

# Postglaziale Waldgrenzentwicklung in den Westtiroler Zentralalpen

Hanspeter Staffler, Kurt Nicolussi & Gernot Patzelt

## Abstract

### Postglacial timber line development in the western Central Alps

Subfossil wood remains and charcoal pieces from fire horizons or cultivation strata permit us to sketch a clear picture of postglacial timber line development in the Western Tyrolian Central Alps. About 10000 years ago, Swiss stone pine formed the timberline at around 2450 m above sea level, where it stayed with short interruptions for five thousand years. Findings of subfossil stone pine timber clearly decline after this forest phase, while the evidence of fire horizons and cultivation strata increases. We call the period from Copper Age to La Tène Age the cultivation phase, culminating from the Bronze Age onward. During the post-Roman utilization phase the largely deforested subalpine sites were probably pastured from lower-lying summer settlements. While between 10000 and 5000 years B.P. only climate variations were responsible for fluctuations in timber line and tree limit, anthropogenic influence was added thereafter: Fire horizons, cultivation strata, derelict settlements and paddocks give evidence for the presence of humans. The natural closed high-altitude conifer forest was cleared by pasturing and slash-and-burn methods and in some sites depressed by several hundred meters. In parallel to the increasing anthropogenic influences on the forests there were also timber line depressions for climatic reasons. The relative importance of these two factors is however difficult to quantify unequivocally.

**Keywords:** Holocene, postglacial timber line development, timber line depression, vegetation change, human impact, subalpine Swiss stone pine forest, *Pinus cembra*, Central Alps, Ötztal Alps

## 1. Einleitung

Mit der Entdeckung des Eismannes am Tisenjoch, welches das Südtiroler Schnalstal mit dem Nordtiroler Ötztal verbindet, hat sich ein überraschendes kulturhistorisches Fenster aufgetan. Angestoßen durch diesen Fund, fokussierte sich die Forschung auf den hochalpinen Landschaftsraum und sammelte eine Reihe von neuen Erkenntnissen (SCHÄFER 1998, STEINER 2005, MAHLKNECHT 2005, STEINER & MAHLKNECHT 2008). Es zeigte sich bald, dass der Eismann vor 5300 Jahren nicht in einer reinen Naturlandschaft, sondern in einer angehenden Kulturlandschaft lebte.

Die vorliegende Studie beschäftigt sich mit dem subalpinen Nadelwald im weiteren Umfeld des Eismann-Fundortes: Für die Hochlagen der Ötztaler Alpen, der benachbarten Sesvennagruppe, des Ulten- und Martelltales wird die postglaziale Wiederbewaldung sowie die klimatisch und anthropogen bedingte Entwaldung des subalpinen Waldgürtels im Laufe des Holozäns diskutiert (Abb. 1).



Foto 1: Zirbenscheibe (LZS-2) mit 50 cm Durchmesser aus dem Lazaunsee, Schnals (2425 m ü. M.).

Über die postglaziale Waldgrenzentwicklung wurde im Alpenraum schon viel geforscht. Meist beruhen diese Studien auf Analysen der Pollenzusammensetzung von Torfprofilen und Sedimentkernen aus Seen. Generell lässt sich festhalten, dass bereits im frühesten Holozän vor über 10000 Jahren die Waldgrenze in den Ostalpen zumindest heutiges Niveau erreichte, um in weiterer Folge aufgrund der Klimaentwicklung weiter anzusteigen, später wiederum zu sinken und letztendlich – wohl bedingt durch den zunehmenden Einfluss des Menschen – stark abzufallen (BORTENSCHLAGER & PATZELT 1969, BORTENSCHLAGER 1970, BORTENSCHLAGER 1972, BORTENSCHLAGER 1984, KRAL 1991, DAMM 1994, LANG 1994, NICOLUSSI et al. 2005, OEGGL 1994, OEGGL & WAHLMÜLLER 1997, PIGNATTI et al. 1988, SEIWALD 1980, PATZELT & BORTENSCHLAGER 1973, PATZELT 1996, BURGA & PERRET 1998, STAFFLER & FEICHTER 1999, STUMBÖCK 1999, VORREN et al. 1993, WICK 1994, WICK & TINNER 1997, PINDUR 1999, BURGA & EGLOFF 2001).

Im Gegensatz zur üblichen, pollenanalytischen Vorgangsweise wird hier der postglazialen Waldgrenzentwicklung im Westtiroler Zentralalpenraum im Wesentlichen anhand subfossiler Zirbenhölzer (*Pinus cembra*) aus Seen und Niedermooren sowie anhand von Holzkohlefunden aus Brandschichten nachgegangen. Im Konkreten stellen sich dabei folgende Fragen:

1. Wann erreichte die postglaziale Waldgrenze ihren Höchststand?
2. Welchen klimatischen und vor allem anthropogenen Schwankungen war sie ausgesetzt?
3. Welchen Einfluss übte der prähistorische Mensch auf die subalpine Waldstruktur aus?

Subfossile Zirbenhölzer markieren die Anwesenheit von Wald oder Bäumen an einer bestimmten Lokalität. Holzkohle kann je nach Lokalität und Fundsituation auf natürliche Brandereignisse oder auch auf Aktivitäten des Menschen, etwa Feuerstellen oder Brandrodungen für Weidelandgewinnung, zurückzuführen sein. Holzkohledaten beleuchten

möglicherweise den Einfluss der Weidewirtschaft auf die Entwicklung der Waldgrenze im Hochgebirge. Indirekt leiten wir daraus den Einfluss des prähistorischen Menschen auf die gesamte inneralpine Landschaft von der Talsohle bis ins Hochgebirge ab. Die Veränderung der Waldgrenze wird vor allem als ein Spiegelbild der anthropogenen Landschaftsgenese verstanden, die im Neolithikum begann und ab der Bronzezeit zunehmend Bedeutung erlangte.

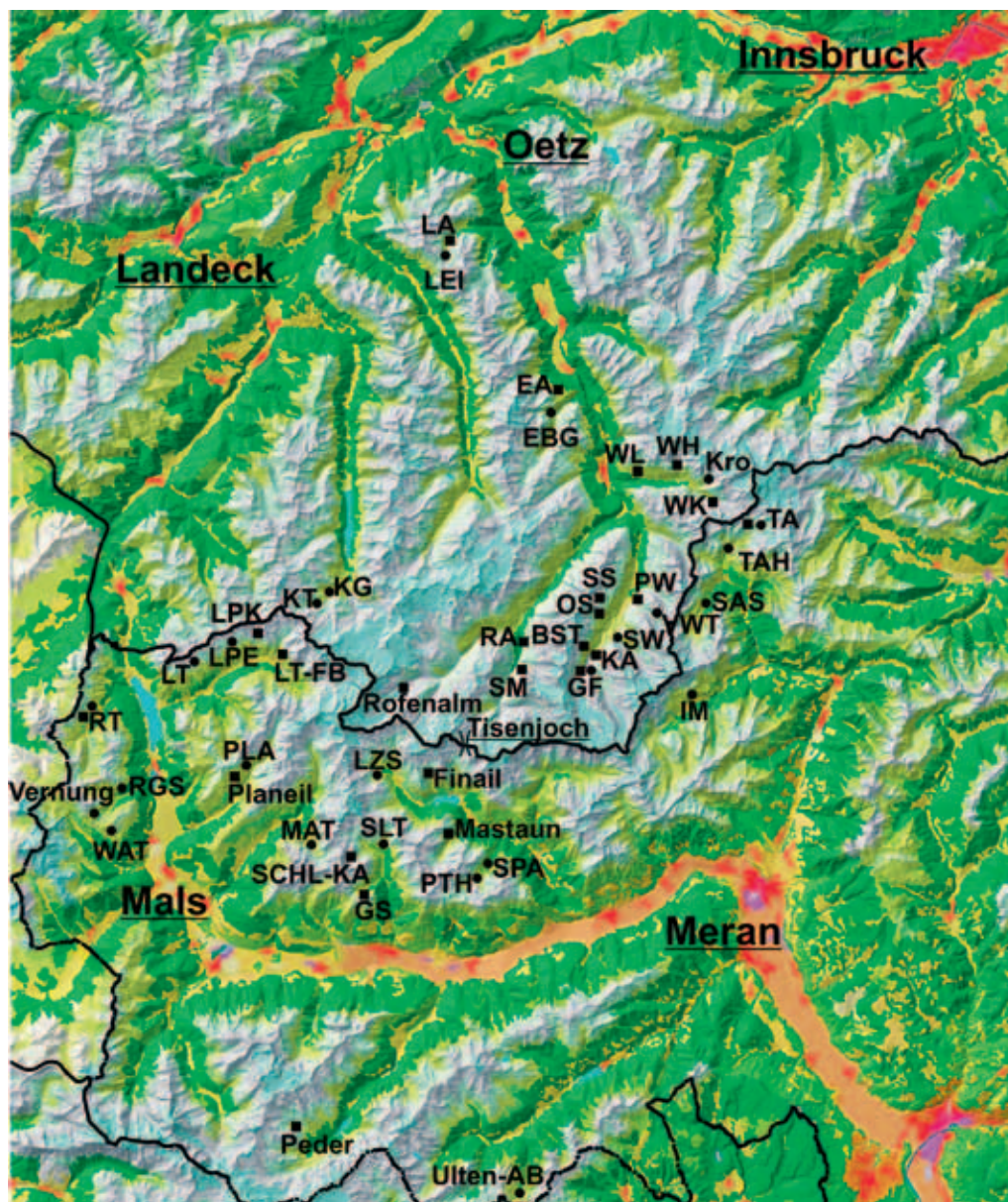


Abb. 1: Die räumliche Verteilung der Fundstellen für Holzproben (Punkte, Tab. 1) und Holzkohle (Quadrate, Tab. 2) im Westtiroler Zentralalpenraum. Grundkarte: @ Bundesamt für Statistik (1990).

