© Landesmuseum für Kärnten; download www.landesmuseum.ktn.gv.at/wulfenia; www.biologiezentrum.at

Wulfenia **10** (2003): 115–124

Wulfenia

Mitteilungen des
Kärntner Botanikzentrums
Klagenfurt

Ergebnisse einer Fichten-Pflanzung an und oberhalb der aktuellen Waldgrenze der Saualpe (Kärnten, Österreich)

Andreas Stützer

Zusammenfassung: Auf der Saualpe wurden im September 1999 fünf Gruppen à 30 bzw. 40 Jungfichten (*Picea abies* (L.) Karst.) in Abständen von jeweils 50 Höhenmetern von der aktuellen Waldgrenze in 1850 m bis hinauf zum Gipfelbereich in 2050 m Höhe gepflanzt. Ziel dieses Versuches war es zu ermitteln, ob der natürliche Übergang vom subalpinen Wald zur baumfreien alpinen Tundra als Linie oder, wie vorangegangene Untersuchungen vermuten ließen, als Übergangssaum (Ökoton) einzustufen ist.
In 2050 m Höhe war nach drei Jahren kein lebender Baum mehr anzutreffen. Dieser Standort ist somit bereits der baumfreien alpinen Höhenstufe zuzuordnen. In 2000 m Höhe waren die Verluste in den drei Jahren ebenfalls so massiv, dass auch hier in den kommenden Jahren mit einem Totalausfall gerechnet werden muss. Noch in 1950 m Höhe weisen die meisten Bäume sehr starke Schädigungen auf. Einige von ihnen dürften jedoch überleben, womit in dieser Höhenlage die natürliche obere Verbreitungsgrenze der Fichte erreicht wäre. In 1900 m Höhe nehmen die Zahl der geschädigten Bäume und deren Schädigungsgrade allmählich ab und am untersten Standort in 1850 m Höhe, auf der Höhe der aktuellen Waldgrenze, zeigen die Bäume nur geringe klimatische Schädigungen. Hier wäre bei ungestörter Entwicklung sogar eine allmähliche Verdichtung der Bestände möglich.
Die Ergebnisse des Pflanzversuches unterstützen damit die vorangegangenen Untersuchungen, wonach die natürliche alpine Fichten-Waldgrenze ein Ökoton ist, dessen vertikale Ausdehnung sich über 60–100 Höhenmeter erstreckt.

Summary: In September 1999, five groups of 30–40 young spruce trees (*Picea abies* (L.) Karst.) were planted in vertical distances of 50 meters from the recent forest line of Saualpe (Carinthia) at 1850 m a.s.l. up to the summit plateau at 2050 m a.s.l. The objective was to find out, if the natural transition from the subalpine forest to the alpine tundra can rather be classified as a sharp line or as a wider area, a so-called ecotone, which was assumed by previous investigations.
At 2050 m a.s.l., all trees died within the first three years. This stand can therefore be related to the alpine belt, which is naturally tree-less. At 2000 m a.s.l., the trees show substantial damage, which indicates that a total loss can also be expected during the next few years. At 1950 m a.s.l., the trees still show heavy damage. However, some of them will probably survive, which indicates that this is the upper growth limit for spruce. At 1900 m a.s.l., the number of damaged trees and the degree of damage gradually decrease, and at the recent forest line at 1850 m a.s.l., the trees show only slight climatic damage. Here, even a slow increase in the number of trees could be expected under natural conditions.
The results of the plantation experiment confirm the previous investigations. Thus, the alpine forest line of spruce is an ecotone with a vertical extension of some 60–100 meters.

Keywords: alpine forest line, spruce, forest-tundra ecotone, plantation, Saualpe, Carinthia

Im September des Jahres 1999 wurden auf der Saualpe fünf Gruppen von je 30 bzw. 40 Jungfichten in Abständen von jeweils 50 Höhenmetern von der aktuellen Waldgrenze im engeren Sinne, also der oberen Grenze des geschlossenen Baumbestandes (STÜTZER 2002) in 1850 m Höhe bis in den Gipfelbereich des Gebirgszuges in 2050 m Höhe gepflanzt. Ziel dieses Versuches war es herauszufinden, ob es sich bei der natürlichen alpinen Fichten-Waldgrenze um eine scharfe Linie handelt – oder um einen Ökoton, also einen Übergangsbereich zwischen subalpinem Wald und alpiner Tundra mit einer bestimmten räumlichen Ausdehnung, in dem sich der Baumbestand mit zunehmender Höhenlage immer stärker auflichtet

© Landesmuseum für Kärnten; download www.landesmuseum.ktn.gv.at/wulfenia; www.biologiezentrum.at

(HOLTMEIER 1985, 2000). Dem Versuch waren bereits mehrere Studien vorausgegangen (STÜTZER 1999, 2000, 2002), die ergeben hatten, dass sich die derzeit lichten Baumbestände oberhalb der aktuellen Waldgrenze ohne Einwirkung des Menschen nur langsam und allenfalls bis in die Höhe von 1880 m verdichten können. Gemeint ist in diesem Fall die Etablierung von Bäumen mit einer Mindesthöhe von 2 m, also des ‚Normaltyps' im Sinne gängiger Definitionen des Begriffes ‚Baum' (z.B. ELLENBERG 1996; SCHROEDER 1998), deren geschlossener Bestand zugleich einen ‚Wald' bildet.

