



Gletscherschwund einst und heute – Neue Ergebnisse zur holozänen Vegetations- und Gletschergeschichte der Pasterze (Hohe Tauern, Österreich)

RUTH DRESCHER-SCHNEIDER*) & ANDREAS KELLERER-PIRKLBAUER**)

3 Abbildungen, 1 Tabelle

Österreichische Karte 1 : 50.000
Blatt 153

Ostalpen
Hohe Tauern
Holozän
Pollenanalyse
Vegetationsgeschichte
Gletscherschwankung

Inhalt

Zusammenfassung	45
Abstract	45
1. Einleitung und bisheriger Kenntnisstand	46
2. Die Pasterze	47
3. Material und Methode	47
4. Ergebnisse	48
4.1. ¹⁴ C-Datierungen	48
4.2. Pollenanalyse	48
5. Interpretation	48
5.1. Vegetationsgeschichte	48
5.2. Klima- und Gletschergeschichte	50
6. Schlussfolgerungen	50
Dank	50
Literatur	50

Zusammenfassung

Vier große, glazial überprägte Torfstücke wurden im Juni 2007 im Gletschervorfeld der Pasterze (2070 m NN, Hohe Tauern, Österreich) gefunden und in noch feuchtem Zustand geborgen. Diese wurden pollenanalytisch bearbeitet und radiometrisch datiert. Die Entstehung der Torfe erstreckt sich über die Zeitspanne von ca. 3350–1430 cal BC. Die Pollenflora ist von Fichte (*Picea*) dominiert und entspricht der bekannten Zusammensetzung im Mittel- und Spätholozän in dieser Höhenlage. Im Fundstück PAST 2 ist deutlich der menschliche Einfluss auf die Vegetation der höheren Lagen während der Bronzezeit zu erkennen. Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass die Pasterze zwischen 3370–2200 cal BC und 1940–1430 cal BC eine deutlich geringere Ausdehnung hatte als heute.

Vanishing Glaciers –

New Results on the Holocene History of Vegetation and Glaciation of Pasterze Glacier (Hohe Tauern, Austria)

Abstract

Four pieces of peat, pressed by glacier activity, were found and collected near the terminus of Pasterze Glacier (Hohe Tauern, Austria) at an elevation of 2070 m a.s.l. in June 2007. Pollen analysis and radiocarbon dating indicate that the peat was formed between 3350 and 1430 cal BC. The pollen flora is dominated by spruce (*Picea*) and corresponds with the well known composition during the Middle and Late Holocene at this elevation. The pollen content of PAST 2 reflects the human impact on the vegetation of the higher altitudes during the Bronze Age. The results of these investigations make clear that Pasterze Glacier was smaller compared to today at least at 3370–2200 cal BC and 1940–1430 cal BC.

*) RUTH DRESCHER-SCHNEIDER, Schillingsdorfer Straße 27, A 8010 Kainbach bei Graz, Österreich.
ruthdrescher@hotmail.com.

**) ANDREAS KELLERER-PIRKLBAUER, Institut für Geographie und Raumforschung, Karl-Franzens-Universität Graz, Heinrichstraße 36, A 8010 Graz, Österreich.
andreas.kellerer@uni-graz.at.

1. Einleitung und bisheriger Kenntnisstand

Steigende Temperaturen und geringe Niederschläge lassen die Gletscher weltweit kontinuierlich abschmelzen (z.B. Pasterze, Abb. 1 [WAKONIGG, 1991; WAKONIGG & LIEB, 1996]), was nicht nur durch die Presse zu immer wilderen Katastrophenszenarien aufgespielt wird. Eine sachliche Diskussion, ob diese Klimaänderungen natürliche oder anthropogene Ursachen haben und ob sie tatsächlich einmalig sind oder nicht, scheint zunehmend schwieriger zu werden.

Seit der Mitte des 19. Jahrhunderts geben die zurückweichenden Gletscherzungen immer wieder Reste von Baumstämmen und Torfstücke frei. Radiometrische und dendrochronologische Datierungen solcher Baumstämme ermöglichen die Rekonstruktion von Gletscherhochständen und -rückzugsphasen (z.B. FURRER & HOLZHAUSER, 1984; NICOLUSSI & PAZELT, 2000b). Die ersten pollenanalytischen Untersuchungen an Torfen stammen aus dem Gletschervorfeld des Ghiacciaio del Rutor aus dem Jahre 1957 und wurden in den folgenden Jahren weitergeführt (Westalpen [PERETTI & CHARRIER, 1967; CHARRIER & PERETTI, 1975; BURGA, 1991]).

An der Pasterze konnten die ersten subfossilen Hölzer bereits 1963 gefunden werden (pers. Mitt. H. WAKONIGG, 2008). 1990 entdeckte H. SLUPETZKY erneut Holz- und Torfstücke in der proglazialen Sanderfläche direkt vor der Gletscherzunge (SLUPETZKY, 1993).

Die Auswertung aller bis 1997 gesammelten Fundstücke basierte vorwiegend auf ^{14}C -Datierungen und dendrochronologischen (*Pinus cembra*, *Larix decidua*) Analysen (SLUPETZKY, 1993; SLUPETZKY et al., 1998; NICOLUSSI & PAZELT, 2000a, 2000b). Erste Ergebnisse palynologischer und koleopterologischer Untersuchungen wurden Ende der 1990er Jahre veröffentlicht (SLUPETZKY et al., 1998; GEISER, 1998).