## 2. Material und Methode

### Subfossile Holzstücke

Pollenprofile erlauben einen umfassenden Blick in die Vergangenheit. Sie dokumentieren mit unterschiedlicher Zuverlässigkeit die Veränderungen im Vegetationsbild der näheren und weiteren Umgebung, wobei sie – wenn sich im Profil keine Megafossilien (wie etwa Holzteile) oder Makroreste (wie Samen und Nadeln) finden lassen – nur eingeschränkt Auskunft über die Vegetation des unmittelbaren Standortes geben können. Vor allem zur Frage der früheren potenziell-natürlichen Waldgrenze können Pollenprofile nur bedingt über deren frühere Höhenlage informieren, zumeist beschränken sich die Angaben auf Bereichsschätzungen (KRAL 1991, WICK 1994, WICK & TINNER 1997, VORREN et al. 1993, BURGA & PERRET 1998, GOBET et al. 2003). Erst bei Vorhandensein von Makroresten und vor allem Megafossilien kann angenommen werden, dass an Ort und Stelle möglicherweise die dazugehörige Holzpflanze gestanden hatte. Dies erlaubt einen unmittelbaren Rückschluss auf das Vegetationsbild und belegt eine Mindestseehöhe der Baum- und Waldverbreitung. Die Erhaltung von Holzstücken über Jahrtausende hinweg ist unter unseren Klimabedingungen nur bei Luftabschluss möglich, sodass als potenzielle Fundorte für subfossile Hölzer Moore und Seen in Frage kommen. Zur Auffindung entsprechenden Probenmaterials erfolgten ausgedehnte Geländebegehungen im Zentralalpenbereich. Als Vorbereitung für die Geländearbeiten wurden mit Orthophoto- und Militärkarten Seen und Nassstellen lokalisiert, die bei der anschließenden Begehung oberflächlich abgesucht wurden. Am ehesten wurden wir in Mooren fündig, welche durch Weidegang oder durch Erosion stellenweise aufgebrochen waren, manchmal legten Rinnsale sie frei (Foto 2). Zumeist ragten Teile eines subfossilen Holzstückes aus dem Torfmaterial. In einigen Mooren wurden Holzstücke aber auch durch Sondieren des Untergrundes gefunden. In mehreren Fällen konnte Holz aus stehendem oder sehr langsam fließendem Wasser geborgen werden. Während kleine Stücke als Ganzes geborgen wurden, mussten aus den Stämmen Holzscheiben gesägt werden. Dies erfolgte je nach Situation entweder mit der Hand- oder der Motorsäge (Foto 1).

Da es in erster Linie um die potenziell-natürliche und anthropogene postglaziale Entwicklung der Waldgrenze geht, wurde der Suchbereich auf die hochsubalpine Stufe zwischen 2000 und 2500 m eingeschränkt. Oberhalb von 2500 m konnte bei Stichprobenbegehungen nichts gefunden werden, unterhalb von 2000 m gäbe es mit Sicherheit noch eine ganze Fülle von Probematerial zu entdecken, das aber wenig über die potenziell-natürliche Waldgrenze aussagt.

### Holzkohle

Neben den subfossilen Holzresten sind auch Brandhorizonte Indikatoren für die ehemalige Anwesenheit von Bäumen, vor allem wenn diese Brandhorizonte auf Waldböden liegen. Häufig verlaufen die Brandschichten im Bodenprofil bei Erosionsstellen und sind somit leicht aufzufinden und zu dokumentieren. Aus dem Brandhorizont lassen sich vorsichtig Holzkohlestücke freilegen, die mittels der Radiokarbonmethode datierbar sind. An gewissen Stellen können auch durch Sondierung des Bodens mit dem Kernbohrer Holzkohlespuren aufgespürt und anschließend mit dem Spaten ausgegraben werden. Diese Methode eignet sich vor allem für Stellen, wo auf Grund der Geländemorphologie keine auf- und abtragenden Prozesse stattfinden.



Foto 2: Zirbenstamm (SPA-7) in Penaud, Schnals (2395 m ü. M.).

Besonders interessant und ergiebig sind solche Sondierungen an Plätzen, wo sich noch Reste von einfachen Gebäuden und Einfriedungen für Weidetiere erhalten haben. Neben den Brandhorizonten im freien Gelände stößt man in der Nähe von Wüstungen auch auf mächtigere Kulturschichten oder Feuerstellen, die eine lang andauernde Nutzung dieser Hochgebirgsplätze bezeugen. Von diesen Kulturschichten wurde jeweils eine Probe aus dem Basisbereich gewonnen, um den Kulturbeginn zu dokumentieren (Foto 3).



Foto 3: Profilgrube Mastaun, Schnals (2340 m ü. M.) mit gewonnener Holzkohle (Probe Mastaun 1).

## Radiokarbondatierung und Dendrochronologie

Die holzanatomische Artbestimmung der subfossilen Holzstücke erfolgte am Institut für Hochgebirgsforschung/Institut für Geographie der Universität Innsbruck und am Institut für Botanik der Universität für Bodenkultur Wien. Subfossile Zirbenholzreste und Holzkohlestücke wurden vom Institut für Radiumforschung und Kernphysik Wien (VRI), Institut für Isotopenforschung und Kernphysik Wien (VERA), dem Center for Isotope Research Groningen (GrN) und an der Leibniz Universität Hannover (Hv) durchgeführt. Die Radiokarbondaten wurden mit dem Programm OxCal 4.1 (BRONK RAMSEY 2011) kalibriert.

Intakte Stamm- oder Astteile wurden am Institut für Hochgebirgsforschung/Institut für Geographie der Universität Innsbruck dendrochronologisch bearbeitet und im Idealfall auch absolut datiert. Diese Datierungen erfolgten auf Basis der Ostalpinen Hochlagenchronologie, die die letzten rund 9100 Jahre durchgehend abdeckt (NICOLUSSI et al. 2009).

## 3. Ergebnisse

### Subfossile Holzstücke

Insgesamt wurden im Rahmen dieser Arbeit 62 subfossile Holzstücke der Baumarten Zirbe (*Pinus cembra*) und in einem Fall Lärche (*Larix decidua*) aus dem hochsubalpinen Höhen-gürtel geborgen und datiert (Tab.1). Die Größe der subfossilen Hölzer reichte von Ast- und Wurzelstücken über ausgebrochene Stammteile bis hin zu meterlangen Stämmen. Die Daten verteilen sich über den Zeitraum von knapp 11000 bis rund 2000 Jahre vor heute (Abb.2). Jeder Punkt in Abbildung 2 belegt das Ende eines Baumlebens. Danach lässt sich für den Untersuchungsraum zeigen, dass die Baum- oder Waldgrenze vor rund 10000 Jahren auf einer Höhe von rund 2450 m lag und in späteren Jahrtausenden an manchen Standorten im Vinschgau 50 m darüber hinaus reichte. Eine solche Gunst-lage befindet sich in Langtaufers oberhalb der Ortschaft Pedroß, wo am Rande eines fossilen Blockgletschers in einem kleinen Quellmoor in rund 2500 m Höhe gut erhaltene Zirbenholzstücke lagen (STAFFLER & FEICHTER 1999).

Für den Gesamtzeitraum des Holozäns lässt sich eine bemerkenswert ungleiche Verteilung der Daten festhalten: von 10000 bis 5000 Jahre vor heute (v.h.) belegen 54 datierte Holzstücke das Vorhandensein der Waldgrenze zwischen 2150 und 2500 m. Anschließend, zwischen 5000 und 2000 v.h. bezeugen nur mehr sieben Holzstücke die Anwesenheit von Bäumen auf dieser Höhe. Der letzte Zirbenholzfund datiert um Christi Geburt, und von da an bis heute gab es keinen einzigen Fund mehr (Abb.2).

