

Hinweise auf kleinere Gletscherstände der Pasterze (Nationalpark Hohe Tauern, Kärnten) im Postglazial - Ergebnisse von ¹⁴C-Datierungen und Pollenanalysen

Heinz Slupetzky, Robert Krisai und Gerhard Karl Lieb

Eingelangt am 06.04.1998

1 Zusammenfassung

Funde von Stammteilen zweier Zirbenbäume und von Torfresten, z.T. mit darin eingelagerten Holzstücken, zwischen 1990 und 1996 im Gletschervorfeld der Pasterze unweit der Gletscherstirn in einer Seehöhe von 2070 m geben weitere Aufschlüsse zur Geschichte der Pasterzenschwankungen in der Nacheiszeit, obwohl sich die Funde in sekundärer Lage befanden und die in situ-Wuchsorte der Bäume (die 200-300 Jahre alt wurden) und der Moore an einem unbekanntem, heute noch vergletscherten Standort im Talbecken der jetzigen Pasterzenzunge liegen. Es werden zu den bisher bekannten und publizierten ¹⁴C-Datierungen des Baumes II von 9180±80 BP (VRI-1291) und des Baumes I von 8000±80 BP (VRI-1231) sowie 8345±80 BP (Hv-17781) weitere 5 Altersbestimmungen vorgelegt, wobei drei Datierungen von Holz und Torf mit Daten von 8070±80 BP (Beta-98143), 8180±80 BP (Beta-102974) und 8370±80 BP (Beta-102973) in die Zeit des Wachstums von Baum I fallen und zwei weitere mit 3445±70 BP (Hv-17892) sowie 4170±60 BP (VRI-1704) einer deutlich späteren Zeit zuzuordnen sind.

Die Pollen- und Großrestanalysen, auch wenn es nur zufällige Stichproben sind, ergänzen und verbessern das Wissen über zwei Abschnitte im Postglazial. Die jüngeren Daten sind dem Subboreal, die älteren dem späten Präboreal und mittleren Boreal zuzuordnen. Während der jeweiligen Warmphasen muß die Pasterze deutlich kürzer gewesen sein wie heute, besonders während der ersteren.

Durch einen Vorstoß der Pasterze um 8000 BP während der Venedigerschwankung (8700 bis 8000 BP) könnten die warmzeitlichen Klimabedingungen im frühen Postglazial beendet worden sein. Die warme Klimaphase der ersten Hälfte des Subboreals scheint durch eine Klimaabkühlung abgelöst worden zu sein, die bei der Pasterze den Vorstoß während der Lössschwankung (3500 bis 3100 BP) einleitete.

2 Summary

Indications of smaller stages of the Pasterze Glacier (National Park Hohe Tauern, Carinthia) in postglacial time - Results of radiocarbon data and pollen analyses

The discovery of parts of two stems of coniferous trees (*Pinus cembra*) and pieces of peat, partly with embedded wood, between 1990 and 1996 in the proglacial area of the Pasterze glacier in the vicinity of the terminus at an altitude of 2070 m provides further evidence of the history of glacial variation in postglacial time. This is in spite of the fact that the findings are in a lower position and that the former sites where the trees grew (and reached an age of 200-300 years) and the peat developed are underneath the present glacial tongue. Of the ¹⁴C-dates which are presented, three of wood and peat are of 8070±80 BP (Beta-98143), 8180±70 BP (Beta-102974) and 8370±80 BP (Beta-102973). These coincide with the period in which tree I grew. These dates are in addition to the published ones from tree II of 9180±80 BP (VRI-1291) and to those from tree I of 8000±80 BP (VRI-1231) and 8345±80 BP (Hv-17781). Two others, of 3445±70 BP (Hv-17892) and 4170±60 BP (VRI-1704) are related to a distinctly younger time period.

The analyses of pollen and macrophytic remains even though they are accidental samples, supplement and improve the knowledge of two events in postglacial time. The younger dates belong to the Sub-Boreal and the older ones to the late Pre-Boreal and Mid-Boreal period. During particular periods of favourable climate the Pasterze Glacier must have been distinctly shorter, especially during the former one.

The advance of the Pasterze Glacier around 8000 BP during the Venediger advance period (8700-8000 BP) may have marked the end of the climatic optimum in early postglacial time. The warm period in the first half of the Sub-Boreal period seems to have been superseded by a climatic cooling which induced the advance of the Pasterze Glacier during the Löss advance period (3500-3100 BP).

Hohe Tauern National Park, Hohe Tauern, Carinthia, Pasterze, glacier, glacial variation, postglacial time, pollen analysis, radiocarbon dating, glacier forefield, tree ring chronology

4 Einleitung und Zielsetzung

In jüngerer Zeit mehren sich Funde organischen Materials in den Vorfeldern alpiner Gletscher, die beweisen, daß die Gletscher während des Postglazials mehrmals kleiner waren als heute. Sie führen zu einer Absicherung und unter Umständen Ergänzung der bekannten Chronologie alpiner Gletscherschwankungen und Verfeinerung der Kenntnisse über frühere Klimaverhältnisse (PATZELT & BORTENSCHLAGER 1973, PATZELT 1973, 1980, 1995). Da es in den Ostalpen im Vergleich zu den Westalpen nur wenige Stellen gibt, wo die Schwankungsbreite der Waldgrenze in der Nacheiszeit in den Zungen- bzw. Vorfeldbereich von Gletschern fällt, sind hier Baumfunde immer noch eher selten. Durch den starken, nur manchmal kurz unterbrochenen Rückgang der Gletscher seit dem letzten Hochstand Mitte des 19. Jahrhunderts wird heute Gelände eisfrei, das in der Nacheiszeit mehrmals überfahren und wieder freigegeben worden war, wodurch erst die Möglichkeit eröffnet wird, Pflanzenreste aus früheren Warmphasen, während derer die Vegetation wieder ein- und z.T. höherwandern konnte, zu finden.

Im Vorfeld der Pasterze wurden in der jüngsten Vergangenheit mehrmals Funde von organischem Material gemacht. Seit den Erstfunden von Stammteilen und Torfresten in den Jahren 1989 und 1990 (SLUPETZKY 1993) kamen weitere Funde durch G. PATZELT und K. NICOLUSSI im Jahr 1991 (briefliche Mitteilung vom 29.10.1991) und auch später (PATZELT 1997: 21, NICOLUSSI, mündliche Mitteilung) sowie G. K. LIEB in den Jahren 1995 und 1996 hinzu.

Nachdem nunmehr die Altersbestimmungen und Pollenanalysen vorliegen, soll eine Zusammenstellung und Dokumentation der bisherigen Funde aus dem Vorfeld der Pasterze und eine Zuordnung zur bekannten Chronologie der alpinen Gletscherschwankungen versucht werden. Auf die (noch unveröffentlichten) Ergebnisse der dendrochronologischen Auswertung von neun Stammteilen durch K. NICOLUSSI kann hier nur hingewiesen werden.

5 Das Fundgebiet (Abb. 1)

Die Pasterze in der Glocknergruppe (Hohe Tauern, Ostalpen) ist mit ca. 19 km² der größte Gletscher Österreichs bzw. der Ostalpen. Der Gletscher und seine Umgebung liegen im Kärntner Anteil des Nationalparks Hohe Tauern und wurden in diesen bzw. in das Sonderschutzgebiet Pasterze durch den Grundbesitzer, den Österreichischen Alpenverein, eingebracht.

In der Postglazialzeit, die vor etwa 10000 ¹⁴C-Jahren begann, reichte die Pasterze bei den zehn bis zwölf Hochständen jeweils bis zum Margaritzenfelsen und in die Möllschlucht bis auf eine Höhe von etwa 1900 m herab. Seit dem letzten Hochstand (am Ende der „neuzeitlichen Gletscherhochstandsperiode“) um 1850, an der Pasterze genau 1851 (PATZELT, mündliche Mitteilung 1992, LANG & LIEB 1993: 156), ist der Gletscher um rund 2 km kürzer geworden und endet heute in einer Seehöhe von 2070 m (WAKONIGG & LIEB 1996, LANG & LIEB 1993).

