KLIMAGESCHICHTE DER HOHEN TAUERN

Spätwürmzeitliche und postglaziale Klima- und Vegetationsentwicklung in den südlichen Hohen Tauern (Ostalpen, Kärnten)

Ergebnis der Bohrungen am Stappitzer See bei Mallnitz

Adolf Fritz & Friedrich H. Ucik

Eingelangt am 11.05.2001

INHALTSVERZEICHNIS

		50100
1	Zusammenfassung	6
2	Summary	6
3	Keywords	7
4	Einleitung und Zielsetzung	7
5	Untersuchungsraum	9
5.1	Geographische Lage	9
5.2	Die geologischen Verhältnisse im Raum Stappitzer See – Seebachtal	10
5.2.1	Der geologische Rahmen	10
5.2.2	Die geologischen Detailverhältnisse im Bereich des Stappitzer Sees	12
5.3	Wetter und Klima	20
5.4	Vegetation	21
5.5	Stappitzer See	23
6	Methoden	23
6.1	Lithologische Beschreibung der Sedimente	23
6.2	Ermittlung der Korngrößen und Durchführung von Schlämmanalysen	24
6.3	Feststellung der Sedimentfarbe und Ermittlung des Huminsäuregehaltes	24
6.4	Holzbestimmungen	24
6.5	Registrierung pflanzlicher und tierischer Kleinfossilien	25
6.6	Altersbestimmungen	25
6.6.1	Radiometrische Datierungen	25
6.6.2	Pollenstratigraphie als relative Altersbestimmungsmethode	25
6.6.3	Sedimentationsraten	26
6.7	Pollen- und Sporenanalyse	26
6.7.1	Laborarbeiten	26
6.7.2	Mikroskopie	27
6.7.3	Aufbau des Pollendiagramms Stappitzer See	27
6.7.4	Im Pollendiagramm nicht gesondert aufscheinende Pollen- und Sporentypen	28

Seite

7	Interpretierte Ergebnisse zur Klima- und Vegetationsgeschichte 29
7.1	Ergebnisse der die Pollenanalyse ergänzenden Methoden
7.1.1	Ergebnisse aus den Bohrprofilen
7111	Lithostratigraphische Ergebnisse der Bohrprofile STA-1 und STA-5
7112	Bohrung STA-2. Lithostratigraphie und Pollenspektrum
7113	Bohrung STA-3: Lithostratigraphie und Pollenanalyse
7111	Bohrung STA-4. Lithostratigraphie
7.1.1.4	Vlimetische Deutung der Schluffleurve
7.1.2	Sa diasantfacha an d Handing ön Schultkul ve
7.1.3	Sedimentiarbe und Huminsauregenalt
7.1.4	Holzbestimmungen
7.1.5	Funde pflanzlicher und tierischer Kleinfossilien
7.1.5.1	Pflanzenreste
7.1.5.2	Arthropodenreste
7.1.6	Altersbestimmungen
7.1.6.1	Radiometrische Datierungen
7.1.6.2	Sedimentationsraten
7 2	Freehnisse der Pollen- und Sporenanalyse
7.2	Pollankörner mit fossilam Dissma
7.2.1	Ponenkolner hint lossilein Flashia
1.2.2	Bemerkungen zur fossilen Pollenflora
7.2.3	Klima- und Vegetationsgeschichte der südlichen Hohen Tauern
7.2.3.1	Allgemeine Bemerkungen zum Pollendiagramm Stappitzer See
7.2.3.2	Ausgehendes Pleniglazial 4
7.2.3.2.1	Diagrammabschnitt 1 (-160 m bis -144 m)
7.2.3.2.2	Diagrammabschnitt 2 (-144 m bis -140 m) 5
7.2.3.2.3	Diagrammabschnitt 3 (-140 m bis -136 m)
7.2.3.2.4	Diagrammadschnitt 4 (-130 m dis -113 m) 5 Zum Broblem der Bellenfunde wörmelichender Cehölge en der Besie enötglegieler Sedimente
7.2.3.2.3	Zum Frobenn der Pohemunde warmenebender Genoize an der Basis spatgiazialer Sedimente 5
7.2.3.3	Diagrammahechnitt 5 (113 m his 80 m)
7.2.3.3.1	Diagrammadschmitt 5 (-115 m bis -00 m) 5 Pollenzone Ia (15000 bis 13000 vor heute) 5
72333	Pollenzone Ib (13000 bis etwa 12200 vor heute)
7.2.3.3.4	Pollenzone Ic (etwa 12200 bis 12000 vor heute)
7.2.3.3.5	Diagrammabschnitt 6 (-80 m bis -69 m)
7.2.3.3.6	Diagrammabschnitt 7 (-69 m bis -60 m)
7.2.3.3.7	Spätwürmzeitliche Gletscherstände
7.2.3.4	Postglazial
7.2.3.4.1	Diagrammabschnitte des Postglazials
7.2.3.4.2	Diagrammabschnitt 8 (-60 m bis -57 m)
7.2.3.4.3	Diagrammabschnitt 9 (-57 m bis 0 m)
7.2.3.4.4	Gletscherstände und Klimaperioden
	Präboreale Erwärmung bei -60 m 6
	Frühpräboreale Klimapendelungen zwischen –60 m und -57 m
	Praboreale Erwärmung mit Fichtenpollengiptel zwischen -57 m und -56,5 m
	Praborealer Klimaruckschlag mit Hefpunkt bei -56 m
	boi 54.5 m
	0cl - J4, J III
	Erwärmung im Übergang Boreal/Atlantikum mit Eichtenausbraitung zwischen
	-52 5m und -51 5 m
	Atlantischer Klimariickschlag mit Tiefpunkt bei -51 m
	Höhepunkt der (lokalen) postglazialen Wärmezeit um -50 m?
	Fichtenausbreitung mit Fichtenpollengipfel bei -49.5 m
	Atlantisch/subboreale Klimaverschlechterung mit Tiefpunkten um -48 m und -45 m 6
	Klima der Bronzezeit (Subboreal, Späte Wärmezeit)
	Klima seit der Hallstattzeit
7.2.3.4.5	Vegetationsentwicklung
7.2.3.4.6	Spuren des Menschen in der Pollenflora

8	Diskussion	73		
8.1	Lokalität Stappitz	73		
8.2	Zum Abschmelzen der alpinen Eiskalotte	74		
8.3	Altstadiale Gletscherstände (Bühl, Steinach)	77		
8.4	Pflanzliche Wiederbesiedlung	77		
8.5	Feinstkornsedimente und Huminsäuregehalte als Klimazeugen	78		
8.6	Glazial- und Interglazialklima	78		
8.7	Klimatische Stellung des Spätglazials7			
8.8	Zur glazialgeologischen Definition des Spätglazials aus der Sicht der neuen Ergebnisse	79		
9	Dank	80		
10	Literatur	81		
Adress	sen der Autoren	85		
Anha	ng: Liste der in Text und Pollendiagramm angeführten Pflanzentaxa	86		
WISS	ENSCHAFT FÜR JEDERMANN	91		

Anlage: Pollen- und Klimadiagramm Stapitzer See

1 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit ist das Ergebnis pollenanalytisch-glazialgeologischer Untersuchungen an den Bohrkernen aus dem Verlandungsgebiet des Stappitzer Sees (STA-1 bis STA-5) im Seebachtal in den südlichen Hohen Tauern (Kärnten). Die Bohrungen wurden teils für ein Projekt der Österreichischen Draukraftwerke AG in den Jahren 1979 bis 1981 (STA -1 bis STA-4), teils im Auftrag des Wissenschaftlichen Beirates des Nationalparkrates Hohe Tauern 1999 (STA -5) niedergebracht.

Die pollenanalytische Bearbeitung des insgesamt 160 m mächtigen Sedimentprofils (STA-1 und STA-5) ermöglicht eine lückenlose Rekonstruktion der Vegetations- und Klimageschichte zurück bis in das ausgehende Pleniglazial des 17. und 18. Jahrtausends vor heute. Damit gelingt es, in jene klimatisch sehr günstige, noch vor der Pollenzone Ia des Spätglazials einsetzende Abschmelzphase der würmglazialen Eiskalotte vorzudringen, auf die bereits ZOLLER hinwies.

Das ausgehende Pleniglazial, das in der Bohrung STA-5 (-80 m bis -160 m) einen 42 m mächtigen Sedimentkomplex mit moränenartigen, fluvio-glazialen, sander- und sanderseeartigen Ablagerungen umfasst, erweist sich nicht als ausgesprochene Kaltzeit, sondern liegt in stadialen und in interstadialen Vegetations- und Klimaphasen vor, die als Stappitzer Klimaschwankungen bezeichnet werden und in deren Rahmen noch vor dem Spätglazial die ersten Gehölze (u. a. Grün-Erle, Fichte, Lärche) in das Seebachtal einwanderten. Diese Klimaschwankungen werden nicht nur aus der fossilen Pollenüberlieferung, sondern auch aus dem Verhalten jenes Talgletschers erkennbar, dessen Gletscherzunge wiederholt über den heutigen Raum des Stappitzer Sees hinaus in Richtung Mallnitz vorstieß und so zu einem mehrmaligen Wechsel von Moränen, Sander- und Sanderseeablagerungen führte. Die zeitliche Parallelisierung der jüngeren Gletscherbewegungen, etwa ab -148 m, mit dem Steinach-Stadium bzw. der älteren Gletscherbewegungen mit dem Bühl-Stadium wäre denkbar.

Der im Seebachtal erbrachte pollenanalytische Nachweis klimatisch günstiger Verhältnisse im ausgehenden Pleniglazial bestätigt die schon seit Jahren in der Fachliteratur ausgesprochene Vermutung, dass der Zerfall des alpinen Eisstromnetzes sehr früh und auch sehr rasch erfolgt sein musste. Die Untersuchungen im Seebachtal machen aber deutlich, dass dieser Zerfall, soweit es den Draugletscher betrifft, nicht nur zur Zeit des ausklingenden Pleniglazials eingeleitet, sondern entgegen jeder bisheriger Erwartung noch vor dem Spätglazial abgeschlossen wurde. Mangels radiometrisch datierbarer organischer Substanz ist es leider nicht möglich, diesen Zeitabschnitt des ausgehenden Pleniglazials seinem Alter nach festzulegen.

Das Spätglazial in seiner konventionellen Abgrenzung von 15000 bis 10000 vor heute erweist sich nach dem Pollendiagramm des Stappitzer Sees insgesamt als ein neuerlicher, sehr intensiver Kälterückschlag, der vermutlich nur deshalb nicht wieder zu einer ausgedehnten Vereisung der Alpen führte, weil offenbar die erforderlichen Niederschläge fehlten. Die klimatische Entwicklung im Spätglazial des Seebachtales zeigt bereits ab der Pollenzone Ia eine leichte, allmähliche Erwärmung, welche durch die Kaltphasen des Gschnitz- und Daun-Stadiums unterbrochen wurde. Die Bölling-Warmzeit tritt nur mit einem sehr kurz anhaltenden Erwärmungsstoß in Erscheinung, sodass lediglich schwache Folgewirkungen auf die Entwicklung der Vegetation zu erkennen sind. Ebenso ist die mit Beginn der Pollenzone Ib einsetzende Wacholder-Ausbreitung als Initialphase der im Alleröd (II) stattfindenden spätglazialen Einwanderung baumförmiger Gehölze (Lärche, Zirbe) schwach entwickelt.

Die postglazialen Klima- und Vegetationsverhältnisse im Seebachtal lassen sich sowohl an Hand der Pollenüberlieferung als auch an Hand der Korngrößen- und Huminsäureuntersuchungen in zahlreichen Einzelheiten nachvollziehen. Zudem gibt das Auftreten bändertonartiger Schichtungen im Zusammenhang mit der Schlaten-, Venediger- und Rotmoos-Kaltphase zusätzliche Hinweise auf das klimatische Geschehen. Unter Bedachtnahme auf die Verteilung der Korngrößen (Ton, Fein- und Mittelschluff) und der Huminsäureanreicherungen im Sediment sowie der Sedimentfarben lässt sich für die Hohen Tauern eine postglaziale Wärmeperiode nachweisen und zeitlich abgrenzen, was seitens der Glazialgeologie für die Alpen bislang in Zweifel gestellt wurde.

2 Summary

CLIMATOLOGICAL HISTORY OF THE HOHE TAUERN

Lateglacial and postglacial development of climate and vegetation in the southern Hohe Tauern (Eastern Alps, Carinthia)

Results of the drillings at the Stappitzer lake near Mallnitz

Results of pollen and glacial-geological investigations obtained from the Stappitzer lake in the Seebach valley of the southern Hohe Tauern in Carinthia are presented. The pollen-analytical investigation of the 160 m deep sediment profile allows a reconstruction of the vegetational and climatological history dating back to 18,000 years before present. This enables to take a view into the melting phase of the Alpine ice sheet prior to the lateglacial pollenzone Ia (the oldest treeless period before alder, spruce and larch migrated into the region). The climatic changes are not only documented by the pollen study, but also by the response of the glacier, the tongue of which reached beyond the Stappitzer lake toward Mallnitz, which led to numerous moraines and various sedimentary deposits.

The pollen-analytical investigations in the Seebach valley give proof of favorable climatic conditions in the final glacial phase which led to a rapid and early decay of the Alpine ice sheet. The melting process of the "Würm Glacial Period" in the Alps had already begun during the outgoing pleniglacial period. Due to lacking organic material it is not possible to date the pleniglacial period.

The late ice age (15,000-10,000 before present) proved to be a renewed cold period according to the pollen profiles, which however, presumably did not result in an expanded glaciation of the Alps due to insufficient precipitation which would allow glaciers to expand.

The climatological development in the Seebach valley indicates a slight warming phase following pollenzone Ia which was interrupted by minor cold periods in the Gschnitz and Daun phases. The so called "Bölling warm phase" had little effect on the vegetation. Thus the expansion of juniper in the late glacial period and the migration of larch and stone pine is only slightly recognizable.

The postglacial sediments and the postglacial cold periods in this valley are revealed by banded clay sediments. The intermittent warm periods left dark, black-brownish layers in the sediment because of considerable addition of organic matter. This is proof of postglacial warm periods, which was previously questioned on the basis of glacial geology in the Alps.

3 Keywords

Hohe Tauern, Seebach valley, core-drilling, pollen-analysis, history of vegetation, history of climate, lateglacial, postglacial.

4 Einleitung und Zielsetzung

Die pollenanalytisch-glazialgeologischen Untersuchungen der Sedimente aus dem Verlandungsgebiet des Stappitzer Sees im Seebachtal bei Mallnitz auf der Südabdachung der Hohen Tauern gehen auf eine Anregung des Zweitautors zurück, der für die damaligen Österreichischen Draukraftwerke AG die in den Jahren 1979 bis 1981 erbohrten Seesedimente untersuchte und protokollierte.

In diesem Zusammenhang wurden in den überwiegend mineralischen Sedimenten zahlreiche Holzreste aufgefunden, die offensichtlich die Existenz einer ehemaligen Vegetation bezeugten. Dieses Faktum war die Veranlassung, in den schluffig-sandigen Ablagerungen auch nach fossilem Pollen zu suchen. Durch die Errichtung des Nationalparks Hohe Tauern liegt der Stappitzer See heute im Bereich dieses Schutzgebietes, und die beiden Autoren versuchten daher, den Wissenschaftlichen Beirat des Nationalparkrates für eine pollenanalytische Untersuchung der Seeablagerungen im Rahmen eines wissenschaftlichen Forschungsprojektes zu interessieren.

Die ersten Testuntersuchungen auf Pollen verliefen positiv, und es erschien daher eine eingehendere pollenanalytische Untersuchung erfolgversprechend. Die Untersuchungen konzentrierten sich vorerst auf die Bohrung STA-1 (Stappitzer See-1) der Österreichischen Draukraftwerke AG mit einer Bohrkernlänge von 96 m. Die Mächtigkeit der Seeablagerung ließ einen Einblick bis weit in die spätglaziale Vergangenheit erwarten, was sich im Zuge der Bearbeitung auch bewahrheitete. Die Feststellung, dass die Sedimente noch in der Tiefe von 96 m reichlich und gut erhaltenen Pollen führen, ohne dass damit der Beginn der pflanzlichen Wiederbesiedlung des Gebietes erreicht ist, veranlasste die beiden Autoren, dem Wissenschaftlichen Beirat des Nationalparkrates die Erbohrung der tieferen Schichten ab -96 m bis zur Grundmoräne, eventuell auch bis zum anstehenden Fels, vorzuschlagen, um die Kenntnis der Vegetations- und Klimageschichte des Tales zu vervollständigen und umfassend darzustellen.

Da nach den seismischen Untersuchungen, die im Rahmen der Erkundungen der Österreichischen Draukraftwerke AG durchgeführt worden waren, der Fels im Verlandungsgebiet des Stappitzer Sees in einer Tiefe von 150 m vermutet wurde, schien es zu genügen, die Bohrung STA-5 maximal bis in eine Tiefe von 160 m niederzubringen. Den anstehenden Fels zu erreichen, gelang leider nicht. Es wurde aber ab einer Tiefe von 118 m ein Sedimentkomplex aus Moränenmaterial, fluvio-glazialen Ablagerungen und Sandersedimenten angetroffen und in einer Mächtigkeit von 42 m durchbohrt. Damit ist es möglich, die Rekonstruktion der Vegetations- und Klimageschichte in den glazialgeologischen Ablauf der abschmelzenden Würm-Vergletscherung einzubinden. Auf die Bedeutung pollenanalytischer Untersuchungen von Endmoränenständen, insbesondere der Rückzugsstadien, hat bereits ZAGWIJN (1952: 3) hingewiesen.

Wenn jetzt nach vier Jahren intensiver Untersuchungsarbeit die Ergebnisse in der Meinung vorgelegt werden, die Beobachtungsbefunde mehr oder weniger umfassend ausgewertet zu haben, so ist es den Autoren dennoch bewusst, dass sicherlich in der einen oder anderen Richtung noch eingehendere Untersuchungen wünschenswert und möglich wären.



Abb. 1: Geographische Lage des Seebachtales bei Mallnitz, Hohe Tauern, Kärnten, Österreich
Fig. 1: Geographical situation of the Seebach valley near Mallnitz, Hohe Tauern, Carinthia, Austria
Zeichnung (drawing): Helga Mühlbacher



Abb. 2: Das Seebachtal als glazial geformtes Trogtal mit Blick auf die Berge der Hochalm-Ankogel-Gruppe

Fig. 2: Seebach valley, a valley formed by glaciers, with a view to the mountains of the Hochalm-Ankogel-group Foto: A. Fritz

5 Untersuchungsraum

5.1 Geographische Lage

Das Seebachtal ist ein im Wesentlichen Ost-West verlaufendes Seitental an der Südabdachung der Hohen Tauern. Es befindet sich in der Außenzone des gleichnamigen Nationalparks im Bundesland Kärnten. Man erreicht es vom Mölltal aus, indem man bei Obervellach nach Mallnitz abzweigt, wo sich das Seebachtal mit dem Tauerntal vereinigt (Abb. 1). Von Mallnitz aus verläuft das erstere im leichten Bogen ostwärts und wird im Talschluss vom heute noch vergletscherten Hochalm-Ankogel-Massiv umgrenzt. Als typisch glazial überprägtes alpines Hochtal zeigt es eine geradezu lehrbuchhafte Trogform (Abb. 2). Im beckenartig verbreiterten Talausgang liegt in einer Seehöhe von 1273 m der Stappitzer See (Abb. 3) als Rest eines ehemals ausgedehnteren Stillgewässers mit den Erdkoordinaten 13° 11' 45'' östlich von Greenwich und 47° 01' 06'' nördlicher Breite (Österreichische Karte 1:50000, Blatt 155 Bad Hofgastein). In seinem Verlandungsbereich wurden die Bohrungen durchgeführt, deren genaue Situierung Abbildung 4 zu entnehmen ist.

Das Seebachtal ist heute im Sommer ein viel besuchtes Ausflugsziel und im Winter ein beliebtes Schigebiet, das durch die Ankogel-Seilbahn für den Tourismus erschlossen ist.



Abb. 3: Luftaufnahme des unteren Abschnittes des Seebachtales mit dem Stappitzer See
Fig. 3: Aerial view of the lower part of the Seebach valley with the Stappitzer lake
Luftbild (aerial photograph): S. Tichy, Amt der Kärntner Landesregierung, Abt. 15



Abb. 4:Lageplan zu den Bohrungen im Verlandungsgebiet des Stappitzer SeesFig. 4:Topographical sketch of the investigation area at the Stappitzer lake with the drill sites

Zeichnung (drawing): Helga Mühlbacher, nach einem Entwurf von (from a draft by) F.H. Ucik 1998

5.2 Die geologischen Verhältnisse im Raum Stappitzer See - Seebachtal

Für die Bildung eines relativ langlebigen, Sediment sammelnden Sees im Bereich Stappitz waren zwei wesentliche geologische Bedingungen verantwortlich: einerseits ein geeigneter geologischer Aufbau des Tales und andererseits die spezielle quartärgeologische Geschichte des untersuchten Bereiches nach dem Höhepunkt der Würm-Vereisung.

5.2.1 Der geologische Rahmen

Das Gebiet um Mallnitz einschließlich des Seebachtales gehört zur Gänze dem Bereich des "Tauernfensters" (nähere Informationen in ANGEL & STABER 1952, EXNER 1962, 1964) an, dessen Gesteine eigentlich zu den penninischen Gebirgsbaueinheiten der Westalpen zählen. Infolge des Stockwerkbaues, der im Verlaufe der vor etwa 100 Millionen Jahren einsetzenden Alpidischen Gebirgsbildung entstand, liegen heute diese westalpinen Einheiten viele Kilometer tief unter den ostalpinen Baueinheiten und kommen nur in einigen geologischen "Fenstern", wo die höheren Baueinheiten fehlen, an die Oberfläche. Das größte derartige geologische Fenster ist das in ost-westlicher Richtung ca. 160 km lange Tauernfenster (Liesertal-Brenner-Furche), in dem auch der hier behandelte Bereich liegt. Vier verschiedene Hauptgesteinsgruppen bauen das Tauernfenster auf:

- 1. das Altdach altpaläozoische Gesteine, die nach mehreren Umwandlungen im Verlauf von Gebirgsbildungen nunmehr als Amphibolite und verschiedenartige Gneise vorliegen,
- 2. die aus jungpaläozoischen Magmamassen entstandenen, mehr oder minder granitischen Zentralgneis-Kerne,
- 3. eine geringmächtige, lückenhafte und nur stellenweise erhaltene Permo-Trias (Sandsteine, Konglomerate, Quarzite, Kalke, Dolomite etc.) und
- 4. die aus kalkig-quarzitischen und tonigen Sand-Schlammschichten sowie basischen vulkanischen Schichten des mittleren und jüngeren Mesozoikums entstandenen mächtigen Serien der Schieferhülle.

Während der Talboden von Mallnitz aufwärts bis zur Einmündung des Tauern-Baches in Gesteine der basalen und zentralen Schieferhülle eingesenkt ist, quert beim Stappitzer See eine wenige hundert Meter mächtige Lage des Altdaches das Seebachtal. Danach wird dieses Tal weiter einwärts zunächst auf 5-6 km Länge von weiteren altkristallinen Serien sowie mehr oder weniger veränderten Mischgesteinen (Tonalite, Migmatite u. a.) am Rande der Gneiskerne aufgebaut, ehe das oberste Seebachtal den vor allem aus nur wenig veränderten Granitgneisen bestehenden Hochalm-Zentralgneis erreicht.

Diese festen granitischen und granitähnlichen Gneise sowie die Amphibolite waren im Allgemeinen stabil genug, um die eiszeitlich entstandene Trogform des Seebachtales weitestgehend zu bewahren. Die Höhe der Trogwände wird nur durch die vorgelagerten Schwemmkegel und Schutthalden etwas vermindert, während sich über den Trogschultern vielfach die schwächer geneigten Flächen der Hochalmböden erstrecken, auf welchen einerseits die letzten heute noch vorhandenen Gletscher und Eisflecken liegen und sich andererseits die ausgedehnten Spuren der jüngsten spätglazialen Gletscher und der Eisstände des 19. Jahrhunderts finden.

Die unterschiedliche Standfestigkeit der einzelnen Gesteinsserien führte auch zu einem wechselnden Verhalten der Talhänge nach dem Abschmelzen der eiszeitlichen Gletscher und damit zur differenzierten Entwicklung der Talformen wie auch der jungen Sedimentfolgen der Talböden. Die Eiszeitgletscher gestalteten im Allgemeinen die Talquerschnitte zu U-förmigen Trogtälern mit sehr steilen, oft sogar vertikalen Talflanken um. Die aushobelnden Gletschermassen waren aber zugleich auch Stütze für viele Talhänge. So gerieten nach dem Abschmelzen der Gletscher diese übersteilten Talhänge an vielen Stellen unter dem Einfluss der Schwerkraft vor allem dann in Bewegung, wenn die Standfestigkeit des Gesteinskörpers als Ganzes überschritten wurde. Entweder saßen stark schiefrige Schichtpakete bei dafür günstiger Schichtenlagerung in zahlreichen Staffeln und Stufen ab, wobei die Schichtköpfe oft hakenartig gegen das Tal verkippten (z.B. auf der linken Seite des unteren Mölltales zwischen Obervellach und Pusarnitz, die hauptsächlich von Gesteinen der Schieferhülle aufgebaut wird) oder größere Gesteinspartien lösten sich als Ganzes vom übrigen Bergkamm und donnerten als Bergsturz zu Tal. Ein solcher, fast stromartiger, gegen 100 Millionen m³ umfassender Bergsturz ging nach Abschmelzen des großen eiszeitlichen Gletschers von der Südflanke des Auernig nieder und füllte den untersten Abschnitt des Mallnitzbachlaufes bis ins Mölltal hinab auf, während er beim Weiler Rabisch mit einer stark gegliederten Tomalandschaft auf seiner Oberfläche das Tal absperrte, sodass hinter diesem stauenden Riegel der Talboden aufgeschüttet wurde, wo sich heute der Gemeindehauptort Mallnitz in 1191 m Seehöhe befindet. Wahrscheinlich hat sich auch hier hinter den stauenden Bergsturzmassen vorübergehend ein See gebildet - eine entsprechende Untersuchung fehlt.

Im Bereich des Seebachtales bzw. im Speziellen des Stappitzer Sees war hingegen die Festigkeit des gesamten Gesteinskomplexes bereits groß genug, dass die steilen Talhänge des eiszeitlich gebildeten Trogtales weitestgehend erhalten blieben. Hier erfolgte ein wesentlicher Materialabtrag von den Bergen eigentlich nur durch Seitenbäche und Seitenrinnen, die am Fuße der Berghänge zahlreiche, z.T. weit in den Talboden hinaus reichende Kegel aufschütteten. Der weitaus größte unter diesen Bachschwemmkegeln ist jener, der auf der orographisch linken Talseite von einem namenlosen, durch Ver-

einigung mehrerer Gerinne auf der Nordseite des Kammes zwischen Oberem Auernig, Törlkopf und Wasenle Kopf entstandenen Bach bei einem Kegelradius von 1250 m aufgeschüttet wurde (Abb. 5, siehe auch Abb. 4). Unmittelbar talaufwärts dieses Riesenschwemmfächers entstand auf der gegenüberliegenden, orographisch rechten Talseite durch den Tauernbach ebenfalls ein größerer, wenn auch in seinen Ausmaßen vergleichsweise stark zurücktretender Schwemmkegel. Man darf mit Sicherheit annehmen, dass die Aufschüttung dieser beiden Bachkegel schon im ausgehenden Pleniglazial in einem bedeutenden Ausmaß erfolgte, sodass es dahinter ab dieser Zeit (ca. 16000 vor heute) einen See von bedeutender Tiefe (mindestens einige Zehnermeter) gab.



Abb. 5: Stappitzer See mit dem aufstauenden Schwemmkegel auf der orographisch linken Talseite

Fig. 5: Stappitzer lake with the alluvial fan on the orographically left side of the valley

Foto: A. Fritz

5.2.2 Die geologischen Detailverhältnisse im Bereich des Stappitzer Sees

Vor dem Abteufen der ersten vier Bohrungen durch die Österreichische Draukraftwerke AG (ÖDK) in den Jahren 1979 bis 1981 war über die Sedimentfüllung des Seebachtales nichts bekannt, ebenso wenig über die Tiefenlage des anstehenden Felsens. Es war daher die Tatsache, dass die Bohrung STA-1 bis zu ihrer Endteufe bei -96 m unter der Geländeoberkante in typischen Seeablagerungen verblieb, aus geologischer Sicht eigentlich überraschend. Ebenso unerwartet waren die zum Teil reichlichen Holzfunde in diesen Sedimenten bis -55,30 m, die letztlich Anstoß für die nunmehr vorliegende Arbeit waren. Die folgenden Angaben beruhen daher auf eigenen Ergebnissen und Interpretationen.

Eine damals durchgeführte Refraktionsseismik sollte die Tiefenlage des festen Felsuntergrundes ermitteln. Während die meisten seismischen Profile keine eindeutigen diesbezüglichen Angaben erbrachten, hat ein etwa 40 m südlich vom Bohrungspunkt STA-5 verlaufendes Tallängsprofil einen "größten feststellbaren Abstand zum festen Fels mit ca. 150 m" (ÖDK-Archiv) ergeben, was als mögliche Mindesttiefe des Felses interpretiert wurde. Die nahe gelegene Bohrung STA-5 (Abb. 6) wurde daher auf -160 m angelegt, verblieb aber bis zu dieser Tiefe in Lockersedimenten. Wenn auch die Bohrung STA-5 nicht - wie erhofft - den anstehenden Fels erreichte, so wurden

- einerseits doch Schichten aus der Endphase des gerade noch den Talboden erreichenden würmzeitlichen Gletschers erbohrt und
- ermöglichen andererseits die Ergebnisse der nunmehr vorhandenen fünf Bohrungen eine grundsätzliche Rekonstruktion der Talfüllung und die Erstellung eines einigermaßen verlässlichen Talprofils (Abb. 7).



Abb. 6: Forschungsbohrung Stappitz 5 (STA-5)Fig.6: Drill site Stappitz 5 (STA-5)Foto: F.H. Ucik, 11.11.1999

Vor allem durch die Bohrungen STA-1, 2 und 5, ergänzt durch die Bohrung STA-4, konnte eindeutig das Vorhandensein eines seeartigen, kaum durchfluteten, über eine längere Zeit bestehenden Gewässers nachgewiesen werden. Die eigentlichen Seeablagerungen bestehen bei wechselnder Zusammensetzung im Detail aus allen Kornfraktionen von Schluff und Sand. Dieser See muss taleinwärts eine nicht unbedeutende Erstreckung besessen haben, da vor allem die lagenweise großen bis überwiegenden Fein- und Mittelschluffanteile am Sediment auf eine kaum messbare Wasserbewegung und eine weitere Entfernung von der Einmündung eines größeren Baches hinweisen.

Wo die Stauwurzel des Sees lag, ist unbekannt. Da die pollenanalytischen Untersuchungen sowie die absoluten Altersbestimmungen an Holzresten eindeutig zeigen, dass die Sedimentationsraten in diesem See im Lauf der Zeit wechselten, ist es wahrscheinlich, dass die Ablagerungen im See in unterschiedlichen Raten, abhängig von der Aufschüttung der sperrenden Schwemmkegel und damit vom schrittweisen Höherstauen des Seespiegels zum Absatz kamen. Analog dazu wechselte wahrscheinlich auch die Längserstreckung des Sees und die Lage der Stauwurzel. Konkrete Untersuchungen zu dieser Frage, zu welchen besonders auch Bohrungen gehören müssten, fehlen noch. Wie das Querprofil (Abb. 7) zeigt, wurden von den Talhängen Halden oder Kegel in den See vorgeschüttet, die teilweise, wie die orographisch rechtsseitige Bohrung STA-3 zeigt, ein zeitlich befristetes Ereignis während der Nacheiszeit waren. Über die Tiefenerstreckung und zeitliche Einstufung der linksseitigen Halde stehen keine Angaben zur Verfügung hier fehlt ein Tiefenaufschluss zwischen den Bohrungen STA-5 und STA-4.



- Abb. 7: Geologischer Querschnitt durch das Seebachtal im Bereich des Stappitzer Sees
- Fig. 7: Geological cross-section of the Seebach valley in the area of the Stappitzer lake

Zeichnung (drawing): Helga Mühlbacher

Interessant ist die Beobachtung, dass in STA-3 im Liegenden des Schuttkegels ab -70 m zwar wieder Sande, also Ablagerungen eines nur langsam durchströmten Gewässers (eventuell eines Sees) folgen,

- a) diese jedoch deutlich grobkörniger sind als in der Talmitte (vielleicht verlief hier seinerzeit der Talabfluss) und
- b) in diesen Sanden laufend einzelne Gneisbruchstücke bis -blöcke liegen, die vielleicht als ein Hinweis auf laufenden Steinschlag von den Hängen aufzufasssen sind.

Zuwachs für die Schutthalden bzw. Schuttkegeln von den rechten Berghängen gab es auch in jüngster Zeit offensichtlich noch mehrfach, denn auch in den an sich ganz "normalen" Seesedimenten im Hangenden des großen Schuttkegels (0 m bis - 17,60 m) gibt es zwei deutliche Schutthorizonte (-5,5 m bis ca. -7,0 m bzw. -8,0 m bis -9,0 m).



- Abb. 8: Bohrkern aus STA-5, Meter 80-82: Es handelt sich meist um Seeablagerungen, ab Meter 81,65 wurde fluviatiles bzw. Haldenmaterial angetroffen, das auch in der folgenden Kernkiste bis Meter 82,60 (hinter dem Arm) noch zu sehen ist.
- Fig. 8: Drilling-core of STA-5, meter 80-82: Mostly lacustrine sediments, below 81,65 m fluvial or deposited material was found, which can also be recognized down to 82,60 m in the following core-box (behind the arm).

Foto: F.H. Ucik, 25.10.1999

	Forschungs KE	Bohrung - Stop	pitz		A A A A A A A A A A A A A A A A A A A
140.as		E		R	
					. I A L

- Abb. 9: Bohrkern aus STA-5, Meter 138-140: Typisches Grundmoränenmaterial, der Kiesanteil ist auf dem ersten Blick kaum zu erkennen.
- Fig. 9: Drilling-core of STA-5, meter 138-140: Typical tillit (basic moraine material), the gravel can barely be recognized at first glance.

