

Baumstudien im Waldgrenzökoton der Schladminger Tauern, ein Beitrag zur aktuellen Klimadiskussion

Von Andrea HAGN¹ & Thomas PEER²
Mit 7 Abbildungen und 2 Tabellen

Angenommen am 2. Juli 2010

Summary: Studies on trees within the timberline ecotone of the Schladminger Tauern, a contribution to the current climate change discussion. – Distribution and structure of the tree species *Picea abies*, *Larix decidua* and *Pinus cembra* within the timberline ecotone of the Schladminger Tauern were documented on the basis of five transects. We tested the hypothesis that due to climate warming, the density of the tree populations is increasing within the ecotone and the timberline ecotone is moving upward. By GPS-mapping and morphometric measurements of the trees could be shown that (i) trees with an age under 50 years dominate within the ecotone, (ii) the density of the tree stock mainly increases on slopes dominated by dwarf shrubs, and (iii) trees at their upper limit are often mechanically damaged, therefore an upward-shift of the timberline ecotone can presently not be expected.

Zusammenfassung: Im Waldgrenzökoton der Schladminger Tauern wurden an Hand von fünf Höhentransekten die Verteilung und die Struktur der Baumarten *Picea abies*, *Larix decidua* und *Pinus cembra* dokumentiert und auf Indizien für die Hypothese eines erwärmungsbedingten Ansteigens von Wald- und Baumgrenzen geprüft. Durch GPS-Kartierung und exakte morphometrische Messungen der Bäume konnte gezeigt werden, dass (i) vorwiegend Bäume in einem Alter von unter 50 Jahren im Waldgrenzökoton vorkommen, (ii) die Verdichtung der Populationen vor allem an den Zwergstrauch-dominierten Hängen stattfindet, und (iii) die Bäume an ihrer oberen Verbreitungsgrenze mechanisch stark geschädigt sind und daher eine vertikale Verschiebung des Waldgrenzökotons derzeit nicht zu erwarten ist.

Keywords: timberline ecotone, climate change, Schladminger Tauern, Styria, Austria.

1. Einleitung

Im Rahmen einer weltweiten Studie zur quantitativen Bewertung der Auswirkungen der Klimaerwärmung untersuchten HARSCH & al. 2009 die Möglichkeit des Ansteigens von Waldgrenzen als Reaktion auf die Klimaerwärmung. In diesem Zusammenhang steht die Beobachtung Schladminger Einheimischer, „dass es immer weiter oben grün wird“. Auch aktuelle Klimamessungen bzw. Klimaszenarien (z. B. IPCC 2007, LOIBL & al. 2007) untermauern diese Beobachtung. Aufzeichnungen von FORMAYER & al. 2008 belegen, dass die Temperatur in Österreich in den letzten 150 Jahren um 1,8 °C gestiegen ist. Besonders deutlich verändertend sich die Minimumtemperaturen im Winter, die in den letzten 40 Jahren um mehr als 0,7 °C pro Dekade an den beiden Messstellen „Schladminger“ und „Planai“ angestiegen sind (Abb. 1). Berechnungen der AgroClim (2009) weisen für den Nordstau der Niederen Tauern einen Temperaturanstieg von 2,3 °C (bis 2050) aus. Ähnliche Klimaänderungsszenarien wurden auch für andere Gebiete der Alpen (z. B. METEOWISS 2004, LOIBL & al. 2009) erstellt, mit entsprechenden Auswirkungen auf die Waldentwicklung (vgl. SCHADAUER 1996, EGGENBERG 2002, LEXER & al. 2008, LEXER &

¹ Andrea HAGN, MA. rer. nat., Rifer Hauptstrasse 39G/ 8, 5400 Hallein; E-Mail: a_hagn@gmx.at

² Ao. Univ. Prof. Dr. Thomas PEER, Universität Salzburg Fachbereich Organismische Biologie, Hellbrunnerstrasse 34, 5020 Salzburg; E-Mail: thomas.peer@sbg.ac.at

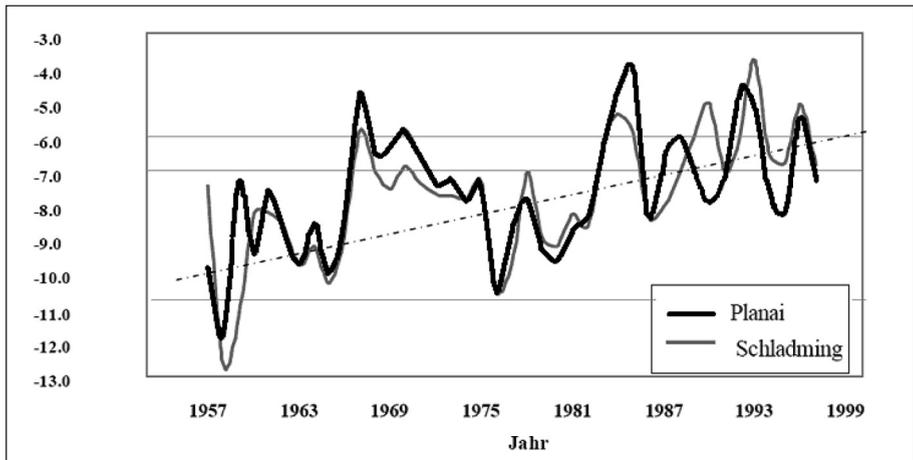


Abb. 1: Wintermittel der Minimumtemperatur für 1957–1999, Planai und Schladming, nach: FORMAYER & al. 2007.

Average winter temperatures (1957 to 1999) of Planai and Schladming according to FORMAYER & al. 2007.

SEIDL 2008). Modellberechnungen, die SCHAUMBERGER & al. 2006 zur Evaluierung des künftigen Lebensraumes für alpine Wildtierarten durchführten, gehen von einem Anstieg der thermischen Waldgrenze von 1770 m Seehöhe auf 2415 m Seehöhe bis zum Jahr 2050 für die Region der Schladminger Tauern aus.

Um dem Phänomen der Waldgrenzveränderung nachzugehen, wurden im Gebiet der Schladminger Tauern entlang von fünf Höhentransekten Baum- und Vegetationsanalysen durchgeführt. Als Hypothese wird eine Bestandesverdichtung und vertikale Verschiebung des Waldgrenzökotons durch den klimabedingten Temperaturanstieg angenommen. Besonderes Augenmerk wurde auf das Vorkommen von Jungwuchs³ gelegt, da dieser auf ein Höhersteigen der Samenreifgrenze hinweist (HOLTMEIER 1993).

Die vorliegenden Untersuchungen wurden im Rahmen eines Projektes des Lehr- und Forschungszentrums für Landwirtschaft „Raumberg Gumpenstein“ zur großräumigen Analyse und Planung der Weidewirtschaft im Waldgrenzökoton durchgeführt. Als Projektpartner stand uns Herr Mag. Thomas Guggenberger MSc zur Verfügung, dem wir für seine Unterstützung recht herzlich danken.

1.1 Zum Problem der Waldgrenze

In dieser Arbeit wird Wald mit 30 % Kronenschluss definiert. Es handelt sich um einen sog. „Offenwald“ mit einer lückigen Waldgrenze (Mosaik-Typ nach SCHRÖDER 1998). Daran schließt in mehr oder weniger großen Abständen noch eine Baumgrenze an, bestehend aus einzelnen Bäumen oder Baumgruppen. Der Bereich zwischen Wald- und Baumgrenze wird als Waldgrenzökoton oder Kampfzone bezeichnet (Abb. 2).

Durch ein kleinräumiges Standortsmosaik, mit entsprechenden Auswirkungen auf Mikroklima und Boden, finden die Bäume unterschiedliche Wachstumsbedingungen vor. Insbesondere werden dadurch die Baumartenverteilung, die Baumdichte und die Baumdimensionen beeinflusst. Die kleinräumigen Standortbedingungen können die klimatischen Höhengrenzen unter Umständen völlig überlagern (MAYER 1992, KÖRNER 1998, HOLT-

³ Wegen des langsamen Wachstums der Bäume wird Jungwuchs bis zu einem Baumalter von 20 Jahren definiert.