Oberhalb dieser Höhe sind die deutlich sichtbaren, klimatisch bedingten Schädigungen bereits so groß, dass mit einem weiteren Ansteigen der Waldgrenze im oben genannten Sinne nicht zu rechnen ist. Denkbar wäre jedoch, dass es bei ungestörter Entwicklung auch über dieser Grenze zu einer allmählichen Verdichtung des Baumbestands kommt, bei der die Individuen zwar kleinwüchsig bleiben, aber dennoch mit der Zeit einen relativ geschlossenen Bestand bilden. Unter Vernachlässigung des metrischen Aspektes wäre die natürliche alpine Fichten-Waldgrenze damit als Linie anzusprechen.

Die Anpflanzung sollte zeigen, in welche der beiden möglichen Richtungen sich die Bestände entwickeln: a) zu einer weitgehend geschlossene Formation oder b) zu einem Ökoton. Blieben Zahl und Zustand der Bäume bis zu einer bestimmten Höhenlage relativ konstant, spräche das für die Entwicklung einer scharfen Grenze. Nähmen sie dagegen von untersten zum obersten Standort mehr oder weniger kontinuierlich ab, wäre der Übergang als Ökoton einzustufen.

Material & Methoden

Für die Pflanzung wurden 3 bis 8 Jahre alte Fichten verwendet, die als natürliche Aussaaten an bzw. unterhalb der aktuellen Waldgrenze an den Rändern eines vor 10 Jahren neu angelegten Forstweges aufgekommen waren. Die Entnahme und Wiedereinpflanzung der Jungpflanzen erfolgte am 28.9.1999, also gegen Ende der Vegetationsperiode. Zum Zeitpunkt der Entnahme hatten die Fichten eine oberirdische Größe von 7 bis 15 cm. Die Bäume wurden mit einer Gartenschaufel inklusive des die Wurzeln umgebenden Bodens ausgehoben, wodurch die bodenbiologischen und -chemischen Verhältnisse im Wurzelraum weitgehend erhalten blieben. Vereinzelte Verletzungen der Wurzeln waren beim Ausheben zwar unvermeidbar, doch waren die sichtbaren Schäden insgesamt gering. Zudem ist bei dieser Pflanzmethode der Zeitraum der Umpflanzung relativ unproblematisch, da er außerhalb der Hauptwachstumsphase liegt und damit keine gravierenden Störungen zu erwarten sind, die sich negativ auf das weitere Wachstum der Pflanzen auswirken könnten (RÖHRIG & GUSSONE 1990: 146; SCHMIDT-VOGT 1991: 380).

Für den Transport wurden die Pflanzen in Plastiktüten gepackt, in einem licht- und wärmegeschützten Behälter innerhalb von drei Stunden an die neuen Standorte gebracht und dort sofort eingesetzt. Durch die verdunstungshemmende Verpackung und die kurzen Transportzeiten konnten entwicklungsstörende Feuchtigkeitsverluste weitgehend vermieden werden (RÖHRIG & GUSSONE 1990: 136). An den neuen Standorten wurden Pflanzlöcher in der Größe der Wurzelballen ausgehoben, in die die Pflanzen mit dem sie umgebenden Boden hineingesetzt wurden. Eine Befeuchtung bzw. Einschlämmung fand nicht statt. Dies erschien wegen der hohen Bodenfeuchtegehalte zum Zeitpunkt der Entnahme nicht erforderlich, zumal in Kärnten sowohl in den Tagen vor wie nach der Pflanzung ergiebige Niederschläge zu verzeichnen waren (ZENTRALANSTALT FÜR METEOROLOGIE UND GEODYNAMIK, o.J.).

© Landesmuseum für Kärnten; download www.landesmuseum.ktn.gv.at/wulfenia; www.biologiezentrum.at

An den drei unteren Standorten wurden jeweils 30 Bäume in drei hangparallelen Reihen zu je 10 Bäumen gepflanzt, an den beiden oberen Standorten vier Reihen à 10 Bäume. Durch die größere Zahl von Bäumen in 2000 und 2050 m Höhe sollte erreicht werden, dass bei den zu erwartenden hohen Ausfällen kleinräumige, mikrotopographisch bedingte Standortsvarietäten besser erkennbar werden. Die räumliche Verteilung der Pflanzen an den Standorten erfolgte in Anlehnung an die von SCHÖNENBERGER et al. (1990) und SCHÖNENBERGER (2001) beschriebene Methode der Hochlagenaufforstung in Kleingruppen (Clustern), die seit einigen Jahren mit Erfolg in der Schweiz betrieben wird. Als horizontaler und vertikaler Abstand zwischen den Individuen wurden etwa 50 cm gewählt, wobei in Abhängigkeit vom Mikrorelief und dem Untergrund gelegentlich davon abgewichen werden musste.