Foto: F.H. Ucik, 18.11.1999



Abb. 10: Korngrößenverteilung von Meter 91,8-91,9: typische Seeablagerung

Fig. 10: Distribution of the grain-size of meter 91.8–91.9: typical lacustrine sediments

(Materialprüfstelle der Österreichsichen Draukraftwerke AG in St. Andrä i. L., 20.06.2000)



Abb. 11: Korngrößenverteilung von Meter 139,4-139,7: typische Grundmoräne

Fig. 11: Distribution of the grain-size of meter 139.4–139.7: typical tillit (moraine material)

(Materialprüfstelle der Österreichsichen Draukraftwerke AG in St. Andrä i. L., 20.06.2000)



Abb. 12: Korngrößenverteilung von Meter 141,1-141,3: fluviatil verwaschene Sandablagerung

Fig. 12: Distribution of the grain-size of meter 141.1–141.3: sander-sediments, washed out by fluvial transport

(Materialprüfstelle der Österreichsichen Draukraftwerke AG in St. Andrä i. L., 20.06.2000)

Die relativ unterschiedliche Tiefenlage gleichaltriger Schichten von Seesedimenten in den Bohrungen STA-1 bzw. STA-3 ist wohl vor allem mit der nachträglichen diagenetischen Setzung der Ablagerungen zu erklären, die in der Mitte des Talbeckens wegen der größeren Mächtigkeit der Sedimente bedeutendere Ausmaße erreichte als am Seitenrand.

Erstaunlich an diesen Seesedimenten (Abb. 8) ist nicht nur die große Gesamtmächtigkeit (118m), sondern auch der offensichtlich sehr frühe Beginn der Sedimentation, die nach Pollenkurven und Holzdatierung schon vor ca. 16500 Jahren vor heute, also noch im ausgehenden Pleniglazial einsetzte. Erst unterhalb dieser Seeablagerungen folgen von -118 m bis -160 m die typischen Sedimente eines sterbenden und mit seinem Zungenende noch oszillierenden Gletschers: Moränen(-material), fluviatile Sanderschichten und Sanderseeablagerungen in vielfachem, zum Teil kurzfristigem Wechsel (Abb. 9). Teilweise sind diese Ablagerungen ganz typisch entwickelt, wie auch die Siebkurven zeigen (Abb. 10 und 11), zum Teil erwecken sie den Eindruck von etwas umgelagerten Moränen mit beginnender Auswaschung des Feinstkorns (Abb. 12). Die eigentliche Grundmoräne des hochglazialen Gletschers wurde aber wahrscheinlich noch nicht erreicht. Die einzelnen Moränenlagen nehmen aber gegen das Liegende hin an Mächtigkeit und Zahl zu, was vermuten lässt, dass sie nicht mehr wesentlich tiefer liegen kann.

Dass es sich hier um einen Talgletscher in seinen letzten Phasen mit schwankendem Zungenende handelte (vgl. Abb. 13), beweist auch die vorhandene, aber noch relativ spärliche Pollenführung in allen diesen Sedimenten. Die Pollenführung kann in ihrer Kontinuität nur von einer Vegetation in unmittelbarer oder zumindest nächster Umgebung stammen. Vor allem bei den Moränensedimenten überraschte der Befund. Es muss sich um Pollenflug auf Oberflächen oder soeben frei gewordene Ausschmelzmoränen (vgl. Abb. 14) gehandelt haben, wofür auch das in manchen Pollenkörnern noch erhaltene Zellplasma (siehe Abb. 25) zu sprechen scheint, das auf Kühlkonservierung durch das Gletschereis hinweist.



Abb. 13: Pasterze am Fuß des Großglockners: "sterbende" Gletscherzunge mit fluviatilen Sanderablagerungen, aufgeschüttet durch die Schmelzwässer

Fig. 13: Glacier Pasterze below Großglockner: the "dying" tongue of the glacier, with fluvial sander-sediments

Foto: F.H. Ucik, 07.07.2000



- Abb. 14: Pasterze am Fuß des Großglockners: Von rechts schieben sich die von verzweigten Schmelzwassergerinnen ausgeschütteten Sandersedimente in den Sandersee (links) vor; im distalen Bereich dieses sich in Größe und Lage immer wieder verändernden Sees werden vor allem die Feinkornschichten (Feinsand, Schluff) abgelagert.
- Fig. 14: Glacier Pasterze below Großglockner: Braided channels of melt-water coming from the right deposit sediments in the sander lake; in the distal part of this changeable lake mostly fine-grained sediments (fine sand, silt) are deposited.

Foto: F.H. Ucik, 07.07.2000

Die Abbildungen 13 und 14 von der Pasterze vermitteln eine Vorstellung von der Entstehung der Sander- und Sanderseeablagerungen im Liegenden der mächtigen Seesedimente (unterhalb von Meter 118), die durch die Bohrung STA-5 aufgeschlossen wurden. Vor ihrem endgültigen Abschmelzen stieß die Gletscherzunge in kurzfristigem Rhythmus mehrfach vorübergehend vor und legte jeweils eine Grundmoränenschicht über die Sander- und Sanderseesedimente.

5.3 Wetter und Klima

Kärnten liegt wettermäßig und großklimatisch in einem Übergangsbereich, in dem sich die Eigenart des westeuropäischen atlantischen Klimas mit jener des osteuropäischen kontinentalen Klimas überschneidet (CONRAD 1913:104) und in welchem zeitweise auch der Einfluss des mediterranen Klimas wirksam wird ("Sonnenland Österreichs", PASCHINGER 1976: 64).

Der am stärksten wetterbestimmende Faktor in Kärnten ist die Westtrift, die im gesamten mitteleuropäischen Raum überwiegend dominiert (GRESSEL 1976: 283), wobei die großräumige Wetterentwicklung im südlichen Alpenraum durch den Zentralalpenkamm als Wetterscheide maßgebend beeinflusst wird (GRESSEL 1976: 283, WAKONIGG 1998: 109). Störungen und Schlechtwetterfronten sind nur dann in der Lage, das Hindernis des Alpenhauptkammes mit seiner Höhenerstreckung von über 3000 m zu überschreiten, wenn sehr intensive Wettervorgänge mit starken Luftdruckunterschieden zwischen der Nord- und Südseite der Alpen vorliegen. Ausgesprochene Wetterverschlechterungen mit starker Bewölkung und ergiebigen Niederschlägen gehen in Kärnten daher meist auf Tiefdruckgebiete zurück, die ihren Ausgangspunkt im Mittelmeerraum haben (GRESSEL 1976: 283-284).

Die alpinen Innentäler im Süden der Hohen Tauern, wie das Seebachtal, sind demzufolge im Allgemeinen niederschlagsarm (PASCHINGER 1976: 73) und hinsichtlich der Temperaturverhältnisse gegenüber den im Süden vorgelagerten Tälern von Möll und Drau mit deren thermisch extremem Talklima begünstigt (CONRAD 1913: 56, PASCHINGER 1976: 66). Diese Begünstigung kommt speziell im Winter durch die für Kärnten typische Temperaturinversion zum Tragen (WAKONIGG 1998: 111), die sich im Jänner bis in eine Höhenlage von etwa 1130 m erstreckt und dazu führt, dass erst ab dieser Höhe die Temperaturwerte wieder abnehmen. Dazu kommt, dass zur Zeit der Temperaturinversion die Temperaturzunahme pro 100 m in den Hohen Tauern höhere Werte erreicht als in anderen Gebirgsteilen Kärntens. Die Hohen Tauern bilden daher eine Art Wärmeinsel (CONRAD 1913: 104).

Die lokalklimatischen Verhältnisse im Seebachtal entsprechen im Sinne von GRESSEL (1976: 301-305) dem Klimatypus der alpinen Tallagen (Abb. 15). Hier spielen neben den großklimatischen Verhältnissen zusätzlich die Geländeeinflüsse eine wesentliche Rolle. Durch die Nordstaulagen, die gerade noch in das Seebachtal hereinreichen, kommt es im Vergleich zum nahe gelegenen Mallnitz und auch gegenüber dem Mölltal zu einer häufigeren Bewölkung mit leicht vermehrten Niederschlägen sowie zu einer Minderung der täglichen Ein- und nächtlichen Abstrahlung. Dadurch ist das Lokalklima im Seebachtal ausgeglichener und insgesamt etwas milder mit leicht ozeanischem Gepräge, worauf der Florenbestand im Raume des Stappitzer Sees mit einem unerwartet hohen Anteil von 78 % Arten mit ozeanisch und subozeanisch getönten Verbreitungsarealen hinweist (JUNGMEIER 1990: 11).



Abb.15: Klimadiagramm von Mallnitz, Hohe Tauern, Kärnten

Fig. 15: Climatic diagram of Mallnitz, Hohe Tauern, Carinthia

5.4 Vegetation

Das Seebachtal befindet sich gemäß der horizontalen Vegetationsgliederung der Ostalpen im Sinne von SCHARFETTER (1938: 19) in der Nadelwald-Innenzone, die im zentralalpinen Bereich floristisch maßgebend von der Fichte und der Lärche sowie durch ein häufiges Vorkommen der Grün-Erle geprägt wird (SCHARFETTER 1938: 11). Entsprechend den Vegetationsverhältnissen in den Innenalpen dominiert im Seebachtal daher ein Fichten-Lärchenwald, der die Talflanken zu beiden Seiten des Tales

bestockt. Gemäß der Lage des Tales auf der Südseite ("Luvseite") des Alpenhauptkammes, die nach SCHARFETTER (1938: 107) gegenüber der Nordseite sich durch ein häufigeres Vorkommen der Lärche unterscheidet, nimmt die Lärche eine nicht unwesentliche Stellung in der lokalen Waldvegetation des Seebachtales ein. Der Wald ist im Allgemeinen intensiv bewirtschaftet und ist nur in flächenmäßig verschwindend kleinen Bereichen naturnah erhalten (JUNGMEIER 1990: 15). Bedingt durch das Geländerelief ist der Wald immer wieder von Grün-Erlengebüschen, Hochstaudenfluren und felsbesiedelnden Pflanzengesellschaften unterbrochen.

Die Gehölzvegetation des Talbodens erhält ihr Gepräge von Grau-Erlenbeständen, wie diese in allen Tauerntälern, sowohl entlang der Bäche als auch an den Hängen, vorkommen (HARTL & PEER 1989: 10) und heute den Seebach in einem wenige Meter breiten Streifen begleiten (Abb. 16) sowie im unmittelbaren Bereich des Stappitzer Sees einen Grau-Erlenbruchwald bilden. An sickernassen Rutschhängen steigt die Grau-Erle bis in den unteren Bereich der Talflanken hinauf und tritt hier in charakteristischen Hangerlenwäldern in Erscheinung. Auf weiten Teilen des Talbodens dagegen breiten sich heute, anthropogen bedingt, Tritt- und Weiderasen aus (JUNGMEIER 1990: 15).



Abb. 16: Bachbegleitender Grau-Erlenbestand im Seebachtal

Fig. 16: Stand of *Alnus incana* along the Seebach stream

Foto: A. Fritz

Von der vertikalen Vegetationsgliederung aus betrachtet liegt das Seebachtal im Bereich des obermontanen Fichten-Lärchen-Waldes der Innenalpen (ADLER et al. 1994: 129). Die obere Baum- und zugleich Krummholzgrenze befindet sich in der Umrahmung des Tales im Hochalm-Ankogel-Gebiet etwa bei 2100 m und wird von ausgedehnten Latschenfeldern mit geringer Beteiligung von Wacholder und Rost-Alpenrose gebildet ("Zwergstrauchheiden auf saurem Substrat", HARTL et al. 1992: 29), neben denen etwa ab 1940 m Grün-Erlengebüsche sowie einzelne kümmerlich wachsende Fichten, Lärchen und Zirben auftreten. Entlang des Weges von der Seilbahnstation "Hochalmblick" (1940 m) ins Tal beobachtete der Erstautor bis in eine Höhenlage von 1840 m herab einen lockeren Baumbestand von Lärche und Fichte, in dem die Lärche dominiert. Dieser sehr schmale Streifen des Lärchenbestandes ist vermutlich als Rest des hochsubalpinen Lärchen-Zirbenwaldes, der die charakteristische Leitgesellschaft der Waldkrone in den Ostalpen bildet (MAYER 1974: 119), aufzufassen. Unterhalb von 1820 m bilden Fichte und Lärche einen dichteren Bestand, um schließlich bei etwa 1700 m in einen geschlossenen Fichten-Lärchenwald mit vorherrschender Fichte überzugehen. Über der Waldgrenze breiten sich subalpine und alpine Rasen auf saurem Substrat aus (HARTL et al. 1992: 29).

5.5 Stappitzer See

Der Stappitzer See gehört seiner Entstehung nach zu einem Seentypus, der dem Bergsturzsee nahe steht und aufgrund des Rückstaus durch Lockermassen (siehe Kap. 5.2.1) entstanden ist. Die feinkörnigen Stillwassersedimente, welche im Seebecken zur Ablagerung kamen, beginnen in einer Tiefe von 118 m. Mit der Annahme einer durchschnittlichen Sedimentationsleistung von etwa 11,5 mm pro Jahr während der Ältesten Dryas (Pollenzone Ia) dürfte der Stappitzer See um die Mitte des 16. Jahrtausends vor heute, also noch vor Beginn des Spätglazials, entstanden sein - eine Altersvermutung, die pollenstratigraphisch bestätigt wird. Sedimentationsleistungen in der angenommenen Größe entsprechen durchaus den Verhältnissen, wie sie für anorganische Seeablagerungen möglich sind (LANG 1994: 195).

Heute breitet sich der See mit einer Länge von 260 m und einer Breite von 170 m in einer Meereshöhe von 1273 m aus und droht allmählich infolge des Sedimenteintrages vom Seebach her zu verlanden. Das Seebecken ist relativ flach und erreicht an seiner tiefsten Stelle kaum sechs Meter. Die Flachwasserzone, das Litoral, reicht ungefähr bis in 60 cm Tiefe und geht unvermittelt ohne Übergang ins eigentliche Seebecken (Profundal) über. Der steile Abfall des Sees in die Profundalzone setzt der biogenen Verlandung des Sees gewisse Grenzen.

Der See wird heute teils aus einer Quelle, die unmittelbar am Südufer des Sees zu Tage tritt, teils von einem nur wenige hundert Meter langen Bächlein, welches das an der Südflanke des Tales vor allem aus Geröll und Schuttwerk austretende Wasser ableitet, gespeist. Diese Zuflussverhältnisse bestehen vermutlich erst seit dem Ende der sedimentativen Verlandung des ehemals wesentlich größeren Seebeckens durch den Seebach, der im Zuge dieses Vorganges nach Norden abgedrängt wurde. Diese Umstellung in der Durchflutung des Sees zeichnet sich im Sedimentprofil der Kernbohrung STA-1 etwa in der Tiefe von 1,5 m durch den Übergang von der Grobsand-Schüttung in eine mit organischen Resten (Pflanzenwurzeln) durchsetzte Schluffablagerung ab, die ab diesem Punkt nur mehr Anzeichen eines Einflusses des Gletscherbaches in Form von Überschwemmungs-Episoden aufweist.

Aufgrund der nahezu rein anorganischen Stillwassersedimente, die seit dem Bestehen des Sees zur Ablagerung kamen, ist der See grundsätzlich als oligotroph einzustufen. Während des lokalen Höhepunktes der postglazialen Wärmezeit, die sich besonders deutlich in der Tiefe von -51 m bis -52 m durch eine dunkel- bis schwarzbraune Färbung des Sedimentes abhebt, kam es vorübergehend zu einer gewissen Eutrophierung des Sees.

6 Methoden

Die im Verlandungsgebiet des Stappitzer Sees erbohrten Sedimente wurden mit unterschiedlichen, auch die Pollenanalyse ergänzenden Methoden untersucht, um die Informationen, welche in den Ablagerungen vorliegen, möglichst auszuschöpfen.

6.1 Lithologische Beschreibung der Sedimente

Die Kenntnis über die lithologische Beschaffenheit der Sedimente kann wertvolle Einblicke in die Bildungsbedingungen der Ablagerungen und damit in den Ablauf des Naturgeschehens geben. Im Verlandungsgebiet des Stappitzer Sees wurden insgesamt fünf Kernbohrungen niedergebracht. Von besonderer Bedeutung für die vegetations- und klimageschichtlichen Untersuchungen im Seebachtal sind allerdings nur die Sedimentprofile der Kernbohrungen STA-1 und STA-5 in der Mitte des Talbeckens, weil nur diese ein geschlossenes Sedimentprofil bis in eine Tiefe von 160 m liefern. Die quer zum Tal angesetzten Bohrungen STA-2, STA-3 und STA-4 (vgl. Abb. 4 und 7) bieten hinsichtlich der lithologischen Befunde weniger bedeutsame Fakten (siehe auch Kapitel 5.2.2) und sind daher von untergeordneter Bedeutung.

6.2 Ermittlung der Korngrößen und Durchführung von Schlämmanalysen

Im Zusammenhang mit dem seinerzeit geplanten Staudamm im Seebachtal nahmen die Österreichischen Draukraftwerke AG in der betriebseigenen Materialprüfstelle in St. Andrä im Lavanttal an einigen Sedimentproben des Bohrkerns STA-1 eine Ermittlung der Korngrößenverteilung gemäß Ö-NORM B-4412 (ÖSTERREICHISCHES NORMINSTITUT 1979) vor. Es war daher sinnvoll, die diesbezüglichen Analysen auch auf die Kernbohrung STA-5 auszudehnen, insbesondere in Hinblick auf einen Vergleich von Stillwassersedimenten mit Moränenmaterial (Abb. 10-12). Eine Auswahl der Messergebnisse in der Gesamtbreite der Korngrößen ist unter "Korngrößen-Verteilung" im Abschnitt "Lithologisches Profil von Stappitz 1 und 5" des Pollendiagramms (siehe Anlage) dargestellt.

Die Korngrößenzusammensetzung eines mineralischen Sedimentes nimmt erfahrungsgemäß Einfluss auf die Erhaltungsbedingungen für den im Sediment eingelagerten Blütenstaub, wobei die Erhaltung des Pollens im Allgemeinen mit der Feinkörnigkeit des Sedimentes zunimmt. Es war daher nahe liegend, die Korngrößenverteilung in den Sedimentprofilen STA-1 und STA-5 unter besonderem Augenmerk auf die feinstkörnigen Fraktionen (Ton, Fein- und Mittelschluff) in die pollenanalytische Untersuchungen einzubeziehen. Die wechselnden Mengen der entsprechenden Kornfraktionen ergeben im Pollendiagramm rechts vom lithologischen Profil eine Kurve für die Kornfraktion Ton bis Mittelschluff, die im weiteren Text der Einfachheit halber als "Schluffkurve" bezeichnet wird und die wertvolle Einblicke in das großklimatische Geschehen der Vergangenheit eröffnet.

6.3 Feststellung der Sedimentfarbe und Ermittlung des Huminsäuregehaltes

Es ist eine allgemeine Erfahrung, dass sich mineralische Stillwassersedimente unter günstigen klimatischen Bedingungen durch Anreicherung organischer Beimengungen dunkel verfärben. Die Beachtung der Sedimentfarbe kann daher wertvolle Anhaltspunkte über Gunst und Ungunst des Klimas geben. Da die Ablagerungen des Stappitzer Sees fast nur aus mineralischen Sedimenten bestehen und diese daher über weite Abschnitte des Sedimentprofils hellgrau gefärbt sind, heben sich Horizonte mit organischen Beimengungen gut ab und zwar je nach deren Mengen in Form einer abgestuften Sedimentverfärbung, die von gelblichbraun bis dunkel- bzw. schwarzbraun reicht. Derartige Anhaltspunkte bilden eine wertvolle Ergänzung zur klimatischen Aussage der Pollenüberlieferung.

Das Ausmaß organischer Beimengungen im Sediment lässt sich an der Sedimentfarbe allerdings nur sehr grob abschätzen. Es wurden daher ergänzend sämtliche pollenanalytisch untersuchten Proben auf ihren Huminsäuregehalt getestet. Dazu wurden alkalische Huminsäureauszüge mittels zehnprozentiger Kalilauge hergestellt und deren Extinktion bei einer Wellenlänge von 570 nm photometrisch gemessen (siehe Abb. 18-24 und 41). Zu diesem Zweck wurde jeweils ein Gramm Sediment in 20 ml Kalilauge erwärmt und die abzentrifugierte Huminsäurelösung in geeignete Probengläser für den Messvorgang abgefüllt. Die Abbildungen 19-24 zeigen neben den Messwerten auch die Farbintensitäten der einzelnen Huminsäurelösungen. Die fotografischen Aufnahmen erfolgten mit einer Digitalkamera Nikon Coolpix.

6.4 Holzbestimmungen

Die Sedimente im Verlandungsgebiet des Stappitzer See enthalten bis in eine Tiefe von etwa 55 m zahlreiche Einlagerungen von Holzresten. Eine Auswahl von Hölzern wurde im Labor für quartäre Hölzer von Werner H. SCHOCH, Adliswil, Schweiz, untersucht und bestimmt. Die Hölzer sind teilweise bereits stark abgebaut und die noch erhalten gebliebenen anatomischen Merkmale sind oft nur mehr schlecht erkennbar.

6.5 Registrierung pflanzlicher und tierischer Kleinfossiliengiezentrum at

Die labormäßige Aufbereitung des Sedimentes und die Untersuchung der Pollenproben unter dem Mikroskop erbrachte besonders im pleniglazialen Abschnitt des Sedimentprofiles Funde von Kleinfossilien, die in Kapitel 7.1.5 auszugsweise aufgelistet sind.

Die Einbeziehung dieser Funde in die Deutung der Klima- und Vegetationsgeschichte des Seebachtales ist insofern von Wichtigkeit, da diese Fundobjekte mitunter verlässlichere Hinweise auf die lokale Besiedelung durch Pflanzen und Tiere und damit auf die örtlichen ökologischen Verhältnisse geben als der Blütenstaub, dessen Herkunft nicht immer eindeutig feststellbar ist. Die im Seebachtal aufgefundenen Kleinfossilien wurden bezüglich ihrer Zusammensetzung mit jenen verglichen, die für den pleniglazialen Bänderton von Baumkirchen angegeben werden (RESCH 1972), unterscheiden sich aber davon.

6.6 Altersbestimmungen

Die Rekonstruktion erdgeschichtlicher Abläufe setzt eine mehr oder weniger verlässliche zeitliche Einordnung der einzelnen Ereignisse voraus. Die Datierung konkreter Diagrammlagen im Pollendiagramm des Stappitzer Sees nimmt daher einen wichtigen Stellenwert ein und es wird unter Heranziehung unterschiedlicher Methoden versucht, die Altersfrage abzuklären. Im vorliegenden Fall wurden drei verschiedene Methoden zur Altersbestimmung verwendet.

6.6.1 Radiometrische Datierungen

Die Möglichkeit radiometrischer Altersbestimmungen beschränkte sich im Rahmen der Untersuchung auf das Postglazial, da nur aus dieser Periode datierbares Material (Holz) vorliegt. Die Versuche, Pollenkonzentrate älterer Horizonte (Pleniglazial) zu radiometrischen Altersbestimmungen heranzuziehen, brachten keine brauchbaren Ergebnisse. Die Versuche scheiterten an zu geringen Pollenmengen.

Die bei den Ergebnissen (vgl. Kap. 7.1.6.1) angeführten radiometrischen Datierungen wurden von folgenden Instituten vorgenommen:

Institut für Isotopenforschung und Kernphysik der Universität Wien (VRI), Dr. E. PAK,

VERA-Laboratorium der Universität Wien, Dr. WILD, und

Institut für Mittelenergiephysik an der ETH, Zürich/Hönggerberg, Dr. BONANI.

Das Radiokohlenstoffalter wurde konventionsgemäß mit der von LIBBY (ARNOLD & LIBBY 1951) angenommenen ¹⁴C-Halbwertszeit von 5568 a BP (= Jahre vor 1950) berechnet.

Die kalibrierten Daten wurden von Dr. PAK nach der aktuellen Version CALIB 3.0.3 (STUIVER & REIMER 1993) berechnet, die nach STUIVER & PEARSON (1993) bzw. KROMER & BECKER (1993) eine Wahrscheinlichkeit von 68 % ergibt. Die kalibrierten (dendro-korrigierten) Altersangaben der an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich bearbeiteten Proben entsprechen dem 2 σ -Bereich (95 % confidence limit) und wurden mit dem Programm CalibETH von NIKLAUS et al. (1992) ermittelt. Das kalibrierte Alter der Proben-Serie VERA ist mit dem Kalibrierprogramm OxCal (RAMSEY 2000) erstellt, der Wert entspricht einem 2 σ -Vertrauensbereich.

Es soll der Korrektheit wegen festgehalten werden, dass einige der Messdaten nicht in die Interpretation der Klima- und Vegetationsgeschichte eingebunden wurden. Dies nicht deshalb, weil etwa die Richtigkeit der Messdaten in Zweifel gestellt wird, sondern aus Gründen offensichtlich stattgefundener Holzumlagerungen bzw. gewisser, nicht abklärbarer Widersprüchlichkeiten.

6.6.2 Pollenstratigraphie als relative Altersbestimmungsmethode

Im Gegensatz zu den radiometrischen Datierungsmethoden ist die Pollenstratigraphie eine relative Altersbestimmungsmethode. Soweit sie durch absolute Methoden geeicht ist - und dafür gibt es neben der Radiometrie auch andere Möglichkeiten -, ist es durchaus möglich, mittels der Pollenstratigraphie zu datieren. Das trifft im vorliegenden Fall in erster Linie auf die spätglazialen Zeitabschnitte zu, deren absolute Zeitgrenzen weitestgehend abgesichert sind. Damit ist das Pollendiagramm Stappitzer See über das Postglazial hinaus bis in eine Tiefe von 113 m pollenstratigraphisch datierbar. Leider gibt es keine ausreichenden Vergleichsmöglichkeiten mit Pollendiagrammen aus dem unmittelbaren Bereich der Hohen Tauern (vgl. BORTENSCHLAGER & PATZELT 1969, PATZELT & BORTENSCHLAGER 1973, KRAL 1981, 1985a, b), da die zurzeit vorliegenden Untersuchungen sich im Wesentlichen auf relativ junge Abschnitte des Postglazials beschränken. Eine Vergleichsmöglichkeit des pleniglazialen Abschnittes im Pollendiagramm des Stappitzer Sees mit anderen Pollendiagrammen besteht offenbar gegenwärtig im gesamten Alpenbereich nicht.

6.6.3 Sedimentationsraten

Die Anwendung von Sedimentationsraten zur Altersbestimmung gewisser Profillagen ist, wie immer man auch zu dieser Methode stehen mag, unter bestimmten Umständen die einzige Möglichkeit, dennoch zu gewissen Altersvorstellungen zu gelangen. Wie die Anwendungsbereiche in Kapitel 7.1.6.2 zeigen, können auf diesem Wege durchaus glaubwürdige Resultate erzielt werden.

Die verwendeten Sedimentationsraten, die sich naturgemäß nur auf die Stillwasserablagerungen im Verlandungsbereich des Stappitzer Sees beziehen und auch nur im Profilabschnitt der Seeablagerung zur Anwendung kommen, sind teils an Hand radiometrischer Eckdaten (Postglazial), teils an Hand konventioneller Altersangaben (Spätglazial) errechnet.

6.7 Pollen- und Sporenanalyse

Die Geopalynologie als erdwissenschaftlich ausgerichtete Pollen- und Sporenanalyse versucht, an Hand des fossil überlieferten Blütenstaubes, die ehemaligen Vegetations- und Klimaverhältnisse zu rekonstruieren. Um die fossile Pollenüberlieferung im Rahmen der Probenbearbeitung nicht durch rezente Pollenverunreinigungen zu verfälschen, wurden sowohl bei der Probenentnahme als auch bei der Probenaufbereitung sorgfältige Vorkehrungen getroffen. Es erscheint auch angebracht, darauf hinzuweisen, dass die Sedimentproben aus Kernbohrungen und zwar aus dem Inneren der 10 cm im Durchmesser messenden Bohrkerne entnommen und die Kernbohrungen ohne Spülmittel niedergebracht wurden. Im Falle der Bohrung STA-5 wurden zusätzlich die Bohrarbeiten erst im Spätherbst bzw. im Frühwinter ausgeführt, sodass eine Kontamination des erbohrten Materials über den atmosphärischen Pollenflug auszuschließen ist. Die Arbeiten im Labor erfolgten überdies nach Möglichkeit nur in den Wintermonaten unter Bedachtnahme auf strengste Vorsichtsmaßnahmen. Es ist daher gewährleistet, dass auch seltene Pollenfunde interpretiert werden können.

6.7.1 Laborarbeiten

Die Aufbereitung der Sedimentproben wurde im Labor des Kärntner Landesmuseums in Klagenfurt durchgeführt. In Anbetracht des 160 m langen Sedimentprofils wurden die Proben in Abständen von 50 cm und nicht wie sonst üblich in Abständen von 5-10 cm den Bohrkernen entnommen. Außerdem mussten unterhalb der Tiefe von etwa 80 m die Probenmengen gegenüber dem herkömmlich üblichen 1 cm³ vervielfacht werden, um ausreichende Pollenmengen zu erzielen. In diesen Fällen wurde das Sediment vor der Behandlung mit Kalilauge in reichlich Wasser aufgeschlämmt, das Wasser dekantiert und die Pollenkörner durch Zentrifugieren aus dem Wasser angereichert. Das immer noch reichlich Schluff enthaltende Pollenzentrifugat machte die Durchführung einer Schweretrennung notwendig, als Schwerelösung wurde Zinkchlorid verwendet. Trotzdem wurde eine weitere Behandlung mit konzentrierter Flusssäure erforderlich. Die Flusssäure wurde kalt über einen Zeitraum von etwa zwei Tagen angewendet. Die durch die Flusssäure zur Lösung gebracht. Auf diese Weise gelang es, auch in Fällen extremer Pollenarmut, wie in den Moränen und fluvio-glazialen Ablagerungen, einigermaßen ausreichend hohe Pollenanreicherungen zu gewinnen. Eine kurz gefasste Darstellung des weiteren Arbeitsganges im Einzelnen findet sich in FRITZ (1999: 43).

6.7.2 Mikroskopie

Die lichtmikroskopische Untersuchung der Pollenproben erfolgte an einem Zeiss-Mikroskop (Axiolab) bei 400 facher Vergrößerung mittels eines Plan-Neofluars (40 x / 0,75) und bei permanenter Anwendung des Phasenkontrastes.

Die je Mikropräparat zur Pollenauszählung verwendeten Mengen des Glyzerin-Pollen-Gemisches richteten sich nach der Pollendichte. Im Allgemeinen wurden 30 μ l, bei größerer Pollendichte 20 μ l oder nur 10 μ l verwendet, sodass stets eine gut überschaubare Pollenverteilung im Mikropräparat für das Auszählen des Pollens gewährleistet war. Die Durchführung der mikroskopischen Untersuchung wurde nur an Flüssigpräparaten vorgenommen, um bei Bedarf einzelne Pollenkörner oder Sporen zur Nachbestimmung oder zur Dokumentation isolieren und zu Glyzerin-Gelatine-Präparaten verarbeiten zu können.

Die elektronenmikroskopischen Untersuchungen erfolgten am Landesmuseum in Klagenfurt an einem Rasterelektronenmikroskop (REM) der Type Jeol JSM 35 C, das mit einem Digitalen Scanning System aufgerüstet ist.

Zur Bestimmung des Pollens und der Sporen standen folgende Literatur und Behelfe zur Verfügung: Textbook of Pollen Analysis (FAEGRI & IVERSEN 1992),

Pollen Analysis (MOORE et al. 1991),

The Northwest European Pollen Flora, Band I bis VI (PUNT 1976, PUNT & CLARKE 1980, 1981, 1984, PUNT et al. 1988, PUNT & BLACKMORE 1991),

Pollen et Spores d' Europe et d'Afrique du Nord (REILLE 1992, 1995 und 1998)

sowie eine private Pollen- und Sporensammlung von über 2000 rezenten Pflanzenarten.

6.7.3 Aufbau des Pollendiagramms Stappitzer See

Das Pollendiagramm Stappitzer See (Anlage) enthält von 0 m bis -79,50 m das pollen- und sporenanalytische Zählergebnis der Kernbohrung STA-1, an das sich von -80 m bis -160 m jenes der Bohrung STA-5 anschließt. Mit Rücksicht auf eine noch vertretbare Größe des Diagramms enthält dieses nur eine Auswahl der diagnostizierten Pollen- und Sporenformen, wenn auch den größeren Teil. Wo es vertretbar schien, wurden bestimmte Pollen- und Sporentypen zu einer gemeinsamen Kurve zusammengelegt. So sind in der Eichenmischwaldkurve Eiche, Ulme- und Linde, in der Erlenkurve (*Alnus*) Grün- und Grau-Erle sowie in der Bärlappkurve (*Lycopodium*) sämtliche Arten dieser Gattung zusammengefasst. Der Roggenpollen bildet gemeinsam mit dem Pollen der übrigen Getreidearten die Kurve der Cerealia. Jene Pollen- und Sporenarten, die nicht in das Diagramm aufgenommen wurden, sind im Kapitel 6.7.4 mit Hinweisen auf deren stratigraphische Verbreitung angeführt.

Die Pollen- und Sporenkurven im Diagramm sind üblicherweise als Prozentkurven berechnet. Das heißt, die Mengenangaben der einzelnen Typen sind auf die Pollengrundsumme des jeweiligen Pollenspektrums bezogen. Die Pollengrundsumme umfasst den Pollen der Gehölze (Bäume und Sträucher) und der krautigen Pflanzen unter Ausschluss der Wasser- und Sporenpflanzen. Die Riedgraspollen wurden nicht aus der Grundsumme herausgenommen, da nur geringe Mengen davon registriert wurden. Die Prozentwerte der Wasserpflanzen und der Sporen sind wie üblich auf die Grundsumme bezogen. Die Pollengrundsumme ist nahezu identisch mit der Gesamtzahl der je Probe ausgezählten Pollenkörner und schwankt zwischen 55 und 1847 (siehe äußerst rechte Spalte im Pollendiagramm).

Das Pollendiagramm ist in seiner graphischen Darstellung so konzipiert, dass sich etwa in der Mitte das "Hauptdiagramm" befindet. Dieses gibt Aufschluss über das grundsätzliche Mengenverhältnis des Gehölzpollens (Bäume und Sträucher, Prozenteintragung von links nach rechts) zur Pollenmenge krautiger Pflanzen (Prozenteintragung von rechts nach links) als wichtigen Hinweis auf das Ausmaß vegetationsoffener Pflanzengesellschaften. Das Hauptdiagramm enthält außerdem die konventionellen Radiokohlenstoffalter und die Pollenkurve der Kiefer.

Links vom Hauptdiagramm findet man von außen nach innen jeweils in einer eigenen Spalte Hinweise auf die Diagrammabschnitte, Klimaperioden und Gletscherstände sowie auf die Pollenzonengliederung und im Anschluss daran die Darstellung der Gehölzpollenkurven sowie einiger ausgewählter Farnpflanzen. Rechts an das Hauptdiagramm schließen sich die Kurven der Sporenpflanzen, Kräuter, anthropogenen Siedlungszeiger und Wasserpflanzen an. Die sehr unterschiedlich hohen Sedimentmengen von bis über 20 dag je Probe, die notgedrungen zur Pollengewinnung verwendet werden mussten, lassen eine grafische Darstellung der absoluten Pollendichte über das gesamte Profil hinweg kaum als sinnvoll erscheinen, weshalb darauf verzichtet wurde.