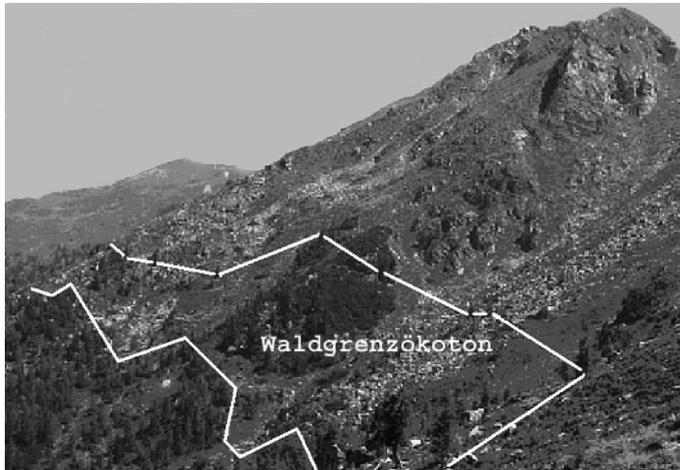


Abb. 2: Waldgrenzökoton im Bereich der Ursprungalm zwischen 1900 m und 1980 m Seehöhe, Waldgrenze (liniert), Baumgrenze (unterbrochen liniert), Foto © Hagn, 2007.
Timberline ecotone within the Ursprungalm ranging from 1900 m to 1980 m a.s.l.; solid line = timberline, dotted line = treeline (photo © Hagn, 2007).

MEIER 2000, WIESER & TAUSZ 2007, HOLTMEIER & BROLL 2007) und damit Aussagen über Waldgrenzverschiebungen im Zusammenhang mit der globalen Klimaerwärmung relativieren. Die Standortsaspekte im Untersuchungsgebiet wurden von uns empirisch bewertet und in der Diskussion über die Veränderungen im Waldgrenzökoton mitberücksichtigt.

2. Untersuchungsgebiet

Die ausgewählten Höhen transekte liegen in den Schladminger Tauern (Steiermark) zwischen den Radstädter Tauern im Westen und den Wölzer Tauern im Osten und gehören zu den Niederen Tauern (Abb. 3).

Geologisch haben die Schladminger Tauern Anteil am Penninikum und dem ostalpinen Deckensystem. Im Untersuchungsgebiet hat das Schladminger Kristallin, bestehend aus migmatischen Paragneisen, Hornblendegneisen, Orthogneisen und Amphiboliten („Reiteralm 1 und 2“, „Schneetalalm“), den größten Anteil. Der Transekt „Hauser Kaibling“ gehört der Glimmerschieferzone der Wölzer Tauern an, bestehend aus Granatglimmerschiefern und Phylliten. Der Transekt „Ursprungalm“ liegt im karbonatischen Mesozoikum des Unterostalpin der Radstädter Tauern (MATURA 1982).

Die letzte Überformung erhielten die Schladminger Tauern durch die eiszeitliche Vergletscherung. Die ehemals maximale Eisfüllung der Täler ist heute an einer Schutt-Fels Grenze zwischen den „Dachformen“ der Kammzone und den darunter anschließenden Schutthängen der Kar- und Talräume zu erkennen (GEIS 1972). Ein Kilometer Abstand vom Kamm bis zum nächsten Wassereinriß auf dem Karboden ist keine Seltenheit. Die Böden entsprechen innerhalb der Zwergstrauchheiden schwach entwickelten Podsohlen (Podzols), innerhalb der alpinen Rasen flachgründigen Rankern (Leptosols), Kolluvien (Regosols) und sauren Braunerden (Cambisols). In feuchten Mulden und an Wasseraustrittstellen dominieren Hanggleye (Planosols, Gleysols).

Klimatisch handelt es sich im Untersuchungsgebiet um ein zwischenalpines Übergangsklima. In 2000 m Seehöhe beträgt die mittlere Jännertemperatur -7°C und die mittlere Julitemperatur $+8^{\circ}\text{C}$. Die Zahl der Frosttage beträgt 200–220 Tage pro Jahr, die Zahl der Eistage 110 Tage pro Jahr (LUIS 2007). Die mittlere Jahresniederschlagsmenge

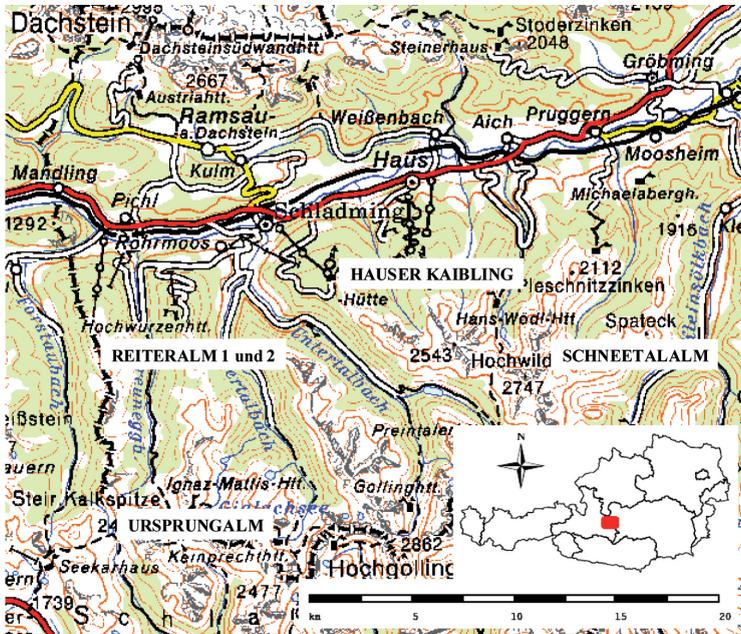


Abb. 3: Untersuchungsgebiet und Lage der Transekte „Reiteralm 1 und 2“, „Ursprungalm“, „Hauser Kaibling“, „Schneetalalm“, (Austrian map, M 1 : 500 000)
 BEV 2010, Vervielfältigt mit Genehmigung des BEV – Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen in Wien, T2010/66526.
 Study area and geographical location of the transects “Reiteralm 1 and 2”, “Ursprungalm”, “Hauser Kaibling”, and “Schneetalalm” (Austrian map, M 1 : 500 000)
 BEV 2010, reproduction granted by the BEV – Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen in Wien, T2010/66526.

liegt in der subalpinen Stufe zwischen 1500 und 1700 mm und in der montanen Stufe zwischen 1000 und 1500 mm (ANGERER 2008). Das Niederschlagsmaximum fällt in den Sommermonaten Juni und Juli. Infolge der vorgelagerten Kalkalpen (Dachstein) ist in einigen Gebieten eine deutlich reduzierte Niederschlagstätigkeit zu beobachten (Gröbming: 917 mm; Schladming: 992 mm). Das Klima der Schladminger Tauern ist zudem durch aufliegende Bewölkung recht nebelreich (180 bis 230 Tage im Jahr, je nach Höhenlage) und im Winter reizstark, bedingt durch die hohen Windgeschwindigkeiten und die tiefen Temperaturen.

Die Wälder in den untersuchten Waldgrenzökotonen setzen sich aus Lärche (*Larix decidua*) Fichte (*Picea abies*) und Zirbe (*Pinus cembra*) zusammen. Dazwischen befinden sich Latschenbestände (vorwiegend im Bereich von Grobblockhalden), Grünerlenbestände (in sickerfeuchten Rinnen und Mulden) und ausgedehnte Zwergstrauchheiden mit Alpenrose (*Rhododendron ferrugineum*), Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*), Preisbeere (*Vaccinium vitis-idaea*) und Rauschbeere (*Vaccinium gaultherioides*). Mitunter erfolgt ein gleitender Übergang von aufrechten Bäumen über Krüppelwuchsformen derselben Art zur baumlosen Höhenstufe. Auf Geländerücken können hochstämmige Einzelbäume noch weit über die derzeitige Waldgrenze hinauf emporsteigen. Windgefegte und frost-exponierte Buckel werden von flechtenreichen Gämshaidenbeständen mit *Loiseleuria procumbens* eingenommen. Syntaxonomisch lassen sich die Pflanzengesellschaften folgenden Einheiten zuordnen: Sieversio-Nardetum strictae Lüdi 1948 (Bürstlingheide), Rhododendretum ferruginei Rübel 1911 (Alpenrosenheide), Empetrum-Vaccinietum gaulthe-

rioidis Br.-Bl. in Br.-Bl. et Jenny 1926 corr. Grabherr hoc loco (Krähenbeer-Rauschbeerheide), Rhododendro-Vaccinietum cembretosum Pallmann et Haffter 1933 (Subalpiner Lärchen-Zirben-Fichtenwald mit Alpenrose).

