



In der Versuchsaufforstung Stillberg bei Davos erforscht die Eidg. Forschungsanstalt WSL bereits seit 50 Jahren Techniken der Hochlagenaufforstung und Ökologie des Waldgrenzenbereichs. Dazu wurden vor 30 Jahren 92 000 Bäume in einem regelmäßigen Muster gepflanzt.

Foto: Ueli Wäsem

Wo Bäume nicht mehr wachsen können

Die Waldgrenze

Nicht extreme Frostereignisse, sondern vor allem zu tiefe Temperaturen während der Vegetationsperiode begrenzen das Wachstum von Bäumen in höheren Lagen. Die gegenwärtige Klimaerwärmung könnte daher zu einem Anstieg der Waldgrenze führen. Im Alpenraum ist dieser Zusammenhang aber wegen der nachlassenden Nutzung kaum nachweisbar. Vergleichende Forschungen im Ural liefern aber deutliche Hinweise.

Auf der Erde wird es wärmer. In den letzten hundert Jahren stiegen die Durchschnittstemperaturen weltweit um rund 0,6 °C an. Auch in den Gebirgen ist der Klimawandel spürbar: Gletscher schmelzen, Permafrost taut auf, und die Schneebedeckung der mittleren Lagen nimmt ab. Wie wirken sich die steigenden Temperaturen auf unsere belebte Umwelt aus?



Foto: Foto Furter, Davos

Die Waldgrenze ist die Linie, die entlang dem oberen Rand eines geschlossenen Waldes gezogen werden kann. In zentralalpineren Tälern wie hier im Val Truppen/Schweizerischer Nationalpark reicht sie höher hinauf als in den Voralpen und wird typischerweise von Arven und Lärchen gebildet.

Die Waldgrenze ist die Linie, die entlang dem oberen Rand eines geschlossenen Waldes gezogen werden kann. In zentralalpineren Tälern wie hier im Val Truppen/Schweizerischer Nationalpark reicht sie höher hinauf als in den Voralpen und wird typischerweise von Arven und Lärchen gebildet.

waldwissen.net

Das internationale Internetportal waldwissen.net stellt ein einzigartiges Informationsangebot für alle Naturinteressierten zur Verfügung: Ob Wissenswertes zu Wald und Wildtieren, ob das Neueste aus Forsttechnik und Forschung, ob Informationen zu Borkenkäfern oder Bodenbelastung – diese und viele andere Themen finden sich da mit leicht verständlichen Texten und über 4000 attraktiven Bildern und ebenso vielen Links auf weiterführende Angebote. Die Inputs liefern elf Institutionen aus Deutschland, Frankreich, Italien, Liechtenstein, Österreich, Slowenien und der Schweiz.

Witterung während Vegetationsperiode entscheidend

Eine besondere ökologische und landschaftsprägende Grenze in Hochgebirgen ist die Wald- bzw. die Baumgrenze. Die «Waldgrenze» ist jene Linie, die entlang des oberen Randes eines geschlossenen Waldes gezogen werden kann, während die «Baumgrenze» die höchstgelegenen, aufrecht wachsenden Baumindividuen umfasst. Warum aber verschwinden Bäume mit zunehmender Höhe? Auf den ersten Blick könnte man vermuten, dass tiefe Wintertemperaturen oder extreme Frostereignisse den Bäumen mehr schaden als den niedrig wachsenden Pflanzen. Dies ist aber nicht der Fall, denn Bäume vermögen sich im Winter an Temperaturen bis unter -60 °C anzupassen, indem sie Zucker und andere Schutzstoffe einlagern und ihre Gewebezellen umbauen. Temperaturmessungen

an der Baumgrenze rund um den Globus zeigen vielmehr, dass hauptsächlich die zu kühle Witterung während der Vegetationsperiode die Höhenlage der Baumgrenze bestimmt. Im Wurzelraum muss mindestens eine Temperatur von 5 bis 7 °C herrschen, damit für das Wachstum wichtige Stoffwechselprozesse ablaufen. Ist die Vegetationsperiode zu kurz oder zu kalt, können Bäume nicht genügend Energie in die Ausbildung eines aufrechten Stammes investieren. An der Baumgrenze stehen sich Bäume aber auch selbst im Weg: Durch Beschattung kühlen sie ihren eigenen Wurzelraum aus, weswegen sie an Konkurrenzkraft gegenüber niedrig wachsenden Pflanzen verlieren.