Beim Rückschmelzen wurde nach dem gänzlichen Freiwerden des „Sandersees“ ab 1979 zwischen diesem und dem Eisrand eine flache fluvioglaziale Aufschüttungsfläche in einer Seehöhe zwischen 2060 m und 2080 m gebildet. Beim Rückzug der Pasterze sind durch die Ablagerung von Grundmoränenhügeln kamesähnliche Erhebungen entstanden und durch den Eiszerfall temporäre Toteislöcher. Alle (in dieser Arbeit) angeführten Fundstücke bzw. Fundorte lagen auf der jungen Aufschüttungsebene bis unmittelbar am Eisrand (Lage: 12°45' Ost, 47°04' Nord).

Was die Höhenlage der heutigen Waldgrenze im Pasterzengebiet betrifft (BÖHM 1969, FRIEDEL 1956), so gibt GAMS (1936) die Waldgrenze im Glocknergebiet mit 2000 m an, bemerkt aber, daß einzelne Lärchen- und Zirbenkrüppel bis gegen 2100 m vorkommen, was im wesentlichen mit den eigenen Beobachtungen übereinstimmt. Der Schwankungsbereich der Waldgrenze hat im Postglazial

200-250 m nur wenig überschritten (PATZELT & BORTENSCHLAGER 1973: 69, PATZELT 1980: 17). Das Absinken der Waldgrenze seit dem Subboreal ist nicht nur klimatisch bedingt; es wird allgemein angenommen, daß der Mensch daran bedeutenden Anteil hat. KRAL (1979) beziffert diesen mit etwa 200 m.



Abb. 1: Die Pasterze und das Gletschervorfeld, in dem die Holz- und Torfstücke gefunden wurden; Foto: H. SLUPETZKY vom 19.09.1991

Fig. 1: The Pasterze Glacier and the area where the wood and peat samples were found (Photo: H. SLUPETZKY, September 19th, 1991)

6 Das Fundmaterial und die Auswertemethoden (Tab. 1)

Von Heinz SLUPETZKY wurden am 13.10.1990 zwei Stammteile von Zirben (Pasterze I und II - Ftl. Nr. 1) und ein Torfbrocken (Ftl. Nr. 8) gefunden. Die Ergebnisse der Altersbestimmungen wurden in SLUPETZKY 1993 publiziert, wobei allerdings das Alter des Torfstückes noch nicht enthalten war (das in dieser Arbeit nun mitgeteilt wird).

Inzwischen sind neue Funde dazugekommen. Bei den jährlichen Gletschermessungen an der Pasterze fand das Meßteam unter der Leitung von G. K. LIEB am 21.09.1995 ebenfalls ein Torfstück (Ftl. Nr. 7) und K. LIEB entdeckte am 26.09.1996 weitere Torfstücke, gerundete „Torfgerölle“ (Stück A - Ftl. Nr. 5 und Stück B - Ftl. Nr. 6, Abb. 4). In den Torfstücken waren kleinere Holzteile enthalten (Ftl. Nr. 4 aus Stück A).

Die Baum- und Torfreste wurden alle vom Gletscherbach herausgeschwemmt und stammen von einem Standort, der heute noch unter der gegenwärtigen Pasterzenzunge liegt. Die in situ-Wuchsorte dürften aufgrund der zu vermutenden topographischen Verhältnisse in jenem Bereich, in dem sich die heutige Gletscherzunge befindet, zwischen ca. 0,5 km und 4 km weiter talauf und in einer Seehöhe von 2100 m bis 2300 m gelegen haben.

Ftl. Nr.	Proben: Pasterze -	Fund	Organisches Material	Alter		Labor-Nr.	Pollen-analyse
				a BP	cal BC		
1	I = PAST-Z5 ¹⁾	SLUPETZKY 13.10.90	Holz (Zirbe)	8000±80 ²⁾	7040-6700	VRI - 1231	-
2	I = PAST-Z5 ¹⁾	SLUPETZKY 13.10.90	Holz (Zirbe)	8345±80 ²⁾	7460-7150	Hv - 17781	-
3	II	SLUPETZKY 13.10.90	Holz (Zirbe)	9180±80 ²⁾	8340-8080	VRI - 1291	-
4	Stück A=2/96	K. LIEB 26.09.96	Holz (Latsche)	8070±80	7245-6720	Beta-98143	-
5	Stück A=2/96	K. LIEB 26.09.96	Torf	8370±80	7495-7310	Beta-102973	Probe 4
6	Stück B=3/96	K. LIEB 26.09.96	Torf ³⁾	8180±70	7280-7035	Beta-102974	Probe 5
7		G. K. LIEB 26.09.95	Torf	4170±60	2880-2620	VRI-1704	Probe 3
8		SLUPETZKY 13.10.90	Torf	3445±70	1880-1655	Hv-17892	Proben 1 + 2

¹⁾ Bezeichnung von K. NICOLUSSI für die Bäume am Institut für Hochgebirgsforschung, Innsbruck

²⁾ SLUPETZKY 1993

³⁾ Enthielt Käferreste (vgl. GEISER 1998, in diesem Band)

Tab. 1: Aufstellung der Funde und der Ergebnisse der ¹⁴C-Datierungen

Table 1: Listing of the samples and the results of ¹⁴C-dating

Heute gängige und bewährte Methoden bei der Untersuchung von organischem Material im Rahmen der Erforschung der Klima- und Gletschergeschichte sind die Radiokarbondatierung (vgl. u.a. GEYH 1986), die Pollenanalyse und die Dendrochronologie neben der üblichen Bestimmung der Holzarten sowie der Pflanzenreste. Für alle Bereiche stehen heute entsprechende Labors bzw. spezialisierte Institute zur Verfügung, die die speziellen Untersuchungen und Auswertungen durchführen. Bei der Bearbeitung und Erforschung der Gletschergeschichte ist eine sorgfältige glazialmorphologische Geländearbeit und Analyse notwendig, um möglichst stratigraphisch aussagekräftige Stellen zu finden, wie z.B. vom Gletscher überschüttete Moore, überfahrene Bäume usw.. Die Bearbeitung und Untersuchung der Funde organischen Materials ist heute zur Routine, wenn auch vielfach eine sehr aufwendige, geworden.

Was die Pollenanalyse betrifft, so hat die Erfassung auch der „Nichtbaum“-Pollen heute einen Standard erreicht, der noch vor 10 oder 20 Jahren undenkbar war. Damit sind detaillierte Aussagen über die Vegetation und die Lage der Waldgrenze möglich, auch wenn die Grenzen der Methode bei der Interpretation berücksichtigt werden müssen (Erhaltungszustand der Pollen, Flugfähigkeit, unterschiedliche Pollenproduktion der verschiedenen Arten).

Zur Makrorestanalyse wurde aus den Fundstücken im Labor jeweils ca. 50 cm³ Material entnommen, mit Kalilauge (KOH) aufbereitet und anschließend unter dem Binokular durchgemustert. Zur Pollenanalyse wurde nur 1 cm³ verwendet und in der üblichen Weise (z.B. KRISAI et al. 1993) aufbereitet und ausgezählt. Zur Bestimmung diente die einschlägige Literatur sowie die Vergleichssammlung am Institut für Botanik der Universität Salzburg.

7 Dokumentation und Auswertung der Torffunde

Die Pollenanalysen werden hier dokumentiert, die Auswertungen lassen eine Abschätzung und Eingrenzung des Alters zu. Die Pollenanalysen 1 und 2 wurden bereits publiziert (SLUPETZKY 1993), sollen aber der Vollständigkeit halber hier nochmals angeführt werden.

