©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Im permanenten Überlebenskampf: Bäume über der Waldgrenze

Von Andreas STÜTZER

EINLEITUNG

Die ursprüngliche, vom Menschen unveränderte Waldgrenze der Alpen wird häufig als eine Linie angesehen, bis zu der die Bäume in mehr oder weniger geschlossenem Bestand vorgedrungen sind (SCHIECHTL 1967, TRANQUILLINI 1979, ELLENBERG 1996). Nach SCHROEDER (1998) ist eine solche Waldgrenze als Reduktions-Typ zu bezeichnen. Untersuchungen auf der Saualpe im Übergang vom Wald zur alpinen Tundra lassen hingegen darauf schließen, daß nach Aufgabe der Hochlagenbewirtschaftung ein Übergangsbereich entsteht, in dem sich die von Fichten dominierten Bestände inselartig auflösen, die Bäume vor allem an mikroklimatisch begünstigten Standorten wachsen bzw. sich solche schaffen und sich dort durch spezielle Anpassungsmechanismen, vor allem durch vegetative Vermehrung, erhalten (HOLTMEIER 1985). Ähnlich wie der Übergang zwischen polarer und subpolarer Zone wäre die alpine Waldgrenze damit aber kein Reduktions-, sondern ein Mosaik-Typ.

In diesem Zusammenhang erscheint eine Differenzierung zwischen den Begriffen Waldgrenze, Baumgrenze und Artgrenze sinnvoll (TRETER 1984). Mit der Waldgrenze im engeren Sinne ist hier die obere Grenze der mehr oder weniger dichten Bestände hochwüchsiger Bäume gemeint, die sich weitgehend generativ vermehren. Die darüber liegende Baumgrenze ist die gedachte Linie jener Bäume, die noch Wuchshöhen und –formen aufweisen, die sie von Sträuchern unterscheiden; die Vermehrung dieser Bestände kann sowohl generativ wie vegetativ erfolgen. Die noch weiter oberhalb gelegene Artgrenze ist die Linie der höchstgelegenen Bäume, unabhängig von deren Wuchsform. Sie wird in der Regel von sehr kleinwüchsigen und oft stark geschädigten Bäumen gebildet. Der Bereich zwischen Waldgrenze und Artgrenze wird als Waldgrenzökoton oder auch als Kampfzone bezeichnet. Im Sinne der eingangs genannten Annahme wird dabei unterstellt, daß die aufgelichteten Bestände im Ökoton eine Folgeerscheinung des oft jahrhundertelangen anthropozoogenen Einflusses durch Rodungen, Waldweide etc. sind.

Kurzfassung:
Die allgemeine Erwärmung seit Beginn dieses Jahrhunderts und die Verringerung bzw. völlige Aufgabe der Hochalmbewirtschaftung haben auf der Saualpe zur Ansiedlung zahlreicher Bäume bis 100 Höhenmeter über der aktuellen Waldgrenze geführt. Viele dieser Bäume weisen jedoch Schädigungen durch Frosttrocknis und Eisgebläse auf. In der Zukunft ist mit einem Anstieg der Waldgrenze um maximal 50 Höhenmeter zu rechnen, weil die Bäume in diesem Abschnitt noch hochwüchsig und zapfentragend sind. Darüber werden die klimatischen Bedingungen so ungünstig, daß sich die Bäume meist nur noch durch vegetative Verbreitung erhalten können. Die Ansiedlung der Bäume führt damit zur erneuten Entwicklung eines Ökotons, der auch vor dem Eingreifen des Menschen den Übergang zwischen Wald und alpiner Tundra gebildet haben dürfte.

