© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

Zur pollenanalytischen Altersbestimmung der Eisbildungen in der Schellenberger Eishöhle und in der Dachstein-Rieseneishöhle

Von *Hans Schmeidl,* Bernau/Obb. und *Friedrich Kral,* Wien

Aus der Moorforschungsstelle Bernau/Chiemsee und dem Waldbau-Institut der Hochschule für Bodenkultur in Wien

Wie viele haben wohl schon beim Einstieg in eine der Eishöhlen der Alpen die Frage nach dem Alter der Eismassen gestellt. Ist dieses Eis noch ein Rest aus der letzten Eiszeit oder wurde es erst viel später gebildet? Trifft letzteres zu, wie alt sind dann die untersten Schichten, d. h. wann hat die Eisbildung in den Höhlen eingesetzt? Im folgenden soll versucht werden, unter Zuhilfenahme der Pollenanalyse diese Frage wenigstens teilweise zu beantworten. Für die Untersuchungen wurden zwei Höhlen ausgewählt, die im Hinblick auf die Eisbildung zwei grundsätzlich verschiedene Typen darstellen; die Schellenberger Eishöhle im Untersberg und die Dachstein-Rieseneishöhle bei Obertraun.

1. Schellenberger Eishöhle (H. Schmeidl)[1])

Die Schellenberger Eishöhle, 1580 m hoch gelegen, gehört zu den Horizontalhöhlen (Abel 1963, Fugger 1886); sie liegt an der Naht zwischen Dachsteinkalk und Dachsteindolomit und bildet eine von NO nach SW geneigte Tasche.

Bei den in der Höhle liegenden Eisschichten handelt es sich, im Gegensatz zur Eisbildung in der Dachstein-Rieseneishöhle oder in der Eisriesenwelt im Tennengebirge, in der Hauptsache um Schneeis. Im Winter gelangt durch den verhältnismäßig großen Höhleneingang Schnee bis in die Mitte der Angermayer-Halle (vgl. Abb. 1). Dazu kommt noch das Schmelzwasser, das vom Höhleneingang einfließt. Ein kleiner Teil des von der Angermayer-Halle in die Tiefe der Höhle abfließenden Eises entsteht wohl auch aus Tropf- und Kondenswasser. In der Höhe von 1600 m liegt die mittlere Jahrestemperatur bei ca. 0° C. Die in die Höhle eingeflossenen Kaltluftmassen können in einer Sackhöhle, wie es die Schellenberger Eishöhle ist, im Sommer von der wärmeren Außenluft nicht verdrängt werden; in der Höhle herrscht daher Windstille (Geiger 1961). Den Temperaturverlauf in der Eishöhle gibt die Abb. 2 wieder. Die in der Angermayer-Halle liegende Schneedecke wird bei der um Null Grad liegenden Höhlentemperatur zeitweise auftauen, aber wieder gefrieren und bleibt dann als mehr oder minder starke Eisschicht erhalten.

[1]) Herrn G. Abel möchte ich für die Angaben über Höhlenentstehung, Eisbildung und die Temperaturverhältnisse, sowie für den Gedankenaustausch danken. Mein Dank gilt aber besonders Herrn Fritz Eigert, Markt Schellenberg, der den Gedanken einer Altersbestimmung aufgegriffen hat, mir bei der Probenentnahme wertvolle Hilfe leistete und den Plan der Höhle fertigte.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