Neben der Sommertemperatur wird die Höhe der Waldgrenze auf der lokalen Ebene von weiteren Faktoren beeinflusst:



Foto: Peter Bebi

Die Bäume an der Baumgrenze leben beschwerlich. Der Gipfel dieser Fichte war schon mehrmals abgestorben, weil er im Frühling bei noch gefrorenem

Boden zu wenig Wassernachschub erhielt (Frosttrocknis). Die schneegeschützten Zweige gedeihen hingegen weiter.



Foto: Furter, Davos



Foto: Furter, Davos

Bildvergleich von Saas im Prättigau zwischen 1948 (oben) und 2003. In den Alpen hat sich vor allem die Waldfläche in den niederen Lagen aufgrund der zurückgehenden Land- und Alpwirtschaft vergrössert. Von 1985 bis 1995 hat sie in den Alpen um 7,6% zugenommen.

Schneebewegungen, Frostereignisse im Frühsommer, Wind, Schneepilze, Trockenheit und Konkurrenz durch Krautvegetation. Solche Einwirkungen können kleinräumig von grosser Bedeutung sein. Sie tragen dazu bei, dass die Waldgrenze aus der Nähe gesehen selten eine gerade Linie ist. Aus Distanz verwischen jedoch solche Unterschiede, und die Waldgrenze nähert sich einer temperaturbedingten Höhenlinie an.

Menschengemachte Waldgrenzen in den Alpen

Die für Bäume kritischen Temperaturverhältnisse während der Vegetationsperiode – und damit auch die Lage der

Baumgrenze – befindet sich weltweit je nach Klimaregion in unterschiedlicher Höhenlage: von wenigen 100 m in subpolaren Regionen bis zu über 4000 m – maximal 4900 m – in tropischen Hochgebirgen. Auch in den Alpen ist die Höhe der Waldgrenze unterschiedlich. Am höchsten liegt sie mit 2500 m in den zentralalpinen Tälern des Wallis und des Engadins, wo die Einstrahlung und das Verhältnis zwischen erwärmtem Boden und umgebender Luft am grössten sind. Auf den ausgesetzten Gipfeln der Voralpen hingegen erhalten die Bäume meist bereits auf 1800 m zu wenig Sommerwärme.

Die enge Verknüpfung von Temperatur und Baumwuchs lässt einen Anstieg der Waldgrenze bei einem sich erwärmenden Klima vermuten. Allerdings ist der Wald ein eher träges System. Es dauert Jahrzehnte, bis er sich in vormals offenes Gelände ausbreitet. Die Waldgrenze hinkt daher dem aktuellen Klima hinterher. Im Alpenraum ist die Waldgrenze vom Menschen seit Jahrhunderten stark beeinflusst. Durch land- und forstwirtschaftliche Nutzungen wurde sie oft weit unter ihre natürliche Position gedrückt. Im Zuge von Extensivierungen

der Landwirtschaft dehnen sich die Wälder nun wieder aus, und die Waldgrenze nähert sich erneut ihrer natürlichen Lage an. Allerdings wissen wir wenig über natürliche Schwankungen der Waldgrenze in den Alpen. Holzfunde bei zurückschmelzenden Gletschern weisen jedoch darauf hin, dass die Waldgrenze früher einmal über der heutigen lag.

Steigende Waldgrenzen im menschenleeren Ural

Im Gegensatz zu den Alpen, wo ein klimabedingter Anstieg der Waldgrenze von einer Rückeroberung natürlicher Wuchsräume nur schwierig zu unterscheiden ist, wird die Waldgrenze im 2000 km langen russischen Uralgebirge nicht von Menschen beeinflusst.¹ Im südlichen Teil des Urals reicht die Waldgrenze fast bis zu den obersten Berggipfeln, Fichten wachsen hier bis in eine Höhe von 1300 m. Im polaren Ural hingegen bilden Lär-

chen die Waldgrenze. Hier liegt sie lediglich auf einer Höhe von 300 m, darüber erstrecken sich weiträumig Tundra und Felswüsten.