Summary:
In a permanent struggle for life: trees above the timberline. On Saualpe, the global warming since the beginning of this century and the decrease or complete cessation of the alpine pasture led to an establishment of numerous trees up to 100 meters above the current timberline. However, many of these trees show damages by desiccation and wind-driven ice. In the future, the timberline may rise about 50 meters, since up to this elevation many trees show tall growth forms and are carrying cones. In contrast to this, the climatic conditions at higher elevations are unfavorable for tree growth, and the trees survive mainly by vegetative spreading. Thus, the establishment of the trees will again lead to the formation of an ecotone, which already formed the transition between forest and alpine tundra prior to the human intervention.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

UNTERSUCHUNGSGEBIET UND METHODEN

Zur Klärung der Frage, zu welchem Typ sich die Waldgrenze auf der Saualpe nach Aufgabe der Beweidung entwickelt, wurden im NW des Gebirgszugs zwei Transekte ausgewählt, die etwa von der aktuellen Waldgrenze in 1830 m Höhe bis zur Untergrenze der tiefalpinen Stufe in 1940 m Höhe reichen, in der bereits die Gemsheide (*Loiseleuria procumbens*) dominiert und nur noch wenige kleinwüchsige Bäume anzutreffen sind. Das eine Transekt liegt auf der seit 40 Jahren nicht mehr beweideten Irregger-Schwaig, das zweite auf der südlich anschließenden Breitofner Alm, die heute noch während der Sommermonate von Galtvieh beweidet wird. Auf den Transekten wurden jeweils knapp 300 Bäume untersucht. Die Bäume wurden lagegenau eingemessen und ihre Höhe, Wuchsform, Überschirmung, Reproduktion sowie Art und Grad ihrer Schädigungen bestimmt. Von knapp einem Drittel aller Bäume wurde außerdem durch Entnahme von Bohrkernen in 15 cm Höhe, in Einzelfällen auch durch Absägen des Baumes an der Stammbasis und in 15 cm Höhe das Alter bestimmt. Aus der Altersdifferenz 0/15 cm konnte auf das wirkliche Alter jener Bäume geschlossen werden, denen die Kerne entnommen wurden. Die Differenz betrug durchschnittlich 7 Jahre. Dieses Alter wurde auf das der Bohrkerne aufaddiert.

Die Struktur der Bestände

Physiognomisch entspricht der Waldgrenzökoton in beiden Fällen einer von der Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*), der Besenheide (*Calluna vulgaris*), stellenweise auch von der Rostroten Alpenrose (*Rhododendron ferrugineum*) dominierten Zwergstrauchheide und weniger einem Baumland, denn der Deckungsgrad der Bäume ist gering. Er beträgt auf der Irregger-Schwaig durchschnittlich 7%, auf der Breitofner Alm nur 3% und sinkt in den höchsten Lagen auf weit unter 1% ab. Ein Vergleich beider Flächen zeigt, daß der Einfluß der Weide auf die Dichte der Bestände erheblich ist, denn trotz mäßiger Bestoßungszahlen stehen auf der Weide nur 70 Bäume, auf der unbeweideten Fläche dagegen fast 220 Bäume pro ha (Abb. 1).

Im Waldgrenzökoton spiegelt sich die klimatische Ungunst der hochsubalpinen Höhenstufe deutlich im Habitus der Bäume wider. Während die Bäume an der aktuellen Waldgrenze bis 15 m hoch sind, erreichen sie in 1900 m Höhe ungeachtet ihres Alters nur selten 2 m und an ihrer oberen Verbreitungsgrenze kaum 1 m. Auch der für Fichten der subalpine Waldstufe typische Säulenwuchs ist im Ökoton eher selten; statt dessen haben über die Hälfte aller Einzelbäume und Baumgruppen eine kegelförmige Gestalt. Darüber hinaus sind rund zwei Drittel der Bäume mehr oder minder stark durch Frosttrocknis oder Eisgebläse geschädigt (Abb. 2). Infolge besonders starker Schädigungen