3. Methodik

Die Aufnahmen entlang der fünf Höhen transekte erfolgten während der Monate Juli bis September 2007. Ein Höhen transekt reicht von der aktuellen Waldgrenze bis zum jeweils obersten Vorkommen einer Baumart. Die Breite des Transekts beträgt 10 m. Die Länge variiert je nach Orographie des Hanges zwischen 80 m und 270 m. Entscheidende Kriterien bei der Auswahl der Transekte waren die Exposition, die Vegetation (ähnliche Abfolge der Pflanzengesellschaften), die Höhe der Gipfflur (mindestens 2000 m) und die Semi-natürlichkeit der Fläche. Letztere impliziert Flächen, die nach Auskunft von Einheimischen seit mehr als 20 Jahren nicht mehr genutzt werden und die auch derzeit keinem anthropozogenen Einfluss (Almwirtschaft, Skitourismus) unterliegen. An allen Transekthängen ist trotz der oben angesprochenen Waldgrenzproblematik auf Grund der Geländesituation und Bodenbeschaffenheit eine klimatische Waldgrenze rekonstruierbar.

Die Transekte „Reiteralm 1 und 2“ befinden sich unterhalb des Gipfels Gasselhöhe auf der Reiteralm (**Koordinaten:** 47°21'13"N, 13°35'35"O) in NNO und NOO Ausrichtung zwischen 1995 m und 1980 m Seehöhe. Der Transekt „Ursprungalm“ (**Koordinaten:** 47°17'51"N, 13°38'19"O) befindet sich unterhalb der Kampspitze in NW-Exposition und beginnt bei 1840 m und reicht bis 2140 m Seehöhe. Der Transekt „Hauser Kaibling“ (**Koordinaten:** 47°22'25"N, 13°46'43"O) erstreckt sich zwischen 1910 m und 1995 m Seehöhe und ist SWW exponiert. Der Transekt „Schneetalalm“ (**Koordinaten:** 47°21'03"N, 13°53'55"O) befindet sich unterhalb des Schusterstuhls in N-Exposition und erstreckt sich zwischen 1910 m und 2140 m Seehöhe (Abb. 3).

Innerhalb der fünf Transekte wurden alle Bäume mittels GPS-Gerät (Trimble Pro XR → Fehlerabweichung 1–2 m, Positionsangabe 3–6 m Höhenangabe) eingemessen und mittels Erhebungsbogen dokumentiert. Digitales Fotomaterial und Lageskizzen ergänzen die Aufnahmen. Die Daten, die das GPS-Gerät verortet hat, wurden anschließend mit dem Programm ARC View Gis 3.3 visualisiert und beziehen sich auf das Bundesmeldenetz (BMI). Die GPS-Verortung der Einzelbäume ist ein hilfreiches Instrument für die exakte Feststellung der Wald- und Baumgrenze und dient als Basis für zukünftige Sukzessionsanalysen.

Neben der digitalen Darstellung der Einzelbäume existieren Attributtabelle n zu jedem Einzelbaum. Insgesamt wurden 148 Bäume nummeriert und bewertet. Aufgenommen wurden die Baumhöhe, der Stammdurchmesser, das Alter, der Kronendurchmesser, die Wuchsform, die Stammanzahl, das Vorkommen oder Fehlen von Zapfen, die Vitalität und die Schädigung (Art und Grad der Schädigung wurden nach optisch erfassbaren Kriterien wie Nadelverlust, Verletzungen der Borke, Verbißsspuren, Schneedruck und sonstigen Auffälligkeiten wie Mehrwipfeligkeit und Kümmerwuchs ermittelt). Außerdem wurde der Flechtenbesatz geschätzt und die umgebende Vegetation aufgenommen. Für die Altersbestimmung wurden Quirlebenen gezählt, wobei jede Quirlebene ein Wachstumsjahr bedeutet. Bei mehr als 20 Quirlebenen wurde das Alter aufgrund der geringen Höhe der Gebirgsbäume anhand des Stammdurchmessers an der Stammbasis geschätzt. Die Altersschätzung beruht auf langjähriger Erfahrung des Revierleiters der Bundesforste in Radstadt, Herrn Rene Obetzhofer und wurde nach den von Prof. Dr. Otto Eckmüller (Institut für Waldwachstumsforschung, BOKU Wien) entwickelten Ertragstafeln⁴ des Landes Tirols für Fichte, Lärche und Zirbe korrigiert (Tab. 1).

⁴ <http://www.tirol.gv.at/themen/umwelt/wald/wirtschaft/ertragstafeln/> [10.05.10, 11:00].

Tab. 1: Zusammenhang zwischen Stammdurchmesser und Baumalter, dargestellt an Fichte, Zirbe und Lärche ab einem Baumalter von 20 Jahren (Einschätzung durch Rene Obetzhofer, mündl. Mitteilung) und korrigiert nach den von Prof. Dr. Otto Eckmüllner (Institut für Waldwachstumsforschung, BOKU Wien) entwickelten Ertragstabellen des Landes Tirols für Fichte, Lärche und Zirbe. Relationship between trunk diameter and tree age, demonstrated by spruce, larch, and cembra pine. The calculations start from a tree age of 20 years and are conforming to the estimation of the forester Rene Obetzhofer (oral information). They were corrected according to the yield tables of Tyrol, developed by Prof. Dr. Otto Eckmüllner (Institute of Forest Growth, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna) for spruce, larch, and cembra pine.

Stammdurchmesser [cm]	Alter [a] <i>Picea abies</i>	Alter [a] <i>Larix decidua</i>	Alter [a] <i>Pinus cembra</i>
10–20	30	40	75
21–30	75	65	95
31–40	125	105	125
41–45	150	125	145
46–50	170	140	150
>50	200	180	165

Die Einteilung in Altersklassen (1–10, 11–20, 21–50, 51–100, >100) dient der einfacheren Handhabung und der Vergleichbarkeit der Daten.

Es ist uns bewusst, dass diese Methode fehleranfällig ist, aber wir wollten eine Verletzung der Bäume durch Anbohren bzw. ein Umschneiden der Bäume zur exakten Jahresringanalyse unbedingt vermeiden (vgl. LORIS 1981, OBERHUBER & KOFLER 2003, PFEIFER & al. 2003, LEAL & al. 2007).

3.1 Statistische Methoden

Die statistische Auswertung der Baumdaten erfolgte mit dem Programm SPSS 1.5. Zur Überprüfung der Normalverteilung der Daten wurde zuerst ein 1 Sample K-S Test nach Kolmogorow-Smirnow durchgeführt, der auch für kleine Stichproben geeignet ist. Der Zusammenhang von Baumalter und Seehöhe bzw. Baumhöhe und Seehöhe wurde mittels Korrelationsanalyse nach Pearson (2-seitig) überprüft.