Die bisherigen Ergebnisse dokumentieren für die Pasterze kleinere Gletscherstände als ca. 2000 AD für verschiedene Zeitabschnitte im Holozän, z.B. um 8300–8200 cal BC, 8100–6900 cal BC, 6300–5000 cal BC, 4800 cal BC, 3900 cal BC, 3600 cal BC, 2700 cal BC, 1800–1550 cal BC (NICOLUSSI & PAZELT, 2000b). Die durch R. KRISAI pollenanalytisch bearbeiteten proglazialen Torffunde stammen aus drei dieser Zeitabschnitte:

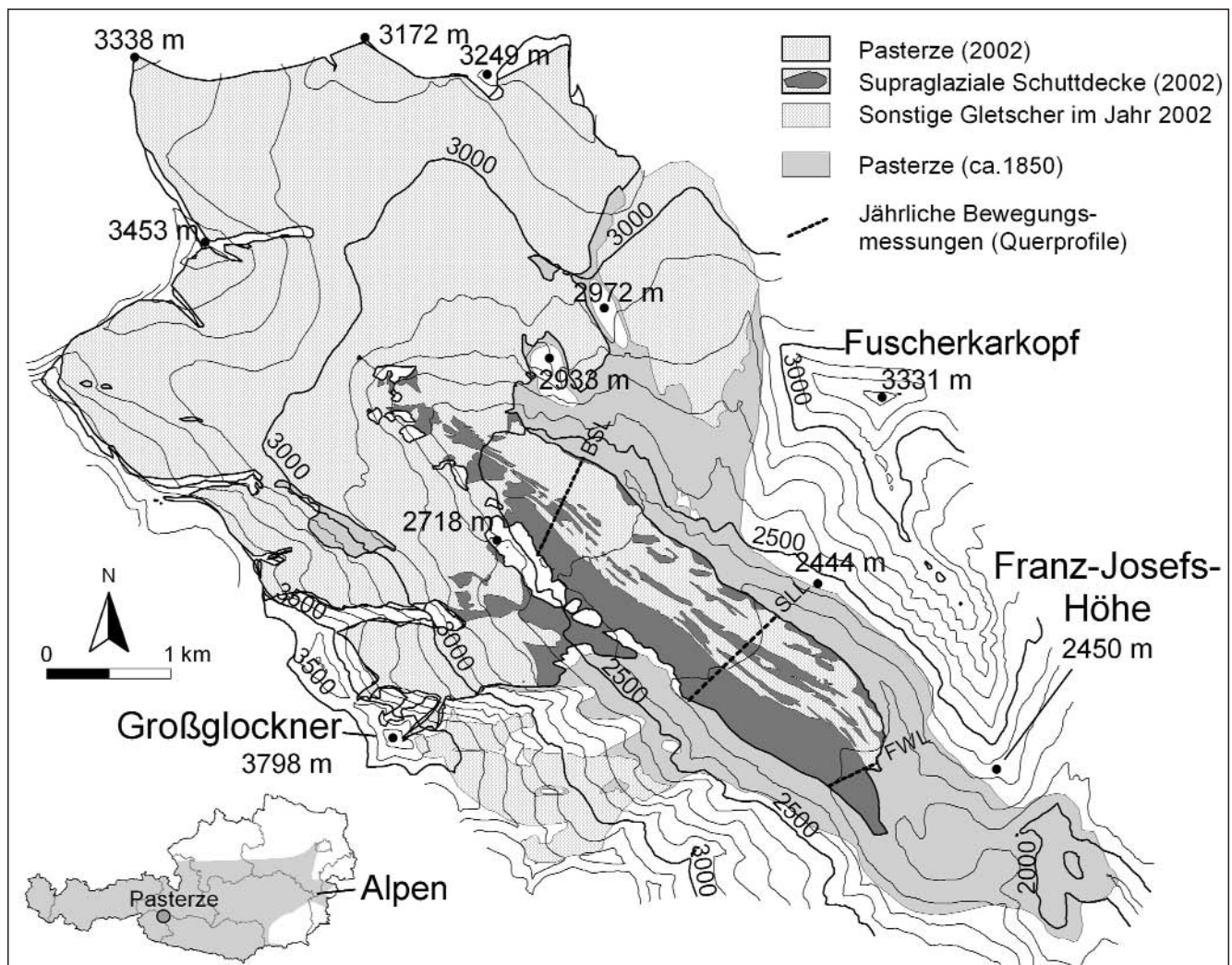


Abb. 1. Die Pasterze und ihre räumliche Ausdehnung etwa um 1850 sowie im Jahr 2002. Die Gletscherausdehnung von 2002 und die Verteilung der supraglazialen Schuttdecke basiert auf der 9. Ausgabe der „Alpenvereinskarte Glocknergruppe“ (DAV, 2006). Drei Querprofile im Bereich der Gletscherzunge, an welchen jährlich glaziologische Messungen durchgeführt werden (FWL = Freiwandlinie, SLL = Seelandlinie, BSL = Burgstalllinie), sind in der Karte eingezeichnet.

Text-Fig. 1.

Pasterze Glacier and its spatial extent around 1850 AD (Little Ice Age maximum) and in 2002 AD.

The spatial extent of 2002 as well as the distribution of the supraglacial debris cover is based on the map „Alpenvereinskarte Glocknergruppe“ (DAV, 2006). Three cross sections where annual glaciological measurements are carried out annually (FWL = Freiwandlinie, SLL = Seelandlinie, BSL = Burgstalllinie) are indicated in the map.

