. (2006): Plant diversity along altitudinal gradients in the South- and in the Central Alps. Gredleriana – zum Druck angenommen.
- Grabherr, G., Gottfried, M. & Pauli, H. (1994): Climate effects on mountain plants. Nature 369: 448.
- IPCC 2001 Intergovernmental Panel of Climate Change (2001): Climate change 2001. Synthesis Report. - Cambridge University Press. Cambridge.
- Ozenda, P. & Borel, J.-L. (1995): Possible responses of mountain vegetation to a global climatic change: the case of the Western Alps. In: Guisan, A., Holten, J.I., Spichiger, R. & Tessier, L. (eds.) Potential ecological impacts of climate change in the Alps and Fennoscandian Mountains. Publ. no. 8 Conserv. Jard. Bot. Genève: 137-144.
- Parmesan, C. & Yohe, G. (2003): A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. Nature 421: 37-42.
- Pauli, H., Gottfried, M. & Grabherr, G. (2001): High summits of the Alps in a changing climate. In: Walther, G.-R., Burga, C.A. & Edwards, P.J. (eds.) "Fingerprints" of climate change. Kluwer Acad./Plenum Publ., New York: 139-149.
- Walther, G.-R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T.J.C., Fromentin, J.-M., Hoegh-Guldberg, O. & Bairlein, F. (2002): Ecological responses to recent climate change. Nature 416: 389-395.
- Walther, G.-R. (2003): Plants in a warmer world. Persp. Plant Ecol., Evol. Syst. 6/3: 169-185.