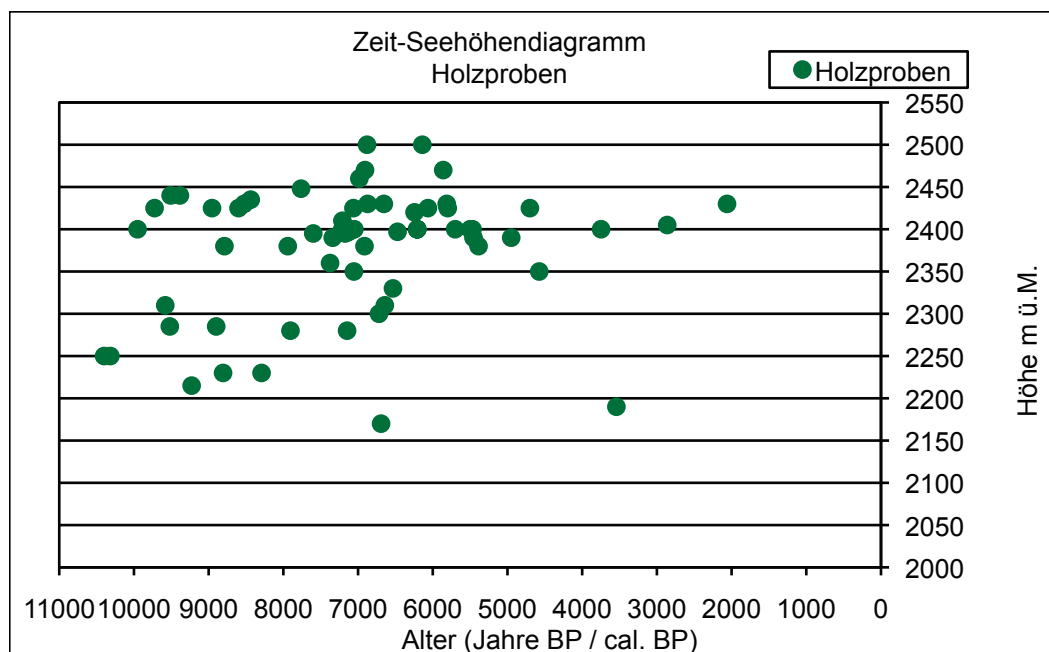


Abb. 2: Zeit-Höhendiagramm der bearbeiteten subfossilen Holzproben aus den Westtiroler Zentralalpen.

Tab. 1: Die bearbeiteten subfossilen Hölzer mit Angaben zu Lokalität, Material, Fundhöhe und Alter. PICE: *Pinus cembra* (Zirbe), LADE: *Larix decidua* (Lärche).

Probe	Lokalität	Material	Höhe	Labor-Nr.	14C-Datum / Dendro-Datum [a BP]	Kalibriertes 14C-Datum [a v. Chr., 1 $\sigma$ ]	Kalibriertes 14C-Datum [a v. Chr., 2 $\sigma$ ]
LT-1	Langtaufers, Gschweller Bach	PICE	2380	VRI-1670	6020±60	4994-4840	5197-4730
LT-3	Langtaufers, Pratznbach	PICE	2470	VRI-1672	5120±60	3978-3804	4044-3776
LT-5	Langtaufers, Patzinbach	PICE	2420	VRI-1745	5490±100	4451-4245	4536-4052
LT-10b	Langtaufers, Pedroß	PICE	2500	VRI-1812	5360±60	4322-4071	4332-4047
LPE-11	Langtaufers, Pedroß	PICE	2500	GrN- 26122	6040±30	4992-4856	5017-4844
LPE-12	Langtaufers, Pedroß	PICE	2400	dendro	5700	-	-
LPE-14	Langtaufers, Pedroß	PICE	2400	GrN- 26123	5400±25	4324-4244	4334-4180
LPE-15	Langtaufers, Pedroß	PICE	2400	GrN- 26124	5410±30	4328-4256	4340-4180
LZS-1	Schnals, Lazaunsee	PICE	2425	dendro	4700	-	-
LZS-2	Schnals, Lazaunsee	PICE	2425	GrN- 25215	5280±25	4226-4043	4231-3998
LZS-3	Schnals, Lazaunsee	PICE	2425	dendro	8600	-	-
LZS-4	Schnals, Lazaunsee	PICE	2425	GrN- 25216	8700±70	7811-7598	7963-7584
LZS-5	Schnals, Lazaunsee	PICE	2425	dendro	5800	-	-
LZS-7	Schnals, Ob. Lazaunmoos	PICE	2435	GrN- 25323	7600±50	6482-6415	6588-6386

Probe	Lokalität	Material	Höhe	Labor-Nr.	14C-Datum / Dendro-Datum [a BP]	Kalibriertes 14C-Datum [a v. Chr., 1 $\sigma$ ]	Kalibriertes 14C-Datum [a v. Chr., 2 $\sigma$ ]
LZS-9	Schnals, Lazaunlacke	PICE	2430	GrN-25324	7760±30	6641-6534	6646-6504
LZS-10	Schnals, Lazaunlacke	PICE	2430	GrN-25325	2085±25	158-54	179-42
PTH-1	Schnals, Penaud, Hochlage	PICE	2430	GrN-25326	5045±25	3937-3794	3946-3780
PTH-5	Schnals, Penaud, Hochlage	PICE	2430	GrN-26127	5850±30	4776-4689	4794-4616
PTH-6	Schnals, Penaud, Hochlage	PICE	2430	GrN-26128	6030±30	4984-4852	5004-4839
SPA-7	Schnals, Penaud, Mittellage	PICE	2395	dendro	7600	-	-
SPA-9	Schnals, Penaud, Mittellage	PICE	2395	GrN-26129	6290±50	5312-5221	5372-5076
RT-1	Rojental	PICE	2400	VRI-1967	4780±60	3642-3519	3660-3375
RT-2	Rojental	PICE	2400	VRI-1968	6290±70	5367-5208	5466-5058
RT-3a	Rojental	PICE	2460	VRI-1969	6110±60	5206-4944	5216-4850
RT-4	Rojental	PICE	2350	dendro	4575	-	-
RT-6	Rojental	PICE	2400	dendro	7050	-	-
RT-9	Rojental	PICE	2400	dendro	5500	-	-
WAT-1	Watles, Oberdörfertal	PICE	2470	GrN-26125	6075±25	5016-4946	5054-4859
RGS-2	Vinschgau, Grüner See	PICE	2440	GrN-26130	8510±30	7581-7547	7590-7528
RGS-3	Vinschgau, Grüner See	PICE	2440	GrN-26131	8360±30	7501-7366	7518-7352
SLT-1	Schlandrauntal	PICE	2425	GrN-26126	8080±40	7137-7034	7180-6830
LPE-20	Langtaufers, Pedroß	PICE	2410	GrN 27064	6265±25	5298-5220	5306-5214
LPE-22	Langtaufers, Pedroß	PICE	2390	GrN-27065	4375±30	3016-2926	3090-2910
MAT-1	Matsch, Upital	PICE	2400	GrN-27066	8850±40	8200-7871	8210-7794
MAT-2	Matsch, Upital	PICE	2400	GrN-27067	3490±30	1878-1770	1894-1700
PLA-1	Planeil, Außerberg	PICE	2390	GrN-27071	4730±30	3630-3382	3635-3376
Vernung	Vernung, Zerzertal	PICE	2425	VRI-4093	6175±40	5210-5062	5224-5000
Ulten-ABI	Ulten, Auersberg	PICE	2170	dendro	6690	-	-
TA-1	Passeier, Timmelsalm	PICE	2250	VRI-1789	9200±80	8534-8304	8618-8282
TA-3/3	Passeier, Timmelsalm	PICE	2330	VRI-1790	5720±60	4677-4492	4716-4449
TA-4	Passeier, Timmelsalm	PICE	2310	VRI-1791	5840±60	4786-4616	4837-4546
TAH-7	Passeier, Timmelsalm	LADE	2230	GrN-24738	7930±35	7001-6694	7030-6683
SAS-1	Passeier, Seweralp	PICE	2215	VRI-1973	8250±70	7450-7176	7474-7082
IM-1	Pfelderer Tal, Imestalm	PICE	2350	VRI-1974	6150±70	5210-5017	5299-4912
Lei-1	Ötztal, Leierstal-Ebnach	PICE	2285	GRN-23495	8540±20	7591-7570	7594-7546
Lei-2	Ötztal, Leierstal-Ebnach	PICE	2285	GrN-23496	8035±20	7060-6859	7066-6831