- a) 8100–6900 cal BC (Probe 4: 7495–7310 cal BC, Probe 5: 7280–7035 cal BC),
- b) 2700 cal BC (Probe 3: 2880–2620 cal BC) und
- c) 1800–1550 cal BC (Proben 1 und 2: 1880–1655 cal BC [SLUPETZKY et al., 1998]).

In einem dieser Torfe fanden sich Reste eines Bergblattkäfers (GEISER, 1998).

Die Funde weiterer Torfbrocken im Herbst 2006 und speziell im Sommer 2007 durch A. KELLERER-PIRKLBAUER führten zu den hier präsentierten Untersuchungen.

2. Die Pasterze

Die Pasterze (47° 05' N, 12° 44' E) ist ein typischer Talgletscher mit mehreren Zuflüssen aus höher gelegenen Karen (Abb. 1), gelegen im Gebiet des Nationalparks Hohe Tauern am Fuß des Großglockners (3798 m). Mit einer Fläche von 17,5 km² im Jahr 2002 (DAV, 2006) ist er der größte Gletscher der Ostalpen. Die Pasterze weist eine Länge von rund 8,4 km sowie ein geschätztes Volumen von 1,8 km³ auf (LIEB, 2004). Die markante Gletscherzunge erstreckt sich über eine Länge von rund 5 km. Besonders charakteristisch für die Gletscherzunge ist ihre

kontinuierliche bzw. geschlossene Schuttbedeckung im orographisch rechten Drittel mit einer gegenwärtigen Flächenausdehnung von ca. 1,2 km² (KELLERER-PIRKLBAUER, 2008).

3. Material und Methode

Die Fundstücke vom September 2006 lagen in der proglazialen Sanderfläche im gletscherrandnahen Bereich auf ca. 2070 m NN. Sie erreichten Durchmesser von bis 20 cm. Die vier Proben vom Juni 2007 fanden sich wenige 10er-Meter talaufwärts gegenüber der Fundstelle von 2006 auf einer schuttbedeckten Toteismasse und nur wenige Meter von der Gletscherstirn entfernt (Abb. 2A & B). Das Gewicht dieser Torfstücke betrug zwischen 1 und 12 kg (insgesamt 27 kg).

Weder die Funde von 2006 noch jene von 2007 lagen in einer In-situ-Position, sondern waren fluviatil von Stellen, die derzeit noch unter Gletschereis und/oder unter Schutt verborgen sind, erodiert, verschwemmt und sekundär abgelagert.

Wegen der besseren Erhaltungszustände sowie größerer Volumina wurden die Untersuchungen auf die vier am 25. Juni 2007 eingesammelten Torffunde PAST 1–4 konzentriert (Abb. 2).