Die für die Neuanpflanzung ausgewählten fünf Standorte befinden sich alle im nordwestlichen Teil der Saualpe auf der ehemaligen Irregger-Schwaig. Dieser Bereich der Hochalm wurde vor der Pflanzung vier Jahrzehnte lang nicht beweidet. Im Sommer 2000 wurde die Beweidung allerdings wieder aufgenommen, wenn auch mit einer nur geringen Zahl von Jungrindern. Zum Zeitpunkt der Pflanzung war dies nicht abzusehen. Auf die Auswirkungen der erneuten Beweidung wird in den folgenden Abschnitten genauer eingegangen.

Vegetationskundlich lassen sich die neuen Standorte wie folgt charakterisieren (vgl. Tab. 1): Der unterste Standort befindet sich in einer zweischichtigen Alpenrosen-Heidelbeer-Heide (Rhododendro-Vaccinietum). Unter der dicht geschlossenen Krautschicht befindet sich eine ebenfalls geschlossene Bodenschicht, die von der Flechte *Cetraria islandica* dominiert wird. Der zweite Standort im 1900 m Höhe besitzt ebenfalls eine fast geschlossene, zweischichtige Vegetationsdecke, in deren Krautschicht anstelle der Alpenrose die Besenheide auftritt (Calluno-Vaccinietum). Am dritten Standort in 1950 m Höhe deutet sich in der Vegetation der Übergang von der subalpinen zur alpinen Höhenstufe an. Neben der Besenheide tritt nun verstärkt die Gemsheide *Loiseleuria procumbens* auf (Calluno-Loiseleurietum). Auch hier ist die Vegetationsdecke noch vollständig geschlossen. Am vierten Standort in 2000 m Höhe dominiert die Gemsheide bereits den Bestand (Cetrario-Loiseleurietum). Sie bildet mit den Flechten eine geschlossene Bodenschicht, über der nur noch eine lichte Kraut- und Grasschicht mit den Gräsern *Deschampsia flexuosa* und *Juncus trifidus* ausgebildet ist. Am höchstgelegenen fünften Standort in 2050 m Höhe ist die Bodenbedeckung durch die Vegetation bereits lückenhaft. Dies ist vor allem auf Abtrag durch Kammeisbildung und anschließende Deflation zurückzuführen (BÖHMER 1999: 81; FRANZ 1999). Neben der weiterhin dominanten Gemsheide bilden hier *Carex sempervirens* und *Anthoxanthum odoratum* eine spärliche Grasschicht. Auch diese Pflanzengemeinschaft ist als Cetrario-Loiseleurietum einzustufen, in der sich allerdings Übergänge zu anderen alpinen Gesellschaften abzeichnen (FRANZ 2000).

Die Untersuchungsflächen wurden in den drei folgenden Jahren jeweils im Juli bzw. August aufgesucht und die Entwicklung der Bäume dokumentiert. Dabei wurden die Bäume in fünf Zustandsklassen eingeteilt (Abb. 1):

(1) nicht oder nur minimal geschädigt: allenfalls geringer Nadelverlust oder vergilbte Nadeln bei gleichzeitiger Bildung neuer Nadeln, keine erkennbar abgestorbenen Zweige.
(2) mäßig geschädigt: insgesamt bis 25% Nadelverlust, stellenweise Vergilbung der Nadeln.
(3) stark geschädigt: bis 50% Nadelverlust, deutliche Gelb- bis Braunfärbung der Nadeln, vereinzelt abgestorbene Zweige.

© Landesmuseum für Kärnten; download www.landesmuseum.ktn.gv.at/wulfenia; www.biologiezentrum.at

Tabelle 1: Pflanzensoziologische Aufnahme der fünf Standorte. Pflanzen mit sehr geringen Deckungsgraden wurden nicht berücksichtigt.

Standort-Nr.	1	2	3	4	5
Höhe über NN	1850 m	1900 m	1950 m	2000 m	2050 m
Art \ Gesamtdeckung	100%	95%	100%	98%	80%
Rhododendron ferrugineum	3				
Vaccinium myrtillus	4	3	1		
Vaccinium gaultherioides	1	1	1		
Vaccinium vitis-idaea	1	1	1		1
Calluna vulgaris		2	3		
Loiseleuria procumbens			3	4	3
Deschampsia flexuosa	1	2m	2m	3	+
Luzula sylvatica		+			
Carex sempervirens			1		2m
Juncus trifidus				1	1
Anthoxanthum odoratum					1
Pulsatilla alba		1			
Homogyne alpina		2			
Arnica montana		+			
Phytheuma hemisphaericum			+	+	
Euphrasia minima					1
Senecio carniolicus					+
Cetraria islandica	4	3	4	3	3
Cetraria nivalis				+	

(4) sehr stark geschädigt, absterbend: deutlich über 50% Nadelverlust, massive Verfärbung der Nadeln, mehrere nadelfreie, abgestorbene Zweige.
(5) abgestorben: vollständiger Nadelverlust bzw. ausschließlich braune Nadeln.

Im Laufe der drei Jahre war zudem eine immer größere Zahl an Bäumen nicht mehr auffindbar. Diese Verluste wurden gesondert gekennzeichnet. Die möglichen Ursachen dieser Verluste werden nachfolgend diskutiert.