4. Ergebnisse

Die Höhentransekte im Waldgrenzökoton entsprechen einer Offenlandschaft. Die Physiognomie ist die einer Zwergstrauchheide mit einzelnen Baumindividuen bzw. erfolgt in höheren Lagen der Übergang zum alpinen Grasland. Einzig der Transekt „Hauser Kaibling“ gleicht bis in den Gipfelbereich einem offenen Waldland mit Fichte (siehe Tab. 2). Das floristische Inventar der Transekte ist bis auf den Transekt „Hauser Kaibling“ sehr ähnlich. Es dominieren Fichte, Lärche und Zirbe. Hochstete Arten der Strauchschicht und Krautschicht sind: *Rhododendron ferrugineum*, *Vaccinium gaultherioides*, *Vaccinium myrtillus*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Juniperus communis* subsp. *alpina*, *Empetrum hermaphroditum*, *Homogyne alpina*, *Avenella flexuosa* und *Cetraria islandica*. An Moosen sind *Hylocomium splendens*, *Polytrichum formosum*, *Pleurozium schreberi* und *Spagnum squarrosum* agg. häufig.

Nicht nur die Baumartenverteilung, auch die Anzahl der Bäume ist von Transekt zu Transekt verschieden. Während entlang des Transekts „Reiteralms 2“ nur ein Baum pro 10 Meter vorkommt, wurden in den Transekten „Reiteralms 1“, „Ursprungalm“ und „Schneetalms“ 2 Bäume pro 10 Meter aufgenommen. Im Transekt „Hauser Kaibling“

kommen 3 Bäume pro 10 Meter vor. Der schütterere Baumwuchs hängt wahrscheinlich mit der forstwirtschaftlichen Nutzung in der Vergangenheit zusammen und ist auch an dem gut ausgebildeten Alpenrosengürtel erkennbar. Ein wenig beeinflusster Waldgrenzökoton würde nur einen schmalen Saum von rund 100–150 m bilden (vgl. MAYER 1974). Aufgrund der bergbaulichen Nutzung (Silber- und Kupferabbau bis ins 19. Jahrhundert) und des großen Holzbedarfes im Untersuchungsgebiet, kann davon ausgegangen werden, dass die über viele Jahrhunderte erfolgten Eingriffe die Bewaldung in ihrer ursprünglichen Form großflächig vernichteten bzw. entscheidend beeinflussten (GUGGENBERGER 2008).

4.1 Baumalter und Baumhöhe

Das Alterspektrum der Bäume reicht in den fünf untersuchten Höhentransekten von 1 Jahr bis 150 Jahre und ist in den einzelnen Transekten unterschiedlich: In den Transekten „Reiteralm 1 und 2“ sowie im Transekt „Hauser Kaibling“ dominiert die Altersklasse 21–50 Jahre. In den Transekten „Ursprungalm“ und Schneetalalm dominiert die Altersklasse 1–10 Jahre. Insgesamt kommen Bäume in allen Transekten (Ausnahme „Reiteralm 1“) mit einem Alter zwischen 1 Jahr und 20 Jahren am häufigsten vor (Abb. 5). Lediglich im Transekt „Hauser Kaibling“ ist das durchschnittliche Baumalter mit über 50 Jahren höher.

Auffallend ist die geringe Anzahl von Sämlingen in den Transekten. Der Grund dafür könnte sein, dass Keimlinge in dem dichten Zwergstrauchgürtel übersehen wurden. Möglicherweise sind dafür aber auch ungünstige Standorts- und Wettbewerbsbedingungen verantwortlich; so könnte die zunehmende Verdichtung des Zwergstrauchgürtels das Aufkommen der Sämlinge hemmen.

Junge und ältere Bäume sind nicht gleichmäßig über die gesamte Höhenerstreckung der Transekte verteilt sondern die Bäume werden mit zunehmender Höhe tendenziell jünger (Abb. 4). An dieser Stelle muss jedoch angemerkt werden, dass die Altersbestimmung

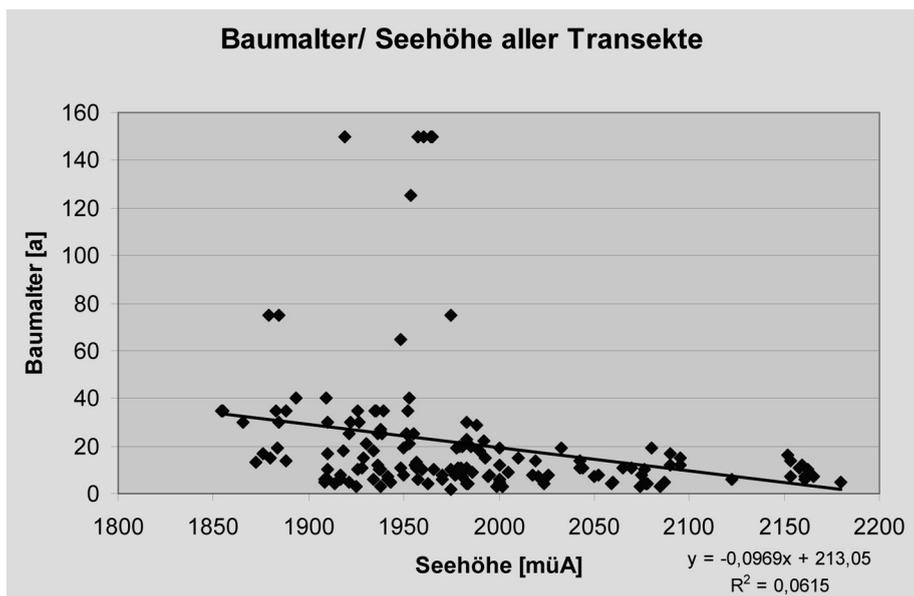


Abb. 4: Korrelationsdiagramm über den Zusammenhang zwischen Baumalter und Seehöhe unter Berücksichtigung aller Transekte.

Correlation diagram between tree age and altitude, including all transects.

Tab. 2: Übersicht über die mittleren Deckungswerte der Baumschicht (BS), Strauchschicht (SS), Krautschicht (KS) und Moosschicht (MS), Baumanzahl und Besonderheiten der Baumindividuen innerhalb der fünf Höhentransekte.
 Overview of the mean cover degrees of tree layer (BS), shrub layer (SS), herb layer (KS), and moss layer (MS) within the five transects. Furthermore, number of trees and characteristics of trees (e. g. crown and trunk diameters, age, habit, vitality, damages) within the five transects are shown.

Baumart	Baumanzahl [n]	Kronendurchmesser [cm]	Stammdurchmesser [cm]	Baumalter	Wuchsform	Anzahl der Zapfen	Vitalität	Schädigung	Flechtenbewuchs	Sonstiges
Transekt Reiteralm 1, BS 2 %, SS 40 %, KS+MS 140 %										
<i>Larix decidua</i>	8	23–270	1–11	1–50	kegelförmig, buschig, einseitig, säbelförmig, Stammkrümmung	0	sehr schwach bis sehr hoch	Vergilbung, Verbiss, Frost, Schneedruck, mechanische Schäden	fehlend bis stark	Schutz durch Zwergsträucher, Rotte
<i>Picea abies</i>	15	77–410	2–25	1–50	kegelförmig, buschig, einseitig, säbelförmig, Stammkrümmung, liches Geäst, Kniewuchs mit Ersatzgipfel	4	sehr schwach bis sehr hoch	Vergilbung, Verbiss, Frost, Schneedruck, mechanische Schäden, Pilz	fehlend bis stark	Schutz durch Zwergsträucher, Rotte, feuchter Standort, Angstriebe
Transekt Reiteralm 2, BS 1 %, SS 90 %, KS+MS 50 %										
<i>Larix decidua</i>	5	36–300	2–19	1–50	buschig, einseitig, liches Geäst, unsymmetrisch	0	schwach bis hoch	Vergilbung, Frost, Schneedruck	fehlend bis stark	Rotte
<i>Picea abies</i>	6	40–240	1–13	1–50	kegelförmig, einseitig, säbelförmig, Stammkrümmung, liches Geäst, Ersatzgipfel, Hauptstamm fehlt	0	sehr schwach bis sehr hoch	Vergilbung, Verbiss, Frost, mechanische Schäden	mäßig bis stark	Schutz durch Zwergsträucher, Rotte
<i>Pinus cembra</i>	2	20–26	1–2	1–10	buschig, Ersatzgipfel, Hauptstamm fehlt	0	schwach bis hoch	Vergilbung, Frost	fehlend	–
Transekt Ursprungalm, BS 1 %, SS 25 %, KS+MS 160 %										
<i>Larix decidua</i>	15	20–220	0,8–15	1–50	buschig, kegelförmig, einseitig, säbelförmig, Stammkrümmung, liches Geäst, Ersatzgipfel, unsymmetrisch, Hauptstamm fehlt	0	schwach bis sehr hoch	Vergilbung, Verbiss, Frost, Schneedruck, mechanische Schäden	fehlend bis mäßig stark	Schutz durch Zwergsträucher, Rotte