Torffunde aus 1990, Alter 3345±70 Jahre BP (Tab. 1: Ftl. Nr. 8; Tab. 2)

		Analyse 1	Analyse 2
Baumpollen:	Fichte (<i>Picea abies</i>)	29,66	43,88
	Kiefer (<i>Pinus</i> sp.)	4,10	10,02
	Zirbe (<i>Pinus cembra</i>)	+	2,53
	Erle (<i>Alnus</i> , z. Großteil <i>alnobetula</i>)	11,67	7,63
	Tanne (<i>Abies</i>)	3,89	4,13
	Birke (<i>Betula</i> sp.)	0,48	0,32
	Buche (<i>Fagus</i>)	0,00	0,16
	Lärche (<i>Larix decidua</i>)	0,00	0,95
Strauchpollen:	Hasel (<i>Corylus avellana</i>)	0,65	2,23
	Wacholder (<i>Juniperus</i>)	1,78	1,27
Gehölzpollen gesamt:		62,23	73,12
Nichtbaumpollen:	Gräser (Gramineae)	21,73	8,11
	Riedgräser (Cyperaceae)	7,30	1,90
	Wegwartengewächse (Cichoriaceae)	2,93	4,45
	Glockenblumengewächse (Campanulaceae)	0,16	0,16
	Wiesenraute (<i>Thalictrum</i>)	0,32	0,00
	Gänsefußgewächse (Chenopodiaceae)	0,00	0,16
	Hahnenfuß (<i>Ranunculus</i>)	0,32	0,63
	Rosengewächse (Rosaceae)	0,00	0,48
	Doldenblütler (Apiaceae)	0,32	1,75
	Nelkengewächse (Caryophyllaceae)	0,81	1,75
	Astergewächse (Asteraceae)	0,32	2,55
	Heidekrautgewächse (Ericaceae)	0,16	0,00
	Steinbrech (<i>Saxifraga</i>)	0,81	0,00
	Kreuzblütler (Brassicaceae)	0,16	0,48
	Klappertopf (<i>Rhinanthus</i> -Typ)	0,16	0,16
	Witwenblume (<i>Knautia</i>)	0,32	0,16
	Meerträubl (<i>Ephedra altissima</i> -Typ)	0,16	0,00
	Storchschnabel (<i>Geranium</i>)	0,16	0,00
	Wegerich (<i>Plantago</i>)	0,00	0,16
	Kratzdistel (<i>Cirsium</i>)	0,00	0,32
	Schlangen-Knöterich (<i>Polygonum bistorta</i>)	0,00	0,32
	Indeterminata	1,63	3,34
Nichtbaumpollen gesamt:		37,77	26,88
Anzahl der ausgezählten Pollen:		617	629
Sporen:	Schachtelhalm (<i>Equisetum</i>)	0,97	140,00
	Mondraute (<i>Botrychium</i>)	1,62	0,00
	Moosfarn (<i>Selaginella selaginoides</i>)	0,16	0,32
	Schildfarn (<i>Dryopteris</i>)	0,16	0,00
	Bärlapp (<i>Lycopodium annotinum</i>)	0,16	0,00

+) in Probe 1 nicht separat gezählt

Tab. 2: Ergebnisse der Pollenanalysen 1 und 2 (Anteile in % der Gesamtpollensumme)

Table 2: Results of the pollen analyses 1 and 2 (values given are % of total pollen)

„Das Torfmaterial ist von dunkelbraun-schwärzlicher Farbe, stark gepreßt und verwürgt; es handelt sich um einen stark mit mineralischen Partikeln vermengten Moostorf (festgestellt: *Calliergon giganteum*, *Drepanocladus revolvens*, *Bryum* sp., Radizellen vom Rostrata-Typus, 1 *Carex*-Frucht, 1 Fichtennadel, 2 Stämmchen von cf. *Selaginella selaginoides*) mit *Cyperaceen*-Würzelchen.

Der Pollengehalt ist recht hoch, vor allem der Anteil der Gehölzpollen von 62 bzw. 73 % ist für das heute baumlose Gebiet bemerkenswert, auch wenn man eine Verwehung aus niedrigeren Lagen berücksichtigt.

Das Material dürfte seine Entstehung einer Versumpfungsphase im Gletschervorfeld verdanken. In solchen Versumpfungen spielen Moose, einige Riedgräser und Schachtelhalme (*Equisetum variegatum*) eine große Rolle, was sich im hohen Anteil an Schachtelhalm-Sporen in der Probe 2 dokumentiert. Daß der Pollen- und Sporengehalt in den zwei Proben (jeweils 1 cm³) recht verschieden ist, dokumentiert die Uneinheitlichkeit des Materials.

Der Anteil an Kräuterpollentypen ist relativ gering, wäre aber bei genauerer Analyse der "Indeterminata" vermutlich noch zu erhöhen. Dem steht allerdings die relativ schlechte Pollenerhaltung entgegen" (Zitat aus SLUPETZKY 1993: 138f).

Es ist sehr unwahrscheinlich, daß eine Verunreinigung durch rezente Pollen vorliegt, da die Proben zur Analyse aus dem Kernbereich des Torfstückes genommen wurden.

Der besonders für inneralpine Verhältnisse hohe Tannenanteil einerseits und die geringe Rolle von Kiefer und Birke andererseits deuten auf ein subboreales, äußerstenfalls jung-atlantisches Alter, obwohl die Buche (*Fagus*) nur durch ein einziges Pollenkorn in Probe 2 vertreten ist und Kulturzeiger (Getreide usw.) völlig fehlen. Nach KRAL (1979) drang die Tanne im Subboreal auch in heute tannenfreie Gebiete der inneren Ostalpen vor. Ein höheres Alter ist pollenanalytisch nicht zu begründen, die Torfproben müssen jünger als die Baumstämme sein. Die ¹⁴C-Daten haben diese Aussage eindrucksvoll bestätigt.

Pollenanalyse 3

Torffund aus 1995, Alter 4170±60 Jahre BP (Tab. 1: Ftl. Nr. 7, Tab. 3)

Es handelt sich um einen stark gepreßten Seggen-(*Carex*-)Torf von plattiger Struktur und dunkelbrauner, fast schwarzer Farbe.

Makroreste: zahlreiche Radizellen (feine Würzelchen) von *Cyperaceen* (Riedgräsern), sehr viel Zweig- und Borckenreste von *Ericaceen* (Gemsheide *Loiseleuria*, *Vaccinium* u.a.), Rhizomepidermen von *Cyperaceen*, einige wenige Stämmchenreste und Blättchen von Moosen: *Aulacomnium palustre* und cf. *Homalothecium nitens*. Samen oder Früchte fehlen. Kulturzeiger fanden sich in dieser Probe keine, ebensowenig Zeiger für Beweidung. Der Pollengehalt dieser Probe ist recht ähnlich. Auch hier fällt ein hoher Tannen-(*Abies*-)Anteil bei insgesamt hohem Baumpollen-Gehalt auf, was auf ein geringes Alter deutet. Die Radiokarbondatierung belegt dies. Es fanden sich zahlreiche, gut erhaltene Pollenkörner.

Der hohe Gehalt an Baumpollen, darunter auch Tanne (*Abies*) zeigt, daß der Wald zumindest nicht weit vom Entstehungsort der Ablagerung weg gewesen sein kann, die Waldgrenze also beträchtlich höher lag als heute, wie das von vielen anderen Örtlichkeiten in den Alpen bekannt ist. Der für zentralalpine Verhältnisse hohe Gehalt an Tannen-(*Abies*-) und das Vorhandensein von immerhin zwei Buchen-(*Fagus*-)Pollen deutet auf ein junges Alter (max. 5000 Jahre, wahrscheinlich jünger). Die Pasterze dürfte bei ihrem Vorstoß in einen Zirben-Fichten-Wald eingebrochen sein, in dem sich auch kleinere Niedermoorflecken befanden, die überfahren und vom Gletscher aufgearbeitet wurden. Der durch die Radiokarbondatierung ermittelte Altersunterschied von immerhin 700 Jahren zwischen den Proben ist pollenanalytisch nicht zu fassen.