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

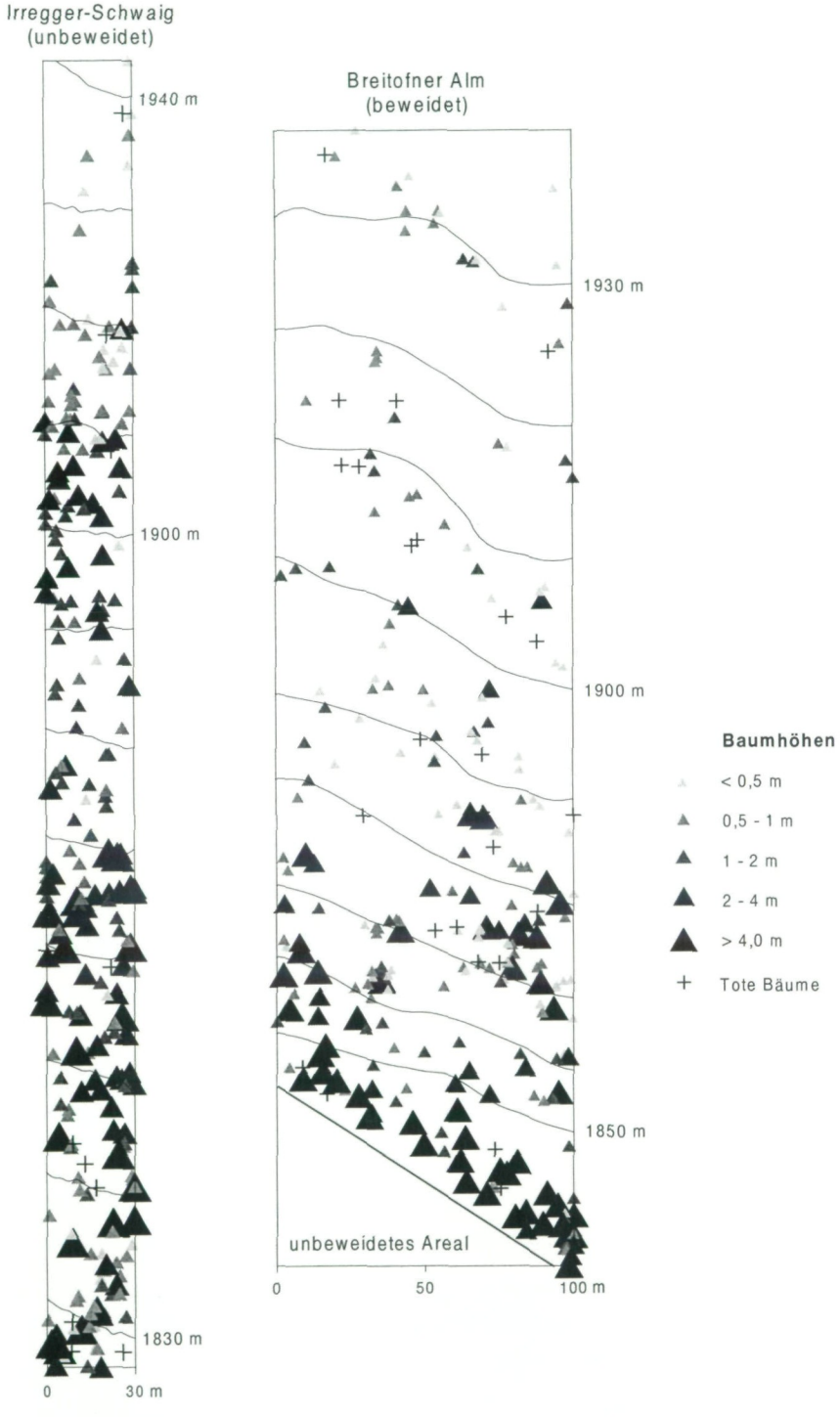

Abb. 1: Lage und Höhe der Bäume auf den beiden Testflächen. Mit zunehmender Höhe werden die Bäume kleiner und die Bestandsdichte nimmt ab.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

haben einige Bäume auch tisch- oder wipfeltischartige Formen. Bedingt sind die Schäden durch die ungünstigen thermischen Bedingungen während der Sommermonate, die im unteren Teil des Ökotons gelegentlich, im oberen Teil häufig das vollständige Ausreifen der jungen Triebe verhindern, sowie durch die Schneearmut des Gebirgszugs, durch die alle ungeschützten Teile der Bäume den Angriffen des Windes und des Eisgebläses stark ausgesetzt sind. Die Untergrenze der Schädigung entspricht in der Regel der winterlichen Schneehöhe, die im unteren Teil des Ökotons etwa 1 m, in den obersten Lagen oft nur 20 cm beträgt. Zoogene Schäden sind in beiden Transekten dagegen seltener festzustellen; sie betreffen auf der Weide etwa 10%, auf der unbeweideten Fläche nur 5% aller Bäume (DIBS & STÜTZER 1999).

