

Die Dynamik der Waldgrenze in der Region Grindelwald

Die Klimaerwärmung ermöglicht es heute vielen Pflanzen, in grösseren Höhen zu leben als noch vor 100 Jahren. Dementsprechend ist auch mit einem Anstieg der Waldobergrenze im Gebirgsraum zu rechnen. Eine Studie in der Region Grindelwald zeigt indes, dass sich die Dynamik der Waldgrenze nicht so einfach voraussagen lässt.

Die globale Klimaerwärmung der letzten 100 Jahre von ca. 0,6°C hatte im Hochgebirge zwei massgebliche Folgen: Einerseits hat sie den Schwund des Gletschereises und das Auftauen des Permafrosts beschleunigt. Andererseits stieg die Überlebensgrenze in den letzten 100 Jahren bei verschiedenen Pflanzenarten um ca. 200 Meter an.

Globaler Zusammenhang

Frühere Studien gehen davon aus, dass es einen globalen Zusammenhang zwischen der Waldgrenze und der Klimaerwärmung gibt. Körner (1998) konnte beweisen, dass die Höhen der Baum- und Schneegrenze weltweit zusammenhängen und miteinander als Funktion des Breitengrades korrelieren. Andere Studien führten mit Hilfe von Datenloggern weltweite Messungen in den Wurzeln von Waldgrenzbäumen durch und konnten somit einen thermischen Grenzwert für den Baumwuchs feststellen. Dieser thermische Grenzwert entscheidet, auf welcher Höhe sich die waldgrenzbildenden Bäume befinden.

Die Vegetation im Hochgebirge wird aber nicht nur durch das Klima, sondern auch durch die menschliche Bewirtschaftung geprägt. So wird die obere Waldgrenze beispielsweise durch Rodung an vielen Stellen nach unten verschoben. An etlichen Stellen befindet sich die obere Waldgrenze heute 300 bis 400 Meter unter der maximalen Position von ca. 2300 m ü. M. seit der letzten Eiszeit. Wie sich die Waldgrenze im Hochgebirge in Zukunft entwickeln wird, ist daher ungewiss (Burga et al. 2003).

Empfindlicher Lebensraum

Das sogenannte Waldgrenzökoton ist der Übergangsbereich zwischen der Wald- und Baumgrenze. Hier er-

obert der Wald sein Gebiet, weshalb dieser Lebensraum besonders empfindlich auf Veränderungen reagiert. Mit Hilfe der Vegetationsaufnahme nach Braun-Blanquet (1964) lässt sich untersuchen, wie die Vegetation im alpinen Waldgrenzökoton hinsichtlich ihrer Artenzusammensetzung und Struktur aufgebaut ist. Es lassen sich auch Aussagen darüber machen, ob die Waldgrenze aufgrund nachlassender Landnutzung oder aufgrund der globalen Klimaerwärmung ansteigt.

Das Verfahren nach Braun-Blanquet ist eine zuverlässige Methode, um Veränderungen auf der Grössenskala der Pflanzenentwicklung festzustellen. Braun-Blanquet ordnete die natürliche Vielfalt von Vegetationstypen einem hierarchisch aufgebauten Klassifizierungssystem zu. Der Grundbaustein dieses Systems bildet die Assoziation anhand bestimmter Kenn- und Trennarten.

Die Kennarten («Charakterarten») sind an enge ökologische Voraussetzungen gebunden, deshalb sind sie wertvolle Indikatoren für die Pflanzengesellschaft. Externe Störfaktoren, z.B. bei der Landnutzung, verändern den natürlichen Zustand einer Pflanzengesellschaft. Da Charakterarten wenig anpassungsfähig sind, reagieren sie auf solche Veränderungen sehr empfindlich. Das ökologische Gleichgewicht einer Pflanzengesellschaft wird gestört, die Artenzusammensetzung verändert sich.

Landnutzung oder Klima?