Tab. 2; Fortsetzung

Baumart	Baumanzahl [n]	Kronendurchmesser [cm]	Stammdurchmesser [cm]	Baumalter	Wuchsform	Anzahl der Zapfen	Vitalität	Schädigung	Flechtenbewuchs	Sonstiges
Transekt Ursprungalm, BS 1 %, SS 25 %, KS+MS 160 %										
<i>Picea abies</i>	8	14–270	0,5–22	1–20	einseitig, liches Geäst, säbelförmig, Stammkrümmung, unsymmetrisch, Hauptstamm fehlt	0	sehr schwach bis sehr hoch	Vergilbung, Frost, mechanische Schäden	fehlend bis mäßig stark	Schutz durch Zwergsträucher, Schutz Fels
<i>Pinus cembra</i>	16	8–100	0,5–6	1–20	kegelförmig, buschig, säbelförmig, Stammkrümmung, unsymmetrisch	0	sehr schwach bis sehr hoch	Vergilbung, Verbiss, Frost, mechanische Schäden	fehlend	Schutz durch Zwergsträucher, Schutz Fels
Transekt Hauser Kaibling, BS 10 %, SS 30 %, KS+MS 110 %										
<i>Picea abies</i>	22	18–1000	1–45	1–>100	kegelförmig, einseitig, liches Geäst, säbelförmig, unsymmetrisch, zylinderrförmig	5	sehr schwach bis hoch	Vergilbung, Frost, Schneedruck, Pilz	fehlend bis stark	Schutz durch Zwergsträucher, Rorte, Totholz, Hauptwipfel abgestorben, verdickte Äste
Transekt Schneetalalm, BS 1 %, SS 15 %, KS+MS 85 %										
<i>Larix decidua</i>	40	6–280	0,5–18	1–50	buschig, kegelförmig, einseitig, säbelförmig, Stammkrümmung, liches Geäst, Ersatzwipfel, unsymmetrisch	0	sehr schwach bis sehr hoch	Vergilbung, Verbiss, Frost, Schneedruck, mechanische Schäden	fehlend bis stark	Schutz durch Zwergsträucher, Rorte, Totholz, abgeflacht, am Hang anschnittend
<i>Picea abies</i>	8	11–200	1–8	1–20	einseitig, Stammkrümmung, unsymmetrisch, Hauptstamm abgestorben	0	sehr schwach bis sehr hoch	Vergilbung, Frost, Schneedruck, mechanische Schäden	fehlend bis stark	Schutz durch Zwergsträucher, am Hang anschnittend
<i>Pinus cembra</i>	3	12–80	1–4	1–10	einseitig, säbelförmig, Stammkrümmung, liches Geäst	0	sehr schwach bis hoch	Vergilbung, Frost, mechanische Schäden	fehlend	Schutz durch Zwergsträucher

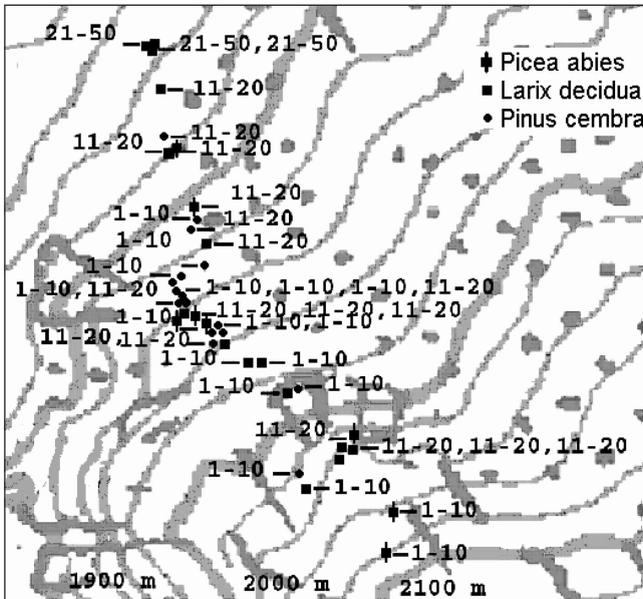


Abb. 5: Beispiel für Einzelbaumverortung im Transekt Ursprungalm. Die Zahlen geben Altersklassen wieder.

The Ursprungalm as an example for positioning of single trees. The numbers represent age groups.

bei stark gekrümmten Bäumen im Gipfelbereich sehr fehleranfällig ist. Zwischen Seehöhe und Baumalter bestehen in den Transekten „Reiteralm 1 und 2“, „Hauser Kaibling“ und „Schneetalalm“ keine signifikanten Zusammenhänge. Im Gegensatz dazu zeigt die „Ursprungalm“ eine signifikante negative Korrelation. Das heißt, je größer die Seehöhe, desto jünger ist das Baumalter. Die Ergebnisse werden durch das Bestimmtheitsmaß R^2 ⁵ erklärt. In der „Ursprungalm“ liegt R^2 dem Wert 1 mit 0,2611 am nächsten. Nur hier kann ein Zusammenhang zwischen den Variablen „Seehöhe“ und „Baumalter“ gefolgert werden. Die graphische Darstellung aller Transekte zeigt, dass „Ausreißer“ (sehr alte Bäume im unteren Drittel entlang des Transekts „Hauser Kaibling“) das statistische Ergebnis hinsichtlich des Zusammenhangs zwischen den Variablen „Seehöhe“ und „Baumalter“ beeinflussen ($R^2 = 0,0615$, Abb. 4). Ohne diese Ausreißer erhöht sich R^2 auf einen Wert von 0,1629.

Mit zunehmender Meereshöhe nimmt nicht nur das Baumalter sondern auch die Baumhöhe tendenziell ab (Abb. 6). Während einzelne Bäume an der offenen Waldgrenze noch 4–11 m Höhe erreichen, sind die Bäume in den höheren Lagen durchwegs kleiner als 50 cm. In der graphischen Darstellung aller Transekte sind wieder die relativ hohen Bäume (Bäume mit einer Baumhöhe >6 m) im Transekt „Hauser Kaibling“ als Ausreißer zu verzeichnen, was in dem sehr niederen Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,0885$ deutlich wird. Ohne diese Ausreißer erhöht sich R^2 auf einen Wert von 0,1213. Auch hier ist R^2 in der „Ursprungalm“ im Vergleich zu den anderen Transekten am höchsten (0,4059), weshalb für diesen Transekt ein Zusammenhang zwischen den Variablen „Baumhöhe“ und „Seehöhe“ gefolgert werden kann.

⁵ R^2 gibt an, in welchem Maße die Varianz einer Variablen durch die Varianz einer anderen Variablen bestimmt wird. R^2 liegt zwischen 0 (kein linearer Zusammenhang; das Regressionsmodell besteht nur aus einer Konstanten) und 1 (exakter linearer Zusammenhang; Fehlerterm = Null).