Das Alter der Bestände

Die Bäume im Waldgrenzökoton sind überwiegend jung. Auf der unbeweideten Fläche liegt das Durchschnittsalter bei 35 Jahren, auf der beweideten Fläche bei 42 Jahren. Dies ist unter anderem durch den Anstieg der Temperaturen seit dem Beginn dieses Jahrhunderts bedingt, der die Möglichkeiten zur Etablierung der Bäume verbessert hat; so sind die mittleren Sommertemperaturen im Osten Kärntens in diesem Zeitraum um etwa 0,8 K gestiegen (BÖHM 1992). Die Erwärmung hatte jedoch kein kontinuierliches Vorrücken der Bäume in die Hochalmstufe zur Folge. Der Korrelationskoeffizient zwischen der Höhe über NN und dem Baumalter ist auf beiden Flächen <0,1, das heißt alte wie junge Bäume sind überall in den Flächen zu finden.

Der positive klimatische Effekt wurde aber noch durch den Rückgang der Hochlagennutzung verstärkt, der sich in zwei Phasen einteilen läßt. Während in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts eine Extensivierung der Bewirtschaftung stattfand, die sich z.B. in der Umwandlung von gehü-

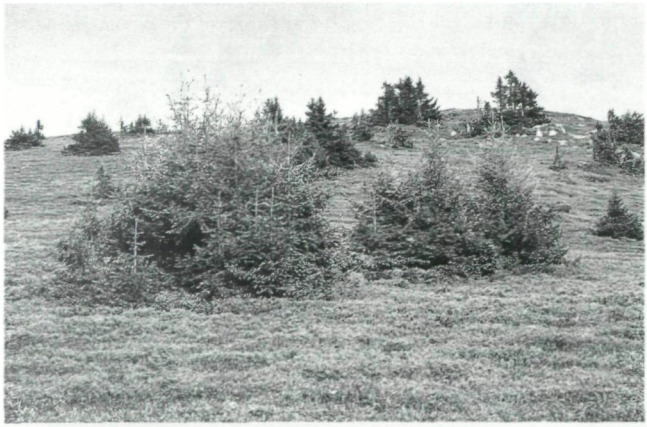

Abb. 2:
Fichtenrotten auf der Breitofner Alm. Die Kleingruppen sind inselartig im Ökoton verteilt. Die oberen Teile der Fichten wurden im Winter 1991/92 durch Frosttrocknis stark geschädigt.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

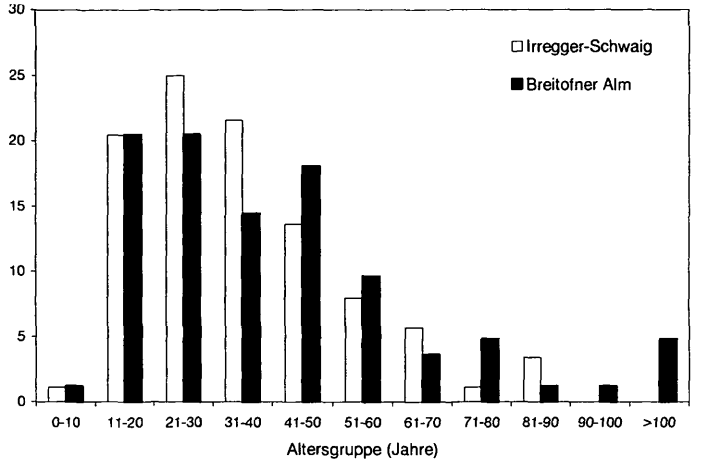

Abb. 3: Altersverteilung der Bäume im Waldgrenzökoton der Irregger-Schwaig (n=88) und der Breitofner Alm (n=83).