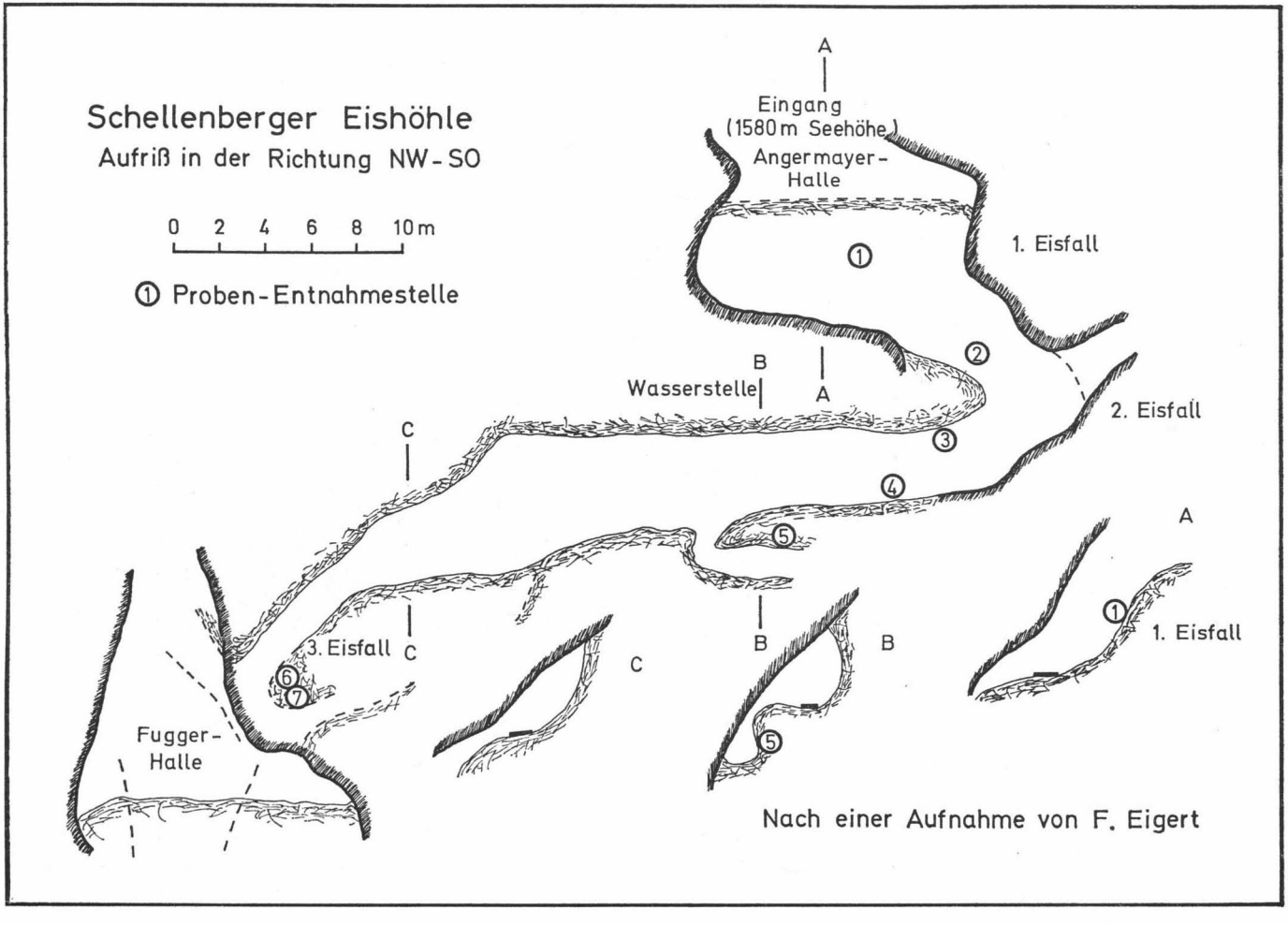

Abb. 1

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

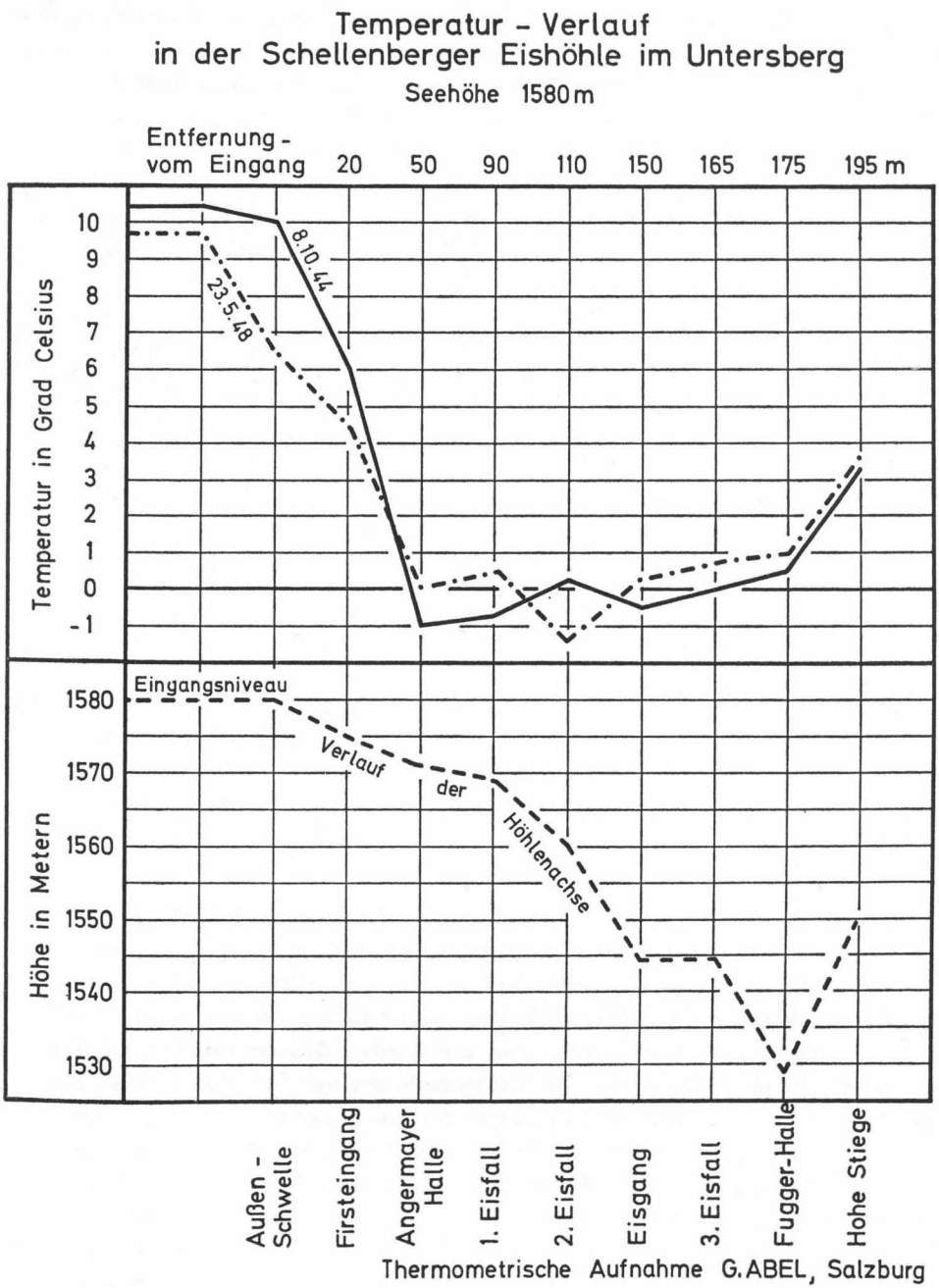

Abb. 2

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

Steigt man entlang der Randkluft, in der die Führungslinie liegt, nach unten, so fällt die deutliche Schichtung des Eises auf, die durch verschiedene Struktur und Farbe des Eises zustande kommt. Dazwischen treffen wir aber in allen Tiefen Schichten, die sehr viel organisches und anorganisches Material enthalten. Wir können sie im Eis auch als Schmutzschichten bezeichnen. Ihre Stärke ist sehr verschieden, sie reicht von einem Millimeter bis über einen Zentimeter. Durch den Abschmelzvorgang treten sie im Spätsommer und Herbst besonders plastisch hervor. Bei den durch Struktur und Farbe unterschiedlichen Eisschichten handelt es sich wahrscheinlich zum Teil um eine Jahresschichtung (im Gegensatz zur Gletscherschichtung, Vareschi 1935, 1942), die mit organischem und anorganischem Material stark angereicherten Schichten stellen dagegen mit Sicherheit keine Ablagerungen einzelner Jahre dar, sondern sind wohl der Abschmelzrückstand vieler Jahresschichten, wahrscheinlich solcher von Jahrzehnten. Würde es sich bei der Schichtung um eine jährliche handeln, so könnte sie zur Altersdatierung herangezogen werden, wie die Warwen in den Seetonen (de Geer 1940).

Wie in den Moor- und Seeablagerungen wird der Blütenstaub (Pollen) unserer Bäume und Sträucher, Gräser und Kräuter auch im Eis konserviert (Vareschi 1934, 1935). Der fossile Pollengehalt dieser Ablagerungen weist im Laufe der Zeit gesetzmäßige Schwankungen auf, die sich über größere Räume gleichsetzen lassen. Es ist daher möglich, stratigraphisch hervortretende Schichten pollenführender Ablagerungen zu datieren und zu vergleichen (Firbas 1949).

Auf Anregung von Herrn ORR Dr. Treibs, München, wurde daher Material aus den starken Schmutzschichten gesammelt und auf seinen Polleninhalt untersucht. Eine erste Durchsicht ergab die Berechtigung für eine eingehende Untersuchung. Insgesamt wurden 7 Proben entnommen und zwar aus den am stärksten mit organischem Material angereicherten zugänglichen obersten und untersten Schichten. Die Lage der einzelnen Entnahmestellen ist aus Abb. 1 ersichtlich.

Von Anfang an war bei der pollenanalytischen Untersuchung klar, daß von einer genauen Altersdatierung der Eisschichten, so wie wir sie von der Pollenanalyse bei Moor- und Seeablagerungen gewöhnt sind, nicht die Rede sein kann. Sind doch für das Zustandekommen eines Pollenspektrums die Vegetation der Umgebung, ihre Blühkraft, die Flugfähigkeit des Pollens und die Windverhältnisse entscheidend. Hier in der Schellenberger Eishöhle muß der Blütenstaub, um auf die Oberfläche des Eises in der Angermayer-Halle zu gelangen und um später mit den Eisschichten in die Tiefe zu wandern, zunächst zum Großteil mit den Hangaufwinden von den tiefer gelegenen Wäldern bis zu der heute über der Baumgrenze liegenden Höhlenöffnung verfrachtet werden. Die transportierten Pollen sind aber in diesen Höhenlagen immerhin noch so häufig, daß die wichtigsten Ereignisse der tieferen Lagen damit nachgewiesen werden können (Zoller 1958). Durch die in die Höhle einfließende Luft gelangt der Blütenstaub auf die in der Höhle liegende Schneefläche.

Seit der letzten Eiszeit hat sich im mitteleuropäischen Raum im Laufe der Jahrtausende die Waldzusammensetzung genauso geändert wie das Klima. Unsere Waldbäume sind nicht zur gleichen Zeit eingewandert und haben zu verschiedenen Zeiten ihr

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

Maximum in der Ausbreitung erreicht. Zur Altersdatierung der Eisschichten in der Schellenberger Eishöhle kann daher das Vorhandensein oder erste Auftreten von bestimmten Waldbaum- und kulturanzeigenden Pollen, unter vorsichtiger Abwägung aller in Frage kommenden Faktoren, herangezogen werden.

Die wichtigsten pollenanalytischen Untersuchungsergebnisse sind in Tab. 1 enthalten; mit Abb. 3 wurde versucht, sie auch in der Form eines Diagrammes darzustellen.

Aus der am tiefsten gelegenen, mit organischem Material angereicherten Schicht der Fugger-Halle wurde die Probe Nr. 7 entnommen. In ihr ist der Pollen der Buche *(Fagus)* und Tanne *(Abies)* schon vorhanden. Beide Bäume sind aber erst verhältnismäßig spät in unsere Landschaft eingewandert. Auf Grund von pollenanalytischen Untersuchungen (Mayer 1965, 1966) wissen wir, daß ihr erstes Auftreten im Berchtesgadener Land in das Atlantikum (Mittlere Wärmezeit, Pollenzone VII nach Firbas) fällt; eine Radiocarbondatierung vom Böcklweiher bei Berchtesgaden ergab ein Einwanderungsdatum, das fast 6000 Jahre zurückliegt. Viel später erst ist die Hainbuche *(Carpinus)* in unserem Gebiet eingetroffen, deren Pollen in der Schellenberger Eishöhle zusammen mit dem der Walnuß *(Juglans)* erstmals im Spektrum Nr. 4 erscheint. Dieses Spektrum ist auch der Zeitpunkt des ersten Auftretens von Getreidepollen. Die Hainbuche erreicht im Alpenvorland ihre größte Ausbreitung erst im Subatlantikum (Nachwärmezeit, IX/X, Firbas 1949, Mayer 1965, 1966). Der Walnuß- und Getreidepollen, letzterer verstärkt, tritt in den Moor- und Seeablagerungen der näheren und weiteren Umgebung des Untersberges, z. B. Blöcklweiher, Funtensee, südl. Chiemseemoore, mit größerer Häufigkeit erst in den jüngeren Schichten

Tab. 1 Pollenspektren der Proben aus der Schellenberger Eishöhle. Werte in % der Baumpollensumme.