Baumpollen:	Fichte (<i>Picea</i>)	51,12
	Kiefer (<i>Pinus</i>)	17,90
	Zirbe (<i>Pinus cembra</i>)	2,65
	Tanne (<i>Abies</i>)	5,56
	Erle (<i>Alnus</i>)	1,85
	Buche (<i>Fagus</i>)	0,53
	Eiche (<i>Quercus</i>)	0,13
	Ulme (<i>Ulmus</i>)	0,13
	Birke (<i>Betula</i>)	0,40
Baumpollen gesamt:		80,27
Nichtbaumpollen:	Hasel (<i>Corylus</i>)	0,75
	Weide (<i>Salix</i>)	1,06
	Grünerle (<i>Alnus alnobetula</i>)	4,10
	Riedgräser (Cyperaceae)	6,75
	Gräser (Gramineae)	2,51
	Wiesenraute (<i>Thalictrum</i>)	1,71
	Beifuß (<i>Artemisia</i>)	0,26
	Wegwartengewächse (Cichoriaceae)	0,40
	Labkrautgewächse (Rubiaceae)	0,13
	Vogel-Knöterich (<i>Polygonum aviculare</i> -Typ)	0,93
	Doldenblütler (Apiaceae)	0,26
	Hülsenfrüchtler (Fabaceae)	0,13
	Weidenröschen (<i>Epilobium</i>)	0,13
	Sonnenröschen (<i>Helianthemum</i>)	0,13
Nichtbaumpollen gesamt:		19,91
Sporen:	Schildfarn (<i>Dryopteris</i>)	2,91
	Blasenfarn (<i>Cystopteris</i>)	0,26
	Moosfarn (<i>Selaginella selaginoides</i>)	0,26
	Mondraute (<i>Botrychium</i>)	0,13

Tab. 3: Ergebnisse der Pollenanalyse 3 (Anteile in % der Gesamtpollensumme)

Table 3: Results of pollen analysis 3 (values given are % of total pollen)

Pollenanalyse 4

Torffund aus 1996, Alter 8370±80 Jahre BP (Tab. 1: Ftl. Nr. 5, Tab. 4)

Die Probe mit der Bezeichnung A ist tiefschwarz und stark mit Gesteinsabrieb (Glimmerschiefer-Plättchen, geschätzter Anteil 30 %) vermengt. Mit freiem Auge ist - abgesehen von den eingelagerten Holzstücken - keine strukturierte Pflanzensubstanz erkennbar. Auch nach dem Aufschluß mit KOH gingen ca. 95 % durch das Sieb ab, waren also kleiner als 1 mm. Der Torf muß durch die Gletscheraktivität gepreßt und damit geschichtet worden sein, denn es war eine plattige Struktur festzustellen. Das deutet schon auf ein höheres Alter dieser Probe als jenes der früher untersuchten hin, bei denen die Torfstruktur noch erhalten war. Die Analyse ergab nachstehenden Befund:

Makroreste: Die winzigen Gewebspartikel waren unbestimmbar. Einiges deutet auf Würzelchen von Seggen, einiges auf Borke, eine sichere Aussage ist aber nicht möglich. Es fanden sich lediglich elf Stück Samen der Rasenbinse (*Trichophorum cespitosum*) und eine Innenfrucht der Braunsegge (*Carex nigra*). Moosreste waren nicht zu finden.

Das eingelagerte Holzstück stammt interessanterweise nicht von der Zirbe, sondern von der Latsche *Pinus mugo* (*Pinus sylvestris* scheidet in dieser Höhenlage wohl aus).

Pollen: Der Pollengehalt war überraschend hoch, die Körner aber stark, manchmal bis zur Unkenntlichkeit korrodiert. Auffällig war das fast vollständige Fehlen von Riedgras-Pollen (Cyperaceae).

Baumpollen:	Fichte (<i>Picea</i>)	40,26	14,65
	Kiefer (<i>Pinus mugo</i> u. <i>sylvestris</i>)	27,04	4,86
	Erle (<i>Alnus glutinosa/incana</i>)	2,22	0,59
	Zirbe (<i>Pinus cembra</i>)	2,13	1,49
	Birke (<i>Betula</i>)	1,87	0,20
	Ulme (<i>Ulmus</i>)	0,53	0,20
	Linde (<i>Tilia</i>)	0,35	0,10
	Lärche (<i>Larix</i>)	0,27	0,20
	Eiche (<i>Quercus</i>)	0,18	0,10
	Ahorn (<i>Acer</i>)	0,09	0,40
Baumpollen gesamt:	74,94	22,80	
Sträucher:	Grünerle (<i>Alnus alnobetula</i>)	15,73	42,90
	Hasel (<i>Corylus</i>)	2,75	1,09
	Hopfenbuche (<i>Ostrya</i>)	0,27	
	Weide (<i>Salix</i>)	0,09	4,66
Kräuter:	Gräser (Poaceae)	1,07	19,23
	Riedgräser (Cyperaceae)	0,18	0,99
	Wegwartengewächse (Cichoriaceae)	2,06	0,99
	Asterngewächse (Asteraceae)	0,71	0,40
	Hahnenfuß (<i>Ranunculus</i>)	0,53	0,40
	Steinbrech (<i>Saxifraga oppositifolia</i> -Typ)	0,18	
	Fingerkraut (<i>Potentilla</i>)	0,09	
	Mutterwurz (<i>Ligusticum mutellina</i>)	0,09	
	Doldenblütler (Apiaceae)	0,09	1,88
	Ampfer (<i>Rumex</i>)	0,09	0,10
	Kratzdistel (<i>Cirsium</i>)	0,09	0,59
	Klappertopf (<i>Rhinanthus</i> -Typ)		0,69
	Hornkraut (<i>Cerastium</i> -Typ)		0,40
	Rosengewächse (Rosaceae)		0,40
	Wachtelweizen (<i>Melampyrum</i>)		0,20
	Baldrian (<i>Valeriana tripteris</i> -Typ)		0,20
	Teufelskralle (<i>Phyteuma</i>)		0,20
	Wiesenraute (<i>Thalictrum</i>)		0,20
	Kälberkropf (<i>Chaerophyllum</i>)		0,10
	Weidenröschen (<i>Epilobium</i>)		0,10
	Wegerich (<i>Plantago</i>)		0,10
	Tragant (<i>Astragalus</i> -Typ)		0,10
	Beifuß (<i>Artemisia</i>)		0,10
	Vogelbeere (<i>Sorbus</i>)		0,10
	Indeterminata	0,44	1,09
	Kräuterpollen gesamt:	5,62	28,54
	gezählte Pollen:	1009	1125
Sporen:	Schildfarn (<i>Dryopteris</i> -Typ)	2,13	0,60
	Frauenfarn (<i>Athyrium</i>)	0,27	
	Moosfarn (<i>Selaginella selaginoides</i>)	3,83	
	Mondraute (<i>Botrychium</i>)	0,18	0,10
	Adlerfarn (<i>Pteridium</i>)		0,10
	Torfmoos (<i>Sphagnum</i>)	0,18	

Tab. 4: Ergebnisse der Pollenanalysen 4 und 5 (Anteile in % der Gesamtpollensumme)

Table 4: Results of the pollen analyses 4 and 5 (values given are % of total pollen)

Die Proben 4 und 5 weichen von den bisherigen stark ab. Der hohe Gehalt an Baumpollen deutet auch bei diesen darauf hin, daß die Umgebung des Sedimentationsortes bewaldet oder der Wald zumindest nicht weit entfernt war. Aus dem völligen Fehlen der Pollen von Buche und Tanne ergibt sich ein hohes Alter der Probe (älteres Atlantikum, ca. 8000-7000 BP konventionell, unkalibriert). Nach dem vorliegenden ¹⁴C-Datum des Holzstückes von 8070±70 BP ist der Baum oder Strauch zur Zeit des Überganges vom Boreal in das ältere Atlantikum - um 8000 BP - gewachsen. Das Holz ist somit etwas jünger als der Torf. Das Holzstück kann in das Torflager hineingefallen und mit eingebettet worden sein.