teten und gepflegten Milchviehalmen in weitgehend unbeaufsichtigte Jungviehweiden äußerte, wurden nach 1945 etliche Flächen völlig aufgegeben, so auch die Irregger-Schwaig. Folge dieser Entwicklung war, daß sich ab dem Beginn dieses Jahrhunderts die Bäume wieder dort etablieren konnten, wo sie - wie die Zwergsträucher - in früheren Jahrhunderten als Weideunkraut bekämpft wurden. Wie umfangreich diese Pflegemaßnahmen waren ist daran zu erkennen, daß von allen datierten Bäumen nur vier älter als 100 Jahre sind (Abb. 3). Ein massiver Zuwachs an Bäumen hat jedoch erst mit dem starken Rückgang bzw. der völligen Aufgabe der Beweidung in den letzten Jahrzehnten eingesetzt. Dieser Zuwachs ist nicht nur auf der heute unbeweideten Fläche, sondern auch auf der Jungviehalm nachweisbar, wenn auch in geringerem Umfang.

Der Waldgrenzökoton in seiner jetzigen Form ist also eine relativ junge Erscheinung. Zu Zeiten intensiver Bewirtschaftung während der vorangegangenen Jahrhunderte war der Wald dagegen schärfer von der Hochalm abgegrenzt. Die Waldgrenze als Reduktions-Typ war also Folge des anthropo-zoogenen Einflusses, und erst die Verringerung dieses Einflusses hat die allmähliche Wiederherstellung des natürlichen Waldgrenz-Typs eingeleitet. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß - trotz durchaus gegenteiliger Ansichten (BENZ 1922, ALBL 1958) - auf der Saualpe keine großflächigen und weitreichenden Waldgrenzsenkungen, sondern eher Depressionen der Baumgrenzen stattgefunden haben; dies läßt sich aus Klimamessungen an und oberhalb der aktuellen Waldgrenze und aus historischen Bilddokumenten ableiten (STÜTZER 1992, 1999). Demzufolge ist auch eine massive Bewaldung der Hochalmflächen selbst bei weiterhin ungestörter Entwicklung nicht zu erwarten.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Die Dynamik der Bestände

Nicht nur im Habitus, sondern auch in der Vermehrung der Fichten zeigt sich, daß die Bedingungen für Baumwuchs über der aktuellen Waldgrenze zunehmend schlechter werden. Bis in etwa 1880 m NN gibt es auf beiden Flächen jedoch noch etliche hochstämmige Bäume, von denen etwa ein Drittel der über 40-jährigen Individuen bei den Untersuchungen zapfentragend waren; jüngere Bäume hatten dagegen nur vereinzelt Zapfen (DIBS & STÜTZER 1999). Die generative (=potentielle) Waldgrenze dürfte demnach etwa auf der mittleren Höhe des heutigen Waldgrenzökotons verlaufen. Eine geschlossene Baumfront bis in diese Höhe wird sich allerdings selbst bei ungestörter Entwicklung kaum einstellen, denn auch in der unteren Hälfte des Ökotons treten immer wieder letale Schädigungen der Bäume auf, die einer Bestandsverdichtung entgegenstehen. Es ist daher anzunehmen, daß sich der untere Teil des Ökotons bei ungestörter Entwicklung zu einem offenen Waldland entwickeln wird.

Über 1880 m wurden nur noch wenige zapfentragende Bäume gefunden. An Stelle der generativen Vermehrung tritt nun die vegetative Ausbreitung durch Adventivbewurzelung in den Vordergrund, d.h. die Pflanzen versuchen, sich an die zunehmend ungünstigeren Klimaverhältnisse durch die Bildung bestandsklimatisch begünstigter Kleingruppen (=Rotten) anzupassen (Abb. 2, vgl. HOLTMEIER 1987). Die Gruppen bestehen meist aus 3-7, teilweise sogar aus über 20 Individuen. Durch die klimatische Begünstigung der Bäume im Zentrum der Gruppen tragen selbst einige der sehr hoch gelegenen Rotten noch Zapfen. Die Bildung der Kleingruppen dient also nicht ausschließlich dem Erhalt des Bestandes, sondern schafft auch Möglichkeiten zur generativen Vermehrung, wodurch vor allem im Umfeld der Rotten gelegentlich kleinwüchsige Solitäre zu finden sind. Mit zunehmender Höhenlage nehmen allerdings die Aussichten für eine erfolgreiche Keimung stark ab, wie die geringe Zahl kleiner Bäume im oberen Teil des Ökotons verdeutlicht.