Proben-Nr.	Pinus (Kiefer)	Picea (Fichte)	Abies (Tanne)	Betula (Birke)	Eichenmischwald	Alnus (Erle)	Fagus (Buche)	Carpinus (Hainbuche)	Juglans (Walnuß)	Corylus (Hasel)	Juniperus (Wacholder)	Getreidepollen	Gräser und Seggen	Kräuter	Flugasche
1	33	36	8	5	4	4	8	1	—	2	1	2	43	20	
2	40	18	7	7	8	5	2	—	2	2	5	1,5	26	24	
3	51	17	8	6	6	5	1	0,5	0,5	5	1	1	13	18	×
4	52	11	7	6	6	10	0,5	3	0,5	4	0,5	2	27	21	
5	45	29	9	4	4	2	2	—	—	3	2	—	18	15	×
6	23	29	17	13	1	9	3	—	—	4	1	1	14	7	
7	23	22	16	3	5	23	0,5	—	—	6	0,5	—	20	9	

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

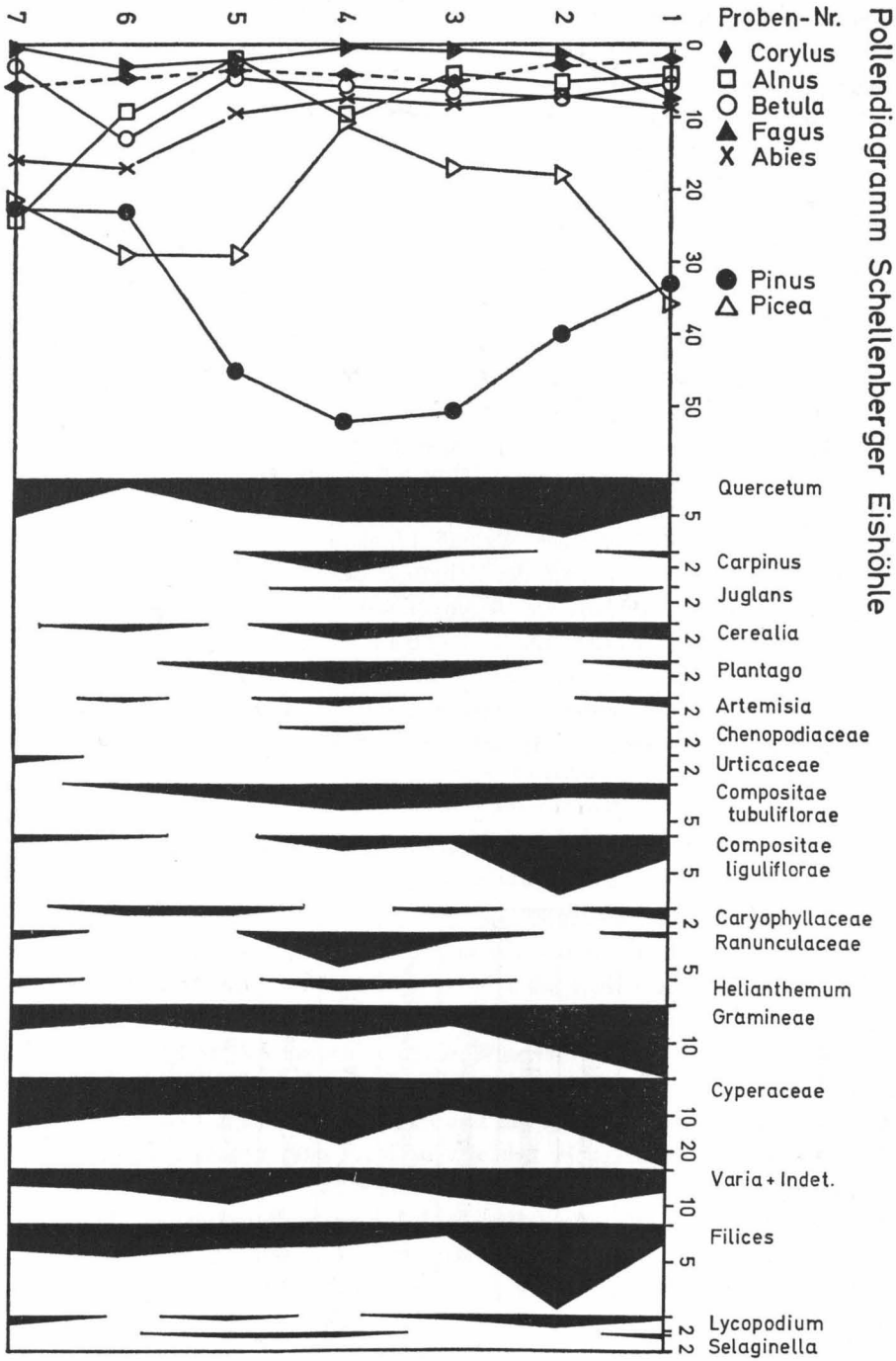

Abb. 3

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

des Subatlantikums (X) auf (Mayer 1966, Baumann, Lutz und Schmeidl). Im Spektrum Nr. 5, besonders aber von Nr. 4 an, ist außerdem eine deutliche Zunahme der Kräuterpollen *(Compositen, Umbelliferen, Plantago* u. a.) sowie Flugasche festzustellen. Auch der Moosfarn *(Selaginella selaginoides)* als Zeiger für die Zunahme der Magerrasen tritt in diesen Proben auf. Sie alle sprechen für einen starken anthropogenen Einfluß in der Höhlennähe, wie wir ihn auch aus dem Steinernen Meer in der jüngeren Nachwärmezeit kennen (Mayer 1965).

Die Waldzusammensetzung, die wir durch die Pollenanalyse rekonstruieren können, erlaubt auch Rückschlüsse auf das Klima der Postglazialzeit zu ziehen. In der Mittleren Wärmezeit (VII) und Späten Wärmezeit (VIII) gab es ein Klimaoptimum, in der die Wald- und Schneegrenze in unserem Gebiet um ca. 300 m höher lag als heute. Die Jahresmittelwerte der Temperatur lagen damit auch höher und man kann daher auch mit Recht annehmen, daß die Schellenberger Eishöhle in dieser Zeit eisfrei war. Über die zeitliche Stellung der einzelnen Abschnitte und die Höhe der Schneegrenze gibt die Tab. 2 Aufschluß. Mit einer zunehmenden Klimaverschlechterung seit der Hallstattzeit (Grenze zwischen VIII und IX) sank die Baumgrenze auf ihre heutige Höhe ab. Dazwischen lagen aber längere Zeiträume mit einer zeitweisen Klimabesserung, wie z. B. die geschichtlich belegte klimatische Begünstigung des Hochmittelalters (1100 bis 1500 n. Chr.) in unseren und anderen Gebieten (Firbas 1949, Mayer 1965, Overbeck-Griez 1954) gegenüber der folgenden Zeit. Eine sehr stark ausgeprägte Klimaverschlechterung trat dann zwischen dem 17. und 19. Jahrhundert ein.

Tab. 2 Die Abschnitte der Vegetationsgeschichte und ihre zeitliche Stellung sowie die Höhe der Waldgrenze im Berchtesgadener Untersuchungsgebiet.

Abschnitte der Vegetationsgeschichte	Abschnitte nach FIRBAS (1949)	ungefähres Alter	Höhe der montanen Tannen-Buchenwaldgrenze und der Schneegrenze in den Alpen nach MAYER (1965)
Jüngere Nachwärmezeit (Subatlantikum z. T.)	X b	1500 n. Chr.	1400/2700 m
	X a	600 n. Chr.	1550/2900 m
Ältere Nachwärmezeit (Subatlantikum z. T.)	IX	Chr. Geb.	1400/2700 m
Späte Wärmezeit (Subboreal)	VIII	800—600 v. Chr.	1700/3050 m
Mittlere Wärmezeit (Atlantikum)	VII	2500 v. Chr.	1500/3000 m
	VI	5500 v. Chr.	(1200)/2800 m

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

Viele Gletscher erreichten in dieser Zeit ihren Höchststand. Es trat also nicht eine gleichmäßige Klimaverschlechterung ein, sonden diese wurde öfters durch wärmere Perioden unterbrochen. Im Laufe der Zeit kam es durch diesen Wechsel zur Bildung des Eises in der Schellenberger Eishöhle, wie wir es heute antreffen. Große, nur durch Struktur und Farbe gebänderte Eismassen werden von mehr oder weniger starken mit organischem und anorganischem Material angereicherten Schichten unterbrochen. Die Eiswand spiegelt also die klimatischen Verhältnisse der vergangenen Jahrhunderte wieder.