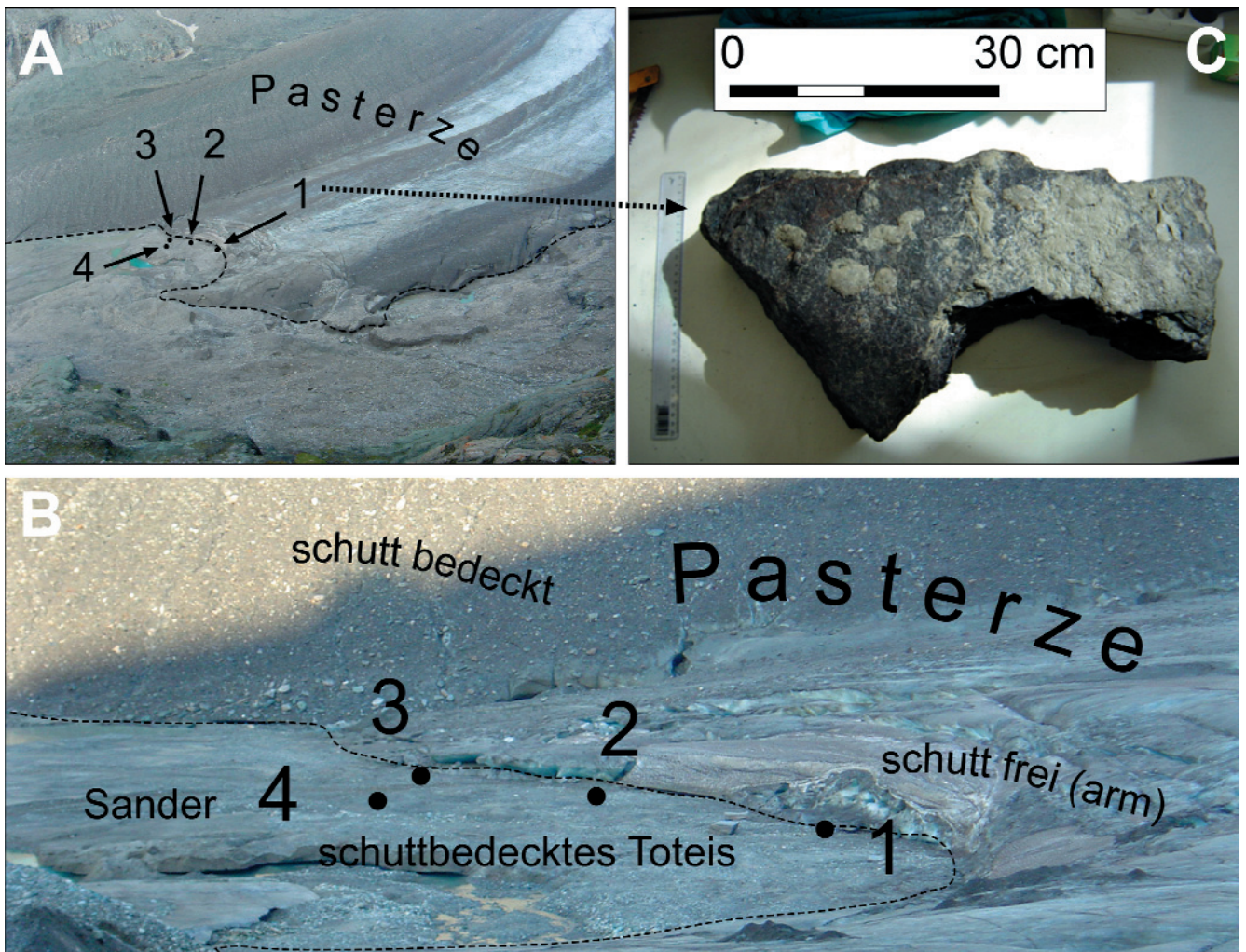


Abb. 2. Torffunde im Gletschervorfeld der Pasterze vom 25. Juni 2007. (A) und (B) Lage der Fundorte der vier in dieser Studie bearbeiteten subfossilen Torfstücke. (C) Fundstück „PAST 1“ mit einer Größe von 56 x 29 x 13 cm exemplarisch abgebildet (Fotos: A. KELLERER-PIRKLBAUER).

Text-Fig. 2. The four peat pieces which were found on June 25th 2007. (A) and (B) finding locations of the four peat pieces. (C) peat piece "PAST 1" with a spatial extent of 56 x 29 x 13 cm as one example (photographs by A. KELLERER-PIRKLBAUER).

Für die Pollenanalyse wurden von jedem Fundstück eine ca. 1 cm dicke Scheibe herausgesägt und in 1/2 cm mächtige Proben aufgeteilt. Vorerst gelangten von jedem Torfstück nur 4 gleichmäßig über die Mächtigkeit des jeweiligen Fundstückes verteilte Proben zur Aufbereitung (1/2 cm³ Material, HCl, KOH, HF, Azetolyse, KOH, Glycerin) und zur Analyse. Die ¹⁴C-Datierungen wurden im Physikalischen Institut der Universität Wien (VERA) durchgeführt.

4. Ergebnisse

4.1. ¹⁴C-Datierungen

Je nach Alter der Torfe reicht die Kenntnis der Zusammensetzung der Pollenspektren für eine zuverlässige Datierung nicht aus. Sechs ¹⁴C-Datierungen sollten einerseits die zeitliche Einstufung aller vier Funde ermöglichen, andererseits bei den zwei großen Fundstücken (PAST 1 und PAST 2, vgl. Tabelle 1) auch eine Klärung bringen, welche Seite die Basis beziehungsweise den Top der Sequenz darstellt.

Die Zeitspanne, die die durch den Gletscher stark komprimierten Torfstücke umfassen, war nicht abzuschätzen. Die AMS-Methode ermöglichte es, sehr geringe Mengen von vorher bestimmten Pflanzenresten zu datieren und dadurch die Fehlermöglichkeiten relativ klein zu halten. Die ¹⁴C-Datierungen erbrachten die in Tabelle 1 aufgelisteten Ergebnisse.

4.2. Pollenanalyse

Die Pollenerhaltung ist in den meisten Proben gut und ermöglichte eine einwandfreie Bestimmung der Körner. Die Pollenkonzentrationen schwanken stark, reichen aber meistens für eine Analyse aus. Einzig das Material des Fundes PAST 3 ist so pollenarm, dass auf eine weitere Bearbeitung vorerst verzichtet wurde.

Die Pollenspektren (Abb. 3) der Torfe PAST 1, PAST 2 und PAST 4 werden von Fichte dominiert. Die Waldgrenzarten wie Zirbe (*Pinus cembra*), Lärche (*Larix*), Wacholder (*Juniperus*) und Grünerle (*Alnus alnobetula*) sind ziemlich regelmäßig (Lärche nur 1 Mal), aber nie wirklich häufig. Der Föhren-Pollen (Latsche [*Pinus mugo*] und Rottföhre [*Pinus sylvestris*] sind nicht zu trennen) ist meist mit 10–20 % präsent.

In allen Proben ist der Polleneintrag aus den Tallagen relativ hoch, was durch die teilweise beachtlichen Prozentwerte z.B. der Tanne (*Abies*), aber auch der Ulme (*Ulmus*) oder der Hasel (*Corylus*) belegt wird. Der Kräuterpollen ist in den beiden älteren Torfstücken (PAST 4 und PAST 2) sehr niedrig und übersteigt nur in einem Horizont die 10%-Grenze. Im Hinblick auf die wahrscheinlich subalpine bis

alpine Lage des Entstehungsortes der Torfe ist das Artenspektrum der Kräuter sehr bescheiden.

Das Torfstück PAST 2 unterscheidet sich in mehreren Punkten von den beiden anderen:

- 1) Die Pollenkonzentration ist in den Proben 2-0 und 2-4 mit 41.000 resp. 65.000 Pollenkörnern (PK)/cm³ geringer als in den beiden Fundstücken PAST 1 und PAST 3 (zwischen 58.000 und 198.000 PK/cm³), fällt dann aber noch weiter bis auf 6390 PK/cm³ in 2-10 ab.
- 2) *Salix* ist stärker vertreten als in den älteren zwei Funden, wenn sie auch in der Probe 2-10 durch die äußerst niedrige Pollensumme überbewertet sein mag.
- 3) Der Anteil der Kräuter ist höher als in den anderen Fundstücken. Mengenmäßig machen zwar die Gräser den größten Anteil aus, das Artenspektrum ist aber hauptsächlich durch Pollen- und Sporentypen erweitert, die als Zeiger für menschlichen Einfluss gelten und nun entweder zum ersten Mal auftreten (z.B. *Achillea*-Typ, *Mercurialis annua*, *Trifolium*, Cannabaceae) oder aber in höheren Werten vorkommen (z.B. *Rumex*, *Urtica*, *Polygonum viviparum*, *Sporormiella*). Als weiterer Hinweis auf Störungen der natürlichen Vegetation sind auch die nach oben ansteigenden Werte der Holzkohle zu werten.