Entsprechend den internationalen Gepflogenheiten werden im Pollendiagramm die Pollen- und Sporentypen mit ihren wissenschaftlichen Namen bezeichnet während im Text durchwegs die deutschen Bezeichnungen verwendet werden. Der Anhang enthält eine Liste mit den deutschen und den wissenschaftlichen Namen.

6.7.4 Im Pollendiagramm nicht gesondert aufscheinende Pollen- und Sporentypen

Folgende Bäume und Sträucher sind im Pollendiagramm nicht eigens angeführt: Eiche, Linde, Ulme, Grau-Erle, Grün-Erle, Zwerg-Birke, *Platycaria*.

Eiche und Linde spielten in der Vegetationsgeschichte des Seebachtales keine hervortretende Rolle, kommen aber bereits in den pleniglazialen Schichten vor. Der eigentlich dominierende Baum des Eichenmischwaldes war stets die Ulme. Ihr Pollen trat schon in den Warmphasen des Pleniglazials mit größerer Regelmäßigkeit auf als jener von Eiche und Linde und erreichte bereits zu dieser Zeit Pollenwerte bis maximal 5,5 %. Der Verbreitungsschwerpunkt des Ulmenpollens jedoch liegt zeitlich naturgemäß im Postglazial und reicht vom Präboreal etwa bis an das Ende des Atlantikums. Alle drei Baumarten sind im Pollendiagramm unter "Eichenmischwald" zusammengefasst.

Grün-Erle und Grau-Erle spielen in der Vegetationsgeschichte des Tales eine große Rolle und finden sich im Pollendiagramm gemeinsam in der Spalte "*Alnus*" Die Grün-Erle ist die absolut dominierende Erlenart im Pleni- und Spätglazial, ihr Pollen findet sich jedoch regelmäßig auch in den postglazialen Schichten. Die Grau-Erle dagegen weist in den glazialen Schichten nur sporadische Pollenvorkommen auf und erscheint als vorherrschende Erlenart erst gemeinsam mit der Fichte im Präboreal.

Nicht gesondert angeführte Pollentypen von krautigen Pflanzen:

Pollenfunde ab dem P	leniglazial:		
Hexenkraut	Storchschnabel	Spitzkiel	
Wegerich	Klappertopf-Typ	Rachenblütler	Brennnessel
Floh-Knöterich-Typ	Rauhblattgewächse	Kardengewächse	Küchenschelle
Hahnenfuß	Wicke-Typ	Spitzklette-Typ	
Pollenfunde ab dem S	pätglazial:		
Windröschen	Geißbart-Typ	Hornmohn	Läusekraut
Skabiose	Spierstrauch-Typ	Baldriangewächse	Germer
Pollenfunde ab dem P	ostglazial:		
Mittlerer Wegerich	Verschiedenblättriger Vo	gelknöterich-Typ	Roggen
Gamander			

Mit Ausnahme des Hahnenfußes treten die angeführten krautigen Pollentypen nur vereinzelt und sporadisch auf.

Folgende Sporenpflanzen w	vurden im Pollendiagramm	nicht extra berücksichtigt:
Alpen-Bärlapp	Keulen-Bärlapp	Schlangen-Bärlapp
Nordischer Streifenfarn	Tilletia- Sporen	Alternaria-Sporen,

Die sehr häufigen Sporenfunde des Alpen-Bärlapps konzentrieren sich ähnlich wie die vielen Funde des Nordischen Streifenfarns auf den pleniglazialen bis vorallerödzeitlichen Abschnitt. Die nur um ein Geringes weniger häufigen Sporenfunde des Schlangen-Bärlapps dagegen findet man vor allem in den jüngsten postglazialen Schichten etwa ab -11 m aufwärts, einzelne Sporen kann man aber auch schon im ausgehenden Pleniglazial antreffen. Die viel selteneren Sporen des Keulen-Bärlapps erscheinen vereinzelt erst ab dem Alleröd. Diese Bärlapparten sind in der Spalte "*Lycopodium*" gemeinsam dargestellt.

7 Interpretierte Ergebnisse zur Klima- und Vegetationsgeschichte

7.1 Ergebnisse der die Pollenanalyse ergänzenden Methoden

7.1.1 Ergebnisse aus den Bohrprofilen

7.1.1.1 Lithostratigraphische Ergebnisse der Bohrprofile STA-1 und STA-5

Die vegetations- und klimageschichtlichen Untersuchungen im Seebachtal stützen sich fast zur Gänze auf die Kernbohrungen STA-1 und STA-5. Die lithologische Beschreibung der Talfüllung ist mit gewissen Vereinfachungen im Pollendiagramm "Stappitzer See" (Anlage) dargestellt und bezieht sich von 0 m bis -80 m auf die Bohrung STA 1 und von -80 m bis -160 m auf die Bohrung STA-5. Profilabschnitt -80 m bis -96 m der Bohrung STA-1 wurde zur Diagrammerstellung nicht herangezogen, da in diesem Bereich Einschaltungen grobkörnigen Sedimentes und blockartigen Materials keine durchgehende pollenanalytische Auswertung ermöglichten. Dies ist auch der Grund, warum die Bohrung STA-5 mit Kerngewinn bereits ab -80 m und nicht erst ab -96 m angesetzt wurde.

Die Sedimentfüllung des Seebachtales liefert in groben Zügen folgendes Bild, das gleichzeitig auch wesentliche Einblicke in das ehemalige großklimatische Geschehen in der Region ermöglicht. In der Tiefe des Tales liegt ein Komplex pleniglazialer Sedimente, der in einer Mächtigkeit von 42 m erbohrt wurde und sich in einem mehrmaligen Wechsel aus moränenartigen, fluvio-glazialen und sanderartigen Ablagerungen zusammensetzt. Dieser wiederholte Wechsel der Sedimente spricht für einen Eishalt mit oszillierenden Bewegungen der Gletscherzunge. Das pleniglaziale Alter dieses Gletscherhaltes und seiner Ablagerungen wird aufgrund pollenstratigraphischer Kriterien der überlagernden (spätglazialen) Schichten bestätigt. Auf eine mögliche Einstufung des Eishaltes wird weiter unten noch Bezug genommen.

Diesem glazialen Sedimentkomplex sind von -118 m bis -14,5 m relativ feinkörnige Ablagerungen eines Stillwasserbereiches mit großklimatisch bedingten Schwankungen der feinsten Korngrößen aufgelagert. Etwa ab der Tiefe von 14,5 m aufwärts bis -1,5 m werden die Seesedimente von einer zunächst feinsandigen und in weiterer Folge grobsandig-kiesigen Einschüttung eines etwas stärker bewegten Wassertransportes abgelöst, was wohl auf eine Umstellung im großklimatischen Klimageschehen (kleine Eiszeit?) hindeutet. Diese relativ kurze Sedimentationsphase führte weitgehend zur sedimentativen Verlandung des ehemals weit großflächigeren Stappitzer Sees. Die obersten 1,5 m der Talfüllung beurkunden im Bereich der Bohrstelle nur mehr Überschwemmungsereignisse durch den Seebaches, der ab diesem Zeitpunkt (etwa ab 1850 n. Chr.) neuerlich feinkörniges Material als Ausdruck der ab jetzt einsetzenden Wiedererwärmung absetzte.

7.1.1.2 Bohrung STA-2: Lithostratigraphie und Pollenspektrum

Der Bohrkern der Bohrung STA-2 zeigt folgendes lithostratigraphisches Bild:

0,00 m	bis -3,50 m	verschwemmter Schutt
-3,50 m	bis -14,55 m	Block-Schutthalde, z. T. mit groben Komponenten
-14,55 m	bis -15,65 m	Sand mit etwas Schluff, holzführend, alter Mutterboden?
-15,65 m	bis -18,00 m	Block-Schutthalde
-18,00 m	bis -35,00 m	anstehender Fels

Die radiometrische Datierung einer Holzprobe aus der Tiefe von 15,2 m ergab ein konventionelles Radiokohlenstoffalter von 4350 ± 50 a BP (= Jahre vor 1950). Das Pollenspektrum des datierten Horizontes - man beachte vor allem die hohen Fichtenpollenwerte - entspricht trotz der geringen Tiefenlage dem relativ hohen radiometrischen Alter. Es ist jedoch bemerkenswert, dass der etwa gleich alte Horizont im Profil STA-1 wesentlich tiefer liegt, was vermutlich auf Kompaktion des Sedimentes in der Seemitte zurückgeht.

Das Pollenspektrum in der Sedimentprobe aus -15, 2 m zeigt die nachstehende Verteilung der Pollenund Sporentypen: © Nationalpark Hohe Tauern, download unter www.biologiezentrum.at

Bäume	Sträucher	Kräuter	Farnpflanzen i.w.S.
Birke 5,66 % Kiefer 3,14 % Fichte 21,69 % Erle 53,46 % Rotbuche 1,20 % Tanne 0,94 % Eiche 0,47 % Linde 0,31 %	Hasel 3,3 0% Erikagewächse 0,16 % Heckenkirsche 0,16 %	Gräser 2,04 % Korbblütler 0,94 % Doldenblütler 0,47 % Beifuß 0,16 % Eisenhut 0,16 % Riedgräser 0,16 %	monolete Sporen 109 % Tüpfelfarn 0,31 % Tannenbärlapp 0,31 % Adlerfarn 0,16 % Schachtelhalm 0,31 % Eichenfarn 1,89 % Buchenfarn 0,79 %

7.1.1.3 Bohrung STA-3: Lithostratigraphie und Pollenanalyse

Vom Bohrkern der Bohrung STA-3 ist nachstehende Abfolge abzulesen:

0,00 m	bis -5,50 m	Seeablagerungen (Sand, zahlreiche Holzreste)
-5,50 m	bis -7,20 m	verschwemmtes Grobmaterial (Steine, Kies, Sand, Holzreste)
-7,20 m	bis -8,00 m	Seeablagerungen (Schutt, Holzreste)
-8,00 m	bis -9,00 m	Flussablagerungen (Schutt, Holzreste)
-9,00 m	bis -16,00 m	Seeablagerungen (Sand, Schluff, selten Steine und Kies, Holzreste)
-16,00 m	bis -70,00 m	Block-Schutthalde
-70,00 m	bis -90,00 m	Seeablagerungen? (Sand mit wenigen Bruchstücken und Blöcken)

Die Bohrung STA-3 führt in zwei Tiefenbereichen pollenanalytisch auswertbares Sediment. Die pollenanalytische Untersuchung wurde jedoch auf den obersten Abschnitt 0 bis -16 m beschränkt. Das Untersuchungsergebnis ist in einem vereinfacht konzipierten Pollendiagramm (Abb. 17) dargestellt. Die radiometrische Altersbestimmung eines Holzes aus der Tiefe von 11,5 m ergab ein konventionelles Alter von 2190 ± 50 a BP. Die fossile Pollenüberlieferung in der Tiefe von 16 m beginnt damit gerade noch im ausgehenden Subboreal.

Der Spitz-Wegerichpollen ab der Tiefe von 15,5 m als ältester im Pollendiagramm auftretender anthropogener Siedlungszeiger (Weide- und Halbruderalzeiger) lässt darauf schließen, dass mit großer Wahrscheinlichkeit schon gegen Ende der frühen Bronzezeit ein extensiver und weitschweifender Weidebetrieb im Gebiet stattfand. Eine intensiver einsetzende Nutzung der Almweiden, angezeigt durch den Ampferpollen infolge verstärkter Stickstoff-Düngung durch das Weidevieh sowie durch die Zunahme des Heidekrautes als Ausdruck stattfindender Bodendegradierung, setzte erst etwas später, etwa zur mittleren Latene-Zeit ein. Pollentypen wie Walnuss, Edelkastanie und Getreide erscheinen am spätesten und treten erst im Zusammenhang mit der frühmittelalterlichen Siedlungstätigkeit auf. Dieser siedlungsgeschichtliche Ablauf, wie er sich aus dem Pollendiagramm STA-3 ergibt, wird im Wesentlichen durch das Hauptpollendiagramm bestätigt.

7.1.1.4 Bohrung STA-4: Lithostratigraphie

Der Kern der Bohrung STA-4, der zeigt folgenden Aufbau:

0,00 m	bis -6,55 m	Schutt - Blockwerk
-6,55 m	bis -27,35 m	Seeablagerungen (Sand, Schluff, selten Holzreste)
-27,35 m	bis -81,00 m	Schutt-Blockhalde

Die Bohrung STA-4 wurde weder radiometrisch noch pollenanalytisch ausgewertet.

Abb. 17: Pollendiagramm STA-3 Fig. 17: Pollen-diagram STA-3



7.1.2 Klimatische Deutung der Schluffkurven, download unter www.biologiezentrum.

Der Verlauf der Schluffkurve im Pollendiagramm weist markante Schwankungen auf, die jenen der Temperaturkurve für den zentraleuropäischen Bereich seit der letzten Eiszeit (RUDLOFF (1980: 128, Abb. 1) sehr ähnlich sind. Auffällig sind zum Beispiel folgende gemeinsame Kurvenabschnitte: Kurvenanstieg mit dem Ende der Kleinen Eiszeit, Kurvenabfall während der Kleinen Eiszeit, Kurvenanstieg zur Zeit des mittelalterlichen Klimaoptimums, Kurvenrückgang während des Klimapessimums der Völkerwanderungszeit, allmählicher Kurvenanstieg mit dem Höhepunkt während der frühen Bronzezeit, Kurvenabfall im Zusammenhang mit den Rotmoos/Piora-Kaltphasen und schließlich absoluter Kurvenhöhepunkt mit dem postglazialen Klimaoptimum. Die Parallelität der beiden Kurven lässt sich über das postglaziale Klimaoptimum hinaus noch weiter zurück in die Vergangenheit verfolgen, wobei vor allem der "breitrückige" Temperaturgipfel der Alleröd-Warmphase bei RUDLOFF (1980: 128, Abb. 1) ins Auge fällt, der gegen die Ältere Dryas hin ähnlich markant absinkt wie die allerödzeitliche Schluffkurve des Stappitzer Sees.

Aus der Ähnlichkeit der beiden Kurven sowie aus dem zeitlich synchronen Verlauf derselben darf auf eine gewisse "Klimakompetenz" der Schluffkurve aus dem Stappitzer See geschlossen werden, die ihre Erklärung darin findet, dass bei günstigen Klimabedingungen die Vegetation - vor allem im alpinen Bereich in der Regel höhere Deckungsgrade aufweist und daher die feinstkörnigen Sediment-fraktionen stärker der Erosion ausgesetzt sind als die grobkörnigeren Bodenteile.

Diese Interpretation der Schluffkurve bezüglich der Klimageschichte findet eine zusätzliche Bestätigung im Vergleich mit der Vegetationsentwicklung und den entsprechenden Huminsäureanreicherungen in den jeweiligen Sedimentschichten, wobei die Schluffkurve augenscheinlich den großräumigeren Ablauf des Wärmeklimas repräsentiert.

7.1.3 Sedimentfarbe und Huminsäuregehalt

Im 160 m langen Sedimentprofil aus den Bohrungen STA-1 und STA-5 herrschen - vor allem im älteren, tieferen Teil - hellgraue Sedimentfarben vor. Auffallende Sedimentverfärbungen beginnen erst bei etwa -57 m, erreichen mit einer dunkel- bis schwarzbraunen Farbe ihren absoluten Höhepunkt zwischen -52 m und -51m und setzen sich mit abgeschwächten Farbtönen bis -43 m fort. Diese Sedimentverfärbung dokumentiert eine Phase mit besonderer Klimagunst, die nach radiometrischen Datierungen den Zeitraum von ca. 9500 bis 4000 vor heute, also den älteren Teil des Postglazials, umfasst. Auf eine weitgehend ähnliche Entwicklung des Temperaturverlaufes im Postglazial mit dem Wärmeschwerpunkt in der älteren Hälfte der Nacheiszeit wird neuerdings von PATZELT (2000) hingewiesen.

Braunfärbungen der Sedimente stehen in Zusammenhang mit den Huminsäuregehalten, die durch Extinktionsmessungen aus alkalischen Huminsäureauszügen aller pollenanalytisch untersuchten Proben ermittelt wurden (Abb. 18-24). Die Abbildungen 19 bis 24 veranschaulichen im Detail an Hand der Huminsäuregehalte die zahlreichen Klimaschwankungen im Postglazial, ausgehend von der Gegenwart zurück bis in die ausklingende Alleröd-Warmphase.

Sedimentfarben und Huminsäuregehalte sind ähnlich wie die Schluffkurve als Klimazeugen zu bewerten. Doch im Gegensatz zur Schluffkurve spiegeln sie in erster Linie die lokalklimatischen Verhältnisse wider.

7.1.4 Holzbestimmungen

Von den zahlreichen Holzresten, die in den postglazialen Schichten gefunden werden konnten, wurden 15 Proben holzanatomisch untersucht. Zu den unten angeführten Bestimmungen wird seitens des Bearbeiters Werner H. SCHOCH bemerkt, dass eine sichere Unterscheidung von Fichte und Lärche an Hand holzanatomischer Merkmale nicht möglich ist. Es deuten aber keine Merkmale auf Lärche hin, sodass diese Holzart wohl ausgeschlossen werden kann. Da aber andererseits die Anwesenheit der Lärche im Gebiet des Seebachtales seit der Zuwanderung im Alleröd pollenanalytisch gesichert ist, sind Holzreste der Lärche dennoch nicht gänzlich auszuschließen.



Abb. 18: Photometrische Extinktionsmessungen alkalischer Huminsäure-Auszüge in 10 %iger Kalilauge: Gesamtübersicht über das Postglazial im Anschluss an die Jüngere Dyras, Pollenzone III (0 m bis -70 m)

Fig. 18: Photometric measurement of extinction of alkaline humic acid-extracts in KOH at 10 %: general view of the post-glacial period following the upper Dyras, pollenzone III (0 m to -70 m)





0,043583

Abb. 19: Photometrische Extinktionsmessungen alkalischer Huminsäure-Auszüge in 10 %iger Kalilauge: Klimaverschlechterung im Anschluss an das mittelalterliche Klimaoptimum (800–1300 n. Chr.) und Erwärmung ab etwa 1850 n. Chr. (0 m bis -11,5 m)

Photometric measurement of extinction of alkaline humic acid-extracts in KOH at 10 %: the degradation of climate following the climatic optimum of the Middle Ages (800-1300 a. Chr.) Fig. 19: and the rewarming beginning about 1850 a. Chr. (0 m to -11.5 m)

Extinktionen bei 570 nm



- Abb. 20: Photometrische Extinktionsmessungen alkalischer Huminsäure-Auszüge in 10 %iger Kalilauge: Klimaoptimum des Mittelalters, offenbar zwei Höhepunkte (vgl. Schönwiese 1979: 82) (-12 m bis -22,5 m)
- Fig. 20: Photometric measurement of extinction of alkaline humic acid-extracts in KOH at 10 %: the climatic optimum during the Middle Ages with obviously two peaks (compare SCHÖN-WIESE 1979: 82) (-12 m to -22.5 m)





Abb. 21: Photometrische Extinktionsmessungen alkalischer Huminsäure-Auszüge in 10 %iger Kalilauge: Das römerzeitliche Klimaoptimum scheint wesentlich weniger intensiv ausgeprägt als das mittelalterliche. (-23 m bis -34,5 m)

Fig. 21: Photometric measurement of extinction of alkaline humic acid-extracts in KOH at 10 %: The climatic optimum during the Roman period was less distinct than that of the Middle Ages. (-23 m to -34.5 m)



- Abb. 22: Photometrische Extinktionsmessungen alkalischer Huminsäure-Auszüge in 10 %iger Kalilauge: Klimagunst der frühen Bronzezeit und klimatischer Abkühlungstrend im Anschluss an die Rotmoos/Piora-Kaltphasen (-35 m bis -47 m)
- Fig. 22: Photometric measurement of extinction of alkaline humic acid-extracts in KOH at 10 %: favorable climate during the early bronze-period and climatic cooling following the cold periods of Rotmoos/Piora (-35 m to -47 m)



Abb. 23: Photometrische Extinktionsmessungen alkalischer Huminsäure-Auszüge in 10 %iger Kalilauge: Postglaziale Klima- und Gletscherschwankungen im Anschluss an die Klimaschwankungen des frühen Präboreals (-47,5 m bis -59 m)

Fig. 23: Photometric measurement of extinction of alkaline humic acid-extracts in KOH at 10 %: post-glacial variations in climate and glaciers following the climatic variations of the early Preboreals (-47.5 m to -59 m)


Abb. 24: Photometrische Extinktionsmessungen alkalischer Huminsäure-Auszüge in 10 %iger Kalilauge: Spätglazial ab dem auslaufenden Alleröd (-59,5 m bis -71 m)

Fig. 24: Photometric measurement of extinction of alkaline humic acid-extracts in KOH at 10 %: late glacial period beginning with the late Alleröd-period (-59.5 m to -71 m)

40

Was das zeitliche Auftreten der Holzreste betrifft, ist bemerkenswert, dass keine derartigen Funde aus dem Spätglazial, nicht einmal aus dem Alleröd, vorliegen. Dieses Faktum könnte dahingehend gedeutet werden, dass eine entsprechend dichte Bestockung des Seebachtales durch Gehölze erst im frühen Postglazial stattfand.

Probenbezeichnung	Holzart	Bemerkungen
Bohrkern 1, -42,35 m	Fichte (Picea abies)	Splitter
Bohrkern 1, -44,10-44,20 m	Fichte (Picea abies)	Wurzel
Bohrkern 1, -46,05-46,15 m	Fichte (Picea abies)	Ast
Bohrkern 1, -49,25 m	Fichte (Picea abies)	Ast
Bohrkern 1, -51,10 m	Kirsche (Prunus sp.)	
Bohrkern 1, -52,40 m	Fichte? (Picea abies cf.)	Rinde
Bohrkern 1, -54,10 m	Fichte (Picea abies)	
Bohrkern 1, -54,35 m	Fichte (Picea abies)	
Bohrkern 1, -54,60-54,80 m	Fichte (Picea abies)	
Bohrkern 1, -55,10-55,25 m	Fichte (Picea abies)	Splitter
Bohrkern 1, -55,10-55,25 m	Fichte (Picea abies)	kleiner Zweig
Bohrkern 1, -55,10-55,25 m	Rose (Rosa sp.)	Splitter
Bohrkern 2, -15,05-15,30 m	Fichte (Picea abies)	kleiner Ast
Bohrkern 2, -15,05-15,30 m	Fichte (Picea abies)	großes Aststück
Bohrkern 3, -11,40-11,60 m	Fichte (Picea abies)	

7.1.5 Funde pflanzlicher und tierischer Kleinfossilien

Die Analyse der Sediment- bzw. Pollenproben erbrachte die nachstehend auszugsweise angeführten Funde pflanzlicher und tierischer Kleinfossilien, wobei jeweils die Tiefe, in der sie angetroffen wurden, angegeben ist.

7.1.5.1 Planzenreste

-54,50 m	Kieselalgen	-140,00 m	Farnsporangium
-66,50 m	Moosreste	-140,00 m	Spaltöffnungen der Fichte
-86,00 m	Moosreste	-140,00 m	Lärchennadeln
-86,50 m	Moosreste	-141,00 m	Bryum sp.
-109,50 m	Farnsporangium	-141,00 m	Lärchennadeln
-110,00 m	Sternhaare von Hippophae	-141,00 m	Spaltöffnungen der Fichte
-112,00 m	Farnsporangium	-142,00 m	Spaltöffnungen der Fichte
-119,50 m	Spaltöffnungen der Fichte	-143,00 m	Spaltöffnungen der Fichte
-121,00 m	Pediastrum boryanum	-143,00 m	Farnsporangium
-126,50 m	Farnsporangium	-148,00 m	Farnsporangium
-128,00 m	Bryum sp.	-150,00 m	Tracheiden
-128,00 m	Spaltöffnungen der Fichte	-152,00 m	Moosblatt (Pottiaceae)
-128,50 m	Spaltöffnungen der Fichte	-153,00 m	Holzstückchen
-129,00 m	Holzstückchen	-153,00 m	chlorophyllführendes Gewebe
-132,50 m	Farnsporangium	-155,00 m	Nadelholzstückchen
-135,00 m	Moosreste	-155,50 m	Laubholzstückchen
-135,00 m	Spaltöffnungen der Fichte	-156,00 m	Holzstückchen
-135,50 m	Spaltöffnungen der Fichte	-157,50 m	Rindengewebe

Besonders häufig und zwar schon ab der Tiefe von 158,50 m wurden Gewebereste von Nadelholzgewächsen (Tracheiden) aufgefunden, die daher bei den jeweiligen Fundtiefen nicht zusätzlich aufgelistet wurden.

7.1.5.2 Arthropodenreste

© Nationalpark Hohe Tauern,	download unter w	/ww.biologiezentrum.a
-----------------------------	------------------	-----------------------

-85,00 m	Schuppenreste	-134,00 m	Antennenreste
-86,50 m	Antennenreste	-136,00 m	Antennenreste
-94,00 m	Antennenreste	-140,50 m	Spinnentier
-94,00 m	Schuppenreste	-147,00 m	Kurzflügelkäfer (Staphilinidae)
-120,00 m	Schuppenreste	-152,00 m	Schuppenreste
-121,00 m	Schuppenreste	-153,00 m	Fransenflügler (Thysanoptera)
-127,50 m	Schuppenreste	-154,00 m	Schuppenreste
-128,50 m	Schuppenreste	-156,00 m	Abdomenrest
-133,00 m	Schuppenreste	-157,50 m	Kurzflügelkäfer (Staphilinidae)

7.1.6 Altersbestimmungen

7.1.6.1 Radiometrische Datierungen

Die nachstehende Aufstellung gibt die Ergebnisse der radiometrischen Altersbestimmungen von Holzfunden aus postglazialen Schichten wieder. Angeführt sind dabei jeweils Probennummer, Bohrung und Tiefe, aus der das Material stammt, sowie das Radiokohlenstoffalter und das kalibrierte Alter. Bei einigen Proben fanden offensichtlich Holzumlagerungen statt bzw. bestehen für einzelne postglaziale Kaltphasen (Venediger-, Frosnitz-Schwankung) Widersprüchlichkeiten zu Altersangaben in der Literatur (PATZELT 1973, LANG 1994), weshalb sie für die weiteren Interpretationen zur Klima- und Vegetationsgeschichte der südlichen Hohen Tauern keine Berücksichtigung fanden.

Probennummer	Bohrung	Tiefe	Radiokohlenstoffalter	kalibriertes Alter
VRI - 1739	STA-3	-11,50 m	2190 ± 50 a BP	360 - 170 v. Chr.
VRI - 1740	STA-2	-15,20 m	$4350 \pm 50 \text{ a BP}$	3030 - 2900 v. Chr.
ETH - 23703	STA-1	-1,20/-1,25 m	$85 \pm 45 \text{ a BP}$	1804 -1937 n. Chr.
VRI - 1994	STA-1	-11,40 m	$2290 \pm 50 \text{ a BP}$	400 - 260 v. Chr.
VERA - 1617	STA-1	-15,20 m	4520 ± 35 a BP	3360 - 3090 v. Chr.
ETH - 23222	STA-1	-32,30 m	2150 ± 55 a BP	265 - 40 v. Chr.
VERA - 1618	STA-1	-42,35 m	4180 ± 30 a BP	2820 - (74,3%) 2660 v. Chr.
VRI - 1741	STA-1	-44,15 m	4120 ± 50 a BP	2870 - 2580 v. Chr.
VERA - 1619	STA-1	-46,05/-46,15 m	4065 ± 25 a BP	2670 - (88,8%) 2490 v. Chr.
VRI - 1742	STA-1	-48,70 m	4920 ± 60 a BP	3770 - 3650 v. Chr.
VERA - 1620	STA-1	-49,25 m	$3805 \pm 45 \text{ a BP}$	2410 - (90,7%) 2130 v. Chr.
VERA - 21	STA-1	-51,10/-51,20 m	5785 ± 35 a BP	4720 - (92,5%) 4540 v. Chr.
VERA - 1622	STA-1	-52,40 m	6590 ± 30 a BP	5560 - (74,9%) 5470 v. Chr.
VERA - 1623	STA-1	-54,10 m	7935 ± 30 a BP	7040 - (95,4%) 6680 v. Chr.
VRI - 1743	STA-1	-54,70 m	$9230\pm80~\mathrm{a~BP}$	8350 - 8090 v. Chr.
VERA - 1624	STA-1	-55,10/-55,25 m	9365 ± 35 a BP	8740 - (92,5%) 8530 v. Chr.

7.1.6.2 Sedimentationsraten

Wie die aufgelisteten Sedimentationsraten, welche zur Altersabschätzung gewisser Diagrammlagen verwendet wurden, aufzeigen, waren die Sedimentationsleistungen im Stappitzer See ziemlich starken Schwankungen unterworfen. Sie lassen aber insofern eine bemerkenswerte Tendenz erkennen, als in klimatisch günstigen Perioden (postglaziale Wärmezeit) geringe, in klimatisch ungünstigen Zeitabschnitten dagegen (Spätglazial, jüngeres Postglazial) größere Sedimentationsleistungen pro Jahr zu beobachten sind.

Diagrammbereich	© NationalparEckdatendownload u	nter w Sedimentationsrate
0,00 bis -1,20/1,25 m	0/85	14,70 mm/Jahr
-32,30 bis -44,15 m	2150/4120	6,01 mm/Jahr
-44,15 bis -48,70 m	4120/4920	5,69 mm/Jahr
-48,70 bis -54,70 m	4920/9230	1,39 mm/Jahr
-54,70 bis -55,10/55,25 m	9230/9365	4,07 mm/Jahr
-60,00 bis -69,00 m (PZ III)	10100/11000	9,00 mm/Jahr
-69,00 bis -80,00 m (PZ II)	11000/12000	11,00 mm/Jahr
-80,00 bis -90,00 m (PZ Ib-Ic)	12000/13000	10,00 mm/Jahr
-90,00 bis -113,00 m (PZ Ia)	13000/15000	11,50 mm/Jahr

7.2 Ergebnisse der Pollen- und Sporenanalyse

7.2.1 Pollenkörner mit fossilem Plasma

Im Zuge der mikroskopischen Untersuchung wurden in Tiefen zwischen 160 m und 94,5 m immer wieder Pollenkörner beobachtet, die trotz der chemischen Behandlung im Rahmen der Probenaufbereitung (Azetolyse) ihren plasmatischen Inhalt, das heißt das Plasma in fossilisiertem Zustand, behalten haben. Dieser Profilbereich umfasst das ausgehende Pleniglazial sowie den Großteil der spätglazialen Pollenzone Ia. Diese Pollenkörner unterscheiden sich im Phasenkontrast von den plasmalosen Exemplaren unter anderem durch einen leicht grünlichgelben bis milchigen Farbton des Polleninneren. Dieser Erhaltungszustand wurde vorwiegend an Pollen der Frühlingsblüher, wie Hasel, Erle, Eibe und Birke, gelegentlich auch am Blütenstaub der Gräser angetroffen. Die älteren Ablagerungen wie Moränen und fluvio-glaziale Sedimente enthalten vorwiegend Birkenpollen, die jüngeren Horizonte dagegen vor allem Blütenstaub der Hasel (Abb. 25). Als Besonderheit konnten gelegentlich auch Pollenkörner gefunden werden, die im Anfangsstadium ihrer Keimung mit blasenartig ausgestülptem Plasma konserviert wurden (Abb. 26).



Abb. 25: Pollenkorn der Hasel (*Corylus avellana*) mit fossil erhaltenem Plasma (Stappitzer See, Bohrung STA-5, Tiefe 115 m)

Fig. 25: Pollen grain of Corylus avellana with fossilized cellular substance (Stappitzer lake, drilling STA-5, -115 m)

Foto: H. Riegler-Hager (1000 x)



Abb. 26: Pollenkorn der Birke (*Betula* sp.) mit blasenartig ausgetretenem Pollenschlauch (Stappitzer See, Bohrung STA-5, Tiefe 115 m)

Fig. 26 Pollen grain of *Betula* sp. at the beginning of germination (Stappitzer lake, drilling STA-5, -115 m)

Foto: H. Riegler-Hager (1000 x)

Das Auftreten von Pollenkörnern mit fossil erhaltenem Plasma kann nur durch eine Art "Kühlschrank-Effekt" erklärt werden, dem die Pollenkörner durch ihre Ablagerung auf Schnee- und Firnmassen ausgesetzt waren. Der Nachweis derartiger Pollenkörner, die in einzelnen Proben in Mengen bis zu 10 % der Pollensumme auftreten, darf als Beleg dafür angesehen werden, dass diese Gehölze nicht allzu weit von den Gletscherfeldern entfernt stockten, das heißt, dass sie bereits in das Innere der Alpen eingedrungen waren.

7.2.2 Bemerkungen zur fossilen Pollenflora

Die im Verlandungsgebiet des Stappitzer Sees erbohrten Sedimente enthalten entsprechend ihrer Mächtigkeit und ihrem hohen Alter eine sehr große Anzahl von verschiedenen Pollen- und Sporentypen. Der überwiegende Teil der Formen konnte taxonomisch angesprochen werden, wobei die Dolden- und Korbblütler mit zahlreichen morphologisch gut unterscheidbaren Typen auftreten, deren genauere Bestimmung noch sehr viel weitere Bestimmungsarbeit in Anspruch genommen hätte.

Das Seebachtal ist ein weitgehend abgeschirmtes Seitental der Hohen Tauern. Der fossile Polleninhalt der Sedimente stammt daher mit einem sehr hohen Prozentsatz aus der unmittelbaren Umgebung, wenn auch eindeutige Belege einzelner ferntransportierter Pollenkörner aus dem südlichen bis südöstlichen Alpenvorland nicht fehlen.

Die relativ hohe Zahl von Pollentypen krautiger Pflanzen mag damit zusammenhängen, dass sich das Hochtal durch viele Jahrtausende hindurch im Grenzbereich der subalpinen bis alpinen Höhenstufe befand. Mengenmäßig gesehen liegt der Schwerpunkt der Pollenüberlieferung allerdings bei relativ wenigen Pollentypen und konzentriert sich mit überragender Dominanz auf den Pollen der Grün- und Grau-Erle sowie der Kiefer, der zweifellos von der Latsche herrührt. Die heutigen hauptsächlich waldbildenden Baumarten des Seebachtales, Fichte und Lärche, treten dagegen von den Pollenmengen bei weitem nicht in dem Maße in Erscheinung, wie es ihrer aktuellen Bedeutung in der Vegetation entsprechen würde.