Eine archäologische Verknüpfung einzelner Eisschichten war bis jetzt nicht gegeben. Für eine Radiocarbon-Datierung ist leider das vorhandene organische Material in den Schmutzschichten zu gering. Wir können daher nur ein wahrscheinliches Alter der einzelnen Schichten, soweit es mit Hilfe der Pollenanalyse möglich ist, bestimmen.

Da es seit Jahrzehnten nicht gelingt, in die unter der Fugger-Halle liegende Gardringer-Halle vorzudringen, in der die ältesten Eisschichten das Hangende bilden, kann nur auf das möglichе Alter des Eises in der Fugger-Halle und der darüber liegenden Schichten eingegangen werden. Die Anwesenheit des Tannen- und Buchenpollens in den Spektren Nr. 6 und 7, die den überaus starken organischen Schichten der Fugger-Halle entnommen wurden, besagt, daß diese organischen Reste frühestens gegen Ende der Mittleren Wärmezeit (VII) abgelagert worden sein könnten. Sie sind aber mit Sicherheit viel jünger, da doch erst am Ende der Späten Wärmezeit (VIII) die Klimaverschlechterung und damit die Möglichkeit der Eisbildung einsetzte. Die Ablagerung erfolgte daher wahrscheinlich frühestens gegen Ende der Späten Wärmezeit. Die untersuchten Spektren (6, 7) zeigen noch geringe Kiefern-, dafür aber höhere Fichten- und Tannen-Werte und entsprechen damit auch dem Diagrammabschnitt VIII aus dem nahegelegenen Steinernen Meer (Mayer 1965). Die Zusammensetzung der Spektren Nr. 4 und 3 weist auf Grund des starken Dominierens von *Pinus* und des Rückganges von *Picea* und *Abies* bereits deutlich auf die Ausbildung eines Latschengürtels hin, der sich im Anschluß an die mit der angeführten Klimaverschlechterung im Zusammenhang stehende Absenkung der Waldgrenze um 800 - 600 v. Chr. ausbildete (Mayer 1966). Infolge des erwähnten Auftretens von *Carpinus*- und vor allem Getreide-, *Juglans*- sowie einer deutlichen Erhöhung des Anteils der Kulturpollen sind diese beiden Proben aber wahrscheinlich schon der Jüngeren Nachwärmezeit (X) zuzuordnen; ihre Entstehungszeit könnte mit dem mittelalterlichen Klimaoptimum zwischen 1100 und 1500 n. Chr., das ein vorübergehendes Wiederansteigen der Waldgrenze und eine starke Ausbreitung der Almwirtschaft im Berchtesgadener Land nach sich zog, zusammenfallen (Mayer 1965). Die Spektren 2 und 1 sind dementsprechend jünger.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

2. Dachstein-Rieseneishöhle (F. Kral)[2])

Die Dachstein-Rieseneishöhle befindet sich im Nordteil des Dachsteinmassivs in der Nähe von Obertraun. Ihr Eingang liegt in der Schönbergwand in rd. 1460 m Seehöhe. Im Gegensatz zur Schellenberger Eishöhle (statische oder Sackhöhle) ist sie nach dem Typ der dynamischen Eishöhlen aufgebaut.

Das Höhlensystem hat danach mindestens zwei in verschiedener Höhe liegende Verbindungen mit der Außenwelt. Im Winter steigt die wärmere Höhlenluft durch Gesteinsklüfte aufwärts und verläßt die Höhle durch die oberen Öffnungen, die zwar als solche nicht direkt bekannt sind, aber auf der Hochfläche zwischen 1600 m und 1900 m liegen dürften; gleichzeitig wird durch die unteren Eingänge kalte Außenluft nachgesogen. Im Sommer fließt umgekehrt die kältere Höhlenluft bei den unteren Öffnungen ab, während von oben her Warmluft nachströmt.

Nach Angaben von Saar (1955), auf die sich die folgenden Hinweise stützen, folgt im Winter die Temperatur in der Höhle der Außentemperatur; sie steigt vom Eingang bis zum „Versturz" (vgl. Abb. 4) ziemlich linear an, ohne jedoch 0° C zu erreichen. Im Sommer tritt die eingesaugte Warmluft — bereits im Berginnern erheblich abgekühlt — durch den Versturz in die Eisräume ein und kühlt sich dort auf Werte um 0° C ab. Eine Umkehrung der Strömungsrichtung der Luft („Inversion") kann praktisch zu jeder Jahreszeit eintreten, sobald die Temperatur der Außenluft einen „kritischen" Wert erreicht, der zwischen 0° und 6° C liegt. Im allgemeinen erfolgt aber die Strömung in den Monaten Dezember bis März höhlenauswärts, von Juli bis September höhleneinwärts, in den Übergangsmonaten wechselt sie häufig, die mittlere Geschwindigkeit beträgt 4 m/Sek. Das Eiswachstum hängt stark von der Sickerwasserzufuhr ab, es erfolgt hauptsächlich zur Zeit der Schneeschmelze am Plateau in den Monaten April bis Juni. Während des Sommers, aber auch im Winter, kommt es zu einem erheblichen Eisschwund. Nur im südöstlichen, 340 m langen, von SW nach NO verlaufenden Höhlenast (nur dieser ist in Abb. 4 dargestellt) herrschen Bedingungen, die eine Eisbildung ermöglichen. Die Masse des Höhleneises beträgt schätzungsweise 13 000 m³ mit rd. 5 000 m² Oberfläche bei einer Maximalstärke von 15—17 m. Da schon relativ geringe Klimaschwankungen zu einer Vermehrung bzw. zum Abschmelzen des Eises führen können, ist anzunehmen, daß während der nacheiszeitlichen Klimaschwankungen die Höhle schon mehrmals ver- und enteist ist. Nach Ansicht von Saar könnte die heutige Vereisung mit der letzten, etwa 1300 n. Chr. einsetzenden größeren Klimaschwankung begonnen haben.

Bei zwei Besuchen der Höhle am 10. Juni und 23. August 1967 wurden 15 Eisproben aus verschiedenen Teilen der Höhle entnommen.

Ein Großteil der Proben wurde im sog. „Eiskeller", der sich nur ca. 40 m vom Höhleneingang befindet, gewonnen. Nr. 1 und 2 wurden an der tiefsten erreichbaren Stelle ca. 20 cm bzw. 1 m über dem Bodenniveau, die Proben 3—9 von einer um etwa 4 m höher gelegenen Stufe aus entnommen, mit Nr. 3 in Bodennähe beginnend, in Abständen von je 30—40 cm aufsteigend bis zu Nr. 9 in 2 m Höhe vom Boden. Das Eis, das durch seitliche Abschmelzung mehrere Meter hoch aufgeschlossen ist, weist hier ebenso wie in anderen Teilen der Höhle eine ± deutliche Bänderung auf. Diese kommt dadurch zustande, daß es während Zeiten eines Stillstandes bzw. einer Rückläufigkeit des Eiswachstums an der jeweiligen Oberfläche zu einer Auflagerung bzw. Anreicherung von festen Partikeln gekommen ist; diese ehemaligen Oberflächen treten jetzt in Form grauer „Schmutzschichten" im Eis auf, während das zu Zeiten regen Wachstums gebildete Eis farblos oder weiß erscheint. Nur dann, wenn alljährlich ein Zuwachs stattfindet und dieser

[2]) Der Betriebsleitung der Dachsteinhöhlen wird der geziemende Dank für die Bewilligung zur Entnahme von Eisproben ausgesprochen sowie für die Bereitstellung von Höhlenführern, die bei der Probengewinnung behilflich waren. Dem Leiter der Höhlenverwaltung, Herrn Roman Pilz, sowie den Höhlenführern Winterauer und Ellmer wird auch für wertvolle Hinweise gedankt, ebenso der Forstverwaltung Goisern-Hallstatt der Österr. Bundesforste, denen die Höhlen unterstellt sind.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