Pollenanalyse 5

Torffund aus 1996, Alter 8180±70 Jahre BP (Tab. 1: Ftl. Nr. 6, Tab. 4)

Die Probe mit der Bezeichnung B weicht etwas von A ab: Der Mineralstoffgehalt ist bedeutend geringer (ca. 5 %), das Stück besteht also fast nur aus organischer Substanz. Der Aufschluß ergab, daß es sich hauptsächlich um Reste von Sträuchern handelt (Zweigstücke von 1 cm bis 1 mm Breite, Blattfragmente). Der Großteil war aber auch hier so fein zerrieben, daß kaum mehr irgendeine Struktur zu erkennen war (ca. 50 %). Die Zweigstücke waren plattgepreßt wie Bretter und die Holzstruktur kaum mehr wahrnehmbar. Jedenfalls handelte es sich aber ausschließlich um Laubholz, wahrscheinlich Grünerle und (oder) Weiden-Arten. Weiters fanden sich zwei Blättchen von der Gemsheide (*Loiseleuria procumbens*), zwei Zapfenspindeln von *Alnus* sp., ein Same von *Alnus alnobetula* (Grünerle) und zwei winzige Teile von Moosblättchen, vermutlich *Pohlia*. Auffällig waren schon beim Zerteilen der Probe bunt schillernde Fragmente, die sich als Insektenreste entpuppten. E. GEISER vom Haus der Natur in Salzburg hat sie bestimmt und berichtet darüber in diesem Band (GEISER 1998).

Die Probe erwies sich als außerordentlich pollenreich und die Erhaltung war erheblich besser als bei Probe A. Fast die Hälfte davon waren Pollen von Sträuchern (*Alnus alnobetula*, *Salix* und *Corylus*). Dieser hohe Anteil stammt offenbar von der lokalen Vegetation, Sträucher sind ja auch durch die Großreste hinlänglich dokumentiert. Klammert man diesen örtlichen Pollenniederschlag aus, ergibt sich ein etwas geringerer Anteil an Baumpollen als bei der Probe A. Der Kräuterpollen-Anteil ist aber erheblich artenreicher und der Gräserpollen bedeutend stärker vertreten. Eine Durchsicht der Probe durch Jacqueline VAN LEEUWEN, Bern, hat die Typenanzahl weiter vermehrt. Die *Apiaceae* gehören demnach hauptsächlich zum *Peucedanum palustre*-Typ und teilweise zu *Heracleum*. Außerdem wurden von ihr festgestellt: Leimkraut (*Silene vulgaris*), Eisenhut (*Aconitum*-Typ), Trollblume (*Trollius europaeus*), Anemone (*Anemone nemorosa*-Typ), Schafgarbe (*Achillea*-Typ), Greiskraut (*Senecio*-Typ), Pestwurz (*Petasites*-Typ), Fingerkraut (*Potentilla*), Mädesüß (*Filipendula*), Steinbrech (*Saxifraga oppositifolia*-Typ, *Saxifraga stellaris*), Enzian (*Gentiana pneumonanthe*-Typ - der *Gentiana pneumonanthe*-Typ umfaßt nach PUNT & NIENHUIS 1976 nachstehende Arten: *Gentiana asclepiadea*, *G. cruciata*, *G. lutea*, *G. pneumonanthe* und *G. purpurea*), Läusekraut (*Pedicularis palustris*-Typ), Heidelbeere (*Vaccinium*), Storchschnabel (*Geranium*) und Studentenröschen (*Parnassia*).

Buche und Tanne fehlen auch in dieser Probe vollständig, die Hasel ist auffallend spärlich, woraus sich eine zeitliche Zuordnung in die Wende Boreal/Atlantikum ergibt (ca. 8000 BP). Der hohe und typenreiche Kräuterpollen-Anteil betont die Lage an der Waldgrenze stärker als bei den früheren Proben. Es müssen einerseits größere offene Flächen mit Grasvegetation in der Nähe vorhanden gewesen sein, andererseits aber auch strauchreiche Partien mit Hochstauden, wie sie heute in der Nähe der Pasterze fehlen.

8 Ergebnisse der Untersuchungen der Holzfunde und der ¹⁴C-Datierungen

Die Bestimmung der Holzart der Proben I und II (Tab. 1: Ftl.Nr. 1, 2 und 3) sowie von Aststücken ergab, daß es sich um Zirbe (*Pinus cembra*) handelt. Die Holzstücke in der Torfprobe A (Tab. 1: Ftl. Nr. 4) sind *Pinus non-cembra* (wohl Latsche *Pinus mugo*). Die Abbildungen 2 und 3 zeigen das

Stammstück „Pasterze II“ (Ftl. Nr. 3) und eine Baumscheibe von „Pasterze I“ (Tab. 1: Ftl. Nr. 1 und 2) als Beispiele von Fundstücken (ein Foto von „Baum Pasterze I“ ist in SLUPETZKY 1993: 183 enthalten).

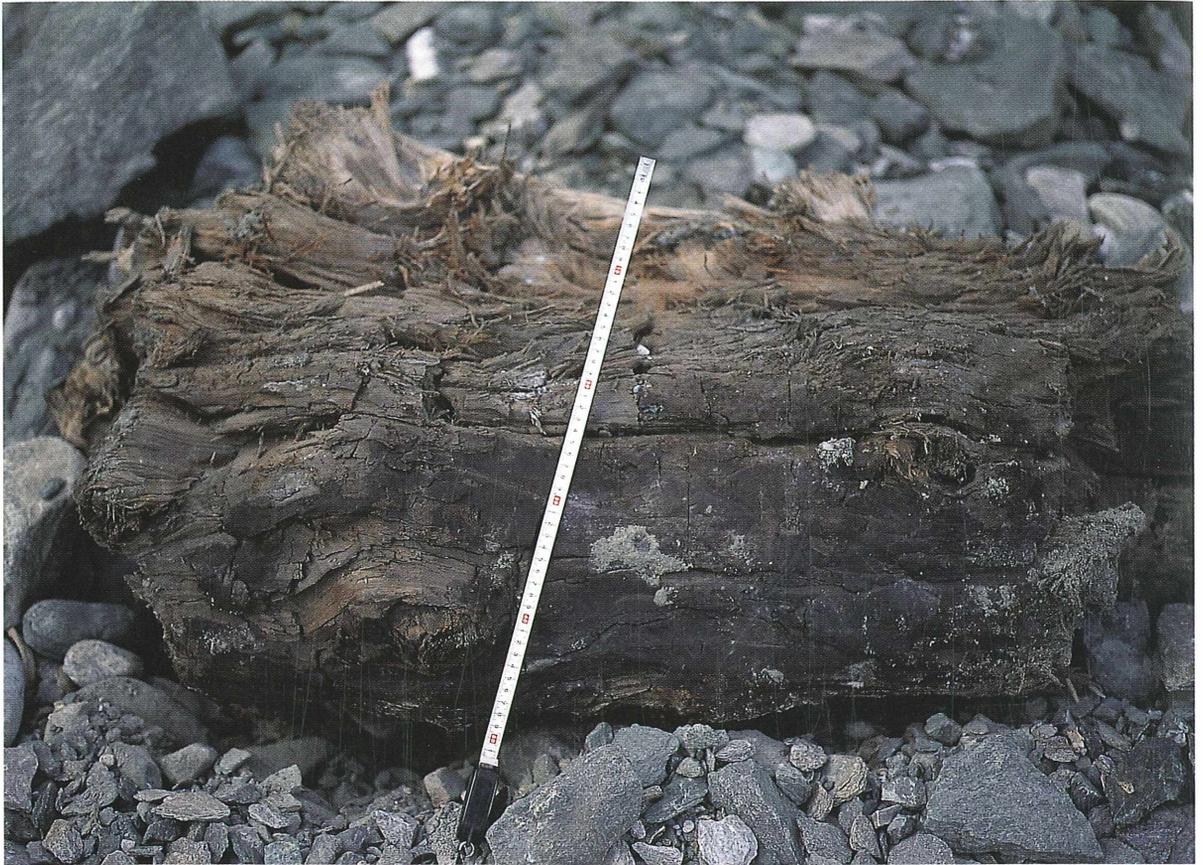


Abb. 2: Stammteil vom „Baum Pasterze II“, gefunden im Gletschervorfeld am 13.10.1990. Mit 9180 ± 80 Jahren BP (vgl. Tab. 1, Ftl. Nr. 3) ist es der bisher älteste nachgewiesene Baum aus dem Gebiet der Pasterze. Foto: H. SLUPETZKY

Fig. 2: Piece of the stem from "Tree Pasterze II" found near the glacial tongue on October 13th, 1990. With an age of 9180 ± 80 years BP (see table 1, Ftl. Nr. 3) it is the oldest verified tree found in the vicinity of the Pasterze Glacier. (Photo: H. SLUPETZKY)

Der „Baum Pasterze I“ wurde von NICOLUSSI (1993) dendrochronologisch ausgewertet (PAST-Z5/Baum I). Da der Baum starken Pressungen durch die Auflast der Pasterze ausgesetzt war, ist der Querschnitt oval, der Kernbereich ist zerbrochen, die Randbereiche sind zusammengestaucht. An einem Teilradius, der praktisch keine Pressungsspuren zeigte, konnten insgesamt 143 Jahrringe ausgemessen werden, einschließlich der gequetschten Randbereiche ließen sich insgesamt rund 225 Jahrringe auszählen.