Aus diesem Grund wurde die Vegetationsaufnahme nach Braun-Blanquet auch von uns angewendet, um die Einflüsse von Klima und Umweltwandel auf die heutige Waldgrenze in der Region Grindelwald im Berner Oberland zu studieren. Die Wahl des Untersuchungsstandorts fiel aus verschiedenen Gründen auf diese Region: Zum einen weisen die ausgedehnten Landwirtschaftsflächen darauf hin, dass menschliche Aktivitäten jahrhundertlang einen grossen Einfluss auf die Vegetation hatten und dass es kaum Gebiete gibt, in denen die Waldgrenze alleine aufgrund der globalen Klimaerwärmung hätte ansteigen können. Zum anderen zeigte eine frühere Studie, dass die Mehrheit der grössten Waldflächenzunahmen an der oberen Waldgrenze seit der letzten 100



Blick auf das Untersuchungsgebiet im Raum Kleine Scheidegg. Im Hintergrund ist das Dorf Grindelwald, die Grosse Scheidegg und das Wetterhorn erkennbar.

Jahre auf veränderte Landnutzung zurückgeführt werden kann.

Für die Untersuchung wurde das Gebiet zwischen Alpigen (1616 m) und Kleiner Scheidegg (2061 m) ausgewählt. Einerseits befinden sich dort zwei der sechs Stellen, wo die Waldfläche besonders stark zugenommen hat. Andererseits liegen in diesem Gebiet auch Flächen, bei denen man den Einfluss von Klima- und Umweltwandel möglichst störungsfrei untersuchen kann, da sie in den letzten 100 Jahren nicht bewirtschaftet wurden.

Die verschiedenen Probeflächen teilten wir in sogenannte «Landnutzungsflächen» und «Klimaflächen» auf. Bei letzteren erwarteten wir, dass sich die Vegetation vor allem aufgrund der Klimaerwärmung verändert hat. Als Referenz verwendeten wir die Höhengrenze des Waldes im Jahr 1899 (2021 Meter). Diese Höhengrenze ist ein interpolierter Wert. Es handelt sich um den durchschnittlichen Höchstwert aller Waldflächen; er befindet sich leicht oberhalb der potenziellen Waldgrenze von 2000 Metern.

Als Referenzgrösse für die Artenbestimmung diente uns die Gebirgsmagerrasengesellschaft *Geomontani-Nardetum* (mit Berg-Nelkenwurz und Borstgras), die im subalpinen Waldgrenzökoton ausgedehnte Flächen bildet. Anhand dieser Pflanzengesellschaft kann man ableiten, wie die Flächen genutzt wurden. Zudem lieferte die Vegetationsstruktur – also die Grösse und Verteilung der Bäume und Krummhölzer – wichtige Hinweise, ob die Waldgrenze aufgrund der Klimaerwärmung angestiegen sein könnte oder nicht.

Charakterarten als zuverlässige Indikatoren

Die Resultate zeigen, dass man mit der gewählten Methode den massgebenden Einflussfaktor tatsächlich bestimmen kann. Vor allem die Artenzusammensetzung lieferte aussagekräftige Resultate. Wir können daraus schliessen, dass die Charakterarten die wichtigsten Bausteine einer Pflanzengesellschaft sind, anhand derer man Veränderungen auf der lokalen Grössenskala erkennen kann.



Beispiel einer Aufnahme­fläche im Untersuchungs­gebiet Kleine Scheidegg. In der Studie wurde im Übergangsraum zwischen Wald- und Baumgrenze (Waldgrenzökoton) auf verschiedenen Flächen (je ca. 100 m²) die Vegetation detailliert erfasst.

Die Charakterarten ermöglichten es uns, in Untersuchungsgebiet eine Beeinflussung der Vegetation durch die Klimaerwärmung festzustellen, obwohl das Gebiet jahrhundertlang durch landwirtschaftliche Tätigkeiten beeinflusst wurde.