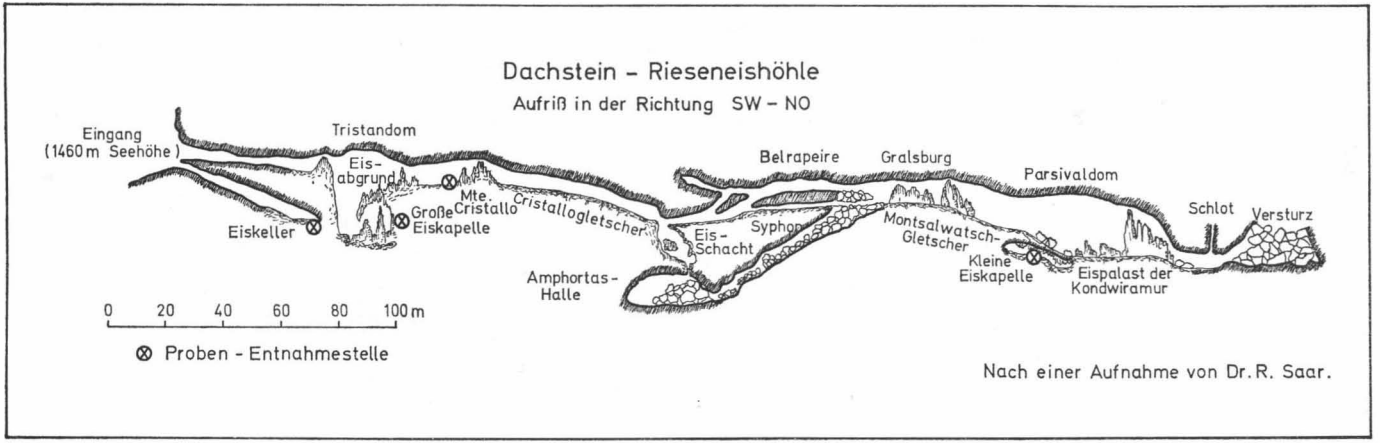

Abb. 4

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at
nicht zur Gänze durch Abschmelzen wieder verschwindet, können aufeinanderfolgende Schichten einzelnen aufeinanderfolgenden Jahren entsprechen. Die Schmutzschichten wären in diesem Fall den „Ablationshorizonten" im Gletschereis gleichzusetzen. Eine Altersbestimmung des Eises aus der Zahl der Schichten ist jedoch nicht möglich, weil nicht in jedem Jahr eine neue Schicht entstanden sein muß bzw. bereits gebildete wieder vollkommen verschwunden sein können.

Drei weitere Proben wurden aus der „Großen Eiskapelle" entnommen, die ebenfalls nicht weit (ca. 70 m) vom Höhleneingang liegt. Die „Große Eiskapelle", in der das gleiche Schichtpaket wie im Eiskeller aufgeschlossen ist, hat sich vermutlich durch kreisende wärmere Luftströmungen gebildet, die durch Abschmelzen im Eis einen etwa halbkreisförmigen Raum freigelegt haben. Eine Probe (Nr. 10) stammt aus Bodennähe des Raumes, eine weitere (Nr. 11) wurde ca. 2 m höher gewonnen, eine dritte (Nr. 12) abermals 2 m höher und horizontal um mehrere Meter von den vorigen Probestellen entfernt. Nr. 13 stammt von der „Monte Cristallo" bezeichneten Eisfigur (ca. 100 m vom Höhleneingang), einer jungen Eisbildung, die erst nach Entdeckung der Höhle (1910) entstand, somit nur ein Alter von höchstens einigen Jahrzehnten aufweist. Die beiden letzten Proben (Nr. 14 u. 15) stammen aus der sog. „Kleinen Eiskapelle", die vom Höhleneingang relativ weit entfernt ca. 300 m tief im Inneren des Berges liegt. Nr. 14 wurde von dem in ihrem unteren Teil bläulich gefärbten und mit Ausnahme einiger Lufteinschlüsse fast glasartig-durchsichtigen Eis genommen, das als das älteste der Höhle gilt, Nr. 15 aus dem darüber anschließenden weißen Eis, das durch verschieden hohen Gehalt an Verunreinigungen gebändert ist. Zwischen dem blauen und weißen Eis befindet sich eine Zwischenlage von Geröll. Diese weist auf eine alte Eisoberfläche hin, auf die von der Decke Gesteinsmaterial, z. T. auch Blöcke herabstürzten; nach einer offensichtlich sehr langen Zeitspanne des Stillstandes bzw. Rückganges setzte sich hier später die Eisbildung durch schichtweise Auflagerung des weißen Eises fort.

Um eine Verunreinigung durch an der äußeren Oberfläche haftende Pollen bzw. durch jüngere Eisauflagen, die sich durch Gefrieren von Schmelzwasser oberflächlich anlagern können, zu vermeiden, wurde bei der Gewinnung stets eine Eisschichte von mehreren cm Stärke auf einer größeren Fläche entfernt und erst das darunter befindliche Eis eingesammelt. Nach dem Schmelzen des in Plastikflaschen aufbewahrten Eises ergab sich je Probe eine Menge von rd. 500 cm^3 Wasser. Durch Zusatz von Salzsäure lösten sich die anorganischen Verunreinigungen (Kalkstaub) zum größten Teil auf. Der verbleibende Rest wurde nach dem Acetolyseverfahren von Erdtman (1934) aufbereitet.

Auf Grund der im Vergleich zur Schellenberger Höhle grundsätzlich verschiedenen Eisbildung waren auch im Hinblick auf Pollengehalt und -zusammensetzung von vornherein andere Verhältnisse zu erwarten. Wie die Analysenergebnisse zeigten, weisen die Pollenspektren aus dem Eis der Schellenberger Höhle eine weitgehend ähnliche Zusammensetzung auf wie die von Freilandproben, sie erlauben daher ebenso wie diese unter Berücksichtigung der Unter- bzw. Überrepräsentation der Arten Schlüsse auf die Zusammensetzung der umgebenden Vegetation. Die Pollenspektren der Eisproben aus der Dachsteinhöhle (Tab. 3) geben im Gegensatz dazu jedoch in den meisten Fällen wahrscheinlich lediglich einen Pollenaspekt wieder, d. h. nur die Zusammensetzung des Pollengehaltes der Luft innerhalb einer relativ kurzen Zeit des Jahres, während der nämlich die Eisbildung erfolgte. Die Spektren der Proben aus der Dachsteinhöhle sind damit Spektren aus Gletschereis vergleichbar, die ebenfalls häufig jahreszeitliche Aspekte darstellen (Vareschi 1934, 1935, 1942, Ambach-Eisner 1966, Ambach-Bortenschlager-Eisner 1966, Bortenschlager 1967). Da die Eisbildung in der Höhle, wie schon erwähnt, vor allem in den Monaten April

Tab. 3: **Pollenspektren der Proben aus der Dachstein-Rieseneishöhle. Werte in % der Gesamtsumme**