Vergleicht man die fossile Pollenflora mit der rezenten Artenliste des Gebietes (Quadrant 8945/3) bzw. mit dem Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen Kärntens (HARTL et al. 1992) so stellt man fest, dass zahlreiche fossile Pollentypen von Pflanzenarten stammen, die heute weder im Untersuchungsgebiet noch im übrigen Kärnten vorkommen oder nur in kleinen Verbreitungsarealen als stark gefährdete Arten auftreten. Zum Teil handelt es sich auch um Pflanzarten des mediterranen Florenkreises, die mit ihrem Blütenstaub, vor allem im pleniglazialen Schichtkomplex, als Einwehungen aus den südlichen und südöstlichen Refugialgebieten in Erscheinung treten. Diese Pollenvorkommen sind in besonderer Weise ein Ausdruck jener klimatisch günstigen Periode, die zum Abschmelzen der alpinen Eiskalotte und damit zum Vorrücken einer wärmeliebenden Vegetation gegen die Alpen hin führte. Im Folgenden wird auf eine Auswahl bemerkenswerter Pollenfunde kurz eingegangen.

Akanthus

Dieser Pollentyp wurde mit je einem Pollenkorn in Tiefen von 158 m und 64,5 m aufgefunden. Die Gattung Akanthus besitzt ein Verbreitungsgebiet, das von Südwestasien über das östliche Mittelmeergebiet bis Ostafrika reicht (FUKAREK 1994: 263) und tritt nach EHRENDORFER (1973: 1) und ENCKE et al. (1994: 83) rezent im nordwestlichen Raum des ehemaligen Jugoslawien mit zwei Arten auf, von denen nach PIGNATTI (1982, Band 2: 699) eine Art auch im nördlichen Italien vorkommt. Es ist daher nicht abwegig anzunehmen, dass Akanthus im Rahmen der pleniglazialen Abschmelzphase des Würm-Gletschers bis in das südöstliche Alpenvorland vorgedrungen ist.

Alpen-Wegerich und Berg-Wegerich (?)

Das fossile Vorkommen des Alpen-Wegerichs im Seebachtal ist auf das ausgehende Pleniglazial beschränkt. Als Pflanze, die in die subalpin-alpine Höhenstufe aufsteigt und auch Schneeböden besiedelt, war der Alpen-Wegerich zu dieser Zeit lokal ziemlich stark verbreitet. Der Alpen-Wegerich fehlt heute in Kärnten. Seine Verbreitung in Österreich beschränkt sich auf Vorarlberg, Nord-Tirol und Salzburg (ADLER et al. 1994: 748).

Gemeinsam mit dem Alpen-Wegerich, nur in wesentlich geringerer Menge und auf den Diagrammabschnitt 1 beschränkt, tritt Pollen einer Wegerichart vom Typus des Breit-Wegerichs auf, der aus ökologischen Gründen von dem ebenfalls Schneeböden besiedelnden Berg-Wegerich stammen könnte. Der Berg-Wegerich kommt heute in Kärnten noch vor, ist aber auf das südwestliche Gebiet des Landes beschränkt (HARTL et al. 1992: 274).

Balfours Springkraut

Von Balfours Springkraut wurde je ein Pollenkorn in Tiefen von 120,5 m und 7 m gefunden. Die Pollenkörner lassen sich leicht von den für Mitteleuropa in Frage kommenden Springkraut-Arten durch das grobmaschige Retikulum und durch die kaum wahrnehmbaren Keimstellen unterscheiden. Balfours Springkraut stammt aus dem Himalaya und kommt heute nach ENCKE et al. (1994: 321) stellenweise in Südeuropa bzw. im südlichen Mitteleuropa vor, fehlt aber in Österreich.

Pollentyp der Felsen-Flockenblume

Der Blütenstaub dieses Pollentyps ist leicht kenntlich und tritt außer bei der Felsen-Flockenblume noch bei der nahe verwandten Art *Centaurea dichroantha* auf. Beide Arten gelten als mediterrane Florenelemente (PIGNATTI 1982, Band 3: 180-181), wobei die letztere als thermisch etwas weniger anspruchsvoll rezent bis in das Innere der Alpen (Kanaltal) vorgestoßen ist. Die beiden fossilen Blütenstaubkörner aus Tiefen von 130,5 m und 111 m dürften daher von *Centaurea dichroantha* stammen, die infolge der Klimagunst des ausgehenden Pleniglazials möglicherweise in Kärnten, vielleicht sogar im Seebachtal vorkam.

(Gerber-)Sumach

Pollen des Sumachs wurden mit je einem Pollenkorn in Tiefen von 146 m und 128,5 m festgestellt. Gemäß den Verbreitungsangaben für mediterrane Sumach-Arten in PIGNATTI (1982: 380) sind die fossilen Pollenfunde am ehesten dem im Mittelmeergebiet heimischen Gerber-Sumach zuzuweisen.

Himmelsleiter

© Nationalpark Hohe Tauern, download unter www.biologiezentrum.at

Der leicht bestimmbare Pollen der Himmelsleiter wurde mit einem Exemplar in der Tiefe von 95 m angetroffen. Das Hauptverbreitungsgebiet der Art befindet sich in den Westalpen sowie in Nord- und Ost-Europa. In Mitteleuropa ist die Pflanze eingebürgert und wird für Tirol als heimisch angegeben (ADLER et al. 1994: 691-692).

Die Himmelsleiter ist eine Pflanze montaner bis subalpiner Hochstaudenfluren und kommt heute im Untersuchungsgebiet sowohl blau- als auch weißblühend vor. Ein zeitlicher Zusammenhang zwischen dem fossilen und dem rezenten Vorkommen ist allerdings unwahrscheinlich.

Hornmelde (?)

Die Gänsefußgewächse treten in der fossilen Pollenflora des Seebachtales mit zwei gut unterscheidbaren Pollentypen auf. Der häufigere, weiter nicht ansprechbare Typ, besitzt zahlreiche Keimporen mit annähernd 20 Poren auf der Pollenkornfläche (Abb. 27). Dieser Typ ist auch unter den rezenten Vertretern der Familie der weitaus häufigste. Der zweite fossile, weniger häufige Pollentyp ist mit etwa acht Keimporen auf der Pollenkornoberfläche ausgesprochen porenarm (Abb. 28) und gleicht der rezenten Hornmelde, einer Sippe, die als glaziales Kältesteppen-Relikt angesehen wird. Die Hornmelde besitzt heute in Europa eine disjunkte Verbreitung (Abb. 29) und kommt in Österreich im Weinviertel vor (ADLER et al. 1994: 337). Es ist nicht auszuschließen, ja sogar sehr wahrscheinlich, dass die Hornmelde ehemals im Untersuchungsgebiet vorkam.

Der in MOORE et al. (1991: 107) genannte wenigporige Pollentyp des Vielsamigen Gänsefußes, der rezent in Kärnten weit verbreitet ist, lässt sich an Hand von Vergleichspräparaten mit Sicherheit von der Hornmelde unterscheiden und entspricht nicht dem Aussehen der fossilen Form.



Abb. 27 (Fig. 27)



Abb. 28 (Fig. 28)

- Abb. 27: Fossiles Pollenkorn eines Gänsefußgewächses mit zahlreichen Poren (Stappitzer See, Bohrung STA-5, Tiefe 116 m)
- Fig. 27: Fossil pollen grain of Chenopodiaceae with abundant pores (Stappitzer lake, drilling STA-5, -116 m)
- Abb. 28: Fossiles Pollenkorn eines Gänsefußgewächses (cf. *Krascheninnikovia ceratoides*) mit wenigen Poren (Stappitzer See, Bohrung STA-5, Tiefe 116 m)
- Fig. 28: Fossil pollen grain of Chenopdiaceae (cf. *Krascheninnikovia ceratoides*) with only a few pores (Stappitzer lake, drilling STA-5, -116 m)

Fotos: H. Riegler Hager



Abb. 29: Verbreitung des glazialen Kältesteppenreliktes Krascheninnikovia ceratoides in Europa

Fig. 29: Distribution of Krascheninnikovia ceratoides, a relict of the steppe-tundra phase during the glacial period, in Europe

Quelle (source): Atlas Florae Europaeae 5 (JALAS & SUOMINEN 1980)

Igelgurke (?)

Der Fund eines Pollenkorns vom Typus der Igelgurke in der Tiefe von 143 m stellt hinsichtlich der Herkunft ein Problem dar. Dieses Kürbisgewächs hat seine Heimat in Nordamerika und tritt als Neubürgerin in einigen Bundesländern Österreichs auf, fehlt aber in Kärnten. Die Herkunft aus tertiären Sedimenten wäre zu überlegen, zumal in -146 m bzw. in -111 m Pollenkörner eines tertiären Walnussgewächses (*Platycaria*) gefunden wurden.

Lotwurz-Typ

Pollen dieses Typs wurden in vier Exemplaren in Tiefen zwischen 86,5 m und 95 m registriert. Die Lotwurz ist ein mediterranes bis submediterranes Florenelement und kommt heute im Karst von Friaul vor, also in einem Gebiet, das Kärnten sehr nahe liegt.

Wachsblume-Typ

Die drei aufgefundenen Pollenkörner vom Typus der Wachsblume stammen aus Tiefen von 112 m bis 95,5 m. Sie könnten der Alpen-Wachsblume angehören, die in steinigen Hochstaudenfluren der alpinen Höhenstufe wächst und heute noch unweit des Seebachtales in der Fragant westlich von Mallnitz vorkommt und hier ihren einzigen rezenten Standort in Kärnten besitzt. Das nächstgelegene, außerhalb Kärntens registrierte Vorkommen befindet sich nach POLDINI (1991: 259) in den Karnischen Voralpen.

Rosskastanie

Pollen der Rosskastanie ist in den postglazialen Sedimenten Kärntens eine ausgesprochene Seltenheit. Das Auftreten dieses Pollentyps mit vier Exemplaren in den pleniglazialen Schichten von -140 m bis -112,5 m ist daher eher überraschend und als Ausdruck der günstigen Klimaverhältnisse dieser Zeit zu verstehen.

Echte Walnuss

Pollen der Echten Walnuss kommt in den postglazialen Schichten Kärntens ab der späten Bronzezeit mehr oder weniger regelmäßig vor. Das Auftreten einzelner Pollenkörner in älteren Schichten, vor allem aber die Häufung der Funde zwischen -141 m und -132,5 m ist unerwartet, kann aber als weiterer Hinweis auf die besondere Klimagunst des ausgehenden Pleniglazials gewertet werden.

Pollentyp des Wasser-Ampfers

Dieser fossil häufig auftretende Ampfer-Typ mit besonderem Verbreitungsschwerpunkt im Diagrammabschnitt 1 könnte morphologisch sowohl dem Wasser-Ampfer als auch dem Teich-Ampfer angehören. Die Standortsangaben für den Wasser-Ampfer in OBERDORFER (1970: 312-313) sprechen jedoch eher für diese Ampfer-Art. Der Teich-Ampfer ist thermisch anspruchsvoller und aus diesem Grund weniger in Betracht zu ziehen.

Beide Ampfer-Arten kommen heute in Kärnten noch vor, sind aber stark gefährdet und werden in der Roten Liste gefährdeter Farn- und Blütenpflanzen (KNIELY et al. 1995) in der Stufe 3 (gefährdet) geführt.

Südlicher Zürgelbaum

Der Zürgelbaum ist mit einem Pollenfund in der Tiefe von 128,5 m nachgewiesen. Nach den Verbreitungsangaben der Gattung im Atlas Florae Europaeae (JALAS & SUOMINEN (1976: 83-84) kann der Pollenfund auf den Südlichen Zürgelbaum bezogen werden (Abb. 30). Der Amerikanische Zürgelbaum, der als Alleebaum in Europa heute kultiviert wird, wurde erst im 17. Jahrhundert nach Europa eingeführt (GOLDSTEIN et al. 1992: 162) und ist daher auszuschließen.



Abb. 30: Verbeitung des Südlichen Zürgelbaumes (*Celtis australis*) in Europa
Fig. 30: Distribution of *Celtis australis* in Europe
Quelle (source): Atlas Florae Europaeae 3 (JALAS & SUOMINEN 1976)

7.2.3 Klima- und Vegetationsgeschichte der südlichen Hohen Tauern

7.2.3.1 Allgemeine Bemerkungen zum Pollendiagramm Stappitzer See

Die im Folgenden dargelegte Interpretation der Klima- und Vegetationsgeschichte der südlichen Hohen Tauern versucht die zahlreichen Informationen, welche in den Sedimenten des Stappitzer Sees überliefert und durch die verschiedenen Arbeitsmethoden aufgedeckt wurden, zu einem einheitlichen und schlüssigen Bild zusammenzufassen. Der Schwerpunkt der Informationen liegt naturgemäß bei der Pollenanalyse, deren Ergebnisse im Pollendiagramm Stappitzer See (siehe Anlage) dargestellt sind. Danach kann die Klima- und Vegetationsgeschichte vom Standpunkt der fossilen Pollenüberlieferung aus betrachtet, das heißt pollenstratigraphisch, in neun Diagrammabschnitte (DA) gegliedert werden, die wesentlich durch die Mengenschwankungen des Gehölz- bzw. Nichtgehölzpollens unter Einbeziehung des Beifußes als typischer Pflanze der Kältesteppe charakterisiert sind.

Die zeitliche Einstufung der Diagrammabschnitte folgt, soweit sie dem Spät- und Postglazial zuzurechnen sind (DA 5-9), der mitteleuropäischen Zonengliederung nach FIRBAS (1949). Für das ausgehende Pleniglazial (DA 1-4) dagegen gibt es noch keine entsprechende Zonengliederung. Die Diagrammabschnitte werden daher als "Stappitzer Klimaschwankungen" zusammengefasst.

Versucht man, die Charakteristik der fossilen Pollenüberlieferung in dem 160 m langen Profil über den gesamten überschaubaren Zeitraum hinweg zu erfassen, so kommt dem Erlenpollen und den offensichtlich an die Erlenbestände gebundenen Farnpflanzen vom monoleten Sporentyp eine dominierende, wenn auch stark schwankende Stellung zu.

Dieses zeitweise Übergewicht des Erlenpollens und der Farnsporen ermöglicht einen wichtigen Einblick in den langzeitlichen Gang der Niederschlagsverhältnisse. Danach erweist sich das Postglazial in seiner Gesamtheit als niederschlagsreich, das Spätglazial als ausgesprochen niederschlagsarm und das ausgehende Pleniglazial wechselhaft mit einer ausgeprägten Tendenz zu einem niederschlagsreicheren Klima. Zudem zeigt es sich, dass sich die an Erlenpollen und Farnsporen reichen Diagrammabschnitte sowohl mengen- als auch typenmäßig durch eine gewisse Vielfalt an Gehölzpollen abheben. Daraus lässt sich die Schlussfolgerung ableiten, dass ausgesprochene Feuchtperioden zugleich auch Zeitabschnitte besonderer thermischer Begünstigung darstellen.

7.2.3.2 Ausgehendes Pleniglazial

Die fossile Pollenüberlieferung im Seebachtal beginnt, soweit die Sedimente erbohrt wurden, zu einer Zeit, die pollenstratigraphisch noch vor dem Spätglazial (Pollenzone Ia) anzusetzen ist und daher im Sinne der geltenden Quartärstratigraphie als pleniglazial bezeichnet werden muss. Demnach sind auch die Liegendsedimente, die sich aus Moränen, fluvio-glazialen Ablagerungen, Sandern und Sanderseen zusammensetzen, nicht als spätglazial, sondern als pleniglazial einzustufen und gehen auf einen sehr frühen Eishalt des abschmelzenden Würm-Gletschers zurück, dessen absolutes Alter zwar vermutet, aber nicht mit Sicherheit angegeben werden kann. Die Versuche, das Alter der pleniglazialen Sedimente im Seebachtal radiometrisch an Hand des fossilen Pollens zu bestimmen, scheiterten an der Möglichkeit, genügend große Pollenanreicherungen zu erzielen.

Es gibt jedoch einen realen Hinweis auf das mögliche Alter, der von der radiometrischen Datierung einer Torfprobe aus dem Lengholzer Moor (Abb. 1) im Oberen Drautal, Kärnten, mit dem konventionellen Radiokohlenstoffalter von 16615 \pm 210 vor heute stammt (FRITZ 1978: 221). Aus dieser Datierung ist zu schließen, dass die großen Tal- und Beckenlagen in Kärnten spätestens im 17. Jahrtausend vor heute bereits weitgehend eisfrei waren. Diese Eisfreiheit darf zu diesem Zeitpunkt auch für das räumlich nahe benachbarte untere Mölltal angenommen werden, woraus sich für den Eishalt im Seebachtal ein Mindestalter von 17000, vielleicht sogar von 18000 Jahren oder mehr ergibt, zumal die Datierung aus dem Lengholzer Moor noch nicht dem größtmöglichen Alter der Eisfreiheit der Kärntner Tal- und Beckenlagen entsprechen dürfte.

Der Abschmelzprozess des Draugletschers in Kärnten muss demnach sehr früh eingesetzt und sich sehr rasch vollzogen haben. Dieses Faktum entspricht durchaus dem neuesten Kenntnisstand über den zeitlichen Abschmelzprozess der Alpengletscher sowohl im Sinne von VAN HUSEN (2000: 149) als

auch von KOHL (2000: 380), wonach der Maximalstand der Würm-Vergletscherung nur 4000 Jahre und zwar ungefähr von 21000 bis 17000 vor heute angedauert haben kann und daher mit dem Zusammenbruch der großen Eisströme generell spätestens um 17000 vor heute zu rechnen ist.

7.2.3.2.1 Diagrammabschnitt 1 (-160 m bis -144 m)

Fernflug oder lokale Pollenproduktion?

Die Pollenüberlieferung in den pleniglazialen Sedimenten des Diagrammabschnittes 1 (DA 1) ist naturgemäß noch sehr gering, wenn auch mit abnehmender Tiefe eine deutliche Zunahme der Pollendichte festgestellt werden kann. Es stellt sich daher die grundsätzliche Frage nach der Herkunft des Pollensedimentes. Der Erstautor kann aufgrund jahrzehntelanger Erfahrung aus aeropalynologischen Untersuchungen in Kärnten darauf hinweisen, dass Ferntransporte über Hunderte von Kilometern aus den Gebieten südlich des Alpenstocks nur zum Auftreten ganz vereinzelter Pollenfunde führen. Die gleiche Erfahrung liegt aus den zahlreichen pollenanalytischen Untersuchungen jener Schluffablagerungen vor, die aus der frühesten Abschmelzperiode des Draugletschers stammen und sich praktisch als steril erweisen.

Es ist daher damit zu rechnen, dass die fossile Pollen- und Sporenüberlieferung in den Sedimenten des DA 1 bereits auf eine, wenn auch noch sehr spärliche lokale Vegetationsbedeckung zurückgeht. Die geringe Pollenführung ist durchaus verständlich, wenn man bedenkt, dass die Vegetation damals noch stark unter dem Einfluss jenes Talgletschers stand, dessen Moränen im Verlandungsgebiet des heutigen Stappitzer Sees in der Tiefe von 160 m bis 153,5 m bzw. im Bereich von -148,4 m bis -144,4 m erbohrt wurden. Für die Existenz einer autochthonen Vegetation in unmittelbarer Nähe des Eises wofür es Beispiele aus der Gegenwart gibt - spricht auch die Tatsache, dass es im DA 1 möglich war, mehr als 60 Pollentypen, vornehmlich von krautigen Pflanzen, und weiters zwölf verschiedene Sporenformen aufzufinden. Diese Vielfalt an Sporomorphen unterstützt außerdem die Vermutung, dass es schon vor dem DA 1 eine entsprechend kräftige Erwärmung gab, welche zur Einwanderung der Pflanzenwelt in das Innere der Südostalpen führte. Ein so nahes Heranrücken einer überraschend großen Vielfalt von vor allem krautigen – Pflanzen an den Talgletscher im Seebachtal wäre sonst kaum denkbar. Damit erklärt sich problemlos auch das Vorkommen von Pollenkörnern mit fossilem plasma-tischen Inhalt, ohne den Pollenfernflug als "Deus ex machina" in Anspruch nehmen zu müssen.

Baum-, aber nicht Gehölzfreiheit

Der hohe Anteil an Gräser- und Kräuterpollen an den Pollenspektren des DA 1 mit bis über 80 % der Gesamtpollensumme spricht für eine gänzliche Baumfreiheit des Gebietes. Zwar werden die Kräuterund Gräserpollenwerte immer wieder durch hohe Birkenpollenwerte herabgedrückt, doch nach den lichtmikroskopischen Merkmalen, die MOORE et al. (1991: 102) für den Pollen der Zwerg-Birke angeben (niedriges Vestibulum, wenig auffallende Poren), stammt die Hauptmenge des Birkenpollens mit einer an Sicherheit grenzenden Wahrscheinlichkeit von der Zwerg-Birke. Dies wird durch den Vergleich eines fossilen Pollenkorns aus der Tiefe von 159,5 m (Abb. 31) mit einem rezenten Pollenkorn der Zwerg-Birke (Abb. 32) am Rasterelektronenmikroskop bestätigt. Dennoch findet man gelegentlich vereinzelte Pollenkörner von Baumbirken, wie der Vergleich eines fossilen Pollenkorns (Abb. 33) mit dem Pollenkorn einer rezenten Moorbirke (Abb. 34) aufzeigt.

Diese Baumpollenkörner sind offensichtlich zugeweht, müssen aber nicht unbedingt aus Refugialgebieten stammen, die viele Hunderte Kilometer entfernt lagen.

Kräuterpollen-Flora

Die überwiegende Menge der krautigen Pollentypen im DA 1 gehört den Gräsern, den Kreuzblütlern, dem Alpen-Wegerich, den Gänsefußgewächsen, den Doldenblütlern und den Röhrenblütigen Korbblütlern an. Es ist nicht uninteressant zu erwähnen, dass der Anteil an Beifußpollen merklich hinter jenem des frühen Spätglazials (Pollenzone Ia) zurückbleibt. Diese Pollenformen lassen auf Pflanzenbestände schließen, die von Pflanzen der Pioniervegetation, wenig befestigter Rohschuttböden, der Schneeböden, von Heliophyten und von Pflanzen gebildet werden, die auf offene Vegetationsverhältnisse im Sinne ausgedehnter Steppenrasen hinweisen.



Abb. 31 (Fig. 31)



Abb. 32 (Fig. 32)

- Abb. 31: Fossiles Pollenkorn der Zwerg-Birke (*Betula nana*) (Stappitzer See, Bohrung STA-5, Tiefe 159,5 m). Man beachte die nur wenig vorgezogene Keimpore.
- Fig. 31: Fossil pollen grain of *Betula nana* (Stappitzer lake, drilling STA-5, -159.5 m). Note the only slightly protruding pore.
- Abb. 32: Rezentes Pollenkorn der Zwerg-Birke (Betula nana) (Turracher Höhe, Moor beim Grünsee)
- Fig. 32 : Recent pollen grain of Betula nana (Turracher Höhe, bog near lake Grünsee)



Abb. 33 (Fig. 33)



Abb. 34 (Fig. 34)

- Abb. 33: Fossiles Pollenkorn einer Baumbirke (*Betula pubescens / B. pendula*) (Stappitzer See, Bohrung STA-5, Tiefe 159,5 m). Man beachte die stark vorgezogene Keimpore.
- Fig. 33: Fossil pollen grain of *Betula pendula / B. pubescens*-type (Stappitzer lake, drilling STA-5, -159.5 m). Note the intensively protruding pore.
- Abb. 34: Rezentes Pollenkorn der Moor-Birke (Betula pubenscens cf. carpatica) (Schiefling, Kärnten)
- Fig. 34: Recent pollen grain of *Betula pubescens* cf. *carpatica* (Schiefling, Carinthia)

Fotos 31-34: K. Allesch (REM, 1500 x)

Die gleichzeitig, wenn auch nur spärlich, auftretenden Pollentypen des Wacholders, des Sanddorns, der Krähenbeere und des Alpen-Bärlapps als Elemente der Zwergstrauchheide dürften als Weitflug aus allmählich näher rückenden Pflanzenbeständen oder als sehr seltene Vorkommen dieser Pflanzen im Gebiet zu deuten sein. Diese Gehölzpollentypen, vor allem bei Berücksichtigung der Zwerg-Birke, lassen auf eine Stufe pflanzlicher Besiedlung schließen, die als typische Abfolge von Pioniergesell-schaften hin zu Zwergstrauchheiden anzusprechen ist.

Periode starker Klimaoszillationen?

Die wiederholt steil ansteigenden Kurvengipfel des Kreuzblütlerpollens alternieren in auffallender Weise mit ebenso stark ausgeprägten Pollengipfeln der Zwerg-Birke. Dieser mehrmalige Dominanzwechsel zwischen diesen Pollentypen ist nicht sedimentgebunden. Er könnte ein Ausdruck von Klimaoszillationen sein, welche wiederholt zu einer Schwerpunktsverlagerung zwischen Pioniervegetation und Zwergstrauchheiden führten. Ein rein zufällig wiederholt auftretender Wechsel der Pflanzenstandorte im Bereich der Bohrstelle ist natürlich nicht auszuschließen.



Abb. 35: Verbreitung der Kleinen Teichrose (Nuphar pumila) in Europa

Fig. 35: Distribution of *Nuphar pumila* in Europe

Quelle (source): Atlas Florae Europaeae 8 (JALAS & SUOMINEN 1989)

Feuchtbiotope

Das Vorkommen von Sporen eines Schachtelhalms und des Moorbärlapps belegen für den DA 1 die Existenz lokaler Feuchtbiotope im Seebachtal. Der Nachweis relativ großer Pollenmengen vom Typus

des Wasser-Ampfers spricht für das Vorhandensein von Fließgewässer begleitenden Pflanzengesellschaften, wie sie auf kiesig-tonigem Boden, im Uferröhricht oder auf Kiesbänken von Gebirgsbächen anzutreffen sind (OBERDORFER 1970: 312).

<u>Höhenstufe</u>

Aus der Sicht der Vegetationsverhältnisse, die sich aus der fossilen Pollenflora ableiten lassen, befand sich das Seebachtal zur Zeit des DA 1 im Bereich der (unteren) alpinen Höhenstufe, was gegenüber heute eine Absenkung der Vegetationsgrenze um etwa 800-900 m bedeutet. Das entspricht durchaus jenem Wert, der von SCHREINER (1992: 187) für ältere stadiale Eishalte angenommen wird.

Kurzfristige Erwärmung

Die Klimaverhältnisse zur Zeit des DA 1 waren trotz des grundsätzlich stadialen Charakters zumindest kurzfristig nicht ungünstig, sodass es während dieser Periode zu einem vorübergehenden Rückzug des Talgletschers und zur Ausbildung eines Sandersees im Raume der Bohrstelle kam. Dies ermöglichte die Ansiedelung thermisch anspruchsvollerer Wasserpflanzen, wie Große Seerose und Teichrose, sowie das Aufkommen einer Laichkraut- und einer Rohrkolbenart vom *Sparganium*-Typ im Sandersee. Im Sinne von ZOLLER (1987: 129) spricht das Vorkommen klimatisch anspruchsvollerer Wasserpflanzen für eine mittlere Julitemperatur von mindestens 12-13 °C oder mehr, die demnach vorübergehend während des DA 1 im Seebachtal erreicht wurde. Die Sommertemperatur zu dieser Zeit scheint sich demzufolge dem heutigen Julimittelwert von 14,6 °C für Mallnitz bereits stark genähert zu haben.

Von den zwei Arten der Teichrose, die zur Wahl stehen, wird im Sandersee bzw. im entsprechenden Feuchtbiotop die thermisch weniger anspruchsvolle Kleine Teichrose vorgekommen sein, deren südliche Verbreitungsgrenze heute die Alpen gerade noch erreicht (Abb. 35) und die OBERDORFER (1970: 392) als Eiszeitrelikt auffasst.





 Abb. 36: Fransenflügler (Thysanoptera) (Stappitzer See, Bohrung STA-5, Tiefe 153 m)

 Fig. 36: Thysanoptera (Stappitzer lake, drilling STA-5, -153 m)

Foto: H. Sattmann, Naturhistorisches Museum Wien, 17.06.2000

Die Besiedelung des Stillwassers mit Wasserpflanzen schlägt sich in spurenhaften Mengen von Huminsäuren nieder, die in dieser Tiefe nachgewiesen werden können (vgl. Abb. 41).

Die kurzfristige Klimagunst während DA 1 hat nicht nur das Vorkommen anspruchsvollerer Wasserpflanzen, sondern vermutlich auch die Verbreitung einzelner Insektenformen begünstigt, wie z.B. der Fransenflügler (Abb. 36). Fransenflügler sind sehr kleine Insekten von meist nur 1-2 mm Größe, die sich auf Blüten aufhalten und in Pflanzen leben. Sie werden im Volksmund auch "Gewitterwürmchen" genannt, da sie nur an warmen und schwülen Sommertagen in großen Mengen schwärmen (CHINERY 1976: 136-137). Der Fund dieses Insekts stellt daher eine bemerkenswerte Ergänzung für die Einschätzung des damaligen Sommerwetters im Seebachtal dar, und man kann, alle Aspekte zusammengefasst, davon ausgehen, dass es während des DA 1 vorübergehend relativ mäßig warme Sommer und milde Winter gab.

Das zeitweise nicht ungünstige Klima führte dazu, dass eine Reihe von Gehölzpollentypen anspruchsvollerer Gewächse (Hasel, Fichte) aus wahrscheinlich nicht allzu weit entfernten Gebieten in das Seebachtal eingeweht wurden, wobei sich die Vielfalt der zugewehten Pollentypen in der zweiten Hälfte der Periode leicht verstärkte. Der Pollen der Grün-Erle hingegen sowie der Blütenstaub jener Pflanzen, die pflanzensoziologisch an Hochstaudenfluren (Lilie, Berg-Flockenblume), Grün-Erlengebüsche und an "offene" Wuchsorte (Silberdistel) gebunden sind, dürften aus geringerer Entfernung stammen.

Neuerliche Klimaverschlechterung

Gegen Ende des Diagrammabschnittes 1 verschärften sich die klimatischen Verhältnisse wieder. Beifuß und Gänsefußgewächse breiteten sich stärker aus als bisher und der Talgletscher rückte neuerlich vor, wie die Moränenablagerung zwischen -148,4 m und -144,4 m aufzeigt. Das gleichzeitige Zurücktreten des Grün-Erlenpollens bis auf 1 % spricht für eine zusätzliche Verschärfung der hygrischen Kontinentalität.

7.2.3.2.2 Diagrammabschnitt 2 (-144 m bis -140 m)

Diagrammabschnitt 2 (DA 2) umfasst nur einen relativ kurzen Zeitraum der pleniglazialen Klima- und Vegetationsgeschichte. Der Abschnitt hebt sich im Pollendiagramm von den angrenzenden Diagrammlagen in einer sehr charakteristischen Weise ab: Unvermittelt steiler und rascher Anstieg der Gehölzpollenkurve auf 60 % bis maximal 75 %, auffallend geringe Schwankungen der Gehölzpollenkurve während der Periode und ebenso steiler und rascher Abstieg derselben gegen Ende des Abschnittes. DA 2 erweist sich damit als eine zwar kurzfristige, dafür aber umso wirkungsvollere interstadiale Warmphase, in deren Rahmen es zur Einwanderung der Grün-Erle, der Fichte und der Lärche in das Seebachtal kam. Die typisch kaltzeitliche Kräutervegetation, vertreten vor allem durch Beifuß, Gänsefußgewächse und Doldenblütler, wird gleichzeitig erheblich zurückgedrängt.

Die Zuwanderung der Grün-Erle, die sich als Pioniergehölz vermutlich auf den gut durchfeuchteten Rohschuttböden in mehr oder weniger ausgedehnten Gebüschen gemeinsam mit einem pflanzensoziologisch an sie gebundenen Farnbestand ansiedelte, und das Vordringen der baumförmigen Gehölze in das Gebiet bedeuten die Anhebung der Vegetationsverhältnisse zumindest in den Bereich der subalpinen Höhenstufe, wie sie heute im Hochalm-Ankogel-Gebiet zwischen 1900 m und 2000 m anzutreffen ist.

Wenn die Anwesenheit der Grün-Erle nur aus den hohen Pollenmengen abgeleitet werden kann, so ist das Vorkommen der Fichte neben dem Anstieg des Fichtenpollens auf 17 % auch durch Funde von Spaltöffnungen (Abb. 37, vgl. TRAUTMANN 1953: 528-529) und das Vorkommen der Lärche durch Nadelreste (Abb. 38 und 39) als absolut gesichert zu betrachten.

Im Gefolge der Lärchen- und Fichtenzuwanderung, die vermutlich nur zu einem stark aufgelockerten Baumbestand führte, erschienen erstmals die Erikagewächse sowie verschiedene Farnarten, wie Echter Männerfarn, Gewöhnlicher Frauenfarn, Eigentlicher Eichenfarn und Adlerfarn, von denen bekannt ist, dass sie bis in die subalpine Höhenstufe aufsteigen können. Sporennachweise des Gewöhnlichen Tüpfelfarns können dahingehend gedeutet werden, dass sich als Folge der besonderen Klimagunst auch Pflanzenelemente der montanen Höhenstufe ziemlich nahe an das Untersuchungsgebiet heranschoben.



Abb. 37: Spaltöffnung einer Fichtennadel (Stappitzer See, Bohrung STA- 5, Tiefe 141 m)
Fig. 37: Stoma of *Picea abies* (Stappitzer lake, drilling STA-5, -141 m)
Foto: H. Riegler-Hager



Abb. 38: Ausschnitt einer Lärchennadel (Stappitzer See, Bohrung STA-5, Tiefe 141 m)
Fig. 38: Fragment of the needle of *Larix decidua* (Stappitzer lake, drilling STA-5, -141 m)
Foto: H. Riegler-Hager



Abb. 39: Spaltöffnung einer Lärchennadel (Stappitzer See, Bohrung STA-5, Tiefe 141 m)

Fig. 39: Stoma of *Larix decidua* (Stappitzer lake, drilling STA-5, -141 m)

Foto: H. Riegler-Hager (1000 x)

Diesem Vorstoß eines subalpinen Baumbestandes in das Seebachtal folgten mit entsprechendem räumlichem Abstand wärmeliebende Gehölze, wie Hasel und die Vertreter des Eichenmischwaldes, letztere vor allem repräsentiert durch die Ulme. Das rasche Eindringen baumförmiger Gehölze in das Innere der Südostalpen war offensichtlich nur dadurch möglich, dass schon zur Zeit des Hochglazials die refugialen Nadel- und Laubbaumbestände des Balkans entlang der Talfurche der Save bis an den südöstlichen Alpenrand heranreichten (ZAGWIJN 1992: 11, Abb. 1).