Von einigen dieser Bergregionen haben russische Forscher Fotografien des beginnenden 20. Jahrhunderts gefunden. Vergleiche mit diesen historischen Aufnahmen zeigen, dass die heutige Waldgrenze rund 60 bis 80 m höher liegt, was an den flach geneigten Hängen einer horizontalen Strecke von 500 bis 900 m entspricht. Da in diesen einsamen Gebieten menschliche Beeinflussung ausgeschlossen werden kann, führen Wissenschaftler diesen Anstieg auf den Klimawandel zurück. Denn im polaren und südlichen Ural haben in den letzten

150 Jahren die durchschnittlichen Jahrestemperaturen um rund 1,5 °C zugenommen, und die Vegetationsperiode ist um etwa ein bis zwei Wochen länger geworden. Seit den Sechzigerjahren des letzten Jahrhunderts fotografieren russische Ökologen regelmässig markante Punkte an der Waldgrenze des südlichen und des polaren Urals. Zudem kartieren sie auf Millimeterpapier die Lage der Waldgrenze und die Verbreitung verschiedener Waldtypen. Auch diese Aufnahmen belegen: Die Waldgrenze verschiebt sich nach oben. Wo es vor 40 Jahren noch offene Tundra gab, kommen heute junge Wälder auf. Und wo vor ein paar Jahrzehnten nur einzelne Baumindividuen überlebten, finden sich heute geschlossene Wäldchen.

Die so genannte Kampfzone im oberen Bereich der Waldgrenze. Wind, Abrieb durch Schnee- und Eiskristalle, Frostschäden, aber vor allem kalte Temperaturen

während der Vegetationsperiode verunmöglichen es den Bäumen, grössere Höhenlagen zu «erobern».

Waldgrenze im russischen Uralgebirge. Am Polarkreis liegt sie auf nur 300 m; 2000 km weiter im Süden wie hier auf 1300 m.

Foto: Frank Hagedorn



Foto: Frank Hagedorn



Foto: Andreas Rigling



Stammscheibe eines 1000 Jahre alten fossilen Lärchenstammes mit 199 noch gut erhaltenen Jahrringen. Über den Vergleich mit «Masterchronologien» kann

das Alter fossiler Hölzer bestimmt werden. Zudem ermöglichen die Jahrringbreiten Rückschlüsse auf vergangene Klimaverhältnisse.

Fossile Wälder oberhalb der heutigen Waldgrenze zeigen: Vor rund 1000 Jahren war es im polaren Ural schon einmal so warm wie heute.

Foto: Frank Hagedorn



Fossile Wälder oberhalb der Waldgrenze

Bei seinen langen Wanderungen in der Nähe des Polarkreises stiess der heute 72-jährige Professor Stepan Shijatov auf besondere Zeugen vergangener Zeiten und Klimaverhältnisse.² Oberhalb der höchstgelegenen Bäume fand er Überbleibsel fossiler Wälder, mehrere Meter hohe abgestorbene Resten von Lärchen. Mithilfe der Jahrringe konnte das Alter des ausgestorbenen Waldes bestimmt werden: Er lebte vor rund 1000 Jahren. Das zeigt, dass damals im polaren Ural ein ähnlich warmes Klima herrschte wie heute. Unter dem kälter werdenden Klima der kleinen Eiszeit im 13. und 14. Jahrhundert starben die Bäume ab. Die toten Lärchen aber blieben wegen des hohen Harzgehalts des Holzes und der besonderen Klimaverhältnisse – kurze, trockene Sommer und eisige Winter – erhalten. Heute findet man zwischen den fossilen Holzresten wieder erste junge Bäume und Lärchenkeimlinge. Unter dem sich erwärmenden Klima erobert sich der Wald das verlorene Terrain zurück. ▀

Frank Hagedorn, Andreas Rigling, Peter Bebi, *Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL)*



Foto: Andreas Rigling

Auf Millimeterpapier kartierte der jetzt 72-jährige russische Wissenschaftler Stepan Shijatov (vorne r.) vor 40 Jahren die Vegetation und Baumverteilung. Diese alten Aufnahmen ermöglichen es, den Anstieg der Waldgrenze zu rekonstruieren.

1 Wissenschaftler der Eidgenössischen Forschungsanstalt WSL und der ETH Zürich untersuchen gemeinsam mit russischen und deutschen Kollegen die Verschiebung der Waldgrenze im südlichen und polaren Ural.