Probe	Lokalität	Material	Höhe	Labor-Nr.	14C-Datum / Dendro-Datum [a BP]	Kalibriertes 14C-Datum [a v. Chr., 1 $\sigma$ ]	Kalibriertes 14C-Datum [a v. Chr., 2 $\sigma$ ]
Kro-1	Ötztal, Windachtal	PICE	2280	GrN- 22583	7090±50	6019-5911	6060-5850
GF-10/1	Ötztal, Obergurgl-Kleinalbl	PICE	2190	Hv-14646	3300±60	1660-1504	1736-1447
KG-1	Kaunertal, Krummgampen	PICE	2405	VRI-1882	2760±50	972-836	1014-810
KG-2	Kaunertal, Krummgampen	PICE	2390	GrN- 24731	6380±30	5462-5317	5468-5309
KG-6	Kaunertal, Krummgampen	PICE	2397	GrN- 24542	6205±25	5218-5076	5289-5056
KG-7	Kaunertal, Krummgampen	PICE	2397	GrN- 24543	5680±30	4542-4464	4592-4452
KG-8	Kaunertal, Krummgampen	PICE	2380	GrN- 24544	7125±25	6024-5986	6056-5926
KG-9	Kaunertal, Krummgampen	PICE	2380	GrN- 24732	4640±25	3498-3367	3514-3360
KG-11	Kaunertal, Krummgampen	PICE	2380	GrN- 24733	7910±30	6822-6687	7025-6652
TAH-6	Kaunertal, Krummgampen	PICE	2230	GrN- 24838	7485±25	6416-6270	6428-6256
TAH-11	Kaunertal, Krummgampen	PICE	2250	GrN- 24739	9130±40	8422-8281	8460-8272
KT-1	Kaunertal, Krummgampen	PICE	2448	VERA- 4513	6935±35	5844-5750	5894-5732
VWT-1	Ötztal, Obergurgl-Verwalltal	PICE	2360	GrN- 27568	6455±25	5474-5380	5478-5372
SW-2	Ötztal, Obergurgl-Schönwies	PICE	2300	VRI-1878	5890±60	4837-4704	4933-4607
SW-1	Ötztal, Obergurgl-Schönwies	PICE	2310	VRI-1877	8560±80	7656-7522	7792-7469
EBG-1	Ötztal, Huben-Ebenalm	PICE	2280	GrN- 27567	6255±25	5297-5216	5312-5082

## Holzkohle

Die untersuchten Bodenprofile mit den eingeschlossenen Brandschichten haben häufig die gleiche Abfolge von Horizonten: Auf dem Muttergestein befindet sich ein ockerfarbener Horizont, der stark an einen Podsol-Anreicherungshorizont mit Al- und Fe-Oxyden erinnert, darauf liegt ein zentimeterstarker Brandhorizont, auf den eine Rasenbraunerde folgt. Die gesamte Profilstärke liegt zumeist zwischen 20 und 30 cm (Foto 4).

Im Untersuchungsgebiet ist der älteste erfasste Brandhorizont im Freiland um 8500 Jahre vor heute nachweisbar. Noch älter ist das Datierungsergebnis einer mesolithischen Feuerstelle bei Obergurgl (Ötztal), die wohl als Teil eines Jagdlagerplatzes zu interpretieren ist. Im Zeitraum zwischen 8000 und 3800 v.h. konnten 11 Brandhorizonte bzw. Kulturschichten datiert werden, für die Periode zwischen 3800 und 1700 v.h. waren es 23 und von 1700 v.h. bis heute lediglich eine. Knapp die Hälfte sind als Feuerstellen anzusprechen, die im Bereich von Wüstungen, wohl meist ehemaligen kleinen Hirtenunterständen, ausfindig gemacht wurden. Auffallend ist die Häufung der Feuerstellen-Datierungen für die Bronzezeit am oberen Rand der nachgewiesenen Waldverbreitung (Abb. 3).

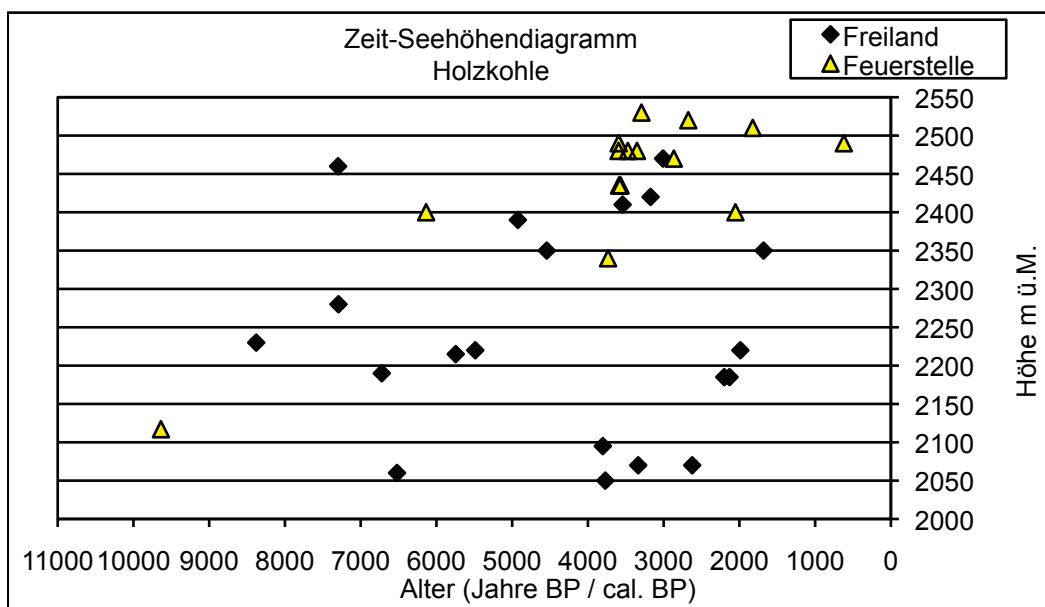


Abb. 3: Zeit-Seehöhenverteilung der 14C-Daten von Holzkohleproben aus den Westtiroler Zentralalpen.

Tab. 2: Holzkohleproben mit Angaben zu Lokalität, Material, Fundhöhe und Alter.

Probe	Lokalität	Material/ Zuordnung	Höhe	Labor-Nr.	14C-Datum [a BP]	Kalibriertes 14C-Datum [a v.Chr., 1 $\sigma$ ]	Kalibriertes 14C-Datum [a v.Chr., 2 $\sigma$ ]
LPK-2	Langtaufers, Pratzenkar	Holzkohle, Gebäude	2470	VERA- 1317	2765 $\pm$ 35	972-844	1001-831
Finail-G1	Schnals, Finail-Grub	Brandhorizont, Lagerplatz	2480	VERA- 3220	3380 $\pm$ 35	1736-1628	1754-1536
GS-1	Maneidtal, Grubensee	Holzkohle, Brandopferplatz	2400	VERA- 2676	2090 $\pm$ 35	166-54	202-2
GS-2	Maneidtal, Grubensee	Brandhorizont, Pferch	2400	VERA- 2677	5345 $\pm$ 40	4258-4068	4322-4050
SCHL-KA-2c	Schlandraun, Klein Alpl	Kulturschicht, Pferch	2435	VERA- 3821	3325 $\pm$ 40	1663-1532	1731-1506
SCHL-KA-1	Schlaundraun, Klein Alpl	Brandhorizont, Pferch	2435	VERA- 3822	3365 $\pm$ 35	1731-1616	1742-1535
Mastaun 1	Mastaun	Kulturschicht, Pferch	2340	VERA- 3823	3450 $\pm$ 35	1872-1693	1882-1686
RT-3b	Rojental	Holzkohle, Brandhorizont	2460	VERA- 1318	6360 $\pm$ 40	5462-5303	5469-5227
LPK-1	Langtaufers, Pratzenkar	Holzkohle, Brandhorizont	2470	VERA- 1316	2870 $\pm$ 40	1120-980	1193-922
Peder 1	Pedertal	Holzkohle, Brandhorizont	2420	VERA- 3824	2990 $\pm$ 40	1302-1132	1386-1059
Planeil 1	Planeil, Außerberg	Holzkohle, Brandhorizont	2390	VERA- 3218	4295 $\pm$ 40	3003-2880	3078-2872
Planeil 2	Planeil, Außerberg	Holzkohle, Brandhorizont	2350	VERA- 3219	1750 $\pm$ 35	241-336 AD	144-395 AD