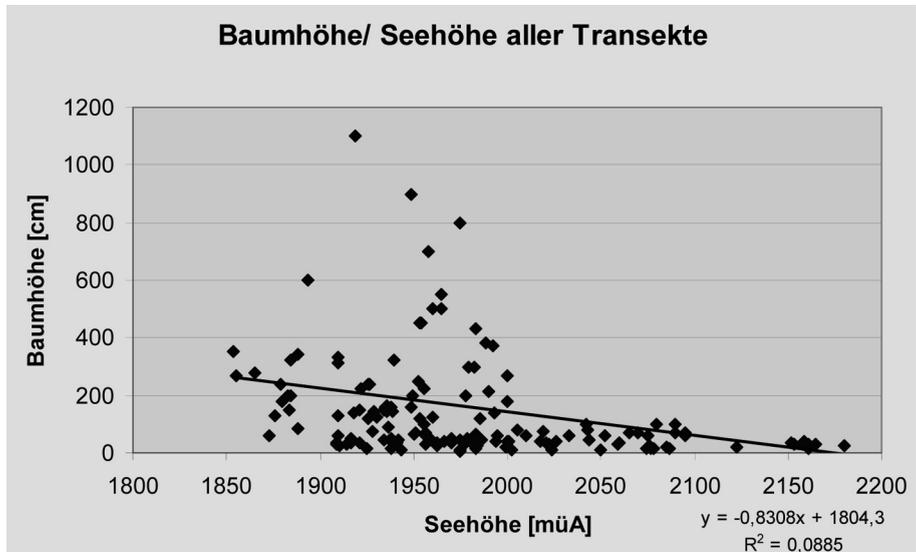


Abb. 6: Korrelationsdiagramm über den Zusammenhang zwischen Baumhöhe und Seehöhe unter Berücksichtigung aller Transekte.
Correlation diagram between tree height and altitude, including all transects.

4.2 Habituelle Merkmale

Die Bäume in den Höhentransekten besitzen verschiedene Anpassungen an die Klimaverhältnisse der hochalpinen Höhenstufe. So weisen die meisten Bäume den für diese Höhenstufe typischen spitzkegeligen Wuchs auf. Bäume, die den Schutz der winterlichen Schneedecke nicht oder nur teilweise genießen, sind häufig gekrümmt, einseitig beastet und säbelförmig. Wuchsformen, die durch Stammdeformation und -verletzungen bzw. Regeneration hervorgerufen und beobachtet wurden, sind: „Ersatzgipfel“, „Säbelwuchs“ und „Stammkrümmung“. Bis auf die Ausnahmen der Bäume der Altersklassen 51–100 und >100 Jahre, die einen deutlich kegelförmigen Wuchs aufweisen, ist das äußere Erscheinungsbild der meisten Baumkronen unsymmetrisch und einseitig. Mechanische Schäden durch Eisgebläse, Steinschlag oder Lawinen, Vergilbungen und Schäden durch Frosttrocknis konnten bei 88 % der Bäume beobachtet werden. Auch Veränderungen durch den „Fichtennadelrostpilz“ (*Chrysomyxa rhododendri*) bzw. den „Schwarzen Schneeschimmel“ (*Herpotrichia juniperi*), dessen Wachstum durch lang anhaltende Schneebedeckung begünstigt wird, wurden vereinzelt festgestellt. Insgesamt wiesen nur 18 der 148 bewerteten Bäume (= 12,2 %) keine erkennbaren Schädigungen auf. Verbisschäden waren bei 13 % der Bäume zu verzeichnen und traten vor allem in der Altersklasse 1–10 Jahre auf (Abb. 7). Sie dürften in den Sommermonaten durch äsendes Wild entstanden sein.

Besonders die Fichten neigen an der Waldgrenze zur Ablegerbildung wodurch typische Ablegergruppen, sog. „Rotten“ entstehen. Derartige Rotten wurden bei 38 % aller Fichten beobachtet und bestehen aus 2–8 Fichten. Die Rottenbildung gehört zum Alterungsprozess der Bäume in diesen Höhenlagen. Sie ist daher bei den Altersklassen 21–50, 51–100 und >100 stärker verbreitet als bei den Altersklassen 1–10 und 11–20 Jahre.

Ein weiteres auffälliges Merkmal der Bäume im Waldgrenzökoton ist ihr stellenweise starker Flechtenbesatz, vor allem mit *Evernia furfuracea*, *Hypogymnia physodes* und *Hypo-*



Abb. 7: Junge Zirbe (*Pinus cembra*) im Transekt „Schneetalalm“, Foto © Hagn, 2007.
Young cembra pine (*Pinus cembra*) within the dwarf-shrub heath of the transect “Schneetalalm”
(photo © Hagn, 2007).

gymnia tubulosa. Davon sind in der Regel ältere Bäume betroffen, aber auch hochgelegene junge Bäume, die der Altersklasse 1–10 Jahre angehören und im Winter nur geringen Schneeschutz genießen, sind oft reich an Flechten.

4.3 Zapfenbildung und Sämlingsentwicklung

Da die meisten Bäume im Waldgrenzökoton jünger als 50 Jahre sind, die Zapfenbildung aber erst ab einem Baumalter von 50 Jahren beginnt, wurden nur bei 6 % der Bäume Zapfen festgestellt. Eine Ausnahme stellen die Fichtenrotten dar, in denen 60 % der Bäume Zapfen trugen. Dies ist auf das ausgeglichene Bestandesklima, welches das Wachstum der Klonmitglieder fördert und günstige Bedingungen für die Zapfenbildung schafft, bzw. auf das höhere Alter der Bäume zurückzuführen (vgl. HOLTMEIER 1987). Das Ausreifen der Samen in den Zapfen beginnt nach mündlicher Mitteilung von Herrn Revierleiter Rene Obetzhofer erst bei einem Baumalter von 60 Jahren; dieser Umstand ist auf jeden Fall ein limitierender Faktor für eine rasche generative Verjüngung.

5. Diskussion

Die unterschiedlichen Ergebnisse hinsichtlich der Verteilung von Baumarten, der Alters- und Verjüngungsgradienten sowie der Bestandesstruktur in den einzelnen Höhengradienten verdeutlichen, dass Waldgrenzen nicht linear auf Veränderungen der thermischen Verhältnisse reagieren, sondern dass dies ein sehr komplexer und dynamischer Prozess ist. Da in allen Transekten Bäume unter 50 Jahre überwiegen, kann gefolgert

werden, dass sich das Waldgrenzökoton durch Verjüngung verdichtet hat, womit die eingangs formulierte Hypothese zur Verdichtung bestätigt wird. Die Verjüngung könnte eine Folge der gegenwärtigen Klimaerwärmung sein, aber auch der Nutzungswandel könnte eine Rolle gespielt haben, indem durch Beweidungsausschluss und Verzicht auf Holzentnahme die Bäume jetzt langsam ihren angestammten Platz wieder zurückerobern. Der Deckungsgrad der Baumschicht ist mit 1 bis 2 % aber noch sehr gering. Dies könnte damit zusammenhängen, dass Keimung und Sämlingsentwicklung einem sehr differenzierten Faktorenkomplex unterliegen in dem neben dem Wettbewerb um Lebensraum und Ressourcen (vor allem verursacht durch Zwergsträucher) und dem Gelände (Exposition, Steilheit, Bodenbeschaffenheit) auch der Zeitfaktor eine wichtige Rolle spielt. So können zwischen dem Ausreifen der Samen und der Keimung der Samen mehrere Jahre vergehen (TRANQUILLINI 1979, HOLTMEIER 1993). Systeminterne Faktoren und deren Wechselbeziehungen bleiben auch bei einer Temperaturzunahme bestehen. Nach HOLTMEIER (1995) können diese Faktoren eine größere Rolle spielen als eine mögliche Klimaerwärmung.