2 Vgl. Links www.wsl.ch/forest/risks/projects/stillberg/ und www.wsl.ch/forest/INTAS_P2001-0052/

Kürschner Iris

Der Matterhorn-Trek. In neun Etappen um den Berg der Berge

AT Verlag, Baden und München 2006, ISBN 3-03800-275-5. Fr. 46.–

Schon wieder eine Publikation über das Matterhorn? Über und rund um den Berg der Berge sind schon Dutzende von mehr oder weniger gehaltvollen Büchern geschrieben worden. Der bekannten Fotjournalistin und Bergbuchautorin Iris Kürschner ist aber mit ihrem neuesten Werk zweifellos ein Volltreffer gelungen. Neben der detaillierten Beschreibung des Matterhorn-Treks durch sechs Täler und drei Kulturen erfährt der Leser viel Wissenswertes über Geologie und Alpingeschichte, Fauna und Flora sowie die Geschichte und ihre Menschen. Da findet sich beispielsweise ein Kapitel über die höchsten Weinberge Europas, den berühmten Zermatter Bergführer Ulrich Inderbinen, die Schwarznasenschafe und die valdostanische Küche. Wussten Sie, dass während des Matterhorn-Treks der höchste Wandergipfel Europas, das 3610 m hohe Barrhorn, bestiegen werden kann, im Wallis jährlich 2094 Sonnenscheinstunden gezählt werden und Zermatt mit 115 Hotels und 1500 Ferienwohnungen – mit zusammen 13 000 Betten – mehr Touristenunterkünfte aufweist als jede Schweizer Grossstadt? Jede der neun Etappen ist ausführlich beschrieben, mit zahlreichen Informationen rund um die Tour ergänzt und mit originellen Bildern abgerundet.

Ruedi Horber, Niederscherli

Bachmann Thomas Jungfrau–Aletsch–Bietschhorn

35 Wanderungen im und ums UNESCO-Weltnaturerbe
Rotpunktverlag, Zürich 2006. Fr. 39.–

Aller guten Dinge sind vier: Am 13. Dezember 2001 wurden die zentralen Berner Alpen ins prestigeträchtige Weltnaturerbe der UNESCO aufgenommen, als erste Region der Alpen über-

haupt, und dann im Jahre 2005 noch um die Gebiete Lauteraar bzw. Blüemlisalp erweitert. Als erste Publikation erschien der SAC-Alpinwanderführer *Rund um die Berner Alpen* von Ueli Mosimann. Im letzten Jahr kamen das Wanderbuch *Welterbe Jungfrau–Aletsch–Bietschhorn*, herausgegeben von den Berner Wanderwegen, sowie der Bildband *Atem der Berge. Streifzüge durch das Unesco-Weltnaturerbe* von Lorenz Andreas Fischer dazu. Und nun liegt das Buch von Thomas Bachmann aus dem Rotpunktverlag vor. Es richtet sich an Spazier- bis Berggänger, Gipfelstürmer, aber auch an die Stubenhocker.

Daniel Anker, Bern

Baur Bertrand & Hannes, Roesti Christian & Daniel Die Heuschrecken der Schweiz

Haupt Verlag AG, 2006 Bern, ISBN 3 258-07053-9. Fr. 49.–

Bei jedem Schritt auf sonnigen Bergwiesen springen sie zu Dutzenden davon, und ihre schwirrenden und schnarrenden Gesänge bilden die Geräuschkulisse dazu. Doch was sind das für Tiere, diese Heuschrecken? Wie leben sie? Welche Arten gibt es überhaupt in der Schweiz? Und welche sitzt da gerade auf diesem Stein? Die Autoren haben es geschafft, mit ihrem Nachschlagewerk nicht nur eine Lücke für Heuschreckenkenner zu füllen, sondern auch interessierten Laien einen Einstieg in die Welt der Heuschrecken zu bieten. Ein allgemeiner Teil liefert spannende Informationen zur Biologie, zu den Lebensräumen und zur Gefährdung der Heuschrecken. Die Bestimmungshilfe und zahlreiche detaillierte Zeichnungen erleichtern den Weg zur richtigen Art. Jede Heuschreckenart der Schweiz wird vorgestellt, mit wichtigen Angaben zur Verbreitung und zum Lebensraum. Nicht zuletzt besticht das Buch mit vielen wunderschönen Bildern, die während der langjährigen Beschäftigung der Autoren mit Heuschrecken entstanden sind. Deshalb ist der Heuschreckenführer schon fast zu schön zum Mitnehmen, auch wenn er sich problemlos im Rucksack verstauen lässt. ▀

Annik Steiner, Bern