Probe	Lokalität	Material/ Zuordnung	Höhe	Labor-Nr.	14C-Datum [a BP]	Kalibriertes 14C-Datum [a v.Chr., 1 $\sigma$ ]	Kalibriertes 14C-Datum [a v.Chr., 2 $\sigma$ ]
LT-FB1	Langtaufers, Falginboden	Holzkohle, Brandhorizont	2350	VRI-2177	4010 $\pm$ 50	2578-2471	2840-2348
WH-1/4	Ötztal, Windach-Haeche	Holzkohle, Feuerstelle - innen	2490	VERA- 2096	680 $\pm$ 35	1276-1384 AD	1267-1391 AD
WH-1/5	Ötztal, Windach-Haeche	Holzkohle, Feuerstelle - innen	2490	VERA- 2987	3375 $\pm$ 30	1730-1628	1746-1541
WH-2/1	Ötztal, Windach-Haeche	Holzkohle, Feuerstelle - innen	2510	VERA- 2200	1895 $\pm$ 40	56-208AD	25-228 AD
OS-1/1	Ötztal, Obergurgl-Soom	Holzkohle, Feuerstelle - innen	2520	VRI-2145	2610 $\pm$ 50	833-672	898-552
OS-2/1	Ötztal, Obergurgl-Soom	Holzkohle, Feuerstelle - innen	2530	VERA- 2886	3075 $\pm$ 35	1404-1312	1424-1262
SS-1	Ötztal, Obergurgl-Soom	Holzkohle, Feuerstelle - innen	2480	VERA- 4076	3240 $\pm$ 35	1601-1452	1608-1436
SS-5	Ötztal, Obergurgl-Soom	Holzkohle, Feuerstelle - innen	2480	VERA- 4412	3125 $\pm$ 35	1440-1322	1493-1311
BST-25	Ötztal, Obergurgl-Beilstein	Holzkohle, Feuerstelle	2117	VERA- 3890	8670 $\pm$ 40	7710-7601	7783-7591
WL-1	Ötztal, Windach-Loobkar	Holzkohle, Brandhorizont	2410	VERA- 2144	3300 $\pm$ 50	1632-1512	1728-1456
SM-2	Ötztal, Vent-Spiegelmahd	Holzkohle, 1. Brandhorizont	2050	VERA-13	3505 $\pm$ 45	1888-1768	1946-1694
Rofenalp 2	Ötztal, Vent-Rofen Alm	Holzkohle, 1. Brandrodung	2095	GrN- 22767	3535 $\pm$ 35	1928-1776	1955-1750
LA-5	Ötztal, Hintere Leiersalm	Holzkohle, Brandrodung	2060	VERA-16	5705 $\pm$ 40	4598-4489	4682-4457
EA-2	Ötztal, Huben-Ebenalm	Holzkohle, 1. Brandhorizont	2070	VERA- 3848	2550 $\pm$ 40	798-592	806-540
PW-1	Ötztal, Obergurgl-Poschach	Holzkohle, 1. Brandhorizont	2070	VRI-1598	3130 $\pm$ 50	1490-1318	1502-1270
RA-2/2	Ötztal, Vent-Ramolalm	Holzkohle, Brandhorizont	2220	VRI-1661	4780 $\pm$ 80	3646-3384	3702-3371
RA-2/1	Ötztal, Vent-Ramolalm	Holzkohle, Brandhorizont	2220	VRI-1660	1950 $\pm$ 80	51BC- 136AD	164BC- 238AD
TA-8	Passeier, Timmelsalm	Holzkohle, Brandhorizont	2230	VRI-1879	7595 $\pm$ 70	6558-6392	6596-6262
TA-9	Passeier, Timmelsalm	Holzkohle	2190	VERA-657	5900 $\pm$ 35	4798-4722	4846-4695
WK-1	Ötztal, Windachtal-Moorsee	Holzkohle, Uferbereich	2280	VRI-1675	6340 $\pm$ 60	5459-5224	5470-5216
KA-7	Ötztal, Obergurgl-Kleinalbl	Holzkohle	2185	VRI-1728	2120 $\pm$ 50	202-54	358-2
KA-8	Ötztal, Obergurgl-Kleinalbl	Holzkohle	2185	VRI-1729	2190 $\pm$ 50	358-196	388-111
GF-4/2	Ötztal, Obergurgl-Kleinalbl	Holzkohle	2215	Hv-14648	4970 $\pm$ 55	3890-3663	3942-3647



Foto 4: Profil mit Brandhorizont. Horizontabfolge von unten: ockerfarbener Waldboden, dunkler Brandhorizont, Braunerde.

#### 4. Diskussion

Mit dem Ende des Spätglazials im Alpenraum um 11700 Jahre v.h. (ILYASHUK et al. 2009) kam es als Folge des Temperaturanstiegs auch zum Anstieg der Waldgrenze. Bereits vor rund 10000 Jahren erreichte die Baum- beziehungsweise Waldgrenze eine Meereshöhe von 2450 m und zwischen 7000 und 6000 v.h. lag sie im Vinschgau sogar etwas darüber. Ob es sich nun um eine Waldgrenze oder lediglich um die Baumgrenze handelte, lässt sich auf Grund der Datenlage nicht eindeutig sagen. Möglicherweise lagen Wald- und Baumgrenze in der ersten Hälfte des Holozäns näher beieinander als später (REASONER & TINNER 2008). Es besteht auch die Ansicht, dass unter natürlichen Bedingungen Wald- und Baumgrenze gänzlich zusammenfallen (HOLTMAIER 1985).

Das Vorhandensein von größeren subfossilen Holzstücken bezeugt auf jeden Fall das frühere Wachsen von Bäumen an den Fundstellen. Dass sich Holzmaterial dieser Bäume erhalten konnte, hängt von der unmittelbaren Umgebung des Wuchsortes ab: Der Stamm musste in ein konservierendes Medium wie Moor oder Bergsee stürzen. Auch die Dichte des ehemaligen Baumbestandes, die Entfernung zum konservierenden Medium sowie das Relief spielten eine Rolle. Lagen aber Moore oder Seen in unmittelbarer Nähe einer Hirtenunterkunft, wurde subfossiles Holz gerne für Heiz- und Kochzwecke verwendet und ging somit für die Nachwelt verloren (HOHENEGGER & MUTSCHLECHNER 1973).

Im Wesentlichen erlauben uns zwei Faktoren Rückschlüsse auf die Beschaffenheit des Baumbestandes: Findet man Stämme mit acht Metern Länge und einem Durchmesser von 50 cm wie im Lazaunsee (Foto 5), so deutet dies sehr stark auf die Anwesenheit eines Zirbenwaldes hin, denn die klimatische Waldgrenze wird von kleinwüchsigen Bäumen gebildet (HOLTMEIER 1985, WARDLE 1985). Liegen in einem Moor mehrere Belege von unterschiedlichen Baumindividuen vor, wie in Langtaufers-Pedroß, Schnals-Lazaunsee oder Kaunertal-Krummgampen (s. Tab. 1), so ist auch dies als Hinweis auf ehemalige Waldbestände zu werten.

Foto 5:  
In Schwimmrassen bzw. Torfmaterial  
eingebetteter Zirbenstamm, Lazaunsee,  
Schnals (2425 m ü. M.).



Es ist davon auszugehen, dass sich die Waldgrenze in den Westtiroler Zentralalpen vor 10000 Jahren auf 2400 bis 2450 m Meereshöhe einpendelte. Dort hielt sie sich fünf Jahrtausende lang mit kurzzeitigen Schwankungen. Von 5000 bis 2000 v. h. nimmt die Funddichte dramatisch ab, was indirekt auf eine Auflösung der Waldstruktur hindeutet. Denkbar ist eine parkartige Landschaft mit Einzelbäumen und kleinen Baumgruppen. Dieses generelle Bild für das frühe und mittlere Holozän stimmt gut mit Ergebnissen von Pollen- und Makrorestanalysen in den Schweizer Zentralalpen überein, die auch um etwa 5000 Jahre v. h. eine Absenkung der Wald- und Baumgrenzpositionen belegen (BURGA & PERRET 1998, REASONER & TINNER 2008). Offen bleibt momentan die Frage, ob eine anthropogene Einflussnahme die generell wohl klimatisch gesteuerte Entwicklung begünstigte und Auflösungserscheinungen verstärkte. Von 2000 Jahre v. h. bis in die jüngste Vergangenheit fand sich kein Beleg in Höhen um 2400 m ü. M., was auf eine vergleichsweise waldfreie Graslandschaft schließen lässt (Abb. 2).

Waldbrände können natürlichen oder menschlichen Ursprungs sein. Nach natürlichen Waldbränden entwickelt sich mit der Zeit über mehrere Sukzessionsstadien wiederum Wald. Im Bodenprofil wären dann folgende Horizonte wahrscheinlich: Muttergestein – Waldboden – Brandhorizont – Waldboden. Hat der Waldbrand anthropogene Ursachen, so steht in prähistorischer Zeit zumeist der wirtschaftliche Aspekt der Kulturlandgewinnung dahinter. Im Hochgebirge ging es dann in erster Linie um Weidelandnutzung, beziehungsweise in weiterer Folge um Almwirtschaft. In solchen Fällen zeigen sich im

Bodenprofil folgende Horizonte: Muttergestein – Waldboden – Brandhorizont – Weide- oder Wiesenboden (Foto 4). Die bearbeiteten Freiland-Profile mit Brandschichten weisen diese Horizonte auf, was auf einen gelegten Brand mit anschließender Beweidung hindeutet. Hingegen zeigen mehrfach innerhalb von Wüstungen erschlossene mächtige Kulturschichten dieses typische Profil nicht.