5. Interpretation

Die Ergebnisse der pollenanalytischen Untersuchungen an den drei Fundstücken von 2007 sind hauptsächlich aus zwei Gesichtspunkten zu diskutieren:

- 1) aus dem der Vegetationsgeschichte und
- 2) hinsichtlich der Klima- und Gletschergeschichte.

5.1. Vegetationsgeschichte

Die Dominanz der Fichte ist ein Charakteristikum der Vegetationsentwicklung in den Ostalpen während großer Teile des Holozäns und erlaubt keine genauere zeitliche Einstufung. Die Anwesenheit schon im ältesten Abschnitt (PAST 4) von Tanne und Buche, die in den Ostalpen um rund 6500 cal BC einwanderten (SCHMIDT et al., 1998; DRESCHE-SCHNEIDER, 2008), stellt alle Proben ins mittlere und jüngere Holozän. Sowohl das Spektrum des Baumpollens (BP) als auch die Datierungen stimmen weitgehend mit den Analysen 1–3 von KRISAI in SLUPETZKY et al. (1998) überein. Auffallend in allen Proben – auch in jenen von KRISAI – ist der geringe Anteil der Waldgrenzgehölze. Zwar ist die Erhaltung der *Pinus*-Pollenkörner in den Funden von 2007 nicht immer genügend, um eine sichere Bestimmung von *Pinus cembra* zu erlauben, so dass ihr Anteil vielleicht etwas zu gering erscheint. Es ist aber bekannt, dass die Pollenproduktion der Zirbe geringer ist als jene der Latsche

Tabelle 1 – Table 1.
¹⁴C-Datierungen – Radiocarbon Datings.

Probe	Labor-Nr.	¹⁴ C-Alter±1σ-Fehler	Kalibriertes Alter	Herkunft	Position	Material
Pasterze 1	VERA-4439	4375 ± 35 BP	3100–2900 cal BC (95,4%)	PAST1 13,0–13,5 cm	Unteres Ende des Fundstücks	Moose, 2 Nadelspitzen, 2 <i>Carex</i> -Nüsschen
Pasterze 2	VERA-4440	3855 ± 35 BP	2470–2200 cal BC (95,4%)	PAST1 0,0–1,0 cm	Oberes Ende des Fundstücks	Moose, Cyperaceen- Reste
Pasterze 3	VERA-4441	3260 ± 40 BP	1630–1430 cal BC (95,4%)	PAST2 0,0–0,5 cm	Oberes Ende des Fundstücks	Moose, Cyperaceen- Reste, Ästchen
Pasterze 4	VERA-4442	3515 ± 35 BP	1940–1740 cal BC (95,4%)	PAST2 8,5–9,0 cm	Unteres Ende des Fundstücks	Diverse vegetative Reste
Pasterze 5	VERA-4443	3310 ± 40 BP	1690–1490 cal BC (95,4%)	PAST3 0,0–0,5 cm	Provisorisches oberes Ende des Fundstücks	Moose, Cyperaceen- Reste
Pasterze 6	VERA-4444	4530 ± 35 BP	3370–3260 cal BC (34,0%) 3250–3090 cal BC (61,4%)	PAST4 0,0–0,5 cm	Provisorisches oberes Ende des Fundstücks	Moose