	„Eiskeller"									„Gr. Eiskap."			„Mte. Cristallo"	„Kl. Eiskap."	
Proben-Nummer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
gezählte Pollen+Sporen	1310	541	494	214	679	374	519	361	704	168	161	363	504	175	385
Pollendichte (Pollen+Sporen/Liter)	3800	1650	1800	420	4600	750	1600	820	2550	350	340	870	900	460	860
Staubgehalt	++	+++	+++	++	+++	+	+++	++	+++	++	+	+++	+	+	+++
Baumpollen:	**84,2**	**14,3**	**47,3**	**37,2**	**54,1**	**73,8**	**39,5**	**11,2**	**57,7**	**55,4**	**55,7**	**56,3**	**38,7**	**38,9**	**35,8**
Alnus	2,0	4,4	25,7	14,1	29,4	10,5	11,9	4,4	25,0	7,7	5,0	23,7	5,2	1,7	6,0
Pinus	2,1	2,6	7,1	7,5	10,2	2,1	8,5	2,5	15,5	14,9	18,0	18,6	11,8	20,2	10,1
Betula	0,2	1,1	7,9	4,2	6,3	39,6	6,0	0,3	5,0	14,9	4,3	1,4	5,0	2,9	8,1
Fraxinus	77,6	2,8	0,2	0,5	0,1	1,3	0,4	—	—	1,2	0,6	1,1	1,2	2,3	0,3
Carpinus	0,2	0,6	0,2	1,4	0,1	4,5	—	—	0,1	8,3	13,0	1,4	6,0	4,0	8,0
Picea	0,5	0,7	3,2	2,8	3,4	2,4	3,8	0,8	4,0	3,6	5,3	5,9	1,9	3,7	0,1
Quercus	0,2	0,6	1,6	1,9	2,4	2,9	1,0	0,6	4,7	—	1,2	1,9	1,4	2,9	1,8
Fagus	0,2	0,4	0,6	2,3	0,9	7,2	1,9	—	1,1	1,2	0,6	0,3	1,0	0,6	0,5
Juglans	0,5	—	—	0,9	—	1,6	1,2	1,4	—	1,8	2,5	0,6	0,6	—	0,8
Tilia	0,1	—	—	0,9	—	0,5	3,3	0,6	0,1	—	3,1	0,8	2,0	—	—
Ulmus	0,4	0,7	0,6	—	—	—	0,6	0,6	1,1	1,2	0,6	—	1,0	—	—
Abies	—	0,4	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	—	0,6	0,6	0,3	—	0,6	0,6	0,1
Larix	0,1	—	—	0,5	0,1	0,3	0,4	—	0,4	—	0,6	0,6	—	—	—
Acer	—	—	—	—	0,4	0,3	—	—	—	—	0,6	—	0,8	—	—
Castanea	0,1	—	—	—	—	0,3	—	—	0,1	—	—	—	0,2	—	—
Taxus	—	—	—	—	0,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Strauchpollen:	**4,8**	**70,0**	**26,5**	**31,4**	**20,9**	**12,5**	**10,3**	**81,1**	**19,0**	**8,4**	**1,2**	**6,9**	**4,2**	**2,2**	**2,1**
Corylus	2,2	2,8	17,6	14,5	18,1	2,9	6,8	75,3	17,6	6,0	1,2	6,6	3,4	1,1	1,8
Salix	0,2	65,0	0,8	—	0,3	3,2	0,4	—	—	2,4	—	0,3	0,4	1,1	0,3
Juniperus	2,4	2,2	7,9	16,9	2,5	6,4	3,1	5,8	1,4	—	—	—	0,4	—	—
Lonicera	—	—	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Kräuterpollen:	**8,0**	**11,3**	**13,0**	**19,6**	**12,0**	**7,0**	**32,9**	**6,2**	**9,4**	**23,9**	**22,2**	**21,2**	**28,3**	**38,8**	**54,1**
Gramineae	4,7	4,4	5,3	7,0	4,3	1,3	14,9	3,9	2,8	6,0	9,3	6,1	12,9	16,6	6,0
Rosaceae	0,1	0,2	0,6	—	0,1	0,3	1,0	—	—	3,6	3,7	1,7	1,8	4,0	22,1
Ranunculaceae	0,4	0,2	0,2	1,9	1,2	0,3	0,8	—	0,6	6,5	5,0	3,9	3,4	3,4	5,2
Compositae-Tubuliflorae	0,8	2,2	1,4	4,2	1,2	1,1	2,9	1,4	1,3	—	—	1,1	0,6	1,1	1,0
Ericales (ohne Calluna)	0,2	0,2	2,0	0,9	0,9	0,5	0,6	—	0,4	0,6	0,6	2,5	1,4	0,6	7,3
Umbelliferae	0,5	0,9	0,6	0,9	0,4	0,5	3,9	—	0,3	1,2	0,6	0,8	1,6	2,3	1,8
Cyperaceae	0,1	0,6	0,4	—	0,4	1,6	1,0	—	0,9	2,4	0,6	1,1	0,8	2,3	—
Compositae-Liguliflorae	—	0,6	1,0	0,9	0,4	0,5	2,5	—	0,9	—	—	1,1	0,8	2,3	0,3

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

Liliaceae	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,4	1,7	3,6
Scrophulariaceae	—	—	0,2	—	—	—	0,6	—	—	—	—	—	2,0	1,1	1,3
Leguminosae	—	0,6	—	0,9	—	—	0,6	0,3	0,1	—	—	—	0,2	0,6	1,0
Labiatae	0,1	—	—	0,5	—	—	0,4	—	0,1	—	—	0,6	0,2	—	1,3
Centaurea	0,1	—	0,2	1,9	—	—	0,2	—	0,1	—	—	—	—	—	—
Campanulaceae	0,2	0,2	—	—	—	—	—	—	0,1	0,6	—	—	0,4	0,6	0,3
Caryophyllaceae	0,1	—	—	—	—	—	0,4	0,3	—	—	0,6	0,3	—	—	0,5
Cruciferae	—	—	—	—	—	—	0,4	—	0,3	—	—	—	0,2	0,6	0,5
Rubiaceae	0,1	0,2	—	—	0,3	—	0,6	—	0,1	—	—	0,3	—	—	—
Heli .nthemum	—	—	—	—	—	—	0,2	—	—	0,6	—	0,3	—	—	0,3
Gentiana	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,6	—	—	0,6	—
Dipsacaceae	—	—	0,2	0,5	—	—	—	—	—	—	—	0,3	—	—	—
Calluna	—	—	—	—	—	0,3	—	—	—	—	—	—	—	—	0,3
Plumbaginaceae	—	—	—	—	—	0,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Thalictrum	—	—	—	—	0,4	—	—	—	0,1	—	—	—	—	—	—
Valeriana	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sanguisorba minor	—	—	—	—	—	—	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—
Varia	0,4	1,0	0,9	—	2,4	—	1,7	0,3	1,3	2,4	1,2	1,1	1,6	1,0	1,3
Kulturpollen:	**1,6**	**1,9**	**2,8**	**7,8**	**2,2**	**3,4**	**8,2**	**0,6**	**3,1**	**7,8**	**18,0**	**3,7**	**17,4**	**14,8**	**3,9**
Plantago	0,8	0,7	1,2	2,3	1,0	0,8	4,2	0,3	1,3	1,8	5,6	1,7	5,2	5,7	0,8
Cerealia	—	—	0,2	2,3	0,4	0,8	0,6	0,3	0,4	1,2	5,0	1,4	6,2	4,0	0,5
Rumex	0,2	0,4	0,6	2,3	0,6	0,8	0,4	—	1,0	3,6	2,5	—	2,8	2,3	1,6
Urticaceae	0,2	0,4	—	—	—	0,5	1,0	—	—	—	3,7	—	1,2	1,1	0,5
Chenopodium	—	—	0,2	—	0,1	0,5	0,8	—	—	—	—	—	0,6	1,1	0,5
Artemisia	0,1	—	0,2	0,9	—	—	0,8	—	0,1	0,6	—	0,3	0,6	—	—
Polygonum	0,2	0,4	—	—	0,1	—	0,4	—	—	0,6	—	—	0,4	0,6	—
Humulus/Cannabis	—	—	0,2	—	—	—	—	—	—	—	1,2	0,3	0,2	—	—
Centaurea cyanus	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,2	—	—
Epilobium	—	—	—	—	—	—	—	—	0,3	—	—	—	—	—	—
Fagopyrum	—	—	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sporen:	**0,9**	**2,0**	**8,9**	**2,8**	**8,6**	**2,7**	**7,8**	**0,9**	**7,9**	**3,0**	**0,6**	**11,4**	**10,6**	**4,0**	**1,6**
Filicinae	0,6	1,8	8,5	2,3	8,0	2,4	6,8	0,3	6,7	0,6	—	8,0	1,2	4,0	1,3
Lycopodium annotinum	0,3	—	—	—	—	—	0,2	—	0,1	1,8	0,6	0,3	6,2	—	0,3
Selaginella selaginoides	—	—	0,2	0,5	0,6	0,3	0,2	0,6	1,0	—	—	2,5	—	—	—
Lycopodium clavatum	—	—	—	—	—	—	0,2	—	0,1	0,6	—	—	3,0	—	—
Sphagnum	—	0,2	—	—	—	—	0,4	—	—	—	—	0,3	—	—	—
Lycopodium selago	—	—	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—	0,3	0,2	—	—
Indeterminata	**0,5**	**0,5**	**1,5**	**1,2**	**2,2**	**0,6**	**1,3**	—	**2,9**	**1,5**	**2,3**	**0,5**	**0,8**	**1,3**	**2,5**
Kulturpollen in % der NBP	**22,9**	**14,4**	**23,4**	**28,5**	**19,7**	**48,1**	**22,9**	**29,4**	**24,8**	**30,3**	**51,0**	**17,3**	**39,3**	**27,6**	**8,1**
Ericales	**2,1**	**1,5**	**12,7**	**3,3**	**6,3**	**7,7**	**1,5**	—	**3,2**	**1,9**	**1,5**	**10,0**	**3,1**	**1,1**	**13,1**

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

bis Juni erfolgt, ist zu erwarten, daß sich im Eis vor allem Pollen solcher Arten in höheren Prozentsätzen finden, die zu dieser Zeit ihre Blühperiode haben. Da es — wie ebenfalls schon erwähnt — gerade zur Zeit der Eisbildung häufig zu Inversionen der Luftströmung kommt, ist es verständlich, daß sowohl der Pollengehalt wie auch dessen Zusammensetzung nicht nur von den Zufälligkeiten der Blühjahre der einzelnen Arten und der Blütezeiten in verschiedenen Jahren, sondern auch sehr stark von den jeweiligen Witterungsverhältnissen abhängen wird. Als Folge davon können in verschiedenen Schichten, bei geringen Altersunterschieden hinsichtlich der Entstehung, jeweils andere Arten stark dominieren.