Ergebnisse & Diskussion

Bestandsentwicklung und -verluste

Bereits nach einem Jahr waren an allen Standorten sowohl mehrere Bäume geschädigt als auch nicht mehr auffindbar. Als Ursachen dafür kommen in Frage: a) eine klimatisch bedingte, baumfeindliche Lage des Standortes, b) Verbiss durch Wild, Weide- und Kleintiere und c) Ausfälle, die durch die Umpflanzung bedingt sind.

Klimatisch bedingte Verluste

Am höchstgelegenen Standort in 2050 m Höhe waren nach einem Jahr bereits 27 der 40 gepflanzten Bäume abgestorben und weitere sieben nicht mehr auffindbar (Abb. 1). Die starke

© Landesmuseum für Kärnten; download www.landesmuseum.ktn.gv.at/wulfenia; www.biologiezentrum.at

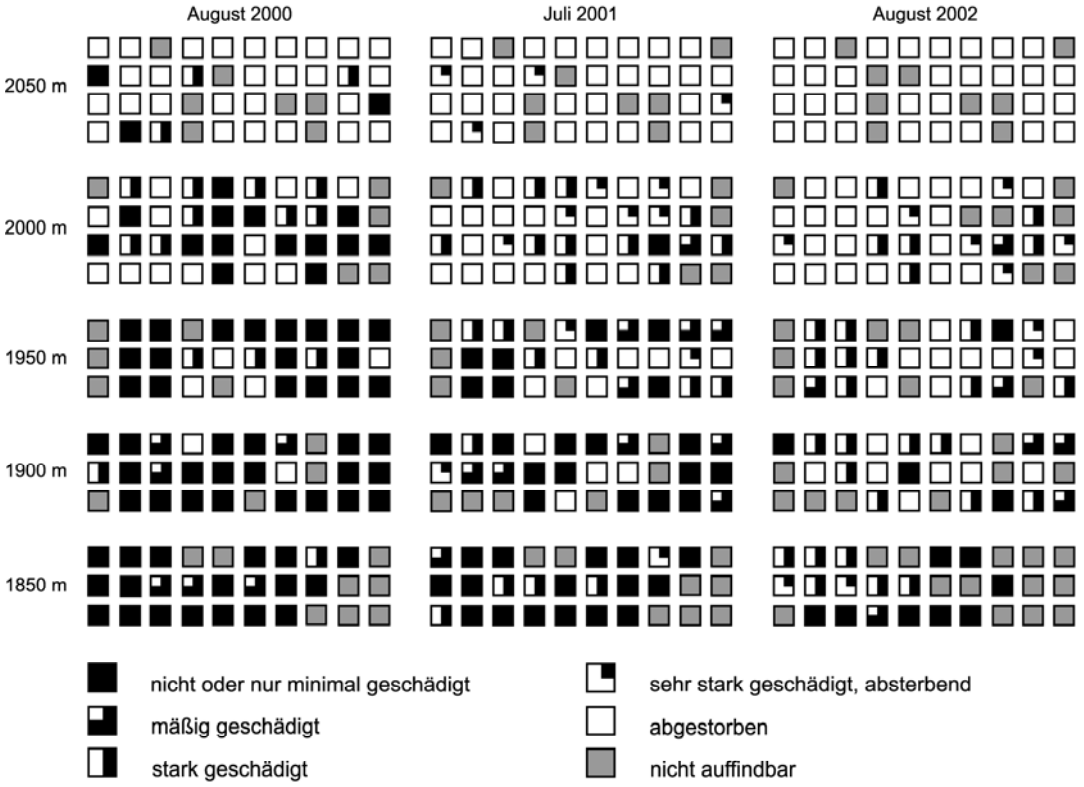

Abbildung 1: Entwicklungszustand der Pflanzungen in den Jahren 2000 bis 2002.

Schädigung von drei der sechs verbliebenen Bäume und der Totalausfall bis zum dritten Jahr belegen, dass diese Verluste primär klimatisch bedingt sind. Der Standort liegt somit oberhalb des natürlichen Verbreitungsgebietes der Fichte. Die Gründe dafür sind der sommerliche Wärmemangel und der winterliche Schneemangel. Da die Bäume in den kurzen Sommern keinen ausreichenden Kälte- und Verdunstungsschutz entwickeln können, sind sie im Winter gegen Frost, Eisgebläse und Verdunstung kaum geschützt (TRANQUILLINI 1979). Erschwerend kommt hier hinzu, dass die Saualpe ein schneearmer Gebirgszug ist, dessen Schneedecke im überwiegend konvex gewölbten Gipfelbereich leicht verweht wird, wodurch immer wieder Teile der Vegetation freigelegt werden. Daher ist die Gipfelregion vor allem von der flach am Boden anliegenden, extrem frostresistenten Gemsheide besiedelt. Sofern neben ihr höherwüchsige Zwergsträucher wie die Heidelbeere oder die Rauschbeere aufkommen, sind selbst bei diesen Pflanzen oft erhebliche winterliche Schädigungen durch Eisgebläse und Frosttrocknis zu beobachten, die auch zum Absterben der angepflanzten Bäume geführt haben.