Allerdings: Die gefundenen Resultate sind jedoch mit der nötigen Vorsicht zu interpretieren. Denn es zeigte sich, dass mit der Einteilung in Klima- und Landnutzungsflächen anhand der Höhengrenze des Waldes aus dem Jahr 1899 noch keine direkte Aussage über einen eindeutigen Klima- oder Landnutzungseffekt gemacht werden kann. Bei der gewählten Grenze handelt es sich um die Höhengrenze des Waldes im Jahr 1899, deren Höhe nicht nur klimatisch bedingt ist, sondern eben auch durch menschliche Aktivitäten beeinflusst sein kann. Zum anderen lieferten die Resultate aus den statistischen Tests bei einigen Testvariablen keine aussagekräftigen Resultate.

Der Standort spielt auch eine Rolle

Die unklare Zuordnung vieler Probeflächen, die sich grösstenteils im Übergangsstadium der Waldsukzession befinden, beleuchten bereits frühere Studien (z.B. Naegeli-Oertle 1986). Laut diesen gibt es einige Standorte im Waldgrenzökoton, die von ausgedehnten Zwergstrauchflächen eingenommen werden. Solche Zwergstrauchflächen liefern einen Hinweis auf den sich regenerierenden Wald infolge nachlassender Landnutzung.

Im Untersuchungsgebiet der jetzt vorliegenden Studie wurden diese Flächen jedoch nie als

Weide benutzt, deshalb ist die heutige Vegetation nicht auf die nachlassende Landnutzung zurückzuführen, sondern könnte allenfalls durch ungünstige Standortbedingungen bedingt sein, wo z.B. aufgrund mangelnder Bodenbildung die Waldbildung gehemmt ist.

Unsere Resultate weisen darauf hin, dass die Waldgrenze im Hochgebirge nicht eindeutig auf den globalen Klimawandel reagieren wird. Es ist mithin also nicht klar, dass die Waldgrenze *per se* ansteigen wird. Man geht heute vielmehr davon aus, dass die Waldgrenze künftig stärker durch andere Faktoren beeinflusst wird, z.B. durch die Bedingungen am jeweiligen Standort, und dass die Temperaturzunahme alleine nicht die primäre Ursache sein wird, wenn an einem bestimmten Ort die Waldgrenze weiter ansteigt.

Wir gehen deshalb davon aus, dass die alpine Waldgrenze im kommenden Jahrhundert nicht einheitlich auf die globale Klimaerwärmung reagieren wird, im Gegensatz etwa zur Schneegrenze, die alleine durch physikalische Faktoren beeinflusst wird. Es könnte sogar sein, dass die alpine Waldgrenze in den kommenden ein, zwei Jahrhunderten sogar nur in vereinzelt Gebieten ansteigen wird.

Sarah C. Strähli

Der vorliegende Artikel basiert auf der Doktorarbeit, welche die Autorin am Institut Physiogeographie und Umweltwandel an der Universität Basel verfasst hat.

LITERATUR

- Braun-Blanquet, J. 1964. Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. 3. Aufl., 865p. Springer Wien.
- Burga, C.A.; Haeberli, W.; Krummenacher, B. & Walther, G.-R. 2003. Abiotische und biotische Dynamik in Gebirgsräumen – Status quo und Zukunftsperspektiven. In: Jeanneret, F. et al. (eds.): Welt der Alpen-Gebirge der Welt. Ressourcen, Akteure, Perspektiven. 280p. Haupt Verlag Bern.
- Körner, C. 1998. A re-assessment of high elevation treeline positions and their explanation. *Oecologia* 115/4: 445-459.
- Naegeli-Oertle, R. 1986. Die Berglandwirtschaft und Alpwirtschaft in Grindelwald. Nationales Forschungsprogramm MAB des Schweizerischen Nationalfonds. Schlussberichte zum Schweizerischen MAB-Programm Nr. 21 im Rahmen des UNESCO-Programms «Man and Biosphere». Projekt 4.184.