Die Radiokarbondatierungen haben ein überraschend hohes Alter für die beiden Stammteile ergeben, was ursprünglich für nicht sehr wahrscheinlich, aber möglich gehalten worden war. Vom „Baum Pasterze I“ wurden zwei Proben an jahringmäßig nicht definierter Stelle entnommen und an zwei verschiedene Labors zur Datierung eingeschickt. Die Messung (Tab. 1: Ftl. Nr. 2) ergab ein Alter von 8345 ± 80 Jahren BP (Hv-17781) und bestätigte das Alter der Probe (Tab. 1: Ftl. Nr. 1) von 8000 ± 80 Jahren BP (VRI-1231). Die Altersdifferenz kann unterschiedlichen Jahrringabschnitten des Stammes entsprechen. Der „Baum Pasterze II“ (Tab. 1: Ftl. Nr. 3) ergab ein ^{14}C -Alter von 9180 ± 80 Jahren BP,

es ist einschließlich der späteren Baumfunde das bisher älteste Datum von der Pasterze (K. NICOLUSSI, mündliche Mitteilung).



Abb. 3: Baumscheibe von „Baum Pasterze I“, die Datierung ergab ein ^{14}C -Alter von 8000 ± 80 und 8345 ± 80 Jahren BP (vgl. Tab. 1, Ftl. Nr. 1 und 2). Der Baum wurde durch die starken Pressungen der mehrmals auflastenden Pasterze oval verformt. Foto: H. SLUPETZKY

Fig. 3: Stem cross section from the "Tree Pasterze I", the ^{14}C -dating gave an age of 8000 ± 80 and 8345 ± 80 years BP (see also table 1, Ftl. Nr. 1 and 2). Due to the heavy pressure of the Pasterze glacial ice the cross section obtained an oval form. (Photo: H. SLUPETZKY)

Die Torfproben stammen, wie sich schon aus den Pollenanalysen abzeichnete und nun aufgrund der Altersbestimmungen feststeht, von zwei unterschiedlichen Zeitperioden. Von der Torfprobe A (Abb. 4) ergab das darin enthaltene Holzstück (Tab. 1: Ftl. Nr. 4) ein ^{14}C -Alter von 8070 ± 80 BP (Beta-98143) und der Torf (Tab. 1: Ftl. Nr. 5) 8370 ± 80 BP (Beta-102973) sowie die Torfprobe von Stück B (Tab. 1: Ftl. Nr. 6) 8180 ± 70 BP (Beta-102974). Die beiden anderen, zu unterschiedlichen Zeitpunkten (1990 und 1996) gefundenen Torfstücke wurden mit 4170 ± 60 BP (Tab. 1: Ftl. Nr. 7, VRI-1704) und 3445 ± 70 BP (Tab. 1: Ftl. Nr. 8, Hv-17892) datiert.

9 Diskussion und Schlußfolgerungen (Abb. 5)

Seit dem ersten Fund von Baumstammteilen und einem Torfstück im Herbst 1990 im Gletschervorfeld der Pasterze sind weitere Funde von Torf- und kleinen Holzstücken dazugekommen (abgesehen von den weiteren Baumfunden durch G. PATZELT und K. NICOLUSSI, Innsbruck). Obwohl die Torfproben nur eine Stichprobe sein können und zufallsabhängig sind, bestätigen und ergänzen sie einerseits die

bisherigen Ergebnisse (SLUPETZKY 1993) und fügen andererseits neue Kenntnisse hinzu. Trotz der Lage der Fundstücke nicht in situ tragen die Ergebnisse der Untersuchungen zur Aufhellung der Geschichte der Pasterzenschwankungen bei.



Abb. 4: Die Torfstücke A rechts und B links im Fundzustand. Das Torfstück A enthält ein Stück Holz (Latsche). Das Holz hat ein ^{14}C -Alter von 8070 ± 80 Jahren BP (vgl. Tab. 1: Ftl. Nr. 4), das Torfstück A wurde mit 8370 ± 80 Jahren BP (Tab. 1: Ftl. Nr. 5) und das Torfstück B mit 8180 ± 80 Jahren BP (Tab. 1: Ftl. Nr. 6) datiert. Foto: G. K. LIEB, Oktober 1996

Fig. 4: The pieces of peat as they were found (A on the right, B on the left); piece A contains a wood (*Pinus mugo*). The wood has a ^{14}C age of 8070 ± 80 years BP (see also table 1, Ftl. Nr. 4). The peat A was dated 8370 ± 80 years BP (Ftl. Nr. 5) and peat B was dated 8180 ± 80 years BP (Ftl. Nr. 6). Photo: G. K. LIEB, October 1996.

Das eine Datum mit 9180 ± 80 BP zeigt, daß im späten Präboreal dort, wo heute noch die Pasterzenzunge liegt, Zirbenwachstum möglich war. Die anderen ^{14}C -Datierungen des Baumes mit 8000 ± 80 und 8345 ± 80 Jahren BP weisen darauf hin, daß im mittleren Boreal der Wuchsstandort ebenso eisfrei war. Ob die warmzeitlichen Klimaverhältnisse durch den Vorstoß der Pasterze zur Zeit der „Venedigerschwankung“ - in der Venedigergruppe für die Zeit 8700 bis 8000 BP nachgewiesen (PATZELT & BORTENSCHLAGER 1973: 64f) - beendet waren, kann mit dem ^{14}C -Datum 8000 ± 80 BP allein höchstens für möglich gehalten werden. Zusammen mit den Ergebnissen der weiteren Datierungen, u.a. des Latschenholzes mit 8070 ± 80 BP (Tab. 1: Ftl. Nr. 4) und den Pollenanalysen verdichten sich die Hinweise, daß sich die Klimabedingungen für das Moor- und Baumwachstum gegen 8000 Jahre vor heute verschlechtert hatten. Aus der dendrochronologischen Auswertung des Baumes I (Tab. 1: Ftl. Nr. 2 und 3) kommt NICOLUSSI (1993) zu dem Schluß, daß der Stamm einen Vorstoß der Pasterze um 8000 BP belegt. Die Pasterzenzunge muß um diese Zeit vorgestoßen sein und überfuhr die Zirbenbäume und das Moor, aus dem die gefundenen Torfreste stammen.