Die Messergebnisse bestätigen zwar eine Verjüngung und Verdichtung im Waldgrenzökoton, ein Vorrücken des Waldgrenzökotons in die oberen Grat- und Gipfelbereiche konnte aber nicht festgestellt werden. Mechanische Schäden durch Eisgebläse, Stein- und Blitzschlag bei einem Großteil der Bäume, sowie Pilzbefall und Frosttrocknis scheinen dies zu verhindern. Daher wird der offene Charakter des Waldgrenzökotons wahrscheinlich noch länger erhalten bleiben. Die Meinung, dass z. B. die Lärche in den Schladminger Tauern den hochalpinen Lebensraum mit einer Geschwindigkeit von rund 100 Höhenmetern in 40 Jahren erobern wird (Vortrag von Thomas GUGGENBERGER anlässlich der Tagung „Klimaerwärmung im Alpenraum – Auswirkungen und zukünftige Konzepte der Bewirtschaftung des Almbereiches“ im Schloss Gumpenstein im September 2008), kann von uns nicht bestätigt werden. Auf Grund der Schäden, die die Bäume ab einer Seehöhe von ca. 2100 m aufweisen, gehen wir davon aus, dass in dieser Höhe die potentielle Baumgrenze erreicht ist. Auch der von SCHAUMBERGER & al. (2006) für die Schladminger Tauern prognostizierte Anstieg der thermischen Waldgrenze auf 2415 m erscheint uns aus diesen Gründen derzeit nicht möglich zu sein. Daher dürfte auch der Lebensraum für alpine Wildtierarten derzeit nicht gefährdet sein.

6. Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen im Waldgrenzökoton der Schladminger Tauern haben gezeigt, dass sich zwar die Waldstruktur (Verjüngung, Verdichtung) verändert, nicht jedoch die Obergrenze des Waldgrenzökotons und dessen offener Charakter. Der Anteil der Klimaerwärmung ist dabei nur sehr schwer abschätzbar. Nutzungsänderungen, natürliche Sukzessionsdynamik sowie negative Rückkoppelungseffekte zur Klimaerwärmung (Wassermangel, Fröste, schneearme Winter, Waldbrände, Windwurf, Immissionen, Massenvermehrungen von Schadinsekten, ect.) können die Entwicklung des Ökotons „zurückwerfen“ und als Faktor „Standortgeschichte“ weit in die Zukunft hineinwirken (HOLTMEIER 2000). Wie von STÜTZER (1999) beschrieben, betrachten auch wir das Waldgrenzökoton als einen sich selbst regulierenden Naturraum und nicht als ein Zwischenstadium auf dem Weg zur geschlossenen Waldgrenze. Dies würde bedeuten, dass für Wildtierarten wie z. B. Birkhuhn, Schneehuhn, Gamswild und Steinwild nach wie vor genügend Lebensraum vorhanden ist. Weiterführende Untersuchungen zu den Sukzessionsabläufen im Waldgrenzökoton sind notwendig um die tatsächlichen Veränderungen durch die Klimaerwärmung zu dokumentieren und um die z. T. sehr unterschiedlichen Prognosen zu evaluieren.

Dank

Unserer besonderer Dank gilt Herrn Mag. Thomas Guggenberger vom Lehr- und Forschungszentrums für Landwirtschaft „Raumberg-Gumpenstein“. Weiters danken wir Herrn Mag. Mag. Gerald Griesebner vom Zentrum für Geoinformatik der Universität Salzburg für die Einführung in die Arbeit mit dem GPS und die Auswertung und Visualisierung der GPS Daten mittels GIS. Dem Revierleiter Herrn Obetzhofer Rene danken wir für seine vielen wertvollen forstwirtschaftlichen Tipps. Für die gute Zusammenarbeit im Gelände sei Frau Julia Knechtl und für die Beherbergung in Radstadt Frau Edeltraud Pflüger herzlichst gedankt.

Die Publikation bildet einen zusammenfassenden Beitrag aus der Magisterarbeit, die an der Universität Salzburg, Fachbereich Organismische Biologie, abgefasst wurde.

Literatur

- AGROCLIM 2009: Evolution of agricultural productivity and drought hazards with respect to climate change conditions in Styria. – Wegener Zentrum für Klima und globalen Wandel, Karl-Franzens-Universität Graz.
- AUSTRIAN MAP FLY 2008: BEV – Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen. Version 4.0, Wien.
- ANGERER E. 2008: Die steirischen Klimaregionen – eine qualitative Analyse des Klimawandels und seiner Folgen für die Wirtschaft. – Diplomarbeit am Institut für Geographie und Raumforschung, Graz.
- BROLL G. & KEPLIN B. (eds.) 2005: Mountain Ecosystems, Studies in Treeline Ecology. – Springer, Berlin–Heidelberg.
- EDEGGER S. 2008: Visualisierung von qualitativen Daten in Kartenform: Raumtypisierung, Modellierung und kartographische Darstellung von Chancen- Risiko- Bewertungen alternativer Zukunftsszenarien für drei exemplarische Raumtypen. – Diplomarbeit am Institut für Geographie und Regionalforschung, Universität Wien.
- EGGENBERG S. 2002: Die Waldvegetation in unterschiedlichen Klimaregionen der Alpen. – Dissertationes Botanicae 360. Cramer, Berlin-Stuttgart.
- FORMAYER H., HOFSTÄTTER M. & HAAS P. 2007: STRATEGIE, Endbericht zur Untersuchung der Schneesicherheit und der potenziellen Beschneigungszeiten im Raume Schladming. – Universität für Bodenkultur, Wien.
- FORMAYER H., CLEMENTSCHITSCH L., HOFSTÄTTER M. & KROMP-KOLB H. 2007: Vor Sicht Klima! Klimawandel in Österreich, regional betrachtet, Schwerpunkt: Steiermark. – Studie im Auftrage von GLOBAL 2000, Wien.
- GEIS M. 1972: Die Bergbauern- und Almwirtschaft im Ober- und Untertal der Schladminger Tauern. – Dissertation am Geographischen Institut der Universität Salzburg.
- GUGGENBERGER T. 2008: Automatisierte Abschätzung des notwendigen Tierbesatzes zur Vermeidung klimabedingter Sukzession alpiner Weideflächen. – Master thesis im Rahmen des Universitätslehrganges „Geographical Information Science & Systems“ der Universität Salzburg.
- HARSCH M. A., HULME P. E., MCGLONE M. S. & DUCAN R. P. 2009: Are treelines advancing? A global meta-analysis of treeline response to climate warming. – Ecology Letters 12/10: 1040–1049.
- HOLTMEIER F. K. 1987: Der Baumwuchs als klimaökologischer Faktor an der oberen Waldgrenze. – Münstersche Geographische Arbeiten 27: 145–151.
- HOLTMEIER F. K. 1993: Der Einfluss der generativen und vegetativen Verjüngung auf das Verbreitungsmuster der Bäume und die ökologische Dynamik im Waldgrenzenbereich. – Geoökodynamik 14: 153–183.
- HOLTMEIER F. K. 1995: Waldgrenzen und Klimaschwankungen: ökologische Aspekte eines vieldiskutierten Phänomens. – Geoökodynamik 16: 1–25.
- HOLTMEIER F. K. 2000: Die Höhengrenze der Gebirgswälder. – Arbeiten aus dem Institut für Landschaftsökologie 8, Münster.
- HOLTMEIER F. K. & BROLL G. 2007: Treeline advance–Driving processes and adverse factors. – Landscape Online 1: 1–33.
- IPCC 2007: The AR4 Synthesis Report. – Valencia, Spain.
- KÖRNER C. 1998a: Worldwide positions of alpine treelines and their causes. – In: BENISTON M. & INNES J. L. (eds): The impacts of climate variability on forests. – Lecture Notes in Earth Sciences 74: 221–229.
- KÖRNER C. 1998b: A re-assessment of high elevation treeline positions and their explanation. – Oecologia 115: 445–459.