Brände werden bei „störendem“ Vorhandensein von Wald gelegt und eine Intensivierung der Nutzung führte zu häufigeren Bränden. Es kann aber bezweifelt werden, dass die gesamte Waldfläche auf diese Art vernichtet wurde. Eher dürfte es wohl so gewesen sein, dass Waldbrände vor allem kleinflächig zum Einsatz kamen, um Flächen in der Umgebung von Unterkünften und für Einfriedungen für Nutztiere im Rahmen der Hochlagenbewirtschaftung frei zulegen. In weiterer Folge wurde der Wald dann durch den normalen Weidegang zurückgedrängt. Intensive Beweidung durch Schafe und Ziegen verhindert grundsätzlich die natürliche Verjüngung der Zirbe. Dauert die Beweidung in einem Waldgebiet Jahrhunderte an, verschwindet schließlich mit dem Absterben der Altbäume auch der Wald und das Areal blieb bei fortwährender Weidenutzung waldfrei. Beispielsweise lässt sich ein Waldbrand vor über 7000 Jahren in Rojen nachweisen (Tab. 2), anschließend folgte eine Weidenutzung. Vor dem Brandereignis dürfte es in Rojen auf einer Höhe von 2450 m einen geschlossenen Zirbenwald gegeben haben. Vielleicht bereits ab 5000 Jahre vor heute, spätestens aber ab 3800 v. h. kann man eine Intensivierung der Brandrodung und damit Kultivierung ableiten, die bis um Christi Geburt andauert. In dieser Periode wurde der Wald im hochsubalpinen Bereich zurückgedrängt und durch Rasen- und Zwergstrauchgesellschaften ersetzt. Im Anschluss daran lassen sich nur mehr vereinzelt Brandrodungsmaßnahmen nachweisen.

Die abnehmende Funddichte an subfossilen Zirbenhölzern ab 5000 Jahre v. h. geht einher mit der zunehmenden Funddichte an Brandhorizonten oder Kulturschichten (Abb. 4). Es scheint nahe liegend, dass es sich bei der Waldgrenzabsenkung durch Brand und Weide um einen kausalen Zusammenhang handelt, zumal auf Grund der erschlossenen Kulturschichten die Anwesenheit des prähistorischen Menschen erwiesen ist (MAHLKNECHT 2005, SCHÄFER 1998, STEINER 2005, STEINER & MAHLKNECHT 2008, TECCHIATI 1995). Aus Zirbenwald wurde im Laufe von drei Jahrtausenden Weidefläche.

Zusammenfassend lässt sich nun die holozäne Entwicklung der hochsubalpinen Waldgrenzregion im Untersuchungsgebiet in drei Hauptphasen unterteilen: 1. Waldphase vom frühen Holozän bis in die Kupferzeit, 2. Kultivierungsphase von der Bronze- bis zur La-Tène-Zeit und 3. Nutzungsphase von der Römerzeit bis heute.

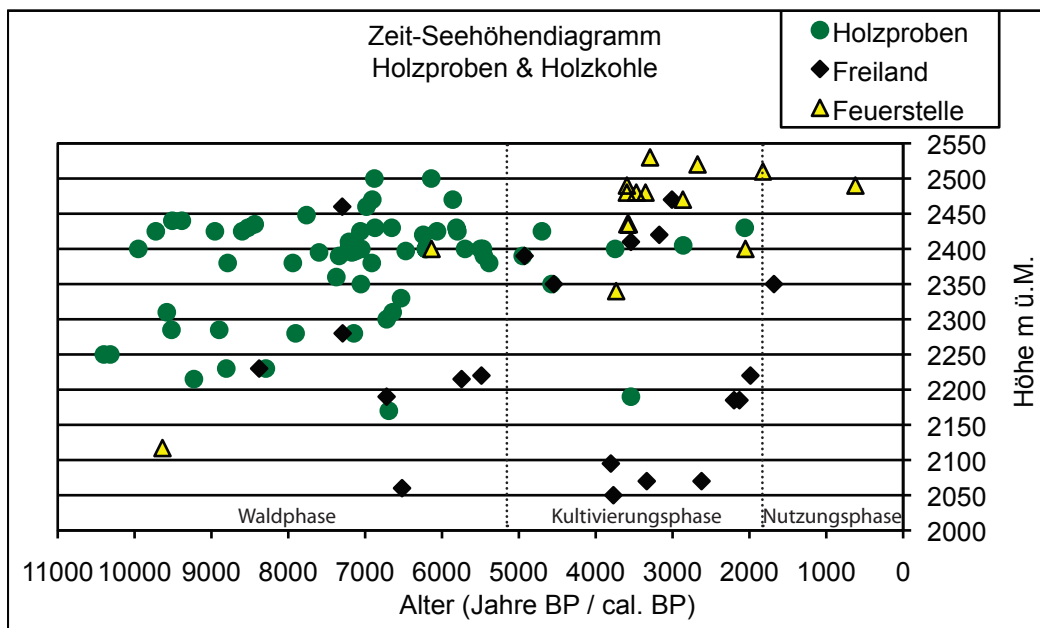


Abb. 4: Phasen der postglazialen Waldgrenzentwicklung in den Westtiroler Zentralalpen. Die punktierten Linien stehen für die Übergansperioden von einer Phase zur nächsten.

### Waldphase (10000 - ca. 5400 Jahre v.h.)

Vor knapp 10000 Jahren starb am Lazaunsee (2425 m ü.M.) eine Zirbe von zumindest zehn Zentimeter Stammdurchmesser ab. Etwas jüngere Belege finden sich im Grünen See (2440 m. ü.M.) in der Gemeinde Mals. Anschließend bis 5400 Jahre v.h. lassen etliche Holzfunde auf einen weitgehend geschlossenen Hochlagenwald schließen, der lediglich durch Lawinen-, Steinschlag- und Murbahnen durchbrochen war. In der Kupferzeit vor rund 5400 Jahren änderte sich das Fundbild an subfossilen Hölzern schlagartig: Bis dahin ist die Funddichte relativ hoch, anschließend bis Christi Geburt dünnt sie stark aus. Mit Sicherheit hatten mittelsteinzeitliche Jäger auf ihren sommerlichen Jagdzügen und jungsteinzeitliche Hirten mit ihren Schaf- und Ziegenherden diese Wälder und die darüber liegenden alpinen Naturweiden aufgesucht (GLEIRSCHER 1985, REITMAIER 2010). Der Druck auf die Waldgrenzregion, etwa durch Brandrodung im Bereich von Lagerplätzen, war noch mäßig, sodass sich das Waldbild nur unwesentlich und langsam veränderte. Typisch für die Waldphase war demnach ein zumeist geschlossener, nur an einigen Stellen aufgebrochener natürlicher Zirbenwaldbestand (GOBET et al. 2004).

## Kultivierungsphase (ca. 5000 - ca. 2000 Jahre v.h.)

Obwohl bereits vor über 8000 Jahren erste Brandspuren im hochsubalpinen Zirbenwaldgürtel zu finden sind, dürften sie eher auf natürliche Ereignisse zurück gehen, auch wenn eine Einflussnahme mesolithischer Jäger nicht auszuschließen ist. Aufgrund der abnehmenden Funddichte an subfossilen Holzresten bei gleichzeitig markant zunehmender Funddichte an Brandhorizonten kann von der Bronze- bis zur La-Tène-Zeit ein deutlicher Waldrückgang auch durch anthropogene und eventuell klimatische Einflüsse abgeleitet werden. Das zunehmende Auftreten des Menschen in dieser Periode lässt sich auch anderswo an Veränderungen der Vegetation in der Waldgrenzregion und durch Artefakte nachweisen (TECCHIATI 1995, GOBET et al. 2003, KALTENRIEDER et al. 2005, STEINER 2005, OBERRAUCH & NIEDERWANGER 2010).

In dieser Phase konnten innerhalb von verfallenen Mauerresten Brand- oder Kulturschichten ausfindig gemacht werden, deren Initialdatum bis in die frühe Bronzezeit reicht und mit dem Bau der Einfriedungen oder der Hütten zusammenhängen könnte. In diesem Fall kann man bereits von einem zaghaften Beginn der Almwirtschaft reden, wobei wahrscheinlich Weidewirtschaft für Fleischproduktion im Vordergrund stand (GLEIRSCHER 1985, 2010). Ab wann man von einer eigentlichen Almwirtschaft im heutigen Sinne sprechen kann, ist aus den vorhandenen Daten nicht rekonstruierbar. Typisch für die Kultivierungsphase war ein aufgelöster oder parkartiger Zirbenwald. Die Lücken im Wald wurden durch Rasen- und Zwergstrauchgesellschaften besetzt.