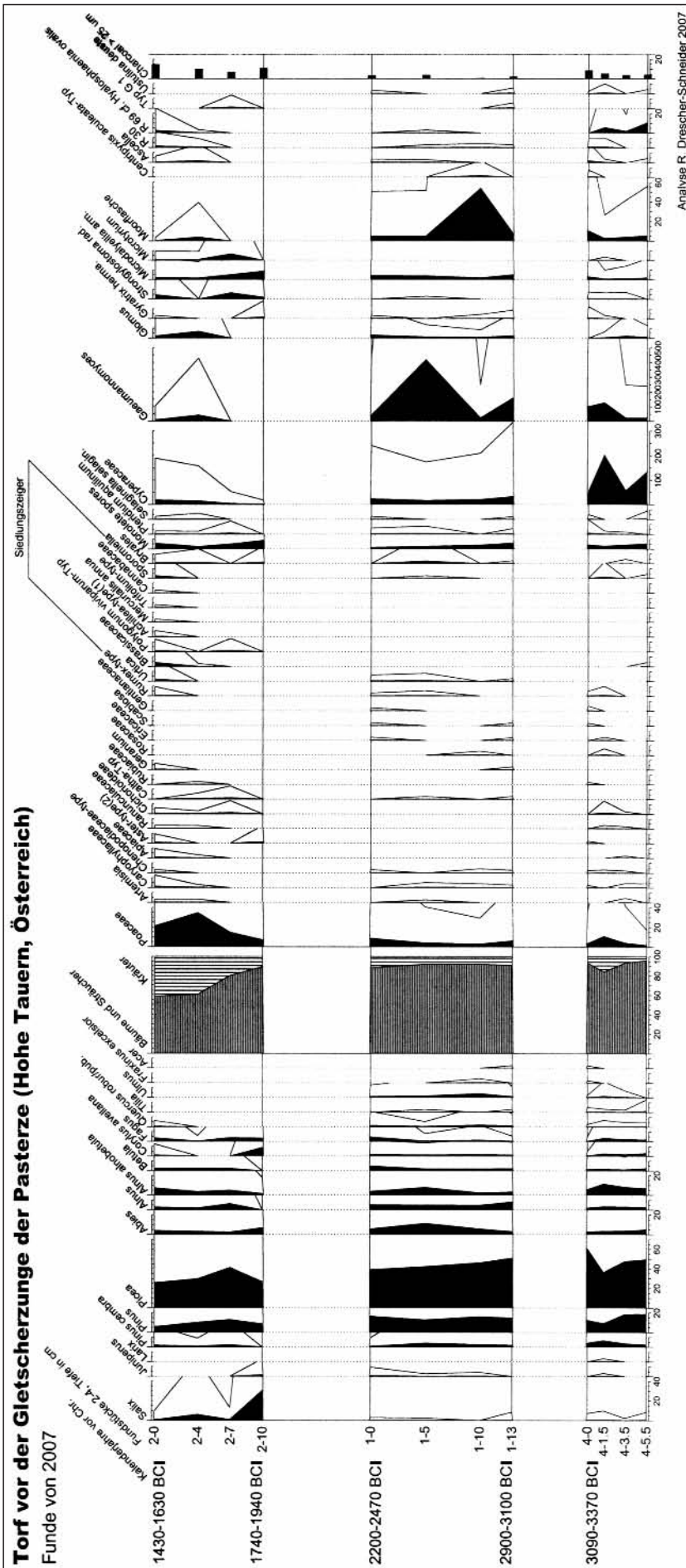


Abb. 3.
 Pollendiagramm der Torfunde PAST 1, PAST 2 und PAST 4. Schwarze Flächen bedeuten %-Werte, nicht ausgefüllte Linienkurven bedeuten 10-fach überhöhte %-Werte.
 Text-Fig. 3.
 Pollen diagram of the peat pieces PAST 1, PAST 2 and PAST 4. Black curves indicate the % values, hollow curves show the % values with 10 x exaggeration.

und der Rotföhre und dass Lärchen wegen sehr geringer Pollenproduktion und schwacher Pollenverbreitung nur nachgewiesen werden können, wenn ein Baum in nächster Nähe zur Untersuchungsstelle steht oder wenn diese von einem Lärchenwald umgeben ist. Eine einzelne Spaltöffnung von *Pinus* (Probe 1-5 cm) und zwei *Picea*-Nadelreste in der ¹⁴C-Probe Pasterze 1 lassen die Baumgrenze in nicht allzu weiter Entfernung annehmen. Allerdings zeigen noch unveröffentlichte palynologische Untersuchungen in einem See in den Öztaler Alpen oberhalb von 2800 m Seehöhe (DRESCHER-SCHNEIDER), dass sowohl Fichten-Pollenkörner als auch Nadeln bis weit in die alpine Stufe vertragen werden können.

Der relativ hohe Anteil an Tanne und die regelmäßigen Funde von Buche (bis knapp 4 %), aber auch von Hasel, Linde, Ulme, Eiche und sogar ein *Vitis* (Weinrebe, Probe 1-10 cm) deuten auf einen starken Polleneintrag aus den Tallagen. Wie groß der Anteil des Fernfluges sein kann, wurde schon mehrfach belegt (BORTENSCHLAGER, 1967, 1970; JOCHIMSEN, 1986; AMMANN, 1979). Andere Arbeiten konnten wiederum zeigen, dass der Anteil des Pollens aus den tieferen Lagen umso geringere Bedeutung hat, je geschlossener und kräuterreicher die Vegetationsdecke in der unmittelbaren Nachbarschaft der Untersuchungsstelle ist: nicht nur die Prozentwerte des Kräuterpollens nehmen zu, sondern auch deren Artenspektrum wird vielfältiger (AMMANN, 1979; DRESCHER-SCHNEIDER, 2007). Auf Grund der allgemein eher schwachen Präsenz der alpinen Kräuter in den Pollenspektren der Pasterze einerseits und der Funde von *Saxifraga-oppositifolia*-Typ und *Armeria* und der Häufigkeit von *Glomus* (ein Zeiger für offene Böden und Erosion) andererseits, ist mit einer eher lückenhaften Vegetation in der ehemaligen Umgebung des/der Moore zu rechnen.

Ein klarerer Hinweis auf die Lage der Baumgrenze zur Zeit der Torfbindung ist aus den Pollenspektren nicht ersichtlich. Die Bestimmung der verschiedenen Holzreste in den Fundstücken wird zeigen, ob das Holz von Zirben, Latschen und/oder Lärchen stammt oder ob es sich um Reste von Weiden (Spalierwei-

den), Alpenrosen oder andern Zwergsträuchern handelt. Die Rekonstruktion der Baumgrenzen durch NICOLUSSI et al. (2005) spricht aber stark dafür, dass auch in den von uns erfassten Zeitfenstern zumindest an den Hängen mit lockeren Baumbeständen zu rechnen ist. Dank der nach oben verschobenen Baumgrenze kann der Anteil der Fichten jenen der eigentlichen Waldgrenzarten überwiegen, was die relativ hohen Fichtenpollenwerte erklären würde.