Diese klimatisch bedingte Baumfeindlichkeit trifft prinzipiell auch auf den zweithöchsten Standort in 2000 m Höhe zu, an dem nach dem ersten Jahr zwölf und im dritten Jahr 20 Bäume (=50%) abgestorben und die verbliebenen Bäume bis auf ein Individuum stark bis sehr stark geschädigt waren. Somit ist auch für diesen Standort in den kommenden Jahren mit einem Totalausfall zu rechnen. In dieser Höhenlage können Fichten allenfalls vereinzelt an thermisch begünstigten Kleinstandorten, z.B. im Schutz von Felsen, überdauern (STÜTZER 1999). Dass die Bäume an ihrer oberen natürlichen Verbreitungsgrenze kein hohes Alter erreichen, hat bereits die Untersuchung von DIBS (1998) gezeigt, bei der in den höchsten

© Landesmuseum für Kärnten; download www.landesmuseum.ktn.gv.at/wulfenia; www.biologiezentrum.at

Lagen des aktuellen Waldgrenzökotons keine Fichte gefunden wurde, die älter als 40 Jahre war. Da durch das frühzeitige Absterben der Bäume eine generative Vermehrung nahezu ausgeschlossen ist, basiert ihre Ansiedlung in den höchsten Lagen fast immer auf Sameneintrag aus den tiefer gelegenen Bereichen. Auch eine autovegetative Weiterentwicklung der Bestände durch Ablegerbildung ist kaum möglich, da die Bäume in der Regel in einem Alter sterben, in dem diese noch nicht stattfindet (KUOCH & AMIET 1970; STÜTZER 2002).

Die Baumfeindlichkeit der beiden oberen Standorte kommt auch in Abb. 2 zum Ausdruck, die das fortschreitende Ausmaß der Schädigungen auf Basis der in Abb. 1 gewählten 25%-Abstufungen dokumentiert. Die rapide fortschreitende Schädigung der Bäume äußert sich vor allem bei der Kurve des obersten Standortes in einem fast asymptotischen Verlauf.

Im Gegensatz zu den beiden oberen Standorten ist die Gefahr von Frostschäden an den drei unteren Standorten mit ihrer dichten zweischichtigen Vegetationsdecke geringer, da die hier vorherrschenden konkaven und gestreckten Reliefformen eine bessere Schneeakkumulation ermöglichen. Dadurch können die jungen Bäume den Winter im Schutz der Zwergsträucher und des von ihnen zurückgehaltenen Schnees verbringen und mechanische oder physiologische Schäden eher vermieden werden. Trotzdem sind die klimatischen Bedingungen in 1950 und 1900 m Höhe für das Wachstum von Bäumen noch keineswegs günstig, denn auch hier sind in den ersten drei Jahren 9 bzw. 8 Bäume (=30% bzw. 27%) abgestorben. An diesen Standorten ist somit ebenfalls nur ein begrenztes Potential für das Wachstum von Bäumen vorhanden, wobei der Standort in 1950 m Höhe in etwa die natürliche Obergrenze des Verbreitungsgebietes der Fichte markiert, wie der Vergleich zum nächst höher gelegenen Standort verdeutlicht. Dafür spricht auch, dass der Erhaltungszustand der bis zum Jahr 2002 verbliebenen Bäume nun allmählich besser wird. In 1950 m Höhe wiesen nach den ersten drei Jahren immerhin drei, in 1900 m Höhe sogar sechs Bäume keine oder nur geringe Schädigungen

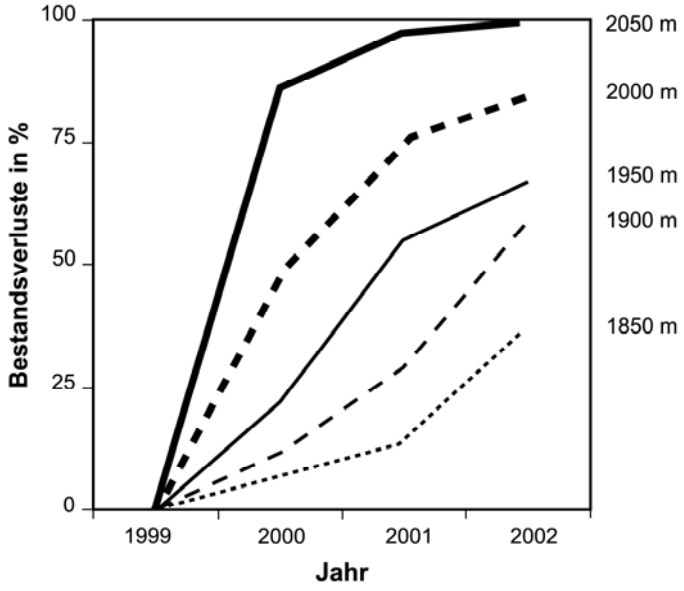

Abbildung 2: Das Ausmaß der Schädigungen in den ersten drei Jahren nach der Pflanzung auf Basis der Schädigungsgrade (25%-Abstufungen, vgl. Abb. 1). Die erhöhten Verluste ab dem Jahr 2001 an den beiden unteren Standorten deuten auf Einfluss durch das Weidevieh hin, während die Verluste an den beiden oberen Standorten primär klimatisch bedingt sind.