Wie die Ergebnisse zeigen, trifft dies für die Proben aus der Dachsteinhöhle weitgehend zu. So weist z. B. Probe Nr. 1 ein deutliches Überwiegen des Pollens von *Fraxinus* auf (rd. 78% der Gesamt- bzw. 87% der Gehölzpollensumme), die nur in geringer Entfernung davon entnommene Probe 2 ein starkes Dominieren von *Salix* (65% der Gesamt- bzw. 77% der Gehölzpollensumme). Dies kann nur so erklärt werden, daß in dem einen Fall die Eisbildung gerade zu einer Zeit erfolgte, da die Luft besonders reich an Pollen der Esche war, während im anderen Fall die Eisbildung mit der Blütezeit der Weide gleichzusetzen ist. Von anderen Gehölzarten dominieren in einzelnen Proben noch *Corylus, Betula* und *Alnus* relativ stark, mit geringeren, aber gegenüber Nachbarproben deutlich erhöhten Werten scheinen auch *Pinus, Juniperus* und *Carpinus* auf. In einigen Proben sind auch gewisse NBP-Typen stark vertreten, z. B. die *Rosaceae* (vorwiegend *Dryas*-Typ) und die *Gramineae*. In diesen Fällen kann ebenfalls an ein Zusammenfallen der Eisbildung mit der Blütezeit bestimmter Arten aus den genannten Familien gedacht werden, aber auch ein vorübergehend stärkeres Auftreten bestimmter Arten in der Umgebung des Höhleneingangs dürfte dabei eine Rolle spielen.

Ein weiterer Unterschied gegenüber den Pollenspektren aus der Schellenberger Höhle besteht darin, daß im Eis der Dachsteinhöhle Gattungen mit großen Pollen (z. B. *Picea, Abies, Larix)* gegenüber kleinpolligen stark in den Hintergrund treten. Tab. 4 zeigt dies deutlich, in der die einzelnen Pollentypen nach Größenklassen zusammengefaßt und die Mittelwerte verschiedener Höhlenteile den Ergebnissen einer Oberflächenprobe aus dem Fichten-Lärchen-Bestand unterhalb des Höhleneinganges gegenübergestellt

Tab. 4 Verteilung der Pollen nach ihrer Größe in verschiedenen Höhlenteilen und im Freiland unterhalb des Höhleneinganges.

Pollengröße (größter Durchmesser)	klein bis mittelgroß $< 50\ \mu$	groß $50—100\ \mu$	sehr groß $> 100\ \mu$
Eiskeller	81	15	4
Große Kapelle	77	18	5
Monte Cristallo	85	12	3
Kleine Kapelle	80	18	2
Freiland-Oberflächenprobe	39	40	21

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

wurden. Die Proben 1, 2 und 8, deren Spektren zu mehr als 60% aus einer einzigen Gattung bestehen, wurden bei dieser Berechnung nicht berücksichtigt. Da aus der Pollengröße nur bedingt auf seine Flugfähigkeit geschlossen werden kann, wurde auch eine Gruppenbildung nach der Fallgeschwindigkeit vorgenommen, soweit darüber Zahlenmaterial vorliegt (Eisenhut 1961). Wie Tab. 5 zeigt, ergibt sich dabei ein ähnliches Bild wie bei der Gruppierung nach der Größe, obwohl sich hier die Berechnung nur auf die Baumpollen bezieht. Aus den Gegenüberstellungen geht klar hervor, daß im Eis die kleinen bis mittelgroßen Pollen gegenüber der Freilandprobe überrepräsentiert und die

Tab. 5 Verteilung der Pollen nach ihrer Fallgeschwindigkeit (nur BP berücksichtigt) in verschiedenen Höhlenteilen und im Freiland unterhalb des Höhleneinganges.

Fallgeschwindigkeit ($m\ sec^{-1}$)	gering $< 3{,}5$	mäßig 3,5—10	hoch > 10
Eiskeller	86	13	1
Große Kapelle	76	23	1
Monte Cristallo	76	23	1
Kleine Kapelle	80	19	1
Freiland-Oberflächenprobe	52	35	13

großen Pollen unterrepräsentiert sind. Die kleinen, besser flugfähigen Pollen treten somit zu einem größeren Prozentsatz in das Höhlensystem ein als die großen, weniger gut flugfähigen. Im Inneren der Höhle kommt es jedoch zu keiner weiteren Auslese der Pollen im Hinblick auf ihre Flugfähigkeit. Mit zunehmender Entfernung vom Höhleneingang nimmt zwar die „Pollendichte" im Eis (Summe der Pollen und Sporen je Liter, vgl. Tab. 3) im Durchschnitt etwas ab, ein Ansteigen des Anteiles der besser flugfähigen Pollen ist jedoch nicht festzustellen; dies steht wahrscheinlich mit der erwähnten hohen Strömungsgeschwindigkeit der Luft im Höhlensystem im Zusammenhang.

Die Pollendichte als solche wird natürlich in einem hohen Maß von Zufälligkeiten der Probenahme abhängen, d. h. je nach dem „Reinheitsgrad" des Eises starken Schwankungen unterworfen sein. Der Gehalt der Proben an festen Partikeln („Staubgehalt") wurde auf Grund der Höhe der Absätze in den Zentrifugenröhrchen (vor der Salzsäurebehandlung) geschätzt (+ geringer, ++ mittlerer, +++ hoher Staubgehalt). Der Vergleich mit der Pollendichte zeigt, daß Pollendichten über 1000 nur bei Proben mittleren bis hohen Staubgehaltes zu verzeichnen sind, daß aber umgekehrt bei stark verunreinigten Proben die Pollendichte auch relativ niedrig sein kann (z. B. Nr. 12 und 15).

Aus den bisherigen Ausführungen geht hervor, daß im Eis der Dachsteinhöhle die Pollenspektren häufig nur jahreszeitliche Aspekte darstellen und überdies im Vergleich zu Freilandproben auf Grund einer Sortierung nach der Flugfähigkeit stark verzerrt sind. Im Gegensatz zur Schellenberger Höhle ist es daher

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at
nicht möglich, die einzelnen Proben auf Grund der Zusammensetzung ihres Spektrums bestimmten waldgeschichtlichen Perioden der Vergangenheit zuzuordnen und auf diesem Wege eine Altersbestimmung des Eises durchzuführen. Im Fall der Dachsteinhöhle erscheint es daher viel aussichtsreicher, auf Grund der relativ zahlreich vertretenen sog. „Kulturpollen" eine Altersbestimmung zu versuchen.

So scheinen z. B. Getreidepollen (*„Cerealia"*) in fast allen Proben auf, was darauf hinweist, daß sich das Eis zu einer Zeit bildete, als der Mensch zumindest in der weiteren Umgebung der Höhlen schon Landwirtschaft betrieb. Bemerkenswert ist ferner das ziemlich regelmäßige Auftreten von *Juglans*- und das vereinzelte Vorkommen von *Castanea*-Pollen. Die Walnuß wurde möglicherweise schon während der Jungsteinzeit von der unteren Donau her in das Gebiet nördlich der Alpen eingeführt (Bertsch 1941), mit Sicherheit wird sie seit der Römerzeit im Gebiet kultiviert (Firbas 1949), der Hauptsache nach aber in warmen Tieflagen. Da der nicht sehr gut flugfähige Pollen im Eis fast regelmäßig vertreten ist, scheint zur betreffenden Zeit ein Vorkommen in der engeren Umgebung wahrscheinlich zu sein. Da der Baum heute nur vereinzelt höher als 600 - 700 m ansteigt, wäre ein Anbau im engeren Gebiet höchstens zu Zeiten klimatischer Begünstigung (z. B. Mittelalter) möglich. Die Edelkastanie wurde zur Römerzeit in das Gebiet nördlich der Alpen gebracht (Firbas 1949). Da der kleine Pollen sehr gut flugfähig ist, kann bei dieser Art ein Transport auch über verhältnismäßig große Entfernungen erfolgen, wie durch Analysen von Oberflächenproben aus der alpinen Stufe (Vareschi 1940, Welten 1950) sowie von Gletschereisproben (Vareschi 1934, 1942) nachgewiesen werden konnte, in denen sich mitunter sogar beträchtliche Mengen von *Castanea*-Pollen finden (Bortenschlager 1967). Von weiteren Kulturpflanzen kann auf Pollenfunde von *Fagopyrum* (Probe 3), *Humulus/Cannabis* (Nr. 3, 11, 12) und von *Centaurea cyanus* (Probe 1) hingewiesen werden, die anzeigen, daß zur damaligen Zeit in nicht sehr großer Entfernung Feldbau betrieben wurde (vgl. Zoller 1962). Der insektenblütige Buchweizen war im Mittelalter ein beliebter Mehllieferant, Hopfen und Hanf wurden in den letzten Jahrhunderten auf größeren Flächen als in der Gegenwart gebaut, die Kornblume ist ein bekanntes Getreideunkraut.