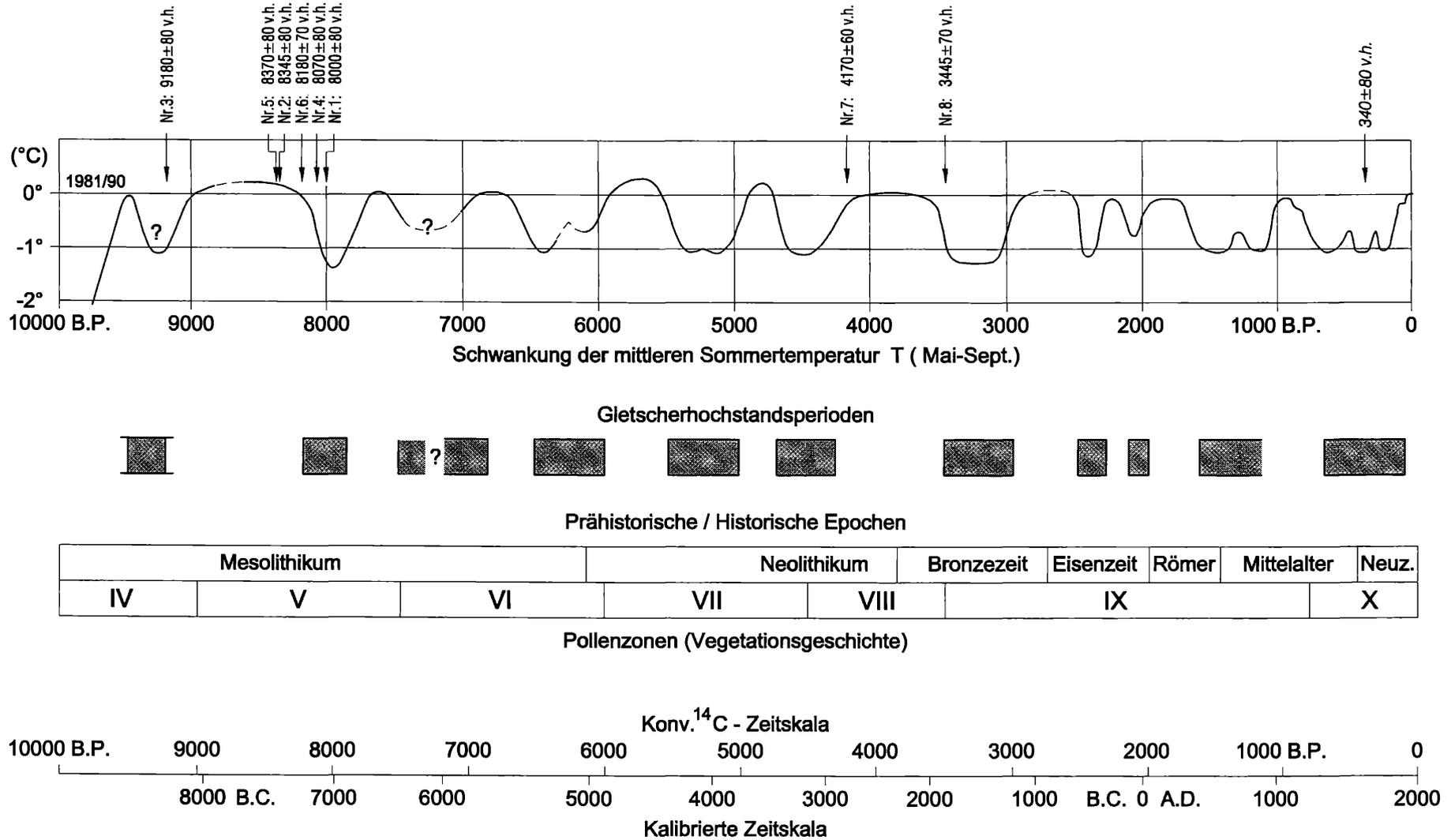


Abb. 5: Die zeitliche Zuordnung der Ergebnisse der ¹⁴C-Altersbestimmungen (Ftl. Nummern siehe auch Tab. 1) von Holz- und Torfproben zum Verlauf der ostalpinen Gletscherschwankungen (Graphik verändert nach G. PATZELT 1995). Das Datum 340±80 (VRI-666) wurde von F. H. UCIK, Landesmuseum für Kärnten in Klagenfurt, mitgeteilt.

Fig. 5: The ¹⁴C age determination of the wood and peat samples in chronological order (for Ftl. Numbers see also table 1) and in relation to the variation of the glaciers in the eastern Alps (graphics slightly changed after G. PATZELT 1995). The date 340±80 (VRI-666) was based on information from F. H. UCIK (state museum of Carinthia in Klagenfurt).

Ob es sich um eine einzige kontinuierliche Klimaverschlechterung und um ein anhaltendes Vorstoßereignis an der Wende Präboreal bis zum mittleren Boreal gehandelt hat oder nicht, ist aus den vorliegenden Funden nicht ableitbar.

Eine mögliche gletschergeschichtliche Interpretation wäre: Bei einem Vergleich der „Venedigerschwankung“ im Gebiet der Venedigergruppe mit jener an der Pasterze ist an die unterschiedliche Größe der Gletscher und damit an einen möglichen Einfluß der Reaktion der Pasterze auf die Ernährungsbedingungen zu denken. Wenn mit dem Baum II (Tab. 1: Ftl. Nr. 3) mit einem Alter von 9180 ± 80 BP hochstämmige Zirben im Becken der heutigen Pasterzenzunge nachgewiesen sind, so konnten hier vor mindestens 9400-9500 Jahren Zirben aufkommen, rechnet man das Alter der Bäume von 200-300 Jahren und die Zeit der Wiederbesiedlung des Gletschervorfeldes mit Vegetation ein. Nach einer mehrere Jahrhunderte andauernden Warmphase muß die Waldgrenze höher und die Pasterze wesentlich kleiner als heute gewesen sein, das heutige Zungenbecken müßte eisfrei und die Vergletscherung wohl auf den heutigen Obersten Pasterzenboden beschränkt gewesen sein. Der Wiederaufbau des Pasterzengletschers zu einem Talgletscher sollte entsprechende Zeit in Anspruch genommen haben, bis über die Steilstufe des heutigen Hufeisenbruches wieder eine geschlossene Gletscherzunge auf den Talboden reichte, das heißt, daß die Pasterze nach einer längeren Anpassungszeit wiederum eine Gletscherzunge ausbildete. Nimmt man überdies eine Lage der Niedermoore und des Baumbestandes weiter talab an, dauerte es entsprechend länger, bis die Pasterzenstirn über die Moore bzw. in den Wald hinein vorstieß. Es ist daher auch zwischen der zeitlichen Parallelisierung der Hochstände mit den Moränenendlagen und den vorhergehenden Eisrandlagen während des Vorstoßes zu unterscheiden. Ob man auf diese Erklärungsversuche zurückgehen muß oder ob die „Venedigerschwankung“ untergliedert und/oder ausgedehnt werden muß (und vorerst ein Lokalname wie „Pasterzenschwankung“ verwendet werden sollte), kann nach den derzeit vorliegenden Kenntnissen nicht beantwortet werden.

Die Datierungsergebnisse der beiden jüngeren Torfstücke belegen - wie sich schon aus den vorangegangenen Pollenanalysen von R. KRISAI abzeichnete (SLUPETZKY 1993: 185) - eine Zeit wärmerer Klimabedingungen, die dem Subboreal zuzuordnen ist. Das eine Datum mit 4170 ± 60 BP (Tab. 1: Ftl. Nr. 7) etwa am Höhepunkt der Warmphase in der ersten Hälfte des Subboreals und das andere mit 3445 ± 70 BP (Tab. 1: Ftl. Nr. 8) in der zweiten Hälfte, das nahe dem Beginn der Löbbenschwankung (3500 BP, PATZELT & BORTENSCHLAGER 1973: 62) der Venedigergruppe liegt, stimmt gut mit der von dort gewonnenen Chronologie überein. Auch in diesem Zeitraum muß die Pasterze zumindest kleiner als heute gewesen sein. Weitere Schlüsse auf die Gletscherstände der Pasterze sind aus den zwei Stichproben nicht möglich.

Die Standorte der Bäume und der Wuchsort der Moore müssen im heute noch von der Pasterze eingenommenen Talbecken gelegen haben, zu Zeiten, als dieses eisfrei war. Wie die Torfstücke mit sehr unterschiedlichem Alter zeigen, müssen zumindest zweimal in der Nacheiszeit nach dem jeweiligen Gletscherrückzug solche Bedingungen geherrscht haben, die das Wachstum von (flachen) Niedermooren zuließen. Diese wurden dann jeweils bei den Vorstößen verschüttet. Der eine Baum (I), der vor etwa 8000 Jahren umgeföhren wurde, muß derart in Grundmoräne (und fluvioglazialen Schottern) begraben worden sein, daß diese Akkumulationen auch bei den nachfolgenden Vorstößen der Pasterze und auch nicht durch Erosion durch den Gletscherbach in den dazwischenliegenden Warmphasen abgetragen wurden. Vermutlich haben subglaziale Bäche erst in jüngerer Zeit zur Freilegung der Bäume und der Torflager und zum Herausschwemmen in das Gletschervorfeld geführt. Beim älteren Baum II ist bezüglich seiner Konservierung an folgendes zu denken: Die dunkle Färbung und die fast schwarzen Stellen am Stamm (Abb. 2) lassen es als durchaus wahrscheinlich erscheinen, daß dieser Baum in einem verschütteten Moor lag.