© Landesmuseum für Kärnten; download www.landesmuseum.ktn.gv.at/wulfenia; www.biologiezentrum.at

auf. Zumindest für einen Teil der Bäume sollte damit ein längerfristiges Überleben möglich sein. Die Entwicklung eines auch nur halbwegs geschlossenen Bestandes ist indes in dieser Höhenlage nicht zu erwarten.

Erwartungsgemäß am günstigsten ist die klimatische Situation an der aktuellen Waldgrenze in 1850 m Höhe. Besonders bemerkenswert an diesem Standort ist, dass trotz des Gesamtverlustes von 13 Bäumen in den ersten drei Jahren kein einziger Baum nachweislich abgestorben ist. Dass in dieser Höhe die klimatischen Bedingungen für das Überleben von Bäumen ausreichend sind, wird sowohl durch den aktuellen Verlauf der Waldgrenze als auch dadurch belegt, dass immerhin acht Bäume die ersten drei Jahre weitgehend unbeschadet überstanden haben. Für die Verluste muss daher in erster Linie der Einfluss der Weidetiere verantwortlich gemacht werden.

Verluste durch Wild, Weide- und Kleintiere

Die Beurteilung der unteren drei Standorte als potentieller Lebensraum der Fichte fiele vorraussichtlich noch etwas günstiger aus als Abb. 1 vermuten lässt, wäre die Zahl der nicht mehr auffindbaren Bäume geringer. Vor allem am untersten Standort in 1850 m Höhe kontrastiert deren alljährlich steigende Zahl mit dem guten Erhaltungszustand der verbliebenen Individuen. Klimatische und pflanzungsbedingte Einflüsse können daher als Hauptursachen für die Verluste ausgeschlossen werden. Der überwiegende Teil dieser Ausfälle muss somit durch die erneute Beweidung mit Jungrindern verursacht sein, die im Sommer 2000 bis zur Höhe des mittleren Standortes aufgenommen wurde. Der Bereich oberhalb dieser Standorte ist durch die Umzäunung des Weideareals weiterhin vor Beweidung geschützt.

Wie die Untersuchungen von DIBS (1998) gezeigt haben, lassen sich auf der Saualpe an rund 10% aller Bäume über der Waldgrenze deutliche Verbissschäden feststellen; dies entspräche einem Anteil von 3–4 Bäumen je Standort. Dieser Prozentsatz wird an den unteren drei Standorten deutlich übertroffen, da dort allein die Zahl der nicht mehr auffindbaren Bäume zwischen 7 und 13 liegt. Mit hoher Wahrscheinlichkeit sind die meisten dieser Verluste durch Weidetiere bedingt, da die Rinder die jungen Bäume beim Grasen mitsamt ihren Wurzeln aus dem Boden reißen. In einigen Fällen wurden sogar tote Stämmchen neben ihrem Pflanzort gefunden, was auf das Herausreißen der Bäume hindeutet.

Ein gewisser Anteil der Schädigungen dürfte daneben durch Wild und Kleintiere verursacht sein. Deren Einfluss ist allerdings schwer abzuschätzen, da sich solche Verbissschäden in der Regel auf einzelne Pflanzenteile beschränken. Somit ist eine Unterscheidung zu klimatisch bedingten Zustandsverschlechterungen oft schwer möglich. Für die Untersuchungsflächen ist daher als obere Grenze der partiellen Schädigungen durch Wildtiere der von DIBS ermittelte Wert von 10% anzunehmen. Totalausfälle durch Wildverbiss dürften dagegen kaum auftreten, da Fichten vom Wild allgemein ungern angenommen werden.

Umpflanzungsbedingte Verluste

Neben den klimatischen und zoogenen Einflüssen kann auch das Umpflanzen selbst einen gewissen Prozentsatz der Ausfälle bedingen. Zu diesen Verlusten liegen aus der Literatur relativ einheitliche Angaben vor. PLATE (1975: 25) sowie KUOCH & AMIET (1970: 245) beziffern die Ausfälle auf maximal 18–20%, SCHMIDT-VOGT (1991: 382) bei frischen Standorten – wie im vorliegenden Fall – auf 16%. Laut KUOCH & AMIET sind dabei

© Landesmuseum für Kärnten; download www.landesmuseum.ktn.gv.at/wulfenia; www.biologiezentrum.at

erstaunlich hohe Abgänge im Rhododendro-Vaccinietum zu verzeichnen, während die Verluste in heidekrautreichen Beständen nach ihren Beobachtungen deutlich geringer sind. Dies trifft hier nicht zu, vielmehr ist die Entwicklung im waldgrenznahen Rhododendro-Vaccinietum am günstigsten. Die Beobachtungen von KUOCH & AMIET dürften daher primär für Standorte in gleicher Höhenlage deutlich oberhalb der jeweiligen Waldgrenze gelten.