Die Bildung von Rotten ist jedoch nicht auf die obere Hälfte des Ökotons beschränkt, sondern fast in der gesamten Kampfzone festzustellen. Sie setzt etwa ab dem 20. Lebensjahr der Bäume ein (KUOCH & AMIET 1970). Zwar überwiegt bei den bis 40-jährigen Bäumen noch der Anteil an Solitären, doch nimmt der Anteil der sich (auch) vegetativ verbreitenden Bäume mit fortschreitendem Alter zu. Bereits bei den 41-60-jährigen Bäumen liegt ihr Anteil deutlich über dem der Einzelbäume, und unter den mehr als 80-jährigen Bäumen wurde in beiden Testflächen überhaupt kein Solitär mehr gefunden.

Ab 1920 m NN nimmt der Anteil der Rotten wieder ab, so daß wie in der Waldstufe auch zwischen Baum- und

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 4:
Auch im tiefalpinen Gipfelbereich sind gelegentlich kleinwüchsige Bäume in besonderen Schutzlagen zu finden. Es gelingt den Bäumen aber nicht, über die schützende Umgebung hinauszuwachsen.

Artgrenze solitäre Bäume dominieren. Ursache dafür ist, daß die Bäume an den wenig geschützten Standorten oft schon in jugendlichem Alter letal geschädigt werden, bevor sie hinreichende Möglichkeiten zur vegetativen und generativen Vermehrung hatten. So war in der oberen Hälfte der Transekte keiner der abgestorbenen Bäume über 40 Jahre alt. Beobachtungen über ein ähnlich frühes Absterben der Bäume konnten HOLTMEIER et al. (1996) auch an der oberen Baumgrenze in Finnisch-Lappland machen. Eine Weiterentwicklung bzw. Verdichtung der Bestände ist damit nicht möglich. Die Bäume zwischen Baum- und Artgrenze bleiben also Einzelgänger, die einen fast aussichtlosen Kampf gegen ein baumfeindliches Klima führen.

Oberhalb der Transekte und damit bereits innerhalb der tiefalpinen Höhenstufe sind nur noch wenige und stets sehr kleinwüchsige Bäume an besonders geschützten und mikroklimatisch begünstigten Exklaven anzutreffen. Solche extrazonalen Standorte, die bis zu den Gipfeln in über 2000 m Höhe reichen können, sind z.B. die S-exponierten Seiten von Felsburgen oder ehemalige Unterstände (Abb. 4). Das durch Bohrkernentnahmen bestimmte Alter dieser Bäume betrug teilweise über 80 Jahre, was darauf hinweist, daß ihre Etablierung fast unmittelbar nach Einstellung der Almpflege stattgefunden hat. Aufgrund der extremen klimatischen Bedingungen ihrer Umgebung bleiben die Bäume bis ins hohe Alter kleinwüchsig, denn ihre über die schützende Umgebung hinausragenden Teile werden sofort geschädigt. Auffallend ist, daß die Bäume auf der S-Seite stets besser entwickelt sind als auf der sonnenabgewandten N-Seite, auf der fast immer starke Schädigungen durch Eisgebläse oder Frosttrocknis erkennbar sind. Zapfen wurden bislang nur an einem Individuum entdeckt.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

DANK

Ich danke Frau Fatima Dibs für ihre tatkräftige Mitarbeit sowie Herrn Oberförster Göderle aus Lölling und der Breitofner Weidegenossenschaft für ihre bereitwillige Unterstützung der Untersuchung.