Im Vorfeld und in den Moränen der Pasterze sind seit einem ersten Fund von F. SEELAND im Jahr 1880 bis in die Gegenwart (bis 1990) nur Bäume jungen Alters, soweit überhaupt eine Altersangabe vorliegt, gefunden worden (SLUPETZKY 1993: 179). Über die postglazialen Hochstände der Pasterze und die dazwischenliegenden Warmphasen hinaus sind neben den gut erforschten neuzeitlichen Gletscherständen bisher drei innerwärmezeitliche Hochstände festgestellt worden (PATZELT 1969). Keine dieser Pasterzenmoränen konnte direkt datiert werden, sie wurden jedoch mit

bodenstratigraphischen Befunden und Analogieschlüssen mit den Gletscherständen der Venedigergruppe parallelisiert (PATZELT 1969: 176f). Mit den nun vorliegenden neuen Ergebnissen kann das Wissen um die nacheiszeitlichen Schwankungen der Pasterze erweitert werden (vgl. Abb 5): Die Pasterze muß im frühen Postglazial während des Präboreals und im frühen Boreal während einer Warmphase kleiner gewesen sein als heute, wobei nachfolgend ein Vorstoß um 8000 BP - während der Venedigerschwankung als sehr wahrscheinlich angenommen werden kann. Im Subboreal ist ebenso eine geringere Größe der Pasterze gegenüber heute nachzuweisen, wobei die sich abzeichnende Abkühlung gegen Ende einer Warmphase mit der anschließenden Lössen-Vorstoßphase übereinstimmt.

10 Dank

Die Altersbestimmungen der Proben wurden von E. PAK vom Institut für Radiumforschung und Kernphysik in Wien, M.A. GEYH vom Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung in Hannover und bei Beta Analytic Inc.-Radiocarbon Dating Service, Miami, U.S.A., durchgeführt. J. VAN LEEUWEN, Bern, ergänzte die Pollenbestimmungen der Analyse 5. G. HALBWACHS, Botanisches Institut der Universität für Bodenkultur, Wien, bestimmte die Holzart der Baumstämme. W. GRUBER, Institut für Geographie der Universität Salzburg, stellte die Abbildungen her.

Der Grundbesitzer, der Österreichische Alpenverein, stand der Suche nach organischem Material im Pasterzenvorfeld sehr positiv gegenüber. G. MUSSNIG und A. REIF von der Nationalparkverwaltung Kärnten führten die Bergung des Baumstammes I durch. Die Großglockner-Hochalpenstraßen AG ermöglichte die kostenlose bzw. ermäßigte Benutzung der Großglockner-Hochalpenstraße.

K. NICOLUSSI und G. PATZELT vom Institut für Hochgebirgsforschung der Universität Innsbruck informierten uns u.a. über die weiteren Baumfunde von der Pasterze und stellten den Bericht über die dendrochronologische Auswertung des Baumes I zur Verfügung. G. PATZELT danken wir für die Durchsicht des Manuskripts.

Anmerkung

Eine Hälfte des Baumes I ist als „Pasterzenbaum“ im Nationalparkhaus „Alte Schmelz“ in Großkirchheim und ein weiteres Stück in der Informationsstelle des Nationalparks Hohe Tauern Kärnten in Heiligenblut ausgestellt.

11 Literatur

- BÖHM, H. (1969): Die Waldgrenze der Glocknergruppe. - Wiss. Alpenvereinshefte 21: 143-167.
- FRIEDEL, H. (1956): Die alpine Vegetation des obersten Mölltales (Hohe Tauern). - Wiss. Alpenvereinshefte 16: 153pp.
- GAMS, H. (1936): Beiträge zur pflanzengeographischen Karte Österreichs I. Die Vegetation des Großglocknergebietes. - Abh. der Zoolog. Botan. Ges. in Wien, 16/2: 79pp.
- GEISER, E. (1998): 8000 Jahre alte Reste eines Bergblattkäfers *Oreina cacaliae* (SCHRANK) von der Pasterze. Wiss. Mitt. Nationalpark Hohe Tauern, Bd. 4: 41-46.
- GEYH, M. A. (1986): Gletscherschwankungen der letzten 10000 Jahre. In: RÖTHLISBERGER, F.: 10000 Jahre Gletschergeschichte der Erde. Verlag Sauerländer: 317-330.
- KRAL, F. (1979): Spät- und postglaziale Waldgeschichte der Alpen auf Grund der bisherigen Pollenanalysen. - Veröff. des Inst. für Waldbau an der Univ. für Bodenkultur in Wien, 175pp.
- KRISAI, R., BURGSTALLER, B., EHMER-KÜNKELE, U., SCHIFFER, R. & WURM, E. (1993): Die Moore des Ost-Lungau - Heutige Vegetation, Entstehung, Waldgeschichte ihrer Umgebung. - Sauteria, Bd. 5, Salzburg, 240pp.

- LANG, H. & LIEB, G. K. (1993): Die Gletscher Kärntens. - Naturwiss. Verein für Kärnten, Klagenfurt, 184pp.
- NICOLUSSI, K. (1993): Kurzbericht zur dendrochronologischen Auswertung einer weiteren Baumscheibe (PAST-Z5/Baum I) aus dem Gletschervorfeld der Pasterze. - Unveröff. Bericht, Inst. f. Hochgebirgsforschung, Univ. Innsbruck, 3pp.
- PATZELT, G. (1969): Zur Geschichte der Pasterzenschwankungen. - Wiss. Alpenvereinshefte 21, Deutscher Alpenverein, München: 171-179.
- PATZELT, G. (1973): Die neuzeitlichen Gletscherschwankungen in der Venedigergruppe (Hohe Tauern, Ostalpen). - Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie 9/1-2: 5-57.
- PATZELT, G. (1980): Neue Ergebnisse der Spät- und Postglazialforschung in Tirol. - Jahresber. Österr. Geogr. Ges., Zweigverein Innsbruck: 11-18.
- PATZELT, G. (1995): 1st Day: July 23; Stops 1-5. - In: VAN HUSEN, D.: Eastern Alps Traverse (= INQUA 1995. Quaternary field trips in Central Europa. 7): 381-434.
- PATZELT, G. (1997) Gletscher als Klimazeugen. - Mitteilungen des Österr. Alpenvereins OeAV 97/2: 20-21.
- PATZELT, G. & BORTENSCHLAGER, S. (1973): Die postglazialen Gletscher- und Klimaschwankungen in der Venedigergruppe (Hohe Tauern, Ostalpen). - Zeitschrift für Geomorphologie, Neue Folge, Supp.-Bd. 16: 25-72.
- PUNT, W. & NIENHUIS, W. (1976): Gentianaceae. - In: PUNT, W. (Hrsg.): The Northwest European Pollen Flora Part 1. Amsterdam - Oxford - New York: 89-124.
- SLUPETZKY, H. (1993): Holzfunde aus dem Vorfeld der Pasterze. Erste Ergebnisse von ¹⁴C-Datierungen. Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie 26/2 179-187
- WAKONIGG, H. & LIEB, G. K. (1996): Die Pasterze und ihre Erforschung im Rahmen der Gletschermessungen. - Wissenschaft im Nationalpark Hohe Tauern, Kärntner Nationalpark-Schriften 8: 99-115.

Adressen der Autoren:

Univ.Prof. Dr. Heinz Slupetzky
 Institut für Geographie
 Abteilung für Schnee- und Gletscherkunde
 Universität Salzburg
 Hellbrunnerstraße 34
 A-5020 Salzburg
 e-mail: Heinz.Slupetzky@sbg.ac.at

Tit.Ao. Univ.Prof. Dkfm. Dr. Robert Krisai
 Institut für Botanik
 Universität Salzburg
 Hellbrunnerstraße 34
 A-5020 Salzburg
 e-mail: rokri@ping.at

Ao. Univ.Prof. Mag. Dr. Gerhard Karl Lieb
 Institut für Geographie
 Universität Graz
 Heinrichstraße 36
 A-8010 Graz
 e-mail: Gerhard.Lieb@kfunigraz.ac.at