Zumindest für den Südtiroler Teil des Untersuchungsgebietes lässt sich aus dieser Form der weidewirtschaftlichen Hochgebirgsnutzung ableiten, dass das Vieh den Winter in den zahlreichen Talsiedlungen des Vinschgaus verbrachte (GAMPER & STEINER 1999). Im Frühjahr brachen die Herden auf und grasten sich durch den Waldgürtel bis an die Waldgrenze vor. Von dort aus wurden die alpinen Naturweiden bewirtschaftet, des Nachts mussten die Herden zu ihrem Schutz vor Wolf und Bär in Einfriedungen eingesperrt werden, welche im damaligen Waldgrenzbereich in unmittelbarer Nähe von Baumaterial liefernden Steinhalden errichtet wurden (Foto 6). Bei Schlechtwetter trieben die Hirten ihre Herden in den Schutz bietenden Wald. Im Wald dienten Jungwuchs und karge Grasbestände als Futtergrundlage. Mit der Zeit lichteten sich die Kronendächer durch kleinflächige Brandrodung und ständigen Weidedruck. Damit drang mehr Sonnenlicht zum Boden, was wiederum den Graswuchs förderte.

Mit Sicherheit bestand ein wirtschaftlicher Zusammenhang zwischen Siedlungen im Tal und der Hochgebirgsregion: Die Familien zogen im Frühjahr mit ihren Herden vom Dorf aus, beschritten über Wochen gemeinsam einen Teil des Weges ins Hochgebirge und teilten sich dann untereinander die vielen hochgelegenen Täler und Kessel auf. Im Herbst kamen die Herden von allen Seiten zurück, vereinten sich und zogen wiederum gemeinsam grasend heim ins Winterquartier.

Am Vinschgauer Sonnenberg beispielsweise ließen sich die Herden auf Grund der Schneearmut relativ leicht überwintern. Die Beweidung der alpinen Naturweiden, die Zerstörung des subalpinen Zirbenwaldgürtels, die Entwaldung des Sonnenberges, die Entstehung der Lärchenwälder (STAFFLER 1998, STAFFLER & KARRER 2001) und die rege Siedlungstätigkeit in den Südtiroler Tälern müssen als Elemente eines zusammenhängenden Wirtschaftsraumes und einer weidedominierten Wirtschaftsweise der Kupfer-, Bronze-, Laugen-Melaun und La-Tène-Zeit gesehen werden.



### **Nutzungsphase (ca. 2000 Jahre v.h. bis heute)**

In den vergangenen 2000 Jahren geht sowohl die Funddichte von subfossilen Zirbenhölzern als auch jene von Holzkohlen an den untersuchten Lokalitäten beinahe auf Null zurück. Der Wald hat sich demnach von der vorherigen Phase nicht mehr erholen können. Interessanterweise fanden kaum noch Brandrodungen statt, was wohl damit zusammenhängt, dass die weidetauglichen Flächen bereits waldfrei waren und wahrscheinlich durch anhaltende Nutzung auch waldfrei gehalten wurden. Dass die Menschen in dieser Zeitperiode die Hochlagen almwirtschaftlich nutzten, belegen eine Reihe von Untersuchungen und historischen Quellen (GLEIRSCHER 2010).

Die Höhenunterkünfte dürften in der Römerzeit ihre Bedeutung verloren haben, und an tiefer gelegenen Standorten wurden neue Unterkünfte errichtet. Mensch und Haustier blieben in engem Kontakt mit der zurückgedrängten Waldgrenze. Anzunehmen ist, dass damit auch die Wende von der fleischorientierten Weide- zur milchorientierten Almwirtschaft eingeläutet wurde.



Foto 6: Einfriedung Mastaun, Schnals (2340 m ü.M.).

## Zusammenfassung

Anhand subfossiler Holzreste und Holzkohlestücke aus Brandhorizonten oder Kulturschichten lässt sich für die Westtiroler Zentralalpen ein klares Bild der postglazialen Waldgrenzentwicklung zeichnen. Vor rund 10000 Jahren bildete die Zirbe auf rund 2450 m ü.M. die Waldgrenze, welche sich dort mit kleinen Unterbrechungen fünf Jahrtausende lang hielt. Im Anschluss an diese Waldphase gehen die Funde an subfossilen Zirbenhölzern deutlich zurück, während zeitgleich die Funde an Brandhorizonten und Kulturschichten zunehmen. Zwischen Kupfer- und La-Tène-Zeit sprechen wir von der Kultivierungsphase, die ihren Höhepunkt ab der Bronzezeit hat. In der nachrömerzeitlichen Nutzungsphase dürften die stark entwaldeten subalpinen Lagen von tiefer gelegenen Almen aus beweidet worden sein.

Während zwischen 10000 und 5000 Jahren v.h. Klimaschwankungen für die Fluktuation der Wald- und Baumgrenzhöhe alleine verantwortlich waren, kam in der Folgezeit der anthropogene Einfluss hinzu: Brandhorizonte, Kulturschichten, Wüstungen und Einfriedungen bezeugen die Anwesenheit des Menschen. Der natürliche, geschlossene Hochlagenwald löste sich durch Beweidung und Brandrodung auf und wurde stellenweise um mehrere hundert Höhenmeter nach unten gedrückt. Parallel zur zunehmenden anthropogenen Waldbeeinflussung sank auch die Waldgrenze aus klimatischen Gründen. Eine eindeutige Quantifizierung der beiden Einflussgrößen ist allerdings schwierig.

## Dank

Wir danken dem Direktor der Landesabteilung Wasserschutzbauten, Rudolf Pollinger, für die finanzielle Unterstützung des Projektes, den Förstern Hubert Kölleman, Robert Zegg, Walter Verdroß, Giordano Gentilini, Willi Gunsch, Mario Burgo, Klaus Bliem, Alois Ratschiller, den Vorarbeitern des Sonderbetriebes für Wildbach- und Lawinenverbauung, Oskar Defatsch und Toni Zöschg, für die Hilfe bei der Geländearbeit, unseren Freunden Hansi Platzgummer, Markus Mahlknecht und Hubert Steiner für Tipps, Daten und Anregungen. Im besonderen Maße gilt der Dank Frau Jutta Staffler für die aufmerksame Begleitung und Herrn Univ.-Prof. emeritus Dr. Hanno Richter für die Korrektur des Manuskripts.

## Literatur

- BORTENSCHLAGER S. & PATZELT G., 1969: Wärmezeitliche Klima- und Gletscherschwankungen im Pollenprofil eines hochgelegenen Moores (2270 m) der Venedigergruppe. *Eiszeitalter u. Gegenwart*, 20, Öhringen/Württ: 116-122.
- BORTENSCHLAGER S., 1970: Neue pollenanalytische Untersuchungen von Gletschereis und gletschernahen Mooren in den Ostalpen. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, Bd. VI, Heft 1-2.
- BORTENSCHLAGER S., 1972: Der pollenanalytische Nachweis von Gletscher- und Klimaschwankungen in Mooren der Ostalpen. *Ber. Deutsch. Bot.*, 85(1-4): 113-122.
- BORTENSCHLAGER S., 1984: Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols I. Inneres Ötztal und unteres Inntal. *Ber. nat.-med. Verein Innsbruck*, 71: 19-56.
- BURGA C.A. & EGLOFF M., 2001: Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetations- und Klimageschichte im Pustertal und Sarntal (Südtirol, Italien). *Ber. nat.-med. Verein Innsbruck*, 57: 57-86.
- BURGA C.A. & PERRET R., 1998: *Vegetation und Klima der Schweiz seit dem jüngeren Eiszeitalter*. Ott, Thun, 805 pp.
- BURGA C.A., PERRET R. & ZOLLER H., 2001: Swiss localities of early recognized Holocene climate oscillations. Characterization and significance. *Vierteljahrsschr. Naturf. Ges. in Zürich*, 146(2-3): 65-74.
- BRONK RAMSEY C., 2011: OxCal 4.1, <https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcal/OxCal.html>
- BUNDESAMT FÜR STATISTIK, 1990: GEOSTAT, CORINE Land Cover Schweiz 1990; European Environment Agency, Corine Land Cover 2000 raster data – version 13 (02/2010); CLC 2000 V13-100m; Datenzugriff – 12.07.2011.
- DAMM B., 1994: Waldgrenze, Baumgrenze und Höhenstandorte der Zirbe in der Rieserfernergruppe, Tirol. *Der Schlern, Athesia, Bozen*, 68(6): 342-355.
- GAMPER P. & STEINER H., 1999: Das Ganglegg bei Schluderns. Eine befestigte bronze- und eisenzeitliche Siedlung im Oberen Vinschgau. *Athesia, Bozen*: 1-93.
- GLEIRSCHER P., 1985: Almwirtschaft in der Urgeschichte? *Der Schlern, Athesia, Bozen*, 59(2): 116-124.
- GLEIRSCHER P., 2010: Hochweidenutzung oder Almwirtschaft? Alte und neue Überlegungen zur Interpretation urgeschichtlicher und römischer Fundstellen in den Ostalpen. In: MANDL F. & STADLER H. (eds.): *Archäologie in den Alpen. Alltag und Kult. Forschungsberichte der ANISA Band 3 glzt: Neachos*, Bd. 19: 43-62.
- GOBET E., HOCHULI P.A., AMMANN B. & TINNER W., 2004: Vom Urwald zur Kulturlandschaft des Oberengadins. *Jahrbuch der Schweizerischen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte*, 87: 255-270.
- GOBET E., TINNER W., HOCHULI P.A., VAN LEEUWEN J.F.N. & AMMANN B., 2003: Middle to Late Holocene vegetation history of the Upper Engadine (Swiss Alps): the role of man and fire. *Veget. Hist. Archaeobot.*, 12 (2003): 143-163.
- HOHENEGGER H. & MUTSCHLECHNER G., 1973: Die aktuelle und potentielle Waldgrenze in Langtaufers (westliche Ötztaler Alpen). *Veröff. Museum Ferdinandeum, Innsbruck*, 53: 181-214.
- 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. Archiv für wissenschaftliche Geographie*, 39: 271-285.
- ILYASHUK B., GOBET E., HEIRI O., LOTTER A.F., VAN LEEUWEN J.F.N., VAN DER KNAAP W.O., ILYASHUK E., OBERLI F. & AMMANN B., 2009: Lateglacial environmental and climatic changes at the Maloja Pass, Central Swiss Alps, as recorded by chironomids and pollen. *Quaternary Science Reviews*, 28: 1340-1353.
- KALTENRIEDER P., TINNER W. & AMMANN B., 2005: Zur Langzeitökologie des Lärchen-Arvengürtels in den südlichen Walliser Alpen. *Bot. Helv.*, 115 (2005): 137-154.
- KRAL F., 1991: Zwei neue Pollenprofile aus Südtirol. *Der Schlern, Athesia, Bozen*, 65(9): 504-515.