7.2.3.2.3 Diagrammabschnitt 3 (-140 m bis -136 m)

Diagrammabschnitt 3 (DA 3) dokumentiert ähnlich wie DA 2 ein relativ kurzes klimatisches Intermezzo. Ein kräftiger Klimarückschlag unterbrach kurzfristig den Fortbestand jener Vegetationsverhältnisse, wie sie sich zur Zeit der Seebachtal-Warmphase eingestellt hatten. Dieser Kälterückschlag wurde bereits gegen Ende der vorangehenden Warmphase durch ein neuerliches Vorrücken des Talgletschers eingeleitet, dessen Moränen sogar noch in den Diagrammabschnitt 4 hineinreichen.

Im Zuge dieser Klimaverschlechterung wichen Fichte, Lärche und Grün-Erle, wie auch die an die Grün-Erlengebüsche, Hochstaudenfluren und an den Baumbestand gebundenen Farne (Eichenfarn, Männerfarn, Tüpfelfarn) und Erikagewächse aus dem Seebachtal vollständig zurück. Auch der Pollenfernflug der wärmeliebenden Laubhölzer nahm ab und die Nachweise für die Wasserpflanzen und die Mondraute setzten völlig aus. Im Zuge dieser Veränderungen breiteten sich neuerlich jene krautigen Pflanzen, die für die Kältesteppe und für offene Vegetationsverhältnisse typisch sind (Beifuß, Gänsefußgewächse, Doldenblütler, Kreuzblütler, Korbblütler, Alpen-Wegerich u.a.), wieder stärker aus.

Die Zunahme der Kontinentalität des Klimas, die durch das verstärkte Auftreten des Beifußes und den Rückgang der Grün-Erlenbestände zum Ausdruck kommt, förderte offensichtlich die Ausbreitung der Kiefer (Latsche, die Waldkiefer oder Föhre ist im Gebiet nicht vertreten), deren Pollenflug, der sonst kaum 10 % überschritt, jetzt kurzfristig auf nahezu 25 % anstieg.

7.2.3.2.4 Diagrammabschnitt 4 (-136 mbis -113 m)unter www.biologiezentrum.a

Diagrammabschnitt 4 (DA 4) erweist sich neuerlich als eine Phase interstadialer Klimagunst, diesmal von einer etwas längeren Dauer. Damit kam es annähernd zur Wiederherstellung jener Vegetationsverhältnisse im Gebiet, wie sie bereits vor dem Klimarückschlag des DA 3 bestanden hatten. Zum zweiten Mal während des ausgehenden Pleniglazials drangen Fichte und Lärche in das Seebachtal ein. Die jetzt nachzuweisenden Zirbenpollen bezeugen, dass zumindest ab DA 4, wenn nicht schon während DA 2, auch die Zirbe im Baumbestand vertreten war. Der Fichtenpollenanflug erreichte in DA 4 zwar nicht mehr die früheren Werte, diese bewegten sich aber immer noch zwischen 5 % und 10 %. Die relativ zahlreichen Nadelreste mit Spaltöffnungen, die besonders in der Tiefe von 135,5 m bis 119,5 m aufgefunden wurden, sind jedoch verlässliche Beweise für die Anwesenheit der Fichte.

Der Fund eines Klumpens von annähernd 25 Pollenkörnern des Ahorns in der Tiefe von 135,5 m sowie die überraschend hohe Pollenmenge der Gewöhnlichen Esche von 19 % bei -124,5 m lassen vermuten, dass sich sogar anspruchsvollere Laubhölzer in allernächster Nähe angesiedelt hatten. Dennoch scheinen insgesamt die klimatischen Verhältnisse ein wenig ungünstiger bzw. wechselhafter gewesen zu sein als in der Warmphase des DA 2. Dies kann daraus ersehen werden, dass sich die Bestände der Gänsefußgewächse und Doldenblütler zur Zeit des DA 4 gegenüber der Kaltphase vorher kaum verringerten, jene der Kräuter insgesamt sich zeitweise sogar erhöhten. Das sind deutliche Anzeichen dafür, dass die Areale mit offener Vegetation zumindest zeitweise noch beachtliche Ausmaße besaßen.



Abb. 40: Verbreitung der Eibe (*Taxus baccata*) in Europa
Fig. 40: Distribution of *Taxus baccata* in Europe
Quelle (source): Atlas Florae Europaeae 2 (JALAS & SUOMINEN 1973)

Aus glazialgeologischer Sicht ist DA 4 für die Geschichte des Seebachtales insofern bedeutsam, als sich der Talgletscher endgültig aus dem Raum des heutigen Stappitzer Sees zurückzog und damit den Weg zur Entstehung des Sees freimachte. Ein Ereignis, das sich bei -118 m durch die Ablöse der Sanderablagerungen durch Stillwassersedimente vollzog, die sich bis in die Gegenwart ohne Unterbrechung nachweisen lassen. Nach jener Sedimentationsleistung im Stappitzer See, die für die Ältere Dryas angenommen werden kann, dürfte der Stappitzer See um die Mitte des 16. Jahrtausends vor heute entstanden sein.

Zu dieser Zeit traten in den Sedimenten des Stappitzer Sees vermehrt Pollenkörner der Eibe auf. Bei -116,5 m erreichten diese eine Menge von knapp über 2 % der Pollensumme. Unter den Pollenkörnern der Eibe fanden sich auch Exemplare, deren Plasma noch fossil erhalten war. Nach OBERDORFER (1970: 76-77) stockt die Eibe als Licht-Halbschattbaum meist an steilen Hängen oder in Taleinschnitten in luftfeuchter, wintermilder Klimalage. Diese Standortsbedingungen dürften zur damaligen Zeit im Seebachtal, dessen Talsohle gegenüber heute wesentlich tiefer lag, gegeben gewesen sein, was sich aus dem Auftreten des Eibenpollens schließen lässt. Im Vergleich mit der heutigen Verbreitung der Eibe in Europa (Abb. 40) scheint ihre Nordgrenze zur Zeit des ausklingenden Pleniglazials etwa 15 Breitengrade südlicher verlaufen zu sein.

Die Eibe ist ein Florenelement der montanen Stufe, ebenso wie der Gewöhnliche Tüpfelfarn, dessen Sporen etwa gleichzeitig mit dem Eibenpollen im Sediment des Stappitzer Sees auftreten. Es hat daher den Anschein, dass die klimatischen Verhältnisse gegen Ende der Warmphase 2 so günstig waren, dass es zu dieser Zeit zur Ausbreitung von Pflanzengesellschaften der montanen Stufe in allernächster Nähe kommen konnte. Das spricht dafür, dass gegen Ende dieser zweiten Seebachtal-Warmphase ein unverhältnismäßig günstiges, wintermildes Klima herrschte, welches sich als der klimatische Höhepunkt des DA 4 und damit des gesamten pollenstratigraphisch überlieferten Pleniglazials erweist.

7.2.3.2.5 Zum Problem der Pollenfunde wärmeliebender Gehölze an der Basis spätglazialer Sedimente

Das Vorkommen von Pollen anspruchsvollerer Gehölze an der Basis spätglazialer Sedimente ist eine von zahlreichen Autoren gemachte Erfahrung. Im mineralischen Untergrund des Dobramoores westlich von St. Veit an der Glan (Kärnten) fand BORTENSCHLAGER (1966: 65) nahezu das gesamte postglaziale Gehölzpollenspektrum mit zum Teil nicht unerheblichen Werten, z.B. Mengen des Fichtenpollens von über 25 %. BORTENSCHLAGER (1966) führte dieses Vorkommen auf Verunreinigung durch umgelagerten Tertiärpollen zurück. Ähnliche Beobachtungen liegen aus Pollenprofilen der Südund Zentralalpen sowie aus dem südlichen Alpenland vor (ZOLLER et al. 1996: 39). Aus den Tiroler Alpen machte SARNTHEIN (1936, 1940, 1949) derartige Funde bekannt.

Wenn ursprünglich solche Pollenvorkommen allgemein als Verunreinigungen angesehen wurden, die im Zuge der Probengewinnung oder durch Umlagerung aus älteren Sedimenten zustande gekommen seien, so wies inzwischen eine Reihe von Autoren (ZOLLER et al. 1996: 39) mit glaubwürdigen Argumenten darauf hin, dass beide Erklärungsversuche nicht zutreffen können. Im selben Sinne äußerte sich bereits SARNTHEIN (1936: 573-574), nämlich dass Fernflug und lokales Vorkommen der Gehölze für ein so frühes Auftreten anspruchsvollerer Pollentypen eher in Betracht zu ziehen sind als Umlagerungen oder Verunreinigungen. In Anlehnung an FEUERSTEIN (1934) glaubte SARNTHEIN (1936), auf eine nachbühlzeitliche Klimaschwankung vom Charakter eines Interstadials schließen zu können, auf welches die Pollenfunde der wärmeliebenden Gehölze zeitlich zu beziehen wären. Nach ZOLLER (1987: 133) und ZOLLER et al. (1996: 39) stammen derartige Pollenfunde aus dem Fernflug gegen Ende jener Warmphase, die den Abschmelzprozess der alpinen Eiskalotte einleitete und gleichzeitig dazu führte, dass die Arealgrenzen der anspruchsvolleren Gehölze vorübergehend näher an die Alpen heranrückten.

Die Untersuchungen im Seebachtal zeigen auf, dass sowohl Pollenferntransport aus dem südlichen und südöstlichen Vorland der Alpen als auch lokale Pollenproduktion für das Auftreten von Pollen anspruchsvollerer Gehölze an der Basis spätglazialer Sedimente, nämlich an der Basis der Pollenzone Ia, tatsächlich in Frage kommen, wobei größere Mengen nur aus lokalen Pflanzenbeständen stammen können.

7.2.3.3 Spätglazial

Das Spätglazial reicht konventionell von 15000 bis 10000 vor heute (LANG 1994: 88) und an dieser Grenzziehung wird in der vorliegenden Arbeit festgehalten, da sie pollenstratigraphisch begründbar ist. Aufgrund zahlreicher Untersuchungen aus ganz Europa ist das Spätglazial überwiegend als ausgesprochen kaltzeitliche Vegetationsperiode definiert (FIRBAS 1949: 48-49). Im Pollendiagramm des Stappitzer Sees hebt sich das Spätglazial von -113 m bis -60 m durch die hohen Gräser- und Kräuterpollenwerte, insbesondere aber durch die hohen Pollenwerte des Beifußes und weiters durch das Zurücktreten der Grün-Erle markant ab und ist daher sowohl gegen das Pleni- als auch gegen das Postglazial gut abgegrenzt.

Die Gliederung des Spätglazials kann sich ohne Vorbehalt auf die für Mitteleuropa erarbeiteten Pollenzonen (FIRBAS-Zonen) stützen, da zu dieser Zeit die großklimatischen Verhältnisse in ganz Europa weitgehend einheitlich waren. Die Voraussetzungen für eine Chronostratigraphie auf der Basis enggereihter konventioneller Radiokarbonalter sind im vorliegenden Fall allerdings nicht gegeben.

7.2.3.3.1 Diagrammabschnitt 5 (-113 m bis -80 m)

Der Diagrammabschnitt 5 (DA 5) umfasst die Pollenzone I (ältere waldlose oder waldarme Zeit) von 15000 bis 12000 vor heute. Die Pollenzone I ist pollenstratigraphisch gesehen in der Pollenüberlieferung des Seebachtales ein weitgehend einheitlicher Zeitabschnitt mit extrem hohen Kräuter- und Gräserpollenmengen, die mehrmals Spitzenwerte von 80 % und mehr erreichen. Im Besonderen ist dieser Zeitabschnitt durch hohe Pollenanteile des Beifußes und der Gänsefußgewächse charakterisiert, die als typische Spätglazialpflanzen der Kältesteppe die Zone I als die extremste Kaltperiode kennzeichnen, die im 160 m langen Bohrprofil aufscheint.

Die Klimaverhältnisse in diesem Zeitabschnitt zeigen, speziell was Kontinentalität und Winterkälte betrifft, eine klare Tendenz, die sich aus der Beifußkurve trotz ihrer starken Schwankungen ablesen lässt. Demnach verschärft sich das Klima anfänglich, erreicht relativ bald den Höhepunkt des Klimapessimums mit über 45 % Beifußpollen, um von da an allmählich und oszillierend an Strenge des Klimas etwas einzubüßen. Dennoch gab es kurzfristig, wie die Grün-Erle als Pioniergehölz mit hohen Feuchtigkeitsansprüchen an den Boden und damit als Gradmesser der Humidität erkennen lässt, immer wieder niederschlagsreichere und wohl auch mildere Klimaphasen, wie vor allem zu Beginn und gegen Ende des DA 5. Die ehemals ausgedehnteren pleniglazialen Grün-Erlengebüsche, die kurzfristig immer wieder während der Pollenzone I gegen das Seebachtal heranrückten, hatten sich offensichtlich in nicht allzu weit entfernt gelegene Gebiete zurückgezogen.

Das Auftreten von Pollenkörnern mit fossil erhaltenem Plasma etwa bis -94,5 m könnte als Zeichen dafür gedeutet werden, dass sich während des DA 5 in der höheren Bergumrahmung des Seebachtales noch ansehnliche Gletscherflächen ausbreiteten. Auf den von den Eismassen zur pflanzlichen Besiedlung freigegeben Böden konsolidierte sich eine kaltzeitliche Kräutervegetation, die sich gegenüber dem Pleniglazial dichter zusammenschloss, was im Profil zu einem verringerten Eintrag von gröber-körnigem Sediment führte.

Der Pollenzone I werden seitens der Glazialgeologie wichtige Eishalte zugewiesen, wie das Gschnitzund das Daun-Stadium. Diese Klimaverschlechterungen dürften in den Rückgängen der Schluffkurve unter- und oberhalb von -89,5 m ihren Ausdruck finden.

7.2.3.3.2 Pollenzone Ia (15000 bis 13000 vor heute)

Die Zeit der Pollenzone (PZ) Ia begann mit gänzlich wald- und baumlosen Vegetationsverhältnissen, was aus den extrem hohen Kräuter- und Gräserpollenwerten mit bis über 90 % der Gesamtpollensumme abzulesen ist. Die bis dahin im Seebachtal und seiner Umgebung verbreitetet gewesenen Fichten-, Lärchen und Zirbenbestände zogen sich zum zweiten Mal zurück. Die Pollenüberlieferung der Fichte bricht jäh ab und die wenigen oder gar nur mehr vereinzelt vorkommenden Pollenkörner thermisch anspruchsvollerer Gehölze sind ein eindrucksvoller Beleg, dass sich die Arealgrenzen der Gehölze weit in das südliche und südöstliche Vorland der Alpen verlagerten. Am häufigsten noch kam es zur

Einwehung von Haselpollen. Mit der Zurückdrängung der Gehölzbestände aus dem Seebachtal wanderten zwangsläufig auch alle jene Farne ab, die pflanzensoziologisch an den montanen bis subalpinen Baumbestand, an die Grün-Erlengebüsche und an die Hochstaudenfluren gebunden sind. Ebenso verschwanden die anspruchsvolleren Wasserpflanzen, wenn auch mit einer gewissen Verzögerung.

Gegen Ende der PZ Ia bahnten sich die ersten deutlichen Veränderungen in der Vegetation an. Am auffälligsten ist der Anstieg der Kiefernkurve bei -96,5 m über jenes Ausmaß hinaus, das es in Ansätzen schon im ausgehenden Pleniglazial gab. Auch wenn kein sicherer pollenmorphologischer Nachweis geliefert werden kann, dass der eingewehte Kiefernpollen von der Latsche stammt, so sprechen doch die ausgeprägt kaltzeitlichen Klimaverhältnisse dafür, abgesehen davon, dass die Waldkiefer (Föhre) im Gebiet gänzlich fehlt. Ein Vorrücken der ersten Kiefernbestände (Latsche) in das Seebachtal ist zu dieser Zeit dagegen kaum anzunehmen, auch wenn die Kiefernwerte bis auf über 40 % anstiegen.

Die Zunahme des Kiefernpollenfluges kündet das Aufkommen einer Strauchphase an, die in weiterer Folge zu einer kurzfristigen, aber starken (Zwerg-?)Birken-Ausbreitung führte. Diese Birkenausbreitung könnte im Sinne von ZOLLER (1987: 125) und nach den Erfahrungen in der Schweiz sowie im südlichen Alpenvorland jener Birkenphase entsprechen, die das Ende der PZ Ia einleitete, zumal der pollenstratigraphische Bezug zur nachfolgenden böllingzeitlichen Wacholder-Phase zu Beginn der PZ Ib gegeben ist.

Die Grenze zwischen PZ Ia und PZ Ib liegt demnach im Pollendiagramm des Stappitzer Sees zwischen -95 m und -87 m. In Anbetracht des Faktums, dass die Schluffkurve etwa bei -90 m eine ziemlich kräftige, wenn auch nur kurzfristige Erwärmung andeutet und gleichzeitig damit auch ein Rückgang der Gräser-, Kräuter- und Beifußkurve einsetzt, wird die Grenze zwischen PZ Ia und PZ Ib im Pollendiagramm des Stappitzer Sees bei -90 m angenommen.

Die Ausbreitung der Kiefer und der Birke gegen Ende der Pollenzone Ia findet in einer gewissen Hinsicht ihre Parallele in jener Strauchphase des Moores beim Lanser See (Tirol, 849m NN), die dort etwa um 13980 vor heute mit einer kräftigen Wacholderphase, gefolgt von der Birke und der Kiefer, einsetzte (BORTENSCHLAGER 1977, 1978, 1984).

7.2.3.3.3 Pollenzone Ib (13000 bis etwa 12200 vor heute)

Die Pollenzone Ib, das Bölling-Interstadial, prägt sich sowohl lithologisch (Schluffkurve) als auch nach den Huminsäurebefunden (vgl. Abb. 41) als eine eher sehr schwache Erwärmungsphase aus. Vegetationsgeschichtlich sprechen für die Klimabesserung zu dieser Zeit lediglich die (ziemlich) schwache Ausbreitung des Wacholders und die nachfolgende Zuwanderung der Grün-Erle als Vorbotin einer näher rückenden Waldfront. Es ist bemerkenswert, dass die böllingzeitliche Wacholderphase im Seebachtal besonders arm an Weiden und Sanddorn war.

Die Zunahme des Erlenpollens bedeutet möglicherweise den klimatischen Höhepunkt der Bölling-Warmphase, was sich sowohl am Rückgang des Beifußes als auch an der verstärkten Pollenzuwehung von Baumarten des Eichenmischwaldes und der Hasel abzeichnet. Die Klimagunst findet auch in einer merkbaren Zunahme der Huminsäuregehalte dieser Diagrammlage (-84 m bis -82 m) ihre Bestätigung.

Ähnlich wie in den Westalpen, wo sich die Bölling-Warmphase nur schwach vom Alleröd-Interstadial absetzt (ZOLLER et al. 1996: 57), kommt auch im Seebachtal dieser Phase kaum eine besondere klimatische Bedeutung zu. Sie ist aber durch die pollenstratigraphisch einwandfrei nachzuweisende Kaltphase Ic deutlich vom Alleröd abgegrenzt (vgl. Abb. 41).

7.2.3.3.4 Pollenzone Ic (etwa 12200 bis 12000 vor heute)

Die Ansätze der böllingzeitlichen Vegetationsentwicklung wurden spontan durch den Klimarückschlag der PZ Ic unterbrochen. Nochmals kam es jetzt zu einem allerletzten kräftigen Anstieg des Kräuter- und Gräserpollens auf annähernd 75 % mit einem Anstieg des Beifußes als Element der Kältesteppe auf 20 %, einen Wert, der vorher nur noch in der PZ Ia erreicht worden war. Die Pollenein-





Fig. 41: Photometric measurement of extinction of alkaline humic acid-extracts in KOH at 10 %: general view around the late pleniglacial period and the lateglacial period (-61 m to -156.5 m)

wehungen der Grün-Erle, der Hasel und der Arten des Eichenmischwaldes setzten zu dieser Zeit nahezu aus, der Wacholder breitete sich neuerlich aus.

Diese kurzfristige Unterbrechung in der Vegetationsentwicklung ist in ähnlicher Diagrammlage nach LANG (1994: 75) von Oberitalien bis in den Ostseeraum festzustellen und entspricht daher einer großräumigen Klimatendenz, die sich folgerichtig in der Schluffkurve durch die Eintalung derselben mit dem Tiefpunkt bei -81 m äußert. Die glazialgeologische Zuordnung des Daun-Stadiums zu dieser Kalt-Phase (PATZELT 1980: 14) scheint daher aus der Sicht der Vegetations- und Klimaentwicklung durchaus realistisch.

Nach der Sedimentationsleistung des Stappitzer Sees dauerte die Pollenzone Ic bei Anwendung der Sedimentationsrate der Bölling-Warmphase für die Berechnung vermutlich nicht länger als 200 Jahre. Mit ihr endete im Seebachtal und damit in den südlichen Hohen Tauern eine rund dreitausend Jahre lange, überwiegend extreme Kälteperiode des Spätglazials.

7.2.3.3.5 Diagrammabschnitt 6 (-80 m bis -69 m)

Der Diagrammabschnitt 6 (DA 6) umfasst die Pollenzone (PZ) II (Alleröd-Warmphase) von 12000 bis 11000 vor heute. Die Alleröd-Warmphase ist in der Fossilüberlieferung des Stappitzer Sees pollenstratigraphisch durch eine Reihe von Veränderungen gegenüber der PZ I gut abgegrenzt. Markant sind der Rückgang der Gräser und Kräuter, insbesondere des Beifußes und der Gänsefußgewächse, sowie die Ausbreitung von Birke und Kiefer (Latsche), bei letzterer mit Werten, wie sie bisher im Spätglazial noch nicht erreicht wurden.

Die Vegetationsentwicklung im Alleröd begann mit der Fortsetzung jener Ausbreitung der Grün-Erle, die bereits in der Bölling Warmzeit eingesetzt hatte, aber durch den Klimarückschlag in PZ Ic unterbrochen worden war. In dieser Phase, während der es zu einer neuerlich verstärkten Zuwehung des Haselpollens kam, trat offenbar die Kiefer (Latsche) allmählich in Konkurrenz mit der Grün-Erle. Da etwa gleichzeitig damit nach langer Unterbrechung die ersten Pollenkörner von Lärche und Zirbe wieder auftraten, fand hier offensichtlich die Eroberung des Gebietes durch die Gehölze des subalpinen Nadelwaldes statt, womit erst jetzt und nicht schon in der Bölling-Warmphase die spätglaziale Bewaldung des Seebachtales eingeleitet wurde. Die Fichte blieb zu diesem Zeitpunkt dem Hochtal noch fern, auch wenn sich die Einwehung von Fichtenpollen leicht verstärkte. Eine nicht unwesentliche Rolle im Rahmen der Wiederbewaldung des Seebachtales kam den Baumbirken zu, die als Pionier- und Lichtgehölze gemeinsam mit Lärche und Zirbe das Seebachtal besiedelten. Mit dem Aufkommen eines Baum- bzw. Waldbestandes erschienen naturgemäß auch wieder jene Farnarten, die den subalpinen Wald begleiten.

Das Alleröd als die ausgeprägteste Warmphase des Spätglazials führte nicht nur zu einer Umgestaltung der Vegetationsbedeckung, sondern hinterließ auch deutliche Spuren der Klimagunst in Form des kräftigen Anstieges der Ton-, Fein- und Mittelschluffraktion im Seesediment sowie einer verstärkten Humisäureeinlagerung (vgl. Abb. 41).

Trotz der Klimabesserung, die ihren Höhepunkt erst gegen Ende der Periode erreichte (siehe Abb. 41), blieben Vegetations- und Klimaverhältnisse noch gedrückt, was sich an den anhaltenden Polleneinwehungen des Wacholders, des Sanddorns und des Meerträubchens ebenso manifestiert wie an den weiterhin nur geringen Pollenzuwehungen anspruchsvollerer Gehölze.

Das verstärkte Auftreten der Mondraute im Alleröd spiegelt die Ausbildung konsolidierter Rasengesellschaften im subalpin-alpinen Bereich wider.

7.2.3.3.6 Diagrammabschnitt 7 (-69 m bis -60 m)

Der Diagrammabschnitt 7 (DA 7) entspricht der Pollenzone III bzw. der Jüngeren Dryas von 11000 bis 10100 vor heute. Die Jüngere Dryas hebt sich pollenstratigraphisch im Pollendiagramm des Stappitzer Sees in einer so markanten Weise ab, wie in keinem der bis jetzt bekannt gewordenen Pollendiagramme aus Kärnten. Der Kälterückschlag dieser Periode äußerst sich in erster Linie im Anstieg

des Nichtgehölzpollens, der vor allem auf die Zunahme des Beifußpollens zurückgeht. Die Ausweitung offener Pflanzenbestände führte entsprechend zu einer Einschränkung der Gehölzvegetation und zwar von der Pollenüberlieferung her gesehen vor allem der Kiefer und der Baumbirke, in geringerem Umfang auch der Lärche und der Zirbe, ohne dass die Baumbestände völlig aus der Umgebung verdrängt worden wären.

Die Jüngere Dryas, die letzte der spätglazialen Kaltphasen, wird glazialgeologisch mit dem Kälterückfall des Egesen-Stadiums korreliert (SCHREINER 1992: 186). Die klimatischen Parameter dieses Kälterückschlages sind eingehend untersucht. Die Schneegrenze sank in dieser Zeit vermutlich um ca. 200-300 m und verlief daher im Hochalm-Ankogel-Gebiet vermutlich bei etwa 2400-2500 m. Die Temperaturdepression betrug nach KERSCHNER (1978: 45) in der Ablationszeit von Mai bis September ungefähr 1,3-2,0 °C gegenüber dem neuzeitlichen Eishochstand von 1850. Die mittlere Jahrestemperatur wird um ca. 4 °C niedriger angenommen als heute. Das bedeutet im Vergleich zur Gegenwart eine ausgeprägte thermische Kontinentalität mit nicht nur kälteren sondern auch trockeneren Wintern. Gemäß der Lage des Hochalm-Ankogel-Gebietes im kontinentalen Bereich der Zentralalpen dürften daher die Jahresniederschlagsmengen während der Jüngeren Dryas etwa nur 70 % der heutigen Werte betragen haben. Da die Waldgrenze nach (KERSCHNER 1980: 229) um ca. 400 m abgesenkt war, stockten Lärchen-Zirbenbestände, wie sie heute an den Hängen des Seebachtales etwa in der Höhe von 1800-1900 m anzutreffen sind, in der Jüngeren Dryas etwa bei 1400-1500 m.

Beurteilt man die Klimaverschlechterung der Jüngeren Dryas auf der Basis der photometrisch gemessenen Extinktion der alkalischen Huminsäurelösungen, so kommt der Kälterückschlag zwar deutlich zum Ausdruck, erreicht aber nicht mehr das Ausmaß jener klimatischen Ungunst, wie sie während der Pollenzone I festzustellen ist (Abb. 41). Das gleiche Verhalten ist aus der nur schwach rückläufigen Schluffkurve zu entnehmen. Das würde bedeuten, dass die "Kaltphase" der Jüngeren Dryas in den südlichen Hohen Tauern klimatisch als günstiger zu betrachten ist als die "Warmphase" des Bölling-Interstadials. Dieses Faktum entspricht durchaus der Beobachtung, dass die Wiederbewaldung, die sich im Seebachtal erst im Laufe des Alleröd vollzog, in der Jüngeren Dryas nicht mehr rückgängig gemacht wurde und das Tal vegetationsmäßig in der subalpinen Höhenstufe verblieb. Ähnliches, dass nämlich der Kälterückfall der Jüngeren Dryas vielfach wenig deutlich ausgebildet ist, wird allgemein in der Waldentwicklung der Alpen beobachtet, sodass die pollenstratigraphische Abgrenzung der Jüngeren Dryas mitunter etwas unklar sein kann (KRAL 1979: 31). Was aber die Abgrenzung der PZ III als solche betrifft, scheint das Pollendiagramm Stappitzer See mit seinem neun Meter langen Profilabschnitt ein besonders günstiger Sonderfall zu sein.

Nach dem Kurvenverlauf des Grün-Erlen- und Kiefernpollens sind für die Jüngere Dryas Klimaschwankungen anzunehmen, die sicherlich auch zu Verschiebungen der Waldgrenze führten. Eine eingehendere Untersuchung in dieser Richtung würde sich vermutlich lohnen. So deuten beispielsweise braungraue Verfärbungen des Sedimentes im Bereich von -63 m bis -64 m und von -66 m bis -67 m auf eine gewisse Erwärmung hin, die sich auch in den Huminsäureuntersuchungen ausdrückt (vgl. Abb. 41). Im Falle des Horizontes in der Tiefe von -63 m bis -64 m fällt die Sedimentverfärbung mit dem absoluten Kiefernpollengipfel der PZ III zusammen. Eine Klimaoszillation kann außerdem auch aus dem Verlauf der Beifußkurve abgeleitet werden.

7.2.3.3.7 Spätwürmzeitliche Gletscherstände

Im Sinne der Glazialgeologie wurde der Abschmelzprozess der würmglazialen alpinen Eiskalotte durch fünf inneralpine Gletscherhalte unterbrochen: Bühl, Steinach, Gschnitz, Daun und Egesen (SCHREINER 1992: 185). Das Alter dieser Gletscherstände wurde im Laufe der Zeit mit verbesserten Einsichten nach und nach korrigiert, was allgemein zu einer zeitlichen Zurückversetzung der Stände in die Vergangenheit führte. Nach VAN HUSEN (2000: 151, Abb. 14) gehören neuerdings die Eishalte Bühl und Steinach noch dem Pleniglazial an und sind damit älter als 15000 vor heute. Diese Auffassung wird seitens der Untersuchungen im Seebachtal insofern bestätigt, als hier das Spätglazial nur Anhaltspunkte für die Eishalte Egesen, Daun und Gschnitz liefert. Demnach sind die Oszillationen des pleniglazialen Talgletschers im Seebachtal als Äquivalente des Steinach- und Bühl-Stadiums aufzufassen.

7.2.3.4 Postglazial

Die Vegetations- und Waldentwicklung im Postglazial besitzt grundsätzlich im Gegensatz zum Spätglazial, das allgemein über größere Gebiete hinweg einheitlichere Züge aufweist, stärker regionale bis lokale Ausprägungen. Das Pollendiagramm Stappitzer See (siehe Anlage) ist daher im postglazialen Abschnitt nur bedingt mit anderen Pollendiagrammen direkt vergleichbar. Es weicht nicht unerheblich durch seine durchgehend hohe Präsenz des Erlenpollens vom ostalpinen Waldentwicklungstyp der inneren Nadelwaldzone ab, der vorwiegend durch eine starke Dominanz des Fichtenpollens gekennzeichnet ist (KRAL 1995: 4). Die ausgedehnten Grau-Erlenbestände entlang der Bäche und an den sickernassen Berghängen, die früher wie heute die Vegetationsverhältnisse in allen Tauerntälern mitbestimmten, prägten infolge der hohen Pollenproduktion der Erlen in einem hohen Maße die fossile Pollenüberlieferung.

Die zeitliche Gliederung des Diagramms im Sinne der Pollenzonen nach FIRBAS (1949) stützt sich auf radiometrische Daten, jedoch unter Einbeziehung lithostratigraphischer, glazialgeologischer (Eishalte!) und klimatologischer Anhaltspunkte.

Der Schluffhorizont in der Tiefe von 1,20-1,25 m mit einem Alter von 85 ± 45 vor heute, der erstmals Anzeichen terrestrischer Pflanzenbesiedlung aufweist und im Bereich der Bohrstelle die aquatische Sedimentation beendet, gibt die Gewähr, dass die postglaziale Klima- und Vegetationsentwicklung vollständig überliefert ist.

Die Grenzziehung zwischen Spätglazial und Postglazial erfolgt im Pollendiagramm des Stappitzer Sees aufgrund dreier wesentlicher Kriterien: Anstieg der Gehölzpollenkurve auf über 80 %, Einsetzen der präborealen Birkenausbreitung und starker Abfall der Beifußkurve sowie anderer typisch spätglazialer Kräuterpollentypen wie der Gänsefußgewächse und der Doldenblütler. Diese Kriterien werden bei -60 m erreicht und es wird angenommen, dass diese Tiefe dem Alter von 10100 (bzw. 10000) vor heute entspricht, das allgemein für den Beginn des Postglazials angegeben wird.

7.2.3.4.1 Diagrammabschnitte des Postglazials

Die Nacheiszeit im Seebachtal ist im Gegensatz zum Spät- und zum ausgehenden Pleniglazial durch einen besonders ruhigen Verlauf der Gehölzpollenkurve und damit wohl auch des Klimas geprägt, eine Besonderheit, die das Postglazial offenbar allgemein auch vom letzten Interglazial der Riss-Würm-Warmzeit unterscheidet (CALVIN 1998: 87). Das Postglazial wird demzufolge in der vorliegenden Arbeit bewusst nur in zwei, dafür aber sehr markante, wenn auch verschieden lange Diagrammabschnitte geteilt. Diese Vorgangsweise scheint auch insofern sinnvoll und berechtigt zu sein, als jene im Allgemeinen zu beobachtende und zur pollenstratigraphischen Gliederung herangezogene Abfolge der Vorherrschaft einzelner Hölzer, wie Hasel, Arten des Eichenmischwaldes, Fichte, Rotbuche und anderer, in der lokalen nacheiszeitlichen Waldgeschichte des Seebachtales vermisst wird.

7.2.3.4.2 Diagrammabschnitt 8 (-60 m bis -57 m)

Der Diagrammabschnitt 8 (DA 8) entspricht der Pollenzone (PZ) IVa und umfasst zeitlich nur den Beginn des Präboreals von 10100 bis etwa 9800 vor heute. Seine stratigraphische Abgrenzung gegenüber dem DA 7 wurde bereits definiert. Gegenüber dem DA 9 ist der DA 8 dadurch abgegrenzt, dass alle jene Gehölzpollentypen, die im Postglazial mehr oder weniger von großer Bedeutung sind (Fichte, Grau-Erle, Hasel, Eichenmischwald, Rotbuche und Tanne) noch gänzlich zurücktreten.

Pollenstratigraphisch weist der DA 8 eine merkwürdige Verzahnung spätglazialer und postglazialer Merkmale auf. Zu den spätglazialen Charakteristika zählt der immer noch sehr hohe Anteil an Kiefernpollen, untergeordnet auch der Birke, sowie das Fehlen nennenswerter Pollenmengen wärmeliebender Gehölze. Ein postglaziales Merkmal ist das nahezu gänzliche Zurücktreten des Beifußes sowie der typisch spätglazialen Kräuterflora. Diese pollenstratigraphische Mittelstellung hat vermutlich ihre Ursache in der tief greifenden Umstellung des Klimas, in deren Verlauf die kaltzeitlichen Verhältnisse zwar beendet wurden (siehe Beifuß), die thermisch anspruchsvolleren Gehölze jedoch noch nicht die Möglichkeiten hatten, sich voll auszubreiten.