Von weiteren „Kulturbegleitern" tritt *Plantago* in sämtlichen Proben auf, auch *Rumex, Chenopodium, Polygonum* und *Artemisia* sind ziemlich regelmäßig vertreten. Die zuletzt angeführten, z. T. sogar mit relativ hohen Prozentsätzen vorkommenden Arten weisen gemeinsam mit den gleichzeitig auftretenden Gräsern und Kräutern *(Compositae, Ranunculaceae, Umbelliferae* u. a.) deutlich auf nahegelegene Hochweiden hin (vgl. Welten 1950). Auf der Niederen Schönbergalpe, nur rd. 120 m unterhalb des Höhleneingangs, wurde vom Anfang des 15. bis in die siebziger Jahre des vorigen Jahrhunderts Almwirtschaft betrieben; von einer alten Almhütte wurde ein Balken mit der Jahreszahl 1414 gefunden (Boehmker 1928, Pilz 1967). Offensichtlich hat sich also das Eis der untersuchten Proben frühestens zur Zeit der Alpweiderodung am Anfang des 15. Jahrhunderts gebildet, während tiefere, schwer zugängliche Schichten wahrscheinlich ein etwas höheres Alter als die

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at
untersuchten Proben aufweisen dürften. Diese Zeitstellung steht mit dem durch Saar um 1300 angesetzten Beginn der heutigen Vereisung gut im Einklang. Durch das mengenmäßig nicht unerhebliche Vorkommen der erwähnten Kulturbegleiter scheint auch erwiesen zu sein, daß die Eispollen zum Großteil durch den unteren Eingang ins Höhlensystem gelangt sind und höchstens nur zu einem sehr geringen Teil durch die auf dem Plateau zu suchenden oberen Mündungen noch unbekannter Luftschächte.

Um die einzelnen Proben zeitlich noch besser einordnen zu können, wurde die Summe der Kulturpollen (mit Einschluß von *Juglans* und *Castanea*) und die Summe der Ericales in Prozenten der NBP-Summe berechnet (vgl. Tab. 3, letzte Zeilen), da diese beiden Werte gute Hinweise auf den Umfang der Almwirtschaft geben können. Es ergibt sich dabei die folgende zeitliche Reihung:

a) Untere Probe der „Kleinen Eiskapelle" (Nr. 14, „blaues" Eis) und unterste Proben des „Eiskellers" (Nr. 1 und 2):

Kulturpollen 14—28%, *Ericales* 1—2%,

Blütezeit der Almwirtschaft; wahrscheinlich 15./16. Jahrhundert.

b) Obere Proben des „Eiskellers" (Nr. 3—9), untere und mittlere Probe der „Großen Eiskapelle" (Nr. 10 und 11):

Kulturpollen 20—51%, *Ericales* 0-13%.

Die Kulturpollen sind zwar noch mit großen Prozentsätzen vertreten, die z. T. schon ziemlich hohen Werte der *Ericales* zeigen aber bereits eine Verschlechterung der Weidefläche an; wahrscheinlich 17./18. Jahrhundert.

c) Oberste Probe der „Großen Eiskapelle" (Nr. 12) und obere Probe der „Kleinen Eiskapelle" (Nr. 15):

Kulturpollen 8—17%, *Ericales* 10—13%.

Deutlicher Rückgang der Almwirtschaft; wahrscheinlich 19. Jahrhundert.

d) Probe aus dem „Monte Cristallo" (Nr. 13):

Kulturpollen 39%, *Ericales* 3%.

Der hohe Kulturpollenwert dürfte hier durch den Begang der Höhlen, vor allem seit dem Einsetzen des regelmäßigen Führungsbetriebes (1919), bedingt sein; die *Ericales* sind stark zurückgegangen, da heute große Teile der ehemaligen Weidefläche wieder mit Wald bestockt sind; 20. Jahrhundert.

Das zugängliche Höhleneis mit dem vermutlich höchsten Alter (a) ist somit maximal ca. 500 Jahre alt. Während im Eiskeller und in der großen Eiskapelle das Eiswachstum ohne große Unterbrechungen kontinuierlich erfolgte (b), trat in der Kleinen Kapelle ein längerer Stillstand ein. Die obersten Schichten beider Eiskapellen (c) sind relativ jung (ca. 100 Jahre), verschiedene markante Eisgebilde wie der „Monte Cristallo" u. a. (d) sind erst in den letzten Jahrzehnten entstanden.

© Verein zum Schutz der Bergwelt e.V. download unter www.vzsb.de/publikationen.php und www.zobodat.at

Zusammenfassung

Mit Hilfe der Pollenanalyse wurde der Versuch unternommen, das Alter der Eisbildung in zwei Höhlen der Alpen zu ermitteln. Proben aus der Schellenberger Höhle im Untersberg (Sackhöhlentyp) lieferten Spektren von ähnlicher Zusammensetzung wie Freilandproben; sie geben mit bestimmten Einschränkungen den Aufbau der Vegetation relativ gut wieder. Auf Grund des Vorkommens von Pollen bestimmter Baumarten und Kulturzeigern ist hier der Beginn der Eisbildung etwa mit der Klimaverschlechterung gegen Ende der Späten Wärmezeit (ca. 1000 v. Chr.) gleichzusetzen.

Die Pollenspektren aus dem Eis der Dachsteinhöhle (dynamischer Eishöhlentyp) stellen — ähnlich wie im Gletschereis — meistens jahreszeitliche Aspekte dar und sind außerdem im Vergleich zu Freilandspektren auch infolge Auslese nach der Pollengröße (Flugfähigkeit) verzerrt. Vor allem auf Grund des Auftretens von Pollen verschiedener Kulturpflanzen bzw. Kulturbegleitern ist jedoch eine Zeitstellung der Proben möglich; danach setzte in dieser Höhle die gegenwärtige Vereisung im Anschluß an das letzte Wärmeoptimum (um 1300 n. Chr.), d. h. vor maximal 500—600 Jahren ein.

Literatur:

Abel, G., 1963: Der Untersberg bei Salzburg, ein Beispiel nordalpiner Verkarstung. Memoria VII di rassegna speleolog. ital. Como.

Ambach, W., Bortenschlager, S. u. Eisner, H., 1966: Pollen-analysis investigation of a 20m-firn pit on the Kesselwandferner (Ötztal Alps). Journ. of Glaciology 6.

Ambach, W. u. Eisner, H., 1966: Analysis of a 20m-firn pit on the Kesselwandferner (Ötztal Alps). Journ. of Glaciology 6.

Baumann, Lutz u. Schmeidl: Der Bohlenweg in den südl. Chiemseemooren (Manuskript).

Bertsch, K., 1941: Der Obstbau im vor- und frühgeschichtlichen Deutschland. Germanenerbe 4.

Boehmker, R., 1928: Die Dachsteinhöhlen. Obertraun.

Bortenschlager, S., 1967: Pollenanalytische Ergebnisse einer Firnprofiluntersuchung am Kesselwandferner (3240 m, Ötztal, Tirol). Grana Palynologica 7, 1.

De Geer, G., 1940: Geochronologica Suecica Principles. Kgl. Svenska Vetenskapsak. Handb. Stockholm, 18.

Eisenhut, G., 1961: Untersuchungen über die Morphologie und Ökologie der Pollenkörner heimischer und fremdländischer Waldbäume. Forstwiss. Forsch., Beih. z. Fw. Cbl. 15.

Erdtman, G., 1934: Die Verwendung von Essigsäureanhydrid bei Pollenuntersuchungen. Sven. Bot. Tidskr. 28, 2.

Firbas, F., 1949: Waldgeschichte Mitteleuropas. Jena.

Fugger, E., 1886: Die Eishöhlen und Windlöcher des Untersberges. Salzburg.

Geiger, R., 1961: Das Klima der bodennahen Luftschicht. Braunschweig.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahrbuch des Vereins zum Schutze der Alpenpflanzen und -Tiere

Jahr/Year: 1969

Band/Volume: 34_1969

Autor(en)/Author(s): Schmeidl Hans

Artikel/Article: Zur pollenanalytischen Altersbestimmung der Eisbildungen In der Schellenberger Eishöhle und in der Dachstein-Rieseneishöhle 67-84