- LANG G., 1994: Quartäre Vegetationsgeschichte Europas. Methoden und Ergebnisse. Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart, New York: 178-185.
- MAHLKNECHT M., 2005: Der alpine Brandopferplatz am Grubensee im Maneid-Tal. Vorbericht der Grabung 2002. Der Schlern, Athesia, Bozen, 79(7): 4-21.
- NICOLUSSI K., KAUFMANN M., PATZELT G., VAN DER PLICHT J. & THURNER A., 2005: Holocene tree-line variability in the Kauner Valley, Central Eastern Alps, indicated by dendrochronological analysis of living trees and subfossil logs. *Veget Hist Archaeobot*. Springer-Verlag.
- NICOLUSSI K., KAUFMANN M., MELVIN T.M., VAN DER PLICHT J., SCHIESSLING P. & THURNER A., 2009: A 9111 year long conifer tree-ring chronology for the European Alps - a base for environmental and climatic investigations. *The Holocene*, 19: 909-920.
- OBERRAUCH H. & NIEDERWANGER G., 2010: Archäologische Prospektion im hinteren Passeiertal (Südtirol). In: MANDL F. & STADLER H. (eds.): *Archäologie in den Alpen. Alltag und Kult. Forschungsberichte der ANISA Band 3 glzt: Neachos*, Bd. 19: 167-198.
- OEGGL K., 1994: The palynological record of human impact on highland zone ecosystems. In: BIAGI P. & NANDRIS J. (eds.): *Highland Zone Exploitation in Southern Europe. Monografie di „Natura Bresciana“*, 20: 107-122.
- OEGGL K. & WAHLMÜLLER N., 1997: Die Waldgrenze in den Zentralalpen während des Mesolithikums. In: *Alpine Vorzeit in Tirol. Begleitheft zur Ausstellung*. Universität Innsbruck: 29-44.
- PATZELT G. & BORTENSCHLAGER S., 1973: Die postglazialen Gletscher- und Klimaschwankungen in der Venedigergruppe (Hohe Tauern, Ostalpen). *Z. Geomorph. N. F. Suppl. Berlin – Stuttgart*, 16: 25-72.
- PATZELT G., 1996: Modellstudie Ötztal – Landschaftsgeschichte im Hochgebirgsraum. *Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft, Wien*, 138.: 53-70.
- PIGNATTI E., PIGNATTI S. & TARTAGLINI N., 1988: Uomo e vegetazione al limite superiore delle foreste nelle Alpi Orientali Meridionali. *Homenaje a Pedro Montserrat. Jaca y Huesca*: 695-703.
- PINDUR P., 1999: Dendrochronologische Untersuchungen an Zirben aus dem Waldgrenzbereich der Zillertaler Alpen. *Beiträge. Innsbrucker Jahresbericht 1999/2000*: 62-75.
- REASONER M.A. & TINNER W., 2008.: Holocene treeline fluctuations. In: GORNITZ V. (ed.): *Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments*. Springer, Dordrecht: 442-446.
- REITMAIER T., 2010: Auf der Hut – Methodische Überlegungen zur Alpwirtschaft in der Schweiz. In: MANDL F. & STADLER H. (eds.): *Archäologie in den Alpen. Alltag und Kult. Forschungsberichte der ANISA Band 3 glzt: Neachos*, Bd. 19: 219-238.
- SCHÄFER D., 1998: Zum Untersuchungsstand auf dem altmesolithischen Fundplatz vom Ullafelsen im Fotschertal (Stubai Alpen, Tirol). *Sonderdruck aus Germania* 76, 2. Halbband. Verlag Philipp von Zabern, Mainz am Rhein.
- SEIWALD A., 1980: Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols IV: Natzer Plateau – Villanderer Alm. *Ber. nat.-med. Ver. Innsbruck*, 67: 31-72.
- STAFFLER H., 1998: Montane und subalpine Nadelwälder im Vinschgau (Eine Übersicht). *Der Schlern, Athesia, Bozen*, 72(4): 235-244.
- STAFFLER H. & FEICHTER A., 1999: Subfossile Holzrestfunde in Langtaufers/Vinschgau/Ötztaler Alpen. Hinweise über den Verlauf der Waldgrenze im Atlantikum. *Der Schlern, Athesia, Bozen*, 73(3): 161-166.
- STAFFLER H. & KARRER G., 2001: Wärmeliebende Wälder im Vinschgau (Südtirol/Italien). *Sauteria* Bd. 11. Biotopkartierung in Bergregionen & Beiträge der ostalpin-dinarischen Gesellschaft für Vegetationskunde in Pontresina. Dorfbeuern, Salzburg, Brüssel, Just-Verlag: 301-358.
- STEINER H., 2005: Ein kupferzeitlicher Fund am Seebersee im Passeier. *Der Schlern, Athesia, Bozen*, 79(3): 4-11.
- STEINER H. & MAHLKNECHT M., 2008: Ein frühbronzezeitlicher Dolch aus Martell, Flur „Altkaser“. *Der Schlern, Athesia, Bozen*, 82: 4-25.
- STUMBÖCK M., 1999: Die spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte des nordwestlichen Südtirols. *Dissertationes Botanicae*, J. Cramer, Berlin – Stuttgart, Band 299: 1-129.

- TECCHIATI U., 1995: In: BASSETTI CARLINI P., DAL RI L., TECCHIATI U., Archäologie und Kunstgeschichte in Kastelbell-Tschars und Umgebung. Herausgegeben von der Raiffeisenkasse Tschars: 1-167.
- VORREN K.-D, MORKVED B. & BORTENSCHLAGER S., 1993: Human impact on the Holocene forest line in the Central Alps. *Vegetation History and Archaeobotany*, Springer-Verlag, 2: 145-156.
- WARDLE P., 1985: New Zealand timberlines. 3. A synthesis. *New Zealand Journal of Botany*, 23: 263-271.
- WICK L. & TINNER W., 1997: Vegetation Changes and Timberline Fluctuations in the Central Alps as Indicators of Holocene Climatic Oscillations. *Arctic and Alpine Research*, 29(4): 445-458.
- WICK L., 1994: Vegetation development and human impact at the forest limit: palaeoecological studies in the Splügen Pass area (North Italy). In: BIAGI P. & NANDRIS J. (eds.): *Highland Zone Exploitation in Southern Europe*. Monografie di „Natura Bresciana“, 20: 123-132.

*Adresse der Autoren:*

Dr. Hanspeter Staffler  
Abteilung für Brand- und Zivilschutz  
Autonome Provinz Bozen  
Drususallee 116  
39100 Bozen  
[hanspeter.staffler@provinz.bz.it](mailto:hanspeter.staffler@provinz.bz.it)

Ao.Univ.Prof. Dr. Kurt Nicolussi  
Institut für Geographie  
Leopold-Franzens-Universität Innsbruck  
Innrain 52  
A-6020 Innsbruck, Österreich

Univ.-Prof. emeritus Dr. Gernot Patzelt  
Patscher Straße 20  
A-6080 Igls, Österreich

*eingereicht:* 10. 08. 2011  
*angenommen:* 05. 11. 2011