5.2. Klima- und Gletschergeschichte

Das Fundstück PAST 1 mit einem Alter von 3100–2200 cal BC stimmt zeitlich mit dem Fundstück 7/Probe 3 aus SLUPETZKY et al. (1998) überein und stammt aus der langen, klimatisch günstigen Periode zwischen der Rotmoos-II- und der Löss-Schwankung (vgl. HAAS et al., 1998). Die Pasterze musste damals zumindest so weit zurück geschmolzen gewesen sein wie heute. Die Baumgrenze wird in Kaunertal vorläufig für diesen Zeitabschnitt bei ca. 2370 m ü. M. angenommen (NICOLUSSI et al., 2005). Vom Fundstück PAST 4 ist bisher nur eine Seite datiert. Die Messung ergab ein relativ ungenaues Alter von 3370–3090 cal BP, was bedeutet, dass der Torf während der Rotmoos-II-Schwankung entstanden ist und dass der Gletscher sogar während dieser ungünstigen Zeit die Fundstelle nicht erreicht hatte. PAST 2 ist das jüngste Fundstück und mit 1940–1430 cal BC datiert. Der Torf stammt aus der Zeit der Löss-Schwankung. Gleichzeitig ist dies auch die Zeit der Hochblüte der bronzezeitlichen Almnutzung. Nach PATZELT (2006) in MANDL (2007) zeigt die Temperaturkurve für diese Zeit große Schwankungen. Offenbar blühte die bronzezeitliche Almwirtschaft auf, während die klimatischen Verhältnisse vorübergehend besser wurden. Aus dieser Periode stammt auch der Torf. Die Zeiger für menschliche Kultureinflüsse in der Probe 2–0 cm sind somit ein Hinweis auf die intensive Nutzung der Hochlagen im weiteren Umkreis der Pasterze durch die bronzezeitliche Bevölkerung.

6. Schlussfolgerungen

Die Torffunde von der Pasterze sind die bisher am längsten von Eis bedeckten Zeugen eines früheren, ebenso massiven Gletscherschwundes wie heute. Sie bestätigen einmal mehr, dass über lange Zeiträume während des Holozäns die Gletscher so klein waren wie heute oder noch kleiner. Durch die Verschlechterung der klimatischen Bedingungen nahm der Gletscherschwund jeweils ein natürliches Ende. Ob eine Trendumkehr in der heutigen Situation auch auf natürliche Weise stattfinden wird und kann, ist allerdings ungewiss. Ebenso darf nicht vergessen werden, dass so große Gletscher wie die Pasterze längere Zeit stabile klimatische Bedingungen benötigen, um im Gleichgewicht zu sein. Gegenwärtig ist die Pasterze sicher nicht im Gleichgewicht, sondern „hinkt“ dem heutigen Klima hinterher. Somit bedarf es auch keiner weiteren Temperaturerwärmung, um eine weitere wesentliche Abschmelzung der Pasterze zu verursachen. Ein Aspekt, der gerne in Klimadiskussionen vergessen wird.

Dank

Diese Studie wurde durch die Kommission für Quartärforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (Finanzierung der ¹⁴C-Datierungen sowie der Pollenanalysen) und durch den FWF (Projekt Nr. FWF P18304-N10 – ALPCHANGE – Climate Change and Impacts in Southern Austrian Alpine Regions; www.alpchange.at) finanziell unterstützt. Die in diesem Text erwähnten Torffunde vom September 2006 wurden in dankenswerter Weise von Michael KROBATH, Reinhold LAZAR sowie Gerald MÜLLER zur Verfügung gestellt. Die AMS-Datierungen sowie die Kalibrierungen der Daten wurden durch Eva Maria WILD (Vien-

na Environmental Research Accelerator/VERA), Institut für Isotopenforschung und Kernphysik, Universität Wien, durchgeführt. Hubert KELLERER-PIRKLBAUER unterstützte tatkräftig die Geländekampagne am 25. Juni 2007. Ihnen allen gilt unser besonderer Dank.