7.2.3.4.3 Diagrammabschnitt 9 (-57 m bis 0 m) whoad unter www.biologiezentrum.al

Der Diagrammabschnitt 9 (DA 9) umfasst die Pollenzonen IVb bis X von etwa 9800 vor heute bis in die Gegenwart. Er ist durch das nahezu unvermittelt rasche und gleichzeitige Auftreten der anspruchsvolleren Gehölztypen charakterisiert. Lediglich die Tanne erscheint mit geringer zeitlicher Verzögerung. Am maßgeblichsten ist die Pollenüberlieferung in diesem Diagrammabschnitt durch die andauernd hohe Vorherrschaft des Erlenpollens bestimmt, der jetzt überwiegend von der Grau-Erle stammt.

Dieser ungewöhnlich intensiv einsetzende Umbruch in der Vegetation mit Beginn des DA 9 beurkundet eine besonders kräftige Erwärmung, die auch in der Kurve der Huminsäurewerte (Abb. 18) zum Ausdruck kommt.

7.2.3.4.4 Gletscherstände und Klimaperioden

Die glazialgeologische Forschung machte in den Alpen eine Reihe postglazialer Eishochstände bekannt, die naturgemäß mehr oder weniger deutliche Spuren in der Vegetationsentwicklung hinterließen. PATZELT (1973) berichtete über diese Gletscherstände am Beispiel der Venedigergruppe und der Ötztaler Alpen. Die Altersabgrenzungen der Kaltphasen in dieser Publikation stützen sich auf radiometrische und pollenanalytische Untersuchungen (BORTENSCHLAGER 1970, BORTENSCHLAGER & PATZELT 1969). Soweit diese Kaltphasen im Pollendiagramm des Stappitzer Sees mit Sicherheit angesprochen werden können, bedeutet deren Nachweis eine zusätzliche Datierungshilfe für das Pollendiagramm Stappitzer See.

Präboreale Erwärmung bei -60 m

Das Präboreal begann im Seebachtal mit einer eher mäßig starken und außerdem nur kurzfristig anhaltenden Erwärmung, die sich in der Tiefe von 60 m mit einer leichten Zunahme an Huminsäuren im Sediment bemerkbar macht (vgl. Abb. 18 und 24) und relativ geringfügig über jenem klimatischen Niveau lag, das im Alleröd erreicht wurde. Die Erwärmung schlägt sich jedoch in der Pollenüberlieferung in einem verhältnismäßig starken Anstieg der Gesamtpollenmenge nieder. Gegenüber den Pollenmengen der Jüngeren Dryas, die man bei Auszählung von jeweils 30 nl des Glyzerin-Pollen-Gemisches je Probe erhält und die sich in der Größenordnung von etwa 300 bis 1000 Pollenkörnern bewegen, steigt in der Tiefe von -60 m die Gesamtpollenmenge sprunghaft auf über 5000 Pollenkörner an. Diese Zunahme der absoluten Pollendichte geht vor allem auf den Birken- und Kiefernpollen zurück. Im Falle der Birke wird die Zunahme des Pollens in einem deutlichen Anstieg der Birkenkurve deutlich. Diese das Postglazial einleitende Erwärmung führte offensichtlich zu einer Milderung der Winterkälte, was man aus dem Zurücktreten des Beifußes als Florenelement der Kältesteppe ableiten kann.

Frühpräboreale Klimapendelungen zwischen -60 m und -57 m

Die im Anschluss an die präboreale Erwärmung bei -60 m einsetzenden Klimapendelungen stehen offensichtlich im Zusammenhang mit jenem großklimatischen Ablauf des Klimageschehens, das in der Rückläufigkeit der Schluffkurve ab -60 m zum Ausdruck kommt.

Abbildung 42 zeigt die Klimapendelungen am Kurvenverlauf des Kräuter- und Beifußpollens in Kombination mit den entspechenden Huminsäuremessungen. Pollenkurven und Huminsäurewerte lassen zwei Rückgänge erkennen, die in der Tiefe von 59 m von einer relativ starken Zunahme der Huminsäuregehalte getrennt sind (Abb. 42 und Abb. 23), die offensichtlich auf jene Erwärmung zurückgeht, welche zur optimalen Ausbreitung der Birke führte. Die klimatischen Bedingungen scheinen zur Zeit der Klimapendelungen noch stark gedrückt gewesen zu sein, leiten aber mit geringer Milderung des Klimas auf jene abrupt einsetzende Erwärmung bei -57 m über, die zur Einwanderung und zum ersten Ausbreitungshöhepunkt der Fichte im Seebachtal führte. Zeitlich gesehen umfassen die frühpräborealen Klimapendelungen lediglich die ersten zwei bis drei Jahrhunderte des Postglazials.

Präboreale Erwärmung mit Fichtenpollengipfel zwischen -57 m und -56,5 m

Die rasche und intensive Klimabesserung ab -57 m äußert sich in der Pollenüberlieferung des Stappitzer Sees durch einen unvermittelt starken Anstieg des Fichten-, Eichenmischwald-, Hasel- und Erlenpollens sowie durch das von da an regelmäßige Auftreten verschiedener Pollentypen anspruchsvollerer Laubhölzer und Sträucher (Ahorn, Gewöhnliche Esche, Hopfenbuche, Rotbuche, Erikagewächse und Heckenkirsche). Diese Klimabesserung könnte in einem ursächlichen Zusammenhang mit jener einsetzenden Trendumkehr des großräumigen Klimas stehen, die sowohl in der Zunahme der Schluffkurve als auch der Huminsäurewerte ihren Ausdruck findet (Abb. 42).

Dieser älteste Fichtenpollengipfel im Seebachtal ist im nahe gelegenen, etwa 30 km Luftlinie entfernten Lengholzer Moor (FRITZ 1969: 114) datiert und zwar im Profil Lengholz I (FRITZ 1965) mit einem konventionellen Radiokohlenstoffalter von 9600 ± 165 a BP und im Profil Lengholz III mit 9875 ± 215 a BP (FRITZ 1969: 114). Errechnet man das Alter des Fichtenpollengipfels im Seebachtal mittels jener Sedimentationsrate von 4,07 mm pro Jahr, die sich aus den radiometrischen Werten von 9230 und 9365 Jahren vor heute ergibt (siehe Kapitel 7.1.6.1 und 7.1.6.2), so erhält man dafür ein Alter von gerundet 9800 Jahren vor heute ein Wert, der gut mit den Ergebnissen aus dem Lengholzer Moor übereinstimmt.



- Abb. 42: Frühpräboreale Klimapendelungen und Schlaten-Kaltphase als Ausdruck der Schluff-, Kräuter- und Beifußpollenkurve sowie der Huminsäurewerte
- Fig. 42: Variations in climate during the Preboreal and the cold period of Schlaten, as indicated by the amount of silt, the abundancy of herb and *Artemisia* pollen and the contents of humic acid

Präborealer Klimarückschlag mit Tiefpunkt bei -56 m

Noch während des präborealen Fichtenpollengipfels von -57 m bis -56,5 m kündet sich durch das Auftreten einer bändertonartigen Schichtung im Seesediment, die bis -56 m anhält, ein empfindlicher Klimarückschlag an, der sowohl nach der Kräuterpollenkurve als auch nach den Huminsäuremessungen bei -56 m seinen Tiefpunkt erreichte (Abb. 42). Diese Kaltphase führte nicht nur zu einem starken Rückgang des Pollenanfluges der Fichte, sondern auch der Kiefer, der Hasel und der Arten des Eichenmischwaldes bei gleichzeitiger Zunahme des Erlenpollens, was vielleicht als Ausdruck zunehmender Niederschläge zu deuten ist.

Versucht man, den klimatischen Tiefpunkt der Kaltphase bei -56 m mittels Extrapolation (Sedimentationsrate von 4,07 mm/Jahr) zu berechnen, so ergibt sich dafür ein wahrscheinliches Alter von rund 9550 Jahren vor heute. Das ist ein Wert, der überraschend gut mit jenem übereinstimmt, den PATZELT (1973) für die präboreale Schlaten-Schwankung (um 9500 \pm 200 a BP) angibt. Demnach darf der präboreale Klimarückschlag bei -56 m in den Sedimenten des Stappitzer Sees der Schlaten-Schwankung gleichgesetzt werden. Mit dem Nachweis der Schlaten-Schwankung in den südlichen Hohen Tauern kann diese von LANG (1994: 338) mit etwa um 9600 vor heute noch als unsicher bezeichnete Kaltphase als gesichert angenommen werden, zumal die Schlaten-Schwankung offensichtlich mit der von FRITZ (1969: 112) bekannt gemachten Lengholz-Schwankung identisch zu sein scheint.

Präboreale Erwärmung mit neuerlicher Fichtenausbreitung und Fichtenpollengipfel bei -54,5 m

Im Rahmen der Fichtenausbreitung, welche auf die Schlaten-Kaltphase folgte, kam es zu den ersten Holzeinschwemmungen in den Stappitzer See. Diese Erwärmungsperiode, die sich sowohl in der Schluffkurve als auch in den Huminsäurewerten (Abb. 23) deutlich ausprägt und damit wohl ein großklimatisches Ereignis anzeigt, fällt aufgrund der radiometrischen Datierungen von -54,70 m und -55,10/-55,25 m mit 9230 bzw. 9365 Jahren vor heute in das ausklingende Präboreal. Setzt man den Fichtenpollengipfel bei -54,5 m dem lokalen Höhepunkt der Warmphase gleich - der Huminsäurewert von -54,3 m würde das vermuten lassen -, so dürfte der Höhepunkt etwa um 9100 vor heute erreicht worden sein. Es ist bemerkenswert, dass diese (extrapolierte) Datierung mit dem radiometrischen Alter des pollenstratigraphisch synchronen jüngeren Fichtenpollengipfels der Lengholz-Schwankung im Oberen Drautal übereinstimmt (FRITZ 1969: 116).

Borealer Klimarückschlag mit Tiefpunkt bei -53 m

Der Kälterückschlag von -53 m zeichnet sich im Pollendiagramm in gleicher Weise wie jener der Schlaten-Schwankung durch den Rückgang des Gehölzpollens mit Ausnahme der Erle und durch die Zunahme der Kräuterpollenkurve aus. Besonders eindrucksvoll kommen in diesem Diagrammbereich die Kalt- und Warmphasen durch den wellenförmigen Verlauf der Kiefernkurve zum Ausdruck, noch weitere Kalt- und Warmphasen ankündend.

Der boreale Kälterückschlag äußert sich neben der Pollenüberlieferung auch noch durch eine markanten Eintalung der Schluffkurve, durch das neuerliche Auftreten einer bändertonartigen Schichtung ab -54 m und durch vorübergehenden Rückgang der Huminsäuregehalte im Sediment (Abb. 43). Man könnte dieses geballte Zusammentreffen der Indizien als Zeichen einer besonders ausgeprägten Kaltphase deuten.

Nach einer Berechnung an Hand der Sedimentationsrate von 1,39 mm/Jahr, ausgehend von den ¹⁴C-Daten aus den Tiefen von 48,70 m und 54,70 m, könnte für den klimatischen Tiefpunkt der Kaltphase ein Alter von 8500 vor heute angenommen werden. Diese Alterseinstufung der Kaltphase entspricht im Sinne von PATZELT (1973) der Venediger-Schwankung, die als nächstjüngerer, borealer Eisvorstoß auf die Schlaten-Schwankung folgte und für die PATZELT (1973) den Zeitraum von 8700 bis 8000 vor heute angibt.

Erwärmung im Übergang Boreal/Atlantikum mit Fichtenausbreitung zwischen -52,5m und -51,5 m

Zum dritten Mal im Laufe der frühen postglazialen Vegetationsgeschichte breitete sich der Fichtenwaldbestand im Seebachtal erneut aus. Nach der Menge des in den Stappitzer See eingewehten Fichtenpollens ist es der letzte postglaziale Hochstand des Fichtenwaldes. Die Bestände der mesophytischen Laubhölzer dagegen (Eichenmischwald, Hasel) regenerierten sich nicht mehr in dem Maße wie in den früheren Warmphasen. Ab jetzt setzte sich eine kontinuierliche Zuwehung an Rotbuchenpollen durch, welche durch die Venediger-Kaltphase vorher unterbrochen worden war.

Diese Fichtenwaldphase fiel in eine Zeit, in der die Warmphase durch den Anstieg der Schluffkurve, durch einen hohen Huminsäurewert sowie durch eine besonders starke Dunkelfärbung des Sedimentes als Ausdruck zunehmender Klimabesserung dokumentiert ist. Für die Tiefe von 51,5 m, die den möglichen klimatischen Höhepunkt der Warmphase markiert (vgl. Abb. 43 und Abb. 23), errechnet sich bei Anwendung einer Sedimentationsrate von 1,39 mm/Jahr ein gerundetes Alter von 7000 vor heute.



- Abb. 43: Venediger- und Frosnitz-Kaltphase als Ausdruck der Schluff- und Kräuterpollenkurve sowie der Huminsäurewerte
- Fig. 43: The cold periods of Venediger and Frosnitz, as indicated by the amount of silt, the amount of herb pollen and the contents of humic acid

Atlantischer Klimarückschlag mit Tiefpunkt bei -51 m

Eine neuerliche Klimaverschlechterung, die ihren Tiefpunkt sowohl nach dem Rückgang der Fichten-, Hasel-, Eichenmischwald- und Rotbuchenkurve als auch durch die Kräuterpollenspitze bei -51 m erreicht, unterbricht die Weiterentwicklung der Gehölzvegetation. Dieser Klimarückschlag wird auch aus der Eintalung der Kiefernpollenkurve von -52 m bis -49,5 m sowie aus den niedrigen Huminsäurewerten bei -51 m und -50,5 m (Abb. 43 und Abb. 23) ersichtlich. Das Faktum, dass sich der Schluffeintrag in den See zu dieser Zeit unvermindert fortsetzte, könnte als Ausdruck einer großklimatischen Klimatendenz gedeutet werden, in die der lokale (regionale) Klimarückgang eingebettet ist. Es fällt jedenfalls auf und es scheint eine Tendenz dahinter sichtbar zu werden, dass in jedes der beiden Schlufftäler im Bereich von -60 m bis -50 m jeweils zwei Kälterückschläge zu liegen kommen.

In Anlehnung an die aus dem Postglazial der Ostalpen bekannten Kaltphasen und Gletscherstände kann es sich bei diesem Kälterückschlag im Seebachtal nur um ein der Frosnitz-Schwankung äquivalentes Klimaereignis handeln (PATZELT 1973). Das errechnete Alter der Kräuterpollenspitze mit gerundet 6570 vor heute würde der Zeitvorstellung von der Frosnitz-Schwankung entsprechen.

Höhepunkt der (lokalen) postglazialen Wärmezeit um -50 m?entrumat

Trotz der immer wiederkehrenden Kaltphasen seit der präborealen Erwärmung bei -57 m (Abb. 23) kann etwa die erste Hälfte des Postglazials großklimatisch als günstig bezeichnet werden, was sich daran abzeichnet, dass etwa ab -57 m das vorher hellgrau gefärbte Sediment einen dunkleren Farbton annimmt. In der Tiefe von 51-52 m verstärkt sich der Farbton des Sedimentes auf dunkel- bis schwarzbraun und bei -50 m konnten die höchsten Huminsäurewerte im 160 m langen Sedimentprofil gemessen werden (Abb. 23). Es scheint daher berechtigt zu sein, in den dunkel gefärbten Sedimenthorizonten um 50 m, die außerdem in den Kulminationsbereich der Schluffkurve fallen, den (lokalen) Höhepunkt der postglazialen Wärmeperiode zu erblicken (vgl. Abb. 18). Im Sinne von RUDLOFF (1980: 125) lagen zu dieser Zeit - und zwar etwa zwischen 6700 und 4500 vor heute - die Jahresmitteltemperaturen in Mitteleuropa um 1-2 °C über den heutigen Werten und die Sommer waren um 2-3 °C wärmer.

Fichtenausbreitung mit Fichtenpollengipfel bei -49,5 m

Mit dem Ende der Frosnitz-Kaltphase erholten sich die Gehölzbestände im Seebachtal wieder und es nahm nicht nur der Fichten- und Kiefernbestand neuerlich zu, sondern es verweisen auch die erhöhten Pollenwerte der Hasel und der Arten des Eichenmischwaldes auf eine Verbesserung der Klimagunst, diesmal allerdings nicht mehr in dem Umfang wie in den Warmphasen zuvor. Nach dem radiometrischen Datum aus der Tiefe von -48,70 m (4920 \pm 60 a BP) dürfte dem Fichtenpollengipfel ein Alter von etwa 5500 vor heute zukommen.

Atlantisch/subboreale Klimaverschlechterung mit Tiefpunkten um -48 m und -45 m

Mit dem Fichtenpollengipfel von -49,5 m beginnt ein Verlauf der Gehölzpollenkurven, der noch weitere Klimaschwankungen vermuten lässt, die jedoch ab jetzt mit größerer Vorsicht zu interpretieren sind. Der ab -49,5 m sehr stark einsetzende Abfall der Fichtenkurve mit einem ersten Tiefpunkt bei -48 m und einem zweiten bei -45 m signalisiert eine Klimaverschlechterung, die eine tief greifende Umstellung im Klima nach sich zog. Das volle Ausmaß der Klimaverschlechterung zeigt sich in der Tatsache, dass ab diesem Zeitpunkt die Polleneinwehungen der Fichte gegenüber früher auf mehr als die Hälfte zurückgingen.

Nach den vorliegenden radiometrischen Daten aus den Tiefen von -48,70 und -44,15 m (4920 \pm 60 a BP und 4120 \pm 50 a BP) könnte diese atlantisch/subboreale Klimaverschlechterung der zweiphasigen Rotmoos/Piora-Kaltphase entsprechen, deren Dauer in der Literatur mit einer Schwankungsbreite von 5500 bis 4000 vor heute angegeben wird (PATZELT 1973).

Die Klimaverschlechterung der Rotmoos/Piora-Kaltphase ist ein Ereignis, das nach LAMB (1989: 146) zwischen ca. 5500 und 5000 vor heute eintrat, einen gravierenden Umbruch im großklimatischen Regime mit sich brachte und dessen klimatische Entwicklung nicht nur die Alpen, sondern die gesamte Nordhemisphäre, möglicherweise die ganze Erde, einschloss (LAMB 1989: 140). Sie markierte das Ende der stabilsten Wärmeperiode des Postglazials (LAMB 1989: 146), wie das im Pollendiagramm des Stappitzer Sees nicht nur am Abfall der Fichtenkurve, sondern auch am nachhaltigen Rückgang der Schluffkurve, sowie bei den Huminsäurewerten (Abb. 18 und Abb. 44) festgestellt werden kann.

Die (positive) klimatische Unterbrechung der Kaltphase bei -46 m im Sediment des Stappitzer Sees kommt durch einen sehr starken Anstieg der Huminsäuregehalte zum Ausdruck (vgl. Abb. 44 und Abb. 22). Das geschätzte Alter dieser Diagrammlage liegt etwa bei 4450 vor heute. Im Sinne von PATZELT (1973) wäre dies das Ende der Rotmoos-Kaltphasen. RUDLOFF (1980: 125) jedoch erwähnt eine nennenswerte Abkühlung in der Zeit von 4500 bis 4000 vor heute um etwa 1-1,5 °C im Jahresmittel bei gleichzeitig reichlichen Niederschlägen, die in Mitteleuropa zu Gletschervorstößen und Gletscherneubildungen führten. Da aus der Zeit des fünften Jahrtausends vor heute kein anderer Kälterückschlag als die Rotmoos/Piora-Kaltphase bekannt ist, neigt der Erstautor dazu, den zweigeteilten atlantisch/subborealen Klimarückschlag im Seebachtal mit der Rotmoos/Piora-Schwankung gleichzusetzen.

in den früheren Warmphasen. Ab jetzt setzte sich eine kontinuierliche Zuwehung an Rotbuchenpollen durch, welche durch die Venediger-Kaltphase vorher unterbrochen worden war.

Diese Fichtenwaldphase fiel in eine Zeit, in der die Warmphase durch den Anstieg der Schluffkurve, durch einen hohen Huminsäurewert sowie durch eine besonders starke Dunkelfärbung des Sedimentes als Ausdruck zunehmender Klimabesserung dokumentiert ist. Für die Tiefe von 51,5 m, die den möglichen klimatischen Höhepunkt der Warmphase markiert (vgl. Abb. 43 und Abb. 23), errechnet sich bei Anwendung einer Sedimentationsrate von 1,39 mm/Jahr ein gerundetes Alter von 7000 vor heute.



- Abb. 43: Venediger- und Frosnitz-Kaltphase als Ausdruck der Schluff- und Kräuterpollenkurve sowie der Huminsäurewerte
- Fig. 43: The cold periods of Venediger and Frosnitz, as indicated by the amount of silt, the amount of herb pollen and the contents of humic acid

Atlantischer Klimarückschlag mit Tiefpunkt bei -51 m

Eine neuerliche Klimaverschlechterung, die ihren Tiefpunkt sowohl nach dem Rückgang der Fichten-, Hasel-, Eichenmischwald- und Rotbuchenkurve als auch durch die Kräuterpollenspitze bei -51 m erreicht, unterbricht die Weiterentwicklung der Gehölzvegetation. Dieser Klimarückschlag wird auch aus der Eintalung der Kiefernpollenkurve von -52 m bis -49,5 m sowie aus den niedrigen Huminsäurewerten bei -51 m und -50,5 m (Abb. 43 und Abb. 23) ersichtlich. Das Faktum, dass sich der Schluffeintrag in den See zu dieser Zeit unvermindert fortsetzte, könnte als Ausdruck einer großklimatischen Klimatendenz gedeutet werden, in die der lokale (regionale) Klimarückgang eingebettet ist. Es fällt jedenfalls auf und es scheint eine Tendenz dahinter sichtbar zu werden, dass in jedes der beiden Schlufftäler im Bereich von -60 m bis -50 m jeweils zwei Kälterückschläge zu liegen kommen.

In Anlehnung an die aus dem Postglazial der Ostalpen bekannten Kaltphasen und Gletscherstände kann es sich bei diesem Kälterückschlag im Seebachtal nur um ein der Frosnitz-Schwankung äquivalentes Klimaereignis handeln (PATZELT 1973). Das errechnete Alter der Kräuterpollenspitze mit gerundet 6570 vor heute würde der Zeitvorstellung von der Frosnitz-Schwankung entsprechen.

Höhepunkt der (lokalen) postglazialen Wärmezeit um -50 m?entrum.at

Trotz der immer wiederkehrenden Kaltphasen seit der präborealen Erwärmung bei -57 m (Abb. 23) kann etwa die erste Hälfte des Postglazials großklimatisch als günstig bezeichnet werden, was sich daran abzeichnet, dass etwa ab -57 m das vorher hellgrau gefärbte Sediment einen dunkleren Farbton annimmt. In der Tiefe von 51-52 m verstärkt sich der Farbton des Sedimentes auf dunkel- bis schwarzbraun und bei -50 m konnten die höchsten Huminsäurewerte im 160 m langen Sedimentprofil gemessen werden (Abb. 23). Es scheint daher berechtigt zu sein, in den dunkel gefärbten Sedimenthorizonten um 50 m, die außerdem in den Kulminationsbereich der Schluffkurve fallen, den (lokalen) Höhepunkt der postglazialen Wärmeperiode zu erblicken (vgl. Abb. 18). Im Sinne von RUDLOFF (1980: 125) lagen zu dieser Zeit - und zwar etwa zwischen 6700 und 4500 vor heute - die Jahresmitteltemperaturen in Mitteleuropa um 1-2 °C über den heutigen Werten und die Sommer waren um 2-3 °C wärmer.

Fichtenausbreitung mit Fichtenpollengipfel bei -49,5 m

Mit dem Ende der Frosnitz-Kaltphase erholten sich die Gehölzbestände im Seebachtal wieder und es nahm nicht nur der Fichten- und Kiefernbestand neuerlich zu, sondern es verweisen auch die erhöhten Pollenwerte der Hasel und der Arten des Eichenmischwaldes auf eine Verbesserung der Klimagunst, diesmal allerdings nicht mehr in dem Umfang wie in den Warmphasen zuvor. Nach dem radiometrischen Datum aus der Tiefe von -48,70 m (4920 \pm 60 a BP) dürfte dem Fichtenpollengipfel ein Alter von etwa 5500 vor heute zukommen.

Atlantisch/subboreale Klimaverschlechterung mit Tiefpunkten um -48 m und -45 m

Mit dem Fichtenpollengipfel von -49,5 m beginnt ein Verlauf der Gehölzpollenkurven, der noch weitere Klimaschwankungen vermuten lässt, die jedoch ab jetzt mit größerer Vorsicht zu interpretieren sind. Der ab -49,5 m sehr stark einsetzende Abfall der Fichtenkurve mit einem ersten Tiefpunkt bei -48 m und einem zweiten bei -45 m signalisiert eine Klimaverschlechterung, die eine tief greifende Umstellung im Klima nach sich zog. Das volle Ausmaß der Klimaverschlechterung zeigt sich in der Tatsache, dass ab diesem Zeitpunkt die Polleneinwehungen der Fichte gegenüber früher auf mehr als die Hälfte zurückgingen.

Nach den vorliegenden radiometrischen Daten aus den Tiefen von -48,70 und -44,15 m (4920 \pm 60 a BP und 4120 \pm 50 a BP) könnte diese atlantisch/subboreale Klimaverschlechterung der zweiphasigen Rotmoos/Piora-Kaltphase entsprechen, deren Dauer in der Literatur mit einer Schwankungsbreite von 5500 bis 4000 vor heute angegeben wird (PATZELT 1973).

Die Klimaverschlechterung der Rotmoos/Piora-Kaltphase ist ein Ereignis, das nach LAMB (1989: 146) zwischen ca. 5500 und 5000 vor heute eintrat, einen gravierenden Umbruch im großklimatischen Regime mit sich brachte und dessen klimatische Entwicklung nicht nur die Alpen, sondern die gesamte Nordhemisphäre, möglicherweise die ganze Erde, einschloss (LAMB 1989: 140). Sie markierte das Ende der stabilsten Wärmeperiode des Postglazials (LAMB 1989: 146), wie das im Pollendiagramm des Stappitzer Sees nicht nur am Abfall der Fichtenkurve, sondern auch am nachhaltigen Rückgang der Schluffkurve, sowie bei den Huminsäurewerten (Abb. 18 und Abb. 44) festgestellt werden kann.

Die (positive) klimatische Unterbrechung der Kaltphase bei -46 m im Sediment des Stappitzer Sees kommt durch einen sehr starken Anstieg der Huminsäuregehalte zum Ausdruck (vgl. Abb. 44 und Abb. 22). Das geschätzte Alter dieser Diagrammlage liegt etwa bei 4450 vor heute. Im Sinne von PATZELT (1973) wäre dies das Ende der Rotmoos-Kaltphasen. RUDLOFF (1980: 125) jedoch erwähnt eine nennenswerte Abkühlung in der Zeit von 4500 bis 4000 vor heute um etwa 1-1,5 °C im Jahresmittel bei gleichzeitig reichlichen Niederschlägen, die in Mitteleuropa zu Gletschervorstößen und Gletscherneubildungen führten. Da aus der Zeit des fünften Jahrtausends vor heute kein anderer Kälterückschlag als die Rotmoos/Piora-Kaltphase bekannt ist, neigt der Erstautor dazu, den zweigeteilten atlantisch/subborealen Klimarückschlag im Seebachtal mit der Rotmoos/Piora-Schwankung gleichzusetzen.



Abb. 44: Rotmoos/Piora-Kaltphasen als Ausdruck der Schluffkurve und der Huminsäurewerte

Fig. 44: The cold period of Rotmoos/Piora, as indicated by the amount of silt and the contents of humic acid

Klima der Bronzezeit (Subboreal, Späte Wärmezeit)

Die Veränderungen des Klimas ab der Rotmoos/Piora Kaltphase - das entspricht im Pollendiagramm etwa dem Abschnitt ab -45 m aufwärts - sind im Sedimentprofil des Stappitzer Sees nicht so sehr aus der Pollenüberlieferung als vielmehr aus den Schwankungen der Schluffkurve und der Huminsäuregehalte in Anlehnung an die Kenntnisse über die Klimageschichte der letzten vier Jahrtausende zu entnehmen.

Das Subboreal von 4000 bis 2800/2500 vor heute ist im Sinne der Klimatologie eine überwiegend sehr warme Klimaepoche (SCHÖNWIESE 1979: 80), wenn auch instabiler als die vorige (LAMB 1989: 147). Insbesondere ist die frühe Bronzezeit durch einen markanten klimatischen Hochstand charakterisiert, der vor allem durch eine im Vergleich zu heute höhere Wald- und Baumgrenze nachgewiesen ist (BILLAMBOZ 1997: 53).

Die Huminsäuregehalte in den bronzezeitlichen Sedimenten, die im Profil des Stappitzer Sees etwa im Bereich von -43,5 m bis -34,5 m angenommen werden können, geben ein eindrucksvolles Bild (vgl. Abb. 22) von den zum Teil noch recht günstigen klimatischen Verhältnissen dieser Epoche, in der ein ähnlich hohes Temperaturniveau wie heute erreicht wurde (LAMB 1989: 147).

Zwischen 3500 und ca. 3100 vor heute wird die bronzezeitliche Klimagunst durch eine Klimaverschlechterung unterbrochen, die in den Alpen als Löbben-Schwankung zu einem Vorstoß der Gletscher führte (PATZELT 1973). Die Positionierung der Löbben-Kaltphase im Diagramm kann leider nicht radiometrisch abgesichert werden, dürfte aber im Rückgang der Fichtenpollenkurve zwischen -39,5 m und -33,5 m, wahrscheinlich in der Tiefe um 38 m, zu suchen sein. Dies würde auch gut mit den geringen Huminsäurewerten dieser Sedimentlage bzw. der sehr hellen Färbung der alkalischen Huminsäurelösung korrelieren (vgl. Abb. 22).

Klima seit der Hallstattzeit

Über das Klima der letzten dreitausend Jahre gibt es umfangreiche Quellen und Informationen (LAMB 1989). Der Abkühlungstrend, der mit den Rotmoos/Piora-Kaltphasen eingeleitet wurde, verschärfte sich mit Beginn der Hallstattzeit und führte etappenweise zu mehr oder weniger empfindlichen Kälterückschlägen (RUDLOFF 1980: 126, Abb. 1), die seitens der Glazialgeologie mit konkreten Hinweisen über entsprechende Gletscher-Hochstandsperioden belegt sind (PATZELT 1973). Als Zeiten besonderer Klimagunst schieben sich zwischen die Kaltphasen zwei Klimaoptima ein und zwar das offenbar etwas gemäßigtere römerzeitliche und das besonders kräftige mittelalterliche Optimum, das in Europa wahrscheinlich mit zwei Höhepunkten um 900-1000 und 1150-1300 n. Chr. auftrat (SCHÖNWIESE 1979: 82).

In den Abbildungen 19 bis 21 wird der Versuch unternommen, die Huminsäurebefunde mit der Klimageschichte der letzten dreitausend Jahre zu parallelisieren, wobei auch der Verlauf der Schluffkurve des Sedimentes im Pollendiagramm berücksichtigt ist. Besondere Aufmerksamkeit verdient dabei die Beobachtung, dass in jenem Profilbereich, der dem Klimaoptimum des Mittelalters entspricht, tatsächlich zwei klimatische Schwerpunktsbereiche durch die Schluffkurve und die Huminsäuregehalte (Abb. 20) angezeigt werden. Ebenso interessant ist die Feststellung, dass die Erwärmung ab 1850, welche die Kleine Eiszeit beendete (neuzeitliche Gletscherhochstandsperiode im Sinne von PATZELT 1973), in den Sedimenten des Stappitzer Sees überzeugend überliefert ist (vgl. Schluffkurve im Pollendiagramm und Abb. 19).

7.2.3.4.5 Vegetationsentwicklung

Wie bereits erwähnt, präsentiert sich die Vegetation im Seebachtal nach der Pollenüberlieferung zu Beginn des Postglazials, das heißt im frühen Präboreal, noch als Vegetation einer Übergangsphase. Neben ausgedehnten Latschenfeldern und den eher spärlichen Grün-Erlengebüschen, letztere auf wasserzügigen Steilhängen und in Lawinengräben, bildeten Baumbirken und in höheren Lagen Lärchen und Zirben als Licht- und Pioniergehölze lockere Bestände. Zu dieser Zeit stand das Pflanzenkleid im Seebachtal und seiner Gebirgsumrahmung noch unter dem Einfluss der spätglazial getönten Klimapendelungen.

Die typisch wärmezeitliche Vegetation mit ihren klimatisch anspruchsvolleren Gehölzen erscheint erst später mit Beginn der Pollenzone IVb. Die Zuwanderung der anspruchsvolleren Gehölze in die nähere und weitere Umgebung erfolgte mit Ausnahme der Schatthölzer (Rotbuche, Tanne) nahezu gleichzeitig. Fichte und Grau-Erle sowie die Edelhölzer des Eichenmischwaldes, vor allem Ulme, und weiters die Hasel drängten den subalpinen Lärchen-Zirbenwald sowie den Krummholzgürtel in höhere Lagen. Abweichend von den Erfahrungen, die auf KRAL (1985b: 282) zurückgehen, dass die Fichte im Süden der Hohen Tauern erst im Atlantikum zur vorherrschenden Baumart aufsteigt, begann im Seebachtal die Dominanz der Fichte schon im Präboreal.

Die Einwanderung der wärmeliebenden Gehölzarten erfolgte noch knapp vor der Schlaten-Schwankung, sodass bereits der erste nennenswerte Klimarückschlag des frühen Postglazials zu einem Rückgang der Waldvegetation, verbunden mit einer Absenkung der Waldgrenze oder zumindest einer Auflockerung des Baumbestandes, führte. Für einige Jahrtausende begann von da an ein sich mehrfach wiederholender Wechsel von Waldausbreitung und Waldrückgang, von dem nicht nur die Fichte als maßgebende Baumart der obermontanen Stufe, sondern auch die wärmeliebenden Laubholzarten betroffen waren.

Der Höhepunkt der postglazialen Waldentwicklung im Seebachtal wurde schon sehr früh und zwar im ausklingenden Präboreal zwischen der Schlaten- und der Venediger-Kaltphase mit maximalen Pollenwerten der Fichte, der Baumarten des Eichenmischwaldes und der Hasel erreicht. Dieses Faktum entspricht nicht dem Trend der mitteleuropäischen Grundfolge der Waldentwicklung. Auf diese Besonderheit der Waldgeschichte Kärntens, vor allem auch auf die gleichzeitige Ausbreitung des Eichenmischwaldes mit der Hasel, welche Kärnten waldgeschichtlich mit Slowenien verbindet (SERCELJ 1972: 123), machte bereits SARNTHEIN (1947) aufmerksam.