Anschrift des Verfassers:
Dr. Andreas Stützer, Institut für Geographie, Universität Erlangen-Nürnberg, Kochstr. 4/4, D 91054 Erlangen; Tel: ++49 (0)9131 852 2017; Email: astuetz@geographie.uni-erlangen.de

AUSBLICK

Die Untersuchung der beiden Testflächen hat gezeigt, daß auf der Saualpe ohne Einfluß von Mensch und Tier eine Erhöhung der Waldgrenze um allenfalls 50 Höhenmeter zu erwarten ist. Die Baumbestände im unteren Teil des Ökotons werden jedoch nicht die Dichte der Waldstufe erreichen. Man bedenke, daß die Bäume auf der seit fast 100 Jahren kaum noch gepflegten und seit 40 Jahren nicht mehr beweideten Irregger-Schwaig bislang nur eine Deckung von knapp 10% erreicht haben! Der obere Teil des Ökotons wird auch in Zukunft ein Übergangssaum bleiben, in dem sich die Bäume vor allem vegetativ verbreiten und sich die Bestände mosaikartig mit der Zwergstrauch-Tundra verzahnen. Der Ökoton ist also kein Zwischenstadium auf dem Weg zur geschlossenen Waldgrenze, sondern das Endprodukt eines sich selbst regenerierenden Naturraumes.

LITERATUR

ALBL, A. (1958): Der Verlauf der heutigen oberen Waldgrenze und seine Dynamik. In: Planungsatlas Lavanttal 1, 216-217.

BENZ, R. (1922): Die Vegetationsverhältnisse der Lavanttaler Alpen. – Abhandlungen der zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien 13, H. 2.

BÖHM, R. (1992): Lufttemperaturschwankungen in Österreich seit 1775. Österreichische Beiträge zu Meteorologie und Geophysik 5.

DIBS, F. & A. STÜTZER (in Lit.): Ist die alpine Waldgrenze ein Reduktions-Typ? Forstwissenschaftliches Centralblatt, zum Druck eingereichtes Manuskript.

ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. 5. Auflage. Stuttgart, Ulmer.

HOLTMEIER, F.-K. (1987): Der Baumwuchs als klimaökologischer Faktor an der oberen Waldgrenze. Münstersche Geographische Arbeiten 27, 145-151.

HOLTMEIER, F.-K. (1985): Die klimatische Waldgrenze – Linie oder Übergangssaum (Ökoton)? Erdkunde 39, 271-285.

HOLTMEIER, F.-K., A. MÜTERTHIES & G. E. STEVENS (1996): Effektive Verjüngung und Zuwachs der Kiefer (*Pinus sylvestris*) und Fichte (*Picea abies*) an ihrer Höhengrenze in Finnisch-Lappland während der letzten 100 Jahre. Arbeiten aus dem Institut für Landschaftökologie, Westfälische Wilhelms-Universität 1, 85-99.

KUOCH, R. & R. AMIET (1970): Die Verjüngung im Bereich der oberen Waldgrenze der Alpen. Schweizerische Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Mitteilungen 46 (4), 159-328.

SCHIECHTL, H.M. (1967): Die Physiognomie der potentiellen natürlichen Waldgrenze und Folgerungen für die Praxis der Aufforstung in der subalpinen Stufe. Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien 75, 5-55.

SCHROEDER, F.-G. (1998): Lehrbuch der Pflanzengeographie. Wiesbaden, Quelle & Meyer.

STÜTZER, A. (in Lit.): Die Wald- und Baumgrenze auf der Saualpe: ein Vergleich alter und neuer Bilder. Forstwissenschaftliches Centralblatt, zum Druck eingereichtes Manuskript.

STÜTZER, A. (1992): Die Waldgrenze und die waldfreien Hochlagen der Saualpe in Kärnten. Dissertation Universität Erlangen-Nürnberg.

TRANQUILLINI, W. (1979): Physiological ecology of the alpine timberline. Ecological Studies 31. Berlin et al., Springer.

TRETER, U. (1984): Die Baumgrenzen Skandinaviens. Wiesbaden, Steiner.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Carinthia II

Jahr/Year: 1999

Band/Volume: 189_109

Autor(en)/Author(s): Stützer Andreas

Artikel/Article: Im permanenten Überlebenskampf: Bäume über der Waldgrenze. 353-360