Literatur

- AMMANN, K.: Gletschernähe Vegetation in der Oberaar einst und jetzt. Historische Schwankungen des Oberaargletschers (Grimselpass, 2300 m, Schweiz) und ihr Einfluss auf die heutige Vegetation der Oberaar und einige Ergebnisse bisheriger Pollenanalysen gletschnäher Profile. – In: WILMANS, O. & TÜXEN, R. (eds.): Werden und Vergehen von Pflanzengesellschaften, Ber. Intern. Symposium IVV, Rinteln, 20.–23. März 1979, 227–251, 1979.
- BURGA, A.C.: Vegetation history and palaeoclimatology of the Middle Holocene: pollen analysis of alpine peat bog sediments, covered formerly by the Rutor Glacier, 2510 m (Aosta Valley, Italy). – *Global Ecology and Biogeography Letters*, **1**, 143–150, 1991.
- BORTENSCHLAGER, S.: Pollenanalytische Ergebnisse einer Firnuntersuchung am Kesselwandferner (3240 m, Ötztal, Tirol). – *Grana Palynologica*, **7**, 259–269, 1967.
- BORTENSCHLAGER, S.: Neue pollenanalytische Untersuchungen von Gletschereis und gletschnähen Mooren in den Ostalpen. – *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, **6**, 107–118, 1970.
- CHARRIER, G. & PERETTI, L.: Analisi palinologica e datazione radiometrica C14 di depositi torbosi intermorenici della regione alpina piemontese, applicate allo studio del clima e dell' ambiente durante il Quaternario superiore. – *Boll. del Comitato Glaciologico Italiano*, **23**, 51–66, 1975.
- DAV: Alpenvereinskarte Glocknergruppe. – 9. Ausgabe, Deutscher Alpenverein, Maßstab 1:25000, 2006.
- DRESCHER-SCHNEIDER, R.: Pollenanalytische Untersuchungen im Königreich, Dachstein-Ostplateau (Österreich). – In: HEBERT, B., KIENAST, G. & MANDL, F.: Königreich, Dachsteingebirge. 3500 Jahre Almwirtschaft zwischen Gröbming und Hallstatt. – *Forschungsberichte der ANISA*, **1**, 119–130, 2007.
- DRESCHER-SCHNEIDER, R.: Das Kohlstratten-Moor im Süden von Schloss Lind. Neue pollen- und großrestanalytische Ergebnisse zur spät- und postglazialen Vegetations- und Klimaentwicklung im Gebiet Neumarkt (Steiermark). – *Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark*, **137**, 63–84, 2008.
- FURRER, G. & HOLZHAUSER, H.: Gletscher- und klimageschichtliche Auswertung fossiler Hölzer. – *Z. Geomorphologie N.F., Suppl.* **50**, 117–136, 1984.
- GEISER, E.: 8000 Jahre alte Reste des Bergblattkäfers *Oreina cacaliae* (Schrank) von der Pasterze. – *Wissenschaftliche Mitteilungen aus dem Nationalpark Hohe Tauern*, **4**, 41–4, 1998.
- JOCHIMSEN, M.: Zum Problem des Pollenfluges in den Hochalpen. – *Diss. Bot.*, **90**, 249 S., 1986.
- HAAS, J.N., RICHOUZ, I., TINNER, W. & WICK, L.: Synchronous Holocene climatic oscillations recorded on the Swiss Plateau and at timberline in the Alps. – *The Holocene*, **8**, 301–309, 1998.
- KELLERER-PIRKLBAUER, A.: The Supraglacial Debris System at the Pasterze Glacier, Austria: Spatial Distribution, Characteristics and Transport of Debris. – *Zeitschrift für Geomorphologie*, **52**, Suppl. 1, 3–25, 2008.
- LIEB, G.K.: Die Pasterze – 125 Jahre Gletschermessungen und ein neuer Führer zum Gletscherweg. – *Grazer Mitteilungen der Geographie und Raumforschung*, **34**, 3–5, 2004.
- MANDL, F.: Das Königreich auf dem Dachstein. Dokumentation. – In: HEBERT, B., KIENAST, G. & MANDL, F. (Hrsg.): Königreich, Dachsteingebirge. 3500 Jahre Almwirtschaft zwischen Gröbming und Hallstatt. – *Forschungsberichte der ANISA*, **1**, 23–96, 2007.
- NICOLUSSI, K. & PATZELT, G.: Discovery of early-Holocene wood and peat on the forefield of the Pasterze Glacier, Eastern Alps, Austria. – *The Holocene*, **10**, 191–199, 2000a.
- NICOLUSSI, K. & PATZELT, G.: Untersuchungen zur Holozänen Gletscherentwicklung von Pasterze und Gepatschferner (Ostalpen). – *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, **36**, 1–87, 2000b.

- NICOLUSSI, K., KAUFMANN, M., PATZELT, G., VAN DER PLICHT, J. & THURNER, A.: Holocene tree-line variability in the Kauner Valley, Central Eastern Alps, indicated by dendrochronological analysis of living trees and subfossil logs. – *Veg. Hist. Archaeobot.*, **14**, 221–234, 2005.
- PATZELT, G.: Klimakurve. Die nacheiszeitliche Temperaturentwicklung im Ostalpenraum, abgeleitet aus den Baumgrenz- und Gletscherschwankungen. – Revision III, 2006.
- PERETTI, L. & CHARRIER, G.: Segnalazione e analisi pollinica di torba deposita alla fronte attuale del ghiacciaio del Rutor (Valle d'Aosta). Considerazioni di paleogeografia e paleoclimatologia locale. – *Boll. del Comitato Glaciologico Italiano*, **14**, 13–31, 1967.
- SCHMIDT, R., WUNSAM, S., BROSCHE, U., FOTT, J., LAMI, A., LÖFFLER, H., MARCHETTO, A., MÜLLER, H.W., PRAZAKOVA, M. & SCHWAIGHOFER, B.: Late and post-glacial history of meromictic Längsee (Austria), in respect to climate change and anthropogenic impact. – *Aquat. Sci.*, **60**, 56–88, 1998.
- SLUPETZKY, H.: Holzfunde aus dem Vorfeld der Pasterze. Erste Ergebnisse von ¹⁴C-Datierungen. – *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, **26**, 179–187, 1993.
- SLUPETZKY, H., KRISAI, R. & LIEB, G.K.: Hinweise auf kleinere Gletscherstände der Pasterze (Nationalpark Hohe Tauern, Kärnten) im Postglazial – Ergebnisse von ¹⁴C-Datierungen und Pollenanalyse. – *Wissenschaftliche Mitteilungen aus dem Nationalpark Hohe Tauern*, **4**, 225–240, 1998.
- WAKONIGG, H.: Die Nachmessungen an der Pasterze von 1879 bis 1990. – *Arbeiten aus dem Institut für Geographie in Graz*, **30**, 271–307, 1991.
- WAKONIGG, H. & LIEB, G.K.: Die Pasterze und ihre Erforschung im Rahmen der Gletschermessungen. – *Kärntner Nationalparkschriften*, **8**, 99–115, 1996.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 5. Juni 2008