Aus der Zeit dieser Warmphase stammen die ältesten Holzfunde im Stappitzer See.

Klima seit der Hallstattzeit

Über das Klima der letzten dreitausend Jahre gibt es umfangreiche Quellen und Informationen (LAMB 1989). Der Abkühlungstrend, der mit den Rotmoos/Piora-Kaltphasen eingeleitet wurde, verschärfte sich mit Beginn der Hallstattzeit und führte etappenweise zu mehr oder weniger empfindlichen Kälterückschlägen (RUDLOFF 1980: 126, Abb. 1), die seitens der Glazialgeologie mit konkreten Hinweisen über entsprechende Gletscher-Hochstandsperioden belegt sind (PATZELT 1973). Als Zeiten besonderer Klimagunst schieben sich zwischen die Kaltphasen zwei Klimaoptima ein und zwar das offenbar etwas gemäßigtere römerzeitliche und das besonders kräftige mittelalterliche Optimum, das in Europa wahrscheinlich mit zwei Höhepunkten um 900-1000 und 1150-1300 n. Chr. auftrat (SCHÖNWIESE 1979: 82).

In den Abbildungen 19 bis 21 wird der Versuch unternommen, die Huminsäurebefunde mit der Klimageschichte der letzten dreitausend Jahre zu parallelisieren, wobei auch der Verlauf der Schluffkurve des Sedimentes im Pollendiagramm berücksichtigt ist. Besondere Aufmerksamkeit verdient dabei die Beobachtung, dass in jenem Profilbereich, der dem Klimaoptimum des Mittelalters entspricht, tatsächlich zwei klimatische Schwerpunktsbereiche durch die Schluffkurve und die Huminsäuregehalte (Abb. 20) angezeigt werden. Ebenso interessant ist die Feststellung, dass die Erwärmung ab 1850, welche die Kleine Eiszeit beendete (neuzeitliche Gletscherhochstandsperiode im Sinne von PATZELT 1973), in den Sedimenten des Stappitzer Sees überzeugend überliefert ist (vgl. Schluffkurve im Pollendiagramm und Abb. 19).

7.2.3.4.5 Vegetationsentwicklung

Wie bereits erwähnt, präsentiert sich die Vegetation im Seebachtal nach der Pollenüberlieferung zu Beginn des Postglazials, das heißt im frühen Präboreal, noch als Vegetation einer Übergangsphase. Neben ausgedehnten Latschenfeldern und den eher spärlichen Grün-Erlengebüschen, letztere auf wasserzügigen Steilhängen und in Lawinengräben, bildeten Baumbirken und in höheren Lagen Lärchen und Zirben als Licht- und Pioniergehölze lockere Bestände. Zu dieser Zeit stand das Pflanzenkleid im Seebachtal und seiner Gebirgsumrahmung noch unter dem Einfluss der spätglazial getönten Klimapendelungen.

Die typisch wärmezeitliche Vegetation mit ihren klimatisch anspruchsvolleren Gehölzen erscheint erst später mit Beginn der Pollenzone IVb. Die Zuwanderung der anspruchsvolleren Gehölze in die nähere und weitere Umgebung erfolgte mit Ausnahme der Schatthölzer (Rotbuche, Tanne) nahezu gleichzeitig. Fichte und Grau-Erle sowie die Edelhölzer des Eichenmischwaldes, vor allem Ulme, und weiters die Hasel drängten den subalpinen Lärchen-Zirbenwald sowie den Krummholzgürtel in höhere Lagen. Abweichend von den Erfahrungen, die auf KRAL (1985b: 282) zurückgehen, dass die Fichte im Süden der Hohen Tauern erst im Atlantikum zur vorherrschenden Baumart aufsteigt, begann im Seebachtal die Dominanz der Fichte schon im Präboreal.

Die Einwanderung der wärmeliebenden Gehölzarten erfolgte noch knapp vor der Schlaten-Schwankung, sodass bereits der erste nennenswerte Klimarückschlag des frühen Postglazials zu einem Rückgang der Waldvegetation, verbunden mit einer Absenkung der Waldgrenze oder zumindest einer Auflockerung des Baumbestandes, führte. Für einige Jahrtausende begann von da an ein sich mehrfach wiederholender Wechsel von Waldausbreitung und Waldrückgang, von dem nicht nur die Fichte als maßgebende Baumart der obermontanen Stufe, sondern auch die wärmeliebenden Laubholzarten betroffen waren.

Der Höhepunkt der postglazialen Waldentwicklung im Seebachtal wurde schon sehr früh und zwar im ausklingenden Präboreal zwischen der Schlaten- und der Venediger-Kaltphase mit maximalen Pollenwerten der Fichte, der Baumarten des Eichenmischwaldes und der Hasel erreicht. Dieses Faktum entspricht nicht dem Trend der mitteleuropäischen Grundfolge der Waldentwicklung. Auf diese Besonderheit der Waldgeschichte Kärntens, vor allem auch auf die gleichzeitige Ausbreitung des Eichenmischwaldes mit der Hasel, welche Kärnten waldgeschichtlich mit Slowenien verbindet (SERCELJ 1972: 123), machte bereits SARNTHEIN (1947) aufmerksam.

Aus der Zeit dieser Warmphase stammen die ältesten Holzfunde im Stappitzer See.

Es ist bemerkenswert, dass die fossil erhaltenen Holzreste durchwegs auch in den jüngeren Schichten - fast ausschließlich von Nadelbäumen stammen, wogegen doch zumindest Holz der Grau-Erle als der dominierenden, Bach und See umrahmenden Augehölzart zu erwarten wäre. Es ist jedoch eine Erfahrung, die man auch aus anderen quartären Ablagerungen in Kärnten kennt, dass die gegenüber dem Nadelholz weniger gut erhaltungsfähigen Laubhölzer überwiegend der Verrottung zum Opfer fallen.

Die Venediger-Kaltphase führte zu einem derartigen Niedergang der mesophytischen Laubhölzer im Seebachtal, sodass damit die optimale Periode des Eichenmischwaldes und der Haselausbreitung in diesem Gebiet als beendet betrachtet werden kann. Lediglich der Fichtenbestand über die Lärche lässt sich mangels Pollenfunden nichts Konkretes aussagen erholte sich an der Wende des Boreals zum Jüngeren Atlantikum noch einmal. Aber es war der letzte markante Hochstand der Fichtenausbreitung, der durch die folgende Frosnitz-Kaltphase so weit herab gedrückt wurde, dass die Polleneinwehungen der Fichte in der Folge nicht mehr die früheren Werte erreichten.

Im Übergang vom Boreal zum Jüngeren Atlantikum setzte im Seebachtal die kontinuierliche Überlieferung des Rotbuchen- und Tannenpollens ein. Nach den Mengenverhältnissen dieser beiden Pollentypen spielten die beiden Schattbaumarten in der Vegetation des Seebachtales kaum eine Rolle. Insbesondere die Tanne nahm hier während des gesamten Postglazials nie eine besondere Stellung ein. Das entspricht den bisherigen Erfahrungen, dass die Tanne im Süden der Hohen Tauern immer schon weniger vertreten war als im Norden, worauf bereits KRAL (1985b: 282) verwies. Die prozentuellen Pollenanteile der Schattbaumarten an der Gesamtpollensumme im Seebachtal entsprechen etwa den Werten, wie sie für das Postglazial aus dem unteren Mölltal bekannt sind (KRAL 1985b: 253, Pollendiagramm Egartermoor / Kolbnitz, 700 m NN).

Die Grau-Erle als dominierende Gehölzart sowohl der bach- und seeuferbegleitenden Auen als auch der Laubholzbestände auf den sickernassen Rutschhängen der Talflanken erzeugte weit mehr Pollen, als es dem Stellenwert der Baumart in der Vegetation entspricht. Dennoch muss der Grau-Erle eine maßgebende Rolle in der Vegetationsgeschichte des Tales zugebilligt werden. Vom Zeitpunkt ihrer Einwanderung bis an die Wende Atlantikum/Subboreal stand die Erle offensichtlich in Konkurrenz mit der Fichte und den mesophytischen Laubhölzern. Ab diesem Zeitpunkt jedoch weisen die sehr hohen und relativ wenig schwankenden Pollenmengen der Erle auf eine gewisse Konsolidierung der Erlenbestände im Seebachtal hin.

Mit dem Subboreal fand nach dem Pollendiagramm ein weiterer deutlicher Rückgang der mesophytischen Laubhölzer statt, von dem Rotbuche und Tanne nicht betroffen wurden. Die Fichte dagegen konnte ihren bisherigen Bestand etwa bis in die frühe Bronzezeit beibehalten, um von da an nur mehr mit geringen, gelegentlich noch schwache Gipfel bildenden Werten an der Pollenüberlieferung beteiligt zu sein. Ab diesem Zeitpunkt der Vegetationsgeschichte begegnet man den ersten verlässlichen Nachweisen menschlicher Anwesenheit im Seebachtal.

7.2.3.4.6 Spuren des Menschen in der Pollenflora

Das Seebachtal liegt vom Gesichtspunkt siedlungsfreundlicher Lebensräume aus betrachtet nicht im Bereich der Gunstlandschaften des Landes Kärnten. Die Spuren des Menschen in der Pollenflora sind daher nicht so markant ausgeprägt wie in bevorzugten Siedlungsgebieten (FRITZ 1999, 2000). Das ist insofern für die Interpretation des Pollendiagramms von Nachteil, als dadurch eine wertvolle Datierungshilfe nicht im wünschenswerten Ausmaß zur Verfügung steht. Dennoch findet man in der Pollenflora der Seesedimente einige typisch anthropogene Siedlungszeiger, die den Einfluss des Menschen auf die Vegetation im Raum des Seebachtales und seiner Bergumrahmung erkennen lassen.

Die Pollen der ersten (ältesten) Siedlungszeiger, die als anthropogen geförderte Pflanzen aufzufassen sind, stammen von der Brennnessel (ab -38 m), dem Ampfer (ab -37,5 m) und dem Spitz-Wegerich (ab -36,5 m). In einer Tiefe von 34 m kommen weiters die ersten Pollenkörner des Heidekrautes dazu. Das Auftreten des Pollens von Spitz-Wegerich als Weide- und Halbruderalzeiger sowie des Heidekrautes als Indikator für Magerweiden und Bodendegradierung beweist, dass vermutlich schon ab der frühen Bronzezeit im Gebiet eine Landnutzung in Form eines extensiven und weitschweifenden Weidebetriebes stattfand. Die ab dem Spät-Neolithikum mit der Lochaxt am Danielsberg bei Kolbnitz
belegte kontinuierliche Besiedlung des Mölltales ein Griffplattenschwert aus der frühen und mittleren Bronzezeit aus Obervellach und Gräberfunde aus der Hallstattzeit bei Penk stellen weitere Nachweise dar - lässt die pollenanalytisch frühe Datierung der ersten Spuren des Menschen im Seebachtal und auf seinen Almen als durchaus wahrscheinlich erscheinen.

Ein erstes gehäuftes Auftreten anthropogener Siedlungszeiger und zwar in Gestalt von Walnuss-, Edelkastanien- und Getreidepollen findet sich in jenem Diagrammabschnitt, der aufgrund der Huminsäuremessungen und der zweigipfeligen Schluffkurve dem mittelalterlichen Klimaoptimum zuzuordnen ist. Nach JUNGMEIER (1990: 13) besiedelten slawische Stämme ab dem sechsten Jahrhundert erstmals das Gebiet, worauf slawische Flurnamen wie beispielsweise Auernig (Ahornberg) hinweisen. Das vermehrte Aufkommen der genannten Pollentypen ist daher zweifellos im Zusammenhang mit der mittelalterlichen Landnahme zu sehen.

Ein zweites Maximum an Getreide- und Spitz-Wegerichpollen im obersten Diagrammbereich lässt in Verbindung mit dem allmählichen Ansteigen der Kräuterpollenkurve als Folge einer zunehmend offenen Landschaft bereits den Einfluss der Neuzeit erkennen.

8 Diskussion

Die pollenanalytische Untersuchung der talfüllenden Sedimente im Verlandungsbereich des Stappitzer Sees im Seebachtal wirft eine Reihe von Problemen und Fragen auf, die in der Folge nochmals angeführt und aus einer Gesamtsicht diskutiert werden sollen.

8.1 Lokalität Stappitz

Die Lokaliltät Stappitz ist vermutlich keine beliebige unter den vielen Örtlichkeiten, von denen schon pleni- bis postglaziale Schichtfolgen beschrieben wurden. Dies gilt nicht nur wegen ihrer abgeschirmten Lage inmitten der Alpen, die den pollenanalytischen Untersuchungen absolute Authentizität hinsichtlich der Vegetationsentwicklung nach dem Würm-Glazial garantiert, da - wie noch weiter unten dargelegt werden soll - ein nennenswerter Pollenfernflug über mehr als einige Kilometer hinweg offenbar nur geringe Bedeutung besitzt.

Die Mächtigkeit der Sedimente, die in dem alpinen Hochtal abgelagert sind, ist unerwartet groß und überschreitet bei weitem jene anderer untersuchter Profile aus dem Spät- und Postglazial. Dadurch konnten vegetationsgeschichtliche und klimatische Feingliederungen vorgenommen werden, die im Allgemeinen sonst nicht möglich sind. Ebenso scheint es eine bisher einmalige Seltenheit zu sein, dass die untersuchte Schichtfolge nicht - wie an vielen anderen Lokalitäten - nur Teile des Spät- und Postglazials umfasst, sondern eine durchgehende Chronologie vom Holozän bis ins ausgehende Pleniglazial. Weiters erlaubte es diese besondere Situation im Gegensatz zur rein morphologischen Erfassung spät- und postglazialer Gletscherstände durch die klassische Quartärgeologie, diese Gletschervorstöße und deren zwischengeschaltete Warmphasen an Hand der Vegetationsentwicklung nachzuweisen.

Es bedeutet eine große Überraschung, dass selbst in tiefgelegenen Schichten, deren Material sowohl nach megaskopischer Ansprache als auch nach der Korngrößenverteilung eindeutig als Grundmoränenmaterial einzustufen ist, Pollen auftritt, allerdings in so starker "Verdünnung", dass eine Vervielfachung der sonst üblichen Probenmenge notwendig wurde, um statistisch verwertbare Pollenmengen zu gewinnen. Völlig unerwartet, ja vielleicht einmalig, ist es auch, in Schichten ab 94,5 m unter der Geländeoberkante bis hinab in eine Tiefe von 160 m immer wieder Pollenkörner anzutreffen, deren plasmatischer Inhalt fossil erhalten blieb.

Zu den Besonderheiten der Lokalität zählt wohl auch die Tatsache, dass es möglich ist, eindeutige Zusammenhänge zwischen Klima, Vegetationsdecke, Korngrößen und Huminsäuregehalten der Seesedimente aufzudecken, was nach Kenntnis der Autoren bisher noch nie so detailliert versucht wurde.

Als letzte, aber nicht unbedeutendste Erkenntnis aus der Auswertung dieser Bohrungen sei genannt, dass die angetroffenen Schichtfolgen wesentlich weiter in die quartäre Vergangenheit zurückgehen, als

dies bei ähnlichen Untersuchungen im Spät- und Postglazial der Fall ist. Unterhalb, das heißt im Liegenden aller schon bisher genauer bekannten und untersuchten spätglazialen Stadien und Klimaschwankungen konnten noch weitere teilweise eisfreie Sedimentationsphasen eindeutig festgestellt werden, die ein bereits wesentlich früheres Schwinden des großen Eiszeitgletschers anzeigen, als dies bisher allgemein angenommen wurde.

8.2 Zum Abschmelzen der alpinen Eiskalotte

Die generalisierte Darstellung des Profils der Bohrungen STA-1 und STA-5 (Abb. 45) zeigt, dass einerseits die Sedimente der Talfüllung weit in das bereits pollenführende Pleniglazial zurückgehen und andererseits von -128 m aufwärts der Bereich des Stappitzer Sees von keinem Gletscher mehr erreicht wurde, wobei auch schon wesentlich früher (etwa 150,5-154 m Tiefe) der Talboden zeitweilig eisfrei war. Das vordere Seebachtal war also mit großer Wahrscheinlichkeit vor mindestens 16000 Jahren, vielleicht aber auch schon ab 16500-17000 vor heute vom großen würmglazialen Gletscher völlig freigegeben. In wesentlicher Konsequenz bedeuten diese Altersangaben, dass der in vielen Lehrbüchern wie auch in Einzelarbeiten mit etwa 15000 vor heute datierte Beginn des Abschmelzens der Eiszeitgletscher, der etwa mit dem Beginn des Postglazials zu Ende sein sollte (vgl. z.B. PATZELT 1980, SPM 1 1993), sicherlich als überholt anzusehen und unrichtig ist, weil nicht nur im Spätglazial, sondern bereits im ausgehenden Pleniglazial der weit im Inneren der Alpen gelegene Talboden des Seebachtales beim Stappitzer See absolut eisfrei war. Jedenfalls sind ein Vereisungsbeginn erst um 21000 vor heute und ein Vereisungsende um 15000 vor heute, wie es FLIRI et al. (1972) für das Rosenheimer Becken im Alpenvorland beschreiben, für den Draugletscher absolut undenkbar.

Betrachtet man das Sedimentprofil in Abbildung 45 sowie die Phasengliederung vom Stappitzer See, so findet man noch weit im Liegenden der ältesten Dryas (Beginn ca. 15000 vor heute) sowohl Sedimente aus vorangegangenen Warmphasen, die in einem zumindest vorübergehend eisfrei gewordenen Gletschervorfeld abgelagert wurden, als auch Pollen einer bereits autochthonen Vegetation, wobei vor allem auf den bodenständigen Baumbestand in der Warmphase 1 (Tiefe 140-144 m) hingewiesen werden muss. Daraus darf man wohl mit aller Vorsicht ableiten, dass der eigentliche große Eiszeitgletscher schon um 17000 vor heute oder noch etwas früher nicht mehr existierte. Dass es sich bei den erbohrten tiefgelegenen Sedimenten tatsächlich um jene aus dem Ausklingen der Eiszeit mit einer nur mehr oszillierenden Gletscherzunge handelt, beweist nicht nur der mehrfache Wechsel von Grundmoränen und Sandersedimenten (die aber alle schon Pollen einer bereits wieder bis hierher zurückgekehrten Vegetation enthalten), sondern auch die Tatsache, dass die Grundmoränenhorizonte gegen das Hangende zu immer mehr zurücktreten.

Noch vor wenigen Jahren hat man für das Zurückschmelzen der großen Gletscher von ihrem Höchststand bis in die Alpen hinein einen Zeitraum von 4000-5000 Jahren angenommen (PATZELT 1980: 6000-7000 Jahre, SPM 1 1993: ca. 5000 Jahre). Neuere Arbeiten dagegen sprechen immer wieder von einem schnellen, kollapsartigen Zerfall des würmzeitlichen Eisstromnetzes, was den Erfahrungen aus dem Seebachtal entgegenkommt (SPM 1 1993: 52: Dauer des Eiszerfalls einige hundert bis 1000 Jahre; SCHLÜCHTER 1988, VAN HUSEN 1989, 2000: Rückgang des Gletschers in 1000 Jahren etwa um die halbe Länge).

Wenn man die Angabe berücksichtigt, dass in der West-Steiermark bereits 19720 ± 390 a BP bzw. 21270 ± 230 a BP im Vorland der Gletscher die Sedimentation unter periglazialen Bedingungen endete (VAN HUSEN 2000), kann man den Beginn des Gletscherrückzuges (Abschmelzen) von seinem Höchststand schon um 18000 oder gar um 19000 vor heute als durchaus wahrscheinlich annehmen. Auf jeden Fall standen für den gesamten Zerfall des würmzeitlichen Gletschernetzes nur 1000 bis maximal 2000 Jahre zur Verfügung, wobei auch noch im Jauntal beobachtete Oszillationen des Zungenendes zu berücksichtigen sind (UCIK, eigene Beobachtungen). Auch die radiometrische Datierung einer Torfprobe aus dem Lengholzer Moor bei Steinfeld im Oberen Drautal zeigt mit 16615 \pm 210 a BP (FRITZ 1978) deutlich ein recht frühes Eisfreiwerden von inneren Alpentälern an. Es werden zwar auch in einigen anderen neueren Arbeiten ähnlich frühe ¹⁴C-Datierungen aus inneren Alpentälern mitgeteilt (VAN HUSEN 1989: 15400 \pm 470 a BP in Bändertonen unter Torfmoor im steirischen Salzkammergut, ZOLLER et al. 1996: 15600 bzw. 17000 a BP im Unterengadin, im Liegenden noch pollenfüh-





Warmzeit D.....absolute Datierung

Kaltzeit BP..... before present (vor heute)

I, IIb. Pollenzone

Abb. 45: Vereinfacht dargestellte Klimageschichte und Pollenstratigraphie seit dem ausgehenden Pleniglazial für das Seebachtal bei Mallnitz, Hohe Tauern, Kärnten Fig. 45: Simplified history of climate and pollenstratigraphy since the end of the pleniglacial period for the Seebach valley near Mallnitz, Hohe Tauern, Carinthia

lationalpark Hohe Tauern, download unter www.biologiezentrum.at







Warmzeit D.....absolute Datierung

Kaltzeit BP.... before present (vor heute)

I, IIb_ Pollenzone

Abb. 45: Vereinfacht dargestellte Klimageschichte und Pollenstratigraphie seit dem ausgehenden Pleniglazial für das Seebachtal bei Mallnitz, Hohe Tauern, Kärnten

Fig. 45: Simplified history of climate and pollenstratigraphy since the end of the pleniglacial period for the Seebach valley near Mallnitz, Hohe Tauern, Carinthia





Warmzeit D.....absolute Datierung

Kaltzeit BP.... before present (vor heute)

I, IIb_ Pollenzone

Abb. 45: Vereinfacht dargestellte Klimageschichte und Pollenstratigraphie seit dem ausgehenden Pleniglazial für das Seebachtal bei Mallnitz, Hohe Tauern, Kärnten

Fig. 45: Simplified history of climate and pollenstratigraphy since the end of the pleniglacial period for the Seebach valley near Mallnitz, Hohe Tauern, Carinthia

rende Schichten, BERTLE 1999: 21100 ± 1300 a BP für Holz in einem Murenbereich oberhalb Bludenz), womit auf einen sehr frühen Gletscherrückgang hingewiesen wird, doch glaubten manche Autoren diesen frühen Daten nicht. Ebenso verweisen LANG (1994: 89), KRAINER (1994: 87) und SLU-PETZKY (1994: 16) auf einen erstaunlich raschen und frühen Zerfall des Würm-Gletschers, wonach im Sinne von SLUPETZKY (1994) das "alpine" Spätglazial bereits ab dem 17. bis 16. Jahrtausend vor heute anzusetzen wäre.

8.3 Altstadiale Gletscherstände (Bühl, Steinach)

Offen und vorläufig mangels absoluter Altersbestimmungen nicht mit Sicherheit zu beantworten ist die Frage, welchen bekannten Stadien die Gletschervorstöße im ausgehenden Pleniglazial zuzuordnen sind. Im Bohrprofil vom Stappitzer See sind mit Sicherheit fünf Grundmoränenhorizonte, getrennt durch diverse Sandersedimente, als Hinweise auf neuerliche Gletschervorstöße zu erkennen. Dabei darf nicht übersehen werden, dass zwei der Grundmoränen eigentlich in einer Warmphase entstanden sind, der sie ablagernde Gletscher aber offenbar die vorhandene Vegetation nicht nachhaltig beeinflussen konnte.

Die höheren, jüngeren Grundmoränen weisen höchstwahrscheinlich auf das Steinach-Stadium hin. Da dieses nach VAN HUSEN (2000) nur einen wenig bedeutsamen Wiedervorstoß des im Vergleich zum Bühl-Stadium schon wesentlich kleiner gewordenen Gletschers darstellt (PATZELT 1980: im Steinach-Stadium zeigten die einzelnen Seitentalgletscher bereits ein selbständiges Vorstoßen) und zwischen diesem und dem Bühl-Stadium nur eine kurze Zeitspanne gelegen sein soll, so könnten - ganz vorsichtig vermutet - die tiefergelegenen Grundmoränen noch dem Bühl-Stadium entstammen. Sowohl das Steinach- als auch das Bühl-Stadium wären nach dem Bohrbefund vom Stappitzer See mehrphasig verlaufen. Auch das Alter dieser beiden Stadiale müsste nach diesem Ereignis gegenüber den bisherigen Angaben in der Literatur zurückdatiert werden (PATZELT 1980: Bühl 15000 vor heute oder früher, MAISCH 1981 zit. in RÖTHLISBERGER 1986: 67, Abb. 17: Bühl - jünger als 17000 vor heute, Steinach noch deutlich jünger, MAISCH 1982 zit. in RÖTHLISBERGER 1986: 67, Abb. 16: Bühl 15000 vor heute).

8.4 Pflanzliche Wiederbesiedlung

Sicher überholt sind die Zeitangaben verschiedener Autoren, was die Wiederbewaldung ehemals vergletscherter Gebiete betrifft (FLIRI et al. 1970: ab 11300 vor heute, BORTENSCHLAGER 1978: nach 13000 vor heute, ZOLLER et al. 1996: ab 12000 vor heute, PATZELT 1980: im Inntal ab 13000 vor heute). Die vorliegende Arbeit hat ergeben, dass bereits im Pleniglazial während der Warmphase 1 das untere Seebachtal beim Stappitzer See mit Grün-Erlengebüschen, Fichten und Lärchen bestockt war. Eine rund 2 m mächtige Grundmoräne in diesem Profilabschnitt weist offenbar auf einen nicht sehr bedeutenden Zungenvorstoß hin, der die Vegetation nicht nachhaltig zu beeinflussen vermochte. Mit aller Vorsicht kann das Alter dieses frühen Baumbestandes mit 16000 bis 17000 Jahren vor heute angenommen werden.

Abgesehen davon, dass im Seebachtal aus dieser Zeit Nadelfragmente von Fichte und Lärche vorliegen, kommt ein Fernflug dieser Pollentypen auch aufgrund anderer Erfahrungen nicht als Erklärung in Frage. So enthielten mehrere Meter mächtige fS-Su-Ablagerungen (Feinsand - schluffiger Sand) zwischen zwei Lagen von Schmelzwasserkiesen in einer Kiesgrube knapp östlich von Kühnsdorf im Jauntal, kaum 10 km vom Rand der maximalen Eisausdehnung und der zu dieser Zeit bereits existierenden Vegetation entfernt, keinen Pollen (eigene unveröffentlichte Analysen). Ebenso enthielt eine Probe aus einer 20 m mächtigen Folge von Su-S-Sedimenten (schluffiger Sand - Sand) eines späteiszeitlichen Eisrandsees am Oberende des Herzogbaches bei Paternion im Drautal keinen fossilen Blütenstaub (FRITZ & UCIK 1996). In beiden Fällen brachte einerseits der oft zitierte Fernflug keinen Pollen in die Sedimente ein und andererseits wich der Gletscherrand offenbar so schnell zurück, dass die Vegetation ihm nicht mit einer vergleichbaren Geschwindigkeit zu folgen vermochte, um einen Polleneintrag aus der Nähe zu ermöglichen.

8.5 Feinstkornsedimente und Huminsäuregehalte als Klimazeugen

Die Lockersedimente im Seebachtal, insbesondere die Seeablagerungen, erlauben nicht nur an Hand des überlieferten Pollens, sondern auch unter Auswertung der Korngrößenverteilung sowie der Huminsäuregehalte Rückschlüsse auf das Klima und seine Veränderungen zu ziehen. Derartige Zusammenhänge wurden nach dem Wissensstand der Autoren bisher noch nicht routinemäßig untersucht. Vermutlich beruht dies darauf, dass üblicherweise vorwiegend organische oder zumindest stark mit organischem Material angereicherte Sedimente für vegetations- und klimageschichtliche Arbeiten herangezogen werden.

Aus den Seesedimenten des Seebachtales ist meist deutlich zu erkennen, dass der Anteil an feinstkörnigem Material (fSu-mSu-Korngrößen = schluffiger Fein- bis Mittelsand) aus wärmeren Klimaphasen deutlich höher ist als aus kühleren, in denen der Anteil von fS (Feinsand) und gSu (schluffiger Grobsand) zunimmt. Als Ursache dieser Korngrößendifferenzierung wird der Einfluss des Klimas auf die Dichte der Vegetationsdecke und der damit verbundenen selektiven Erosion angesehen. Vergleichbar damit könnten Angaben in der Literatur sein, dass in kühleren Zeiten mit verminderter Vegetationsbedeckung der Materialabtransport größer ist als in wärmeren Klimaperioden (vgl. VAN HUSEN 1989, 2000).

Wenn aus den Korngrößenverhältnissen offenbar eher auf das großräumige Klima geschlossen werden kann (Vegetationsdecke der Landpflanzen), so spiegeln die Huminsäurewerte, die in erster Linie mit der Wasser- und Ufervegetation des Stappitzer Sees in Zusammenhang stehen, vornehmlich die lokalen Klimaverhältnisse wider.

8.6 Glazial- und Interglazialklima

Seitdem die klimatologische Fachwelt die Öffentlichkeit mit den möglichen Folgen des durch den Menschen verursachten Treibhauseffektes auf das Klima konfrontiert, wächst in weiten Kreisen das Interesse an den Klimaabläufen der Vergangenheit in der Hoffnung, aus dieser Kenntnis wichtige Hinweise auf den natürlichen Ablauf der Klimaentwicklung und deren Ursachen zu gewinnen.

Die Ablagerungen im Seebachtal ermöglichen es, sowohl über die fossile Pollenüberlieferung als auch über die lithologische Beschaffenheit der Sedimente den Ablauf des Klimas über einen Zeitraum von vermutlich 17000-18000 Jahren zu überblicken.

Das klimatische Geschehen in dieser Zeit zeigt bezüglich des Klimacharakters einen sehr großen Gegensatz zwischen glazialen und interglazialen Verhältnissen. Aus der Sicht des Seebachtales erweist sich das "glaziale" Klima als sehr wechselhaft und in der Intensität der Klimaschwankungen ausgeprägter als das "interglaziale" Klima und zwar sowohl hinsichtlich der Temperaturverhältnisse als auch hinsichtlich der Niederschläge.

Was kann aus der klimatischen Vergangenheit, die in den Sedimenten des Seebachtales erschlossen ist, für die nächste Zukunft entnommen werden? Man sieht, dass der klimatische Höhepunkt des derzeitigen Interglazials bereits überschritten ist und dass im fünften Jahrtausend vor heute ein Abkühlungstrend einsetzte, der kurzfristig immer wieder für einige Jahrhunderte von wärmeren Klimaphasen (römerzeitliches und mittelalterliches Klimaoptimum) unterbrochen wurde. Gegenwärtig scheint sich die Erde in einer etwa seit 1850 wirksamen natürlichen Erwärmungsphase zu befinden und es liegt in der Verantwortung des Menschen, ob und in welchem Ausmaß ein zusätzlicher, anthropogen verursachter Treibhauseffekt zum Tragen kommen wird.

8.7 Klimatische Stellung des Spätglazials

Das Spätglazial ist im Sinne der vegetationsgeschichtlichen Forschung (FIRBAS 1949) eindeutig durch die internationalen pollenstratigraphischen Pollenzonen I bis III definiert. Es hebt sich im Pollendiagramm Stappitzer See durch die hohen Kräuterpollenwerte und durch die hohe Präsenz des Beifußes (als Element der Kältesteppe) sowohl vom Postglazial als auch von jener Wärmeperiode, die zum Abschmelzen und Zerfall des Draugletschers führte, deutlich ab. Das Spätglazial erweist sich als eine Kaltphase mit extremsten klimatischen Bedingungen im älteren Abschnitt der Pollenzone I, also gerade zu seinem Beginn, um dann allmählich seine klimatische Strenge einzubüßen und relativ spät zwischen 12000 und 11000 vor heute (vgl. Abb. 41) eine nennenswerte vorübergehende Milderung zu erfahren.

Abgesehen davon, dass die glazialgeologischen Befunde aus dem Seebachtal den Abschmelzprozess des würmzeitlichen Draugletschers noch vor der Pollenzone Ia beweisen, ist es daher kaum denkbar, dass im Spätglazial jene Wärmemengen vorhanden gewesen wären, um eine so riesige Eismasse wie den alpinen Eiskörper zum Abschmelzen zu bringen. Vom Standpunkt des südöstlichen Alpenbereiches aus gesehen ist es daher nicht mehr vertretbar, das Spätglazial als Abschmelz- und Zerfallsphase des alpinen Eisstromnetzes zu bezeichnen.

8.8 Zur glazialgeologischen Definition des Spätglazials aus der Sicht der neuen Ergebnisse

Entsprechend dem Hinweis von LANG (1994: 292) sind biostratigraphische Befunde eine wesentliche Grundlage zur Feingliederung des Würm-Glazials. Die Grenze zwischen dem Würm-Hochglazial (Pleniglazial) und dem Spätglazial wird danach meist bei 15000 bis 14000 vor heute angenommen (SCHREINER 1992: 185 und 190). Nach den bisherigen Vorstellungen wird das Hochglazial klimatisch als extreme Kaltperiode mit einer maximalen Eisausdehnung von 25000 bis etwa 15000 vor heute (PATZELT 1980: 12, SLUPETZKY 1994: 16; KOHL 2000: 380), nach neueren Erkenntnissen von 21000 bis 17000 vor heute (VAN HUSEN 2000: 149),betrachtet, der sich unmittelbar das Spätglazial als eine klimatisch günstigere Phase anschließen sollte (KOHL 2000: 380).

Aus der Sicht dieses Szenarios kommt daher dem Spätglazial die Bedeutung einer Periode zu, in welcher der Abschmelzprozess des alpinen Eiskörpers und das Eisfreiwerden der Täler eingesetzt haben sollte, um mit dem Ausklingen des letzten markanten Klimarückschlages, der jüngeren Dryaszeit (Pollenzone III), um 10000 vor heute beendet zu sein (PATZELT 1980: 13). Merkwürdig an diesem Szenario ist allerdings die Annahme, dass jene Erwärmung, die den Zusammenbruch der großen Eisströme vor etwa 17000 Jahren einleitete und daher sehr kräftig gewesen sein muss, das Aufkommen einer höheren Vegetationsentwicklung erst um 13000 vor heute ermöglicht haben soll (KOHL 2000: 380).

Die Vegetations- und Klimaentwicklung der letzten 17000-18000 Jahre, wie sie sich aus dem Seebachtal darstellt, zeigt jedoch ein ganz anderes Bild der Verhältnisse. Nach einer sehr kräftigen, mit Rückschlägen einsetzenden Erwärmung des Klimas (Stappitzer Klimaschwankungen) noch vor der Pollenzone Ia (also vor Beginn des vegetationsgeschichtlich definierten Spätglazials), welche bereits zu dieser frühen Zeit die Einwanderung baumförmiger Gehölze in den südöstlichen Alpenraum ermöglichte, kam es mit Beginn der Pollenzone Ia neuerlich zu einem so intensiven Kälterückschlag, dass eine nochmalige starke Vereisung der Alpen hätte eintreten müssen, wären die erforderlichen Niederschläge vorhanden gewesen.