Insgesamt waren die unmittelbar durch die Umpflanzung bedingten Verluste erheblich geringer als die von den oben genannten Autoren angegebenen maximalen Anteile. Besonders deutlich zeigt sich dies am untersten Standort, an dem in den ersten drei Jahren kein Baum nachweislich abgestorben ist und damit auch zukünftig keine pflanzungsbedingten Langzeitverluste zu erwarten sind (SCHMIDT-VOGT 1991: 380). Mit zunehmender Höhenlage der Standorte ist dagegen eine mittelbare Beeinflussung durch die Umpflanzung nicht auszuschließen, wenn auch nur schwer nachweisbar. Diese Beeinflussung beruht darauf, dass die Bäume aus tiefer gelegenen Höhenabschnitten stammen, in denen die genetischen Abwehrmechanismen gegen klimatische Ungunst weniger stark ausgebildet sind. Eine Quantifizierung und Abtrennung dieser indirekten Beeinflussung von anderen Schädigungsformen ist indes ebenfalls kaum möglich und dürfte wegen des maximalen Höhenunterschiedes von 250 Höhenmetern zwischen dem ehemaligen und dem neuen Standort kaum zu letalen Schädigungen geführt haben. Die pflanzungsbedingten Ausfälle dürften daher bei dem von KUOCH & AMIET (1970) Mittelwert von rund 5%, das heißt bei maximal 1–2 Individuen pro Standort anzusetzen sein.

Schlussfolgerungen

Bilanziert man den Entwicklungsstand an den fünf Standorten nach den ersten drei Jahren, ergibt sich folgendes Bild: An der aktuellen Waldgrenze in 1850 m Höhe sind mittlerweile acht der verbliebenen 17 Bäume stark bis sehr stark geschädigt. Daher sind auch in dieser Höhenlage für die Zukunft weitere Ausfälle zu erwarten. Demgegenüber scheint sich ein Teil der Bäume jedoch dauerhaft etablieren zu können. Auch unter natürlichen Bedingungen wäre somit eine allmähliche Verdichtung des Bestandes möglich. Da sich solche Entwicklungen sehr langsam vollziehen, bliebe der Baumbestand allerdings noch lange Zeit aufgelockert und hätte damit wie bisher eher den Charakter eines offenen Waldlandes als eines geschlossenen Waldes.

In 1900 m Höhe nimmt der Schädigungsgrad der Bäume bereits erheblich zu. Hier sind über 50% (8 von 14) der verbliebenen Bäume stark geschädigt, nur drei Bäume zeigen keine nennenswerten Schädigungen. In Zukunft ist somit auch an diesem Standort mit weiteren starken Ausfällen zu rechnen. Eine natürliche Verdichtung des Baumbestandes ist demzufolge in dieser Höhelage kaum möglich. Die potentielle obere Grenze des geschlossenen, hochstämmigen Baumbestandes, also die Waldgrenze i.e.S., muss also zwischen den beiden untersten Standorten liegen. Dies deckt sich mit den Ergebnissen der vorangegangenen Untersuchung, in der die Höhe dieser Grenze mit 1880 m ermittelt wurde (STÜTZER 2002).

In 1950 m Höhe nehmen die Zahl der geschädigten Bäume und das Ausmaß der Schädigungen erwartungsgemäß weiter zu. Hier sind bereits 80% (11 von 14) aller Bäume stark geschädigt und damit weitere massive Ausfälle zu erwarten. Lediglich ein Baum zeigt bisher keine nennenswerten Schädigungen, zwei Bäume sind nur mäßig geschädigt. Dies weist darauf hin, dass die Bäume in dieser Höhenlage niemals auch nur annähernd normale Wuchsformen und -höhen erreichen werden. Der Standort liegt damit bereits über der

© Landesmuseum für Kärnten; download www.landesmuseum.ktn.gv.at/wulfenia; www.biologiezentrum.at

Baumgrenze, sofern man für den Begriff ‚Baum' eine Mindestgröße von 2 m zugrunde legt. Er kennzeichnet vielmehr die obere Verbreitungsgrenze der Fichte.

Da in 2000 m Höhe nach den ersten drei Jahren bereits 90% (12 von 13) aller Bäume stark geschädigt sind, ist hier, ähnlich wie am obersten Standort in 2050 m, in den kommenden Jahren mit einem Totalausfall zu rechnen. Denkbar ist allenfalls, dass ein oder zwei kleinwüchsige Individuen für einige weitere Jahre überdauern, bevor auch sie in einem klimatisch besonders ungünstigen Jahr absterben.

Ausblick

Als Ergebnis des Pflanzversuches ergeben sich damit folgende Schlüsse: Der Übergang vom subalpinen Wald zur alpinen Tundra der Saualpe bliebe selbst bei ungestörter Entwicklung ein Ökoton, dessen Ausdehnung sich noch viele Jahrzehnte über rund 100 Höhenmeter von der aktuellen Waldgrenze in 1850 m bis in etwa 1950 m Höhe erstrecken würde – wie er es bereits jetzt tut. Allenfalls in den untersten Höhenmetern des Ökotons, etwa bis zu einer Höhe von 1880 m, könnte eine allmähliche Verdichtung der Bestände zu einem ‚waldähnlicheren' Erscheinungsbild führen (STÜTZER 2002). Dazu wäre allerdings mindestens ein Jahrhundert ungestörter Entwicklung notwendig. Diese Bedingung ist durch die jüngst vollzogene Wiederaufnahme der Beweidung jedoch nicht gegeben; vielmehr ist als Folge der neuerlichen Beweidung sogar eine Abnahme der natürlichen Verjüngung und damit eine erneute Auflichtung der Bestände zu erwarten (STÜTZER 1999).