- LEAL S., MELVIN T. M., GRABNER M., WIMMER R. & BRIFFA K. R. 2007: Tree-ring growth variability in the Austrian Alps: the influence of site, altitude, tree species and climate. – *Boreas* 36: 426–440.
- LEXER M. J. & SEIDL R. 2008: Der österreichische Wald im Klimawandel – Auswirkungen auf die Waldbewirtschaftung. – Ländlicher Raum 2010, Online-Fachzeitung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- LEXER M., PLATTNER G., FORMAYER H., SEIDL R., HIRSCHBERGER P., EGGER G., SCHADAUER K., WIESHAIDER A., PUTZGRUBER N., & HASLINGER K. 2008: Klimawandel und Artenvielfalt, Wie klimafit sind Österreichs Wälder, Flüsse und Alpenlandschaften? – Österreichische Bundesforste AG, Kompetenzfeld Natur- und Umweltschutz, 3002 Purkersdorf.
- LOIBL W., BECK A., DORNINGER M., FORMAYER H., GOBIET A. & SCHÖNER W. (eds.) 2007: Reclip:more. Generation of climate change scenarios for the Alps with the meso-scale models MM5 and ALADIN. Executive summary. – Austrian Research Centers, Wien.
- LOIBL W., ZÜGER J. & KÖSTL M. 2009: Reclip:more. Kleinräumige Klimaszenarien für Österreich. – Standort – Zeitschrift für Angewandte Geographie 33: 94–100.
- LORIS K. 1981: Dickenwachstum von Zirbe, Fichte und Lärche an der alpinen Waldgrenze/ Patscherkofel. – Mitt. Forstl. Bundesvers. Wien 142: 417–441.
- LUIS 2007: Landesumweltinformationssystem der Steiermark, Fachabteilung 17A, Graz. Verfügbar unter: <http://www.umwelt.steiermark.at/cms/ziel/25199/DE> [13.04.08, 17:00].
- MATURA A. 1980: Die Schladminger und Wölzer Tauern. – In OBERHAUSER R: Der geologische Aufbau Österreichs. Geologische Bundesanstalt (Hsg.) – Springer: Wien – New York, 363–368.
- MAYER H. 1974: Wälder des Ostalpenraumes. – G. Fischer, Stuttgart.
- MAYER H. 1992: Waldbau auf soziologisch-ökologischer Grundlage. – 4., teilw. neu bearb. Aufl., G. Fischer, Stuttgart.
- METEOSWISS 2004: Das Schweizer Klima im Trend: Temperatur- und Niederschlagsentwicklung 1864–2001. – Veröffentlichung 68, Zürich.
- OBERHUBER W. & KOFLER W. 2003: Einfluss des Klimas und der Hangexposition auf das Dickenwachstum der Zirbe (*Pinus cembra* L.) im alpinen Waldgrenzökoton am Patscherkofel (Tirol, Österreich). – Zentralblatt für das Gesamte Forstwesen 120(1): 39–50.
- PFEIFER K., KOFLER W. & OBERHUBER W. 2003: Climate related causes of distinct radial growth reductions in *Pinus cembra* during the last 200 years. – *Vegetation History and Archaeobotany* 14: 211–220.
- PRETTENTHALER F. 2009: Der Klimawandel als Herausforderung für den steirischen Tourismus – Fokus Wintertourismus, Kurzanalyse zur Anregung weiterer Schritte einer Klimaanpassungsstrategie für den steirischen Tourismus. – TeReg Kurzanalyse Nr. 04, Graz, Wien.
- SCHADAUER K. 1996: Growth trends in Austria. – In: SPIECKER MIELIKÄINEN K., KÖHL M., SKOVGAARD J. P. Growth trends in European forests. – European Forest Institute Research Report No. 5, Springer, Berlin.
- SCHAUMBERGER J., SCHARDT M., GUGGENBERGER T., GALLAUN H., SCHAUMBERGER A., DEUTZ A., GRESSMANN G. & GASTEINER J. 2006: GIS-gestützte Ermittlung der Veränderung des Lebensraumes alpiner Wildtierarten (Birkhuhn, Schneehuhn, Gamswild, Steinwild) bei Anstieg der Waldgrenze aufgrund Klimaveränderung. – LFZ Raumberg-Gumpenstein Joanneum Research Graz (unveröff. Projektbericht).
- SCHILLIG D. 1966: Geomorphologische Untersuchungen in der Saualpe (Kärnten). – *Tübinger Geographische Studien* 21: 1–81.
- SCHRÖDER F.-G. 1998: Lehrbuch der Pflanzengeographie. – Quelle & Meyer, Wiesbaden.
- STÜTZER A. 1999: Im permanenten Überlebenskampf: Bäume über der Waldgrenze. – *Carinthia* II, 189/109: 353–360.
- TRANQUILLINI W. 1979: Physiological ecology of the alpine timberline. – *Ecological Studies* 31, Springer, Berlin.
- WIESER G. & TAUSZ M. 2007 (eds.): Trees at their upper limit. Tree life limitation at the alpine timberline. – *Plant Ecophysiology* 5, Springer, Wien.

Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark	Bd. 140	S. 38	Graz 2010
--	---------	-------	-----------

Buchbesprechung / Book Review

R. SCHUSTER (Hrsg.). Checklisten der Fauna Österreichs, No. 4, 2009, In: Biosystematics and Ecology Series, No. 26; Verlag der Österr. Akademie der Wissenschaften, Wien, 100 pp. – Erhard CHRISTIAN: Diplura (Insecta), Wolfgang SCHEDL: Symphyta (Insecta), Werner E. HOLZINGER: Auchenorrhyncha (Insecta).

Die von Spezialisten erstellten „Checklisten der Fauna Österreichs“ haben zum Ziel, in gestraffter Form den aktuellen Kenntnisstand der Verbreitung ausgewählter Tiergruppen in Österreich darzustellen. Knapp gehaltene, aber informative Kommentare nehmen auch auf die Erforschungsgeschichte sowie ökologische und systematisch/taxonomische Besonderheiten der besprochenen Gruppen Bezug. Ausgelegt ist diese Reihe nach Wunsch des Herausgebers für ein breiteres Publikum: Für Berufsbiologen, Ökologen und Laienforscher gleichermaßen sind die Checklisten fundierte Quellen für landesfaunistisch orientierte Forschungsarbeiten und sind zudem mit ihrer jeweils reichhaltigen Bibliographie eine Fundgrube, betreffend das einschlägige Schrifttum.

Bisher sind folgende Lieferungen erschienen: No. 1, 2004. – Elisabeth GEISER: Chrysomelidae (Insecta: Coleoptera) & Ernst EBERMANN: Scutacaridae (Arachnida: Acari); No. 2, 2005. – Wolfgang RABITSCH: Heteroptera (Insecta) & Karl ADLBAUER: Cerambycidae (Insecta: Coleoptera); No. 3, 2008. – Pasqual QUERNER: Collembola (Insecta), Erhard CHRISTIAN: Palpigradi (Arachnida), Josef GUSENLEITNER: Vespidae (Insecta: Hymenoptera). Weitere Lieferungen sind in Vorbereitung bzw. bereits im Druck.

Mit dem Erscheinen der 4. Lieferung der Reihe sind nun wiederum drei wichtige Insektengruppen abgehandelt. Der Wiener Zoologe Erhard Christian listet die bislang aus Österreich bekannten Diplura (Doppelschwänze) auf und stellt aus der Familie Campodeidae eine stattliche Anzahl von Erstnachweisen für mehrere Bundesländer vor. Der Innsbrucker Zoologe Wolfgang Schedl behandelt mit 714, aus Österreich gemeldeten Pflanzenwespen-Arten eine vergleichsweise artenreiche Insektengruppe. Nach einer ersten zusammenfassenden Publikation im *Catalogus Faunae Austriae* (1980, 1982) steht nun eine revidierte und aktualisierte Liste zur Verfügung. Der Grazer Zoologe Werner E. Holzinger bearbeitete die Liste der österreichischen Zikaden, die derzeit 626 Arten umfasst. Holzinger bespricht ebenso wie die Autoren Christian und Schedl in ihren Beiträgen auch die Forschungsgeschichte und den aktuellen Forschungsstand der jeweiligen Insektengruppen.

Alles in allem drei verdienstvolle, in einem Heft zusammengefasste landesfaunistische Beiträge, die auf das oben genannte Fachpublikum ausgerichtet sind und diesem auch vorbehaltlos empfohlen werden können.

ERNST EBERMANN

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark](#)

Jahr/Year: 2010

Band/Volume: [140](#)

Autor(en)/Author(s): Hagn Andrea, Peer Thomas

Artikel/Article: [Baumstudien im Waldgrenzökoton der Schladminger Tauern, ein Beitrag zur aktuellen Klimadiskussion. 23-38](#)