Nach ZOLLER et al. (1996: 39) gibt es bereits seit einiger Zeit Hinweise in Form von Pollenfunden wärmeliebender Gehölze, die an der Basis der Pollenzone Ia schon mehrfach in Pollenprofilen der Süd- und Zentralalpen festgestellt wurden, dass es schon vor dem "Spätglazial" (im Sinne der Vegetationsgeschichte) eine Erwärmung des Klimas gegeben haben muss, welche durch die Pollenzone Ia (als Kaltperiode) vom Bölling-Alleröd-Warmkomplex getrennt wird. Die pollenanalytische Untersuchung der talfüllenden Sedimente des Seebachtales bestätigt diese Annahme und dokumentiert erstmals in einem Pollendiagramm diese sehr frühe und kräftige Erwärmung. Damit ergibt sich eine ganz neue Sicht über die Klima- und Vegetationsentwicklung in den letzten 17000 bis 18000 Jahren.

Die Ergebnisse aus dem Seebachtal belegen offenkundig, dass der Abschmelzprozess der alpinen Eiskalotte nicht nur sehr früh einsetzte, sondern (zumindest) im südöstlichen Alpenraum auch sehr rasch und zwar noch vor der Pollenzone Ia beendet war. Es ist daher kaum noch möglich, das Spätglazial schlechthin als "die Abschmelzperiode" der alpinen würmglazialen Vergletscherung anzusehen.

Um einer Lösung dieses neu entstandenen Problems näher zu kommen, wird es notwendig sein, weitere Lokalitäten aufzufinden, die in ihrer Klima- und Vegetationsentwicklung ähnlich weit in die Vergangenheit zurück reichen wie hier in den Hohen Tauern. In diesem Zusammenhang gewinnt das von BORTENSCHLAGER (1966) bearbeitete Dobra-Moor in den Sörger Bergen, Kärnten, mit nahezu 30 % Fichtenpollen neben anderen wärmeliebenden Pollentypen an der Basis der Pollenzone Ia (Profil Dobramoos III) neuerlich an Interesse. Der Naturwissenschaftliche Verein für Kärnten plant eine Neubearbeitung der beckenfüllenden Sedimente des Dobra-Moores, welche bis in eine Tiefe von etwa 90 m erbohrt werden sollen. In dieser Tiefe wird nach seismischen Untersuchungen der anstehende Fels vermutet.

Inzwischen ist es dem Erstautor gelungen, an den Sedimenten aus einer 100 m tiefen Kernbohrung bei Görtschach im Gailtal, Kärnten, Vegetations- und Klimaverhältnisse festzustellen, die als zeitgleich mit jenen aus dem Seebachtal aufzufassen sind, sodass weitere Erkenntnisse zur Entwicklung nach dem Abschmelzen der würmzeitlichen Eiskalotte in naher Zukunft zu erwarten sind.

9 Dank

Die Autoren fühlen sich folgenden Personen und Institutionen für ihre Mitwirkung und Unterstützung zu aufrichtigem und herzlichem Dank verpflichtet:

- Klaus ALLESCH, Landesmuseum in Klagenfurt, für Probenentnahme, Untersuchungen am Rasterelektronenmikroskop, fotografische Aufnahmen, Computerbearbeitungen und administrative Hilfestellung;
- DRAUKRAFT (ehemals ÖDK ÖSTERREICHISCHE DRAUKRAFTWERKE AG), Klagenfurt, für die kostenlose Bereitstellung der Kernbohrungen STA-1 bis STA-4 und die Übereignung des Materials an die Nationalparkverwaltung-Außenstelle Mallnitz sowie für den Zugang zu Archiv-Aufzeichnungen;
- Mag. Klaus EISANK, Nationalparkverwaltung Hohe Tauern, Zweigstelle Mallnitz, für die Betreuung und Förderung des Projektes;
- Mag. Dr. Evelin FISCHER-WELLENBORN, Klagenfurt, für die Bestimmung der Moosfragmente;
- Mag. Dr. Wilfried FRANZ, Klagenfurt, für die pflanzensoziologische Beratung und die Durchsicht des Manuskriptes;
- KÄRNTNER NATIONALPARKFONDS, Großkirchheim, für die Finanzierung der Kernbohrung STA-5 und des Projektes;
- Univ.-Doz. Dr. Karl KRAINER, Institut für Geologie und Paläontologie der Universität Innsbruck, für die Beistellung von Literatur;
- Dr. Gerfried. H. LEUTE, wissenschaftlicher Leiter des Botanischen Gartens Klagenfurt, für die floristische Beratung und die Beistellung von Literatur und Herbarbelegen;
- Dr. Paul MILDNER, Kustos für Zoologie am Landesmuseum Klagenfurt, für die Bestimmung von Arthropodenresten;
- Helga MÜHLBACHER, Landesmuseum Klagenfurt, für die Ausführung von Zeichnungen;
- Univ.-Prof. Dr. Gernot PICCOTTINI, Direktor des Landesmuseums in Klagenfurt, für die Benützung des Pollenlabors, des Rasterelektronenmikroskops und der fotografischen Einrichtungen;
- Dr. Helene RIEGLER-HAGER, Botanischer Garten Klagenfurt, für lichtmikroskopische Aufnahmen;
- Univ.-Prof. Dr. Hans SAMPL, Leiter der Abteilung 15 Umweltschutz und Technik des Amtes der Kärntner Landesregierung, für die Glühverlustbestimmung;
- Prof. Mag. Ferdinand STEFAN, für die Durchsicht des Manuskriptes;
- Margot SUTSCHITSCH, Lebensmitteluntersuchungsanstalt Kärnten, für die gewissenhafte Ausführung der photometrischen Messungen der alkalischen Huminsäurelösungen;
- Ingrid WIEDNER, Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Klagenfurt, für die administrative Durchführung des Projektes;

Dr. Peter WIEDNER, Leiter der Lebensmitteluntersuchungsanstalt Kärnten, für die photometrischen Messungen der alkalischen Huminsäurelösungen;

Landesrat Georg WURMITZER, für die Finanzierung des Projektes;

Mag. Gerhild ZWETTLER, Klagenfurt, für die Probenentnahme und die sorgfältige Durchführung der sehr arbeitsaufwendigen Laborarbeiten.

10 Literatur

ADLER, W., OSWALD, K. & FISCHER, R. (1994): Exkursionsflora von Österreich. – Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, Wien, 1180pp.

ANGEL, F. & STABER, R. (1952): Gesteinswelt und Bau der Hochalm-Ankogel-Gruppe. – Wissenschaftliche Alpenvereinshefte Nr. 13, Verlag Wagner, Innsbruck, 112pp.

ARNOLD, J.R. & LIBBY, W.F. (1951): Radiocarbon Dates. - Science 113: 111-120.

BERTLE, H. (1999): Schesa-Bruchkessel, Bürserberg-Vorarlberg. Mehrphasiger Murschuttfächerausbau, Ausräumungsgeschichte, Sanierung durch Rückböschung. –Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. 42: 139-179.

BILLAMBOZ, A. (1997): Waldentwicklung unter Klima- und Menscheneinfluß in der Bronzezeit. – Mitteilungen der ANISA, 18. Jg., Heft 1/2: 52-53.

BORTENSCHLAGER, S. (1966): Pollenanalytische Untersuchung des Dobramoores in Kärnten. – Carinthia II 156/76: 59-75.

BORTENSCHLAGER, S. (1970): Waldgrenz- und Klimaschwankungen im pollenanalytischen Bild des Gurgler Rotmooses. – Mitt. Ostalp.-Din. Ges. f. Vegetkde., Band 11: 19-26.

BORTENSCHLAGER, S. (1977): Alpine Late- and Post-Glacial. – Proceedings of working session of Commission on Holocene-Inqua (Euro-Siberian Subcommission), Geologicky Ustav Dionyza Stura Bratislava: 123-128.

BORTENSCHLAGER, S. (1978): Die spätglaziale Vegetationsentwicklung im Pollenprofil des Lanser See-Moores. – Paleolimnology of Lake Biwa and the Japanese Pleistocene, Volume 6, No. 254: 334-336.

BORTENSCHLAGER, S. (1984): Die Vegetationsentwicklung im Spätglazial: Das Moor beim Lanser See III, ein Typprofil für die Ostalpen. – Diss. Bot. 72 (Festschrift Welten): 71-79.

BORTENSCHLAGER, S. & PATZELT, G. (1969): Wärmezeitliche Klima- und Gletscherschwankungen im Pollenprofil eines hochgelegenen Moores (2270 m) der Venedigergruppe. – Eiszeitalter und Gegenwart, Band 20: 116-122.

CALVIN, W.H. (1998): Wie das Gehirn denkt. - Spektrum, Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, 261pp.

CHINERY, M. (1976): Insekten Mitteleuropas. – Verlag Paul Parey, 389pp.

CONRAD, V (1913): Klimatographie von Kärnten VI. – Direktion der K.K. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien, 139pp.

DEUTSCHER NORMENAUSSCHUSS (1955): Baugrund- und Wasserbohrungen, DIN 4023. – 6pp.

EHRENDORFER, F. (Hrsg.) (1973): Liste der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. – Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 318pp.

ENCKE, F., BUCHHEIM, G. & SEYBOLD, S. (1994): Zander Handbuch der Pflanzennamen. – Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 810pp.

EXNER, CH. (1962): Geologische Karte der Sonnblickgruppe 1:50000. – Geologische Bundesanstalt, Wien.

EXNER, CH. (1964): Erläuterungen zur geologischen Karte der Sonnblickgruppe 1:50000. Mit einem Beitrag von S. PREY. – Geologische Bundesanstalt, Wien, 170pp.

FAEGRI, K. & IVERSEN, J. (1992): Textbook of Pollen Analysis. IV Edition. – John Wiley & Sons, 328pp.

FEUERSTEIN, P. (1934): Geschichte des Viller Moores und des Seerosenweihers an den Lanser Köpfen bei Innsbruck. – In: PASCHER, A. (Hrsg.): Beih. Bot. Centrbl., Band LI, zweite Abteilung, Verlag C. Heinrich, Dresden.: 477-526.

FIRBAS, F. (1949): Waldgeschichte Mitteleuropas, 1. Band. – Gustav Fischer Verlag, Jena, 480pp.

FLIRI, F., BORTENSCHLAGER, S., FELBER, H., HEISSEL, W., HILSCHER, H. & RESCH, W. (1970): Der Bänderton von Baumkirchen (Inntal, Tirol). – Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie VI, Heft 1-2: 5-35.

FLIRI, F., FELBER, H. & HILSCHER, H. (1972): Weitere Ergebnisse der Forschung am Bänderton von Baumkirchen (Inntal, N-Tirol). – Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie VIII, Heft 1-2: 203-213.

FRITZ, A. (1965): Pollenanalytische Untersuchung zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte im oberen Drautal, Kärnten. – Carinthia II 155 /75: 89-115.

FRITZ, A. (1969): Folgerungen zur Klima- und Vegetationsgeschichte Kärntens aus neuen ¹⁴C-Untersuchungen. – Carinthia II 159/79: 111-120.

FRITZ, A. (1978): Pollenstratigraphische Probleme des Würm- und des Postglazials in Kärnten. – Carinthia II 168/88: 189-206.

FRITZ, A. (1999): 4000 Jahre menschliche Siedlungstätigkeit im Spiegel der Pollenanalyse. – Carinthia I 189: 43-52.

FRITZ, A. (2000): Zur Vegetations-, Siedlungs- und Klimageschichte des Millstätter Seentales. – Carinthia II 190/110: 579-590.

FRITZ, A. & UCIK, F.H. (1996): Neue Ergebnisse aus dem Würmglazial Kärntens. – Carinthia II 186/106: 361-386.

FUKAREK, F. (1994): Urania Pflanzenreich, Blütenpflanzen 2. – Urania-Verlag, Leipzig, Jena, Berlin, 609pp.

GOLDSTEIN, M., SIMONETTI, G. & WATSCHINGER, M. (1992): Guida al riconoscimento degli alberi d'Europa. – Arnoldo Mondadori Editore, Milano, 256pp.

GRESSEL, W. (1976): Wetter und Klima in Kärnten. – In: F. KAHLER (Hrsg.): Die Natur Kärntens. Band 2. Verlag Johannes Heyn, Klagenfurt: 267-316.

HARTL, H. & PEER, TH. (1989): Die Pflanzenwelt der Hohen Tauern. 2. Aufl. – Wissenschaftliche Schriften, Nationalpark Hohe Tauern, Universitätsverlag Carinthia, Klagenfurt, 173pp.

HARTL, H., KNIELY, G., LEUTE, G.H., NIKLFELD, H. & PERKO, M. (1992): Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen Kärntens. – Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Klagenfurt, 451pp.

JALAS, J. & SUOMINEN, J. (1973): Atlas Florae Europaeae 2, Gymnospermae. – Helsinki, 40pp.

JALAS, J. & SUOMINEN, J. (1976): Atlas Florae Europaeae 3, Salicaceae to Balanophoraceae. - Helsinki, 128pp.

JALAS, J. & SUOMINEN, J. (1980): Atlas Florae Europaeae 5, Chenopodiaceae to Basellaceae. – Helsinki, 119pp.

JALAS, J. & SUOMINEN, J. (1989): Atlas Florae Europaeae 8, Nymphaeaceae to Ranunculaceae. – Helsinki, 261pp.

JUNGMEIER, M. (1990): Die Vegetation des Stappitzer Sees. Ein Beitrag zur kleinräumigen Nationalparkplanung. – Unveröff. Diplomarbeit, Formal- u. Naturwissenschaftl. Fak., Univ. Wien, 89pp.

KERSCHNER, H. (1978) Untersuchungen zum Daun- und Egesenstadium in Nordtirol und Graubünden (methodische Überlegungen). – Geogaph. Jahresbericht aus Österreich 36: 26-49.

KERSCHNER, H. (1980): Outlines of the climate during the Egesen advance (Younger Dryas, 11000-10000 BP) in the Central Alps of the Western Tyrol, Austria. – Zeitschr. für Gletscherkunde und Glazialgeologie, Band 16, Heft 2: 229-240.

KNIELY, G., NIKLFELD, H. & SCHRATT-EHRENDORFER, L. (1995): Rote Liste der gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen Kärntens. – Carinthia II 185/105: 353-392.

KOHL, H. (2000): Das Eiszeitalter in Oberösterreich. Abriß einer Quartärgeologie von Oberösterreich. – Schriftenreihe des O.Ö. Museal-Vereins - Gesellschaft für Landeskunde, Band 17, Linz, 487pp.

KRAINER, K. (1994): Die Geologie der Hohen Tauern. – Wissenschaftliche Schriften, Nationalpark Hohe Tauern, Universitätsverlag Carinthia, Klagenfurt, 160pp.

KRAL, F. (1979): Spät- und postglaziale Waldgeschichte der Alpen auf Grund der bisherigen Pollenanalysen. – Veröffentlichung des Institutes für Waldbau an der Universität für Bodenkultur in Wien, 175pp.

KRAL, F. (1981): Zur postglazialen Waldentwicklung in den nördlichen Hohen Tauern mit besonderer Berücksichtigung des menschlichen Einflusses. – Sitzungsberichte der Österr. Akademie der Wissenschaften, mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, Abteilung I, 190. Band, Heft 1-10: 193-234. KRAL, F. (1985a): Zur postglazialen Waldentwicklung in den südlichen Hohen Tauern mit besonderer Berücksichtigung des menschlichen Einflusses. – Sitzungsberichte der Österr. Akademie der Wissenschaften, mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, Abteilung I, 194. Band: 247-289.

KRAL, F. (1985b): Zur natürlichen und anthropogenen Waldentwicklung im Gasteiner Raum. Pollenanalyse und Radiokarbondatierung. – Veröffentlichungen des Österr. MaB-Programms Band 9: 207-220.

KRAL, F. (1995): Nacheiszeitliche Waldentwicklungstypen in den Alpen. – Verh. Zool. Bot. Ges. Österreich Bd. 132: 1-12.

KROMER, B. & BECKER, B. (1993): German oak and pine ¹⁴C calibration, 7200-9400 BC. – Radiocarbon 35: 125-135.

LAMB, H.H. (1989): Klima und Kulturgeschichte. – Rowohlt Taschenbuch Verlag GmbH, Reineck bei Hamburg, 448pp.

LANG, G. (1994): Quartäre Vegetationsgeschichte Europas. – Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Wien, 462pp.

MOORE, P.D., WEBB, J.A. & COLLINSON, M.E. (1991): Pollen analysis. Second Edition. – Blackwell Scientific Publications, Oxford, 216pp.

NIKLAUS, TH.R., BONANI, G., SIMONIUS, M., SUTER, M. & WÖLFLI, W. (1992): CalibETH: An interactive computer program for the calibration of radiocarbon dates. – Radiocarbon 34, No. 3: 483-492.

OBERDORFER, E. (1970): Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Südwestdeutschland und die angrenzenden Gebiete. – Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 987pp.

ÖSTERREICHISCHES NORMINSTITUT (1979): Erd- und Grundbau, Untersuchung von Bodenproben, Korngrößenverteilung. ÖNORM B-4412. – Wien, 12pp.

PASCHINGER, H. (1976): Kärnten. Eine geographische Landeskunde. Erster Teil. – Verlag des Landesmuseums für Kärnten, Klagenfurt, 322pp.

PATZELT, G. (1973): Die neuzeitlichen Gletscherschwankungen in der Venedigergruppe (Hohe Tauern, Ostalpen). – Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie, Bd. IX, Heft 1-2: 5-57.

PATZELT, G. (1980): Neue Ergebnisse der Spät- und Postglazialforschung in Tirol. – Österreichische Geographische Gesellschaft, Zweigverein Innsbruck, Jahresbericht 76/77: 11-18.

PATZELT, G. (2000): Natürliche und anthropogene Umweltveränderungen im Holozän der Alpen. – Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München, ISSN 0938-581 ISBN 3-931516-71-7, Rundgespräche der Kommission für Ökologie, Bd. 18 "Entwicklung der Umwelt seit der letzten Eiszeit": 119-125.

PATZELT, G. & BORTENSCHLAGER, S. (1973): Die postglazialen Gletscher- und Klimaschwankungen in der Venedigergruppe (Hohe Tauern, Ostalpen). – Z. Geomorph. N.F. Suppl. Bd. 16: 25-72.

PIGNATTI, S. (1982): Flora d'Italia. Band 2 und 3. – Verlag Edagricole Bolognia, 732pp + 780pp.

POLDINI, L. (1991): Atlante corologica delle Piante Vascolare nel Friuli-Venezia Giulia. – Regione autonomia Friuli-Venezia Giulia, Direzione Regionale Foreste e dei Parche, Selbstverlag, Udine, 899pp.

PUNT, W. (Hrsg.) (1976): The Northwest European Pollen Flora, I. – Elsevier Scientific Publishing Copmany, Amsterdam-Oxford-New York, 145pp.

PUNT, W. & BLACKMORE, S. (Hrsg.) (1991): The Northwest European Pollen Flora, VI. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo, 275pp.

PUNT, W., BLACKMORE, S. & CLARKE, G.C.S. (Hrsg.) (1988): The Northwest European Pollen Flora, V – Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo, 154pp.

PUNT, W & CLARKE, G.C.S. (Hrsg.) (1980): The Northwest European Pollen Flora, II. – Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York, 265pp.

PUNT, W & CLARKE, G.C.S. (Hrsg.) (1981): The Northwest European Pollen Flora, III. – Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York, 138pp.

PUNT, W. & CLARKE, G.C.S. (Hrsg.) (1984): The Northwest European Pollen Flora, IV – Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo, 369pp.

RAMSEY, B.CH. (2000): The OxCal Program v3.4. – URL: http://www.rlaha.ox.ac.uk/orau/index.htm

REILLE, M. (1992): Pollen et Spores d'Europe et d'Afrique du Nord. Seconde Edition. – Laboratoire de Botanique Historique et Palynology, Boite 451, 13397 Marseille cedex 20, 535pp.

REILLE, M.(1995): Pollen et Spores d'Europe et d'Afrique du Nord. Supplement 1. – Laboratoire de Botanique Historique et Palynology, Boite 451, 13397 Marseille cedex 20, 327pp.

REILLE, M. (1998): Pollen et Spores d'Europe et d'Afrique du Nord. Supplement 2. – Laboratoire de Botanique Historique et Palynology, Boite 451, 13397 Marseille cedex 20, 521pp.

RESCH, W. (1972): Mikropaläontologische Untersuchungen im Bänderton von Baumkirchen (Inntal, Tirol). – Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie, Bd. VIII, Heft 1-2: 215-230.

RÖTHLISBERGER, F. (1986): 10000 Jahre Gletschergeschichte der Erde. Teil I. – Verlag Sauerländer, Aarau-Frankfurt/Main-Salzburg, 416pp.

RUDLOFF, H. (1980): Die Klima-Entwicklung in den letzten Jahrhunderten im mitteleuropäischen Raume (mit einem Rückblick auf die postglaziale Periode). – In: OESCHGER, H., MESSERLI, B. & SVILAR, M. (Hrsg.): Das Klima. Analysen und Modelle, Geschichte und Zukunft. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York: 125-148.

SARNTHEIN, R. (1936): Moor- und Seeablagerungen aus den Tiroler Alpen in ihrer waldgeschichtlichen Bedeutung. I. Teil: Brennergegend und Eisacktal. – Beihefte zum Botanischen Centralblatt, Verlag C. Heinrich, Dresden N, Band LV, Abteilung B: 544-631.

SARNTHEIN, R. (1940): Moor- und Seeablagerungen aus den Tiroler Alpen in ihrer waldgeschichtlichen Bedeutung. II. Teil: Seen der Nordtiroler Kalkalpen. – Beihefte zum Botanischen Centralblatt, Verlag C. Heinrich, Dresden N, Band LX, Abteilung B, Heft 3: 437-492.

SARNTHEIN, R. (1947): Pollenanalytische Untersuchungen in Kärnten. – Carinthia II, 136/56: 111-129.

SARNTHEIN, R. (1949): Moor- und Seeablagerungen aus den Tiroler Alpen in ihrer waldgeschichtlichen Bedeutung. III. Teil: Kitzbüheler Alpen und unteres Inntal. – Österr. Bot. Zeitschr., Band XCV: 1-85.

SCHARFETTER, R. (1938): Das Pflanzenleben der Ostalpen. – Verlag Franz Deuticke, Wien, 419pp.

SCHLÜCHTER, CH. (1988): The deglaciation of the Swiss-Alps: a paleoclimatic event with chronological problems. – Bulletin de l'Association francaise pour l'etude du Quaternaire 2/3: 141-145.

SCHÖNWIESE, C.D. (1979): Klimaschwankungen. – Verständliche Wissenschaft 115, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 181pp.

SCHREINER, A. (1992): Einführung in die Quartärgeologie. – E. Schweitzerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 257pp.

SERCELJ, A. (1972): Verschiebung und Inversion der postglazialen Waldphasen am südöstlichen Rand der Alpen. – Ber. Deutsch. Bot. Ges., Band 85, Heft 1-4: 123-128.

SLUPETKY, H. (1994): Die Hohen Tauern in der Eiszeit und Nacheiszeit. – In: NATURHISTORISCHES MUSEUM WIEN (Hrsg.): Mineral & Erz in den Hohen Tauern. Ausstellungsbroschüre: 15-28.

SPM 1 (1993): Die Schweiz vom Paläolithikum bis zum frühen Mittelalter. Bd. 1: Paläolithikum und Mesolithikum. – Verl. Schweiz. Gesellsch. für Ur- und Frühgeschichte, Basel, 302pp.

STUIVER, M. & PEARSON, G.W. (1993): High-precision bidecadal calibration of the radiocarbon time scale, AD 1950-500 BC and 2500-6000 BC. – Radiocarbon 35: 1-23.

STUIVER, M. & REIMER, P.J. (1993): Extended ¹⁴C data base and revised CALIB 3.0 ¹⁴C age calibration program. – Radiocarbon 35: 215-230.

TRAUTMANN, W. (1953): Zur Unterscheidung fossiler Spaltöffnungen der mitteleuropäischen Coniferen. – Flora 140: 523-533.

VAN HUSEN, D. (1989): The last interglacial-glacial cycle in the Eastern Alps. – Quaternary International 4/4: 115-121.

VAN HUSEN, D. (2000): Geological Processes during the Quaternary. – Mitteilungen der Österreichischen Geologischen Gesellschaft Wien, Bd. 92 (1999): 135-156.

WAKONIGG, H. (1998): Anmerkwürdiges zum Klima von Kärnten. – In: MILDNER, P. & ZWANDER, H. (Hrsg.): Kärnten-Natur. Die Vielfalt eines Landes im Süden Österreichs. Verlag des Naturwissenschaftlichen Vereins für Kärnten, Klagenfurt: 109-114

ZAGWIJN, W. (1952): Pollenanalytische Untersuchung einer spätglazialen Seeablagerung aus Tirol. – Geologie en Mijnouw, Nw. Serie, Nr. 7, 14c Jaargang: 235-239.

ZAGWIJN, W. (1992): Migration of vegetation during the Quaternary in Europe. – Courier Forsch. Inst. Senckenberg 153: 9-20.

ZOLLER, H. (1987): Zur Geschichte der Vegetation im Spätglazial und Holozän der Schweiz. – Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern, Bd. 29: 123-149.

ZOLLER, H., ERNY-RODMANN, CH. & PUNCHAKUNNEL, P. (1996): The history of vegetation and land use in the Lower Engadine (Switzerland). Pollen record of the last 13000 years. – Nationalpark-Forschung in der Schweiz, Nr. 86, Zernez, 65pp.

Adressen der Autoren

Tit. a.o. Univ.-Prof. Dr. Adolf Fritz Koschatstraße 99 A - 9020 Klagenfurt

e-mail: a.fritz@utanet.at

Dr. Friedrich. H. Ucik Sonnenhangstraße 59 A-9071 Köttmannsdorf

Anhang: Liste der in Text und Pollendiagramm angeführten Pflanzentaxa

(in alphabetischer Reihenfolge der deutschen Bezeichnungen; Nomenklatur nach ADLER et al. 1994)

Deutsche Bezeichnung	Wissenschaftliche Bezeichnung
Acker-Stiefmütterchen, Großblütiges – Pollentyp	Viola arvensis-Typ
Adlerfarn	Pteridium aquilinum
Ahorn	Acer
Akanthus	Acanthus
Alpenrose, Rostrote	Rhododendron ferrugineum
Ampfer	Rumex
Ampfer, Teich- oder Ufer-	Rumex hydrolapathum
Ampfer, Wasser-	Rumex aquaticus
Arnika – Pollentyp	Arnica-Typ
Baldriangewächse	Valerianaceae
Bärenklau	Heracleum
Bärlapp, Alpen-	Lycopodium alpinum
Bärlapp, Keulen-	Lycopodium clavatum
Bärlapp, Schneehuhn-	Lycopodium clavatum ssp. monostachyon
Bärlapp, Sprossender, Schlangen- oder Wald-	Lycopodium annotinum
Bärlapp, Stechender Sprossender	Lycopodium annotinum ssp. alpestre
Beifuß	Artemisia
Bergfarn	Thelypteris limbosperma
Bergflachs	Thesium
Besenheide	Calluna vulgaris
Bibernelle	Pimpinella
Birke	Betula
Birke, Zwerg-	Betula nana
Blasenfarn	Cystopteris
Blutweiderich, Gewöhnlicher	Lythrum salicaria
Brennnessel	Urtica
Buchenfarn	Phegopteris connectilis
Doldenblütler	Apiaceae
Dornfarn, Gebirgs-	Dryopteris expansa
Dornfarn, Kleiner-	Dryopteris carthusiana
Edelkastanie	Castanea sativa
Efeu	Hedera helix
Ehrenpreis – Pollentyp	<i>Veronica</i> -Typ
Eibe	Taxus baccata
Eiche	Quercus
Eichenfarn, Eigentlicher	Gymnocarpium dryopteris
Eichenmischwald	Sammelbezeichnung für Eiche, Linde, Ulme
Eisenhut	Aconitum
Engelwurz – Pollentyp	Angelica-Typ
Enziangewächse	Gentianaceae

Erikagewächse Erle Erle, Grün-Erle, Grau-Esche, Gewöhnliche Farnsporen - Typ mit einfacher Keimfalte Faulbaum Felsenblümchen, Immergrünes Fettkraut Fichte Fingerkraut – Pollentyp Flockenblume Flockenblume, Berg-Flockenblume, Felsen-Flockenblume Floh-Knöterich – Pollentyp Frauenfarn, Gebirgs-Frauenfarn, Gewöhnlicher Gänsefuß, Vielsamiger Gänsefußgewächse Gamander Germer Getreide-Arten Gipskraut Glockenblumengewächse Gräser, Sauer- oder Ried-Gräser, Süß-Hahnenfuß Hahnenfußgewächse Hainbuche Hopfen Hartriegel Hasel Heckenkirsche Heidelbeere – Pollentyp Hexenkraut Himmelsleiter Hornmelde Hornmohn, Gelber Holunder, Zwerg- - Pollentyp Hopfenbuche Igelgurke Igelkolben – Pollentyp Kälberkropf, Gold- - Pollentyp

Alnus Alnus alnobetula Alnus incana Fraxinus excelsior Farnsporen monolet Frangula alnus Draba aizoides Pinguicula Picea abies Potentilla-Typ Centaurea Centaurea montana *Centaurea rupestris* Centaurea dichroantha Persicaria maculosa-Typ Athyrium distentifolium Athyrium filix-femina Chenopodium polyspermum Chenopodiaceae Teucrium Veratrum Cerealia Gypsophila Campanulaceae Cyperaceae Poaceae Ranunculus Ranunculaceae Carpinus Humulus lupulus Cornus Corylus avellana Lonicera Vaccinium-Typ Circaea Polemonium caeruleum Krascheninnikovia ceratoides Glaucium flavum Sambucus ebulus-Typ Ostrya carpinifolia **Echinocystis** Sparganium-Typ Chaerophyllum auerum-Typ

Käsepappel oder Malve Kardengewächse Kerbel, Wiesen- - Pollentyp Kiefer Kirsche Klappertopf – Pollentyp Klee Klette Korbblütler Korbblütler, Röhrenblütige Korbblütler, Zungenblütige Krähenbeere Kranzenzian Krapp-, Labkraut- oder Rötegewächse Kratzdistel - Pollentyp Kreuzblütler Kreuzblume Küchenschelle Laichkraut Lärche Laserkraut, Breitblatt-Lauch Läusekraut Lein Lilie Lilie. Türkenbund-Linde Lippenblütler Lotwurz Lungenkraut Mädesüß Männerfarn oder Echter Wurmfarn Meerträubchen, Zerbrechliches - Pollentyp Meerträubchen, Zweizeiliges - Pollentyp Mondraute Moorbärlapp Moosfarn, Alpen- oder Dorniger Mutterwurz, Alpen-Natternkopf Natternzunge Nelkengewächse Ochsenzunge Platane Rachenblütler

Malva Dipsacaceae Anthriscus sylvestris Pinus Prunus Rhinanthus-Typ Trifolium Arctium Asteraceae (Compositae) Asteroideae Cichorioideae Empetrum Gentianella Rubiaceae Cirsium-Typ Brassicaceae Polygala Pulsatilla Potamogeton Larix decidua Laserpitium latifolium Allium **Pedicularis** Linum Lilium Lilium martagon Tilia Lamiaceae Onosma Pulmonaria Filipendula Dryopteris filix-mas Ephedra fragilis-Typ Ephedra distachya-Typ **Botrychium** Lycopodiella inundata Selaginella selaginoides Ligusticum mutellina Echium **Ophioglossum** vulgatum Caryophyllaceae Anchusa Platanus Scrophulariaceae

© Nationalpark Hohe Tauern, download uBoraginaceaem.at

Raublattgewächse Rohrkolben, Breitblatt-Roggen Rose Rosengewächse Rosskastanie, Europäische Rotbuche Sanddorn Schachtelhalm Schafgarbe – Pollentyp Schildfarn Schildfarn, Lanzen-Schmetterlingsblütler Schneeball Seerose, Große Seerose, Kleine Seidelbast Silberdistel Skabiose Sonnenröschen Spitzkiel Spitzklette Springkraut Springkraut, Balfours Steinbrechgewächse Sterndolde Storchschnabel Streifenfarn Streifenfarn, Nordischer Sumach, Gerber-Tanne Tannenbärlapp Tannenwedel Tausendblatt, Ähren- – Pollentyp Teichrose Teichrose, Kleine Torfmoos Tüpfelfarn Ulme Vogelknöterich, Verschiedenblättriger – Pollentyp Wacholder Wachsblume Wachsblume, Alpen-Wachtelweizen

Typha latifolia Secale Rosa Rosaceae Aesculus hippocastanum Fagus sylvatica Hippophaë rhamnoides Equisetum Achillea-Typ **Polystichum** Polystichum lonchitis Fabaceae Viburnum Nymphaea alba Nymphaea candida Daphne Carlina Scabiosa **H**elianthemum **Oxytropis** Xanthium *Impatiens* Impatiens balfourii Saxifragaceae Astrantia Geranium Asplenium Asplenium septentrionale Rhus coriaria Abies alba Huperzia selago Hippuris vulgaris Myriophyllum spicatum-Typ Nuphar Nuphar pumila Sphagnum Polypodium Ulmus Polygonum aviculare-Typ Juniperus Cerinthe Cerinthe glabra Melampyrum

Walnuss, Echte Wasserschlauch Wegerich Wegerich, Alpen-Wegerich, Berg-Wegerich, Spitz-Weide Weidenröschen Wicke - Pollentyp Wiesenraute Windröschen Witwenblume Wolfsmilch Wurmfarn Zirbe Zürgelbaum Zürgelbaum, Amerikanischer Zürgelbaum, Südlicher

Juglans regia Utricularia Plantago Plantago alpina Plantago atrata Plantago lanceolata Salix Epilobium Vicia-Typ Thalictrum Anemone Knautia Euphorbia Dryopteris Pinus cembra Celtis Celtis occidentalis Celtis australis

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: <u>Nationalpark Hohe Tauern - Wissenschaftliche Mitteilungen</u> <u>Nationalpark Hohe Tauern</u>

Jahr/Year: 1997

Band/Volume: 3_SB

Autor(en)/Author(s): Fritz Adolf, Ucik Friedrich Hans

Artikel/Article: Klimageschichte der Hohen Tauern Spätwürmzeitliche und postglaziale Klima- und Vegetationsentwicklung in den südlichen Hohen Tauern (Ostalpen, Kärnten). Ergebnis der Bohrungen am Stappitzer See bei Mallnitz 3-90