Für die alpine Fichten-Waldgrenze gilt nach den vorliegenden Ergebnissen generell, dass sie – massive Eingriffe des Menschen durch Rodung ausgeschlossen – sowohl unter natürlichen Bedingungen als auch unter dem Einfluss von Beweidung einen Übergangsbereich bildet, in dem sich der Baumbestand mit zunehmender Höhenlage immer stärker auflöst. Auf der Saualpe, die eine durchschnittliche Geländeneigung von 7 bis 15° aufweist, beträgt die oberflächenparallele Ausdehnung des Waldgrenz-Ökotons derzeit etwa 400–800 m; unter ungestörten Bedingungen betrüge seine Ausdehnung rund 250–500 m.

Literatur

BÖHMER, H. J. (1999): Vegetationsdynamik im Hochgebirge unter dem Einfluß natürlicher Störungen. – Dissertationes Botanicae **311**. – Berlin, Stuttgart: Cramer.

DIBS, F. M. (1998): Die Waldgrenzsituation im Bereich aufgelassener und genutzter Almen in Kärnten am Beispiel der Saualpe. – Unveröffentlichte Diplomarbeit am Institut für Geographie der Universität Erlangen-Nürnberg.

ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas und der Alpen in historischer, dynamischer und ökologischer Sicht. [5. Aufl.] – Stuttgart: Ulmer.

FRANZ, W. R. (1999): Zur Genese erosionsbedingter *Loiseleuria procumbens*-Zwergstrauchheiden. – Carinthia II **189/109**: 267–279.

FRANZ, W. R. (2000): Die Gesellschaft der Starren Segge und der Alpenazalee (Carici bigelowii-Loiseleurietum procumbentis ass. nov.) - eine Zwergstrauch-Reliktgesellschaft der Saualpe und der Seetaler Alpen (Kärnten/Steiermark). – Wulfenia **7**: 57–81.

HOLTMEIER, F. K. (1985): Die klimatische Waldgrenze - Linie oder Übergangssaum (Ökoton)? Ein Diskussionsbeitrag unter besonderer Berücksichtigung der Waldgrenzen in den mittleren und hohen Breiten der Nordhalbkugel. – Erdkunde **39**(4): 271–285.

© Landesmuseum für Kärnten; download www.landesmuseum.ktn.gv.at/wulfenia; www.biologiezentrum.at

HOLTMEIER, F. K. (2000): Die Höhengrenze der Gebirgswälder. – Arbeiten aus dem Institut für Landschaftsökologie, Westfälische Wilhelms-Universität **8**.

KUOCH, R. & AMIET, R. (1970): Die Verjüngung im Bereich der oberen Waldgrenze der Alpen mit Berücksichtigung von Vegetation und Ablegerbildung. – Schweizerische Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Mitteilungen **46**(4): 161–321.

PLATE, G. (1975): Ökologische Untersuchungen zur Verjüngung der Fichte. – Dissertation: Ludwig-Maximilians-Universität München.

RÖHRIG, E. & GUSSONE, H. A. (1990): Waldbau auf ökologischer Grundlage. Band 2, Baumartenwahl, Bestandesbegründung und Bestandespflege. – Hamburg, Berlin: Parey.

SCHMIDT-VOGT, H. (1991): Die Fichte. Band II/3, Waldbau - Ökosysteme - Urwald - Wirtschaftswald - Ernährung - Düngung - Ausblick. – Hamburg, Berlin: Parey.

SCHÖNENBERGER, W. (2001): Cluster afforestation for creating diverse mountain forest structures - a review. – Forest ecology and management **145**(1–2): 121–128.

SCHÖNENBERGER, W., FREY, W. & LEUENBERGER, F. (1990): Ökologie und Technik der Aufforstung im Gebirge - Anregungen für die Praxis. – Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Berichte **325**.

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

STÜTZER, A. (1999): Im permanenten Überlebenskampf: Bäume über der Waldgrenze. – Carinthia II **189/109**: 353–360.

STÜTZER, A. (2000): Die Wald- und Baumgrenze der Saualpe: Ein Vergleich alter und neuer Bilder. – Forstwissenschaftliches Centralblatt **119**(1): 20–31.

STÜTZER, A. (2002): Zwischen subalpinem Wald und alpiner Tundra. Eine Studie zu Struktur und Dynamik der Fichten-Waldgrenze auf der Saualpe (Kärnten). – Wulfenia **9**: 89–104.

TRANQUILLINI, W. (1979): Physiological ecology of the alpine timberline. – Ecological studies **31**. Berlin: Springer.

ZENTRALANSTALT FÜR METEOROLOGIE UND GEODYNAMIK (o.J.): Wetter- und Klimaübersicht der Monate September und Oktober 1999. – http://www.zamg.ac.at.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Andreas Stützer
Am Mühlgraben 70
D-95445 Bayreuth
Deutschland
E-Mail: andreas.stuetzer@t-online.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Wulfenia

Jahr/Year: 2003

Band/Volume: 10

Autor(en)/Author(s): Stützer Andreas

Artikel/Article: Ergebnisse einer Fichten-Pflanzung an und oberhalb der aktuellen Waldgrenze der Saualpe (Kärnten, Österreich) 115-124